COMMISSION DE SERVICES RÉGIONAUX CHALEUR
PROJET N^{O} : 191-12464-00

ANALYSE DE RISQUE D'INONDATION ET D'ÉROSION CÔTIÈRE

PARTIE DU TERRITOIRE DE LA CSR CHALEUR

SEPTEMBRE 2020

http://www.beresfordbeachhouse.ca/

ANALYSE DE RISQUE D'INONDATION ET D'ÉROSION CÔTIÈRE

PARTIE DU TERRITOIRE DE LA CSR CHALEUR

COMMISSION DE SERVICES RÉGIONAUX CHALEUR

PROJET N^{O} : 191-12464-00
DATE : SEPTEMBRE 2020

WSP CANADA INC.
1135, BOULEVARD LEBOURGNEUF
QUÉBEC (QUÉBEC) G2K 0M5
CANADA

TÉLÉPHONE : +1 418 623-2254
TÉLÉCOPIEUR : +1 418 624-1857
WSP.COM

SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR

Guillaume Jeanmoye-Turcotte,
Géomorphologue, M. Sc.
Professionnel en géomorphologie

RÉVISÉ PAR

François Quinty,
Géographe, M.A.
Directeur de projet

WSP Canada Inc. (WSP) a préparé ce rapport uniquement pour son destinataire Commission de services régionaux Chaleur, conformément à la convention de consultant convenue entre les parties. Advenant qu'une convention de consultant n'ait pas été exécutée, les parties conviennent que les Modalités Générales à titre de consultant de WSP régiront leurs relations d'affaires, lesquelles vous ont été fournies avant la préparation de ce rapport.

Ce rapport est destiné à être utilisé dans son intégralité. Aucun extrait ne peut être considéré comme représentatif des résultats de l'évaluation.

Les conclusions présentées dans ce rapport sont basées sur le travail effectué par du personnel technique, entraîné et professionnel, conformément à leur interprétation raisonnable des pratiques d'ingénierie et techniques courantes et acceptées au moment où le travail a été effectué.

Le contenu et les opinions exprimées dans le présent rapport sont basés sur les observations et/ou les informations à la disposition de WSP au moment de sa préparation, en appliquant des techniques d'investigation et des méthodes d'analyse d'ingénierie conformes à celles habituellement utilisées par WSP et d'autres ingénieurs/techniciens travaillant dans des conditions similaires, et assujettis aux mêmes contraintes de temps, et aux mêmes contraintes financières et physiques applicables à ce type de projet.

WSP dénie et rejette toute obligation de mise à jour du rapport si, après la date du présent rapport, les conditions semblent différer considérablement de celles présentées dans ce rapport ; cependant, WSP se réserve le droit de modifier ou de compléter ce rapport sur la base d'informations, de documents ou de preuves additionnels.

WSP ne fait aucune représentation relativement à la signification juridique de ses conclusions.

La divulgation de tout renseignement faisant partie du présent rapport relève uniquement de la responsabilité de son destinataire. Si un tiers utilise, se fie, ou prend des décisions ou des mesures basées sur ce rapport, ledit tiers en est le seul responsable. WSP n'accepte aucune responsabilité quant aux dommages que pourrait subir un tiers suivant l'utilisation de ce rapport ou quant aux dommages pouvant découler d'une décision ou mesure prise basée sur le présent rapport.

WSP a exécuté ses services offerts au destinataire de ce rapport conformément à la convention de consultant convenue entre les parties tout en exerçant le degré de prudence, de compétence et de diligence dont font habituellement preuve les membres de la même profession dans la prestation des mêmes services ou de services comparables à l'égard de projets de nature analogue dans des circonstances similaires. Il est entendu et convenu entre WSP et le destinataire de ce rapport que WSP n'offre aucune garantie, expresse ou implicite, de quelque nature que ce soit. Sans limiter la généralité de ce qui précède, WSP et le destinataire de ce rapport conviennent et comprennent que WSP ne fait aucune représentation ou garantie quant à la suffisance de sa portée de travail pour le but recherché par le destinataire de ce rapport.

En préparant ce rapport, WSP s'est fié de bonne foi à l'information fournie par des tiers, tel qu'indiqué dans le rapport. WSP a raisonnablement présumé que les informations fournies étaient correctes et WSP ne peut donc être tenu responsable de l'exactitude ou de l'exhaustivité de ces informations.

Les bornes et les repères d'arpentage utilisés dans ce rapport servent principalement à établir les différences d'élévation relative entre les emplacements de prélèvement et/ou d'échantillonnage et ne peuvent servir à d'autres fins. Notamment, ils ne peuvent servir à des fins de nivelage, d'excavation, de construction, de planification, de développement, etc.

L'original du fichier électronique que nous vous transmettons sera conservé par WSP pour une période minimale de dix ans. WSP n'assume aucune responsabilité quant à l'intégrité du fichier qui vous est transmis et qui n'est plus sous le contrôle de WSP. Ainsi, WSP n'assume aucune responsabilité quant aux modifications faites au fichier électronique suivant sa transmission au destinataire.

Ces limitations sont considérées comme faisant partie intégrante du présent rapport.

ÉQUIPE DE RÉALISATION

COMMISSION DE SERVICES RÉGIONAUX CHALEUR

Directeur de l'Urbanisme	Marc Bouffard

ÉTUDES GÉOLOGIQUES DU NOUVEAU-BRUNSWICK

Géomorphologue côtier	Dominique Bérubé

WSP CANADA INC. (WSP)

Directeur de projet	François Quinty
Professionnel en géomorphologie	Guillaume Jeanmoye-Turcotte
Technicien en géomatique	Dominic Delorme
Relecture et édition	Linette Poulin

Référence à citer :

WSP. 2020. *ANALYSE DE RISQUE D'INONDATION ET D'ÉROSION CÔTIÈRE. PARTIE DU TERRITOIRE DE LA CSR CHALEUR.* RAPPORT PRODUIT POUR COMMISSION DE SERVICES RÉGIONAUX CHALEUR. 35 PAGES ET ANNEXES.

TABLE DES MATIÈRES

1 INTRODUCTION 1

1.1 CONTEXTE 1

1.2 OBJECTIFS 1

2 DESCRIPTION DU SITE À L'ÉTUDE 3

2.1 LOCALISATION DES MUNICIPALITÉS ÉTUDIÉES 3

2.2 DESCRIPTION DU MILIEU PHYSIQUE 3

2.2.1 GÉOLOGIE 3

2.2.1 GÉOMORPHOLOGIE 3

3 MÉTHODOLOGIE 7

3.1 CARACTÉRISATION STÉRÉOSCOPIQUE 7

3.1.1 ACQUISITION ET INTÉGRATION DES PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES 7

3.1.2 SEGMENTATION DU TYPE DE CÔTE 7

3.1.3 IDENTIFICATION DU TRAIT DE CÔTE 8

3.1.4 CALCUL DES TAUX DE RECUL HISTORIQUES 8

3.1.5 CALCUL DE LA MARGE D'ERREUR 9

3.2 PROJECTION DES TRAITS DE CÔTE 9

3.3 REPRÉSENTATION DU RISQUE D'ÉROSION 10

4 HISTORIQUE DE LA DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE ET DE L'ÉVOLUTION DU LITTORAL 13

4.1 TYPE DE CÔTE 13

4.2 ÉVOLUTION HISTORIQUE DE LA CÔTE ENTRE 1944 ET 2018 13

4.2.1 ÉVOLUTION DU PORT DE BELLEDUNE ENTRE 1944 ET 2018 13

4.2.1 CARACTÉRISATION DES DÉPLACEMENTS DE LA CÔTE SUR LA FAÇADE MARITIME ENTRE 1944 ET 2018 14

4.2.2 CARACTÉRISATION DES DÉPLACEMENTS DU TRAIT DE CÔTE DES ESTUAIRES ENTRE 1944 ET 2018 19

TABLE DES MATIÈRES *(suite)*

4.3 COMPARAISON DES TAUX DE RECUL HISTORIQUES À CEUX ÉVALUÉS À PARTIR DES DONNÉES EXISTANTES ..19

5 PROJECTION DU TRAIT DE CÔTE EN 2050 ET 2100 27

5.1 TRAIT DE CÔTE PROJETÉ POUR LA FAÇADE MARTIME...27

5.2 TRAIT DE CÔTE PROJETÉ POUR LES ESTUAIRES.....27

5.3 INDICE DE RISQUE D'ÉROSION DES INFRASTRUCTURES 31

6 SYNTHÈSE ET CONCLUSION 33

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 35

TABLE DES MATIÈRES *(suite)*

TABLEAUX

TABLEAU 3-1 PHOTOGRAPHIES ET IMAGES AÉRIENNES UTILISÉES POUR LA CARACTÉRISATION STÉRÉOSCOPIQUE MULTIDATES. 7

TABLEAU 3-2 CRITÈRES POUR L'IDENTIFICATION DU TYPE DE CÔTE 8

TABLEAU 3-3 CRITÈRES GÉOMORPHOLOGIQUES UTILISÉS POUR DÉTERMINER LA POSITION DU TRAIT DE CÔTE EN FONCTION DU TYPE DE CÔTE 8

TABLEAU 3-4 PARAMÈTRES POUR LE CALCUL DE LA MARGE D'ERREUR TOTALE POUR CHAQUE SÉRIE DE PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES.....9

TABLEAU 3-5 INDICE DE RISQUE D'ÉROSION DES INFRASTRUCTURES (CHELBI ET AL., 2019).....11

TABLEAU 4-1 LONGUEUR TOTALE ET PROPORTION POUR CHAQUE TYPE DE CÔTE DU SECTEUR ÉTUDIÉ.....13

TABLEAU 4-2 DÉPLACEMENT NET (M) ET TAUX DE RECUL (M/AN) DU TRAIT DE CÔTE PAR SEGMENTS HOMOGÈNES POUR LES SECTEURS DE BELLEDUNE ET BERESFORD 14

TABLEAU 4-3 DÉPLACEMENT NET (M) ET TAUX DE RECUL (M/AN) DES RIVES DES ESTUAIRES PAR SEGMENTS HOMOGÈNES POUR LES SECTEURS DE BELLEDUNE ET BERESFORD.....19

TABLEAU 4-4 TENDANCES DU DÉPLACEMENT DU TRAIT DE CÔTE DANS LA BAIE DES CHALEURS ENTRE 1934 ET 2015 20

TABLEAU 5-1 PROJECTION (M) POUR LES PÉRIODES 2018-2050 ET 2050-2100 ET TAUX DE RECUL PROJETÉ (M/AN) DU TRAIT DE CÔTE PAR SEGMENT HOMOGÈNE POUR LES SECTEURS DE BELLEDUNE ET BERESFORD. 28

TABLEAU 5-2 PROJECTION POUR LES PÉRIODES 2018-2050 ET 2050-2100 (M) ET TAUX DE RECUL PROJETÉ (M/AN) DES RIVES DES ESTUAIRES PAR SEGMENTS HOMOGÈNES POUR LES SECTEURS DE BELLEDUNE ET BERESFORD.....28

TABLEAU 5-3 NOMBRE D'INFRASTRUCTURES PAR INDICE DE RISQUE D'ÉROSION À BELLEDUNE ET BERESFORD.....31

TABLE DES MATIÈRES *(suite)*

FIGURES

FIGURE 4-1 ÉVOLUTION SPATIO-TEMPORELLE DE LA ZONE PORTUAIRE DE BELLEDUNE ENTRE 1944 ET 2018 16

FIGURE 4-2 ÉVOLUTION HISTORIQUE DE LA CÔTE DANS LES SEGMENTS 14, 15 ET 16 DANS LA MUNICIPALITÉ DE BELLEDUNE ENTRE 1944 ET 2018 18

FIGURE 4-3 ÉVOLUTION HISTORIQUE DE LA MORPHOLOGIE DE L'ESTUAIRE DE LA RIVIÈRE JAQUET (BELLEDUNE) ENTRE 1944 ET 2018 23

CARTES

CARTE 2-1 LOCALISATION DES MUNICIPALITÉS DE BELLEDUNE ET DE BERESFORD DANS LA CSR CHALEUR ET DANS LE NOUVEAU-BRUNSWICK 5

CARTE 4-1 DÉPLACEMENT DU TRAIT DE CÔTE ENTRE 1944 ET 2018 DANS LE SECTEUR DE BELLEDUNE ET BERESFORD 21

CARTE 4-2 DÉPLACEMENT DES RIVES DES ESTUAIRES ENTRE 1944 ET 2018 DANS LE SECTEUR DE BELLEDUNE ET BERESFORD 25

CARTE 5-1 PROJECTION DU TRAIT DE CÔTE EN 2050 ET 2100 DANS LE SECTEUR DE BELLEDUNE ET BERESFORD....29

ANNEXES

1 CARTES GÉOLOGIQUES

2 DÉPLACEMENT DU TRAIT DE CÔTE ENTRE LES ANNÉES 1944, 1985 ET 2018 DANS LES SECTEURS DE BELLEDUNE ET BERESFORD

3 DÉPLACEMENT DES RIVES DES ESTUAIRES ENTRE 1944 ET 2018 DANS LE SECTEUR DE BELLEDUNE ET BERESFORD

4 PROJECTION DU TRAIT DE CÔTE EN 2050 ET 2100 DANS LE SECTEUR DE BELLEDUNE ET BERESFORD

1 INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE

Le Nouveau-Brunswick compte 12 commissions de services régionaux (CSR), dont le mandat premier est d'offrir des services de gestion municipale et d'aménagement du territoire à l'échelle régionale. Située au nord-est du Nouveau-Brunswick, la CSR Chaleur tire son nom de la baie des Chaleurs qui longe son territoire. En raison des problématiques croissantes d'aménagement et de sécurité publique causées par les phénomènes d'inondation et d'érosion côtière, la CSR Chaleur a pris l'initiative d'élaborer un plan d'action régional en matière d'adaptation aux changements climatiques. L'objectif de ce plan est d'acquérir une meilleure connaissance des impacts liés aux changements climatiques et des stratégies d'adaptation applicables à la région (WSP, 2019).

Le plan initial impliquait deux phases qui visaient l'acquisition de données sur les aléas côtiers et riverains (phase 1) et l'élaboration de lignes directrices ou de normes minimales pour l'adaptation régionale (phase 2). Le premier rapport a notamment révélé qu'il existe des analyses régionales en ce qui concerne les tendances de l'érosion côtière, mais que les analyses locales sur l'évolution des taux d'érosion sont très fragmentées (Aubé et al., 2018). La base de données provinciale ne couvrait, en 2018, qu'une petite partie du territoire de la CSR-Chaleur, et plusieurs des taux d'érosion calculés ne tenaient pas compte des plus récentes photos aériennes disponibles. Cette lacune à l'échelle locale limite la portée du plan régional, ce qui en fait ainsi une priorité pour la suite de la démarche d'adaptation.

La CSR Chaleur a mandaté WSP Canada Inc. (WSP) afin de produire des données géospatiales de haute qualité pour les municipalités de Belledune et Beresford qui serviront à identifier les infrastructures potentiellement à risque au cours des prochaines décennies en raison de l'érosion côtière.

1.2 OBJECTIFS

Le but du projet consiste à évaluer le risque d'érosion en se basant sur la position actuelle des infrastructures et l'évolution passée et anticipée du trait de côte pour l'ensemble de la façade maritime et certaines sections des estuaires des municipalités de Belledune et Beresford. Cette caractérisation multidates donne un portrait plus complet du contexte géomorphologique afin de mieux comprendre l'évolution passée et récente du littoral. L'analyse de la dynamique côtière permet d'évaluer le potentiel d'érosion afin de fournir des informations sur les tendances évolutives à long terme qui serviront à prédire la position du littoral dans les années à venir.

Plus spécifiquement, les objectifs du mandat sont les suivants :

- numériser, à l'aide du logiciel ArcGIS, la position du trait de côte à partir de photographies aériennes historiques et récentes;
- calculer les taux de déplacement annuels moyens à partir des traits de côte historiques tracés;
- déterminer la position du trait de côte en 2050 et en 2100 en se fondant sur la projection des taux historiques de déplacement en lien avec la montée relative du niveau marin et en tenant compte des changements climatiques.

Les données géospatiales produites permettent de déterminer les limites de retrait appropriées ou le risque qu'un élément soit affecté par l'érosion, notamment les infrastructures, et constituent un outil d'aide à la décision pour une meilleure adaptation aux changements climatiques (Chelbi et al., 2019).

2 DESCRIPTION DU SITE À L'ÉTUDE

2.1 LOCALISATION DES MUNICIPALITÉS ÉTUDIÉES

Les deux municipalités du nord du Nouveau-Brunswick visées par cette étude sont Belledune et Beresford. Le village de Belledune est localisé le long du littoral de la baie des Chaleurs dans le nord-ouest de la CSR Chaleur, chevauchant les comtés de Restigouche et de Gloucester; il compte une population d'environ 1 550 habitants.

La ville de Beresford est située au nord-ouest de Bathurst, dans la baie de Népisiguit, cette dernière formant une sous-composante de la baie des Chaleurs. Cette municipalité fait partie du comté de Gloucester et comprend environ 4 400 habitants. Une partie de son littoral est caractérisé par un important système de flèches et de lagunes, un système dont la construction est héritée de la transgression marine holocène (Long, 2006).

Le littoral des deux municipalités visées par cette étude se compose principalement de côtes meubles et de falaises sédimentaires entrecoupées de côtes rocheuses sans falaises, souvent sous forme de petites pointes qui s'avancent vers la mer. La carte 2-1 présente les deux municipalités visées par ce mandat.

2.2 DESCRIPTION DU MILIEU PHYSIQUE

2.2.1 GÉOLOGIE

Le socle rocheux du territoire à l'étude fait partie de la province géologique des Appalaches. Les deux municipalités sont localisées sur des socles rocheux différents. Du côté de Belledune, on retrouve principalement des roches sédimentaires telles que la formation de La Vieille datant du Silurien inférieur (grès), la formation de South Charlo datant du Silurien supérieur (conglomérat), la formation de Jaquet River datant du Dévonien inférieur (siltite) et la formation de Bonaventure datant du Carbonifère supérieur (conglomérat).

À Beresford, on retrouve plutôt un mélange de roches ignées et de roches sédimentaires qui comprennent la formation Little River datant de l'Ordovicien supérieur (basalte), la formation de Millstream datant aussi de l'Ordovicien supérieur (shale et siltite) et la formation de Simpsons Field datant du Silurien supérieur (grès).

