

ANALYSE DE SOLUTIONS À L'ÉROSION ET À LA SUBMERSION CÔTIÈRE DANS LA FLÈCHE DE SHELDRAKE DANS LA MUNICIPALITÉ DE RIVIÈRE-AU-TONNERRE

DESCRIPTION DU MILIEU PHYSIQUE, BIOLOGIQUE
ET HUMAIN

MINISTÈRE DES TRANSPORTS





ANALYSE DE SOLUTIONS À L'ÉROSION ET À LA SUBMERSION CÔTIÈRE DANS LA FLÈCHE DE SHELDRAKE DANS LA MUNICIPALITÉ DE RIVIÈRE-AU-TONNERRE

DESCRIPTION DU MILIEU PHYSIQUE, BIOLOGIQUE ET HUMAIN

MINISTÈRE DES TRANSPORTS

VERSION FINALE

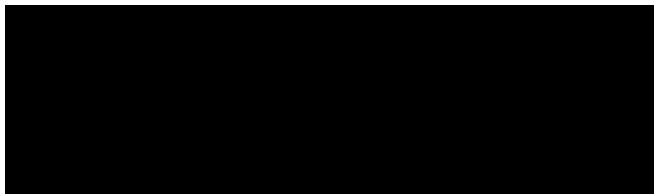
PROJET N° : 181-09013-00
DATE : SEPTEMBRE 2019

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

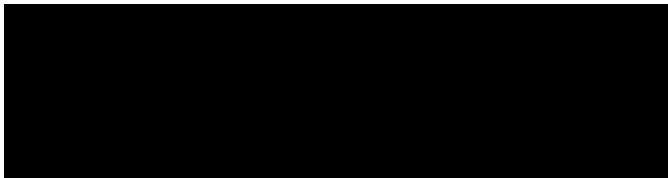
TÉLÉPHONE : +1 418-623-2254
TÉLÉCOPIEUR : +1 418-624-1857
WSP.COM

SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR



RÉVISÉ PAR



Le présent rapport a été préparé par WSP Canada Inc. (WSP) pour le compte du Ministère des Transports (MTQ) conformément à l'entente de services professionnels. La divulgation de tout renseignement faisant partie du présent rapport incombe uniquement au destinataire prévu. Son contenu reflète le meilleur jugement de WSP à la lumière des informations disponibles au moment de la préparation du rapport. Toute utilisation que pourrait en faire une tierce partie ou toute référence ou toutes décisions en découlant sont l'entière responsabilité de ladite tierce partie. WSP n'accepte aucune responsabilité quant aux dommages, s'il en était, que pourrait subir une tierce partie à la suite d'une décision ou d'un geste basé sur le présent rapport. Cet énoncé de limitation fait partie du présent rapport.

L'original du document technologique que nous vous transmettons a été authentifié et sera conservé par WSP pour une période minimale de dix ans. Étant donné que le fichier transmis n'est plus sous le contrôle de WSP et que son intégrité n'est pas assurée, aucune garantie n'est donnée sur les modifications ultérieures qui peuvent y être apportées.

ÉMISSION/RÉVISION	PRÉPARÉ POUR	DATE
Préliminaire	Ministère des Transports	juin 2019
Finale	Ministère des Transports	septembre 2019

ÉQUIPE DE RÉALISATION

MINISTÈRE DES TRANSPORTS

Coordonnatrice de la Direction des inventaires et du Plan

Claudia Gagnon, ing.

Chargée de projet

Marie-Hélène Grenon, ing.

WSP CANADA INC. (WSP)

Chargé de projet et responsable volet génie côtier

Responsable volet environnement

Responsable volet transport

Géomorphologie

Milieu biologique

Génie côtier

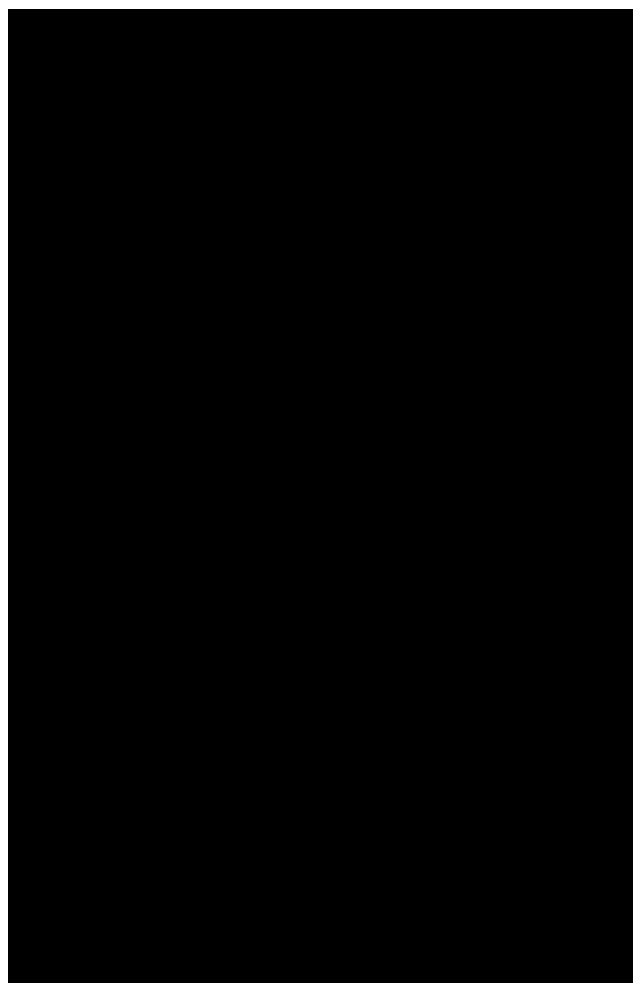
Milieu humain

Géographie et changements climatiques

Relevés hydrométriques et bathymétriques

Cartographie

Traitement de texte et édition



Référence à citer :

WSP. 2019. *Analyse de solutions à l'érosion et à la submersion côtière dans la flèche de Sheldrake dans la municipalité de Rivière-au-Tonnerre – Description du milieu physique, biologique et humain*. Rapport de WSP Canada Inc. au Ministère des Transports. 173 p. et annexes.

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION.....	1
1.1	CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE ACTUELLE.....	1
1.2	OBJECTIFS.....	2
1.3	ZONE D'ÉTUDE.....	3
2	DESCRIPTION DU MILIEU PHYSIQUE.....	5
2.1	DESCRIPTION DU LITTORAL ET ÉTAT ACTUEL DES OUVRAGES DE PROTECTION (ÉTAT DES LIEUX).....	5
2.1.1	HISTORIQUE DES INTERVENTIONS SUR LE MILIEU CÔTIER ET CONDITIONS DE TEMPÊTES VÉCUES.....	5
2.1.2	ÉTAT ACTUEL DES OUVRAGES DE PROTECTION (ÉTAT DES LIEUX).....	13
2.2	CARACTÉRISATION DU RISQUE D'ÉROSION ET DE SUBMERSION CÔTIÈRE.....	30
2.3	GÉOMORPHOLOGIE RÉGIONALE.....	35
2.3.1	ZONE D'ÉTUDE GLOBALE.....	35
2.3.2	CONTEXTE GÉOLOGIQUE.....	35
2.3.3	CONTEXTE GÉOMORPHOLOGIQUE.....	36
2.3.4	IDENTIFICATION DES DÉPÔTS DE SURFACE.....	37
2.3.5	RELEVÉS GÉOPHYSIQUES.....	39
2.4	GÉOMORPHOLOGIE CÔTIÈRE.....	44
2.4.1	DESCRIPTION DU LITTORAL.....	44
2.4.2	ÉVOLUTION HISTORIQUE DU LITTORAL.....	46
2.4.3	ANALYSE MORPHOLOGIQUE DES PROFILS DE PLAGE ET GRANULOMÉTRIE DES SÉDIMENTS.....	56
2.4.4	SYNTHÈSE DE LA DYNAMIQUE HYDROSÉDIMENTAIRE.....	62
2.5	GÉOMORPHOLOGIE MARINE.....	63
2.5.1	BATHYMÉRIE.....	63
2.6	HYDROLOGIE ET HYDRAULIQUE DE LA RIVIÈRE SHEDRAKE.....	65
2.7	RÉGIME HYDRODYNAMIQUE.....	68
2.7.1	NIVEAUX D'EAU.....	68
2.7.2	RÉGIME DES GLACES.....	75
2.7.3	CLIMAT DES VAGUES AU LARGE.....	78
2.7.4	CLIMAT DES VAGUES À L'APPROCHE DE LA CÔTE....	82

2.7.5	CARACTÉRISATION DES TEMPÊTES	88
2.8	CARACTÉRISATION DE LA DYNAMIQUE HYDROSÉDIMENTAIRE EN PÉRIODE DE TEMPÊTES	89
3	DESCRIPTION DU MILIEU BIOLOGIQUE.....	95
3.1	GÉNÉRALITÉS	95
3.1.1	VÉGÉTATION	95
3.1.2	FAUNE AVIAIRE	98
3.1.3	FAUNE TERRESTRE	104
3.2	MILIEU CÔTIER.....	107
3.2.1	VÉGÉTATION	107
3.2.2	ALGUES ET MACROBENTHOS	112
3.2.3	ICHTYOFAUNE.....	126
3.2.4	MAMMIFÈRES MARINS	128
3.3	MILIEU ESTUARIEN	129
3.3.1	MÉTHODOLOGIE	129
3.3.2	DESCRIPTION DES DIFFÉRENTES COMPOSANTES	130
3.4	ESPÈCES FAUNIQUES À STATUT.....	136
3.5	HABITATS FAUNIQUES PROTÉGÉS.....	137
4	DESCRIPTION DU MILIEU HUMAIN	138
4.1	ENVIRONNEMENT SOCIO-ÉCONOMIQUE	138
4.1.1	PROFIL SOCIAL	138
4.1.2	MARCHÉ DU TRAVAIL.....	141
4.1.3	STRUCTURE ÉCONOMIQUE	143
4.2	PLANIFICATION ET AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE.....	145
4.2.1	ORGANISATION TERRITORIALE.....	145
4.2.2	PLANIFICATION RÉGIONALE	145
4.2.3	TENURE DES TERRES ET ZONAGE.....	147
4.2.4	PROJETS LIÉS AU LITTORAL.....	148
4.2.5	PRÉOCCUPATIONS PAR RAPPORT AU LITTORAL	148
4.3	UTILISATION DU TERRITOIRE ET DES RESSOURCES NATURELLES	150
4.3.1	VILLAGE DE SHELDRAKE.....	150
4.3.2	ZONE D'ÉTUDE.....	152
4.4	INFRASTRUCTURES	156

4.4.1	TRANSPORT	156
4.4.2	RÉSEAUX D'ÉLECTRICITÉ ET DE TÉLÉCOMMUNICATION	157
4.4.3	INFRASTRUCTURES DE SERVICE	157
4.5	ARCHÉOLOGIE ET PATRIMOINE.....	158
4.5.1	PATRIMOINE	158
4.5.2	POTENTIEL ARCHÉOLOGIQUE.....	160
4.6	PAYSAGE	161
4.6.1	PAYSAGE RÉGIONAL.....	161
4.6.2	PAYSAGE DE LA ZONE D'ÉTUDE	161
5	SOMMAIRE DES ENJEUX.....	164
5.1	MILIEU PHYSIQUE	164
5.2	MILIEU BIOLOGIQUE	165
5.3	MILIEU HUMAIN	166
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	167

TABLEAUX

TABLEAU 2-1	COORDONNÉES DES RELEVÉS SISMIQUES MARIN - SECTEUR DE LA RIVIÈRE SHELDRAKE	40
TABLEAU 2-2	PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES UTILISÉES POUR LA CARACTÉRISATION STÉRÉOSCOPIQUE MULTI-DATES	47
TABLEAU 2-3	CRITÈRES POUR L'IDENTIFICATION DU TYPE DE CÔTE	48
TABLEAU 2-4	CRITÈRES GÉOMORPHOLOGIQUES UTILISÉS POUR DÉTERMINER LA POSITION DE LA LIGNE DE RIVAGE	48
TABLEAU 2-5	CRITÈRES GÉOMORPHOLOGIQUES UTILISÉS POUR DÉTERMINER LA POSITION DU TRAIT DE CÔTE EN FONCTION DU TYPE DE CÔTE RENCONTRÉ	49
TABLEAU 2-6	LONGUEUR TOTALE ET PROPORTION POUR CHAQUE TYPE DE CÔTE DE LA CELLULE HYDROSÉDIMENTAIRE DE SHELDRAKE	50
TABLEAU 2-7	DÉPLACEMENT NET (M) ET TAUX DE REcul (M/AN) DE LA LIGNE DE RIVAGE PAR SEGMENTS HOMOGÈNES POUR LE SITE DE SHELDRAKE	51
TABLEAU 2-8	DÉPLACEMENT NET (M) ET TAUX DE REcul (M/AN) DU TRAIT DE CÔTE PAR SEGMENTS HOMOGÈNES POUR LE SITE DE SHELDRAKE	52
TABLEAU 2-9	PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES STATIONS DE MESURE DE L'UQAR PAR RAPPORT AU SEGMENTS HOMOGÈNES	55

TABLEAU 2-10	CLASSIFICATION GRANULOMÉTRIQUE (MODIFIÉE D'APRÈS WENTWORTH, 1922).....	57
TABLEAU 2-11	ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DU RIVAGE DE SHELDRAKE	60
TABLEAU 2-12	CARACTÉRISTIQUES DE LA MARÉE POUR LES STATIONS DE RIVIÈRE- AU-TONNERRE (N° 2750) ET DE SEPT-ÎLES (N° 2780)	68
TABLEAU 2-13	CARACTÉRISTIQUES DES STATIONS MARÉGRAPHIQUES RETENUES POUR L'ÉTUDE.....	68
TABLEAU 2-14	NIVEAUX D'EAU EXTRÊMES POUR DIFFÉRENTES PÉRIODES DE RETOUR À SHELDRAKE	72
TABLEAU 2-15	REHAUSSEMENT GLOBAL DU NIVEAU MOYEN DES MERS POUR DIFFÉRENTS SCÉNARIOS (IPCC, 2014)	74
TABLEAU 2-16	REHAUSSEMENT RELATIF DU NIVEAU MOYEN ANTICIPÉ À CHANDLER POUR LA PÉRIODE 2046-2065 BASÉ SUR L'IPCC (2014) ET L'OUTIL TRX	74
TABLEAU 2-17	REHAUSSEMENT RELATIF DU NIVEAU MOYEN DES MERS ET ALLOCATION VERTICALE À LA STATION DE RIVIÈRE-AU- TONNERRE	75
TABLEAU 2-18	HAUTEUR DES VAGUES CORRESPONDANT À DIFFÉRENTES FRÉQUENCES D'OCCURRENCE	86
TABLEAU 2-19	HAUTEURS DES VAGUES EXTRÊMES SELON DIFFÉRENTES MÉTHODES D'ÉCHANTILLONAGE, ZONES ET PÉRIODES DE RETOUR	88
TABLEAU 2-20	PRINCIPALES TEMPÊTES RECONSTITUÉES AU LARGE DE SHELDRAKE - ANALYSE DES VAGUES ET DES NIVEAUX D'EAU ÉLEVÉS POUR DES ÉVÉNEMENTS	

	DONT LA HAUTEUR SIGNIFICATIVE DES VAGUES DÉPASSE 3 M	89
TABLEAU 2-21	SCÉNARIOS DE MODÉLISATION RETENUS POUR LE COUPLAGE VAGUES-COURANTS	90
TABLEAU 3-1	SYNTHÈSE DU RECOUVREMENT DE LA ZONE D'ÉTUDE ÉLARGIE PAR LES DIFFÉRENTS PEUPLEMENTS FORESTIERS ET AUTRES TYPES DE MILIEU	96
TABLEAU 3-2	LISTE DES ESPÈCES NICHEUSES INVENTORIÉES DANS LES PARCELLES 20LA66 ET 20LA67 DANS LE CADRE DE L'ATLAS DES OISEAUX NICHEURS DU QUÉBEC (AONQ)	99
TABLEAU 3-3	DONNÉES ISSUES DES INVENTAIRES DE 1992 ET 1999 RÉALISÉS DANS LES ACOA DU SECTEUR DE LA FLÈCHE DE SHELDRAKE	101
TABLEAU 3-4	LISTE DES ESPÈCES D'OISEAUX OBSERVÉES PRÈS DE L'EMBOUCHURE DE LA RIVIÈRE SHELDRAKE N'AYANT PAS ÉTÉ NOTÉES DANS LE CADRE DE L'AONQ ET DES INVENTAIRES DES ACOA, SELON LES DONNÉES COLLIGÉES PAR LE COMITÉ ZIP CÔTE-NORD DU GOLFE	102
TABLEAU 3-5	ESPÈCES SUPPLÉMENTAIRES POUVANT FRÉQUENTER LA ZONE D'ÉTUDE ÉLARGIE À CERTAINES PÉRIODES DE L'ANNÉE	104
TABLEAU 3-6	MAMMIFÈRES TERRESTRES RECELSÉS LORS DES INVENTAIRES MENÉS DANS LE CADRE DE L'ÉTUDE D'IMPACT DU PROJET D'AMÉNAGEMENT HYDROÉLECTRIQUE DE LA RIVIÈRE SHELDRAKE AU SITE DE LA COURBE DU SAULT	105

TABLEAU 3-7	STATISTIQUES DE PIÉGEAGE POUR LES ESPÈCES D'ANIMAUX À FOURRURE RÉCOLTÉES EN 2017- 2018 DANS L'UGAF 61.....	106
TABLEAU 3-8	LISTE DES ESPÈCES D'AMPHIBIENS ET DE REPTILES SUSCEPTIBLES D'ÊTRE PRÉSENTES DANS LA ZONE D'ÉTUDE	107
TABLEAU 3-9	CLASSIFICATION GRANULOMÉTRIQUE DU SUBSTRAT...	114
TABLEAU 3-10	DESCRIPTION DES STATIONS D'INVENTAIRE DE LA ZONE INTERTIDALE.....	116
TABLEAU 3-11	CARACTÉRISTIQUES DE CHACUN DES TRANSECTS INVENTORIÉS	118
TABLEAU 3-12	: INFORMATIONS RELATIVES AUX GISEMENTS DE MACTRES DE STIMPSON DE LA ZONE DE PÊCHE 3B, (TROTIER ET GOUDREAU, 2015).....	126
TABLEAU 3-13	RÉSULTATS DES PÊCHES AU CHALUT EFFECTUÉES PAR LE MPO AU LARGE DE LA ZONE D'ÉTUDE LOCALE DE SHELDRAKE ENTRE 1996 ET 2014	128
TABLEAU 3-14	LISTE DES ESPÈCES DE POISSON PRÉSENTES DANS LE BASSIN HYDROGRAPHIQUE DE LA RIVIÈRE SHELDRAKE	133
TABLEAU 3-15	LISTE DES ESPÈCES FAUNIQUE À STATUT SUSCEPTIBLES D'ÊTRE PRÉSENTES DANS LA ZONE D'ÉTUDE ÉLARGIE	136
TABLEAU 4-1	ÉVOLUTION DE LA POPULATION DE 2001 À 2018 – RIVIÈRE-AU- TONNERRE, MRC MINGANIE, CÔTE- NORD ET PROVINCE DE QUÉBEC.....	138
TABLEAU 4-2	STRUCTURE D'ÂGE (EN %) ET ÂGE MÉDIAN DE LA POPULATION DE RIVIÈRE-AU-TONNERRE, DE LA	

	MRC DE LA MINGANIE, DE LA CÔTE-NORD ET DU QUÉBEC, 2016	139
TABLEAU 4-3	CARACTÉRISTIQUES DES MÉNAGES DE RIVIÈRE-AU-TONNERRE, DE LA MRC DE LA MINGANIE ET DE L'ENSEMBLE DU QUÉBEC, EN 2016	140
TABLEAU 4-4	INDICATEURS ET INDICE DE VITALITÉ ÉCONOMIQUE DES MUNICIPALITÉS DE LA MRC DE LA MINGANIE	142
TABLEAU 4-5	PROPORTION DES EMPLOIS PAR SECTEUR D'ACTIVITÉ ÉCONOMIQUE POUR LA RÉGION DE LA CÔTE-NORD ET L'ENSEMBLE DU QUÉBEC, 2005 À 2017	144
TABLEAU 4-6	PROFIL DES EMPLOIS PAR SECTEUR D'ACTIVITÉ SELON LE SYSTÈME DE CLASSIFICATION DES INDUSTRIES DE L'AMÉRIQUE DU NORD (SCIAN), 2016.	144
TABLEAU 4-7	CARACTÉRISTIQUES DES ZONES À RISQUES DE LA ZONE D'ÉTUDE LOCALE.....	146
TABLEAU 4-8.	LISTE DES PROPRIÉTAIRES DES LOTS PRÉSENTS À L'INTÉRIEUR DE LA ZONE D'ÉTUDE LOCALE	152

FIGURES

FIGURE 2-1.	PHOTO DU PONT TOUZEL EN 1975 (MTQ, 2015).....	5
FIGURE 2-2.	SECTION TYPE DE L'ENROCHEMENT MIS EN PLACE EN 1994 À PROXIMITÉ DU PONT TOUZEL (MTQ, 1994).....	7
FIGURE 2-3.	ENROCHEMENT MIS EN PLACE DEVANT LA POISSONNERIE EN 2006 (CH. 1+998 À 2+090)	8

FIGURE 2-4.	ÉTAT DE L'ENROCHEMENT AVANT LES TRAVAUX EN JUIN 2011 (CH. 0+800)	9
FIGURE 2-5.	ÉTAT DE L'ENROCHEMENT APRÈS LES TRAVAUX EN AOÛT 2012 (CH. 0+600 À 0+900)	10
FIGURE 2-6.	ÉTAT DE L'ENROCHEMENT SUITE À LA FIN DES TRAVAUX VERS LA FIN NOVEMBRE 2016 (CH. APPROX. 0+440 À 0+500)	11
FIGURE 2-7.	DOMMAGES CAUSÉS PAR LES TEMPÊTES DU 30 DÉCEMBRE 2016.....	12
FIGURE 2-8.	DOMMAGES CAUSÉS PAR LES TEMPÊTES DU 30 DÉCEMBRE 2016 (CH. APPROX. 0+440 À 0+500)	12
FIGURE 2-9.	TEMPÊTE DU 11 JANVIER 2017 – DÉBORDEMENT SIGNIFICATIF SUR LA CHAUSSÉE ET AU NIVEAU DU PONT TOUZEL	13
FIGURE 2-10.	PONT TOUZEL, VUE SUR LA CULÉE OUEST REPOSANT SUR LE ROC – (CH. 0+100)	14
FIGURE 2-11.	PONT TOUZEL, VUE SUR LA CULÉE EST (CH. 0+000) – SEPTEMBRE 2018.....	14
FIGURE 2-12.	CULÉE EST DU PONT TOUZEL ET EMPIERREMENT DE PROTECTION – (CH. 0+090)	15
FIGURE 2-13.	CALIBRES DE PIERRES EN PLACE ET PENTE DE L'ENROCHEMENT (CH. 0+150) – SEPTEMBRE 2018.....	17
FIGURE 2-14.	PENTE DE L'ENROCHEMENT – VUE VERS L'OUEST (CH. 0+400) – SEPTEMBRE 2018	17
FIGURE 2-15.	TRANSITION ENTRE DEUX SECTIONS D'ENROCHEMENT AVEC UNE DIFFÉRENCE AU NIVEAU DE L'ÉLEVATION DE LA CRÊTE ET DE LA PENTE (CH. 0+440) – SEPTEMBRE 2018	18

FIGURE 2-16.	DÉVERSEMENT DE PIERRES DE CALIBRE ÉTALÉ ET ENCOCHE D'ÉROSION EN CRÊTE (CH. 0+800) – SEPTEMBRE 2018	18
FIGURE 2-17.	COUCHE DE PIERRES DE CARAPACE ET PRÉSENCE ABONDANTE DE VÉGÉTATION (CH. 0+960) – SEPTEMBRE 2018	19
FIGURE 2-18.	PENTE DE LA PLAGE EN DEVANT DE L'ENROCHEMENT – PRÉSENCE (CH. 0+150) ET ABSENCE (CH. 0+300) DE BERME DE PLAGE (PLAGE SÈCHE)	20
FIGURE 2-19.	PLAGE SUBMERGÉE À MARÉE HAUTE – DOMMAGES SUBIS À LA SUITE DE LA TEMPÊTE DU 30 DÉCEMBRE 2016 (CH. 0+300)	20
FIGURE 2-20.	EMPIERREMENT PROTÉGÉANT LE BAS DE TALUS ET RAMPE D'ACCÈS REJOIGNANT LA ROUTE 138 (CH. 0+100 À 0+180)	21
FIGURE 2-21.	JONCTION DE LA RAMPE EN ENROCHEMENT AVEC LA ROUTE 138 – CÔTÉ NORD (CH. 0+180)	22
FIGURE 2-22.	DÉGRADATION SIGNIFICATIVE DE L'ENROCHEMENT DANS LE BAS DU TALUS ROUTIER ET SIGNES D'ÉROSION NOTABLES – CÔTÉ NORD (CH. 0+200 À 0+320)	23
FIGURE 2-23.	EMPIERREMENT QUI PRÉSENTE CERTAINS SIGNES DE DÉGRADATION ET DONT LE PIED DE L'OUVRAGE SEMBLE RELATIVEMENT STABLE (CH. 0+320 À 0+420)	24
FIGURE 2-24.	DÉCROCHEMENT EN MILIEU DE PENTE (CH. 0+420 À 0+540)	25
FIGURE 2-25.	EMPIERREMENT DE PROTECTION (CH. 0+540 À 0+700)	25

FIGURE 2-26.	PROTECTION EN ENROCHEMENT PRÈS DE LA DESCENTE DE BATEAU – CH. 0+700 À 0+800	26
FIGURE 2-27.	TALUS DE NATURE SABLONNEUSE AVEC FAIBLE ÉROSION EN CRÊTE - VUE DU HAUT DE TALUS VERS LE SUD-EST (CH. 1+100) – SEPTEMBRE 2018.....	27
FIGURE 2-28.	BERME DE PLAGE SÈCHE ET DUNE VÉGÉTALISÉE (CH. 1+300).....	28
FIGURE 2-29.	BERME DE PLAGE SÈCHE ET DUNE VÉGÉTALISÉE (CH. 1+400).....	28
FIGURE 2-30.	CRAN ROCHEUX À L'EXTRÉMITÉ EST DE LA ZONE D'ÉTUDE LOCALE (CH. 1+800).	29
FIGURE 2-31.	VUE D'ENSEMBLE DE LA PLAGE ET DU SYSTÈME DUNAIRE SÉPARANT LA ROUTE 138 DU LITTORAL (CH. 1+850)	29
FIGURE 2-32.	ENCOCHES D'ÉROSION DANS LE BAS DU TALUS TOUT JUSTE À L'OUEST DU CRAN ROCHEUX (CH. 1+800)	30
FIGURE 2-33.	DÉBORDEMENT CÔTIER INDUIT PAR LE FRANCHISSEMENT DES VAGUES (SUBMERSION CÔTIÈRE) – TEMPÊTE DU 11 JANVIER 2017	31
FIGURE 2-34.	DÉBORDEMENT CÔTIER INDUIT PAR LE FRANCHISSEMENT DES VAGUES (SUBMERSION CÔTIÈRE) – TEMPÊTE DU 13 NOVEMBRE 2016	32
FIGURE 2-35.	GÉOLOGIE DU SECTEUR DE SHELDRAKE (SIGEOM, 2018).....	36
FIGURE 2-36	PROFILÉUR DE SOUS-SURFACE (PSS) DE MARQUE EDGETECH® MODÈLE 3100 216S.....	39
FIGURE 2-37	EXEMPLE D'INTERPRÉTATION D'UN PROFIL SISMIQUE ET DES CONTRAINTES TECHNIQUES RENCONTRÉES.....	40

FIGURE 2-38	INTERPRÉTATION DU PROFIL SISMIQUE T1 (LONGUEUR = 1500 M); AFFLEUREMENT DU ROC À ~1.5 KM DU RIVAGE.....	42
FIGURE 2-39	INTERPRÉTATION DU PROFIL SISMIQUE T2 (LONGUEUR = 1600 M)	42
FIGURE 2-40	INTERPRÉTATION DU PROFIL SISMIQUE T3 (LONGUEUR = 1650 M)	43
FIGURE 2-41	INTERPRÉTATION DU PROFIL SISMIQUE T4 (LONGUEUR = 1750 M)	43
FIGURE 2-42	INTERPRÉTATION DU PROFIL SISMIQUE T5 (LONGUEUR = 1750 M)	43
FIGURE 2-43	INTERPRÉTATION DU PROFIL SISMIQUE T6 (LONGUEUR = 1830 M)	44
FIGURE 2-44	CELLULE HYDROSÉDIMENTAIRE DE LA RIVIÈRE SHELDRAKE (DREJZA ET AL., 2014).....	45
FIGURE 2-45	PROFIL TRANSVERSAL DE LA TERRASSE DE PLAGE SITUÉE À SHELDRAKE	58
FIGURE 2-46	POURCENTAGE PAR CLASSE GRANULOMÉTRIQUE DES ÉCHANTILLONS PRÉLEVÉS SUR LE RIVAGE DE SHELDRAKE; A) HAUT DE LA PLAGE B) BAS DE LA PLAGE	61
FIGURE 2-47	CARTE BATHYMÉTRIQUE DU SECTEUR DE SHELDRAKE : A) ESTUAIRE DE LA RIVIÈRE SHELDRAKE, B) ZONE CÔTIÈRE AU SUD DE LA FLÈCHE DE SHELDRAKE	64
FIGURE 2-48	BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE SHELDRAKE (CEHQ 2007).....	66
FIGURE 2-49	COURBE CLASSÉE DES DÉBITS JOURNALIERS SUR LA RIVIÈRE SHELDRAKE AU DROIT DE LA CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE COURBE-DU-SAULT (ALLIANCE ENVIRONNEMENT, 2008).....	67

FIGURE 2-50	DÉBITS DE CRUE – RIVIÈRE SHELDRAKE À SON EMBOUCHURE (CEHQ, 2007)	67
FIGURE 2-51	LOCALISATION DES STATIONS DE NIVEAUX D'EAU DE RIVIÈRE-AU- TONNERRE ET DE SEPT-ÎLES PAR RAPPORT AU SITE À L'ÉTUDE	69
FIGURE 2-52	COMPARAISON DES NIVEAUX D'EAU ENREGISTRÉS AUX STATIONS DE RIVIÈRE-AU- TONNERRE ET DE SEPT-ÎLES POUR LA PÉRIODE CONCOMITANTE DE 1986	69
FIGURE 2-53	COMPARAISON DES NIVEAUX D'EAU ENREGISTRÉS À LA STATION DE SEPT-ÎLES ET DES MESURES RÉALISÉES AU SITE À L'ÉTUDE À L'AUTOMNE 2018	70
FIGURE 2-54	NIVEAUX D'EAU HORAIRES DE LA STATION DE SEPT-ÎLES (STATION N°2780) POUR LA PÉRIODE 1972- 2018	70
FIGURE 2-55	COMPARAISON DES SÉRIES TEMPORELLES DE NIVEAUX D'EAU ENTRE LES DONNÉES MESURÉES À LA STATION DE SEPT-ÎLES (SHC) ET LES DONNÉES RECONSTITUÉES POUR RIVIÈRE-AU-TONNERRE ET SEPT-ÎLES (XU-LEFAIVRE, 2015)	71
FIGURE 2-56	POURCENTAGE DE DÉPASSEMENT DES NIVEAUX D'EAU MESURÉS À LA STATION DE SEPT-ÎLES ET POUR LES SÉRIES TEMPORELLES RECONSTITUÉES PAR XU- LEFAIVRE (2015) À RIVIÈRE-AU- TONNERRE ET SEPT-ÎLES	72
FIGURE 2-57	VARIATION DU NIVEAU D'EAU MOYEN ANNUEL À LA STATION MARÉGRAPHIQUE DE SEPT-ÎLES (1972-2018)	73

FIGURE 2-58	PRÉDICTIONS GLOBALES DU REHAUSSEMENT DU NIVEAU MOYEN DES MERS, ÉVALUÉES À L'AIDE DE SIMULATIONS POUR DIFFÉRENTS SCÉNARIOS DE CONCENTRATION DE GAZ À EFFET DE SERRE (REPRESENTATIVE CONCENTRATION PATHWAYS (RCP)).....	74
FIGURE 2-59	DATES MOYENNES D'ENGLACEMENT DANS L'EST DU CANADA – 1981-2010 (SGC, 2014)	76
FIGURE 2-60	DATES MOYENNES DE DÉGLACEMENT DANS L'EST DU CANADA, 1981-2010 (SGC, 2014)	77
FIGURE 2-61	HISTORIQUE DU POURCENTAGE DE COUVERTURE DES GLACES DANS LE SECTEUR DU GOLFE DU SAINT-LAURENT (SCG, 2014).....	77
FIGURE 2-62	LOCALISATION DE LA STATION MÉTÉOROLOGIQUE D'ENVIRONNEMENT CANADA SITUÉE À L'ÎLE AUX PERROQUETS.....	78
FIGURE 2-63	INTENSITÉ DES VENTS SUR L'EAU OBTENUE À LA STATION DE L'ÎLE AUX PERROQUETS POUR LA PÉRIODE COMPRISE ENTRE 1994 ET 2018.	79
FIGURE 2-64	ROSE DES VENTS SUR L'EAU OBTENUE À LA STATION DE L'ÎLE AUX PERROQUETS D'ENVIRONNEMENT CANADA POUR LA PÉRIODE COMPRISE ENTRE 1994 ET 2018	79
FIGURE 2-65	LOCALISATION DU POINT FOCAL ET DES RADIALES (BLEUES) POUR LA GÉNÉRATION DES VAGUES AU LARGE DE SHELDRAKE	80
FIGURE 2-66	SIGNAL RECONSTITUÉ DES HAUTEURS DES VAGUES AU LARGE DE SHELDRAKE POUR LA	

	PÉRIODE COMPRISE ENTRE 1994 ET 2018. HYPOTHÈSE DE CONDITIONS LIBRES DE GLACES. TOUS LES MOIS DE L'ANNÉE81
FIGURE 2-67	ROSE DES VAGUES AU LARGE DE SHELDRAKE POUR LA PÉRIODE COMPRISE ENTRE 1994 ET 2018. HYPOTHÈSE DE CONDITIONS LIBRES DE GLACES. TOUS LES MOIS DE L'ANNÉE81
FIGURE 2-68	BATHYMÉTRIE DE LA ZONE DE MODÉLISATION ET DE LA ZONE D'ÉTUDE83
FIGURE 2-69	LOCALISATION DES ZONES D'EXTRACTION DES RÉSULTATS DE SIMULATION POUR LA DÉTERMINATION DES VAGUES DE DIMENSIONNEMENT84
FIGURE 2-70	COURBES CLASSÉES DE LA HAUTEUR DES VAGUES AU LARGE ET DANS LES ZONES 1 À 385
FIGURE 2-71	ROSES DES VAGUES À L'APPROCHE DE LA CÔTE DANS LA ZONE À L'ÉTUDE.....87
FIGURE 2-72 :	GÉOMÉTRIE ET MAILLAGE DU MODÈLE COUPLÉ TELEMAC-TOMAWAC DANS LE SECTEUR DE SHELDRAKE90
FIGURE 2-73 :	COURANTS INDUITS PAR LES VAGUES AU VOISINAGE DU SITE À L'ÉTUDE POUR LE SCÉNARIO #1 (VAGUES DE 6 M / 8 S EN PROVENANCE DE L'E EN CONDITIONS DE PMSGM).92
FIGURE 2-74 :	COURANTS INDUITS PAR LES VAGUES AU VOISINAGE DU SITE À L'ÉTUDE POUR LE SCÉNARIO #2 (VAGUES DE 6 M / 8 S EN PROVENANCE DE L'OSO EN CONDITIONS DE PMSGM).92

FIGURE 2-75 :	CONTRAINTES DE CISAILLEMENT MAXIMALES SUR LE FOND MARIN ET ORIENTATION MOYENNE DES CONTRAINTES DANS LA CELLULE DE SHELDRAKE POUR LE SCÉNARIO #1 (VAGUES DE 6 M / 8 S EN PROVENANCE DE L'E EN CONDITIONS DE PMSGM).	93
FIGURE 2-76 :	CONTRAINTES DE CISAILLEMENT MAXIMALES SUR LE FOND MARIN ET ORIENTATION MOYENNE DES CONTRAINTES DANS LA CELLULE DE SHELDRAKE POUR LE SCÉNARIO #2 (VAGUES DE 6 M / 8 S EN PROVENANCE DE L'OSO EN CONDITIONS DE PMSGM).	94
FIGURE 2-77 :	CONTRAINTES DE CISAILLEMENT AU FOND CRITIQUES POUR LA MOBILISATION DES SÉDIMENTS EN FONCTION DE LEUR GRANULOMÉTRIE. SOURCE: USGS (2008).	94
FIGURE 3-1 :	PHOTO 1 : AULNES SP. RETROUVÉS EN BORDURE DE LA ROUTE 138, DANS LE HAUT DE L'ENROCHEMENT AMÉNAGÉ PRÈS DU PONT TOUZEL, SHELDRAKE - 18 SEPTEMBRE 2018	109
FIGURE 3-2 :	PHOTO 2 : PLANTES HERBACÉES PRÉSENTES SUR UN RIVAGE ROCHEUX DE LA ZONE D'ÉTUDE, SHELDRAKE, 18 SEPTEMBRE 2018	110
FIGURE 3-3 :	PHOTO 3 : ARROCHE HASTÉE OBSERVÉE SUR LE RIVAGE SABLEUX DE LA ZONE D'ÉTUDE LOCALE, SHELDRAKE, 17 SEPTEMBRE 2018, PHOTO 4 : SABLINA FAUX-PÉPLUS OBSERVÉE SUR LE RIVAGE SABLEUX DE LA ZONE D'ÉTUDE LOCALE, SHELDRAKE, 17 SEPTEMBRE 2018	111

FIGURE 3-4 :	PHOTO 5 : PRAIRIE SALÉE DOMINÉE PAR LES HERBACÉES SITUÉE TOUT JUSTE APRÈS UN RIVAGE SABLEUX DANS LA ZONE D'ÉTUDE LOCALE, SHELDRAKE, 17 SEPTEMBRE 2018	112
FIGURE 3-5 :	COMPOSITION GRANULOMÉTRIQUE DU SUBSTRAT DE LA ZONE INTERTIDALE	117
FIGURE 3-6 :	PORTRAIT DE LA ZONE SUBTIDALE À LA HAUTEUR DU TRANSECT TS01 ...	120
FIGURE 3-7 :	PORTRAIT DE LA ZONE SUBTIDALE À LA HAUTEUR DU TRANSECT TS03 ...	121
FIGURE 3-8 :	PORTRAIT DE LA ZONE SUBTIDALE À LA HAUTEUR DU TRANSECT TS05 ...	122
FIGURE 3-9 :	PORTRAIT DE LA ZONE SUBTIDALE À LA HAUTEUR DU TRANSECT TS06 ...	123
FIGURE 3-10 :	PORTRAIT DE LA ZONE SUBTIDALE À LA HAUTEUR DU TRANSECT TS07 ...	124
FIGURE 3-11 :	DISTRIBUTION DES GISEMENTS CONNUS DE MACTRES DE STIMPSON DANS LA ZONE DE PÊCHE 3B, (TROTIER ET GOUDREAU, 2015)	126
FIGURE 3-12 :	PHOTO 11 : FRAIE DU CAPELAN SUR LA PLAGE DE SHELDRAKE, 18 JUN 2018 (PHOTO FOURNIE PAR LE COMITÉ ZIP CÔTE-NORD DU GOLFE)	127
FIGURE 3-13 :	PHOTO 12 : HERBIERS AQUATIQUES OBSERVÉS LE LONG DES RIVES DE LA RIVIÈRE SHELDRAKE, 18 SEPTEMBRE 2018	130
FIGURE 3-14 :	PHOTO 13 : ZONE DE GLISSEMENT DE TERRAIN CARACTÉRISÉE PAR UN SUBSTRAT ARGILEUX, RIVE DROITE DE LA RIVIÈRE SHELDRAKE, 18 SEPTEMBRE 2018, PHOTO 14 : ZONE DE GLISSEMENT DE TERRAIN CARACTÉRISÉE PAR UN SUBSTRAT ARGILEUX, RIVE	

	DROITE DE LA RIVIÈRE SHELDRAKE, 18 SEPTEMBRE 2018.....	131
FIGURE 3-15 :	PHOTO 15 : ZONE DE GLISSEMENT DE TERRAIN ACCOMPAGNÉE D'UNE CHUTE D'ARBRES SUR LES BERGES DE LA RIVIÈRE SHELDRAKE, 18 SEPTEMBRE 2018, PHOTO 16 : ZONE D'ÉROSION, RIVE GAUCHE DE LA RIVIÈRE SHELDRAKE, 18 SEPTEMBRE 2018.....	132
FIGURE 3-16 :	PHOTO 17 : EMPLACEMENT DE LA CAGE DE CAPTURE À SAUMON ATLANTIQUE À LA CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE DE LA RIVIÈRE SHELDRAKE, 18 SEPTEMBRE 2018.....	134
FIGURE 4-1 :	COMPARAISON DU NIVEAU DE SCOLARITÉ DE RIVIÈRE-AU- TONNERRE, DE LA MINGANIE, DE LA CÔTE-NORD ET DE L'ENSEMBLE DU QUÉBEC, 2016.....	140
FIGURE 4-2 :	PHOTOS 18 : LIGNE DE TRANSPORT ÉLECTRIQUE TRAVERSANT LA RIVIÈRE SHELDRAKE, PHOTOS 19 : CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE DE LA RIVIÈRE SHELDRAKE.....	151
FIGURE 4-3	ÉVOLUTION DES DÉBITS JOURNALIERS MOYENS ANNUELS (DJMA), DÉBITS JOURNALIERS MOYENS ESTIVAUX (DJME) ET DÉBITS JOURNALIERS MOYENS HIVERNAUX (DJMH) POUR LE TRONÇON ROUTIER ALLANT DE RIVIÈRE-PIGOU À RIVIÈRE-AU- TONNERRE.....	157
FIGURE 4-4.	SCHÉMA D'UNE STRUCTURE À TABLIER INFÉRIEUR À ARC AVEC POUTRE DE TYPE LANGER	159
FIGURE 4-5 :	PONT CONSTRUIT SUR LA RIVIÈRE SHELDRAKE EN ATTENDANT L'OUVERTURE DE LA 138. 1972 (FONDS YVON BEZEAU), TIRÉ DE THIBAUT ET AL. 2015.....	160

CARTES

CARTE 1-1	LOCALISATION DE LA ZONE D'ÉTUDE	4
CARTE 2-1 :	NIVEAU D'EXPOSITION À L'ÉROSION CÔTIÈRE DE LA FLÈCHE DE SHELDRAKE (ZONE D'ÉTUDE LOCALE) SELON DREJZA ET AL. (2014).	33
CARTE 2-2 :	NIVEAU D'EXPOSITION À LA SUBMERSION CÔTIÈRE DE LA FLÈCHE DE SHELDRAKE (ZONE D'ÉTUDE LOCALE) SELON DREJZA ET AL. (2014).....	34
CARTE 2-3 :	VUE 3D ET DÉPÔTS DE SURFACE DU SECTEUR DE SHELDRAKE	38
CARTE 2-4:	LOCALISATION DES RELEVÉS DE SISMIQUE MARIN À PARTIR DE PROFILEUR DE SOUS-SURFACE (SBP) - SECTEUR SHELDRAKE.....	41
CARTE 2-5	DÉPLACEMENT DE LA LIGNE DE RIVAGE ENTRE LES ANNÉES 1967, 1989 1999, 2005 ET 2013 DANS LE SECTEUR DE SHELDRAKE.....	53
CARTE 2-6	DÉPLACEMENT DU TRAIT DE CÔTE ENTRE LES ANNÉES 1967, 1989 1999, 2005 ET 2013 DANS LE SECTEUR DE SHELDRAKE.....	54
CARTE 2-7	LOCALISATION DES PROFILS DE PLAGE, DES ÉCHANTILLONS GRANULOMÉTRIQUES ET BATHYMÉTRIE DU SECTEUR.....	59
CARTE 3-1 :	SYNTHÈSE DES INFORMATIONS SUR LE MILIEU BIOLOGIQUE DE LA ZONE D'ÉTUDE ÉLARGIE	97
CARTE 3-2 :	INVENTAIRE DU MILIEU BIOLOGIQUE EN ZONE INTERTIDALE ET SUBTIDALE.....	115

CARTE 3-3 :	CARACTÉRISATION DE L'ESTUAIRE DE LA RIVIÈRE SHELDRAKE	135
CARTE 4-1 :	AFFECTATION DU TERRITOIRE, INFRASTRUCTURES ET SERVICES PUBLICS DE LA ZONE D'ÉTUDE	149
CARTE 4-2 :	ANALYSE PAYSAGÈRE DE LA ZONE D'ÉTUDE	163

ANNEXE

ANNEXE A	Modélisation et transformation des vagues
----------	---

1 INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE ACTUELLE

Le littoral de la Côte-Nord est très diversifié de par sa nature géologique, sa topographie et son exposition aux sollicitations hydrodynamiques qui varient passablement entre Tadoussac et Blanc-Sablon. Quoiqu'en grande partie rocheux, le tiers du littoral de la Côte-Nord est composé de matériaux meubles et sujet à l'érosion active. La route 138, qui longe en grande partie le littoral de la Côte-Nord, est donc particulièrement vulnérable, surtout dans un contexte de changements climatiques où une hausse du niveau marin, une modification de la fréquence et du régime des tempêtes, ainsi qu'une réduction importante de la période d'englacement du golfe sont anticipées. Ces conditions sont susceptibles d'augmenter la fréquence d'attaque par les vagues en période hivernale et le niveau de submersion du littoral, ce qui pourrait engendrer ou aggraver la problématique d'érosion dans plusieurs secteurs déjà vulnérables à ce phénomène naturel.

Le tronçon de la route 138, directement concerné par ce dossier, se situe tout juste à l'ouest du village de Sheldrake. Le tronçon de la route 138 à l'étude totalise 1 760 m entre les chaînages 0+090 et 1+850. La route 138 y traverse l'embouchure de la rivière Sheldrake par le biais du pont Touzel et d'un tronçon de talus routier, dont le remblai est supporté par la flèche littorale de Sheldrake et qui est protégée de part et d'autre par des enrochements. La flèche littorale fait environ 700 m de longueur, alors que l'estuaire de la rivière Sheldrake fait en moyenne 500 m de largeur. Le système côtier de la flèche de Sheldrake est essentiellement confiné entre deux segments de côtes rocheuses. L'embouchure de la rivière Sheldrake se trouve à l'extrémité ouest de la flèche. Une centrale hydroélectrique est localisée à environ 6 km en amont. Cette dernière n'influence pas le régime hydraulique naturel du tronçon aval de la rivière puisqu'il s'agit d'une centrale au fil de l'eau, mais coupe tout de même une partie des apports sédimentaires provenant de l'amont (BAPE, 2009).

L'élévation de la route 138 est plus basse au niveau du tronçon à l'étude par rapport aux approches de part et d'autre. En conditions de tempêtes avec la présence d'une surcote et de fortes vagues, il est arrivé à diverses occasions que le tronçon de la route 138 qui repose sur la flèche se fasse submerger, incluant la projection de matériaux sur la chaussée dont la taille varie entre le silt et le caillou. L'érosion s'avère aussi un facteur dominant, malgré la présence d'enrochement. En effet, du côté sud de la flèche, on retrouve des conditions de tempêtes possédant une capacité érosive élevée en présence de hauts niveaux d'eau et de vagues, et du côté nord, malgré que les niveaux d'eau soient contrôlés par la marée, on retrouve la présence de glaces et de courants fluviaux capables d'éroder le talus routier et de modifier la position du chenal principal de la rivière. L'enjeu majeur de ce projet sera d'évaluer à la fois la faisabilité pour la mise en place d'ouvrages de protection du littoral, mais aussi étudier la faisabilité de relocaliser un tronçon de la route 138 pour ainsi éviter que le talus routier repose sur un milieu aussi dynamique en raison des fortes sollicitations hydrodynamiques de part et d'autre de la flèche. Dans les deux cas, plusieurs éléments techniques seront à étudier et une comparaison multicritère permettra de dresser un portrait clair de la situation. L'objectif principal étant, dans tous les cas, d'assurer la pérennité et la sécurité des usagers de la route, et ce, en limitant les impacts sur le milieu côtier.

Les travaux de caractérisation et de description des composantes des milieux physiques et biologiques ne seront pas limités spécifiquement à la zone d'étude locale directement concernée par les travaux éventuels d'adaptation du littoral à l'érosion et la submersion marine, mais s'étendront dans la zone d'étude élargie pour englober une zone plus large où le tronçon de la route pourrait être déplacé. Pour la composante physique, il est aussi requis de couvrir ce secteur élargi afin de bien étudier le comportement géomorphologique et les sollicitations hydrodynamiques affectant la zone d'étude locale.

Soulignons qu'au-delà de la zone de description du milieu humain spécifique au secteur à l'étude, il s'avérera nécessaire de considérer une zone d'étude encore plus étendue afin de positionner adéquatement le tronçon à l'étude de la route 138 sur le plan socioéconomique et par rapport à la municipalité de Sheldrake et la MRC de la Minganie.

1.2 OBJECTIFS

Le présent mandat vise la recherche et l'analyse de solutions pour contrer l'érosion et réduire la vulnérabilité de cette portion du littoral face à la problématique de submersion et d'érosion, tout en assurant la sécurité des usagers de la route 138 et en minimisant les impacts sur le milieu côtier. Il vise également à faire une analyse multicritère des solutions jugées les plus appropriées de sorte à recommander la solution qui répondrait globalement le mieux à l'ensemble des critères définis en fonction des performances attendues, des impacts appréhendés et des attentes du ministère et des autres intervenants du milieu. Cette étude sera accompagnée de plans d'avant-projet préliminaires qui illustreront les solutions envisagées. À la suite de l'obtention d'un consensus avec les principaux intervenants du ministère sur la solution à mettre en œuvre, ce rapport préliminaire pourra, si jugé nécessaire par le MTQ, être présenté aux autorités et aux intervenants du milieu pour consultation. Sur cette base, une version finale, incluant les éléments jugés pertinents de la consultation, sera ensuite transmise au ministère afin qu'il puisse procéder aux étapes suivantes du projet (PC 1).

De façon plus spécifique, le travail consiste à examiner la problématique à travers les volets d'hydraulique maritime, de génie routier et d'analyse environnementale de sorte à déterminer les solutions les mieux adaptées au site. Celles-ci devront permettre de rencontrer les principaux enjeux suivants :

- le maintien d'un lien routier sécuritaire et pérenne, dans un contexte d'érosion et de submersion marine;
- la stabilité et le maintien de la qualité du milieu côtier en accord avec les enjeux environnementaux et l'état actuel des connaissances dans le domaine de la protection côtière;
- l'intégration au paysage et le maintien de la fonction de la zone à l'étude;
- recommander et présenter la solution la plus adaptée, et ce, basée sur une analyse multicritère et une consultation auprès du client.

1.3 ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude locale proposée dans le cadre de l'étude d'analyse de solutions à l'érosion et à la submersion côtière dans la flèche de Sheldrake se situe à l'ouest de Sheldrake. Le tronçon de la route 138 à l'étude totalise 1 760 m entre les chaînages 0+090 et 1+850. La Carte 1-1 illustre la localisation de cette zone d'étude locale.

2 DESCRIPTION DU MILIEU PHYSIQUE

2.1 DESCRIPTION DU LITTORAL ET ÉTAT ACTUEL DES OUVRAGES DE PROTECTION (ÉTAT DES LIEUX)

2.1.1 HISTORIQUE DES INTERVENTIONS SUR LE MILIEU CÔTIER ET CONDITIONS DE TEMPÊTES VÉCUES

La route 138 traverse la rivière Sheldrake via le pont Touzel (P-14001), lequel est une structure à tablier inférieur en acier métallisé à arc avec poutre de type Langer (MTQ, 2015). Le pont s'appuie sur des culées en béton de part et d'autre de l'exutoire de la rivière. La route 138 a été construite sur la flèche littorale sur une longueur d'environ 800 mètres. L'information quant à la date de construction initiale des enrochements de protection n'est pas disponible. Néanmoins, le document *Évaluation patrimoniale du pont Touze* (MTQ, 2015) stipule que la construction du pont a été réalisée conjointement avec la route 138. Des photos datant de 1972 et 1975 (Figure 2-1), dans ce même rapport, illustre qu'un enrochement est présent le long de la flèche littorale.



Figure 2-1. Photo du Pont Touzel en 1975 (MTQ, 2015)

Tel que mentionné en introduction, ce tronçon de route demeure très exposé à la submersion et à l'érosion côtière ce qui menace constamment l'intégrité de la route 138 durant les épisodes de tempêtes maritimes combinant hauts niveaux d'eau et fortes vagues. En effet, ce tronçon de route a subi divers dommages significatifs au cours des années, lesquels ont nécessité des interventions d'urgence et des réparations parfois coûteuses, sans oublier l'impact temporaire qu'on eut ces travaux sur le maintien du lien routier pour assurer la sécurité des automobilistes. Les informations colligées à ce jour concernant les tempêtes ayant affecté le tronçon routier à l'étude, ainsi que les interventions réalisées au fil des années proviennent notamment de M. Jean-Victor Blais, employé du MTQ, et de l'analyse de suivis photographiques pour corroborer les dates. M. Blais précise par ailleurs que les informations demeurent toutefois incomplètes étant donné que certains de ses anciens collègues, ayant une meilleure connaissance du secteur, ne sont plus employés du MTQ. En résumé, les enjeux suivants ont été mentionnés par M. Blais pour le tronçon de route reposant sur la flèche de Sheldrake:

- Sécurité routière : « projection de sable, gravier et cailloux sur la chaussée lors des marées hautes combinées à des forts vents et vagues »
- Impact socio-économique : « Ce tronçon de route est le seul lien routier permettant l'alimentation en pétrole, en nourriture, ainsi que pour la circulation de patients entre les centres de santé. Toute la population à l'est de la rivière Sheldrake est dépendante de ce lien routier »
- Impacts environnementaux : « Corridor routier très vulnérable et fragile lors de tempêtes maritimes combinant hautes marées et fortes vagues, nécessitant la plupart du temps des travaux d'urgence. »
- Coût d'entretien : « La fréquence des bris et des dommages induits par les événements de tempêtes qui occasionnent du débordement sur la chaussée est plus fréquente par rapport aux années antérieures. Un coût approximatif d'environ [REDACTED] à tous les 5 ans est le budget requis pour assurer l'entretien et le maintien de ce lien routier. »

Les informations les plus anciennes rendues disponibles par le MTQ en début de mandat concernent une intervention réalisée en 1994 qui visait la détérioration de l'enrochement de la culée est du pont Touzel occasionnée par l'action des vagues en 1992. À cet effet, WSP a reçu une note technique résumant la conception de l'enrochement mis en place à l'époque dont le calibre de la pierre de carapace variait entre 1000 et 1250 mm (MTQ, 1994). L'intervention aurait été réalisée entre la culée du pont et le chaînage 0+030, pour une longueur totale d'environ 50 mètres. La Figure 2-2 présente la coupe-type associée à cette intervention.

