



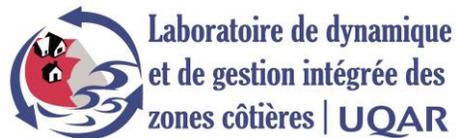
Vulnérabilité des infrastructures routières de l'Est du Québec à l'érosion et à la submersion côtière dans un contexte de changements climatiques :

Caractérisation des côtes, dynamique hydrosédimentaire et exposition des infrastructures routières à l'érosion et à la submersion, Est du Québec

Rapport final, Volume I

Projet X008.1

Susan Drejza, M.Sc.
Stéphanie Friesinger, M.Sc.
et Pascal Bernatchez, Ph. D.



Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières
Université du Québec à Rimouski

Réalisé pour le compte du ministère des Transports du Québec

Septembre 2014

La présente étude a été réalisée à la demande du ministère des Transports du Québec et a été financée par la Direction de l'environnement et de la recherche.

Les opinions exprimées dans le présent rapport n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs et ne reflètent pas nécessairement les opinions du ministère des Transports du Québec.

COLLABORATEURS

- **Pascal Bernatchez**, Ph.D., Professeur, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières et titulaire de la Chaire de recherche en géoscience côtière, Université du Québec à Rimouski
- **Susan Drejza**, M. Sc., professionnelle de recherche, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, UQAR
- **Stéphanie Friesinger**, M.Sc. professionnelle de recherche, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, UQAR
- **David Lacombe**, B.Sc., technicien, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, UQAR
- **Louis Cormier**, B.Sc., technicien, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, UQAR
- **Patrick Bouchard**, B.Sc., technicien, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, UQAR

RÉFÉRENCE SUGGÉRÉE

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.

CHARGÉ DE PROJET AU MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC

Michel Michaud, géog., M.ATDR

Conseiller en recherche
Service de la coordination de la recherche et de l'innovation
Direction de l'environnement et de la recherche
Ministère des Transports du Québec
930, chemin Ste-Foy, 6e étage
Québec (Québec) G1S 4X9
Téléphone : 418 644-0986 poste 4161
Télécopieur : 418 643-0345
Courriel : michel.michaud@mtq.gouv.qc.ca

COMITÉ DE SUIVI DU PROJET

- **Michel Michaud**, chargé de projet, direction de l'environnement et de la recherche, MTQ
- **Louis Belzile**, Direction Bas-Saint-Laurent-Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, MTQ
- **Claudine Forget**, Direction Bas-Saint-Laurent-Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, MTQ
- **Jonathan Saint-Laurent**, Direction Bas-Saint-Laurent-Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, MTQ
- **Louis Vigneau**, responsable du Centre de services des Îles-de-la-Madeleine, MTQ
- **Annie Lévesque**, Direction de la Côte-Nord, MTQ
- **Marie-Hélène Grenon**, Direction de la Côte-Nord, MTQ
- **Yannick Prémont**, technicien en géomatique, Direction des technologies de l'information, MTQ
- **Maude Boucher**, ingénieure, Direction du laboratoire des chaussées, MTQ
- **Michel Leclerc**, professeur honoraire, ing., Ph.D, INRS-ETE

REMERCIEMENTS

Les auteurs de ce rapport tiennent à remercier tous les membres du Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières (LDGIZC) pour leurs contributions à la discussion et à la réflexion qui a accompagné toute la réalisation de ce rapport.

Nous tenons également à remercier le comité de suivi ainsi que les différents collaborateurs du ministère des Transports du Québec, qui ont participé aux différentes réunions de suivi de ce projet.

Nous remercions le ministère des Transports du Québec (MTQ) pour le financement de ce projet de recherche dans le cadre du programme de recherche du MTQ en adaptation aux impacts des changements climatiques lié à la mise en œuvre de l'action 23 du Plan d'action sur les changements climatiques 2006-2012 (Fond vert) du Gouvernement du Québec.

RÉSUMÉ

Dans l'Est du Québec, les municipalités et les routes se situent majoritairement à proximité de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. Un tiers de la population et près de **60 % des routes nationales sont situées à moins de 500 m des côtes**. Cette étude menée pour le ministère des Transports du Québec (MTQ) a pour but de mieux connaître, comprendre et quantifier la vulnérabilité des **2 245 km des routes de l'Est du Québec**, sous la responsabilité du MTQ, à l'érosion et à la submersion dans un contexte de changements climatiques.

La méthodologie utilisée comprend trois volets :

- **Tout d'abord, nous avons créé une base de données géoréférencée pour les 3 217 km de côtes à l'étude.** Elle inclut 1) la numérisation de la ligne de rivage (à l'échelle 1 : 600), 2) la caractérisation de la dynamique hydrosédimentaire (cellules et unités hydrosédimentaires, dérive littorale principale et secondaire, courants de marée, etc.), 3) les principaux types de côtes et leur état et 4) la localisation des structures de protection de la côte.
- **Deuxièmement, l'exposition de la route à l'érosion a été déterminée** à partir de la sensibilité de la côte à l'érosion et de la distance entre l'infrastructure et la côte. Ce calcul a été effectué pour chaque segment de route de 100 m et plus précisément pour chaque segment de 20 m pour les sites déjà identifiés comme problématiques par le MTQ. Les taux de migration utilisés proviennent soit des calculs d'évolution effectués localement à l'aide de photographies aériennes multitudes ou soit des 5 256 stations de suivi de la côte distribuées dans la région d'étude. Afin d'identifier les secteurs exposés de manière imminente à l'érosion, le recul maximum mesuré durant un seul événement (selon le type de côte et la région) a été soustrait à la distance entre l'infrastructure et la côte. Puis, pour obtenir le nombre potentiel d'années avant que la route ne soit affectée, le résultat a été divisé par le taux d'érosion ou d'accumulation annuel local.
- **La troisième étape a consisté à déterminer l'exposition à la submersion**, selon de nombreuses mesures de niveau d'eau effectuées sur le terrain lors d'événements importants. Ces niveaux ont été ajustés selon le niveau de pleine mer supérieure de grande marée (PMSGM) et ils varient entre 0,77 et 2,56 m au-dessus de la PMSGM dans l'Est du Québec. Comparés à l'altitude de la route obtenue avec des données LiDAR (lorsque disponibles, sinon à partir des courbes de niveau), nous avons obtenu l'épaisseur d'eau potentielle sur la route.

Les **résultats de notre étude** indiquent que 34 km de route sont exposés de manière imminente à l'érosion (un seul évènement érosif peut les affecter), alors que 123 km supplémentaires seront exposés d'ici 2100. Concernant la submersion, 102 km sont actuellement potentiellement submersibles durant les tempêtes.

Toutes les informations produites dans cette étude permettront aux gestionnaires d'avoir une meilleure compréhension de l'environnement côtier dans lequel se situent les routes, d'intégrer l'exposition à l'érosion et à la submersion dans une gestion à long terme ainsi que de gérer les interventions en milieu côtier à l'échelle minimale de la cellule hydrosédimentaire comme cela est conseillé afin que les actions d'aménagement soient appropriées selon la dynamique côtière et qu'elles n'aient pas d'impacts négatifs sur des secteurs avoisinants. Ont ainsi été remis au ministère des Transports du Québec :

- Les **bases de données numériques** produites. Cela inclut donc, pour chaque segment de route, la date potentielle d'exposition à l'érosion et l'épaisseur d'eau potentielle durant un évènement de submersion.
- Trois **recueils cartographiques** comprenant des cartes de la dynamique hydrosédimentaire de l'Est du Québec, de l'exposition des routes à l'érosion et de leur exposition à la submersion, pour un total de 772 cartes.
- Un **recueil de fiches d'analyse de la dynamique hydrosédimentaire** pour 162 des 409 cellules hydrosédimentaires de l'Est du Québec (soit celles dans lesquelles la route est exposée).

ABSTRACT

In eastern Québec (Canada), cities and roads are mostly located near the Estuary and Gulf of St. Lawrence. One third of the population and **almost 60 % of the national roads are within 500 m of the shore**. Conducted on behalf of the Québec Department of Transport, this research aims to better know, understand and quantify **the vulnerability of the 2245 km of national roads and highways in eastern Québec** to erosion and coastal flooding in the context of climate change.

The method comprised three stages:

- **First, we created coastal data for the 3 217 km of eastern Québec coastline**, integrated in a georeferenced database, including: 1) the digitized coastline at 1:600, 2) the hydrosedimentary dynamic features (hydrosedimentary cells, units, main and secondary drifts, tidal currents...) 3) the main types of coast and 4) the location of all defence structures.
- **Secondly, the potential road exposition to erosion was determined** from a combination of the sensitivity of the coast to erosion and the distance between the asset and the coastline. This calculation was operated for each 100 m-long road segment, and more precisely for each 20 m-long segment for sites already identified as problematic. We used local rates of shoreline migration calculated from photographic coverages as well as in situ migration measurements from 5 256 erosion monitoring stations, distributed all over the study area. To identify the sectors imminently exposed to erosion, we subtracted the maximum retreat measured during one single event in each type of coast, in each region to the distance between the asset and the coast. To obtain the potential number of years before the road should be affected, the result was divided by the local annual erosion rate.
- **The third stage was the potential exposition to flooding**, determined by several field measurements of water level performed by our laboratory during major events. These levels were adjusted to the level of the higher high water large tide (HHWLT) and they vary between 0.77 and 2.56 m above the HHWLT across eastern Quebec. Compared to the altitude of the road obtained through LiDAR data, we obtained a potential thickness of water over the road.

The **results of the study** indicate that more than 34 km of roads are exposed to imminent erosion (one major erosive event could affect them), while another 123 km may become exposed to erosion by 2100. In the case of coastal flooding, 102 km are currently submersible during storms.

The **databases** and **several map books** were given to Quebec Department of Transport, including, for each road segment, the potential date of exposition to erosion and the potential thickness of water on the road during an event of coastal flooding. This should allow the managers to better understand the environment in which the roads are located, to integrate the exposure to erosion and flooding into long-term planning, as well as to manage interventions at the scale of hydrosedimentary cells.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES	11
LISTE DES FIGURES.....	15
LISTE DES TABLEAUX	17
LISTE DES ÉQUATIONS	19
LISTE DES ENCADRÉS	19
GLOSSAIRE	21
1. Introduction	23
1.1 <i>Mise en contexte du projet.....</i>	23
1.2 <i>Objectifs du projet</i>	24
1.3 <i>Objectifs de ce rapport</i>	25
2. Trait de côte actualisé de l'Est du Québec.....	27
2.1 <i>Méthodologie.....</i>	27
2.1.1 <i>Type de trait numérisé</i>	27
2.1.2 <i>Échelle de numérisation</i>	28
2.1.3 <i>Années des traits de côte.....</i>	28
2.1.4 <i>Caractérisation de la côte</i>	30
2.2 <i>Longueur des côtes de l'Est du Québec</i>	36
2.3 <i>Résultats de la caractérisation des côtes de l'Est du Québec</i>	38
2.3.1 <i>Type de côte.....</i>	38
2.3.2 <i>État de la côte</i>	46
2.3.3 <i>Artificialité de la côte</i>	51
3. Inventaire et analyse des points de mesure sur la route.....	58
3.1 <i>Méthodologie.....</i>	59
3.2 <i>Altitude de la route</i>	63
3.3 <i>Distance entre la route et la côte</i>	66

4. Dynamique hydrosédimentaire de l'Est du Québec	69
4.1 <i>Méthodologie</i>	69
4.1.1 Cellules et unités hydrosédimentaires	69
4.1.2 Courants côtiers	70
4.2 <i>Résultats</i>	71
5. Sources sédimentaires granulaires	75
5.1 <i>Sources sédimentaires ponctuelles</i>	75
5.2 <i>Réservoirs sédimentaires</i>	75
5.3 <i>Sources sédimentaires linéaires</i>	75
6. Disponibilité sédimentaire des plages.....	77
6.1 <i>Méthodologie</i>	78
6.1.1 Méthodologie des largeurs des plages	81
6.1.2 Méthodologie de l'IBSP	81
6.1.3 Méthodologie des volumes des plages	82
6.2 <i>Résultats</i>	82
6.2.1 Région du Bas-Saint-Laurent.....	84
6.2.2 Région de la Gaspésie	85
6.2.3 Région des Îles-de-la-Madeleine	86
6.2.4 Région de la Côte-Nord	87
7. Exposition de la route à la submersion et à l'érosion.....	88
7.1 <i>Exposition de la route à la submersion</i>	89
7.1.1 Sensibilité de la côte à la submersion : niveau d'eau potentiellement atteint	89
7.1.2 Calcul de l'exposition à la submersion	92
7.1.3 Résultats	94
7.2 <i>Exposition de la route à l'érosion</i>	101
7.2.1 Sensibilité de la côte à l'érosion : vitesse de recul de la côte	101
7.2.2 Calcul de l'exposition à l'érosion	103
7.2.3 Résultats	107
7.3 <i>Synthèse de l'exposition de la route aux aléas</i>	126

8. Analyse de la dynamique hydrosédimentaire	130
8.1 <i>Méthodologie utilisée pour les fiches</i>	131
8.2 <i>Analyse globale de différentes cellules et recommandations de gestion en découlant</i>	135
8.2.1 Est du Québec.....	135
8.2.2 Particularités régionales	139
9. Conclusion	141
10. Références	143
11. Annexes	149
<i>Annexe 1 Description des données numériques</i>	151
<i>Annexe 2 Index des cartes et fiches</i>	171
<i>Annexe 3 Cartes de la dynamique hydrosédimentaire</i>	189
<i>Annexe 4 Fiches d'analyse des cellules hydrosédimentaires</i>	197
<i>Annexe 5 Cartes d'exposition à l'érosion et à la submersion</i>	217
<i>Annexe 6 Cartes d'exposition des sites suivis par le MTQ</i>	219

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1. Trait utilisé pour le traçage de la côte selon différents types de côte.....</i>	<i>27</i>
<i>Figure 2. Traits de côte et ligne de rivage numérisés dans les régions à l'étude</i>	<i>37</i>
<i>Figure 3. Somme de la longueur de l'état de l'artificialité (en %) par municipalité avant (haut) et après (bas) le passage de la tempête du 6 décembre 2010.....</i>	<i>53</i>
<i>Figure 4. Points de mesure aux 100 m et aux 20 m sur la route 132 à Sainte-Luce (Bas-Saint-Laurent).....</i>	<i>60</i>
<i>Figure 5. Exemple de cartographie de la dynamique hydrosédimentaire</i>	<i>73</i>
<i>Figure 6. Disponibilité des données de largeur, d'IBSP et de volume des plages sur les côtes de l'Est du Québec</i>	<i>80</i>
<i>Figure 7. Schéma méthodologique de calcul de l'IBSP</i>	<i>81</i>
<i>Figure 8. Tempête d'octobre 2000 sur la flèche littorale de La Digue</i>	<i>98</i>
<i>Figure 9. Exemple de cartographie de l'exposition à la submersion (général).....</i>	<i>99</i>
<i>Figure 10. Exemple de cartographie de l'exposition à la submersion (sites suivis par le MTQ).....</i>	<i>100</i>
<i>Figure 11. Disponibilité des données de sensibilité de la côte à l'érosion au niveau des segments de route étudiés.....</i>	<i>102</i>
<i>Figure 12. Haut : route 132 à Sainte-Flavie après la tempête du 6 décembre 2010. Bas : Route 132 en septembre 2010 avec la présence d'un enrochement et d'un muret de bois.....</i>	<i>106</i>
<i>Figure 13. Suite à la tempête du 6 décembre 2010 en Haute-Gaspésie, murets de béton de protection et route 132 partiellement détruits</i>	<i>107</i>
<i>Figure 14. Longueur cumulée de route (km) exposée à l'érosion d'ici 2100.....</i>	<i>108</i>
<i>Figure 15. Exemple de cartographie de l'exposition à l'érosion (général)</i>	<i>111</i>
<i>Figure 16. Exemple de cartographie l'exposition à l'érosion (sites suivis par le MTQ)</i>	<i>112</i>
<i>Figure 17. Longueur cumulée de la route (km) selon leur date d'exposition à l'érosion (Bas-Saint-Laurent).....</i>	<i>113</i>
<i>Figure 18. Longueur cumulée des routes (km) selon leur date d'exposition à l'érosion (Gaspésie).....</i>	<i>116</i>
<i>Figure 19. Longueur cumulée de route (km) selon leur date d'exposition à l'érosion (Îles-de-la-Madeleine)</i>	<i>121</i>
<i>Figure 20. Longueur cumulée de route (km) selon leur date d'exposition à l'érosion (Côte-Nord)</i>	<i>124</i>
<i>Figure 21. Répartition spatiale des routes exposées à la submersion dans l'Est du Québec.....</i>	<i>128</i>
<i>Figure 22. Répartition spatiale des routes exposées à l'érosion dans l'Est du Québec</i>	<i>129</i>
<i>Figure 23. Fiche d'analyse de la dynamique hydrosédimentaire.....</i>	<i>133</i>

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Année des photographies utilisées pour la numérisation du trait de côte ..	29
Tableau 2. Définition des principaux types de côte	31
Tableau 3. Définition des états possibles de la côte.....	35
Tableau 4. Définition des états possible de l'artificialité de la côte (ouvrage de protection)	35
Tableau 5. Longueur de côtes numérisées dans l'Est du Québec	36
Tableau 6. Type de côte de l'Est du Québec.....	39
Tableau 7. Type de côte des Îles-de-la-Madeleine.....	41
Tableau 8. Type de côte des MRC du Bas-Saint-Laurent.....	43
Tableau 9. Type de côte des MRC de la Gaspésie	44
Tableau 10. Type de côte des MRC de la Côte-Nord.....	45
Tableau 11. État des côtes des différentes régions de l'Est du Québec (en 2010).....	46
Tableau 12. État de la côte des Îles-de-la-Madeleine (en 2010).....	47
Tableau 13. État de la côte des MRC du Bas-Saint-Laurent (en 2010)	48
Tableau 14. État de la côte des MRC de la Gaspésie (en 2010)	48
Tableau 15. État de la côte des MRC de la Côte-Nord (en 2010).....	50
Tableau 16. Artificialisation des côtes de l'Est du Québec (en 2010)	51
Tableau 17. Artificialisation de la côte des MRC du Bas-Saint-Laurent (en 2010).....	55
Tableau 18. Artificialisation de la côte des MRC de la Gaspésie (en 2010).....	55
Tableau 19. Artificialisation de la côte des Îles-de-la-Madeleine (en 2010)	56
Tableau 20. Artificialisation de la côte des MRC de la Côte-Nord (en 2010)	57
Tableau 21. Nombre de points de mesures sur les routes par région et par type de points.....	61
Tableau 22. Longueurs des routes étudiées et surveillées par le MTQ	62
Tableau 23. Longueur de route (km) selon leur altitude géodésique (m).....	64
Tableau 24. Proportion des routes (%) par MRC selon leur altitude géodésique (m) ..	65
Tableau 25. Longueur et proportion de routes selon leur proximité à la côte	68
Tableau 26. Nombre d'unités et de cellules hydrosédimentaires de l'Est du Québec..	71
Tableau 27. Source et date des données LiDAR.....	78
Tableau 28. Disponibilité sédimentaire des plages étudiées de l'Est du Québec	83
Tableau 29. Disponibilité sédimentaire des plages étudiées du Bas-Saint-Laurent.....	84
Tableau 30. Disponibilité sédimentaire des plages étudiées de la Gaspésie.....	85
Tableau 31. Disponibilité sédimentaire des plages étudiées des îles de la Madeleine	86
Tableau 32. Disponibilité sédimentaire des plages étudiées de la Côte-Nord	87
Tableau 33. Niveaux moyens de submersion pour les différentes stations	90
Tableau 34. Seuils d'épaisseur d'eau	94
Tableau 35. Routes potentiellement exposées à la submersion	95
Tableau 36. Longueur de route (km) selon l'épaisseur d'eau de la submersion (m)....	96
Tableau 37. Reculs événementiels (m) selon les secteurs et les types de côte (Rive Sud).....	103

<i>Tableau 38. Reculs évènementiels (m) selon les secteurs et les types de côte (Îles-de-la-Madeleine)</i>	<i>104</i>
<i>Tableau 39. Reculs évènementiels (m) et les types de côte (Côte-Nord)</i>	<i>104</i>
<i>Tableau 40. Secteur pour la sensibilité de la côte à l'érosion.....</i>	<i>104</i>
<i>Tableau 41. Longueur de route (km) selon la période potentielle d'exposition à l'érosion</i>	<i>109</i>
<i>Tableau 42. Proportion (%) de route selon la période potentielle d'exposition à l'érosion</i>	<i>109</i>
<i>Tableau 43. Routes potentiellement exposées à l'érosion</i>	<i>110</i>
<i>Tableau 44. Longueur de route (km) selon la période potentielle d'exposition à l'érosion pour le Bas-Saint-Laurent.....</i>	<i>115</i>
<i>Tableau 45. Proportion de route (%) selon la période potentielle d'exposition à l'érosion pour le Bas-Saint-Laurent.....</i>	<i>115</i>
<i>Tableau 46. Longueur de route (km) selon la période potentielle d'exposition à l'érosion pour la Gaspésie.....</i>	<i>119</i>
<i>Tableau 47. Proportion de route (%) selon la période potentielle d'exposition à l'érosion pour la Gaspésie.....</i>	<i>119</i>
<i>Tableau 48. Longueur de route (km) selon la période potentielle d'exposition à l'érosion pour les Îles-de-la-Madeleine</i>	<i>122</i>
<i>Tableau 49. Proportion de route (%) selon la période potentielle d'exposition à l'érosion pour les Îles-de-la-Madeleine</i>	<i>122</i>
<i>Tableau 50. Longueur de route (km) selon la période potentielle d'exposition à l'érosion pour la Côte-Nord.....</i>	<i>125</i>
<i>Tableau 51. Proportion de route (%) selon la période potentielle d'exposition à l'érosion pour la Côte-Nord.....</i>	<i>125</i>
<i>Tableau 52. Longueur de route et nombre de sites exposés aux aléas d'érosion et de submersion.....</i>	<i>127</i>

LISTE DES ÉQUATIONS

<i>Équation 1. Indice de budget sédimentaire des plages</i>	<i>81</i>
<i>Équation 2. Niveau de submersion</i>	<i>90</i>
<i>Équation 3. Épaisseur d'eau sur la route</i>	<i>92</i>
<i>Équation 4. Degré d'exposition d'une infrastructure à l'érosion.....</i>	<i>103</i>

LISTE DES ENCADRÉS

<i>Encadré 1. Définition des aléas côtiers étudiés</i>	<i>23</i>
<i>Encadré 2. Définitions des traits utilisés</i>	<i>28</i>
<i>Encadré 3. Exemple de calcul de niveau de submersion</i>	<i>90</i>

GLOSSAIRE

Bas estran : Partie inférieure de la plage s'étirant de la flexure vers la limite inférieure des basses mers.

Cellule hydrosédimentaire : Il s'agit de compartiments de côte ayant un fonctionnement relativement autonome par rapport aux compartiments voisins (SDAGE, 2005), mais leur limite peut parfois se déplacer ou encore la cellule peut recevoir ou perdre des sédiments au profit des cellules adjacentes selon les conditions environnementales. Du point de vue du transport sédimentaire, les limites de la cellule sont donc perméables par rapport à l'unité hydrosédimentaire qui est imperméable. Les limites correspondent généralement à une inversion des dérives littorales ou encore à un cap rocheux. Les cellules peuvent parfois être appelées sous-unités hydrosédimentaires.

Dérive littorale principale : Les houles obliques, les courants (de marée et autres), les vents et le déferlement causent un courant parallèle à la côte qui déplace les sédiments côtiers (sable, gravier, galets) dans une direction privilégiée. Le terme désigne à la fois le courant parallèle à la côte et le déplacement des sédiments qui est causé par ce courant.

Dérive littorale secondaire : Générée par les mêmes facteurs que la dérive littorale principale, la dérive secondaire résulte de conditions environnementales minoritaires dans leur durée ou leur intensité. Les conditions de vent, de marées et de courants peuvent changer selon la saison ou les conditions météo-marines (tempête notamment).

Érosion : Phénomène d'ajustement de la côte qui entraîne une perte de substrat par des processus marins, terrestres ou aériens. L'érosion peut être verticale (abaissement de la plage) ou horizontale (perte de terrain côtier).

Flexure : La flexure est la limite géomorphologique entre le haut estran et le bas estran. Elle correspond à un changement de la pente de la plage (point d'inflexion), parfois accompagné d'un changement de granulométrie (texture). Elle correspond approximativement au niveau moyen des eaux.

Haut estran : Partie supérieure de la plage allant de la ligne de rivage à la flexure

LDGIZC : Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, à l'Université du Québec à Rimouski.

Ligne de rivage : Cette limite géomorphologique correspond à la limite de végétation herbacée dense, à la base d'une structure de protection rigide ou à la base d'une falaise. Elle correspond approximativement à la limite des

hautes mers maximales. Pour les marais maritimes, la ligne de rivage correspond à la limite entre le schorre supérieur et inférieur, soit approximativement à la limite des pleines mers supérieures de marées moyennes.

Na : non applicable. Si le renseignement ne s'applique pas à cette situation

Nd : non déterminé. Si le renseignement n'a pas pu être obtenu

Plage : Portion d'un rivage, de faible pente, constituée de sédiments fins (limons, sables) ou plus grossiers (galets, blocs) où les vagues déferlent. Aussi appelée estran ou zone intertidale, la plage comprend le haut et le bas estran.

PMSGM : Pleine mer supérieure de grande marée

PMSMM : Pleine mer supérieure de marée moyenne

Remblai : Côte artificielle qui constitue un empiètement dans le milieu marin.

Submersion : Inondation des terrains côtiers par la mer. La submersion peut être temporaire (due aux vagues de tempête ou à une surcote par exemple) ou permanente (due à la hausse du niveau de la mer). Aussi appelée *submersion marine*.

Trait de côte : Cette limite géomorphologique correspond à au sommet du talus côtier ou au sommet d'une structure de protection rigide. Limite entre la côte et l'arrière côte, limite de la zone d'influence des processus côtiers.

Unité hydrosédimentaire : Secteur de côte dans lequel le transit sédimentaire est limité à ses extrémités par deux éléments morphologiques infranchissables (cap rocheux, pointes, rivière, bathymétrie, artificialité) et à l'intérieur duquel se font les échanges sédimentaires le long de la côte (Dubois, 1973 ; SDAGE, 2005). Les unités sont indépendantes du point de vue du transport sédimentaire, c'est-à-dire que toute modification du mouvement de sédiments dans une unité est sans conséquence directe sur les unités voisines. Une unité peut être subdivisée en plusieurs cellules hydrosédimentaires. Également nommées « Unité géomorphologique naturelle » selon Mercier (1987).

1. INTRODUCTION

1.1 Mise en contexte du projet

Les observations compilées durant les dernières décennies sur l'évolution du littoral, associées à une littérature scientifique de plus en plus étoffée sur les changements climatiques, permettent d'anticiper une recrudescence de certains aléas côtiers à court et moyen terme ainsi qu'une augmentation de leur intensité (GIEC, 2007, 2013; Lozano *et al.*, 2004). La hausse accélérée du niveau moyen des mers et les nouvelles projections (Cazenave *et al.*, 2008; Pfeffer *et al.*, 2008; Allison *et al.*, 2009; Vermeer et Rahmstorf, 2009; Church et White, 2011; Rahmstorf *et al.*, 2012) entraîneront des modifications dans le rythme d'érosion et la fréquence de submersion des côtes basses. Or, 43 % du littoral du Québec maritime serait potentiellement à risque de submersion, dont 31 % du littoral de la Côte-Nord, 66 % pour le Bas-Saint-Laurent, 39 % pour la Gaspésie et 70 % aux îles de la Madeleine. De plus, plus de 50 % des côtes de l'Est du Québec sont sensibles à l'érosion (LDGIZC, 2009). Or, dans l'Est du Québec, l'occupation humaine et les infrastructures de communications se concentrent en zone côtière. Plus du tiers de la population du Québec maritime vit à moins de 500 m des berges du Saint-Laurent et plus de 90 % à moins de 5 km (Bourque et Simonet, 2008). C'est pourquoi, afin de renforcer les pratiques de gestion de risque en zone côtière, il devient essentiel d'intégrer l'érosion et la submersion dans une analyse globale du risque côtier (Dawson *et al.*, 2009). Ainsi, cette recherche vise à mieux connaître, à comprendre et à quantifier la vulnérabilité des infrastructures routières de l'Est du Québec à l'érosion et à la submersion côtière (encadré 1) dans un contexte de changements climatiques. Le territoire d'étude couvre les régions de la Côte-Nord (de Tadoussac à Natashquan), du Bas-Saint-Laurent, de la Gaspésie et des Îles-de-la-Madeleine.

Encadré 1. Définition des aléas côtiers étudiés

Érosion : Phénomène d'ajustement de la côte qui entraîne une perte de substrat par des processus marins, terrestres ou aériens. L'érosion peut être verticale (abaissement de la plage) ou horizontale (perte de terrain côtier).

Submersion : Inondation des terrains côtiers par la mer. La submersion peut être temporaire (due aux vagues de tempête ou à une surcote par exemple) ou permanente (due à la hausse du niveau de la mer). Aussi appelée *submersion marine ou côtière*.

1.2 Objectifs du projet

Afin de déterminer la vulnérabilité des infrastructures routières de l'Est du Québec à l'érosion et à la submersion côtière dans un contexte de changements climatiques, cette recherche porte sur quatre objectifs :

- **Objectif 1.** Cartographier le trait de côte actualisé des régions de l'Est du Québec (Côte-Nord, Bas-Saint-Laurent, Gaspésie, Îles-de-la-Madeleine) et déterminer la distance qui le sépare du réseau routier national.
- **Objectif 2.** Bonifier et appliquer une approche de gestion côtière basée sur les unités et les cellules hydrosédimentaires dans les secteurs où les aléas côtiers sont susceptibles de présenter un risque pour les infrastructures routières des régions de l'Est du Québec.
- **Objectif 3.** Développer une approche et un indice pour quantifier la vulnérabilité des infrastructures routières à l'érosion et à la submersion côtière dans un contexte de changements climatiques.
- **Objectif 4.** Faire une analyse et une synthèse des stratégies d'adaptation des infrastructures routières aux risques naturels côtiers en Europe et formuler des recommandations sur les stratégies d'adaptation, les mesures et les solutions d'adaptation potentielles pour les régions côtières de l'Est du Québec.

Le présent volume s'attarde aux objectifs 1 et 2 seulement.

Concernant les informations sur les neuf sites témoins documentés, au développement d'une méthodologie pour la vulnérabilité des infrastructures et pour l'indice de vulnérabilité c'est-à-dire pour **l'objectif 3**, il faut se référer au volume III : « *Développement d'un indice de vulnérabilité des infrastructures routières à l'érosion et à la submersion* » (à paraître - 2014).

Concernant les informations sur les stratégies internationales d'adaptation des infrastructures routières c'est-à-dire **l'objectif 4**, on trouvera l'information dans le volume II : « *Analyse des stratégies internationales et recommandations en matière de réduction de la vulnérabilité des infrastructures de transport face aux aléas naturels côtiers* » (Boyer-Villemare, Marie et Bernatchez, 2014).

Ce découpage du projet X008.1 « Vulnérabilité des infrastructures routières de l'Est du Québec à l'érosion et à la submersion côtière dans un contexte de changements climatiques » en trois volumes a pour but de faciliter la recherche d'informations pertinentes, l'utilisation des informations par les directions territoriales et la diffusion de l'information sur des objectifs précis auprès de partenaires.

1.3 Objectifs de ce rapport

Ce rapport se concentre sur les objectifs 1 et 2 de ce vaste projet de recherche. Il contient à la fois des informations régionales les plus à jour disponibles sur les côtes de l'Est du Québec (tracés de la côte mis à jour, caractérisation des côtes, dynamique hydrosédimentaire, sources sédimentaires, budget sédimentaire des plages), mais aussi des informations sur l'exposition des routes nationales côtières aux aléas d'érosion et de submersion et une analyse de la dynamique de toutes les cellules hydrosédimentaires utiles pour le MTQ.

Ce rapport a pour but de fournir des informations de base sur les côtes de l'Est du Québec au MTQ, à ses différentes directions territoriales et aux centres de service.

Pour alléger le texte, mais aussi pour faciliter l'utilisation des cartes et fiches produites, ce rapport est présenté avec plusieurs annexes :

- Des recueils cartographiques qui comprennent 772 cartes (annexes 2, 5 et 6)
- Un recueil de fiches d'analyse qui comprend 162 fiches (annexe 4)

Lorsque cela est nécessaire, les termes géomorphologiques sont définis dans le glossaire, dans ces cas, ils sont suivis d'une * dans le corps du texte.

2. TRAIT DE CÔTE ACTUALISÉ DE L'EST DU QUÉBEC

2.1 Méthodologie

2.1.1 Type de trait numérisé

Le trait utilisé pour numériser le trait de côte dépend du type de côte (figure 1). Pour les côtes à falaise (falaise rocheuse, falaise meuble), le sommet du talus est utilisé (trait de côte au sens strict, encadré 2), alors que, pour les côtes sans falaise ou les côtes basses (terrasse de plage, marais maritime, flèche littorale, tombolo), la ligne de rivage est tracée (encadré 2). Cette dernière correspond généralement à la limite de végétation herbacée dense et au niveau supérieur des hautes eaux (figure 1). En effet, celle-ci est assez constante et constitue généralement la meilleure limite à utiliser pour les côtes sans falaise (Grenier et Dubois, 1992). Dans le cas où ces derniers types de côte sont artificialisés, la limite supérieure des ouvrages de protection est utilisée, c'est-à-dire le trait de côte.

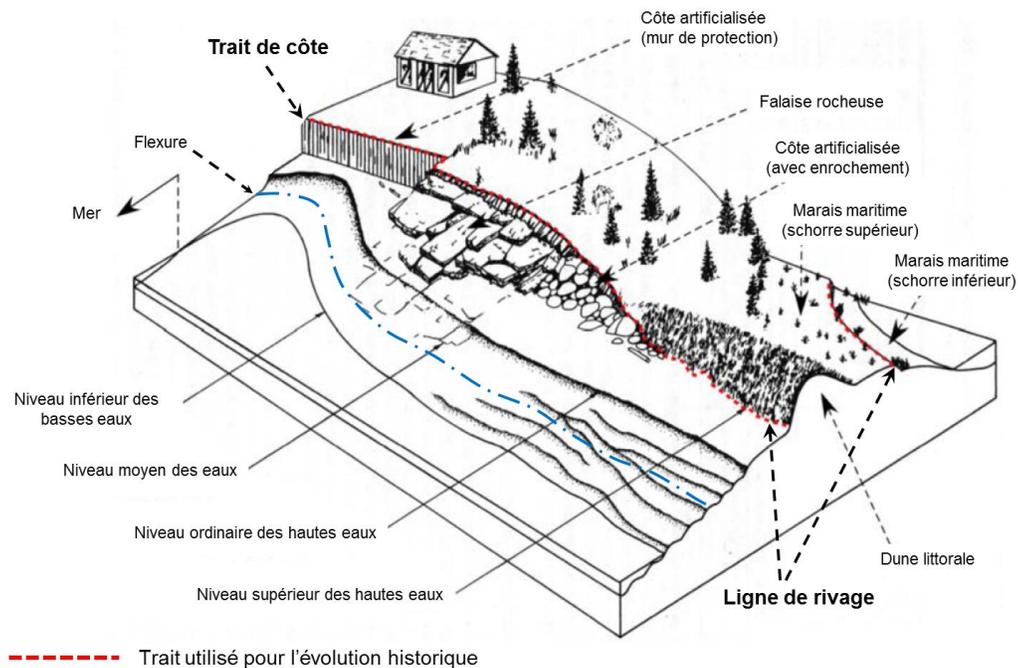


Figure 1. Trait utilisé pour le traçage de la côte selon différents types de côte
(modifié de Daigle *et al.*, 2006)

Encadré 2. Définitions des traits utilisés

Ligne de rivage : Cette limite géomorphologique correspond à la limite de végétation herbacée dense, à la base d'une structure de protection rigide ou à la base d'une falaise. Elle correspond approximativement à la limite des hautes mers maximales. Pour les marais maritimes, la ligne de rivage correspond à la limite entre le schorre supérieur et inférieur, soit approximativement à la limite des pleines mers supérieures de marées moyennes.

Trait de côte : Sommet du talus côtier ou sommet d'une structure de protection rigide. Limite entre la côte et l'arrière côte, limite de la zone d'influence des processus côtiers.

2.1.2 Échelle de numérisation

Les traits utilisés ont été tracés à l'échelle de 1 : 600 pour les photographies à haute résolution de 2007, 2008, 2009 et 2012 et à l'échelle de 1 : 1 500 pour les orthophotographies de 2001 et 2005.

Dans certains secteurs de la Côte-Nord ainsi que dans les secteurs des lagunes aux Îles-de-la-Madeleine où la route est éloignée de plus de 500 m de la côte, ce sont les traits de côte des cartes topographiques qui ont été utilisés. L'échelle de traçage est alors de 1 : 20 000.

2.1.3 Années des traits de côte

L'année des traits de côtes varie selon les photographies à haute résolution et les orthophotographies disponibles. Pour chacune des MRC, l'année des photographies utilisées est inscrite dans le tableau 1.

Tableau 1. Année des photographies utilisées pour la numérisation du trait de côte

MRC	Photographies haute résolution utilisées	Commentaires
Îles-de-la-Madeleine	2008, mosaïque infrarouge de l'UQAR	- Trait des cartes topographiques au 1 : 20 000 dans les secteurs de lagunes éloignés de plus de 500 m de la route 199. Ce trait est basé sur les images de 2001
Avignon	2007, mosaïque infrarouge de l'UQAR	- Orthophotographies de 2001 à l'ouest de Escuminac Flat
Bonaventure	2007, mosaïque infrarouge de l'UQAR	
Le Rocher-Percé	2007 et 2008, mosaïques infrarouges de l'UQAR	- 2007 à l'ouest de Port-Daniel, - 2008 à l'est de Port-Daniel
La Côte-de-Gaspé	2008 et 2009 mosaïques infrarouges de l'UQAR et mosaïque couleur du MRNF	- 2008 au sud de la pointe Forillon - 2009 au nord de la pointe Forillon
La Haute-Gaspésie	2009, mosaïque couleur du MRNF	
La Matanie	2009, mosaïque couleur du MRNF	
La Mitis	2009, mosaïque couleur du MRNF	
Rimouski-Neigette	2009 et 2012, mosaïques couleur du MRNF	- 2009 à l'est de la rivière hâtée - 2012 à l'ouest de la rivière hâtée
Les Basques	2012, mosaïque couleur du MRNF	
Rivière-du-Loup	2012, mosaïque couleur du MRNF	
Kamouraska	2012, mosaïque couleur du MRNF	
La Haute-Côte-Nord	2009, mosaïque couleur du MTQ	- 2009 si disponible (c'est-à-dire si la route est à moins de 125 m de la côte)
Manicouagan	2009, mosaïque couleur du MTQ	- Orthophotographies 2001 ou 2005 si le trait de côte avait été numérisé pour de précédents projets.
Sept-Rivières	2009, mosaïque couleur du MTQ	- Trait des cartes topographiques 1 :20 000 dans les autres situations. Ce trait est basé sur les images de 1997 à l'est de Matamec et de 2001 à l'ouest.
Minganie	2009, mosaïque couleur du MTQ	

2.1.4 Caractérisation de la côte

Une caractérisation côtière a été réalisée. Le principe de la segmentation côtière consiste à délimiter des segments homogènes selon plusieurs variables et en fonction des différentes parties de la zone côtière. Un nouveau segment est déterminé dès qu'une des variables change sur une longueur minimale de 5 m. La ligne de base utilisée est la ligne de rivage pour les côtes basses ou les côtes sans falaise (terrasses de plage, flèches littorales, marais maritimes, tombolo) et le trait de côte pour les côtes à falaise (falaises meubles, falaises rocheuses). Cette ligne est tracée dans un *système d'information géographique* (SIG), à l'aide du logiciel ArcGIS 10, sur les images les plus récentes disponibles dans le secteur, puis segmentée selon les différentes conditions du milieu. Les différentes variables recueillies ont été intégrées dans une base de données au sein d'un SIG. Il est possible ensuite de réaliser différentes analyses spatiales et de représenter de manière cartographique les différentes caractéristiques de la zone côtière ainsi que les facteurs géologiques, hydrodynamiques, morphosédimentologiques, morphogénétiques et anthropiques qui peuvent modifier la dynamique de la zone côtière.

Pour ce projet, la caractérisation a été effectuée par photo-interprétation en utilisant à la fois les photographies hélicoptées obliques à haute résolution (réalisées en septembre 2010 par le LDGIZC, UQAR) et les photographies aériennes verticales hautes résolutions.

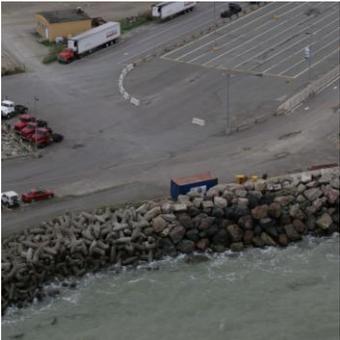
Cependant, pour certains secteurs (21,7 % des côtes, du quai de Pointe-au-Père jusqu'à la limite ouest de la MRC du Rocher-Percé) la caractérisation de la côte découle de relevés effectués sur le terrain entre 2008 et 2010. Pour ces secteurs, les informations ont été mises à jour, au besoin, à l'aide des photographies hélicoptées obliques à haute résolution de 2010. Ainsi toutes les informations de caractérisations sont à jour en date de septembre 2010. Dans ces secteurs, un point GPS est pris sur le terrain au début et à la fin de chaque segment puis la côte est segmentée dans le SIG.

La caractérisation comprend à la fois le type de côte (tableau 2) et l'état de la côte (tableau 3). De plus, il a été indiqué si la côte est artificialisée ou non par un ouvrage de protection. Dans ce cas, tous les types d'artificialités sont pris en compte, quel que soit leur état et quel que soit le fait qu'ils soient ou non adaptés au type de côte dans lequel ils sont implantés et aux aléas qui y surviennent. Enfin, si nécessaire, le type et l'état de l'artificialité sont décrits dans 2 colonnes (définitions au tableau 4).

Tableau 2. Définition des principaux types de côte

Type de côte*	Exemple photographique	Définition
Marais maritime		Les marais maritimes sont des zones d'accumulation de sédiments fins colonisées par de la végétation herbacée.
Flèche littorale		Accumulation de sable et/ou de gravier qui s'attache à la côte et qui s'étire généralement parallèlement à la côte; l'extrémité est libre.
Terrasse de plage		Accumulation de sable et/ou de gravier littoral formée d'un replat généralement végétalisé qui est très rarement submergé par les marées. Le replat est parfois bordé sur sa partie inférieure par un talus d'érosion (microfalaise) de moins de 2 m de hauteur et sa surface est parfois affectée par l'activité éolienne. La terrasse de plage peut être suivie à l'arrière-plage ou l'arrière-côte d'une falaise morte ou d'un terrain plat.
Tombolo et cordon littoral		Accumulation basse de sable et/ou de gravier qui relie la côte à un îlot souvent rocheux ou deux îlots rocheux entre eux. Ce type de côte est souvent bordé d'une lagune. Le cordon littoral peut ne pas être attaché à la côte et est souvent parallèle à celle-ci.

Type de côte*	Exemple photographique	Définition
<p align="center">Côte rocheuse/rocheuse sans falaise</p>		<p>Côte rocheuse sans falaise/escarpement. Pente douce. Peut être constituée de roche sédimentaire résistante (Bas-Saint-Laurent et Gaspésie) ou ignée (Côte-Nord). Peuvent être stable à moyen terme (roches sédimentaires résistantes) ou à long terme (roches ignées).</p>
<p align="center">Falaise meuble</p>		<p>Escarpement de dépôts non consolidés (argile, limon, sable, gravier, galet, blocs). Les escarpements de moins de 5 m de hauteur sont classifiés comme basse falaise meuble.</p>
<p align="center">Falaise meuble à base rocheuse</p>		<p>Escarpement de dépôts non consolidés (argile, limon, sable, gravier, galets, blocs) dont la base est constituée de roche consolidée. Les escarpements de moins de 5 mètres sont classifiés comme des basses falaises meubles à base rocheuse.</p>
<p align="center">Falaise rocheuse</p>		<p>Escarpement de roche consolidée. On retrouve des roches sédimentaires, métamorphiques et ignées. Les escarpements de moins de 5 m de hauteur sont classifiés comme basse falaise rocheuse.</p>

Type de côte*	Exemple photographique	Définition
Falaise rocheuse à sommet meuble		Escarpement rocheux surmonté d'un dépôt meuble sur moins de la moitié de la hauteur, mais qui influence le mode de recul de la falaise. Les escarpements de moins de 5 m de hauteur sont parfois classifiés comme basses falaises rocheuses à sommet meuble.
Falaise nd	-	Escarpement dont la nature n'a pas pu être déterminée. Les escarpements de moins de 5 m de hauteur sont classifiés comme basses falaises nd.
Côte dunaire		Une côte dunaire est une côte qui se forme où une importante quantité de sable est disponible. Elle est principalement formée de sable qui s'est accumulé au fil du temps par des processus éoliens. Elle forme des falaises sableuses lorsqu'elle est en érosion et peut aussi être végétalisée.
Côte morainique		Une côte morainique est une côte qui a été formée par le passage de l'inlandsis Laurentidien ou d'une calotte glaciaire qui a érodé le socle rocheux et laissé un dépôt glaciaire lors de sa fonte. Ces dépôts peuvent être glaciaires ou fluvioglaciaires. Les dépôts de blocs et de galets sont maintenant soumis à l'action des vagues qui a souvent lessivé les sédiments plus fins.
Artificielle		Une côte est qualifiée comme artificielle seulement lorsqu'il n'est plus possible de déterminer quel est le type de côte qui était présent avant les modifications anthropiques.

Type de côte*	Exemple photographique	Définition
Remblai		Lorsqu'un remblai important a été effectué en direction de la mer et que le type de côte original n'est plus discernable. Ces côtes sont toujours artificialisées pour maintenir le remblai en place.

* Il est à noter qu'en présence d'une structure de protection côtière, le type de côte d'origine est attribué au segment de côte lorsque cela est possible. La présence et le type de structure sont alors indiqués dans d'autres colonnes de la base de données (« Artif » et « TypeArtif »). Lorsqu'il n'est pas possible de déterminer le type de côte original (qui était présent avant l'action anthropique), et seulement dans ces situations, la côte est considérée comme artificielle.

Lorsqu'une côte présente un ouvrage de protection ou qu'il s'agit d'une côte artificielle (infrastructure majeure), elle est considérée comme étant d'un état stable tant que la structure de protection limite le processus d'érosion. Cependant, si la structure ne joue pas son rôle de protection adéquatement et que des processus d'érosion sont tout de même présents sur la côte et visibles sur les photographies, la côte peut alors être caractérisée comme semi-végétalisée voir même active, si la structure de protection n'est pas du tout efficace.

Il est important de noter que des côtes peuvent être en progradation sur le long terme, mais sans que cela ne soit identifiable actuellement sur le terrain ou à partir de photographies héliportées. Elles sont alors souvent considérées comme végétalisées. Les côtes désignées en accumulation sont celles qui présentent des signes d'accumulation identifiables sur le terrain ou sur les photographies héliportées (extrémités de flèches littorales, bancs en accumulation...).

Dans certaines MRC, l'état de la côte a été distingué entre les côtes stables et les côtes végétalisées. Bien que la méthodologie de cette étude regroupe ces deux catégories, lorsque l'information était disponible, elle a été conservée et est présentée dans le rapport.

Tableau 3. Définition des états possibles de la côte

État de la côte	Définition
Accumulation	Processus d'accumulation actifs
Stable ou végétalisé	Pas de processus d'érosion actifs Végétalisé à plus de 75 %
Semi-végétalisé	25 à 75 % de végétation, processus d'érosion actifs
Actif ou Vif	Moins de 25 % de végétation. Processus d'érosion actifs. La falaise, la basse falaise ou la microfalaise est vive.

L'appréciation de l'état des ouvrages de protection (artificialité) présents sur les côtes se fait seulement de manière visuelle. Il ne s'agit pas d'une évaluation précise de l'intégrité de la structure d'un point de vue de l'ingénierie et elle n'est pas garante de sa stabilité future. Un ouvrage de protection considéré comme en bon état peut, tout à fait, être complètement détruit par une tempête importante.

Tableau 4. Définition des états possible de l'artificialité de la côte (ouvrage de protection)

État de l'infrastructure	Définition
Bon état	> 75 %. Pas de signes apparents d'altération de l'infrastructure.
Partiellement endommagée	50 à 75 %. L'infrastructure est ponctuellement altérée (affaissement).
Très endommagée	25 à 50 %. L'infrastructure est altérée sur 50 à 75 % de sa surface et ne protège plus la côte.
Complètement endommagée	Moins de 25 %. La structure est complètement affaissée. Ne protège plus la côte.

2.2 Longueur des côtes de l'Est du Québec

Un total de 3 217 km de côtes a été tracé dans l'Est du Québec. La longueur de côtes est présentée pour chacune des régions et des 16 MRC à l'étude au tableau 5. La figure 2 montre les traits de côte qui ont été tracés ainsi que les années des photographies utilisées pour le traçage.

Tableau 5. Longueur de côtes numérisées dans l'Est du Québec

Région	MRC	Longueur de côte (km)
Îles-de-la-Madeleine	intérieur lagunes	230.1
	extérieur	235.1
	Total	465.2
Côte-Nord	Minganie	737.5
	Sept-Rivières	384.7
	Manicouagan	312.2
	La Haute-Côte-Nord	276.7
	Total	1711.0
Gaspésie	Le Rocher-Percé	180.1
	La Côte-de-Gaspé	214.8
	La Haute-Gaspésie	152.6
	Avignon	127.4
	Bonaventure	100.8
	Total	775.6
Bas-Saint-Laurent	La Matanie	97.7
	La Mitis	52.2
	Rimouski-Neigette	106.2
	Les Basques	43.1
	Rivière-du-Loup	115.8
	Kamouraska	80.4
	Total	495.4
TOTAL Est du Québec		3217.1

Étant donné la singularité du milieu côtier des Îles-de-la-Madeleine vis-à-vis de celui de la Gaspésie, il a été décidé de présenter tout au long de ce rapport les résultats de manière séparée vis-à-vis de la région administrative « Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine ».

Étant donné que nous faisons l'analyse par cellule hydrosédimentaire, le territoire étudié dans la MRC de Minganie s'étend plus loin que les limites administratives et comprend une petite partie de la MRC de la Basse-Côte-Nord.

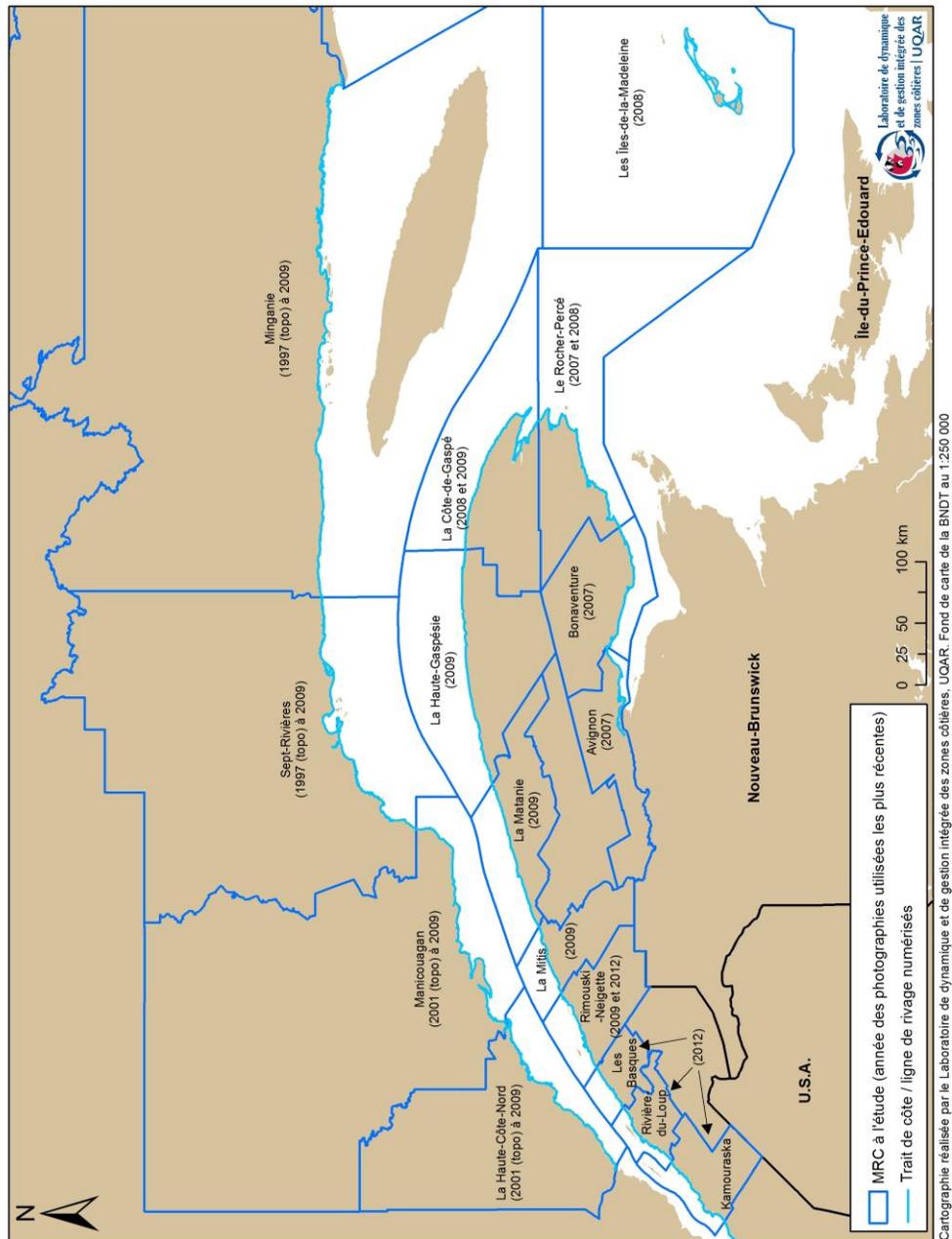


Figure 2. Traits de côte et ligne de rivage numérisés dans les régions à l'étude

2.3 Résultats de la caractérisation des côtes de l'Est du Québec

2.3.1 Type de côte

Les côtes de l'Est du Québec sont principalement des côtes rocheuses ignées (24,8 %) (exclusivement sur la Côte-Nord), des terrasses de plage (20,5 %) et des falaises rocheuses (12,7 %) (principalement situées en Gaspésie et aux Îles-de-la-Madeleine), mais cela varie beaucoup selon les secteurs. En effet, il est possible d'observer une répartition spatiale non homogène des types de côtes. Différents secteurs se distinguent avec leur(s) type(s) de côtes dominant et leurs particularités. Les limites ne correspondent pas tout à fait avec les limites administratives. De l'ouest du Bas-Saint-Laurent jusqu'à Trois-Pistoles, on retrouve une majorité de côtes à marais maritime, qui ont souvent été artificialisées par la présence d'aboteaux où localement on y retrouve des crans rocheux appalachiens (roches sédimentaires) avec des secteurs de terrasses de plage. Puis de Trois-Pistoles jusqu'au Bic, on retrouve une majorité de côtes rocheuses stables ou végétalisées avec des terrasses de plage et localement des marais maritimes. Puis du Bic jusqu'à Sainte-Anne-des-Monts, on retrouve majoritairement des côtes à terrasse de plage. De Sainte-Anne-des-Monts jusqu'à la pointe Forillon, ce sont majoritairement des falaises rocheuses sédimentaires. Puis dans le secteur de la pointe Forillon jusqu'à Bonaventure, ce sont des falaises rocheuses sédimentaires (principalement des grès rouges et des conglomérats de la formation de Bonaventure). Dans la baie des Chaleurs, de Bonaventure jusqu'à Pointe-à-la-Garde, se trouvent des côtes plus variées avec une distribution quadrimodale entre les flèches littorales, les falaises rocheuses sédimentaires, les basses falaises et les terrasses de plage. Les côtes des îles de la Madeleine sont très différentes des autres régions. On y retrouve majoritairement des tombolos/cordons littoraux qui relient entre elles les îlots rocheux avec leurs côtes de falaises rocheuses sédimentaires (principalement des grès rouges) ainsi que deux importantes flèches littorales aux extrémités de l'archipel. Sur la Côte-Nord, les côtes rocheuses ignées sont prédominantes dans toutes les MRC de la région, soit de Tadoussac jusqu'à Natashquan. Les deux types de côtes qui dominent par la suite sont les falaises meubles et les terrasses de plage. On peut aussi observer à l'embouchure de plusieurs rivières, des flèches littorales. De Tadoussac jusqu'à l'est de Baie-Trinité, ce sont surtout, toujours après les côtes rocheuses ignées, les falaises meubles qui dominent la côte. Les terrasses de plage sont surtout présentes entre Pentecôte et Natashquan.