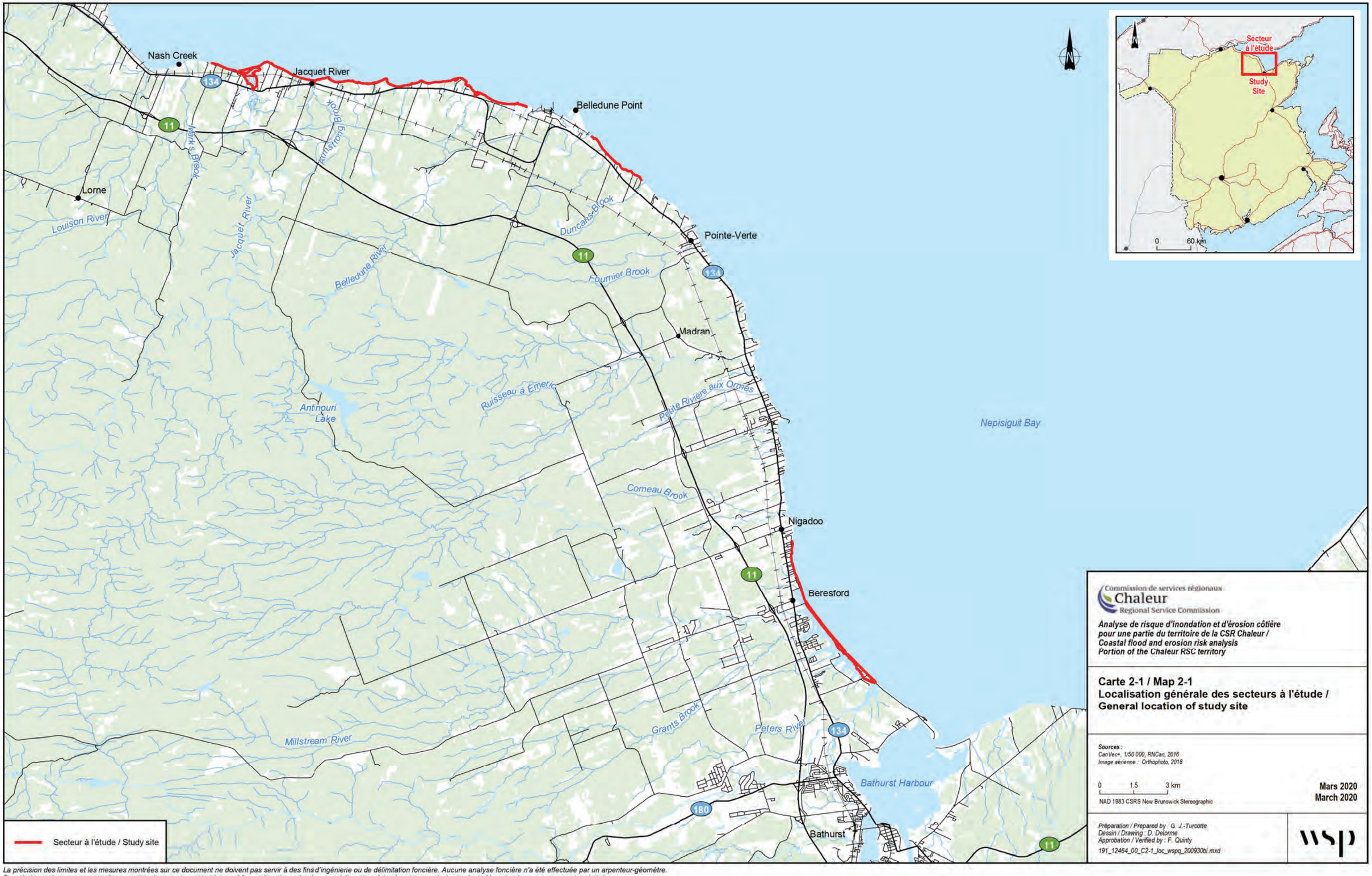
Les formations rocheuses sédimentaires sont sensibles à l'érosion en raison des nombreux plans de stratification et des réseaux de fractures qui les rendent vulnérables à la gélifraction et à l'attaque des vagues. Les formations rocheuses ignées, bien que moins nombreuses, sont quant à elles moins sensibles à l'érosion. Les cartes géologiques détaillées sont situées en annexe (annexe A).

2.2.1 GÉOMORPHOLOGIE

Dans la baie des Chaleurs, la déglaciation s'est effectuée de l'est vers l'ouest entre 13 500 et 11 500 ans avant aujourd'hui (Dionne, 1977; Veillette et Cloutier, 1993 dans Richard *et al.,* 1997). De façon générale, le passage des glaces n'a laissé que très peu de dépôts dans la région (Pronk *et al.*, 1989).

À la suite du retrait des glaces, la mer de Goldthwait (qui a occupé le golfe du Saint-Laurent) aurait atteint, dans la région à l'étude, une altitude maximale de 61 m. Des dépôts silto-argileux se sont mis en place sur les plaines submergées, alors que des dépôts deltaïques composés de sables et de graviers ont été déposés à l'embouchure des rivières. Ainsi, dans la baie des Chaleurs, les dépôts quaternaires reflètent l'évolution des mouvements relatifs du niveau marin au cours de l'Holocène (Long, 2006). Le niveau de la mer a connu des variations en raison du relèvement isostatique et du niveau d'eau proprement dit. Le niveau relatif résulte de l'addition de ces deux composantes. À l'heure actuelle, le niveau relatif de la mer monte, ce qui favorise les phénomènes d'érosion.

Selon la carte géologique généralisée des dépôts de surface du Nouveau-Brunswick (Rampton, V.N. 1984), les dépôts de la région sont composés de sable, de silt, d'un peu de gravier et d'argile d'une épaisseur de 0,5 à 3 m par endroits.



La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.
Boundaries and measurements shown on this document must not be used for engineering or land survey delineation. A land register analysis conducted by a land surveyor was not undertaken.

3 MÉTHODOLOGIE

3.1 CARACTÉRISATION STÉRÉOSCOPIQUE

3.1.1 ACQUISITION ET INTÉGRATION DES PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES

Les photographies aériennes historiques ont été choisies de façon à couvrir la plus grande période de temps possible à intervalles réguliers et pour des niveaux d'eau le plus bas possible lors de la prise des photographies. Ainsi, deux séries de photographies aériennes et une série d'images aériennes ont été utilisées dans le cadre de ce projet et permettent d'obtenir une couverture qui couvre 74 ans (tableau 3-1).

Les photographies aériennes les plus anciennes datent de 1944 et proviennent de la Photothèque nationale de l'air (PNA) du gouvernement fédéral, alors que la série de photographies aériennes de 1985 provient du Centre de géomatique de la Nouvelle-Écosse. L'autre série d'images aériennes date de 2018 et provient de la collection du bureau de Services du Nouveau-Brunswick.

Les photos aériennes de 1944 et 1985, en format papier, ont été numérisées à l'aide d'un scanneur à une résolution de 600 ppp (taille des pixels de 0,8 m^2). Elles ont ensuite été géoréférencées à partir des orthophotographies de 2018 en implantant des points de contrôle. L'erreur moyenne de géoréférencement est inférieure à 1 m.

Tableau 3-1 Photographies et images aériennes utilisées pour la caractérisation stéréoscopique multidates.

Source	Année	Échelle ou résolution	Émulsion	Numéro de rouleau	Numéro de photo
PNA	1944	1:50 000	Noir et blanc	A7357 A7402 A7446 A7366 A7971	54-66 34-37 1 31 1
CGNE	1985	1:15 000	Couleur	DNR85504 DNR85511	90-163 44, 64, 86, 105
BSNB	2018	30 cm	Couleur	NA	NA

3.1.2 SEGMENTATION DU TYPE DE CÔTE

Le littoral a été découpé en segments présentant des caractéristiques géomorphologiques homogènes. La segmentation permet d'analyser la dynamique côtière actuelle et passée pour chaque type de côte. La segmentation a été effectuée à partir des images aériennes les plus récentes (2018) afin de refléter les conditions actuelles. Un type de côte a été attribué à chacun des segments en fonction d'une liste de critères prédéfinis (tableau 3-2). Les segments homogènes sont suffisamment longs pour contenir plusieurs transects de mesures (30 m d'intervalle), ce qui permet d'avoir une meilleure compréhension de leur évolution. Un total de 26 segments a ainsi été délimité.

Tableau 3-2 Critères pour l'identification du type de côte

Type de côte	Définition
Falaise rocheuse	Côte rocheuse avec escarpement (la falaise rocheuse peut être appuyée sur une plate-forme d'abrasion rocheuse).
Côte meuble	Côte meuble sans escarpement et qui présente une pente graduelle.
Falaise meuble	Escarpement de dépôts non consolidés (argile, limon, sable, gravier, galet, blocs).
Flèche littorale	Accumulation de matériaux meubles qui comporte une extrémité reliée au continent et une extrémité libre. Se forme là où il y a une dérive littorale prononcée dans une direction.
Artificiel	Tout type de côte modifiée ou protégée par des structures anthropiques (ex. : enrochement, quai, port, etc.).

3.1.3 IDENTIFICATION DU TRAIT DE CÔTE

Le trait de côte a d'abord été clairement défini, puis tracé à partir des photographies aériennes en se basant sur des critères morphologiques dûment identifiés pour chaque type de côte (voir tableau 3-3). Les mêmes critères géomorphologiques ont été appliqués pour chacune des années afin que l'interprétation soit uniforme et comparable d'une période à l'autre. Il est important de souligner que, sur la base des définitions considérées, le niveau d'eau dû à la marée, bien qu'il varie d'une photo à l'autre, n'affecte pas la précision des évaluations faites. L'échelle de numérisation du trait de côte varie d'une série de photographies aériennes à l'autre en raison de l'échelle et de la qualité des images. Pour 2018, une échelle arbitraire de 1 :300 a été utilisée. La cartographie a été réalisée par photo-interprétation en visualisation stéréoscopique (3D) directement à l'écran au moyen du logiciel PureView et de ArcGIS.

Le trait de côte constitue la limite maximale de la zone modelée par les processus extrêmes, à savoir les vagues et la submersion marine lors des tempêtes. Le trait de côte a été défini selon plusieurs éléments géomorphologiques qui varient en fonction du type de côte (tableau 3-3).

Tableau 3-3 Critères géomorphologiques utilisés pour déterminer la position du trait de côte en fonction du type de côte

Type de côte	Critère
Falaise rocheuse	Sommet de la falaise / coupure nette de la végétation.
Côte meuble	Limite de la crête de tempête du côté terres. Coupure nette de la végétation.
Falaise meuble	Sommet de la falaise / coupure nette de la végétation.
Flèche littorale	Au niveau de la plage, derrière la flèche littorale : limite supérieure de la berme de tempête.
Artificiel	Sommet de la structure.

3.1.4 CALCUL DES TAUX DE RECUL HISTORIQUES

Afin d'assurer la cohésion entre les différentes données produites, une « géodatabase » a été développée. Ce type de fichier permet de collecter et de gérer des données de nature différente au même endroit et d'assurer la précision des relations spatiales. La géodatabase comprend des fichiers « shapefiles (.shp) » associés aux lignes de traits de côte pour chaque année.

Le calcul du déplacement du trait de côte a été effectué à l'aide du logiciel DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*) (Thieler *et al.*, 2009). DSAS est une extension du logiciel ArcGIS. Toutes les données d'entrée DSAS doivent être gérées dans une géodatabase qui contient la position des traits de côte aux différentes dates (multidates).

Le logiciel permet de créer un transect transversal au tracé du trait de côte tous les 30 m, à partir desquels ont été calculés les taux de déplacements qui permettent de caractériser les avancées et les reculs du trait de côte (Boucher-Brossard et al., 2013). Chaque transect a été validé manuellement afin de s'assurer de leur cohérence et de leur représentativité.

Une moyenne du déplacement a été calculée pour chaque segment de côte en faisant la moyenne des transects du segment. Certains segments ont dû être subdivisés en raison d'une trop grande variabilité dans la valeur des déplacements ou en présence de facteurs pouvant influencer le transit sédimentaire (p. ex. présence d'un cours d'eau ou d'un épi) (Chelbi et al.,2019).

3.1.5 CALCUL DE LA MARGE D'ERREUR

Le positionnement du trait de côte est influencé par trois sources d'erreurs qui peuvent être calculées pour chaque série de photographies aériennes (tableau 3-4). Ces erreurs sont principalement dues à la résolution et au traitement des images qui induit certaines déformations proportionnelles à la distance au nadir. Pour les séries de photos utilisées dans la présente étude, ces erreurs sont de l'ordre de :

- ±0,1 à ±0,8 m en raison de la résolution;
- ±0 à ±1,5 m causée par l'orthorectification : afin de minimiser cette erreur, la caractérisation a été effectuée autant que possible le plus près du nadir de la photo;
- ±0,5 à ±2 m potentiellement pour l'interprétation des images 2D.

La marge d'erreur maximale entre deux années de photographies est donc la somme de ces trois sources d'erreurs (tableau 3-4). Ainsi, la somme de ses trois sources d'erreur peut conférer une marge d'erreur maximale théorique entre deux couvertures de photographies aériennes de 3 m en moyenne, soit une valeur de 0,06 m/an.

Tableau 3-4 Paramètres pour le calcul de la marge d'erreur totale pour chaque série de photographies aériennes

ANNÉE DE PRISE DE VUE	TYPE D'ERREUR			ERREUR TOTALE (m)
	RÉSOLUTION (m)	GÉORÉFÉRENCEMENT (m)	INTERPRÉTATION (m)	
1944	0,80	1,5	2	±4,3
1985	0,5	1	1,5	±3,0
2018	0,10	NA	0,5	±0,80

3.2 PROJECTION DES TRAITS DE CÔTE

La projection du trait de côte peut être déterminée selon différentes approches en fonction des objectifs. Elle requiert un niveau d'effort qui augmente en fonction du nombre d'intrants disponibles et lorsque le niveau d'analyse passe de l'échelle régionale à une échelle plus spécifique. Or, il n'existe aucun consensus scientifique sur une méthode de majoration des taux d'érosion en fonction du rehaussement du niveau marin. En effet, une méta-analyse démontre qu'il n'y a pas d'indication claire que le rehaussement du niveau marin est un facteur de contrôle majeur des taux d'érosion côtière à l'échelle globale. En effet, les résultats diffèrent en fonction des sites d'études, ce qui tend à démontrer que le contexte côtier régional influence davantage à moyen terme le taux d'érosion que le rehaussement relatif du niveau de la mer (Le Cozannet et al., 2014). Cette même étude conclut que les approches basées sur la modélisation posent des défis majeurs, puisque le manque de précision dans les modèles ne permet pas d'estimer l'évolution du trait de côte avec suffisamment de confiance.

À cet égard, il est suggéré d'utiliser les approches basées sur les observations récentes. En effet, le long des littoraux sableux, l'utilisation des modèles nécessite une compréhension profonde de la dynamique hydrosédimentaire locale, qui peut varier sur une très courte distance (Rosati et al., 2013). Dans le cas des littoraux rocheux, leur évolution est généralement lente et, ainsi, moins préoccupante d'un point de vue de l'adaptation au changement.

Le Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières (LDGIZC) de l'Université du Québec à Rimouski favorise d'ailleurs la projection des traits de côtes basée sur les taux observés en projetant les taux d'érosion selon deux scénarios (Fraser et al., 2017) :

1. un scénario conservateur où le taux d'érosion futur correspond à la moyenne de tous les taux historiques pour une cellule côtière uniforme;
2. un scénario pessimiste correspondant aux taux d'érosion maximaux mesurés lors de l'analyse diachronique des imageries aériennes et satellitales. Le taux d'érosion historique le plus élevé calculé sur chaque type de côte a été projeté dans le futur. Ce scénario représente un taux accéléré par rapport à la moyenne historique.

Dans le cadre de ce mandat, des variantes de ces deux scénarios ont été examinées afin d'illustrer l'étendue des variations susceptibles de survenir.

D'une part, les projections de la position future du trait de côte ont été basées sur l'approche d'une projection des taux de recul historique (abordé plus haut, scénario 1), couplés à une hausse du niveau marin, ainsi que d'une marge de sécurité. Cette approche est basée sur celle utilisée dans plusieurs projets similaires le long de la côte nord-est du Nouveau-Brunswick et utilisée par le LDGIZC.

D'autre part, les projections ont été réalisées à l'aide de DSAS et d'ArcGIS en se basant sur les taux historiques maximaux mesurés pour chaque segment homogène. Cette approche se base donc sur l'hypothèse que dans le contexte du rehaussement du niveau marin anticipé, les taux d'érosion seront accélérés par rapport à la moyenne historique.

Cependant, bien que cette approche soit considérée comme celle à favoriser selon la littérature et qu'elle permette de se conformer à l'approche du LDGIZC, il reste une incertitude résiduelle par rapport aux projections. Dans une optique de favoriser la résilience, une marge de sécurité a été estimée et ajoutée à la ligne déjà projetée par les taux de recul historiques et la hausse du niveau marin. Plusieurs variables peuvent ralentir ou accélérer l'érosion des berges (nature des dépôts, infrastructures urbaines protégées par des aménagements, etc.). Cette marge de sécurité a été estimée selon différents scénarios, qui ont été déterminés par une équipe multidisciplinaire (génie côtier, changements climatiques et géomorphologie) et en collaboration avec le client afin d'harmoniser la présente étude avec celles réalisées précédemment pour le compte de la CSR.

3.3 REPRÉSENTATION DU RISQUE D'ÉROSION

La présente étude utilise l'indice de risque d'érosion établi dans l'étude de Chelbi et al. (2019) qui est basée sur la méthode du projet SACCA-ICAR-Péninsule acadienne de 2011 (Robichaud et al., 2011). L'indice de risque d'érosion permet d'évaluer la possibilité qu'une infrastructure soit affectée par le recul du trait de côte dans un avenir plus ou moins rapproché (tableau 3-5). L'indice est établi en fonction de marges de sécurité et de la position des infrastructures par rapport à la position du trait de côte projeté à différentes années dans le futur (2050 et 2100).

Le risque d'érosion actuel (cote 3, risque élevé) est considéré comme étant un risque pour toute infrastructure se trouvant à 5 m ou moins du trait de côte de 2018. Les risques d'érosion futurs ont été évalués en fonction de la position du trait de côte, comme projeté pour les années 2050 et 2100, et selon une marge de sécurité de 5 m.

Les infrastructures étant situées à plus de 5 m du trait de côte projeté en 2100 sont considérées comme sans risque (risque nul) (Chelbi et al., 2019).

Toutes les infrastructures localisées à l'intérieur d'une zone définie par une ligne située à 5 m derrière le trait de côte projeté de 2050 et une ligne située à 5 m derrière le trait de côte projeté de 2100 sont de côte 1 (faible risque).