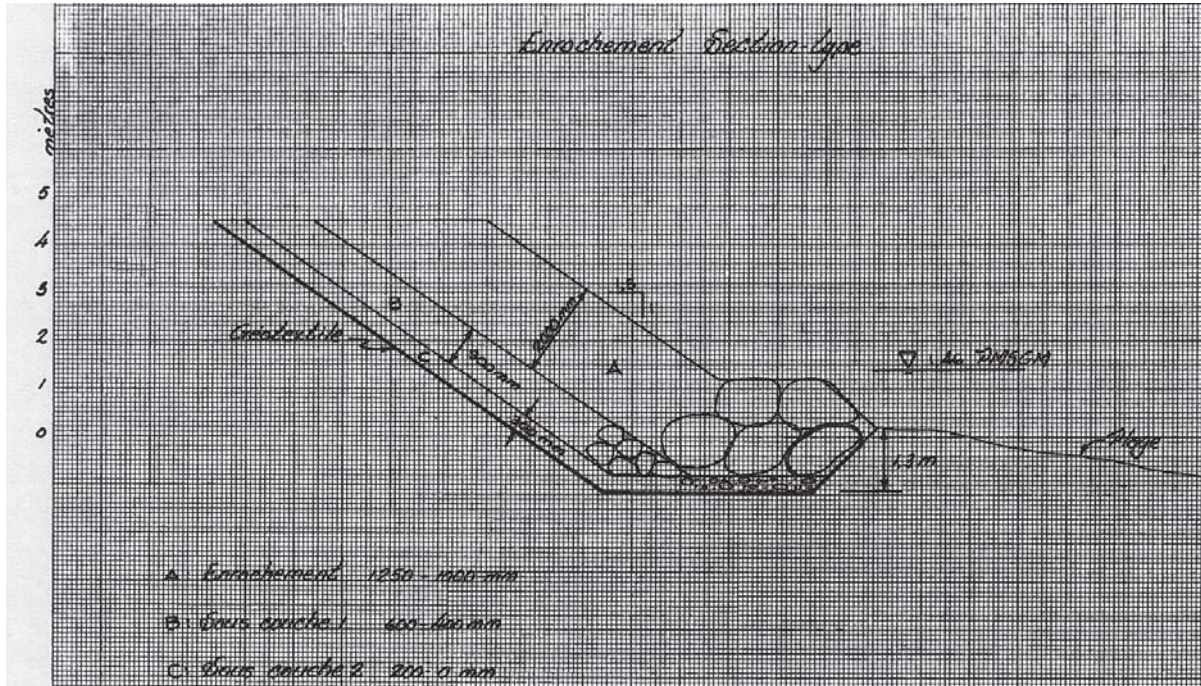


Figure 2-2. Section type de l'enrochement mis en place en 1994 à proximité du pont Touzel (MTQ, 1994)

Suivant cette première intervention documentée en 1994 au droit du pont Touzel, les principales interventions réalisées plus récemment et documentées par le MTQ sont résumées ici-bas. Il est à noter que d'autres interventions de plus faible envergure ont aussi été réalisées entre 1994 et aujourd'hui, mais celles-ci n'ont pas nécessairement été documentées par le MTQ.

1. Enrochement initial projet d'amélioration (ch. 1+998 à 2+090)

- Date : 2006 et 2009
- Numéro d'identification du projet / technique : 154920673 / 138-11-015
- Coûts approximatifs :
 - 2006 = [REDACTED]
 - 2009 = [REDACTED]

2. Réfection temporaire de l'enrochement – projet de conservation de la chaussée (ch. 0+140 à 1+000)

- Date : 2011-2012
- Réalisé par : MTQ
- Numéro d'identification du projet / technique : 154-11-0252 / 138-11-015
- Coût approximatif : [REDACTED] ([REDACTED] selon M. Jean-Victor Blais)

3. Intervention d'urgence (ch. 0+440 à 0+500)

- Date : novembre 2016
- Réalisé par : MTQ
- Coût approximatif : [REDACTED] (selon M. Jean-Victor Blais)

4. Intervention d'urgence – projet de conservation de la chaussée (ch. 0+390 à 4+490)

- Date : Fin décembre 2016 et janvier 2017
- Réalisé par : MTQ
- Numéro d'identification du projet / technique : 154160877 / 138-11-015
- Coûts approximatifs
 - 2016 = [REDACTED]
 - 2017 = [REDACTED]

La première intervention réalisée en 2006 visait la protection de la route 138 sur une distance d'environ 100 m, ainsi que des bâtiments à proximité du littoral (poissonnerie) dans l'anse à Ernest. La Figure 2-3 présente le géotextile et les différentes couches d'enrochement mis en place devant l'ancienne poissonnerie Bouchard.



Figure 2-3. Enrochement mis en place devant la poissonnerie en 2006 (ch. 1+998 à 2+090)

L'intervention de 2011 (PC1) a quant à elle permis de réaliser une réfection temporaire de l'enrochement afin de protéger un tronçon de route de la 138 reposant directement sur la flèche littorale, soit une longueur d'environ 860 m. Un document interne obtenu du MTQ (MTQ, 2011), stipule qu'une intervention devra être mise en place sur une longueur de 860 mètres (ch. 0+140 à 1+000) selon la conception de l'enrochement déjà en place (1994) et l'état de l'infrastructure en place. Le document mentionne aussi l'urgence d'intervenir dans ce secteur et documente les spécifications suivantes à respecter pour mettre en place cet ouvrage temporaire :

- Pente de 1,5H :1V;
- Carapace de 1300 mm-1100 mm de diamètre sur une épaisseur de 2,0 m;
- Sous-couche de 600 mm à 400 mm de diamètre sur une épaisseur de 900 mm;
- Compléter avec du tout-venant pour combler les vides avant d'installer la sous-couche;
- Aucune clé proposée au pied de l'enrochement;
- Aucune membrane géotextile ne sera installée.

Le montant estimé à l'époque et présenté dans le document interne du MTQ mentionnait que le coût serait d'environ [REDACTED], lequel a été confirmé autour de [REDACTED] de la part de M. Blais. La Figure 2-4 présente l'état de l'enrochement, près du chaînage 0+800, en juin 2011 avant la réfection de l'enrochement. La Figure 2-5 présente quant à elle l'état de l'enrochement entre les chaînages 0+600 à 0+900 en août 2012, soit après les travaux.



Figure 2-4. État de l'enrochement avant les travaux en juin 2011 (ch. 0+800)



Figure 2-5. État de l'enrochement après les travaux en août 2012 (ch. 0+600 à 0+900)

La troisième intervention d'urgence a été réalisée en novembre 2016 sur une distance d'environ 60 m (ch. 0+440 à 0+500) suite aux dommages occasionnés par une tempête survenue un peu plus tôt en novembre 2016. La Figure 2-6 présente l'état de l'enrochement à la suite des travaux de novembre 2016.



Figure 2-6. État de l'enrochement suite à la fin des travaux vers la fin novembre 2016 (ch. approx. 0+440 à 0+500)

Finalement, une intervention d'urgence a été réalisée le 31 décembre 2016 suite à la tempête significative du 30 décembre 2016, ainsi qu'une intervention de plus petite envergure qui a été réalisée en janvier 2017 suite à l'évènement de tempête du 11 janvier 2017. Les Figure 2-7, Figure 2-8 et Figure 2-9 présentent les dommages observés le 30 décembre et le 11 janvier respectivement. Selon M. Blais, l'enrochement réalisé en 2016, s'endommage à chaque tempête.



Figure 2-7. Dommages causés par les tempêtes du 30 décembre 2016



**Figure 2-8. Dommages causés par les tempêtes du 30 décembre 2016
(ch. approx. 0+440 à 0+500)**



Figure 2-9. Tempête du 11 janvier 2017 – débordement significatif sur la chaussée et au niveau du pont Touzel

2.1.2 ÉTAT ACTUEL DES OUVRAGES DE PROTECTION (ÉTAT DES LIEUX)

Secteur de la flèche littorale de Sheldrake (ch. 0+000 à 1+000) – côté sud (Golfe St-Laurent)

Le début du secteur à l'étude est marqué par la présence du pont Touzel (Ch. 0+000). Le pont en forme d'arche en acier repose sur des culées en béton. À l'ouest, la culée repose sur un roc affleurant bien visible dans le secteur (Figure 2-10). La culée est s'appuie sur la flèche littorale, elle est protégée par un enrochement présenté à la Figure 2-11. L'empierrement sous le pont qui protège la culée est de plus faible dimension (calibre environ 200-500 mm) comparativement aux pierres de carapace protégeant le talus routier du côté nord et sud (Figure 2-12). Il est à noter qu'une intervention récente a été réalisée pour protéger la culée est du côté sud et nord (Figure 2-11).



Figure 2-10. Pont Touzel, vue sur la culée ouest reposant sur le roc – (ch. 0+100)



Figure 2-11. Pont Touzel, vue sur la culée est (ch. 0+000) – Septembre 2018



Figure 2-12. Culée est du pont Touzel et empierrement de protection – (ch. 0+090)

L'enrochement sud de la flèche littorale, faisant face au golfe St-Laurent et protégeant la route 138, est un ouvrage de protection dont les caractéristiques sont variables en raison des nombreuses interventions réalisées au fil des ans. L'enrochement couvre la presque totalité de la flèche littorale, soit entre les chaînages 0+090 et 0+960. Les éléments suivants résument nos observations suivant la visite de septembre 2018 :

- De façon générale, l'enrochement qui longe la route 138 du côté sud est peu homogène (calibre carapace, pente, élévation crête) principalement en raison des nombreuses interventions réalisées au cours des années. Certaines encoches d'érosion sont présentes en crête (Figure 2-16) et sur les base de nos observations et des observations obtenues, aucune clé en enrochement n'a été mise en place au fil des ans et ce, peu importe sur l'ensemble du tronçon enroché;
- La distance entre la glissière existante et le haut de talus de l'enrochement (accotement derrière les glissières) varie entre 1.5 et 6 m pour une moyenne d'environ 3.7 m;
- L'information obtenue quant aux diverses interventions révèle qu'un géotextile ainsi que des sous-couches de pierre ont été mis en place en 1994, mais que les interventions d'urgence réalisées plus récemment ont uniquement visé l'ajout de pierres de carapace, à l'exception de l'intervention de 2011 où des sous-couches de pierres avaient été mises en place;
- Le calibre de la carapace demeure très variable le long de la route avec des tronçons où celui-ci présente un calibre très étalé 300-1000mm (Figure 2-13),

- tandis que d'autres secteurs présentent un calibre qui respecte plus les règles de l'art pour ce type d'ouvrage de protection 1100-1300 mm (Figure 2-15).
- La pente de l'enrochement varie le long du tronçon enroché (Figure 2-13, Figure 2-14 et Figure 2-15), lequel peut être décrit ainsi:
 - ch. 0+090 à 0+150 – 1V : 1.5 H;
 - ch. 0+200 à 0+300 – 1V : 3H;
 - ch. 0+340 à 0+750 – 1V : 2 à 2.5H;
 - ch. 0+0+800 à 0+960 – 1V : 1.75H.
 - L'élévation de la crête de l'enrochement varie le long de l'ouvrage :
 - Elle est de l'ordre de 7,8 m près du pont Touzel (ch. 0+090 à 0+150);
 - Elle décroît entre le chaînage 0+200 à 0+400 diminuant de 7,2 à 5,7 m;
 - Elle augmente brièvement entre les chaînages 0+440 à 0+500 à 6.5 m pour se stabiliser ensuite entre les chaînages 0+550 à 0+700 vers l'élévation 6.1 m;
 - Elle augmente ensuite entre les chaînages 0+750 à 0+960 pour atteindre 9.9 m.
 - Sur certains tronçons, des pierres de plus faibles calibres (100-300 mm) ont été mises en place en crête en bordure de la pierre de carapace;
 - Un tronçon de l'enrochement a subi une intervention qui a mené au relèvement de la crête et à la mise en place d'une pierre de carapace dont la pente diffère aussi quelque peu comparativement à la section adjacente (Figure 2-15)
 - Des pierres ont été déversées à partir du haut du talus sur le dernier tronçon de l'enrochement (Figure 2-16). Ce tronçon présente une crête d'enrochement plus élevée que le secteur *ouest* et une pente un peu plus forte. Une seule couche de pierre de carapace est présente et semble relativement stable étant donnée la présence de végétation plus abondante qui recouvre le talus (Figure 2-17).



Figure 2-13. Calibres de pierres en place et pente de l'enrochement (ch. 0+150) – septembre 2018



Figure 2-14. Pente de l'enrochement – vue vers l'ouest (ch. 0+400) – septembre 2018



Figure 2-15. Transition entre deux sections d'enrochement avec une différence au niveau de l'élévation de la crête et de la pente (ch. 0+440) – septembre 2018



Figure 2-16. Déversement de pierres de calibre étalé et encoche d'érosion en crête (ch. 0+800) – septembre 2018



Figure 2-17. Couche de pierres de carapace et présence abondante de végétation (ch. 0+960) – septembre 2018

Quant à la plage qui borde l'enrochement entre le pont Touzel et l'extrémité est, celle-ci présente une pente relativement forte ($\sim 1V : 9H$) de la haute-plage jusqu'à la zone d'avant-plage (Section 2.4.3.2) et on note une berme de plage (plage sèche) très étroite par endroit avec présence de végétation, laquelle devient absente sur un bon tronçon avant de réapparaître à l'extrémité est du secteur enroché (Figure 2-18). L'élévation de la plage demeure relativement basse ce qui diminue sa capacité à atténuer les vagues en période de tempêtes dès que le niveau d'eau devient plus élevé (Figure 2-19). Enfin, le profil de plage demeure assez constant le long de l'enrochement avec une largeur d'environ 20 à 30 m. Quant à la granulométrie, l'information est présentée à la section 2.4.3.3. Des variations saisonnières au niveau de la largeur et de la pente de la plage sont certes présentes suivant la dynamique hydro-sédimentaire du secteur, mais aucune donnée historique quant à l'évolution des profils de plage permet de se prononcer davantage sur cet aspect.



Figure 2-18. Pente de la plage en devant de l'enrochement – présence (ch. 0+150) et absence (ch. 0+300) de berme de plage (plage sèche)



Figure 2-19. Plage submergée à marée haute – dommages subis à la suite de la tempête du 30 décembre 2016 (ch. 0+300)

Secteur de la flèche littorale de Sheldrake (ch. 0+000 à 0+800) – côté nord (rivière Sheldrake)

Le talus routier situé du côté nord et faisant face à la rivière Sheldrake est quant à lui exposé à l'érosion induite par les courants fluviaux et les glaces. Un premier tronçon d'empierrement débute près de la culée est du pont. Celui-ci a été mis en place en bas de talus sous une végétation arbustive dense près du chaînage 0+120. Le calibre de pierre est relativement uniforme (800-1000 mm). Une rampe en enrochement a aussi été construite afin de rejoindre le haut de talus près du chaînage 0+180 (Figure 2-20). L'accotement derrière la glissière laisse présager que l'intervention est récente et que la roche a été déversée à partir du haut du talus afin de construire la rampe, laquelle permet d'accéder à la pointe de sable et à l'enrochement de protection à proximité de la culée est (Figure 2-21).



Figure 2-20. Empierrement protégeant le bas de talus et rampe d'accès rejoignant la route 138 (ch. 0+100 à 0+180)



Figure 2-21. Jonction de la rampe en enrochement avec la route 138 – côté nord (ch. 0+180)

Du chaînage 0+200 à 0+320, l'enrochement est principalement présent en bas du talus sous une bande de végétation assez dense. Des signes de dégradation significative sont notables et s'expliquent entre autres en raison de la forte pente de l'ouvrage (stabilité du pied de l'enrochement) et du calibre relativement faible et étalé de la pierre de carapace (Figure 2-22). Le géotextile est quant à lui visible dans la partie supérieure de l'enrochement. Sa mise en place date sûrement de plusieurs années et aucune information disponible ne permet de documenter si certaines interventions de maintenance ont été réalisées au fil des ans. Nos observations suggèrent plutôt qu'il été mis en place en même temps que la construction de la route 138. En somme, l'ouvrage ne procure plus une protection adéquate au niveau du talus routier et des signes d'érosion évidents sont visibles entre le pied de l'ouvrage et la strate arbustive. L'action des glaces durant la débâcle pourrait être la principale cause du décrochement des pierres qui recouvraient le géotextile en crête (Figure 2-22).



Figure 2-22. Dégradation significative de l'enrochement dans le bas du talus routier et signes d'érosion notables – côté nord (ch. 0+200 à 0+320)

Le tronçon d'enrochement suivant (0+320 à 0+420) présente un enrochement dont la carapace est un peu plus uniforme, mais qui présente tout de même différents signes de dégradation. Dans l'ensemble, ce tronçon d'enrochement est tout de même plus stable que le secteur plus en aval en raison de la bathymétrie plus favorable (pente et profondeur d'eau plus faibles). La végétation semble aussi plus présente à mi-talus ce qui semble indiquer que l'érosion est un peu moins importante dans ce secteur (Figure 2-23).



Figure 2-23. Empierrement qui présente certains signes de dégradation et dont le pied de l'ouvrage semble relativement stable (ch. 0+320 à 0+420)

Plus en amont entre les chaînages 0+420 à 0+540, l'enrochement présente un décrochement assez franc sur une longueur d'environ 120 mètres. Il en résulte que le talus demeure plus exposé, mais sans présenter d'encoches d'érosion trop sévères, malgré l'exposition du géotextile (Figure 2-24). La section suivante (ch. 0+540 à 0+700) comporte un enrochement qui atteint le haut de talus, lequel présente un calibre de pierres de carapace très variable. Des signes de décrochages ponctuels sont présents, mais la pente est relativement uniforme (Figure 2-25). La présence de végétation et l'allure générale de l'ouvrage suggèrent que ce tronçon enroché est relativement stable.

Enfin, l'empierrement atteint un remblai servant de descente pour les bateaux entre les chaînages 0+700 et 0+800. Malgré différents signes de dégradation notables, la protection semble adéquate et ce tronçon relativement stable (Figure 2-26).



Figure 2-24. Décrochement en milieu de pente (ch. 0+420 à 0+540)



Figure 2-25. Empierrement de protection (ch. 0+540 à 0+700)



Figure 2-26. Protection en enrochement près de la descente de bateau – ch. 0+700 à 0+800

Secteur est de la flèche littorale jusqu'au début de l'anse à Ernest (ch. 1+000 à 1+850)

Plus à l'est, la plage s'élargit quelque peu en s'éloignant de la flèche littorale. La première section de la plage est bordée par un talus de nature sablonneuse comportant quelques petits arbustes et de l'ammophile (Figure 2-28 et Figure 2-29). Un milieu dunaire est présent entre la berme de plage (plage sèche) et le bas du talus. La plage a une pente relativement constante de 1V : 12H et une largeur d'environ 40 mètres au chaînage 1+100. Des signes d'érosion du talus laissent présager une faible érosion liée à des événements de pluie entraînant le drainage des superficies vers la mer (Figure 2-27).

Le talus se prolonge jusqu'à la fin de la plage qui se termine par un cran rocheux au chaînage 1+900 (Figure 2-30). Au chaînage 1+400 à 1+600, la largeur de plage demeure d'environ 40 mètres avec une pente d'environ 1V : 12H. Le haut de la plage comporte un milieu dunaire vallonné et plus large entre la plage et la route 138 plus au nord (Figure 2-31).

Enfin, l'extrémité est du secteur d'étude local (ch. 1+600 à 1+850) est influencée par la présence de crans rocheux prenant la forme d'épis naturels (Figure 2-31) et se terminant par une pointe de roc au chaînage 1+900. Des encoches d'érosion sont bien visibles au pied de la dune où la végétation est plus éparse. Ces encoches semblent avoir été causées par l'attaque des vagues en périodes de hauts niveaux d'eau, mais il

est à noter que la pente de la dune est relativement forte ce qui ne contribue pas à la stabilité du pied de talus (Figure 2-32). Il est aussi plausible que le cran rocheux tout juste à l'est de ce secteur crée un effet de bout, exacerbant ainsi l'érosion du bas du talus adjacent à l'ouest.



Figure 2-27. Talus de nature sablonneuse avec faible érosion en crête - vue du haut de talus vers le sud-est (ch. 1+100) – septembre 2018



Figure 2-28. Berme de plage sèche et dune végétalisée (ch. 1+300)



Figure 2-29. Berme de plage sèche et dune végétalisée (ch. 1+400)



Figure 2-30. Cran rocheux à l'extrémité est de la zone d'étude locale (ch. 1+800).



Figure 2-31. Vue d'ensemble de la plage et du système dunaire séparant la route 138 du littoral (ch. 1+850)



Figure 2-32. Encoches d'érosion dans le bas du talus tout juste à l'ouest du cran rocheux (ch. 1+800)

2.2 CARACTÉRISATION DU RISQUE D'ÉROSION ET DE SUBMERSION CÔTIÈRE

La caractérisation du risque d'érosion et de submersion côtière le long de la flèche de Shelldrake a été produite par Drejza et al. (2014). La Carte 2-1 présente le niveau de risque à l'érosion pour la zone d'étude locale, ainsi que l'horizon temporel associé. Il est possible de constater qu'une section importante du tronçon sud de la 138 (ch. 0+000 à 0+900) présente un risque d'érosion bien présent en 2019. Il s'agit toutefois tel que décrit dans la section précédente, d'un secteur partiellement anthropisé avec la présence d'enrochement qui permet tout de même de contrôler l'érosion et d'éviter un recul trop marqué du talus routier sur lequel repose la route 138. Les observations présentées dans la section précédente confirment clairement cette exposition à l'érosion pour le secteur de la flèche de Shelldrake.

La Carte 2-2 présente pour sa part le niveau de risque à la submersion côtière le long de la flèche de Shelldrake, toujours selon Drejza et al. (2014). De manière générale, cette étude de 2014 démontre que la flèche de Shelldrake (ch.0+000 à 0+900) sur laquelle repose la route 138 n'est pas exposée à la submersion côtière. Ces résultats viennent en quelque sorte contredire les observations recueillies et présentées dans la section précédente du présent rapport. En effet, sur la base des photographies obtenues de la part du MTQ, il a été clairement démontré que le tronçon de la route 138 dans ce secteur a fait face à divers épisodes de débordements côtiers causés par le

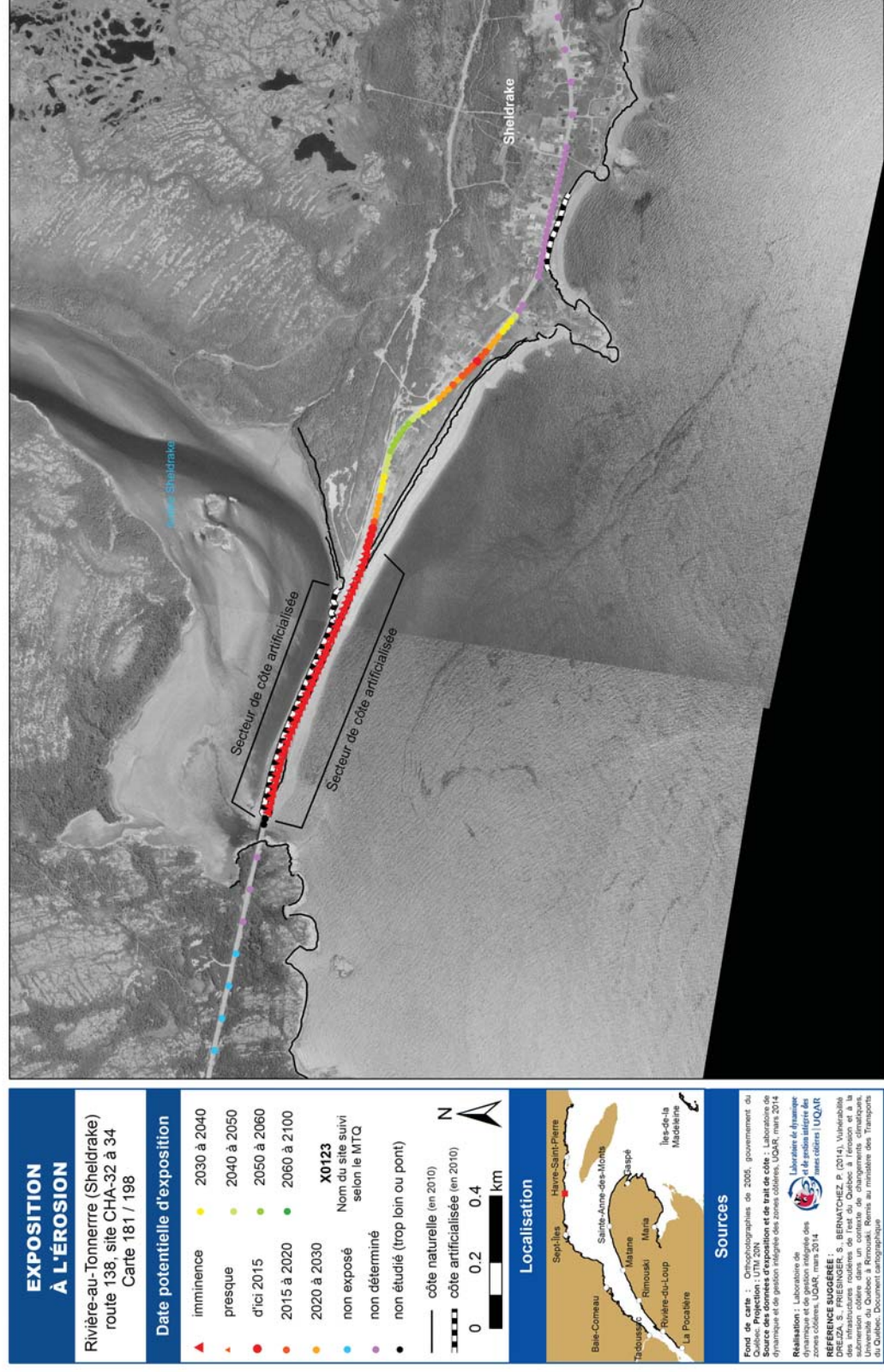
franchissement des vagues sur la chaussée, apportant gravier, cailloux et blocs durant ces épisodes de tempêtes. Les Figure 2-33 et Figure 2-34 en témoignent d'ailleurs très bien. Enfin, il est à noter que cette analyse, visant à quantifier de façon plus détaillée le risque et le niveau de submersion de la flèche de Sheldrake, sera réalisée et mise à jour dans la phase d'ingénierie préliminaire incluse dans le présent mandat afin de mieux quantifier ces apports dans un contexte de changements climatiques.



Figure 2-33. Débordement côtier induit par le franchissement des vagues (submersion côtière) – tempête du 11 janvier 2017



Figure 2-34. Débordement côtier induit par le franchissement des vagues (submersion côtière) – tempête du 13 novembre 2016



2.3 GÉOMORPHOLOGIE RÉGIONALE

Une caractérisation géomorphologique a été réalisée pour le site de Sheldrake. Une revue de littérature, ainsi que l'utilisation de deux méthodes éprouvées, soit la caractérisation stéréoscopique du territoire et la géophysique, ont été utilisées afin de présenter un portrait exhaustif de la nature et des épaisseurs des dépôts meubles du secteur à l'étude.

Les résultats présentés dans ce chapitre ont comme objectif principal d'orienter les concepts d'ingénierie, notamment en ce qui concerne la définition des limites de retrait et le choix des solutions d'aménagement qui seront mises de l'avant.

Les objectifs spécifiques de cette caractérisation des dépôts de surface sont de :

1. Dresser un portrait des caractéristiques géologiques et géomorphologiques connues de la région;
2. Fournir une cartographie des classes de dépôts meubles présents dans le secteur d'étude.

Cette section du rapport présente donc le contexte géologique et géomorphologique régional du secteur d'étude, les approches d'analyses utilisées, ainsi que les résultats sous forme de cartographie.

2.3.1 ZONE D'ÉTUDE GLOBALE

Le secteur de Sheldrake est situé à 100 km à l'est de Sept-Îles. Un tronçon de la route 138 est affecté par l'érosion et la submersion côtière sur environ 1 760 m. Cette route traverse la rivière Sheldrake par le pont Touzel. Le pont Touzel est une structure à tablier inférieur, en acier métallisé à arc avec poutre de type Langer (MTQ, 2015). Ce tronçon de la route 138 passe directement sur la flèche littorale située à l'embouchure de la rivière Sheldrake. Le tronçon de la route 138, est donc situé sur une forme géomorphologique très mobile, laquelle est exposée aux tempêtes en provenance du golfe du Saint-Laurent du côté sud, ainsi qu'aux sollicitations fluviales (vitesses de courants et glaces) du côté nord. La flèche littorale fait environ 800 mètres de longueur et l'estuaire de la rivière Sheldrake a une largeur d'environ 500 mètres de largeur.

Bien que la flèche littorale soit déjà « protégée » par un enrochement de pierres de part et d'autre, la problématique de submersion marine subsiste, particulièrement lors d'événements combinant des marées de vives-eaux et de fortes tempêtes en provenance du golfe (importante dépression, de forts vents soutenus et présence de vagues significatives) qui poussent les vagues au-dessus de la structure (franchissement). De l'eau et des matériaux de la plage attenante (sable, gravier, cailloux, débris de plage) sont alors projetés sur la chaussée (Figure 2-33), ce qui, à l'occasion, peut nuire à la sécurité des usagers de la route (automobilistes, camionneurs, etc.).

2.3.2 CONTEXTE GÉOLOGIQUE

La région de la Côte-Nord se situe sur les hautes terres laurentiennes du Bouclier canadien, plus précisément dans la province géologique de Grenville (Stockwell, 1963). Celle-ci est caractérisée par des roches ignées métamorphiques fortement plissées d'origine

précambrienne (0,6 à plus de 3,0 Ga) (Stockwell et al., 1970). La zone d'étude est caractérisée par un substrat faisant partie de la suite anorthositique de Havre-Saint-Pierre datant du Mésoprotérozoïque. Il s'agit principalement d'une unité non différenciée d'anorthosite, de leuconorite et, en moindre quantité, de norite et de gabbro (assemblage de roches métamorphiques et ignées) (SIGEOM, 2018).

L'intérieur des terres, où s'écoule la rivière Sheldrake, est dominé par des alternances de collines précambriennes constituées de monzonite, d'une quantité subordonnée de granite, de granodiorite, de diorite et de gabbro foliés, ainsi que d'anorthosite, de leuconorite et, en moindre quantité, de norite et de gabbro (Figure 2-35). L'altération de la roche y est donc très faible. On note la présence d'affleurements rocheux, principalement sur le littoral et à l'intérieur des terres.

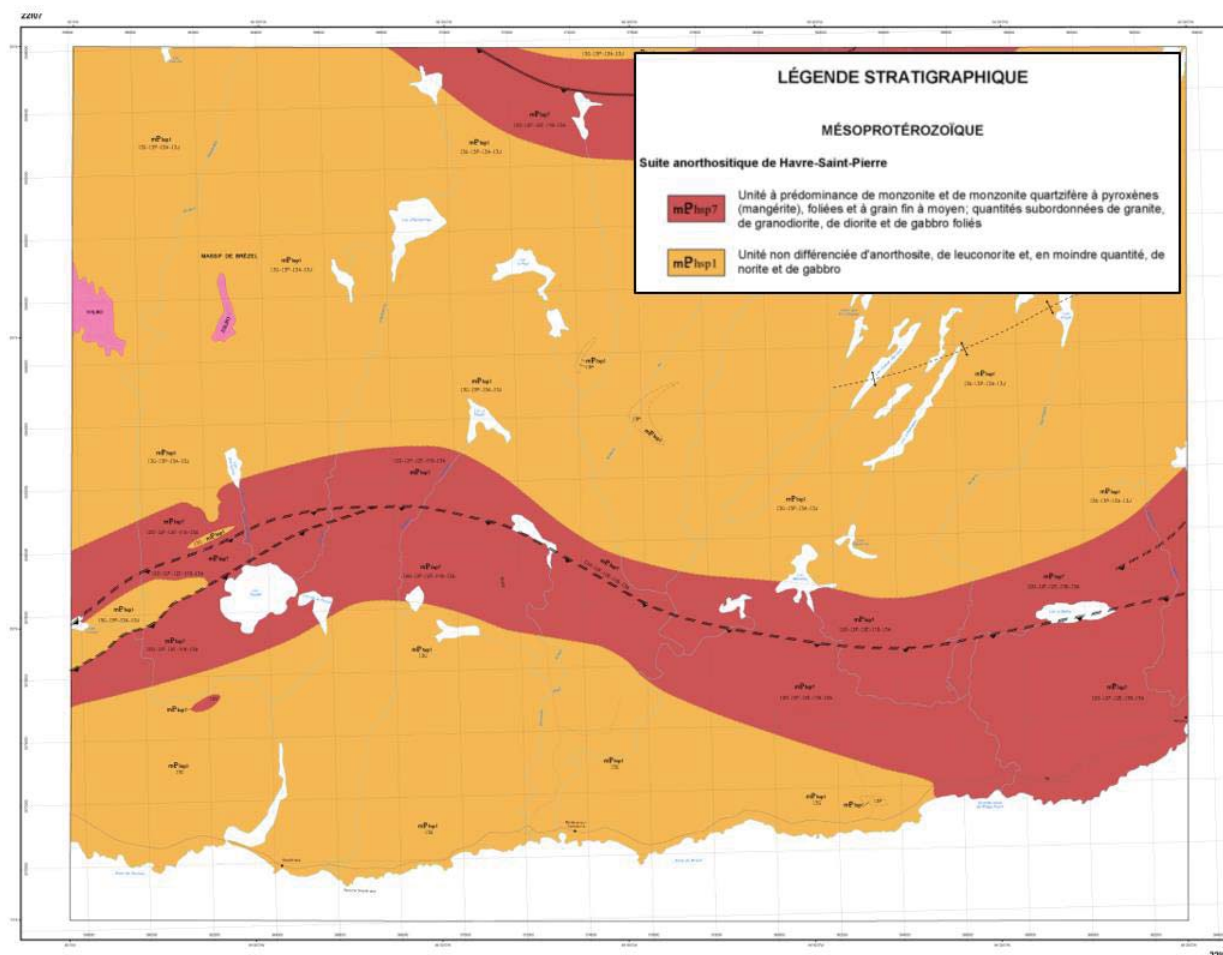


Figure 2-35. Géologie du secteur de Sheldrake (Sigeom, 2018)

2.3.3 CONTEXTE GÉOMORPHOLOGIQUE

Le secteur à l'étude est caractérisé par la régression et la transgression de la mer de Goldthwait ayant laissé une grande quantité de sédiments argileux et limoneux marins recouverts par des sédiments sableux deltaïques. Cette plaine deltaïque est partiellement recouverte de tourbières, marécages et zones humides. À d'autres endroits, elle montre des ensembles de crêtes de plage parallèles qui marquent la régression du front marin vers le sud. Selon Dietrich et coll.

(2017), la limite d'intrusion marine se situe à 110 m d'altitude dans la région. Les sédiments glaciaires (till) ont été complètement remaniés par l'action des vagues de la mer de Goldwaith et sont, de ce fait, pratiquement absents de la zone d'étude (Alliance environnement, 2008).

Les dépôts de surface de la région de Sheldrake sont composés principalement de dépôts littoraux caractérisés par des sables de plages (généralement de granulométrie moyenne) ou de sable associé à un complexe deltaïque. Localement, des dépôts organiques de tourbières sont présents à l'intérieur des terres. Aux abords de la rivière Sheldrake, on retrouve des alluvions actuelles composées de graviers, sables et limons. De façon générale, l'essentiel des dépôts de surface de la zone à l'étude se compose de dépôts sableux. Toujours selon Dietrich et coll. (2017), les dépôts meubles observés à Sheldrake auraient été mis en place il y a 12 500 ans. Les dépôts meubles fins sont sensibles au remaniement et sujets à des glissements superficiels de terrain.

2.3.4 IDENTIFICATION DES DÉPÔTS DE SURFACE

2.3.4.1 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

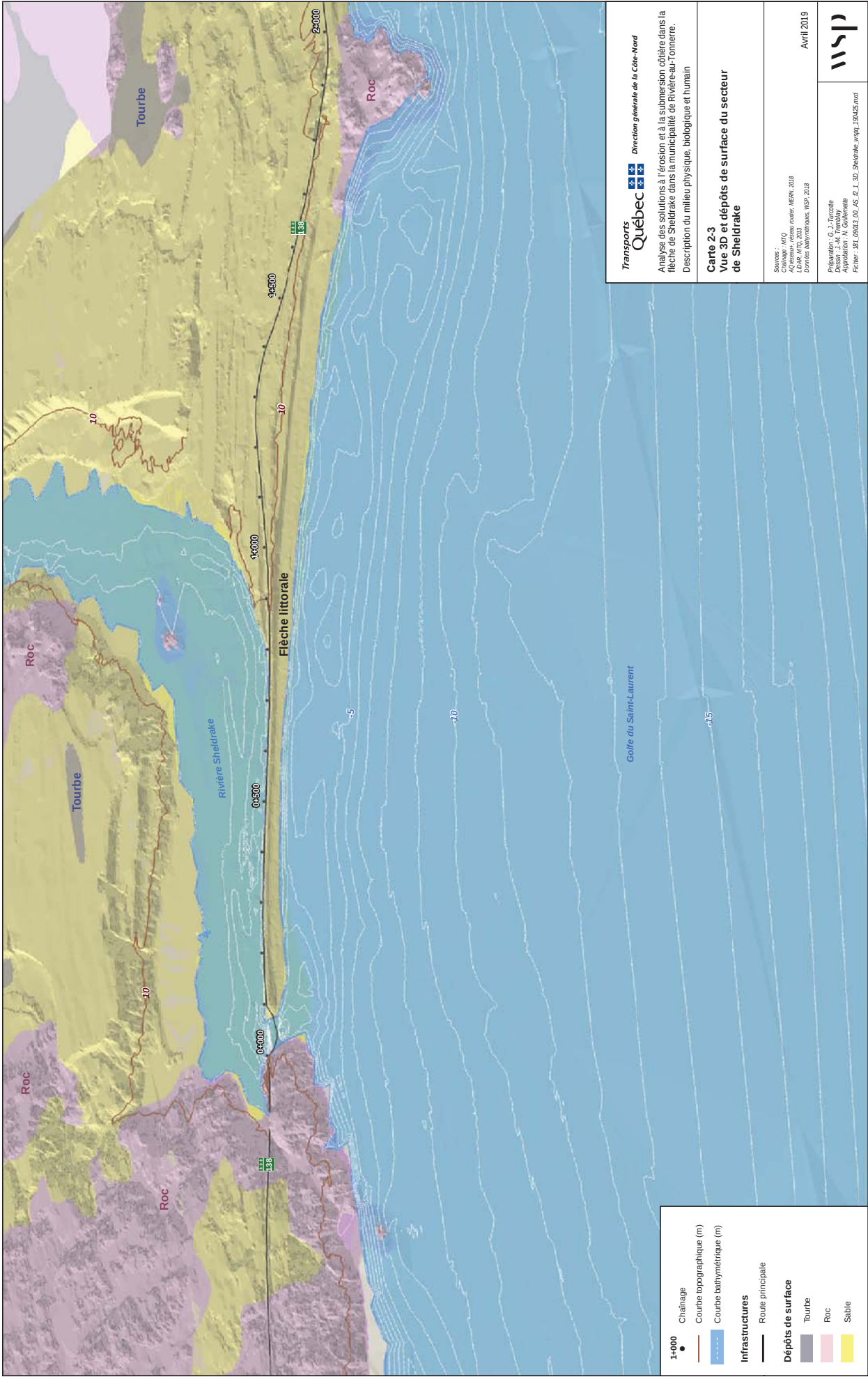
La photo-interprétation des dépôts de surface et des formes de terrain en 2D a été faite à l'aide d'images satellitaires disponibles dans le domaine public (Google Earth). Pour ce faire, le traçage des différentes zones a été réalisé directement à l'écran dans le logiciel ArcGIS. Afin de mieux comprendre les processus de mise en place des dépôts dans la région, une revue de la documentation existante a été réalisée. Les documents consultés sont les cartes de dépôts de surface existantes, les cartes éco-forestières, ainsi que l'information disponible dans le domaine public ou scientifique.

2.3.4.2 RÉSULTATS

Le roc affleure de façon importante dans la zone d'étude. La surface du roc est hautement fracturée, le relief a la forme de collines basses aux sommets arrondis, voire même une topographie de plateau (Carte 2-3). Le roc de la région ayant subi une érosion importante au fil du temps de sorte que les affleurements rocheux ont été polis (roche moutonnée). Les plus hautes collines font autour de 120 m d'altitude, mais se situe généralement entre 50 et 90 m d'altitude.

La couverture de dépôts meubles est essentiellement composée de sables littoraux déposés en milieux marins peu profonds. On note la présence de plages soulevées qui témoignent d'anciens niveaux marins. Il est difficile d'estimer l'épaisseur de la couverture meuble, puisque la photo-interprétation a été effectuée en 2D, mais l'abondance du roc indique que les dépôts ne sont pas très épais sur la majorité du territoire. L'analyse semble démontrer qu'il y a des accumulations plus importantes le long de la rivière Sheldrake (talus ~20 m de haut).

On dénombre quelques tourbières dans le secteur de Sheldrake. Celles-ci se sont développées sur les dépôts sableux. Leur présence indique un mauvais drainage. Ce mauvais drainage peut être causé par plusieurs facteurs tels que l'induration du sable, la proximité des argiles sous-jacentes ou même la proximité du roc dans quelques cas aussi.



2.3.5 RELEVÉS GÉOPHYSIQUES

2.3.5.1 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

Les relevés sismiques ont été réalisés à partir d'un profileur de sous-surface de marque EdgeTech©. Le modèle 3100 216S (Figure 2-36) utilisé dans le cadre du présent mandat opère à partir d'un spectre de fréquences compris entre 2 et 16 kHz. Ce modèle de PSS permet une pénétration du signal jusqu'à 6 m dans le matériel grossier (sable et gravier) et 80 m dans le matériel très fin (argile). Un total de 6 transects, d'une longueur moyenne de 1 800 m, ont été réalisés perpendiculairement à la côte (Tableau 2-1, Carte 2-4).

Les relevés ont été conduits en continu de 8h30 à 10h30 le 16 septembre 2018 à bord du navire de WSP.



Figure 2-36 **Profileur de sous-surface (PSS) de marque EdgeTech© modèle 3100 216S**

Les relevés devaient être réalisés dans une colonne d'eau minimale de 10 m afin de minimiser l'effet de réflexion '*multiples*'. Une réflexion multiple est une arrivée qui a été plusieurs fois réfléchi au cours de son trajet dans l'eau et le sous-sol, ce qui a pour effet de générer une succession de réflecteur (Figure 2-37). En l'absence de données sédimentaires, une vitesse arbitraire moyenne du son de 1 800 m/s a été imputée à la colonne de sédiments à partir de l'hypothèse que les sédiments rencontrés sont principalement silto-argileux. Cette vitesse du son arbitraire correspond à la valeur médiane de la vitesse du son dans un sédiment fin établi dans la charte de *Stanford Rock Physics Laboratory*.

Les données sismiques calibrées ont été intégrées à un logiciel spécialisé de traitement afin de modéliser les données et générer les profils (SonarWiz©). À noter que les réflexions '*multiples*' recouvrent les données à mesure que la profondeur diminue. La limite de l'épaisseur des sédiments est établie au contact du roc et/ou au contact de la réflexion multiple supérieur

lorsque le profil du roc n'est pas identifié au-dessus (Figure 2-37). Les données de la profondeur du roc obtenues ont été soustraites aux données bathymétriques afin d'obtenir, de manière précise, l'épaisseur estimée des sédiments au nadir de chacun des transects.

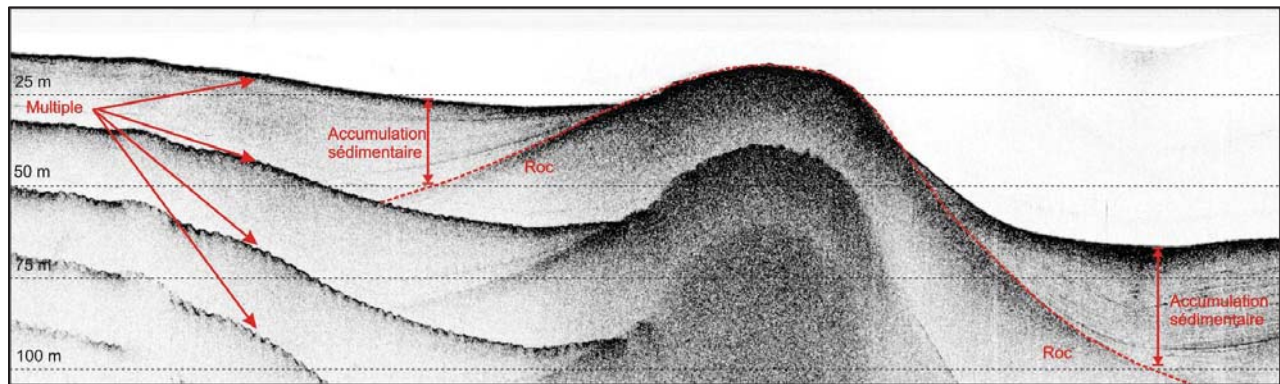


Figure 2-37 Exemple d'interprétation d'un profil sismique et des contraintes techniques rencontrées.

Tableau 2-1 Coordonnées des relevés sismiques marin - secteur de la rivière Sheldrake

N° DE LIGNE	DÉBUT		FIN	
	LONGITUDE	LATITUDE	LONGITUDE	LATITUDE
T1	-64,91610	50,24842	-64,90969	50,26189
T2	-64,91417	50,26247	-64,92056	50,24860
T3	-64,92525	50,24890	-64,91790	50,26330
T4	-64,92400	50,26537	-64,93027	50,24961
T5	-64,93659	50,25051	-64,92960	50,26607
T6	-64,93553	50,26729	-64,94070	50,25098

2.3.5.2 RÉSULTATS

L'analyse des données sismiques a permis d'obtenir un portrait général du profil du roc à l'embouchure de la rivière Sheldrake. Un affleurement rocheux a été identifié entre 15 et 20 m de profondeur sous le niveau d'eau et à environ 1,5 km du rivage au niveau du transect 1 (T1) (Figure 2-38). L'affleurement rocheux disparaît sur les autres transects, mais un horizon sismique reste présent sous la couverture sédimentaire traduisant la présence du roc plus en profondeur vers l'ouest (40-50 m sous le niveau d'eau) (Figure 2-39, Figure 2-40, Figure 2-41, Figure 2-42, Figure 2-43). Des affleurements ont été identifiés à ~600 m de la côte sur les transects 5 et 6 (Figure 2-42, Figure 2-43). Aucune donnée n'a été prise au-delà de ces limites, ainsi que du côté nord de la flèche dans l'embouchure de la rivière en raison de la colonne d'eau insuffisante.

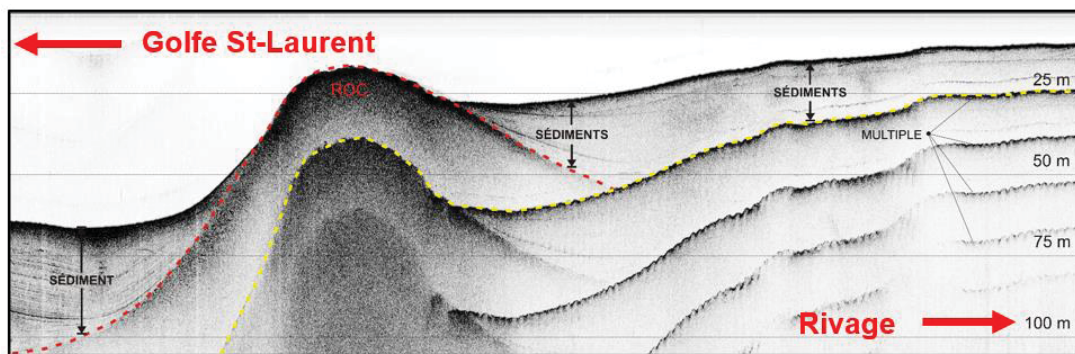


Figure 2-38 Interprétation du profil sismique T1 (longueur = 1500 m); affleurement du roc à ~1.5 km du rivage.

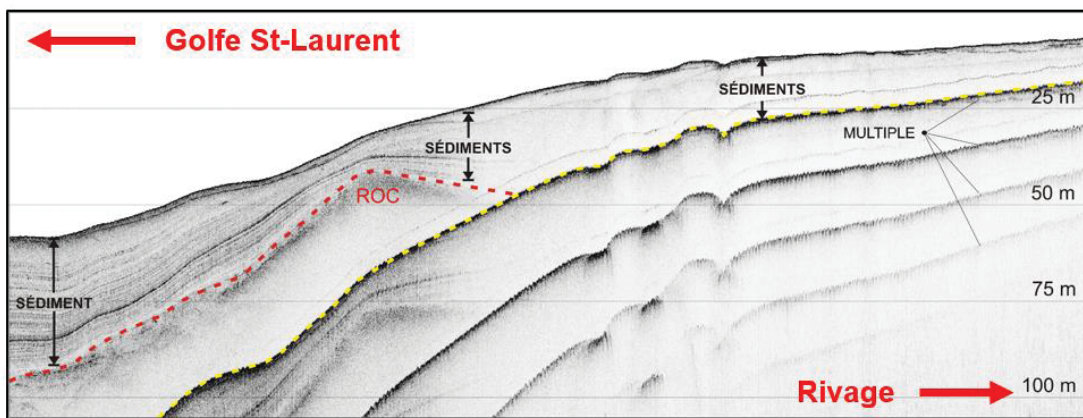


Figure 2-39 Interprétation du profil sismique T2 (longueur = 1600 m)

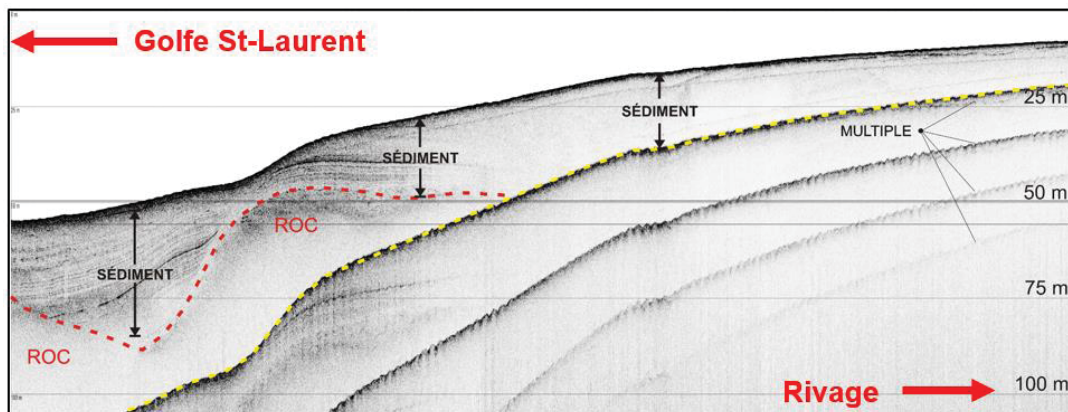


Figure 2-40 Interprétation du profil sismique T3 (longueur = 1650 m)

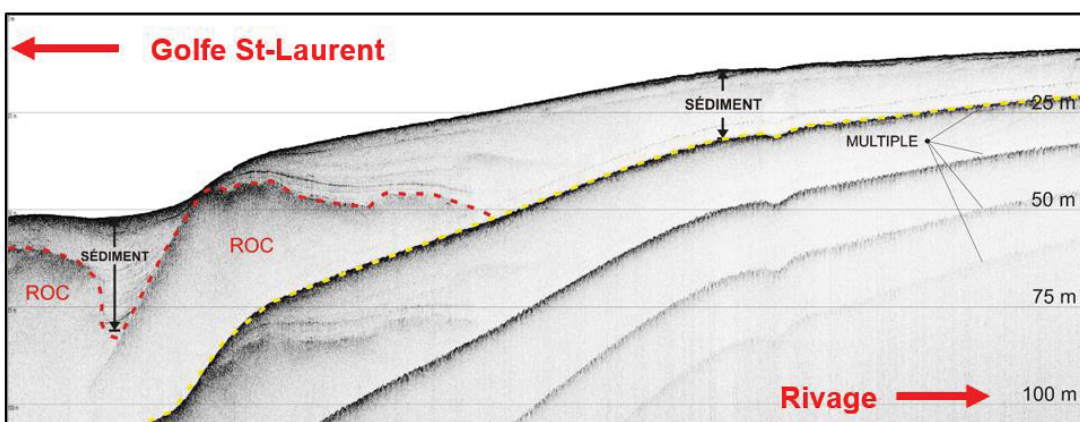


Figure 2-41 Interprétation du profil sismique T4 (longueur = 1750 m)

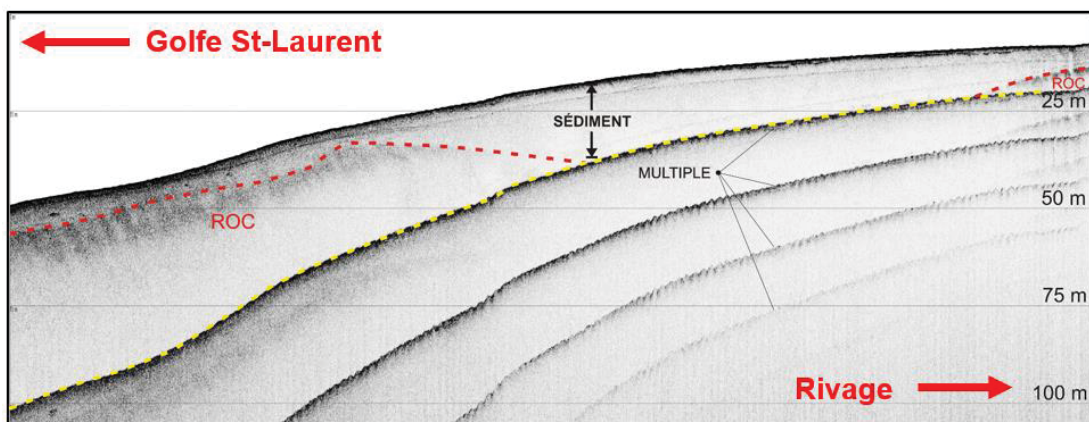


Figure 2-42 Interprétation du profil sismique T5 (longueur = 1750 m)

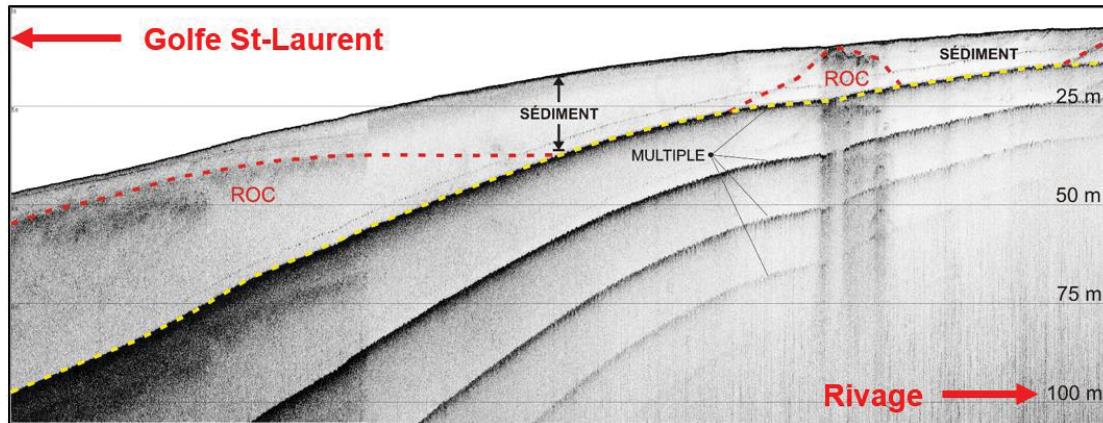


Figure 2-43 Interprétation du profil sismique T6 (longueur = 1830 m)

2.4 GÉOMORPHOLOGIE CÔTIÈRE

2.4.1 DESCRIPTION DU LITTORAL

Le système côtier du secteur de Sheldrake est formé de baies ouvertes abritant des plages, séparées par des pointes rocheuses. La dynamique littorale du site à l'étude est caractérisée par la confluence entre la rivière Sheldrake et le golfe du Saint-Laurent.

La faible amplitude des variations du niveau marin relatif depuis 8 000 ans a permis aux courants côtiers et aux vagues de remanier et de transporter les sédiments pour former des accumulations littorales (Bernatchez, 2003). À cet effet, on observe la présence d'une flèche sableuse qui correspond à une accumulation de sable s'étirant parallèlement à la côte. Dans le cas présent, celle-ci est située à l'embouchure de la rivière Sheldrake. La route 138 passe directement sur la flèche littorale qui représente une forme géomorphologique très mobile. Elle aurait été mise en place lors d'un ancien niveau marin par une dérive littorale vers l'ouest. Dans plupart des cas, les principaux processus qui façonnent le littoral sont l'action des courants, des vagues et des glaces qui induisent un transport sédimentaire le long des côtes et/ou en zone extracôtère (Normandeau et al., 2013).

Pour le système côtier de Sheldrake, la cellule hydrosédimentaire est définie à l'est par une pointe rocheuse nommée Tête de Sheldrake et à l'ouest par la pointe rocheuse tout juste à l'ouest de l'embouchure de la rivière (Figure 2-44). Les principaux types de côte sont une flèche littorale, des falaises meubles à terrasses de plage et des falaises meubles. La dérive littorale principale se fait de l'ouest vers l'est. Les sources sédimentaires de la cellule proviennent des cellules hydrosédimentaires voisines ainsi que de la rivière Sheldrake.