Tableau 6. Type de côte de l'Est du Québec

Type de côte	BAS-SAINT-LAURENT		GASPÉSIE		IDLIM		CÔTE-NORD		EST-DU-QUÉBEC	
	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%
artificielle	1.1	0.2	5.6	0.7	2.5	1.1	6.6	0.4	15.7	0.5
remblai	9.6	1.9	63.0	8.1	0.0	0.0	9.1	0.5	81.8	2.5
basse falaise	10.2	2.1	58.7	7.6	2.2	0.9	75.3	4.4	146.4	4.6
falaise meuble	14.3	2.9	34.2	4.4	2.4	1.0	206.5	12.1	257.4	8.0
falaise meuble à base rocheuse	1.0	0.2	10.0	1.3	1.0	0.4	9.8	0.6	21.8	0.7
falaise rocheuse	14.0	2.8	325.7	42.0	65.1	27.7	3.0	0.2	407.9	12.7
falaise rocheuse à sommet meuble	0.6	0.1	31.6	4.1	8.2	3.5	0.0	0.0	40.3	1.3
falaise nd	0.4	0.1	2.9	0.4	0.0	0.0	12.6	0.7	15.9	0.5
marais maritime	117.3	23.7	26.8	3.5	1.3	0.5	117.0	6.8	262.3	8.2
terrasse de plage	206.2	41.6	136.3	17.6	10.6	4.5	306.0	17.9	659.1	20.5
terrasse alluviale	0.0	0.0	1.6	0.2	0.0	0.0	9.1	0.5	10.7	0.3
tombolo / cordon littoral	0.2	0.0	3.6	0.5	94.7	40.3	5.6	0.3	104.1	3.2
flèche littorale	5.3	1.1	56.9	7.3	47.1	20.0	81.3	4.8	190.6	5.9
îlots et bancs sableux	0.0	0.0	1.8	0.2	0.0	0.0	6.8	0.4	8.6	0.3
côte dunaire	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.1	0.9	0.0
côte rocheuse sédimentaire	76.8	15.5	5.7	0.7	0.0	0.0	34.0	2.0	116.5	3.6
côte rocheuse ignée	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	798.2	46.7	798.2	24.8
côte morainique	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.6	1.6	26.6	0.8
sans falaise meuble (marine)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.1	1.2	0.0
non déterminé	38.5	7.8	11.3	1.5	0.0	0.0	1.4	0.1	51.1	1.6
TOTAL	495.4	100	775.6	100	235.1	100	1711.0	100	3217.1	100.0

2.3.1.1 Région du Bas-Saint-Laurent

Les côtes du Bas-Saint-Laurent sont majoritairement constituées de marais maritimes dans l'ouest de la région, de côtes rocheuses dans la partie centrale et de terrasses de plage dans la partie est (tableau 8). C'est ainsi que les MRC de Kamouraska et de Rivière-du-Loup présentent principalement des côtes à marais maritimes (respectivement 61,3 et 46,6 %). Entre les secteurs de marais maritimes, on retrouve des côtes rocheuses sédimentaires (respectivement 12,4 et 9,6 %) et des terrasses de plage (respectivement 24,4 et 16,2 %). La MRC des Basques a comme principal type de côte les côtes rocheuses sédimentaires (39,7 %) avec des terrasses de plage (32,6 %) et des marais maritimes (12,4 %). La MRC de Rimouski-Neigette se situe à la limite entre deux secteurs côtiers aux particularités différentes. Dans l'ouest de la MRC, les côtes sont principalement rocheuses sédimentaires sans falaise alors que dans l'est de la MRC on retrouve principalement des terrasses de plage, c'est pourquoi les deux types de côtes principaux sont les terrasses de plage (37,4 %) et les côtes rocheuses (32,9 %). Les MRC de la Mitis et de la Matanie présentent une très nette majorité de côtes à terrasse de plage (respectivement 80,7 % et 73,6 %). Les côtes de l'île Verte (MRC de Rivière-du-Loup), de l'îlet Canuel et de l'île Saint-Barnabé (MRC de Rimouski-Neigette) n'ont pas pu être caractérisées.

2.3.1.2 Région de la Gaspésie

Les côtes à falaise rocheuses sont les côtes les plus abondantes de la Gaspésie (42,0 %). Cependant, des différences sont présentes selon les secteurs et les MRC (tableau 9). Dans l'ouest de la MRC de la Haute-Gaspésie, se trouvent principalement des terrasses de plage, dans la continuité des côtes de l'est du Bas-Saint-Laurent. Par contre, dans l'est de la MRC on retrouve principalement des falaises rocheuses. Dans l'ensemble de la MRC de la Haute-Gaspésie, les falaises représentent 70,5 km de côtes (présentées dans tableau 9 comme étant les falaises rocheuses et une partie des côtes à remblai) dont plus des deux tiers, soit 48,3 km présentent un important remblai à leur pied (d'où le fait qu'elles soient maintenant caractérisées comme des côtes à remblai). Entre le hameau de Ruisseau Castor (Sainte-Anne-des-Monts) et celui de Manche-d'Épée (Sainte-Madeleine-de-la-Rivière-Madeleine), la côte alterne principalement entre des segments de remblais au pied de falaises rocheuses (pour le passage de la route 132) et des secteurs de terrasse de plage dans le fond des baies, au niveau des villages ou hameaux. La route 132 est construite sur les remblais qui sont tous protégés par des murs de béton ou des enrochements. Dans les MRC de la Côte-de-Gaspé, du Rocher-Percé et de Bonaventure, le principal type de côte est les falaises rocheuses (respectivement 69,3; 50,4 et 43,3 % des côtes). Leur lithologie est différente selon que l'on se situe dans le nord de la péninsule ou dans la baie des Chaleurs. Cela a une influence sur les

processus côtiers présents et également sur la vitesse de l'érosion. Pour la MRC d'Avignon, quatre types de côtes sont dominants, soit les flèches littorales, les terrasses de plage, les falaises rocheuses et les basses falaises. N'ont pas pu être caractérisées les côtes de l'île Bonaventure (MRC du Rocher-Percé).

2.3.1.3 Région des Îles-de-la-Madeleine

Les côtes des Îles-de-la-Madeleine sont principalement des tombolos / cordons littoraux (40,3 %), des falaises rocheuses (27,7 %) et des flèches littorales (20,0 %) (tableau 7). Il est important de noter que seule la côte extérieure des îles a été caractérisée. L'intérieur de Bassin, Bassin aux Huîtres et des différentes lagunes n'a pas été caractérisé dans le cadre de ce projet. L'intérieur des lagunes a été caractérisé localement, lorsque l'analyse l'a nécessité dans les secteurs où la route est exposée à l'érosion ou à la submersion, mais comme cela est trop parcellaire, la répartition n'a pas été incluse dans la caractérisation régionale ni globale.

Tableau 7. Type de côte des Îles-de-la-Madeleine

Type de côte	Longueur	
	km	%
artificielle	2.5	1.1
basse falaise	2.2	0.9
falaise meuble	2.4	1.0
falaise meuble à base rocheuse	1.0	0.4
falaise rocheuse	65.1	27.7
falaise rocheuse à sommet meuble	8.1	3.5
marais maritime	1.3	0.5
terrasse de plage	10.6	4.5
tombolo / cordon littoral	94.7	40.3
flèche littorale	47.1	20.0
TOTAL	235.1	100.0

2.3.1.4 Région de la Côte-Nord

Près de la moitié des côtes de la Côte-Nord sont des côtes rocheuses ignées (46,7 %). Elles occupent entre 32,0 et 56,5 % des côtes selon les MRC (tableau 10). Sur la Haute-Côte-Nord, 22,2 % des côtes sont des falaises meubles et 14,0 % sont formées de flèches littorales. Les terrasses de plages et les marais maritimes suivent avec respectivement 10,5 et 10,0 % de la

longueur de côte. Mis à part les côtes rocheuses ignées, les falaises meubles (18,4 %) et les terrasses de plage (14,2 %) dominent le paysage de la MRC de Manicouagan. Ce constat demeure le même pour la MRC de Sept-Rivières, soit 24,6 % pour les terrasses de plage et 8,4 % pour les falaises meubles. Sont également présents des marais sur 8,3 % de la côte. Pour ce qui est de la Minganie, ce sont également les côtes à terrasse de plage (18,7 %) et les falaises meubles (7,5 %) qui sont les plus présentes après les côtes rocheuses ignées. Il est intéressant de noter que des côtes rocheuses sédimentaires sont présentes sur 4,6 % de sa côte, dans le secteur de Havre-Saint-Pierre. Dans ce secteur on retrouve également quelques falaises rocheuses sédimentaires (2,7 km), ce que l'on ne retrouve presque pas sur la Côte-Nord.

Tableau 8. Type de côte des MRC du Bas-Saint-Laurent

Type de côte	Kamouraska		Rivière-du-Loup		Les Basques		Rimouski-Neigette		La Mitis		La Matanie	
	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%
artificielle	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	1.1
remblai	0.0	0.0	3.9	3.4	0.0	0.0	5.4	5.1	0.0	0.0	0.4	0.4
basse falaise	0.2	0.3	0.7	0.6	2.5	5.7	1.8	1.7	1.8	3.4	3.1	3.2
falaise meuble	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.7	1.2	1.2	3.4	6.6	8.9	9.1
falaise meuble à base rocheuse	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.1	0.6	1.2	0.2	0.2
falaise rocheuse	0.7	0.9	0.4	0.3	2.2	5.1	1.1	1.1	1.6	3.1	8.0	8.2
falaise rocheuse à sommet meuble	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5
falaise nd	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
marais maritime	49.3	61.3	54.0	46.6	5.3	12.4	8.6	8.1	0.1	0.2	0.0	0.0
terrasse de plage	19.6	24.4	18.8	16.2	14.1	32.6	39.7	37.4	42.1	80.7	71.9	73.6
terrasse alluviale	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
tombolo / cordon littoral	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.04	0.0
flèche littorale	0.5	0.7	0.6	0.5	1.0	2.3	0.8	0.7	0.4	0.9	1.9	2.0
îlots et bancs sableux	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
côte dunaire	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
côte rocheuse sédimentaire	10.0	12.4	11.2	9.6	17.1	39.7	34.9	32.9	1.9	3.7	1.7	1.7
côte rocheuse ignée	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
côte morainique	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
sans falaise meuble	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
non déterminé*	0.0	0.0	26.2	22.6	0.0	0.0	12.3	11.6	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL	80.4	100.0	115.8	100.0	43.1	100.0	106.2	100.0	52.2	100.0	97.7	100.0

*les côtes de l'île Verte n'ont pas pu être caractérisées, ni celle de l'île Saint-Barnabé et de l'îlet Canuel

Tableau 9. Type de côte des MRC de la Gaspésie

Type de côte	Haute-Gaspésie		Côte-de-Gaspé		Rocher-Percé		Bonaventure		Avignon	
	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%
artificielle	0.8	0.5	1.4	0.7	3.1	1.7	0.3	0.3	0.0	0.0
remblai	49.8	32.6	3.7	1.7	4.2	2.3	2.0	1.9	3.5	2.7
basse falaise	4.1	2.7	9.3	4.3	19.2	10.7	6.0	6.0	20.1	15.8
falaise meuble	4.2	2.7	3.4	1.6	3.6	2.0	12.8	12.7	10.3	8.1
falaise meuble à base rocheuse	0.9	0.6	3.0	1.4	2.7	1.5	2.5	2.5	0.9	0.7
falaise rocheuse	22.2	14.6	148.8	69.3	90.8	50.4	43.6	43.3	20.2	15.9
falaise rocheuse à sommet meuble	1.1	0.7	8.3	3.9	14.3	7.9	4.9	4.9	3.1	2.4
falaise nd	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	2.3
marais maritime	0.5	0.4	1.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	25.1	19.7
terrasse de plage	65.1	42.7	21.2	9.9	17.0	9.4	13.8	13.7	19.1	15.0
terrasse alluviale	0.7	0.4	0.5	0.2	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
tombolo / cordon littoral	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	2.8
flèche littorale	2.0	1.3	12.8	6.0	10.9	6.1	13.6	13.5	17.5	13.7
îlots et bancs sableux	0.0	0.0	0.9	0.4	0.0	0.0	0.6	0.6	0.3	0.3
côte dunaire	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
côte rocheuse sédimentaire	1.2	0.8	0.3	0.1	4.2	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0
côte rocheuse ignée	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
côte morainique	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
sans falaise meuble	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
non déterminé*	0.0	0.0	0.03	0.0	9.8	5.4	0.8	0.8	0.7	0.5
TOTAL	152.6	100.0	214.8	100	180.1	100	100.8	100	127.4	100

*les côtes de l'île Bonaventure n'ont pas été caractérisées

Tableau 10. Type de côte des MRC de la Côte-Nord

Type de côte	Haute-Côte-Nord		Manicouagan		Sept-Rivières		Minganie	
	km	%	km	%	km	%	km	%
artificielle	0.7	0.3	0.0	0.0	5.8	1.5	0.0	0.0
remblai	1.2	0.4	5.8	1.9	1.5	0.4	0.6	0.1
basse falaise	12.5	4.5	22.2	7.1	7.7	2.0	32.9	4.5
falaise meuble	61.3	22.2	57.4	18.4	32.5	8.4	55.2	7.5
falaise meuble à base rocheuse	6.4	2.3	0.6	0.2	1.8	0.5	1.0	0.1
falaise rocheuse	0.3	0.1	0.03	0.0	0.0	0.0	2.7	0.4
falaise rocheuse à sommet meuble	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.4	0.0	0.0
falaise nd	6.9	2.5	3.9	1.3	0.0	0.0	0.1	0.0
marais maritime	27.7	10.0	27.1	8.7	32.1	8.3	30.1	4.1
terrasse de plage	29.0	10.5	44.4	14.2	94.6	24.6	138.0	18.7
terrasse alluviale	0.6	0.2	2.4	0.8	0.5	0.1	5.6	0.8
tombolo / cordon littoral	1.1	0.4	1.6	0.5	0.2	0.0	2.8	0.4
flèche littorale	38.9	14.0	11.1	3.5	18.4	4.8	13.0	1.8
îlots et bancs sableux	0.0	0.0	3.3	1.1	0.0	0.0	3.5	0.5
côte dunaire	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.1
côte rocheuse sédimentaire	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.0	4.6
côte rocheuse ignée	88.5	32.0	106.1	34.0	186.5	48.5	417.0	56.5
côte morainique	0.0	0.0	26.1	8.4	0.3	0.1	0.1	0.0
sans falaise meuble (marine)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.3	0.0	0.0
non déterminé	1.3	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.03	0.0
TOTAL	276.6	100.0	312.2	100.0	384.7	100.0	737.5	100.0

2.3.2 État de la côte

Dans l'Est du Québec, les côtes sont majoritairement stables ou végétalisées (tableau 11). Un total de 37,5 % des côtes présentent des signes d'érosion (c'est-à-dire qu'elles sont soit actives/vives, soit semi-végétalisées). Dans certaines régions ou MRC, les côtes en érosion sont toutefois prédominantes. Il s'agit des îles de la Madeleine (68,1 % des côtes présentant des signes d'érosion), et de plusieurs MRC en Gaspésie (Côte-de-Gaspé 71,2 % et Rocher-Percé 78,8 % des côtes qui présentent des signes d'érosion). À l'échelle de l'Est du Québec, la forte proportion de côtes stables ou végétalisées est liée à l'importance des côtes ignées sur la Côte-Nord, car leur érosion est très lente et elles sont donc considérées comme stables à l'échelle humaine. Les côtes rocheuses ignées sont composées de roches avec une très grande résistance à l'érosion, si bien qu'elles ne présentent pas de processus d'érosion et ne connaissent pas de recul à une échelle visible à l'œil humain et à une échelle de temps humaine (sauf en cas d'action anthropique). C'est pourquoi il peut être intéressant d'également regarder seulement l'état des côtes qui peuvent subir des processus côtiers. Ainsi, lorsqu'on ne considère pas les côtes rocheuses ignées, le pourcentage de côtes en érosion augmente significativement, passant de 25,9 % à 48,5 % sur la Côte-Nord et de 37,5 % à 49,9 % dans l'ensemble de l'Est du Québec (tableau 11). Les côtes en accumulation ne représentent qu'une infime proportion des côtes (moins de 1 %), mais cela est lié à la méthodologie qui ne permet pas toujours de faire la distinction entre les côtes végétalisées stables et les côtes végétalisées en accumulation (voir section méthodologique).

Tableau 11. État des côtes des différentes régions de l'Est du Québec (en 2010)

État de la côte	BAS-SAINT-LAURENT		GASPÉSIE		IDLM		CÔTE-NORD		EST DU QUÉBEC	
	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%
actif ou vif	51.1	10.3	338.5	43.6	133.1	56.6	280.3	16.4 <i>(30.7)</i>	803.0	25.0 <i>(33.2)</i>
accumulation	0.2	0.0	5.0	0.6	0.7	0.3	18.4	1.1 <i>(2.0)</i>	24.3	0.8 <i>(1.0)</i>
non déterminé	45.0	9.1	12.0	1.5	1.4	0.6	2.6	0.2 <i>(0.3)</i>	61.1	1.9 <i>(2.5)</i>
semi-végétalisé	89.6	18.1	124.3	16.0	27.0	11.5	162.5	9.5 <i>(17.8)</i>	403.3	12.5 <i>(16.7)</i>
stable/végétalisé <i>(excluant les côtes rocheuses ignées)</i>	309.5	62.5	295.9	38.1	73.0	31.0	1247.0 <i>(448.9)</i>	72.9 <i>(49.2)</i>	1925.4 <i>(1127.2)</i>	59.8 <i>(46.6)</i>
TOTAL	495.4	100.0	775.6	100.0	235.1	100.0	1711.0 <i>(912.8)</i>	100.0	3217.1 <i>(2418.9)</i>	100

Entre parenthèse et en italique sont présentées les longueurs de côtes stables ou végétalisées de la Côte-Nord si l'on exclut les côtes rocheuses ignées qui ne peuvent pas présenter de processus d'érosion.

2.3.2.1 Région du Bas-Saint-Laurent

Dans le Bas-Saint-Laurent, 62,5 % des côtes sont stables ou végétalisées, 18,1 % sont semi-végétalisées et 10,3 % sont actives ou vives (tableau 11). La proportion de côtes active varie entre 4,9 % dans les MRC des Basques et de la Mitis et 20,7 % dans le Kamouraska (tableau 13). Cette MRC est d'ailleurs celle qui compte le plus de côtes présentant des processus d'érosion (actif ou vif et semi-végétalisé) soit 42,6 % des côtes.

2.3.2.2 Région de la Gaspésie

Les côtes de la Gaspésie sont principalement soumises aux processus d'érosion, soit totalement (43,6 % de côtes actives) soit partiellement (16,0 % de côtes semi-végétalisées) (tableau 11). Les MRC de la Haute-Gaspésie et d'Avignon font exception et présentent des côtes plus stables que la moyenne régionale. Pour la Haute-Gaspésie, on note 61,5 % de côtes stables ou végétalisées (tableau 14), surtout du fait de la très forte proportion de côtes artificialisées de la MRC (plus de 45 %, voir tableau 18). Pour la MRC d'Avignon, il s'agit de plus de la moitié de sa longueur de côte qui est stable ou végétalisée (tableau 14), il est possible de faire le lien avec la position plus abritée dans laquelle se situe la région, soit le fond de la baie des Chaleurs.

2.3.2.3 Région des Îles-de-la-Madeleine

Les côtes des Îles-de-la-Madeleine sont actives sur 56,6 % du littoral et semi-végétalisées sur 11,5 % (tableau 12) soit plus des deux tiers qui présentent des processus d'érosion. Seulement un peu plus d'un quart de l'archipel est végétalisé.

Tableau 12. État de la côte des Îles-de-la-Madeleine (en 2010)

État de la côte	Longueur	
	km	%
actif ou vif	133.1	56.6
accumulation	0.7	0.3
non déterminé	1.4	0.6
semi-végétalisé	27.0	11.5
stable	9.8	4.2
végétalisé	63.1	26.8
TOTAL	235.1	100

Tableau 13. État de la côte des MRC du Bas-Saint-Laurent (en 2010)

État de la côte	Kamouraska		Rivière-du-Loup		Les Basques		Rimouski-Neigette		La Mitis		La Matanie	
	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%
actif ou vif	16.6	20.7	10.3	8.9	2.1	4.9	5.4	5.1	2.5	4.9	14.0	14.4
accumulation	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0	0.0	0.2	0.2
non déterminé*	0.0	0.0	29.7	25.7	1.6	3.6	13.4	12.6	0.4	0.7	0.0	0.0
semi-végétalisé	17.6	21.9	24.2	20.9	5.9	13.7	7.3	6.90	11.6	22.1	23.0	23.6
stable	12.8	15.9	18.6	16.0	15.5	36.0	47.5	44.8	37.8	72.3	60.4	61.9
végétalisé	33.4	41.5	33.0	28.5	18.0	41.8	32.5	30.6			60.4	61.9
TOTAL	80.4	100	115.8	100.0	43.1	100.0	106.2	100.00	52.2	100.0	97.7	100.0

*les côtes de l'île Verte n'ont pas pu être caractérisées, ni celle de l'île Saint-Barnabé et de l'îlet Canuel.

Tableau 14. État de la côte des MRC de la Gaspésie (en 2010)

État de la côte	Haute-Gaspésie		Côte-de-Gaspé		Rocher-Percé		Bonaventure		Avignon	
	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%
actif ou vif	32.3	21.2	119.1	55.5	120.2	66.7	44.3	43.9	22.6	17.7
accumulation	0.1	0.08	0.0	0.0	0.03	0.0	0.3	0.3	4.5	3.5
non déterminé	0.02	0.01	0.0	0.0	10.2	5.7	0.2	0.2	1.6	1.2
semi-végétalisé	26.3	17.2	33.9	15.8	21.8	12.1	12.9	12.8	29.4	23.1
stable							16.1	16.0	19.9	15.6
végétalisé	93.8	61.5	61.8	28.8	27.9	15.5	27.0	26.8	49.4	38.8
TOTAL	152.6	100	214.8	100	180.1	100	100.8	100	127.4	100

2.3.2.4 Région de la Côte-Nord

Les côtes de la Côte-Nord sont principalement stables ou végétalisées (72,9 %) (tableau 15). Ceci est lié à la forte proportion de côtes rocheuses ignées dont l'érosion est très lente et qui sont considérées comme stables à l'échelle humaine. Lorsqu'on ne considère pas les côtes rocheuses ignées, le pourcentage de côtes actives augmente significativement (passant de 16,4 % à 30,7 %). Pour la MRC de la Minganie, les côtes présentant des signes d'érosion sont même majoritaires, si on exclut les côtes rocheuses ignées, avec 58,3 % de sa côte active ou semi-végétalisée. Pour la MRC de Sept-Rivières, les côtes présentant des processus d'érosion forment 42,7 % des côtes sans portions rocheuses ignées. Les côtes présentant des processus d'érosion (active/vives ou semi-végétalisées) représentent respectivement 38,0 % et 49,6 % du littoral des MRC de Manicouagan et de la Haute-Côte-Nord (en excluant les côtes rocheuses ignées).

Tableau 15. État de la côte des MRC de la Côte-Nord (en 2010)

État de la côte	Haute-Côte-Nord				Manicouagan				Sept-Rivières				Minganie			
	toute la MRC		sans côtes rocheuses ignées		toute la MRC		sans côtes rocheuses ignées		toute la MRC		sans côtes rocheuses ignées		toute la MRC		sans côtes rocheuses ignées	
	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%
actif ou vif	61.4	22.2	61.4	32.7	36.6	11.7	36.6	17.8	47.8	12.4	47.8	24.1	134.5	18.2	134.5	42.0
accumulation	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1.8	0.5	1.8	0.9	16.7	2.3	16.7	5.2
non déterminé	1.2	0.4	1.2	0.6	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1.4	0.2	1.4	0.5
semi-végétalisé	31.9	11.5	31.9	17.0	41.6	13.3	41.6	20.2	36.7	9.6	36.7	18.5	52.2	7.1	52.2	16.3
stable/végétalisé	182.1	65.8	93.6	49.7	233.9	74.9	127.8	62.0	298.4	77.6	111.8	56.4	532.6	72.2	115.6	36.1
TOTAL	276.6	100	188.1	100	312.2	100	206.1	100	384.7	100	198.1	100	737.5	100	320.5	100

2.3.3 Artificialité de la côte

L'analyse des photographies héliportées de septembre 2010 permet d'indiquer que les côtes de l'Est du Québec sont majoritairement naturelles (tableau 16). Mais plus de 347 km, soit plus de 10 % des côtes, sont tout de même artificialisées par différentes structures de protection. Les proportions de côtes artificialisées varient de manière importante selon les régions (entre 4,6 % sur la Côte-Nord et 20,7 % en Gaspésie), selon les MRC (entre 45,1 % en Haute-Gaspésie et 0,9 % en Minganie) et selon les cellules hydrosédimentaires (certaines n'ont aucune artificialité sur la côte et d'autres jusqu'à 97 %; voir fiches d'analyses en annexe 4).

Tableau 16. Artificialisation des côtes de l'Est du Québec (en 2010)

	BAS-SAINT-LAURENT		GASPÉSIE		IDL M		CÔTE-NORD		EST DU QUÉBEC	
Artificialisée	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%
oui	96.4	19.5	160.6	20.7	11.8	5.0	78.4	4.6	347.2	10.8
non	354.4	71.5	604.8	78.0	221.9	94.4	1631.3	95.3	2812.5	87.4
non déterminé	44.6	9.0	10.2	1.3	1.4	0.6	1.2	0.1	57.4	1.8
TOTAL	495.4	100	775.6	100	235.1	100	1711.0	100	3217.1	100

2.3.3.1 Région du Bas-Saint-Laurent

Pour la région du Bas-Saint-Laurent, un cinquième des côtes est artificialisé, soit près de 97 km de côte, mais cela varie énormément selon les MRC. La MRC dont les côtes sont les plus artificialisées est la MRC de la Mitis (40,3 %) alors que les MRC de Kamouraska et de Rivière-du-Loup ont moins de 13 % de côtes artificielles (tableau 17). Le type d'artificialité est aussi variable selon les MRC (et leurs types de côtes prédominants). Dans l'ouest de la région, ce sont plutôt des enrochements et des murets de béton. Dans l'ouest on retrouve, en plus, une importante proportion de murets bois. Dans la MRC de Kamouraska, les côtes sont principalement artificialisées avec des enrochements (42,5 %), des murets de béton (23,8 %) et des blocs déversés (11,4 %). Ces infrastructures sont en bon état à 56,6 %, partiellement endommagées à 15,3 %, très endommagées à 13,9 % et complètement endommagées pour 14,2 %. Dans la MRC de Rivière-du-Loup, les côtes sont majoritairement artificialisées par des enrochements (50,7 %) et des murets de béton (24,7 %). Près des trois quarts des infrastructures sont en bon état. Dans la MRC des Basques, ce sont les deux mêmes types d'artificialités qui sont le plus présents (respectivement 65,3 et 21,2 %). Pour plus de 87 %, les infrastructures sont en bon état. Dans la MRC de Rimouski-Neigette, on

retrouve, en plus des enrochements (45,2 %) et des murets de béton (14,5 %), 3,7 km de murs de béton dans le centre-ville de Rimouski (20,1 % des artificialités). Dans la Mitis, ce sont les enrochements (55,0 %), les murets de bois (18,7 %) et les murets de béton (17,3 %) qui prédominent. Plus de trois quarts des structures de protection sont en bon état (en 2010). Dans la Matanie on retrouve principalement des enrochements (71,3 %), des remblais (5,9 %) et des blocs déversés (5,6 %). Près des trois quarts d'entre elles sont en bon état (en 2010).

Mentionnons que l'état des ouvrages de protection peut varier grandement dans le temps et surtout à la suite des événements de tempête. L'analyse de l'état des ouvrages de protection avant et après la tempête du 6 décembre 2010 indique que les ouvrages de protection dans la région du Bas-Saint-Laurent ont été lourdement affectés (figure 3). Lors de cette tempête, plus de 25 % des ouvrages de protection de la MRC de La Mitis ont été complètement endommagés (Quintin *et al.*, 2013).

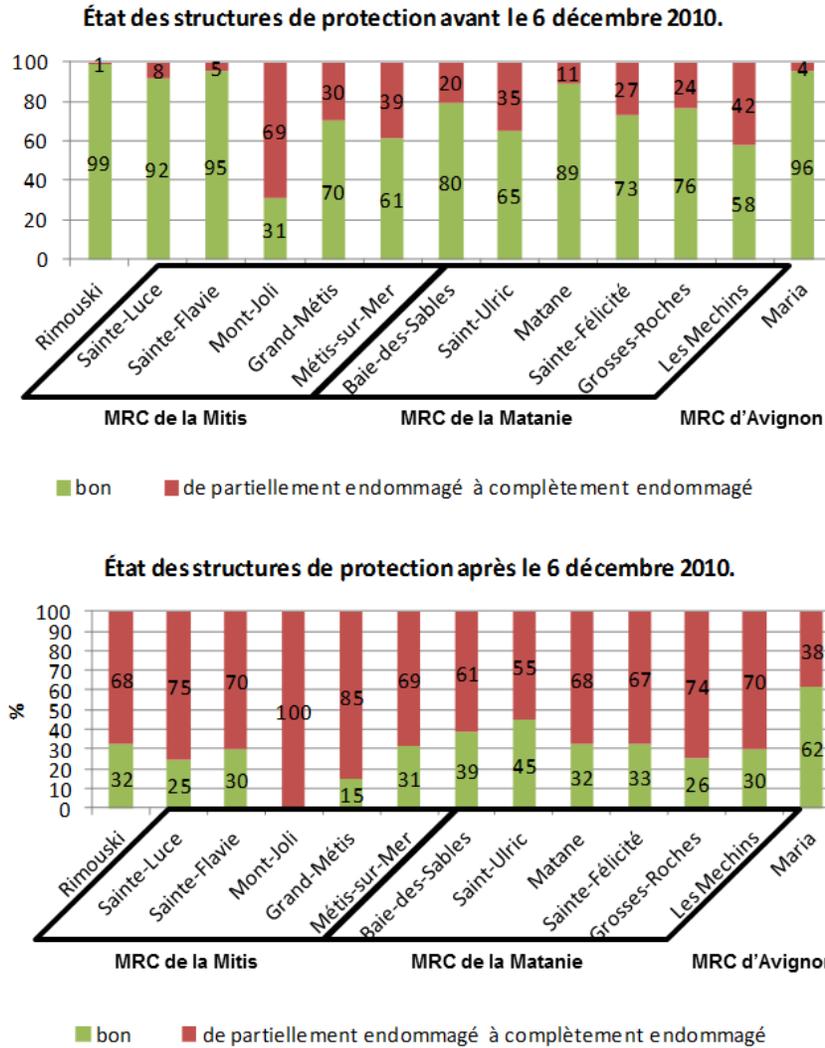


Figure 3. Somme de la longueur de l'état de l'artificialité (en %) par municipalité avant (haut) et après (bas) le passage de la tempête du 6 décembre 2010

Source : Quintin *et al.*, 2013

2.3.3.2 Région de la Gaspésie

Globalement, les côtes de la Gaspésie sont peu relativement peu artificialisées (20,7 %) (tableau 16). Cependant cela varie beaucoup selon les MRC entre moins de 10 % pour la Côte-de-Gaspé et plus de 45 % pour la Haute-Gaspésie (tableau 18). Dans la MRC de la Haute-Gaspésie, les côtes sont principalement artificialisées par d'importants remblais au pied de falaises rocheuses (près de 90 % de toutes les artificialités). Ces remblais sont protégés par des murs de béton ou par des enrochements. Ces artificialités sont bien entretenues (en bon état à près de 99 %). Dans la MRC de la Côte-

de-Gaspé, les artificialités de la côte sont principalement des remblais (37,0 %), des enrochements (29,7 %) ou des quais (11,3 %). Les trois quarts des artificialités sont en bon état. Dans la MRC du Rocher-Percé, ce sont principalement des enrochements (50,4 %), des remblais (23,6 %) et des murets de bois (8,1 %). Seulement 54 % sont en bon état et plus de 30 % sont partiellement endommagés. Dans la MRC de Bonaventure, lorsque les côtes sont artificialisées il s'agit principalement d'enrochements (78,3 %) ou de gabions (14,3 %). Ceux-ci sont en bon état à 93 %. Dans la MRC d'Avignon, les côtes sont artificialisées principalement par des enrochements (43,2 %) et des murets de bois (37,4 %). Cependant il est important de savoir qu'un seul événement important peut avoir une grande influence sur l'état des structures. Par exemple, une part importante des ouvrages de protection de la municipalité de Maria ont été endommagés par la tempête du 6 décembre 2010. En effet, ceux-ci étaient en bon état à 96 % avant l'évènement, et seulement 62 % l'étaient encore après (figure 3) (Quintin *et al.*, 2013).

Tableau 17. Artificialisation de la côte des MRC du Bas-Saint-Laurent (en 2010)

Artificialisée	Kamouraska		Rivière-du-Loup		Les Basques		Rimouski-Neigette		La Mitis		La Matanie	
	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%
oui	8.2	10.2	14.3	12.3	8.7	20.3	18.3	17.2	21.1	40.3	25.8	26.4
non	72.2	89.8	71.8	62.0	32.9	76.2	74.8	70.5	30.9	59.1	71.9	73.6
non déterminé	0.0	0.0	29.7	25.7	1.5	3.5	13.1	12.3	0.3	0.6	0.0	0.0
TOTAL	80.4	100	115.8	100	43.1	100	106.2	100	52.2	100	97.7	100

Tableau 18. Artificialisation de la côte des MRC de la Gaspésie (en 2010)

Artificialisée	Haute-Gaspésie		Côte-de-Gaspé		Rocher-Percé		Bonaventure		Avignon	
	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%
oui	68.9	45.1	21.0	9.8	27.6	15.4	18.3	18.1	24.8	19.5
non	83.7	54.9	193.8	90.2	142.2	79.0	82.5	81.9	102.6	80.5
non déterminé	0.0	0.0	0.0	0.0	10.2	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL	152.6	100	214.8	100	180.1	100	100.8	100	127.4	100

2.3.3.3 Région des Îles-de-la-Madeleine

Les côtes des Îles-de-la-Madeleine sont très majoritairement naturelles, à plus de 94 % (tableau 19). Seuls 5,0 % des côtes extérieures de l'archipel sont artificialisées. Les côtes sont majoritairement artificialisées avec des enrochements (60,8 % de toutes les artificialisations); viennent ensuite les quais (10,2 %), les blocs déversés (9,0 %), les ports (7,8 %) et les murets de bois (3,6 %). Cependant, alors que 11,8 km de côte sont artificialisées (tableau 19), seulement 9,8 km sont stables (tableau 12), cela signifie que pour 2 km de côtes, l'artificialisation de la côte n'empêche pas les processus d'érosion de survenir soit par le fait que l'infrastructure est désuète, soit parce que l'infrastructure n'est pas adaptée au type de côte et aux aléas présents. Sur toutes les côtes artificialisées, 63,2 % semblent en bon état, 11,6 % partiellement endommagés, 17,7 % très endommagés et 6,4 % complètement endommagé. Toutefois 1 % est un remblai, il n'est pas possible de caractériser l'état de l'infrastructure.

Tableau 19. Artificialisation de la côte des Îles-de-la-Madeleine (en 2010)

Artificialisée	km	%
oui	11.8	5.0
non	221.9	94.4
non déterminé	1.4	0.6
TOTAL	235.1	100.0

2.3.3.4 Région de la Côte-Nord

Les côtes de la Côte-Nord sont très peu artificialisées avec moins de 5 % présentant un ouvrage anthropique (tableau 16). Cela varie selon les MRC, avec un maximum de 11,7 % pour la MRC de la Manicouagan alors que la MRC de la Minganie ne compte que 0,9 % de côtes artificialisées (tableau 20). Ce sont principalement des enrochements qui ont été utilisés comme structure de protection sur la Côte-Nord, soit près de 70 % de l'artificialité de l'ensemble de la région. Les côtes des MRC de la Haute-Côte-Nord et de Manicouagan sont plus de la moitié artificialisées avec des enrochements, alors que les côtes des MRC de Sept-Rivières et de la Minganie sont au tiers et au quart, respectivement, artificialisées avec des enrochements. Les quais représentent près de 10 % de l'artificialité de la Côte-Nord. L'état des structures de protection est similaire sur la Côte-Nord à l'ensemble de l'Est du Québec où les trois quarts des infrastructures présentes sont en bon état (respectivement 72,0 % et 75,2 %). Les autres infrastructures sont partiellement endommagées (16,9 %), très endommagées (8,6 %) ou complètement endommagées (2,5 %).

Tableau 20. Artificialisation de la côte des MRC de la Côte-Nord (en 2010)

	Haute-Côte-Nord		Manicouagan		Sept-Rivières		Minganie	
Artificialisée	km	%	km	%	km	%	km	%
oui	10.3	3.7	36.5	11.7	25.1	6.5	6.6	0.9
non	265.1	95.8	275.7	88.3	359.6	93.5	730.9	99.1
non déterminé	1.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL	276.6	100	312.2	100	384.7	100	737.5	100

3. INVENTAIRE ET ANALYSE DES POINTS DE MESURE SUR LA ROUTE

Les routes du réseau routier supérieur sous la responsabilité du ministère des Transports du Québec (autoroute 20, routes 132, 138 et 199 ou autres routes côtières sous responsabilité du MTQ) ont été analysées. Cela représente un total de 2005,6 km, soit 875 km sur la Côte-Nord, 621 km en Gaspésie, 402 km dans le Bas-Saint-Laurent et 108 km aux Îles-de-la-Madeleine (tableau 22). Les haltes routières du MTQ le long du réseau routier supérieur ont également été analysées. Il est à noter que pour l'autoroute 20 et sur la route 132, lorsque la chaussée est à deux voies séparées par un terre-plein central, des points de mesure ont été générés sur chacune des voies, bretelles d'accès et aires de détente afin de documenter les aléas et l'exposition pour les deux chaussées, car cela peut être différent (d'où un nombre de points de mesures total généré de 22446 pour 2244,6 km de chaussées). L'autoroute 20 n'a pas été analysée dans sa portion entre Le Bic et Mont-Joli étant donné qu'elle se situe toujours à une distance importante avec la côte. Dans les MRC de Kamouraska et de Rivière-du-Loup par contre, comme l'autoroute se situe, alternativement avec la route 132, à proximité de la côte, des distances et des altitudes ont été calculées pour toute la route et l'autoroute. Pour être complet, cela inclut également 21,4 km d'autoroute en construction entre L'Isle-Verte et Trois-Pistoles. Dans le secteur du centre-ville de Rimouski, la route 132 est de responsabilité municipale, cependant afin d'avoir un portrait complet de l'exposition de la route, ces secteurs ont tout de même été étudiés.

3.1 Méthodologie

Le tracé de la route utilisé pour cette recherche est situé sur la ligne blanche latérale du côté du littoral c'est-à-dire la *ligne de rive*. Ainsi les données numériques des routes fournies par le MTQ ont été modifiées pour être ajustées en tous points à la ligne blanche latérale sur les photographies aériennes les plus récentes disponibles. Le choix de la ligne de marquage blanche s'est révélé le plus efficace à cause de l'homogénéité qu'elle offre à l'échelle de l'Est du Québec contrairement à la limite de l'asphalte ou de l'emprise qui ne sont pas toujours visibles sur les photographies aériennes. Sur ce tracé de route, des points à chaque 100 m ont été générés pour l'ensemble des routes. Des points aux 20 m ont aussi été créés entre les points aux 100 mètres pour les sites faisant l'objet d'un suivi par le MTQ pour leur vulnérabilité à l'érosion côtière (figure 4). Les 59,9 km de routes situées sur les tombolos relient les îlots rocheux des Îles-de-la-Madeleine ont aussi été analysés avec des points aux 20 mètres. Les 33 715 points ainsi générés, soit 22 446 points aux 100 mètres et 11 269 points aux 20 mètres (tableau 21), sont présentés dans un fichier de forme « EstduQuebec_pointsmesure_routes » (voir annexe 1, tableau B, pour la description des champs).

Les ponts ont été identifiés de manière particulière, car leur exposition tant à l'érosion qu'à la submersion ne peut pas être analysée de la même manière que les autres infrastructures de par leur installation sur l'eau et sur les berges de cours d'eau et de par leurs propriétés en matière d'ingénierie. Dans ce cadre, ils ont été identifiés, mais ils n'ont pas été analysés ni pour leur exposition à l'érosion ni pour leur exposition à la submersion.

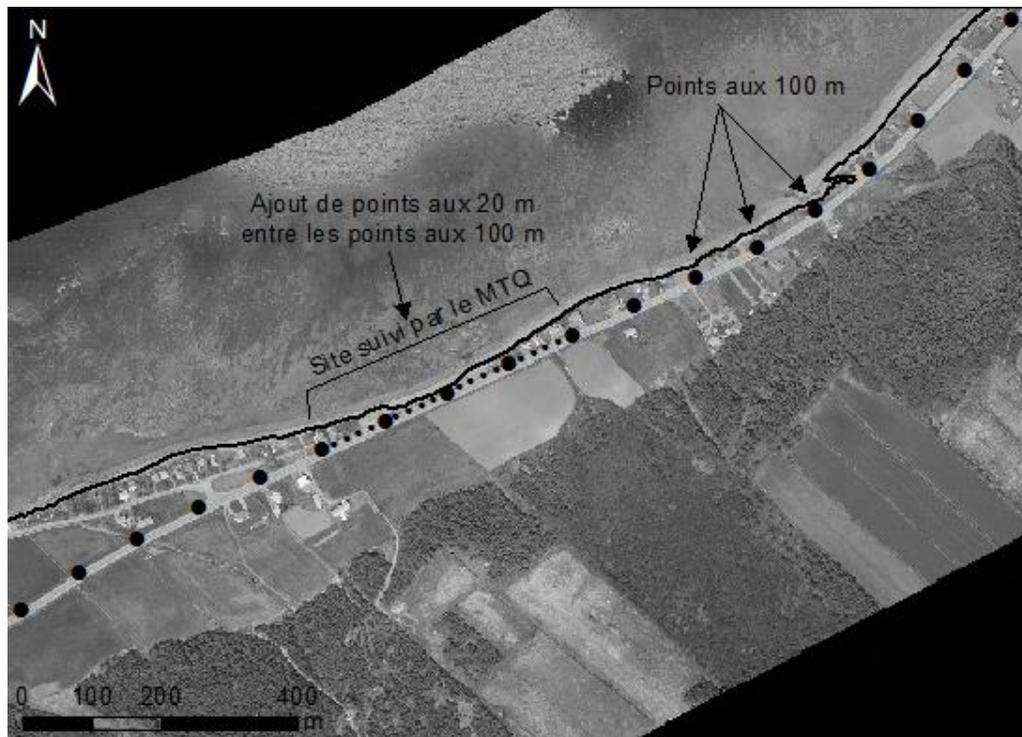


Figure 4. Points de mesure aux 100 m et aux 20 m sur la route 132 à Sainte-Luce (Bas-Saint-Laurent)

Tableau 21. Nombre de points de mesures sur les routes par région et par type de points

Région	MRC	Nombre de points	
		100 m	20 m
Îles-de-la-Madeleine		1076	1614
Côte-Nord	Minganie	3311	1338
	Sept-Rivières	1917	556
	Manicouagan	2048	1513
	La Haute-Côte-Nord	1473	815
	Total	8749	4222
Gaspésie	Avignon	938	344
	Bonaventure	844	419
	Le Rocher Percé	1294	383
	La Côte-de-Gaspé	1737	335
	La Haute-Gaspésie	1394	2443
	Total	6207	3924
Bas-Saint-Laurent	La Matanie	884	524
	La Mitis	456	248
	Rimouski-Neigette	572	215
	Les Basques	438	0
	Rivière-du-Loup	1675	362
	Kamouraska	2389	160
	Total	6414	1509
TOTAL Est du Québec		22446	11269
		33715	

Comme il a été mentionné auparavant, le MTQ surveille déjà plusieurs endroits en raison de l'érosion côtière. Le tableau 22 montre les longueurs de routes sous la responsabilité du MTQ (2244,6 km) et celles surveillées par le MTQ pour des questions d'aléas côtiers (272,4 km). Dans l'Est du Québec, 12,1 % (272,4 km) de l'ensemble de la route est surveillé en raison de son exposition à l'érosion côtière. En Gaspésie, sur les 620,7 km de la route sous la responsabilité du MTQ, 17,0 % sont surveillées (105,3 km). Dans le Bas-Saint-Laurent, 6,2 % de la route est surveillée par le MTQ (39,5 km). Sur la Côte-Nord, 114,5 km sur les 874,9 km (13,1 %) sont surveillés en raison de l'exposition à l'érosion. Aux Îles-de-la-Madeleine, sur les 107,6 km sous la responsabilité du MTQ, 13,1 km (12,2 %) sont surveillés en raison de l'érosion.

Tableau 22. Longueurs des routes étudiées et surveillées par le MTQ

	MRC	Longueur de route (km)			Nombre de sites suivis par le MTQ
		sous responsabilité du MTQ	route surveillée par le MTQ	% de routes surveillées	
Gaspésie	Avignon	93.8	9.1	9.7	5
	Bonaventure	84.4	11.5	13.6	12
	Le Rocher-Percé	129.4	11.4	8.8	20
	La Côte-de-Gaspé	173.7	10.2	5.9	20
	La Haute-Gaspésie	139.4	63.1	45.3	30
Gaspésie		620.7	105.3	17.0	87
Bas-Saint-Laurent	La Matanie	88.5	14.9	16.9	18
	La Mitis	45.6	7.3	16.0	11
	Rimouski-Neigette	57.2	5.9	10.3	5
	Les Basques	43.8	0.0	0.0	0
	Rivière-du-Loup*	167.5	6.9	4.1	4
	Kamouraska*	239	4.5	1.9	5
Bas-Saint-Laurent*		641.6	39.5	6.2	43
Côte-Nord	La Haute-Côte-Nord	147.3	22.6	15.3	21
	Manicouagan	204.8	41.1	20.1	46
	Sept-Rivières	191.7	14.9	7.8	14
	Minganie	331.1	35.9	10.8	43
Côte-Nord		879.9	115.1	13.1	124
Îles-de-la-Madeleine		107.6	13.1	12.2	20
Est du Québec		2244.6	272.4	12.1	274

*Au Bas-Saint-Laurent, il y a 402,4 km de routes si l'on ne compte qu'une seule fois les routes à 2 chaussées (soit 128.9 km dans la MRC de Rivière-du-Loup et 165.8 km dans le Kamouraska). Mais pour l'analyse chaque chaussée est comptabilisée de manière indépendante.

3.2 Altitude de la route

L'altitude la plus précise disponible permettra de mieux cerner l'existence ou non d'une problématique de submersion pour les routes de l'Est du Québec et d'analyser la sensibilité de la route à la submersion. L'altitude géodésique de la route a été déterminée pour chaque point généré.

L'altitude de la route provient soit de l'altitude des données LiDAR lorsque celles-ci sont disponibles, sinon elle provient d'un modèle numérique de terrain basé sur les courbes de niveau des cartes topographiques au 1:20 000 de la BDTQ (Base de données topographique du Québec). La précision des différents levés LiDAR est variable selon les sources d'acquisition, mais l'erreur moyenne est de 0,2 m. Les courbes de niveau de la BDTQ sont établies aux 10 m et leur précision est de + ou – 5 m (MRNF, 2008). L'altitude est associée au point avec l'outil « *Add surface information* » d'ArcGIS 10.

Lorsque l'altitude n'est pas précise et présente manifestement des problèmes de précision, cela est indiqué dans la table d'attribut « Comm_sub ». Cela survient par exemple dans le secteur de Pointe-à-la-Croix où les courbes de niveau sont imprécises au niveau de la côte et où il n'y a pas de LiDAR. Ces données sont invalidées (« 7777 »).

L'altitude des routes à l'endroit des points de mesure est présentée dans la table d'attributs du fichier de forme « EstduQuebec_pointsmesure_routes », fournit avec ce rapport. Les deux champs liés à l'altitude sont « Altitude » et « z_source » (tableau B de l'annexe 1). Le champ « Altitude » comprend l'altitude géodésique en mètres. Le champ « z_source » explique quelle a été la donnée utilisée pour extraire l'altitude à savoir celle provenant d'un levé LiDAR (dans ce cas, la date et la source sont également renseignées) ou celle provenant des données de la BDTQ.

L'altitude des points au 100 m a été regroupée en classe et est présentée au tableau 23 (longueur du réseau routier selon l'altitude) et au tableau 24 (proportion du réseau routier selon l'altitude) par MRC, par région et pour l'ensemble de l'Est du Québec. Pour l'ensemble de l'Est du Québec, près de 85 % des routes sont situées au-dessus de 6 m d'altitude. C'est principalement aux Îles-de-la-Madeleine que l'on retrouve les routes à plus basse altitude, soit 5,3 % de route sont sous 2 m d'altitude. Les portions de la route qui sont sous 1 m d'altitude se trouvent dans les MRC de Manicouagan, Sept-Rivières, sur la Côte-Nord et la MRC d'Avignon, en Gaspésie. Il faut toutefois mentionner que dans bien des cas où la route se situe à une altitude inférieure à 0,5 et 1 m, la source des données provient de la BDTQ qui présente une précision en Z nettement inférieure aux données LiDAR (5 m vs 0,2 m).

Tableau 23. Longueur de route (km) selon leur altitude géodésique (m)

Région	MRC	Z <0.5	0.5< Z <1	1< Z <1.5	1.5< Z <2	2< Z <2.5	2.5< Z <3	3< Z <3.5	3.5< Z <4	4< Z <4.5	4.5 < Z<5	5< Z <5.5	5.5< Z <6	Z >6	pont s	erreur d'altitude	TOTAL
Côte-Nord	Minganie	0	0	0	0	0.1	0.2	0.5	2.6	2.9	2.9	3.5	3.4	313.9	1.1	na	331.1
	Sept-Rivières	0.2	0.2	0.1	0.2	0.5	0.3	0.3	0.1	0	1.1	2.3	1.9	183.5	1.0	na	191.7
	Manicouagan	0.2	0.4	0.2	0.1	0.1	0.4	0.8	1.0	0.7	1.1	0.5	2	195.7	0.7	0.9	204.8
	La Haute-Côte-Nord	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0.5	1.4	2.3	2	140.1	0.6	na	147.3
	Total	0.4	0.6	0.3	0.3	0.7	0.9	1.6	4.1	4.1	6.5	8.6	9.3	833.2	3.4	0.9	874.9
Gaspésie	Avignon	0.3	0	0.1	0	0.3	1.3	2.4	6	4.1	3.3	1.2	1.8	64.2	0.4	8.4	93.8
	Bonaventure	0	0.1	0.1	0.1	0	0.2	0.4	1.6	1.5	1.4	2.1	1.7	74.6	0.6	na	84.4
	Le Rocher Percé	0	0	0	0	0.2	0.9	0.7	0.6	4.3	2	0.9	1.5	117.8	0.5	na	129.4
	La Côte-de-Gaspé	0	0	0.1	0.8	0.5	1.2	0.3	0.8	0.6	1.5	1.9	0.8	161.9	0.8	2.5	173.7
	La Haute-Gaspésie	0	0	0	0	0	0	0.4	1.3	5	27.6	18.7	9.3	76.4	0.7	na	139.4
	Total	0.3	0.1	0.3	0.9	1	3.6	4.2	10.3	15.5	35.8	24.8	15.1	494.9	3.0	10.9	620.7
Bas-Saint-Laurent	La Matanie	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	1	9.9	4.7	72.4	0.2	na	88.4
	La Mitis	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.9	7.1	3.9	2.7	30.6	0.2	na	45.6
	Rimouski-Neigette	0	0	0	0	0	0	0	1.3	3.8	3.8	1.7	0.9	45.5	0.2	na	57.2
	Les Basques	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43.6	0.2	na	43.8
	Rivière-du-Loup	0	0	0	0	0	0.1	0	0.5	0.4	10.3	5.8	2.5	147.1	0.8	na	167.5
	Kamouraska	0	0	0	0	0	0	0.8	7.1	11.4	20.9	6.8	7	184.5	0.4	na	238.9
	Total	0	0	0	0	0	0.1	0.8	9.1	16.7	43.1	28.1	17.8	523.7	2.0	na	641.4
Îles-de-la-Madeleine	0	0	0.7	5	8.2	11.6	10	7.8	4.8	3.3	2.5	1.7	51.8	0.2	na	107.6	
TOTAL Est du Québec	0.7	0.7	1.3	6.2	9.9	16.2	16.6	31.3	41.1	88.7	64	43.9	1903.6	8.6	11.8	2244.6	

Tableau 24. Proportion des routes (%) par MRC selon leur altitude géodésique (m)

Région	MRC	Z <0.5	0.5< Z <1	1< Z <1.5	1.5< Z <2	2< Z <2.5	2.5< Z <3	3< Z <3.5	3.5< Z <4	4< Z <4.5	4.5< Z <5	5< Z <5.5	5.5< Z <6	Z >6	ponts	erreur d'altitude	TOTAL
Côte-Nord	Minganie	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.8	0.9	0.9	1.1	1.0	94.8	0.3	na	100
	Sept-Rivières	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	0.2	0.1	0.0	0.6	1.2	1.0	95.7	0.5	na	100
	Manicouagan	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.2	0.4	0.5	0.3	0.5	0.2	1.0	95.6	0.3	0.4	100
	La Haute-Côte-Nord	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	1.0	1.6	1.4	95.1	0.4	na	100
	Total	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.5	0.5	0.7	1.0	1.1	95.2	0.4	0.1	100
Gaspésie	Avignon	0.3	0.0	0.1	0.0	0.3	1.4	2.6	6.4	4.4	3.5	1.3	1.9	68.4	0.4	8.9	100
	Bonaventure	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2	0.5	1.9	1.8	1.7	2.5	2.0	88.4	0.7	na	100
	Le Rocher Percé	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.7	0.5	0.5	3.3	1.5	0.7	1.2	91.0	0.4	na	100
	La Côte-de-Gaspé	0.0	0.0	0.1	0.5	0.3	0.7	0.2	0.5	0.3	0.9	1.1	0.5	93.2	0.5	1.4	100
	La Haute-Gaspésie	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.9	3.6	19.8	13.4	6.7	54.8	0.5	na	100
	Total	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.6	0.7	1.7	2.5	5.8	4.0	2.4	79.7	0.5	1.8	100
Bas-Saint-Laurent	La Matanie	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.1	11.2	5.3	81.9	0.2	na	100
	La Mitis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	2.0	15.6	8.6	5.9	67.1	0.4	na	100
	Rimouski-Neigette	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	6.6	6.6	3.0	1.6	79.5	0.3	na	100
	Les Basques	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	99.5	0.5	na	100
	Rivière-du-Loup	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.3	0.2	6.1	3.5	1.5	87.8	0.5	na	100
	Kamouraska	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	3.0	4.8	8.7	2.8	2.9	77.2	0.2	na	100
	Total	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.4	2.6	6.7	4.4	2.8	81.6	0.3	na	100
Îles-de-la-Madeleine	0.0	0.0	0.7	4.6	7.6	10.8	9.3	7.2	4.5	3.1	2.3	1.6	48.1	0.2	na	100	
TOTAL Est du Québec	0.03	0.0	0.1	0.3	0.4	0.7	0.7	1.4	1.8	4.0	2.9	2.0	84.8	0.4	0.5	100	

3.3 Distance entre la route et la côte

Comme dans le cas de l'altitude, pour l'ensemble des côtes, une valeur de distance entre la côte et la route a été mesurée systématiquement pour chaque point d'information. Aux îles de la Madeleine, dans les secteurs où la route 199 traverse des tombolos, les mesures ont été prises des deux côtés de la route afin de pouvoir analyser leur exposition à l'érosion des deux côtés des tombolos. Cependant il est important de noter que l'information est rattachée à un seul point de mesure que ce soit pour la mesure extérieure ou pour la mesure intérieure. En effet, la largeur de la chaussée entre les deux lignes blanches latérales a simplement été soustraite de la distance calculée entre le point de mesure (situé sur la ligne de rive côté extérieur) et la côte intérieure des lagunes.