Toutes les infrastructures localisées à l'intérieur d'une zone définie par une ligne située à 5 m derrière le trait de côte de 2018 et une ligne située à 5 m derrière le trait de côte projeté de 2050 sont de cote 2 (risque moyen). Ces infrastructures sont à surveiller prioritairement avec celles de cote 3 (Chelbi et al., 2019).

Tableau 3-5 Indice de risque d'érosion des infrastructures (Chelbi et al., 2019)

Cote de risque	Définition du risque
3	Risque d'érosion actuel (risque élevé)
2	Risque d'érosion d'ici 2050 (risque moyen)
1	Risque d'érosion entre 2050 et 2100 (risque faible)
0	Sans risque d'ici 2100 (aucun risque)

4 HISTORIQUE DE LA DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE ET DE L'ÉVOLUTION DU LITTORAL

4.1 TYPE DE CÔTE

Le littoral ayant été caractérisé, compris dans la zone d'étude, est long de 29 569 m et est surtout dominé par les côtes meubles (36,8 %), les flèches littorales (23,3 %) ainsi que par **les** falaises meubles (19,4 %) (tableau 4-1). Ces trois types de côtes sont constituées de sédiments et sont donc beaucoup sensibles à des changements, soit l'érosion (déplacement) ou l'accumulation.

Tableau 4-1 Longueur totale et proportion pour chaque type de côte du secteur étudié

Type de côte	Longueur totale des segments (m)	Proportion (%)
ARTIFICIEL	3 303,0	11,2
FALAISE MEUBLE	5 739,2	19,4
FALAISE ROCHEUSE	2 769,3	9,4
FLECHE LITTORALE	6 877,6	23,3
CÔTE MEUBLE	10 879,9	36,8
TOTAL	**29 569,1**	**100**

4.2 ÉVOLUTION HISTORIQUE DE LA CÔTE ENTRE 1944 ET 2018

4.2.1 ÉVOLUTION DU PORT DE BELLEDUNE ENTRE 1944 ET 2018

Cette partie du littoral (Port de Belledune) n'a pas été caractérisée lors de la présente étude en raison du fait qu'il s'agit d'un complexe portuaire de grande envergure n'étant pas susceptible de bouger au courant des prochaines décennies (voir figure 4-1). De plus, la construction du complexe au cours des années aurait biaisé l'analyse puisqu'une grande superficie de territoire terrestre a été gagnée sur la mer. Cela aurait induit une fausse avancée du littoral. Par contre, l'analyse visuelle des photographies aériennes nous renseigne sur certains aspects de la dynamique spatio-temporelle de la zone.

Sur les photos aériennes de 1944, ce secteur de Belledune est très peu développé et les installations portuaires ne sont pas présentes. On peut observer la présence d'une pointe sédimentaire de forme triangulaire avec une lagune. Il ne fait aucun doute que ce saillant triangulaire présente une forme asymétrique en raison de la rencontre d'une dérive littorale dominante (est-ouest) et d'une dérive littorale secondaire (ouest-est). De la végétation arborée est présente sur cette pointe et on peut observer la route 134.

Sur la photographie de 1985, le port de Belledune est visible. Il a été construit en 1968. On peut voir le terminal nº 1, qui constitue une infrastructure de 155 m de long. Le secteur du port de Belledune est très développé; on peut voir la présence de citernes et les installations industrielles (Port de Belledune, 2020). Le littoral est artificialisé et protégé l'empêchant ainsi de bouger.

Sur l'orthophotographie de 2018, on observe beaucoup de changements à l'endroit des installations portuaires. Plusieurs agrandissements ont été réalisés; plusieurs terminaux ont été ajoutés. La pointe sédimentaire est maintenant reliée au port et sa pointe semble être plus arrondie. On voit beaucoup d'enrochements de protection qui couvrent l'ensemble du littoral de ce secteur.

4.2.1 CARACTÉRISATION DES DÉPLACEMENTS DE LA CÔTE SUR LA FAÇADE MARITIME ENTRE 1944 ET 2018

Le tableau 4-2 présente les déplacements du trait de côte, entre 1944 et 2018 pour les 26 segments homogènes (1 à 26) d'évolution côtière délimitées le long du littoral de Belledune et Beresford. La carte 4-1 présente quant à elle un exemple du résultat cartographique (toutes les cartes se retrouvent aux annexes 2, 3 et 4). Les segments ont été numérotés du sud-est vers le nord-ouest. Les zones homogènes ont été déterminées selon le type de côte, sa forme et l'homogénéité de l'évolution côtière dans le temps. Les résultats des calculs relatifs aux déplacements du trait de côte sont détaillés pour chaque segment, et ce, pour les différentes périodes de temps analysées, soit 1944-1985, 1985-2018 et 1944-2018. Un déplacement positif représente une zone d'accrétion alors qu'un déplacement négatif montre une zone en érosion.

Pour la présentation des résultats, le territoire à l'étude a été divisé en trois zones, soit Beresford, Belledune Est (à l'est du port de Belledune) et Belledune Ouest (le littoral à l'ouest du port de Belledune). Il est à noter que le segment 2 a été exclu des analyses puisqu'il correspond au goulet de marée qui sépare les flèches nord et sud de Beresford.

Tableau 4-2 Déplacement net (m) et taux de recul (m/an) du trait de côte par segments homogènes pour les secteurs de Belledune et Beresford

SEGMENT HOMOGÈNE	TYPE DE CÔTE	PÉRIODE					
		1944-1985		1985-2018		1944-2018	
		(m)	(m/an)	(m)	(m/an)	(m)	(m/an)
1	Flèche littorale	-6,92	-0,17	4,53	0,14	**-2,40**	**-0,03**
2	Flèche littorale	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	**N.A.**	**N.A.**
3	Flèche littorale	-3,78	-0,09	2,15	0,07	**-1,63**	**-0,03**
4	Artificiel	-12,03	-0,29	-4,98	-0,15	**-17,01**	**-0,23**
5	Artificiel	-8,37	-0,20	-2,92	-0,09	**-11,29**	**-0,15**
6	Artificiel	-8,25	-0,20	-0,85	-0,03	**-9,10**	**-0,12**
7	Côte meuble	-1,63	-0,04	-0,23	-0,01	**-1,85**	**-0,03**
8	Falaise rocheuse	-2,51	-0,06	-1,47	-0,04	**-3,98**	**-0,05**
9	Artificiel	-6,39	-0,16	-3,97	-0,12	**-10,36**	**-0,14**
10	Côte meuble	-2,48	-0,06	-2,05	-0,06	**-4,54**	**-0,06**
11	Falaise rocheuse	-5,35	-0,13	-3,99	-0,12	**-9,33**	**-0,13**
12	Côte meuble	2,39	0,06	13,42	0,41	**15,81**	**0,21**
13	Côte meuble	-9,47	-0,23	-9,03	-0,27	**-18,50**	**-0,25**
14	Côte meuble	-1,48	-0,04	-4,18	-0,13	**-5,66**	**-0,08**
15	Falaise rocheuse	-1,72	-0,04	-1,23	-0,04	**-2,95**	**-0,04**
16	Falaise meuble	-1,40	-0,03	-3,53	-0,11	**-4,93**	**-0,07**
17	Falaise rocheuse	-2,14	-0,05	-0,46	-0,01	**-2,60**	**-0,04**
18	Falaise meuble	-2,60	-0,06	-0,45	-0,01	**-3,05**	**-0,04**
19	Falaise rocheuse	-3,54	-0,09	-0,07	0,00	**-3,61**	**-0,05**
20	Falaise meuble	-6,13	-0,15	-0,93	-0,03	**-7,06**	**-0,10**

Tableau 4-2 (suite) Déplacement net (m) et taux de recul (m/an) du trait de côte par segments homogènes pour les secteurs de Belledune et Beresford

SEGMENT HOMOGÈNE	TYPE DE CÔTE	PÉRIODE					
		1944-1985		1985-2018		1944-2018	
		(m)	(m/an)	(m)	(m/an)	(m)	(m/an)
21	Falaise rocheuse	-3,02	-0,07	0,10	0,00	**-2,92**	**-0,04**
22	Côte meuble	-26,13	-0,64	-0,11	0,00	**-26,24**	**-0,35**
23	Artificiel	-47,73	-1,16	-0,73	-0,02	**-48,47**	**-0,65**
24	Flèche littorale	-23,39	-0,57	4,64	0,14	**-18,75**	**-0,25**
25	Côte meuble	-2,52	-0,06	-0,05	0,00	**-2,57**	**-0,03**
26	Falaise meuble	-9,05	-0,22	-9,41	-0,29	**-18,46**	**-0,25**
MOYENNE		**-6,17**	**-0,15**	**-1,05**	**-0,03**	**-7,22**	**-0,10**

BERESFORD (SEGMENTS 1 À 5)

Le secteur de Beresford est caractérisé principalement par son système de flèches (segments 1 et 3) qui s'étend sur une longueur de 5 500 m du littoral de la municipalité. Entre 1944 et 1985, les deux segments correspondant à ce système ont connu un recul significatif de 0,17 m/an (-6,92 m en 41 ans) pour le segment 1 et de 0,09 m/an (-3,78 m en 41 ans) pour le segment 3. Entre 1985 et 2018 par contre, on note une avancée significative pour les deux segments. Pour le segment 1, un taux de 0,14 m/an (4,53 m en 33 ans) et pour le segment 3, un taux de 0,07 m/an (2,15 m en 33 ans).

Les segments 4 et 5 correspondent, quant à eux, à des segments de côtes ayant été artificialisés par la mise en place d'infrastructures de protection contre l'érosion. Ces deux segments couvrent 2 300 m du littoral de la municipalité. Les deux segments ont subi d'importants reculs entre 1944 et 2018. Pour le segment 4, un taux de recul de 0,23 m/an (-17,01 m en 74 ans) est observé tandis que pour le segment 5, un taux de recul de 0,15 m/an (-11,29 m en 74 ans) est noté.

BELLEDUNE EST (SEGMENTS 6 À 10)

Le secteur à l'est du port de Belledune est caractérisé principalement par un littoral meuble (falaises meubles) (segments 7 et 10) qui s'étend sur une longueur de près de 2 200 m. Il compte également un segment de falaise rocheuse (segment 8) long de 540 m et un littoral artificialisé (segments 6 et 9) d'une longueur de 600 m. Dans les segments de littoral meuble (7 et 10), le taux de changement moyen est négligeable. En effet, entre 1944 et 2018, les deux segments ont connu un recul de 0,03 m/an (-1,85 m en 74 ans) pour le segment 7 et de 0,06 m/an (-4,54 m en 74 ans) pour le segment 10. Il s'agit de taux égaux ou inférieurs à la marge d'erreur. Il en va de même pour le segment 8 (falaise rocheuse) qui a un taux de recul inférieur à la marge d'erreur soit de 0,05 m/an (-3,98 m en 74 ans). Cela peut s'expliquer par le fait que certaines zones ont connu des avancées (sédimentation), alors que d'autres ont subi un recul (érosion). Ces deux phénomènes viennent donc s'équilibrer et donnent une moyenne faible.

En ce qui concerne les segments artificiels (6 et 9), des infrastructures de protection ont été implantées entre 1944 et 1985 pour contrer les phénomènes d'érosion. En effet, les deux segments ont reculé à un taux similaire soit de 0,12 m/an (-9,10 m en 74 ans) pour le segment 6 et de 0,14 m/an (-10,36 m en 74 ans) pour le segment 9, vraisemblablement avant le mise en place de ces infrastructures.

Figure 4-1 Évolution spatio-temporelle de la zone portuaire de Belledune entre 1944 et 2018

BELLEDUNE OUEST (SEGMENTS 11 À 26)

La côte du secteur Belledune ouest est la plus diversifiée, car elle est composée d'un littoral meuble (côte meuble, falaise meuble et flèche littorale). Elle est composée de côtes meubles (segments 12, 13, 14, 22 et 25) qui couvrent une longueur de 8 640 m, de falaise rocheuse (segments 11, 15, 17, 19 et 21) d'une longueur de 2 200 m, de falaises meubles (segments 16, 18, 20 et 26) longues de 5 740 m, d'une flèche littorale (segment 24) d'une longueur de 1 315 m et d'un littoral artificialisé (segment 23) d'une longueur de 327 m.

Les segments de littoral meuble sont généralement sensibles à l'érosion et à la sédimentation. On observe d'ailleurs une dynamique spatio-temporelle importante dans les segments meubles entre 1944 et 2018. Tout d'abord, le segment 12 a connu une progradation entre 1944 et 2018 avec un taux d'accrétion de 0,21 m/an (15,81 m en 74 ans). Il s'agit du seul segment ayant subi une progradation. On peut attribuer cette accrétion au déplacement des sédiments des segments connexes 13 et 14 qui ont subi d'importants reculs entre 1944 et 2018. En effet, le segment 13 a connu un taux de recul de 0,25 m par année entre 1944 et 2018 (-18,5 m en 74 ans), alors que le segment 14 a reculé de 0,08 m/an (-5,66 m en 74 ans). Le segment 22, quant à lui, a connu un recul important de 0,35 m/an entre 1944 et 2018 (-26,24 m en 74 ans), tandis que le segment 25 a reculé de 0,03 m/an (-2,57 m en 74 ans), un taux inférieur à la marge d'erreur.

Les segments côtiers de falaises rocheuses ont tous subi l'érosion de manière négligeable (taux inférieur à la marge d'erreur), sauf le segment 11. Les segments 15, 17, 19 et 21 ont tous des taux de recul entre 0,04 et 0,05 m/an pour la période 1944 à 2018. Cela s'explique par la résistance accrue à l'érosion, puisqu'ils sont plus cohésifs. Pour sa part, le segment 11 a connu un taux de recul de 0,13 m/an (-9,33 m en 74 ans).

Les segments de falaises meubles ont eux aussi subi de l'érosion. Dans l'ensemble, le segment 16 a reculé à un taux de 0,07 m/an (-4,93 m en 74 ans), le segment 18 a reculé à un taux négligeable de 0,04 m/an (-3,05 mètres en 74 ans), le segment 20 a reculé à un taux de 0,10 m/an entre 1944 et 2018 (-7,06 m en 74 ans) et le segment 26 a reculé à un taux de 0,25 m/an (-18,46 m en 74 ans). Étant constitué de matériel moins cohésif que les falaises rocheuses, il est normal que ces segments aient connu plus d'érosion.

La flèche littorale à l'embouchure de la rivière Jaquet a été très dynamique entre 1944 et 2018. Entre 1944 et 1985, elle a reculé de 0,57 m/an (-23,29 m en 41 ans) alors qu'entre 1985 et 2018, elle a progradé de 0,14 m/an (4,64 m en 33 ans). Cette tendance est la même que celle de la flèche de Beresford, c'est-à-dire un recul entre 1944 et 1985 et une accrétion entre 1985 et 2018. Les raisons de cette progradation sont différentes, soit d'origine plus naturelle à Belledune (accumulation suivant certaines tempêtes) et d'origine anthropique à Beresford, en raison de l'implantation de plusieurs structures de protection entre 1944 et 1985.

Pour sa part, le segment 23 (artificiel) a connu le recul le plus important de tout le littoral de Belledune et Beresford. En effet, entre 1944 et 1985, la côte a connu un taux de recul de -1,16 m/an (-47,73 m en 41 ans). Les infrastructures de protection ont été implantées par la suite, et entre1985 et 2018, le recul a été négligeable (0,02 m/an, -0,73 m en 33 ans). On obtient un taux de recul de 0,65 m/an (-48,75 m en 74 ans) pour l'ensemble de la période couverte.

SYNTHÈSE

Dans l'ensemble, le littoral de la zone d'étude est principalement en recul sur l'ensemble de la période analysée. Les plus forts taux de reculs ont été enregistrés au sein des segments meubles (côte meuble et falaise meuble) qui sont, par leur nature, plus dynamiques. Les segments artificialisés ont connu plus d'érosion entre 1944 et 1985 qu'entre 1985 et 2018. Cette différence s'explique par l'implantation relativement récente de la majorité des structures de protection qui ont substantiellement réduit l'érosion. Les flèches littorales ont connu une dynamique qui semble différente des autres segments, probablement parce qu'elles sont plus sensibles à la dérive littorale et aux déplacements latéraux. Les falaises rocheuses ont été plus stables que les autres types de côtes, puisqu'on y a mesuré les taux les plus faibles.

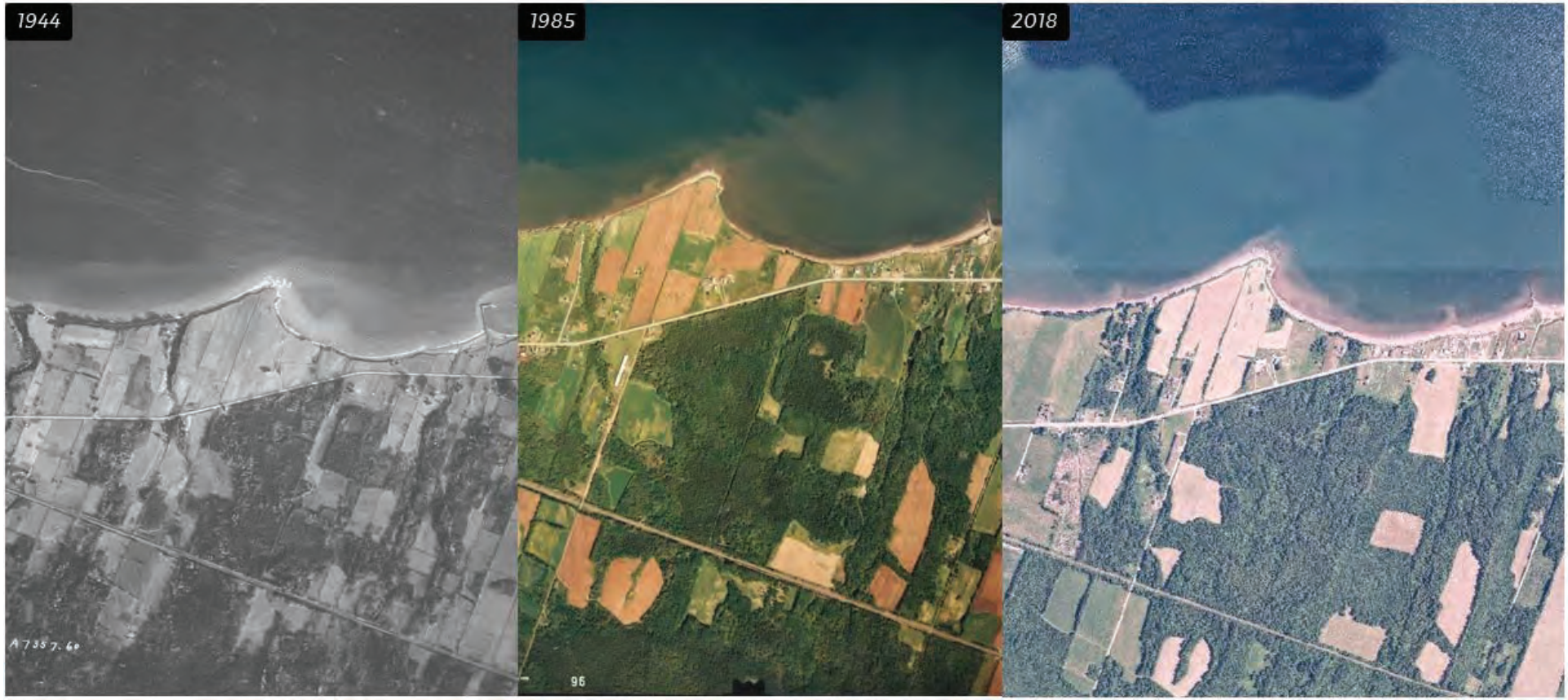


Figure 4-2 Évolution historique de la côte dans les segments 14, 15 et 16 dans la municipalité de Belledune entre 1944 et 2018

4.2.2 CARACTÉRISATION DES DÉPLACEMENTS DU TRAIT DE CÔTE DES ESTUAIRES ENTRE 1944 ET 2018

La carte 4-2 (servant d'exemple), ainsi que le tableau 4.3, présentent les déplacements du trait de côte des estuaires présents dans la zone à l'étude entre 1944 et 2018. Quatre segments homogènes d'évolution côtière ont été définis (1 à 4) le long du littoral des estuaires. Les zones homogènes ont été déterminées selon le type de côte et l'homogénéité de l'évolution côtière dans le temps.