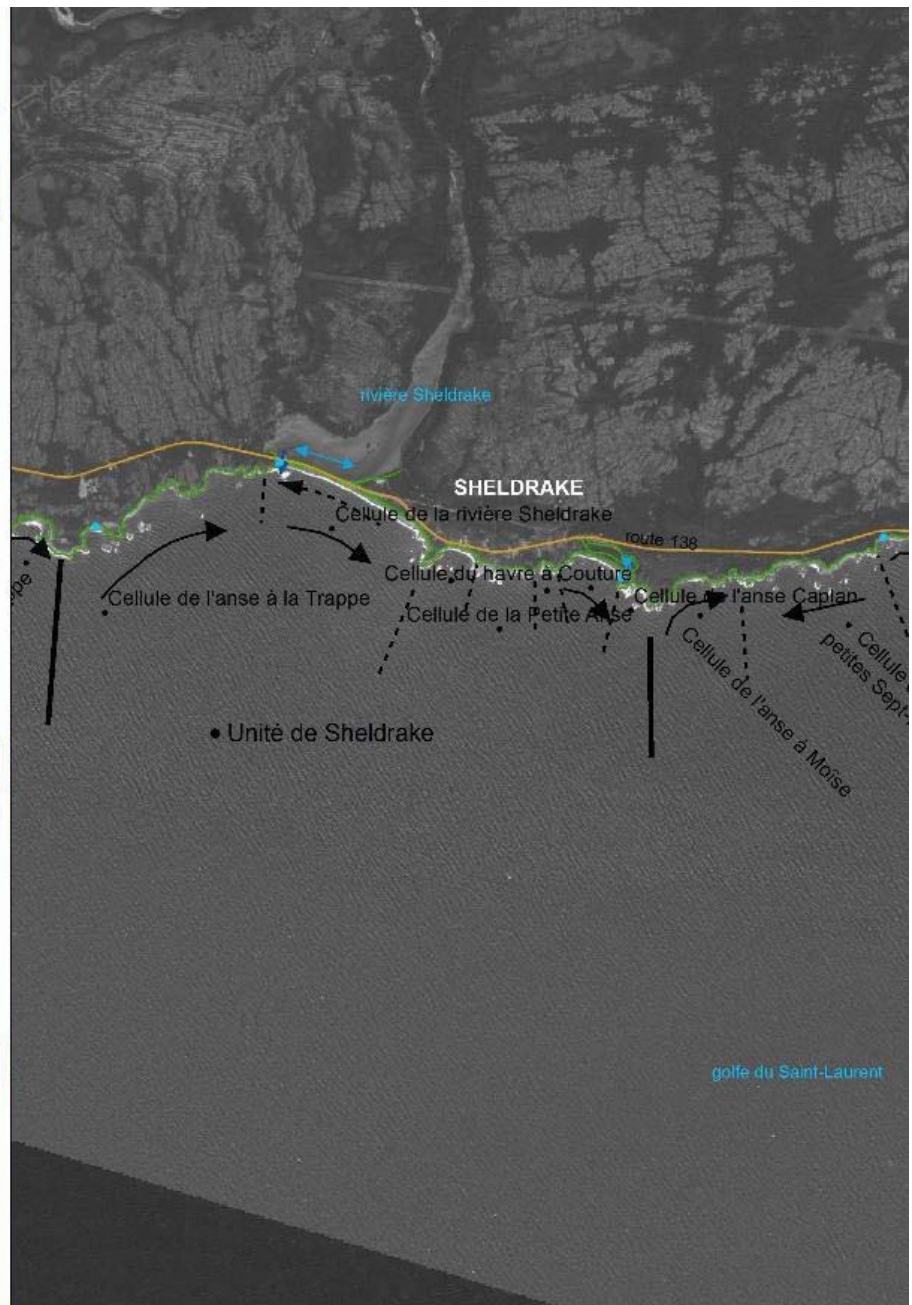
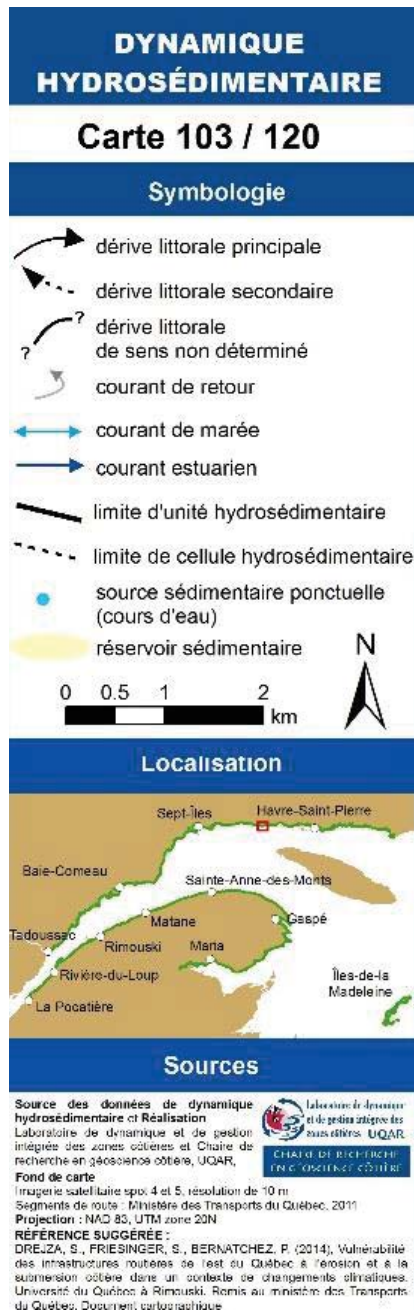


Figure 2-44 Cellule hydrosédimentaire de la rivière Sheldrake (Drejza et al., 2014)

2.4.2 ÉVOLUTION HISTORIQUE DU LITTORAL

L'analyse de l'évolution historique du littoral permet entre autres de traiter et d'évaluer le potentiel d'érosion afin de fournir des informations sur les tendances évolutives à long terme dans le but d'aider à prédire la position du littoral dans les années à venir et ainsi délimiter les limites de retrait associées. La caractérisation stéréoscopique (3D) multi-dates vise à donner un portrait global et complet du contexte géomorphologique afin de comprendre l'évolution passée et récente du littoral. Pour ce faire, il est d'abord nécessaire de comprendre les processus côtiers qui agissent sur la côte afin de mieux anticiper leur évolution future.

La présente analyse a comme objectifs de :

- Effectuer la segmentation du littoral selon les différents types de côtes;
- Procéder à la caractérisation stéréoscopique et au traçage multi-dates de la ligne de rivage et du trait de côte;
- Caractériser et quantifier les déplacements de la ligne de rivage et du trait de côte dans le temps pour le site à l'étude ;
- Déterminer les tendances évolutives en termes d'érosion ou d'accumulation.

2.4.2.1 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

Les photographies ont été choisies en tenant compte des années d'acquisition de chaque série disponible. La sélection des photographies a été effectuée de manière à couvrir la plus grande période de temps, et ce à des intervalles aussi réguliers que possible de sorte que les résultats soient les plus représentatifs et dressent le portrait le plus précis de l'évolution de la côte depuis le 28 juin 1967.

Ainsi, quatre séries de photographies aériennes et une série d'images satellitaires ont été utilisées dans le cadre de cette analyse (Tableau 2-2). Les photographies aériennes les plus anciennes utilisées (1967) sont panchromatiques et à l'échelle 1 :15 840. Trois séries de photographies panchromatiques datant de 1989, 1999 et 2005 à l'échelle 1 :15 000 ont aussi été utilisées pour conduire l'analyse multi-dates.

Ces quatre séries de photos ont été obtenues en format numérique de la Géomathèque. Les fichiers de calibration de la caméra et les rapports de vol ont été requis pour effectuer les transformations nécessaires afin de convertir les photos en un format compatible pour l'affichage stéréoscopique (3D) à l'écran (.par ou .dat). Pour effectuer la cartographie directement à l'écran, les photographies ont été affichées dans le logiciel ArcMAP. Les photos aériennes de 1967, 1989, 1999 et 2005 ont été analysées à l'aide de Purview.

Enfin, une série d'images satellites BING datant de 2013 a été utilisée afin de dresser le portrait le plus récent possible de la côte. Ces images ont été interprétées en 2D directement dans ArcMAP. Puisque la caractérisation a été réalisée en vision stéréoscopique pour les photos de 1967, 1989, 1999 et 2005 et en vision 2D pour les images de 2013, un certain nombre de points de repère ont été requis afin d'utiliser les mêmes critères d'identification associés aux critères géomorphologiques.

Tableau 2-2 Photographies aériennes utilisées pour la caractérisation stéréoscopique multi-dates

<i>Source</i>	<i>Date</i>	<i>Numéros de rouleau et des photos</i>	<i>Échelle ou Résolution</i>	<i>Émulsion</i>	<i>Type d'analyse</i>
<i>Géomathèque</i>	<i>28 juin 1967</i>	<i>Q67800-185 à 188</i>	<i>1/15 840</i>	<i>Noir et blanc</i>	<i>3D</i>
<i>Géomathèque</i>	<i>25 juin 1989</i>	<i>Q89847-057 à 058</i>	<i>1/15 000</i>	<i>Noir et blanc</i>	<i>3D</i>
<i>Géomathèque</i>	<i>15 août 1999</i>	<i>Q99310-161 à 162</i>	<i>1/15 000</i>	<i>Noir et blanc</i>	<i>3D</i>
<i>Géomathèque</i>	<i>7 juillet 2005</i>	<i>Q05202-052 à 053</i>	<i>1/20 000</i>	<i>Noir et blanc</i>	<i>3D</i>
<i>Bing</i>	<i>2013</i>	<i>N/a</i>	<i>N/a</i>	<i>Couleur</i>	<i>2D</i>

Afin d'assurer l'uniformité entre les diverses données produites, une « géodatabase » a été développée. Ce type de fichier permet de saisir, de gérer et de compiler des données de natures différentes dans un même endroit et d'assurer l'exactitude des relations spatiales. La « géodatabase » comprend les fichiers shapefile (.shp) associés au trait de côte (TC) et à la ligne de rivage (LR) pour chacune des années, ainsi qu'un fichier .shp correspondant à la segmentation côtière.

Le littoral a été segmenté en sections présentant des caractéristiques géomorphologiques homogènes. La segmentation côtière a été effectuée à partir des photographies aériennes de 2005 en utilisant la vision stéréoscopique. Un type de côte a été attribué à chacun des segments en fonction d'une liste de critères prédéfinis (Tableau 2-3). La segmentation permet d'analyser la dynamique côtière pour chaque type de côte.

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

TYPE DE CÔTE	DÉFINITION
<i>Côte rocheuse</i>	Côte rocheuse sans escarpement et qui présente une pente graduelle.
<i>Terrasse de plage</i>	Étendue de sable, de gravier ou de caillou qui s'étend le long de la côte entre les limites des hautes et basses eaux.
<i>Flèche littorale</i>	Un type de système de barrière 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.
<i>Anthropique</i>	Tout type de côte modifié ou protégé par des structures anthropiques (ex. : enrochement, quai, port, etc.).

La ligne de rivage et le trait de côte ont d'abord été clairement définis, puis tracés à partir des photographies aériennes en se basant sur des critères morphologiques dûment identifiés à l'aide de la vision stéréoscopique. Ces critères ont été rigoureusement utilisés pour effectuer l'analyse de chaque type de côte rencontré dans le secteur d'étude. 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.

La ligne de rivage est définie comme l'interface entre les écosystèmes terrestres et marins. Elle est normalement située près du niveau théorique de la haute mer, c'est-à-dire la limite supérieure du haut estran (PMSGM). En termes de dynamique, elle correspond à la limite supérieure de la zone qui est soumise au jet de rive, c'est-à-dire la limite de l'influence des vagues en conditions de marée normales. Du point de vue biogéomorphologique, la ligne de rivage constitue la limite de la végétation éparsse qui dépend de la variabilité à très court terme des processus hydrodynamiques.

Les critères d'identification géomorphologique de la ligne de rivage en fonction du type de côte sont décrits dans le Tableau 2-13. Ces indicateurs géomorphologiques sont continus et constants dans le paysage, pour tous les types de côte.

Tableau 2-4 Critères géomorphologiques utilisés pour déterminer la position de la ligne de rivage

TYPE DE CÔTE	CRITÈRE
<i>Côte rocheuse</i>	Alignement le plus bas de blocs glaciels ou de graviers/sables
<i>Terrasse de plage</i>	Pied de talus de la plus basse berme
<i>Flèche littorale</i>	Pied de talus de la plus basse berme

En ce qui concerne le trait de côte, il 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 se situe donc logiquement à une élévation supérieure à la ligne de rivage. La superficie de plage entre la ligne de rivage et le trait de côte, la plage sèche, permet un suivi optimal de l'évolution côtière, avec une plus grande confiance dans les résultats. La partie de la plage entre la ligne de rivage et le littoral représente un écosystème propre et est la partie la plus dynamique de la plage en termes d'érosion et d'accumulation.

Le trait de côte a été défini selon plusieurs éléments géomorphologiques facilement reconnaissables dans le paysage. Ces éléments varient en fonction du type de côte. Les critères utilisés pour identifier le trait de côte sont présentés dans le Tableau 2-5.

Tableau 2-5 Critères géomorphologiques utilisés pour déterminer la position du trait de côte en fonction du type de côte rencontré

TYPE DE CÔTE	CRITÈRE
<i>Côte rocheuse</i>	Limite entre le pied de la berme de tempête et le replat côté terrestre
<i>Terrasse de plage</i>	Limite entre le pied de la berme de tempête et le replat côté terrestre
<i>Flèche littorale</i>	Au niveau de la plage, derrière la flèche littorale: limite entre le pied de la berme de tempête et le replat côté terrestre

Bien que la vision stéréoscopique à l'écran offre le niveau de précision le plus optimal parmi les méthodes disponibles, la position de la ligne de rivage et du trait de côte est influencée par trois sources d'erreurs. Ces erreurs sont principalement dues à la résolution et au traitement des images qui induisent 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 :

- $\pm 0,5$ m dû à la résolution des photos ou images;
- $\pm 1,5$ m en raison du géoréférencement dont l'erreur a été minimisée en traçant à partir de la portion centrale des photographies aériennes afin de réduire les effets de distorsions;
- ± 1 m causé par l'erreur d'interprétation par le photo-interprète.

Ainsi, la somme de ces trois sources d'erreur pouvant conférer une marge d'erreur maximale théorique entre deux couvertures de photographies aériennes est de 3 m en moyenne, soit une valeur de 0,08 m/an pour la période 1967-2005. Pour l'année 2013, en raison de l'interprétation en 2D, il faut compter une marge d'erreur d'un mètre supplémentaire.

Les calculs des déplacements du trait de côte et de la ligne de rivage ont été effectués avec le logiciel Digital Shoreline Analysis System (DSAS) qui fonctionne avec ArcGIS. Toutes les données d'entrée DSAS doivent être gérées dans une géodatabase. Le logiciel permet de créer un transect à chaque 10 m, perpendiculaire aux traits de côte et aux lignes de rivage qui ont été tracées pour chacune des années et qui permet par la suite de calculer les déplacements (avancée ou recul) le long de chaque transect.

2.4.2.2 CARACTÉRISATION DE L'ÉVOLUTION HISTORIQUE

SEGMENTATION DE LA CÔTE

Trois segments homogènes ont été déterminés le long du littoral de Sheldrake (Carte 2-5, Carte 2-6 et Tableau 2-6). Les segments homogènes ont été déterminés selon le type de côte, sa forme et l'homogénéité de l'évolution côtière.

Le segment 1 est associé à une flèche littorale. Tel que mentionné précédemment, il s'agit d'une accumulation de sable qui s'attache à la côte et qui s'étire généralement parallèlement à la côte; l'extrémité est libre. Ce segment se situe dans le secteur ouest de la zone d'étude à l'embouchure de la rivière Sheldrake (Carte 2-5).

Les segments 2 et 3 sont quant à eux associés à des terrasses de plages. Le segment 2 se situe plutôt au centre du secteur à l'étude entre la zone enrochée et la zone rocheuse plus à l'est. Le segment 3 se situe quant à lui à l'extrémité est du secteur, il s'étend du premier cran rocheux jusqu'à la tête de Sheldrake.

Tableau 2-6 Longueur totale et proportion pour chaque type de côte de la cellule hydrosédimentaire de Sheldrake

<i>TYPE DE COTE</i>	<i>SEGMENT HOMOGÈNE</i>	<i>LONGUEUR TOTALE DES SEGMENTS HOMOGÈNES (m)</i>	<i>PROPORTION (%)</i>
FLÈCHE LITTORALE	1	735	41
TERRASSE DE PLAGE	2-3	1060	59

Les résultats des calculs relatifs aux déplacements de la ligne de rivage et du trait de côte sont détaillés pour chaque segment homogène, et ce pour les différentes périodes de temps analysées.

LIGNE DE RIVAGE

La ligne de rivage est définie comme l'interface entre les écosystèmes terrestres et marins. Elle est normalement située près du niveau théorique de la haute mer, c'est-à-dire la limite supérieure du haut estran (PMSGM). En termes de dynamique, elle correspond à la limite supérieure de la zone qui est soumise au jet de rive en conditions normales, c'est-à-dire la limite de l'influence des vagues en conditions de marée normales. Du point de vue biogéomorphologique, la ligne de rivage constitue la limite de la végétation éparse qui dépend de la variabilité à très court terme des processus hydrodynamiques.

Dans l'ensemble, la ligne de rivage au site de Sheldrake a reculé de 15,7 m entre 1967 et 2013 ce qui équivaut à un taux de -0,34 m/an. Ce changement s'exprime toutefois différemment selon les périodes de temps. Cependant, on observe que tous les segments homogènes évoluent sensiblement de la même manière à travers le temps (Carte 2-5 et Tableau 2-7).

Pour la période 1967-1989 (22 ans), l'anthropisation de cette zone par la construction du pont et la mise en place d'un ouvrage de protection (enrochement) ont eu pour impact de voir un certain volume de sédiments en provenance du segment homogène 1 (flèche littorale) migrer vers les segments 2 et 3 plus à l'est (terrasse de plage). On observe que la ligne de rivage a reculé de manière plus importante dans le segment 1, soit de -0,14 m/an tandis que les segments 2 et 3 ont avancé en moyenne de 0,48 m/an et de 0,05 m/an respectivement durant cette même période. Les déplacements sont plus importants dans le segment homogène 2 avec une avancée moyenne de 10,6 m en 22 ans. Ce transfert sédimentaire a suivi la dérive littorale prédominante vers l'est.

Pour la période 1989-1999, on note un recul général de tous les segments, il s'agit d'une période assez significative en termes de recul de la ligne de rivage. Les résultats indiquent des taux de recul de la ligne de rivage variant entre -0,31 m/an et -1,49 m/an pour cette période (Carte 2-5). Globalement, après avoir observé un transfert de sédiments vers l'est dans la période précédente, la ligne de rivage a reculé en moyenne de -0,83 m/an durant cette période pour l'ensemble de la zone d'étude. La présence de l'enrochement le long du segment 1 a possiblement contribué à ce déficit sédimentaire et au recul observé.

Quant à la période plus récente de 1999-2005, la ligne de rivage a reculé en moyenne de -0,19 m/an. C'est dans le segment 2 que les déplacements sont les plus importants avec un taux de recul de -0,43 m/an (Carte 2-5 et Tableau 2-7). On observe par contre les taux de recul les plus importants durant la période 2005-2013. En effet, la ligne de rivage a reculé en moyenne de -1,22 m/an durant ces 8 années. Le recul le plus important (-1,83 m/an) se situe dans le tronçon enroché du segment 1, plus précisément à l'extrémité ouest à proximité de l'embouchure de la rivière Sheldrake.

Tableau 2-7 Déplacement net (m) et taux de recul (m/an) de la ligne de rivage par segments homogènes pour le site de Sheldrake

Segment homogène	Période									
	1967-1989		1989-1999		1999-2005		2005-2013		Total (1967-2013)	
	(m)	(m/an)	(m)	(m/an)	(m)	(m/an)	(m)	(m/an)	(m)	(m/an)
1	-3,0	-0,14	-3,1	-0,31	-0,4	-0,06	-14,7	-1,83	-21,1	-0,46
2	10,6	0,48	-12,4	-1,24	-2,6	-0,43	-6,2	-0,77	-10,5	-0,23
3	1,2	0,05	-14,9	-1,49	1,9	0,32	-1,6	-0,20	-13,3	-0,29
Moyenne	3,48	0,16	-8,26	-0,83	-1,17	-0,19	-9,74	-1,22	-15,69	-0,34

Un nombre négatif correspond à un recul de la ligne de rivage

TRAIT DE CÔTE

En ce qui concerne le trait de côte, il 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 se situe donc logiquement à une élévation supérieure à la ligne de rivage. La superficie de plage entre la ligne de rivage et le trait de côte, la berme de plage ou plage sèche, permet un suivi optimal de l'évolution côtière, avec une plus grande confiance dans les résultats. La partie de la plage entre la ligne de rivage et le littoral représente un écosystème propre et est la partie la plus dynamique de la plage en termes d'érosion et d'accumulation.

Pour le trait de côte, les résultats montrent que celui-ci n'a pas connu une érosion aussi importante que la ligne de rivage. En effet, le trait de côte a en moyenne reculé de 3,8 m en 46 ans pour les trois segments analysés, ce qui fait un taux de recul de -0,1 m/an entre 1967 et 2013 (Carte 2-6 et Tableau 2-8).

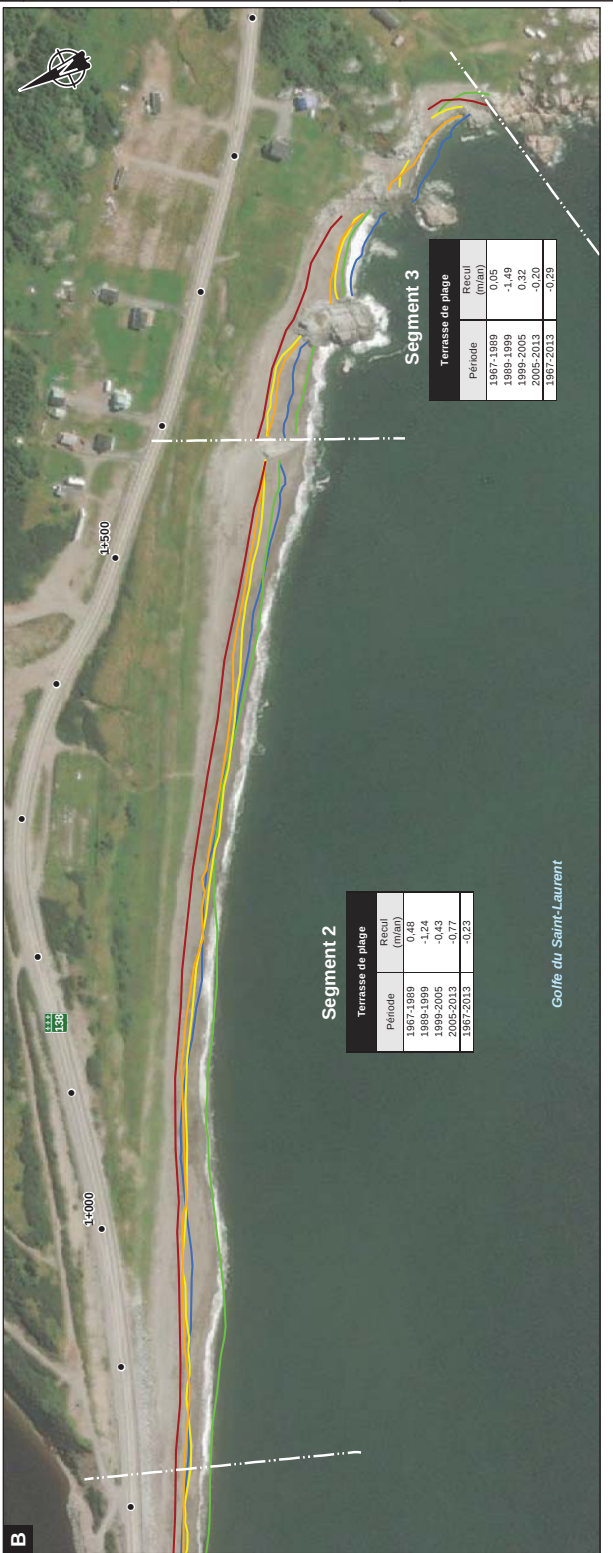
Pour la période 1967-1989, les résultats montrent que le trait de côte a reculé dans tous les segments homogènes, soit de -0,14 m/an et de -0,27 m/an pour les segments 2 et 3 respectivement. Le segment 1 a quant à lui reculé à un taux de -0,05 m/an, ce qui est inférieur à la marge d'erreur. Pour la période 1989-1999, le trait de côte recule également dans les segments 1 et 2 (-0,24 m/an et -0,18 m/an), mais avance dans le segment 3 (0,37 m/an). Globalement on note des taux de recul relativement faibles de -0,2 m/an pour la période 1989-1999.

C'est pour la période 1999-2005 que les taux de recul sont les plus importants avec un total moyen de -2,1 m et un taux moyen de -0,4 m/an. Les taux de recul les plus importants se trouvent dans le segment 3 (-1,16 m/an). Entre 2005 et 2013, les résultats montrent que le trait de côte a avancé en moyenne de 0,4m/an. Pour cette période récente, tous les segments montrent une avancée, la plus importante se trouve dans le segment 3 avec un taux de 0,63 m/an.

Tableau 2-8 Déplacement net (m) et taux de recul (m/an) du trait de côte par segments homogènes pour le site de Sheldrake

Segment homogène	Période									
	1967-1989		1989-1999		1999-2005		2005-2013		Total (1967-2013)	
	(m)	(m/an)	(m)	(m/an)	(m)	(m/an)	(m)	(m/an)	(m)	(m/an)
1	-1,0	-0,05	-2,4	-0,24	-1,5	-0,26	3,0	0,37	-2,0	-0,04
2	-3,0	-0,14	-3,5	-0,18	-1,4	-0,23	2,2	0,27	-5,6	-0,12
3	-5,9	-0,27	3,7	0,37	-7,0	-1,16	5,0	0,63	-4,2	-0,09
Moyenne	-2,5	-0,1	-2,1	-0,2	-2,1	-0,4	2,9	0,4	-3,8	-0,1

Un nombre négatif correspond à un recul du trait de côte



Caractérisation de la rive par année

1967 1989 1999 2005 2013

Rive —

1+000

Changement

Segment homogène

Transports Québec Direction générale de la Côte-Nord

Analyse de solutions à l'érosion et à la submersion côtière dans la
fleche de Sheldrake dans la municipalité de Rivière-au-Tonnerre.
Description du milieu physique, biologique et humain

Carte 2-5
**Déplacement de la ligne de rivage entre 1967
et 2013 dans le secteur de Sheldrake**

Sources :
Bing Maps, 2020

0 35 70 m

MTN, Niveau S. M083

Avril 2019

wsp

Préparation : G. J. Turcotte
Approbation : N. Gauthier
Fichier : 181_09013_00_AS_c2_1g_rivage_wspq_190426.mxd

2.4.2.3 COMPARAISON AVEC LES DONNÉES DE L'UQAR

L'université du Québec à Rimouski enregistre depuis plusieurs années, des taux de recul le long du littoral de la Côte-Nord et plusieurs stations de mesure se situent dans le secteur de Sheldrake. Les taux de recul historiques présentés ici-haut pour la ligne de rivage ont donc été comparés à ceux récemment mesurés par l'UQAR entre 2001 et 2017. Seules les données des stations de mesure localisées dans le secteur à l'étude ont été prises en compte pour fins de comparaison.

Le Tableau 2-9 montre les différentes stations de mesure utilisées pour calculer les taux d'érosion récents pour le secteur de Sheldrake. En tout, 8 stations de mesure se trouvent dans le secteur d'étude. On dénombre 2 stations sur la flèche littorale et 6 stations sur les terrasses de plage à l'est de celle-ci. L'érosion semble être plus importante sur la flèche littorale (taux moyen de -1,13 m/an) que sur les terrasses de plage plus à l'est (taux moyen de -0,35 m/an), phénomène qu'on observe aussi avec l'analyse historique présentée dans la section précédente.

Tableau 2-9 Principales caractéristiques des stations de mesure de l'UQAR par rapport au segments homogènes

<i>Nom de la station</i>	<i>Type de côte</i>	<i>Segment associé</i>	<i>Installation</i>	<i>Dernière lecture</i>	<i>Taux moyen déplacement</i>
STN_06292	Flèche littorale	1	2011	2017	-0,32
STN_06293	Flèche littorale	1	2009	2017	-1,93
STN_06290	Terrasse de plage	2	2001	2017	-0,01
STN_13433	Terrasse de plage	2	2017	2017	-1,4
STN_06287	Terrasse de plage	3	2001	2017	-0,02
STN_06288	Terrasse de plage	3	2001	2001	-1,15
STN_06289	Terrasse de plage	3	2001	2017	-0,03
STN_13434	Terrasse de plage	3	2017	2017	0,5

Un nombre négatif correspond à un recul de la côte

Plus spécifiquement, au niveau du segment 1 (flèche littorale), nos analyses révèlent un recul moyen de -1,83 m/an pour la ligne de rivage dans la période plus récente de 2005 à 2013. Les données de l'UQAR entre 2009 et 2017 montrent un taux de recul moyen de -1,13 m/an. Il s'agit d'un recul légèrement moindre, mais dans le même ordre de grandeur.

Le segment homogène 2 (terrasses de plage) présente quant à lui un recul de -0,77 m/an entre 2005 et 2013 tandis que les données de l'UQAR pour la période 2001-2017 montrent un recul de -0,71 m/an. Les deux taux sont très similaires, ce qui corrobore l'analyse par photo-interprétation.

Finalement, le segment 3 (terrasse de plage) a connu un recul de -0,2 m/an durant la période 2005-2013 sur la base de l'analyse par photo-interprétation et un recul de -0,18 m/an entre 2001 et 2017 selon les données de l'UQAR, soit des valeurs encore une fois dans le même ordre de grandeur.

Il faut cependant garder en tête que s'agissant de stations fixes, les mesures de l'UQAR sont ponctuelles et doivent donc être interprétées comme tel, ne représentant pas nécessairement l'évolution pour l'ensemble du rivage. Cependant, on voit que les déplacements de la côte entre

la dernière période d'analyses historique par photo-interprétation (2005-2013) et les stations de mesure de l'UQAR (2001-2017) sont très similaires et corroborent les résultats présentés pour l'ensemble des segments homogènes.

2.4.3 ANALYSE MORPHOLOGIQUE DES PROFILS DE PLAGE ET GRANULOMÉTRIE DES SÉDIMENTS

2.4.3.1 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

PROFIL DE PLAGE

Les données topographiques récoltées à l'aide d'un GPS-RTK durant la campagne de relevés de septembre 2018, ainsi que les observations effectuées ont été colligées pour 7 profils de plage situés dans le secteur à l'étude. Les profils numérotés 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7 sont illustrés sur la Carte 2-7. Les profils de plage ont été créés grâce au logiciel RMAP qui permet d'afficher les données récoltées de manière graphique. Le littoral de Sheldrake a été divisé en quatre niveaux d'élévation :

1. La haute plage se situe entre le niveau de la pleine mer supérieure des grandes marées (PMSGM, ÉI. 1,3 m) et le trait de côte, soit la zone de battement de la houle lors des tempêtes.
2. Le haut estran, compris entre le niveau moyen de la mer (ÉI. -0,1 m) et la PMSGM (ÉI. 1,3 m). Le haut estran est la zone qui subit le jet de rive provoquant un épisode de sédimentation pendant la période estivale (vagues constructives) et un épisode de lessivage (érosion) durant les périodes automnale et hivernale (vagues destructives).
3. Le bas estran, situé sous le niveau moyen de la mer (ÉI. -0,1 m) et au-dessus de la basse mer inférieure de marée moyenne (BMIMM, ÉI. -0,9 m). Le bas estran constitue la zone qui accueille les sédiments érodés du haut estran et sur laquelle les vagues déferlent. Les principales formes identifiées sur le bas estran sont les barres intertidales.
4. La zone d'avant-plage, située sous la BMIMM (ÉI. -0,9 m) et au-dessus de la basse marée inférieure des grandes marées (BMIGM, ÉI. -1,3 m). Cette dernière constitue la zone de déferlement des vagues et c'est à cet endroit que se forment et migrent les barres d'avant-côte.

GRANULOMÉTRIE

Le prélèvement d'échantillons pour fins d'analyses granulométriques a été réalisé à une faible profondeur (<0,15 m) sous la surface de la plage durant les relevés de septembre 2018. Les analyses granulométriques ont été réalisées à l'aide du logiciel *Gradistat* (Blott et Pye, 2001).

À la suite de l'échantillonnage, un tri des classes granulométriques grossières (> 16 mm) a été effectué au laboratoire de sédimentologie de WSP à Québec. Le tri a été effectué selon les classes granulométriques suivantes : ≥ 128 mm, 90 à < 128 mm, 64 à < 90 mm, 45 à < 64 mm, 32 à < 45 mm, 16 à < 32 mm et < 16 mm, selon un gabarit métallique. Toutes ces fractions granulométriques ont été pesées et compilées. Toutes les fractions granulométriques < 16 mm de tous les échantillons ont été séchées à l'étuve, puis sous-échantillonnées pour tamisage au laboratoire. Les sous-échantillons ont été tamisés selon les classes suivantes : ≥ 8 mm, 4 à

< 8 mm, 2 à < 4 mm, 1 à < 2 mm, 0,5 à < 1 mm, 0,25 à < 0,5 mm, 0,125 à < 0,25 mm, 0,063 à < 0,125 mm et < 0,063 mm. Cette procédure permet ainsi une comparaison des résultats optimale. Les classes granulométriques utilisées dans ce rapport (Tableau 2-10) font référence à la classification de Wentworth (1922).

Tableau 2-10 Classification granulométrique (modifiée d'après Wentworth, 1922)

TAILLE (MM)	CLASSE GRANULOMÉTRIQUE
≥ 256	Bloc
64 - < 256	Galet
16 - < 64	Caillou
2 - < 16	Gravier
1 - < 2	Sable très grossier
0,500 - < 1	Sable grossier
0,250 - < 0,500	Sable moyen
0,125 - < 0,250	Sable fin
0,063 - < 0,125	Sable très fin
0,031 - < 0,063	Silt grossier
0,015 - < 0,031	Silt moyen
0,008 - < 0,015	Silt fin
0,002 - < 0,008	Silt très fin
<0,002	Argile

2.4.3.2 CARACTÉRISATION DE LA MORPHOLOGIE DES PLAGES

Les profils transversaux de la plage de Sheldrake, (Carte 2-7 et Figure 2-45), se situent de l'ouest à l'est entre l'exutoire de la rivière Sheldrake et la tête de Sheldrake (pointe rocheuse). De manière générale, la morphologie de la plage est plutôt rectiligne tandis que le profil de la zone intertidale est plus accidenté avec des barres d'avant-plage.

De façon plus spécifique, les profils 1, 2, 3 et 4 sont localisés à l'ouest, sur la flèche. Les quatre profils sont similaires. Ils ont tous une pente relativement prononcée (~1V :9H) de la haute-plage jusqu'à la zone d'avant-plage. Ils ont des barres d'avant-plage localisées entre 100 et 250 mètres du rivage et par la suite, leurs pentes s'adoucissent vers le large. Les profils 2 et 3 situés au centre de la flèche, demeurent les plus bas en élévation et légèrement plus concaves que les autres. Cette configuration réduit quelque peu la protection contre l'assaut des vagues au centre de la flèche. Les profils 1 et 4 localisés aussi sur la flèche présentent des élévations plus élevées que les profils 2 et 3.

Les profils 5, 6 et 7, quant à eux, sont situés dans la zone de terrasse de plage, à l'est de la zone d'étude. Ils ont une élévation supérieure aux quatre autres profils, ce qui confirme en quelque sorte un transit sédimentaire principal vers l'est et qui procure aussi une meilleure protection contre l'assaut des vagues. En ce sens, les observations terrains et les taux de recul confirment aussi que ce secteur demeure moins vulnérable à l'érosion et à la submersion, malgré que l'énergie des vagues venant du large demeure très similaire aux conditions devant la flèche (profils 1 à 4). Enfin, les profils 5, 6 et 7 sont aussi dotés de barres d'avant-plage, mais celles-ci sont situées plus au large (entre 300 et 400 mètres au large) que les profils situés plus à l'ouest. Tout comme les profils situés sur la flèche, leurs pentes s'adoucissent plus au large.

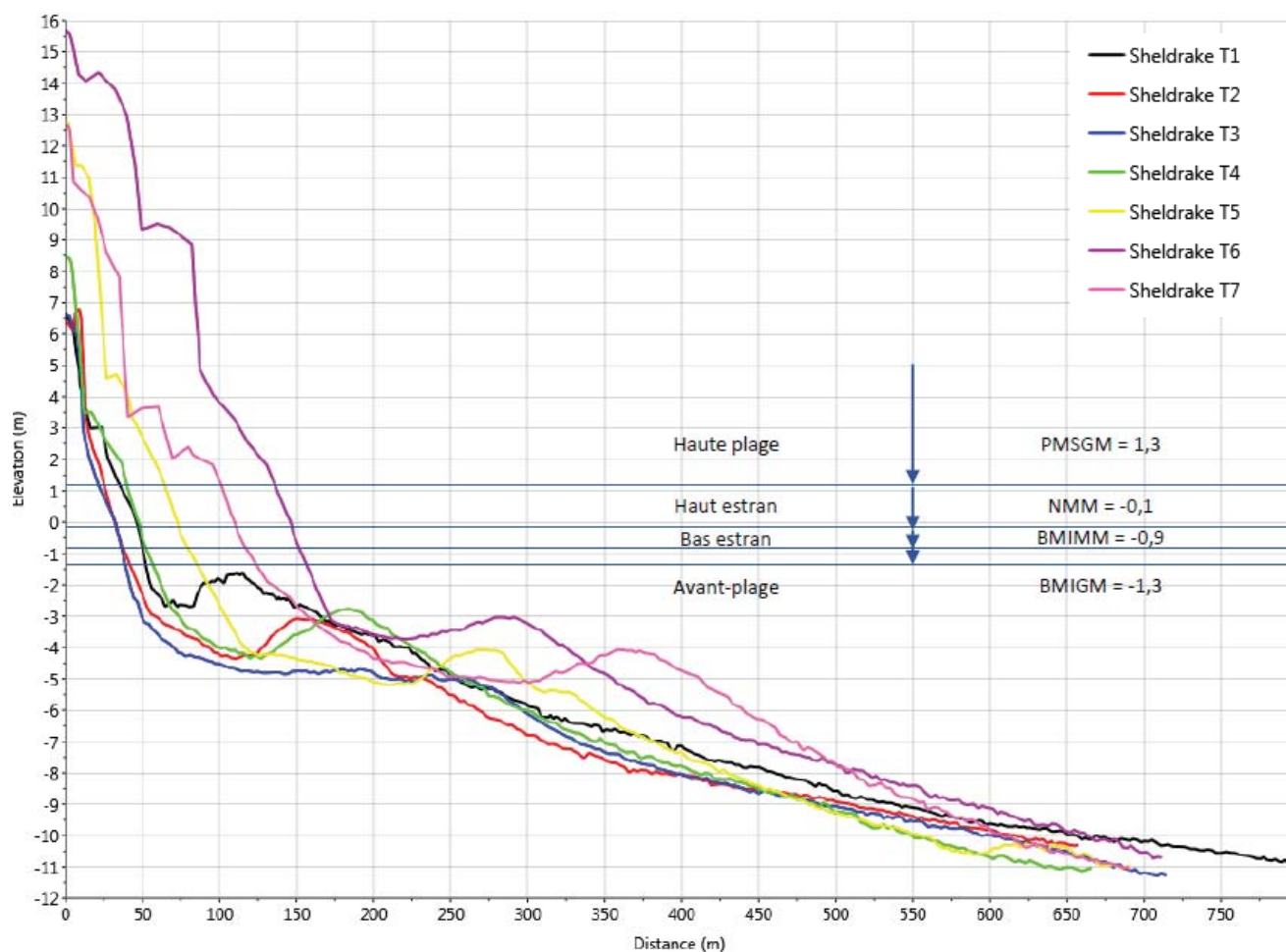
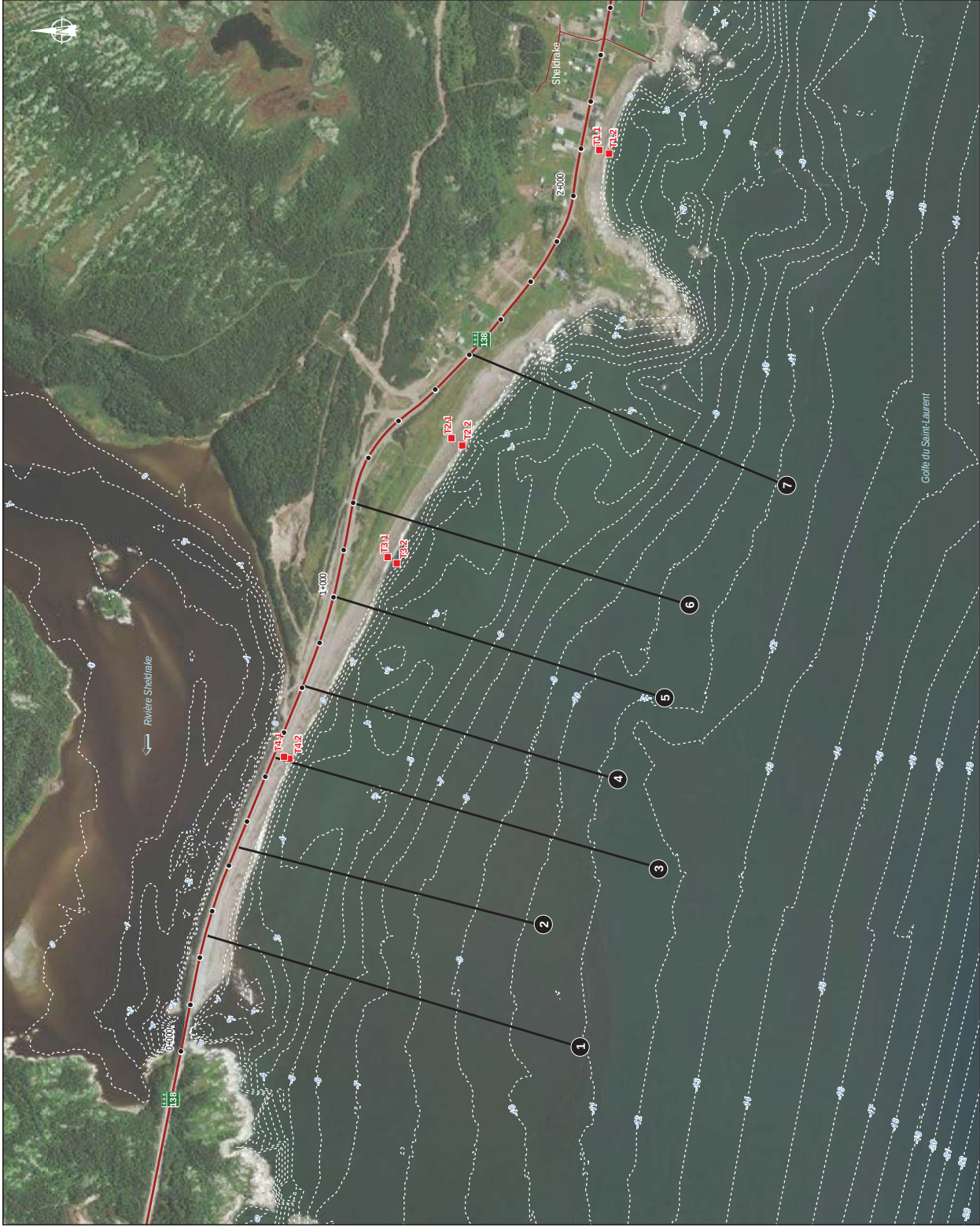
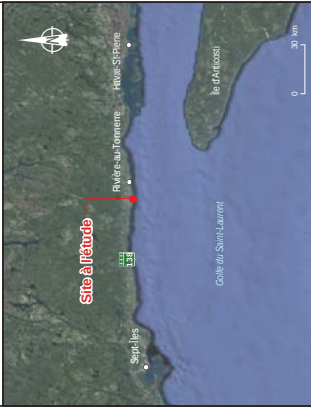


Figure 2-45 Profil transversal de la terrasse de plage située à Sheldrake



- 1:000
- Chânage
- Échantillon de granulométrie
- Profil de plage
- Courbe bathymétrique (m)
- Infrastructures
- Route principale



Transports Québec Direction générale de la Côte-Nord

Analyse de solutions à l'érosion et à la submersion côtière dans la
fleche de Sheldrake dans la municipalité de Rivière-au-Tonnerre.
Description du milieu physique, biologique et humain

Carte 2-7
Localisation des profils de plage, des
échantillons granulométriques et
bathymétrie du secteur

Sources :
Aptitude - réseau routier, MERN, 2018
Aptitude - réseau routier, MERN, 2018
Côte-Nord - MTO
Région bathymétrique, WSP, septembre 2018

0 80 160 m

MTN, feuille 5, M083

Avril 2019

Préparation : G. J. Turcotte
Approbation : N. Gauthier
181_09013_00_AS_c2_4_bathy_wspq_190426.mxd



2.4.3.3 GRANULOMÉTRIE DES SÉDIMENTS

Le Tableau 2-11 présente les faits saillants de l'échantillonnage des sédiments du secteur de Sheldrake. Un total de 8 analyses granulométriques (ainsi qu'un duplicata) ont été réalisées (Carte 2-7).

Tableau 2-11 Analyse granulométrique du rivage de Sheldrake

PARAMÈTRE	ÉCHANTILLON								
	T 1.1	T 1.2	T 2.1	T 2.2	T 3.1	T 3.2	T 4.1	T 4.2	T 3.1 DUP
D₁₀	279,3	346,8	372,0	1107,8	388,9	605,5	383,0	553,4	376,1
D₅₀	665,2	1688,4	986,0	1726,7	788,1	2204,1	767,3	1186,0	773,3
D₉₀	1767,2	10417,5	4178,8	8774,3	1617,5	11882,0	1625,4	6130,3	1610,7

Les résultats des analyses granulométriques montrent que la majorité des sédiments prélevés à Sheldrake sont composés de sable (Tableau 2-11). Les échantillons prélevés aux stations T 1.1, T 2.1, T 3.1 et T 4.1 correspondant au haut de la plage ont des distributions similaires (Figure 2-46 a). On peut voir que leur distribution est uni-modale, relativement bien triée et presque entièrement composés de sable. Leur distribution graphique est leptokurtique (étroite). Les échantillons prélevés sur le haut de plage sont plus spécifiquement des sables-graveleux. En effet, leur pourcentage de sable dans chaque échantillon est supérieur à 75 %. On constate que leur D₅₀ (médiane) est inférieur à 1000 µm (1 mm).

En ce qui concerne les échantillons T1.2, T2.2, T3.2 et T4.2, prélevés au bas de la plage, on constate qu'ils sont moins bien triés, leur distribution est plus platikurtique (plus aplatie) que celle des échantillons situés sur le haut de plage (Figure 2-46 b). Ces échantillons sont plus grossiers, ils sont plus spécifiquement des graviers-sableux. On constate que leur distribution n'est pas complètement uni-modale.

En somme, une tendance est perceptible au niveau de la granulométrie des échantillons prélevés dans le secteur de Sheldrake. En effet, on observe un grano-classement entre le haut et le bas de la plage, on observe des particules plus fines (sable-graveleux) sur le haut de la plage et des particules plus grossières sur le bas de la plage (gravier-sableux). Cette distribution des sédiments pourrait être le résultat d'un triage par les vagues, l'énergie étant plus faible sur le haut de la plage que sur le bas. Ce faisant, de plus petites particules nécessitant moins d'énergie pour se déplacer montent plus haut sur la rive.

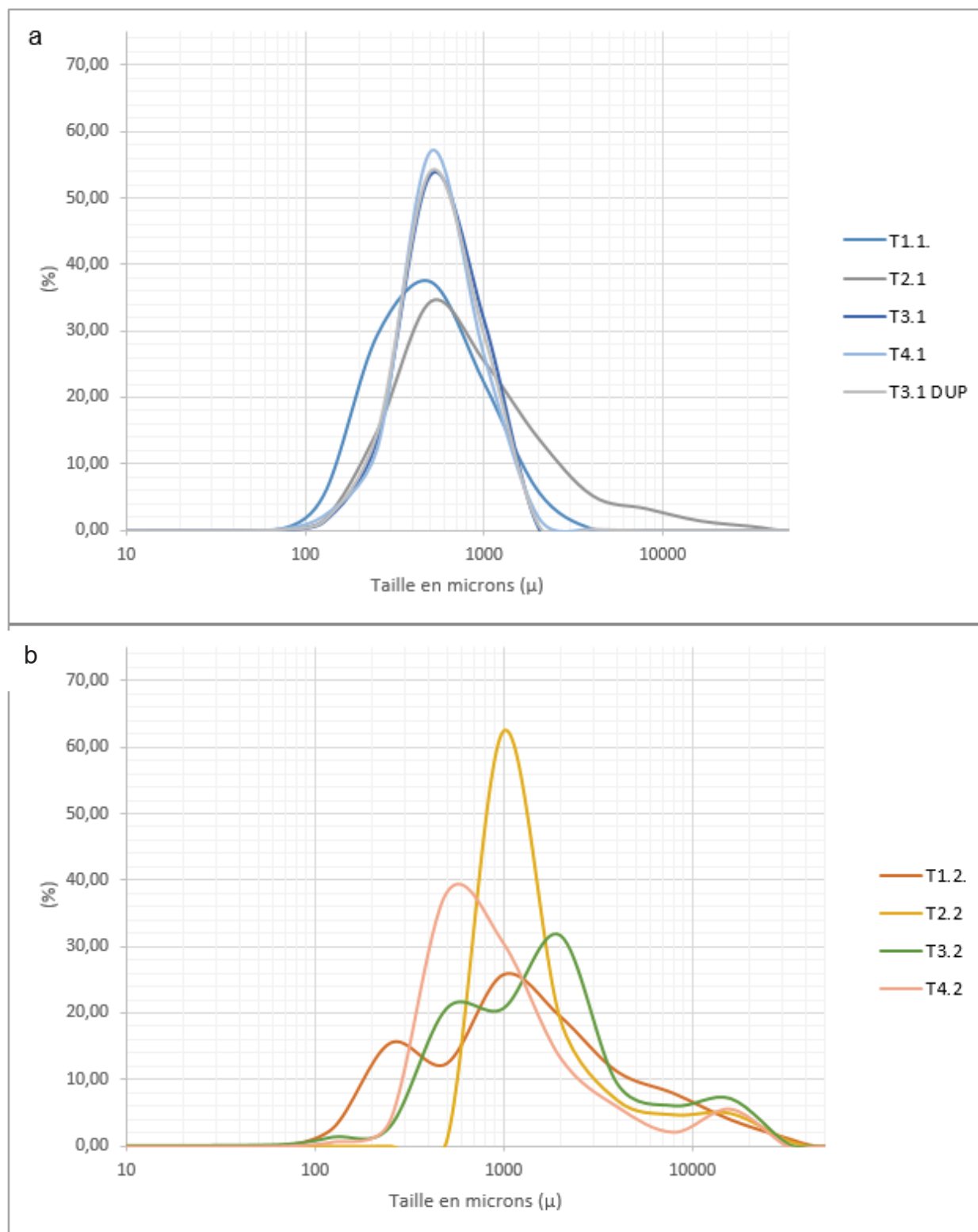


Figure 2-46 Pourcentage par classe granulométrique des échantillons prélevés sur le rivage de Sheldrake; a) haut de la plage b) bas de la plage

2.4.4 SYNTHÈSE DE LA DYNAMIQUE HYDROSÉDIMENTAIRE

La flèche sableuse s'est formée à l'époque dans des conditions hydrodynamiques bien différentes comme en témoigne son orientation qui confirme que la dérive littorale principale était plutôt orientée vers l'ouest. Elle a perduré dans le temps et s'est adaptée aux nouvelles conditions hydro-sédimentaires, mais lorsqu'elle a été enrochée pour la protection de la route et du pont autour de 1975 (Figure 2-1), elle a en quelque sorte perdu sa liberté de mouvement et l'équilibre qui prévalait avant la construction. La dérive littorale principale se fait dorénavant de l'ouest vers l'est. Les sources sédimentaires de la cellule proviennent des cellules hydrosédimentaires voisines ainsi que de la rivière Sheldrake.

Plus récemment depuis les années 1970, une érosion constante est constatée et les faibles apports sédimentaires à la cellule hydrosédimentaire, exacerbée par la présence de l'enrochement n'ont pas permis de recharger et stabiliser la flèche littorale, ainsi que les terrasses de plages adjacentes. Ceci confirme donc que la cellule hydro-sédimentaire est en déficit depuis plusieurs années.

Au site de Sheldrake, l'analyse par photo-interprétation a démontré que la ligne de rivage et le trait de côte sont en recul dans tous les segments homogènes (1 à 3) lorsqu'on porte l'analyse sur la période complète 1967-2013. Par contre, selon les périodes analysées, l'évolution du littoral varie dans le temps avec des taux de déplacement plus importants pour la période récente 2005-2013. On observe par ailleurs que le trait de côte évolue différemment de la ligne de rivage. En effet, la ligne de rivage présente un recul constant depuis 1967 à l'exception du segment 3 où des petites avancées ont été observées historiquement. Quant au trait de côte, celui-ci est soumis à l'énergie des vagues uniquement en période de tempêtes et donc de façon moins fréquente, ce qui résulte en des déplacements moins significatifs. Les analyses révèlent que ces déplacements du trait de côte présentent la plupart du temps un recul (érosion), mais que des avancées (sédimentation) ont aussi été observées plus récemment (2005-2013), principalement au niveau du segment 3 situé plus à l'est et où les sédiments sont graduellement transportés en raison de la dérive sédimentaire.

La plus forte érosion est observée au niveau de la ligne de rivage longeant la flèche littorale (segment 1) et ce, principalement pour la période récente 2005-2013 (~15m). La plus faible élévation des profils de plage qui longent l'enrochement dans ce secteur (T2, T3) semble en partie expliquer ce recul plus prononcé en raison de l'impact plus significatif des vagues. Ceci est d'ailleurs corroborer avec les dommages observés et interventions réalisées au cours des dernières années dans ce tronçon de la flèche.

La comparaison de l'évolution du littoral sur la base des bornes d'érosion de l'UQAR a permis de confirmer que les taux d'érosion mesurés sont très similaires à ceux déterminés par l'analyse historique par photo-interprétation. On note aussi avec les données de l'UQAR que l'érosion est plus importante sur la flèche littorale que sur les zones de terrasses de plage situées plus à l'est de la zone d'étude, ce qui est aussi observé avec l'analyse par photo-interprétation.

Finalement, en ce qui concerne les profils de plage, leur forte pente témoigne d'un environnement très dynamique où l'énergie des vagues est significative. Les sédiments n'ont pas la possibilité de s'accumuler, entre autres en raison de l'artificialisation de la flèche, et le déficit sédimentaire observé au niveau de la cellule de Sheldrake résulte en une érosion constante depuis plusieurs années.

2.5 GÉOMORPHOLOGIE MARINE

2.5.1 BATHYMÉRIE

2.5.1.1 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

La couverture bathymétrique du secteur d'étude de Sheldrake couvre autant la zone côtière du côté sud de la flèche que l'estuaire de la rivière Sheldrake situé au nord de la route 138 (Carte 2-7 et Figure 2-47). Les relevés bathymétriques visent à faire une description de la morphologie de la plateforme côtière, à déterminer la profondeur, et à appréhender les différents processus côtiers tels que des signes d'instabilités, des chenaux entaillés et des cicatrices ou dépôts de glissements.

La bathymétrie le long du littoral de Sheldrake a été déterminée lors du relevé terrain réalisé en septembre 2018. Puisque la profondeur d'eau était suffisante pour naviguer sur l'ensemble de la zone d'intérêt, les données bathymétriques ont été acquises par bateau à l'aide d'un échosondeur mono-faisceau.

2.5.1.2 RÉSULTATS

Tel que mentionné précédemment, le système côtier de Sheldrake est essentiellement composé d'une flèche littorale, ainsi que d'une terrasse de plage. À marée basse, le secteur se caractérise par un fond marin relativement peu accidenté. La carte bathymétrique ne permet pas d'observer de signes d'instabilité ou des cicatrices de glissements de terrain au niveau du fond marin.

Du côté sud de la flèche, on constate que la bathymétrie devient rapidement assez profonde. Par la suite, la pente se stabilise pour être plus douce. Les isobathes deviennent rapidement parallèles à la rive, aux alentours de 5 m de profondeur. Plus au large, le fond marin de nature sableuse a un relief très plat et une pente faible (Carte 2-7 et Figure 2-47). On voit la profondeur augmenter graduellement pour atteindre les 20 m.