À l'aide de l'outil « Near analysis » disponible dans ArcGIS, il a été possible de générer la distance exacte la plus courte entre la route et la côte. Des mesures ont été faites jusqu'à concurrence de 500 m de la côte. En effet, dans toutes les régions du Québec maritime, si la route est à une distance de plus de 500 m, la distance exacte n'est pas mesurée, mais seulement identifiée comme étant trop importante pour que la route soit vulnérable. Une validation a par la suite été nécessaire puisque cet outil automatique peut générer de mauvaises interprétations notamment dans les embouchures de cours d'eau, lorsque deux distances sont possibles, soit à l'intérieur des lagunes ou à l'extérieur faisant face au golfe du Saint-Laurent ainsi que sur les ponts. La distance est mesurée entre la route et la ligne de rivage* ou le trait de côte* selon les types de côtes, tel que présenté à la section 2.1.1. Cependant, dans les secteurs de marais maritimes, la distance est mesurée entre la route et le trait de côte du marais soit environ le niveau des pleines mers supérieures de grandes marées, c'est-à-dire la limite côté terre de l'habitat.

L'annexe 1 montre tous les champs qui sont inclus dans la table d'attribut du fichier de forme pour chacun des points de la route à l'étude. Le champ « Distance » indique la distance en mètre entre le point et le trait de côte (pour les falaises ou les zones artificielles) ou la ligne de rivage (pour les côtes basses). Lorsqu'un point est à plus de 500 m, donc trop loin pour être mesuré, le code 9999 y est inscrit. Si le point se situe sur un pont, le code 8888 est alors inscrit. Un champ « Comm_dist » commente la distance, soit pour indiquer que la mesure est trop loin, qu'il s'agit d'un pont ou autre information pertinente (mesure prise dans un port ou encore présence d'une rivière entre la route et la côte).

Le tableau 25 présente la longueur et la proportion de la route étudiée selon leur distance à la côte. En Gaspésie, 79,9 % des routes ont été analysées (entre 92,9 et 62,9 % selon les MRC) pour un total de 496,0 km. Au Bas-Saint-Laurent ce sont 42,6 % des voies qui ont été étudiées (entre 15,3 et 98,1 % selon les MRC) pour un total de 273,1 km. Sur la Côte-Nord, ce sont 46,9 % des routes qui ont été analysées pour l'érosion côtière (soit entre 34,0 et

57,4 %) pour un total de 410,7 km. Aux îles de la Madeleine, 58,1 % des routes ont été analysées soit 62,5 km. Au total, 1242,3 km de routes ont été analysées dans l'Est du Québec parce qu'elles se trouvent à moins de 500 m de la côte (tableau 25).

Tableau 25. Longueur et proportion de routes selon leur proximité à la côte

Région	MRC	Longueur des routes (km) à moins de				Proportion des routes (%) à moins de			
		500 m	100 m	50 m	15 m	500 m	100 m	50 m	15 m
Gaspésie	Avignon	59	24	13.7	8.5	62.9	25.6	14.6	9.1
	Bonaventure	69	26.4	15.2	7.3	81.8	31.3	18.0	8.6
	Le Rocher-Percé	102.1	42.7	18.5	2.7	78.9	33.0	14.3	2.1
	La Côte-de-Gaspé	136.4	55.6	28.7	6.9	78.5	32.0	16.5	4.0
	La Haute-Gaspésie	129.5	95.9	79.2	58.4	92.9	68.8	56.8	41.9
Gaspésie		496.0	244.6	155.3	83.8	79.9	39.4	25.0	13.5
Bas-Saint-Laurent	La Matanie	86.7	40.2	26.0	4.4	98.1	45.5	29.4	5.0
	La Mitis	44.4	22.0	14.5	4.0	97.4	48.2	31.8	8.8
	Rimouski-Neigette	33.6	14.0	11.6	4.3	58.7	24.5	20.3	7.5
	Les Basques	6.7	0	0	0	15.3	0	0	0
	Rivière-du-Loup	49.7	17.4	8.3	1.4	29.7	10.4	5.0	0.8
	Kamouraska	52.0	16.4	6.0	1.2	21.8	6.9	2.5	0.5
Bas-Saint-Laurent		273.1	110.0	66.4	15.3	42.6	17.1	10.4	2.4
Côte-Nord	La Haute-Côte-Nord	84.5	18.7	9.1	3.1	57.4	12.7	6.2	2.1
	Manicouagan	98.4	37.6	13.5	2.9	48.0	18.4	6.6	1.4
	Sept-Rivières	65.2	14.9	4.9	0.7	34.0	7.8	2.6	0.4
	Minganie	162.6	37.1	15.5	4.2	49.1	11.2	4.7	1.3
Côte-Nord		410.7	108.3	43.0	10.9	46.9	12.4	4.9	1.2
Îles-de-la-Madeleine	extérieur	62.5	16.9	9.8	2.4	58.1	15.7	9.1	2.2
	intérieur	56.9	20.4	13.4	6.1	52.9	19.0	12.5	5.7
	les deux	38.7	7.2	3.1	0.4	36.0	6.7	2.9	0.4
Est du Québec		1242.3	479.8	274.5	112.4	55.3	21.4	12.2	5.0

4. DYNAMIQUE HYDROSÉDIMENTAIRE DE L'EST DU QUÉBEC

La gestion du risque, l'analyse et la mise en œuvre de solutions d'adaptation nécessitent une nouvelle approche basée sur les unités et les cellules hydrosédimentaires (SDAGE, 2005; de la Vega-Leinert et Nicholls, 2008; Dawson *et al.*, 2009) ; ceci afin que les actions d'aménagement soient appropriées selon la dynamique côtière et qu'elles n'aient pas d'impacts négatifs sur des secteurs avoisinants. C'est ainsi que l'ensemble des côtes de l'Est du Québec a été analysé afin d'en définir la dynamique hydrosédimentaire.

4.1 Méthodologie

Une caractérisation hydrosédimentaire de l'ensemble de l'estuaire maritime, du golfe du Saint-Laurent et de la baie des Chaleurs a été effectuée par une analyse détaillée de la côte. L'analyse a été conduite par photo-interprétation de la côte avec l'aide de toutes les photographies aériennes récentes et anciennes disponibles, des photographies hélicoptérées obliques, de relevés sur le terrain et de données bathymétriques disponibles. L'analyse géomorphologique s'est, entre autres, basée sur plusieurs indicateurs tels que la morphologie du littoral, la configuration de la côte, des plages, l'évolution côtière récente et historique, les embouchures de cours d'eau, l'impact des structures anthropiques et les formes géomorphologiques récentes et anciennes. Cela a conduit à identifier plusieurs éléments importants qui ont été cartographiés. Pour la description des éléments, se référer au tableau D et au tableau E de l'annexe 1.

4.1.1 Cellules et unités hydrosédimentaires

L'étude avait pour but de déterminer les limites des cellules et des unités hydrosédimentaires. L'**unité hydrosédimentaire** est délimitée par un secteur de côte dans lequel le transit sédimentaire est limité de part et d'autre par des éléments morphologiques qui sont infranchissables. Il peut s'agir d'un cap rocheux, de pointes, de rivières, d'un chenal important, ou d'une infrastructure portuaire. Les unités sont indépendantes du point de vue du transport sédimentaire, c'est-à-dire que toute modification du mouvement de sédiments dans une unité est sans conséquence directe sur les unités voisines. Ces unités avaient été nommées « Unité géomorphologique naturelle » par Mercier (1987).

Par la suite en subdivisant les unités selon d'autres éléments telles qu'une inversion des dérives littorales ou encore un cap rocheux, plusieurs **cellules hydrosédimentaires** sont déterminées au sein d'une même unité. C'est pourquoi les cellules peuvent parfois être appelées « sous-unités

hydrosédimentaires ». Il s'agit de compartiments de côte ayant un fonctionnement relativement autonome par rapport aux compartiments voisins (SDAGE, 2005), mais leur limite peut parfois se déplacer ou encore la cellule peut recevoir ou perdre des sédiments au profit des cellules adjacentes selon les conditions environnementales. Du point de vue du transport sédimentaire, les limites de la cellule sont donc perméables par rapport à l'unité hydrosédimentaire qui est imperméable.

4.1.2 Courants côtiers

Les différents courants présents en zone côtière ont une influence importante sur le déplacement des sédiments le long de la côte. C'est pourquoi tous ceux qu'il a été possible d'identifier l'ont été.

La **dérive littorale principale** provient des houles obliques, des courants (de marée et autres), des vents et du déferlement. Il s'agit d'un courant parallèle à la côte qui déplace les sédiments côtiers (sable, gravier, galets) dans une direction privilégiée. Le terme désigne à la fois le *courant parallèle* à la côte et le *déplacement des sédiments* qui est causé par ce courant.

La **dérive littorale secondaire** est générée par les mêmes facteurs que la dérive littorale principale. Cependant, elle résulte de conditions environnementales minoritaires dans leur durée ou leur intensité. En effet, les conditions de vent, de marées et de courants peuvent changer selon la saison ou les conditions météorologiques (tempête notamment).

Les **courants de marée** se produisent dans des passages étroits lors du flot ou du jusant. On les retrouve donc à l'embouchure de certains cours d'eau, à l'entrée des barachois, entre certaines îles et la côte par exemple.

Les **courants estuariens** quant à eux, résultent de l'importance du débit de certains cours d'eau.

Les **courants de retour** (ou courant d'arrachement) sont présents sur certaines plages de fond de baie ou de plages réfléchives. Il s'agit de forts courants qui entraînent des sédiments en direction du large.

4.2 Résultats

La description de la dynamique hydrosédimentaire des côtes de l'Est du Québec a permis l'identification de 181 unités hydrosédimentaires et de 409 cellules hydrosédimentaires (tableau 26).

Tableau 26. Nombre d'unités et de cellules hydrosédimentaires de l'Est du Québec

Région	MRC	Unité	Cellule
	Îles-de-la-Madeleine	10	34
Côte-Nord	Minganie	17	105
	Sept-Rivières	33	25
	Manicouagan	51	76
	La Haute-Côte-Nord	25	36
	Total	126	242
Gaspésie	Avignon	6	8
	Bonaventure	5	13
	Le Rocher Percé	11	29
	La Côte-de-Gaspé	3	25
	La Haute-Gaspésie	4	15
	Total	29	90
Bas-Saint-Laurent	La Matanie	3	6
	La Mitis	1	6
	Rimouski-Neigette	5	8
	Les Basques	1	5
	Rivière-du-Loup	3	8
	Kamouraska	3	10
	Total	16	43
TOTAL Est du Québec		181	409

Il est à noter que certaines unités hydrosédimentaires ne comprennent aucune cellule

La dynamique hydrosédimentaire de l'Est du Québec est présentée par le biais de 120 cartes à l'annexe 3 de ce document. Les cartes présentent les limites des unités et cellules hydrosédimentaires, les courants de dérives littorales principales et secondaires, les courants de marée, estuariens et de retour ainsi que les sources sédimentaires ponctuelles et les réservoirs sédimentaires. Les cartes sont de format 11"x17". La plupart, soit 112, sont à l'échelle du

1 :50 000. Cependant, 8 d'entre elles ont des échelles différentes afin d'assurer une meilleure visualisation de la dynamique côtière de certains secteurs. Il s'agit de la carte de l'île Verte (municipalité de Notre-Dame-des-Sept-Douleurs) qui est à l'échelle du 1 :35 000; de celle de la baie de Cascapedia qui est à l'échelle du 1 :75 000; de celle de la péninsule de Manicouagan qui est à l'échelle du 1 :100 000; de celles de la baie de Sept-Îles, de la baie de Gaspé, des Îles-de-la-Madeleine nord et des Îles-de-la-Madeleine sud qui sont à l'échelle du 1 :120 000 et enfin de l'unité de Baie-Johan-Beetz qui est à l'échelle du 1 :170 000.

On peut voir sur la figure 5 un exemple de carte de la dynamique hydrosédimentaire, soit la carte n° 15 de Rimouski.



Figure 5. Exemple de cartographie de la dynamique hydrosédimentaire

5. SOURCES SÉDIMENTAIRES GRANULAIRES

Les sources sédimentaires et les réservoirs sédimentaires sont cartographiés sur les cartes de dynamiques hydrosédimentaires (figure 5). Il s'agit des sources de sédiments granulaires (sables, graviers et galets).

5.1 Sources sédimentaires ponctuelles

Les sources sédimentaires ponctuelles qui ont été identifiées dans ce projet sont les cours d'eau. Leur identification s'est effectuée visuellement à partir des images héliportées de 2010 et des photographies aériennes verticales les plus récentes utilisées. En effet, ils sont une source importante de sédiments pour la côte. C'est pourquoi ils ont été répertoriés et indiqués sur les cartes de dynamique hydrosédimentaire (figure 5). Dans la base de données et dans les fiches d'analyse, ils sont distingués entre petits, moyens et grands cours d'eau. Cette distinction qualitative est basée sur l'analyse par photo-interprétation. Les cours d'eau qui n'étaient, visuellement, pas une source d'apport de sédiments granulaires n'ont ainsi pas été inclus dans la base de données. Les sources sédimentaires correspondent au fichier de forme « EstduQuebec_SourceSediments » dont les champs sont décrits au tableau F de l'annexe 1.

5.2 Réservoirs sédimentaires

Les bancs sableux, les bancs graveleux, les deltas sous-marins, de bas estran, les barres d'avant côte et les deltas de marées sont tous des sources de sédiments granulaires accessibles aux agents hydrodynamiques que sont les courants côtiers et les vagues. Ainsi, ils sont mobilisables et sont donc susceptibles d'alimenter les différentes cellules hydrosédimentaires. C'est pourquoi ces réservoirs sédimentaires sont répertoriés sur les cartes de dynamique hydrosédimentaire (figure 5). Leur identification et délimitation s'est effectuée visuellement sur l'imagerie aéroportée verticale. Les réservoirs sédimentaires correspondent au fichier de forme « EstduQuebec_ReservoirSediments » dont les champs sont décrits au tableau G de l'annexe 1.

5.3 Sources sédimentaires linéaires

En croisant l'information sur le type de côte, son état et son artificialité, il est possible de déterminer l'apport sédimentaire de l'érosion de la côte dans le système hydrosédimentaire. Il est entendu ici que l'on parle de sources de sédiments granulaires (sables, gravier et galets). Ces sources sont analysées dans les fiches d'analyse des cellules hydrosédimentaires (annexe 4) et peuvent être obtenues avec les informations des champs de type de côte,

d'état de la côte et de l'artificialité du fichier de forme
« EstduQuebec_cotes_projetMTQ_2014 ».

Les différentes sources qui peuvent être identifiées sont :

- **Source potentielle** : la côte est végétalisée ou en accumulation, mais peut se réactiver (exclut les côtes de roches ignées et les côtes de silts qui ne sont pas des sources de sédiments granulaires)
- **Source active rocheuse** (roches sédimentaires) Falaises rocheuses sédimentaires : si elles sont actives (donc en érosion), elles fournissent un apport en sédiments granulaires. Cet apport est cependant limité étant donné les taux de recul plus faibles et le temps nécessaire pour mobiliser les sédiments grossiers générés lors des éboulements et des effondrements.
- **Source active meuble** (sédiments meubles) falaises meubles : composées de sables, elles fournissent un apport granulaire important pour les plages. Cela inclut également les terrasses de plage, si elles sont en érosion : zone d'apport de sédiments au système.
- **Réservoirs sédimentaires** (cordons, bancs alluviaux), mais aussi les terrasses de plages : si elles sont en accumulation : zone de dépôt et de stockage de sédiments.
- **N'est pas une source** : secteurs artificiels (qui sont actuellement en bon état), secteurs de roche ignée, secteurs composés d'argile et de silt (produisent des sédiments trop fins qui ne sont pas considérés ici).

6. DISPONIBILITÉ SÉDIMENTAIRE DES PLAGES

Afin de déterminer la quantité de sédiments disponibles dans le système côtier, il est possible de calculer les volumes de sédiments présents sur les plages. Lorsque ce n'est pas possible, des variables de substitution (*proxys*) peuvent être utilisées soit la largeur de la plage ou l'indice de budget sédimentaire des plages (IBSP). L'IBSP a été développé par Bernatchez *et al.* (2011) et modifié par Van-Wierst (2012) et s'avère un excellent *proxy* pour connaître la répartition de la disponibilité sédimentaire au sein d'un système côtier et pour identifier les secteurs déficitaires et les secteurs bien alimentés en sédiments. En effet le portrait de la disponibilité en sédiments granulaires des plages fait partie intégrante d'un portrait précis des côtes et d'une analyse de la dynamique côtière. L'estran a un rôle géomorphologique important, notamment sur l'atténuation des vagues arrivant à la côte et ainsi sur les aléas d'érosion et de submersion. De plus, les plages sont également un habitat naturel. Les sédiments dont il est question ici sont des sédiments granulaires c'est-à-dire du sable, du gravier et des galets.

Les données de disponibilité sédimentaire ont été intégrées à l'analyse de la côte et de la dynamique hydrosédimentaire qui a été effectuée pour toutes les cellules hydrosédimentaires dans lesquelles la route est exposée à l'érosion (fiches en annexe 4). Entre autre, cela a permis de repérer les secteurs de plages absentes ou quasi absentes et donc plus vulnérables à l'action des vagues, mais aussi les zones de déficit sédimentaires ou les zones d'accumulation. Il est important de noter qu'il ne s'agit pas d'un portrait de la disponibilité sédimentaire des plages en général, mais seulement de celles pour lesquelles nous disposons de données LiDAR et qui étaient à proximité des routes du MTQ soit entre 4,7 et 41,6 % des côtes selon les régions.

Il ne s'agit pas d'un bilan sédimentaire car il n'y a pas de données comparatives dans le temps. Cependant, ce portrait est un travail de base afin de permettre de réaliser à l'avenir un tel bilan sédimentaire lorsque d'autres données seront disponibles au niveau des routes du MTQ. Que ce soit suite à l'implantation ou la modification d'une infrastructure de protection ou suite à un événement de tempête. Les données utilisées étant à certains endroits précédentes à la tempête du 6 décembre 2010, les données générées pourraient ainsi être comparées à des données récentes et ainsi servir à mesurer l'impact des structures de protection qui ont été mises en place suite à la tempête du 6 décembre 2010 ainsi que l'impact de la tempête elle-même. De plus, Le portrait de la disponibilité de sédiments peut servir pour effectuer une évaluation précise de la submersion de tronçons routiers identifiés comme exposés à la submersion.

6.1 Méthodologie

La disponibilité sédimentaire des plages a été calculée lorsque des données LiDAR sont disponibles c'est-à-dire en Gaspésie, aux Îles-de-la-Madeleine, au Bas-Saint-Laurent (entre Cacouna et Les Méchins) et ponctuellement sur la Côte-Nord. Il existe des données LiDAR au Bas-Saint-Laurent entre La Pocatière et Cacouna, mais elles ne nous ont été rendues disponibles qu'en octobre 2013 ce qui, compte tenu des délais de traitement, ne nous a pas permis de les utiliser pour cet objectif. L'étude s'est concentrée sur les secteurs où la route principale, sous responsabilité du MTQ, est à moins de 250 mètres de la ligne de rivage ou du trait de côte. Voir le tableau 27 pour les dates et les sources des données LiDAR utilisées.

Tableau 27. Source et date des données LiDAR

MRC	Date du LiDAR	Source
Îles-de-la-Madeleine	2008	UQAR
Avignon	2007	UQAR
Bonaventure	2007	UQAR
Rocher-Percé	2007 et 2008	UQAR
Côte-de-Gaspé	2008 2009	UQAR (2008) MSP (2009)
La Haute-Gaspésie	2009	MSP
La Matanie	2009	MSP
La Mitis	2009	MSP
Rimouski-Neigette	2009 et 2011	MSP
Les Basques	aucune plage à moins de 250 m de la route	
Rivière-du-Loup	2011	MSP
Kamouraska	aucun LiDAR disponible lors de l'analyse*	
La Haute-Côte-Nord	2007, 2010	MTQ
Manicouagan	2007, 2008, 2009, 2010	MTQ
Sept-Rivières	2008	MTQ
Minganie	2008	MTQ

*Il existe bien des données LiDAR, mais elles ont été reçues trop tard pour effectuer l'analyse.

La plage est limitée dans sa partie supérieure par la ligne de rivage* et dans la partie inférieure par la flexure*, donc ces deux limites morphologiques ont été numérisées pour délimiter la plage. La numérisation s'est effectuée à une échelle de 1 :600. Par la suite, la plage a été segmentée pour créer des compartiments de 100 m de largeur (au niveau de la ligne de rivage).

Pour chacun des compartiments, la répartition et le nombre de points LiDAR au sol ont été analysés afin de déterminer s'il était possible d'extraire un volume et un indice de budget sédimentaire des plages ou si seule la largeur pourrait être calculée. Lorsque la quantité de points LiDAR sur la plage n'était pas suffisante, seule la largeur de la plage a été extraite. Les données qu'il a été possible de générer sont présentées sur la figure 6.

Tous les résultats ont été transférés dans les fichiers de forme des polygones de la plage avec l'outil « *Spatial Join* » d'ArcGIS pour monter une base de données géographique complète avec tous les résultats. Pour la structure de la base de données des fichiers de forme « Plage_nomMRC », voir le tableau C de l'annexe 1 (un fichier par MRC).

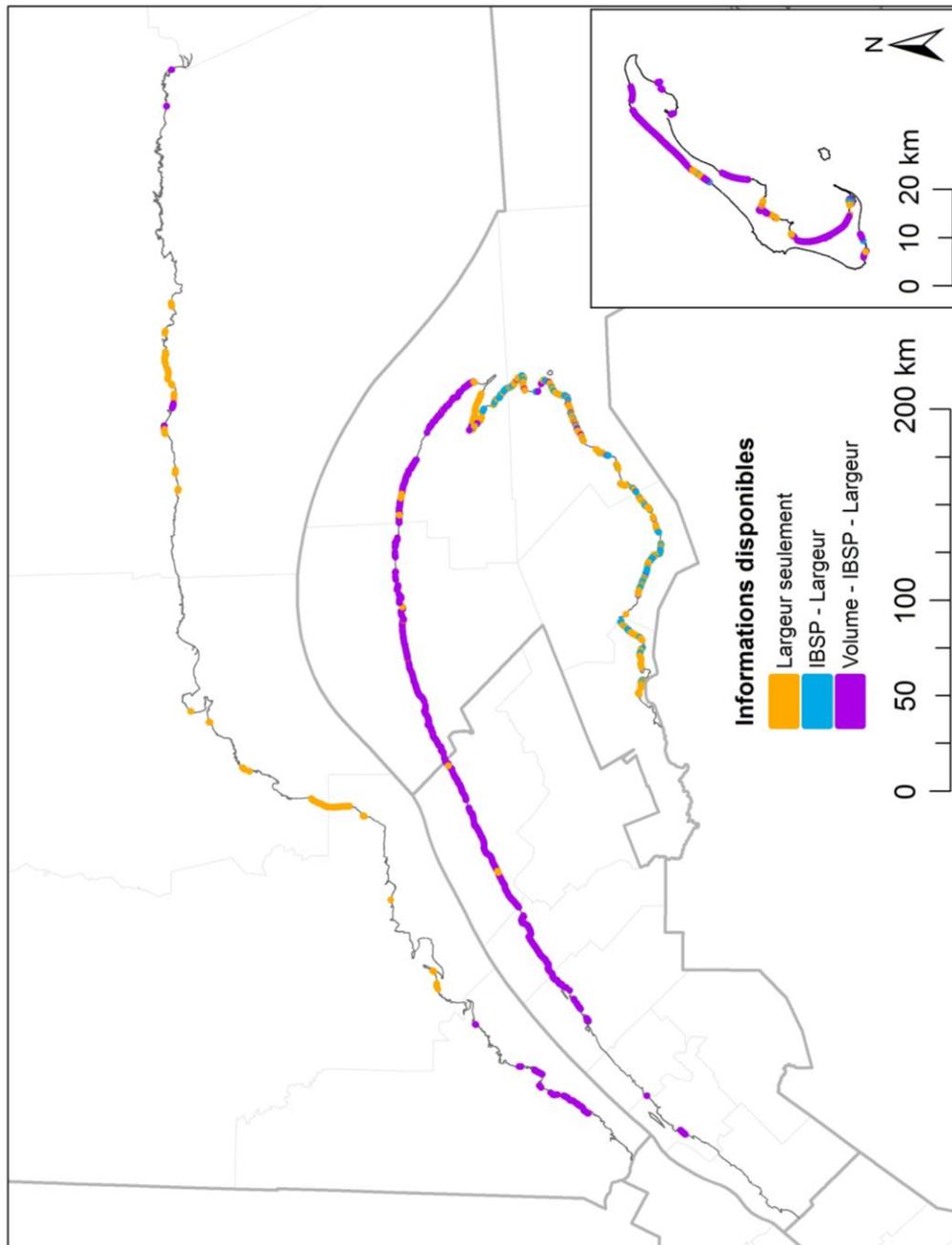


Figure 6. Disponibilité des données de largeur, d'IBSP et de volume des plages sur les côtes de l'Est du Québec

6.1.1 Méthodologie des largeurs des plages

Au centre de chaque polygone de 100 m de plage, une ligne a été tracée entre la ligne de rivage et la flexure pour calculer la largeur de la plage. Celle-ci était numérisée de manière perpendiculaire à la plage. Sa longueur a été calculée automatiquement avec l'outil « *Calculate Geometry* ». L'information sur la largeur (en mètres) se trouve dans le champ « largeurIBS » du fichier de forme « Plage_nomMRC ».

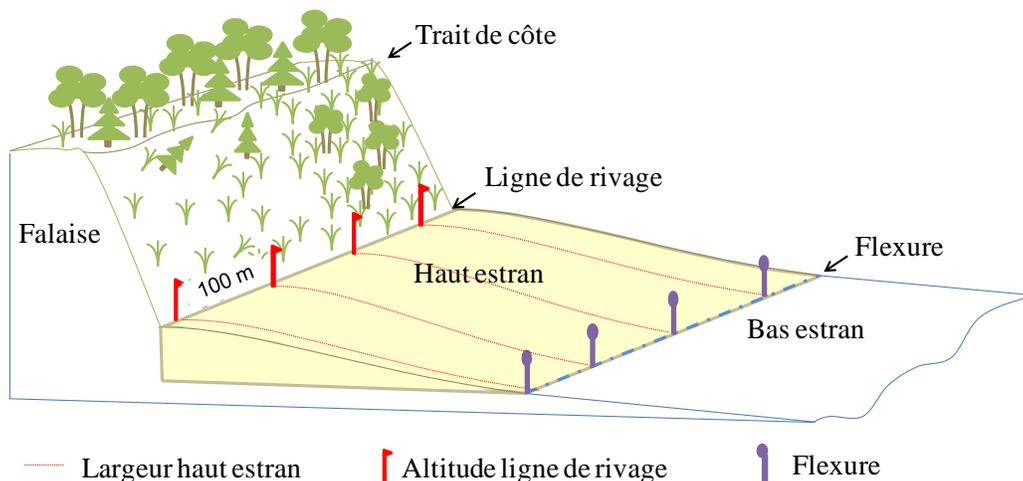
6.1.2 Méthodologie de l'IBSP

L'indice de budget sédimentaire des plages (Bernatchez *et al.*, 2011; modifié par Van-Wierst, 2012) a été calculé selon l'équation 1 comme schématisé à la figure 7. Pour le calculer, l'altitude de la flexure est soustraite de l'altitude de la ligne de rivage pour ensuite être multipliée par la largeur du haut estran. Le résultat est divisé par 2.

Équation 1. Indice de budget sédimentaire des plages

$$IBSP = ((zLR - zF) * LP) / 2$$

Où zLR : altitude de la ligne de rivage
zF : altitude de la flexure
LP : largeur du haut estran



Source : modifié de Van-Wierst (2012)

Figure 7. Schéma méthodologique de calcul de l'IBSP

Pour le calcul de l'IBSP, la largeur de plage (section 6.1.1) a été réutilisée. De plus il est nécessaire d'avoir des points de données LiDAR à proximité de la flexure et de la ligne de rivage afin d'extraire les altitudes de la flexure et de la ligne de rivage les plus précises possibles. Ces deux données d'altitude doivent se situer à proximité de la mesure de largeur de plage. L'outil « *Add Surface Information* » a été utilisé pour joindre les informations d'altitude à la ligne de mesure de la largeur.

L'indice ainsi élaboré est sans dimension. Lorsque l'indice présente une valeur élevée vis-à-vis des autres valeurs d'indice que l'on étudie, cela indique qu'il y a une disponibilité sédimentaire élevée pour le milieu dans lequel on se trouve. Au contraire, un indice faible se traduit par une faible disponibilité sédimentaire. L'information sur l'IBSP se trouve dans le champ « *Indice_IBS* » des fichiers de forme « *Plage_nomMRC* ».

6.1.3 Méthodologie des volumes des plages

Lorsque les points LiDAR sont bien répartis et que leur nombre est en quantité suffisante au niveau de la plage, il était possible d'en extraire le volume. L'outil « *Extract by mask* » d'ArcGIS, a permis d'extraire la matrice d'élévations du polygone désiré pour ensuite utiliser l'outil « *Surface Volume* » d'ArcGIS qui extrait un volume en m³ à partir d'une matrice d'après une ligne de base. Cette ligne de base est déterminée selon la moyenne de l'altitude de la flexure au niveau des polygones de plage étudiés. L'outil employé pour générer l'information sur l'altitude la ligne de flexure est « *Add Surface Information* » qui utilise la matrice d'élévation pour extraire cette information.

L'information sur le volume (en m³) se trouve dans le champ « *volume_m3* » des fichiers de forme « *Plage_nomMRC* ».

6.2 Résultats

La disponibilité sédimentaire des plages (volumes) et les *proxys* qui ont été calculés (largeurs et IBSP) sont très variables spatialement, car ils dépendent d'un grand nombre de facteurs tels que la disponibilité en sédiment, le type et la lithostratigraphie de la côte, l'artificialisation de la côte, les courants côtiers. Leur analyse doit donc se faire localement. C'est pourquoi ils sont présentés et analysés pour chaque cellule dans les fiches d'analyse des cellules hydrosédimentaires à l'annexe 4, dans la section sur les volumes et les largeurs tant à l'échelle de la cellule hydrosédimentaire qu'en avant des sites exposés et/ou suivis par le MTQ.

Sur l'ensemble des 3 217 km de côtes de l'Est du Québec, seulement 598 km ont pu être étudiés en ce qui a trait à la largeur de plage, 467 km pour l'indice de budget sédimentaire des plages et 402 km pour le volume (tableau 28). Ces longueurs limitées sont dues à deux facteurs : tout d'abord au fait que l'analyse n'a été effectuée que lorsque la route était à moins de 250 m de la côte et ensuite au fait que les données LiDAR n'étaient pas disponibles partout ou pas de qualité suffisante pour l'IBSP ou le calcul d'un volume. Ainsi, les informations sur les volumes, les largeurs et les IBSP sont représentatives seulement des secteurs pour lesquels des données ont été générées et non de l'Est du Québec dans son ensemble. La répartition spatiale n'est pas homogène comme on peut le voir sur la figure 6.

Dans les secteurs pour lesquels les plages ont été mesurées (soit seulement 18.6 % de toutes les côtes), les plages mesurent en moyenne 20,1 m de largeur, mais varient entre 1,8 et plus de 200 m (tableau 28).

Tableau 28. Disponibilité sédimentaire des plages étudiées de l'Est du Québec

		BAS-SAINT-LAURENT	GASPÉSIE	ÎLES-DE-LA-MADELEINE	CÔTE-NORD	EST DU QUÉBEC
Volume de la plage (m³)	moyenne	2137.7	1945.5	2474.0	3576.6	2382.4
	minimum	4.5	8.0	9.6	0.2	0.2
	maximum	14865.9	13727.4	8614.7	77075.2	77075.2
	nb de km étudié	125.9	149.7	49.2	76.8	401.6
	km de côtes	495.4	775.6	235.1	1711.0	3217.1
	% étudié	25.4	19.3	20.9	4.5	12.5
Indice de budget sédimentaire des plages	moyenne	24.2	21.2	30.2	38.8	26.1
	minimum	0.3	0.1	0.6	0.0	0.0
	maximum	135.8	110.0	142.1	131.7	142.1
	nb de km étudié	132.4	201.2	53.1	80.0	466.7
	km de côtes	495.4	775.6	235.1	1711.0	3217.1
	% étudié	26.7	25.9	22.6	4.7	14.5
Largeur de la plage (m)	moyenne	19.7	15.8	31.6	29.5	20.1
	minimum	2.4	1.8	2.1	3.6	1.8
	maximum	62.6	66.3	208.9	79.6	208.9
	nb de km étudié	134.2	322.8	60.8	80.0	597.8
	km de côtes	495.4	775.6	235.1	1711.0	3217.1
	% étudié	27.1	41.6	25.9	4.7	18.6

6.2.1 Région du Bas-Saint-Laurent

Dans la région du Bas-Saint-Laurent, 27,1 % des côtes ont pu être étudiées pour la largeur des plages (tableau 28). Cela représente 134,2 km sur les 495,4 km que compte la région. Cela varie beaucoup d'une MRC à l'autre. Dans la MRC de Kamouraska aucune plage n'a pu être étudiée par manque de données LiDAR, dans la MRC des Basques aucune plage n'a été étudiée, car la route n'est jamais à moins de 250 m de la côte dans des secteurs où il y a des plages (tableau 29). Dans la MRC de Rivière-du-Loup aussi peu que 3,8 km de plages ont été étudiées (soit 3,3 % de la côte), car il manquait beaucoup de couvertures LiDAR alors que dans la MRC de la Matanie ce sont plus de 78,1 km de plages qui ont été étudiées (soit près de 80 % de la côte).

Tableau 29. Disponibilité sédimentaire des plages étudiées du Bas-Saint-Laurent

		Kamouraska	Rivière-du-Loup	Les Basques	Rimouski-Neigette	La Mitis	La Matanie
Volume de plage (m³)	moyenne	na	1539.35	na	1616.08	1461.03	2597.39
	minimum	na	403.13	na	78.68	4.5	4.7
	maximum	na	3030.22	na	8452.08	6485.44	14865.87
	écart-type	na	650.35	na	1861.96	934.47	1930.45
	nb de km étudié	0	3.4	0	12.7	36.8	73
	km de côtes	80.4	115.8	43.1	106.2	52.2	97.7
	% étudié	0.0	2.9	0.0	12.0	70.5	74.7
Indice de budget sédimentaire des plages	moyenne	na	17.79	na	17.23	17.42	29.08
	minimum	na	2.23	na	0.41	0.53	0.26
	maximum	na	42.39	na	95.57	90.08	135.75
	écart-type	na	10.34	na	20.9	12.44	20.15
	nb de km étudié	0	3.7	0	14	37.9	76.8
	km de côtes	80.4	115.8	43.1	106.2	52.2	97.7
	% étudié	0.0	3.2	0.0	13.2	72.6	78.6
Largeur de plage (m)	moyenne	na	16.93	na	15.44	16.94	21.89
	minimum	na	6.55	na	2.73	3.28	2.42
	maximum	na	30.9	na	43.69	44.5	62.59
	écart-type	na	5.64	na	9.29	6.54	8.61
	nb de km étudié	0	3.8	0	14.3	38	78.1
	km de côtes	80.4	115.8	43.1	106.2	52.2	97.7
	% étudié	0.0	3.3	0.0	13.5	72.8	79.9

6.2.2 Région de la Gaspésie

Pour la région de la Gaspésie, 41,6 % des côtes ont pu être étudiées pour la largeur des plages (tableau 28). La MRC d'Avignon est celle qui a pu être la moins étudiée pour la largeur de la plage et les données couvrent seulement 21,6 % des côtes de la MRC (tableau 30). Ce sont surtout les plages de la Haute-Gaspésie qui ont pu être étudiées et les données couvrent 58,1 % des côtes de la MRC (tableau 30).

Tableau 30. Disponibilité sédimentaire des plages étudiées de la Gaspésie

		La Haute-Gaspésie	La Côte-de-Gaspé	Le Rocher-Percé	Bonaventure	Avignon
Volume de plage (m³)	moyenne	2341.4	1374.12	2253.47	1328.43	378.1
	minimum	9.43	7.99	115.29	426.2	96.91
	maximum	13727.4	5644.94	9887.76	4521.83	566.73
	écart-type	2063.4	1043.93	1652.37	1328.43	202.66
	nb de km étudié	82.1	58.1	7.4	1.8	0.3
	km de côtes	152.6	214.8	180.1	100.8	127.4
	% étudié	53.8	27.0	4.1	1.8	0.2
Indice de budget sédimentaire des plages	moyenne	24.9	17.22	23.36	16.04	17.95
	minimum	0.06	0.28	0.93	0.95	0.53
	maximum	110.04	90.57	90.72	86.68	42.81
	écart-type	20.89	13.36	18.07	13.28	9.69
	nb de km étudié	85.7	67.7	27.6	19.5	0.7
	km de côtes	152.6	214.8	180.1	100.8	127.4
	% étudié	56.2	31.5	15.3	19.3	0.5
Largeur de plage (m)	moyenne	20.31	13.57	14.85	13.39	15.02
	minimum	1.84	1.95	1.93	2.94	2.67
	maximum	66.29	51.54	62.57	63.59	36.1
	écart-type	10.49	7.12	9.09	6.85	5.68
	nb de km étudié	88.6	91.1	68.4	47.2	27.5
	km de côtes	152.6	214.8	180.1	100.8	127.4
	% étudié	58.1	42.4	38.0	46.8	21.6

6.2.3 Région des Îles-de-la-Madeleine

Sur l'ensemble des côtes étudiées aux Îles-de-la-Madeleine, 25,9 % des côtes furent à l'étude pour leur largeur de la plage (tableau 28 et tableau 31).

Tableau 31. Disponibilité sédimentaire des plages étudiées des îles de la Madeleine

		Îles-de-la-Madeleine
Volume de plage (m³)	moyenne	2474
	minimum	9.6
	maximum	8614.7
	écart-type	1415.0
	nb de km étudié	49.2
	km de côtes	235.1
	% étudié	20.9
Indice de budget sédimentaire des plages	moyenne	30.2
	minimum	0.6
	maximum	142.1
	écart-type	24.0
	nb de km étudié	53.1
	km de côtes	235.1
	% étudié	22.6
Largeur de plage (m)	moyenne	31.6
	minimum	2.1
	maximum	208.9
	écart-type	19.7
	nb de km étudié	60.8
	km de côtes	235.1
	% étudié	25.9

6.2.4 Région de la Côte-Nord

Les plages sur la Côte-Nord sont les moins nombreuses à avoir été étudiées avec seulement 4,7 % de la côte étudiée pour la largeur des plages en moyenne (tableau 28). D'ailleurs, les données ne couvrent que 3,4 à 7,2 % des côtes selon la MRC (tableau 32), la Minganie étant la moins étudiée pour ses plages et la Haute-Côte-Nord étant la plus étudiée.

Tableau 32. Disponibilité sédimentaire des plages étudiées de la Côte-Nord

		La Haute-Côte-Nord	Manicouagan	Sept-Rivières	Minganie
Volume de plage (m³)	moyenne	3121.98	3122.23	4714.69	3319.05
	minimum	61.75	0.24	307.22	76.91
	maximum	77075.24	10812.14	12698.53	12897.54
	écart-type	5871.69	1613.27	2424.9	2519.38
	nb de km étudié	18.8	15.4	19	23.6
	km de côtes	276.6	312.2	384.7	737.5
	% étudié	6.8	4.9	4.9	3.2
Indice de budget sédimentaire	moyenne	32.59	36.04	52.86	34.43
	minimum	0.009	0.74	4.26	1.2
	maximum	131.67	75.91	125.72	110.26
	écart-type	21.57	18.87	25.92	23.53
	nb de km étudié	19.8	16	19.4	24.8
	km de côtes	276.6	312.2	384.7	737.5
	% étudié	7.2	5.1	5.0	3.4
Largeur de plage (m)	moyenne	24.46	27.17	38.17	28.33
	minimum	3.87	3.59	6.54	6.04
	maximum	60.03	56.27	79.57	71.5
	écart-type	9.96	10.24	14.67	12.52
	nb de km étudié	19.8	16	19.4	24.8
	km de côtes	276.6	312.2	384.7	737.5
	% étudié	7.2	5.1	5.0	3.4

7. EXPOSITION DE LA ROUTE À LA SUBMERSION ET À L'ÉROSION

7.1 Exposition de la route à la submersion

7.1.1 Sensibilité de la côte à la submersion : niveau d'eau potentiellement atteint

Habituellement dans les cartographies des aléas de submersion le niveau d'eau utilisé (c.-à-d. la cote de submersion) correspond au niveau d'eau extrême observé au marégraphe le plus proche. Cependant, les résultats obtenus à la suite de la tempête du 6 décembre 2010 dans l'Est du Québec (Quintin *et al.*, 2013) indiquent clairement que cette approche traditionnelle utilisée pour cartographier le risque de submersion est inadéquate. En effet, l'écart entre le niveau d'eau extrême observé au marégraphe de Rimouski et les niveaux réellement atteints sur le terrain a été en moyenne de 1,5 m pour le Bas-Saint-Laurent (Quintin *et al.*, 2013), mais il a atteint localement une valeur maximale de 3,5 m dans la municipalité de Sainte-Luce (Quintin *et al.*, 2013). Pour le même évènement de décembre 2010, dans la municipalité de Rimouski-Neigette, cette différence a été de 1,89 m et pour la municipalité de Sainte-Anne-des-Monts de 1,23 m. Une différence a également été mesurée lors de l'évènement du 2 décembre 2005 à Maria (Gaspésie) où la différence entre les niveaux réellement atteints et le niveau mesuré par le marégraphe a atteint jusqu'à 2 m (Bernatchez *et al.*, 2011). Des constats similaires ont été observés ailleurs lors de tempêtes récentes aux États-Unis et en France (FEMA, 2006, FEMA, 2007; Cariolet, 2010; Cariolet *et al.*, 2012, MEDDE, 2013).

C'est pourquoi, dans le cadre de cette étude, nous avons plutôt utilisé le niveau réel atteint par des évènements de submersion sur le terrain afin de cartographier l'aléa de submersion de manière plus juste. Étant donné que nous ne disposons pas de valeurs mesurées sur le terrain pour l'ensemble de l'Est du Québec, nous avons utilisé une méthode basée sur la comparaison des valeurs terrain et de la pleine mer supérieure de grande marée (PMSGM).

Pour cela, le niveau d'eau moyen atteint sur le terrain durant un évènement de submersion (1983, 2005 ou 2010 selon les secteurs) a été comparé à la valeur de la PMSGM de la station marégraphique la plus proche. Ainsi pour cette station, cela donne comme résultat une valeur de dépassement possible du niveau de la marée haute la plus haute (PMSGM). Dans les secteurs pour lesquels il n'y a pas de mesures terrain, il est possible d'utiliser cette valeur de dépassement en l'ajoutant au niveau de la PMSGM d'une autre station marégraphique (équation 2). Cette valeur est différente selon les conditions (estuaire du Saint-Laurent, golfe...) et elle n'est donc pas unique pour l'ensemble de nos secteurs. Les niveaux de PMSGM, de dépassement de la PMSGM et de submersion utilisés sont présentés au tableau 33 pour toutes

les stations marégraphiques que nous avons utilisées dans l'Est du Québec et au Nouveau-Brunswick. Un exemple de calcul est fourni à l'encadré 3.

Équation 2. Niveau de submersion

$$\text{Niveau de submersion} = \text{Niveau des pleines mers supérieures de grande marée} + \text{cote de submersion mesurée sur le terrain}$$

Toutes les altitudes sont en niveau géodésique

Encadré 3. Exemple de calcul de niveau de submersion

Municipalité de XYZ

Sur le terrain, le niveau d'eau moyen mesuré suite à l'évènement : **3,0 m**

Le niveau d'eau supposé de la marée haute la plus (selon la table des marées, la PMSGM) à la station marégraphique de XYZ : **2,4 m**

Différence entre les deux : **0,6 m** (3,0 - 2,4)

Ainsi dans une situation de tempête, bien que la marée haute ne soit pas censée atteindre plus de 2,4 m, elle a déjà atteint 0,6 m de plus par le passé. Cela pourrait donc se reproduire. Nous utilisons cette valeur comme niveau de submersion.

Municipalité de ABC

Aucune donnée sur le terrain n'a pu être mesurée après la tempête

À la station marégraphique du village ABC, la marée haute la plus haute qui devrait théoriquement avoir lieu (PMSGM) est de **2,6 m**

On assume donc qu'en cas de tempête le niveau d'eau pourra atteindre, comme pour le village voisin de XYZ, **0,6 m** plus haut que la valeur de la PMSGM.

Le niveau de submersion utilisée pour la municipalité ABC est donc de **3,2 m** (2,6 + 0,6 m).

Tableau 33. Niveaux moyens de submersion pour les différentes stations

MRC	Station	PMSGM*	Niveau moyen atteint au-dessus de la PMSGM	Source	Niveau de submersion*
L'Islet	Saint-Jean-Port-Joli	3.50	2.13		5.63
Kamouraska	Pointe aux Orignaux	3.20	2.13		5.33
Rivière-du-Loup	Rivière-du-Loup	3.00	2.13	Moyenne des niveaux mesurés au Bas-Saint-Laurent, tempête du 6 décembre 2010 (LDGIZC)	5.13
	Gros Cacouna	2.90	2.13		5.03
	île-Verte (île de)	2.80	2.13		4.93
Les Basques	Trois-Pistoles	2.70	2.13		4.83
Rimouski-	Bic	2.80	2.13		4.93

VULNÉRABILITÉ DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES DE L'EST DU QUÉBEC À L'ÉROSION ET À LA
SUBMERSION CÔTIÈRE DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES – VOLUME I

MRC	Station	PMSGM*	Niveau moyen atteint au-dessus de la PMSGM	Source	Niveau de submersion*
Neigette	Rimouski Pointe-au-Père	2.52	2.56	Quintin <i>et al.</i> 2013, moyenne des niveaux mesurés dans la MRC Rimouski-Neigette, tempête du 6 décembre 2010	5.08
La Matanie	Matane	2.10	2.12	Quintin <i>et al.</i> 2013, moyenne des niveaux mesurés dans la MRC de la Matanie, tempête du 6 décembre 2010	4.22
La Haute-Gaspésie	Cap-Chat	2.00	2.03	Moyenne des niveaux mesurés à Sainte-Anne-des-Monts, tempête du 6 décembre 2010 (LDGIZC)	4.03
	Sainte-Anne-des-Monts	1.90	2.03		3.93
	Mont-Louis	1.80	2.03		3.83
La Côte-de-Gaspé	Grande vallée	1.40	2.03		3.43
La Côte-de-Gaspé	Cloridorme	1.40	2.03	Moyenne des niveaux mesurés à Penouille, tempête du 6 décembre 2010 (LDGIZC)	3.43
	Rivière-au-Renard	1.30	2.03		3.33
	Gaspé	1.00	0.77		1.77
Le Rocher-Percé	Pointe-Saint-Pierre	1.00	0.77		Moyenne des niveaux mesurés à Penouille, tempête du 6 décembre 2010 (LDGIZC)
	Cap d'Espoir	0.90	0.77	1.67	
	Grande Rivière	1.00	0.77	1.77	
	Port-Daniel	1.10	1.40	2.50	
Bonaventure	Paspebiac	1.30	1.40	Bernatchez <i>et al.</i> 2011, événement du 2 décembre 2005	2.70
	Pointe Howatson (Black-Cape)	1.40	1.40		2.80
Avignon	Carleton-centre	1.50	1.44	Moyenne des niveaux mesurés à Maria, le 6 décembre 2010 (LDGIZC)	2.94
Nouveau-Brunswick	Belledune	1.45	1.40	Bernatchez <i>et al.</i> 2011, événement du 2 décembre 2005	2.85
	Dalhousie	1.50	1.40		2.90
	Campbelton	1.68	1.40		3.08
Les Îles-de-la-Madeleine	Grande Entrée	0.40	1.42	Pirazoli et Tomasin, 2009 - récurrence de 50 ans	1.82
	Havre Aubert	0.40	1.42		1.82
	Millerand	0.30	1.42		1.72
	Cap aux Meules	0.50	1.42		1.92
La Haute-Côte-Nord	Tadoussac	3.0	2.13	Moyenne des niveaux mesurés au Bas-Saint-Laurent, tempête du 6 décembre 2010 (LDGIZC)	5.13
	Les Escoumins	2.8	2.13		4.93
	Forestville	2.7	2.13		4.83

MRC	Station	PMSGM*	Niveau moyen atteint au-dessus de la PMSGM	Source	Niveau de submersion*
Manicouagan	Baie-Comeau	2.4	2.12	Quintin et al. 2013, moyenne des niveaux mesurés dans la MRC de la Matanie	4.52
Sept-Rivières	Pentecôte	2.0	2.5	Mesures terrain à Pentecôte, tempête du 6 décembre 2010 (LDGIZC)	4.5
	Port-Cartier	2.0	1.46	Moyenne des mesures terrain à Sept-Îles, tempête du 6 décembre 2010 (LDGIZC)	3.46
	Sept-Îles	2.0	1.46		3.46
Minganie	Rivière-au-Tonnerre	1.7	2.3	Données communiquées par M. Vibert, résident de Longue-Pointe-de-Mingan, tempête 7 décembre 1983	4.0
	Mingan	1.5	2.3		3.8
	Havre-Saint-Pierre	1.3	2.3		3.6
	Baie-Johan-Beetz	1.1	2.3		3.4
	Natashquan	1.1	2.3		3.4
Basse-Côte-Nord	Kegaska	0.9	2.3		3.2

*toutes les altitudes sont en niveau géodésique

Une interpolation a été utilisée pour déterminer les niveaux de submersion entre les différentes stations marégraphiques. L'outil d'interpolation utilisé est celui de XToolsPro « *Create grid from points* ». Ces valeurs ont ensuite été assignées à la côte pour chaque tronçon de 500 m. Finalement, les valeurs de niveau de submersion ainsi calculées au niveau de la côte ont été jointes aux points de mesure de la route selon leur proximité (outil « *Spatial join* »).

7.1.2 Calcul de l'exposition à la submersion

L'exposition à la submersion est basée sur l'épaisseur de l'eau qui peut survenir sur la route suite à un événement de submersion. Elle se base sur l'altitude du point (voir chapitre 0) et le niveau de submersion (voir tableau 33) et elle est calculée telle que présentée à l'équation 3.

Équation 3. Épaisseur d'eau sur la route

$$\text{Épaisseur d'eau sur la route} = \text{Niveau de submersion} - \text{altitude de la route}$$

Toutes les altitudes sont en niveau géodésique

Un **résultat négatif** à l'équation 3 veut dire qu'il n'y a pas de nappe d'eau présente sur la route. Cependant, étant donné que la marge d'erreur moyenne des différents types de données LiDAR est de 0,2 m, tous les points qui se situent à l'intérieur de cette marge sont potentiellement submersibles et sont identifiés comme tels dans la base de données et la cartographie ($0.2 > \text{Submersion} > -0.2$). Un **résultat positif** indique l'épaisseur d'eau moyenne potentielle lors d'un événement.

Il est important de considérer que ce sont des **données moyennes** et que les conditions locales (artificialisation de la côte, largeur et pente de la plage et de l'estran, altitude de la plage, orientation et hauteur de vagues) peuvent beaucoup faire varier le niveau de submersion. Dans la municipalité de Maria, lors de la tempête du 6 décembre 2010, les écarts des niveaux de submersion moyen et maximum ont été supérieurs respectivement de 0,5 et 0,96 m pour les segments côtiers avec une structure de protection par rapport aux secteurs naturels (Quintin *et al.*, 2013). Une différence de 0,58 m a été mesurée entre l'altitude moyenne de submersion dans les secteurs naturels et ceux artificialisés lors de l'évènement de décembre 2005 à la Pointe-verte à Maria (Bernatchez *et al.*, 2011). Mais localement, dans les secteurs avec des plages de faible altitude et de faible largeur, cette différence peut atteindre 0,94 m (Bernatchez *et al.*, 2011). C'est ainsi que des secteurs qui ne sont pas submersibles par la nappe d'eau moyenne du fait de leur altitude, mais qui se situent très près d'une infrastructure de protection peuvent ainsi être soumis à une submersion quand même en raison de l'abaissement de la plage, de sa diminution de largeur et de la réflectivité de la structure (même s'ils se situent à une altitude supérieure à l'altitude moyenne de submersion de ce secteur). Tous ces éléments ne peuvent pas être cartographiés sur un territoire aussi vaste et diversifié que celui de cette étude.

C'est pourquoi, pour notre étude sur l'ensemble de l'Est du Québec, il a été décidé que dans les secteurs où la **structure de protection** était directement adjacente à la chaussée (moins de 10 m entre la ligne blanche et le sommet de l'infrastructure) et que l'altitude de la route ne dépassait pas de plus de 1 m la limite moyenne de la submersion dans ce secteur, il a été ajoutée une catégorie « secteur artificialisé - submersion possible par franchissement de l'ouvrage ». Ces secteurs pourraient ainsi être submergés jusqu'à 1 m d'épaisseur par une submersion maximale. Il est important de noter que les secteurs potentiellement submergés par la nappe d'eau moyenne peuvent eux aussi être exposés à des épaisseurs d'eau supérieures s'ils se situent dans des secteurs qui présentent les mêmes conditions (proximité à un ouvrage de protection) et ainsi présenter un risque de submersion maximal par le franchissement de l'ouvrage.

7.1.3 Résultats

L'exposition de la route à la submersion est présentée sur deux séries de cartes. La première série présente toutes les côtes du Québec maritime, dans une série de 120 cartes (échelle de 1 :50 000 sauf exception). La liste détaillée de la série de cartes est présentée à l'annexe 5. Un exemple de cartographie est présenté à la figure 9. La deuxième série présente plus en détail tous les sites suivis par le ministère des Transports du Québec, incluant les points de mesures aux 20 m, dans une série de 198 cartes (échelle variant de 1 :5 000 à 1 :30 000). Un exemple est présenté à la figure 10 et la liste détaillée de cette série de cartes est présentée à l'annexe 6. La structure des données numériques des points de mesure liées à la submersion est décrite au tableau B en annexe 1. Le champ à utiliser est « Classe_Sub » du fichier de forme « EstduQuebec_pointsmesure_routes ».

Les seuils d'épaisseur d'eau utilisés découlent des risques inhérents à une nappe d'eau statique (tableau 34). « Le seuil de 50 cm est considéré comme dangereux, car il correspond à la limite de déplacement d'un adulte à pied ou d'un véhicule, et ce, quelle que soit la vitesse puisque la turbidité de l'eau masque les aspérités du terrain comme les bouches d'égout ou les piscines » (Vinet, 2010, p.83). Il est évident que la submersion côtière inclue un courant, des débris et du déferlement, et peut présenter un risque accru pour les personnes et les biens dans les secteurs exposés.

Tableau 34. Seuils d'épaisseur d'eau

Épaisseur d'eau	Risques associés
0.5 m	Limite de déplacement d'un adulte à pied, limite de visibilité des obstacles ou trous submergés (bouche d'égout, piscine, marre...)
0.6 à 0.7 m	Limite de déplacement des engins terrestres de service de secours
1 m	Mobilité réduite d'un adulte, impossible d'un enfant Soulèvement et déplacement de véhicules

Source : Vinet, 2010, Gouvernement français, 1999.

Le longueur de route (km) selon l'épaisseur d'eau est présentée au tableau 35 et au tableau 36 pour chacune des MRC et synthétisé par région et pour l'ensemble de l'Est du Québec. Le total des routes exposées à la submersion (quelle que soit l'épaisseur d'eau) et les routes potentiellement exposées à une submersion par le franchissement de l'ouvrage de protection (c'est-à-dire dans les secteurs directement accolés à une artificialité) sont présentés au tableau 35. Au total pour l'Est du Québec, 4,5 % des routes sont exposées à la submersion. La submersion de la route survient surtout dans le Bas-Saint-Laurent (12,2 % de ses routes) et aux Îles-de-la-Madeleine (6,0 % de ses routes). Cependant, la proportion de route exposée à la submersion par franchissement de l'ouvrage est la plus importante dans la MRC de la Haute-Gaspésie en Gaspésie, soit 14,3 % de ses routes. La forte présence d'infrastructures rigides de protection, soit près de la moitié de la côte, explique ce phénomène.