Les résultats des calculs relatifs aux déplacements du trait de côte sont détaillés pour chaque zone homogène, et ce, pour les différentes périodes de temps analysées, soit 1944-1985, 1985-2018 et 1944-2018. Un déplacement positif représente une zone d'accrétion alors qu'un déplacement négatif montre une zone en érosion.

Les segments 1, 2 et 3 correspondent au littoral longeant l'arrière des flèches de Beresford. Les segments 1 et 2 montrent des taux de déplacement de – 0,10 et +0,15 m par année entre 1944 et 2018 (-7,28 et +10,99 m en 74 ans) respectivement, tandis que le segment 3 enregistre un taux de déplacement inférieur à la marge d'erreur. Le segment 4 correspond à l'embouchure de la rivière Jaquet et les déplacements y sont aussi négligeables et sous la marge d'erreur. On peut donc dire qu'il n'y a pas eu de changement important dans ce segment et qu'un équilibre prévaut.

En définitive, les déplacements dans les estuaires sont homogènes dans le temps. En effet, on retrouve des taux moyens identiques entre chaque période analysée, soit -0,04 m par année. Il s'agit d'un taux inférieur à la marge d'erreur de 0,06 m, ce qui est négligeable et correspond à une stabilité spatio-temporelle.

Tableau 4-3 Déplacement net (m) et taux de recul (m/an) des rives des estuaires par segments homogènes pour les secteurs de Belledune et Beresford

SEGMENT HOMOGÈNE	TYPE DE CÔTE	PÉRIODE					
		1944-1985		1985-2018		1944-2018	
		(m)	(m/an)	(m)	(m/an)	(m)	(m/an)
1	Estuaire	-6,28	-0,15	-0,99	-0,03	**-7,28**	**-0,10**
2	Estuaire	25,61	0,62	-14,62	-0,44	**10,99**	**0,15**
3	Estuaire	0,52	0,01	-0,97	-0,03	**-0,45**	**-0,01**
4	Estuaire	-0,58	-0,01	-1,33	-0,04	**-1,91**	**-0,03**
MOYENNE		**-1,48**	**-0,04**	**-1,22**	**-0,04**	**-2,70**	**-0,04**

4.3 COMPARAISON DES TAUX DE RECUL HISTORIQUES À CEUX ÉVALUÉS À PARTIR DES DONNÉES EXISTANTES

Le ministère des Ressources naturelles et du Développement de l'Énergie du Nouveau-Brunswick (MRNDE) est responsable de la compilation de données sur le déplacement du trait de côte et de ligne de rivage pour l'ensemble de la province. Plusieurs données sont donc disponibles pour le littoral de la baie des Chaleurs (falaises et dunes), incluant les secteurs de Belledune et de Beresford. Les taux de recul historique produits dans cette étude ont été comparés à ceux trouvés dans la base de données provinciale. Cependant, la dernière mise à jour des statistiques provinciales sur les tendances du déplacement côtier a été effectuée en 2015 et n'intègre pas les taux calculés depuis cette date. En fait, près de 13 000 nouveaux taux de déplacement ont été calculés au cours des dernières années par les chercheurs universitaires et les consultants, dont plusieurs pour le littoral de la baie des Chaleurs, ce qui pourrait faire varier les statistiques pour la région. Cependant, l'ajout de ces données ne peut pas avoir un changement notable sur la tendance historique.

Pour les falaises (meubles et rocheuses), 1 862 données sont prises en compte dans les statistiques de la région Chaleurs et font état d'un taux moyen de déplacement de -0,16 m/an. En ce qui concerne les dunes, 1 084 données ont été considérées et donnent un taux moyen de recul de -0,06 m/an. Bien que les marges d'erreur associées à ces statistiques soient plus grandes que celles de la présente étude, en raison surtout des limites technologiques des études plus anciennes, on observe néanmoins des similitudes entre les taux calculés.

Le tableau 4-4 montre la moyenne des taux de déplacement de la ligne de côte le long des falaises et des dunes compilés avant 2015 par le MRNDE, et incluant seulement les séries de données qui couvrent des périodes de plus 15 ans.

Tableau 4-4 Tendances du déplacement du trait de côte dans la baie des Chaleurs entre 1934 et 2015

Taux moyen et nombre de transects	Trait de côte							
	Falaise				Dune			
	Taux (m/an)	Marge d'erreur (m/an)	N	%	Taux (m/an)	Marge d'erreur (m/an)	N	%
Tous les taux	-0,16	±0,15	1862	100	-0,06	±0,14	1084	100
Taux négatifs	-0,23	±0,16	1433	76,96	-0,40	±0,14	593	54,70
Taux positifs	+0,10	±0,12	343	18,42	+0,36	±0,14	465	42,90
Taux neutres	0,00	±0,15	86	4,62	0,00	±0,19	26	2,40
Totaux	**-**	**-**	**1862**	**100**	**-**	**-**	**1084**	**100**

La précision des limites et des mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.
Boundaries and measurements shown on this document must not be used for engineering or land survey delineation. A land register analysis conducted by a land surveyor was not undertaken.

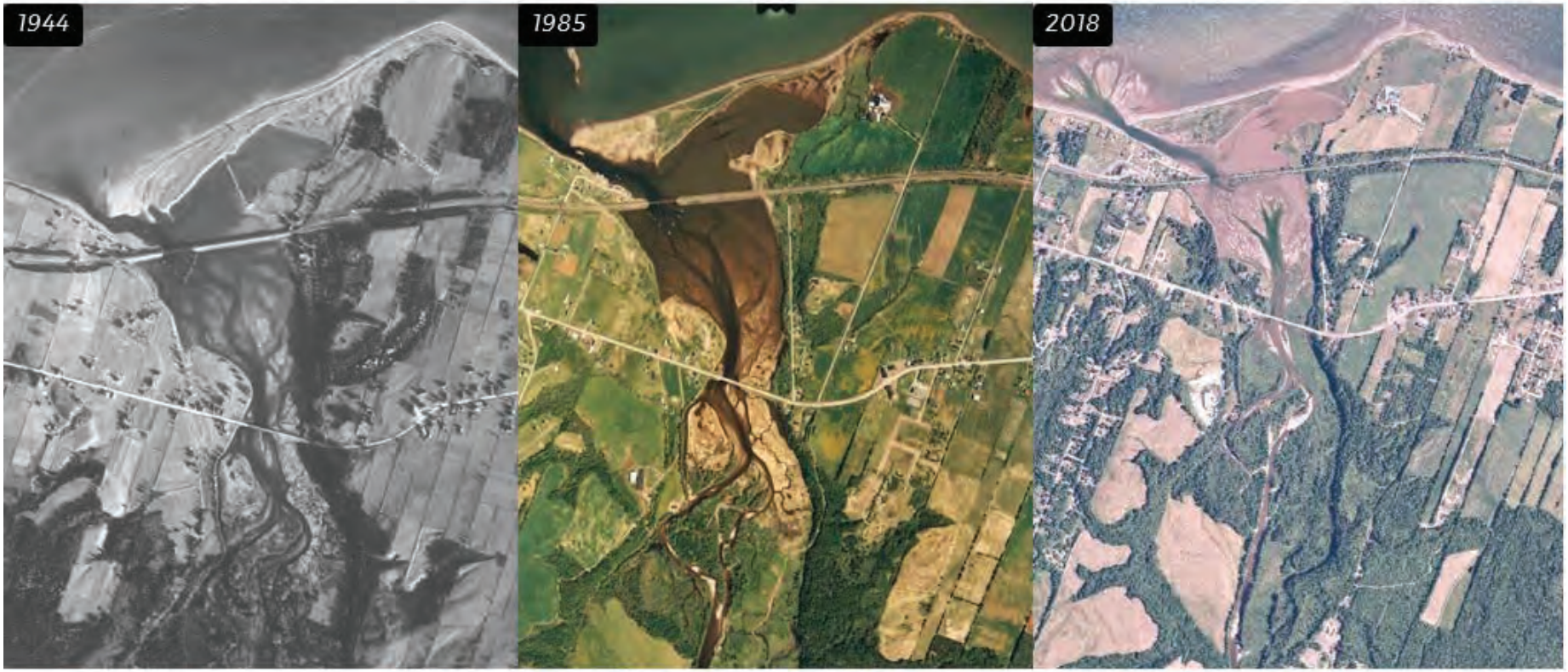


Figure 4-3 Évolution historique de la morphologie de l'estuaire de la rivière Jaquet (Belledune) entre 1944 et 2018

La précision des limites et des mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.
Boundaries and measurements shown on this document must not be used for engineering or land survey delineation. A land register analysis conducted by a land surveyor was not undertaken.

5 PROJECTION DU TRAIT DE CÔTE EN 2050 ET 2100

5.1 TRAIT DE CÔTE PROJETÉ POUR LA FAÇADE MARTIME

La carte 5-1 (servant d'exemple) ainsi que le tableau 5-1 présentent les projections du trait de côte pour les périodes 2018-2050 et 2050-2100. Comme mentionné dans la méthodologie, puisqu'il est difficile de prévoir comment un milieu réagira avec précision aux changements climatiques futurs, deux scénarios ont été établis. Le premier consiste en une projection avec les taux historiques (maintien des tendances), alors que le second est un scénario pessimiste où les pires taux de reculs enregistrés dans le passé se concrétisent dans le futur. Les mêmes 26 segments homogènes d'évolution côtière ont été utilisés (1 à 26).

Les résultats des calculs relatifs aux projections du trait de côte sont détaillés pour chaque segment, et ce, pour les périodes 2018-2050 et 2050-2100. Un déplacement positif représente une projection d'accrétion alors qu'un déplacement négatif montre une projection d'érosion.

Les résultats montrent que si la tendance se maintient, le trait de côte reculera en moyenne à un taux de 0,10 m/an. Cela équivaut à un recul moyen de -3,17 m pour la période 2018-2050 et de -4,96 m pour la période 2050-2100. Si le scénario pessimiste s'avère, le taux de recul sera de 0,42 m/an ou -13,43 m pour la période 2018-2050 et de -21,01 m pour 2050-2100.

Selon les projections, c'est Belledune qui connaitra un recul le plus important des deux municipalités en raison de la nature meuble d'une façade maritime plus étendue (12 000 m). Belledune a aussi une diversité plus importante de type de côte, ce qui la rend plus vulnérable aux changements climatiques présents et futurs. Néanmoins, la densité des bâtiments est beaucoup plus faible à Belledune qu'à Beresford. Beresford, de son côté, n'a que 5 500 m de façade et c'est dans les segments de flèches littorales où les changements se feront sentir davantage. Ces segments sont aussi densément habités, ce qui signifie qu'ils devront faire l'objet d'une surveillance.

Il est évident que dépendamment des types de côtes, ce recul sera plus ou moins élevé. Par exemple, les côtes meubles et les falaises meubles connaitront des reculs plus importants, alors que les falaises rocheuses, étant beaucoup plus cohésives que les dépôts meubles, seront davantage épargnées.

Les données détaillées sont présentées dans la géodatabase et elles permettent aux utilisateurs de mieux comprendre la portée et l'étendue attribuées à l'érosion côtière sur les territoires des deux municipalités dans le futur.

5.2 TRAIT DE CÔTE PROJETÉ POUR LES ESTUAIRES

Le tableau 5-2 présentent les projections du trait de côte des estuaires pour les périodes 2018-2050 et 2050-2100, selon des taux historiques moyens et pessimistes.

Les résultats montrent que si la tendance se maintient, les traits de côte des estuaires reculeront à un taux moyen de -0,04 m/an. Pour la période 2018-2050, cela équivaut à un recul moyen de -1,17 m et pour 2050-2100, de 1,83 m. Si le scénario pessimiste s'avère, elles reculeront à un taux de -0,33 m/an, soit des reculs de -10,59 m pour la période 2018-2050 et de -16,55 m pour 2050-2100.

Tableau 5-1 Projection (m) pour les périodes 2018-2050 et 2050-2100 et taux de recul projeté (m/an) du trait de côte par segment homogène pour les secteurs de Belledune et Beresford.

Segment Homogène	Type de côte	Période (taux)							
		2018-2050 (taux historique)		2018-2050 (taux pessimiste)		2050-2100 (taux historique)		2050-2100 (taux pessimiste)	
		(m)	(m/an)	(m)	(m/an)	(m)	(m/an)	(m)	(m/an)
1	Flèche Littorale	-1,04	-0,03	-5,93	-0,19	-1,62	-0,03	-9,27	-0,19
2	Flèche Littorale	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
3	Flèche Littorale	-0,71	-0,02	-12,69	-0,40	-1,10	-0,02	-20,00	-0,40
4	Artificiel	-7,36	-0,23	-1,74	-0,05	-11,50	-0,23	-2,71	-0,05
5	Artificiel	-4,88	-0,15	-3,04	-0,10	-7,63	-0,15	-4,76	-0,10
6	Artificiel	-3,94	-0,12	-1,17	-0,04	-6,15	-0,12	-1,84	-0,04
7	Côte meuble	-0,80	-0,03	-3,98	-0,12	-1,25	-0,03	-6,21	-0,12
8	Falaise Rocheuse	-1,72	-0,05	-5,57	-0,17	-2,69	-0,05	-8,70	-0,17
9	Artificiel	-4,48	-0,14	-2,13	-0,07	-7,00	-0,14	-3,33	-0,07
10	Côte meuble	-1,96	-0,06	-11,11	-0,35	-3,07	-0,06	-17,36	-0,35
11	Falaise Rocheuse	-4,04	-0,13	-11,83	-0,37	-6,31	-0,13	-18,49	-0,37
12	Côte meuble	6,84	0,21	-2,48	-0,08	10,68	0,21	-3,87	-0,08
13	Côte meuble	-8,00	-0,25	-40,61	-1,27	-12,50	-0,25	-63,45	-1,27
14	Côte meuble	-2,45	-0,08	-12,15	-0,38	-3,82	-0,08	-18,99	-0,38
15	Falaise Rocheuse	-1,28	-0,04	-3,39	-0,11	-2,00	-0,04	-5,30	-0,11
16	Falaise Meuble	-2,13	-0,07	-10,77	-0,34	-3,33	-0,07	-16,82	-0,34
17	Falaise Rocheuse	-1,13	-0,04	-3,84	-0,12	-1,76	-0,04	-6,00	-0,12
18	Falaise Meuble	-1,32	-0,04	-3,20	-0,10	-2,06	-0,04	-5,00	-0,10
19	Falaise Rocheuse	-1,56	-0,05	-1,61	-0,05	-2,44	-0,05	-2,52	-0,05
20	Falaise Meuble	-3,05	-0,10	-4,19	-0,13	-4,77	-0,10	-6,55	-0,13
21	Falaise Rocheuse	-1,26	-0,04	-1,26	-0,04	-1,97	-0,04	-1,97	-0,04
22	Côte meuble	-11,35	-0,35	-15,27	-0,48	-17,73	-0,35	-23,86	-0,48
23	Artificiel	-20,96	-0,65	-11,84	-0,37	-32,75	-0,65	-18,50	-0,37
24	Flèche Littorale	-8,11	-0,25	-23,55	-0,74	-12,67	-0,25	-36,80	-0,74
25	Côte meuble	-1,11	-0,03	-13,02	-0,41	-1,73	-0,03	-20,35	-0,41
26	Falaise Meuble	-7,98	-0,25	-15,61	-0,49	-12,47	-0,25	-24,38	-0,49
Moyenne		**-3,17**	**-0,10**	**-13,43**	**-0,42**	**-4,96**	**-0,10**	**-21,01**	**-0,42**

Tableau 5-2 Projection pour les périodes 2018-2050 et 2050-2100 (m) et taux de recul projeté (m/an) des rives des estuaires par segments homogènes pour les secteurs de Belledune et Beresford.

Segment Homogène	Type de côte	Période							
		2018-2050 (taux historique)		2018-2050 (taux pessimiste)		2050-2100 (taux historique)		2050-2100 (taux pessimiste)	
		(m)	(m/an)	(m)	(m/an)	(m)	(m/an)	(m)	(m/an)
1	Estuaire	-3,15	-0,10	-8,32	-0,26	-4,92	-0,10	-13,00	-0,26
2	Estuaire	4,75	0,15	-4,15	-0,13	7,43	0,15	-6,48	-0,13
3	Estuaire	-0,19	-0,01	-10,14	-0,32	-0,30	-0,01	-15,85	-0,32
4	Estuaire	-0,83	-0,03	-12,39	-0,39	-1,29	-0,03	-19,36	-0,39
Moyenne		**-1,17**	**-0,04**	**-10,59**	**-0,33**	**-1,83**	**-0,04**	**-16,55**	**-0,33**

Commission de services régionaux Chaleur
Regional Service Commission

Analyse de risque d'inondation et d'érosion côtière pour une partie du territoire de la CSR Chaleur / Coastal flood and erosion risk analysis Portion of the Chaleur RSC Territory

Carte 5-1 / Map 5-1
Projection du trait de côte en 2050 et 2100 dans le secteur de Belledune et Beresford / Projected shoreline in 2050 and 2100 in the Belledune and Beresford sectors

Sources :
CanVec+, 1/50 000, RNCan, 2016
Image aérienne : Orthophoto, 2018

0 65 130 Meters
NAD 1983 CSRS New Brunswick Stereographic

Janvier 2021
January 2021

Préparation / Prepared by : G. J.-Turcotte
Dessin / Drawing : D. Delorme
Approbation / Verified by : F. Quinty
191_12464_00_C5-1_Projection_wspq_210126bi.mxd

wsp

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.
Boundaries and measurements shown on this document must not be used for engineering or land survey delineation. A land register analysis conducted by a land surveyor was not undertaken.