À l'embouchure de la rivière Sheldrake sous le pont Touzel, il est possible d'observer un chenal plus profond et la présence d'un seuil. En effet, les profondeurs remontent par la suite légèrement de part et d'autre du pont. Cela peut être attribué aux courants de marée et courants fluviaux qui s'engouffrent dans l'embouchure de la rivière et qui remobilisent des sédiments en raison des vitesses plus élevées dans cette section d'écoulement restreinte. Enfin, en amont de l'embouchure et du côté nord de la flèche, on dénote que le chenal principal de la rivière demeure en rive gauche et longe la flèche. La présence de bancs de sable est bien visible et les profondeurs demeurent relativement faibles (1 à 4 m).

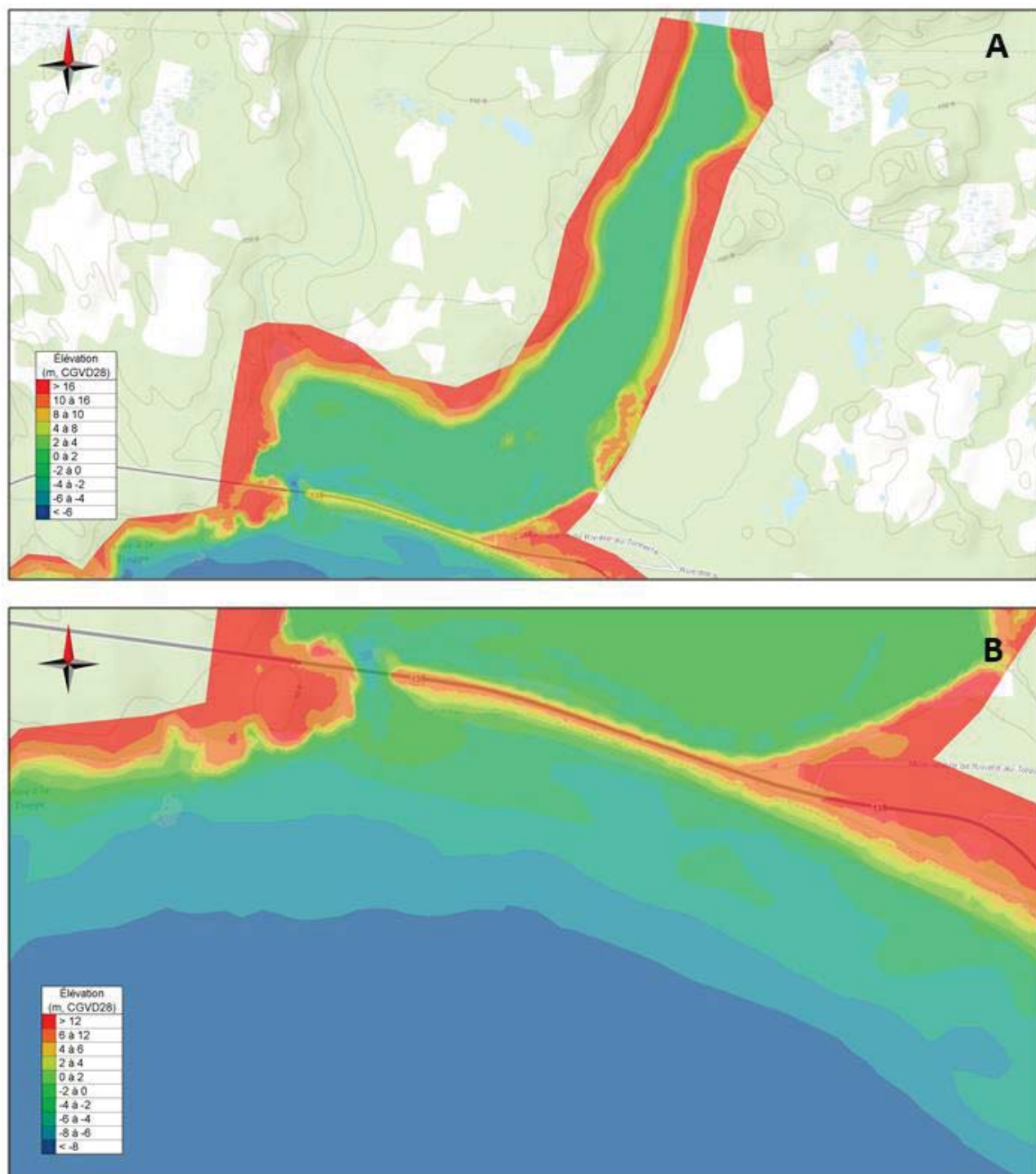


Figure 2-47 Carte bathymétrique du secteur de Sheldrake : A) Estuaire de la rivière Sheldrake, B) Zone côtière au sud de la flèche de Sheldrake

2.6 HYDROLOGIE ET HYDRAULIQUE DE LA RIVIÈRE SHEDRAKE

La rivière Sheldrake coule en direction sud sur 106 km avant de se jeter dans le golfe du Saint-Laurent, à la hauteur de la municipalité de Rivière-au-Tonnerre. L'aire du bassin versant (Figure 2-48) en amont du pont Touzel est d'environ 1 181 km² (CEHQ, 2007).

La centrale hydroélectrique de la Courbe-du-Sault est localisée à environ 6 km en amont. Cette dernière n'influence pas le régime hydraulique naturel du tronçon aval de la rivière, puisqu'il s'agit d'une centrale au fil de l'eau, mais coupe tout de même une partie des apports sédimentaires provenant de l'amont (BAPE, 2009). Il y a un seul tributaire d'importance dans le bief aval de la rivière Sheldrake, soit la rivière d'Épinettes, qui draine les lacs de la Passe et Touzel (Figure 2-48). Ailleurs, les tributaires sont mineurs et alimentés en bonne partie par des tourbières limitrophes.

Dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement réalisée pour l'aménagement de la centrale hydroélectrique de la Courbe-du-Sault (Alliance Environnement, 2008), différentes analyses hydrologiques ont été réalisées et la courbe classée de débits journaliers au droit de la centrale, ainsi que les débits de crues (CEHQ, 2007) à l'embouchure de la rivière ont été documentés. Ceux-ci sont présentés sur la Figure 2-49 et Figure 2-50 respectivement. On remarque en fait que le débit est 50 % du temps plus faible qu'environ 15 m³/s, alors qu'il peut atteindre environ 400 m³/s pour une crue de récurrence 20 ans.

Enfin, durant la campagne de terrain de septembre 2018, des vitesses d'écoulement ont été mesurées dans le secteur amont de l'estuaire de la rivière Sheldrake. Au cours de cette visite, le jaugeage du débit (zone non-influencée par la marée) indiquait une valeur de 19,5 m³/s et les vitesses de courant associées étaient de l'ordre de 0,75 m/s dans les secteurs de plus forts courants. Il est à noter que ces vitesses augmentent possiblement autour de 1,5 m/s en période de crue.

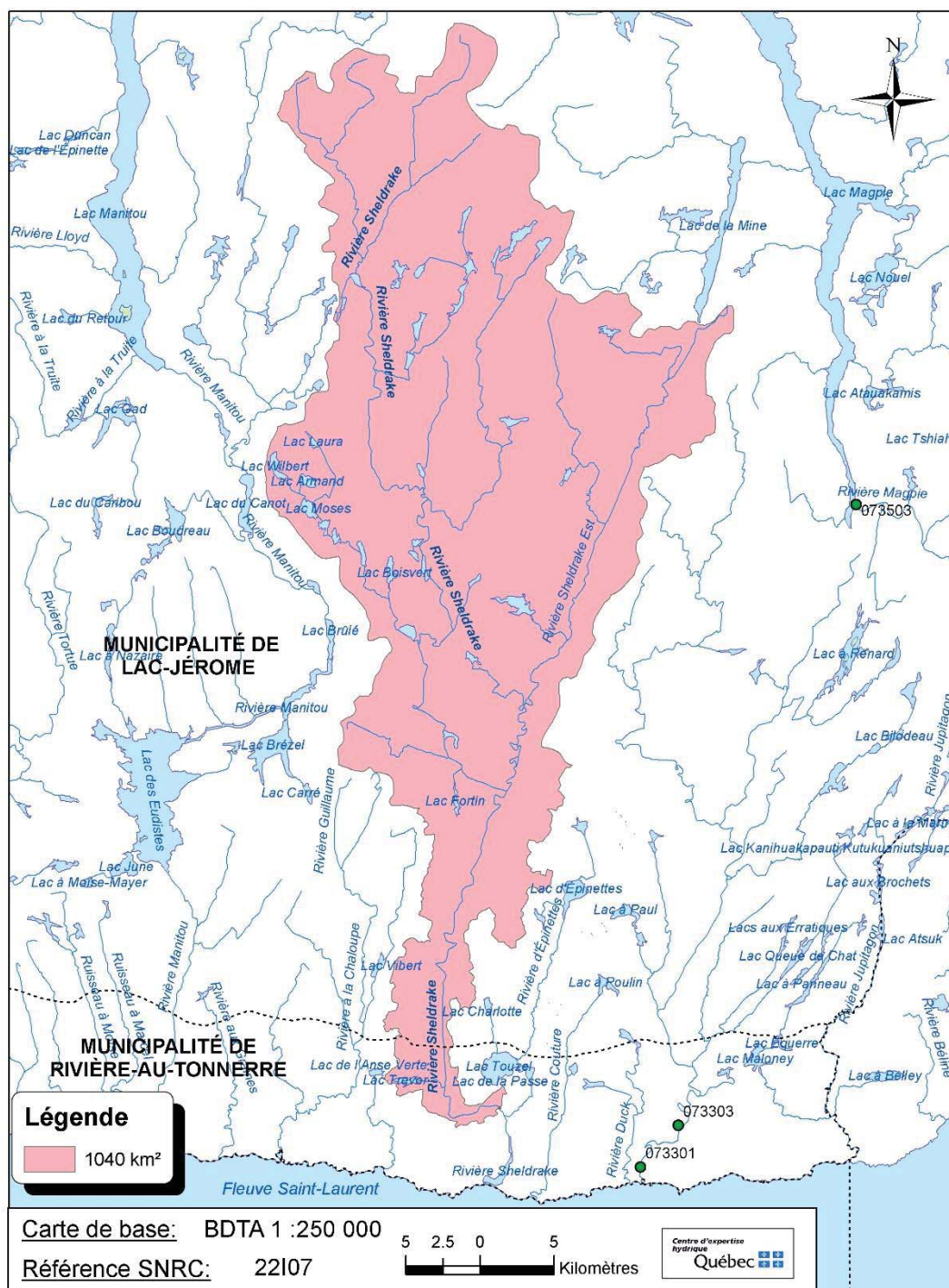


Figure 2-48 Bassin versant de la rivière Sheldrake (CEHQ 2007)

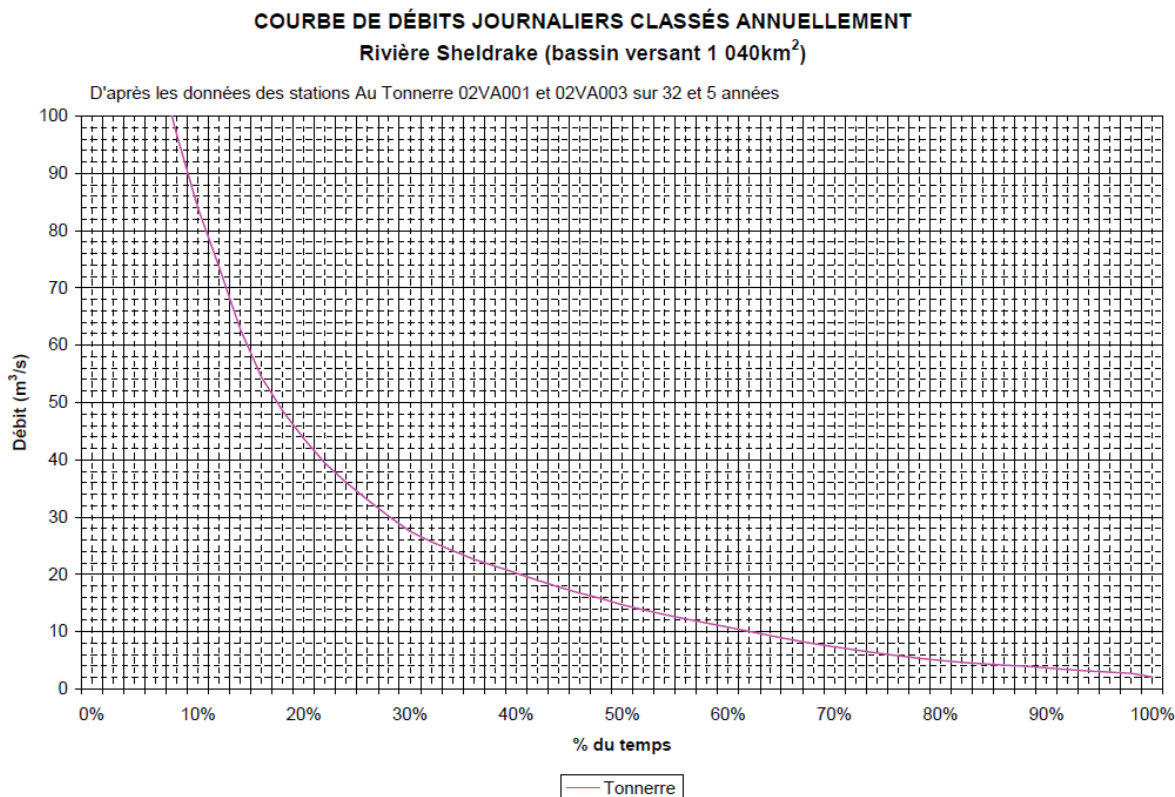


Figure 2-49 Courbe classée des débits journaliers sur la rivière Sheldrake au droit de la centrale hydroélectrique Courbe-du-Sault (Alliance Environnement, 2008)

Récurrence ans	Débit		
	annuel m ³ /s	printemps m ³ /s	automne m ³ /s
2	249.7	230.6	186.1
10	378.2	348.0	311.5
20	430.1	395.2	360.5
100	553.3	507.1	474.0
1000	745.5	681.0	644.3
10 000	967.7	881.1	829.4

Figure 2-50 Débits de crue – Rivière Sheldrake à son embouchure (CEHQ, 2007)

2.7 RÉGIME HYDRODYNAMIQUE

2.7.1 NIVEAUX D'EAU

2.7.1.1 CARACTÉRISTIQUES DE LA MARÉE

Les caractéristiques de la marée pour les stations de Rivière-au-Tonnerre et de Sept-Îles sont présentées au Tableau 2-12. Il est à noter que les caractéristiques de la marée pour Rivière-au-Tonnerre ne sont pas nécessairement à jour selon la date des dernières prises de mesures à cette localisation. Cette information n'a pas été rendue disponible par le Service hydrographique du Canada (SHC) lors de la transmission des données.

Tableau 2-12 Caractéristiques de la marée pour les stations de Rivière-au-Tonnerre (n° 2750) et de Sept-Îles (n° 2780)

DATUM	ACRONYME FRANÇAIS (SHC)	ACRONYME ANGLAIS (SHC)	RIVIÈRE-AU-TONNERRE (m, NMM) ¹	SEPT-ÎLES (m, NMM) ¹
Extrême de pleine mer	EPM	HHW	N/D	2,7 ¹
Pleine mer supérieure Grande Marée	PMSGM	HHWLT	1,3 ¹	2,0 ¹
Pleine mer supérieure Marée Moyenne	PMSMM	HHWMT	0,9 ¹	1,3 ¹
Niveau moyen de l'eau	NMM	MWL	-0,1 ¹	0,1 ¹
Basse mer inférieure Marée moyenne	BMIMM	LLWMT	-0,9 ¹	-0,9 ¹
Basse mer inférieure Grande Marée	BMIGM	LLWLT	-1,3 ¹	-1.5 ¹

¹ Service hydrographique du Canada (SHC, 2018).

2.7.1.2 DONNÉES DISPONIBLES

Les caractéristiques des stations d'enregistrement des niveaux d'eau retenues pour l'étude sont présentées au Tableau 2-13 et leurs localisations sont illustrées à la Figure 2-51. La comparaison des séries temporelles de niveaux d'eau à Rivière-au-Tonnerre et à Sept-Îles pour la période concomitante de 1986 montre que l'amplitude de la marée à Sept-Îles est quelque peu supérieure à celle mesurée à Rivière-au-Tonnerre (Figure 2-52). Pour cette période concomitante, les niveaux de pleines mers à Sept-Îles sont jusqu'à 50 cm supérieurs à ceux évalués à Rivière-au-Tonnerre.

Tableau 2-13 Caractéristiques des stations marégraphiques retenues pour l'étude

NOM DE LA STATION (N° DE LA STATION)	PÉRIODE D'ENREGISTREMENT	DISTANCE DU SITE À L'ÉTUDE (km)
Rivière-au-Tonnerre (n° 2750)	1986	10
Sept-Îles (n° 2780)	1972-2018	100

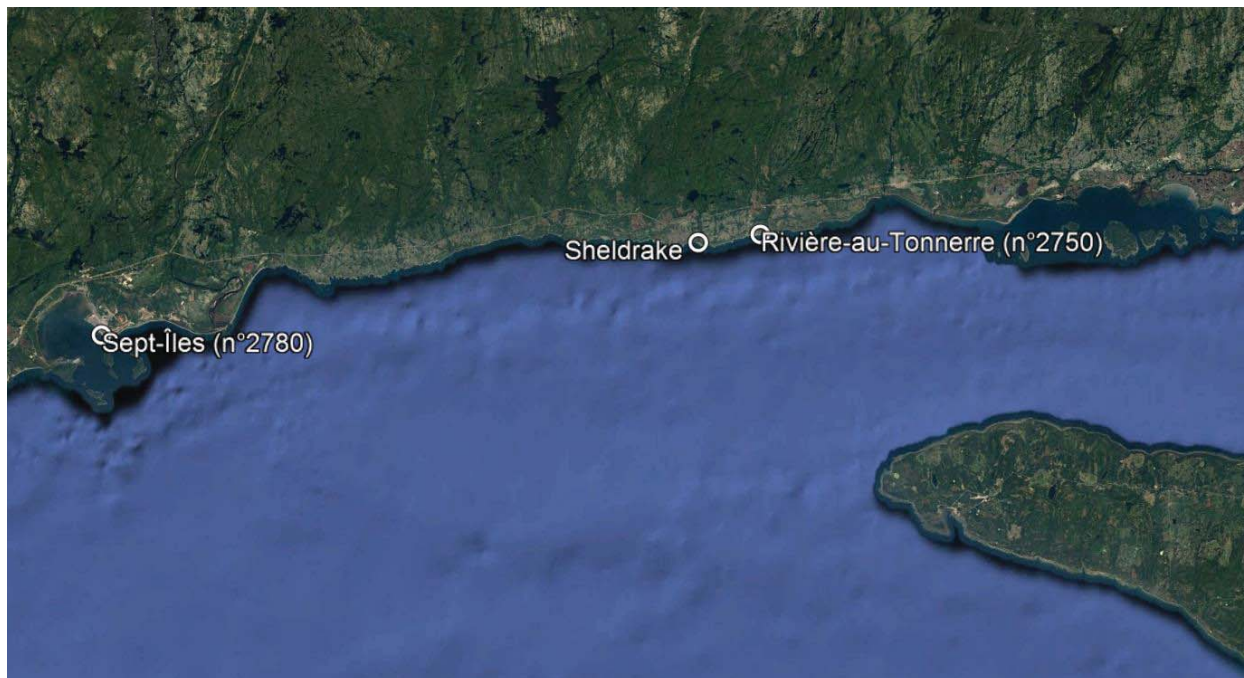


Figure 2-51 Localisation des stations de niveaux d'eau de Rivière-au-Tonnerre et de Sept-Îles par rapport au site à l'étude.

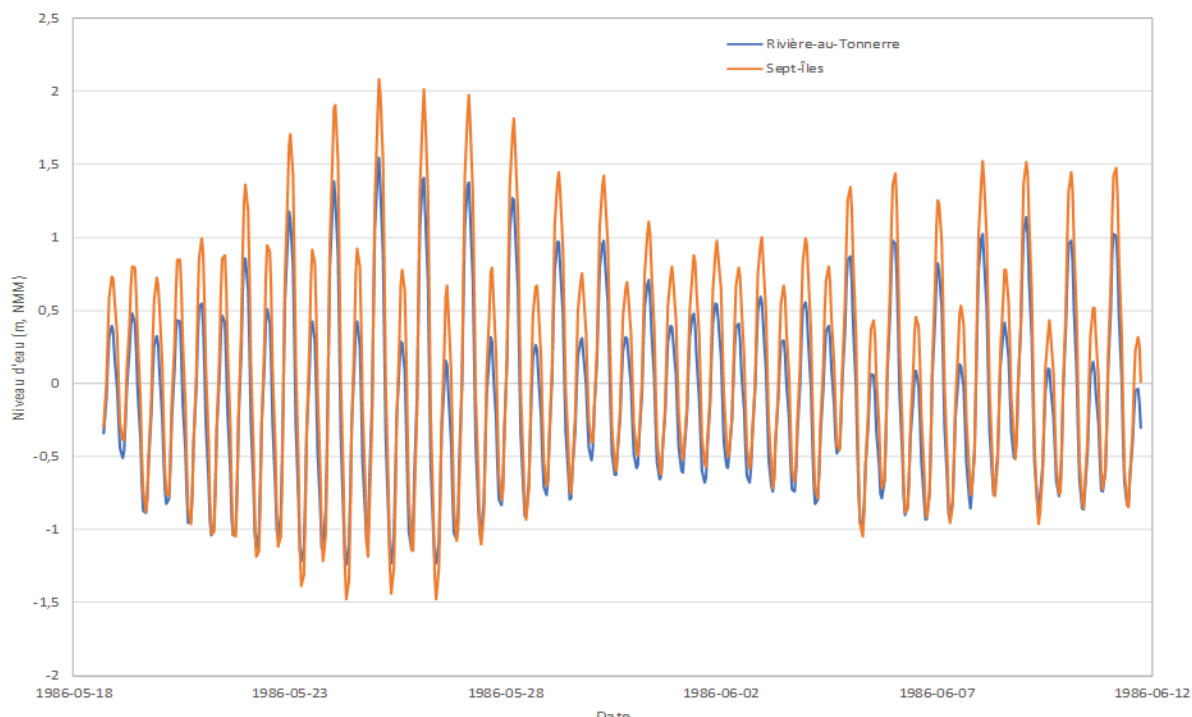


Figure 2-52 Comparaison des niveaux d'eau enregistrés aux stations de Rivière-au-Tonnerre et de Sept-Îles pour la période concomitante de 1986

Cependant, la comparaison des niveaux d'eau mesurés à l'automne 2018 au site d'étude avec les données mesurées à la station de Sept-Îles (Figure 2-53) démontre que cette dernière demeure tout de même représentative des niveaux d'eau au site à l'étude. Sur la base des

données disponibles à Rivière-au-Tonnerre pour la période de 1986 et de 2018, il s'avère que les séries temporelles sont jugées trop courtes pour reproduire une fonction de transfert représentative qui aurait permis d'obtenir une série temporelle à Rivière-au-Tonnerre à partir des données de la station de Sept-Îles. Dans le cadre du présent mandat, il a donc été jugé préférable de ne pas introduire d'incertitude additionnelle en procédant à la reconstruction du signal des niveaux d'eau à Rivière-au-Tonnerre à partir des données de la station de Sept-Îles, mais plutôt d'utiliser directement les données de niveaux d'eau de la station de Sept-Îles, lesquelles demeurent conservatrices pour le présent site d'étude.

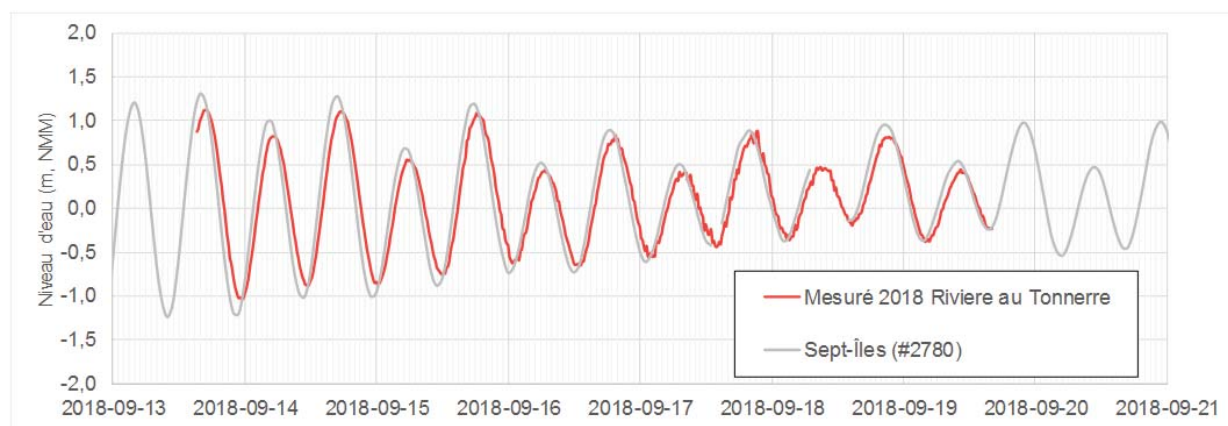


Figure 2-53 Comparaison des niveaux d'eau enregistrés à la station de Sept-Îles et des mesures réalisées au site à l'étude à l'automne 2018

La Figure 2-54 illustre le signal de niveaux d'eau horaires de la station marégraphique de Sept-Îles (station n°2700) pour la période 1972-2018.

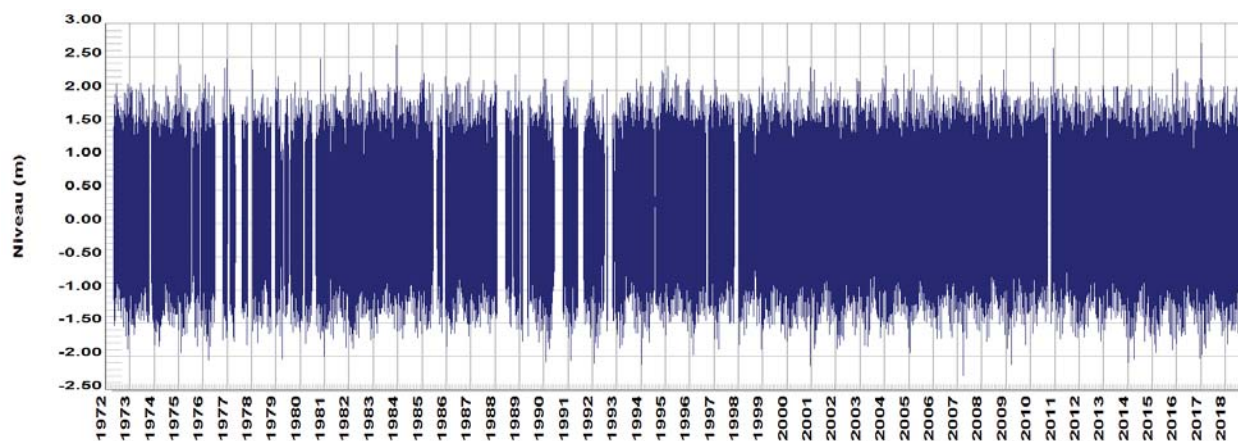


Figure 2-54 Niveaux d'eau horaires de la station de Sept-Îles (station n°2780) pour la période 1972-2018

Par ailleurs, le signal de niveau d'eau mesuré à Sept-Îles (station n°2780) a par la suite été comparé aux séries temporelles développées par Xu-Lefavre (2015). Cette base de données a été développée pour le compte du MTQ pour plusieurs localisations dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent pour la période de 1979 à 2011. La Figure 2-55 illustre la comparaison des séries temporelles de niveaux d'eau entre les données mesurées à la station de Sept-Îles (SHC) et les données reconstituées par Xu-Lefavre pour les localisations de Rivière-au-Tonnerre et Sept-Îles.

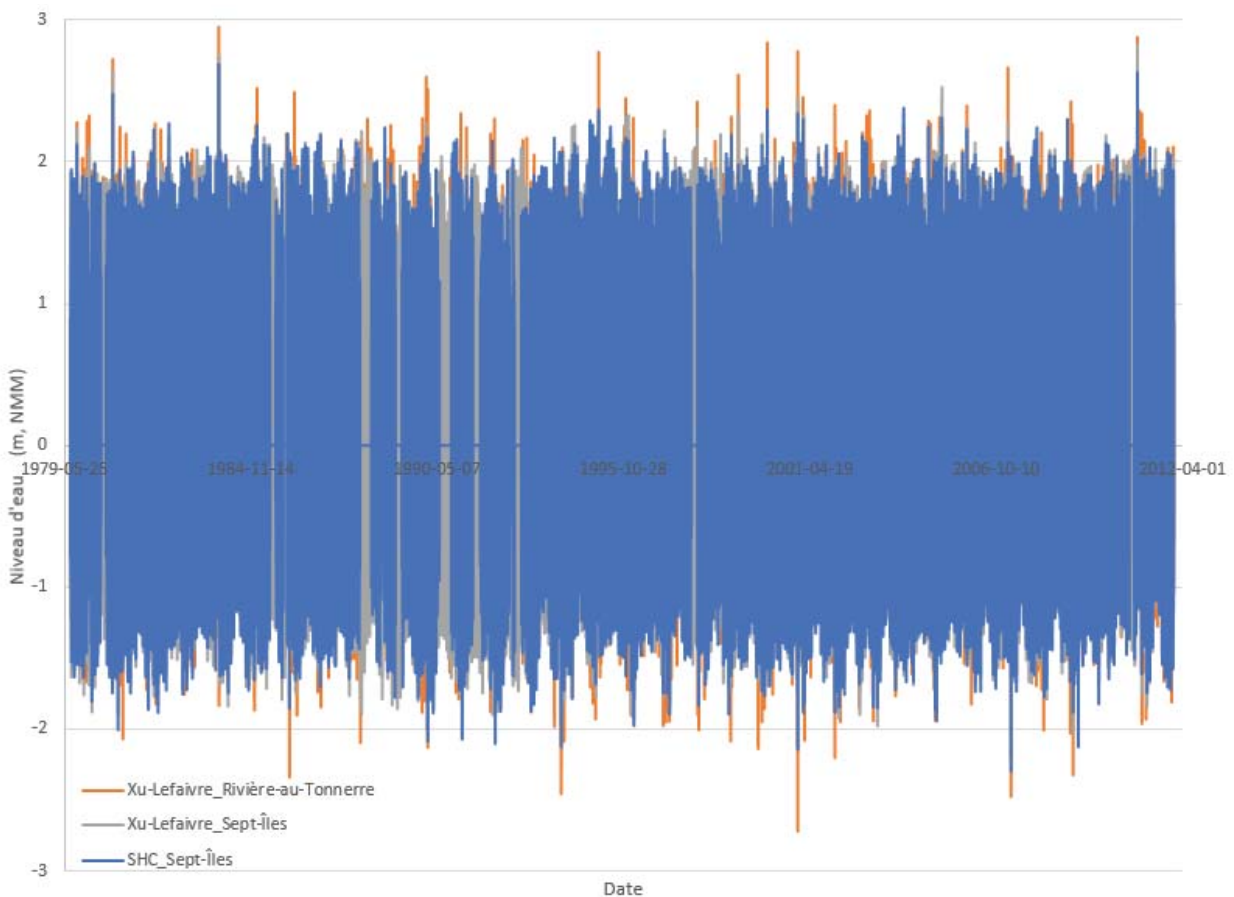


Figure 2-55 Comparaison des séries temporelles de niveaux d'eau entre les données mesurées à la station de Sept-Îles (SHC) et les données reconstituées pour Rivière-au-Tonnerre et Sept-Îles (Xu-Lefavre, 2015)

Les courbes classées de niveaux d'eau illustrant le pourcentage au dépassement ont par la suite été calculées et comparées pour les niveaux d'eau mesurés à la station de Sept-Îles et pour les séries temporelles reconstituées par Xu-Lefavre (2015) à Rivière-au-Tonnerre et à Sept-Îles (Figure 2-56). Tel qu'attendu, les données reconstituées à Rivière-au-Tonnerre demeurent inférieures à celles de Sept-Îles pour les pourcentages de dépassement variant entre 1 et 40 %. Par contre, pour ce qui est des pourcentages variants entre 40 et 100 %, la tendance s'inverse alors que les deux courbes devraient plutôt se superposer. Quant aux valeurs extrêmes (1% et moins), on note que les niveaux reconstitués à Rivière-au-Tonnerre sont surestimés par rapport à Sept-Îles. En effet, ces dernières devraient en théorie être plus faibles que les valeurs extrêmes mesurées à Sept-Îles.

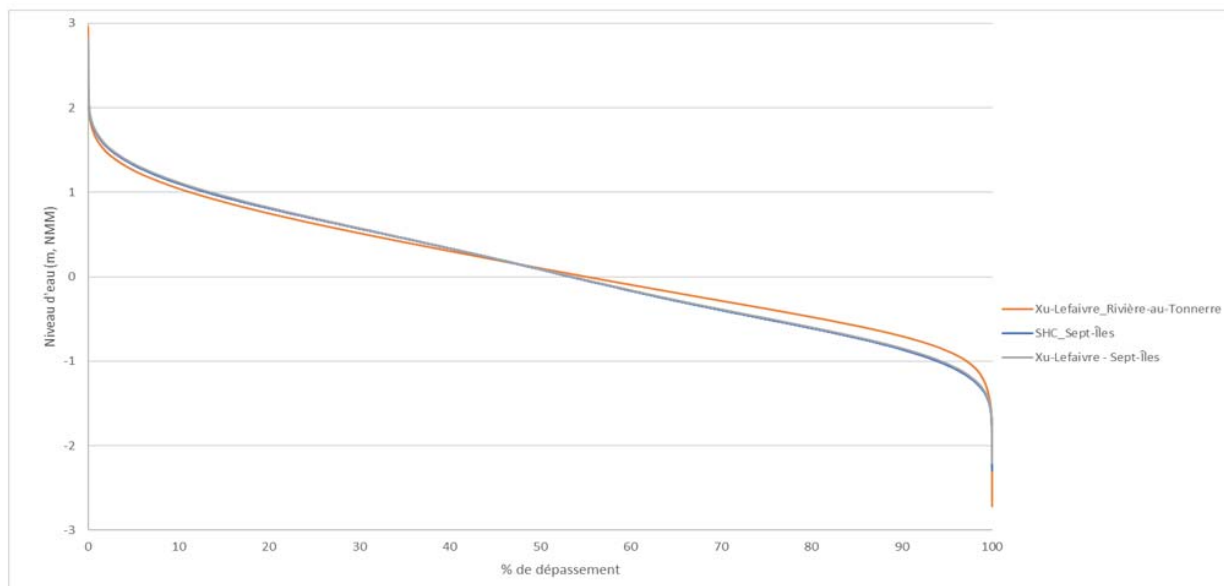


Figure 2-56 Pourcentage de dépassement des niveaux d'eau mesurés à la station de Sept-Îles et pour les séries temporelles reconstituées par Xu-Lefavre (2015) à Rivière-au-Tonnerre et Sept-Îles

2.7.1.3 NIVEAUX D'EAU EXTRÊMES

Les niveaux d'eau extrêmes sont évalués à partir de l'ajustement des lois statistiques qui présentent le meilleur ajustement à partir d'un échantillon constitué des niveaux d'eau maximums annuels mesurés à la station de Sept-Îles (SHC) pour la période de 1972-2018 et des séries temporelles reconstituées par Xu-Lefavre (2015) à Rivière-au-Tonnerre et à Sept-Îles pour la période de 1979-2011. La loi de distribution statistique de type «Gumbel» est celle qui a été retenue pour l'évaluation des niveaux extrêmes. Le Tableau 2-14 présente les niveaux d'eau extrêmes estimés au site de Sheldrake pour les périodes de retour allant de 2 à 100 ans.

Tableau 2-14 Niveaux d'eau extrêmes pour différentes périodes de retour à Sheldrake

PÉRIODE DE RETOUR (années)	NIVEAU D'EAU SEPT-ÎLES (SHC, 2018) (m, NMM)	NIVEAU D'EAU SEPT-ÎLES XU-LEFAIVRE (2015) (m, NMM)	NIVEAU D'EAU RIVIÈRE-AU-TONNERRE XU-LEFAIVRE (2015) (m, NMM)
2	2,19	2,21	2,37
3	2,26	2,29	2,47
5	2,34	2,39	2,58
10	2,44	2,51	2,72
20	2,54	2,62	2,85
25	2,57	2,66	2,89
50	2,66	2,77	3,03
75	2,72	2,84	3,10
100	2,76	2,88	3,16

Ces niveaux d'eau extrêmes regroupent une composante astronomique définie par le signal de marée, ainsi qu'une composante météorologique définie par les surcotes de tempêtes. En effet, en condition de tempête, la diminution de la pression atmosphérique combinée à l'influence des vents génère un rehaussement du plan d'eau que l'on nomme surcote de tempêtes et dont la durée typique est de quelques heures et dont l'influence s'étend dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent avec des rehaussements qui varient selon la localisation.

Il est intéressant de constater dans un premier temps que les niveaux extrêmes obtenus de la reconstitution par Xu-Lefavre (2015) pour la station de Sept-Îles s'avèrent légèrement plus élevés que ceux obtenus à partir des données mesurées à la station marégraphique, malgré que la reconstitution s'arrête en 2011. Quant aux niveaux d'eau extrêmes obtenus de la reconstitution à Rivière-au-Tonnerre, ceux-ci sont surestimés puisqu'aucune explication ne permet de justifier cette différence, sachant que les niveaux de marée sont plus élevés à Sept-Îles (Tableau 2-12). Pour cette raison, les valeurs extrêmes à Sept-Îles sont conservées pour la suite des analyses.

2.7.1.4 VARIATION DU NIVEAU MOYEN

L'analyse des moyennes annuelles du niveau d'eau mesuré à la station marégraphique de Sept-Îles pour la période comprise entre 1972 et 2018 montre une faible augmentation du niveau d'eau moyen de l'ordre 0,7 mm/an (Figure 2-57). La grande variabilité des valeurs de moyennes annuelles est cependant trop importante pour pouvoir confirmer cette tendance à long terme.

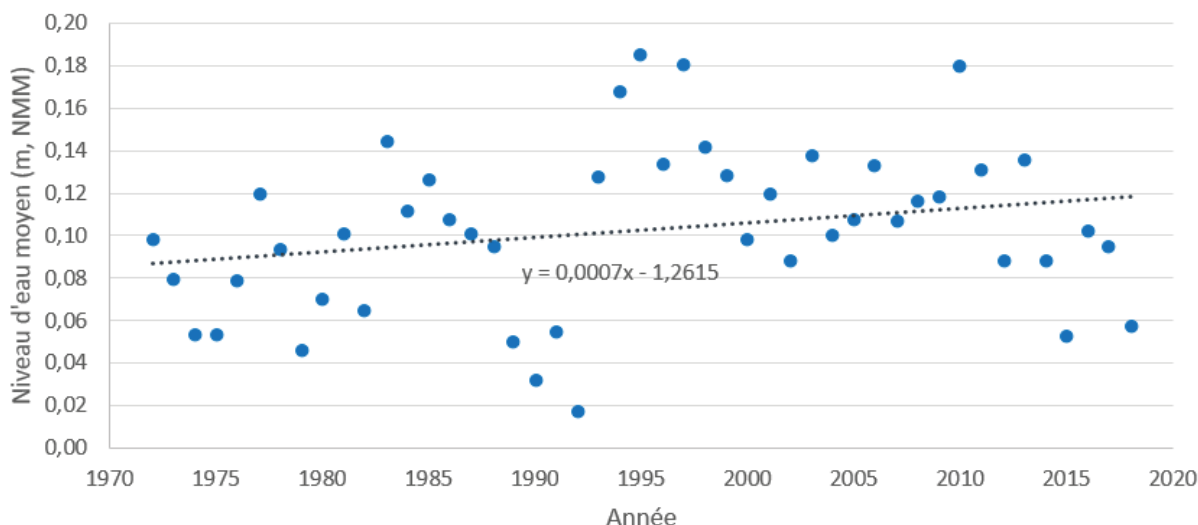


Figure 2-57 Variation du niveau d'eau moyen annuel à la station marégraphique de Sept-Îles (1972-2018)

Or, les récentes projections des variations du niveau moyen des mers suggèrent un rehaussement plus élevé du niveau d'eau moyen. En effet, les plus récentes prédictions de l'«Intergovernmental Panel on Climate Change» (IPCC, 2014), relatives à différents scénarios de changement climatique pour la période de référence 1986-2005, indiquent un rehaussement du niveau moyen des mers pouvant atteindre entre 0,17 et 0,38 m d'ici 2046-2065 et variant autour d'une valeur moyenne de 0,26 m (Figure 2-58 et Tableau 2-15). En considérant le

mouvement de la croûte terrestre à Sheldrake, on obtient un rehaussement relatif du niveau moyen de l'eau de +14 cm d'ici la période 2046-2065 (Tableau 2-16).

Tableau 2-15 Rehaussement global du niveau moyen des mers pour différents scénarios (IPCC, 2014)

REHAUSSEMENT GLOBAL DU NIVEAU MOYEN DES MERS (m)				
SIMULATION	2046-2065		2081-2100	
	MOYENNE	PLAGE PROBABLE	MOYENNE	PLAGE PROBABLE
RCP2.6	0,24	0,17-0,32	0,40	0,26-0,55
RCP4.5	0,26	0,19-0,33	0,47	0,32-0,63
RCP6.0	0,25	0,18-0,32	0,48	0,33-0,63
RCP8.5	0,30	0,22-0,38	0,63	0,45-0,82
Moyenne/Plage	0,26	0,17-0,38	0,50	0,26-0,82

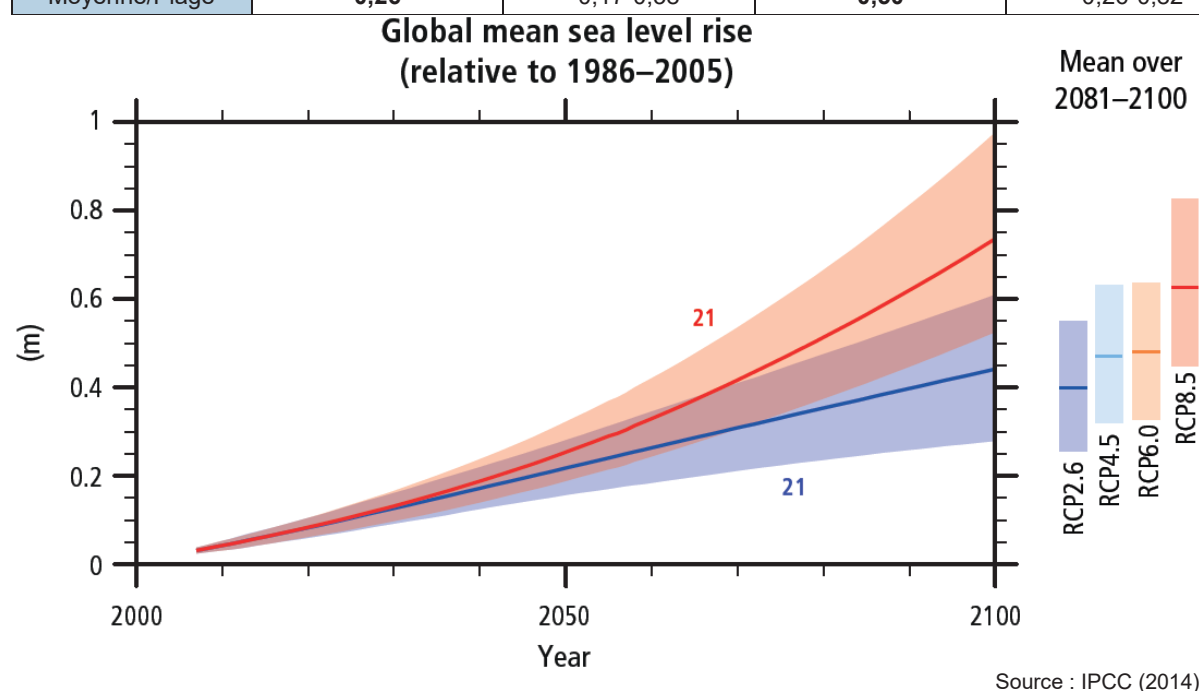


Figure 2-58 Prédictions globales du rehaussement du niveau moyen des mers, évaluées à l'aide de simulations pour différents scénarios de concentration de gaz à effet de serre (representative concentration pathways (RCP))

Tableau 2-16 Rehaussement relatif du niveau moyen anticipé à Sheldrake pour la période 2046-2065 basé sur l'IPCC (2014) et l'outil TRX

	REHAUSSEMENT (cm)
Rehaussement moyen du niveau des mers d'ici 2046-2065	+26
Mouvement de la croûte terrestre à Sheldrake d'ici 2058 ¹	+12,4
Rehaussement relatif du niveau d'eau moyen à Sheldrake d'ici 2046-2065	+13,6 (+14 est retenu)

¹ Basé sur l'outil TRX (en ligne) de Ressources naturelles Canada, le taux de variation vertical est de +3,1 mm/an (NAD83) à Sheldrake.

Par ailleurs, le Bedford Institute of Oceanography (2016) a développé un outil qui évalue le rehaussement relatif du niveau moyen des mers, lequel tient compte du mouvement de la croûte terrestre, ainsi que l'allocation verticale (vertical allowance) à plusieurs stations marégraphiques canadiennes. Selon cette référence qui considère la même période de référence que l'IPCC, soit 1986-2005, les projections du rehaussement du niveau moyen à Sheldrake suggèrent un rehaussement relatif de l'ordre de 0,12 à 0,17 m d'ici 2070 (Tableau 2-17).

Lorsque l'allocation verticale est ajoutée à ces prédictions, on trouve alors un niveau moyen relatif qui varie entre 0,17 et 0,23 m d'ici 2070 (Tableau 2-17).

Tableau 2-17 Rehaussement relatif du niveau moyen des mers et allocation verticale à la station de Rivière-au-Tonnerre

HORIZON	REHAUSSEMENT RELATIF DU NIVEAU MOYEN (m)		ALLOCATION VERTICALE (m)	
	Scénario RCP4.5 Rivière-au-Tonnerre	Scénario RCP8.5 Rivière-au-Tonnerre	Scénario RCP4.5 Rivière-au-Tonnerre	Scénario RCP8.5 Rivière-au-Tonnerre
2050	0,08	0,08	0,09	0,09
2060	0,10	0,13	0,14	0,17
2070	0,12	0,17	0,17	0,23
2100	0,17	0,35	0,35	0,57

Sources : Canadian Extreme Water Level Adaptation Tool (CAN-EWLAT), Rivière-au-Tonnerre:
[http://www.bio.gc.ca/science/data-donnees/can-ewlat/selected-location-en.php?type=SCH&prov=QC&loc=RIVIERE AU TONNERRE \(RIVIERE\)&station=35](http://www.bio.gc.ca/science/data-donnees/can-ewlat/selected-location-en.php?type=SCH&prov=QC&loc=RIVIERE%20AU%20TONNERRE%20(RIVIERE)&station=35)

Une valeur de 0,23 m est retenue pour la période 2070, ce qui correspond à une valeur conservatrice pour la suite des analyses.

2.7.2 RÉGIME DES GLACES

Le Service canadien des glaces (SCG) publie un Atlas climatique des glaces pour la Côte Est, dans lequel il présente une caractérisation générale du régime des glaces dans le golfe du Saint-Laurent. Cette caractérisation s'appuie sur les observations réalisées entre 1981 et 2010. Les paragraphes qui suivent présentent la caractérisation faite par le SCG (2014).

La formation des glaces dans la région du golfe du Saint-Laurent débute normalement dans la partie amont de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent lui-même, à la mi-décembre. Cette glace s'étend ensuite graduellement vers l'aval sous l'effet du vent et des marées. La formation de nouvelle glace s'amorce dans les régions côtières, puis s'étend ensuite vers le large. En raison des courants et des vents dominants de l'ouest et du nord-ouest, la croissance de la glace dans l'estuaire, vers l'est, est plus rapide sur la rive sud du fleuve et atteint habituellement le rivage nord de la péninsule gaspésienne vers la fin décembre (SCG, 2014).

Durant la dernière semaine de ce mois, de la glace nouvelle commence à se former le long de certaines régions de la rive nord du golfe. Les concentrations demeurent néanmoins faibles et l'extension de la glace au début du mois de janvier se limite à 10 km ou 20 km de la rive. Au cours de l'hiver, la couverture de glace continue à croître et à s'épaissir, pour ainsi couvrir la quasi-totalité du golfe lors de la troisième semaine de février. Dans les parties nord de l'estuaire

et du golfe, la glace reste toutefois mince, car les brises de terre la poussent vers le sud (SCG, 2014). De la fin février jusqu'à la mi-mars, la glace du golfe atteint son étendue maximale.

La dispersion de la glace commence, quant à elle, à la fin février et se constate d'abord dans l'estuaire, près de l'embouchure du Saguenay. Au milieu de mars, il existe de grandes zones d'eau libre sur le côté nord de l'estuaire et le long de la rive nord du golfe. À la fin mars, l'estuaire est généralement libre de glace. Le processus de désintégration normal de la banquise côtière, qui occupe les petites baies en périphérie du golfe, est la fonte sur place (SCG, 2014).

Le SCG publie également des cartes présentant les statistiques des dates moyennes d'englacement et de déglacement dans le golfe du Saint-Laurent, basées sur les observations réalisées entre 1981 et 2010 (Figure 2-59 et Figure 2-60), ainsi que le pourcentage de couverture maximale des glaces entre 1969 et 2013 (Figure 2-61).

D'autre part, une tendance négative de l'étendue de la couverture de glace est observée, particulièrement depuis le milieu des années 1990. L'augmentation de la température moyenne de l'eau dans le golfe, ainsi que la fonte accélérée des glaces dans l'Arctique laissent croire à une diminution notable et permanente du couvert de glace dans le golfe, ce qui fait en sorte de permettre aux vagues d'atteindre les côtes en période hivernale et d'augmenter la sensibilité à l'érosion.

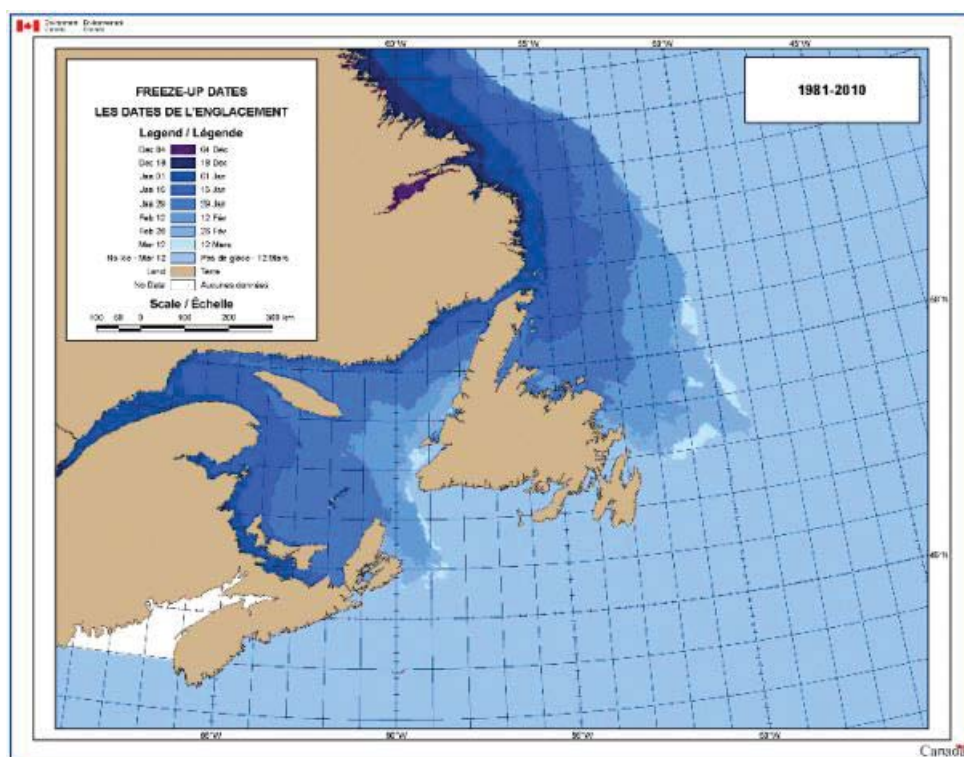


Figure 2-59 Dates moyennes d'englacement dans l'est du Canada – 1981-2010 (SCG, 2014)

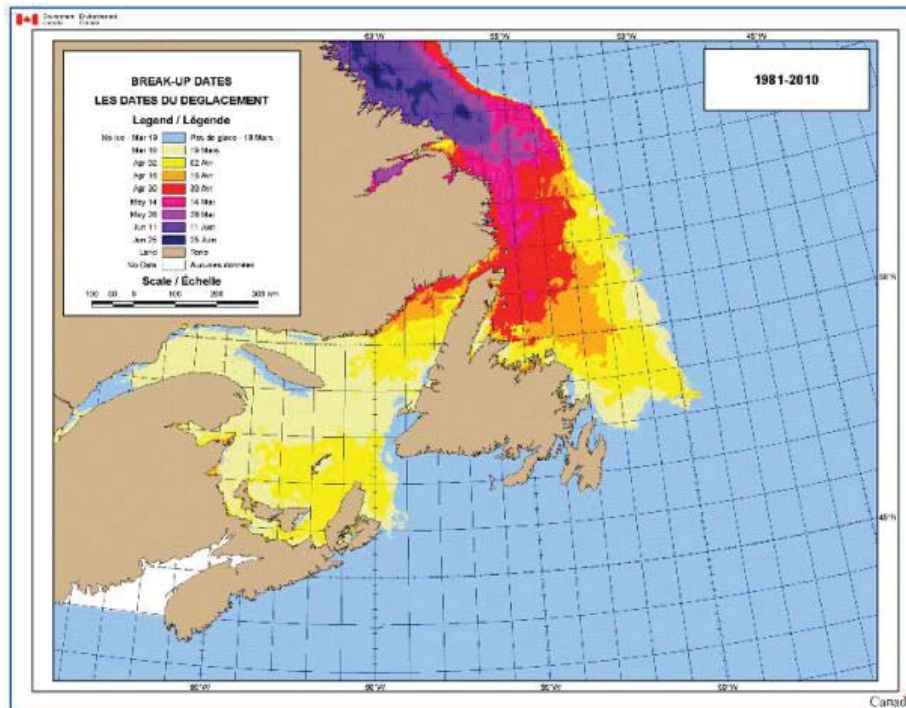


Figure 2-60 Dates moyennes de déglacement dans l'est du Canada, 1981-2010 (SCG, 2014)

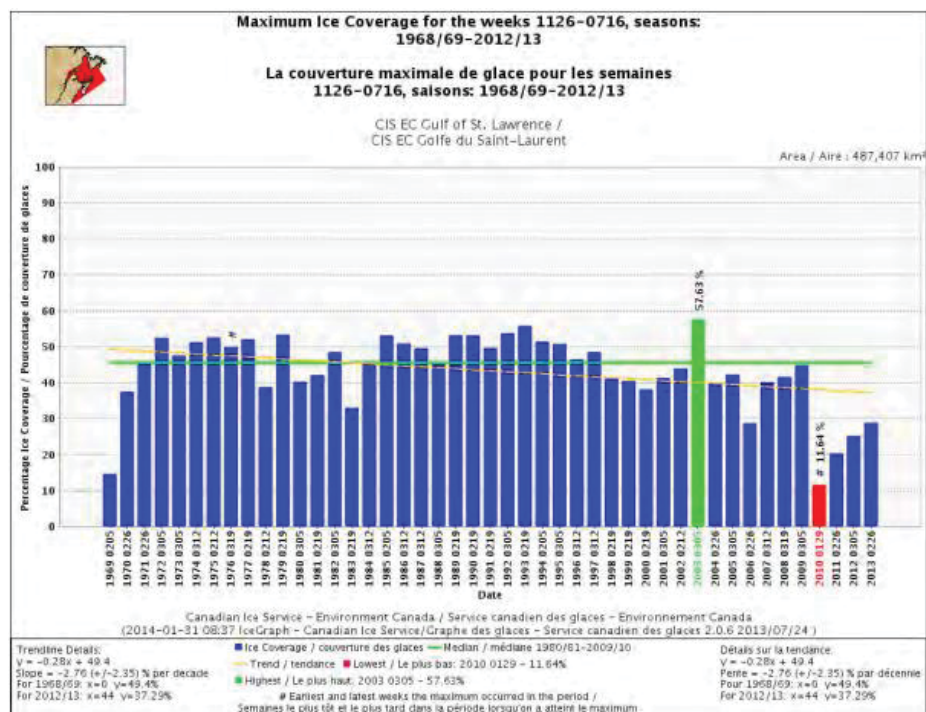


Figure 2-61 Historique du pourcentage de couverture des glaces dans le secteur du golfe du Saint-Laurent (SCG, 2014)

2.7.3 CLIMAT DES VAGUES AU LARGE

2.7.3.1 RÉGIME DES VENTS

Les données de vent utilisées sont celles enregistrées à la station d'Environnement Canada de l'Île aux Perroquets (n°7043B79) située à l'est de Sheldrake (Figure 2-62). La station de l'Île aux Perroquets est la station la plus proche du site à l'étude et fournit des enregistrements pour la période comprise entre 1994 et aujourd'hui. La localisation de cette station, ainsi que son exposition sur le front marin ont permis d'utiliser les données de vent telles que mesurées et donc aucun facteur de correction n'a été appliqué.