Tableau 35. Routes potentiellement exposées à la submersion

Région	MRC	Longueur de route exposée à la submersion (km)				Proportion de route exposée à la submersion (%)			
		oui	par franchissement de l'ouvrage	non	ponts	oui	par franchissement de l'ouvrage	non	ponts
Côte-Nord	Minganie	3.6	0	326.3	1.1	1.1	0.0	98.6	0.3
	Sept-Rivières	1.8	0	188.9	1	0.9	0.0	98.5	0.5
	Manicouagan	3.5	0.1	199.6	0.7	1.7	0.0	97.5	0.3
	La Haute-Côte-Nord	2.4	0.2	144.1	0.6	1.6	0.1	97.8	0.4
	Total	11.3	0.3	858.9	3.4	1.3	0.0	98.2	0.4
Gaspésie	Avignon	2.5	4.2	78.3	0.4	2.7	4.5	83.5	0.4
	Bonaventure	0.1	0.2	83.5	0.6	0.1	0.2	98.9	0.7
	Le Rocher Percé	0.2	0	128.7	0.5	0.2	0.0	99.5	0.4
	La Côte-de-Gaspé	1.4	0.3	168.7	0.8	0.8	0.2	97.1	0.5
	La Haute-Gaspésie	1.6	19.9	117.2	0.7	1.1	14.3	84.1	0.5
	Total	5.8	24.6	576.4	3.0	0.9	4.0	92.9	0.5
Bas-Saint-Laurent	La Matanie	0	0.7	87.5	0.2	0.0	0.8	99.0	0.2
	La Mitis	9.1	1	35.3	0.2	20.0	2.2	77.4	0.4
	Rimouski-Neigette	9.8	0.1	47.1	0.2	17.1	0.2	82.3	0.3
	Les Basques	0	0	43.6	0.2	0.0	0.0	99.5	0.5
	Rivière-du-Loup	15.7	0	151	0.8	9.4	0.0	90.1	0.5
	Kamouraska	43.9	0	194.6	0.4	18.4	0.0	81.5	0.2
	Total	78.5	1.8	559.1	2.0	12.2	0.3	87.2	0.3
Îles-de-la-Madeleine	6.5	0.1	100.8	0.2	6.0	0.1	93.7	0.2	
TOTAL Est du Québec	102.1	26.8	2095.2	8.6	4.5	1.2	93.3	0.4	

Tableau 36. Longueur de route (km) selon l'épaisseur d'eau de la submersion (m)

Région	MRC	non submergée	par franchissement de l'ouvrage	marge d'erreur du LiDAR	0 à 0.2	0.2 à 0.5	0.5 à 0.75	0.75 à 1	>1	ponts	erreur - non calculé*	TOTAL
Côte-Nord	Minganie	326.3	0	1.2	1.7	0.4	0.1	0	0.2	1.1	0.1	331.1
	Sept-Rivières	188.9	0	0	0	0.2	0.2	0.2	1.2	1	0	191.7
	Manicouagan	199.6	0.1	0.2	0.3	0.3	0.5	0.5	1.7	0.7	0.9	204.8
	La Haute-Côte-Nord	144.1	0.2	0.4	0.6	0.9	0.1	0.2	0.2	0.6	0	147.3
	Total	858.9	0.3	1.8	2.6	1.8	0.9	0.9	3.3	3.4	1.0	874.9
Gaspésie	Avignon	78.3	4.2	0.9	0.7	0.4	0.2	0	0.3	0.4	8.4	93.8
	Bonaventure	83.5	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0.6	0	84.4
	Le Rocher Percé	128.7	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0.5	0	129.4
	La Côte-de-Gaspé	168.7	0.3	0.3	0.3	0.4	0.2	0.1	0.1	0.8	2.5	173.7
	La Haute-Gaspésie	117.2	19.9	1.1	0.1	0.3	0.1	0	0	0.7	0	139.4
	Total	576.4	24.6	2.5	1.2	1.1	0.5	0.1	0.4	3	10.9	620.7
Bas-Saint-Laurent	La Matanie	87.5	0.7	0	0	0	0	0	0	0.2	0	88.4
	La Mitis	35.3	1	1.7	4.6	2	0.6	0.2	0	0.2	0	45.6
	Rimouski-Neigette	47.1	0.1	0.5	0.8	3	1.3	2	2.2	0.2	0	57.2
	Les Basques	43.6	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0	43.8
	Rivière-du-Loup	151	0	2.7	3.2	7.9	1.2	0.1	0.6	0.8	0	167.5
	Kamouraska	194.6	0	1.5	1.2	2.8	16.3	7.1	15	0.4	0	238.9
	Total	559.1	1.8	6.4	9.8	15.7	19.4	9.4	17.8	2	0	641.4
Îles-de-la-Madeleine	100.8	0.1	2	3.3	0.5	0.6	0.1	0	0.2	0	107.6	
TOTAL Est du Québec	2095.2	26.8	12.7	16.9	19.1	21.4	10.5	21.5	8.6	11.9	2244.6	

*Des erreurs évidentes d'altitude étaient présentes de ces deux secteurs. Des données LiDAR seraient nécessaires pour effectuer une analyse.

Il est important de considérer que le niveau utilisé pour la submersion est un niveau moyen. Les conditions locales peuvent diminuer ou augmenter ce niveau. Certains secteurs pourraient ne pas être submergés alors que certains qui ne sont pas identifiés pourraient l'être.

Il est important de noter que le niveau maximal de submersion et un franchissement des ouvrages de protection peuvent se produire dans d'autres secteurs, selon les conditions locales, le type de côte, la pente de la plage, l'orientation de la côte, l'orientation des vents, la présence ou l'absence de glaces. Seule une étude approfondie peut établir une précision sur la submersion potentielle ainsi que sa récurrence, ce qui n'était pas l'objectif de cette étude, mais bien de dresser un premier portrait d'ensemble sur l'état actuel de la situation. Ces résultats ne tiennent donc pas compte de la hausse appréhendée du niveau marin relatif.

7.1.3.1 Région du Bas-Saint-Laurent

Dans la région, sur les 641,4 km de routes étudiées, 78,5 km ou 12,2 % des routes sont exposées à la submersion. Cela inclut les 6,4 km de routes qui se situent dans la marge d'erreur du LiDAR (tableau 36). Dans les MRC de la Matanie, de la Mitis et de Rimouski-Neigette, 1,8 km de route sont exposées à la submersion par franchissement de l'ouvrage, soit 0,9 % des routes de ces MRC. Les autres MRC n'en comportent pas (tableau 35).

7.1.3.2 Région de la Gaspésie

Dans la région de la Gaspésie, sur les 620,7 km de route étudiées seuls 5,8 km sont exposées à la submersion, soit 0,9 % de la longueur (tableau 35). À cela, il faut ajouter 4 % des routes, soit 24,6 km, qui sont exposées à la submersion par franchissement de l'ouvrage lors d'événements de vagues de tempête importants. Le déferlement affecte principalement la Haute-Gaspésie (19,9 km de routes, soit 14,3 % des routes de la MRC) et Avignon (4,2 km de route soit 4,5 % des routes de la MRC), car on y trouve de longs secteurs de routes, peu élevés et directement situés à proximité d'infrastructures rigides de protection.

7.1.3.3 Région des Îles-de-la-Madeleine

Dans la région des Îles-de-la-Madeleine, sur les 107,6 km de routes étudiées, 6,5 km soit 6 % sont exposés à la submersion. La longueur de route exposée à la submersion par franchissement de l'ouvrage est de 100 m. Les données d'exposition à la submersion prévues par la cote de submersion correspondent avec ce qui a déjà été observé sur le terrain lors d'événements de tempête (figure 8).



Figure 8. Tempête d'octobre 2000 sur la flèche littorale de La Digue
Source de la photo : ministère des Transports du Québec

7.1.3.4 Région de la Côte-Nord

Pour ce qui est de la région de la Côte-Nord, seulement 1,3 % (11,3 km) de la route est exposée à la submersion côtière. La MRC de Sept-Rivières est la moins touchée par le phénomène en termes de longueur totale touchée par la submersion. Elle est cependant la deuxième en importance dont l'épaisseur d'eau peut atteindre 1 m, soit la longueur de route la plus élevée avec 3,3 km. C'est dans la MRC de Manicouagan que l'on pourrait observer une épaisseur d'eau de 1 m sur 1,7 km de route.

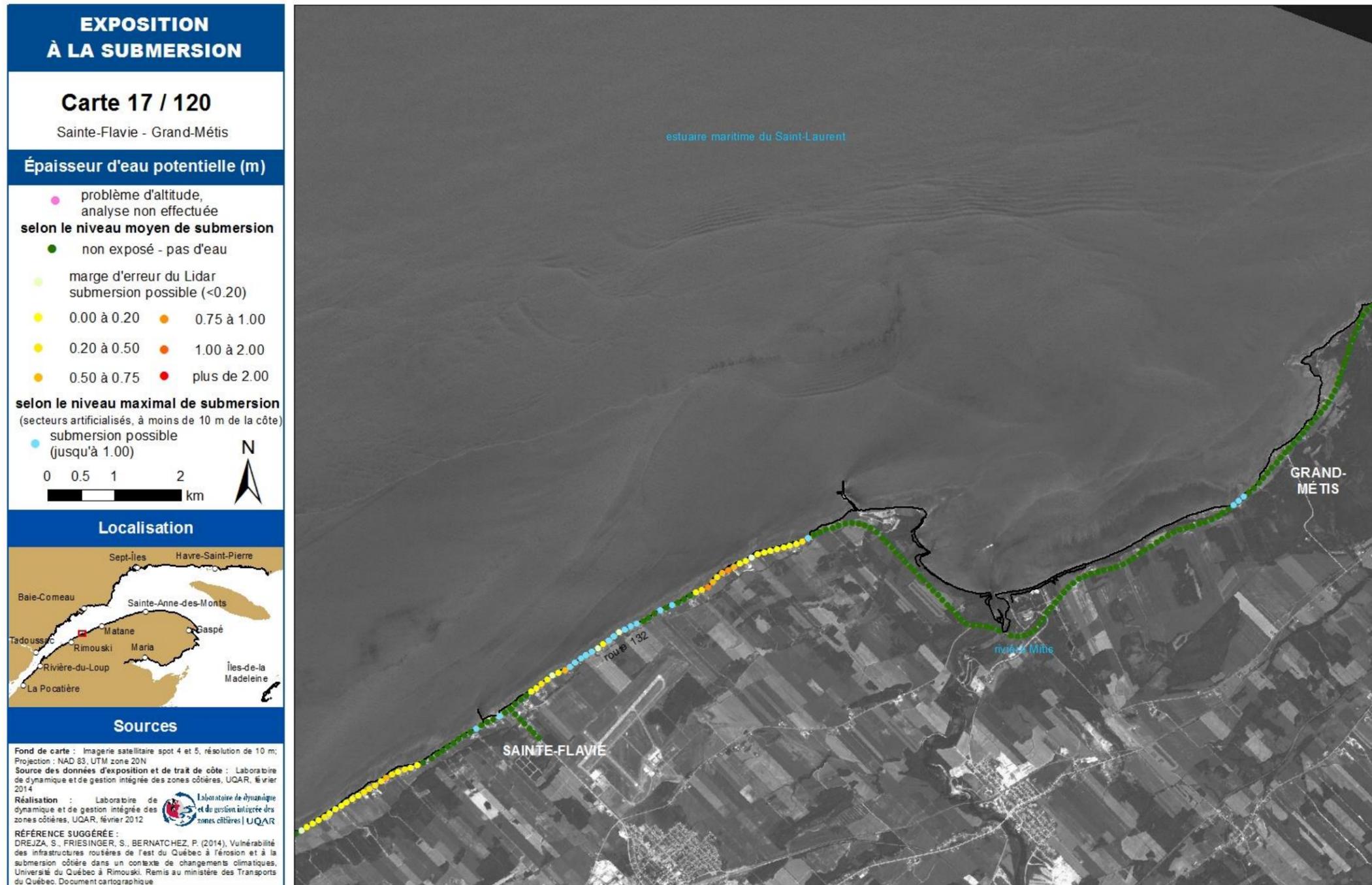


Figure 9. Exemple de cartographie de l'exposition à la submersion (général)



Figure 10. Exemple de cartographie de l'exposition à la submersion (sites suivis par le MTQ)

7.2 Exposition de la route à l'érosion

7.2.1 Sensibilité de la côte à l'érosion : vitesse de recul de la côte

La sensibilité d'une côte à l'érosion est quantifiée à partir de la vitesse de recul de cette côte (Bernatchez, *et al*, 2012 a). Un taux d'érosion moyen annuel a été déterminé pour les points d'information aux 100 m et aux 20 m. Cette valeur indique la vitesse de déplacement de la côte la plus proche de la route. Ce taux a été choisi par l'équipe de recherche en fonction des données existantes. Le choix s'est porté sur les taux existants le plus précis possible selon les secteurs.

Lorsque des scénarios probables d'évolution de la côte étaient disponibles suite à une étude antérieure basée sur l'évolution historique de la côte et les conditions climatiques passées et prévues, ce taux a été considéré comme étant le plus précis. Dans les cas contraires, s'il existait des mesures récentes de la mobilité du trait de côte ou de la ligne de rivage grâce au réseau de suivi de l'érosion du *laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières* (LDGIZC) de l'UQAR, ces données ont été utilisées. Lorsque cela été possible, les données du réseau de suivi ont servi à établir une moyenne pour les secteurs homogènes (mêmes caractéristiques côtières et de dynamique hydrosédimentaire) dans lesquels les stations de mesure étaient implantées. Lorsqu'une seule station de mesure était présente, alors le taux de déplacement moyen mesuré depuis son implantation a été assigné aux 300 m de routes les plus proches si les caractéristiques côtières étaient identiques. Ces stations sont mesurées depuis 2000 à 2005 selon les régions et les stations. Les dates de mesures disponibles sont inscrites dans le champ « Comm_evo » du fichier de forme « EstduQuebec_pointsmesure_routes » (tableau B à l'annexe 1) afin de connaître la longueur de la période de mesure qui a pu être utilisée ainsi que le nombre de stations de suivi sur lequel est basée la moyenne. Dans les autres cas, lorsqu'aucune donnée locale n'existait, la mention indéterminée était assignée pour la sensibilité à l'érosion (7777 dans le champ « Taux_Evo » du fichier de forme « EstduQuebec_pointsmesure_routes », tableau B de l'annexe 1).

En Gaspésie, les taux proviennent soit de l'étude de Bernatchez *et al.* (2008) pour le secteur de Percé, soit de celle de Fraser *et al.* (2012) pour la MRC de Bonaventure, soit de Bernatchez *et al.* (2012 f) pour la MRC d'Avignon. Sinon, les mesures proviennent du réseau de suivi de l'érosion du LDGIZC. Aux Îles-de-la-Madeleine, les mesures de taux de déplacement de la ligne de rivage ou du trait de côte faisant face au golfe du Saint-Laurent proviennent de l'étude de Bernatchez *et al.* (2012 g) et celles du trait de côte à l'intérieur des lagunes proviennent du réseau de suivi de l'érosion du LDGIZC. Au Bas-Saint-Laurent, ce sont tous des taux provenant des mesures du réseau de suivi du LDGIZC, car il n'existe pas encore de données sur l'évolution à long terme de la côte. Des comparaisons avec la littérature ont été effectuées lorsque disponibles

(pour le marais de Rivière-du-Loup seulement), mais les données du LDGIZC étaient plus nombreuses et sur une plus longue période. Ces dernières ont donc été privilégiées. Sur la Côte-Nord, l'étude de l'entente spécifique sur l'érosion des berges (Dubois, *et al.*, 2006) a été, entre autres, utilisée pour trouver les taux probables d'érosion. Les résultats de cette étude ont été mis à jour en 2008 dans certains secteurs. Aussi, une étude sur les géorisques côtiers a été réalisée sur le territoire des communautés innues de la Côte-Nord et a permis d'y préciser le taux d'érosion moyen de la ligne de rivage (Bernatchez, *et al.*, 2012 b, c, d et e). À quelques endroits, les mesures des stations du réseau du LDGIZC ont servi pour compléter la base de données.

Comme le montre la figure 11, le nombre de points de mesure de la route pour lesquels il y a un manque de données pour évaluer la sensibilité de la côte à l'érosion est très variable selon les MRC. Les données sur les dates potentielles d'exposition à l'érosion sont donc plus ou moins complètes selon les secteurs. La proportion de route pour laquelle il n'a pas été possible de déterminer l'exposition varie entre 0,4 % aux Îles-de-la-Madeleine et 41 % en Gaspésie (tableau 42).

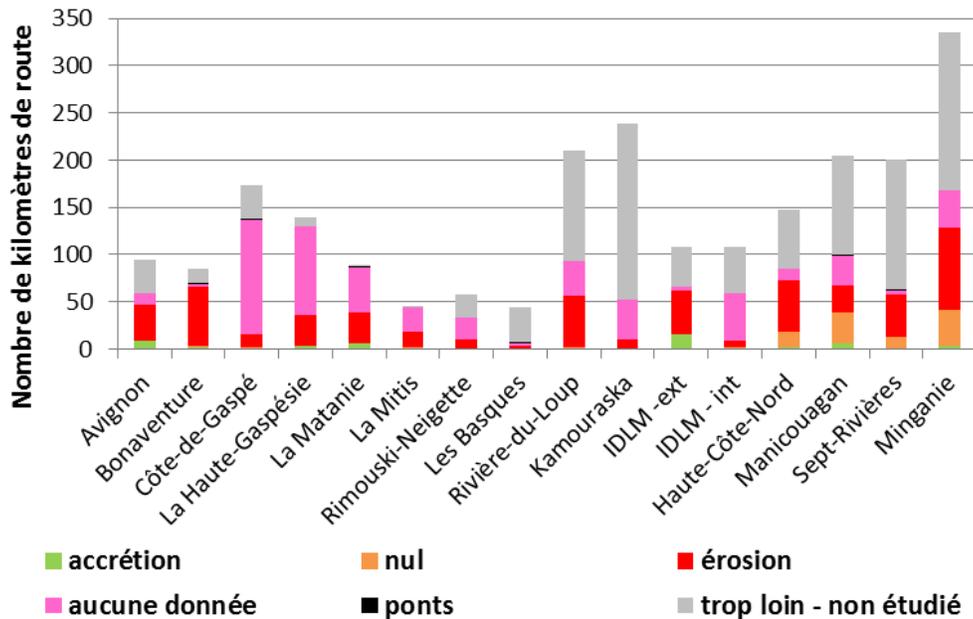


Figure 11. Disponibilité des données de sensibilité de la côte à l'érosion au niveau des segments de route étudiés

7.2.2 Calcul de l'exposition à l'érosion

Le degré d'exposition de la route à l'érosion est présenté à l'équation 4. Le recul d'un seul événement ou recul évènementiel est considéré dans l'équation, car les segments de route situés à une distance de la côte inférieure à cette valeur peuvent être affectés par un seul événement d'érosion. C'est ce qui est considéré comme le seuil d'imminence pour une infrastructure (Comité d'expert, 2010). Les reculs évènementiels ont été mesurés selon les types de côtes et les différentes régions par le LDGIZC (tableau 37 et tableau 39). Il s'agit de la valeur de recul maximum qui a été mesurée sur le terrain suite à un événement d'érosion. Il est à noter que les valeurs non représentatives ont été exclues (impact anthropique, conditions locales non représentatives du type de côte...). Les secteurs utilisés pour les reculs évènementiels sont présentés au tableau 40. Ils correspondent à des secteurs où l'environnement côtier est homogène et dans lesquels peuvent se reproduire les reculs évènementiels retenus.

Équation 4. Degré d'exposition d'une infrastructure à l'érosion

(Distance entre la route et la côte - recul d'un seul événement) / Taux d'érosion moyen annuel = degré d'exposition

Tableau 37. Reculs évènementiels (m) selon les secteurs et les types de côte (Rive Sud)

Type de côte	Pointe de la Gaspésie	Baie-des-Chaleurs	Nord de la Gaspésie	Est du Bas-Saint-Laurent	Ouest du Bas-Saint-Laurent
Basse falaise meuble	-3.3	-3.30	-4.4	-2.7	-3.30
Falaise meuble	-4.85	-8.40	-4.85	-4.85	-4.85
Falaise meuble à base rocheuse	-2.5	-2.70	-2.5	-2.5	-2.50
Falaise rocheuse	-4.3	-3.00	-2.2	-3	-2.95
Falaise rocheuse à sommet meuble	-3.7	-3.70	-3.4	-3.7	-3.70
Flèche littorale	-6.45	-17.20	-8.3	-9	-5.20
Terrasse de plage	-6.35	-12.20	-14.2	-12.8	-8.40
Marais maritime	-4.3	-4.3	-4.3	-2.5	-6.25
Tomolo / Cordon littoral	na	na	na	na	na

Tableau 38. Reculs évènementiels (m) selon les secteurs et les types de côte (Îles-de-la-Madeleine)

Type de côte	Îles-de-la-Madeleine côtes extérieures	Îles-de-la-Madeleine côtes intérieures
Basse falaise meuble	-2.4 (abritée)	-2.4 (abritée)
Falaise meuble	-14.1	nd
Falaise meuble à base rocheuse	nd	nd
Falaise rocheuse	-4.4	-2.65
Falaise rocheuse à sommet meuble	-8.4	nd
Flèche littorale	-15.0	-2.7
Terrasse de plage	-12.5	-3.1
Marais maritime	-1.4	-1.4
Tombolo / Cordon littoral	-16.9	-5.1

Tableau 39. Reculs évènementiels (m) et les types de côte (Côte-Nord)

Type de côte	Côte-Nord
Falaise meuble (sable)	-11,5
Falaise meuble (argile)	-13,68
Flèche littorale	-9,65
Terrasse de plage	-12,05
Marais maritime	-12,50
Tombolo / Cordon littoral	-12,05
Côte rocheuse ignée	0,00

Tableau 40. Secteur pour la sensibilité de la côte à l'érosion

Nom du secteur	secteurs et MRC incluses
Pointe de la Gaspésie	De la pointe Maquereau (MRC du Rocher-Percé) à la pointe Forillon (MRC Côte-de-Gaspé)
Baie des Chaleurs	MRC d'Avignon et de Bonaventure et ouest de la MRC du Rocher Percé jusqu'à la pointe Maquereau
Nord de la Gaspésie	MRC de la Haute-Gaspésie et MRC de la Côte-de-Gaspé au nord-ouest de la pointe Forillon
Est du Bas-Saint-Laurent	MRC de la Matanie, de La Mitis et de Rimouski-Neigette
Ouest du Bas-Saint-Laurent	MRC des Basques, de Rivière-du-Loup et de Kamouraska
Îles-de-la-Madeleine - Ext	Côtes extérieures des Îles-de-la-Madeleine
Îles-de-la-Madeleine - Int	Lagunes, côtes intérieures des Îles-de-la-Madeleine
Côte-Nord	Ensemble de la Côte-Nord

Le résultat de l'équation 4 donne un degré d'exposition qui peut se comprendre comme étant le nombre potentiel d'années avant que l'infrastructure routière ne soit affectée par l'érosion. Étant donné la grande diversité des dates de la ligne de rivage (selon les photographies aériennes disponibles), le nombre d'années avant que la route ne soit affectée par l'érosion est converti en une période d'exposition probable à l'érosion : *imminent* (démontre un potentiel d'érosion imminente, car la distance entre l'infrastructure routière et la côte est inférieure à l'érosion qui peut être provoquée par un seul événement d'érosion), *presque* (si l'on se situe à moins de 0,5 m de la mesure d'évènement et qu'aucun taux de migration n'est disponible) *d'ici 2015*, *entre 2015 et 2020*, *entre 2020 et 2030*, *entre 2030 et 2040*, *entre 2040 et 2050*, *entre 2050 et 2060* et *entre 2060 et 2100*. Lorsque la période à laquelle la route serait exposée excède 2100, elle est alors considérée comme *non exposée*. Pour les routes se trouvant à plus de 500 m de la ligne de rivage ou du trait de côte ainsi que pour les ponts, l'exposition n'a pas été analysée.

Il est important de savoir que la date d'exposition est une date potentielle, théorique. Étant donné que le taux de migration utilisé est une moyenne, l'année à laquelle l'érosion pourra affecter la côte peut ne pas être exactement celle qui a été prédite par l'équation. En effet, l'érosion n'est pas toujours constante dans le temps, il peut même y avoir des cycles d'érosion et d'accumulation qui se produisent dans certains secteurs. Les routes qui sont considérées exposées de manière imminente sont celles qu'une seule tempête peut affecter, mais il n'est pas possible de déterminer quand cette tempête va survenir. Les routes imminentes peuvent donc être affectée dans les prochains mois, comment dans plusieurs années. Ce qui est important c'est qu'un seul évènement important pourra être suffisant pour les affecter, ce qui ne permettra pas de voir venir l'érosion et de réagir. La planification de la gestion de ces segments de route devrait être faite dès maintenant. De plus il est important de noter que la présence ou non d'ouvrages de protection contre l'érosion côtière n'a pas été prise en compte. En effet, l'expérience montre que même des structures mises en place par le MTQ peuvent être endommagées durant des évènements de tempêtes importantes (figure 12 et figure 13) et la route se retrouver ainsi affectée par les processus côtiers. Ainsi, il n'est pas possible de considérer une route située en arrière d'une structure de protection comme totalement soustraite à l'érosion.



**Figure 12. Haut : route 132 à Sainte-Flavie après la tempête du 6 décembre 2010.
Bas : Route 132 en septembre 2010 avec la présence d'un enrochement et d'un
muret de bois**

(Source des photos : LDGIZC-UQAR)



**Figure 13. Suite à la tempête du 6 décembre 2010 en Haute-Gaspésie, murets de
béton de protection et route 132 partiellement détruits**

(Source des photos : MTQ)

7.2.3 Résultats

Dans le tableau 41, le tableau 42 et la figure 14 sont présentés les résultats de l'exposition de la route à l'érosion pour l'ensemble de l'Est du Québec pour différentes périodes. Ainsi 32,5 km de routes sont actuellement exposées de manière imminente à l'érosion, c'est-à-dire qu'un seul événement important pourrait affecter la chaussée. D'ici 2100, plus de 156,8 km de route seront exposées à l'érosion, soit 12,6 % de toutes les routes situées à moins de 500 m de la côte ou 7 % de toutes les routes (tableau 44). En moyenne,

chaque année, 1,4 km de route de plus est potentiellement exposé à l'érosion (droite de régression $y = 1.4x - 2781.3$ avec $R^2 = 0.99$) (figure 14).

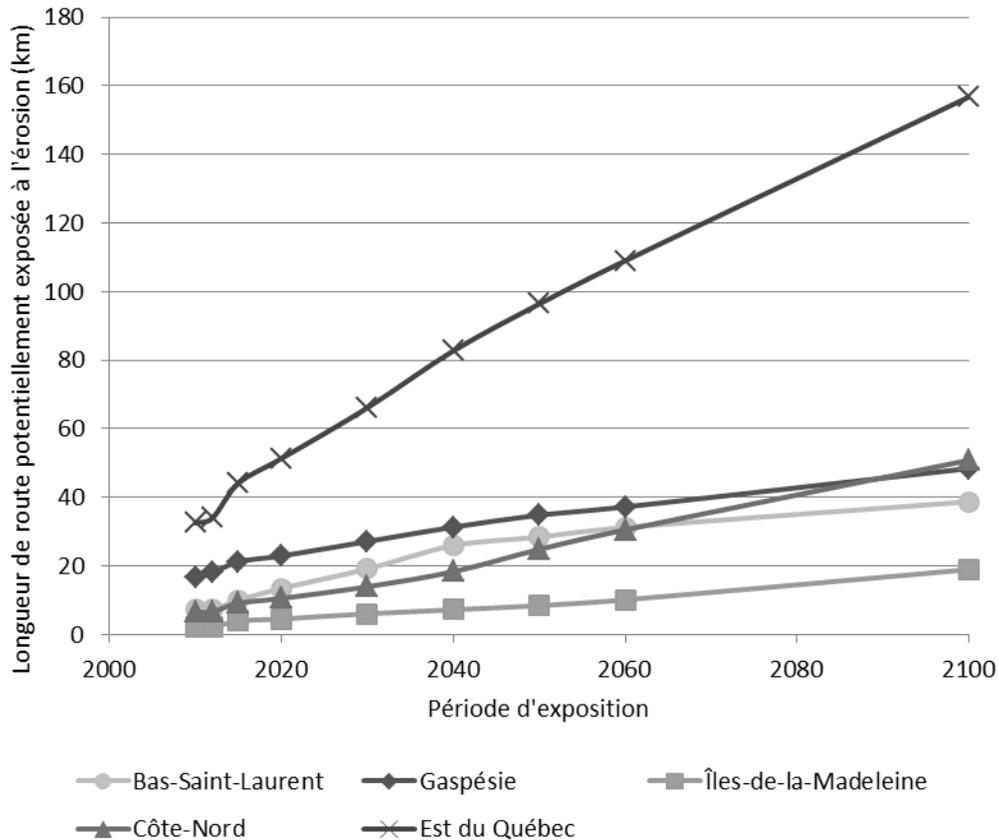


Figure 14. Longueur cumulée de route (km) exposée à l'érosion d'ici 2100

L'exposition de la route à l'érosion est présentée sur deux séries de cartes. La première série présente toutes les côtes du Québec maritime, dans une série de 120 cartes (échelle de 1 :50 000 sauf exception). La liste détaillée de la série de cartes est présentée à l'annexe 5. Un exemple de cartographie est présenté à la figure 15. La deuxième série présente plus en détail tous les sites suivis par le ministère des Transports du Québec, incluant les points de mesures aux 20 m, dans une série de 198 cartes (échelle variant de 1 :5 000 à 1 :30 000). Un exemple est présenté à la figure 16 et la liste détaillée de cette série de cartes est présentée à l'annexe 6.

La structure des données numériques des points de mesure liées à l'érosion est décrite au tableau B en annexe 1. Le champ à utiliser est « Date_expo » du fichier de forme « EstduQuebec_pointsmesure_routes ».

Tableau 41. Longueur de route (km) selon la période potentielle d'exposition à l'érosion

Région	Imminence (< recul d'un évènement)	presque (<0.5m de l'imminence)	d'ici 2015	2015 à 2020	2020 à 2030	2030 à 2040	2040 à 2050	2050 à 2060	2060 à 2100	non exposé	nd	pont	TOTAL étudié (à moins de 500 m)	non étudié	TOTAL
Côte-Nord	6.5	0.1	2.5	1.4	3.4	4.4	6.5	5.7	20.3	292.4	67.5	3.5	414.2	460.7	874.9
Gaspésie	16.7	1.3	3.2	1.7	4.2	4.2	3.5	2.4	11.2	195.5	252.1	2.9	498.9	121.8	620.7
Bas-Saint-Laurent	7.3	0	2.6	3.5	5.7	6.8	2.5	2.8	7.5	62.7	171.7	1.2	274.3	367.1	641.4
Îles-de-la-Madeleine (côte extérieure)	2.0	0.1	1.8	0.6	1.5	1.2	1.2	1.7	8.8	43.2	0.4	0.2	62.7	44.9	107.6
TOTAL	32.5	1.5	10.1	7.2	14.8	16.6	13.7	12.6	47.8	593.8	491.7	7.8	1250.1	994.5	2244.6

Tableau 42. Proportion (%) de route selon la période potentielle d'exposition à l'érosion

Région	Imminence (< recul d'un évènement)	presque (<0.5m de l'imminence)	d'ici 2015	2015 à 2020	2020 à 2030	2030 à 2040	2040 à 2050	2050 à 2060	2060 à 2100	non exposé	nd	pont	TOTAL étudié (à moins de 500 m)	non étudié	TOTAL
Côte-Nord	0.7	0.0	0.3	0.2	0.4	0.5	0.7	0.7	2.3	33.4	7.7	0.4	47.3	52.7	100
Gaspésie	2.7	0.2	0.5	0.3	0.7	0.7	0.6	0.4	1.8	31.5	40.6	0.5	80.4	19.6	100
Bas-Saint-Laurent	1.1	0.0	0.4	0.5	0.9	1.1	0.4	0.4	1.2	9.8	26.8	0.2	42.8	57.2	100
Îles-de-la-Madeleine (côte extérieure)	1.9	0.1	1.7	0.6	1.4	1.1	1.1	1.6	8.2	40.1	0.4	0.2	58.3	41.7	100
TOTAL	1.4	0.1	0.4	0.3	0.7	0.7	0.6	0.6	2.1	26.5	21.9	0.3	55.7	44.3	100

Tableau 43. Routes potentiellement exposées à l'érosion

Région	MRC	Longueur de route exposée à l'érosion (km)						Proportion de route exposée à l'érosion (%)					
		Imminent ou presque	Exposé d'ici 2100	Non exposé	Non déterminé	Non étudié	Pont	Imminent ou presque	Exposé d'ici 2100	Non exposé	Non déterminé	Non étudié	Pont
Côte-Nord	Minganie	1.6	16.7	98.6	45.7	167.3	1.2	0.5	5.0	29.8	13.8	50.5	0.4
	Sept-Rivières	0.2	6.2	55.1	3.7	125.5	1	0.1	3.2	28.7	1.9	65.5	0.5
	Manicouagan	2.5	9.8	68.9	17.2	105.7	0.7	1.2	4.8	33.6	8.4	51.6	0.3
	La Haute-Côte-Nord	2.3	11.5	69.8	0.9	62.2	0.6	1.6	7.8	47.4	0.6	42.2	0.4
	Total	6.6	44.2	292.4	67.5	460.7	3.5	0.8	5.1	33.4	7.7	52.7	0.4
Gaspésie	Avignon	5.4	3.7	38.4	11.5	34.4	0.4	5.8	3.9	40.9	12.3	36.7	0.4
	Bonaventure	4.6	4.6	56.4	3.4	14.8	0.6	5.5	5.5	66.8	4.0	17.5	0.7
	Le Rocher Percé	0.4	8.7	64.5	28.5	26.9	0.4	0.3	6.7	49.8	22.0	20.8	0.3
	La Côte-de-Gaspé	1.3	1.5	14.5	119.1	36.5	0.8	0.7	0.9	8.3	68.6	21.0	0.5
	La Haute-Gaspésie	6.3	11.9	21.7	89.6	9.2	0.7	4.5	8.5	15.6	64.3	6.6	0.5
	Total	18	30.4	195.5	252.1	121.8	2.9	2.9	4.9	31.5	40.6	19.6	0.5
Bas-Saint-Laurent	La Matanie	2	14.5	24.3	45.9	1.5	0.2	2.3	16.4	27.5	51.9	1.7	0.2
	La Mitis	3.4	5.4	11.9	23.7	1	0.2	7.5	11.8	26.1	52.0	2.2	0.4
	Rimouski-Neigette	0.6	1.5	8.7	22.8	23.4	0.2	1.0	2.6	15.2	39.9	40.9	0.3
	Les Basques	0	0	3.9	2.8	37	0.1	0.0	0.0	8.9	6.4	84.5	0.2
	Rivière-du-Loup	0.3	5.2	8.3	35.9	117.4	0.4	0.2	3.1	5.0	21.4	70.1	0.2
	Kamouraska	1	4.8	5.6	40.6	186.8	0.1	0.4	2.0	2.3	17.0	78.2	0.0
	Total	7.3	31.4	62.7	171.7	367.1	1.2	1.1	4.9	9.8	26.8	57.2	0.2
Îles-de-la-Madeleine	2.1	16.8	43.2	0.4	44.9	0.2	2.0	15.6	40.1	0.4	41.7	0.2	
TOTAL Est du Québec	34.0	122.8	593.8	491.7	994.5	7.8	1.5	5.5	26.5	21.9	44.3	0.3	

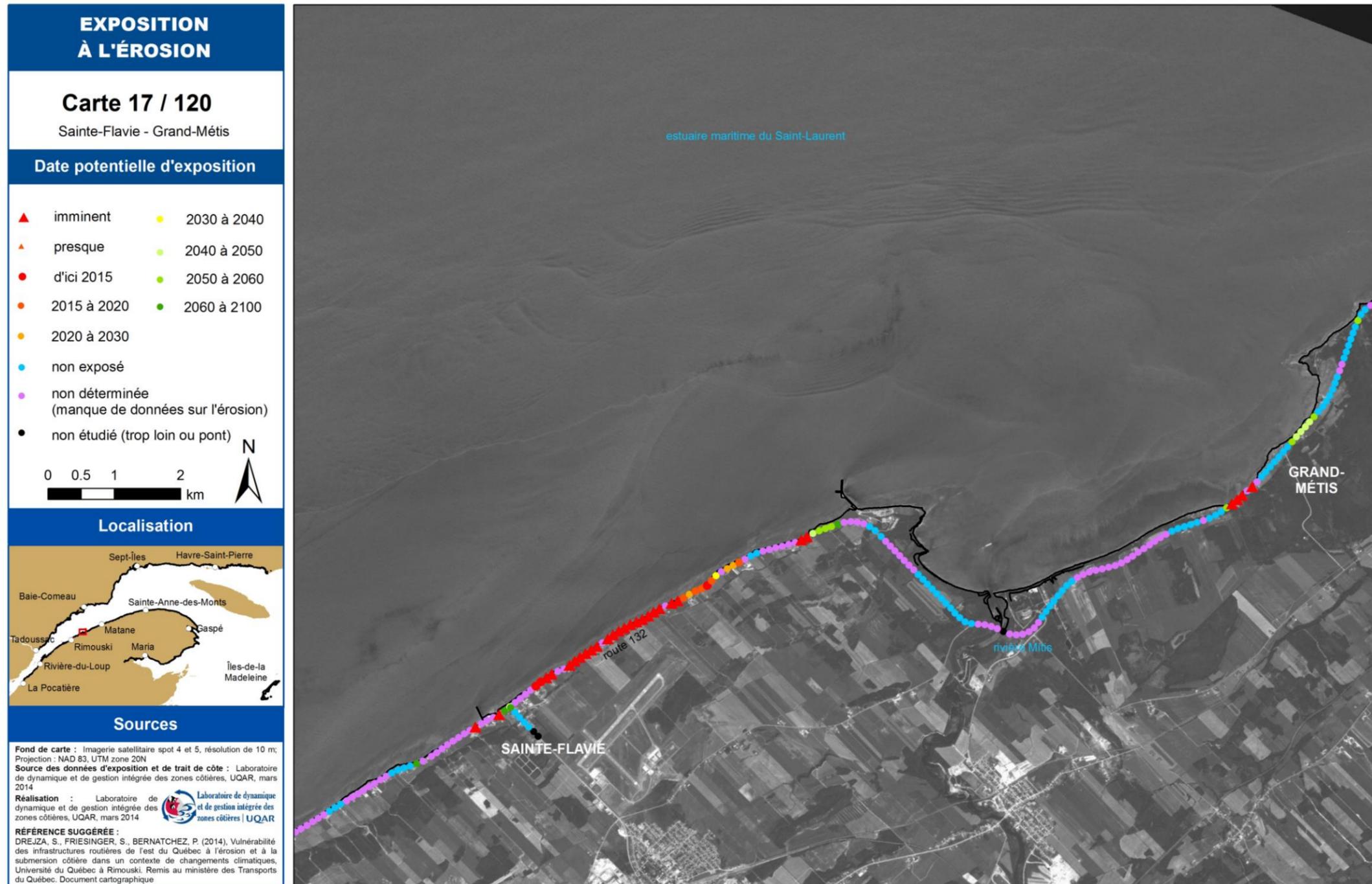


Figure 15. Exemple de cartographie de l'exposition à l'érosion (général)

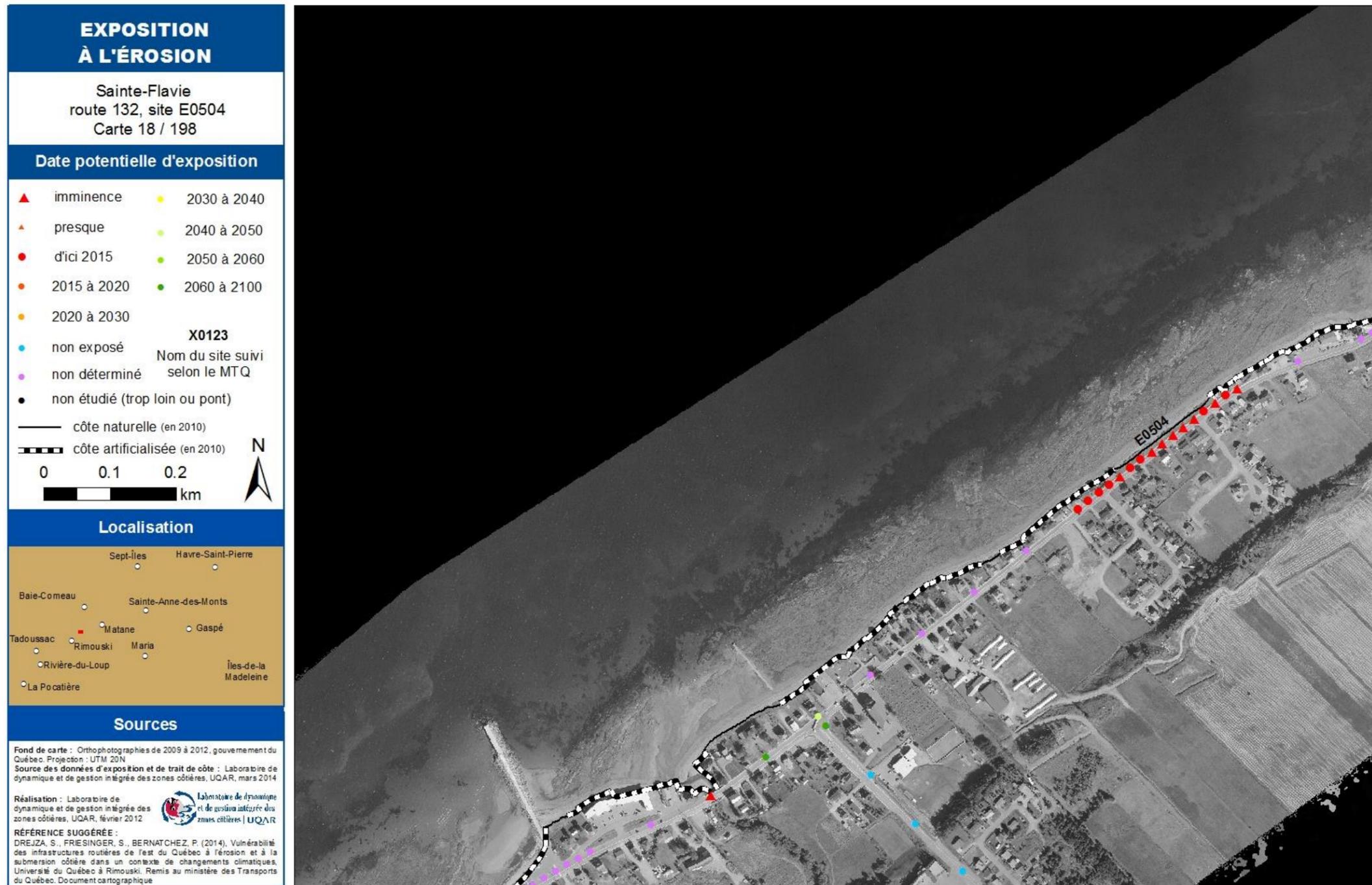


Figure 16. Exemple de cartographie l'exposition à l'érosion (sites suivis par le MTQ)

7.2.3.1 Région du Bas-Saint-Laurent

Il est important de noter que la longueur de route au Bas-Saint-Laurent est de 402,4 km si l'on ne tient compte que d'une seule voie dans tous les secteurs de routes à 2 chaussées séparées (route 132 et autoroute 20). Dans le reste de la section, la longueur considérée sera plutôt de 641,4 km étant donné que nous avons analysé les différentes chaussées de manière séparée. En effet, l'une peut être exposée et l'autre non. De plus, l'horizon auquel elles seront exposées peut être différent.

Au Bas-Saint-Laurent, d'ici 2100, 38,7 km de routes seront exposés à l'érosion, soit 6,0 % des routes, mais 14,1 % des routes analysées (tableau 44 et tableau 45). L'augmentation de l'exposition est plutôt constante dans le temps et il n'est pas possible de dégager une date à laquelle les routes connaîtraient une hausse accélérée d'exposition (figure 17). L'analyse de la figure 17, doit être faite tout en considérant que de grandes portions de route n'ont pas pu être analysées par manque de données sur la sensibilité de la côte à l'érosion.

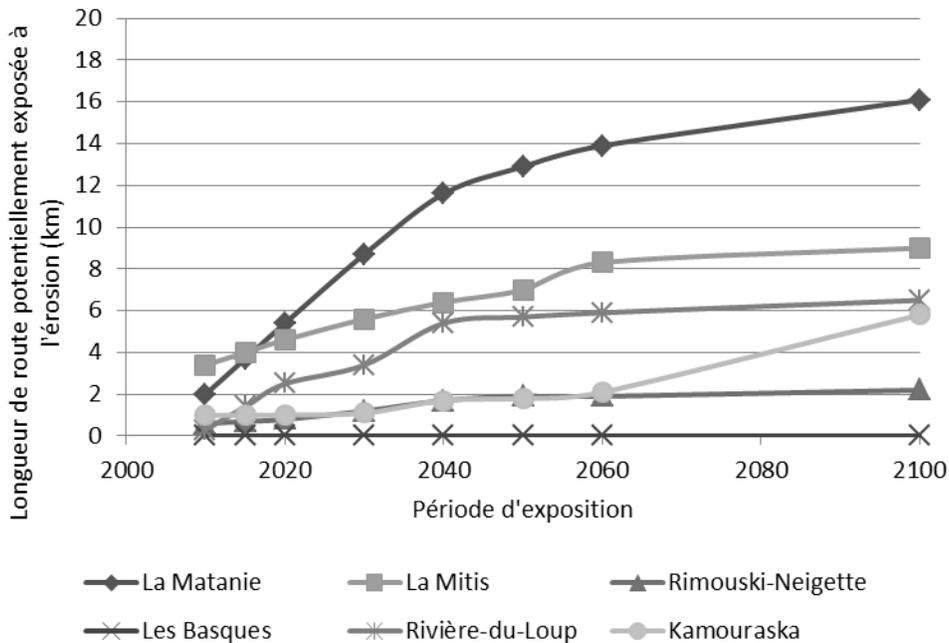


Figure 17. Longueurs cumulées de la route (km) selon leur date d'exposition à l'érosion (Bas-Saint-Laurent)

Dans la MRC des Basques, la route 132 ne se retrouve que rarement à proximité de l'estuaire du Saint-Laurent (aucune route à moins de 100 m), cela fait qu'aucune portion de route dans cette MRC ne sera exposée à l'érosion d'ici 2100 (tableau 44).

Dans les MRC du Kamouraska et de Rivière-du-Loup, les routes exposées à l'érosion d'ici 2100 se situent principalement en arrière de côtes à marais maritimes (respectivement 97 et 82 %), cela correspond au fait qu'il s'agit du principal type de côte en arrière duquel on retrouve les routes côtières. Dans chacune de ces deux MRC, moins de 6 km de routes sont exposées à l'érosion d'ici 2100 (tableau 44).

Dans la MRC de Rimouski-Neigette, 2,1 km de routes sont potentiellement exposées à l'érosion d'ici 2100 (tableau 44) dont 0,6 km de manière imminente. Les routes potentiellement exposées de manière imminente se situent dans des secteurs de terrasses de plage et de basses falaises meubles. En effet, dans cette MRC, les routes exposées se situent principalement en arrière de terrasses de plage (81 %) et de basses falaises meubles de remblai (19 %). Cela correspond bien aux principaux types de côtes en arrière desquelles on retrouve les routes. Bien que les basses falaises meubles de remblai puissent être protégées de l'érosion par des structures rigides, ces dernières peuvent ne pas résister à des événements de tempête importants.

Dans la MRC de la Mitis, 8,8 km de routes sont exposées à l'érosion d'ici 2100 dont 3,4 km le sont de manière imminente et 5,4 entre 2015 et 2100 (tableau 43 et tableau 44). Tous les secteurs exposés de manière imminente sont situés derrière des terrasses de plage. Dans cette MRC, 84 % des routes étudiées ainsi que l'ensemble des routes exposées se situent dans les terrasses de plage. Cela correspond avec le fait que plus de 80 % de la côte de cette MRC est constituée de terrasses de plage. La proximité importante de la route avec la côte (près du tiers des routes sont à moins de 50 m de la côte) explique pourquoi près de 20 % des routes de la MRC sont potentiellement exposées à l'érosion d'ici 2100. Cependant, tout comme pour la MRC de la Matanie, d'autres études sont nécessaires car plus de 50 % des routes n'ont pas pu être étudiées du fait d'un manque de données sur la migration côtière. La proportion de côtes exposées à l'érosion pourrait ainsi être beaucoup plus élevée que ce qui ressort de cette étude.

Dans la MRC de la Matanie, 16,5 km de routes sont exposées à l'érosion d'ici 2100 dont 2 km le sont de manière imminente et 14,5 entre 2015 et 2100 (tableau 43 et tableau 44). Dans cette MRC, 94 % des routes exposées se situent en arrière de terrasses de plage, ceci est lié au fait que 77 % de toutes les routes se situent sur ce type de côte. La proximité importante de la route avec la côte (près de 30 % de routes sont à moins de 50 m de la côte) explique pourquoi près de 19 % des routes de la MRC sont potentiellement exposées à l'érosion d'ici 2100.

Tableau 44. Longueur de route (km) selon la période potentielle d'exposition à l'érosion pour le Bas-Saint-Laurent

		MRC	imminence (< recul d'un évènement)	d'ici 2015	2015 à 2020	2020 à 2030	2030 à 2040	2040 à 2050	2050 à 2060	2060 à 2100	non exposé	nd	pont	TOTAL étudié (à moins de 500 m)	non étudié	TOTAL
Bas-Saint-Laurent	La Matanie	2	2.1	1.7	3.3	2.9	1.3	1	2.2	24.3	45.9	0.2	86.9	1.5	88.4	
	La Mitis	3.4	0.4	0.6	1	0.8	0.6	1.3	0.7	11.9	23.7	0.2	44.6	1	45.6	
	Rimouski-Neigette	0.6	0	0.1	0.4	0.5	0.2	0	0.3	8.7	22.8	0.2	33.8	23.4	57.2	
	Les Basques	0	0	0	0	0	0	0	0	3.9	2.8	0.1	6.8	37	43.8	
	Rivière-du-Loup	0.3	0.1	1.1	0.9	2	0.3	0.2	0.6	8.3	35.9	0.4	50.1	117.4	167.5	
	Kamouraska	1	0	0	0.1	0.6	0.1	0.3	3.7	5.6	40.6	0.1	52.1	186.8	238.9	
Total		7.3	2.6	3.5	5.7	6.8	2.5	2.8	7.5	62.7	171.7	1.2	274.3	367.1	641.4	

Tableau 45. Proportion de route (%) selon la période potentielle d'exposition à l'érosion pour le Bas-Saint-Laurent

		MRC	imminence (< recul d'un évènement)	d'ici 2015	2015 à 2020	2020 à 2030	2030 à 2040	2040 à 2050	2050 à 2060	2060 à 2100	non exposé	nd	pont	TOTAL étudié (à moins de 500 m)	non étudié	TOTAL
Bas-Saint-Laurent	La Matanie	2.3	2.4	1.9	3.7	3.3	1.5	1.1	2.5	27.5	51.9	0.2	98.3	1.7	100	
	La Mitis	7.5	0.9	1.3	2.2	1.8	1.3	2.9	1.5	26.1	52.0	0.4	97.8	2.2	100	
	Rimouski-Neigette	1.0	0.0	0.2	0.7	0.9	0.3	0.0	0.5	15.2	39.9	0.3	59.1	40.9	100	
	Les Basques	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.9	6.4	0.2	15.5	84.5	100	
	Rivière-du-Loup	0.2	0.1	0.7	0.5	1.2	0.2	0.1	0.4	5.0	21.4	0.2	29.9	70.1	100	
	Kamouraska	0.4	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.1	1.5	2.3	17.0	0.0	21.8	78.2	100	
Total		1.1	0.4	0.5	0.9	1.1	0.4	0.4	1.2	9.8	26.8	0.2	42.8	57.2	100	

7.2.3.2 Région de la Gaspésie

En Gaspésie, 620,7 km de routes du MTQ sont présentes dont 498,9 km sont situés à moins de 500 m et ont donc été étudiés en ce qui a trait à leur exposition potentielle à l'érosion. Ainsi, 18,0 km sont exposées de manière imminente ou presque à l'érosion (tableau 46) ce qui représente 2,9 % des routes (tableau 47). Toutes les MRC sont concernées, bien qu'Avignon, Bonaventure et la Haute-Gaspésie le soient davantage avec environ 5 km de routes imminentes dans chacune d'elles (tableau 46). Actuellement, 2,9 % des routes sont exposées de manière imminente ou presque, mais cela varie selon les MRC, entre 5,5 et 5,8 % pour Bonaventure et Avignon et aussi peu que 0,3 % pour Rocher-Percé. Au total, un peu plus de 50 % des routes ne seront pas exposées à l'érosion (situées trop loin ou non exposées selon la sensibilité de la côte). L'augmentation de l'exposition est plutôt constante dans le temps et il n'est pas possible de dégager une date à laquelle les routes deviendront plus exposées (figure 18). D'ici 2100, 9,7 % des routes à moins de 500 m ou 7,8 % de routes les routes seront exposées à l'érosion, soit 48,4 km (18,0 km de manière imminente et 30,4 d'ici 2100, voir tableau 43).

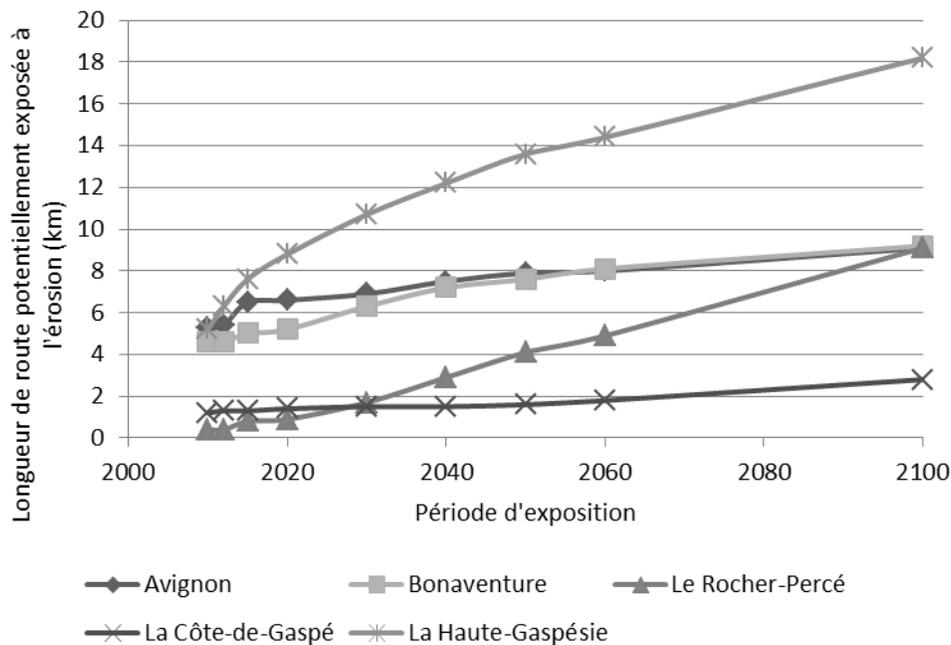


Figure 18. Longueur cumulée des routes (km) selon leur date d'exposition à l'érosion (Gaspésie)

Lors de l'analyse de la figure 18, il est important de considérer le nombre de points de mesure de la route pour lesquels il n'a pas été possible de déterminer une date d'exposition. Ces secteurs peuvent être exposés ou non,

mais n'ont pas pu être documentés par manque de données précises sur la sensibilité de la côte à l'érosion dans ces secteurs. Ainsi, dans la MRC de la Haute-Gaspésie, il y a 89,6 km qui n'ont pas pu être analysés (soit 64,3 % de tous les points de mesures de cette MRC). Dans la MRC de la Côte-de-Gaspé, 68,6 % des points n'ont pas pu être analysés (soit 119,1 km de routes). Alors que dans les MRC d'Avignon et de Bonaventure, le pourcentage qui n'a pas pu être analysé faute de données n'est que de 12,2 % et 4,0 %, respectivement.