5.3 INDICE DE RISQUE D'ÉROSION DES INFRASTRUCTURES

L'analyse de risque d'érosion a été effectuée sur l'ensemble des données d'infrastructures disponibles pour les municipalités de Belledune et Beresford. Elle est basée sur la position des infrastructures par rapport aux traits de côtes projetés en 2050 et 2100 selon l'indice décrit dans les méthodes (voir section 3-3). Le tableau 5-3 présente le nombre d'infrastructures à risque en fonction du type d'infrastructure et de l'indice de risque calculé selon la projection historique (maintien de la tendance actuelle).

Au total, 274 éléments ont été identifiés comme étant des infrastructures pouvant éventuellement faire face à un risque d'érosion d'ici 2100 (indice 1 à 3), dont 99 font face à un risque actuel selon leur proximité au trait de côte de 2018 (tableau 5-3).

Le tableau 5-3 indique que les bâtiments représentent le type d'infrastructure le plus exposé à un risque immédiat avec 76, suivi par les poteaux électriques avec 20. Les égouts et conduites d'eau comptent 2 et 1 infrastructure à risque immédiat respectivement.

Il est important de considérer qu'il s'agit de résultats sommaires et sous forme tabulaire et graphique. La géodatabase produite dans le cadre de ce projet ainsi que le fichier .mxd généré par les données permettent de réaliser une analyse géographique plus fine et de localiser avec précision les infrastructures à risque.

Tableau 5-3 Nombre d'infrastructures par indice de risque d'érosion à Belledune et Beresford

Infrastructure	Indice 0	Indice1	Indice 2*	Indice 3*	Total
Bâtiment	4915	73	71	76	**5135**
Borne	196	1	0	0	**197**
Égout	137	0	0	2	**139**
Antenne radio	98	0	2	0	**100**
Pompage	9	0	1	0	**10**
Poteau électrique	2906	18	9	20	**2953**
Conduite d'eau	128	0	0	1	**129**
Total	**8389**	**92**	**83**	**99**	**8663**

* Infrastructure à surveiller

6 SYNTHÈSE ET CONCLUSION

Cette étude porte sur le développement de scénarios d'érosion et la détermination des infrastructures à risque d'ici l'an 2100 pour les municipalités de Belledune et de Beresford. Elle a utilisé les données disponibles les plus récentes, notamment les couches de données des infrastructures de la CSR Chaleur ainsi que des méthodes éprouvées.

Les données géospatiales produites dans cette étude peuvent servir d'outil d'aide à la décision afin de déterminer les infrastructures à risque d'érosion, d'identifier les secteurs les plus vulnérables et d'aider ainsi la CSR Chaleur dans ses efforts d'adaptation et de résilience face aux conséquences des changements climatiques. De plus, il est également possible de créer du matériel éducatif montrant l'évolution de la côte et la répartition des infrastructures à risque d'érosion par secteur de la zone d'étude à partir des données géospatiales, afin de sensibiliser la population face à cet enjeu.

Il est maintenant bien établi dans la communauté scientifique que la dynamique sédimentaire côtière fera face à un déséquilibre accentué dans le futur en raison d'une hausse eustatique, une augmentation des évènements de forte intensité (tempêtes) et une diminution du couvert de glace en hiver qui sert de protection pour la côte. Les taux historiques de déplacement du trait de côte présentés dans ce rapport reflètent les conditions environnementales passées et actuelles, mais ces taux pourraient être plus élevés au cours du prochain siècle. C'est pour cette raison qu'un scénario pessimiste a été établi afin de prendre en considération cette accélération potentielle des taux d'érosion. Cependant, on constate que le risque d'érosion varie d'un secteur à l'autre de la zone d'étude.

On considère que les scénarios de projection du trait de côte établis dans cette étude sont prudents, car ils reposent sur des données du passé et sur un scénario pessimiste. Ils évoquent un spectre de possibilité que seul l'avenir pourra confirmer. D'autres scénarios de dynamique sédimentaire côtière sont possibles.

Peu importe les taux d'érosion historiques et projetés, un intérêt marqué devrait être accordé aux conditions extrêmes prévues dans l'avenir (WSP, 2019). En effet, si les changements climatiques se concrétisent de la manière prévue, les évènements à faible récurrence mais à haute intensité seront de plus en plus nombreux. Les tempêtes causent une destruction importante en peu de temps, car elles érodent beaucoup de matériaux sédimentaires à la côte et causent des dégâts matériels importants.

Les segments situés dans la municipalité de Beresford sont principalement composés de flèches littorales et de segments protégés par des infrastructures de protection (enrochements). La mise en place de structures de protection par endroits dans la zone d'étude indique que l'érosion est une problématique qui a déjà été reconnue dans la région. Les taux d'érosion historiques mesurés dans ces segments sont plus faibles que ceux mesurés au nord (Belledune), où le trait de côte est naturel (moins protégé) et composé principalement de côte meuble et de falaises rocheuses. Considérant que le système de flèches de Beresford est densément habité, il sera important d'effectuer une surveillance accrue de sa dynamique sédimentaire, la flèche étant très active selon les résultats obtenus par la présente étude. Cela pourrait inclure, par exemple, des bilans sédimentaires des parties immergées et émergées, l'étude des transferts sédimentaires longitudinaux liés à la dérive littorale, et transversaux liés au débordement lors des tempêtes, la surveillance de l'impacts de la présence des murs de protection côtière sur les transferts sédimentaires, etc.

En ce qui concerne les segments de la municipalité de Belledune, ceux-ci couvrent une plus longue partie de la façade maritime (la côte est plus longue donc un plus grand volume de sédiments). Ce faisant, ils sont plus susceptibles de faire face à une plus grande problématique d'érosion dans le futur. On note toutefois que le littoral de Belledune est moins densément habité que celui de la municipalité de Beresford.

En ce qui concerne les infrastructures, les indices de risque à l'érosion montrent que, bien que la grande majorité des infrastructures sur le territoire des deux municipalités ne sont pas menacées danger, plusieurs infrastructures sont à risque d'érosion.

Finalement, la méthode utilisée devrait être réévaluée pour les flèches littorales en raison de leur mobilité latérale. En effet, la présente méthode prend en compte principalement les avancées et les reculs de la côte, mais elle omet de prendre en considération les déplacements latéraux qui sont propre à des environnements comme les flèches littorales.

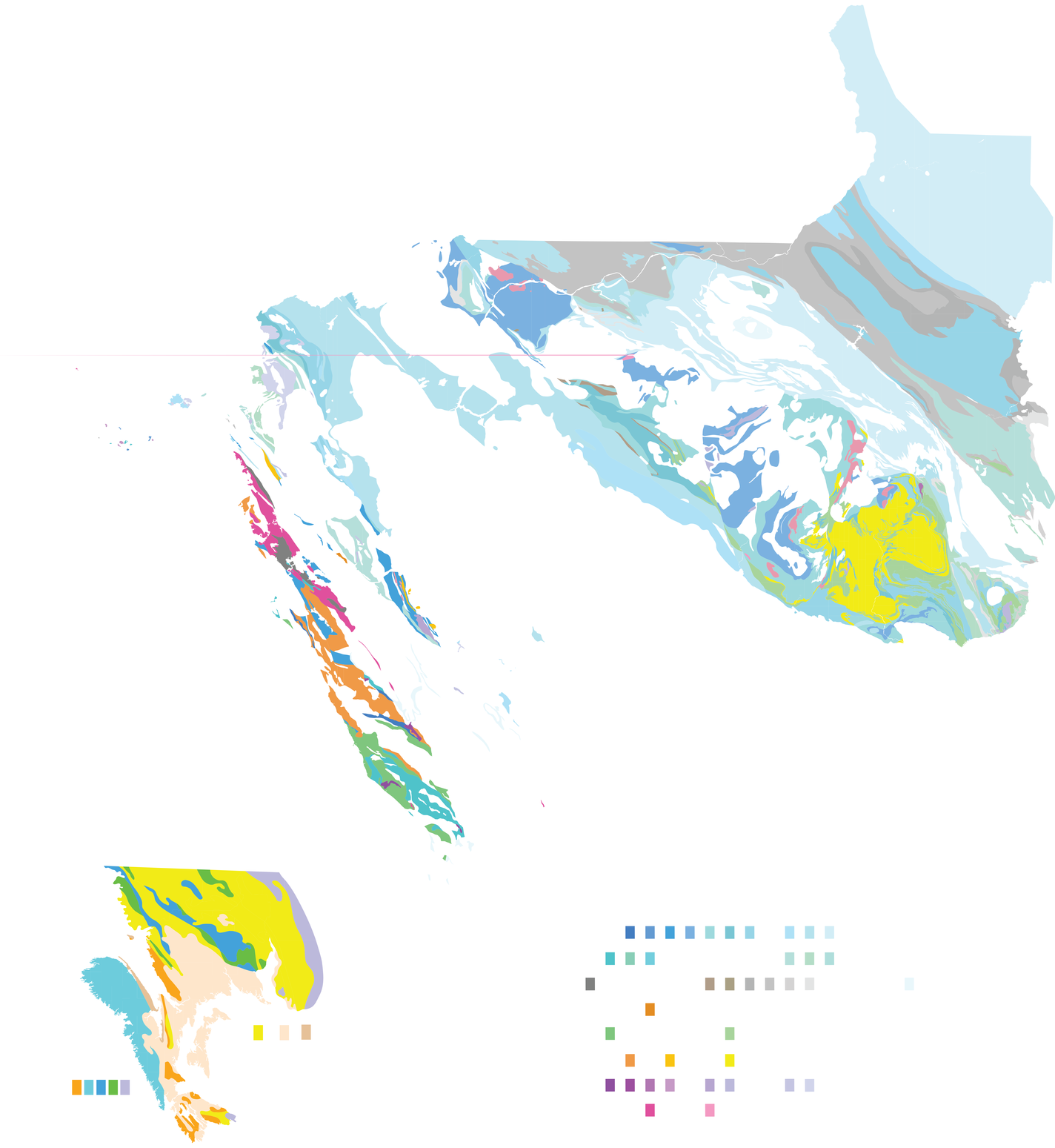
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AUBÉ, M., HÉBERT, C. ET SONIER, T. (2018). Plan d'action régional en matière d'adaptation aux changements climatiques – Phase 1 : Analyse de risques et vulnérabilités. Institut de Recherche sur les Zones Côtières. 59 p.
- BOUCHER-BROSSARD, G. et BERNATCHEZ, P. 2013. Analyse historique et récente de l'érosion du talus côtier, secteur des Cayes, municipalité de Rivière-Saint-Jean, Côte-Nord. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport de recherche remis au ministère des Transports du Québec, Direction de la Côte-Nord, 37 p.
- CHELBI, M., SIMARD, I., ET ROBICHAUD A. (2019) Infrastructures à risque face à l'érosion côtière pour les municipalités de Petit-Rocher et Pointe-Verte, Nouveau-Brunswick. Groupe RègeNord.
- DIONNE, J. 1977. La mer de Goldthwait au Québec. Géographie physique et Quaternaire, 31 (1-2), 61-80.
- FRASER, C., BERNATCHEZ, P., ET DUGAS, S. (2017). Development of a GIS coastal land-use planning tool for coastal erosion adaptation based on the exposure of buildings and infrastructure to coastal erosion, Québec, Canada. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, *8*(2), 1103-1125.
- Le COZANNET, G., GARCIN, M., YATES, M., IDIER, D., ET MEYSSIGNAC, B. (2014). Approaches to evaluate the recent impacts of sea-level rise on shoreline changes. Earth-science reviews, 138, 47-60.
- LONG, B. F. 2006. Étude hydrodynamique, sédimentologique et biologique des sites de Maria, Saint-Siméon, Bonaventure, Newport et Cap-d'Espoir dans la baie des Chaleurs, Québec, Canada. Rapport pour le Ministère des Transports du Québec. INRS-ÉTÉ, Québec, Canada. 121 p et annexes.
- PORT DE BELLEDUNE (2020). The port, Facilities. Consulté le 12 novembre 2019 URL : http://www.portofbelledune.ca/facilities.php
- PRONK, A., BOBROWSKY, P. ET PARKHILL, M. 1989. An Interpretation of Late Quaternary Glacial Flow Indicators in the Baie des Chaleurs Region, Northern New Brunswick. Géographie physique et Quaternaire, 42 (2), 179-190.
- RAMPTON, V.N. 1984. Generalized surficial geology map of New Brunswick / Carte géologique généralisée des dépôts superficiels du Nouveau–Brunswick. New Brunswick Department of Natural Resources and Energy ; Minerals, Policy and Planning Division, Map NR-8 / Ministère des Ressources naturelles et de l'Énergie du Nouveau–Brunswick ; Division des minéraux, des politiques et de la planification,
- ROBICHAUD, A., I. SIMARD, A. DOIRON et M. CHELBi (2011) Infrastructures à risque dans trois municipalités de la Péninsule acadienne; volet 3 du projet SACCA-Péninsule acadienne. Rapport préparé pour l'association interprovinciale Solutions d'adaptation aux changements climatiques pour l'Atlantique (SACCA) dans le cadre du programme d'Initiatives de collaboration pour l'adaptation régionale (ICAR - Ressources naturelles Canada) de l'Atlantique; 54 p.
- ROCHES MAGNIFIQUES (2020). L'exploration du Nouveau-Brunswick. Consulté le 23 novembre 2019 URL : http://magnificentrocks-rochesmagnifique.ca/
- ROSATI, J. D., DEAN, R. G., et WALTON, T. L. (2013). The modified Bruun Rule extended for landward transport. *Marine Geology*, *340*, 71-81.
- SYVITSKI, J. P. M. 1992. Marine Geology of Baie des Chaleurs. Géographie physique et Quaternaire, 46 (3) : 331-348.
- THIELER, E.R., HIMMELSTOSS, E.A., ZICHICHI, J.L., et ERGUL, AYHAN. 2009. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0—An ArcGIS extension for calculating shoreline change: U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278.
- WSP. 2019. Adaptation aux changements climatiques, Plan d'adaptation régional, Région de Chaleur. Rapport produit pour CSR Chaleur. Réf. WSP : 181-12146-01. Nombre de pages et tableaux, figures, cartes et annexes.

ANNEXE

1

CARTES GÉOLOGIQUES

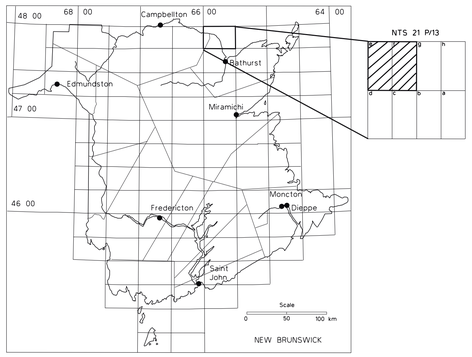


GEOLOGY OF THE BELLEDUNE AREA (NTS 21 P/13e and f), GLOUCESTER AND RESTIGOUCHE COUNTIES, NEW BRUNSWICK

NTS 21 P/13e, f

PLATE 2012-52

LOCATION MAP



REFERENCE

- Municipal Roads
- National, Arterial, Collector and Local Paved Roads
- Gravel and Other Local Roads (DOT)
- Non-DOT Resource Access Roads
- Lake, River, Stream
- Railway Track
- Power Line
- Marsh or Swamp Outline
- Gravel Pit or Quarry Outline
- County Boundary
- Microwave Tower
- Pipeline
- Contour

Base map derived from Service New Brunswick 1:10 000 base map.
Reference System: North American Datum 1983 (CSRS)
Map Projection: New Brunswick Stereographic Double Projection

SYMBOLS

- Outcrop, area of outcrop, probable outcrop (subcrop)
- Bedding, inclined (tops known, tops unknown)
- Bedding (overturned, vertical)
- Cleavage or schistosity, inclinded (first generation); may represent a composite schistosity in Ordovician rocks
- Cleavage or schistosity (first generation, vertical)
- Geological contact
- Angular unconformity, disconformity
- Normal or reverse fault
- Strike-slip fault
- Thrust fault
- F1 (Salinic) syncline
- F2 (Acadian) anticline, syncline
- Mafic dyke or sill
- RW_P13E237 — Lithogeochemical sample site
- 0-105150 — Fossil occurrence with GSC identification number
- Turgeon SM 0016 — Mineral deposit or occurrence (Unique Reference Number): BM = Stratiform bimodal volcanic and sediment-hosted massive sulphide deposis; includes stringer ane disseminated sulphides; SM = Stratiform mafic volcanic and sediment-hosted massive sulphide deposits; includes stringer and disseminated sulphides.

Geology by John Langton, Jim Walker, and Sue Gower; revised by R.A. Wilson, 2011
Digitizing by Ken Mersereau (2002) and Diane Richard, 2002 and 2012

This map should be referenced as follows:

WILSON, R.A. (compiler), 2012: Geology of the Turgeon area (NTS 21 P/13e and f), Gloucester and Restigouche counties, New Brunswick: New Brunswick Department of Natural Resources, Lands, Minerals, and Petroleum Division, Plate 2012-52 (revised April 2016).

LATE CARBONIFEROUS

PERCÉ GROUP

- CBV_{cc} — BONAVENTURE FORMATION: Brick red pebble conglomerate and sandstone.

EARLY DEVONIAN

DALHOUSIE GROUP

- DJR_s — JACQUET RIVER FORMATION: Green to grey, locally fossiliferous siltstone and fine-grained sandstone; minor limestone and basalt.
- DMS_{mv} — MITCHELL SETTLEMENT FORMATION: Dark grey to dark green, fine-grained, typically massive, locally amygdaloidal mafic to intermediate flows interbedded with olive to greenish grey, micaceous, locally fossiliferous siltstone and sandstone; very minor red siltstone.

LATE SILURIAN

DICKIE COVE GROUP

- SBP_{mv} — BRYANT POINT FORMATION: Dark green to dark grey, massive to amygdaloidal, locally coarsely porphyritic basalt; minor interbedded sedimentary rocks.
- SSC_{cc} — SOUTH CHARLO FORMATION: Mainly reddish brown to dark grey polymictic pebble-cobble conglomerate locally containing clasts of Early Silurian limestone; minor sandstone and siltstone.