Les vitesses de vent résultantes à la station sont généralement inférieures à 60 km/h, comprennent plusieurs pointes entre 60 et 90 km/h et ont dépassé les 90 km/h à quelques reprises entre 1994 et 2018 (Figure 2-63). Enfin, les vents les plus fréquents proviennent du secteur ouest (O), suivi de près du secteur est (E) (Figure 2-64).

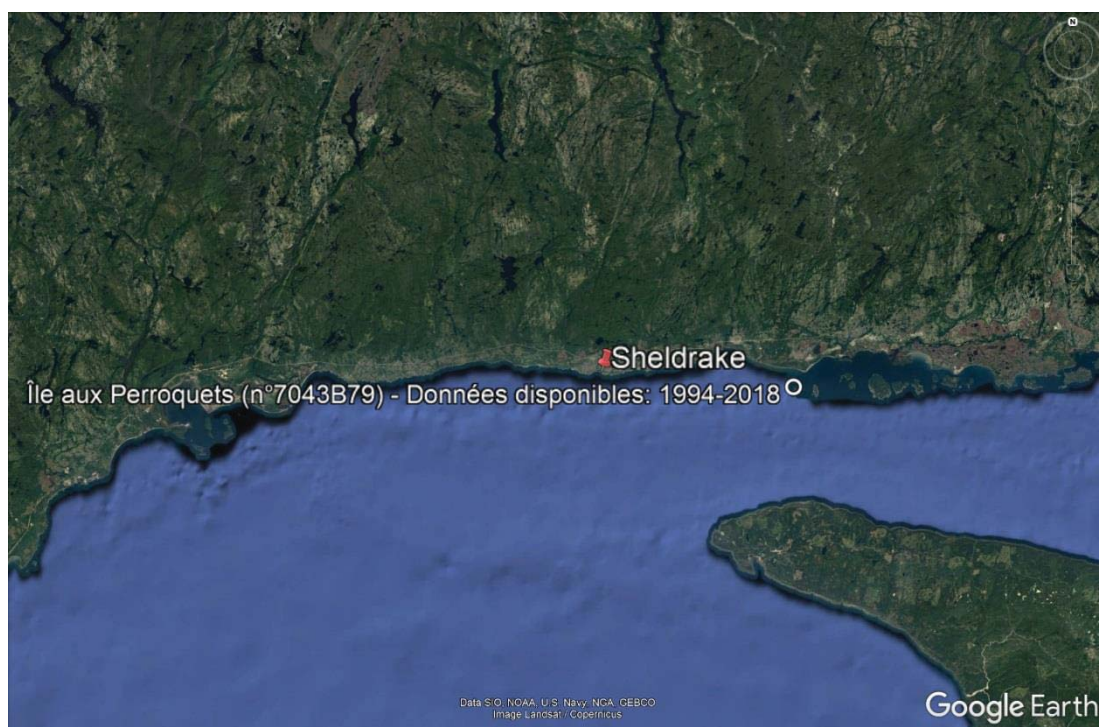


Figure 2-62 Localisation de la station météorologique d'Environnement Canada située à l'Île aux Perroquets

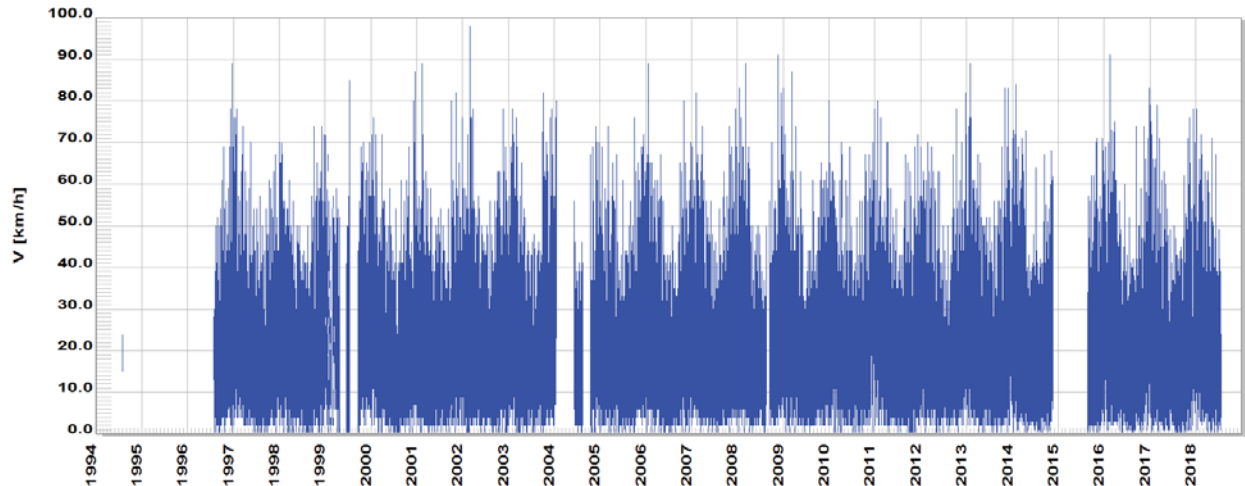


Figure 2-63 Intensité des vents sur l'eau obtenue à la station de l'Île aux Perroquets pour la période comprise entre 1994 et 2018.

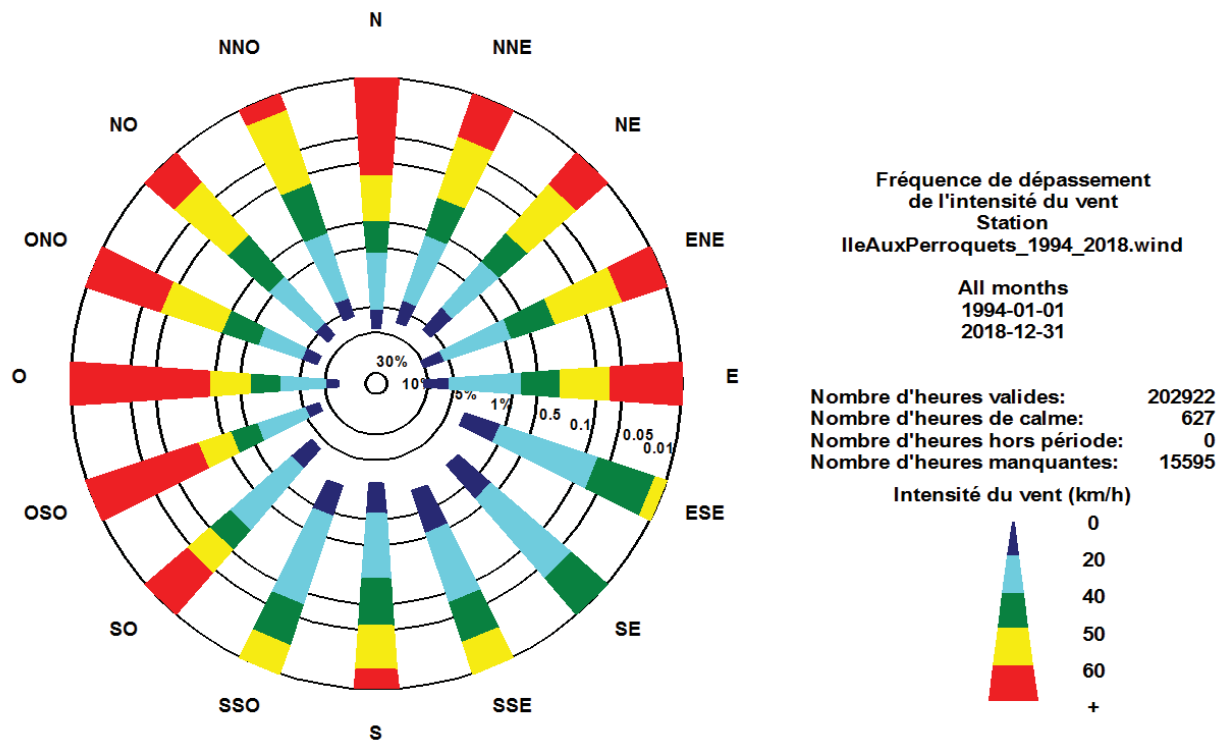


Figure 2-64 Rose des vents sur l'eau obtenue à la station de l'Île aux Perroquets d'Environnement Canada pour la période comprise entre 1994 et 2018

2.7.3.2 CLIMAT DES VAGUES AU LARGE

L'approche préconisée pour reconstituer le climat des vagues en eaux profondes au large de Sheldrake repose sur l'utilisation de la série temporelle des vents de la station synthétique de l'Île aux Perroquets, ainsi que le logiciel AquaWave (Dupuis et coll., 1996). Une hypothèse de conditions libres de glace a été considérée et tous les mois de l'année ont été retenus pour la génération du climat des vagues au large.

Cette hypothèse conservatrice correspond à une projection des conditions futures, qui, elles, pourraient présenter des hivers dont le couvert de glace est de plus en plus restreint ou exempt du Golfe du Saint-Laurent. Cette projection tend donc à surestimer la fréquence de sollicitation et les hauteurs des vagues historiques associées à la période hivernale lorsqu'un couvert de glace était davantage présent (en durée et en quantité). Sur la base de cette hypothèse, il est alors possible de caractériser les sollicitations potentielles en conditions d'eaux libres de glace, lesquelles pourraient être de plus en plus fréquentes dans le futur.

Le point focal utilisé pour la génération des vagues au large est situé aux coordonnées 363 473 E et 5 565398 N dans le fuseau UTM 20 à un point du Golfe du Saint-Laurent à proximité de Sheldrake dont la profondeur approximative avoisine les 50 m par rapport au zéro des cartes marines. La Figure 2-65 présente la position du point focal, les radiales (droites bleues) et la fonction fetch (courbe rouge) associées à ce point focal.

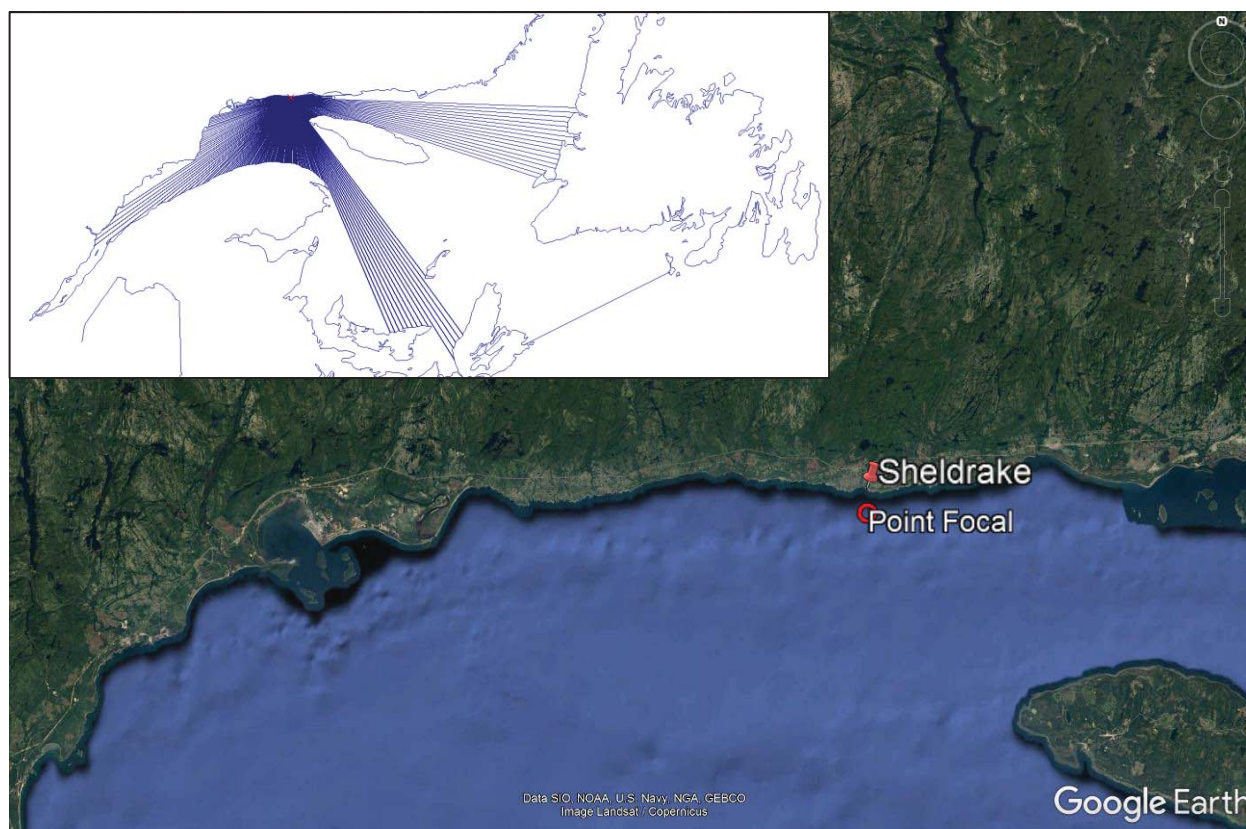


Figure 2-65 Localisation du point focal et des radiales (bleues) pour la génération des vagues au large de Sheldrake

La hauteur des vagues a été évaluée en faisant l'hypothèse simplificatrice de conditions d'eau libres de glace pour la période de 1994 à 2018. La hauteur des vagues générées au large est fréquemment inférieure à 3 m, comporte plusieurs événements dont la hauteur est comprise entre 3 et 6 m et aurait atteint une valeur maximale supérieure à 7 m en 2002 (Figure 2-66). Les vagues d'une hauteur de plus de 3 m proviennent des secteurs *est* (E), *sud-sud-est* (SSE), *sud* (S), *sud-sud-ouest* (SSO), *sud-ouest* (SO), *ouest-sud-ouest* (OSO), *ouest* (O) (Figure 2-67). Enfin, les vagues les plus fréquentes proviennent des secteurs *ouest* (O), *ouest-sud-ouest* (OSO) et *est* (E).

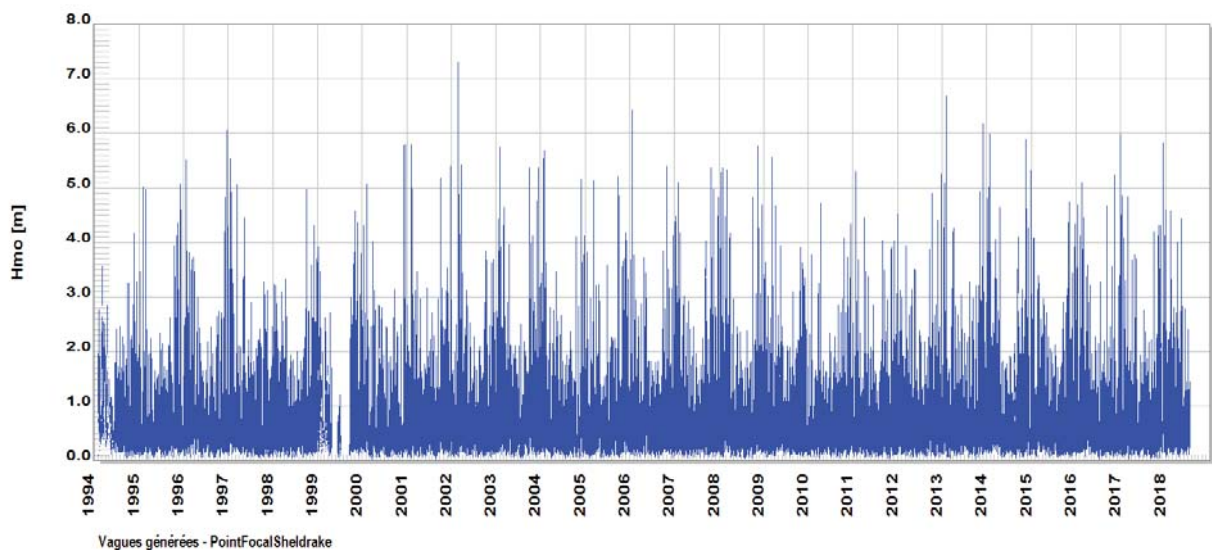


Figure 2-66 Signal reconstitué des hauteurs des vagues au large de Sheldrake pour la période comprise entre 1994 et 2018. Hypothèse de conditions libres de glaces. Tous les mois de l'année

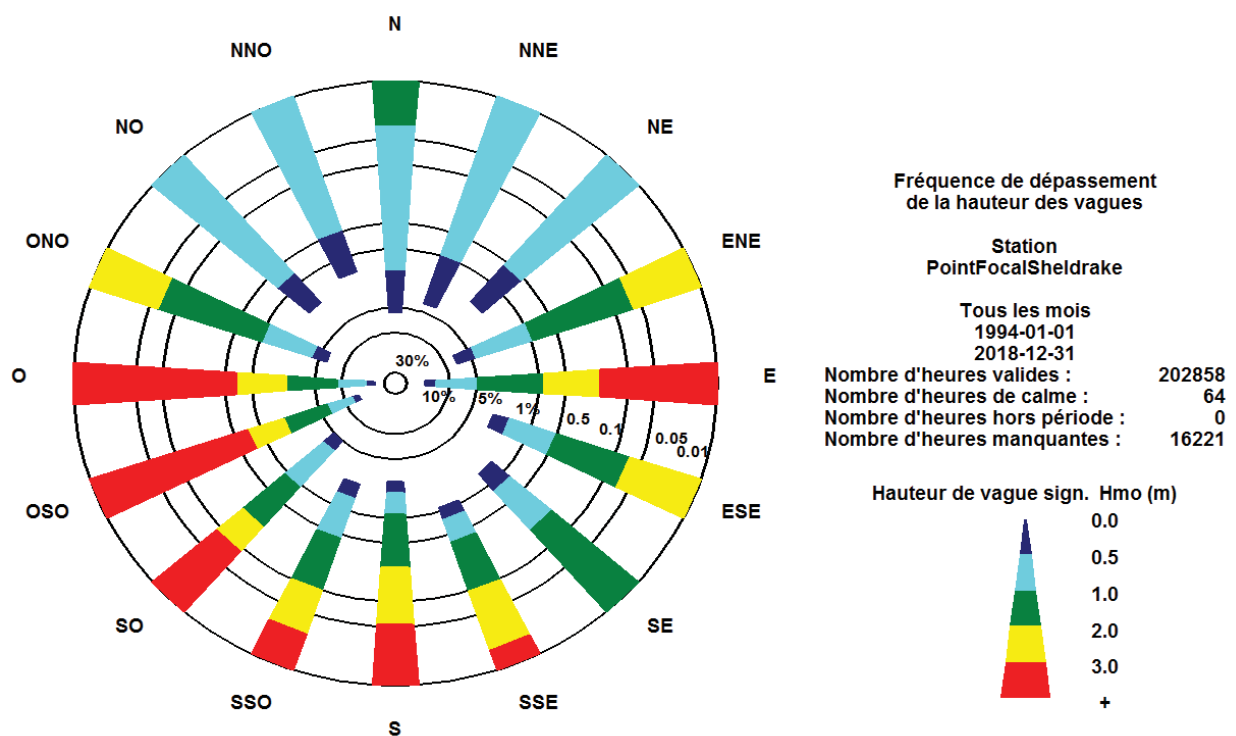


Figure 2-67 Rose des vagues au large de Sheldrake pour la période comprise entre 1994 et 2018. Hypothèse de conditions libres de glaces. Tous les mois de l'année

2.7.4 CLIMAT DES VAGUES À L'APPROCHE DE LA CÔTE

2.7.4.1 MODÈLE

Un modèle de propagation des vagues a été utilisé pour propager les vagues en eaux profondes vers les zones de profondeurs intermédiaires ou de faibles profondeurs. Le modèle SWAN (suite de logiciels Delft3D (Deltares, 2011), de type «*phase-averaged*», permet de propager les vagues du large jusqu'au pied de l'ouvrage. Ce type de modèle simule la transformation de l'énergie des vagues sur de grandes étendues, provoquée par la réfraction et le rehaussement du fond («*shoaling*»).

Des scénarios de simulations représentatifs du climat historique généré au large sont choisis pour effectuer la modélisation et ensuite établir les coefficients de réfraction (K_r) et les directions réfractées à un ou plusieurs transects d'analyse le long de la côte. À partir des résultats de simulations, des matrices de transformation sont élaborées et permettent de reconstituer le climat horaire des vagues à l'approche de la côte, et ce, aux endroits d'intérêt.

L'objectif principal de cette démarche est donc de déterminer le climat de vagues à l'approche et en bordure de la côte et, plus particulièrement, d'établir les statistiques des vagues au déferlement afin d'étudier la dynamique sédimentaire et quantifier le transport sédimentaire parallèle à la côte.

2.7.4.2 DOMAINE MODÉLISÉ

La Figure 2-68 présente l'étendue du domaine modélisée avec le modèle SWAN, ainsi que la bathymétrie à l'intérieur de la zone d'étude. Trois grilles imbriquées permettent de discrétiser le domaine par raffinement progressif des cellules. Ces grilles permettent donc de couvrir un large domaine. Le long des limites du domaine, les profondeurs peuvent dépasser 150 m. L'annexe A présente la méthodologie détaillée de l'approche préconisée pour modéliser la propagation des vagues du large vers la côte.

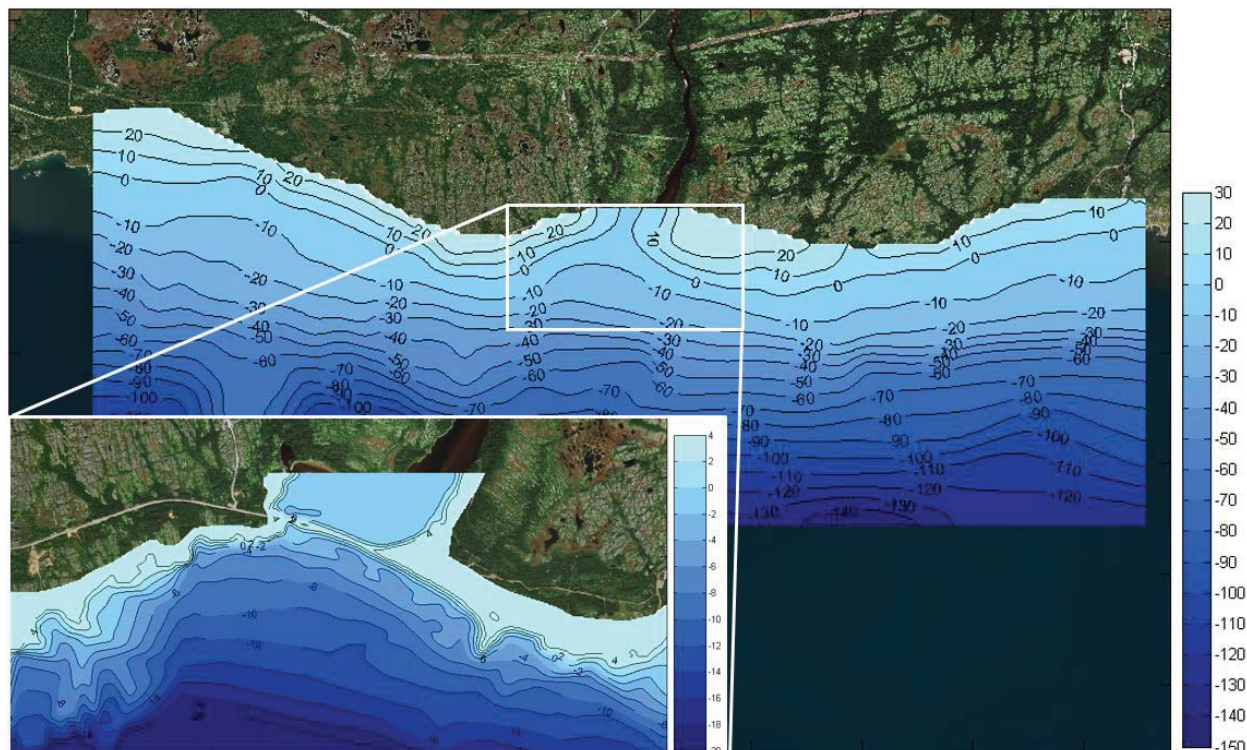


Figure 2-68 Bathymétrie de la zone de modélisation et de la zone d'étude

2.7.4.3 SCÉNARIOS DE MODÉLISATION

Les scénarios de modélisation sont présentés à l'annexe A du présent rapport. Ces scénarios sont imposés aux frontières ouvertes de la zone d'étude, et ce, pour les niveaux d'eau correspondant à la BMIGM (basse mer inférieure de grande marée), au NMM (niveau moyen des mers), à la PMSGM (pleine mer supérieure de grande marée) et à l'extrême de pleine mer. Au total, 1 100 scénarios ont été modélisés. Un spectre de type JONSWAP, caractérisé par la période de pointe des vagues, est utilisé pour représenter la distribution énergétique de chaque scénario. Les conditions de vagues sont par la suite extraites par zone à l'approche du littoral de Sheldrake.

2.7.4.4 DISCRÉTISATION DES ZONES DEVANT LES PRINCIPALES SECTIONS DU SITE À L'ÉTUDE POUR LA DÉTERMINATION DES VAGUES DE DIMENSIONNEMENT

L'extraction des résultats de simulations obtenus du modèle SWAN a été réalisée pour trois zones. La zone 1 borde la flèche de Sheldrake, la zone 2 se trouve dans le secteur de la poissonnerie et la zone 3 est localisée à 1 km au large de la flèche de Sheldrake (Figure 2-69).

La largeur de chaque zone a été déterminée selon le critère de $\frac{1}{2} \times$ la longueur d'onde de la vague maximale au large afin de tenir en compte toute l'énergie incidente qui est susceptible d'atteindre l'ouvrage (U.S. Army Corps of Engineers, 2006, Van der Meer, 2011). La limite des zones a été déterminée à partir du bas de talus pour les trois zones se trouvant en bordure du littoral.

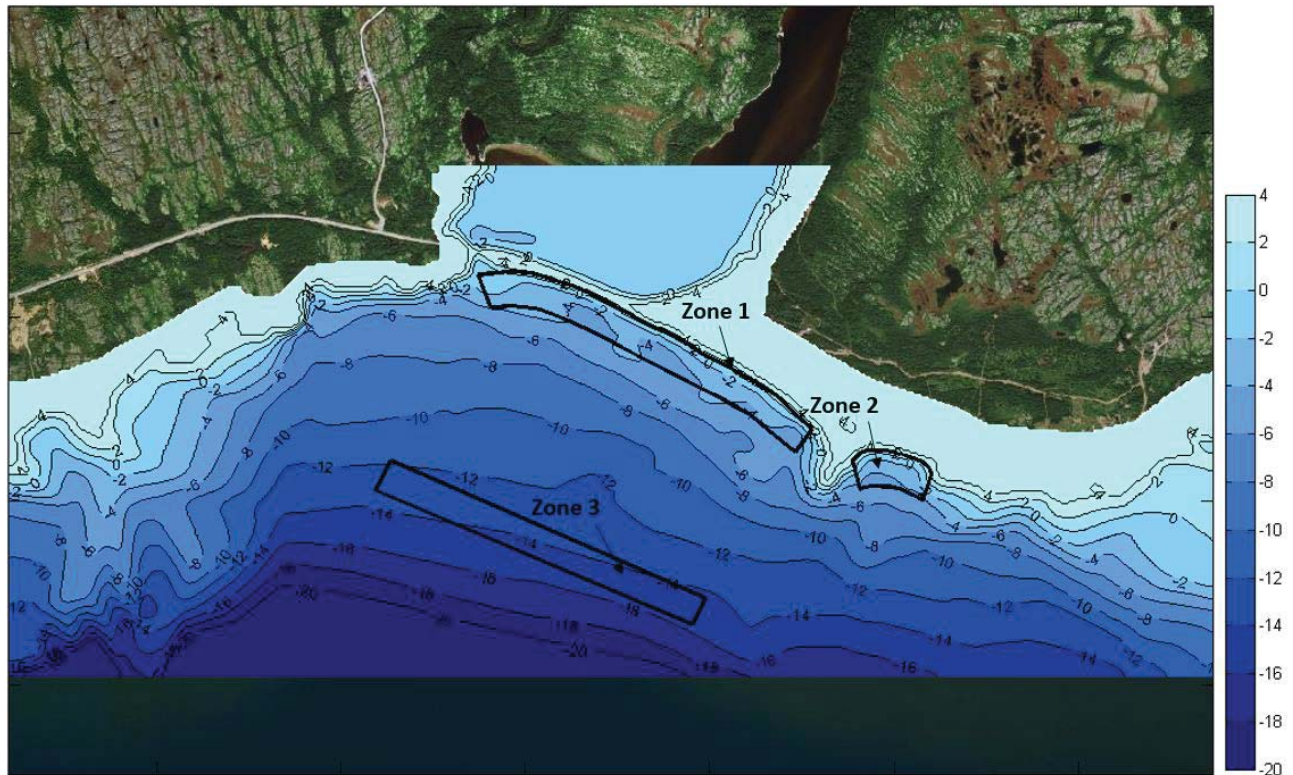


Figure 2-69 Localisation des zones d'extraction des résultats de simulation pour la détermination des vagues de dimensionnement

2.7.4.5 CRÉATION DES ESPACE-SOLUTIONS

Pour chaque scénario modélisé, la procédure permettant d'évaluer les coefficients de transformation des vagues et de générer les espace-solutions se conjugue en trois étapes. D'abord, les résultats de simulations sont projetés sur les nœuds des maillages générés dans chaque zone d'étude. Tous les points se voient alors attribuer une hauteur de vagues. On retient alors la vague d'une hauteur maximale dans chaque zone à l'étude.

Les coefficients de transformation K_r sont ensuite évalués en divisant les hauteurs de vagues H attribuées aux points par la hauteur significative de la vague en eaux profondes H_0 . À la fin de cet exercice, les valeurs des coefficients de transformation sont classées dans une arborescence selon la direction d'origine des vagues, leur période de pointe et la hauteur significative en eaux profondes. Cette arborescence définit l'espace-solution. D'ailleurs, cette même approche a aussi été utilisée pour évaluer les conditions d'agitation tel que présenté précédemment.

L'utilisation d'espace-solutions constitue un outil d'analyse efficace pour le traitement de la série de données horaires historiques. Cette approche permet d'interpoler les coefficients de transformation des vagues dans les zones d'étude considérées, et ce, pour chaque pas de temps de la série temporelle. Il est alors possible d'évaluer, sur une base horaire, l'historique des hauteurs de vagues. Une compilation des statistiques annuelles est alors possible, ce qui permet finalement de dresser un portrait des sollicitations par les vagues près de chaque ouvrage.

2.7.4.6 CLIMAT DES VAGUES À PROXIMITÉ DE LA CÔTE

Des séries temporelles des hauteurs de vagues fournissant le climat des vagues en bordure du littoral ont pu être élaborées pour chaque zone préalablement définie pour la période allant de 1994 à 2018 (annexe A). Ces climats des vagues ne tiennent pas en compte de l'impact de la présence des glaces dans le secteur à l'étude en période hivernale (hypothèse d'eau libre de glace). Il est à noter que les provenances présentées sur les roses (Figure 2-71) des vagues correspondent à des provenances réfractées, et non à des provenances rattachées à celles des vagues au large.

La Figure 2-70 illustre la probabilité d'occurrence en fonction de la hauteur des vagues au large, à l'intérieur de la zone 3, située à 1 km de la côte et des zones 1 et 2 situées en bordure du littoral du site à l'étude. Il peut être observé que l'atténuation des vagues se fait surtout entre la zone 3 et les zones 1 et 2. Cette tendance est confirmée par la hauteur des vagues correspondant à différentes fréquences d'occurrence (Tableau 2-18) pour les quatre mêmes secteurs.

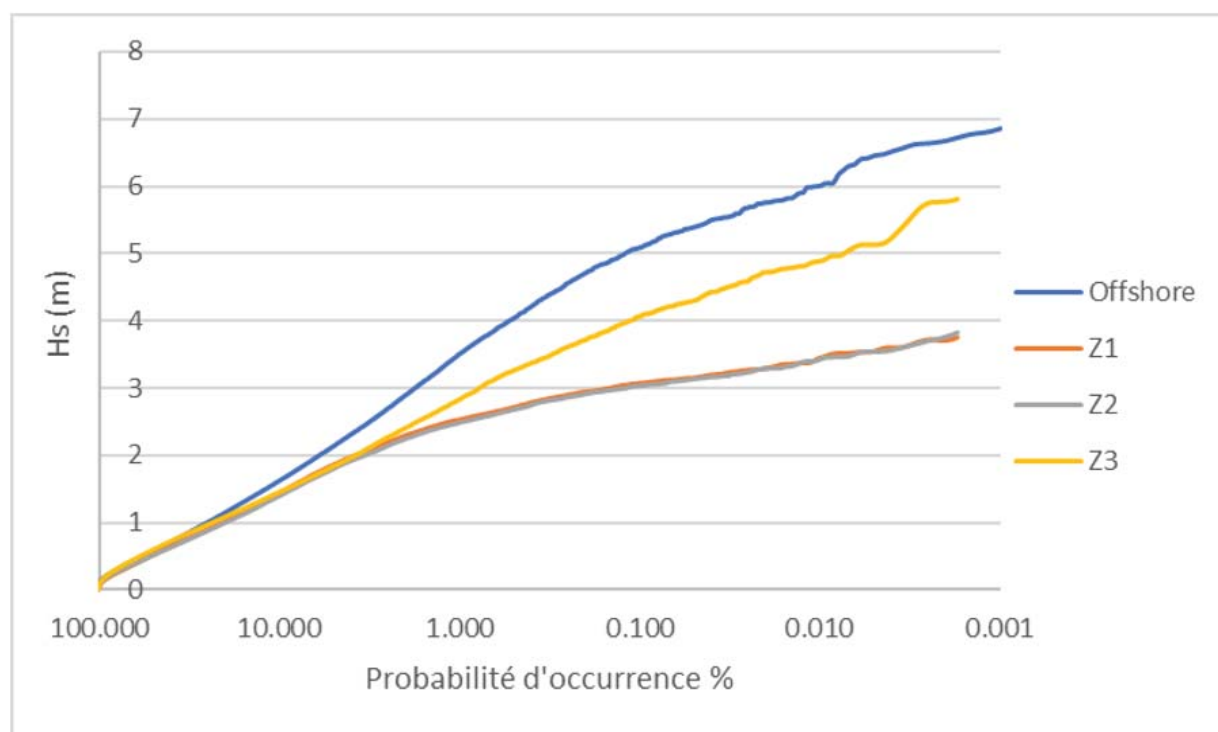


Figure 2-70 Courbes classées de la hauteur des vagues au large et dans les zones 1 à 3

Tableau 2-18 Hauteur des vagues correspondant à différentes fréquences d'occurrence

Fréquence d'occurrence (hr)	Hs au large (m)	Hs-Zone 3 (m)	Hs-Zone 1 (m)	Hs-Zone 2 (m)
12	4.92	3.90	3.02	2.98
24	4.48	3.57	2.88	2.84
48	3.97	3.22	2.69	2.65
168	2.92	2.43	2.31	2.26
Hmax	7.32	6.27	4.35	4.36

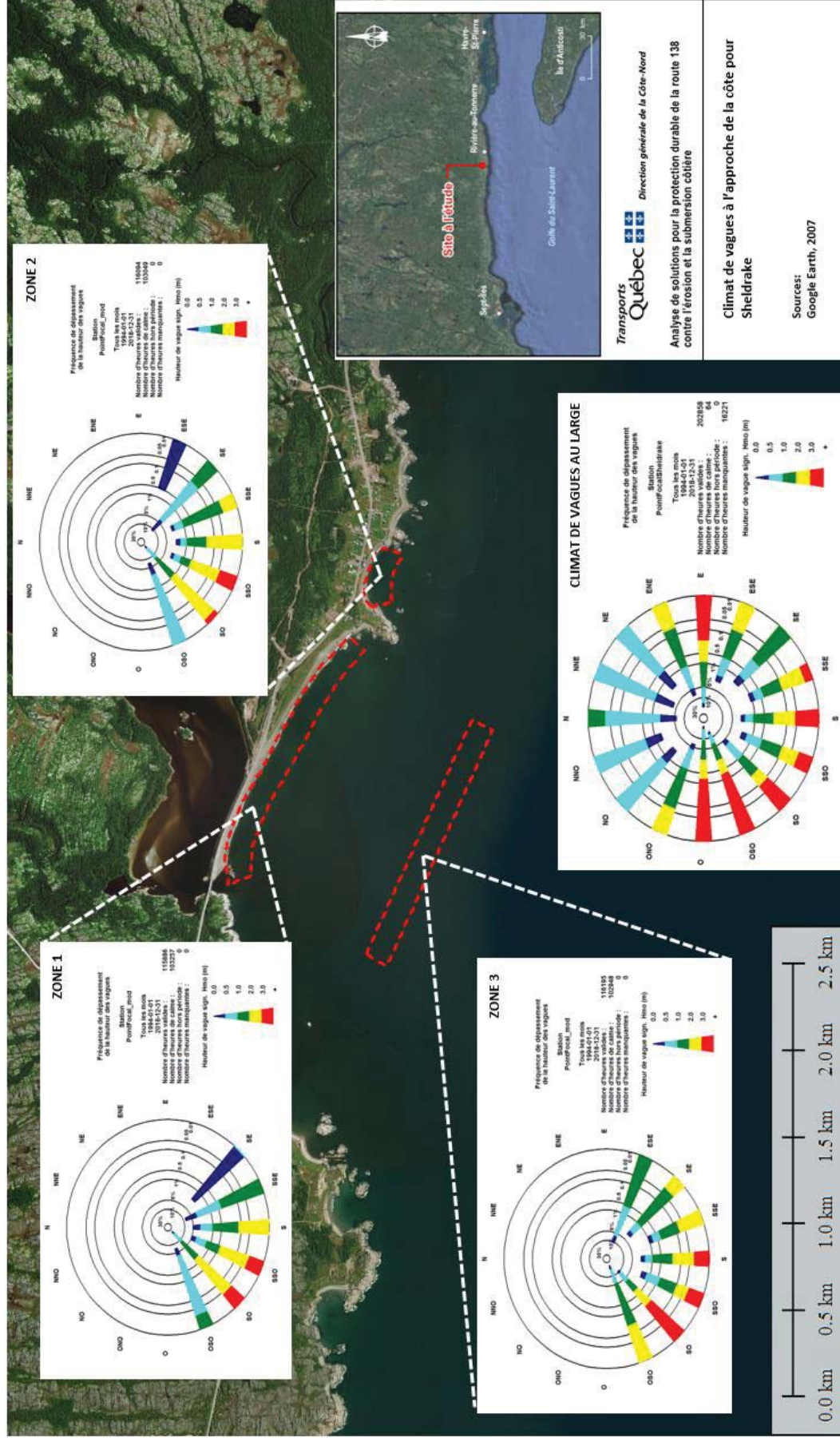


Figure 2-71 Roses des vagues à l'approche de la zone à l'étude

Analyse de solutions à l'érosion et à la submersion côtière dans la zone de Sheldrake dans la municipalité de Rivière-au-Tonnerre

Description du milieu physique, biologique et humain

2.7.4.7 VAGUES DE DIMENSIONNEMENT

Les extrêmes annuels des hauteurs de vagues permettent l'ajustement des lois de distribution d'extrêmes. L'analyse statistique, à l'aide d'ajustements de Gumbel et de Weibull, a été réalisée sur les extrêmes annuels extraits du signal des hauteurs des vagues à proximité de la côte pour chacune des zones et pour la période allant de 1994 à 2018. L'ensemble des résultats est présenté au Tableau 2-19. Dans le cadre de ce projet, la durée des échantillons étant de 25 ans, la pratique admet une extrapolation des extrêmes jusqu'à une période de retour d'environ 3 fois la durée de l'échantillon, soit environ 75 ans. Enfin, les valeurs en gras correspondent à des valeurs suggérées pour lesquelles la qualité de l'ajustement des extrêmes est supérieure (linéarité de l'ajustement et faible erreur moyenne quadratique). L'ajustement « AEV Gumbel » a été retenu pour toutes les zones, car l'ajustement « AEV Weibull » sous-estimait les hauteurs de vagues extrêmes pour des périodes de retour qui dépassent 10 ans.

Tableau 2-19 Hauteurs des vagues extrêmes selon différentes méthodes d'échantillonnage, zones et périodes de retour

ZONE / MÉTHODE D'ÉCHANTIL- LONNAGE	HS ZONE 1		HS ZONE 2		HS ZONE 3	
PÉRIODE DE RETOUR (années)	AEV GUMBEL (m)	AEV WEIBULL (m)	AEV GUMBEL (m)	AEV WEIBULL (m)	AEV GUMBEL (m)	AEV WEIBULL (m)
2	3.19	3.29	3.16	3.26	4.07	4.25
5	3.50	3.54	3.48	3.52	4.69	4.79
10	3.70	3.65	3.69	3.64	5.10	5.04
25	3.96	3.76	3.95	3.76	5.62	5.29
50	4.14	3.83	4.15	3.83	6.01	5.44
75	4.26	3.86	4.27	3.86	6.23	5.51

2.7.5 CARACTÉRISATION DES TEMPÊTES

Une analyse des principales tempêtes historiques au large de Sheldrake a été réalisée pour la période concomitante (1994 à 2018) associée au signal de niveau d'eau et de hauteurs de vagues (Tableau 2-20). Il convient de rappeler que l'analyse ne tient pas compte du possible impact qu'a pu avoir un couvert de glace sur la hauteur des vagues évaluées au large. Il est intéressant de noter qu'aucun des 10 événements de hauteurs de vagues élevées répertoriés n'est survenu à un niveau d'eau dépassant la PMSGM (2,0 m, NMM). Par contre, on observe que 6 des 10 événements, dont les niveaux d'eau dépassaient 2,3 m (NMM), comportaient des vagues au large d'une hauteur de plus de 3 m.

Tableau 2-20 Principales tempêtes reconstituées au large de Sheldrake - Analyse des vagues et des niveaux d'eau élevés pour des événements dont la hauteur significative des vagues dépasse 3 m

TYPE	DATE	HAUTEUR DE VAGUE SIGNIFICATIVE (Hs, m)	DURÉE Hs $\geq 3m$ (heures)	PÉRIODE DE POINTE (Tp, sec)	PROVENANCE (°)	NIVEAU D'EAU (m, NMM)
Hauteurs de vagues élevées	2002-02-08 17 :00	7,3	84	11,1	230	0,76
	2013-02-01 03 :00	6,7	43	10,6	240	1,33
	2006-01-19 09 :00	6,4	55	10,4	250	-0,40
	1996-12-20 22 :00	6,0	45	10,1	260	0,45
	2014-01-26 18 :00	6,0	56	10,0	250	-0,39
	2016-12-31 01 :00	6,0	57	10,0	230	-0,02
	2013-11-28 16 :00	5,9	57	10,0	250	-0,76
	2014-11-18 21 :00	5,9	66	9,9	240	0,46
	2017-12-14 16 :00	5,8	67	9,9	230	-0,70
Niveaux d'eau élevés	2001-02-10 20 :00	5,8	40	9,9	260	-0,75
	2016-12-30 14 :00	4,9	57	9,7	100	2,71
	2010-12-06 14 :00	3,0	127	7,2	90	2,63
	2004-01-23 15 :00	3,0	49	7,0	220	2,38
	1995-02-05 17 :00	5,0	100	9,2	90	2,37
	2000-01-21 14 :00	0,6	0	3,2	30	2,37
	2000-12-12 14 :00	2,1	47	6,1	70	2,34
	2017-01-11 15 :00	2,5	49	7,7	100	2,31
	2005-03-09 13 :00	4,3	77	9,3	100	2,31
	2001-02-10 15 :00	2,9	40	7,5	90	2,30
	2008-11-16 16 :00	3,1	55	7,2	160	2,30

* Valeur obtenue par la combinaison d'événements successifs.

2.8 CARACTÉRISATION DE LA DYNAMIQUE HYDROSÉDIMENTAIRE EN PÉRIODE DE TEMPÊTES

Dans le but de mieux caractériser l'impact des vagues de tempête sur la dynamique sédimentaire dans la cellule de Sheldrake, un modèle hydro-sédimentaire couplé TELEMAC-2D (hydrodynamique) et TOMAWAC (propagation des vagues) a été réalisé. Ce modèle s'étend jusqu'aux environs du point de génération des vagues au large. Cette approche de modélisation permet d'établir les patrons de courants le long du littoral associés à la propagation des vagues de tempête du large vers la côte, et ainsi en déduire le potentiel de transport sédimentaire en termes de direction et de quantité. La Figure 2-72 présente la géométrie du modèle employé, ainsi que le maillage à proximité de la zone d'étude locale.

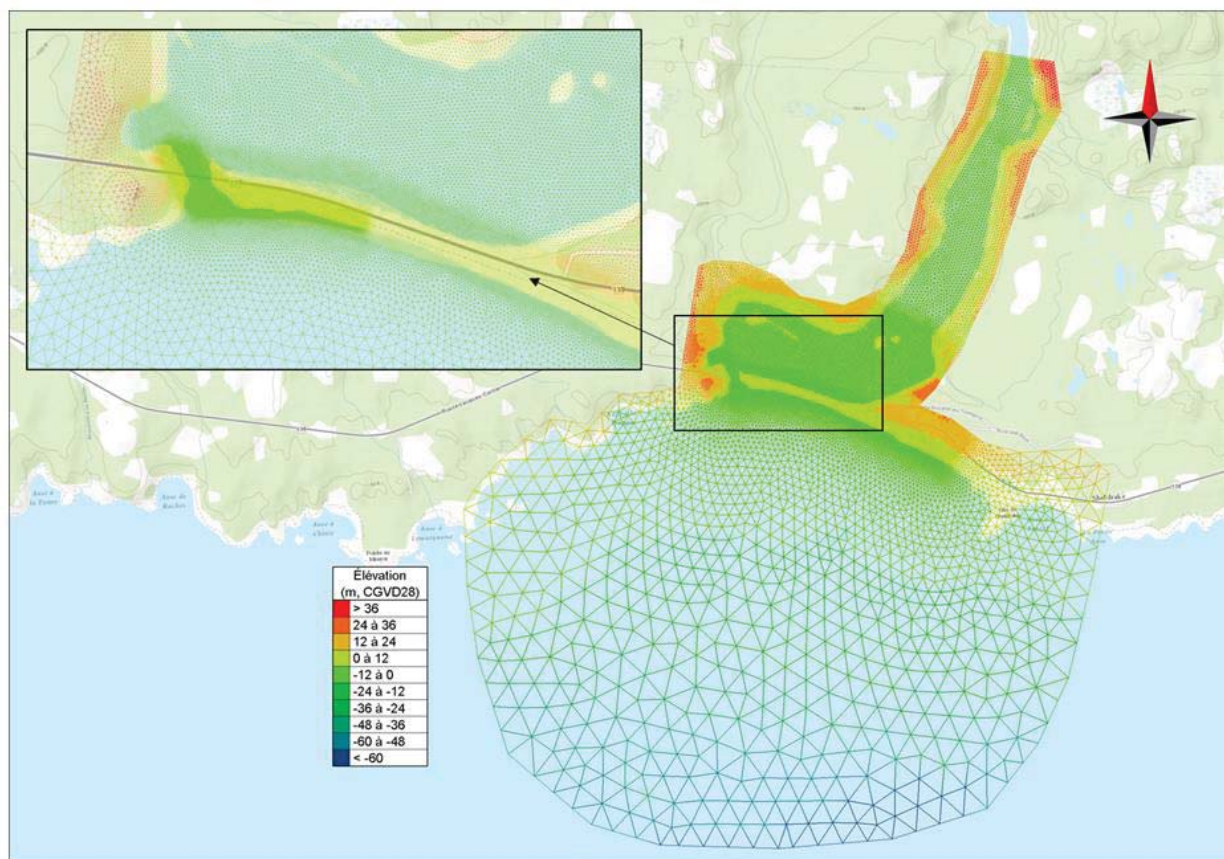


Figure 2-72 : Géométrie et maillage du modèle couplé TELEMAC-TOMAWAC dans le secteur de Sheldrake

Considérant la caractérisation du climat de vagues au large de Sheldrake, les deux scénarios de modélisation présentés au Tableau 2-21 ont été retenus pour la présente analyse. Il s'agit de conditions de vagues de tempêtes en provenance de directions dominantes pour le climat de vagues au large combinées à des niveaux d'eau élevés (PMSGM). De plus, les vagues pour ces deux scénarios proviennent de directions opposées donc plus susceptibles de générer des patrons de courants différents à l'intérieur de la cellule de Sheldrake.

Tableau 2-21 Scénarios de modélisation retenus pour le couplage vagues-courants

Scénario	Hauteur significative de vagues H_s (m)	Période de pointe des vagues (T_p)	Direction d'incidence des vagues (deg)	Niveau d'eau (m, CGVD28)
#1	6,0	8,0	100 (E)	2,0 (PMSGM)
#2	6,0	8,0	250 (OSO)	2,0 (PMSGM)

Pour ces deux scénarios, les vagues au large de 6 m de hauteur significative sont réfractées pour atteindre des hauteurs significatives de l'ordre de 3,5 m aux abords du site à l'étude. Le

scénario #1 (vagues de E) engendre globalement des conditions de vagues plus importantes sur le secteur d'intérêt par rapport au scénario #2 (vagues de l'OSO).

La Figure 2-73 et la Figure 2-74 présentent les courants induits par les vagues au voisinage du site à l'étude pour les scénarios de vagues #1 et #2 respectivement. Les vagues de tempête de l'E (scénario #1) génèrent des courants littoraux de l'ordre de 0,6 à 2,7 m/s transportant des sédiments de l'est vers l'ouest, ainsi qu'un léger jet côtier vers le sud à l'embouchure de la rivière Sheldrake (Figure 2-73). Les vagues de l'OSO (scénario #2) génèrent pour leur part un courant en direction opposée de 0,5 à 2,3 m/s se dirigeant vers l'est (Figure 2-74).

La section 2.4.1 fait mention que la dérive littorale principale est de l'ouest vers l'est. Cela correspond aux courants induits par les vagues pour le scénario #2 (vagues de l'OSO). Considérant qu'il y a une certaine dominance des vagues en provenance des secteurs ouest selon le climat de vagues au large (Figure 2-67), ceci confirme en quelque sorte cette dérive dominante vers l'est. Par contre, il est à noter que ces résultats représentent uniquement un faible pourcentage des sollicitations (faible occurrence), puisque ceux-ci sont associés à des conditions extrêmes combinant fortes vagues au large et niveaux d'eau élevés (PMSGM). Malgré que ces conditions représentent des sollicitations extrêmes pouvant causer des déplacements et une érosion plus significative le long du littoral, ils permettent tout de même de confirmer les directions de la dérive sédimentaire principale et secondaire. Par contre, quant au bilan sédimentaire de la cellule complète qui est en déficit dans son ensemble, il s'avère que la dynamique le long de la zone d'étude demeure complexe. En effet, la réalisation d'un bilan sédimentaire plus détaillé nécessiterait des mesures et des observations terrain beaucoup plus exhaustives, et sur une période minimale de une année afin de se prononcer davantage sur la question et ainsi corroborer de façon plus précise avec l'évolution historique du littoral.

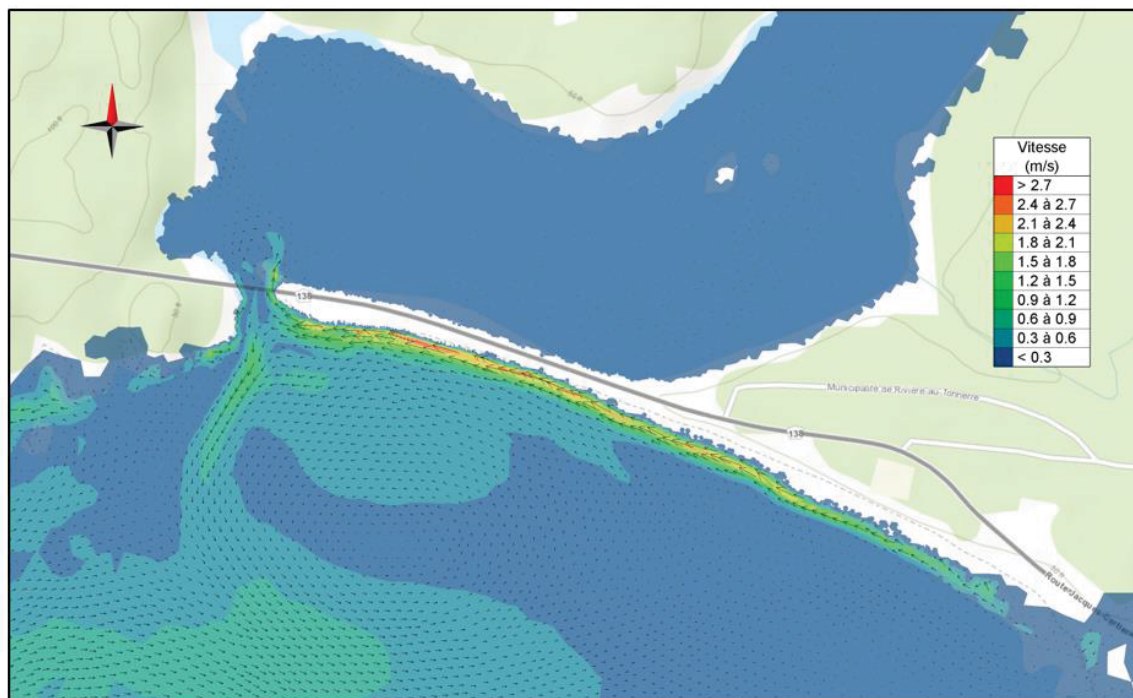


Figure 2-73 : Courants induits par les vagues au voisinage du site à l'étude pour le scénario #1 (vagues de 6 m / 8 s en provenance de l'E en conditions de PMSGM).

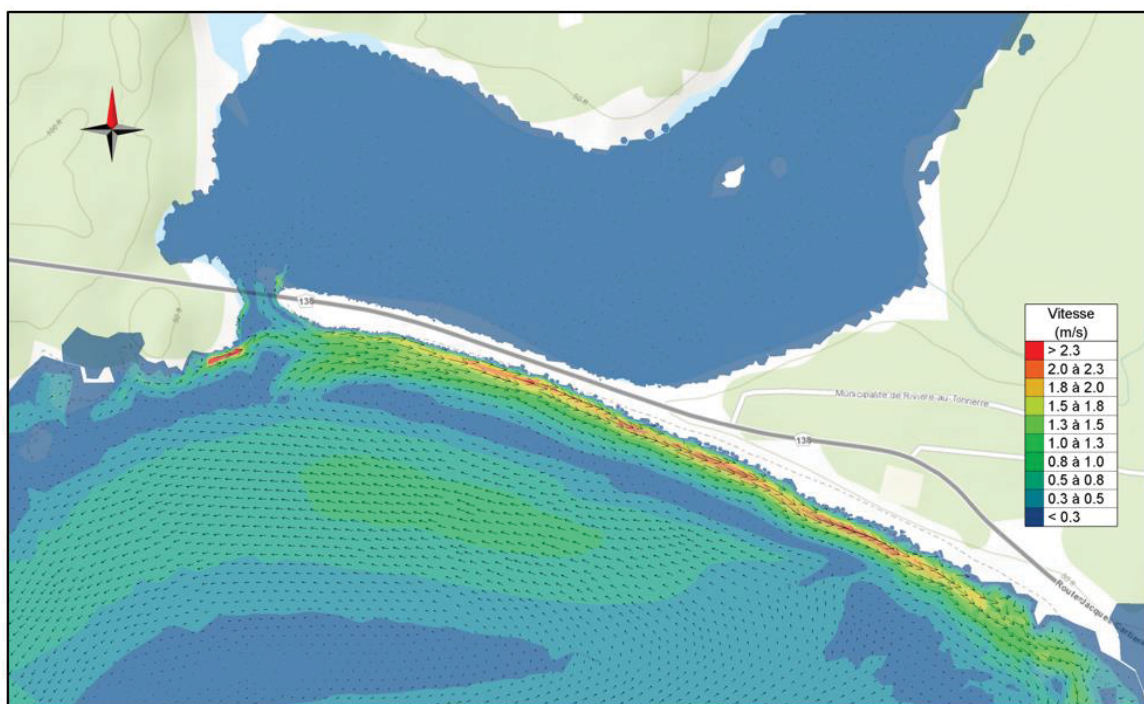


Figure 2-74 : Courants induits par les vagues au voisinage du site à l'étude pour le scénario #2 (vagues de 6 m / 8 s en provenance de l'OSO en conditions de PMSGM).