Dans la MRC de la Haute-Gaspésie, lorsqu'il a été possible de déterminer l'exposition de la route, il s'agit à 88 % de secteurs de terrasse de plage. Ceci n'est pas représentatif des côtes en arrière desquelles se trouve la route (seulement le tiers des routes sont sur des terrasses de plage), mais reflète plutôt les secteurs pour lesquels il existe des données sur l'érosion. Les côtes à remblai au pied de falaises rocheuses représentent en effet, près de 50 km de côte et abritent près de 34 % des routes; mais dans ces secteurs artificialisés, aucune donnée d'érosion n'est disponible, car, lorsqu'il y a de l'érosion, elle est immédiatement contrée par un nouveau remblai et une réfection de l'artificialité. Ainsi, 47,6 km de ces routes ont une exposition non déterminée et seul 0,8 km sont considérés comme étant exposés de manière imminente (ou presque imminente) à l'érosion du fait de leur trop faible distance avec la côte. Cependant lorsque l'artificialité est endommagée, le remblai sur lequel se trouve la route peut être affecté très rapidement. L'exposition n'est ainsi pas engendrée par l'érosion à long terme, mais plutôt par les événements extrêmes. Ainsi, il pourrait être plus juste de considérer l'ensemble de ces secteurs de remblais au pied de falaises (48 km de routes) comme des secteurs vulnérables à surveiller. Cela correspond donc à ce qui est déjà effectué par le MTQ, pour lequel tous ces secteurs sont des sites suivis pour les aléas côtiers.

Dans la MRC de la Côte-de-Gaspé, les routes sont localisées principalement au sommet de côtes à falaises rocheuses (à 59 %). Il n'est donc pas surprenant de constater que les segments routiers exposés à l'érosion se trouvent dans une proportion de 61 % en bordure de falaises rocheuses. Cependant, comme pour la MRC de la Haute-Gaspésie, les données d'érosion sont très fragmentaires et plus de 68 % de la longueur de routes n'ont pas pu être analysée en terme d'érosion (sauf pour l'exposition imminente, car dans ce cas il s'agit d'une valeur maximale de recul par type de côte). Une bonification des connaissances sur l'érosion des berges permettrait ainsi une meilleure appréciation de l'exposition des routes à l'érosion.

Dans la MRC du Rocher-Percé, les routes exposées se trouvent à 44 % au sommet de falaises rocheuses et à 40 % derrière des terrasses de plage. Comme 54 % des routes se trouvent au sommet de falaises rocheuses, cela correspond avec le fait qu'elles représentent une grande proportion des routes exposées. Cependant les routes situées en arrière de terrasses de plage ne représentent que 12 % de toutes les routes de la MRC, mais elles sont surreprésentées dans les routes exposées (40 %) et dans les routes

imminentes (50 %). Ceci ne peut pas s'expliquer par la plus grande proximité des routes dans ces milieux (la distance moyenne des routes à la côte est de 343 m dans les falaises rocheuses et de 346 m dans les terrasses de plage). Par contre, cela peut s'expliquer par la sensibilité de la côte qui est différente dans ces deux environnements. Le taux de migration moyen dans les terrasses en avant de la route est de -0,6 m/an alors que celui dans les falaises rocheuses bordant la route est de -0,2 m/an.

Dans la MRC de Bonaventure, alors que seulement 5 % des routes se situent dans des secteurs de terrasse de plage, 59 % des routes en situation de risque imminent et 38 % des routes exposées à l'érosion se situent dans des secteurs de terrasse de plage. De plus, 8 % des routes se situent dans les secteurs de falaises meubles alors qu'elles représentent 35 % des routes exposées de manière imminente à l'érosion et 25 % des routes exposées. Au contraire, les falaises rocheuses représentent 42 % des côtes sur lesquels se trouve la route, mais seulement 6 % des routes exposées à l'érosion. Cela peut être dû à la plus grande proximité de la route à la côte dans ces secteurs ainsi qu'une plus grande sensibilité de la côte à l'érosion. En effet, la distance moyenne des routes à la côte dans les secteurs de falaise rocheuse est de 201 m, de 151 m dans les secteurs de falaise meuble et de seulement 53 m dans les secteurs de terrasse de plage. De plus, les taux de migration moyens dans les falaises rocheuses devant la route sont seulement de -0,1 m/an alors que dans les secteurs de falaise meuble le taux moyen est de -0,2 m/an et dans les secteurs de terrasse de plage de -0,5 m/an. Les reculs évènementiels sont également plus faibles dans les secteurs de falaise rocheuse.

Dans la MRC d'Avignon, 11 % des routes se situent en arrière de terrasses de plage, mais elles constituent 62 % des routes exposées à l'érosion et même 96 % des routes exposées de manière imminente à l'érosion. Dans les terrasses de plage 5,6 km de routes seront exposées dont 5,1 km de manière imminente et parmi lesquels 5 km en un seul site à Maria. Ainsi ce sont les conditions locales dans ce secteur (site A1301, entre les Caps de Carleton et le centre-ville de Maria), soit la très grande proximité à la côte et la possibilité d'un recul évènementiel important en cas de rupture de l'ouvrage de protection, qui sont à considérer.

Tableau 46. Longueur de route (km) selon la période potentielle d'exposition à l'érosion pour la Gaspésie

MRC		imminence (ou presque imminent)	d'ici 2015	2015 à 2020	2020 à 2030	2030 à 2040	2040 à 2050	2050 à 2060	2060 à 2100	non exposé	nd	pont	TOTAL étudié (à moins de 500 m)	non étudié	TOTAL
Gaspésie	Avignon	5.4	1.1	0.1	0.3	0.6	0.4	0.1	1.1	38.4	11.5	0.4	59.4	34.4	93.8
	Bonaventure	4.6	0.4	0.2	1.1	0.9	0.4	0.5	1.1	56.4	3.4	0.6	69.6	14.8	84.4
	Rocher-Percé	0.4	0.4	0.1	0.8	1.2	1.2	0.8	4.2	64.5	28.5	0.4	102.5	26.9	129.4
	Côte-de-Gaspé	1.3	0	0.1	0.1	0	0.1	0.2	1	14.5	119.1	0.8	137.2	36.5	173.7
	Haute-Gaspésie	6.3	1.3	1.2	1.9	1.5	1.4	0.8	3.8	21.7	89.6	0.7	130.2	9.2	139.4
Total		18.0	3.2	1.7	4.2	4.2	3.5	2.4	11.2	195.5	252.1	2.9	498.9	121.8	620.7

Tableau 47. Proportion de route (%) selon la période potentielle d'exposition à l'érosion pour la Gaspésie

MRC		imminence (ou presque imminent)	d'ici 2015	2015 à 2020	2020 à 2030	2030 à 2040	2040 à 2050	2050 à 2060	2060 à 2100	non exposé	nd	pont	TOTAL étudié (à moins de 500 m)	non étudié	TOTAL
Gaspésie	Avignon	5.8	1.2	0.1	0.3	0.6	0.4	0.1	1.2	40.9	12.3	0.4	63.3	36.7	100
	Bonaventure	5.5	0.5	0.2	1.3	1.1	0.5	0.6	1.3	66.8	4.0	0.7	82.5	17.5	100
	Rocher-Percé	0.3	0.3	0.1	0.6	0.9	0.9	0.6	3.2	49.8	22.0	0.3	79.2	20.8	100
	Côte-de-Gaspé	0.7	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.6	8.3	68.6	0.5	79.0	21.0	100
	Haute-Gaspésie	4.2	0.9	0.9	1.4	1.1	1.0	0.6	2.7	15.6	64.3	0.5	93.4	6.6	100
Total		2.9	0.5	0.3	0.7	0.7	0.6	0.4	1.8	31.5	40.6	0.5	80.4	19.6	100

7.2.3.3 Région des Îles-de-la-Madeleine

Aux Îles-de-la-Madeleine, 107,6 km de routes sont présentes sur l'archipel. Elles ont été étudiées à la fois quant à leur exposition à l'érosion sur la côte extérieure des îles (côte exposée au golfe du Saint-Laurent) et à la fois à l'érosion sur la côte intérieure (côte des lagunes et bassins). Il s'agit principalement de la route 199, mais aussi la route collectrice « chemin du Bassin ». Comme on peut le voir sur la figure 19 et dans le tableau 48, un nombre croissant de segments de routes sera exposé à l'érosion à l'avenir aux Îles-de-la-Madeleine. D'ici 2100, ce ne sont pas moins de 18,9 km de routes qui seront exposés à l'érosion de la côte extérieure de l'archipel (tableau 48). Cela représente 17,7 % des routes dans l'archipel et 30,1 % des routes étudiées (à moins de 500 m de la côte) (tableau 49). Déjà, actuellement 2,1 km de routes sont exposées de manière imminente à l'érosion extérieure, soit 2 % du réseau. Ces routes exposées de manière imminente se trouvent très majoritairement sur les côtes à tombolo / cordon littoral (à 85 %) et se trouvent dans des sites où en marge de sites déjà suivis par le MTQ pour les aléas côtiers. Les secteurs exposés de manière imminente sur la côte extérieure des tombolos / cordons littoraux se situent à la Martinique (site F0103) sur la Dune du Nord, au nord de Pointe-aux-Loups (site F0110) et à « La Grave » (sur le tombolo à proximité du site F0101). On retrouve aussi un site à Havre-aux-Maisons, à proximité de la Pointe, dans un secteur de terrasse de plage (site F0104) et à l'extrémité de la flèche littorale de la Digue.

Les tombolos / cordons littoraux sont des environnements dynamiques en bordure desquels la route est plus exposée à l'érosion que dans les autres environnements. En effet, ils n'abritent que 37,8 % des routes des Îles-de-la-Madeleine, mais 85 % des routes imminentes et 79 % des routes qui vont être exposées à l'érosion d'ici 2100 (côté extérieur). Ceci s'explique par une plus grande proximité à la côte (178 m en moyenne dans les tombolos / cordons littoraux alors que c'est 250 m au sommet des falaises rocheuses) et une sensibilité de la côte plus importante avec des reculs événementiels majeurs de près de 17 m. De plus, même si les taux de migration moyens devant les routes sont très similaires entre les tombolos / cordons littoraux et les falaises rocheuses (migration moyenne de -0,6 m vs -0,5 m), certains secteurs de tombolo / cordon littoraux peuvent être en accumulation et d'autres en érosion importante. Ainsi les secteurs de tombolo / cordon littoraux qui subissent une érosion reculent en moyenne de -1,1 m/an, alors que ceux en accumulation connaissent une avancée moyenne de +0,7 m/an.

Comme on peut le constater à la figure 19, moins de 2 km de route seront exposés à l'érosion d'ici 2100 vis-à-vis des côtes intérieures des lagunes des Îles-de-la-Madeleine. Cependant, il est important de mettre ce chiffre en perspective avec le fait que l'érosion des côtes intérieures des îles de la

Madeleine est moins bien documentée. Ainsi une importante proportion de routes n'a pas pu être analysée en terme d'exposition à l'érosion (45,3 % des routes, soit 48,7 km). La plus faible proportion de routes exposées à l'érosion à l'intérieur des lagunes peut ainsi être liée au manque de documentation existant sur les vitesses d'érosion et la dynamique hydrosédimentaire sur les côtes intérieures des lagunes et des bassins.

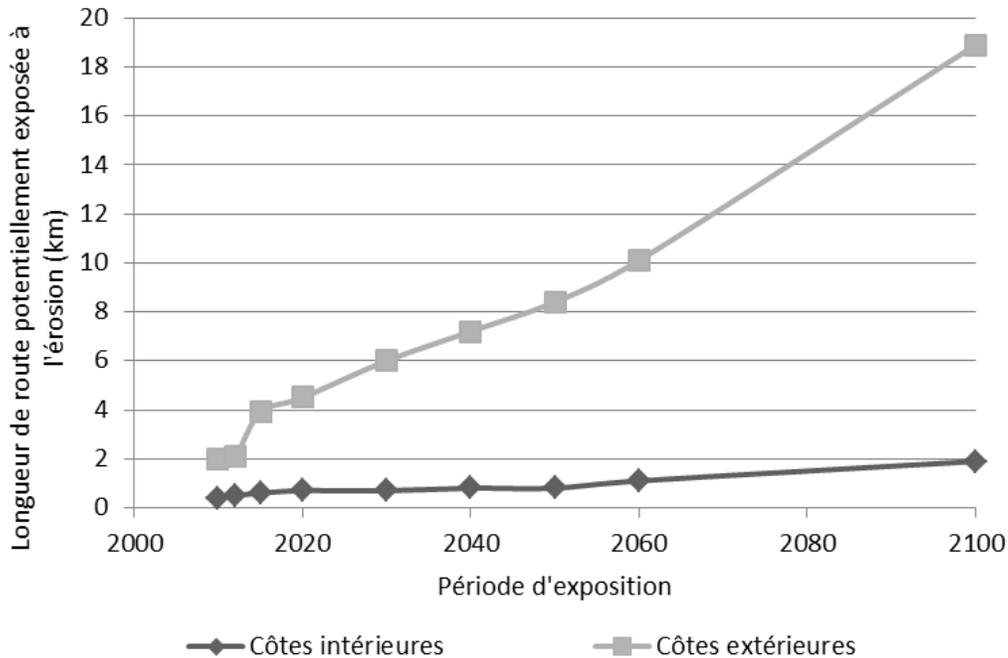


Figure 19. Longueur cumulée de route (km) selon leur date d'exposition à l'érosion (Îles-de-la-Madeleine)

Il est intéressant de noter que l'ensemble des points de mesures qui seraient exposés à l'érosion dans les prochaines années ne se situe pas dans des secteurs suivis par le Ministère. Il y a notamment le secteur de La Grave, un secteur de tombolo au nord de la Dune du Nord et à la pointe de la Grande Entrée par exemple (cette liste n'est pas exhaustive et les cartes et fichiers de forme devraient être passés en revue).

Tableau 48. Longueur de route (km) selon la période potentielle d'exposition à l'érosion pour les Îles-de-la-Madeleine

		imminence (ou presque imminent)	d'ici 2015	2015 à 2020	2020 à 2030	2030 à 2040	2040 à 2050	2050 à 2060	2060 à 2100	non exposé	nd	pont	TOTAL étudié (à moins de 500 m)	non étudié	TOTAL
Îles-de-la- Madeleine	extérieur	2.1	1.8	0.6	1.5	1.2	1.2	1.7	8.8	43.2	0.4	0.2	62.7	44.9	107.6
	intérieur	0.5	0.1	0.1	0	0.1	0	0.3	0.8	7.9	48.7	0.2	58.7	48.9	107.6

Tableau 49. Proportion de route (%) selon la période potentielle d'exposition à l'érosion pour les Îles-de-la-Madeleine

		imminence (ou presque imminent)	d'ici 2015	2015 à 2020	2020 à 2030	2030 à 2040	2040 à 2050	2050 à 2060	2060 à 2100	non exposé	nd	pont	TOTAL étudié (à moins de 500 m)	non étudié	TOTAL
Îles-de-la- Madeleine	extérieur	2.0	1.7	0.6	1.4	1.1	1.1	1.6	8.2	40.1	0.4	0.2	58.3	41.7	100
	intérieur	0.5	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.3	0.7	7.3	45.3	0.2	54.6	45.4	100

7.2.3.4 Région de la Côte-Nord

Sur la Côte-Nord, 874,9 km de routes sont sous responsabilité du MTQ et 414,2 km soit 47,3 % ont été étudiées concernant leur exposition potentielle à l'érosion (tableau 50 et tableau 51). Comme on peut le voir sur la figure 20 et le tableau 50, un nombre croissant de segments de routes sera exposé à l'érosion à l'avenir sur la Côte-Nord. Pour la Minganie, cette croissance est plus importante que dans les autres MRC de la Côte-Nord. Sur l'ensemble de la Côte-Nord, 6,6 km de route sont exposées de façon imminente ou presque à l'érosion, soit surtout dans les MRC de la Haute-Côte-Nord et de Manicouagan. D'ici 2100, près de 5,1 % supplémentaires de la longueur de route sur l'ensemble de la Côte-Nord sera exposé à l'érosion côtière, soit 44,2 km de plus de route (tableau 43). C'est en Minganie qu'il y aura le plus de route exposée à l'érosion entre 2060 et 2100, soit 8,6 km ou 2,6 % des routes dans cette MRC. Dans la MRC de Sept-Rivières, la route est la moins exposée à l'érosion côtière, mais connaîtra une augmentation de l'exposition à l'érosion entre 2060 et 2100 (figure 20). En effet, près de 6,5 % des routes étudiées seront exposées à l'érosion entre 2060 et 2100.

Dans la MRC de la Haute-Côte-Nord, ce sont surtout des segments routiers en bordure de côtes à remblai et à marais maritime qui sont exposés à l'érosion de façon imminente et d'ici 2015. La route qui borde les falaises meubles qui sont dominantes dans cette MRC sera exposée à l'érosion généralement plutôt entre 2060 et 2100.

Dans la MRC de Manicouagan, les basses falaises meubles et les falaises meubles sont les types de côte où la route est la plus exposée à l'érosion de façon imminente et même jusqu'à 2100. Ce constat peut s'expliquer par le fait que les taux probables d'érosion soient élevés, soit entre -0,2 à -2,0 m/an, et que la distance de la route à la côte soit souvent faible. Cette distance varie entre 5 et 130 m de la côte. Les processus d'érosion comme les mouvements de terrain et les décrochements dans les falaises meubles entraînent souvent une grande quantité de sédiments vers le bas de la falaise.

Dans la MRC de Sept-Rivières, les endroits où la route est plus exposée à l'érosion sont lorsqu'elle est située derrière une terrasse de plage. D'ailleurs, 4,6 km de route vis-à-vis une terrasse de plage seront exposées à l'érosion d'ici 2100. Dans le cas des falaises meubles, 1,2 km de route sera exposé à l'érosion d'ici 2100. Le taux probable moyen de migration de la côte dans les terrasses de plage est d'environ -1,2 m/an et celui dans les falaises meubles est sensiblement le même. Les terrasses de plage sont plus nombreuses dans cette MRC que les falaises meubles.

Pour ce qui est de la MRC de Minganie, la route exposée de façon imminente à l'érosion se retrouve surtout derrière les flèches littorales et les falaises meubles. Cependant, près de 11 km de route exposée à l'érosion d'ici 2100 sont situés derrière une terrasse de plage et environ 7 km le sont vis-à-vis une

falaise meuble. Les taux probables de migration varient entre -4,7 et +1,5 m/an dans les terrasses de plage. Dans les falaises meubles, les taux probables de migration sont entre -0,15 et -1,5 m/an.

La plupart des sites analysés et exposés à l'érosion côtière sont déjà des sites suivis par le MTQ.

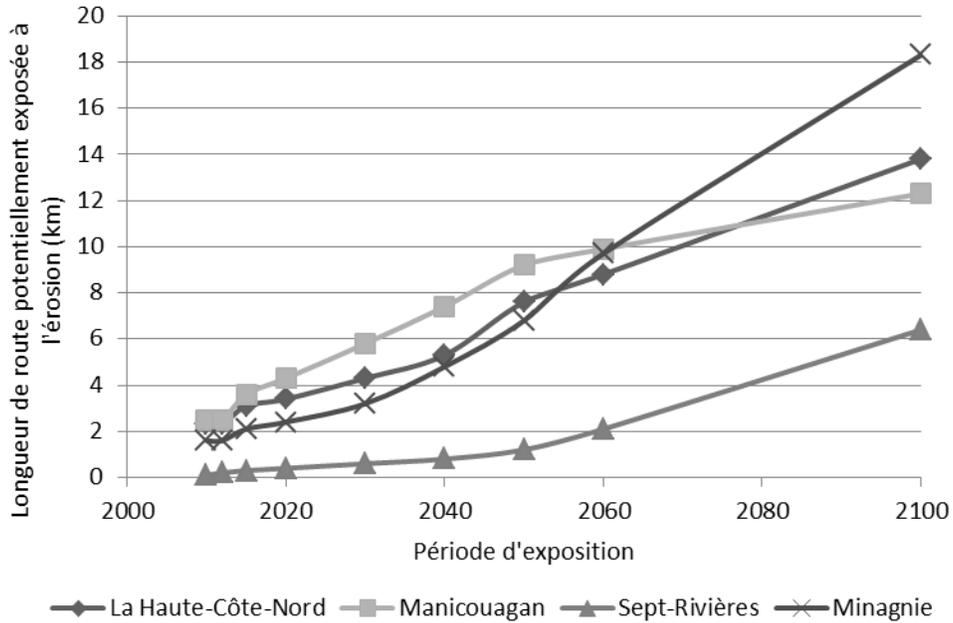


Figure 20. Longueur cumulée de route (km) selon leur date d'exposition à l'érosion (Côte-Nord)

Tableau 50. Longueur de route (km) selon la période potentielle d'exposition à l'érosion pour la Côte-Nord

MRC		imminence (ou presque)	d'ici 2015	2015 à 2020	2020 à 2030	2030 à 2040	2040 à 2050	2050 à 2060	2060 à 2100	non exposé	nd	ponts	TOTAL étudié (à moins de 500 m)	non étudié	TOTAL
Côte-Nord	Haute-Côte-Nord	2.3	0.8	0.3	0.9	1	2.3	1.2	5	69.8	0.9	0.6	85.1	62.2	147.3
	Manicouagan	2.5	1.1	0.7	1.5	1.6	1.8	0.7	2.4	68.9	17.2	0.7	99.1	105.7	204.8
	Sept-Rivières	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.4	0.9	4.3	55.1	3.7	1	66.2	125.5	191.7
	Minganie	1.6	0.5	0.3	0.8	1.6	2	2.9	8.6	98.6	45.7	1.2	163.8	167.3	331.1
Total		6.6	2.5	1.4	3.4	4.4	6.5	5.7	20.3	292.4	67.5	3.5	414.2	460.7	874.9

Tableau 51. Proportion de route (%) selon la période potentielle d'exposition à l'érosion pour la Côte-Nord

MRC		imminence (ou presque)	d'ici 2015	2015 à 2020	2020 à 2030	2030 à 2040	2040 à 2050	2050 à 2060	2060 à 2100	non exposé	nd	ponts	TOTAL étudié (à moins de 500 m)	non étudié	TOTAL
Côte-Nord	Haute-Côte-Nord	1.6	0.5	0.2	0.6	0.7	1.6	0.8	3.4	47.4	0.6	0.4	57.8	42.2	100
	Manicouagan	1.2	0.5	0.3	0.7	0.8	0.9	0.3	1.2	33.6	8.4	0.3	48.4	51.6	100
	Sept-Rivières	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.5	2.2	28.7	1.9	0.5	34.5	65.5	100
	Minganie	0.5	0.2	0.1	0.2	0.5	0.6	0.9	2.6	29.8	13.8	0.4	49.5	50.5	100
Total		0.7	0.3	0.2	0.4	0.5	0.7	0.7	2.3	33.4	7.7	0.4	47.3	52.7	100

7.3 Synthèse de l'exposition de la route aux aléas

Les routes du MTQ dans l'Est du Québec sont exposées sur 156,8 km à l'érosion et sur 128,9 km à la submersion (tableau 52). La répartition des routes exposées aux aléas côtiers est inégale selon les régions comme on peut le constater sur les cartes de la répartition spatiale des routes exposées à la submersion et à l'érosion dans l'Est du Québec (figure 21 et figure 22). Concernant l'érosion cela se répartit en 131 sites exposés de manière imminente ou presque soit 34 pour les routes de la Côte-Nord, 54 en Gaspésie, 35 au Bas-Saint-Laurent et 8 aux Îles-de-la-Madeleine (tableau 52). Ces sites sont considérés comme des suites de points de mesures de la route qui sont exposés au même niveau d'aléa. Dès qu'un point de mesure n'est pas exposé, cela marque la fin d'un site et le prochain point exposé sera compté comme un nouveau site, qu'il se situe à 100 m ou à quelques kilomètres du précédent. Les secteurs pour lesquels l'exposition à l'érosion n'a pas pu être déterminée n'ont pas été comptabilisés. Le nombre de sites exposés est donc un chiffre minimal qui est amené à augmenter avec les nouvelles connaissances sur l'érosion qui seront développées. Pour l'érosion, le total du nombre de sites qui seront exposés à l'érosion d'ici 2100 (en incluant les secteurs exposés de manière imminente) s'élève à 327 pour les 156,8 km de routes (tableau 52). Concernant l'exposition à la submersion, 102 sites peuvent être submergés selon le niveau moyen de la nappe d'eau et 72 sites peuvent être submergés par le franchissement de l'ouvrage de protection de la côte (tableau 52).

**Tableau 52. Longueur de route et nombre de sites exposés aux aléas d'érosion
et de submersion**

Région	MRC	Route exposée à l'érosion				Route exposée à la submersion			
		Imminent ou presque		Exposé d'ici 2100**		Selon le niveau moyen		Par franchissement de l'ouvrage	
		Longueur en km	Nombre de sites*	Longueur en km	Nombre de sites*	Longueur en km	Nombre de sites*	Longueur en km	Nombre de sites*
Côte-Nord	Minganie	1.6	8	18.3	35	3.6	10	0	0
	Sept-Rivières	0.2	2	6.4	26	1.8	2	0	0
	Manicouagan	2.5	15	12.3	26	3.5	13	0.1	1
	La Haute-Côte-Nord	2.3	9	13.8	27	2.4	4	0.2	2
	Total	6.6	34	50.8	114	11.3	29	0.3	3
Gaspésie	Avignon	5.4	7	9.1	11	2.5	9	4.2	10
	Bonaventure	4.6	8	9.2	8	0.1	1	0.2	1
	Le Rocher Percé	0.4	4	9.1	28	0.2	2	0	0
	La Côte-de-Gaspé	1.3	9	2.8	15	1.4	4	0.3	3
	La Haute-Gaspésie	6.3	26	18.2	46	1.6	8	19.9	43
	Total	18.0	54	48.4	108	5.8	24	24.6	57
Bas-Saint-Laurent	La Matanie	2	13	16.5	33	0	0	0.7	4
	La Mitis	3.4	13	8.8	22	9.1	10	1	7
	Rimouski-Neigette	0.6	3	2.1	6	9.8	5	0.1	0
	Les Basques	0	0	0	0	0	0	0	0
	Rivière-du-Loup	0.3	3	5.5	7	15.7	10	0	0
	Kamouraska	1	3	5.8	11	43.9	7	0	0
	Total	7.3	35	38.7	79	78.5	32	1.8	11
Îles-de-la-Madeleine	intérieur	0.5	3	1.9	10	na	na	na	na
	extérieur	2.1	5	18.9	16	6.5	17	0.1	1
TOTAL Est du Québec		34.0	131	156.8	327	102.1	102	26.8	72

* seuls les points aux 100m ont été utilisés - un site est séparé d'un autre par au moins un point non exposé ou non déterminé

** les routes exposées à l'érosion d'ici 2100 présentent le cumul de tous les sites qui seront exposés à l'érosion de manière imminente et jusqu'à l'horizon 2100

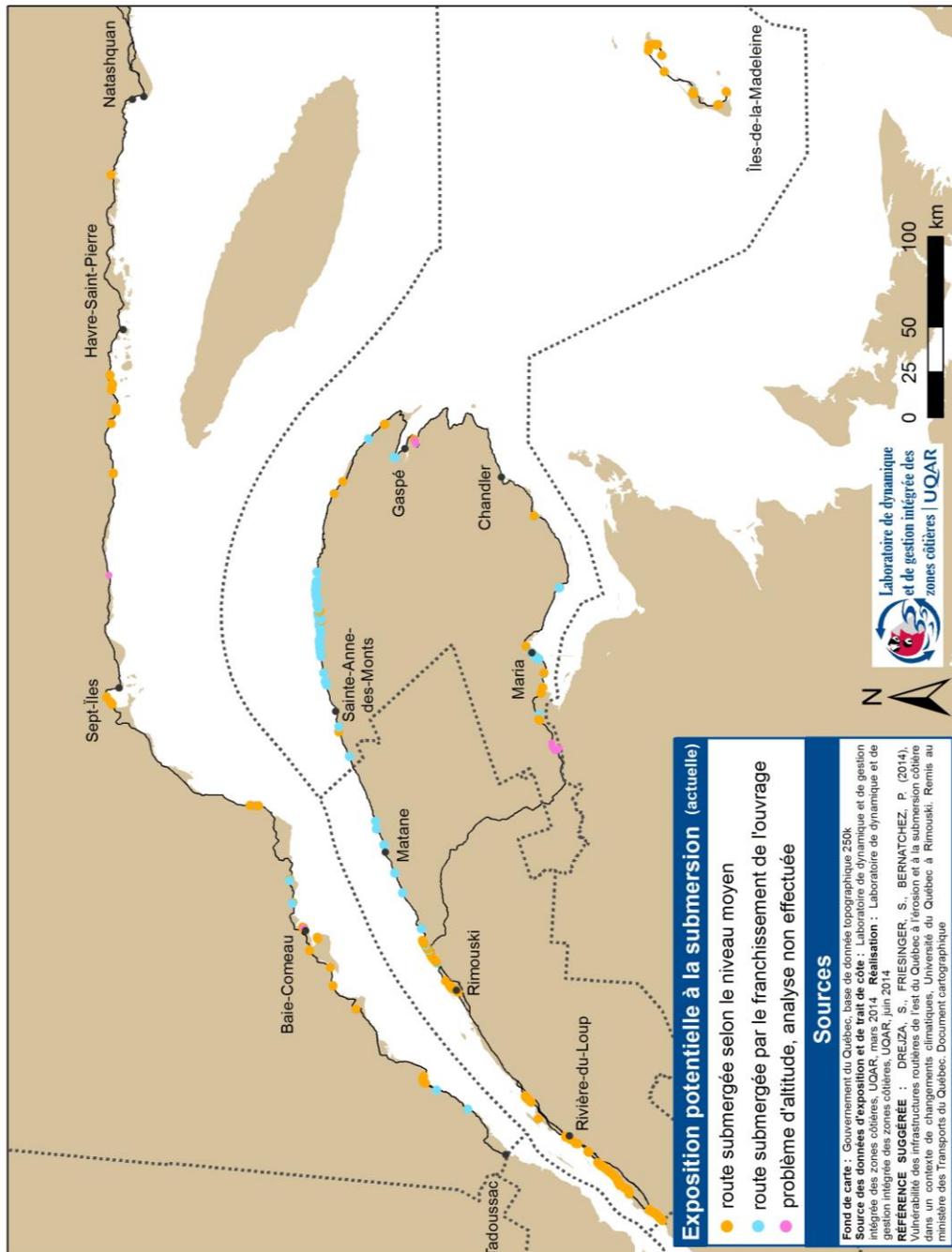


Figure 21. Répartition spatiale des routes exposées à la submersion dans l'Est du Québec

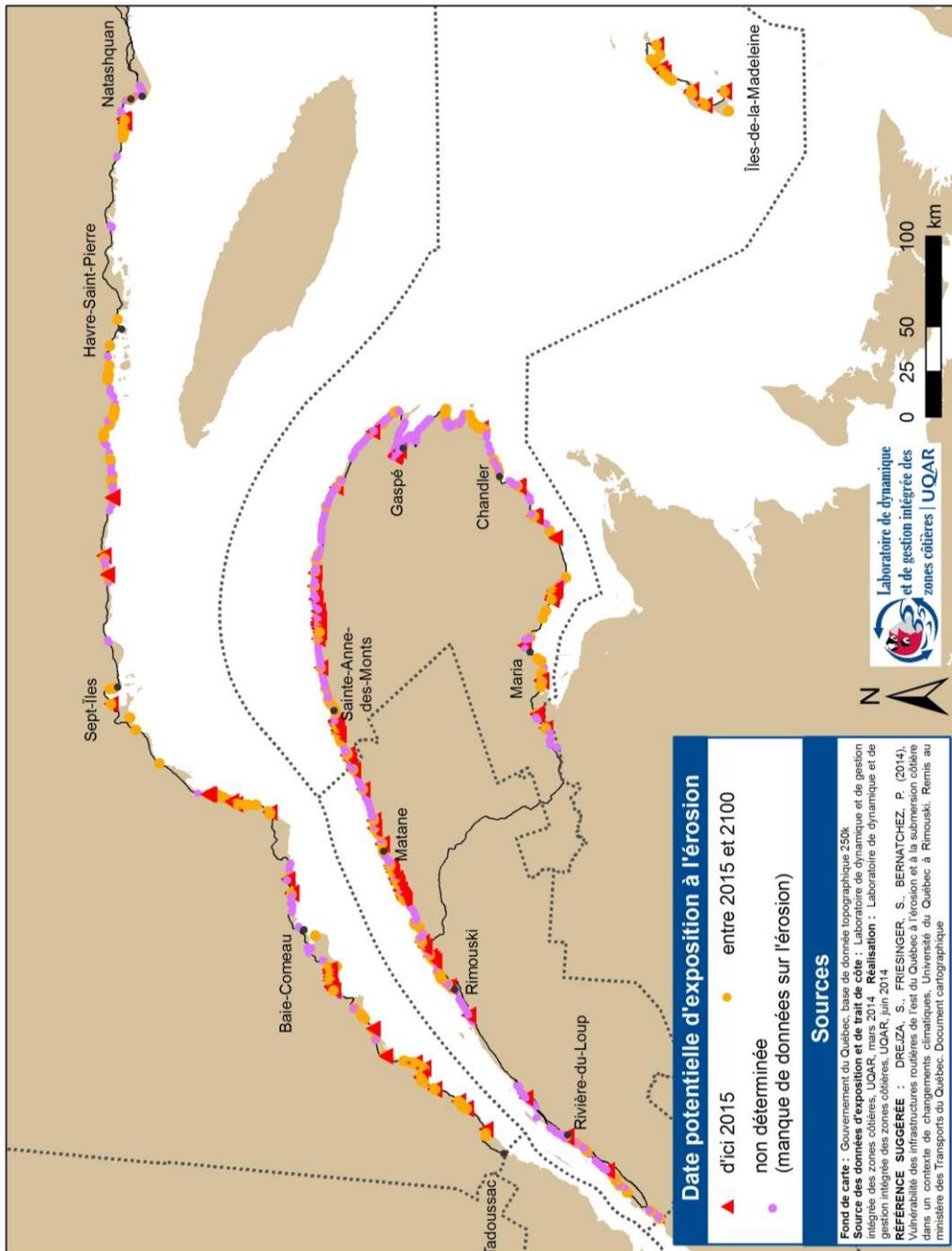


Figure 22. Répartition spatiale des routes exposées à l'érosion dans l'Est du Québec

8. ANALYSE DE LA DYNAMIQUE HYDROSÉDIMENTAIRE

La cartographie des unités et des cellules hydrosédimentaires permet de mieux évaluer le bilan sédimentaire, d'identifier la direction des courants côtiers, d'identifier les sources sédimentaires qui alimentent l'unité, d'évaluer les zones de déficit sédimentaire, d'évaluer d'une façon plus globale les impacts environnementaux des interventions anthropiques sur la zone côtière et de mieux identifier les solutions d'adaptation propices à un système côtier et planifier les interventions.

8.1 Méthodologie utilisée pour les fiches

Ont été analysées pour ce projet seulement les 162 cellules hydrosédimentaires dans lesquelles les routes du MTQ étaient prévues être exposées à l'érosion d'ici 2100. Si aucune route n'est censée être exposée, la cellule n'est pas analysée (mais cela ne veut pas dire qu'aucune donnée n'existe). Ces fiches ont pour but de permettre une meilleure gestion par cellule hydrosédimentaire pour les projets actuels et à venir. Les constats généraux par région et par type d'environnement se trouvent dans le présent rapport (à la section 8.2) alors que les fiches se trouvent dans un recueil à l'annexe 4.

Les analyses se basent sur toutes les informations générées dans le cadre de cette étude (type de côte, état de la côte, artificialités, courants de dérives littorales, courant de marée, réservoirs sédimentaires) ainsi que les données disponibles au *Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières* (LDGIZC) ou dans la littérature. Chaque cellule a été décrite tant d'un point de vue physique (longueur, type de côte, état de la côte, artificialité, régime des marées, dynamique hydrosédimentaire, sources et réservoirs sédimentaires, plages), qu'humain (route à proximité, sites suivis, lieux habités) et analysée dans des fiches de deux pages. Au besoin, des recommandations liées à la dynamique hydrosédimentaire ont été intégrées. Un modèle de fiche est présenté à la figure 23. L'ensemble des 162 fiches se trouve dans le recueil de fiches sur support numérique en annexe 4. Dans la région du Bas-Saint-Laurent, 30 cellules ont été analysées, 60 cellules en Gaspésie, 12 cellules aux Îles-de-la-Madeleine et 59 cellules sur la Côte-Nord. Le tableau à l'annexe 4 présente toutes les cellules hydrosédimentaires qui ont été analysées ainsi que les éléments topographiques permettant de les localiser.

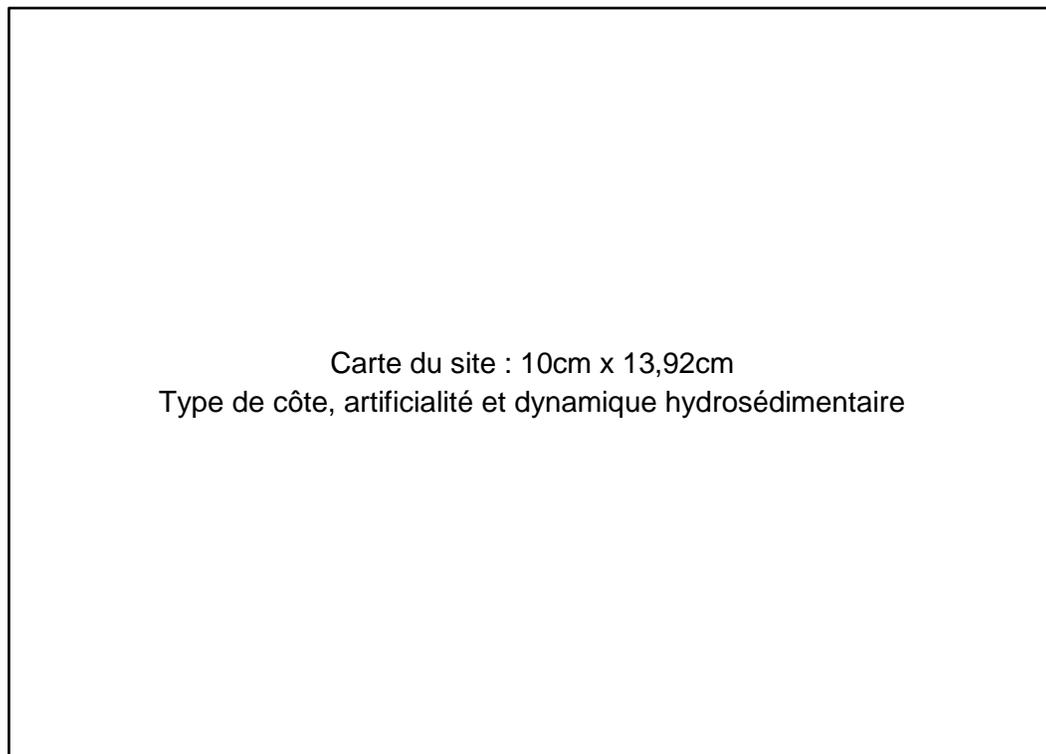
La figure 23 présente une fiche modèle avec les explications (fiche n°000). Une fiche type comprend :

- Carte de la cellule hydrosédimentaire
- Description sommaire des côtes de cette cellule (type, état...)
- Description des conditions physiques de la cellule (marées)
- Description des caractéristiques humaines de la cellule (municipalités, artificialité, structures portuaires...)

- Description des courants de dérive littorale
- Sources sédimentaires (avec taux de migration)
- Volumes/budgets et largeurs des plages
- Recommandations

Figure 23. Fiche d'analyse de la dynamique hydrosédimentaire

Cellule de (unité de)	
MRC - Région	Fiche n°000/162



Caractéristiques physiques de la cellule hydrosédimentaire :

Longueur de côte	1234,56789 km
Principaux types de côte	Terrasse de plage (X %), falaise (X %), basses falaises meubles (X %),...
État de la côte (en 2010)	Végétalisé (%) – semi-végétalisé (%) – érosion (%) – artificiel (%)
Artificialité (2010)	Artificialité (%)
Régime de marées	Diurne – semi-diurne-mixte. Micro-meso-macro tidal

Caractéristiques humaines de la cellule hydrosédimentaire :

Route à proximité	longueur de route dans la cellule
Site suivi	Nom du site selon le MTQ
n° de cartes	N° de carte dynamique, n° des cartes de sites suivis
Lieux habités	Villages, hameaux...

Figure 18. (suite) Fiche d'analyse de la dynamique hydrosédimentaire

Nom de la cellule (unité)	
MRC - Région	Fiche n°000/162

Dynamique hydrosédimentaire

Dérive principale : sens

Dérive secondaire : sens

Particularités : courant de retour, courant de marée, courant estuarien...

Sources sédimentaires – réservoirs sédimentaires

Taux de migration : Côtes en érosion (taux moyens)

Importance des apports granulaires selon le taux/type de côte :

Sources ponctuelles : (rivière...)

Réservoirs : (bancs sableux, barres d'avant côte, deltas...)

Plages (largeurs, IBSP, volumes)

	Largeur (m)	IBSP	Volume (m³)
nombre de mesures			
min			
max			
somme			
moyenne			
écart-type			

En avant des sites suivis par le MTQ :

Analyse

Recommandations

8.2 Analyse globale de différentes cellules et recommandations de gestion en découlant

Bien que chaque cellule hydrosédimentaire analysée ait ses propres particularités, il est possible de tirer certains constats généraux sur la dynamique hydrosédimentaire des côtes de l'Est du Québec. D'après l'analyse réalisée des 162 cellules hydrosédimentaires, des recommandations générales sur la gestion des côtes tenant compte de la dynamique hydrosédimentaire peuvent être formulées.

8.2.1 Est du Québec

8.2.1.1 Dynamique hydrosédimentaire

Les **sources sédimentaires** sont importantes pour l'équilibre de la côte. Il faut ainsi considérer les sources ponctuelles des cours d'eau. Selon la grosseur de la source et la disponibilité des sédiments dans le cours d'eau, le volume de sédiments qui peut se rendre dans le système côtier varie et peut, en soi, contribuer à former une formation côtière (par exemple une terrasse de plage, une flèche littorale) qui deviendra par la suite soit une source de sédiments pour le système ou encore un réservoir. Sur la Côte-Nord, les sources ponctuelles de grande taille, comme la rivière Saint-Jean, par exemple, alimentent toute la cellule hydrosédimentaire en sédiments, surtout du sable qui provient des talus deltaïques des berges de la rivière. En général, les rivières de la Côte-Nord sont des sources ponctuelles de sédiments très importantes. Aux embouchures de ces grandes rivières, on y remarque souvent une terrasse de plage ou une flèche littorale formée grâce aux sédiments érodés des talus meubles des berges des cours d'eau. Ces types de côte peuvent également devenir une source linéaire de sédiments pour la cellule hydrosédimentaire. Ces sources linéaires doivent montrer des signes d'érosion en étant soit semi-végétalisées ou en érosion pour constituer une source d'alimentation active pour le reste de la cellule. Les terrasses de plage ou les flèches littorales sont des types de côte qui peuvent soit être des sources ou bien des réservoirs ou puits de sédiments lorsqu'elles sont stables ou en accumulation. Les bancs sableux, les deltas subaquatiques et les cordons littoraux sont eux aussi des puits de sédiments. Les falaises de sédiments meubles ou les falaises rocheuses sédimentaires sont des types de côte qui, lorsqu'en érosion ou semi-végétalisés, apportent des sédiments au reste de la cellule hydrosédimentaire. Lorsque les falaises deviennent stables ou végétalisées que ce soit naturellement ou de manière artificielle, la source linéaire de sédiments est limitée ce qui peut créer un déficit sédimentaire en aval de la dérive littorale.

La **dérive littorale** principale amène la notion d'**amont** et d'**aval** sur la côte. Les sédiments sont transportés de manière parallèle à la côte. Ainsi, toute

intervention sur le littoral devrait se faire minimalement en considérant l'ensemble de l'unité hydrosédimentaire (SDAGE, 2005; de la Vega-Leinert et Nicholls, 2008; Dawson *et al.*, 2009). Les actions faites en un point peuvent, par le biais de la dynamique hydrosédimentaire (dérives littorales notamment), entraîner des répercussions sur le reste du littoral. Lorsqu'une falaise meuble est enrochée par exemple, l'effet est le même que si elle devenait stable ou végétalisée. Les sédiments de la falaise ne peuvent plus contribuer aux apports sédimentaires de la cellule. Dans le cas où la falaise se végétalise, ceci est un indice que l'intensité de l'érosion diminue à cet endroit, soit en raison d'une réduction de l'intensité des conditions météo-marines ou encore en raison d'une augmentation de l'accumulation des sédiments sur la plage. Tenir compte du sens de la dérive littorale est primordial avant toute intervention sur la côte. L'implantation d'un épi perpendiculaire à la côte peut couper complètement les apports sédimentaires en aval de la dérive littorale et changer la configuration de la côte. Du côté amont de la dérive, les sédiments s'accumulent alors que le côté en aval de la dérive subit un fort déficit sédimentaire et de l'érosion. Cependant, lorsque l'épi a été construit selon la dynamique hydrosédimentaire, il laisse encore passer une certaine quantité de sédiments en aval, évitant ainsi le déficit sédimentaire. Les infrastructures portuaires ont sensiblement le même effet sur la dynamique hydrosédimentaire. Ils représentent souvent une limite d'unité ou de cellule hydrosédimentaire en bloquant soit partiellement ou complètement les apports sédimentaires du côté ou l'autre de l'infrastructure selon la dérive littorale.

La présence **d'infrastructures de protections d'envergure** et/ou de **remblais importants** comme dans les nombreuses cellules du nord de la Gaspésie est corolaire avec d'importants secteurs sans plages. Pourtant les plages sont des éléments géomorphologiques qui dissipent l'énergie des vagues à la côte et diminuent ainsi l'érosion. Le phénomène de réflexion des vagues contre une surface rigide augmente la turbulence devant l'ouvrage, ce qui engendre l'abaissement de la plage. Cet abaissement entraîne rapidement la disparition de la plage. Dans les cas contraires où la côte n'a pas été modifiée par les interventions humaines, les falaises rocheuses du nord de la Gaspésie peuvent alimenter les plages dans les secteurs naturels ce qui favorise leur maintien. Sur la Côte-Nord, près de Sept-Îles, le phénomène est flagrant dans le secteur dit « des Plages ». Entre 1979 et 2006, le pourcentage de la côte artificialisée a augmenté significativement, soit de 18 % en 1979 à 24 % de la côte en 2006 (Bernatchez et Fraser, 2012). En 2006, la largeur moyenne des plages en bordure des enrochements était de 9 m alors que les plages qui sont demeurées naturelles mesurent en moyenne 40 m de largeur (Bernatchez et Fraser, 2012). Ainsi, à la suite de l'implantation des enrochements, une réduction de 85 % de la largeur des plages a été mesurée dans la région de Sept-Îles (Bernatchez et Fraser, 2012). Ce même constat a été observé sur la péninsule de Manicouagan, dans les régions de Percé, de Bonaventure et des Îles-de-la-Madeleine (Bernatchez *et al.*, 2008; Leclerc, 2010; Bernatchez *et al.*, 2010; Van-Wierts, 2012). Les infrastructures de protection engendrent aussi des effets de bout qui sont en fait une érosion accélérée de la côte aux extrémités des structures de protection rigides créée

par les vagues et la dérive littorale. Ce phénomène est le plus visible lorsque l'infrastructure est dans un environnement sableux. À Sept-Îles ou aux Îles-de-la-Madeleine, ce phénomène est fréquent en présence d'un enrochement.

Le retrait des structures anthropiques modifie aussi la dynamique hydrosédimentaire. L'analyse des photographies aériennes historiques permet de constater que le démantèlement de plusieurs quais, particulièrement en Gaspésie, a modifié de manière significative la dynamique hydrosédimentaire et la configuration de la côte. À la suite des transformations faites par les interventions humaines à la côte, le système côtier prend un certain moment pour atteindre à nouveau un équilibre hydrosédimentaire. Lorsque ces structures sont à nouveau changées ou détruites, cet équilibre est rompu et la côte est une fois de plus perturbée. Il est important de considérer les pour et les contres lors de prise de décision face à quelconque changement dans l'unité ou la cellule hydrosédimentaire.

8.2.1.2 Environnements côtiers différents

Les différents systèmes côtiers présentent des dynamiques hydrosédimentaires qui leurs sont propres.

Les secteurs de **flèches littorales** sont des zones très dynamiques. D'un point de vue hydrosédimentaire, ces secteurs nécessitent un apport en sédiments granulaires. Les modifications qui peuvent être effectuées en amont des flèches littorales peuvent ainsi compromettre les apports en sédiments (notamment par l'artificialisation des falaises en érosion qui constituent un apport important). Les flèches littorales sont grandement influencées par la dérive littorale et s'étirent très majoritairement dans la direction de la dérive littorale principale. La portion attachée à la côte (proximale) subit généralement de l'érosion alors que la portion distale (non attachée à la côte) est en accumulation. Cette dynamique est principalement causée par la dérive littorale. On retrouve des flèches littorales un peu partout dans l'Est du Québec. La dimension des flèches littorales varie cependant selon les régions. Au Bas-Saint-Laurent, les flèches littorales sont peu nombreuses et sont de plus petite taille. Dans la Baie-des-Chaleurs en Gaspésie, les flèches littorales sont d'importants systèmes côtiers tout comme aux Îles-de-la-Madeleine et sur la Côte-Nord.

Les **tombolos** sont des types de côtes qui sont créés par la dérive littorale et la présence d'un élément géomorphologique plus rigide, soit un rocher ou une île. Les sédiments, entraînés par la dérive littorale, se déposent à l'abri des courants derrière l'élément géomorphologique qui se comporte comme un obstacle pour la dérive littorale. Ce sont des environnements généralement moins dynamiques que les flèches littorales. Cependant, les systèmes de tombolos présents aux Îles-de-la-Madeleine sont des zones dynamiques étant donné leur exposition aux vagues de tempête qui peuvent sectionner un

tombolo en deux ou à plusieurs endroits. La route 199 a d'ailleurs été exposée à cette érosion à de nombreuses reprises.

Les **marais maritimes** et les **terrasses de plage** sont au départ des formes d'accumulation, mais qui peuvent actuellement être soit en érosion, soit en stabilité ou en accumulation. Ces environnements évoluent dans le temps et spatialement de manière cyclique entre des phases de progradation et de recul. Les processus sont principalement hydrodynamiques. Les marais maritimes peuvent cependant être sensibles à l'affouillement et la prise en charge de sédiments par les glaces. Les terrasses de plage sont aussi sensibles aux processus aérodynamiques surtout lorsqu'elles sont composées de sable fin à moyen et qu'elles sont exposées à d'importants vents. Elles sont alors souvent dunifiées. C'est notamment souvent le cas aux Îles-de-la-Madeleine et dans la région orientale de la Côte-Nord. Ce sont deux environnements sujets à la submersion puisque leur altitude est faible. Ils sont des sources de sédiments lorsqu'ils sont en érosion et des puits de sédiments lorsqu'ils sont stables/végétalisés ou en accumulation. Ils sont sensibles lors d'événements de vagues de tempête.

Les **courants de retour** forment des **croissants de plage** dans certaines cellules (par exemple les cellules de la Pointe-aux-Loups, de Fatima, de La Malbaie en Gaspésie). Cette dynamique est typique des côtes réfléchissantes et de forte énergie où les tempêtes conditionnent le transit sédimentaire et la morphosédimentologie des plages.

Les environnements de **falaises meubles** sont conditionnés par plusieurs processus côtiers qui ne sont pas seulement liés aux vagues et aux courants marins. Les processus d'érosion dans les falaises meubles argileuses sont plutôt des processus gravitaires et hydrogéologiques, tels que les glissements de terrain, les ravinements et la suffosion. Les processus cryogéniques sont aussi fréquents dans ce type de côte. Les falaises meubles de sable quant à eux évoluent surtout en fonction des vagues de tempête. Les falaises meubles en érosion constituent des sources linéaires importantes d'apports sédimentaires pour les systèmes côtiers.

Les environnements de **falaises rocheuses sédimentaires** ressemblent à ceux des falaises meubles quant aux processus qui régissent leur mode d'érosion. La différence entre les deux environnements est surtout la vitesse de recul de la côte. Les falaises rocheuses sédimentaires reculent généralement à une vitesse moins importante que les falaises meubles. Ceci dit, il est parfois possible qu'une falaise rocheuse sédimentaire très altérée subisse une vitesse de recul très élevée comme dans les falaises meubles. C'est d'ailleurs le cas dans les falaises de grès aux Îles-de-la-Madeleine et dans la Baie-des-Chaleurs. Ces environnements sont également sujets aux éboulis de roches et aux écroulements de parois. Ces falaises sont des sources linéaires de sédiments importantes pour les cellules hydrosédimentaires desquelles elles font partie.

Les **côtes rocheuses ignées** sont des côtes qui ne connaissent pas d'érosion perceptible à l'échelle humaine. Ces côtes sont exclusivement sur la Côte-Nord. Lorsqu'elles sont basses, elles peuvent être exposées à la submersion.

8.2.2 Particularités régionales

8.2.2.1 Bas-Saint-Laurent

La côte est naturellement très linéaire. Beaucoup de limites d'unités hydrosédimentaires sont en fait des infrastructures portuaires. Avant l'artificialisation de la côte, le nombre d'unités était ainsi limité. Sur les 16 limites d'unités hydrosédimentaires du Bas-Saint-Laurent, 12 sont des quais/zone portuaires. Les seules 4 limites naturelles sont des caps rocheux présents en bordure des îlots du parc du Bic.

8.2.2.2 Gaspésie

Sur le nord de la Gaspésie jusqu'à la pointe de Forillon (Cap Gaspé), les limites d'unités sont anthropiques comme dans le Bas-Saint-Laurent (5 ports ou quais sur les 5 limites). À partir de la pointe Forillon jusqu'au fond de la baie des Chaleurs, on compte 14 limites d'unité hydrosédimentaires naturelles (cap rocheux) et 7 limites au niveau de quais/ports.

8.2.2.3 Îles-de-la-Madeleine

Les îles de la Madeleine forment un grand ensemble sédimentaire délimité par le plateau madelinien. Les sédiments peuvent sortir du système côtier et aller sur le plateau. Il n'est pas possible d'affirmer que les sédiments ne puissent pas, par ce biais, transiter partout aux îles. Mais la vitesse de ce processus serait limitée. Les limites des 10 unités hydrosédimentaires sont toutes naturelles (8 caps rocheux et 2 chenaux).

La dynamique hydrosédimentaire des îles de la Madeleine est influencée par les courants et les vents du golfe du Saint-Laurent, du fait de sa position centrale dans le golfe. Notamment des vents dominants du nord-ouest (Owens et McCann, 1980).

La longueur des unités hydrosédimentaires varie entre 10 km de côtes (unités de l'île d'Entrée et de L'Étang-du-Nord) et 40 km (unité de la pointe aux Loups) et leur longueur moyenne et médiane est de 24 km.

8.2.2.4 Côte-Nord

Les environnements côtiers actuels de la Côte-Nord sont étroitement liés à l'histoire glaciaire et postglaciaire. Le passage de l'inlandsis Laurentidien, sa fonte et la formation de la mer de Goldthwait ont façonné le littoral de la Côte-Nord (Dubois, 1979; Bernatchez, 2003). Les dépôts glaciaires et les grands complexes deltaïques bordés de falaises sableuses et argileuses en sont les principales caractéristiques. Une autre caractéristique importante de la Côte-Nord est la forte présence de roches ignées qui s'avancent en pointes rocheuses et forment dans la plupart des cas, les limites des unités et des cellules hydrosédimentaires. Contrairement au Bas-Saint-Laurent et à la Gaspésie, les limites hydrosédimentaires sur la Côte-Nord sont pour la grande majorité des limites naturelles. Quelques limites de cellules sont anthropiques, soit dans les municipalités de Baie-Comeau, Sept-Îles, Mingan, Havre-Saint-Pierre et à Natashquan. Les grandes rivières entre Tadoussac et Baie-Comeau forment principalement les limites des unités de la Haute-Côte-Nord et une partie de la MRC de Manicouagan. De Baie-Comeau jusqu'à l'est de Sept-Îles, c'est surtout la configuration de la côte, comme les pointes rocheuses ou meubles qui s'avancent vers le large versus les baies profondes, qui dictent la présence d'une limite d'une unité hydrosédimentaire. De la rivière au Bouleau jusqu'à Natashquan, ce sont principalement les pointes rocheuses qui délimitent les unités hydrosédimentaires. Les grandes rivières forment plutôt des limites de cellules hydrosédimentaires.