EARLY SILURIAN

QUINN POINT GROUP

- SLA_{ls} — LA VIEILLE FORMATION: Light grey nodular micritic limestone, light grey calcarenite, and minor calcareous sandstone.
- SLI_s — LIMESTONE POINT FORMATION: Light greenish grey, thin- to medium-bedded, fine-grained calcareous sandstone, and thin interbeds of white fossiliferous limestone.
- SWE_s — WEIR FORMATION: Reddish maroon, thin-bedded, feldspathic or lithic fine- to medium-grained sandstone, and reddish maroon to greenish grey, polymictic pebble to cobble conglomerate.

LATE ORDOVICIAN to EARLY SILURIAN

- $OSBRM_s$ — BELLEDUNE RIVER MÉLANGE: (Tectonic mélange formed in a Late Ordovician to Early Silurian subduction complex and derived from Fournier Group lithotypes). Mainly deformed clasts of sedimentary, and lesser (local) mafic volcanic or ultramafic igneous rocks, in a dark grey to black shale matrix.

MIDDLE TO LATE ORDOVICIAN

SORMANY GROUP

- OE_s — ELMTREE FORMATION: Dark grey shale, locally interbedded with dark grey, fine- to medium-grained quartz wacke and finely laminated siltstone.

POINTE VERTE GROUP

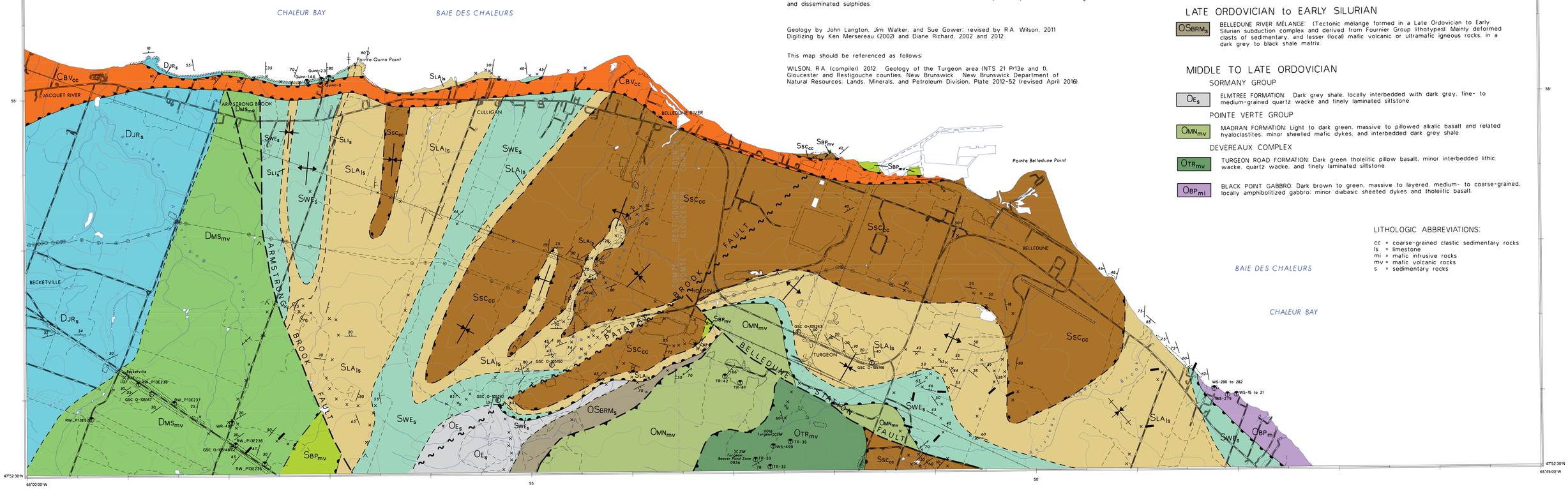
- OMN_{mv} — MADRAN FORMATION: Light to dark green, massive to pillowed alkalic basalt and related hyaloclastites; minor sheeted mafic dykes, and interbedded dark grey shale.

DEVEREAUX COMPLEX

- OTR_{mv} — TURGEON ROAD FORMATION: Dark green tholeiitic pillow basalt, minor interbedded lithic wacke, quartz wacke, and finely laminated siltstone.
- OBP_{mi} — BLACK POINT GABBRO: Dark brown to green, massive to layered, medium- to coarse-grained, locally amphibolitized gabbro; minor diabasic sheeted dykes and tholeiitic basalt.

LITHOLOGIC ABBREVIATIONS:

cc = coarse-grained clastic sedimentary rocks
ls = limestone
mi = mafic intrusive rocks
mv = mafic volcanic rocks
s = sedimentary rocks



Scale 1:20 000

Feet

Metres

Department of Natural Resources
Lands, Minerals and Petroleum Division

New Nouveau Brunswick

Ministère des Ressources naturelles
Division des terres, des minéraux et du pétrole

NTS 21 P/12g

Department of Energy and Mines
Geological Surveys Branch

New Nouveau Brunswick

Ministère de l'Énergie et des Mines
Direction des études géologiques

PLATE 2013-10 (revised 2014)

GEOLOGY OF THE BERESFORD AREA (NTS 21 P/12g), GLOUCESTER COUNTY, NEW BRUNSWICK

EARLY CARBONIFEROUS

MABOU GROUP

CRP_s — RED PINE BROOK FORMATION: Red sandstone, granule to pebble conglomerate, and red and grey mudstone.

PERCÉ GROUP

CBV_{cc} — BONAVENTURE FORMATION: Brick red to grey pebble-cobble conglomerate, sandstone and minor shale.

EARLY DEVONIAN

DPF_{fl} — PABINEAU FALLS GRANITE: Pink, coarse-grained, equigranular to subporphyritic, biotite granite.

LATE SILURIAN

PETIT ROCHER GROUP

SLP_s — LAPLANTE FORMATION: Medium to dark grey, locally laminated calcareous shale and calcisiltite.

SSF_{cc}, **SSF_{mc}** — SIMPSONS FIELD FORMATION: SSFcc - Reddish maroon to greenish grey, pebble-cobble polymictic conglomerate; SSFmc - Greyish green, variably calcareous, thin- to thick-bedded, fine-to medium-grained, commonly micaceous, locally feldspathic or lithic sandstone; minor siltstone and coarse-grained lithic sandstone.

EARLY SILURIAN

QUINN POINT GROUP

SLA_{ls} — LA VIEILLE FORMATION: Light to dark grey, thin-bedded, nodular micritic limestone; minor light grey calcarenite and calcareous sandstone.

SWE_s — WEIR FORMATION: Reddish maroon, locally greyish green or grey, thin-bedded, feldspathic or lithic, fine- to medium-grained sandstone and siltstone.

MIDDLE to LATE ORDOVICIAN

SORMANY GROUP

OM_s — MILLSTREAM FORMATION: Dark grey shale and siltstone, and light to dark grey or greenish grey, fine- to coarse-grained, thick-bedded feldspathic or lithic wacke.

OAB_{mv} — ARMSTRONG BROOK FORMATION: Dark green, high-chromium, massive to pillowed (P) tholeiitic basalt.

CALIFORNIA LAKE GROUP

OBB_s, **OBB_{cb}**, **OBB_{sr}** — BOUCHER BROOK FORMATION: OBBs - Dark grey, thin-bedded to laminated shale, siltstone and fine-grained feldspathic sandstone; OBBCB (Camel Back Member) - Dark green, massive to pillowed alkalic basalt and hyaloclastite; local intercalated chert and limestone; OBBsr - Red shale and chert.

OCL_{NM} — CANOE LANDING LAKE FORMATION: OCLNM (Nine Mile Brook Member) - Dark green, massive to pillowed (P) tholeiitic basalt.

TETAGOUCHE GROUP

OLR_s, **OLR_{BE}** — LITTLE RIVER FORMATION: OLRs - Dark grey, very thin-bedded shale, siltstone, and local feldspathic wacke, rare conglomerate (CGL); OLRBE (Beresford Member) - Dark green, massive to pillowed (P), strongly alkalic basalt and hyaloclastite; minor intercalated chert, conglomerate (CGL) and peralkaline felsic volcanic rocks.

ONF_{VL} — NEPISIGUIT FALLS FORMATION (Vallée Lourdes Member): Light grey calcarenite and calcisiltite, and cobble to boulder conglomerate (CGL).

LATE CAMBRIAN to EARLY ORDOVICIAN

MIRAMICHI GROUP

OPB_s — PATRICK BROOK FORMATION: Dark grey, thin-bedded shale and siltstone, typically interbedded with medium grey, medium-bedded quartzose or feldspathic wacke.

$\in OKB_s$ — KNIGHTS BROOK FORMATION: Light to medium greenish grey, thin- to medium-bedded, quartzose sandstone, siltstone, quartz wacke, and dark grey shale.

LITHOLOGIC ABBREVIATIONS:

cc = coarse-grained clastic sedimentary rocks
fl = felsic volcanic rocks
ls = limestone
mc = medium-grained clastic sedimentary rocks
s = sediments
sr = red manganiferous shale

SYMBOLS

- Outcrop, area of outcrop, compiled outcrop
- Bedding (tops known, overturned)
- Schistosity or cleavage (first, second, third and fourth generations)
- Geological contact
- Disconformity
- Angular unconformity
- Strike-slip fault
- Thrust fault
- L1 stretching and mineral lineation
- F1 fold hinge; F2 fold hinge or intersection lineation
- Anticline, syncline
- Felsic dyke, mafic dyke
- GSC 85231 — Fossil locality
- 394+/-3 Ma U-Pb zr — Geochronological sample site, with age and dating method
- JP97-31 — Lithogeochemical sample site
- Lone Pine Adit 0825 VN — Mineral occurrence (with Unique Reference Number): BM = Stratiform bimodal volcanic and sediment-hosted massive sulphide deposits, includes stringer and disseminated sulphides; MS = Marine sediment-hosted stratabound deposits; includes Mississippi Valley-type deposits; NA = Not enough available data; VN = Quartz-carbonate veins and stockworks associated with fracture/shear zones in a wide variety of settings.

Geology modified from van Staal and Rogers 2000 (GSC Open File 3839), Walker et al. 1993 (Plate 93-6) and Skinner 1974 (GSC Map 1331A). For added detail on the structural geology of the area, see GSC Open File 3839, Sheet 2.

This map should be referenced in the following manner:

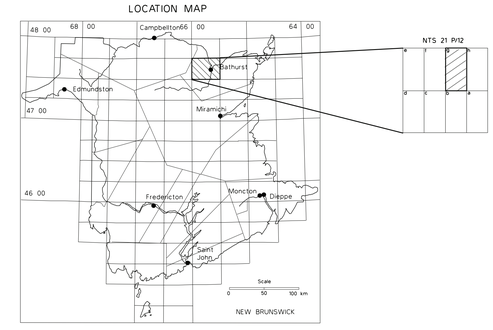
Wilson, R.A. 2013 (Compiler). Geology of the Beresford area (NTS 21 P/12g), Gloucester County, New Brunswick. New Brunswick Department of Energy and Mines, Geological Surveys Branch, Plate 2013-10 (revised 2014).

REFERENCE

- Municipal Roads
- National, Arterial, Collector and Local Paved Roads
- Gravel and Other Local Roads (DOT)
- Non-DOT Resource Access Roads
- Lake, River, Stream
- Topographic contour (10 m interval)
- Railway Track
- Power Line
- Marsh or Swamp Outline
- Gravel Pit or Quarry Outline
- County Boundary
- Microwave Tower

Base map derived from Service New Brunswick 1:10 000 base map.
Reference System: North American Datum 1983 (CSRS).
Map Projection: New Brunswick Stereographic Double Projection.

LOCATION MAP



NR-8

QUATERNARY

Cb — COLLUVIAL SEDIMENTS: blanket deposits of silt, sand, rubble (angular pebble- through boulder-sized clasts), including minor till and gravel; generally 0.5 to 1.5 m thick, mainly materials derived from subaerial weathering processes but includes minor deposits relating to glaciation(s) of unknown age

HOLOCENE

MARINE SEDIMENTS: sand, gravel, silt, clay, minor peat and organic sediment; deposited in beach and intertidal environments at or near present sea level

Wr — Beaches, bars and spits: gravel, sand, minor silt; generally more than 1 m thick

Wp — Intertidal plains and salt marshes: clay, silt, some fine sand, minor peat and organic sediment; generally more than 2 m thick

Ap — ALLUVIAL SEDIMENTS: terraces and floodplains: sand, gravel, some silt, minor clay and organic sediment; generally more than 2 m thick; deposited as channel, overbank, and floodbasin deposits at or near present base level

Op — ORGANIC SEDIMENTS: bogs, fens, swamps: peat, muck, minor silt and fine sand; generally 1 to 5 m thick; deposited in shallow basins and on poorly drained surfaces

LATE WISCONSINAN AND/OR EARLY HOLOCENE

LACUSTRINE SEDIMENTS: sand, silt, gravel, and clay deposited in shallow lake basins which were in part formed by retreating Late Wisconsinan ice

Lb — Blankets and plains: sand, silt, minor clay and gravel, patchy thin veneer of organic sediment; generally 0.5 to 3 m thick

MARINE SEDIMENTS: sand, silt, gravel, and clay; deposited in shallow marine water, locally deep, which submerged coastal areas and sections of many valleys during and following Late Wisconsinan deglaciation

Wb — Blankets and plains: sand, silt, some gravel and clay; generally 0.5 to 3 m thick

LACUSTRINE AND MARINE SEDIMENTS: **undifferentiated**

L.Wb — Blankets and plains: sand, silt, minor clay and gravel, patchy thin veneer of organic sediment; generally 1 to 10 m thick

LATE WISCONSINAN

GLACIOFLUVIAL SEDIMENTS: sand, gravel, minor silt and till; deposited in front of, at the margin of, within or under retreating Late Wisconsinan ice

Gp3 Gd3 — Outwash: sand, gravel, minor till
Gp - plains and valley trains, generally thicker than 1.5 m
Gd - deltas, generally thicker than 5 m

Gx3 — Ice-contact deposits: eskers, kames, kame and kettle complexes; sand, gravel, minor silt and till, generally more than 2 m thick

MORAINAL SEDIMENTS: lodgment till, ablation till, and associated sand and gravel deposited directly by Late Wisconsinan ice or with minor reworking by water

Mm3 — Hummocky, ribbed, and rolling ablation moraines: loamy ablation till, some lodgment till, minor silt, sand, gravel, and boulders; generally greater than 1.5 m thick
aMm - mainly stony till (more than 35% of clasts pebble-sized and larger);
bMm – mainly bouldery till (more than 25% of clasts boulder-sized)

Mb3 Mv3 — Blanket and veneer: loamy lodgment till, minor ablation till, silt, sand, gravel, rubble
Mb - blanket, generally 0.5 to 3m thick
Mv - discontinuous veneer over rock, less than 0.5m thick
sMb, sMv - mainly sandy till (sand content greater than 50%)
aMb, aMv - mainly stony till (more than 35% of clasts pebble-sized and larger)
bMb, bMv - mainly bouldery till (more than 25% of clasts boulder-sized)

WISCONSINAN

GLACIOFLUVIAL SEDIMENTS: sand, gravel, minor silt and till; deposited in front of, at the margin of, within and under ice of Wisconsinan age

Gp2 Gd2 — Outwash: sand, gravel, minor silt
Gp - plains and valley trains, generally more than 1.5 m thick;
Gd - deltas, generally more than 5 m thick

Gx2 — Ice-contact deposits: eskers, kames, kame and kettle complexes; sand, gravel, minor silt; generally more than 2 m thick

MORAINAL SEDIMENTS: lodgment till, ablation till, and associated gravel and sand deposited directly by Wisconsinan ice or with minor reworking by water

Mm2 — Rolling and ribbed ablation moraines: loamy ablation till, some lodgment till, minor silt, sand, gravel, and boulders; generally greater than 1.5 m thick
aMb - mainly stony till (more than 35% of clasts pebble-sized and larger)

Mb2 Mv2 — Blanket and veneer: loamy lodgment till, minor ablation till, silt, sand, gravel, rubble
Mb - blanket, generally 0.5 to 3 m thick
Mv - discontinuous veneer over rock, less than 0.5 m thick
aMb, aMv - mainly stony till (more than 35% of clasts pebble-sized and larger)

WISCONSINAN AND/OR PRE-WISCONSINAN

Gx1 — GLACIOFLUVIAL SEDIMENTS, ice-contact: eskers, kames, kame and kettle complexes: sand, gravel, minor silt, and till; generally more than 2 m thick; deposited at the margin of, within and under ice of unknown age

Mm1 — MORAINAL SEDIMENTS: rolling and ribbed ablation moraines: stony ablation till, some lodgment till, minor silt, sand, and gravel, more than 35% of clasts pebble-sized and larger; generally greater than 1.5 m thick; deposited directly by ice of unknown age or with minor reworking by water

M.Cb — MORAINAL AND COLLUVIAL SEDIMENTS: loamy till and colluvium, regolith and weathered bedrock, and isolated boulder fields, undifferentiated; mixture of deposits formed directly from ice of unknown age and materials produced by weathering processes; generally greater than 1 m thick
aM.Cb - mainly stony deposits (more than 35% of clasts pebble-sized and larger)
sM.Cb - mainly sandy deposits (sand content greater than 5%)

PRE-QUATERNARY

R — Rock: various lithologies and ages; generally weathered and partially disintegrated, glacially moulded surface; few localities show glacially scoured and polished surfaces

Recommended citation:

Rampton, V.N. 1984. Generalized surficial geology map of New Brunswick Department of Natural Resources and Energy, Minerals, Policy and Planning Division, NR-8 (scale: 1:500 000).

Reproduced with the permission of the Minister of Public Works and Government Services Canada, 2002 and Courtesy of Natural Resources Canada, Geological Survey of Canada.

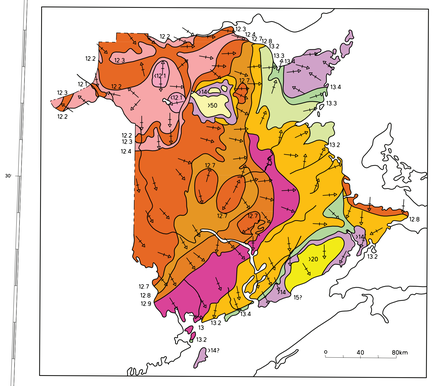
Modified from:

Rampton, V.N. 1984. Surficial geology, New Brunswick Geological Survey of Canada, Map 1594A (scale 1:500 000).

Edited by A.A. Seaman, 2002.

Digitzed by K.J. Mersereau, 2002.