Les contraintes de cisaillement au fond associées à l'effet combiné des vagues et des courants ont aussi été évaluées en post-traitement à partir des résultats de simulation. La Figure 2-75 et la Figure 2-76 présentent les contraintes de cisaillement maximales sur le fond marin, ainsi que leur orientation moyenne pour les scénarios de vagues #1 et #2 respectivement. Pour le scénario #1 (vagues de l'E), les contraintes de cisaillement au fond atteignent en moyenne entre 8 et 70 N/m² comme maximum et convergent vers l'embouchure de la rivière Sheldrake où de fortes contraintes sont observées sous le pont. Pour le scénario #2 (vagues de l'OSO), les contraintes de cisaillement maximales sur le fond marin sont plus faibles et varient en moyenne entre 5 et 45 N/m². Selon les contraintes de cisaillement critiques pour la mobilisation des sédiments au fond tirée d'une étude du USGS (2008), Figure 2-77, les contraintes de cisaillement au fond rencontrées au voisinage du site à l'étude pour les deux scénarios sont susceptibles de mobiliser des graviers grossiers et des galets de faible dimension.

Ces résultats permettent en partie de corroborer les taux de recul de la ligne de rivage et la redistribution des sédiments le long du littoral dans la cellule de Sheldrake tels qu'évalués avec la caractérisation de l'évolution historique du littoral.

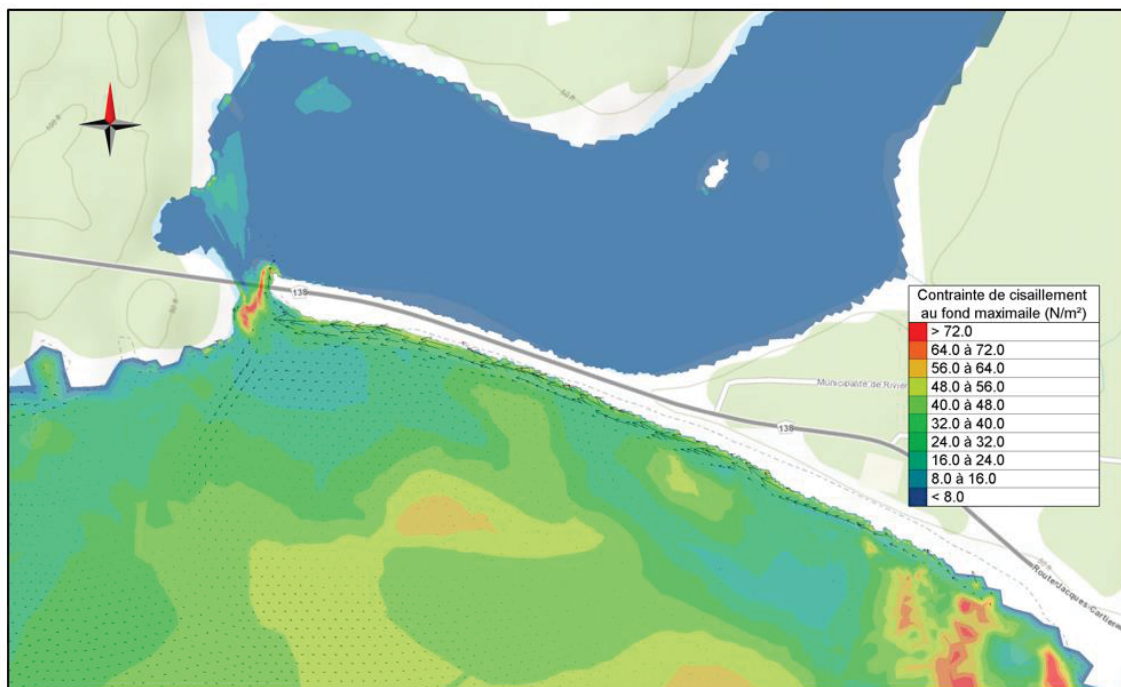


Figure 2-75 : Contraintes de cisaillement maximales sur le fond marin et orientation moyenne des contraintes dans la cellule de Sheldrake pour le scénario #1 (vagues de 6 m / 8 s en provenance de l'E en conditions de PMSGM).

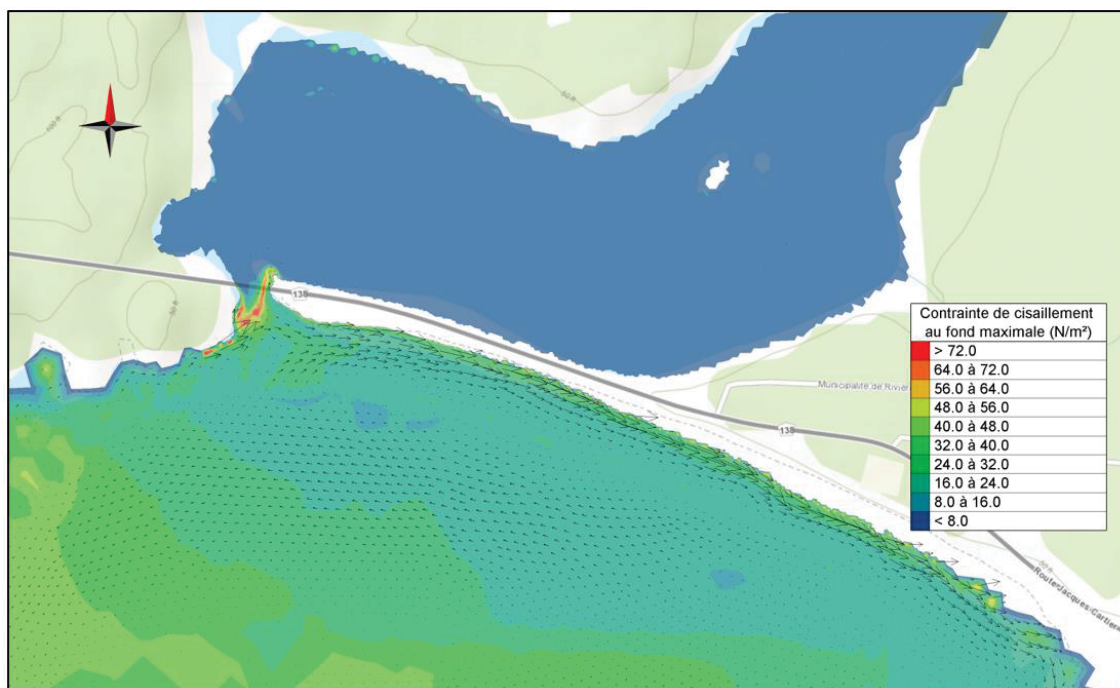


Figure 2-76 : Contraintes de cisaillement maximales sur le fond marin et orientation moyenne des contraintes dans la cellule de Sheldrake pour le scénario #2 (vagues de 6 m / 8 s en provenance de l'OSO en conditions de PMSGM).

Particle classification name	Ranges of particle diameters		Shields parameter (dimensionless)	Critical bed shear stress (τ_c) (N/m²)
	ϕ	mm		
Coarse cobble	-7 – -8	128 – 256	0.054 – 0.054	112 – 223
Fine cobble	-6 – -7	64 – 128	0.052 – 0.054	53.8 – 112
Very coarse gravel	-5 – -6	32 – 64	0.05 – 0.052	25.9 – 53.8
Coarse gravel	-4 – -5	16 – 32	0.047 – 0.05	12.2 – 25.9
Medium gravel	-3 – -4	8 – 16	0.044 – 0.047	5.7 – 12.2
Fine gravel	-2 – -3	4 – 8	0.042 – 0.044	2.7 – 5.7
Very fine gravel	-1 – -2	2 – 4	0.039 – 0.042	1.3 – 2.7
Very coarse sand	0 – -1	1 – 2	0.029 – 0.039	0.47 – 1.3
Coarse sand	1 – 0	0.5 – 1	0.033 – 0.029	0.27 – 0.47
Medium sand	2 – 1	0.25 – 0.5	0.048 – 0.033	0.194 – 0.27
Fine sand	3 – 2	0.125 – 0.25	0.072 – 0.048	0.145 – 0.194
Very fine sand	4 – 3	0.0625 – 0.125	0.109 – 0.072	0.110 – 0.145
Coarse silt	5 – 4	0.0310 – 0.0625	0.165 – 0.109	0.0826 – 0.110
Medium silt	6 – 5	0.0156 – 0.0310	0.25 – 0.165	0.0630 – 0.0826
Fine silt	7 – 6	0.0078 – 0.0156	0.3 – 0.25	0.0378 – 0.0630

Figure 2-77 : Contraintes de cisaillement au fond critiques pour la mobilisation des sédiments en fonction de leur granulométrie.
Source: USGS (2008).

3 DESCRIPTION DU MILIEU BIOLOGIQUE

Dans le cadre du présent projet, la description du milieu biologique a été abordée en regroupant les différents éléments sensibles dans trois secteurs différents.

Tout d'abord, la section 3.1 traite plus généralement des composantes qui s'appliquent à l'ensemble de la zone d'étude élargie. Il est possible d'y retrouver des informations concernant les grands groupements végétaux en milieu terrestre et d'autres types de milieux présents dans la zone d'étude élargie. De plus, des données à caractère régional portant sur les mammifères terrestres et la faune aviaire pouvant fréquenter plusieurs milieux du secteur de Sheldrake y sont présentées.

Ensuite, les sections 3.2 et 3.3 traitent respectivement des caractéristiques plus spécifiques au milieu côtier et au milieu estuarien (rivière Sheldrake) qu'il est possible de retrouver directement au sein de la zone d'étude. Les informations abordées concernant le milieu côtier portent sur la végétation retrouvée le long du littoral et de la route 138, sur l'utilisation faunique des zones intertidale et subtidale, sur la faune ichtyologique retrouvée à l'embouchure de la rivière Sheldrake et au large de la zone d'étude ainsi que sur les mammifères marins pouvant fréquenter la côte.

Enfin, la section traitant du milieu estuarien présente les données disponibles concernant le secteur de la rivière Sheldrake situé entre le pont Touzel et la centrale de la *Société d'énergie rivière Sheldrake*. Il y est question de la végétation observée le long de la rivière Sheldrake, des espèces d'invertébrés marins qu'il est possible d'y trouver, de la faune ichtyologique présente dans la rivière et des observations fauniques réalisées lors de l'inventaire effectué par l'équipe de WSP au mois de septembre 2018.

3.1 GÉNÉRALITÉS

3.1.1 VÉGÉTATION

3.1.1.1 MÉTHODOLOGIE

Les informations présentées dans cette section proviennent d'une analyse des cartes écoforestières du ministère de la Forêt, de la Faune et des Parcs (MFFP), disponibles au public pour consultation (MFFP, 2018a).

3.1.1.2 PRINCIPALES FORMATIONS VÉGÉTALES

Le territoire à l'étude est compris dans la zone de la forêt boréale continue, plus spécifiquement dans le domaine bioclimatique de la pessière à mousses. La forêt est essentiellement composée de peuplements résineux (Carte 3-1) (MFFP, 2018a). Plusieurs milieux humides sont également présents dans la zone d'étude élargie. À l'arrivée dans le village de Sheldrake par la route 138, en provenance de l'ouest, le paysage caractéristique de la Minganie constitué d'une

lande rocailleuse entrecoupée de tourbières et de pessières noires à sapins et à mousses peut être observé (Pérot et Provost, 2008).

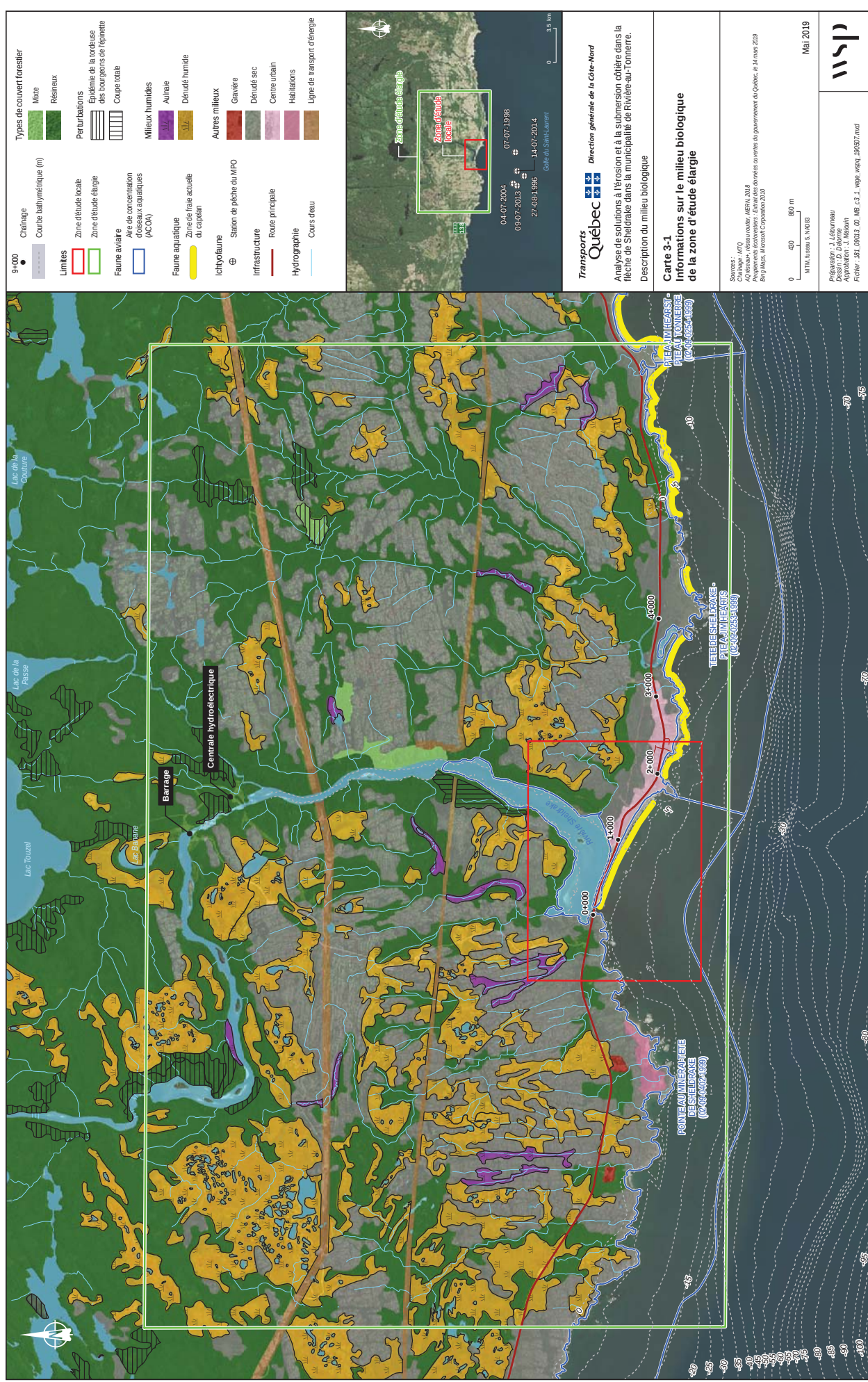
Le Tableau 3-1 présente une synthèse des informations relatives aux grands groupements végétaux et d'autres types de milieux présents dans la zone d'étude élargie. Il est possible d'y constater que le secteur de la flèche de Sheldrake est largement dominé par les dénudés et semi-dénudés secs (3 061,3 ha) et humides (1 810,6 ha). Les dénudés ou semi-dénudés humides correspondent à des tourbières ombrotrophes ouvertes qui sont des milieux humides protégés par le *Règlement sur la compensation pour l'atteinte aux milieux humides et hydriques* (ci-après « le Règlement ») de la *Loi sur la qualité de l'environnement* (LQE).

Le peuplement forestier le plus abondant est la sapinière. Celui-ci couvre une superficie de 1 445,2 ha et comprend des secteurs ayant été affectés par des épidémies légères ou graves de tordeuses des bourgeons de l'épinette.

Tableau 3-1 Synthèse du recouvrement de la zone d'étude élargie par les différents peuplements forestiers et autres types de milieu

CODE	TYPE DE COUVERT	COMPOSITION EN ESSENCES	SUPERFICIE (ha)
DS	--	Dénudé et semi-dénudé sec	3 061,3
DH	--	Dénudé et semi-dénudé humide	1 810,6
SS	Résineux	Sapinière	1 445,2
ES	Résineux	Pessière à sapins baumiers ou à épinettes blanches	979,1
SE	Résineux	Sapinière à épinettes noires ou rouges	841,3
LTE	--	Ligne de transport d'énergie	260,4
EL	--	Épidémie légère (tordeuse des bourgeons)	122,9
AL	--	Aulnaie	87,5
CU	--	Centre urbain	45,9
SBB et BBBBS	Mixte	Bétulaie à bouleaux blancs avec sapins baumiers ou épinettes blanches	43,9
CT	--	Coupe totale	22,0
ES	--	Épidémie grave (tordeuse des bourgeons)	21,3
EME	Résineux	Pessière à mélèzes laricins	17,9
HAB	--	Habitations	17,9
ILE	--	Île (superficie < 1 ha)	8,2
GR	--	Gravière	6,1
EE	Résineux	Pessières à épinettes noires ou rouges	4,2

Source : cartes écoforestières du MFFP (MFFP, 2018)



3.1.2 FAUNE AVIAIRE

Cette section couvre les espèces d'oiseaux susceptibles de fréquenter un ou plusieurs types de milieux présents dans la zone d'étude élargie (estuaire de la rivière Shelldrake, milieu côtier, milieux forestiers, milieux humides d'eau douce, etc.). Elle dresse un portrait global de l'ensemble de la faune aviaire potentiellement présente dans le secteur de la flèche de Shelldrake.

3.1.2.1 MÉTHODOLOGIE

Dans le cadre de la présente étude, aucun inventaire de la faune aviaire sur le terrain n'a été réalisé. Toutefois, une demande d'information a été adressée au MFFP afin d'obtenir les données d'inventaire des aires de concentration d'oiseaux aquatiques (ACOA) présentes dans le secteur à l'étude. Une révision de la littérature scientifique disponible a également été effectuée. De plus, la base de données de l'Atlas des oiseaux nicheurs du Québec a été consultée dans le but de dresser une liste exhaustive des espèces d'oiseaux nicheurs susceptibles de fréquenter la flèche de Shelldrake et ses environs. Ces données ont été recueillies par le Regroupement QuébecOiseaux, le Service canadien de la faune d'Environnement et Changement climatique Canada et Études d'Oiseaux Canada, ainsi que par des milliers de participants dans le cadre de la production du deuxième Atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional (AONQ, 2019).

3.1.2.2 DESCRIPTION DE LA FAUNE AVIAIRE

L'Atlas des oiseaux nicheurs du Québec (AONQ) répertorie 47 espèces nicheuses pour les deux parcelles d'inventaire couvrant l'ensemble de la zone d'étude (20LA66 et 20LA67). Celles-ci sont présentées au Tableau 3-2.

De plus, trois aires de concentration d'oiseaux aquatiques (ACOA) sont présentes au sein de la zone d'étude élargie (Carte 3-1). Les ACOA sont des milieux naturels protégés à valeur élevée. Ces aires sont utilisées, entre autres, pour la nidification et comme halte migratoire par les oies, les bernaches et les canards. Les oiseaux aquatiques y retrouvent une source importante de nourriture composée d'invertébrés marins. Les données des inventaires, qui ont été effectués en 1992 et 1999 par le ministère des Ressources naturelles (MRN), rapportent leurs utilisations par 28 espèces d'oiseaux aquatiques. Les données de ces inventaires sont présentées au Tableau 3-3.

Le comité ZIP Côte-Nord du golfe a également dressé une liste des oiseaux observés dans le secteur de l'embouchure de la rivière Shelldrake entre 1989 et 2007 (Pérot et Provost, 2008). Cette liste est basée sur les données du Club d'ornithologie de la Côte-Nord (COCN) recueillies pour l'Étude des populations d'Oiseaux du Québec (ÉPOQ). Les espèces supplémentaires observées dans le cadre de ces inventaires, qui ne se retrouvent pas dans la liste des oiseaux nicheurs de l'AONQ ni dans les inventaires des ACOA par le MRN, sont présentées au Tableau 3-4.

Une révision de la littérature effectuée par une ornithologue professionnelle de l'équipe de WSP a aussi permis d'identifier une liste d'espèces supplémentaires n'ayant pas été observées lors des inventaires de l'AONQ, des ACOA et du COCN, mais qui demeurent susceptibles de fréquenter la zone d'étude à certaines périodes de l'année. Ces espèces sont présentées au

Tableau 3-5 présentant la période de l'année à laquelle elles sont susceptibles de fréquenter le secteur de la flèche de Sheldrake.

En somme, la combinaison de ces quatre différentes sources d'informations permet de déterminer qu'un total de 146 espèces d'oiseaux peuvent fréquenter le secteur de Sheldrake et ses environs. À noter que parmi ces espèces, 16 sont désignées par un statut légal de protection attribué par les instances gouvernementales provinciale et/ou fédérale. Plus de détails sur le statut de ces 16 espèces sont présentés à la section 3.4.

Tableau 3-2 Liste des espèces nicheuses inventoriées dans les parcelles 20LA66 et 20LA67 dans le cadre de l'Atlas des oiseaux nicheurs du Québec (AONQ)

ESPÈCE			CATÉGORIE DE NIDIFICATION ¹
Famille	Nom vernaculaire	Nom latin	
Anatidae	Canard noir	<i>Anas rubripes</i>	POSS
	Bernache du Canada	<i>Branta canadensis</i>	CONF
	Eider à duvet	<i>Somateria mollissima</i>	CONF
	Grand Harle	<i>Mergus merganser</i>	POSS
Columbidae	Tourterelle triste	<i>Zenaida macroura</i>	CONF
Scolopacidae	Grand Chevalier	<i>Tringa melanoleuca</i>	PROB
	Bécassine de Wilson	<i>Gallinago delicata</i>	POSS
Laridae	Goéland argenté	<i>Larus argentatus</i>	POSS
	Mouette tridactyle	<i>Rissa tridactyla</i>	CONF
	Goéland à bec cerclé	<i>Larus delawarensis</i>	POSS
	Goéland marin	<i>Larus marinus</i>	CONF
	Sterne pierregarin	<i>Sterna hirundo</i>	PROB
Gaviidae	Plongeon huard	<i>Gavia immer</i>	POSS
Phalacrocoracidae	Cormoran à aigrettes	<i>Phalacrocorax auritus</i>	POSS
Accipitridae	Buse à queue rousse	<i>Buteo jamaicensis</i>	POSS
Falconidae	Crécerelle d'Amérique	<i>Falco sparverius</i>	POSS
Tyrannidae	Moucherolle à ventre jaune	<i>Empidonax flaviventris</i>	PROB
	Moucherolle des aulnes	<i>Empidonax alnorum</i>	PROB
	Moucherolle tchébec	<i>Empidonax minimus</i>	POSS
Vireonidae	Viréo de Philadelphie	<i>Vireo philadelphicus</i>	PROB
Corvidae	Corneille d'Amérique	<i>Corvus brachyrhynchos</i>	POSS
	Grand corbeau	<i>Corvus corax</i>	POSS
Hirundinidae	Hirondelle bicolore	<i>Tachycineta bicolor</i>	CONF
Sittidae	Sittelle à poitrine rousse	<i>Sitta canadensis</i>	POSS
Regulidae	Roitelet à couronne rubis	<i>Regulus calendula</i>	PROB
Turdidae	Grive à dos olive	<i>Catharus ustulatus</i>	PROB
	Grive solitaire	<i>Catharus guttatus</i>	PROB
	Merle d'Amérique	<i>Turdus migratorius</i>	CONF
Sturnidae	Étourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	CONF
Bombycillidae	Jaseur d'Amérique	<i>Bombycilla cedrorum</i>	POSS
Fringillidae	Bec-croisé bifascié	<i>Loxia leucoptera</i>	POSS
	Tarin des pins	<i>Spinus pinus</i>	POSS
	Chardonneret jaune	<i>Spinus tristis</i>	PROB

ESPÈCE			CATÉGORIE DE NIDIFICATION ¹
Famille	Nom vernaculaire	Nom latin	
Passerellidae	Bruant familier	<i>Spizella passerina</i>	CONF
	Bruant des prés	<i>Passerculus sandwichensis</i>	POSS
	Bruant chanteur	<i>Melospiza melodia</i>	PROB
	Bruant de Lincoln	<i>Melospiza lincolni</i>	PROB
	Bruant à gorge blanche	<i>Zonotrichia albicollis</i>	CONF
Icteridae	Quiscale bronzé	<i>Quiscalus quiscula</i>	POSS
Parulidae	Paruline obscure	<i>Oreothlypis peregrina</i>	PROB
	Paruline à joues grises	<i>Oreothlypis ruficapilla</i>	POSS
	Paruline jaune	<i>Setophaga petechia</i>	PROB
	Paruline à tête cendrée	<i>Setophaga magnolia</i>	PROB
	Paruline à gorge noire	<i>Setophaga virens</i>	POSS
	Paruline rayée	<i>Setophaga striata</i>	PROB
	Paruline flamboyante	<i>Setophaga ruticilla</i>	POSS
	Paruline masquée	<i>Geothlypis trichas</i>	PROB

Source: Atlas des oiseaux nicheurs du Québec 2019 (AONQ 2019)

¹ Catégorie de nidification: POSS = possible, PROB = probable, CONF = confirmée

Tableau 3-3 Données issues des inventaires de 1992 et 1999 réalisés dans les ACOA du secteur de la flèche de Sheldrake

ESPECE		HABITAT												Sous- total	Pointe à Jim Hearst – Pointe au Tonnerre				Sous- total	Total
		Tête de Sheldrake, Pointe au Minerai (02-09-0402)				Tête de Sheldrake, Pointe à Jim Hearst (02-09-0253)				Sous- total					Pointe à Jim Hearst (02-09-0254)					
Nom vernaculaire	Nom latin	27-04-1992	11-05-1992	19-05-1992	13-05-1999	06-10-1999	Sous- total	28-04-1992	12-05-1992	20-05-1992	13-05-1999	06-10-1999	Sous- total	28-04-1992	12-05-1992	20-05-1992	13-05-1999	06-10-1999	Sous- total	Total
Harle huppé	<i>Mergus serrator</i>	0	38	88	135	28	289	0	19	36	226	0	281	0	28	48	131	7	214	784
Bernache du Canada	<i>Brania canadensis</i>	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Harelda kakawi	<i>Clangula hyemalis</i>	3	0	16	73	9	101	0	0	2	25	0	27	0	0	2	2	2	6	134
Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Canard noir	<i>Anas rubripes</i>	3	23	47	1	25	99	0	0	1	0	0	1	2	7	1	2	0	12	112
Canard pilet	<i>Anas acuta</i>	0	4	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	7
Canard sp.	--	0	0	0	6	22	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	50	78
Cormoran à aigrettes	<i>Phalacrocorax aurilus</i>	0	0	7	0	4	11	0	4	0	0	1	5	0	14	4	10	0	28	44
Eider à duvet	<i>Somateria mollissima</i>	89	47	1	4	181	322	107	7	18	21	49	202	16	0	0	46	43	105	629
Fou de bassin	<i>Morus bassanus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	12	12
Plongeon huard	<i>Gavia immer</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	2
Garrot à œil d'or	<i>Bucephala clangula</i>	2	38	12	0	0	52	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	17	69
Garrot d'Islande	<i>Bucephala islandica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10
Garrot sp.	--	68	59	0	0	0	127	5	20	0	0	0	25	0	20	0	0	0	20	172
Goéland marin	<i>Larus marinus</i>	0	3	0	0	0	3	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	5
Goéland arctique	<i>Larus glaucoides</i>	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Goéland argenté	<i>Larus argentatus</i>	0	0	150	50	0	200	0	0	0	0	0	0	10	0	50	0	0	60	260
Goéland sp.	--	200	150	0	0	0	350	0	0	0	0	0	0	0	90	0	0	0	90	440
Harle bievre	<i>Mergus merganser</i>	0	37	0	0	0	37	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4	41
Guillemot à miroir	<i>Cephus grylle</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
Macreuse à ailes blanches	<i>Melanitta deglandi</i>	0	2	0	0	66	68	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	70
Macreuse à bec jaune	<i>Melanitta americana</i>	0	0	147	2	70	219	0	0	4	3	0	7	0	0	0	5	0	5	231
Macreuse à front blanc	<i>Melanitta perspicillata</i>	1	298	452	3 025	134	3 910	0	80	654	960	0	1 694	0	54	0	138	0	192	5 796
Macreuse sp.	--	11	162	201	0	627	1 001	0	39	417	0	62	518	0	26	32	0	0	58	1 577
Mouette tridactyle	<i>Rissa tridactyla</i>	0	0	0	120	0	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120
Fuligule sp.	--	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Petit fuligule	<i>Aythya affinis</i>	0	0	17	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	6	26	0	0	32	49
Sarcelle à ailes	<i>Anas carolinensis</i>	0	0	15	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15

Source : MFFP 2019. Demande d'accès à l'information, requête n° 20190206-19.

Note : les espèces en caractère gras sont désignées par un statut de protection légal

Tableau 3-4 Liste des espèces d'oiseaux observées près de l'embouchure de la rivière Sheldrake n'ayant pas été notées dans le cadre de l'AONQ et des inventaires des ACOA, selon les données colligées par le comité ZIP Côte-Nord du Golfe

ESPÈCE			ANNÉE D'OBSERVATION
Famille	Nom vernaculaire	Nom latin	
Anatidae	Arlequin plongeur	<i>Histrionicus histrionicus</i>	1996, 2000
	Bernache cravant	<i>Branta bernicla</i>	2007
	Canard d'Amérique	<i>Mareca americana</i>	2003
	Canard souchet	<i>Spatula clypeata</i>	2007
	Macreuse brune	<i>Melanitta fusca</i>	1990, 1991, 1992, 1997, 1998, 1999, 2000, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007
	Macreuse noire	<i>Melanitta nigra</i>	1990, 1992, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2004, 2005, 2006, 2007
	Petit garrot	<i>Bucephala albeola</i>	2007
	Fuligule à collier	<i>Aythya collaris</i>	2003, 2004, 2006
	Fuligule milouinan	<i>Aythya marila</i>	1997, 2003, 2005, 2006, 2007
	Sarcelle d'hiver	<i>Anas crecca</i>	1992, 1997, 1998, 2000, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007
Phasianidae	Gélinotte huppée	<i>Bonasa umbellus</i>	2004
Charadriidae	Pluvier kildir	<i>Charadrius vociferus</i>	1999, 2006
	Pluvier semi-palmé	<i>Charadrius semipalmatus</i>	1999, 2003
Scolopacidae	Bécasseau à croupion blanc	<i>Calidris fuscicollis</i>	2007
	Bécasseau minuscule	<i>Calidris minutilla</i>	1995
	Bécasseau de sanderling	<i>Calidris alba</i>	2002, 2006
	Bécasseau semipalmé	<i>Calidris pusilla</i>	1995
	Bécasseau violet	<i>Calidris maritima</i>	2006
	Chevalier grivelé	<i>Actitis macularius</i>	2002, 2006, 2007
	Chevalier solitaire	<i>Tringa solitaria</i>	2007
	Courlis corlieu	<i>Numenius phaeopus</i>	2003, 2004
Alcidae	Petit pingouin	<i>Alca torda</i>	2002, 2005
Laridae	Mouette atricille	<i>Leucophaeus atricilla</i>	2005
	Mouette de Bonaparte	<i>Chroicocephalus philadelphia</i>	2003
	Mouette pygmée	<i>Hydrocoloeus minutus</i>	1995
	Goéland bourgmestre	<i>Larus hyperboreus</i>	1990, 1997, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007
	Goéland brun	<i>Larus fuscus</i>	2004, 2006
Gaviidae	Plongeon catmarin	<i>Gavia stellata</i>	1998, 1999, 2002, 2004, 2005, 2006, 2007
Ardeidae	Grand héron	<i>Ardea herodias</i>	2003
Pandionidae	Balbuzard pêcheur	<i>Pandion haliaetus</i>	1995, 1997, 2000, 2006, 2007
Accipitridae	Autour des palombes	<i>Accipiter gentilis</i>	2003, 2007
	Busard des marais	<i>Circus hudsonius</i>	1990, 1997, 2000, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007

ESPÈCE			ANNÉE D'OBSERVATION
Famille	Nom vernaculaire	Nom latin	
	Buse pattue	<i>Buteo lagopus</i>	1997, 1999, 2002, 2003, 2004, 2005, 2007
	Épervier brun	<i>Accipiter striatus</i>	2000, 2002, 2003
	Pygargue à tête blanche	<i>Haliaeetus leucocephalus</i>	1991, 2003, 2006, 2007
Strigidae	Épervière boréale	<i>Surnia ulula</i>	2005
	Harfang des neiges	<i>Bubo scandiacus</i>	2001, 2003, 2004, 2006
	Nyctale de Tengmalm	<i>Aegolius funereus</i>	1998, 2004
Alcedinidae	Martin-pêcheur d'Amérique	<i>Megasceryle alcyon</i>	2001, 2006
Picidae	Pic à dos noir	<i>Picoides arcticus</i>	2004, 2006, 2007
	Pic à dos rayé	<i>Picoides dorsalis</i>	2006, 2007
	Pic flamboyant	<i>Colaptes auratus</i>	1997, 2001, 2005, 2007
	Pic mineur	<i>Dryobates pubescens</i>	2007
Falconidae	Faucon émerillon	<i>Falco columbarius</i>	1997, 1999, 2001, 2004, 2006, 2007
	Faucon gerfaut	<i>Falco rusticolus</i>	1992, 2001
	Faucon pèlerin	<i>Falco peregrinus</i>	2005, 2007
Laniidae	Pie-grièche grise	<i>Lanius excubitor</i>	2005
Corvidae	Mésangeai du Canada	<i>Perisoreus canadensis</i>	1996, 2000, 2004, 2006, 2007
Alaudidae	Alouette Hausse-col	<i>Eremophila alpestris</i>	2000, 2007
Hirundinidae	Hirondelle de rivage	<i>Riparia riparia</i>	2001
Paridae	Mésange à tête brune	<i>Poecile hudsonicus</i>	2006, 2007
	Mésange à tête noire	<i>Poecile atricapillus</i>	2002, 2006, 2007
Regulidae	Roitelet à couronne dorée	<i>Regulus satrapa</i>	2007
Motacillidae	Pipit d'Amérique	<i>Anthus rubescens</i>	2007
Bombycillidae	Jaseur boréal	<i>Bombycilla garrulus</i>	1998
Fringillidae	Durbec des sapins	<i>Pinicola enucleator</i>	1995, 2004, 2005, 2006, 2007
	Sizerin blanchâtre	<i>Acanthis hornemanni</i>	2000
	Sizerin flammé	<i>Acanthis flammea</i>	1995, 2000, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007
Calcariidae	Plectrophane des neiges	<i>Plectrophenax nivalis</i>	1998, 2000, 2003, 2004, 2006, 2007
	Plectrophane lapon	<i>Calcarius lapponicus</i>	2000, 2004, 2006, 2007
Passerellidae	Bruant à couronne blanche	<i>Zonotrichia leucophrys</i>	2007
	Bruant des marais	<i>Melospiza georgiana</i>	2007
	Bruant fauve	<i>Passerella iliaca</i>	2000
	Bruant hudsonien	<i>Spizelloides arborea</i>	1997, 2007
	Junco ardoisé	<i>Junco hyemalis</i>	1997, 1999, 2000, 2002, 2007
	Tohi à flancs roux	<i>Pipilo erythrophthalmus</i>	1995
Icteridae	Quiscale rouilleux	<i>Euphagus carolinus</i>	2007
Parulidae	Paruline à croupion jaune	<i>Setophaga coronata</i>	1999, 2000, 2001, 2005, 2007
Troglodytidae	Troglodyte des forêts	<i>Troglodytes hiemalis</i>	1999, 2000

Source : Comité Zip Côte-Nord du Golfe (Pérot et Provost, 2008)

Note: les espèces en caractère gras sont désignées par un statut de protection légal

Tableau 3-5 Espèces supplémentaires pouvant fréquenter la zone d'étude élargie à certaines périodes de l'année

ESPÈCE ¹			PÉRIODE DE FRÉQUENTATION POTENTIELLE
Famille	Nom vernaculaire	Nom latin	
<i>Accipitridae</i>	Aigle royal	<i>Aquila chrysaetos</i>	Migration
<i>Scolopacidae</i>	Bécasseau maubèche (sous-espèce rufa)	<i>Calidris canutus rufa</i>	Migration
	Bécasseau roussâtre	<i>Tryngites subruficollis</i>	Migration
	Phalarope à bec étroit	<i>Phalaropus lobatus</i>	Migration
<i>Caprimulgidae</i>	Engoulevent d'Amérique	<i>Chordeiles minor</i>	Nidification
<i>Fringillidae</i>	Gros-bec errant	<i>Coccothraustes vespertinus</i>	Nidification
<i>Strigidae</i>	Hibou des marais	<i>Asio flammeus</i>	Nidification
<i>Hirundinidae</i>	Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>	Nidification
<i>Tyrannidae</i>	Moucherolle à côtés olive	<i>Contopus cooperi</i>	Nidification
<i>Parulidae</i>	Paruline du Canada	<i>Cardellina canadensis</i>	Nidification

¹ Toutes les espèces de cette liste détiennent un statut de protection légal provincial et/ou fédéral

3.1.3 FAUNE TERRESTRE

Les habitats adéquats pour la faune terrestre susceptible de fréquenter le secteur de la flèche de Sheldrake sont principalement composés par les milieux forestiers et les milieux humides d'eau douce. Toutefois, il est aussi probable que certaines espèces se retrouvent à proximité de l'estuaire de la rivière Sheldrake et de la zone côtière. Ainsi, cette section présente l'ensemble des espèces fauniques terrestres pouvant être retrouvées dans la zone d'étude élargie du projet.

3.1.3.1 MÉTHODOLOGIE

La description de l'utilisation de la zone d'étude par la faune terrestre a été effectuée à partir des informations provenant de la littérature et des bases de données publiques disponibles. Une demande d'accès à l'information a également été envoyée au MFFP afin d'obtenir un sommaire des connaissances actuelles sur les espèces fréquentant la zone d'étude et ses environs.

3.1.3.2 DESCRIPTION DE LA FAUNE TERRESTRE

MAMMIFÈRES TERRESTRES

Tout d'abord, l'étude d'impact sur l'environnement réalisée dans le cadre du projet d'aménagement hydroélectrique de la rivière Sheldrake au site de la Courbe du Sault (Alliance Environnement inc. 2008) a permis de dresser un portrait des espèces de mammifères terrestres pouvant fréquenter le secteur de Sheldrake et ses environs. En effet, des observations visuelles ou des signes de présence, notés entre le 6 et le 15 août 2003 et lors d'inventaires réalisés en 2007, ont permis de confirmer la présence de neuf espèces de mammifères terrestres (Tableau 3-6).

Parmi ces espèces, l'orignal, l'ours noir et le vison d'Amérique ont été les plus souvent détectés dans le secteur de Sheldrake lors de la réalisation de l'étude d'impact (Alliance Environnement inc. 2008). Pour ce qui est de l'orignal, des inventaires, réalisés au courant de l'hiver 1987-1988 dans la zone de chasse 19 dans laquelle se situe la zone d'étude, ont permis d'estimer une densité moyenne de 0,43 individus/10 km². Cette densité, relativement peu élevée, peut être expliquée par une faible présence de peuplements feuillus, mixtes ou en régénération dans le secteur à l'étude (Alliance Environnement inc. 2008). De plus, les données disponibles sur l'ours noir dans le *Plan de gestion de l'ours noir 2006-2013* du MFFP (Lamontagne et al., 2006) indiquent que la densité des individus de cette espèce dans la zone de chasse 19 est de 0,3 ours noir/10 km² pour une population estimée à 4 473 individus. Tout comme pour l'orignal, la faible diversité de peuplements présents ne permet pas de soutenir une population plus importante d'ours noir dans le secteur (Alliance Environnement inc. 2008). Dans le cas du vison d'Amérique, ce sont les habitats à la densité végétale élevée, situés près de l'eau, dans la partie amont de la rivière Sheldrake qui permettraient à l'espèce de proliférer.

De plus, selon les informations fournies suite à la demande d'accès à l'information (BT2019206-19) adressée au MFFP dans le cadre du présent projet, des activités de chasse à l'orignal et au petit gibier sont pratiquées à l'intérieur de la zone d'étude. Il y a également des activités de piégeage des animaux à fourrure en zone libre et sur des terrains de piégeage enregistrés (09-45-523, 09-45-524, 09-45-525, 09-45-526 et 09-45-530). En effet, le secteur de Sheldrake fait partie de l'unité de gestion des animaux à fourrure (UGAF) 61. Les statistiques de piégeage fournissant le nombre annuel de peaux brutes vendues pour l'UGAF 61 sont présentées au Tableau 3-7. À noter que les résultats de piégeage permettent de confirmer la présence de quatre espèces de mammifères terrestres qui n'ont pas été identifiées lors de l'étude d'impact dans la zone d'étude, soit la belette (belette pygmée et/ou hermine, *Mustela sp.*), le lynx du Canada (*Lynx canadensis*), le loup (*Canis lupus*) et le renard roux (*Vulpes vulpes*). À noter également que la moufette rayée (*Mephitis mephitis*) aurait déjà été piégée dans le secteur de la rivière Sheldrake au cours des dernières années (Alliance Environnement inc. 2008).

Tableau 3-6 Mammifères terrestres recensés lors des inventaires menés dans le cadre de l'étude d'impact du projet d'aménagement hydroélectrique de la rivière Sheldrake au site de la Courbe du Sault

ESPÈCE		
Famille	Nom vernaculaire	Nom latin
Castoridés	Castor	<i>Castor canadensis</i>
Sciuridés	Écureuil roux	<i>Tamiasciurus hudsonicus</i>
Mustélidés	Loutre de rivière	<i>Lontra canadensis</i>
	Vison d'Amérique	<i>Mustela vison</i>
	Martre d'Amérique	<i>Martes americana</i>
Cervidés	Orignal	<i>Alces alces</i>
Ursidés	Ours noir	<i>Ursus americanus</i>
Muridés	Rat musqué	<i>Ondatra zibethicus</i>
Erethizontidés	Porc-épic	<i>Erethizon dorsatum</i>

Source : (Alliance Environnement inc., 2008)

Tableau 3-7 Statistiques de piégeage pour les espèces d'animaux à fourrure récoltées en 2017-2018 dans l'UGAF 61

ESPÈCE			NOMBRE DE FOURRURES BRUTES VENDUES
Famille	Nom vernaculaire	Nom latin	
Castoridés	Castor	<i>Castor canadensis</i>	108
Sciuridés	Écureuil roux	<i>Tamiasciurus hudsonicus</i>	274
Mustélidés	Belettes (incluant la belette pygmée et l'hermine)	<i>Mustela sp.</i>	288
	Loutre de rivière	<i>Lontra canadensis</i>	26
	Vison d'Amérique	<i>Mustela vison</i>	63
Félidés	Lynx du Canada	<i>Lynx canadensis</i>	12
Ursidés	Ours noir	<i>Ursus americanus</i>	2
Muridés	Rat musqué	<i>Ondatra zibethicus</i>	42
Canidés	Loup gris	<i>Canis lupus</i>	3
	Renard roux (incluant les variétés rousse, argentée et croisée)	<i>Vulpes vulpes</i>	63

Source : MFFP, 2019

Enfin, basé sur la liste des espèces de mammifères normalement associée à la forêt boréale, il est possible d'identifier cinq espèces susceptibles de fréquenter le secteur de Sheldrake qui sont présentes sur la liste des espèces fauniques menacées ou vulnérables au Québec et/ou sur la liste du Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). Il s'agit du caribou forestier (*Rangifer tarandus*) (vulnérable au provincial et menacée au fédéral), de la belette pygmée (*Mustela nivalis*) (susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable au provincial), de la chauve-souris cendrée (*Lasiurus cinereus*) (susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable au provincial), du campagnol des rochers (*Microtus chrotorrhinus*) (susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable au provincial) et du campagnol lemming de Cooper (*Synaptomys cooperi*) (susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable au provincial).

À noter que le secteur à l'étude se situe dans la zone d'application du Plan de rétablissement du caribou forestier (Équipe de rétablissement du caribou forestier du Québec, 2013). En effet, il est possible de retrouver quelques petits groupes d'individus dans la zone de chasse 19. Toutefois, les densités notées y restent très faibles par rapport aux autres secteurs où l'espèce est retrouvée au Québec. Des observations ponctuelles de caribou forestier ont été réalisées à proximité de la rivière Magpie située à environ 30 km de la rivière Sheldrake. Cependant, aucune observation n'a été réalisée directement dans le secteur de Sheldrake au cours des dernières années (Alliance Environnement inc. 2008).

HERPÉTOFAUNE

L'herpétofaune québécoise compte 17 espèces de reptiles et 21 espèces d'amphibiens (Desroches et Rodrigue, 2004). Ce dernier groupe est particulièrement associé aux milieux humides, lesquels sont présents en plus grande abondance dans la portion ouest de la zone d'étude élargie. Selon le *Guide des amphibiens et reptiles du Québec et des Maritimes* (Desroches et Rodrigue, 2004) ainsi que l'*Atlas des Amphibiens et Reptiles du Québec* (AARQ), 12 espèces sont susceptibles de se retrouver dans le secteur de la rivière Sheldrake

(Tableau 3-8). À noter qu'aucune de ces espèces ne sont adaptées pour survivre dans des conditions marines.

Tableau 3-8 Liste des espèces d'amphibiens et de reptiles susceptibles d'être présentes dans la zone d'étude

ESPÈCE		
Famille	Nom vernaculaire	Nom latin
Salamandridés	Triton vert	<i>Notophthalmus viridescens</i>
Ambystomatidés	Salamandre à points bleus	<i>Ambystoma laterale</i>
	Salamandre maculée	<i>Ambystoma maculatum</i>
Pléthodontidés	Salamandre à deux lignes	<i>Eurycea bislineata</i>
	Salamandre cendrée	<i>Plethodon cinereus</i>
Bufonidés	Crapaud d'Amérique	<i>Bufo americanus</i>
Hylidés	Rainette crucifère	<i>Pseudacris crucifer</i>
Ranidés	Grenouille des bois	<i>Rana sylvatica</i>
	Grenouille léopard	<i>Rana pipiens</i>
	Grenouille verte	<i>Rana clamitans melanota</i>
	Grenouille du nord	<i>Rana septentrionalis</i>
Colubridés	Couleuvre rayée	<i>Thamnophis sirtalis</i>

Source : Desroches et Rodrigue 2004; Atlas des Amphibiens et Reptiles du Québec (AARQ)

L'étude d'impact sur l'environnement réalisée dans le cadre du projet d'aménagement hydroélectrique de la rivière Sheldrake au site de la Courbe du Sault (Alliance Environnement inc. 2008) a permis de confirmer la présence de trois de ces espèces dans le secteur de Sheldrake en 2003, soit le crapaud d'Amérique (*Bufo americanus*), la grenouille du Nord (*Rana septentrionalis*) et la rainette crucifère (*Pseudacris crucifer*). À noter également qu'au moment de la rédaction de cette étude d'impact en 2007, une demande d'informations avait été adressée au Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ). Les données fournies mentionnaient qu'il était possible que la tortue luth (*Dermochelys coriacea*) fréquente le littoral côtier du secteur de Sheldrake. La tortue luth est une espèce désignée comme étant menacée au Québec et en voie de disparition, selon la législation fédérale (COSEPAC). Toutefois, les réponses du CDPNQ dans le cadre du présent projet ne mentionnent pas la présence de cette espèce ou de toute autre espèce menacée ou vulnérable dans la zone d'étude.

3.2 MILIEU CÔTIER

3.2.1 VÉGÉTATION

3.2.1.1 MÉTHODOLOGIE

INVENTAIRE DE TERRAIN

Une évaluation sommaire des principaux groupements végétaux a été réalisée lors de la caractérisation de la zone intertidale, dans le secteur d'étude local, les 17 et 18 septembre 2018

par deux biologistes et un technicien de la faune. Considérant la grande homogénéité du milieu à l'étude et de la forte influence des infrastructures, il n'a pas été jugé nécessaire d'effectuer un inventaire exhaustif de la végétation. Les observations réalisées ont été documentées à l'aide de photographies générales des milieux.

RECHERCHE DOCUMENTAIRE

Afin de compléter les informations recueillies sur le terrain, une recherche documentaire a été effectuée. Celle-ci a permis la consultation et la compilation des informations pertinentes disponibles au public et contenues à l'intérieur de rapports scientifiques, d'articles scientifiques, de rapports d'étude environnementale et de banques de données accessibles en ligne. Les données récoltées ont permis de compléter le portrait global de la végétation côtière. Une revue de la documentation existante concernant les espèces de plantes à statut a également été réalisée.

3.2.1.2 DESCRIPTION DES MILIEUX INVENTORIÉS

La végétation côtière est principalement constituée de prairies salées colonisant le haut des microfalaises de sable ainsi que de rivage rocheux. Un cortège de plantes colonisatrices est aussi présent en bordure de la route 138 et à travers les enrochements.

MILIEUX TERRESTRES

MILIEUX ANTHROPIQUES

Les milieux anthropiques sont situés de part et d'autre de la route 138. Ils sont de natures diverses (zone dénudée, ouvrages en bordure de route, pont, habitations, etc.) et le substrat y est variable (enrochement, pavé, remblai, etc.). Les milieux anthropiques sont composés d'un cortège de plantes colonisatrices, mélangées avec un certain nombre de plantes provenant des milieux maritimes environnants. À titre d'exemple, la Figure 3-1 illustre l'enrochement aménagé en bordure de la route 138, près du pont Touzel. Le haut de celui-ci est colonisé par des aulnes, fréquemment retrouvés en bordure des berges de cours d'eau.

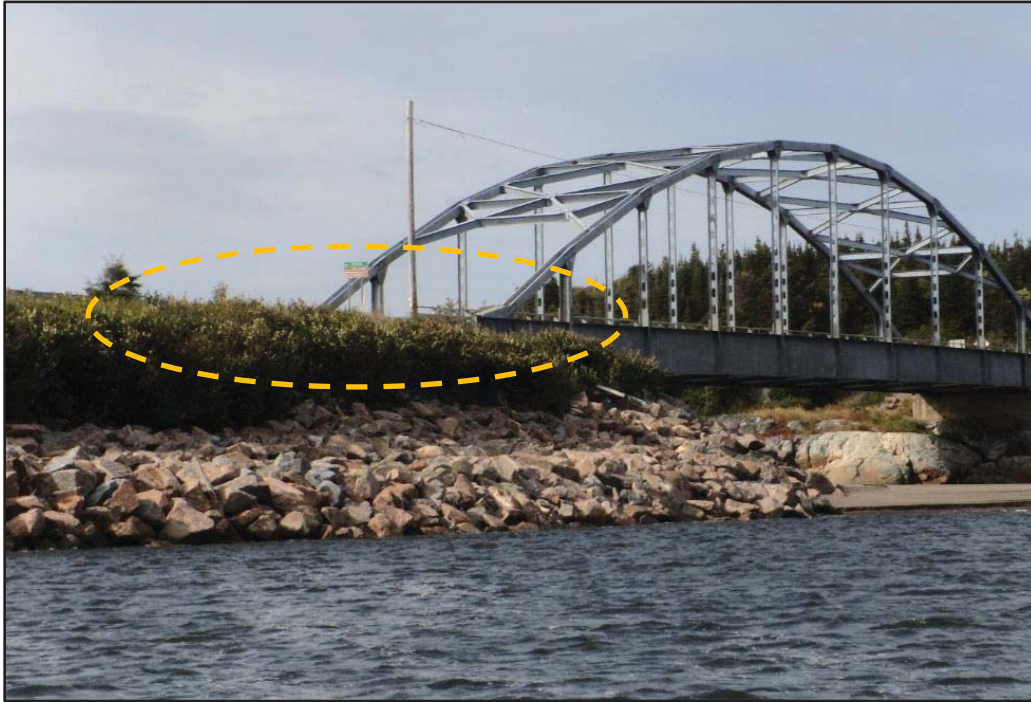


Photo 1

Figure 3-1 : Photo 1 : Aulnes sp. retrouvés en bordure de la route 138, dans le haut de l'enrochement aménagé près du pont Touzel, Sheldrake - 18 septembre 2018

MILIEUX HUMIDES

RIVAGE ROCHEUX

Les rivages rocheux sont caractérisés par la présence de végétation éparse dans les anfractuosités du socle rocheux. Quelques plantes herbacées et arbustes, issus des prairies salées adjacentes, y poussent (Figure 3-2). Ces rivages rocheux sont plutôt appelés dénudés rocheux lorsqu'ils sont soumis directement à l'impact des vagues et ne soutiennent pas de communauté de plantes vasculaires.



Photo 2

Figure 3-2 : Photo 2 : Plantes herbacées présentes sur un rivage rocheux de la zone d'étude, Sheldrake, 18 septembre 2018

RIVAGE SABLEUX

Les rivages sableux subissent le battement des vagues lors des grandes marées et sont en constante évolution. Le substrat est constitué de sable grossier de grande épaisseur avec un drainage rapide en surface. Seules deux espèces de plantes, résistantes à la salinité, ont été observées sur les rivages sableux de la zone d'étude locale, soit l'arroche hastée (*Atriplex prostrata*) (Figure 3-3) et la sabline faux-péplus (*Honkenya peploides*) (Figure 3-3).



Photo 3



Photo 4

Figure 3-3 : Photo 3 : Arroche hastée observée sur le rivage sableux de la zone d'étude locale, Sheldrake, 17 septembre 2018, Photo 4 : Sabline faux-péplus observée sur le rivage sableux de la zone d'étude locale, Sheldrake, 17 septembre 2018

PRAIRIE SALÉE

Les prairies salées colonisent le haut des microfalaises immédiatement après les rivages sableux ou rocheux et subissent l'influence des embruns salins et des vagues lors des marées de forte amplitude. Le substrat est constitué de sable fin à grossier avec un drainage de bon à rapide. Ce milieu est dominé par la strate herbacée (Figure 3-4).



Photo 5

Figure 3-4 : **Photo 5 : Prairie salée dominée par les herbacées située tout juste après un rivage sableux dans la zone d'étude locale, Sheldrake, 17 septembre 2018**

3.2.1.3 ESPÈCES FLORISTIQUES À STATUT

Selon la littérature consultée (Dignard et al. 2009; Tardif et al., 2016), aucune occurrence d'espèce floristique à statut n'a été documentée dans la zone d'étude élargie et ses environs immédiats. Par contre, les documents disponibles font mention d'une espèce de plante susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable présente dans le secteur du village de Rivière-aux-Graines, situé à environ 20 km du village de Sheldrake. Il s'agit de l'épervière de Robinson (*Hieracium robinsonii*). Celle-ci pousse habituellement sur les rives rocheuses ou argileuses, les rochers secs et les remblais sableux situés à proximité de chutes ou de rapides (Dignard et al., 2009). Cette espèce est particulièrement vulnérable à la perturbation des sols puisque ses bourgeons sont situés à la surface du substrat sur lequel elle pousse.

Par ailleurs, la présence d'espèces exotiques envahissantes n'a pas été répertoriée dans la zone d'étude locale au moment des inventaires de septembre 2018.

3.2.2 ALGUES ET MACROBENTHOS

3.2.2.1 ZONE INTERTIDALE

La zone intertidale du secteur de la flèche de Sheldrake est particulièrement vulnérable à l'érosion et la submersion côtière. Celle-ci comporte également une aire de reproduction du capelan (Comité Zip Côte-Nord du golfe, 2008). Ainsi, afin de mieux documenter ce milieu sensible, une caractérisation visant à décrire la granulométrie du substrat en place et à inventorier les espèces floristiques et fauniques utilisant l'habitat, au droit de la zone d'étude locale, a été menée au mois de septembre 2018. Les secteurs meubles (sablonneux à graveleux) ont été caractérisés en priorité puisqu'ils sont plus vulnérables à des modifications

dans la dynamique du milieu et plus susceptibles de supporter des activités de fraie. De plus, les secteurs rocheux sont caractérisés par des pentes abruptes, l'accès sécuritaire à ces lieux n'apparaissait pas possible, dans la plupart des cas, étant donné l'inclinaison des pentes existantes et les conditions pluvieuses au moment du relevé.