9. CONCLUSION

Ce rapport présente le premier portrait des caractéristiques physiques de l'ensemble des côtes de l'Est du Québec à une haute résolution spatiale. Réalisé à partir d'images héliportées de septembre 2010 et de relevés terrain, ce portrait présente les types de côte, leur état de stabilité, un inventaire des ouvrages de protection et leur état ainsi qu'une toute première délimitation des unités et des cellules hydrosédimentaires. Cette recherche a permis de documenter et de quantifier pour la première fois à l'échelle de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent le degré d'exposition des infrastructures de transport nationales (routes 132, 138 et 199 et autoroute 20) aux aléas d'érosion et de submersion. Cet outil numérique et cartographique va permettre au ministère des Transports du Québec de cibler les secteurs problématiques et de prioriser les interventions selon différents horizons de temps allant jusqu'en 2100, du moins pour l'exposition à l'érosion. Cette étude fait aussi ressortir les secteurs où les données sont insuffisantes pour évaluer l'exposition à l'érosion ou encore où les données ne sont pas assez précises pour évaluer l'exposition à la submersion. L'absence de données LiDAR pour certains secteurs est une lacune importante pour évaluer la submersion actuelle. De plus, des projections de la hausse du niveau marin relatif et du régime des tempêtes devront être réalisées à l'échelle régionale pour évaluer le degré d'exposition à la submersion pour le futur.

Cette vue d'ensemble est un premier pas vers la quantification du niveau de vulnérabilité des infrastructures routières aux aléas côtiers. Une méthodologie pour quantifier la vulnérabilité a été élaborée à partir de sites témoins et est présentée dans le volume III de ce projet de recherche.

Les fiches d'analyse des 162 cellules hydrosédimentaires vont permettre au ministère de gérer selon une approche par cellule hydrosédimentaire et de mieux évaluer les impacts potentiels des interventions sur l'ensemble de la cellule et de limiter les impacts négatifs sur le littoral que pourraient avoir des actions non planifiées en fonction de la dynamique hydrosédimentaire.

Enfin, les données recueillies dans le cadre de cette étude ont été compilées dans une base de données géoréférencée permettant de faciliter leur utilisation pour d'éventuelles études et pour permettre de planifier les solutions d'adaptation et d'améliorer la gestion préventive liée aux aléas côtiers dans l'Est du Québec.

10. RÉFÉRENCES

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

BERNATCHEZ, P. (2003), *Évolution littorale holocène et actuelle des complexes deltaïques de Betsiamites et de Manicouagan-Outardes : synthèse, processus, causes et perspectives*, thèse de doctorat, Université Laval, 460 p.

BERNATCHEZ, P., FRASER, C., FRIESINGER, S., JOLIVET, Y., DUGAS, S., DREJZA, S. et MORISSETTE, A. (2008), *Sensibilité des côtes et vulnérabilité des communautés du golfe du Saint-Laurent aux impacts des changements climatiques*. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport de recherche remis au Consortium OURANOS et au FACC, 256 pages.

BERNATCHEZ, P., TOUBAL, T., VAN-WIERTS, S., DREJZA, S. et FRIESINGER, S. (2010), *Caractérisation géomorphologique et sédimentologique des unités hydrosédimentaires de la baie de Plaisance et de Pointe-aux-Loups, route 199, Îles-de-la-Madeleine*. Université du Québec à Rimouski. Rapport final remis au ministère des Transports du Québec, 177 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*. *Oceans and Coastal Management*, 54: 621-632.

BERNATCHEZ, P. et FRASER, C. (2012), *Evolution of Coastal Defence Structures and Consequences for Beach Width Trends*, Québec, Canada. *Journal of Coastal Research*, volume 28, issue 6: 1550 – 1566.

BERNATCHEZ, P., DREJZA, S., VAN-WIERTS, S. et DIDIER, D. (2012 a), *Vulnérabilité des infrastructures routières de l'Est du Québec à l'érosion et à la submersion côtière dans un contexte de changements climatiques : Rapport méthodologique*. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport méthodologique remis au ministère des Transports du Québec, février 2012, 60 p. + annexes

BERNATCHEZ, P., FRIESINGER, S., DENIS, C. et Y. JOLIVET (2012 b). *Géorisques côtiers, vulnérabilité et adaptation de la communauté d'Ekuanitshit dans un contexte de changements climatiques*. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport de recherche remis au Conseil tribal Mamuitun et au Ministère des Affaires autochtones et Développement du Nord Canada, 219 pages

BERNATCHEZ, P., FRIESINGER, S., DENIS, C. et Y. JOLIVET (2012 c). Géorisques côtiers, vulnérabilité et adaptation de la communauté de Nutashkuan dans un contexte de changements climatiques. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport de recherche remis au Conseil tribal Mamuitun et au Ministère des AADNC, 221 pages

BERNATCHEZ, P., FRIESINGER, S., DENIS, C. et Y. JOLIVET (2012 d). Géorisques côtiers, vulnérabilité et adaptation de la communauté de Pessamit dans un contexte de changements climatiques. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport de recherche remis au Conseil tribal Mamuitun et au Ministère des Affaires autochtones et Développement du Nord Canada, 240 pages.

BERNATCHEZ, P., FRIESINGER, S., DENIS, C. et Y. JOLIVET (2012 e). Géorisques côtiers, vulnérabilité et adaptation de la communauté de Uashat mak Mani-Utenam dans un contexte de changements climatiques. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport de recherche remis au Conseil tribal Mamuitun et au Ministère des Affaires autochtones et Développement du Nord Canada, 240 pages.

BERNATCHEZ, P., FRASER, C., DUGAS, S. et S. DREJZA (2012 f). Marges de sécurité en érosion côtière : évolution historique et future du littoral de la MRC d'Avignon. 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, août 2012, 49 p. et annexes.

BERNATCHEZ, P., DREJZA, S. et S. DUGAS (2012 g). 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

BOURQUE, A. et SIMONET, G. (2008), « Québec », chapitre 5, p 171-226, dans *Vivre avec les changements climatiques au Canada : édition 2007*, D.S. Lemmen, F.J. Lacroix et E. Bush (éditeurs), Gouvernement du Canada, Ottawa.

BOYER-VILLEMAIRE, U., MARIE, G., BERNATCHEZ, P. (2014) « Volume II : Analyse des stratégies internationales et recommandations en matière de réduction de la vulnérabilité des infrastructures de transport face aux risques d'aléas côtiers », dans « Vulnérabilité des infrastructures routières de l'Est du Québec à l'érosion et à la submersion côtière dans un contexte de changements climatiques ». Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Remis au ministère des Transports du Québec, mars 2014, 130 p. + annexes.

CARIOLET, J.-M. (2010) Use of high water marks and eyewitness accounts to delineate flooded coastal areas: the case of storm Johanna (10 March 2008) in Brittany, France. *Ocean & Coastal Management* 53, 679-690.

CARIOLET, J.-M, SUANEZ, S., ANNAÏG, C. M.-F. et POSTEC, A. (2012) Cartographie de l'aléa de submersion marine et PPR: éléments de réflexion à partir de l'analyse de la commune de Guissény (Finistère, France). *Cybergeo: European Journal of Geography*, 586, 1-21.

CAZENAVE A., LOMBARD, A. et LLOVEL W. (2008), Present-day sea level rise: a synthesis. *C.R. Geoscience*, 340, p. 761–770.

COMITÉ D'EXPERT - Bernatchez, P., Bouchard, J.-D., Dugas, S., Drejza, S., Fraser, C., Morneau, F., Nicorici, C. et Jolivet, Y. (2010) *Principes et fondements méthodologiques appuyant l'évaluation des marges de recul d'érosion en zone côtière*. Document de travail remis au ministère de la Sécurité Publique du Québec, avril 2010, 42 p.

CHURCH, J.A. ET WHITE, N.J. (2011), Sea-level rise from the late 19th to the early 21st century. *Surveys in Geophysics*, 32 : 585-602.

DAIGLE, R., dir. (2006), Les impacts du changement climatique et de l'élévation du niveau de la mer sur la zone côtière du sud-est du Nouveau-Brunswick, Environnement Canada, 646 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. et 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.

DE LA VEGA-LEINERT, A.C. et NICHOLLS, R.J. (2008), Potential Implications of Sea-Level Rise for Great Britain. *Journal of Coastal Research*, Volume 24 n° 2, pp. 342-357. doi: 10.2112/07A-0008.1

DUBOIS, J.-M.M. (1979). Environnement quaternaire et évolution postglaciaire d'une zone côtière en émergence en bordure sud du Bouclier Canadien : la Moyenne Côte-Nord du Saint-Laurent, Québec. Thèse de doctorat, Département de géographie, Université d'Ottawa, 754 p.

DUBOIS, J.-M. M., BERNATCHEZ, P., BOUCHARD, J.-D., DAIGNAULT, B., CAYER, D. et S. DUGAS (2006) *Évaluation du risque d'érosion du littoral de la Côte-Nord du Saint-Laurent pour la période de 1996-2003*. Conférence régionale des élus de la Côte-Nord, 291 pages + annexes.

FEMA (2006) *High water mark collection for Hurricane Katrina in Alabama*. Hazard Mitigation Technical Assistance Program, Atlanta, 69 p.

FEMA (2007) *Atlantic Ocean and Gulf of Mexico coastal guidelines update*. Denton, 360 p.

FRASER, C., BERNATCHEZ, P., DUGAS, S. et DREJZA, S. (2012). Marges de sécurité en érosion côtière : évolution historique et future du littoral de la MRC 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, août 2012, 50 p. et annexes.

GIEC, (2007), *Climate change 2007 : The physical science basis*. Cambridge University Press, Cambridge, 99 p.

GIEC (2013), « *Climate Change 2013: The Physical Science Basis* », Working Group I – Contribution to the IPCC 5th Assessment Report, 2216 p.

GRENIER, A. et DUBOIS J.-M.M. (1992), *L'évolution des côtes aux Îles-de-la-Madeleine*, p. 59-64, dans Info Géo Graphes « Les Îles-de-la-Madeleine : un pays à découvrir ». 125 p.

LECLERC, A.-M. (2010) « *Ouvrages de protection du littoral: effets sur la morphologie des plages et sur les communautés benthiques intertidales, région de Saint-Siméon et de Bonaventure, Baie des Chaleurs (Québec, Canada)* ». Mémoire de maîtrise en géographie, Université du Québec à Rimouski, 141 p. + annexes.

LDGIZC (2006 à 2009), Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Données et rapports internes.

LOZANO, DEVOY, MAY, ANDERSON, (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

MEDDE : Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2013), *Guide méthodologique : Plan de prévention des risques littoraux*, 169 p.

MERCIER O., (1987), *Modèle géomorphologique géomorphologique dynamique du littoral de l'archipel des Îles-de-la-Madeleine*, Mémoire de maîtrise. 336 p.

OWENS, E. H. et McCANN, S. B. (1980) *The coastal geomorphology of the Magdalen Islands, Québec* dans *The Coastline of Canada*. S.B. McCann, editor: Geological Survey of Canada, Paper 80-10; p. 51-72

PFEFFER, W.T., HARPER, J.T., O'NEEL, S. (2008), Kinematic constraints on glacier contributions to 21st-century sea level rise. *Science* 321: 1340-1343.

PIRAZOLI, P. A. et TOMASIN, A. 2009. *Niveaux marins extrêmes au Cap-aux-Meules (Îles de la Madeleine, Québec, Canada)*, CNRS-Laboratoire de Géographie Physique, Meudon, France et CNR et Université de Venise, Italie, document non publié, 3 p.

QUINTIN, C., BERNATCHEZ, P., 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.

RAHMSTORF S, FOSTER G et CAZENAVE A. (2012). Comparing climate projections to observations up to 2011. *Environmental Research Letters*, 7: 044035.

SDAGE (2005), Guide technique n°9, Connaissance et gestion de l'érosion du littoral, 51 p.

VAN-WIERTS, S. (2012), « Développement et application d'un système mobile de laser terrestre pour quantifier le bilan sédimentaire des plages », Mémoire de maîtrise en géographie, janvier 2012, Université du Québec à Rimouski, 93 p.

VERMEER, M. et RAHMSTORF, F. (2009), Global sea level linked to global temperature. *PNAS*, 106 : 21527-21532.

VINET F. (2010), – *Le risque inondation. Diagnostic et gestion*, Éditions Tec & Doc Lavoisier, coll. « Science du Risque et du Danger (SRD) », 318 p.

11. ANNEXES

Liste des annexes :

Annexe 1. Description des données numériques	151
Annexe 2. Index des cartes et fiches	171
Annexe 3. Cartes de la dynamique hydrosédimentaire	189
Annexe 4. Fiches d'analyse des cellules hydrosédimentaires	197
Annexe 5. Cartes d'exposition à l'érosion et à la submersion	217
Annexe 6. Cartes d'exposition des sites suivis	219

Annexe 1

Description des données numériques

Les données numériques générées dans le cadre de cette étude ont été remises au MTQ sous forme de fichiers de forme (*shapefiles*), conçues pour le logiciel ArcGIS, mais qui sont utilisables par d'autres logiciels de cartographie. Les fichiers de forme ont été remis au ministère des Transports du Québec en même temps que ce rapport. Chaque thématique comporte un ou plusieurs fichiers de forme.

Pour chaque fichier de forme (ou série de fichiers de forme), un tableau est présenté ci-dessous et permet de connaître le nom des champs, leur description, leur type (et longueur), les possibilités d'attribut/valeurs utilisés et, au besoin, des précisions.



DVD avec les fichiers numériques

Traits de côte et lignes de rivage actualisés de l'Est du Québec

Les traits de côte* et les lignes de rivage* sont présentés dans un fichier de forme de lignes : « EstduQuebec_cotes_projetMTQ_2014 ». Les différents champs la table d'attributs sont décrits au tableau A.

**Tableau A. Description des champs du fichier de forme
« EstduQuebec_cotes_projetMTQ_2014 »**

Champ	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précision
Shape		Geometry	Polyligne	
Element	De quel élément il s'agit ?	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Côte de l'Est du Québec 	
Donnée	Qui a produit la donnée ?	Texte (200)	<ul style="list-style-type: none"> Produit par : Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières - UQAR 	
DateCote	Année du trait qui a été numérisé	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> 1996 1997 2001 2002 2005 2006 2007 2008 2009 2012 	Corresponds à l'année de l'image utilisée pour la numérisation de la côte
DateCaract	Date de l'information sur la caractérisation du segment	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> 2010 	La caractérisation est à jour en date des photographies hélicoptées obliques de la côte prises en septembre 2010
Ech_Num	Échelle de numérisation	Texte (25)	Échelle à laquelle la côte a été numérisée dans ArcGIS	
SourImage	Image sur laquelle la numérisation de la côte a été effectuée	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> photographies géoréférences - Communautés Innus photographies aériennes anciennes, géoréférences orthophotographies - Gouvernement du Québec 	

Champ	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précision
			<ul style="list-style-type: none"> • mosaïques infrarouges - LDGIZC UQAR • mosaïques ecw - communautés Innus • mosaïques ecw - MTQ • mosaïques ecw - MSP • images satellites - Ikonos et Quickbird • images couleur - ville de Sept-Îles • carte topographique - BDTQ 	
Longueur	Longueur du segment de côte	Double	en mètre	
Long_Cote	<p>Exprime si le segment concerné doit être inclus dans les statistiques de longueur de côte ou non.</p> <p>À certains endroits plusieurs traits ont été numérisés, mais ils ne doivent pas tous être inclus dans la longueur de côte.</p>	Texte (25)	<ul style="list-style-type: none"> • inclus • non inclus 	<p>Par exemple lors de la présence d'étroites terrasses de plage au pied de talus, trois traits peuvent avoir été tracés à savoir la ligne de rivage, la limite du replat/le pied du talus et le sommet du talus.</p> <p>De plus, lorsque les infrastructures portuaires ont été numérisées, elles sont identifiées, car la longueur de routes les structures ne compte pas dans la longueur totale de côte, seulement une ligne « droite » à l'arrière du port est incluse.</p>
Methodo	Méthodologie utilisée pour la numérisation de la côte et sa caractérisation	Texte (150)	<ul style="list-style-type: none"> • interprétation sur les images papier avec lunettes 6x - caractérisation avec photographies hélicoptères 2010 et validations terrains 	

Champ	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précision
			<ul style="list-style-type: none"> numérisation à l'écran de la côte - caractérisation avec photographies héliportées 2010 et validations terrains 	
OrigineCot	Pour quel projet a été tracé/numérisé ce segment de côte ?	Texte (75)	Nom de l'étude pour laquelle la côte a été numérisée	
OrigineCar	De quel projet provient l'information sur la caractérisation de la côte ?	Texte (100)	Nom de l'étude pour laquelle la côte a été caractérisée	Peut être différent en ce qui a trait au type de côte, à l'état ou à l'artificialité.
Commentair	Commentaire sur le segment (au besoin)	Texte (150)	variable	rempli seulement au besoin
Comm_cote	Commentaire sur la côte (au besoin)	Texte (200)	variable	rempli seulement au besoin
Type_Cote	Type de côte	Texte (150)	<ul style="list-style-type: none"> Marais maritime Flèche littorale Terrasse de plage Terrasse alluviale Tombolo et cordon littoral Côte rocheuse Côte rocheuse ignée Falaise meuble Falaise meuble à base rocheuse Falaise rocheuse Falaise rocheuse à sommet meuble Falaise nd Côte dunaire Côte morainique Artificielle Remblai Sans falaise meuble (origine marine) Îlots / banc sableux nd 	<p>Voir tableau 2 pour les définitions</p> <p>Il peut s'agir d'une combinaison de plusieurs types de côte</p> <p>Les différents types de falaises peuvent être déclinés en « basses falaises » (moins de 5 m) ou en « falaises » (plus de 5 m)</p>
État_cote	Quel est l'état de la côte ?	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> accumulation (progradation) active ou vive (-de 25 % végé.) semi-végétalisée (entre 25 et 75 % végé.) 	Voir tableau 3 pour les définitions

Champ	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précision
			<ul style="list-style-type: none"> stable stable ou végétalisée (+ de 75 % végé.) végétalisée (+ de 75 % végé.) na nd 	
Artif	Est-ce que la côte est artificialisée ?	Texte (15)	<ul style="list-style-type: none"> oui non na nd 	
État_artif	État de l'artificialité (si présente)	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> bon (75-100 %) partiellement endommagée (50-75 %) très endommagée (25-50 %) complètement endommagée (0-25 %) na nd vide (si absence d'artificialité) 	Voir tableau 4 pour les définitions
Type_artif	Type de l'artificialité présente sur la côte (si présente)	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Enrochement Muret (avec matériel de construction : bois, roches, béton,...) Gabions Remblais Zone portuaire Solage Blocs déversés Quai Épis Descente de bateau Pont vide (si absence d'artificialité) 	ou combinaison de plusieurs artificialités
Mun	Municipalité dans laquelle se situe le segment	Texte (50)		ou communauté autochtone
MRC	MRC dans laquelle se situe le segment	Texte (50)		ou territoire équivalent

Champ	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précision
Region	Région dans laquelle se situe le segment	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> • Côte-Nord • Bas-Saint-Laurent • Gaspésie • Îles-de-la-Madeleine 	La Gaspésie et les Îles-de-la-Madeleine ont été séparées, dû à leur diversité de configuration côtière
CellHydro	Cellule hydrosédimentaire dans laquelle se situe ce segment de côte	Texte (50)	Cellule de...	Si vide, le segment ne doit pas être considéré dans la longueur de la côte Si c'est un nom d'unité qui y figure cela signifie qu'il n'y a pas de cellule dans l'unité
UniteHydro	Unité hydrosédimentaire dans laquelle se situe ce segment de côte	Texte (50)	Unité de...	Si vide, le segment ne doit pas être considéré dans la longueur de la côte

Points de mesure de la route

Les points de mesure des routes sont présentés dans un fichier de forme de points : « EstduQuebec_pointsmesure_routes ». Les différents champs la table d'attributs sont décrits au tableau B.

**Tableau B. Description des champs du fichier de forme
« EstduQuebec_pointsmesure_routes »**

Champ	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précisions
Shape		Geometry	Point	
Date_Cote	Date du trait de côte ou de la ligne de rivage à partir de laquelle la mesure de distance a été prise	texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> • 1996 • 2001 • 2005 • 2006 • 2007 • 2008 • 2009 • 2012 	
Type_point	Type de point de mesure (à un pas de 100 m ou de 20 m).	texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> • 100 m • 20 m 	

Champ	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précisions
SiteSuivi	Est-ce un site suivi par le MTQ en ce qui a trait aux aléas côtiers ?	Texte (15)	<ul style="list-style-type: none"> • oui • non • tombolo 	Aux îles de la Madeleine, tous les tombolos ont des points aux 20 m (comme les sites suivis), même si ce ne sont pas des sites suivis par le MTQ
Altitude	Altitude du point de mesure	Double	<p>Altitude en mètres vis-à-vis du niveau géodésique</p> <p>8888 : pont, altitude non renseignée</p> <p>7777 : mesure invalidée</p>	Les données d'altitude ont été invalidées dans les secteurs d'erreurs flagrantes ou si la mesure était inférieure au 0 géodésique
classe_alt	Altitude du point de mesure mise en classe	Texte (25)	<ul style="list-style-type: none"> • pont • erreur altitude • 6.0 m et plus • 5.5-5.99 m • 5.0-5.49 m • 4.5-4.99 m • 4.0-4.49 m • 3.5-3.99 m • 3.0-3.49 m • 2.5-2.99 m • 2.0-2.49 m • 1.49-1.99 m • 1.0-1.49 m • 0.5-0.99 m • moins de 0.5 m 	en mètre, niveau géodésique
z_source	Source de la donnée d'altitude	Texte (25)	<ul style="list-style-type: none"> • pont • modifié manuellement • LiDAR UQAR - 2008 • LiDAR UQAR - 2007 • LiDAR MTQ - 2010 • LiDAR MTQ - 2009 • LiDAR MTQ - 2008 • LiDAR MTQ - 2007 • LiDAR MTQ - 2005 • LiDAR MSP - 2009 • LiDAR MRNF - 2011 	

Champ	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précisions
			<ul style="list-style-type: none"> • LiDAR MAPAQ - 2009 • Données Topo 20k - BDTQ... 	
TypeCote	Type de côte en avant de la route	Texte (150)	<ul style="list-style-type: none"> • Marais maritime • Flèche littorale • Terrasse de plage • Terrasse alluviale • Tombolo et cordon littoral • Côte rocheuse • Côte rocheuse ignée • Falaise meuble • Falaise meuble à base rocheuse • Falaise rocheuse • Falaise rocheuse à sommet meuble • Falaise nd • Côte dunaire • Côte morainique • Artificielle • Remblai • Sans falaise meuble (origine marine) • Îlots / banc sableux • Nd • Non analysé – trop loin 	<p>Si deux types de côtes sont juxtaposés, c'est que la route se situe dans un type d'environnement différent de celui que l'on retrouve au bord de l'eau</p> <p>Les différents types de falaises peuvent être déclinés en « basses falaises » (moins de 5 m) ou en « falaises » (plus de 5 m)</p> <p>Pour définitions, voir tableau 2</p> <p>Si les points de mesure sont à plus de 500 m de la côte, aucun type de côte n'est associé au point</p>
TypeCote_i	Type de côte en avant de la route (intérieur lagune ou estuaire)	Texte (100)	idem que pour TypeCote	idem que pour TypeCote
Commentair		texte	Commentaire général à faire sur ce point (si nécessaire)	
Distance	Distance entre la route et la côte	Double	Distance en mètre <ul style="list-style-type: none"> • 9999 : non mesuré, à plus de 500 m, considéré trop loin • 8888 : pont 	

Champ	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précisions
ClasseDist	Classe de distance entre la route et la côte	Texte (15)	<ul style="list-style-type: none"> moins de 15 m de 15 à 50 m de 50 à 100 m de 100 à 500 m 	champ non renseigné pour les ponts et les points trop loin qui n'ont pas été mesurés
Distance_2	Distance à la rive ou l'intérieur d'une lagune ou d'un estuaire (lorsque nécessaire)	Double	Distance en mètre	
Distance_3	Distance à la rive ou l'intérieur d'une lagune ou d'un estuaire (lorsque nécessaire)	Double	Distance en mètre	
comm_dist	Commentaire de la mesure de la distance entre la côte et la route (si nécessaire)	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> non mesuré trop loin pont autre information pertinente sur la mesure 	
comm_dist2	Commentaire sur la 2 ^{ème} et 3 ^{ème} distance (éventuellement)	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> non mesuré trop loin pont autre information pertinente sur la mesure 	si vide : aucune mesure dans Distance_2 ou Distance_3
Larg_Tombo	Largeur du tombolo	Double	en mètre	<p>Pour les îles de la Madeleine seulement</p> <p>Distance calculée en additionnant la distance entre la route et l'extérieur, la distance entre la route et l'intérieur ainsi que 7m (largeur moyenne de la route 199)</p>
Recul_even	Recul événementiel possible selon le secteur et le type de côte	Double	<p>En mètre</p> <ul style="list-style-type: none"> 9999 : trop loin, aucune mesure 8888 : pont 	Valeur toujours négative car il s'agit d'une érosion.

Champ	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précisions
Recul_ev_1	Recul évènementiel possible selon le secteur et le type de côte (pour Distance_2 et 3)	Double	En mètre <ul style="list-style-type: none"> • 9999 : trop loin, aucune mesure • 8888 : pont 	Pour la deuxième mesure de distance (intérieur lagune ou estuaire)
Imminence	La route peut-elle être affectée par un seul évènement important d'érosion ?	Texte (15)	<ul style="list-style-type: none"> • oui • non 	
Imm_int	La route peut être affectée par un seul évènement important d'érosion ? (pour Distance_2 et 3)	Texte (15)	<ul style="list-style-type: none"> • oui • non • na 	Pour la deuxième mesure de distance (intérieur lagune ou estuaire)
Taux_evo	Taux de migration de la ligne de rivage ou du trait de côte le plus précis disponible pour ce secteur	Double	en m/an <ul style="list-style-type: none"> • négatif : érosion • positif : accumulation • 9999 : trop loin • 8888 : pont • 7777 : aucune donnée disponible dans ce secteur 	
Source_evo	Source du taux de migration utilisé	Texte (200)	Étude de laquelle provient le taux de migration utilisé	
Comm_evo	Commentaire sur le taux de migration (si nécessaire)	Texte (200)		
Expo_ero	résultat du calcul de l'équation 4 « Degré d'exposition d'une infrastructure à l'érosion »	Double	<ul style="list-style-type: none"> • 9999 : trop loin • 8888 : pont • 7777 : non déterminé • 5555 : côte stable, calcul de l'exposition impossible (divisé par 0) 	

Champ	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précisions
Date_expo	Date potentielle d'exposition à l'érosion (en classe).	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> • non étudié - trop loin • non exposé • nd • imminent • presque • d'ici 2015 • 2015 à 2020 • 2020 à 2030 • 2030 à 2040 • 2040 à 2050 • 2050 à 2060 • 2060 à 2100 • pont 	pour la méthode de calcul, se référer à l'équation 4 dans le présent rapport
CommExpEro	Commentaire relatif à l'exposition à l'érosion (si nécessaire)	Texte (100)		
Tx_evo_2	Taux de migration pour la 2 ^{ème} mesure de distance (lagune ou estuaire)	Double		
Comm_evo_2	Commentaire sur le taux de migration (si nécessaire)	Texte (150)		si Tx_evo_2 renseigné
Sour_evo_2	Source du taux de migration utilisé	Texte (150)		si Tx_evo_2 renseigné
Date_exp2	Date potentielle d'exposition à l'érosion (en classe).	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> • non étudié - trop loin • non exposé • nd • imminent • presque • d'ici 2015 • 2015 à 2020 • 2020 à 2030 • 2030 à 2040 • 2040 à 2050 • 2050 à 2060 • 2060 à 2100 <p>pont</p>	<p>Pour l'intérieur de la lagune ou de l'estuaire</p> <p>Pour la méthode de calcul, se référer à l'équation 4 dans le présent rapport</p>
Comm_exp2	commentaire relatif à l'exposition à l'érosion (si nécessaire)	Texte (150)		

Champ	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précisions
Expo_ero_2	résultat du calcul de l'équation 4 « Degré d'exposition d'une infrastructure à l'érosion »	Double		
HauteurSub	Hauteur estimée pour un évènement maximal de submersion à cet endroit	Double	en mètre niveau géodésique	Pour la méthode, voir section 2 du rapport
Submersion	épaisseur d'eau sur la route	Double	en mètre. Si valeur négative : pas d'eau Si valeur positive : correspond à l'épaisseur d'eau Si 8888 : pont, non analysé	Résultat de l'équation 3 du présent rapport
CommExpSub	commentaire relatif à l'exposition à la submersion (si nécessaire)	Texte (100)		
Classe_sub	classes d'épaisseur d'eau possible sur la route	Texte (30)	<ul style="list-style-type: none"> • submersion par franchissement • non exposé - trop loin • non exposé - pont • non exposé - pas d'eau • marge d'erreur du LiDAR • erreur altitude - non analysé • plus de 2.00 m • 1.00 à 2.00 m • 0.75 à 1.00 m • 0.50 à 0.75 m • 0.20 à 0.50 m • 0.00 à 0.20 m 	D'après le résultat de l'équation 3 du présent rapport
Secteur	Secteur dans lequel se trouve ce point en ce qui a trait aux reculs évènementiels	Texte (30)	<ul style="list-style-type: none"> • Baie des Chaleurs • Côte-Nord • Est du Bas-Saint-Laurent • Nord de la Gaspésie 	Non renseigné pour les points de mesure qui n'ont pas été analysés

Champ	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précisions
			<ul style="list-style-type: none"> Ouest du Bas-Saint-Laurent Pointe de la Gaspésie Îles-de-la-Madeleine 	
MRC	nom de la MRC dans laquelle se situe la route	Texte (30)		ou territoire équivalent
Region	nom de la région dans laquelle se situe la route	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Côte-Nord Bas-Saint-Laurent Gaspésie Îles-de-la-Madeleine 	les Îles-de-la-Madeleine et la Gaspésie sont séparées pour les besoin de l'étude
Method_Ero	Méthodologie utilisée pour l'exposition à l'érosion	Texte (150)	<ul style="list-style-type: none"> Formule d'exposition à l'érosion déterminée pour projet MTQ X008.1 - Drejza et al., 2014 	
Method_Sub	Méthodologie utilisée pour l'exposition à la submersion	Texte (150)	<ul style="list-style-type: none"> Cote de submersion déterminée pour projet MTQ X008.1 - Drejza et al., 2014 	
Origine	Pour quel projet a été générée cette donnée ?	Texte (75)	<ul style="list-style-type: none"> Réalisé pour : projet MTQ X008.1 	
Donnée	Qui a produit cette donnée ?	Texte (200)	<ul style="list-style-type: none"> Produit par : Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières - UQAR 	

Disponibilité sédimentaire des plages

La disponibilité sédimentaire des plages est présenté par des fichiers de forme surfaciques : « Plage_NomMRC ». Les tables d'attributs de ces 16 fichiers de forme (un par MRC) contiennent toute l'information concernant la disponibilité sédimentaire des plages soit les volumes, les indices de budgets sédimentaires et la largeur. Il y a également tous les éléments qui ont servi à calculer l'indice de budget sédimentaire des plages : la hauteur de la ligne de rivage, la hauteur de la flexure et la largeur de plage. Une description des différents champs de la table d'attribut est présentée dans le tableau C.

Tableau C. Description des champs des fichiers de formes des plages :
« Plage_NomMRC »

Champ	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précision
Shape		Geometry	Polygon	
profil	Calcul d'un indice de budget sédimentaire de la plage ?	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> • oui • non 	
volume	Calcul d'un volume de la plage ?	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> • oui • non 	
largeur	Calcul d'une largeur de plage ?	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> • oui • non 	
commentair	Commentaire général	Texte (150)		
AnnéeLiDAR	Année et source du relevé LiDAR	Texte (10)		
comm_VOL	Commentaire concernant le volume des plages	Texte (50)		si nécessaire
Comm_IBS	Commentaire concernant l'indice de budget sédimentaire des plages	Texte (50)		si nécessaire
Z_LR_IBS	Élévation géodésique ponctuelle de la ligne de rivage pour l'indice de budget sédimentaire des plages	Double	en mètre niveau géodésique	
Z_FLEX_IBS	Élévation géodésique ponctuelle de la flexure pour l'indice de budget sédimentaire des plages (en mètre)	Double	en mètre niveau géodésique	
largeurIBS	Largeur de la plage	Double	en mètre	
Indice_IBS	Indice de budget sédimentaire des plages	Double	sans unité	
Volume_m3	Volume de la plage	Double	en mètre cube	
Z_mean	Élévation moyenne de la flexure	Double	en mètre niveau géodésique	

Dynamique hydrosédimentaire

Concernant la dynamique hydrosédimentaire, quatre fichiers de forme ont été générés soit :

- 1 contenant les limites des cellules et des unités ainsi que les courants côtiers (lignes)
- 1 contenant les noms des cellules et des unités (points)
- 1 contenant les sources sédimentaires (points)
- 1 contenant les réservoirs sédimentaires (surface)

Il est à noter que le sens de la numérisation des lignes correspondantes aux courants de dérives principales, secondaires, aux courants de marée et estuariens correspondent au sens du courant. La description des champs de la table d'attributs est présentée aux tableaux D, E, F et G.

**Tableau D. Description des champs du fichier de forme
« EstduQuebec_DynamiqueHydrosedimentaire »**

Champ	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précision
Shape		geometry	Polyline	
Descriptif	Type d'élément relatif à la dynamique hydrosédimentaire	Texte (100)	<ul style="list-style-type: none"> • Courant de dérive de sens indéterminé • Courant de dérive principale • Courant de dérive secondaire • Courant de marée • Courant estuarien • Courant de retour • Limite d'unité hydrosédimentaire • Limite de cellule hydrosédimentaire • Limite de secteur 	
direction	Direction des courants de dérive	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> • nord • sud • est • ouest • sud-est • sud-ouest • nord-est • nord-ouest 	
Toponyme	Toponyme de l'élément	Texte (75)		non systématique lorsqu'identifié seulement

Champ	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précision
TypeLimite	Type de limite hydroérodimentaire	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> • Divergence des dérives littorales • Pointe rocheuse • Présence d'un chenal • Structure anthropique (quai, épi,...) • Nd • Élément topographique / bathymétrique 	
commentair		Texte (150)	Au besoin, commentaire sur l'élément	
Element	De quel élément il s'agit ?	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> • Dynamique hydrosédimentaire de l'Est du Québec 	
Donnée	Qui a produit la donnée ?	Texte (200)	<ul style="list-style-type: none"> • Produit par : Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières - UQAR 	
OrigineDyn	Pour quel projet a été déterminée la dynamique hydrosédimentaire ?	Texte (75)	<ul style="list-style-type: none"> • Déterminé pour : projet MTQ n° X008.1 • Déterminé pour : Fraser et al. 2012 • Déterminé pour : Bernatchez et al., 2012 - IDLM • Déterminé pour : Bernatchez et al. 2012 - Avignon 	
Methodo	Méthodologie utilisée pour la détermination de la dynamique hydrosédimentaire	Texte (150)	<ul style="list-style-type: none"> • par analyse géomorphologique : photo interprétation, terrain, bathymétrique,... 	

**Tableau E. Description des champs fichier de forme
« EstduQuebec_ToponymesHydrosédimentaire »**

Champ	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précision
Shape		geometry	Point	
Nom	Nom de la cellule, de l'unité ou d'un autre toponyme important pour la dynamique hydrosédimentaire	Texte (50)		Certaines cellules n'ont pas été nommées, alors il est seulement écrit « Cellule »
Type	Type d'entité hydrosédimentaire	Texte (20)	<ul style="list-style-type: none"> • Unité • Cellule • Lagune • Secteur • autre 	
Element	De quel élément il s'agit ?	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> • Toponymes hydrosédimentaires de l'Est du Québec 	
Donnée	Qui a produit la donnée ?	Texte (200)	<ul style="list-style-type: none"> • Produit par : Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières - UQAR 	

**Tableau F. Description des champs du fichier de forme
« EstduQuebec_SourceSediments »**

Champ	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précision
Shape		geometry	Point	
Type_Sourc	De quel type de source ponctuelle s'agit-il	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> • barachois • lagune • ravin • rivière • ruisseau • résurgence • étang 	
Taille_Sou	Importance de la source sédimentaire ponctuelle	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> • petite, • moyenne • grande 	Taille estimée avec les photos hélicoptérées de la côte disponibles
Nom_Source	Nom de la source	Texte (75)	nom du cours d'eau, si connu	les ravins, résurgences et étangs n'ont pas de noms, c'est donc « na »

Champ	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précision
Element	De quel élément il s'agit ?	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Sources sédiments ponctuelles de l'Est du Québec 	
Donnée	Qui a produit la donnée ?	Texte (200)	<ul style="list-style-type: none"> Produit par : Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières - UQAR 	
OrigineSou	Pour quel projet a été déterminée la source sédimentaire ?	Texte (75)	<ul style="list-style-type: none"> Déterminé pour : projet MTQ n° X008.1 	
Methodo	Méthodologie utilisée pour la détermination des sources sédimentaires	Texte (150)	<ul style="list-style-type: none"> par photo-interprétation 	

**Tableau G. Description des champs du fichier de forme
« EstduQuebec_ReservoirSediments »**

Champ	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précision
Shape		geometry	Polygon	
Type	Type de réservoir de sédiments.	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> nd delta subaquatique delta de marée submergé delta de marée delta de bas estran delta barre sableuse d'avant côte barre d'avant-côte banc sableux-graveleux bas estran banc sableux émergé banc sableux submergé banc sableux de bas estran banc sableux d'avant-côte 	

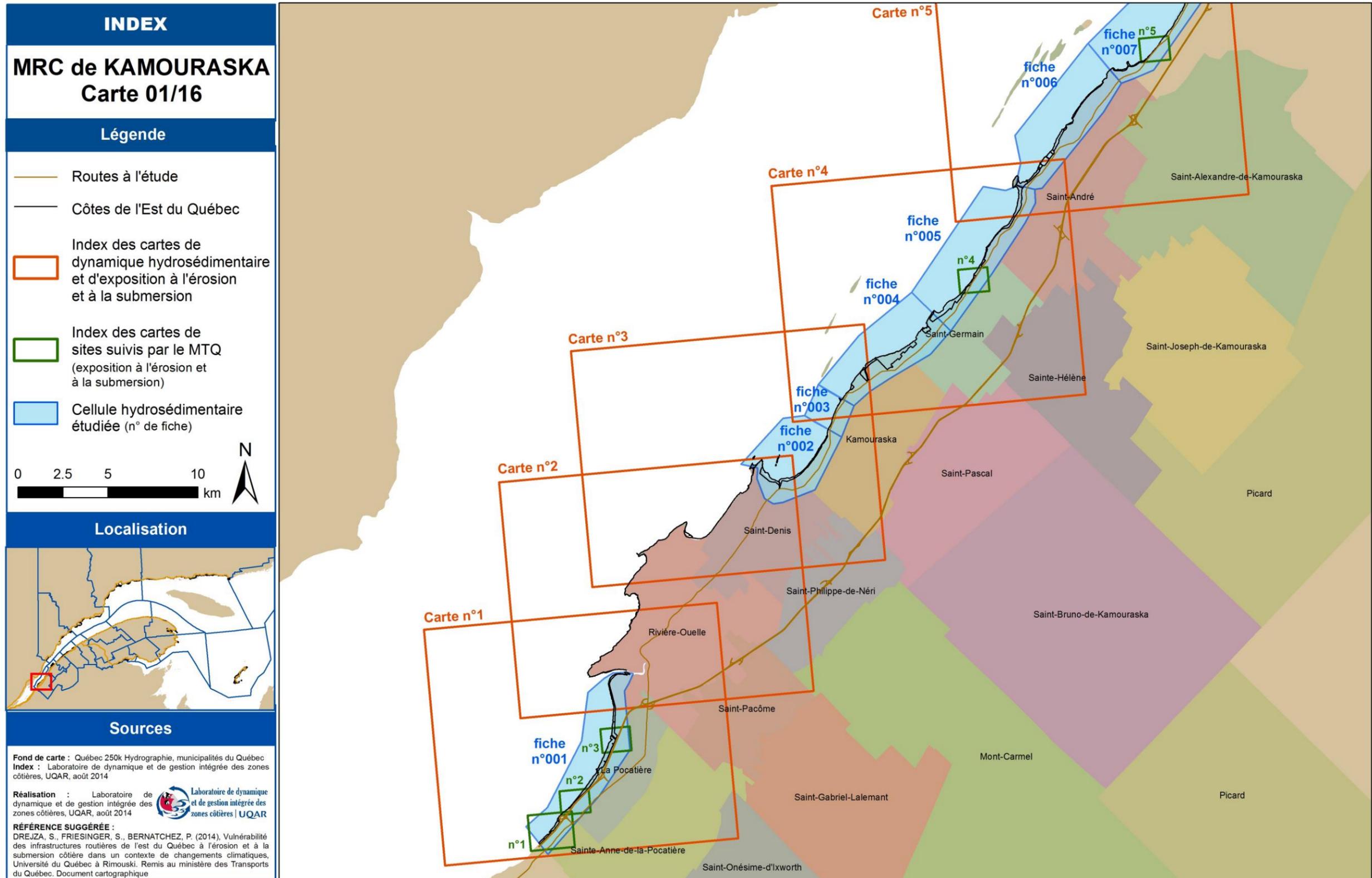
VULNÉRABILITÉ DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES DE L'EST DU QUÉBEC À L'ÉROSION ET À LA
SUBMERSION CÔTIÈRE DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES – VOLUME I

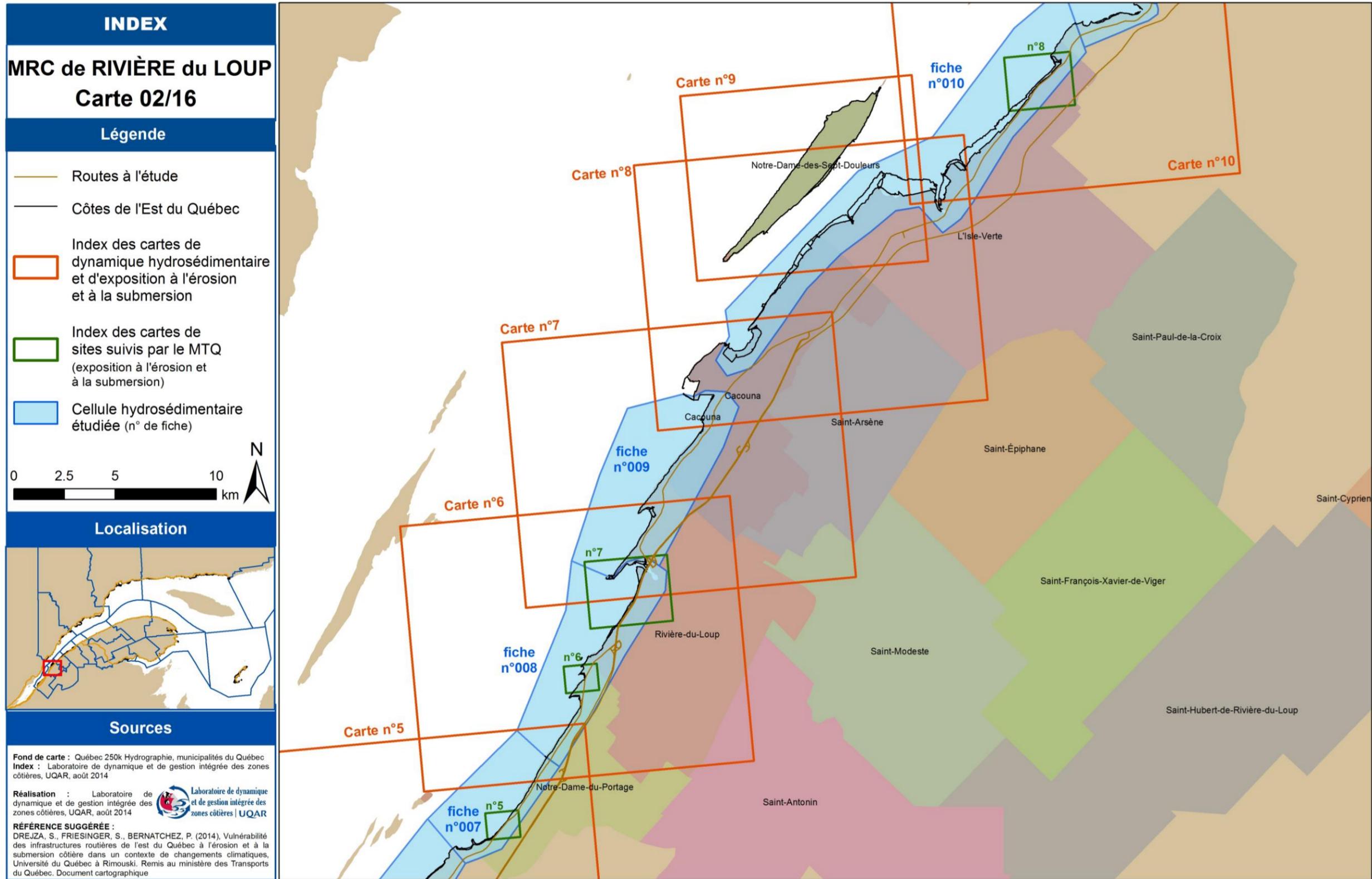
Champ	Description du champ	Type de champ (longueur)	Contenu / Domaines de valeur utilisés	Précision
			<ul style="list-style-type: none"> banc sableux affleurant (emmergé-submergé) banc sableux banc graveleux de bas estran banc graveleux 	
Superficie	Superficie du réservoir	double	exprimée en m ²	
Element	De quel élément il s'agit ?	Texte (50)	<ul style="list-style-type: none"> Réservoirs sédimentaires de l'Est du Québec 	
Donnée	Qui a produit la donnée ?	Texte (200)	<ul style="list-style-type: none"> Produit par : Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières - UQAR 	
OrigineRes	Pour quel projet a été déterminé le réservoir sédimentaire ?	Texte (75)	<ul style="list-style-type: none"> Déterminé pour : projet MTQ n° X008.1 	
Methodo	Méthodologie utilisée pour la détermination des réservoirs sédimentaires	Texte (150)	<ul style="list-style-type: none"> par interprétation photo- 	

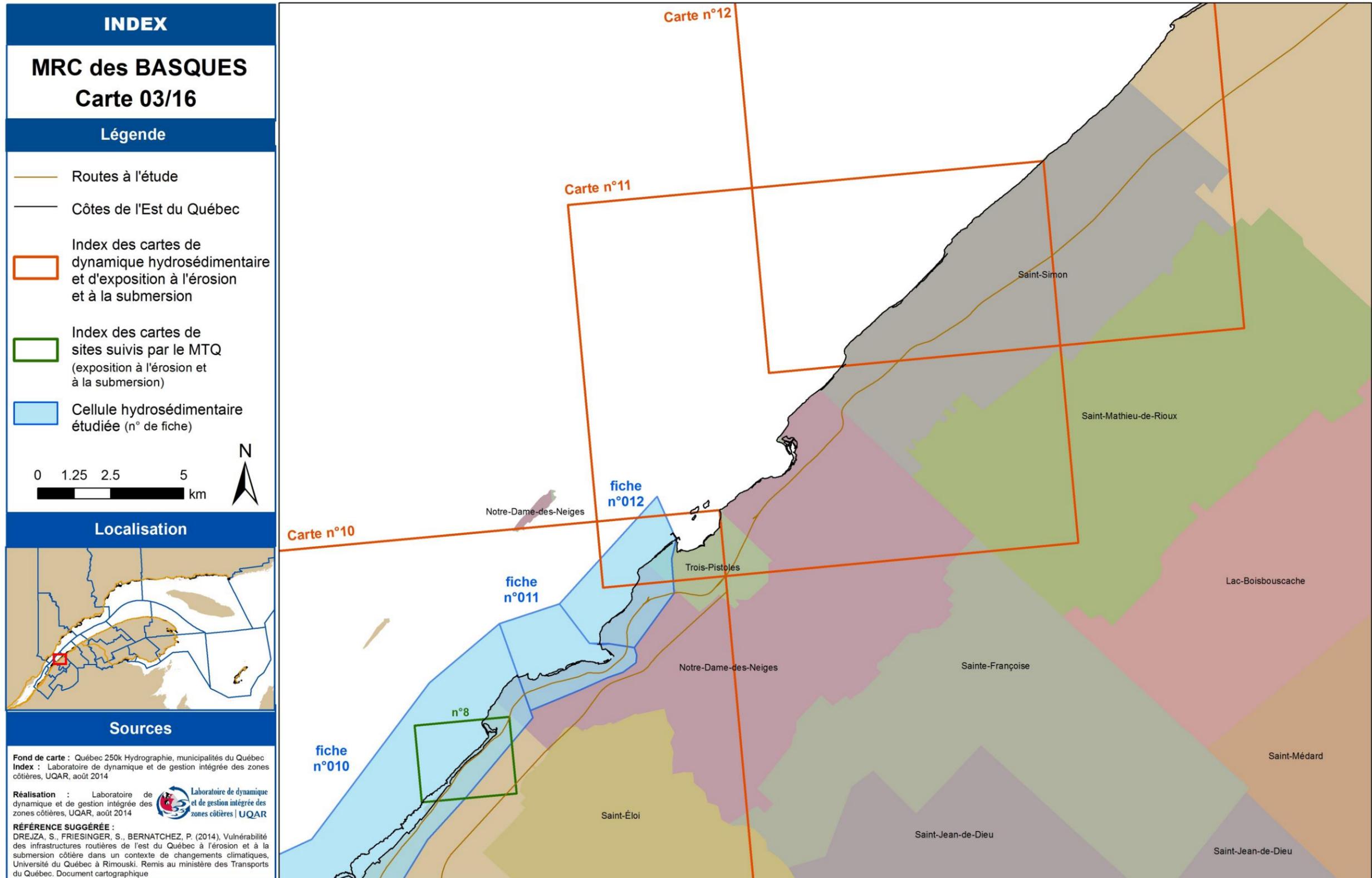
Annexe 2 ***Index des cartes et fiches***

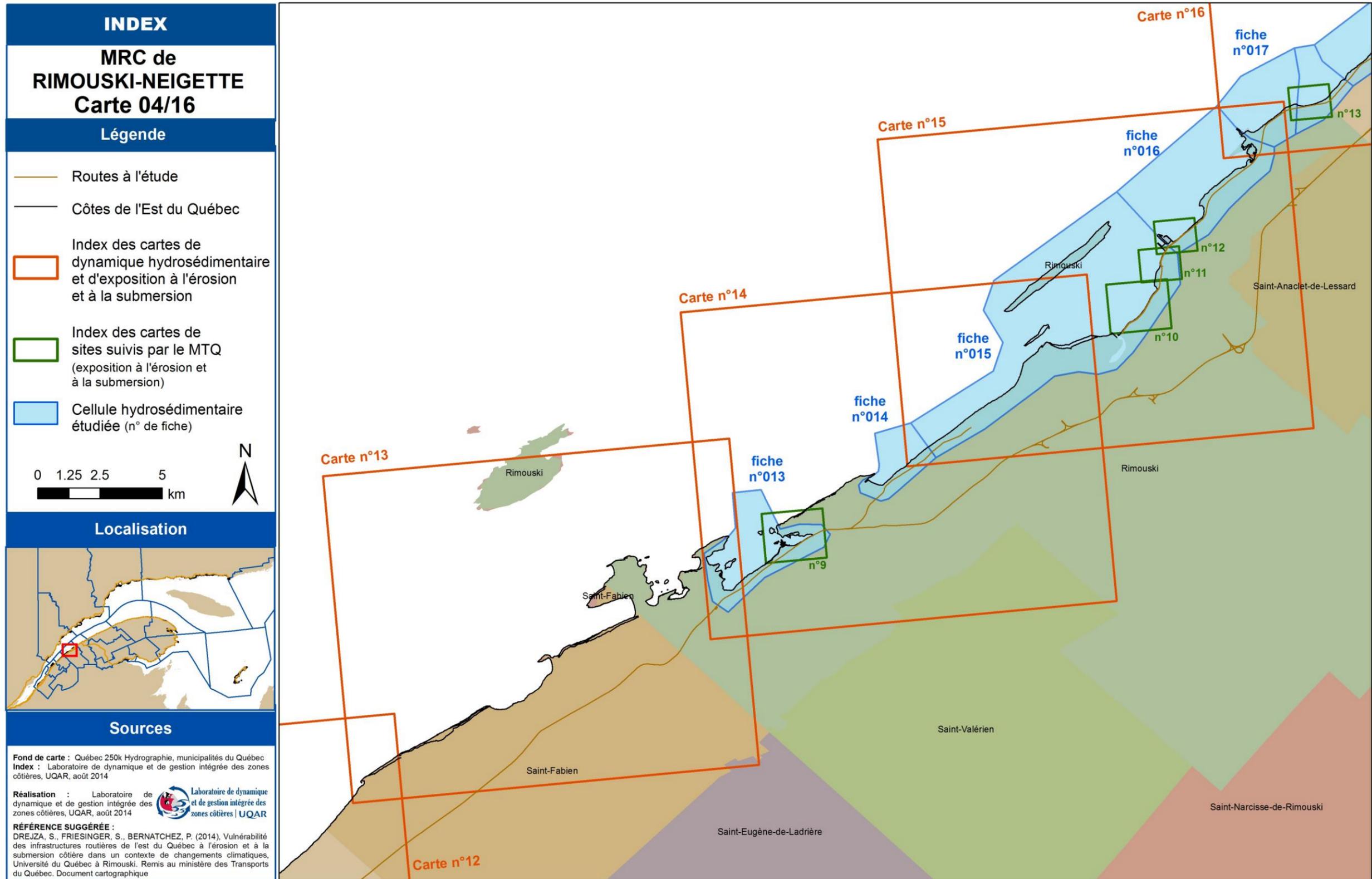
Les 16 cartes suivantes présentent la localisation pour chaque MRC de l'Est du Québec des cartes de la dynamique hydrosédimentaires (voir annexe 3), des cellules étudiées dans les fiches (voir annexe 4), des cartes d'exposition à l'érosion et à la submersion (voir annexe 5) et des cartes d'exposition des sites suivis par le MTQ (voir annexe 6). Pour plus d'information, voir les annexes suivantes.

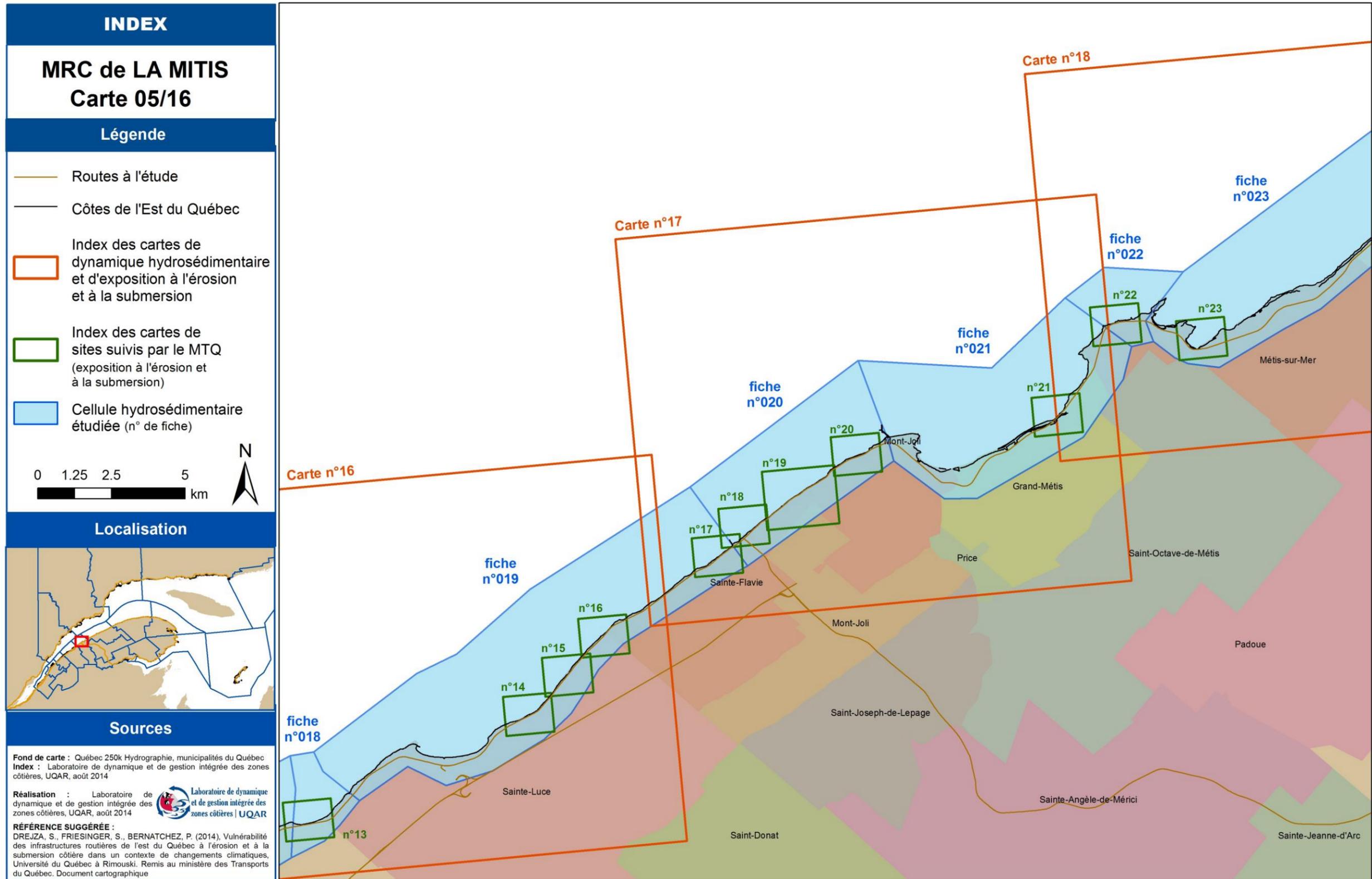
Il est important de noter que les polygones bleus représentant les cellules hydrosédimentaires ne sont pas représentatifs des limites physiques de la dynamique hydrosédimentaire ni côté terre, ni côté mer. Ils ont été dessinés seulement pour un besoin de localisation.