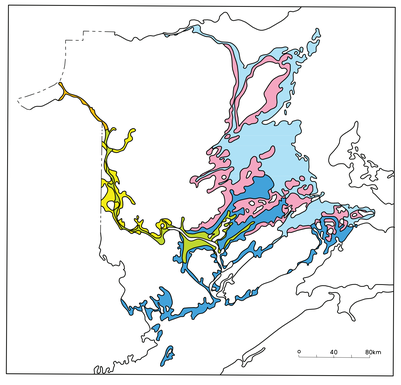
SPECULATIVE ICE MARGINAL POSITIONS DURING RETREAT OF WISCONSINAN ICE
POSITIONS THÉORIQUES DE LA MARGE GLACIAIRE AU COURS DE LA PHASE RÉGRESSIVE WISCONSINIENNE



13.2 ICE MARGINAL ISOCHRONES IN THOUSANDS OF YEARS B.P.
ISOCHRONES DE LA MARGE GLACIAIRE (EN MILLIERS D'ANNÉES B.P.)

ICE FLOW OR SLOPE
ÉCOULEMENT GLACIAIRE OU PENTE

EXTENT OF LATE QUATERNARY BODIES OF WATER
EXTENTION DES NAPPES D'EAU AU QUATERNAIRE RÉCENT



LAKE MADAWASKA
LAC MADAWASKA

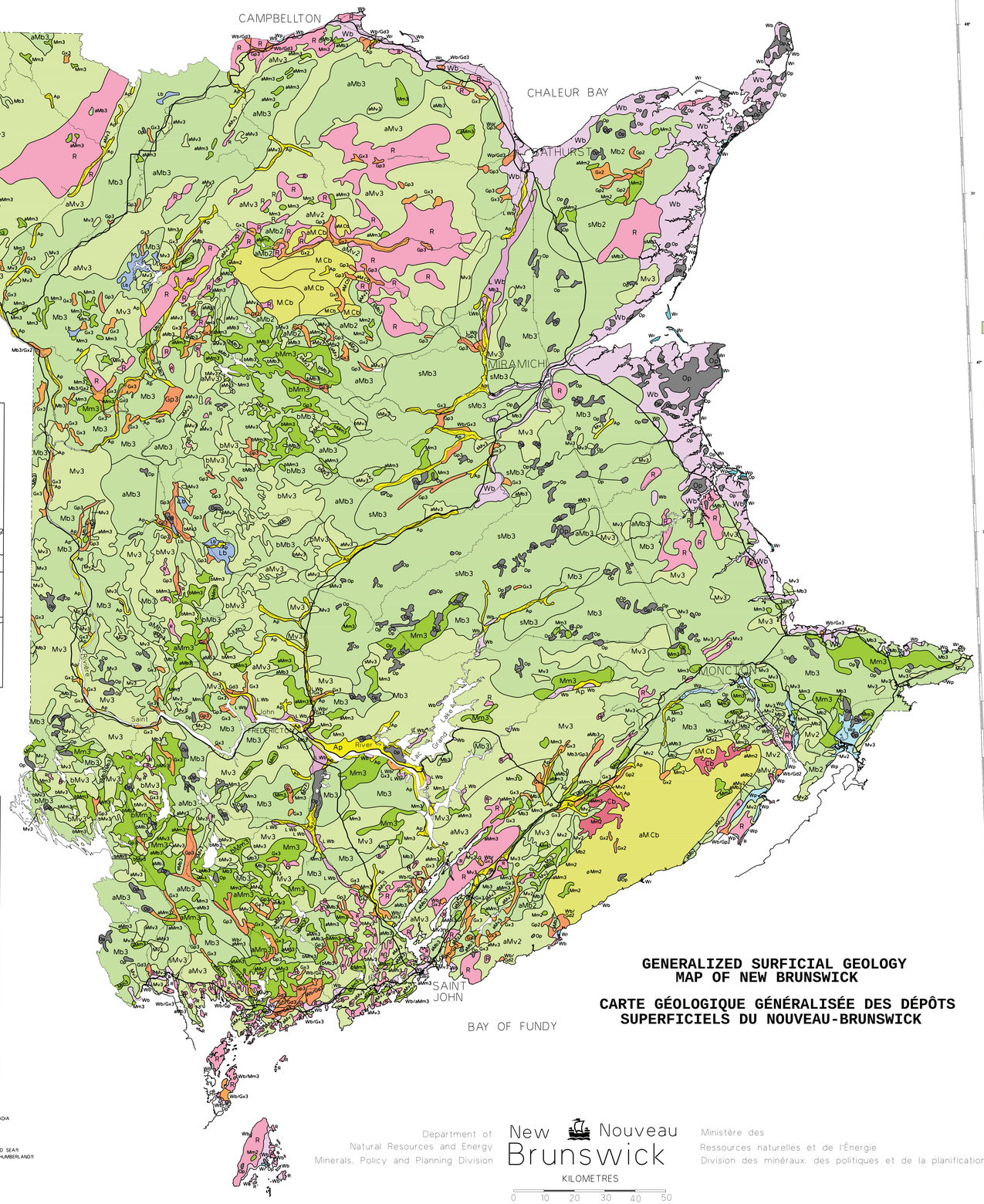
INLAND SEA ACADIA
MER INTÉRIEURE D'ACADIA

DeGEER SEA AND INLAND SEA ACADIA
MER DE DeGEER ET MER INTÉRIEURE D'ACADIA

MAXIMUM POSSIBLE-GOLDTHWAIT AND DeGEER SEA
EXTENSION MAXIMUM POSSIBLE - LES MERS DE GOLDTHWAIT ET DE DeGEER RÉUNIES

DeGEER SEA
MER DE DeGEER

GOLDTHWAIT SEA (NORTHUMBERLAND INLAND SEA?)
MER DE GOLDTHWAIT (MER INTÉRIEURE DE NORTHUMBERLAND?)



GENERALIZED SURFICIAL GEOLOGY MAP OF NEW BRUNSWICK

CARTE GÉOLOGIQUE GÉNÉRALISÉE DES DÉPÔTS SUPERFICIELS DU NOUVEAU-BRUNSWICK

Department of Natural Resources and Energy
Minerals, Policy and Planning Division

New Nouveau Brunswick

KILOMETRES
0 10 20 30 40 50

Ministère des Ressources naturelles et de l'Énergie
Division des minéraux, des politiques et de la planification

QUATERNAIRE

Cb — COLLUVIONS : dépôts de silt en couverture, sable et pierraille (fragments anguleux de roche détritique de taille allant de celle de cailloux à celle de blocs), y compris un peu de till et de gravier; il s'agit principalement de matériaux de 0,5 à 1,5 m d'épaisseur, en général, issus de processus météoriques subaériens, mais aussi de petits dépôts issus d'une ou de plusieurs glaciations d'époque inconnue

HOLOCÈNE

SÉDIMENTS MARINS : sable, gravier, silt, argile, un peu de tourbe ainsi que des sédiments organiques; dépôts de plage et d'environnements intertidaux, au niveau actuel de la mer ou près de ce niveau

Wr — Plages, remblais et flèches : gravier, sable et un peu de silt; épaisseur de plus de 1m, en général

Wp — Plaines et marais salants de formation intertidale : argile, silt, un peu de sable fin et de tourbe, ainsi que des sédiments organiques; épaisseur de plus de 2 m, en général

Ap — ALLUVIONS : terrasses et lits de hautes eaux : sable, gravier, un peu de tourbe ainsi que des sédiments organiques; de plus de 2 m d'épaisseur, en général; dépôts de chenaux, d'inondations et de bassin d'inondations au niveau de base actuel ou près de ce niveau

Op — SÉDIMENTS ORGANIQUES : marais, tourbières et marécages : tourbe, sol organique, un peu de silt ainsi que du sable fin; épaisseur de 1 à 5m, en général; mis en place dans des bassins peu profonds et sur des surfaces mal égouttées

WISCONSINIEN SUPÉRIEUR ETIOU HOLCÈNE INFÉRIEUR

SÉDIMENTS LACUSTRES : sable, silt, gravier et argile déposés dans des bassins lacustres peu profonds, formés en partie par le retrait des glaces du Wisconsinien récent

Lb — Couvertures et plaines : sable, silt, un peu d'argile ainsi que du gravier et de minces placages de sédiments organiques en taches; épaisseur de 0,5 à 3 m, en général

SÉDIMENTS MARINS : sable, silt, gravier et argile; déposés sur des fonds marins peu profonds ainsi que dans des bassins locaux de grande profondeur, sous des eaux qui ont recouvert des régions côtières et des sections de nombreuses vallées au cours et après la déglaciation du Wisconsinien récent

Wb — Couvertures et plaines : sable, silt, un peu de gravier et d'argile; de 0,5 à 3 m d'épaisseur, en général

SÉDIMENTS LACUSTRES ET MARINS : non différenciés

L.Wb — Couvertures et plaines : sable, silt, et argile et un peu de gravier; placage mince de sédiments organiques en taches; de 1 à 10 m d'épaisseur, en général

WISCONSINIEN SUPÉRIEUR

SÉDIMENTS FLUVIO-GLACIAIRES : sable, gravier, un peu de silt, ainsi que till, déposés au devant, en bordure, à l'intérieur et en dessous de la glace en retrait du Wisconsinien récent

Gp3 Gd3 — Épandage fluvio-glaciaire : sable, gravier et un peu de silt
Gp – plaines et moraines glaciaires, de plus de 1,5 m d'épaisseur, en général
Gd – deltas, de plus de 5 m d'épaisseur, en général

Gx3 — Dépôts de contact glaciaires : eskers, kames et complexe de kames et kettles, sable, gravier et un peu de silt, et de till de plus de 2 m d'épaisseur, en général

SÉDIMENTS MORAINIQUES : till de fond et till d'ablation ainsi que le sable et le gravier qui leur sont associés, déposés directement par la glace du Wisconsinien récent ou avec un léger remaniement par l'eau

Mm3 — Moraines d'ablation mamelonnées, striées et ondulées; till d'ablation loameux, un peu de till de fond et de silt, sable, gravier et blocs; de plus de 1,5 m d'épaisseur, en général
aMm – surtout du till pierreux (dont plus de 35% consistent en fragments détritiques de dimensions égales ou supérieures à celles des galets)
bMm – surtout du till formé de blocs (dont plus de 25% consistent en fragments détritiques de la dimension de blocs)

Mb3 Mv3 — Couverture et placage: till de fond loameux; un peu de till d'ablation, silt, sable, gravier et pierraille
Mb – placage de 0,5 à 3 m d'épaisseur, en général
Mv – placage discontinu recouvrant la roche; de moins de 0,5 m d'épaisseur,
sMb, sMv – surtout du till sablonneux (teneur en sable supérieure à 50%)
aMb, aMv – surtout du till pierreux (dont plus de 35% consistent en fragments détritiques de dimensions égales ou supérieures à celles des galets)
bMb, bMv – surtout du till formé de blocs (dont plus de 25% consistent en fragments détritiques de la taille de blocs)

WISCONSINIEN

SÉDIMENTS FLUVIO-GLACIAIRES : sable, gravier, un peu de silt et till, déposés au devant, en bordure, à l'intérieur et au-dessous de la glace du Wisconsinien

Gp2 Gd2 — Épandage fluvio-glaciaire : sable, gravier et un peu de silt
Gp – plaines et moraines glaciaires, de plus de 1,5 m d'épaisseur, en général
Gd – deltas, de plus de 5 m d'épaisseur, en général

Gx2 — Dépôts de contact glaciaires : eskers, kames et complexes de kames et kettles; sable, gravier et un peu de silt; de plus de 2 m d'épaisseur, en général

SÉDIMENTS MORAINIQUES : till de fond et d'ablation ainsi que les graviers et sables qui leur sont associés, déposés tels quels par la glace du Wisconsinien ou avec un léger remaniement par l'eau

Mm2 — Moraines d'ablation ondulées et striées; till d'ablation loameux, un peu de till de fond et de silt, sable, gravier et blocs; de plus de 1,5 m d'épaisseur, en général
aMm – surtout du till pierreux (dont plus de 35% consistent en fragments détritiques de dimensions égales ou supérieures à celles de galets)

Mb2 Mv2 — Couverture et placage: till de fond loameux, un peu de till d'ablation, silt, sable, gravier et pierraille
Mb – de 0,5 à 3 m d'épaisseur, en général
Mv – placage discontinu recouvrant la roche; de moins de 0,5 m d'épaisseur,
aMb, aMv – surtout du till pierreux (dont plus de 35% consistent en fragments détritiques de dimensions égales ou supérieures à celles de galets)

WISCONSINIEN ETIOU PRE-WISCONSINIEN

Gx1 — SÉDIMENTS FLUVIO-GLACIAIRES, de contact : eskers, kames et complexes de kames et kettles: sable, gravier, un peu de silt, et till; de plus de 2 m d'épaisseur, en général; déposés au-dessous ou en bordure de la glace d'âge inconnu

Mm1 — SÉDIMENTS MORAINIQUES : Moraines d'ablation ondulées et striées : till d'ablation pierreux, un peu de till de fond et de silt, sable, et gravier, dont plus de 35% consistent en fragments détritiques de dimensions égales ou supérieures à celles des cailloux; de plus de 1,5 m d'épaisseur, en général; déposés directement ou avec un léger remaniement par la glace d'âge inconnu

M.Cb — SÉDIMENTS MORAINIQUES ET COLLUVIONS : till et colluvions loameux, rigolites, socle désagrégé, et champs de blocs isolés, indifférenciés; mélange de dépôts formés directement par des glaces d'âge inconnu et de matériaux issu de processus météoriques; de plus de 1 m d'épaisseur, en général
aM.Cb - surtout des dépôts pierreux (dont plus de 35% consistent en fragments détritiques de dimensions égales ou supérieures à celles des galets)
sM.Cb - surtout des dépôts sablonneux (dont la teneur en sable est supérieure à 5%)

PRÉ-QUATERNAIRE

R — Roche : lithologies et âges divers; généralement désagrégée et partiellement désintégrée, à surface façonnée par les glaces; roche à surface décapée et polie par les glaces à quelques endroits

Notation bibliographique conseillée:

Rampton, V.N. 1984. Ministère des Ressources naturelles et de l'Énergie du Nouveau-Brunswick, Division des minéraux, des politiques et de la planification, NR-8 (échelle : 1:500 000).

Reproduite avec la permission du ministre des Travaux publics et des Services gouvernementaux du Canada, 2002, de Ressources naturelles Canada et de la Commission géologique du Canada

Modifiée de :

Rampton, V.N. 1984. Géologie des formations en surface, Nouveau-Brunswick Commission géologique du Cnada, Cate 1594A (échelle: 1:500 000).

Numérisés par K.J. Mersereau, 2002.

Édités par A.A. Seaman, 2002.

ANNEXE

2

DÉPLACEMENT DU TRAIT DE CÔTE ENTRE LES ANNÉES 1944, 1985 ET 2018 DANS LES SECTEURS DE BELLEDUNE ET BERESFORD

Limites côtières / Coastal limits

- Estuaire / Estuary
- Trait de côte de 1944 / Shoreline 1944
- Trait de côte de 1985 / Shoreline 1985
- Trait de côte de 2018 / Shoreline 2018

Taux de déplacement (m/an) / Movement rate (m/year)

Recul / Retreat

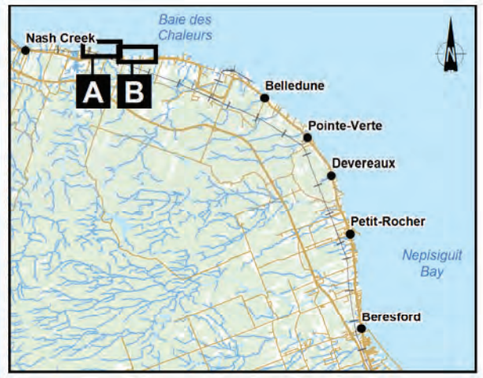
- (-) > 0,50
- (-) 0,25 - 0,49
- (-) 0,00 - 0,24

Stabilité (inchangé) / Stability (unchanged)

- 0,00

Avancée / Advanced

- (+) 0,00 - 0,24
- (+) 0,25 - 0,49
- (+) > 0,50



Commission de services régionaux Chaleur
Regional Service Commission

Analyse de risque d'inondation et d'érosion côtière pour une partie du territoire de la CSR Chaleur /
Coastal flood and erosion risk analysis Portion of the Chaleur RSC territory

Annexe 2 – Carte 1 / Annex 2 - Map 1
Déplacement du trait de côte entre les années 1944, 1985 et 2018 dans les secteurs de Belledune et Beresford /
Shoreline Movement between 1944, 1985 and 2018 in Belledune and Beresford sectors

Source :
Fond image : Google Earth, 2019

0 100 200 m
NAD 1983 CSRS New Brunswick Stereographic

Août 2020
August 2020

Préparation / Prepared by : G. J.-Turcotte
Dessin / Drawing : J.-M. Tremblay
Approbation / Verified by : F. Quinty
191_12464_00_a2_c1_TC_wspq_200930bi.mxd

wsp

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.
Boundaries and measurements shown on this document must not be used for engineering or land survey delineation. A land register analysis conducted by a land surveyor was not undertaken.

Limites côtières / Coastal limits

- Estuaire / Estuary
- Trait de côte de 1944 / Shoreline 1944
- Trait de côte de 1985 / Shoreline 1985
- Trait de côte de 2018 / Shoreline 2018

Taux de déplacement (m/an) / Movement rate (m/year)

Recul / Retreat

- (-) > 0,50
- (-) 0,25 - 0,49
- (-) 0,00 - 0,24

Stabilité (inchangé) / Stability (unchanged)

- 0,00

Avancée / Advanced

- (+) 0,00 - 0,24
- (+) 0,25 - 0,49
- (+) > 0,50

Commission de services régionaux Chaleur
Regional Service Commission

Analyse de risque d'inondation et d'érosion côtière pour une partie du territoire de la CSR Chaleur / Costal flood and erosion risk for a portion of the Chaleur RSC territory

Annexe 2 – Carte 2 / Annex 2 - Map 2
Déplacement du trait de côte entre les années 1944, 1985 et 2018 dans les secteurs de Belledune et Beresford /
Shoreline movement between 1944, 1985 and 2018 in Belledune and Beresford

Source :
Fond image : Google Earth, 2019

0 100 200 m
NAD 1983 CSRS New Brunswick Stereographic

Août 2020
August 2020

Préparation / Prepared by : G. J.-Turcotte
Dessin / Drawing : J.-M. Tremblay
Approbation / Verified by : F. Quinty
191_12464_00_a2_c2_TC_wspq_200930bi.mxd

wsp

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.
Boundaries and measurements shown on this document must not be used for engineering or land survey delineation. A land register analysis conducted by a land surveyor was not undertaken.