MÉTHODOLOGIE

INVENTAIRE DE TERRAIN

L'inventaire de la zone intertidale, dans la zone d'étude locale, a été réalisé les 17 et 18 septembre 2018 par deux biologistes et un technicien de la faune. Cinq transects (T01 à T05) positionnés perpendiculairement au rivage, situés entre le pont Touzel et la Tête de Sheldrake (pointe rocheuse), ont été documentés. Pour chacun des transects, trois stations d'inventaire, composées d'un quadrat mesurant 1 m par 1 m et numérotées de Q1 à Q3, ont été mises en place pour un total de 15 stations. Les quadrats ont été positionnés sur les transects de façon à permettre un inventaire systématique du bas de plage (Q1), de la mi-plage (Q2) et du haut de plage (Q3). La Carte 3-2 illustre la localisation des transects inventoriés dans le cadre de ces travaux.

La composition du substrat a été évaluée pour chaque station en attribuant un pourcentage de la superficie du quadrat aux différentes classes granulométriques présentées au Tableau 3-9. De plus, l'ensemble des organismes vivants à l'intérieur des quadrats ont été identifiés et dénombrés. En la présence de signes de bioturbation, des trous ont été creusés afin d'identifier les organismes colonisant le substrat. Chaque quadrat a également été documenté à l'aide de photographies et localisé au moyen d'un GPS.

Tableau 3-9 Classification granulométrique du substrat

SUBSTRAT	CODE	GROSSEUR DES PARTICULES (mm)
Roc	R	--
Galet	G	80 à 250
Caillou	C	40 à 80
Gravier	V	5 à 40
Sable	S	0,125 à 5
Silt argileux	L	< 0,125
Argile	A	--
Matière organique	MO	--

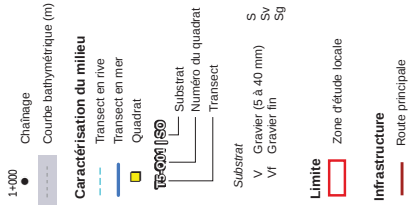
RECHERCHE DOCUMENTAIRE

Une recherche documentaire visant à compléter les informations recueillies sur le terrain, en ce qui a trait à la zone intertidale du secteur d'étude, a également été réalisée. Une méthodologie semblable à celle utilisée pour la récolte de données sur la végétation de la zone d'étude a été employée, soit la consultation et la compilation de l'ensemble des informations pertinentes disponibles au public et contenues à l'intérieur de rapports scientifiques, d'articles scientifiques, de rapports d'étude environnementale et de banque de données accessibles en ligne.

DESCRIPTION DES PEUPLEMENTS DE LA ZONE INTERTIDALE

INVENTAIRE DE TERRAIN

De façon générale, la zone intertidale du secteur d'étude local est très homogène et offre peu d'habitats propices à l'établissement de la faune macrobenthique (Tableau 3-10). La composition granulométrique du substrat varie entre le sable et le gravier (Figure 3-5) et aucun bloc permettant la fixation d'algues marines n'a été observé. Mis à part quelques gammarès retrouvés dans le quadrat T1-Q2, aucun organisme vivant n'a été identifié lors de l'inventaire de la zone intertidale. Des débris d'algues marines (laitue de mer, agar criblé, alarie succulente, fucus *sp.* et laminaire *sp.*) et des fragments de coquillages (moule bleue et macome baltique) ont été observés dans quelques quadrats situés en bas de plage et à la mi-plage. Une soixantaine de petits trous pouvant correspondre à de la bioturbation ont été observés dans le quadrat du bas de plage du transect 5 (T5-Q1) (Figure 3-5). Ces trous ont été creusés afin d'identifier la présence d'organismes colonisant le substrat, mais ces recherches supplémentaires se sont avérées infructueuses.



Transports Québec

Direction générale de la Côte-Nord

Analyse de solutions à l'érosion et à la submersion côtière dans la flèche de Sheldrake dans la municipalité de Rivière-au-Tonnerre.

Description du milieu biologique

Carte 3-2

Inventaire du milieu biologique en zones intertidale et subtidale

Sources :
Bing Maps, 2010

MTM, Fichier 15, M003

0 50 100 m

Mai 2019

Préparation : J. Malouin
Revue de contenu : J. Malouin
Approbation : J. Malouin
181_09013_00_M03_3_2_inventaire_milieu_190507.mxd

WSP

Tableau 3-10 Description des stations d'inventaire de la zone intertidale

TRANSECT	STATION (QUADRAT)	LONGITUDE	LATITUDE	ÉLÉVATION	SUBSTRAT DOMINANT	ORGANISMES VIVANTS OBSERVÉS	AUTRE
T01	T01-Q1	64° 54' 36,84" O	50° 15' 58,50" N	Bas de plage	Gravier fin	-	→ Débris de laitue de mer → Fragments de coquillages
	T01-Q2	64° 54' 36,28" O	50° 15' 58,98" N	Mi-plage	Gravier	Gammarus sp.	→ Débris d'agar criblé, d'alarie succulente, de fucus sp. et de laminaire sp.
	T01-Q3	64° 54' 35,43" O	50° 15' 59,63" N	Haut de plage	Sable à gravier fin	-	-
	T02-Q1	64° 54' 46,76" O	50° 16' 03,08" N	Bas de plage	Gravier fin	-	-
T02	T02-Q2	64° 54' 46,27" O	50° 16' 03,51" N	Mi-plage	Gravier fin	-	→ Pince de crabe commun → Débris de fucus sp., de laminaire sp. et d'agar criblé
	T02-Q3	64° 54' 45,63" O	50° 16' 04,04" N	Haut de plage	Sable grossier	-	-
	T03-Q1	64° 55' 01,05" O	50° 16' 08,52" N	Bas de plage	Sable	-	-
	T03-Q2	64° 55' 00,70" O	50° 16' 08,92" N	Mi-plage	Sable grossier	-	-
T03	T03-Q3	64° 55' 00,54" O	50° 16' 09,21" N	Haut de plage	Sable	-	-
	T04-Q1	64° 55' 14,65" O	50° 16' 13,09" N	Bas de plage	Sable	-	-
	T04-Q2	64° 55' 14,28" O	50° 16' 13,33" N	Mi-plage	Sable	-	-
	T04-Q3	64° 55' 14,18" O	50° 16' 13,38" N	Haut de plage	Sable	-	-
T04	T05-Q1	64° 55' 35,69" O	50° 16' 18,07" N	Bas de plage	Sable grossier	-	→ Troux en surface seulement (environ 60)
	T05-Q2	64° 55' 35,55" O	50° 16' 18,36" N	Mi-plage	Sable	-	→ Coquilles de moule bleue et macome → Débris de fucus sp. avec spirorbe boréal et bryzoaire
	T05-Q3	64° 55' 35,45" O	50° 16' 18,61" N	Haut de plage	Gravier fin	-	-

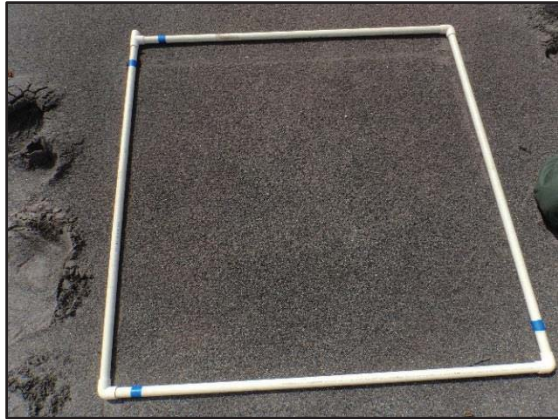


Photo 6. Substrat composé de sable, station T4-Q3 (haut de plage)

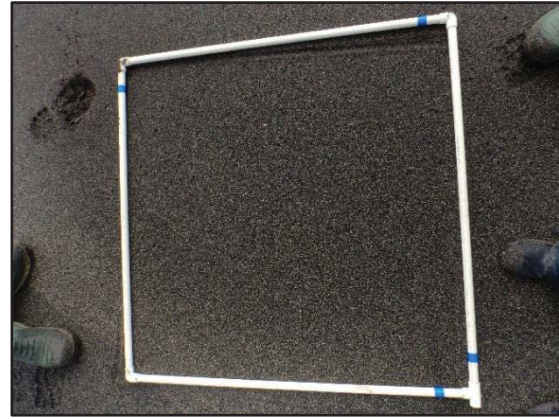


Photo 7. Substrat composé de sable grossier, station T5-Q1 (bas de plage)



Photo 8. Substrat composé de gravier fin, station T1-Q1 (bas de plage)

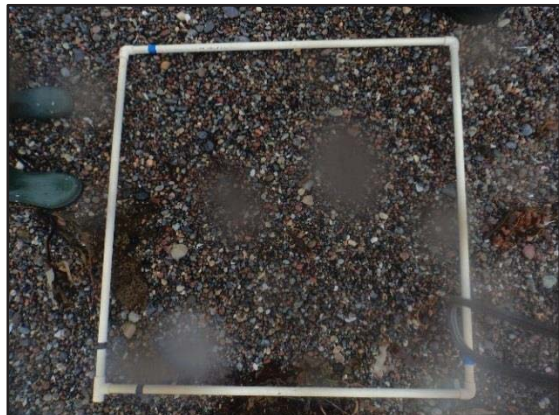


Photo 9. Substrat composé de gravier, station T1-Q2 (mi-plage)

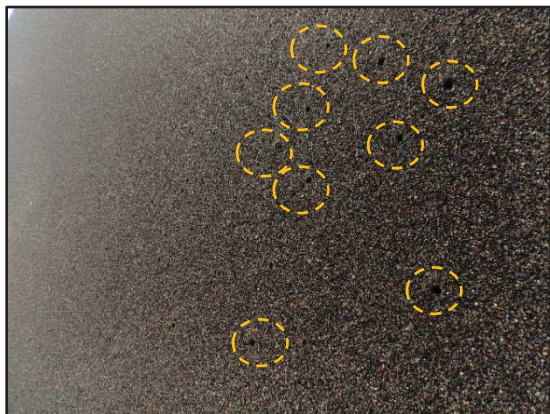


Photo 10. Trous dans le substrat pouvant s'apparenter à de la bioturbation, station T5-Q1 (bas de plage)

Figure 3-5 : Composition granulométrique du substrat de la zone intertidale

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

Le ministère des Pêches et Océans du Canada (MPO) interdit la pêche de toutes espèces de mollusques bivalves dans l'estran s'étendant du pont Touzel (Sheldrake) au village de Rivière-au-Tonnerre, en raison d'un problème de pollution et de toxicité (*Ordonnance d'interdiction de la pêche du poisson contaminé n° 2010Q-ST-197* [MPO, 2019]). Toutefois, la récolte est permise, pour certaines espèces, dans les eaux de l'estuaire de la Rivière Sheldrake (voir section 3.3.2.2 de ce document). La cueillette de la mye commune (*Mya arenaria*) est couramment pratiquée par les gens de la communauté de Sheldrake et des environs, selon les informations partagées par le guide ayant accompagné l'équipe de terrain sur la rivière pendant les relevés (Comm. pers., Renaud Parisé, guide).

3.2.2.2 ZONE SUBTIDALE

MÉTHODOLOGIE

INVENTAIRE DE TERRAIN

Une campagne de caractérisation de la zone subtidale a été réalisée le 17 septembre 2018. Cette activité a été réalisée par deux biologistes et un technicien de la faune, à bord d'une embarcation de type zodiac. Le système utilisé est une caméra d'action sous-marine de marque et modèle GoPro Hero 4 munie d'un boîtier étanche et d'une extension Wi-Fi connectée à une tablette électronique. La caméra a été opérée à partir d'une application GoPro. L'objectif de la caractérisation était de documenter la granulométrie du fond marin et d'inventorier les espèces algales et fauniques présentes.

Sur un total de sept transects prévus initialement au sein de la zone d'étude locale, cinq transects ont été réalisés considérant l'homogénéité du milieu. Ces transects ont une longueur respective qui varie de 230 m à 1 100 m et ils sont positionnés perpendiculairement à la rive, de manière à couvrir la zone de 0 à 10 m de profondeur. La Carte 3-2 illustre la localisation des transects inventoriés dans le cadre de ces travaux et le Tableau 3-11 présente leurs différentes caractéristiques.

Tableau 3-11 Caractéristiques de chacun des transects inventoriés

TRANSECT	DÉBUT	FIN	LONGUEUR APPROX. (m)	DURÉE DU TRANSECT (s)	VITESSE MOYENNE (m/s)
TS01	50° 15' 42,98" N 64° 56' 39,18" O	50° 16' 14,77" N 64° 56' 12,30" O	1 100	1927	0,57
TS02	Non inventorié		-	-	-
TS03	50° 15' 52,97" N 64° 55' 50,31" O	50° 16' 14,73" N 64° 55' 38,56" O	740	1455	0,51
TS04	Non inventorié		-	-	-
TS05	50° 15' 44,19" N 64° 55' 06,93" O	50° 16' 00,30" N 64° 54' 52,65" O	615	844	0,73
TS06	50° 15' 39,25" N 64° 54' 37,05" O	50° 15' 46,53" N 64° 54' 33,52" O	230	459	0,50
TS07	50° 15' 41,17" N 64° 54' 16,58" O	50° 15' 52,31" N 64° 54' 13,90" O	350	360	0,97

RECHERCHE DOCUMENTAIRE

Une recherche documentaire visant à compléter les informations recueillies sur le terrain, en ce qui a trait à la zone subtidale du secteur d'étude, a également été réalisée. La recherche a été orientée davantage vers les informations disponibles concernant les bancs coquilliers pêchés au large de la zone d'étude, notamment la mactre de Stimpson. Pour ce faire, la consultation et la compilation de l'ensemble des informations pertinentes disponibles au public et contenues à l'intérieur de rapports scientifiques, d'articles scientifiques, de rapports d'étude environnementale et de banque de données accessibles en ligne ont été effectuées.

DESCRIPTION DES PEUPLEMENTS DE LA ZONE SUBTIDALE

INVENTAIRE DE TERRAIN

La zone subtidale du secteur d'étude local est principalement constituée de sable silteux. Des effleurements argileux sont également présents par endroits (transects TS01 et TS03) et le substrat de la zone subtidale près du rivage est composé majoritairement de sable grossier et/ou du gravier fin. Un effleurement rocheux est aussi présent à la hauteur de la Tête de Sheldrake (pointe rocheuse).

Le substrat composé de sable silteux est peu propice à la fixation des algues macrophytes, ce qui explique leur très faible densité dans le secteur. En effet, les observations, réalisées à partir des séquences vidéographiques sous-marines, ont permis de constater que les algues marines sont presque exclusivement concentrées sur le substrat rocheux de la Tête de Sheldrake. Les espèces identifiées à cet endroit sont l'alarie succulente (*Alaria esculenta*), l'algue queue de cheval (*Desmarestia aculata*), la laminaire digitée (*Laminaria digitata*), la laminaire à long stipe (*Saccharina longicuris*), la main-de-mer palmée (*Palmaria palmata*) et/ou l'algue feuille de chêne (*Phycodrys rubens*).

En ce qui a trait aux espèces fauniques, une faible diversité d'individus a été observée. Le milieu est largement dominé par l'oursin plat (*Clypeaster reticulatus*), qui a été retrouvé en densité importante sur le substrat de sable silteux de tous les transects, à l'exception du transect TS07 où aucune espèce faunique n'a été détectée. La présence du crabe commun (*Cancer irroratus*), du couteau droit (*Ensis directus*), de la mactre d'Amérique (*Spisula solidissima*) et/ou de Stimpson (*Mactromeris polynyma*) a également été notée occasionnellement. Une méduse commune (*Aurelia aurita*) a été observée lors de la descente de la caméra sous-marine dans la colonne d'eau au début du transect TS01 et un banc de lançons (famille des *Ammodytidae*) a été observé à proximité du rivage à la hauteur du transect TS02.

Le bilan de l'analyse des séquences vidéographiques est présenté sous forme de fiches synthèses, soit une fiche pour chacun des transects documentés (Figure 3-6 à Figure 3-10).

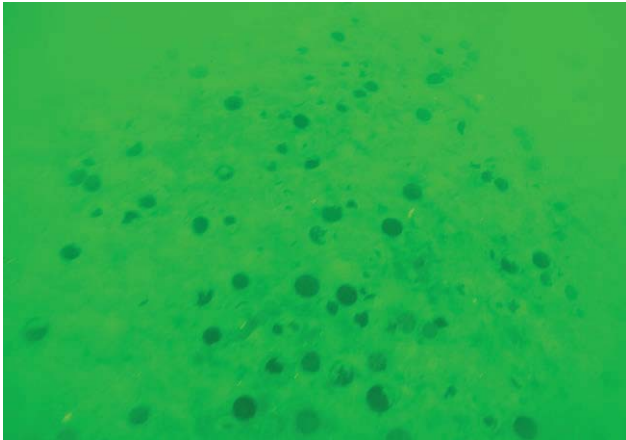
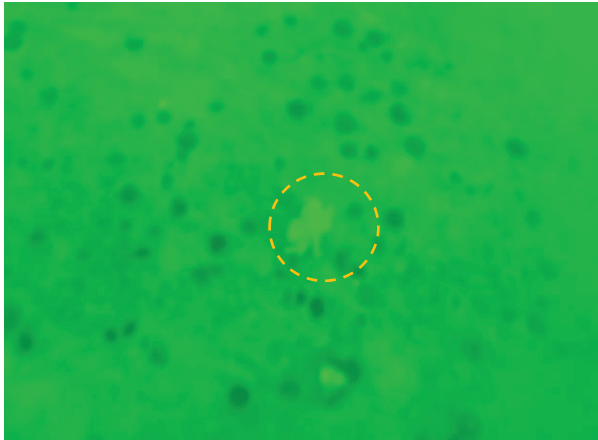
Description du transect TS01				
Localisation:	Début	50° 15' 42,98" N 64° 56' 39,18" O	Fin	50° 16' 14,77" N 64° 56' 12,30" O
	Longueur approximative du transect (m) : 1 100			
Classe granulométrique dominante : Sable silteux				
Liste des espèces observées:				
Fauniques:		Végétales:		
- Oursin plat - Crabe commun - Vers arénicoles (signe de présence) - Méduse commune - Couteau droit - Mactre d'Amérique ou de Stimpson		- Laminaire <i>sp.</i> - Touffes éparses d'algues rouges - Fucus <i>sp.</i>		
Description générale: Fond de sable silteux avec présence d'un îlot de sable grossier à gravier fin et un affleurement d'argile à proximité du rivage. Forte présence d'oursins plats tout au long du transect et très faible densité d'algues.				
				
Photo 1. Oursins plats présents sur le substrat		Photo 2. Crabe commun marchant sur le substrat du transect TS01 parmi les oursins plats		
				
Photo 3. Îlot de sable grossier à gravier fin accompagné d'une accumulation de coquilles de bivalves et quelques touffes d'algues rouges		Photo 4. Affleurement d'argile		

Figure 3-6 : Portrait de la zone subtidale à la hauteur du transect TS01

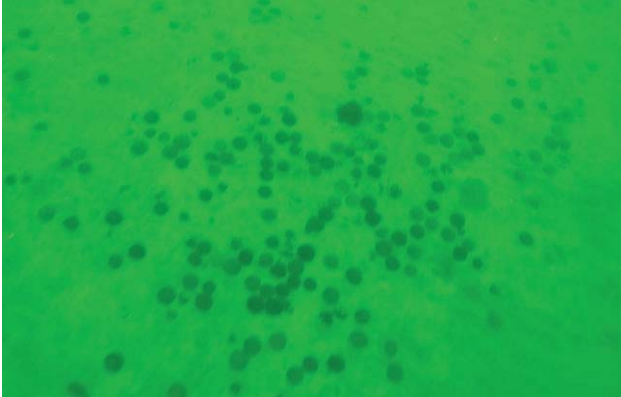
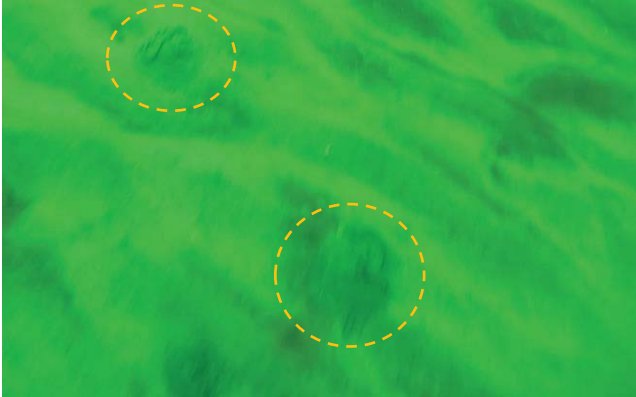
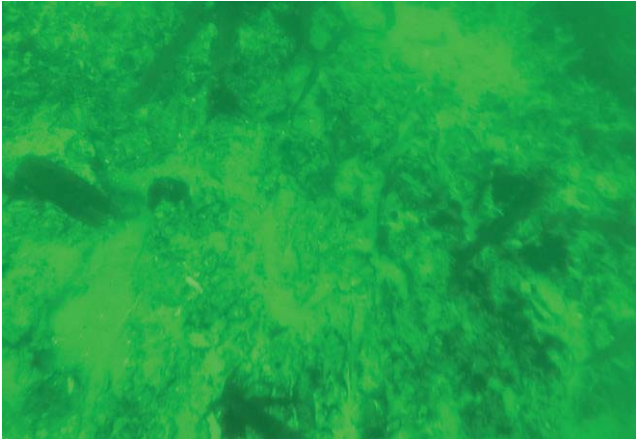
Description du transect TS03			
Localisation:	Début	50° 15' 52,97" N 64° 55' 50,31" O	Fin 50° 16' 14,73" N 64° 55' 38,56" O
Longueur approximative du transect (m) : 740			
Classe granulométrique dominante : Sable silteux et sable grossier à proximité du rivage			
Liste des espèces observées: <u>Fauniques:</u> - Oursin plat - Vers arénicoles (signe de présence) - Banc de lançons <i>sp.</i> - Mactre d'Amérique ou de Stimpson - Crabe commun <u>Végétales:</u> - Alarie succulente - Algues rouges			
Description générale: Fond de sable silteux avec présence d'un affleurement d'argile et de sable plus grossier à proximité du rivage. Forte présence d'oursins plats tout au long du transect et très faible densité d'algues.			
			
Photo 1. Oursins plats en densité importante présents sur le substrat		Photo 2. Signe de présence de vers arénicoles dans le substrat	
			
Photo 3. Touffe d'alarie succulente observée sur le substrat (potentiellement non fixée)		Photo 4. Affleurement d'argile	

Figure 3-7 : Portrait de la zone subtidale à la hauteur du transect TS03

Description du transect TS05				
Localisation:	<u>Début</u>	50° 15' 44,19" N 64° 55' 06,93" O	<u>Fin</u>	50° 16' 00,30" N 64° 54' 52,65" O
Longueur approximative du transect (m) : 615				
Classe granulométrique dominante : Sable silteux				
Liste des espèces observées:				
<u>Fauniques:</u>		<u>Végétales:</u>		
- Oursin plat - Vers arénicoles (signe de présence)		- Absence d'algues marines		
Description générale: Fond de sable silteux et sable plus grossier à proximité du rivage. Aucune algue marine fixée au substrat n'a été observée. Forte présence d'oursins plats plus au large et absence générale d'organismes visibles près du rivage.				
				
Photo 1. Oursins plats en densité importante présents sur le substrat dans la portion plus au large du transect		Photo 2. Substrat près du rivage avec absence d'organismes vivants visibles		

Figure 3-8 : Portrait de la zone subtidale à la hauteur du transect TS05

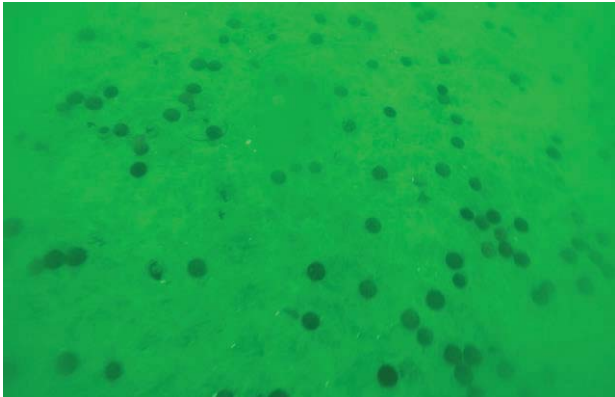
Description du transect TS06				
Localisation:	Début	50° 15' 39,25" N 64° 54' 37,05" O	Fin	50° 15' 46,53" N 64° 54' 33,52" O
Longueur approximative du transect (m) : 230				
Classe granulométrique dominante : Sable silteux et roc à proximité du rivage (tête de Sheldrake)				
Liste des espèces observées:				
Fauniques:		Végétales:		
- Oursin plat		- Alarie succulente		
		- <i>Desmarestia aculata</i> (« queue de cheval »)		
		- Laminaire digitée		
		- Laminaire à long stipe		
		- Main-de-mer palmée et / algue feuille de chêne		
		- Algues encroûtantes		
Description générale: Fond de sable silteux avec présence d'un affleurement rocheux à proximité du rivage (Tête de Sheldrake). Présence importante d'algues sur la portion rocheuse du transect.				
				
Photo 1. Oursins plats en densité importante présents sur le substrat dans la portion plus au large du transect		Photo 2. <i>Desmarestia aculata</i> (algue « queue de cheval ») présente sur le substrat au début de l'affleurement rocheux		
				
Photo 3. Densité importante d'alaries succulentes présentes sur l'affleurement rocheux		Photo 4. Laminaire digitée présente sur le substrat de la portion rocheuse du transect		

Figure 3-9 : Portrait de la zone subtidale à la hauteur du transect TS06

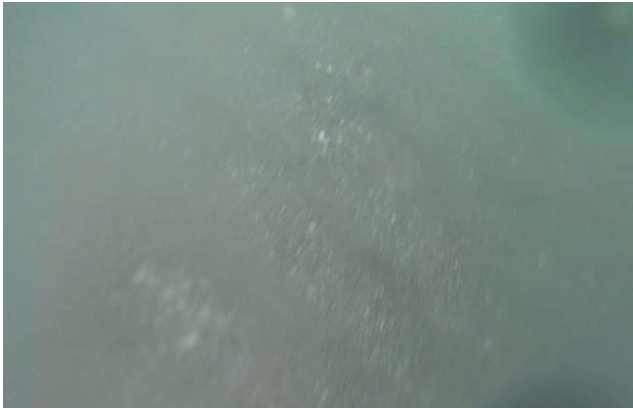
Description du transect TS07			
Localisation:	Début	50° 15' 41,17" N 64° 54' 16,58" O	Fin 50° 15' 52,31" N 64° 54' 13,90" O
Longueur approximative du transect (m) : 350			
Classe granulométrique dominante : Sable grossier			
Liste des espèces observées: <u>Fauniques:</u> - Aucune espèce faunique aperçue à la surface du substrat <u>Végétales:</u> - Alarie succulente - Laminaire <i>sp.</i>			
Description générale: Fond de sable silteux et sable plus grossier à proximité du rivage. Présence d'une petite parcelle couverte d'algues marines.   Photo 1. Substrat de sable silteux dénué d'espèces fauniques ou végétales apparentes Photo 2. Substrat de sable grossier et de gravier fin dans la portion plus près du rivage du transect  Photo 3. Petite parcelle couverte d'algues (alarie succulente et laminaire <i>sp.</i>) dans la portion plus près du rivage du transect			

Figure 3-10 : Portrait de la zone subtidale à la hauteur du transect TS07

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

Le comité ZIP Côte-Nord du Golfe a publié en 2008 son *Guide d'intervention en matière de conservation et de mise en valeur des habitats littoraux d'intérêt dans la MRC de la Minganie* (Pérot et Provost, 2008). Celui-ci se rapporte à une étude de Landry et collaborateurs (1992) mentionnant la présence de deux gisements de Mactre de Stimpson au large de l'embouchure de la rivière Sheldrake. Ces bancs de bivalves, l'un à 2,5 km et l'autre à 3 km de l'embouchure, auraient une densité moyenne de 3,5 mactres/m².

En décembre 2015, une mise à jour de ces informations a été déposée par le MPO dans un rapport faisant état des stocks de mactres de Stimpson dans les eaux côtières du Québec pour l'année 2014 (Trottier et Goudreau 2015). La zone de pêche 3B, comprenant les gisements de Sheldrake, Rivière-au-Tonnerre ouest, Rivière-au-Tonnerre centre, Rivière-au-Tonnerre Est et Magpie, y est décrite en détail (Figure 3-11). Les principaux résultats de ce rapport, concernant la zone de pêche 3B, sont présentés au Tableau 3-12. Globalement, entre les années 1993 et 2014, un effort de pêche moyen de 16 jours par année a été investi dans la zone de pêche 3B pour un résultat moyen de 140,6 kg de mactres de Stimpson par trait pour une drague de 1 m de largeur. Pour la même période, la longueur moyenne des mactres de Stimpson capturées était de 111,5 mm (taille légale minimale de capture de 80 mm). Dans l'ensemble, les gisements de mactres de Stimpson de la zone de pêche 3B se portent bien. Les moyennes des prises par unité d'effort et les tailles au débarquement pour les années 2012 à 2014 sont supérieures aux médianes des années antérieures. De plus, le MPO suggère que seule la zone de pêche 3B remplit les exigences nécessaires pour qu'une augmentation de 6 % de la limite de prise imposée à la flottille de pêche commerciale (contingent) soit autorisée.

Plus spécifiquement, en 2014, le gisement de Sheldrake avait une superficie de 1,390 km². Le taux d'exploitation moyen de 2012 à 2014 pour ce gisement était de 0,50 %.

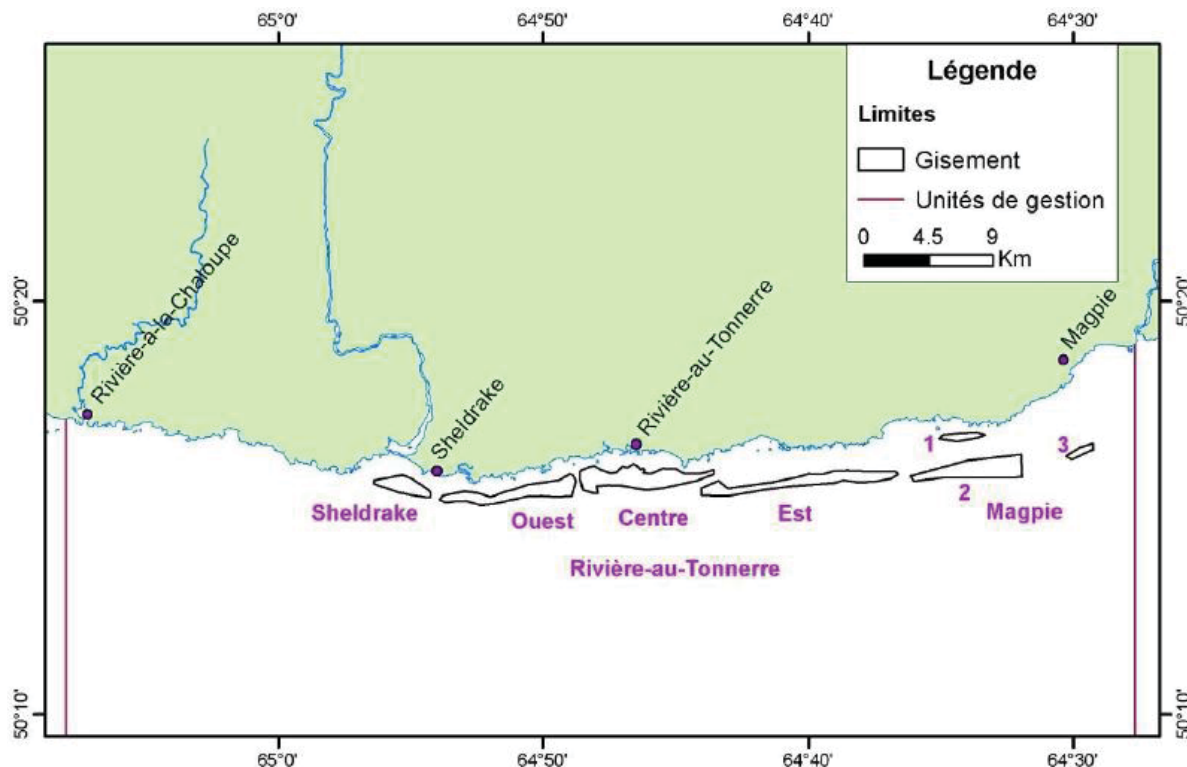


Figure 3-11 : Distribution des gisements connus de mactres de Stimpson dans la zone de pêche 3B, (Trottier et Goudreau, 2015)

Tableau 3-12 : Informations relatives aux gisements de mactres de Stimpson de la zone de pêche 3B, (Trottier et Goudreau, 2015)

STATISTIQUE	TOTAL AUTORISÉ DES CAPTURES ¹ (EN TONNES DE POIDS VIF)	EFFORT DE PÊCHE ² (EN JOURS)	PRISES PAR UNITÉ D'EFFORT ² (EN kg PAR TRAIT POUR UNE DRAGUE DE 1 m DE LARGEUR)	LONGUEUR MOYENNE AU DÉBARQUEMENT ¹ (mm)
Moyenne	79,6	15,7	140,6	111,5
Écart-type	14,9	5,1	31,2	3,5
Médiane	83,0	16,0	144,0	111,4

¹ Pour les années 1994 à 2014

² Pour les années 1993 à 2014

3.2.3 ICTHYOFAUNE

3.2.3.1 MÉTHODOLOGIE

La description de l'utilisation par le poisson de la zone côtière du secteur de la flèche de Sheldrake a été effectuée à partir des informations tirées de la littérature, de même que des bases de données publiques. Une demande d'accès à l'information a également été envoyée au MFFP afin d'obtenir un sommaire des connaissances disponibles sur l'habitat du poisson dans le secteur visé.

3.2.3.2 DESCRIPTION DE L'ICHTYOFAUNE

Une zone de production primaire importante, créée par un phénomène de remontée des eaux observé le long du littoral, favorise l'abondance d'œufs et de larves de poissons dans le secteur côtier de la zone d'étude (Pérot et Provost, 2008; Savenkoff et al., 2007; Ouellet, 2007). Notamment, la présence du capelan (*Mallotus villosus*) et de l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) est confirmée à l'embouchure de la rivière Sheldrake (Comité ZIP Côte-Nord du golfe, comm. pers. 2019). Ces deux espèces ont une place importante dans l'écosystème du Saint-Laurent puisqu'elles constituent une source alimentaire pour les mammifères et les oiseaux marins ainsi que pour d'autres espèces de poissons qui sont visées par la pêche commerciale (plie, morue et flétan) (Pérot et Provost, 2008). Les plages du secteur de Sheldrake et de Rivière-au-Tonnerre constituent d'ailleurs des zones propices pour la fraie du capelan (Carte 3-1). Selon le Comité ZIP Côte-Nord du Golfe, plusieurs capelans ont « roulé » sur les plages de Sheldrake au moins de juin 2018 (Figure 3-12).



Photo 11

Figure 3-12 : Photo 11 : Fraie du capelan sur la plage de Sheldrake, 18 juin 2018 (photo fournie par le comité ZIP Côte-Nord du golfe)

De plus, un total de cinq stations de pêche au chalut ont été échantillonnées par le MPO, entre 1996 et 2014, au large de la zone d'étude (OGSL, 2019). Les résultats de ces campagnes d'échantillonnage sont présentés au Tableau 3-13. Le premier échantillonnage réalisé en 1996 a permis d'identifier un total de six (6) espèces. L'espèce ayant obtenu la plus forte abondance lors de ce relevé est la plie canadienne (*Hippoglossoides platessoides*), avec 100 individus capturés pour un poids total de 7,16 kg. Lors des campagnes subséquentes, seuls la morue franche (*Gadus morhua*) et le sébaste (*Sebastes* sp.) ont été capturés. Le dernier relevé effectué en 2014 a permis la capture de 106 morues franches pour un poids total de 70,10 kg. À noter que la morue franche (population du Nord laurentien) est toujours classée comme étant en voie de disparition par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). La plie canadienne (population des Maritimes) a également été désignée comme étant menacée par le COSEPAC.

Le saumon atlantique, l'omble de fontaine anadrome (truite de mer) et l'anguille d'Amérique sont également présents dans la rivière Sheldrake. Des informations complémentaires concernant ces espèces sont présentées à la section 3.3.2.3. À noter que dans son rapport de

mise à jour des connaissances sur la répartition du bar rayé au Québec (Valiquette et al., 2018), le MFFP mentionne la présence massive de la population du sud du golfe du Saint-Laurent dans les eaux côtières de la Côte-Nord en 2017. Des individus ont même été pêchés dans la rivière Sheldrake. Toutefois, il demeure impossible pour le moment de déterminer si ces observations sont exceptionnelles ou s'il s'agit du début de la modification de l'aire de répartition du bar rayé. Ainsi, dans son rapport de 2018, le MFFP maintient le statut occasionnel de la présence de cette espèce sur la Côte-Nord (Valiquette et al., 2018).

Tableau 3-13 Résultats des pêches au chalut effectuées par le MPO au large de la zone d'étude locale de Sheldrake entre 1996 et 2014

DATE	COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES		ESPÈCE		NOMBRE D'INDIVIDUS	POIDS (KG)
	Longitude	Latitude	Nom vernaculaire	Nom latin		
27-08-1996	64° 57' 3,01" O	50° 13' 29,99" N	Lompénie tachetée	<i>Leptoclinus maculatus</i>	13	0,11
			Capelan	<i>Mallotus villosus</i>	32	0,37
			Plie canadienne	<i>Hippoglossoides platessoides</i>	100	7,16
			Morue franche	<i>Gadus morhua</i>	10	13,09
			Saïda franc	<i>Boreogadus saida</i>	56	0,81
			Agone atlantique	<i>Leptagonus decagonus</i>	17	0,36
07-07-1998	64° 55' 00,12" O	50° 13' 59,88" N	Sébaste sp.	<i>Sebastes</i>	N.D.	0,90
			Morue franche	<i>Gadus morhua</i>	6	7,90
04-07-2004	64° 57' 42,12" O	50° 14' 06,00" N	Morue franche	<i>Gadus morhua</i>	5	4,00
09-07-2013	64° 57' 54,00" O	50° 13' 54,12" N	Morue franche	<i>Gadus morhua</i>	65	37,50
14-07-2014	64° 56' 35,88" O	50° 13' 54,12" N	Morue franche	<i>Gadus morhua</i>	106	70,10

N.D. = non déterminé

3.2.4 MAMMIFÈRES MARINS

3.2.4.1 MÉTHODOLOGIE

La description de l'utilisation de la zone d'étude par les mammifères marins a été effectuée à partir d'observations ponctuelles sur le terrain et des informations disponibles dans la littérature, de même que dans les bases de données accessibles au public. Entre autres, le site de l'Observatoire global du Saint-Laurent (OGSL) a été consulté afin de répertorier les mentions d'observations de mammifères marins dans le secteur de Sheldrake.

3.2.4.2 DESCRIPTION DE LA PRÉSENCE DE MAMMIFÈRES MARINS

De façon générale, ce sont les phoques qui sont les plus souvent observés dans le secteur à l'étude (OGSL, 2019). Le comité ZIP Côte-Nord du Golfe rapporte la présence fréquente du phoque gris (*Halichoerus grypus*) dans les eaux au large de l'embouchure de la rivière Sheldrake. Le phoque du Groenland (*Pagophilus groenlandicus*) aurait également déjà été observé dans la zone d'étude (Pérot et Provost, 2008). Le petit rorqual (*Balaenoptera acutorostrata*), baleine à fanons de petite taille, peut aussi être aperçu au large du secteur de

Sheldrake, plus spécifiquement entre les mois de mars et décembre, où l'espèce est présente de façon régulière dans le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent (GREMM 2019). Un petit rorqual a d'ailleurs été observé lors des inventaires du mois de septembre 2018, en plus d'un phoque commun (*Phoca vitulina*).

3.3 MILIEU ESTUARIEN

3.3.1 MÉTHODOLOGIE

3.3.1.1 INVENTAIRE DE TERRAIN

La rivière Sheldrake a été caractérisée sur l'ensemble du tronçon soumis à la marée, soit jusqu'à la centrale de la Société d'énergie rivière Sheldrake, localisée approximativement 6 km en amont de l'embouchure (pont Touzel). La caractérisation a été effectuée en embarcation avec un guide provenant de la municipalité, monsieur Renaud Parisé. Elle visait à documenter les caractéristiques du milieu incluant la nature des rives et du substrat, l'utilisation du milieu par la faune et la présence de secteurs à risque (érosion et/ou glissement). La caractérisation a été effectuée de façon plutôt grossière de manière à identifier et localiser les principales composantes et les potentiels enjeux environnementaux.

Une segmentation par tronçon homogène a été effectuée lors du relevé du 18 septembre 2018 afin de décrire le secteur estuarien de la rivière. La granulométrie du substrat en rive a servi à délimiter chacun des segments homogènes puisque, au moment des relevés, la faible transparence de l'eau ne permettait pas de voir le fond malgré la faible profondeur d'eau. La présence d'argile dans le secteur et les fortes pluies reçues dans la région préalablement à la réalisation de la campagne de relevés, ainsi que durant les relevés, en sont grandement responsables. Chacune des deux rives ont été segmentées indépendamment de l'autre puisque celles-ci étaient composées d'un substrat qui différait la majeure partie du temps.

Les rives ont été classées selon les catégories suivantes :

- argileuse;
- matériel meuble (sable et gravier);
- matériel grossier (galets et blocs);
- rocheuse.

La présence de glissements de terrain, de zones d'érosion actives, d'herbiers aquatiques, de talus escarpés et de bancs de sable ou de gravier a été notée. À l'aide du guide local, l'utilisation du secteur par la faune a aussi été décrite de manière à identifier les secteurs les plus sensibles. La délimitation des bancs coquilliers est aussi basée sur le savoir du guide. Les observations réalisées sur le terrain sont illustrées sur la Carte 3-3.

3.3.1.2 RECHERCHE DOCUMENTAIRE

Afin de compléter les observations réalisées sur le terrain, les informations pertinentes disponibles au public et contenues à l'intérieur de rapports scientifiques, d'articles scientifiques, de rapports d'étude environnementale et de banques de données accessibles en ligne ont été consultées et compilées.

3.3.2 DESCRIPTION DES DIFFÉRENTES COMPOSANTES

3.3.2.1 VÉGÉTATION

INVENTAIRE DE TERRAIN

Les observations réalisées sur le terrain ont permis d'identifier la présence de quelques herbiers intertidaux et riverains (Figure 3-13). Ces milieux ont une importance particulière pour la faune locale. En effet, ils peuvent être fréquentés par plusieurs espèces de poissons pour la reproduction, l'alimentation et/ou en guise d'abris. Ces herbaçaies peuvent également être utilisées par plusieurs espèces de canards barboteurs lors de la période de nidification et d'élevage des couvées. Ces habitats servent aussi d'aires d'alimentation pour la sauvagine en migration (Gagnon, 1996). Les herbiers aquatiques observés étaient souvent associés à l'arrivée d'un petit cours d'eau dans la rivière Sheldrake (Carte 3-3).

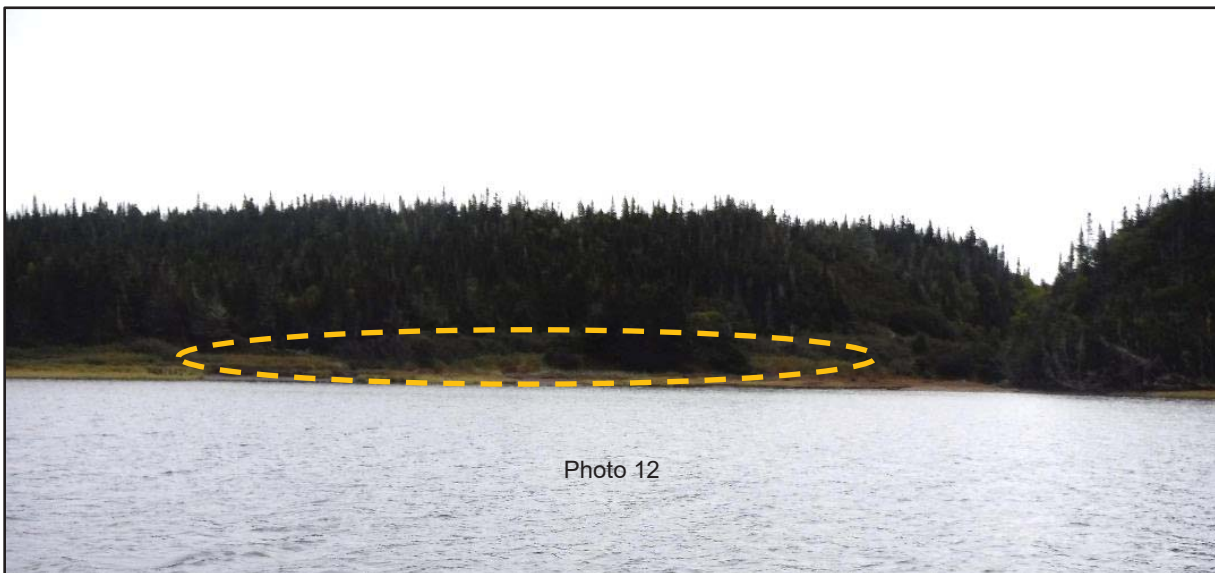


Figure 3-13 : Photo 12 : Herbiers aquatiques observés le long des rives de la rivière Sheldrake, 18 septembre 2018

Plusieurs zones d'érosion et de glissement de terrain ont aussi été observées tout au long du secteur de la rivière Sheldrake inventorié (Figure 3-14 et Figure 3-15). Ces zones sont caractérisées par un substrat plus fin, formé de sable ou d'argile. Les rives y sont hautes et escarpées, les rendant sensibles à l'érosion. Les glissements de terrain impliquent également la chute d'arbres sur les berges de la rivière.



Photo 13



Photo 14

Figure 3-14 : Photos 13 et 14 : Zone de glissement de terrain caractérisée par un substrat argileux, rive droite de la rivière Sheldrake, 18 septembre 2018



Photo 15



Photo 16

Figure 3-15 : Photo 15 : Zone de glissement de terrain accompagnée d'une chute d'arbres sur les berges de la rivière Sheldrake, 18 septembre 2018, Photo 16 : Zone d'érosion, rive gauche de la rivière Sheldrake, 18 septembre 2018

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

Dans le cadre de l'étude d'impact du projet d'aménagement hydroélectrique de la rivière Sheldrake au site de la Courbe du Sault, il a été observé que la portion estuarienne de la rivière Sheldrake possède une végétation aquatique et riveraine beaucoup plus développée que les autres portions du cours d'eau, en raison de la présence de la zone d'influence des marées (Alliance Environnement inc., 2008). La composition en végétaux se transforme à l'approche de l'embouchure de la rivière, passant d'une végétation d'eau douce à une végétation d'eau saumâtre ou salée. Selon les observations effectuées, les herbiers aquatiques présents sont formés, entre autres, par de la prêle fluviatile (*Equisetum fluviatile*) et du rubanier (*Sparganium sp.*). De plus, le comité ZIP Côte-Nord du Golfe a identifié la présence de certaines plantes caractéristiques des milieux humides à proximité de l'embouchure de la rivière Sheldrake, soit l'iris versicolore (*Iris versicolor*), l'airelle canneberge (*Vaccinium sp.*), la gesse maritime (*Lathyrus japonicus*), le kalmia à feuille étroite (*Kalmia angustifolia*) et la prêle des champs (*Equisetum arvense*) (Pérot et Provost, 2008).

Plus récemment, AECOM a réalisé une étude de caractérisation du milieu naturel, dans le cadre de la réfection de la rampe de mise à l'eau de la rivière Sheldrake, située à proximité de son embouchure (AECOM, 2018). Il a notamment été observé que deux arbustiaies terrestres composées principalement par l'aulne crispé (*Aulus alnobetula subsp. crispa*) bordaient la rampe de mise à l'eau. Un total de 16 espèces végétales ont été identifiées dans le cadre de cet inventaire. Il s'agit de plantes communes dans la région et aucune espèce à statut n'a été

identifiée. Les fonctions écologiques du milieu en bordure de la rampe de mise à l'eau sont globalement plutôt faibles en raison d'une forte influence anthropique en périphérie (AECOM, 2018).

3.3.2.2 MACROBENTHOS

Les connaissances de M. Renaud Parisé (guide local) ont permis d'identifier la présence de quatre principaux bancs de mye commune (*Mya arenaria*) qui sont principalement associés aux bancs de sable présents près de l'embouchure de la rivière Shelldrake. Ceux-ci sont tous localisés entre le pont Touzel et la première ligne de transport d'électricité (Carte 3-3). Ces bancs ont une superficie totale approximative de 22,3 ha (allant de 6 270 m² à 95 100 m²). L'embouchure de la rivière Shelldrake semble présenter des conditions propices pour cette espèce de bivalve. D'ailleurs, les résidents de la région font régulièrement la récolte de myes dans ce secteur.

À noter toutefois que le MPO proscrit la récolte du clovisse arctique (*Mesodesma arctatum*), du couteau d'Amérique (*Siliqua patula*) et de la moule bleue (*Mytilus edulis*) dans l'estuaire de la rivière Shelldrake en raison de la toxicité de ces bivalves dans cette zone (*Ordonnance d'interdiction de la pêche du poisson contaminé n° QTN-2018-052*).

3.3.2.3 ICTHYOFAUNE

La demande d'information adressée au MFFP dans le cadre du présent projet a permis d'identifier la présence de huit espèces de poissons fréquentant le bassin hydrographique de la rivière Shelldrake. Celles-ci sont présentées au Tableau 3-14.

À noter que la pêche sportive est permise sur la rivière Shelldrake uniquement dans le secteur situé entre le pont Touzel et les premières îles rencontrées sur la rivière. Cette mesure a été mise en place en 2002 à la demande de l'association de pêche locale (Alliance Environnement inc. 2008). Selon M. Renaud Parisé (guide local), présent lors de la caractérisation de l'estuaire, la pêche à la truite de mer (omble de fontaine anadrome) serait populaire dans cette zone de la rivière Shelldrake.

Tableau 3-14 Liste des espèces de poisson présentes dans le bassin hydrographique de la rivière Shelldrake

ESPÈCE		REMARQUE
Nom vernaculaire	Nom latin	
Anguille d'Amérique	<i>Anguilla rostrata</i>	Espèce susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable
Épinoche à trois épines	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	--
Ménomini rond	<i>Prosopium cylindraceum</i>	Pêche expérimentale à environ 9,5 km de l'embouchure en 2003
Omble de fontaine	<i>Salvelinus fontinalis</i>	Forme dulcicole et anadrome
Poulamon atlantique	<i>Microgadus tomcod</i>	Capturé en 2002 et 2012 dans le lac Touzel
Saumon atlantique	<i>Salmo salar</i>	--
Ouananiche	<i>Salmo salar</i>	Dans le lac Touzel
Grand corégone	<i>Coregonus clupeaformis</i>	Capturé dans le piège à saumon atlantique de la centrale électrique

Pour ce qui est du saumon atlantique, celui-ci était auparavant confiné à la partie aval de la rivière Shelldrake, avant l'installation de la centrale hydroélectrique, en raison de la présence

d'une chute infranchissable. Toutefois, la centrale hydroélectrique est munie d'un système composé d'une cage permettant de capturer les saumons atlantiques en montaison. Ils sont ensuite transportés par camion dans le secteur amont de la rivière qui donne accès à l'espèce à plusieurs kilomètres supplémentaires de rivière (Figure 3-16). De plus, depuis 2015, la rivière Sheldrake fait partie du *Programme de mise en valeur des habitats du saumon de la Côte-Nord*. Les inventaires réalisés, dans le cadre du programme, sur la rivière Sheldrake au cours des dernières années par le MFFP ont mis en évidence la faible abondance de l'espèce dans le cours d'eau (FQSA, 2015), malgré l'interdiction de pêche mise en place depuis 2002. Conséquemment, des activités d'ensemencement ont été entreprises comprenant plus de 89 000 saumons juvéniles provenant de géniteurs de la station piscicole gouvernementale de Tadoussac, qui ont été introduits dans le secteur en amont de la centrale hydroélectrique, au mois de juillet 2015 (FQSA, 2015). De plus, selon le *Bilan d'exploitation du saumon atlantique au Québec en 2017* du MFFP, 104 274 alevins ont été ensemencés dans la rivière Sheldrake, au cours de l'année 2017.

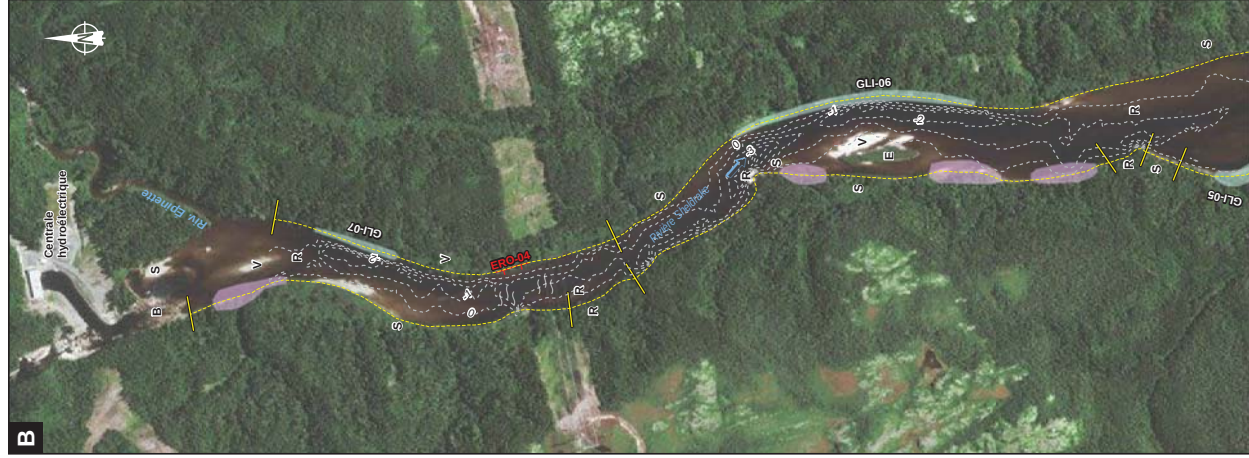
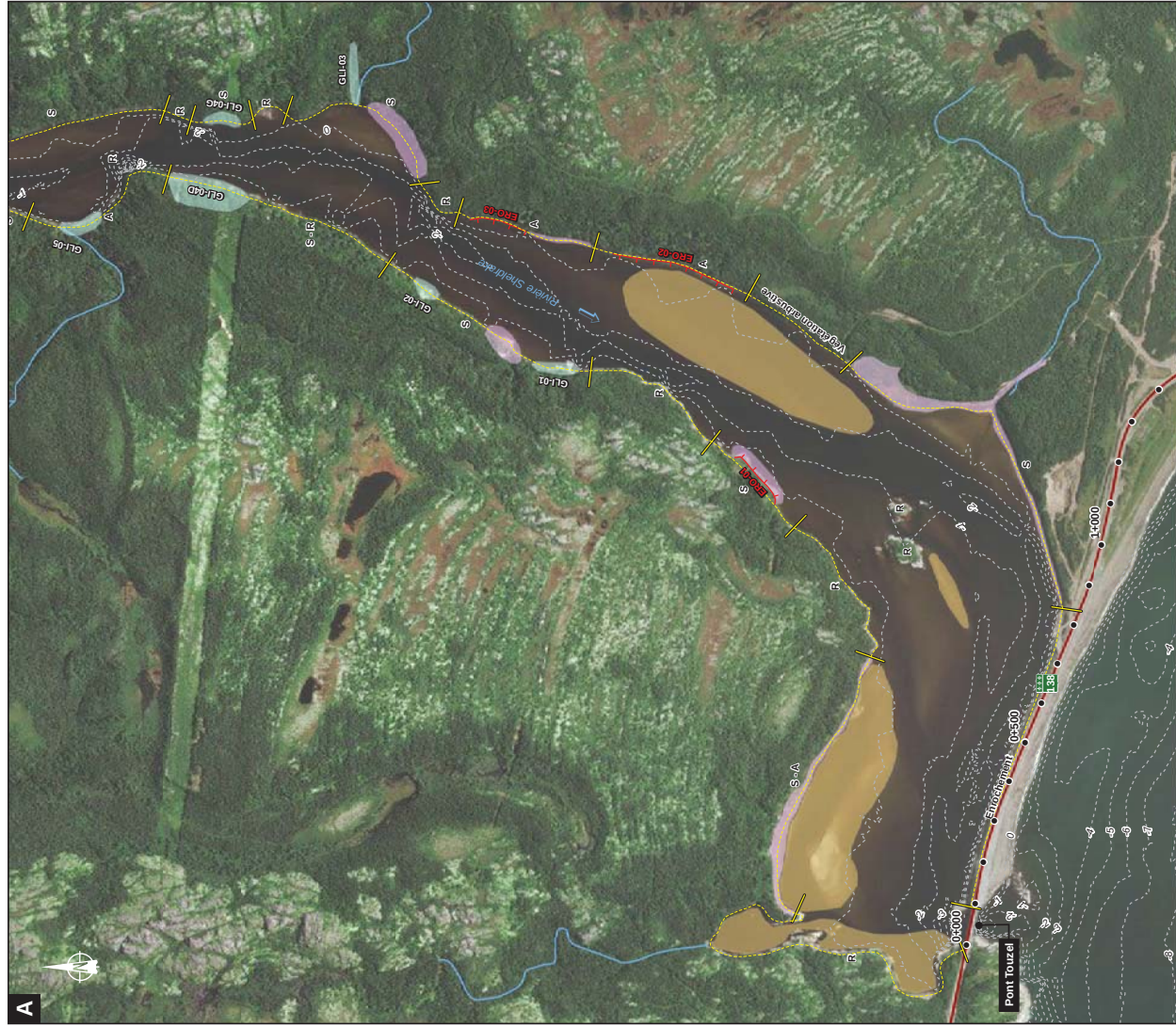


Photo 17

Figure 3-16 : Photo 17 : Emplacement de la cage de capture à saumon atlantique à la centrale hydroélectrique de la rivière Sheldrake, 18 septembre 2018

3.3.2.4 OBSERVATIONS FAUNIQUES

Lors des inventaires de caractérisation menés les 17 et 18 septembre 2018, quelques espèces fauniques ont été observées le long de la rivière Sheldrake. En effet, des phoques communs ont été vus sur des rochers émergeant au sein de la rivière. De plus, un balbuzard pêcheur, des cormorans à aigrettes, des harles ainsi que des limicoles présents sur des bancs de gravier situés à environ 100 m en aval du barrage de la centrale hydroélectrique, ont été répertoriés.