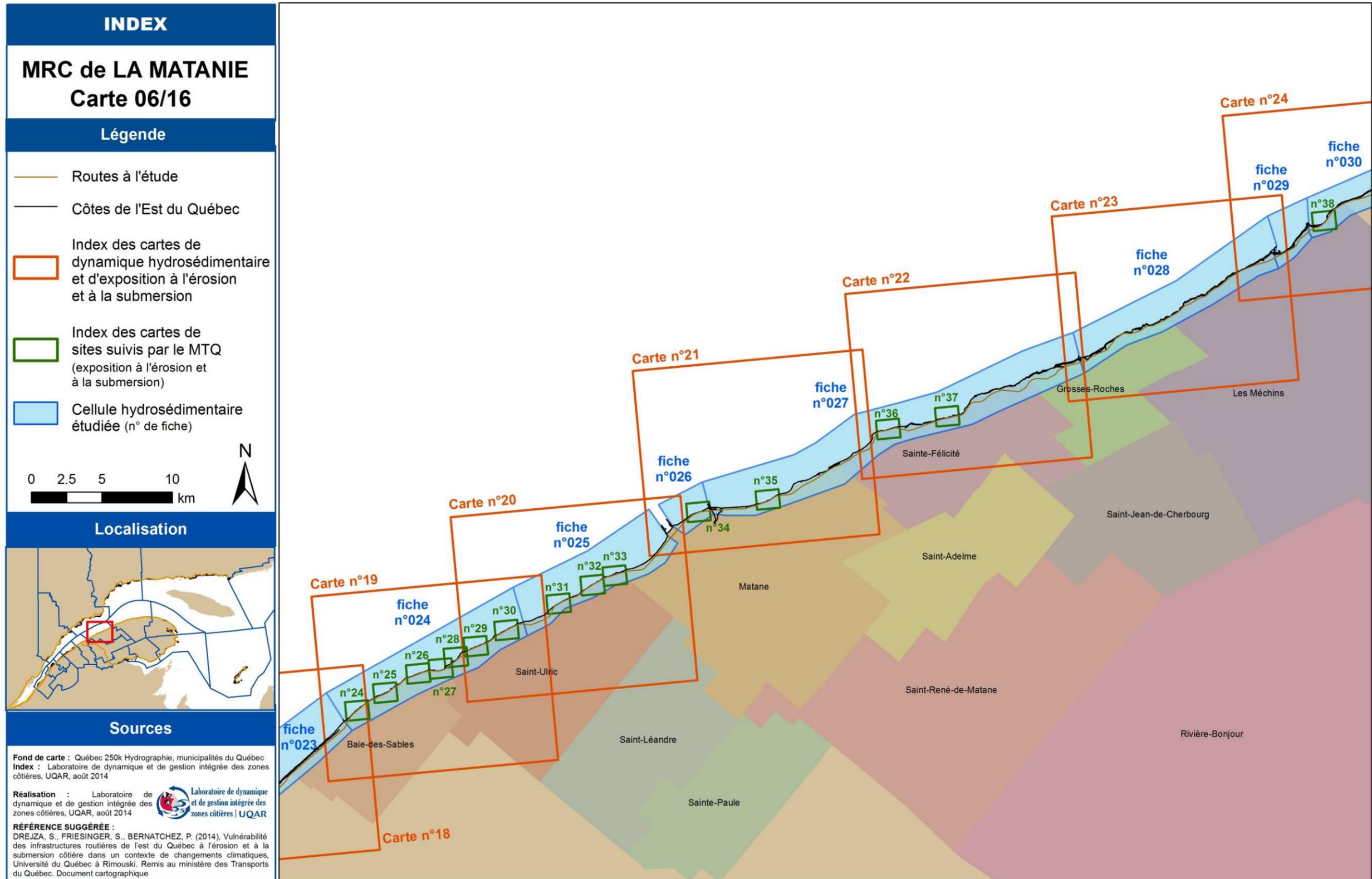


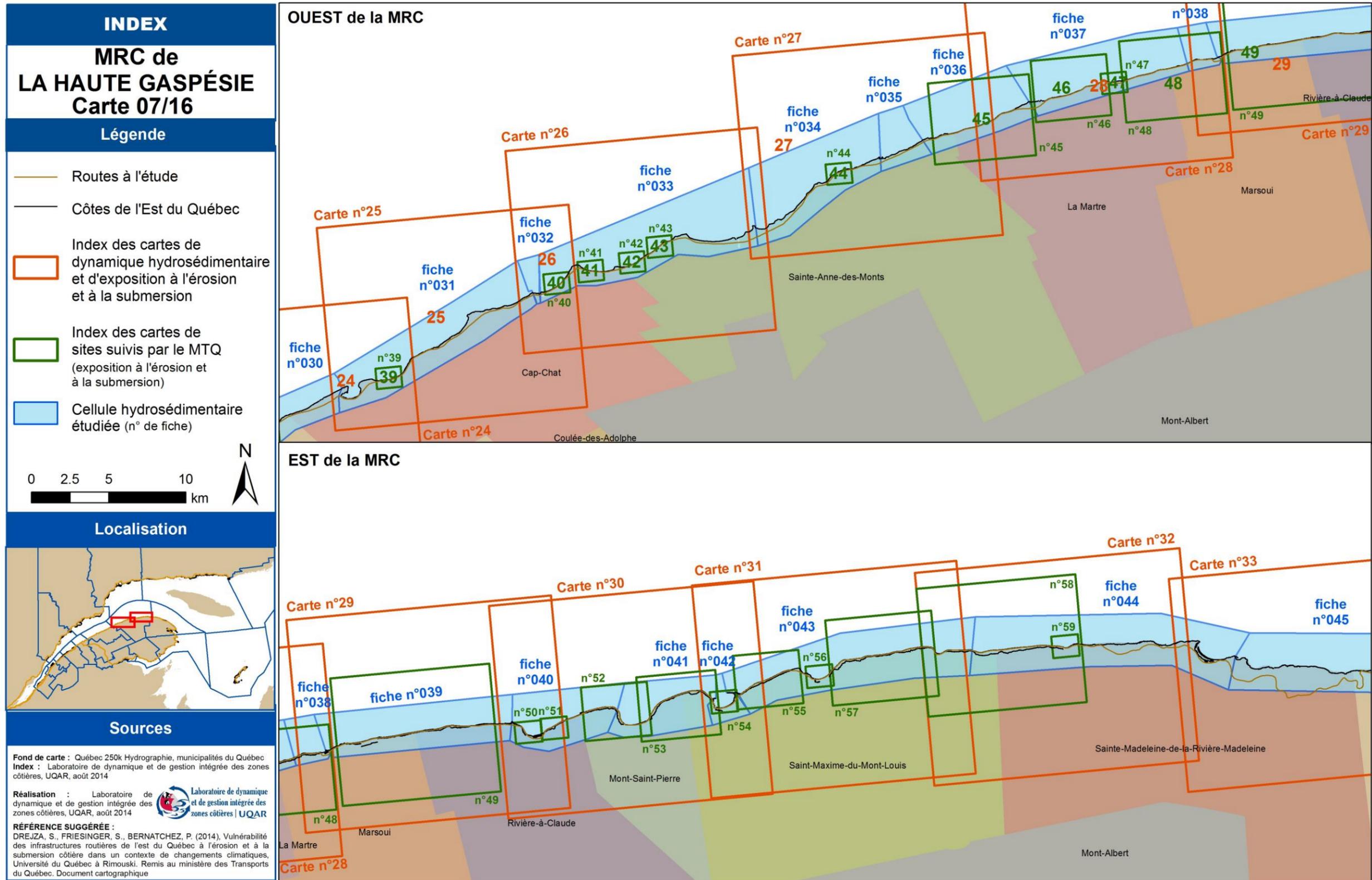


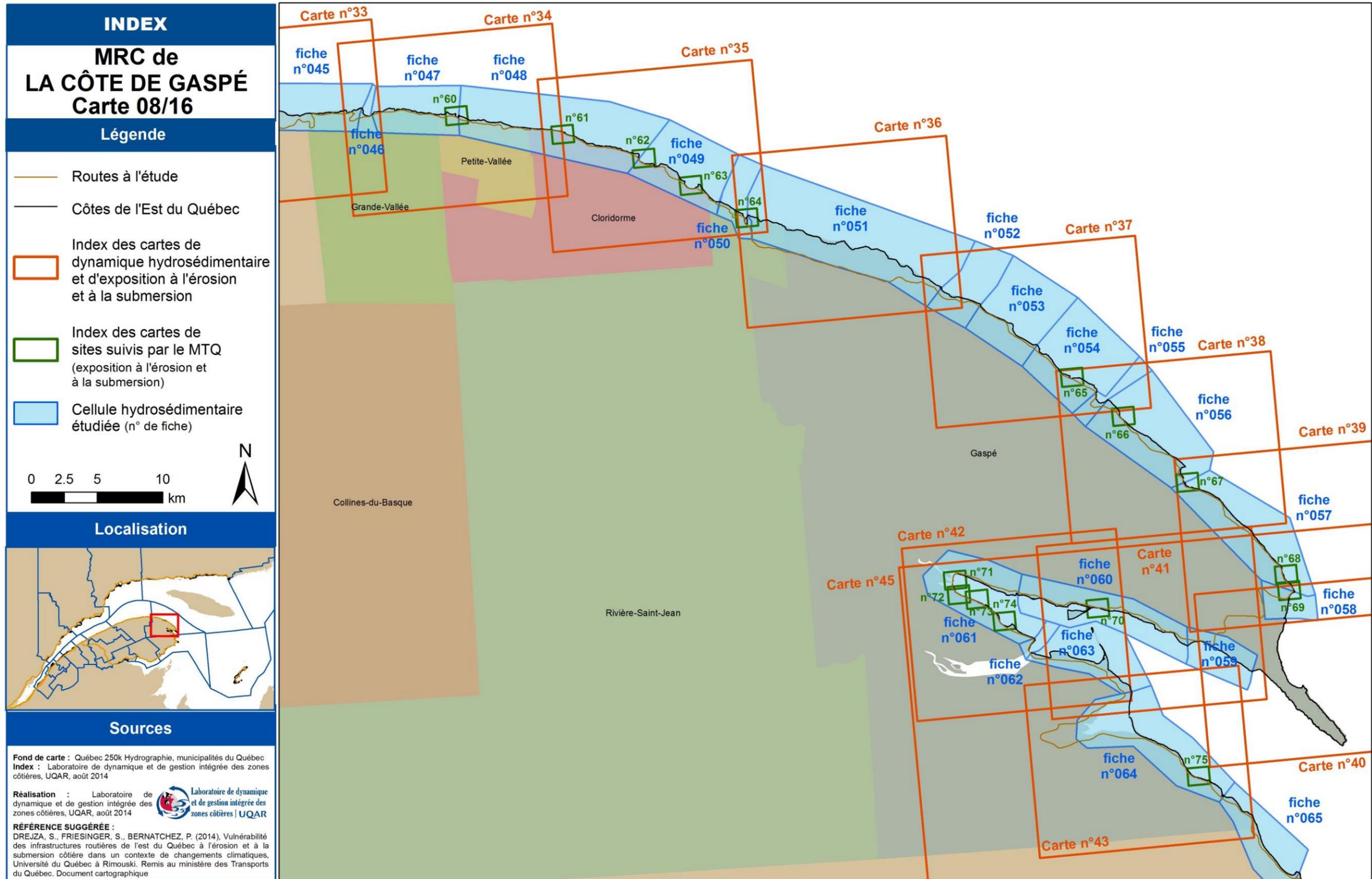


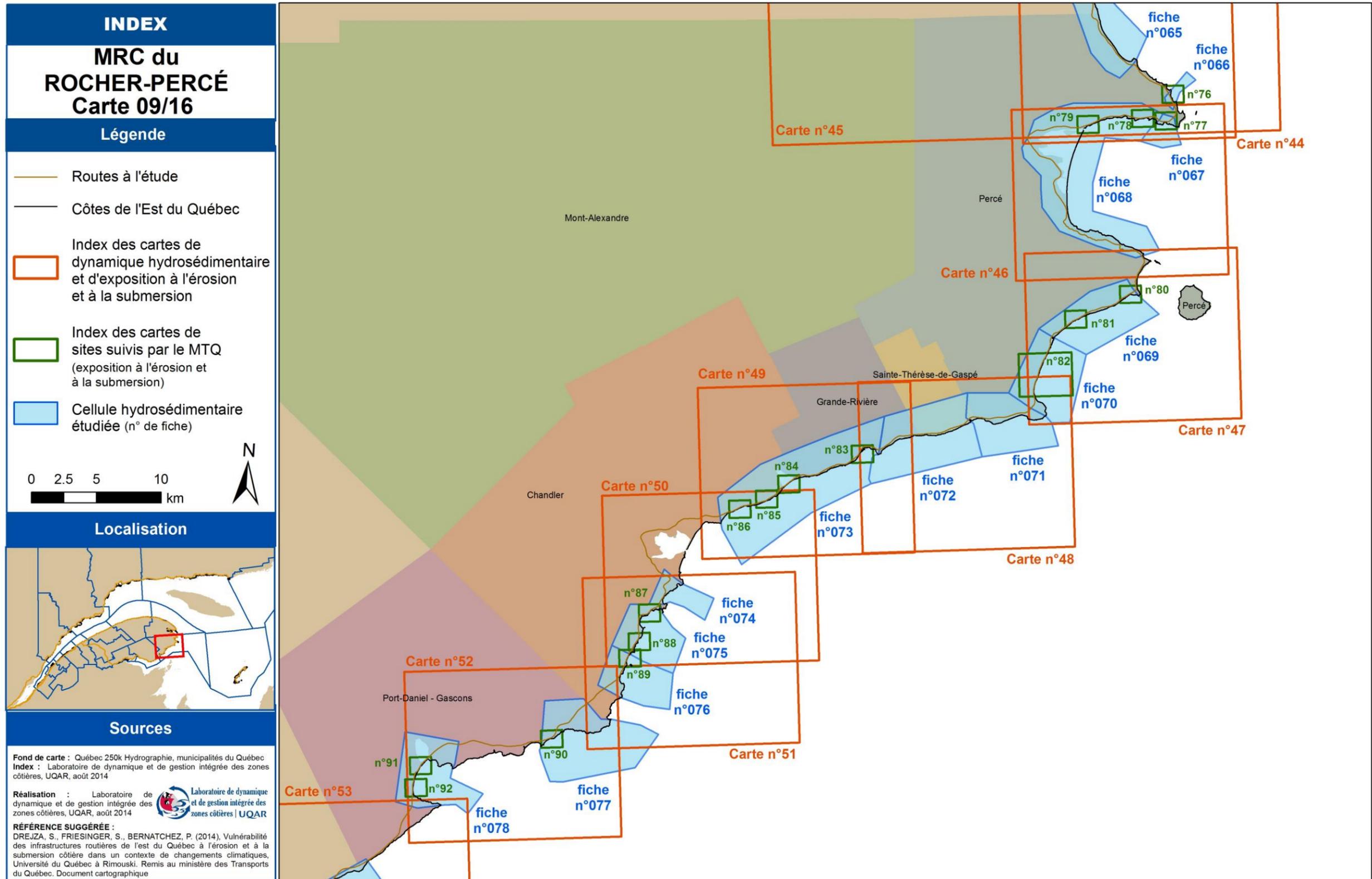


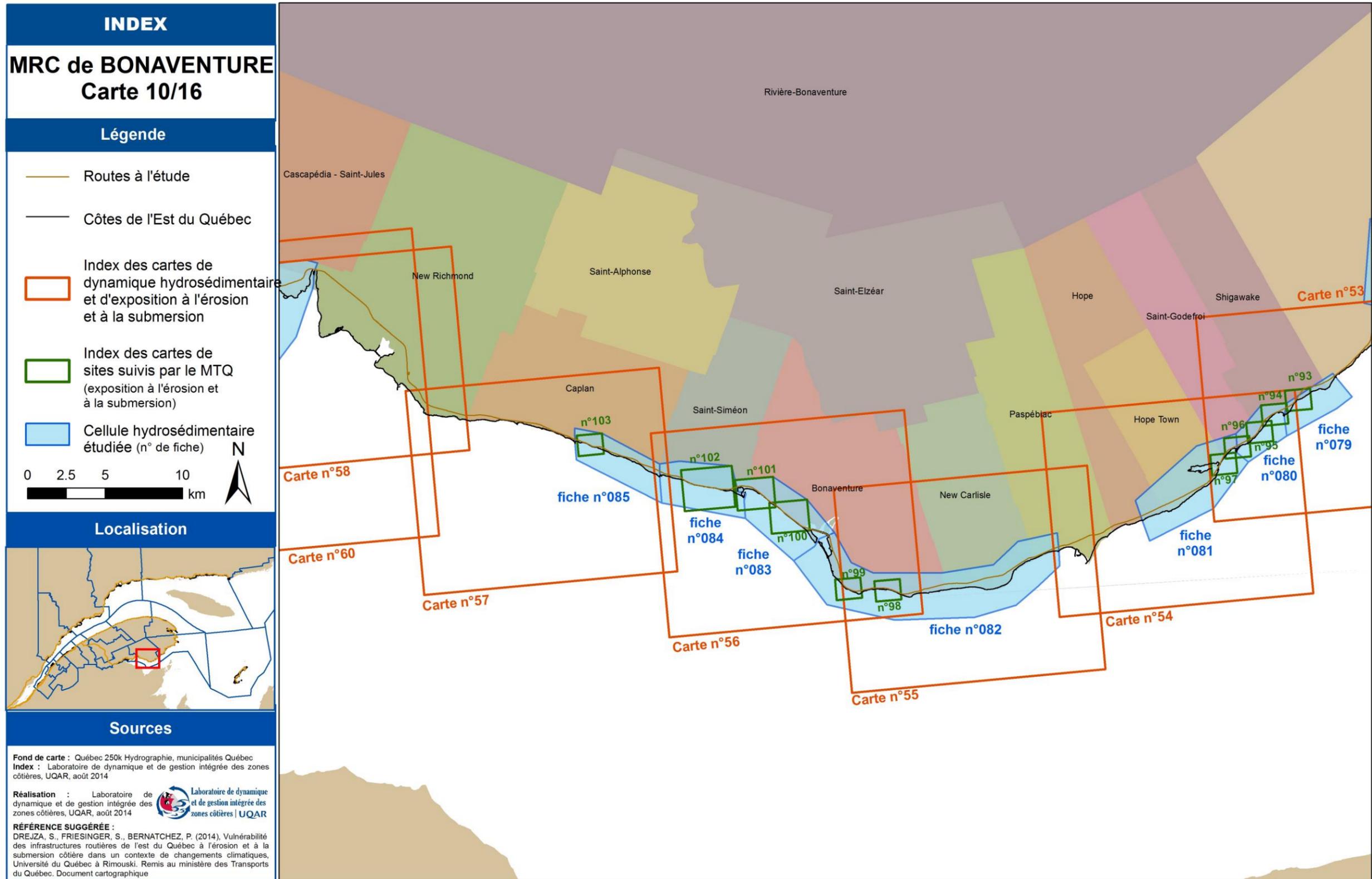


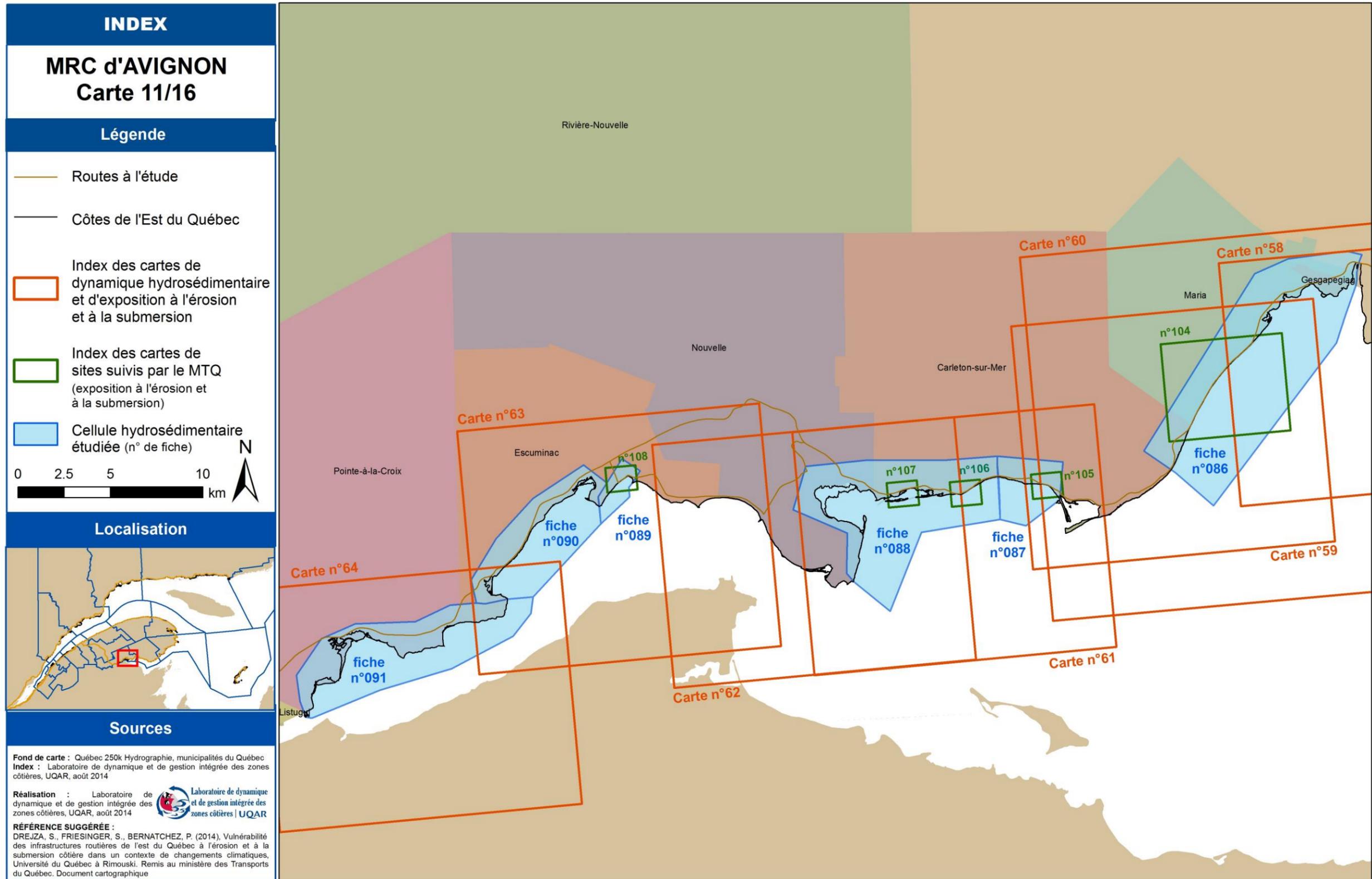


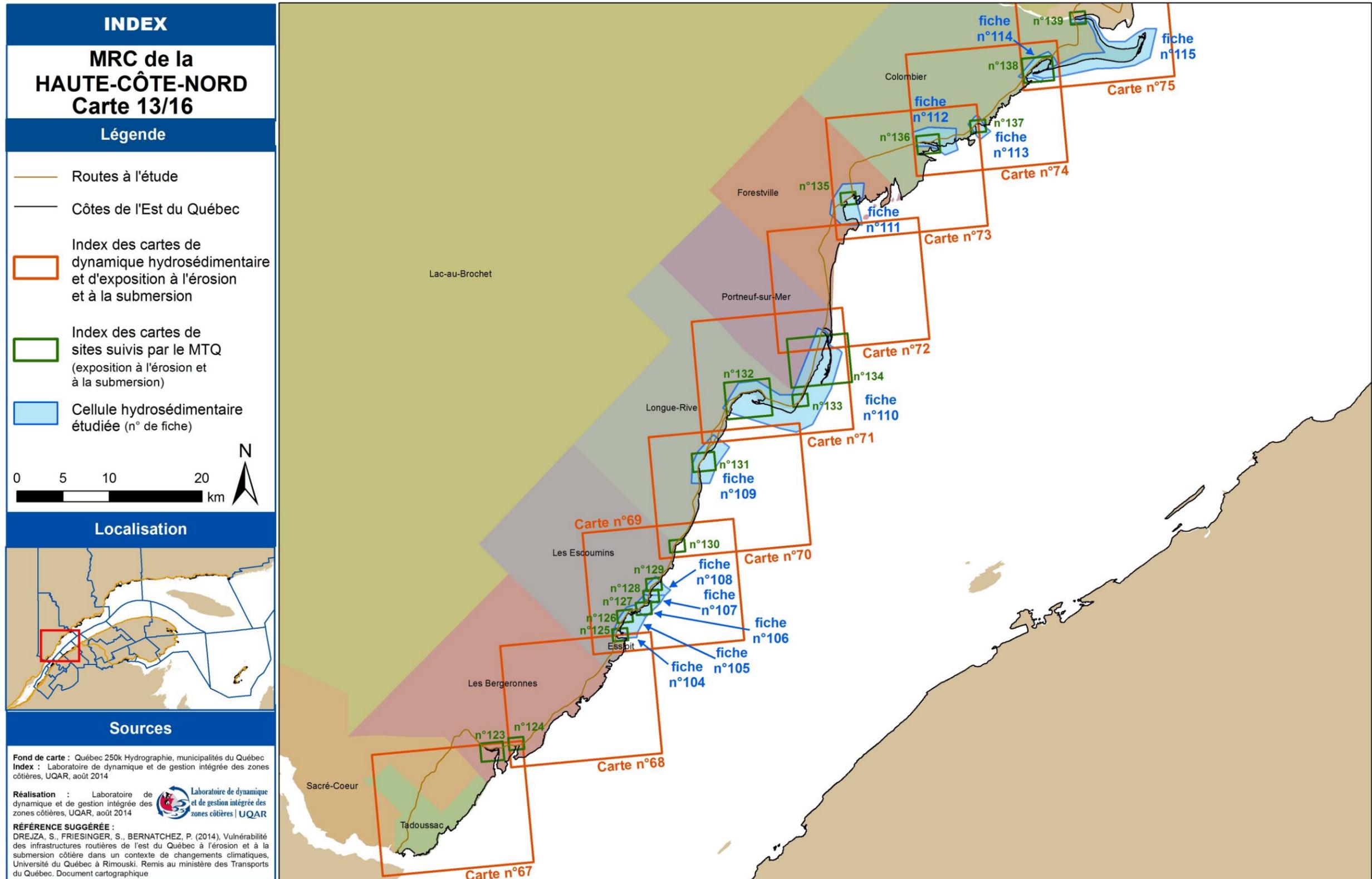


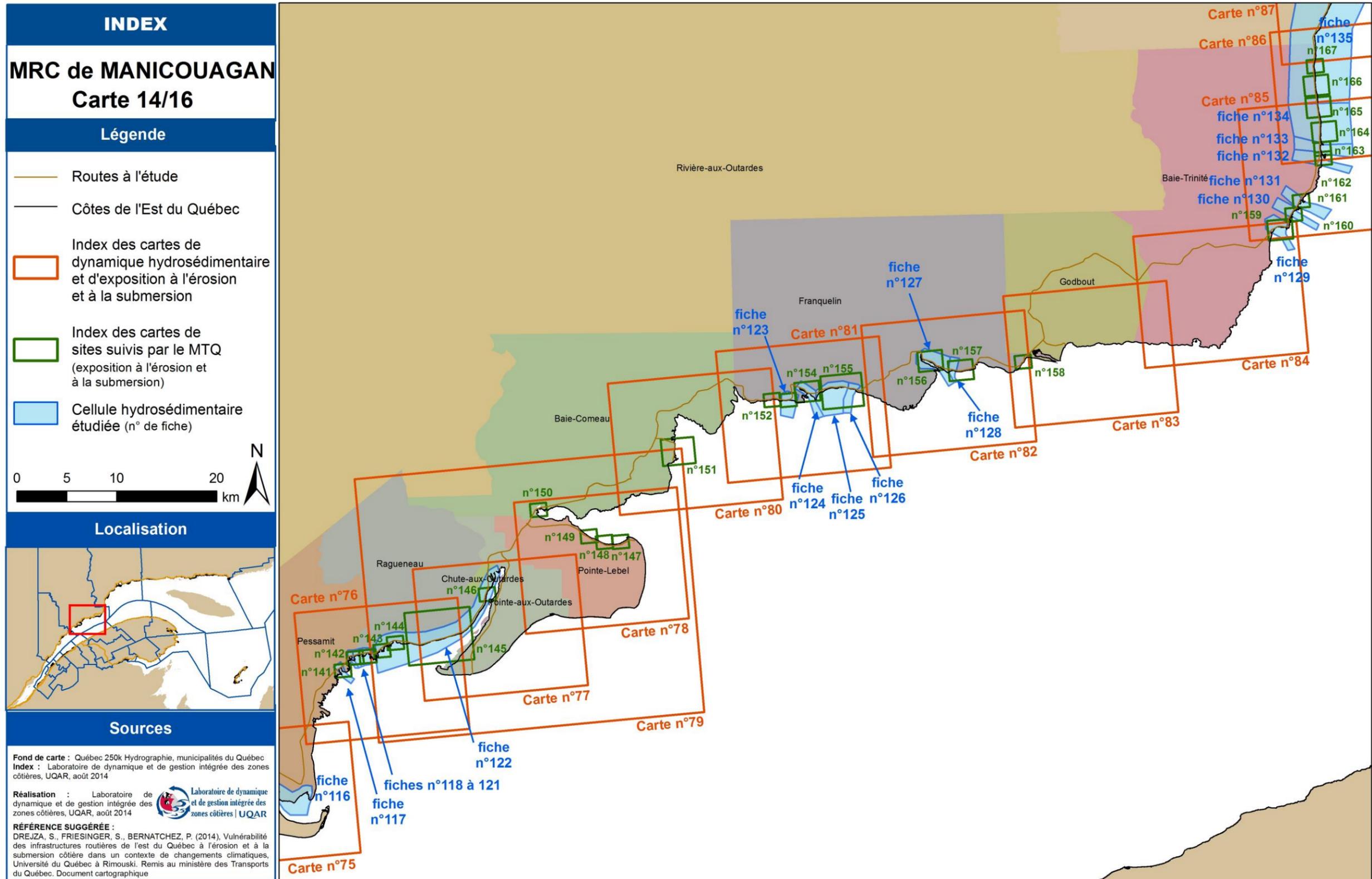


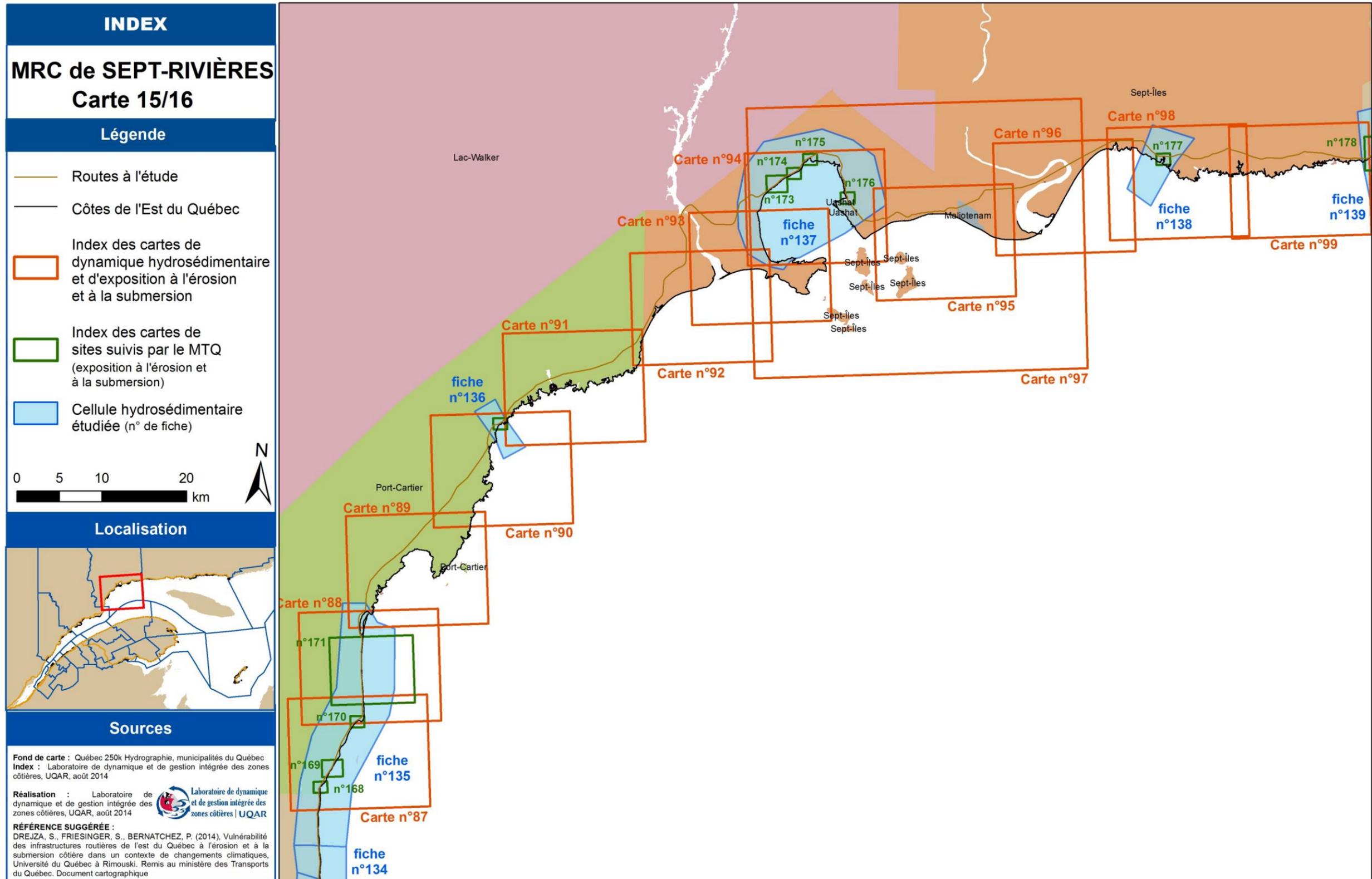


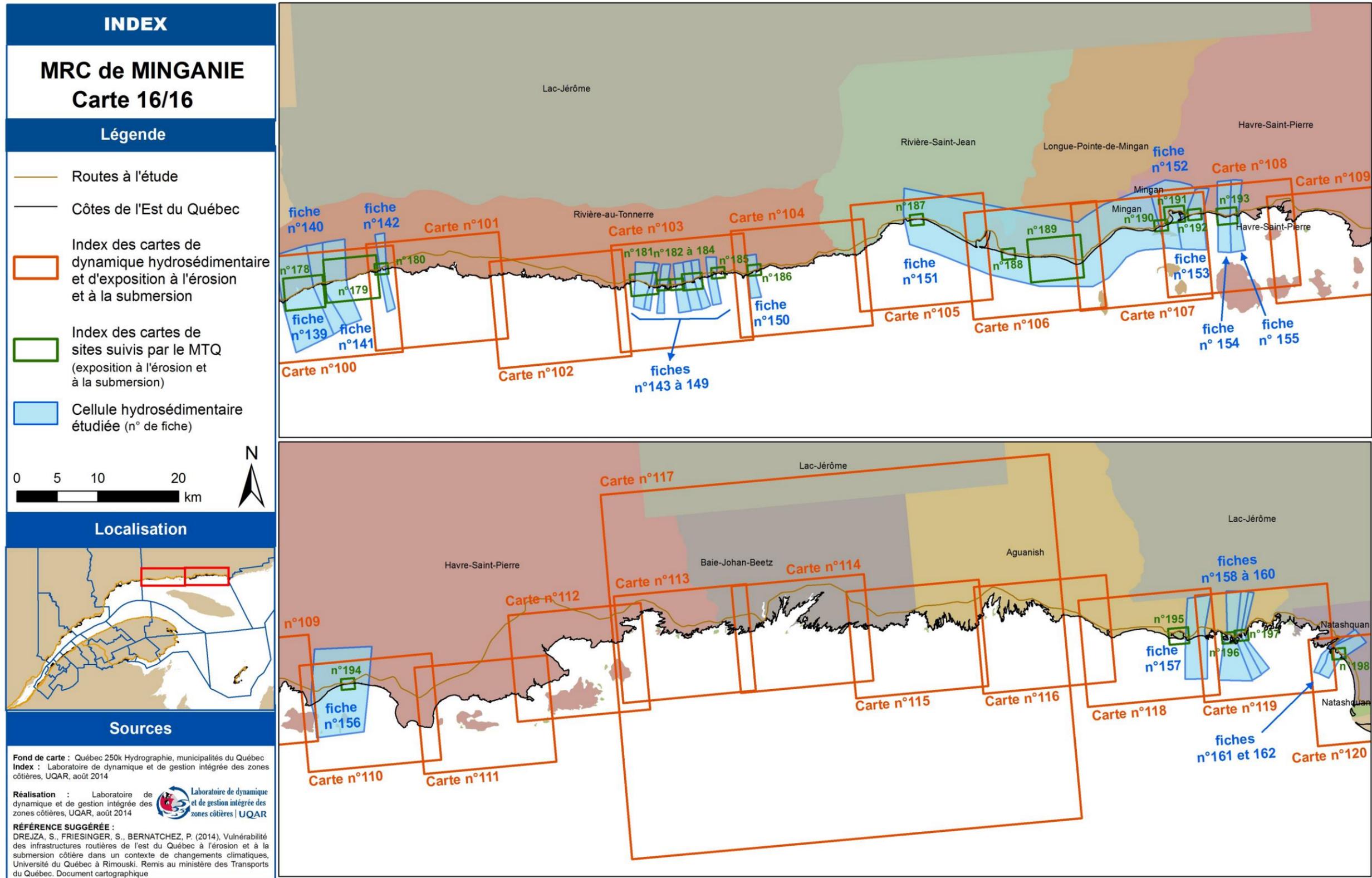






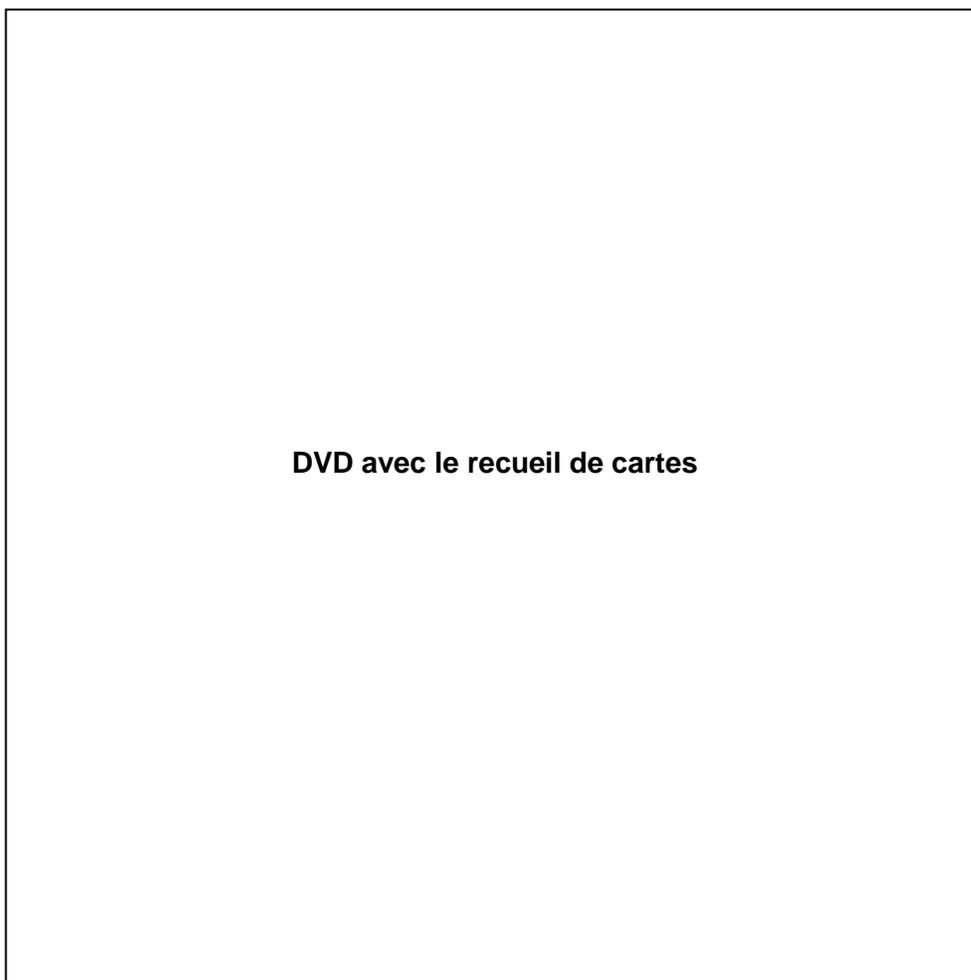






Annexe 3
Cartes de la dynamique hydrosédimentaire

Le tableau suivant présente la liste des 120 cartes de la dynamique hydrosédimentaire de l'Est du Québec qui sont incluses sur le DVD ci-dessous. Pour les localiser, se référer aux cartes de l'annexe 2.



Liste des cartes de la dynamique hydrosédimentaire

N° de la carte	Région	Localité et/ou élément de topographie	Échelle
1	Bas-Saint-Laurent	La Pocatière, Rivière-Ouelle	1:50 000
2	Bas-Saint-Laurent	Rivière-Ouelle, Saint-Denis	1:50 000
3	Bas-Saint-Laurent	Saint-Denis, Kamouraska	1:50 000
4	Bas-Saint-Laurent	Kamouraska, Saint-André	1:50 000
5	Bas-Saint-Laurent	Saint-André, Notre-Dame-du-Portage	1:50 000
6	Bas-Saint-Laurent	Notre-Dame-du-Portage, Rivière-du-Loup	1:50 000
7	Bas-Saint-Laurent	Cacouna	1:50 000
8	Bas-Saint-Laurent	Cacouna, L'Isle-Verte, Notre-Dame-des-Sept-Douleurs, île Verte	1:50 000
9	Bas-Saint-Laurent	Notre-Dame-des-Sept-Douleurs, île Verte	1:35 000
10	Bas-Saint-Laurent	L'Isle-Verte, Trois-Pistoles	1:50 000
11	Bas-Saint-Laurent	Trois-Pistoles, Saint-Simon	1:50 000
12	Bas-Saint-Laurent	Saint-Simon	1:50 000
13	Bas-Saint-Laurent	Saint-Fabien, Parc national du Bic	1:50 000
14	Bas-Saint-Laurent	Le Bic	1:50 000
15	Bas-Saint-Laurent	Rimouski	1:50 000
16	Bas-Saint-Laurent	Sainte-Luce	1:50 000
17	Bas-Saint-Laurent	Sainte-Flavie, Grand-Métis	1:50 000
18	Bas-Saint-Laurent	Grand-Métis, Métis-sur-Mer, Les Boules, Baie-des-Sables	1:50 000
19	Bas-Saint-Laurent	Baie-des-Sables, Saint-Ulric	1:50 000
20	Bas-Saint-Laurent	Saint-Ulric, Matane	1:50 000
21	Bas-Saint-Laurent	Matane, Petit-Matane	1:50 000
22	Bas-Saint-Laurent	Sainte-Félicité, Grosses-Roches	1:50 000
23	Bas-Saint-Laurent	Grosses-Roches, Les Méchins	1:50 000

VULNÉRABILITÉ DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES DE L'EST DU QUÉBEC À L'ÉROSION ET À LA
SUBMERSION CÔTIÈRE DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES – VOLUME I

N° de la carte	Région	Localité et/ou élément de topographie	Échelle
24	Bas-Saint-Laurent Gaspésie	Les Méchins, Capucins	1:50 000
25	Gaspésie	Capucins, Cap-Chat	1:50 000
26	Gaspésie	Cap-Chat, Sainte-Anne-des-Monts	1:50 000
27	Gaspésie	Sainte-Anne-des-Monts, Tourelle	1:50 000
28	Gaspésie	Cap-au-Renard, La Martre, Marsoui	1:50 000
29	Gaspésie	Marsoui, Ruisseau-à-Rebours, Rivière-à-Claude	1:50 000
30	Gaspésie	Rivière-à-Claude, Mont-Saint-Pierre, Mont-Louis	1:50 000
31	Gaspésie	Mont-Louis, L'Anse-Pleureuse, Gros-Morne	1:50 000
32	Gaspésie	Gros-Morne, Manche-d'Épée, Madeleine-Centre	1:50 000
33	Gaspésie	Rivière-la-Madeleine, Grande-Vallée	1:50 000
34	Gaspésie	Grande-Vallée, Petite-Vallée	1:50 000
35	Gaspésie	Cloridorme, Saint-Yvon	1:50 000
36	Gaspésie	Grand Étang, L'Anse-à-Valleau	1:50 000
37	Gaspésie	L'Anse-à-Valleau, Saint-Maurice-de-l'Échouerie, Rivière-au-Renard	1:50 000
38	Gaspésie	Rivière-au-Renard, L'Anse-aux-Griffons	1:50 000
39	Gaspésie	L'Anse-aux-Griffons, Cap-des-Rosiers	1:50 000
40	Gaspésie	Cap-des-Rosiers, Cap-aux-Os	1:50 000
41	Gaspésie	Cap-aux-Os, Penouille, Sandy-Beach	1:50 000
42	Gaspésie	Penouille, Fontenelle, Gaspé, Sandy-Beach	1:50 000
43	Gaspésie	Douglastown, Bois-Brûlé	1:50 000
44	Gaspésie	Bois-Brûlé, Saint-Georges-de-Malbaie, Belle- Anse	1:50 000
45	Gaspésie	Baie de Gaspé, Gaspé	1:120 000
46	Gaspésie	Belle-Anse, Barachois, Cannes-de-Roches, Percé	1:50 000

VULNÉRABILITÉ DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES DE L'EST DU QUÉBEC À L'ÉROSION ET À LA
SUBMERSION CÔTIÈRE DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES – VOLUME I

N° de la carte	Région	Localité et/ou élément de topographie	Échelle
47	Gaspésie	Percé, L'Anse-à-Beaufils	1:50 000
48	Gaspésie	Sainte-Thérèse-de-Gaspé, Grande-Rivière	1:50 000
49	Gaspésie	Grande-Rivière, Pabos, Chandler	1:50 000
50	Gaspésie	Pabos, Chandler, Pabos Mills, Newport Point, Newport	1:50 000
51	Gaspésie	Pabos Mills, Newport Point, Newport	1:50 000
52	Gaspésie	L'Anse-aux-Gascons, Port-Daniel	1:50 000
53	Gaspésie	Shigawake, Saint-Godefroi	1:50 000
54	Gaspésie	Shigawake, Saint-Godefroi, Paspebiac	1:50 000
55	Gaspésie	Paspebiac, New-Carlisle	1:50 000
56	Gaspésie	Bonaventure, Saint-Siméon-de-Bonaventure	1:50 000
57	Gaspésie	Caplan	1:50 000
58	Gaspésie	New-Richmond, Gesgapegiac, Maria	1:50 000
59	Gaspésie	Maria, Carleton	1:50 000
60	Gaspésie	Baie de Cascapedia, Carleton, Maria, Gegapegiac, New-Richmond	1:75 000
61	Gaspésie	Carleton, Saint-Omer	1:50 000
62	Gaspésie	Saint-Omer, Miguasha	1:50 000
63	Gaspésie	Escuminac, Pointe-à-la-Garde	1:50 000
64	Gaspésie	Pointe-à-la-Garde, Pointe-à-la-Croix, Campbellton	1:50 000
65	Îles-de-la-Madeleine	Île-d'Entrée, Havre-Aubert, Cap-aux-Meules, Havre-aux-Maisons	1:120 000
66	Îles-de-la-Madeleine	Havre-aux-Maisons, Grosse-Île, Grande-Entrée	1:120 000
67	Côte-Nord	Tadoussac	1:50 000
68	Côte-Nord	Grandes-Bergeronnes	1:50 000
69	Côte-Nord	Les Escoumins	1:50 000

VULNÉRABILITÉ DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES DE L'EST DU QUÉBEC À L'ÉROSION ET À LA
SUBMERSION CÔTIÈRE DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES – VOLUME I

N° de la carte	Région	Localité et/ou élément de topographie	Échelle
70	Côte-Nord	Petits-Escoumins	1:50 000
71	Côte-Nord	Portneuf-sur-Mer	1:50 000
72	Côte-Nord	Rivière du Sault aux Cochons	1:50 000
73	Côte-Nord	Saint-Marc-de-Latour	1:50 000
74	Côte-Nord	Colombier	1:50 000
75	Côte-Nord	Pessamit	1:50 000
76	Côte-Nord	Papinachois	1:50 000
77	Côte-Nord	Pointe-aux-Outardes	1:50 000
78	Côte-Nord	Pointe-Lebel	1:50 000
79	Côte-Nord	Rivière aux Outardes/rivière Manicouagan	1:100 000
80	Côte-Nord	Baie-Comeau	1:50 000
81	Côte-Nord	Franquelin	1:50 000
82	Côte-Nord	Rivière Saint-Nicolas	1:50 000
83	Côte-Nord	Godbout	1:50 000
84	Côte-Nord	Pointe des Montts	1:50 000
85	Côte-Nord	Baie-Trinité	1:50 000
86	Côte-Nord	Les Îlets-Caribou	1:50 000
87	Côte-Nord	Pointe-aux-Anglais	1:50 000
88	Côte-Nord	Rivière-Pentecôte	1:50 000
89	Côte-Nord	Baie-des-Homards	1:50 000
90	Côte-Nord	Rivière Vachon	1:50 000
91	Côte-Nord	Port-Cartier	1:50 000
92	Côte-Nord	Rivière-Brochu	1:50 000

VULNÉRABILITÉ DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES DE L'EST DU QUÉBEC À L'ÉROSION ET À LA
SUBMERSION CÔTIÈRE DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES – VOLUME I

N° de la carte	Région	Localité et/ou élément de topographie	Échelle
93	Côte-Nord	Val-Marguerite	1:50 000
94	Côte-Nord	Sept-Îles	1:50 000
95	Côte-Nord	Mani-Utenam	1:50 000
96	Côte-Nord	Rivière Moisie	1:50 000
97	Côte-Nord	Baie des Sept Îles	1:120 000
98	Côte-Nord	Baie Saint-Charles	1:50 000
99	Côte-Nord	Rivière Pigou	1:50 000
100	Côte-Nord	Rivière au Bouleau	1:50 000
101	Côte-Nord	Rivière Manitou	1:50 000
102	Côte-Nord	Rivière à la Chaloupe	1:50 000
103	Côte-Nord	Sheldrake	1:50 000
104	Côte-Nord	Jupitagon	1:50 000
105	Côte-Nord	Magpie	1:50 000
106	Côte-Nord	Longue-Pointe-de-Mingan	1:50 000
107	Côte-Nord	Mingan	1:50 000
108	Côte-Nord	Rivière Romaine	1:50 000
109	Côte-Nord	Pointe aux Morts	1:50 000
110	Côte-Nord	Havre-Saint-Pierre	1:50 000
111	Côte-Nord	Île Saint-Charles	1:50 000
112	Côte-Nord	Île à la Chasse	1:50 000
113	Côte-Nord	Baie de la Grande Hermine	1:50 000
114	Côte-Nord	Baie-Johan-Beetz	1:50 000
115	Côte-Nord	Baie Pontbriand	1:50 000

VULNÉRABILITÉ DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES DE L'EST DU QUÉBEC À L'ÉROSION ET À LA
SUBMERSION CÔTIÈRE DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES – VOLUME I

N° de la carte	Région	Localité et/ou élément de topographie	Échelle
116	Côte-Nord	Pointe Pashashibou	1:50 000
117	Côte-Nord	Unité de Baie-Johan-Beetz	1:170 000
118	Côte-Nord	Aguanish	1:50 000
119	Côte-Nord	L'Île-Michon	1:50 000
120	Côte-Nord	Natashquan	1:50 000

Annexe 4

Fiches d'analyse des cellules hydrosédimentaires

Ont été analysées ici seulement les 162 cellules hydrosédimentaires dans lesquelles les routes suivies se situent à proximité de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent, des portions de routes étaient suivies pour une problématique liée à l'érosion ou à la submersion. Si aucune route n'est prévue être exposée, la cellule n'est pas analysée (mais cela ne veut pas dire qu'aucune donnée n'existe). Le recueil de fiches se trouve sur le DVD à la page suivante, la liste détaillée dans le tableau situé aux pages suivantes et la localisation des cellules étudiées dans les cartes à l'annexe 2.

Chaque cellule a été décrite tant d'un point de vue physique (longueur, type de côte, état de la côte, artificialité, régime des marées, dynamique hydrosédimentaire, sources et réservoirs sédimentaires, plages), qu'humain (route à proximité, sites suivis, lieux habités) et analysée dans des fiches de 2 pages. Au besoin ont été intégrées des recommandations liées à la dynamique hydrosédimentaire. Ces fiches ont pour but de permettre une meilleure gestion par cellule hydrosédimentaire pour les projets actuels et à venir.

La figure 23 (pages 133-134 dans le texte) présente une fiche modèle avec les explications (fiche n°000). Une fiche type comprend :

- Carte de la cellule hydrosédimentaire
- Description sommaire des côtes de cette cellule (type, état...)
- Description des conditions physiques de la cellule (marées)
- Description des caractéristiques humaines de la cellule (municipalités, artificialité, structures portuaires...)
- Description des courants de dérive littorale
- Sources sédimentaires (avec taux d'érosion)
- Volumes/budgets et largeurs des plages
- Éventuellement recommandations

Dans la région du Bas-Saint-Laurent, 30 cellules ont été analysées, 61 cellules en Gaspésie, 12 cellules aux Îles-de-la-Madeleine et 59 cellules sur la Côte-Nord. Le tableau suivant présente toutes les cellules hydrosédimentaires qui ont été analysées ainsi que les éléments topographiques permettant de les localiser. Les fiches se trouvent sur le DVD ci-joint.