Limites côtières / Coastal limits

- Estuaire / Estuary
- Trait de côte de 1944 / Shoreline 1944
- Trait de côte de 1985 / Shoreline 1985
- Trait de côte de 2018 / Shoreline 2018

Taux de déplacement (m/an) / Movement rate (m/year)

Recul / Retreat

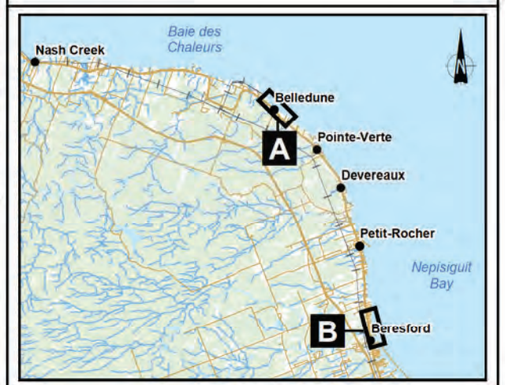
- (-) > 0,50
- (-) 0,25 - 0,49
- (-) 0,00 - 0,24

Stabilité (inchangé)

- 0,00

Avancée / Advanced

- (+) 0,00 - 0,24
- (+) 0,25 - 0,49
- (+) > 0,50



Commission de services régionaux Chaleur
Regional Service Commission

Analyse de risque d'inondation et d'érosion côtière pour une partie du territoire de la CSR Chaleur /
Coastal flood and erosion risk analysis Portion of the Chaleur RSC territory

Annexe 2 – Carte 3 / Annexe 2 - Map 3
Déplacement du trait de côte entre les années 1944, 1985 et 2018 dans les secteurs de Belledune et Beresford /
Shoreline movement between 1944, 1985 and 2018 in Belledune and Beresford sectors

Source :
Fond image : Google Earth, 2019

0 100 200 m
NAD 1983 CSRS New Brunswick Stereographic

Août 2020
August 2020

Préparation / Prepared by : G. J.-Turcotte
Dessin / Drawing : J.-M. Tremblay
Approbation / Verified by : F. Quinty
191_12464_00_a2_c3_TC_wspq_2009306i.mxd

wsp

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.
Boundaries and measurements shown on this document must not be used for engineering or land survey delineation. A land register analysis conducted by a land surveyor was not undertaken.

Limites côtières / Coastal limits

- Estuaire / Estuary
- Trait de côte de 1944 / Shoreline 1944
- Trait de côte de 1985 / Shoreline 1985
- Trait de côte de 2018 / Shoreline 2018

Taux de déplacement (m/an) / Movement rate (m/year)

Recul / Retreat

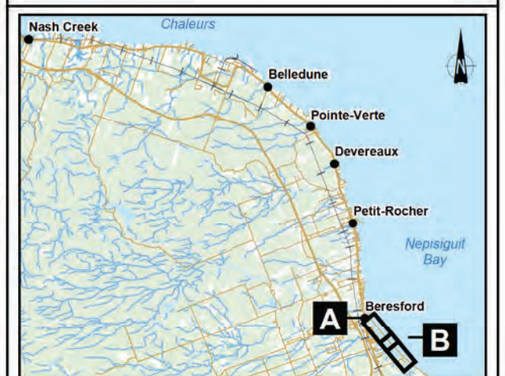
- (-) > 0,50
- (-) 0,25 - 0,49
- (-) 0,00 - 0,24

Stabilité (inchangé) / Stability (unchanged)

- 0,00

Avancée / Advanced

- (+) 0,00 - 0,24
- (+) 0,25 - 0,49
- (+) > 0,50



Commission de services régionaux Chaleur
Regional Service Commission

Analyse de risque d'inondation et d'érosion côtière pour une partie du territoire de la CSR Chaleur / Coastal flood and erosion risk analysis Portion of the Chaleur RSC territory

Annexe 2 – Carte 4 / Annex 2 - Map 4
Déplacement du trait de côte entre les années 1944, 1985 et 2018 dans les secteurs de Belledune et Beresford /
Shoreline movement between 1944, 1985 and 2018 in Belledune and Beresford sectors

Source :
Fond image : Google Earth, 2019

0 100 200 m
NAD 1983 CSRS New Brunswick Stereographic

Août 2020
August 2020

Préparation / Prepared by : G. J.-Turcotte
Dessin / Drawing : D. Delorme
Approbation / Verified by : F. Quinty
191_12464_00_a2_c4_TC_wspq_200930bi.mxd

wsp

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.
Boundaries and measurements shown on this document must not be used for engineering or land survey delineation. A land register analysis conducted by a land surveyor was not undertaken.

ANNEXE

3

DÉPLACEMENT DES RIVES DES ESTUAIRES ENTRE 1944 ET 2018 DANS LE SECTEUR DE BELLEDUNE ET BERESFORD

Limites côtières / Coastal limits

- Trait de côte / Shoreline
- Estuaire de 1944 / Estuary 1944
- Estuaire de 1985 / Estuary 1985
- Estuaire de 2018 / Estuary 2018

Taux de déplacement (m/an) / Movement rate (m/year)

Recul / Retreat

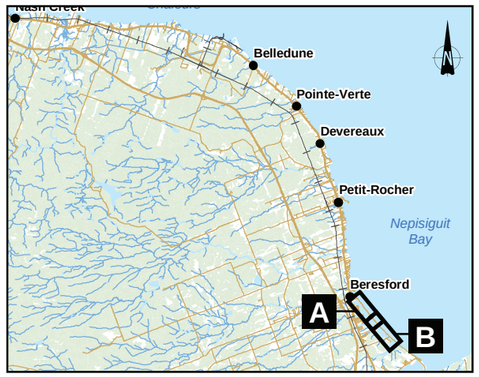
- (-) > 0,50
- (-) 0,25 - 0,49
- (-) 0,00 - 0,24

Stabilité (inchangé) / Stability (unchanged)

- 0,00

Avancée / Advanced

- (+) 0,00 - 0,24
- (+) 0,25 - 0,49
- (+) > 0,50



Commission de services régionaux Chaleur
Regional Service Commission

Analyse de risque d'inondation et d'érosion côtière pour une partie du territoire de la CSR Chaleur / Coastal flood and erosion risk analysis Portion of the Chaleur RSC Territory

Annexe 3 – Carte 1 / Annex 3 - Map 1
Déplacement des rives des estuaires entre 1944 et 2018 dans le secteur de Belledune et Beresford / Movement of the shoreline of the estuaries between 1944 and 2018 in Belledune and Beresford sectors

Source :
Fond image : Google Earth, 2019

0 100 200 m
NAD 1983 CSRS New Brunswick Stereographic

Août 2020
August 2020

Préparation / Prepared by : G. J.-Turcotte
Dessin / Drawing : J.-M. Tremblay
Approbation / Verified by : F. Quinty

191_12464_00_a3_c1_Estuaire_wspq_200930bi.mxd

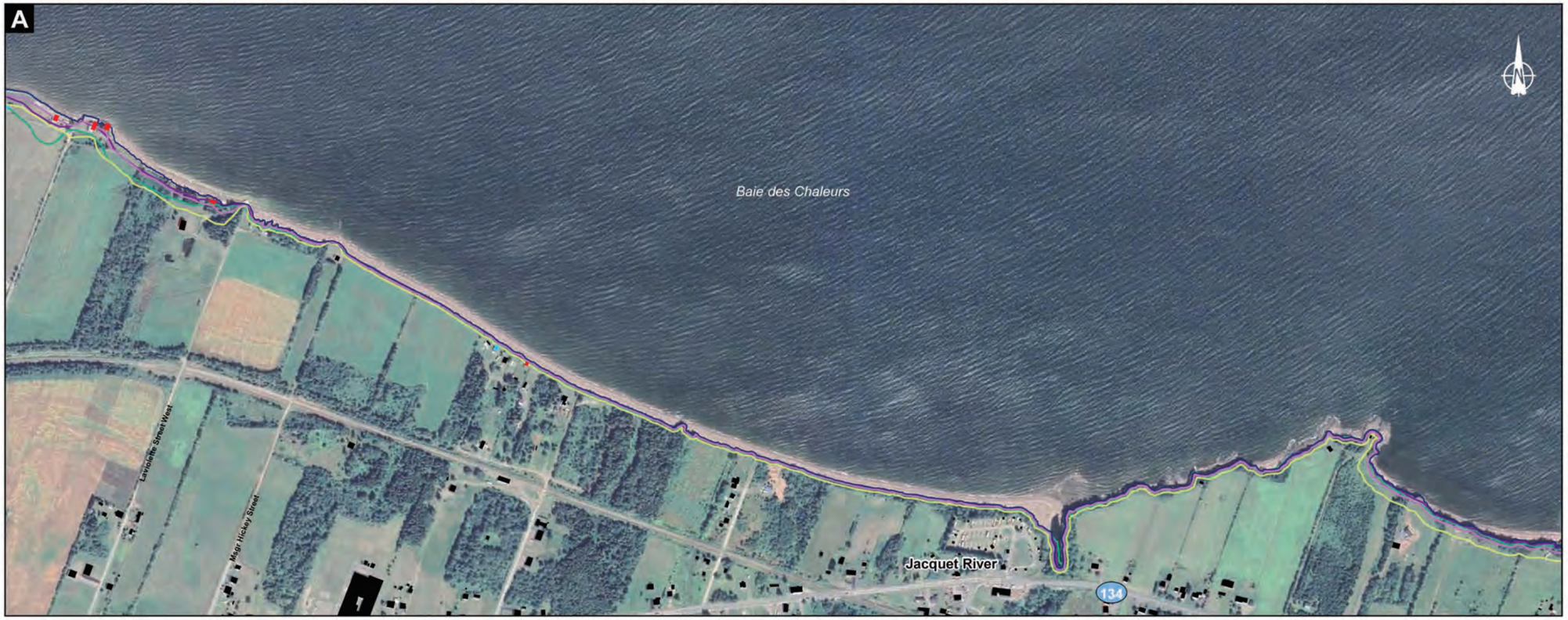
wsp

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.
Boundaries and measurements shown on this document must not be used for engineering or land survey delineation. A land register analysis conducted by a land surveyor was not undertaken.

ANNEXE

4

PROJECTION DU TRAIT DE CÔTE EN 2050 ET 2100 DANS LE SECTEUR DE BELLEDUNE ET BERESFORD



Bâtiments à risques / Building at risk

- Risque d'érosion actuel / Actual erosion risk
- Risque d'érosion d'ici 2050 / Erosion risk by 2050
- Risque d'érosion entre 2050 et 2100 / Erosion risk between 2050 and 2100
- Potentiellement sans risque avant 2100 / Potentially risk-free before 2100

Traits de côte / Shoreline

- 2018
- 2050 (Historique) / (Historic)
- 2050 (Pessimiste) / (Pessimistic)
- 2100 (Historique) / (Historic)
- 2100 (Pessimiste) / (Pessimistic)

Commission de services régionaux Chaleur
Regional Service Commission

Analyse de risque d'inondation et d'érosion côtière pour une partie du territoire de la CSR Chaleur /
Coastal flood and erosion risk analysis
Portion of the Chaleur RSC Territory

Annexe 4 - Carte 1 / Annex 4 - Map 1
Projection du trait de côte en 2050 et 2100 dans le secteur de Belledune et Beresford / Projected shoreline in 2050 and 2100 in the Belledune and Beresford sectors

Source :
Fond image : Google Earth, 2019

0 100 200 m
NAD 1983 CSRS New Brunswick Stereographic

Janvier 2021

Préparation : G. J.-Turcotte
Dessin : J.-M. Tremblay
Approbation : F. Quinty
191_12464_00_a4_c1_Projection_wspq_210122.mxd

wsp

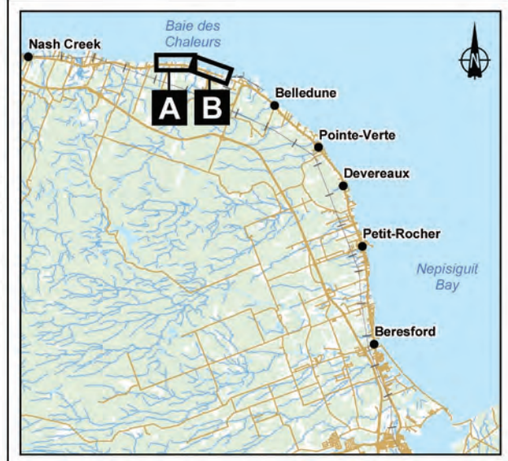
La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.
Boundaries and measurements shown on this document must not be used for engineering or land survey delineation. A land register analysis conducted by a land surveyor was not undertaken.

Bâtiments à risques / Building at risk

- Risque d'érosion actuel / Actual erosion risk
- Risque d'érosion d'ici 2050 / Erosion risk by 2050
- Risque d'érosion entre 2050 et 2100 / Erosion risk between 2050 and 2100
- Potentiellement sans risque avant 2100 / Potentially risk-free before 2100

Traits de côte / Shoreline

- 2018
- 2050 (Historique) / (Historic)
- 2050 (Pessimiste) / (Pessimistic)
- 2100 (Historique) / (Historic)
- 2100 (Pessimiste) / (Pessimistic)



Commission de services régionaux Chaleur
Regional Service Commission

Analyse de risque d'inondation et d'érosion côtière pour une partie du territoire de la CSR Chaleur /
Coastal flood and erosion risk analysis
Portion of the Chaleur RSC Territory

Annexe 4 - Carte 2 / Annex 4 - Map 2
Projection du trait de côte en 2050 et 2100 dans le secteur de Belledune et Beresford / Projected shoreline in 2050 and 2100 in the Belledune and Beresford sectors

Source :
Fond image : Google Earth, 2019

0 100 200 m
NAD 1983 CSRS New Brunswick Stereographic

Janvier 2021

Préparation : G. J.-Turcotte
Dessin : D. Delorme
Approbation : F. Quinty
191_12464_00_a4_c2_Projection_wspq_210122.mxd

wsp

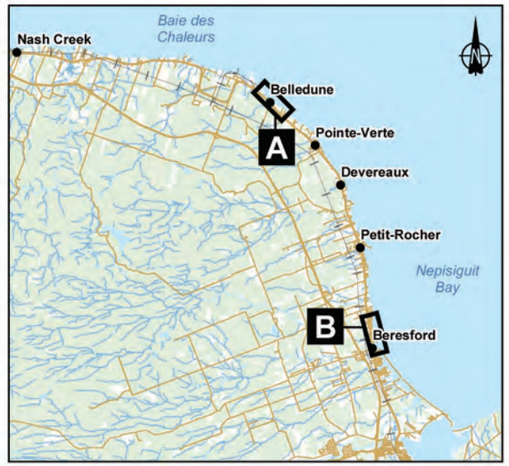
La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.
Boundaries and measurements shown on this document must not be used for engineering or land survey delineation. A land register analysis conducted by a land surveyor was not undertaken.

Bâtiments à risques / Building at risk

- Risque d'érosion actuel / Actual erosion risk
- Risque d'érosion d'ici 2050 / Erosion risk by 2050
- Risque d'érosion entre 2050 et 2100 / Erosion risk between 2050 and 2100
- Potentiellement sans risque avant 2100 / Potentially risk-free before 2100

Traits de côte / Shoreline

- 2018
- 2050 (Historique) / (Historic)
- 2050 (Pessimiste) / (Pessimistic)
- 2100 (Historique) / (Historic)
- 2100 (Pessimiste) / (Pessimistic)



Commission de services régionaux Chaleur
Regional Service Commission

Analyse de risque d'inondation et d'érosion côtière pour une partie du territoire de la CSR Chaleur /
Coastal flood and erosion risk analysis
Portion of the Chaleur RSC Territory

Annexe 4 - Carte 3 / Annex 4 - Map 3
Projection du trait de côte en 2050 et 2100 dans le secteur de Belledune et Beresford / Projected shoreline in 2050 and 2100 in the Belledune and Beresford sectors

Source :
Fond image : Google Earth, 2019

0 100 200 m
NAD 1983 CSRS New Brunswick Stereographic

Janvier 2021

Préparation : G. J.-Turcotte
Dessin : J.-M. Tremblay
Approbation : F. Quinty
191_12464_00_a4_c3_Projection_wspq_210122.mxd

wsp

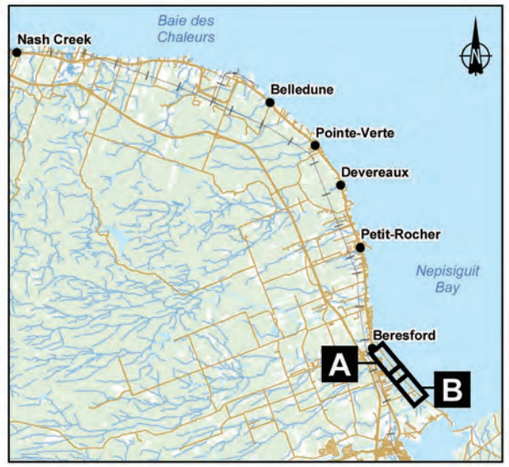
La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.
Boundaries and measurements shown on this document must not be used for engineering or land survey delineation. A land register analysis conducted by a land surveyor was not undertaken.

Bâtiments à risques / Building at risk

- Risque d'érosion actuel / Actual erosion risk
- Risque d'érosion d'ici 2050 / Erosion risk by 2050
- Risque d'érosion entre 2050 et 2100 / Erosion risk between 2050 and 2100
- Potentiellement sans risque avant 2100 / Potentially risk-free before 2100

Traits de côte / Shoreline

- 2018
- 2050 (Historique) / (Historic)
- 2050 (Pessimiste) / (Pessimistic)
- 2100 (Historique) / (Historic)
- 2100 (Pessimiste) / (Pessimistic)



Commission de services régionaux Chaleur
Regional Service Commission

Analyse de risque d'inondation et d'érosion côtière pour une partie du territoire de la CSR Chaleur /
Coastal flood and erosion risk analysis
Portion of the Chaleur RSC Territory

Annexe 4 - Carte 4 / Annex 4 - Map 4
Projection du trait de côte en 2050 et 2100 dans le secteur de Belledune et Beresford / Projected shoreline in 2050 and 2100 in the Belledune and Beresford sectors

Source :
Fond image : Google Earth, 2019

0 100 200 m
NAD 1983 CSRS New Brunswick Stereographic

Janvier 2021

Préparation : G. J.-Turcotte
Dessin : J.-M. Tremblay
Approbation : F. Quinty
191_12464_00_a4_c4_Projection_wspq_210122.mxd

wsp

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.
Boundaries and measurements shown on this document must not be used for engineering or land survey delineation. A land register analysis conducted by a land surveyor was not undertaken.