DVD avec le recueil de fiches

Liste des cellules hydrosédimentaires analysées dans les fiches

Numéro de la fiche	Région	Cellule hydrosédimentaire	Localité ou élément topographique	Numéro de carte de dynamique hydrosédimentaire correspondant
001	Bas-Saint-Laurent	de La Pocatière	Cap Martin, La Pocatière, Rivière-Ouelle	Dynamique hydrosédimentaire carte 1 - site suivi carte 1, 2 et 3
002	Bas-Saint-Laurent	du Cap au Diable	Kamouraska	Dynamique hydrosédimentaire carte 3
003	Bas-Saint-Laurent	du Quai Miller	Kamouraska	Dynamique hydrosédimentaire carte 3
004	Bas-Saint-Laurent	de Kamouraska	Kamouraska, Saint-Germain	Dynamique hydrosédimentaire carte 4
005	Bas-Saint-Laurent	de Pointe Sèche	Saint-Germain, Recul-à-Rankin	Dynamique hydrosédimentaire carte 4 – Site suivi carte 4
006	Bas-Saint-Laurent	de Saint-André	Saint-André	Dynamique hydrosédimentaire carte 5
007	Bas-Saint-Laurent	de Rivière-des-Caps	Notre-Dame-du-Portage	Dynamique hydrosédimentaire carte 5 – Site suivi carte 5
008	Bas-Saint-Laurent	de Saint-Patrice	Notre-Dame-du-Portage, Rivière-du-Loup	Dynamique hydrosédimentaire carte 6 – Site suivi carte 6 et 7
009	Bas-Saint-Laurent	de l'anse au Persil	Pointe-de-Rivière-du-Loup, L'Anse-au-Persil, Cacouna	Dynamique hydrosédimentaire carte 7
010	Bas-Saint-Laurent	de l'Anse de L'Isle-Verte	L'Isle-Verte-Ouest, L'Isle-Verte, Saint-Éloi-Station	Dynamique hydrosédimentaire cartes 8 à 10 – Site suivi carte 8
011	Bas-Saint-Laurent	de la rivière des Trois Pistoles	Rivière-Trois-Pistoles	Dynamique hydrosédimentaire carte 10
012	Bas-Saint-Laurent	des Grèves	Trois Pistoles, Grève-Morency, Grève-D'Amours	Dynamique hydrosédimentaire carte 10

Numéro de la fiche	Région	Cellule hydrosédimentaire	Localité ou élément topographique	Numéro de carte de dynamique hydrosédimentaire correspondant
013	Bas-Saint-Laurent	du Havre du Bic	Bic	Dynamique hydrosédimentaire carte 14 – Site suivi carte 9
014	Bas-Saint-Laurent	de la rivière Hâtée	Rivière-Hâtée	Dynamique hydrosédimentaire carte 14
015	Bas-Saint-Laurent	de la rade Saint-Barnabé	L'Anse-au-Sable, Rocher-Blanc, Rimouski, Rimouski-Est	Dynamique hydrosédimentaire carte 15 - Site suivi cartes 10 et 11
016	Bas-Saint-Laurent	unité de Rimouski-est	Rimouski-Est, Pointe-au-Père	Dynamique hydrosédimentaire carte 15 – Site suivi carte 12
017	Bas-Saint-Laurent	de Pointe-au-Père	Pointe-au-Père	Dynamique hydrosédimentaire carte 16
018	Bas-Saint-Laurent	Anse au Lard	Pointe-au-Père, Sainte-Luce	Dynamique hydrosédimentaire carte 16 – Site suivi carte 13
019	Bas-Saint-Laurent	de l'Anse aux Coques	Sainte-Luce, Sainte-Flavie	Dynamique hydrosédimentaire cartes 16 et 17 - Site suivi cartes 14, 15, 16 et 17
020	Bas-Saint-Laurent	de Sainte-Flavie	Sainte-Flavie	Dynamique hydrosédimentaire carte 17 - Site suivi cartes 18, 19 et 20
021	Bas-Saint-Laurent	de la baie Mitis	Grand-Métis. Pointe Leggatt	Dynamique hydrosédimentaire carte 17 – Site suivi carte 21
022	Bas-Saint-Laurent	du Casse-Pierre	Le Casse-Pierre	Dynamique hydrosédimentaire carte 18 – Site suivi carte 22
023	Bas-Saint-Laurent	de Métis-sur-Mer	Métis-sur-Mer, Les Boules, Plourde, Baie-des-Sables	Dynamique hydrosédimentaire carte 18 – Site suivi carte 23

Numéro de la fiche	Région	Cellule hydrosédimentaire	Localité ou élément topographique	Numéro de carte de dynamique hydrosédimentaire correspondant
024	Bas-Saint-Laurent	de la Tartigou	Baie-des-Sables, Tartigou, Saint-Ulric	Dynamique hydrosédimentaire carte 19 - Site suivi cartes 24, 25, 26, 27, 28, 29 et 30
025	Bas-Saint-Laurent	de Saint-Ulric et Matane-sur-Mer	Saint-Ulric, Matane-sur-Mer, Matane	Dynamique hydrosédimentaire carte 20 - Site suivi cartes 31, 32 et 33
026	Bas-Saint-Laurent	de Matane	Matane	Dynamique hydrosédimentaire carte 21 – Site suivi carte 34
027	Bas-Saint-Laurent	de Sainte-Félicité	Matane, Petit-Matane, Sainte-Félicité, Grosses-Roches	Dynamique hydrosédimentaire cartes 21 et 22 - Site suivi cartes 35, 36 et 37
028	Bas-Saint-Laurent	du Ruisseau à Sem	Grosses-Roches, Ruisseau-à-la-Loutre, Ruisseau-à-Sem, Les Méchins	Dynamique hydrosédimentaire carte 23
029	Bas-Saint-Laurent	de l'Anse des Méchins	Les Méchins	Dynamique hydrosédimentaire carte 24
030	Bas-Saint-Laurent et Gaspésie	des Petits Méchins	Petits Méchins	Dynamique hydrosédimentaire carte 24 – Site suivi carte 38
031	Gaspésie	des Capucins	Baie-des-Capucins, Capucins, Petits-Capucins, La Fonderie	Dynamique hydrosédimentaire carte 25 - Site suivi cartes 39
032	Gaspésie	de Saint-Norbert	Cap-Chat, Saint-Norbert	Dynamique hydrosédimentaire carte 25
033	Gaspésie	de la Pointe de Sainte-Anne-des-Monts	Cap-Chat, Cap-Chat-Est, Sainte-Anne-des-Monts	Dynamique hydrosédimentaire carte 26 - Site suivi cartes 40, 41, 42 et 43

VULNÉRABILITÉ DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES DE L'EST DU QUÉBEC À L'ÉROSION ET À LA
SUBMERSION CÔTIÈRE DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES – VOLUME I

Numéro de la fiche	Région	Cellule hydrosédimentaire	Localité ou élément topographique	Numéro de carte de dynamique hydrosédimentaire correspondant
034	Gaspésie	unité de Tourelle	Sainte-Anne-des-Monts, Mont-Albert, Ruisseau-à-Patates, L'Anse-de-l'Église, Tourelle, l'Anse-des-Quinze-Collets	Dynamique hydrosédimentaire carte 27, site suivi cartes 44
035	Gaspésie	de l'Anse des Quinze Collets	L'Anse-des-Quinze-Collets, Ruisseau-Castor	Dynamique hydrosédimentaire carte 27
036	Gaspésie	du Cap-au-Renard	Ruisseau-Castor, Cap-au-Renard	Dynamique hydrosédimentaire cartes 27 et 28 - Site suivi carte 45
037	Gaspésie	de la Martre	Cap-au-Renard, La Martre	Dynamique hydrosédimentaire carte 28 - Site suivi cartes 46, 47 et 48
038	Gaspésie	de Marsoui	Marsoui	Dynamique hydrosédimentaire cartes 28 et 28 - Site suivi carte 48
039	Gaspésie	de Ruisseau-à-Rebours	Marsoui, Ruisseau-à-Rebours	Dynamique hydrosédimentaire carte 29 – Site suivi carte 49
040	Gaspésie	de Rivière-à-Claude	Rivière-à-Claude, Le Bout-du-Banc	Dynamique hydrosédimentaire carte 29 et 30 - Site suivi cartes 50 et 51
041	Gaspésie	de Mont-Saint-Pierre	Mont-Saint-Pierre	Dynamique hydrosédimentaire carte 30 - Site suivi carte 52 et 53
042	Gaspésie	de l'Anse de Mont-Louis	Mont-Louis	Dynamique hydrosédimentaire carte 30 – Site suivi carte 54

Numéro de la fiche	Région	Cellule hydrosédimentaire	Localité ou élément topographique	Numéro de carte de dynamique hydrosédimentaire correspondant
043	Gaspésie	de l'Anse-Pleureuse	Mont-Louis, Ruisseau-des-Olives, L'Anse-Pleureuse, Les Côtes-du-Portage, Gros-Morne	Dynamique hydrosédimentaire carte 31 - Site suivi cartes 55, 56, 57 et 58
044	Gaspésie	de Rivière Madeleine	Manche-d'Épée, Madeleine-Centre, Rivière-la-Madeleine	Dynamique hydrosédimentaire carte 32 et 33 - Site suivi carte 58 et 59
045	Gaspésie	de la Grande Anse	Rivière-la-Madeleine, Grande-Vallée	Dynamique hydrosédimentaire carte 33
046	Gaspésie	de l'anse de Grande-Vallée	Grande-Vallée	Dynamique hydrosédimentaire carte 34
047	Gaspésie	de Petite Vallée	Le Tas-de-Bran-de-Scie, Petite-Vallée	Dynamique hydrosédimentaire carte 34 – Site suivi carte 60
048	Gaspésie	de Pointe-à-la-Frégate	Petite-Vallée, Pointe-à-la-Frégate, L'Anse-aux-Canons, Petite-Anse, Cloridorme-Ouest	Dynamique hydrosédimentaire carte 34 et 35 - Site suivi carte 61
049	Gaspésie	de Cloridorme et Saint-Yvon	Cloridorme-Ouest, Cloridorme, Saint-Yvon	Dynamique hydrosédimentaire carte 35 - Site suivi carte 62 et 63
050	Gaspésie	de Grand-Étang	Grand-Étang	Dynamique hydrosédimentaire carte 35 – Site suivi carte 64
051	Gaspésie	de Pointe-à-la-Renommée	Ruisseau-à-l'Ail, Pointe-à-la-Renommée, L'Anse-à-Valleau	Dynamique hydrosédimentaire carte 36

Numéro de la fiche	Région	Cellule hydrosédimentaire	Localité ou élément topographique	Numéro de carte de dynamique hydrosédimentaire correspondant
052	Gaspésie	de l'Anse-à-Valleau	L'Anse-à-Valleau, Pointe-Jaune	Dynamique hydrosédimentaire carte 37
053	Gaspésie	de Saint-Maurice-de-L'Échouerie	Pointe-Jaune, Saint-Maurice-de-l'Échouerie	Dynamique hydrosédimentaire carte 37
054	Gaspésie	de Petit-Cap	Petit-Cap, Petite-Rivière-au-Renard	Dynamique hydrosédimentaire carte 37 – Site suivi carte 65
055	Gaspésie	de l'Anse de la rivière-au-Renard	Rivière-au-Renard-Ouest, Rivière-au-Renard	Dynamique hydrosédimentaire carte 38
056	Gaspésie	de l'Anse à Fugère	Rivière-au-Renard, L'Anse-à-Fugère, Trait-Carré, L'Anse-au-Griffon-Nord	Dynamique hydrosédimentaire carte 38 - Site suivi cartes 66 et 67
057	Gaspésie	de Jersey Cove	L'Anse-au-Griffon, Les Trois-Ruisseaux, Jersey Cove, Cap-des-Rosiers	Dynamique hydrosédimentaire carte 39 - Site suivi cartes 68 et 69
058	Gaspésie	de Cap des Rosiers	Cap-des-Rosiers	Dynamique hydrosédimentaire carte 39 – Site suivi carte 69
059	Gaspésie	de Cap-aux-Os	D'Aiguillon, Petit-Gaspé	Dynamique hydrosédimentaire carte 41
060	Gaspésie	de Penouille	Cap-aux-Os, Petit-Cap-aux-Os, Penouille, Farewell Cove	Dynamique hydrosédimentaire carte 41 et 42 - Site suivi carte 70

VULNÉRABILITÉ DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES DE L'EST DU QUÉBEC À L'ÉROSION ET À LA
SUBMERSION CÔTIÈRE DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES – VOLUME I

Numéro de la fiche	Région	Cellule hydrosédimentaire	Localité ou élément topographique	Numéro de carte de dynamique hydrosédimentaire correspondant
061	Gaspésie	de l'estuaire de la Dartmouth	Rose Bridge, Fontenelle, Pointe-Navarre, L'Anse-aux-Cousins	Dynamique hydrosédimentaire carte 42 - Site suivi cartes 71, 72, 73 et 74
062	Gaspésie	de Gaspé	Gaspé	Dynamique hydrosédimentaire carte 42
063	Gaspésie	de Sandy Beach	Gaspé Harbour, Sandy Beach	Dynamique hydrosédimentaire carte 42 et 43
064	Gaspésie	de Douglastown	Haldimand, Douglastown, Seal Cove, L'Anse-à-Brillant, Bois-Brûlé	Dynamique hydrosédimentaire carte 43 – Site suivi carte 75
065	Gaspésie	de Prével	Bois-Brûlé, Prével	Dynamique hydrosédimentaire carte 44
066	Gaspésie	de la tête de l'Indien	Percé (entre Saint-Georges-de-Malbaie et Pointe-Saint-Pierre)	Dynamique hydrosédimentaire carte 44 – Site suivi carte 76
067	Gaspésie	de l'anse de Mal-Bay	Mal-Bay, Pointe-Saint-Pierre	Dynamique hydrosédimentaire carte 46 – Site suivi carte 77
068	Gaspésie	Cellule de la baie de la Malbaie	Mal-Bay, Belle-Anse, Barachois, Bridgeville, Coin-du-Banc, Cannes-de-Roches	Dynamique hydrosédimentaire carte 46 - Site suivi cartes 78 et 79
069	Gaspésie	de Cap Rouge	L'Anse-à-Beaufils, Weygand, White-Head-Percé	Dynamique hydrosédimentaire carte 47 - Site suivi carte 80 et 81

VULNÉRABILITÉ DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES DE L'EST DU QUÉBEC À L'ÉROSION ET À LA
SUBMERSION CÔTIÈRE DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES – VOLUME I

Numéro de la fiche	Région	Cellule hydrosédimentaire	Localité ou élément topographique	Numéro de carte de dynamique hydrosédimentaire correspondant
070	Gaspésie	de l'anse du Cap	L'Anse-à-Beaufils, Cape Cove, Cap-d'Espoir	Dynamique hydrosédimentaire carte 47 – Site suivi carte 82
071	Gaspésie	de la Montée	La Montée, Sainte-Thérèse-de-Gaspé-Station, Petite-Rivière-Est	Dynamique hydrosédimentaire carte 48
072	Gaspésie	de l'Anse au Loup	Grande-Rivière, Ligny-Saint-Flochel, Brèche-à-Manon, Sainte-Thérèse-de-Gaspé, Le Plain, Petite-Rivière-Est	Dynamique hydrosédimentaire carte 48
073	Gaspésie	Unité de Pabos	Grand-Pabos, Pabos, Sainte-Adélaïde-de-Pabos, Petit-Pabos, Petite-Rivière-Ouest, Grande-Rivière-Ouest,	Dynamique hydrosédimentaire carte 49 - Site suivi cartes 83, 84, 85 et 86
074	Gaspésie	de Pabos Mills	Pabos Mills, L'Anse-aux-Canards, Newport-Point	Dynamique hydrosédimentaire carte 50
075	Gaspésie	de l'anse de Newport	Newport Point, Newport, Newport Centre	Dynamique hydrosédimentaire carte 51 - Site suivi cartes 87 et 88
076	Gaspésie	des Îlots de Newport	Les Îlots-de-Newport, Newport-Ouest	Dynamique hydrosédimentaire carte 51 – Site suivi carte 89
077	Gaspésie	de l'anse à Pierre-Loiselle	Gascon-Est	Dynamique hydrosédimentaire carte 52 – Site suivi carte 90
078	Gaspésie	de la baie de Port-Daniel	Port-Daniel-Centre, Port-Daniel, Port-Daniel-Est, L'Anse-McInnes	Dynamique hydrosédimentaire carte 52 - Site suivi cartes 91 et 92

VULNÉRABILITÉ DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES DE L'EST DU QUÉBEC À L'ÉROSION ET À LA
SUBMERSION CÔTIÈRE DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES – VOLUME I

Numéro de la fiche	Région	Cellule hydrosédimentaire	Localité ou élément topographique	Numéro de carte de dynamique hydrosédimentaire correspondant
079	Gaspésie	Shigawake	Shigawake, Shagawake-Est, Marcil	Dynamique hydrosédimentaire carte 53 – Site suivi carte 93
080	Gaspésie	de Saint-Godefroi	Saint Godefroi, Shigawake	Dynamique hydrosédimentaire carte 53 - Site suivi cartes 94 et 95
081	Gaspésie	de Hope-Town	Paspebiac-Est, Hope Town, Gignac, Saint-Godefroy	Dynamique hydrosédimentaire carte 54 - Site suivi cartes 96 et 97
082	Gaspésie	de Bonaventure est/New-Carlisle	Bonaventure-Est, Fauvel, New-Carlisle-Ouest, New-Carlisle, New-Carlisle-Est	Dynamique hydrosédimentaire carte 55 et 56 - Site suivi cartes 98 et 99
083	Gaspésie	de Bonaventure	Bonaventure	Dynamique hydrosédimentaire carte 56 - Site suivi cartes 100 et 101
084	Gaspésie	de Saint-Siméon	Saint-Siméon-Ouest, Saint-Siméon-de-Bonaventure, Saint-Siméon-Est	Dynamique hydrosédimentaire carte 56 - Site suivi carte 102
085	Gaspésie	de Ruisseau Leblanc	Ruisseau-Leblanc, Robichaud, Caplan	Dynamique hydrosédimentaire carte 57 - Site suivi carte 103
086	Gaspésie	de Maria/Gesgapegiac	Maria, Clapperton, Gagné, Gesgapegiac	Dynamique hydrosédimentaire carte 58, 59 et 60 - Site suivi carte 104
087	Gaspésie	du ruisseau de l'Éperlan	Carleton-Centre	Dynamique hydrosédimentaire carte 61 - Site suivi carte 105

VULNÉRABILITÉ DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES DE L'EST DU QUÉBEC À L'ÉROSION ET À LA
SUBMERSION CÔTIÈRE DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES – VOLUME I

Numéro de la fiche	Région	Cellule hydrosédimentaire	Localité ou élément topographique	Numéro de carte de dynamique hydrosédimentaire correspondant
088	Gaspésie	de Nouvelle/Saint-Omer	Saint-Omer, Miguasha	Dynamique hydrosédimentaire carte 61 - Site suivi carte 106 et 107
089	Gaspésie	d'Escuminac Flat	Escuminac Flats, Pointe d'Escuminac	Dynamique hydrosédimentaire carte 63 - Site suivi carte 108
090	Gaspésie	de Pointe-à-la-Garde	Escuminac, Pointe à la Garde, Pointe d'Escuminac	Dynamique hydrosédimentaire carte 63
091	Gaspésie	Unité de l'embouchure de la rivière Ristigouche	Pointe-à-la-Croix, Cross Point Station, Oak Bay	Dynamique hydrosédimentaire carte 64
092	Îles-de-la-Madeleine	de l'Anse à la Cabane	port de Millerand, anse à la Cabane	Dynamique hydrosédimentaire carte 65
093	Îles-de-la-Madeleine	du Havre Aubert	La Grève, port de Havre-Aubert	Dynamique hydrosédimentaire carte 65 - Site suivi carte 109
094	Îles-de-la-Madeleine	de la Pointe Shea et Poux	port de Havre-Aubert, point aux Poux	Dynamique hydrosédimentaire carte 65 - Site suivi carte 109
095	Îles-de-la-Madeleine	de l'Anse à Painchaud	La Grave	Dynamique hydrosédimentaire carte 65 - Site suivi carte 109
096	Îles-de-la-Madeleine	de la baie de Plaisance	La Martinique, Chemin de la baie de Plaisance	Dynamique hydrosédimentaire carte 65 - Site suivi cartes 110 et 111

VULNÉRABILITÉ DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES DE L'EST DU QUÉBEC À L'ÉROSION ET À LA
SUBMERSION CÔTIÈRE DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES – VOLUME I

Numéro de la fiche	Région	Cellule hydrosédimentaire	Localité ou élément topographique	Numéro de carte de dynamique hydrosédimentaire correspondant
097	Îles-de-la-Madeleine	de l'Anse aux Étangs	Chemin des chalets, Gros Cap, La Martinique	Dynamique hydrosédimentaire carte 65
098	Îles-de-la-Madeleine	de la Digue	La Digue, port de Cap-aux-Meules	Dynamique hydrosédimentaire carte 65 - Site suivi carte 112
099	Îles-de-la-Madeleine	de la Pointe	La Pointe	Dynamique hydrosédimentaire carte 65 - Site suivi carte 113
100	Îles-de-la-Madeleine	de Fatima	Pointe-aux-Loups, Havre de pêche de Pointe-aux-Loups	Dynamique hydrosédimentaire carte 66 - Site suivi cartes 114 et 115
101	Îles-de-la-Madeleine	de la pointe aux Loups	Pointe-aux-Loups, plage de la Dune du Nord, Le P'tit Brick, plage de la Pointe aux Loups	Dynamique hydrosédimentaire carte 66 - Site suivi cartes 116, 118 et 119
102	Îles-de-la-Madeleine	de la baie Seacow	Old-Harry, baie Seacow, pointe Old-Harry	Dynamique hydrosédimentaire carte 66 - Site suivi carte 122
103	Îles-de-la-Madeleine	de la Pointe de la Grande Entrée	Dune de la pointe, Pointe de la Grande Entrée, Havre de Pêche de Grande-Entrée	Dynamique hydrosédimentaire carte 66
104	Côte-Nord	de la rivière aux Escoumins	Les Escoumins	Dynamique hydrosédimentaire carte 69, Site suivi carte 125
105	Côte-Nord	de la grande batture des Escoumins	Les Escoumins	Dynamique hydrosédimentaire carte 69, Site suivi carte 126

Numéro de la fiche	Région	Cellule hydrosédimentaire	Localité ou élément topographique	Numéro de carte de dynamique hydrosédimentaire correspondant
106	Côte-Nord	des îles Penchées	Les Escoumins	Dynamique hydrosédimentaire carte 69, Site suivi carte 127
107	Côte-Nord	est des îles Penchées	Les Escoumins	Dynamique hydrosédimentaire carte 69, Site suivi carte 128
108	Côte-Nord	de l'anse à Thibault	Les Escoumins, Petits-Escoumins, anse à Thibault	Dynamique hydrosédimentaire carte 69, Site suivi carte 128-129
109	Côte-Nord	baie des Bacon	Petits-Escoumins, baie des Bacons	Dynamique hydrosédimentaire carte 70, Site suivi carte 131
110	Côte-Nord	de la pointe à Boisvert	Saint-Paul-du-Nord, Portneuf-sur-mer, rivière Portneuf	Dynamique hydrosédimentaire carte 71 - Site suivi carte 132, 133, 134.
111	Côte-Nord	de la baie des Chevaux	Forestville, rivière Laval	Dynamique hydrosédimentaire carte 73 - Site suivi carte 135
112	Côte-Nord	de la baie Blanche	Rivière Blanche	Dynamique hydrosédimentaire carte 73 - Site suivi carte 136
113	Côte-Nord	de l'anse à Norbert	Colombier, anse à Norbert	Dynamique hydrosédimentaire carte 74 - Site suivi carte 137
114	Côte-Nord	de la baie des îlets Jérémie	Îlets Jérémie, Colombier	Dynamique hydrosédimentaire carte 74 - Site suivi carte 138

Numéro de la fiche	Région	Cellule hydrosédimentaire	Localité ou élément topographique	Numéro de carte de dynamique hydrosédimentaire correspondant
115	Côte-Nord	du banc des Blancs	Pessamit, rivière Betsiamites, pointe à Michel	Dynamique hydrosédimentaire carte 75 - Site suivi carte 139
116	Côte-Nord	de Pessamit	Pessamit, rivière Betsiamites, pointe à Michel	Dynamique hydrosédimentaire carte 75 - Site suivi carte 139
117	Côte-Nord	unité de la baie Barthelemy	rivière Barthélemy, Pessamit	Dynamique hydrosédimentaire carte 76 - Site suivi carte 140
118	Côte-Nord	de la pointe Arthur	rivière aux Rosiers, Pessamit	Dynamique hydrosédimentaire carte 76 - Site suivi carte 141
119	Côte-Nord	de la baie Verte	rivière aux Rosiers	Dynamique hydrosédimentaire carte 76 - Site suivi carte 141
120	Côte-Nord	de la baie du Père-Georges	rivière aux Rosiers	Dynamique hydrosédimentaire carte 76 - Site suivi carte 141
121	Côte-Nord	de la baie à Chouinard	Ragueneau, baie à Chouinard	Dynamique hydrosédimentaire carte 76 - Site suivi carte 142
122	Côte-Nord	unité de Ragueneau	Ragueneau, Chutes-aux-Outardes, rivière aux Outardes	Dynamique hydrosédimentaire carte 76 et 77, Site suivi carte 143
123	Côte-Nord	unité ouest du rocher Mistassini	Franquelin	Dynamique hydrosédimentaire carte 81 - Site suivi carte 152-153

Numéro de la fiche	Région	Cellule hydrosédimentaire	Localité ou élément topographique	Numéro de carte de dynamique hydrosédimentaire correspondant
124	Côte-Nord	de la pointe Mistassini	Franquelin, pointe Mistassini	Dynamique hydrosédimentaire carte 81 - Site suivi carte 154
125	Côte-Nord	de Franquelin	Franquelin, pointe Mistassini	Dynamique hydrosédimentaire carte 81 - Site suivi carte 155
126	Côte-Nord	est de Franquelin	Franquelin, rivière Franquelin	Dynamique hydrosédimentaire carte 81 - Site suivi carte 155
127	Côte-Nord	de la rivière Saint-Nicolas	Franquelin, rivière Saint-Nicolas	Dynamique hydrosédimentaire carte 82 - Site suivi carte 156
128	Côte-Nord	est de la rivière Saint-Nicolas	Franquelin, rivière Saint-Nicolas	Dynamique hydrosédimentaire carte 82 - Site suivi carte 157
129	Côte-Nord	de Baie-Trinité	Baie-Trinité, rivière de la Trinité	Dynamique hydrosédimentaire carte 85 - Site suivi carte 159
130	Côte-Nord	ouest de l'île à la Croix	Baie-Trinité	Dynamique hydrosédimentaire carte 85 - Site suivi carte 160
131	Côte-Nord	de la baie du Petit-Mai	Baie-Trinité	Dynamique hydrosédimentaire carte 85 - Site suivi carte 161
132	Côte-Nord	de la baie des Chouinard	Baie-Trinité, baie des Chouinard	Dynamique hydrosédimentaire carte 85 - Site suivi carte 162

Numéro de la fiche	Région	Cellule hydrosédimentaire	Localité ou élément topographique	Numéro de carte de dynamique hydrosédimentaire correspondant
133	Côte-Nord	de l'anse des îlets Caribou	Baie-Trinité, Les Îlets-Caribou	Dynamique hydrosédimentaire carte 85 - Site suivi carte 163
134	Côte-Nord	de la Caye du Brick	Baie-Trinité, Les Îlets-Caribou	Dynamique hydrosédimentaire carte 85 - Site suivi carte 163
135	Côte-Nord	de la pointe aux Anglais	Pointe aux Anglais, rivière Pentecôte	Dynamique hydrosédimentaire carte 86-87-88 - Site suivi cartes 164 à 171
136	Côte-Nord	unité de la grande anse	Port-Cartier	Dynamique hydrosédimentaire carte 90 - Site suivi carte 172
137	Côte-Nord	de la baie de Sept-Îles	Sept-îles, rivière du Poste	Dynamique hydrosédimentaire cartes 94 et 97 - Site suivi cartes 173 à 176
138	Côte-Nord	de l'île de l'Échouerie à Loups Marins	Sept-îles	Dynamique hydrosédimentaire carte 98 - Site suivi carte 177
139	Côte-Nord	de la rivière au Bouleau	rivière au Bouleau	Dynamique hydrosédimentaire carte 100 - Site suivi carte 178
140	Côte-Nord	du ruisseau de l'île Jésus	rivière au Bouleau	Dynamique hydrosédimentaire carte 100 - Site suivi carte 178
141	Côte-Nord	du Sault Plat	rivière du Sault Plat	Dynamique hydrosédimentaire carte 100 - Site suivi carte 178

Numéro de la fiche	Région	Cellule hydrosédimentaire	Localité ou élément topographique	Numéro de carte de dynamique hydrosédimentaire correspondant
142	Côte-Nord	de l'anse à Glaise	rivière Tortue	Dynamique hydrosédimentaire carte 101 - Site suivi carte 179-180
143	Côte-Nord	de la rivière Sheldrake	rivière Sheldrake	Dynamique hydrosédimentaire carte 103 - Site suivi carte 181
144	Côte-Nord	de l'anse à Ernest	Sheldrake	Dynamique hydrosédimentaire carte 103 - Site suivi carte 181
145	Côte-Nord	du havre à Couture	rivière Couture	Dynamique hydrosédimentaire carte 103 - Site suivi carte 182
146	Côte-Nord	des petites sept-îles	Rivière-au-Tonnerre	Dynamique hydrosédimentaire carte 103 - Site suivi carte 183
147	Côte-Nord	de l'anse du Portage	Rivière-au-Tonnerre	Dynamique hydrosédimentaire carte 103 - Site suivi carte 184
148	Côte-Nord	de l'anse à Pierre-Francis	Rivière-au-Tonnerre	Dynamique hydrosédimentaire carte 103 - Site suivi carte 184
149	Côte-Nord	de l'anse à François	Rivière-au-Tonnerre	Dynamique hydrosédimentaire carte 103 - Site suivi carte 185
150	Côte-Nord	de Le Virant	Rivière-au-Tonnerre	Dynamique hydrosédimentaire carte 104 - Site suivi carte 186

Numéro de la fiche	Région	Cellule hydrosédimentaire	Localité ou élément topographique	Numéro de carte de dynamique hydrosédimentaire correspondant
151	Côte-Nord	de Longue-Pointe-de-Mingan	Rivière Magpie, rivière Saint-Jean, Longue-Pointe-de-Mingan	Dynamique hydrosédimentaire cartes 105, 106 et 107 - Site suivi carte 187 à 189
152	Côte-Nord	de la rivière Mingan	Mingan, Ekuanitshit, rivière Mingan	Dynamique hydrosédimentaire carte 107 - Site suivi cartes 190-191
153	Côte-Nord	est de la rivière Mingan	rivière Mingan	Dynamique hydrosédimentaire carte 108 - Site suivi carte 192
154	Côte-Nord	ouest de la pointe Butler	Pointe Butler	Dynamique hydrosédimentaire carte 108 - Site suivi carte 193
155	Côte-Nord	de la pointe Butler	Pointe Butler	Dynamique hydrosédimentaire carte 108 - Site suivi carte 193
156	Côte-Nord	des Caps Blancs	Havre-Saint-Pierre	Dynamique hydrosédimentaire carte 110 - Site suivi carte 194
157	Côte-Nord	de Aguanish	Aguanish, rivière Aguanish	Dynamique hydrosédimentaire carte 118 - Site suivi carte 195
158	Côte-Nord	de la baie Washtawouka	Baie Washtawouka, Aguanish	Dynamique hydrosédimentaire carte 119 Site suivi carte 196
159	Côte-Nord	est de la baie Washtawouka	Baie Washtawouka, Aguanish	Dynamique hydrosédimentaire carte 119 Site suivi carte 197

VULNÉRABILITÉ DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES DE L'EST DU QUÉBEC À L'ÉROSION ET À LA
SUBMERSION CÔTIÈRE DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES – VOLUME I

Numéro de la fiche	Région	Cellule hydrosédimentaire	Localité ou élément topographique	Numéro de carte de dynamique hydrosédimentaire correspondant
160	Côte-Nord	de l'anse à John	Baie Washtawouka, Aguanish	Dynamique hydrosédimentaire carte 119, Site suivi carte 197
161	Côte-Nord	du havre de Natashquan	petite rivière Natashquan	Dynamique hydrosédimentaire carte 120
162	Côte-Nord	de la petite rivière Natashquan	petite rivière Natashquan, Natashquan	Dynamique hydrosédimentaire carte 120 Site suivi carte 198

Annexe 5

Cartes d'exposition à l'érosion et à la submersion

Deux séries de cartes ont été réalisées, l'une pour l'exposition des routes à l'érosion et l'autre pour l'exposition des routes à la submersion. Les cartes d'exposition à l'érosion et à la submersion suivent le même index que les cartes de la série sur la dynamique hydrosédimentaire dont l'on retrouve l'index à l'annexe 2 et la liste à l'annexe 3. Les cartes se trouvent dans le recueil de cartes qui se trouve sur le DVD ci-dessous. Pour leur localisation, se référer à l'annexe 2.

Pour les cartes des Îles-de-la-Madeleine, pour lesquelles une exposition à l'érosion a été calculée tant à l'extérieur de l'archipel qu'à l'intérieur des lagunes, deux cartes d'érosion sont présentées. Les cartes 65-A et 66-A présentent l'exposition à l'érosion au niveau de la côte extérieure et les cartes 65-B et 66-B à l'érosion au niveau de la côte intérieure.

DVD avec le recueil de cartes

Annexe 6

Cartes d'exposition des sites suivis par le MTQ

Les sites suivis par le ministère des Transports du Québec ont été cartographiés à une échelle plus précise afin de permettre d'avoir une meilleure appréciation du degré d'exposition à l'érosion et à la submersion de tous les points de mesure de la route (à chaque 20 m). Un total de 198 cartes des sites suivis ont été réalisées pour chacun des aléas. Elles sont réalisées à une échelle plus précise que les cartes de l'Est du Québec. Les cartes se trouvent dans le recueil de cartes qui se trouve sur le DVD ci-après, la liste détaillée dans le tableau aux pages suivantes et l'index à l'annexe 2.

Pour les cartes des Îles-de-la-Madeleine, pour lesquelles une exposition à l'érosion a été calculée tant à l'extérieur de l'archipel qu'à l'intérieur des lagunes, deux cartes d'érosion sont présentées. Les cartes 109-A à 121-A présentent l'exposition à l'érosion extérieure et les cartes 109-B à 121-B l'exposition à l'érosion intérieure.

DVD avec le recueil de cartes

Liste des cartes d'exposition des sites suivis

N° de la carte	Région	Localité	N° de carte général	Route	N° du (des) site(s) suivi par le MTQ	Échelle
1	Bas-Saint-Laurent	Sainte-Anne-de-la-Pocatière	Carte 1	autoroute 20	H0101	1:7 500
2	Bas-Saint-Laurent	La Pocatière	Carte 1	autoroute 20	H0201	1:5 000
3	Bas-Saint-Laurent	La Pocatière	Carte 1	autoroute 20	H0202	1:5 000
4	Bas-Saint-Laurent	Saint-Germain	Carte 4	route 132	H0501 et H0502	1:5 000
5	Bas-Saint-Laurent	Notre-Dame-du-Portage	Carte 5	route 132	G0101	1:5 000
6	Bas-Saint-Laurent	Notre-Dame-du-Portage	Carte 6	route 132	G0102	1:5 000
7	Bas-Saint-Laurent	Rivière-du-Loup	Carte 6	autoroute 20	G0201	1:12 500
8	Bas-Saint-Laurent	L'Isle-verte	Carte 10	route 132	G0401	1:10 000
9	Bas-Saint-Laurent	Le Bic	Carte 14	route 132	E0201	1:7 500
10	Bas-Saint-Laurent	Rimouski	Carte 15	route 132	E0301	1:7 500
11	Bas-Saint-Laurent	Rimouski	Carte 15	route 132	E0302	1:5 000
12	Bas-Saint-Laurent	Rimouski	Carte 15	route 132	E0303	1:5 000
13	Bas-Saint-Laurent	Rimouski	Carte 16	route 132	E0304	1:5 000
14	Bas-Saint-Laurent	Sainte-Luce	Carte 16	route 132	E0401	1:5 000
15	Bas-Saint-Laurent	Sainte-Luce	Carte 16	route 132	E0402	1:5 000
16	Bas-Saint-Laurent	Sainte-Luce - Sainte-Flavie	Carte 16	route 132	E0501	1:5 000
17	Bas-Saint-Laurent	Sainte-Flavie	Carte 17	route 132	E0502 et E0503	1:5 000
18	Bas-Saint-Laurent	Sainte-Flavie	Carte 17	route 132	E0504	1:5 000
19	Bas-Saint-Laurent	Sainte-Flavie	Carte 17	route 132	E0505	1:7 500
20	Bas-Saint-Laurent	Sainte-Flavie	Carte 17	route 132	E0506	1:5 000
21	Bas-Saint-Laurent	Grand-Métis	Carte 17	route 132	E0701	1:5 000
22	Bas-Saint-Laurent	Métis-sur-Mer	Carte 18	route 132	E0801	1:5 000
23	Bas-Saint-Laurent	Métis-sur-Mer	Carte 18	route 132	E0802	1:5 000
24	Bas-Saint-Laurent	Baie-des-Sables	Carte 18	route 132	D0100 et D0101	1:5 000
25	Bas-Saint-Laurent	Baie-des-Sables	Carte 19	route 132	D0102 et D0106	1:5 000

VULNÉRABILITÉ DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES DE L'EST DU QUÉBEC À L'ÉROSION ET À LA
SUBMERSION CÔTIÈRE DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES – VOLUME I

N° de la carte	Région	Localité	N° de carte général	Route	N° du (des) site(s) suivi par le MTQ	Échelle
26	Bas-Saint-Laurent	Baie-des-Sables	Carte 19	route 132	D0104	1:5 000
27	Bas-Saint-Laurent	Baie-des-Sables et Saint-Ulric	Carte 19	route 132	D0105	1:5 000
28	Bas-Saint-Laurent	Saint-Ulric	Carte 19	route 132	D0201	1:5 000
29	Bas-Saint-Laurent	Saint-Ulric	Carte 19	route 132	D0202	1:5 000
30	Bas-Saint-Laurent	Saint-Ulric	Carte 19	route 132	D0203 et D0204	1:5 000
31	Bas-Saint-Laurent	Saint-Ulric	Carte 20	route 132	D0205	1:5 000
32	Bas-Saint-Laurent	Saint-Ulric	Carte 20	route 132	D0206	1:5 000
33	Bas-Saint-Laurent	Saint-Ulric	Carte 20	route 132	D0207	1:5 000
34	Bas-Saint-Laurent	Matane	Carte 20	route 132	D0301	1:5 000
35	Bas-Saint-Laurent	Matane	Carte 21	route 132	D0302	1:5 000
36	Bas-Saint-Laurent	Sainte-Félicité	Carte 22	route 132	D0401	1:5 000
37	Bas-Saint-Laurent	Sainte-Félicité	Carte 22	route 132	D0402	1:5 000
38	Bas-Saint-Laurent	Les Méchins	Carte 24	route 132	D0601	1:5 000
39	Gaspésie	Cap-Chat (Capucins)	Carte 25	route 132	C0102	1:5 000
40	Gaspésie	Cap-Chat	Carte 25	route 132	C0103	1:5 000
41	Gaspésie	Cap-Chat	Carte 26	route 132	C0104	1:5 000
42	Gaspésie	Sainte-Anne-des-Monts	Carte 26	route 132	C0201	1:5 000
43	Gaspésie	Sainte-Anne-des-Monts	Carte 26	route 132	C0202 et C0205	1:5 000
44	Gaspésie	Sainte-Anne-des-Monts (Tourelle)	Carte 27	route 132	C0206	1:5 000
45	Gaspésie	Sainte-Anne-des-Monts - La Martre	cartes 27 et 28	route 132	C0301	1:20 000
46	Gaspésie	La Martre (Cap-au-Renard)	Carte 28	route 132	C0302	11:5 000
47	Gaspésie	La Martre	Carte 28	route 132	C0303	1:5 000
48	Gaspésie	La Martre - Marsoui	Carte 28	route 132	C0304	1:20 000
49	Gaspésie	Marsoui - Rivière-à-Claude	Carte 29	route 132	C0401	1:30 000
50	Gaspésie	Rivière-à-Claude	Carte 30	route 132	C0501	1:5 000
51	Gaspésie	Rivière-à-Claude	Carte 30	route 132	C0502	1:5 000
52	Gaspésie	Mont-Saint-Pierre	Carte 30	route 132	C0600 et C0601	1:12 500
53	Gaspésie	Mont-Saint-Pierre - Mont-Louis	Carte 30	route 132	C0602	11:5 000

VULNÉRABILITÉ DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES DE L'EST DU QUÉBEC À L'ÉROSION ET À LA
SUBMERSION CÔTIÈRE DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES – VOLUME I

N° de la carte	Région	Localité	N° de carte général	Route	N° du (des) site(s) suivi par le MTQ	Échelle
54	Gaspésie	Saint-Maxime-Mont-Louis	Carte 30	route 132	C0701 Ó C0703	1:5 000
55	Gaspésie	Saint-Maxime-du-Mont-Louis	Carte 31	route 132	C0704	1:12 500
56	Gaspésie	L'Anse-Pleureuse	Carte 31	route 132	C0705 et C0706	1:5 000
57	Gaspésie	Saint-Maxime-du-Mont-Louis	Carte 31	route 132	C0707	1:20 000
58	Gaspésie	Saint-Maxime - Sainte-Madeleine	Carte 31 et 32	route 132	C0708 et C0709	1:30 000
59	Gaspésie	Manche-d'Épée	Carte 32	route 132	C0801	1:5 000
60	Gaspésie	Petite-Vallée	Carte 34	route 132	B0201	1:5 000
61	Gaspésie	Cloridorme	Carte 35	route 132	B0301	1:5 000
62	Gaspésie	Cloridorme	Carte 35	route 132	B0302	1:5 000
63	Gaspésie	Cloridorme (Saint-Yvon)	Carte 36	route 132	B0303	1:5 000
64	Gaspésie	Grand Étang	Carte 36	route 132	B0304	1:5 000
65	Gaspésie	Gaspé (Rivière au renard)	Carte 38	route 132	B0501	1:5 000
66	Gaspésie	Gaspé (Rivière au Renard)	Carte 38	route 132	B0502	1:5 000
67	Gaspésie	Gaspé (L'anse aux Griffons)	Carte 39	route 132	B0503	1:5 000
68	Gaspésie	Gaspé (Cap-des-Rosiers)	Carte 39	route 132	B0504	1:5 000
69	Gaspésie	Gaspé (Cap-des-Rosiers)	Carte 39	route 132	B0505 et B0506	1:5 000
70	Gaspésie	Gaspé (Penouille)	Carte 41	route 132	B0507	1:5 000
71	Gaspésie	Gaspé (Fontenelle)	Carte 42	route 132	B0508	1:5 000
72	Gaspésie	Gaspé (Fontenelle)	Carte 42	route 132	B0513 et B0514	1:5 000
73	Gaspésie	Gaspé	Carte 42	route 132	B0509 et B0510	1:5 000
74	Gaspésie	Gaspé	Carte 42	route 132	B0512	1:5 000
75	Gaspésie	Gaspé	Carte 42	route 132	B0511	1:5 000
76	Gaspésie	Percé (Saint-Georges-de-Malbaie)	Carte 44	route 132	B0601	1:5 000
77	Gaspésie	Percé (Belle-Anse)	Carte 46	route 132	B0602	1:5 000
78	Gaspésie	Percé (Belle-Anse)	Carte 46	route 132	B0603	1:5 000
79	Gaspésie	Percé (Barachois)	Carte 46	route 132	B0604	1:5 000
80	Gaspésie	Percé	Carte 47	route 132	B0606	1:5 000
81	Gaspésie	Percé (L'Anse-Ó-Beaufils)	Carte 47	route 132	B0607	1:5 000
82	Gaspésie	Percé (L'Anse-Ó-Beaufils)	Carte 47	route 132	B0608	1:12 500
83	Gaspésie	Grande-Rivière	Carte 49	route 132	B0801	1:5 000

VULNÉRABILITÉ DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES DE L'EST DU QUÉBEC À L'ÉROSION ET À LA
SUBMERSION CÔTIÈRE DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES – VOLUME I

N° de la carte	Région	Localité	N° de carte général	Route	N° du (des) site(s) suivi par le MTQ	Échelle
84	Gaspésie	Grande-Rivière (Petit Pabos)	Carte 49	route 132	B0802	1:5 000
85	Gaspésie	Chandler (Pabos)	Carte 49	route 132	B0901	1:5 000
86	Gaspésie	Chandler	Carte 49	route 132	B0902 et B0903	1:5 000
87	Gaspésie	Chandler (Newport Point)	Carte 50	route 132	B0904	1:5 000
88	Gaspésie	Chandler (Newport)	Carte 50	route 132	B0905	1:5 000
89	Gaspésie	Chandler (Newport)	Carte 51	route 132	B0906	1:5 000
90	Gaspésie	L'anse aux Gascons	Carte 52	route 132	A0101	1:5 000
91	Gaspésie	Port-Daniel-Gascons	Carte 52	route 132	A0102	1:5 000
92	Gaspésie	Port-Daniel-Gascons	Carte 52	route 132	A0103	1:5 000
93	Gaspésie	Shigawake	Carte 53	route 132	A0201	1:5 000
94	Gaspésie	Shigawake	Carte 53	route 132	A0202	1:5 000
95	Gaspésie	Saint-Godefroi	Carte 53	route 132	A0203	1:5 000
96	Gaspésie	Saint-Godefroi	Carte 54	route 132	A0301	1:5 000
97	Gaspésie	Hope Town	Carte 54	route 132	A0401	1:5 000
98	Gaspésie	Bonaventure	Carte 55	route 132	A0801 et A0802	1:5 000
99	Gaspésie	Bonaventure	Carte 55	route 132	A0803	1:5 000
100	Gaspésie	Bonaventure	Carte 56	route 132	A0804	1:7 500
101	Gaspésie	Bonaventure - Saint-Siméon	Carte 56	route 132	A0805	1:7 500
102	Gaspésie	Saint-Siméon	Carte 56	route 132	A0901	1:10 000
103	Gaspésie	Caplan	Carte 57	route 132	A1001	1:5 000
104	Gaspésie	Maria - Carleton	Carte 59	route 132	A1301	1:20 000
105	Gaspésie	Carleton-sur-Mer	Carte 61	route 132	A1501	1:5 000
106	Gaspésie	Carleton-sur-Mer	Carte 61	route 132	A1502	1:5 000
107	Gaspésie	Carleton-sur-Mer	Carte 61	route 132	A1503	1:5 000
108	Gaspésie	Escuminac	Carte 63	route 132	A1601	1:5 000
109	Îles-de-la-Madeleine	Îles-de-la-Madeleine	Carte 65	route 199	F0101, F0112 et F0120	1:5 000
110	Îles-de-la-Madeleine	Îles-de-la-Madeleine	Carte 65	route 199	F0102	1:7 500
111	Îles-de-la-Madeleine	Îles-de-la-Madeleine	Carte 65	route 199	F0103	1:7 500
112	Îles-de-la-Madeleine	Îles-de-la-Madeleine	Carte 65	route 199	F0113	1:5 000
113	Îles-de-la-Madeleine	Îles-de-la-Madeleine	Carte 65	route 199	F0104 et F0114	1:5 000
114	Îles-de-la-Madeleine	Îles-de-la-Madeleine	Carte 66	route 199	F0105	1:7 500
115	Îles-de-la-Madeleine	Îles-de-la-Madeleine	Carte 66	route 199	F0106	1:5 000

VULNÉRABILITÉ DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES DE L'EST DU QUÉBEC À L'ÉROSION ET À LA
SUBMERSION CÔTIÈRE DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES – VOLUME I

N° de la carte	Région	Localité	N° de carte général	Route	N° du (des) site(s) suivi par le MTQ	Échelle
116	Îles-de-la-Madeleine	Îles-de-la-Madeleine	Carte 66	route 199	F0115, F0107 et F0108	1:5 000
117	Îles-de-la-Madeleine	Îles-de-la-Madeleine	Carte 66	route 199	F0109	1:5 000
118	Îles-de-la-Madeleine	Îles-de-la-Madeleine	Carte 66	route 199	F0110	1:5 000
119	Îles-de-la-Madeleine	Îles-de-la-Madeleine	Carte 66	route 199	F0116	1:5 000
120	Îles-de-la-Madeleine	Îles-de-la-Madeleine	Carte 66	route 199	F0117	1:5 000
121	Îles-de-la-Madeleine	Îles-de-la-Madeleine	Carte 66	route 199	F0118	1:5 000
122	Îles-de-la-Madeleine	Îles-de-la-Madeleine	Carte 66	route 199	F0111 et F0119	1:5 000
123	Côte-Nord	Les Bergeronnes	Carte 67	route 138		1:7 500
124	Côte-Nord	Les Bergeronnes	Carte 68	route 138		1:5 000
125	Côte-Nord	Les Escoumins	Carte 69	route 138	ESC-9 et ESC-11	1:5 000
126	Côte-Nord	Les Escoumins	Carte 69	route 138	ESC-18	1:5 000
127	Côte-Nord	Les Escoumins	Carte 69	route 138	ESC-23, ESC-24, ESC-26	1:5 000
128	Côte-Nord	Les Escoumins	Carte 69	route 138	ESC-27	1:5 000
129	Côte-Nord	Les Escoumins	Carte 69	route 138	ESC-28	1:5 000
130	Côte-Nord	Les Escoumins - Longue-Rive	Carte 70	route 138		1:5 000
131	Côte-Nord	Longue-Rive	Carte 70	route 138	LON-14, LON-15, PE-6, PE-7 et PE-8	1:7 500
132	Côte-Nord	Longue-Rive (Saint-Paul-du-Nord)	Carte 71	route 138	LON-6 et LON-7	1:15 000
133	Côte-Nord	Longue-Rive	Carte 71	route 138	LON-1	1:5 000
134	Côte-Nord	Portneuf-sur-Mer	Carte 71	route 138		1:20 000
135	Côte-Nord	Forestville	Carte 73	route 138	COL-4, COL-5 et COL-7	1:5 000
136	Côte-Nord	Clombier (Saint-Marc-de-Latour)	Carte 73	route 138	COL-37 et COL-38	1:7 500
137	Côte-Nord	Clombier	Carte 74	route 138	COL-44, COL-45, COL-46	1:5 000
138	Côte-Nord	Colombier	Carte 74	route 138	COL-67	1:10 000
139	Côte-Nord	Colombier - Pessamit	Carte 75	route 138	BET-14 et BET-15	1:5 000
140	Côte-Nord	Pessamit	Carte 76	route 138		1:5 000
141	Côte-Nord	Pessamit - Ragueneau	Carte 76	route 138	RAG-1, RAG-2, RAG-3	1:5 000
142	Côte-Nord	Ragueneau	Carte 76	route 138	RAG-4	1:5 000
143	Côte-Nord	Ragueneau	Carte 76	route 138	RAG-6	1:5 000
144	Côte-Nord	Ragueneau	Carte 76	route 138	RAG-15	1:5 000

VULNÉRABILITÉ DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES DE L'EST DU QUÉBEC À L'ÉROSION ET À LA
SUBMERSION CÔTIÈRE DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES – VOLUME I

N° de la carte	Région	Localité	N° de carte général	Route	N° du (des) site(s) suivi par le MTQ	Échelle
145	Côte-Nord	Ragueneau	Carte 76 et 77	route 138	RAG-20 et RAG-22	1:20 000
146	Côte-Nord	Chute-aux-Outardes	Carte 77	route 138		1:5 000
147	Côte-Nord	Pointe-Lebel	Carte 78	rue Granier		1:5 000
148	Côte-Nord	Pointe-Lebel	Carte 78	rue Granier		1:5 000
149	Côte-Nord	Pointe-Lebel	Carte 78	rue Granier		1:5 000
150	Côte-Nord	Baie-Comeau (Hauterive)	Carte 78	route 138		1:5 000
151	Côte-Nord	Baie-Comeau	Carte 80	route Maritime		1:10 000
152	Côte-Nord	Franquelin	Carte 81	route 138	FRA-5	1:5 000
153	Côte-Nord	Franquelin	Carte 81	route 138	FRA-7	1:5 000
154	Côte-Nord	Franquelin	Carte 81	route 138	FRA-17, FRA-18, FRA-22	1:7 500
155	Côte-Nord	Franquelin	Carte 81	route 138	FRA-29, FRA-35, FRA-36 et FRA-37	1:12 500
156	Côte-Nord	Franquelin	Carte 82	route 138		1:7 500
157	Côte-Nord	Franquelin	Carte 82	route 138	GOD-20	1:7 500
158	Côte-Nord	Franquelin	Carte 83	route 138		1:5 000
159	Côte-Nord	Baie-Trinité	Carte 85	route 138	BT-75 et BT-76	1:7 500
160	Côte-Nord	Baie-Trinité	Carte 85	route 138	BT-87	1:5 000
161	Côte-Nord	Baie-Trinité	Carte 85	route 138	BT-85	1:5 000
162	Côte-Nord	Baie-Trinité (Les Îlets-Caribou)	Carte 85	route 138	PEN-36	1:5 000
163	Côte-Nord	Baie-Trinité (Les Îlets-Caribou)	Carte 85	route 138	PEN-36	1:5 000
164	Côte-Nord	Baie-Trinité (Les Îlets-Caribou)	Carte 86	route 138	PEN-34	1:7 500
165	Côte-Nord	Baie-Trinité (Les Îlets-Caribou)	Carte 86	route 138	PEN-34	1:7 500
166	Côte-Nord	Baie-Trinité (Les Îlets-Caribou)	Carte 86	route 138	PEN-32	1:7 500
167	Côte-Nord	Baie-Trinité (Les Îlets-Caribou)	Carte 86	route 138		1:5 000
168	Côte-Nord	Port-Cartier (Pointe-aux-Anglais)	Carte 87	route 138	PEN-31	1:5 000
169	Côte-Nord	Port-Cartier (Pointe-aux-Anglais)	Carte 87	route 138	PEN-30	1:7 500
170	Côte-Nord	Port-Cartier (Pointe-aux-Anglais)	Carte 87	route 138		1:5 000
171	Côte-Nord	Port-Cartier (Pointe-aux-Anglais)	Carte 88	route 138	PEN-24A, PEN-26, PEN-27	1:30 000
172	Côte-Nord	Port-Cartier	Carte 90	route 138		1:5 000
173	Côte-Nord	Sept-Îles	Carte 94	route 138	SEP-9	1:7 500
174	Côte-Nord	Sept-Îles	Carte 94	route 138	SEP-10	1:5 000

VULNÉRABILITÉ DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES DE L'EST DU QUÉBEC À L'ÉROSION ET À LA
SUBMERSION CÔTIÈRE DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES – VOLUME I

N° de la carte	Région	Localité	N° de carte général	Route	N° du (des) site(s) suivi par le MTQ	Échelle
175	Côte-Nord	Sept-Îles	Carte 94	route 138	SEP-11	1:5 000
176	Côte-Nord	Sept-Îles - Uashat	Carte 94	route 138	SEP-31	1:5 000
177	Côte-Nord	Sept-Îles (Matamec)	Carte 98	route 138		1:5 000
178	Côte-Nord	Rivière au Bouleau		route 138	TON-4, TON-5, TON-6	11:5 000
179	Côte-Nord	Rivière au Bouleau	Carte 100	route 138	TON-7	1:20 000
180	Côte-Nord	Rivière au Bouleau	Carte 100	route 138	TON-17	1:5 000
181	Côte-Nord	Rivière-au-Tonnerre (Sheldrake)	Carte 100	route 138	CHA-32, CHA-33, CHA-34	1:10 000
182	Côte-Nord	Rivière-au-Tonnerre (Sheldrake)	Carte 103	route 138	CHA-43	1:5 000
183	Côte-Nord	Rivière-au-Tonnerre (Sheldrake)	Carte 103	route 138	CHA-50 et CHA-51	1:5 000
184	Côte-Nord	Rivière-au-Tonnerre (Sheldrake)	Carte 103	route 138	CHA-52, CHA-53, CHA-56	1:7 500
185	Côte-Nord	Rivière-au-Tonnerre	Carte 103	route 138	CHA-60	1:5 000
186	Côte-Nord	Rivière-au-Tonnerre	Carte 103	route 138	CHA-76	1:5 000
187	Côte-Nord	Rivière-Saint-Jean (Magpie)	Carte 104	route 138	MIN-13	1:5 000
188	Côte-Nord	Longue-Pointe-de-Mingan	Carte 105	route 138	MIN-20 et MIN-21	1:5 000
189	Côte-Nord	Longue-Pointe-de-Mingan	Carte 106	route 138	MIN-31	1:20 000
190	Côte-Nord	Mingan	Carte 106	route 138	MIN-44	1:5 000
191	Côte-Nord	Mingan - Havre-Saint-Pierre	Carte 107	route 138	MIN-60 et MIN-61	1:7 500
192	Côte-Nord	Havre-Saint-Pierre	Carte 108	route 138	MIN-70	1:5 000
193	Côte-Nord	Havre-Saint-Pierre	Carte 108	route 138	MIN-80	1:7 500
194	Côte-Nord	Havre-Saint-Pierre	Carte 110	route 138		1:5 000
195	Côte-Nord	Aguanish	Carte 118	route 138	AGU-25	1:7 500
196	Côte-Nord	L'île-Michon	Carte 119	route 138	AGU-38	1:5 000
197	Côte-Nord	L'île-Michon	Carte 119	route 138	AGU-41 et AGU-42	1:5 000
198	Côte-Nord	Natashquan	Carte 120	route 138	NAT-1, NAT-11, NAT-22	1:5 000