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.

Analyse de solutions à l'érosion et à la submersion côtière dans la flèche de Sheldrake dans la municipalité de Rivière-au-Tonnerre

Description du milieu physique, biologique et humain

3.4 ESPÈCES FAUNIQUES À STATUT

Selon la réponse à la demande d'information adressée au Centre de données sur le patrimoine du Québec (CDPNQ), il y aurait absence, sur le territoire du projet ou à l'intérieur d'un périmètre d'influence de ce dernier, de mentions d'espèces fauniques menacées, vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées (comm. pers., Sandra Coulombe, CDPNQ).

Toutefois, selon les informations retrouvées dans la littérature ainsi que dans les différentes banques de données consultées, 26 espèces fauniques désignées par un statut de protection légal seraient susceptibles d'utiliser la zone d'étude élargie ou les alentours immédiats à un moment de leur cycle biologique. Le Tableau 3-15 dresse la liste de ces espèces en précisant leurs statuts de protection.

Tableau 3-15 Liste des espèces fauniques à statut susceptibles d'être présentes dans la zone d'étude élargie

ESPÈCE		PROVINCIAL	FÉDÉRAL	
NOM VERNACULAIRE	NOM LATIN	LEMV	COSEPA	LEP
Épervière de Robinson	<i>Hieracium robinsonii</i>	SDMV	--	--
Anguille d'Amérique	<i>Anguilla rostrata</i>	SDMV	M	AS
Plie Canadienne (population des Maritimes)	<i>Hippoglossoides platessoides</i>	AS	M	AS
Morue franche (population sud-laurentienne)	<i>Gadus morhua</i>	SDMV	EVD	AS
Aigle royal	<i>Aquila chrysaetos</i>	V	--	--
Arlequin plongeur	<i>Histrionicus histrionicus</i>	V	P	P
Bécasseau maubèche de la sous-espèce rufa	<i>Calidris canutus rufa</i>	SDMV	EVD	EVD
Bécasseau roussâtre	<i>Tryngites subruficollis</i>	--	P	P
Engoulevent d'Amérique	<i>Chordeiles minor</i>	SDMV	P	M
Faucon pèlerin anatum/tundrius	<i>Falco peregrinus</i>	V	--	P
Garrot d'Islande	<i>Bucephala islandica</i>	V	P	P
Gros-bec errant	<i>Coccothraustes vespertinus</i>	--	P	-
Hibou des marais	<i>Asio flammeus</i>	SDMV	P	P
Hirondelle de rivage	<i>Riparia riparia</i>	--	M	M
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>	--	M	M
Moucherolle à côtés olive	<i>Contopus cooperi</i>	SDMV	P	M
Paruline du Canada	<i>Cardellina canadensis</i>	SDMV	M	M
Phalarope à bec étroit	<i>Phalaropus lobatus</i>	--	P	--
Pygargue à tête blanche	<i>Haliaeetus leucocephalus</i>	V	--	--
Quiscale rouilleux	<i>Euphagus carolinus</i>	SDMV	P	P
Caribou forestier	<i>Rangifer tarandus</i>	V	M	M
Belette pygmée	<i>Mustela nivalis</i>	SDMV	AS	AS
Chauve-souris cendrée	<i>Lasiurus cinereus</i>	SDMV	AS	AS
Campagnol des rochers	<i>Microtus chrotorrhinus</i>	SDMV	AS	AS
Campagnol lemming de Cooper	<i>Synaptomys cooperi</i>	SDMV	AS	AS
Tortue luth	<i>Dermochelys coriacea</i>	M	EVD	EVD

Légende: Loi sur les espèces menacées ou vulnérables (LEMV); Loi sur les espèces en péril (LEP); aucun statut (AS); en voie de disparition (EVD); menacée (M); vulnérable (V); préoccupant (P); susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable (SDMV)
Source: (Gouvernement du Canada 2013); (MFFP 2018)

3.5 HABITATS FAUNIQUES PROTÉGÉS

La zone d'étude élargie (91,1 km²) comprend une rivière à saumon (rivière Shelldrake) ainsi que plusieurs milieux humides occupant respectivement 1,4 km² et 18,1 km². De plus, trois aires de concentration d'oiseaux aquatiques (ACOA) sont présentes dans la portion côtière du secteur de la flèche de Shelldrake (Carte 3-1). Il s'agit des ACOA 02-09-0402 (Tête de Shelldrake, Pointe au Minerai), 02-09-0253 (Tête de Shelldrake, Pointe à Jim Hearst) et 02-09-0254 (Pointe à Jim Hearst, Pointe au Tonnerre). Les ACOA sont reconnues comme « habitats fauniques » en vertu de la *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* (LCMVF) et comme aires protégées en vertu de la *Loi sur la conservation du patrimoine naturel* (catégorie VI selon les lignes directrices de l'Union internationale pour la conservation de la nature [UICN]). Environ 15 km² de la zone d'étude élargie est occupée par des ACOA. L'habitat du poisson en eau douce, saumâtre ou marine, est protégé en vertu de la loi canadienne sur les pêches et de la loi québécoise sur la conservation et la mise en valeur de la faune. La rivière Shelldrake, son estuaire et l'ensemble du milieu marin de la zone d'étude se qualifient comme habitat du poisson.

4 DESCRIPTION DU MILIEU HUMAIN

4.1 ENVIRONNEMENT SOCIO-ÉCONOMIQUE

4.1.1 PROFIL SOCIAL

La population de la Côte-Nord a connu une diminution de 6,3 % entre 2001 et 2018, passant de 97 743 à 91 546 habitants (Tableau 4-1). Elle représente 1,1 % de la population du Québec. Les villes de Sept-Îles et de Baie-Comeau regroupent environ 55 % de la population régionale. La densité démographique de la région administrative atteint seulement 0,4 habitant par kilomètre carré en 2018, alors que celle de la MRC de la Minganie est de 0,11 habitant par kilomètre carré. La MRC de la Minganie compte 6 548 habitants en 2018 en incluant les réserves de Nutashkuan et Ekuanitshit, soit 7,2 % de la population régionale.

La population à l'ouest de Rivière-au-Tonnerre, soit les MRC de la Haute-Côte-Nord, Manicouagan et Sept-Rivières, représente 83,3 % de la population régionale et compte 76 230 habitants (ISQ, 2017).

À l'échelle régionale, les projections de référence de l'Institut de la statistique du Québec (Payeur et Azeredo, 2014) pour 2036 prévoient une population de 93 099 habitants, soit une diminution de 2,7 % par rapport au niveau de 2011. La MRC de la Minganie affiche la plus forte augmentation projetée de la population (+12,0 %) à l'échelle de la région administrative. Pour les MRC à l'ouest de Rivière-au-Tonnerre, l'ISQ projette une diminution de la population pour Manicouagan (-10,0 %) et Haute-Côte-Nord (-15,2 %), puis une hausse de population pour Sept-Rivières (5,5 %).

Tableau 4-1 Évolution de la population de 2001 à 2018 – Rivière-au-Tonnerre, MRC Minganie, Côte-Nord et province de Québec

DIVISION GÉOGRAPHIQUE	POPULATION (N)				ÉVOLUTION DÉMOGRAPHIQUE 2001-2018
	2001	2006	2011	2018	
Rivière-au-Tonnerre	415	390	307	267	-32,8 %
MRC Minganie	6 714	6 390	6 582	6 548	-2,5 %
Côte-Nord	97 743	95 900	94 766	91 546*	-6,3 %
Québec	7 237 479	7 546 135	7 903 001	8 390 499 ^P	13,7 %

Sources : (ISQ 2009, 2018a) ; (MAMOT 2018a)

La population de Rivière-au-Tonnerre était de 267 en 2018 et formait 4,1 % de la population totale de la MRC de la Minganie. Rivière-au-Tonnerre a connu une importante décroissance depuis 2001, qui se chiffre à -32,8 % (voir sections 4.1.2 et 4.1.3 du présent rapport). À cette époque, Rivière-au-Tonnerre regroupait 415 habitants. La municipalité de Rivière-au-Tonnerre est considérée dévitalisée par le ministère des Affaires municipales et de l'Habitation (MAMH), avec un indice de vitalité économique de -10,8, ce qui se situe dans le dernier quintile à l'échelle québécoise (ISQ, 2018b).

L'âge médian de la population de Rivière-au-Tonnerre est de 57,9 ans, ce qui est de 15,5 ans supérieurs aux données de l'ensemble du Québec (42,4 ans). Cette différence peut s'expliquer par une proportion supérieure de personnes âgées de 45 à 64 ans pour Rivière-au-Tonnerre, soit 44,1 % comparativement à 31,6 % dans l'ensemble du Québec, et de personnes âgées de plus de 65 ans à Rivière-au-Tonnerre, soit 25,4 % comparativement à 17,9 % pour l'ensemble du Québec. La proportion des groupes d'âge de 0 à 14 ans, de 15 à 24 ans et de 25 à 44 ans est, par conséquent, inférieure à Rivière-au-Tonnerre en comparaison avec l'ensemble du Québec. Au niveau de la MRC de la Minganie, la pyramide démographique est sensiblement représentative de celle de la région administrative. Elle se démarque de l'ensemble du Québec par une légère différence négative pour la proportion de personnes âgées de 25 à 44 ans (-3,9%) et une légère différence positive pour la proportion de personnes âgées de 45 à 64 ans (+3,6 %). Le Tableau 4-2 présente l'âge médian et la structure d'âge des populations de Rivière-au-Tonnerre, de la MRC de la Minganie, de la Côte-Nord et de l'ensemble du Québec.

Tableau 4-2 Structure d'âge (en %) et âge médian de la population de Rivière-au-Tonnerre, de la MRC de la Minganie, de la Côte-Nord et du Québec, 2016

GROUPE D'ÂGE	RIVIÈRE-AU-TONNERRE	MINGANIE	CÔTE-NORD	ENSEMBLE DU QUÉBEC
0 à 14 ans	6,8	17,7	15,9	15,7
15 à 24 ans	6,8	10,1	11,0	11,5
25 à 44 ans	16,9	22,8	23,8	26,1
45 à 64 ans	44,1	32,4	31,6	28,8
65 ans et plus	25,4	17,0	17,7	17,9
Âge médian	57,9	44,5	44,4	42,4

Source : (Statistique Canada, 2017)

4.1.1.1 REVENUS ET MÉNAGE

En 2016, le revenu médian des ménages privés était moindre à Rivière-au-Tonnerre que pour l'ensemble du Québec. En effet, alors que le revenu médian au Québec était de 51 760 \$, celui de Rivière-au-Tonnerre était de 48 256 \$, soit une différence de l'ordre de 6,7 %. À titre comparatif, le revenu médian des ménages dans la MRC de la Minganie était de 70 042 \$, alors que celui dans la région de la Côte-Nord atteignait 75 840 \$ (Statistique Canada, 2017). Les ménages de la Minganie dépendent davantage des transferts gouvernementaux comme source de revenu que le reste du Québec. En effet, le rapport de dépendance, soit les paiements de transferts gouvernementaux par tranche de 100 \$ de revenu d'emploi total d'un territoire, était de 28,30\$ pour la MRC en 2015, comparativement à 24 \$ pour la Côte-Nord et 23,80 \$ pour la province.

En ce qui a trait à la structure des ménages, la municipalité de Rivière-au-Tonnerre comptait en 2016 une plus grande proportion de ménages, formés d'un couple sans enfant ou formés d'une seule personne, soit 80,0 % en comparaison avec le Québec (60,1%). À l'inverse, une proportion moindre de ménages composés d'un couple avec enfant est présente au sein de la communauté. La taille moyenne des ménages, de 1,9 personne à Rivière-au-Tonnerre, est inférieure à celle observée à l'échelle de la MRC (2,5 personnes/ménage) et à l'échelle du Québec (2,3 personnes/ménage). Le Tableau 4-3 présente les caractéristiques des ménages à l'échelle de la municipalité, de la MRC et de l'ensemble du Québec pour l'année 2016.

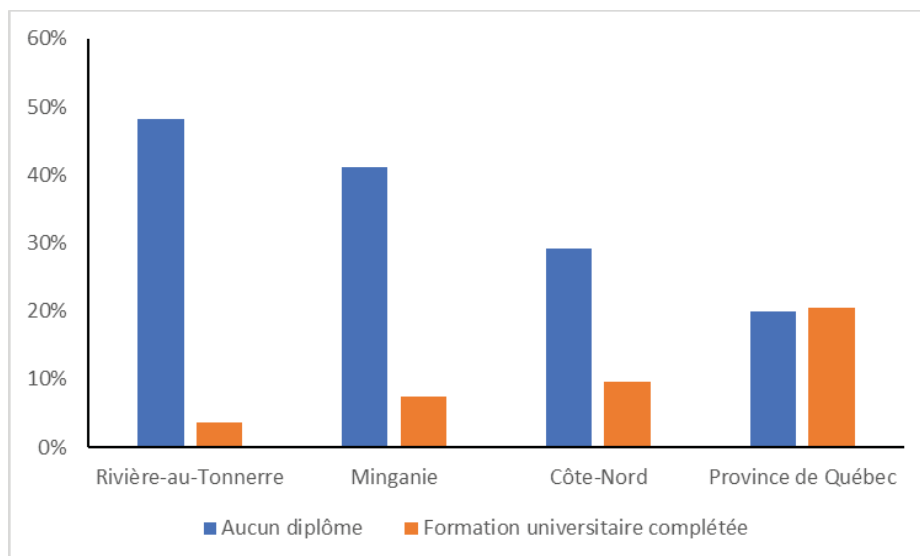
Tableau 4-3 Caractéristiques des ménages de Rivière-au-Tonnerre, de la MRC de la Minganie et de l'ensemble du Québec, en 2016

TYPE DE MÉNAGE	RIVIÈRE-AU-TONNERRE		MINGANIE		ENSEMBLE DU QUÉBEC	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Ménages formés d'un couple avec enfants	30	20,0%	1 685	37,7%	870 575	24,7%
Ménages formés d'un couple sans enfants	55	36,7%	1 390	31,1%	947 305	26,8%
Ménages monoparentaux avec enfants	10	6,7%	565	12,7%	379 465	10,7%
Ménages formés d'une personne seule	65	43,3%	1 140	25,5%	1 175 230	33,3%
Autres types de ménage (ex. : ménages multifamiliaux)	10	6,7%	245	5,5%	159 095	4,5%
Taille moyenne du ménage	1,9	--	2,5	--	2,3	--

Source : (Statistique Canada, 2017)

4.1.1.2 NIVEAU DE SCOLARITÉ

La proportion des gens ne possédant pas de diplôme est de 48,2 % pour la municipalité de Rivière-au-Tonnerre, comparativement à 20 % pour l'ensemble du Québec. À l'inverse, la proportion de diplômés universitaires est de 3,6 % à Rivière-au-Tonnerre, comparativement à 7,5 %, 9,6 % et 20,5 % pour la MRC, la région et la province, respectivement (Figure 4-1). Cette différence peut s'expliquer par l'exode des jeunes vers les grands centres urbains, où ils trouvent des emplois liés à leur domaine d'étude. De plus, plusieurs emplois disponibles sur le territoire de la MRC sont peu spécialisés.



Source : (Statistique Canada, 2017)

Figure 4-1 : Comparaison du niveau de scolarité de Rivière-au-Tonnerre, de la Minganie, de la Côte-Nord et de l'ensemble du Québec, 2016

4.1.1.3 LOGEMENT ET IMMOBILIER

À Rivière-au-Tonnerre, la proportion des unités résidentielles occupées par des propriétaires correspond à 78,1 % des ménages, comparativement à 61,3 % au Québec. À l'inverse, la part des ménages locataires est nettement moindre, soit 21,9 % à Rivière-au-Tonnerre et 38,6 % pour le Québec (Statistique Canada, 2017).

Selon les données du MAMH, l'évaluation moyenne uniformisée des résidences unifamiliales à Rivière-au-Tonnerre serait de 82 643 \$ comparativement à 152 041\$ au niveau de la MRC, à 159 685 \$ au sein de la Côte-Nord et à 268 772 \$ au Québec (MAMOT, 2018b). Ceci pourrait s'expliquer par la présence d'une forte proportion de chalets et résidences secondaires, ainsi qu'une forte proportion de logements nécessitant des réparations majeures.

4.1.1.4 PORTRAIT SOCIO-SANITAIRE ET COMMUNAUTAIRE

En ce qui a trait aux soins de santé, la municipalité de Rivière-au-Tonnerre possède un centre local de service communautaire CLSC. Selon le CISSS de la région, la seule clinique médicale de la Minganie est située à Havre-Saint-Pierre. Une école primaire, une église centenaire, une association de développement, une bibliothèque municipale et une maison communautaire composent l'essentiel des services de la municipalité. Un bureau de poste, une caisse populaire, un casse-croûte, une agence de voyages coopérative, un garage, un motel, un magasin général et une boutique spécialisée dans les produits dérivés de la chicoutai composent l'essentiel des commerces. Nous n'avons identifié aucune industrie sur le territoire de la municipalité. Au niveau des loisirs, un club de l'âge d'or, un club motocycliste, un comité des loisirs, un organisme communautaire artistique et un festival d'été composent l'essentiel des services de la municipalité. Il y a également une rampe de mise à l'eau au niveau de la rivière Sheldrake.

4.1.2 MARCHÉ DU TRAVAIL

4.1.2.1 MARCHÉ DE L'EMPLOI

L'indice de vitalité économique de la municipalité de Rivière-au-Tonnerre (-10,98) la classe en dernière position parmi les dix municipalités (incluant les réserves Nutashkuan et Ekuanitshit) de la MRC de la Minganie, en ce qui a trait à son développement (Tableau 4-4). Notons que l'indice de vitalité de la MRC la place 59^e (sur un total de 104 MRC et agglomérations au Québec), grâce à l'apport de Havre-Saint-Pierre qui agit à titre de moteur économique régional. De plus, 5 municipalités (sur 10 composants la MRC de Minganie) font partie du dernier quintile au niveau de leur indice de vitalité économique. Il n'y a que la municipalité de Havre-Saint-Pierre qui se retrouve dans les deux premiers quintiles, ce qui représente un signe de dévitalisation à l'échelle de la MRC. L'indice est calculé à partir des indicateurs suivants, soit : le revenu médian de la population de 18 ans et plus, le taux des travailleurs de 25-64 ans et le taux d'accroissement moyen de la population sur 5 ans. De plus, en 2016, le taux de chômage pour la municipalité était de 32,0 % comparativement à 7,2 % à l'échelle provinciale. Il est donc possible d'affirmer que la situation d'emploi à Rivière-au-Tonnerre est précaire et se compare désavantageusement aux indicateurs régionaux et provinciaux.

Tableau 4-4 Indicateurs et indice de vitalité économique des municipalités de la MRC de la Minganie

MUNICIPALITÉ	REVENU MÉDIAN DE LA POPULATION DE 18 ANS ET PLUS	TAUX DES TRAVAILLEURS 25-64 ANS	TAUX D'ACCROISSEMENT DE LA POPULATION 2011-2016	INDICE DE VITALITÉ ÉCONOMIQUE	QUINTILE (RANG)
Rivière-au-Tonnerre	32 928\$	50,8%	-28,5%	-10,98	Q5 (1 056)
Aguanish	28 874\$	65,6%	-16,4%	-8,95	Q5 (1015)
Rivière-Saint-Jean	33 652\$	50,7%	-16,5%	-8,08	Q5(985)
Nutashkuan	22 928\$	55,7	2,4	-7,89	Q5 (979)
Ekuanitshit	25 909\$	61,4%	-0,9%	-6,64	Q5 (930)
Île-d'Anticosti	38 762\$	62,5%	-33,1%	-5,52	Q4 (888)
Baie-Johan-Beetz	29 016\$	66,27%	7,2%	-0,69	Q3 (626)
Longue-Pointe-de-Mingan	35 304\$	63,2%	0,0%	-0,51	Q3 (617)
Natashquan	34 785\$	64,9%	2,1%	0,35	Q3 (566)
Havre-Saint-Pierre	44 157\$	72,1%	0,4%	4,80	Q2 (306)
MRC Minganie	36 981\$	66,3%	-3,0%	-1,23	Q3 (59)

Source : (ISQ, 2016)

4.1.2.2 SECTEURS D'ACTIVITÉ

L'économie de la MRC dépend principalement de l'exploitation minière, de l'industrie de la pêche et du tourisme. Ce manque de diversification économique place la MRC dans une situation économique précaire (Comité RAP Côte-Nord, 2012). Les trois employeurs principaux de la Minganie sont la minière Rio Tinto Fer et Titane, Hydro-Québec en lien avec le chantier de La Romaine et le Centre de Santé et de Services Sociaux.

Activité minière

La mine Rio Tinto Fer et Titane à Havre-Saint-Pierre est le plus gros employeur de la MRC (plus de 275 employés). La mine est en activité depuis 1950 et offre encore des perspectives d'extraction pour les années à venir (MRC de la Minganie, 2018; Rio Tinto, 2019).

Pêche

La MRC compte des ports commerciaux à Havre-Saint-Pierre, Mingan, Natashquan et Rivière-au-Tonnerre (Pêches et Océans Canada, 2018). Deux usines de transformation sont situées sur le territoire de la MRC : Poissonnerie du Havre (Havre-Saint-Pierre) et Poséidon les Poissons et Crustacées (Longue-Pointe-de-Mingan), employant chacune entre 100 et 199 personnes (MRC de la Minganie, 2018).

Tourisme

Le tourisme est un secteur économique d'importance pour la MRC qui abrite la réserve de parc national de l'Archipel-de-Mingan et le parc national d'Anticosti. Les trois pourvoies les plus importantes de la MRC, employant plus de 20 personnes, sont la pourvoirie Cerf-Sau (Anticosti), la pourvoirie de la Haute-Saint-Jean (Rivière-Saint-Jean) et la pourvoirie Hipou (Natashquan) (MRC de la Minganie, 2018).

4.1.3 STRUCTURE ÉCONOMIQUE

4.1.3.1 RÉGION DE LA CÔTE-NORD

L'économie de la Côte-Nord repose principalement sur l'exploitation et la transformation des richesses naturelles. En effet, les mines, la forêt, l'énergie hydroélectrique, les ressources fauniques et halieutiques ainsi que la production et la transformation de l'aluminium constituent la base de l'économie régionale depuis plusieurs années. Cependant, l'industrie touristique est appelée à connaître une forte progression, principalement en raison de l'accueil prochain de navires de croisières internationales dans trois ports de la région, ce qui contribuera à diversifier la structure économique régionale.

Entre 2007 et 2017, le nombre d'emplois total dans les régions administratives combinées de la Côte-Nord et du Nord du Québec a connu une hausse de 0,9 % par année (taux de croissance annuel composé), pour une hausse totale approximative de 9,8 % sur 10 ans (passant de 50 000 à 54 900 emplois). Au cours de la même période, le taux de croissance annuel composé pour l'ensemble du Québec était de 1,0 % (Girard, 2018).

Également, de 2005 à 2017, la proportion d'emploi attribuable au secteur primaire est passée de 10,6 % à 11,8 %, ce qui est nettement supérieur à l'ensemble du Québec (2,7 à 2,2 % de 2005 à 2017). Dans le secteur secondaire, la part du domaine de la construction a augmenté de 2,4 % pour atteindre 6,8 % en 2017, alors que celle du domaine de la fabrication a chuté de 5,0 % pour s'arrêter à 11,1 %. Cette chute est susceptible d'être liée à la fermeture d'usines, ainsi qu'à la rationalisation des effectifs et à la modernisation des procédés observée au cours des dernières années. Enfin, le pourcentage des emplois du secteur tertiaire a progressé de 1,3 % pour atteindre 70,2 % du marché de l'emploi. Malgré cette hausse, la proportion des emplois dans le secteur tertiaire est inférieure à celle de l'ensemble du Québec, ce qui compense pour le niveau accru d'emplois dans le secteur primaire. Ceci s'explique par une économie régionale davantage tournée vers l'exploitation des ressources. Le Tableau 4-5 présente la proportion des emplois en fonction des secteurs d'activité pour la Côte-Nord et l'ensemble du Québec en 1993 et 2005.

Tableau 4-5 Proportion des emplois par secteur d'activité économique pour la région de la Côte-Nord et l'ensemble du Québec, 2005 à 2017.

SECTEUR D'ACTIVITÉ ÉCONOMIQUE	CÔTE-NORD		ENSEMBLE DU QUÉBEC	
	2005	2017	2005	2017
Secteur primaire	10,6%	11,8%	2,7%	2,2%
Secteur secondaire	20,5%	18,0%	21,3%	17,5%
Construction	4,4%	6,8%	4,7%	6,8%
Fabrication	16,1%	11,1%	16,6%	11,7%
Secteur tertiaire	68,9%	70,2%	76,0%	80,3%

Sources : (MDEIE 2006); (MEI 2018)

4.1.3.2 MRC DE LA MINGANIE ET MUNICIPALITÉ DE RIVIÈRE-AU-TONNERRE

À l'instar de la région de la Côte-Nord, l'économie de la MRC de la Minganie est fortement basée sur l'exploitation et la transformation des ressources naturelles. L'industrie minière, le tourisme, la pêche et le bioalimentaire sont au cœur de l'activité économique de la MRC.

Dans la MRC, en 2016, on comptait 5 660 travailleurs. De ce nombre, la proportion la plus importante des emplois est liée à la construction, la fabrication, le commerce de détail, les services d'enseignement, les soins de santé et l'administration publique. L'agriculture, la foresterie, la pêche et la chasse, l'extraction minière, le transport et l'entreposage, puis l'hébergement et la restauration suivent ensuite. Le Tableau 4-6 présente la répartition des emplois dans la MRC de la Minganie par secteur d'activité pour l'année 2017. La plupart des résidents travaillent à l'intérieur de la MRC. En 2016, 93,7% des travailleurs occupaient un emploi à l'intérieur de la MRC (Statistique Canada, 2017). En 2006, 95,1% des emplois sur le territoire de la MRC étaient occupés par des travailleurs venant de la MRC (ISQ, 2017).

Tableau 4-6 Profil des emplois par secteur d'activité selon le système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN), 2016.

SECTEUR D'ACTIVITÉ	MRC MINGANIE	POURCENTAGE	RIVIÈRE-AU-TONNERRE	POURCENTAGE
11 Agriculture, foresterie, pêche et chasse	315	5,7%	25	20,8%
21 Extraction minière, exploitation en carrière, et extraction de pétrole et de gaz	250	4,5%	0	0,0%
22 Services publics	120	2,2%	0	0,0%
23 Construction	535	9,7%	20	16,7%
31-33 Fabrication	425	7,7%	10	8,3%
41 Commerce de gros	55	1,0%	0	0,0%
44-45 Commerce de détail	655	11,8%	10	8,3%
48-49 Transport et entreposage	290	5,2%	15	12,5%
51 Industrie de l'information et industrie culturelle	75	1,4%	0	0,0%
52 Finance et assurances	90	1,6%	10	8,3%
53 Services immobiliers et services de location et de location à bail	20	0,4%	0	0,0%
54 Services professionnels, scientifiques et techniques	55	1,0%	0	0,0%

SECTEUR D'ACTIVITÉ	MRC MINGANIE	POURCENTAGE	RIVIÈRE-AU-TONNERRE	POURCENTAGE
55 Gestion de sociétés et d'entreprises	0	0,0%	0	0,0%
56 Services administratifs, services de soutien, services de gestion des déchets et services d'assainissement	160	2,9%	10	8,3%
61 Services d'enseignement	470	8,5%	0	0,0%
62 Soins de santé et assistance sociale	880	15,9%	10	8,3%
71 Arts, spectacles et loisirs	105	1,9%	0	0,0%
72 Services d'hébergement et de restauration	370	6,7%	0	0,0%
81 Autres services (sauf les administrations publiques)	125	2,3%	0	0,0%
91 Administrations publiques	540	9,8%	10	8,3%

Source : (Statistique Canada 2017)

4.2 PLANIFICATION ET AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

4.2.1 ORGANISATION TERRITORIALE

La zone d'étude est située dans la MRC de la Minganie, qui fait partie de la région administrative de la Côte-Nord. Cette MRC regroupe huit municipalités et deux réserves dispersées le long du golfe du Saint-Laurent, dont celle de Rivière-au-Tonnerre, située au centre de la MRC. La municipalité de Rivière-au-Tonnerre est née de la fusion de deux villages : Rivière-au-Tonnerre, à l'est, et Sheldrake, à l'ouest. La zone d'étude locale se situe plus spécifiquement à l'ouest de la municipalité, à la confluence de la rivière Sheldrake et du golfe du Saint-Laurent. La zone d'étude locale comprend le secteur ouest du secteur résidentiel de Sheldrake, et la zone d'étude élargie englobe complètement ce dernier.

4.2.2 PLANIFICATION RÉGIONALE

4.2.2.1 SCHÉMA D'AMÉNAGEMENT ET DE DÉVELOPPEMENT DE LA MRC DE LA MINGANIE

Le schéma d'aménagement et de développement révisé de la MRC de la Minganie est entré en vigueur en 1986, il est présentement en révision. Ce document de planification établit quatre objectifs généraux, soit :

- Permettre une accessibilité maximale à tout le territoire municipalisé;
- Reconnaître et mettre en valeur la vocation récréo-touristique de la Minganie;
- Soutenir l'utilisation rationnelle des ressources naturelles;
- Favoriser une utilisation rationnelle de l'espace.

Le territoire de la MRC de la Minganie a été divisé selon les six grandes affectations suivantes : protection/conservation, villégiature, récréo-touristique, forestière, zone de protection d'autres ressources et industrielle. Le territoire à l'étude se trouve dans deux zones d'affectation :

1. Protection / conservation : le territoire à l'étude comprend des sites fauniques importants. La rivière Sheldrake est une rivière à saumon sur laquelle un programme d'ensemencement a lieu depuis 2015 (BAPE, 2009; Le Nord-Côtier, 2015) . De plus, le littoral bordant la rivière Sheldrake fait partie de l'Aire de concentration d'oiseaux aquatiques de la Pointe au Minerai, Tête de Sheldrake. Selon la MRC, on y retrouve également des sites d'utilité publique qui tombent sous cette affectation, soit des gravières-sablières.
2. Récréo-touristique : à l'intérieur du territoire à l'étude, le corridor de la 138 est considéré comme un corridor panoramique compte tenu des vues sur le littoral et le golfe du Saint-Laurent. On y retrouve également une rampe de mise à l'eau qui donne sur la rivière Sheldrake.

Le schéma d'aménagement de la MRC de la Minganie désigne également des zones de contraintes physiques liées aux aléas côtiers. La zone d'étude locale compte 18 zones de risques. L'utilisation du sol pour ces zones est réglementée par le règlement 128-04-06 de Rivière-au-Tonnerre visant à régir la construction et l'aménagement des terrains situés dans les zones exposées aux glissements de terrain et à l'érosion des berges. Ce règlement encadre le type d'intervention permis dans les zones de contraintes définies par le gouvernement provincial. Le Tableau 4-7 présente les caractéristiques des zones à risques localisées à l'intérieur de la zone d'étude locale. La Carte 4-1 présente la localisation des différentes zones à risques.

Tableau 4-7 Caractéristiques des zones à risques de la zone d'étude locale.

UNITÉ DE GESTION	DESCRIPTION
CHA-23	Inconstructible jusqu'à 60 m du haut du talus
CHA-24	Inconstructible jusqu'à 60 m du haut du talus
CHA-25	Inconstructible jusqu'à 60 m du haut du talus
CHA-26	Inconstructible jusqu'à 50 m du haut du talus
CHA-27	Inconstructible jusqu'à 50 m du haut du talus
CHA-28	Inconstructible jusqu'à 40 m du haut du talus
CHA-29	Inconstructible jusqu'à 40 m du haut du talus
CHA-30	Inconstructible jusqu'à 50 m du haut du talus
CHA-31	Inconstructible jusqu'à 40 m du haut du talus
CHA-32	Flèche littorale : inconstructible
CHA-33	Inconstructible jusqu'à 60 m du haut du talus
CHA-34	Inconstructible jusqu'à 50 m du haut du talus
CHA-35	Inconstructible jusqu'à 60 m du haut du talus
CHA-36	Inconstructible jusqu'à 15 m du haut du talus
CHA-37	Enrochement permis Inconstructible jusqu'à 60 m du haut du talus

UNITÉ DE GESTION	DESCRIPTION
CHA-38	Inconstructible jusqu'à 50 m du haut du talus
CHA-39	Inconstructible jusqu'à 50 m du haut du talus
CHA-40	Inconstructible jusqu'à 50 m du haut du talus

La MRC n'a pas pu confirmer si la zone à l'étude est au cœur d'une zone de contraintes de nuisances sonores ni si la route 138 dans la zone d'étude locale est un corridor routier panoramique.

4.2.2.2 PLAN RÉGIONAL DE DÉVELOPPEMENT DU TERRITOIRE PUBLIC

Le ministère de l'Énergie des Ressources naturelles (MERN) a pour mission d'assurer l'harmonisation des différents usages du territoire, la gestion des ressources de même que l'aménagement et le développement optimal du territoire public. Pour ce faire, le MERN s'est doté d'un *Plan régional de développement du territoire public* (PRDTP), pour la région de la Côte-Nord (MRNF, 2005), qui encadre le développement de territoire public selon cinq produits et services soit la villégiature, l'hébergement commercial en forêt, les sentiers récréatifs et chemins en forêt, les paysages patrimoniaux et les sites littoraux et riverains.

Le PRDTP divise le domaine public en quatre secteurs de développement, soit l'approche contrôlée, l'approche progressive, l'approche spontanée et l'approche modulée. Seul le premier secteur recoupe la zone d'étude. Ainsi, les terres publiques présentes en périphérie du site recoupent le secteur de développement « approche contrôlée » qui s'étend de Sacré-Cœur à Natashquan le long de la côte. Cette approche vise à assurer le maintien du territoire public libre de droits fonciers et fauniques et à assurer un accès public au littoral. Parmi les règles qui encadrent le développement de ce secteur, mentionnons que l'ajout de nouveaux emplacements de villégiature n'est possible que dans les secteurs de villégiature existants et qui possèdent au moins un terrain de villégiature développé.

Les responsabilités du MERN consistent également à assurer la gestion des activités d'exploitation de la faune ainsi que la surveillance et le contrôle de l'utilisation de la ressource faunique. Les politiques régionales du MERN sont présentées dans le *Plan de développement régional associé aux ressources fauniques de la Côte-Nord* (FAPAQ, 2001). Ce plan préconise quatre axes prioritaires :

- développer et consolider la pourvoirie;
- faire connaître l'offre de pêche;
- optimiser l'offre de chasse;
- développer de nouvelles activités récréotouristiques liées à la faune.

4.2.3 TENURE DES TERRES ET ZONAGE

La MRC de la Minganie n'a pas fourni, suite à la demande d'informations, la caractérisation de la tenure des terres.

L'arrière-pays de la zone d'étude élargie est majoritairement zoné comme territoire forestier, hormis une zone de conservation autour du lac Touzel. Dans sa portion maritime, la partie de la zone d'étude élargie à l'ouest de la rivière Sheldrake, ainsi que celle située à l'est du village de Sheldrake, sont catégorisées comme des zones publiques et institutionnelles. Dans la zone d'étude locale, la rivière Sheldrake et ses berges sont situées dans la zone de conservation. Le centre du village de Sheldrake est en zone résidentielle tandis que les extrémités *est* et *ouest* sont en zone mixte commerciale. La Carte 4-1 identifie le zonage de la zone d'étude.

4.2.4 PROJETS LIÉS AU LITTORAL

La MRC de la Minganie n'a pas fait part de projets prévus le long du littoral dans les prochaines années.

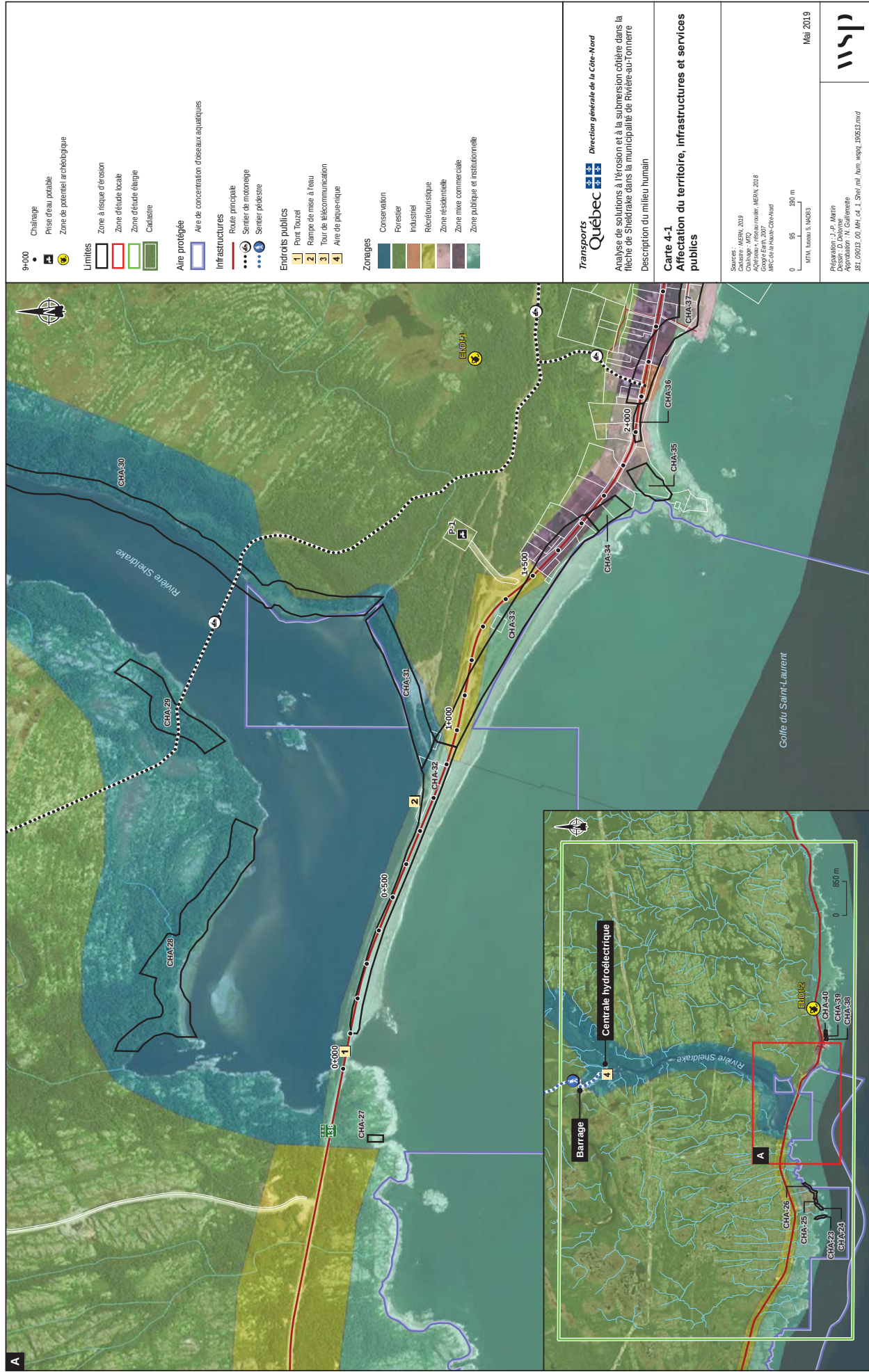
La municipalité de Rivière-au-Tonnerre a un projet de réfection de la rampe de mise à l'eau sur la rivière Sheldrake au nord de la route 138, à l'intérieur de la zone d'étude locale. La municipalité a reçu un certificat d'autorisation pour effectuer les travaux.

4.2.5 PRÉOCCUPATIONS PAR RAPPORT AU LITTORAL

La MRC de la Minganie a mentionné des préoccupations face à un potentiel projet de modification du tracé de la route 138 par rapport à l'impact sur le paysage et sur l'isolement des communautés.

En lien avec le paysage, la MRC a souligné l'importance de tenir compte de l'impact des structures rigides comme l'enrochement sur le paysage. À titre d'exemple, elle cite le cas de la Gaspésie où l'augmentation de la hauteur et du calibre de l'enrochement, entre Marsoui et Rivière-à-Claude, a obstrué complètement la vue sur le golfe du Saint-Laurent. La route 138, sur la Côte-Nord, est nommée Route des Baleines en faisant référence à son caractère panoramique sur le paysage maritime.

Du point de vue de l'isolement des communautés, le village de Sheldrake est situé dans le secteur *est* de la zone d'étude élargie. La plupart des services étant situés à l'extérieur du village, il importe que les habitants aient un accès à ceux-ci.



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 fonctionnelle n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.

Analyse de solutions à l'érosion et à la submersion côtière dans la flèche de Sheldrake dans la municipalité de Rivière-au-Tonnerre
 Description du milieu physique, biologique et humain

4.3 UTILISATION DU TERRITOIRE ET DES RESSOURCES NATURELLES

4.3.1 VILLAGE DE SHELDRAKE

Le village de Sheldrake fait officiellement partie de la municipalité de Rivière-au-Tonnerre, laquelle est subdivisée en deux villages, soit Rivière-au-Tonnerre et Sheldrake. La portion du village de Sheldrake la plus densément peuplée s'étend sur approximativement 1,7 km. La plupart des services publics étant offerts par le village de Rivière-au-Tonnerre, les usages du territoire de Sheldrake sont principalement liés à l'habitation et concentrés le long de la route 138. En ce qui a trait aux autres usages, d'ouest en est, on retrouve également un pont patrimonial, un cimetière en bordure de la mer, une usine de traitement d'eau potable et une ancienne usine de transformation de fruits de mer. Aucune industrie en activité n'y est présente, et ce, malgré le passé important de la communauté en lien avec l'exploitation des produits de la mer.

Le secteur de l'embouchure de la rivière Sheldrake présente, quant à lui, une vocation davantage récréative. En effet, en plus d'inclure une rampe de mise à l'eau, derrière la flèche littorale, la rivière constitue une voie d'accès vers les territoires de chasse et donne lieu à des activités de chasse (sauvagine, petit gibier, orignal et ours), de pêche, de piégeage et de cueillette de mollusques. À noter que malgré son statut de rivière à saumon, l'interdiction de la pêche sportive prévaut sur la rivière depuis 2002, et ce, à partir de l'île de roche, localisée à un peu moins de 1 km de l'embouchure de la rivière vers l'amont (Comm. pers., Renaud Parisé, guide). Le secteur de l'embouchure est également un secteur reconnu pour l'ornithologie.

La rivière est traversée par deux lignes de transport électrique (Figure 4-2) en plus de la présence d'une centrale hydroélectrique environ 6 km en amont de son embouchure, plus spécifiquement au niveau de la courbe du Sault (Alliance Environnement inc. 2008). La centrale hydroélectrique (Figure 4-2), aménagée en 2012, en plus de sa vocation de production énergétique, constitue également un attrait touristique où l'interprétation des volets « énergie » et « saumon » est mise de l'avant. En effet, la chute et le barrage constituant un obstacle infranchissable pour le saumon, une trappe y est installée à l'aval et opérée par l'Association de développement et protection de la rivière Sheldrake (ADPRS) afin de permettre la capture des saumons, le dénombrement et la remise en liberté en amont de la centrale. Une aire de pique-nique est aménagée, en rive gauche en aval de la centrale, ainsi qu'un sentier pédestre parcourant le secteur.



Photo 18



Photo 19

Figure 4-2 : Photos 18 : Ligne de transport électrique traversant la rivière Sheldrake, Photos 19 : Centrale hydroélectrique de la rivière Sheldrake

L'arrière-pays, constitué essentiellement d'affleurements rocheux, de tourbières et de forêts, offre une vocation mixte tournée vers l'exploitation des ressources (énergétiques, fauniques et forestières) et une utilisation récréative du milieu (villégiature, chasse, pêche, randonnée, etc.).

Le milieu marin environnant, quant à lui, permet diverses utilisations à caractère récréatif ainsi que commercial. En effet, le Saint-Laurent est, entre autres, un lieu d'activités pour les pêches commerciales, la navigation commerciale, la plaisance, la plongée sous-marine, l'observation de la faune, etc.

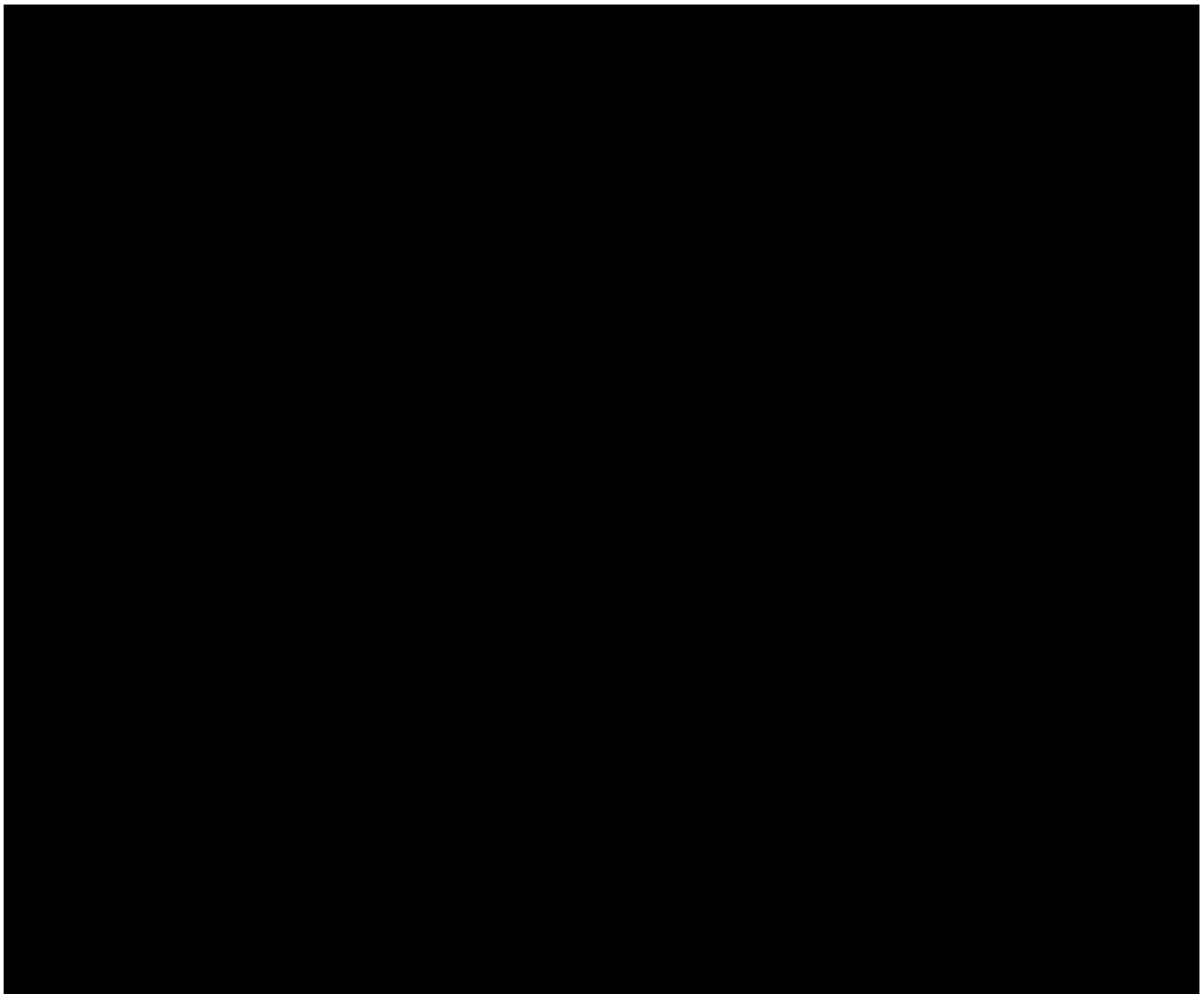
4.3.2 ZONE D'ÉTUDE

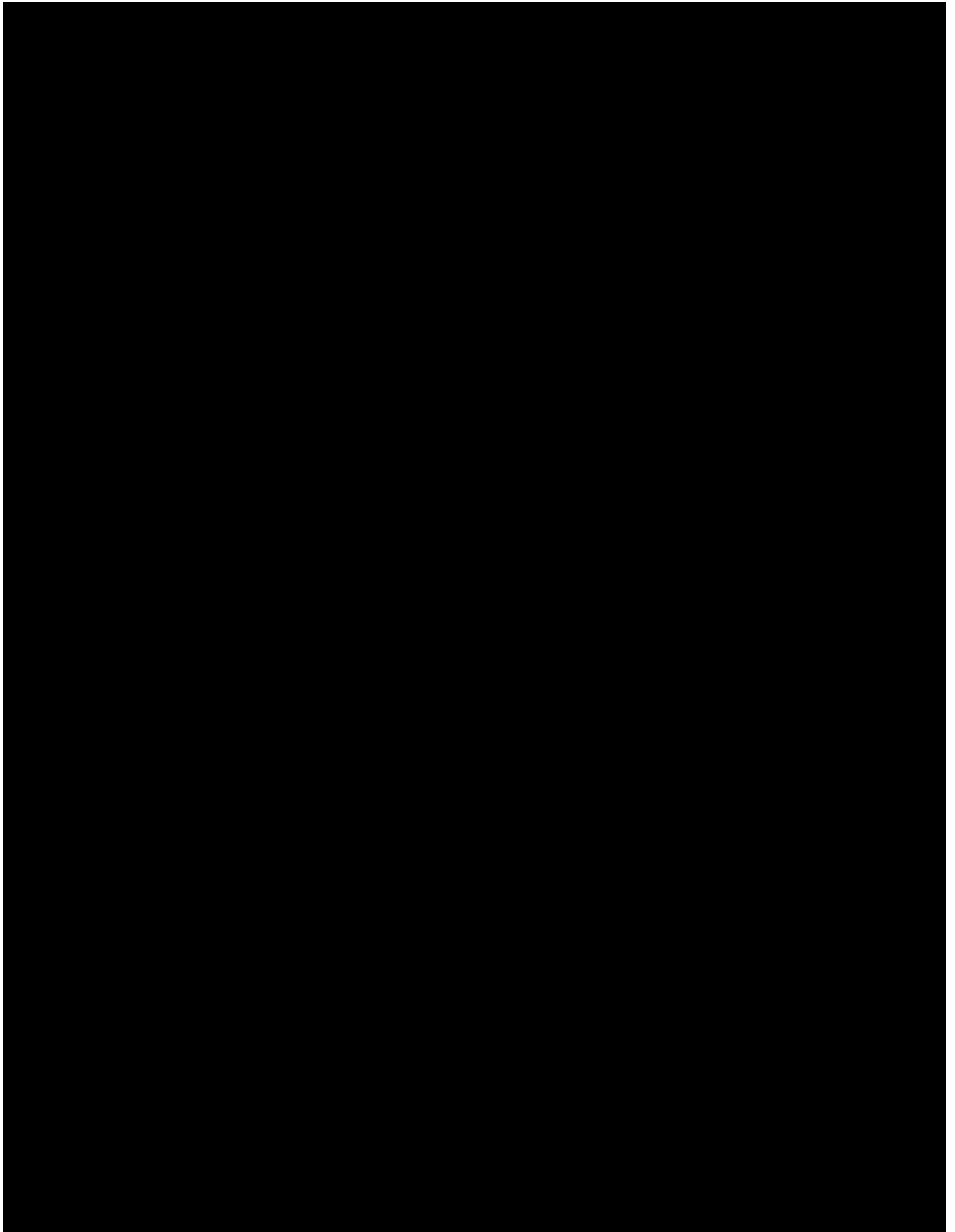
Outre la présence de quelques habitations et du milieu naturel, forestier et côtier, le principal usage du tronçon à l'étude est le transport. En effet, la présence de la route nationale 138 demeure une infrastructure majeure pour la région. Les sections qui suivent décrivent l'ensemble des autres usages identifiés pour le secteur à l'étude.

4.3.2.1 USAGES RÉSIDENTIELS

Des résidences unifamiliales se retrouvent au sein de la zone d'étude locale, en faible densité, en bordure de la route nationale 138. La majorité d'entre elles sont localisées au nord de la route. Au total, une trentaine de résidences sont inventoriées au sein de la zone d'étude locale. La délimitation des propriétés inscrites au plan cadastral pour la zone d'étude locale est présentée à la Carte 4-1. Le Tableau 4-8 présente les caractéristiques et le nom des propriétaires de chaque lot.

Tableau 4-8. Liste des propriétaires des lots présents à l'intérieur de la zone d'étude





4.3.2.2 USAGES RÉCRÉO-TOURISTIQUES

Les principales activités touristiques et récréatives pratiquées au sein de la zone d'étude sont directement en lien avec le milieu naturel environnant, côtier et estuarien.

En ce qui a trait au milieu côtier, la présence de la plage et de la mer donne principalement lieu à des activités de promenade et d'observation de la faune (oiseaux et mammifères marins). La qualité du paysage contribue également à attirer les touristes et passants. En provenance de l'ouest de la région, le pont Touzel constitue d'ailleurs l'un des premiers points de vue marquant sur les paysages de la Minganie.

L'estuaire et la rivière Sheldrake offrent également un fort potentiel ornithologique, lequel constitue un pouvoir d'attraction touristique pour la clientèle des ornithologues amateurs. Un stationnement et une aire de pique-nique localisés près de la rampe de mise à l'eau permettent aux visiteurs de profiter du secteur (Carte 4-1). Outre l'ornithologie, la pêche, la chasse, le piégeage et la cueillette de mollusques sont également des activités récréatives couramment réalisées à proximité de la rivière Sheldrake. La rivière Sheldrake ne fait toutefois pas partie du réseau des rivières canotables et n'est donc pas utilisée par les membres de la Fédération québécoise du canot et du kayak (FQCK). Néanmoins, le canotage y est pratiqué par les gens de la communauté. La navigabilité, au sein de l'estuaire de la rivière, est toutefois difficile en raison de la faible profondeur d'eau et de la présence de nombreux hauts-fonds. Une bonne connaissance de la position du chenal principal d'écoulement est requise pour naviguer dans ce secteur à marée basse.

Le sentier de motoneige de la Trans-Québec 3 (TQ3) traverse la zone d'étude ainsi que la rivière Sheldrake légèrement en amont de l'île de roche. Ce segment de la TQ3 est compris à l'intérieur du Circuit du Golfe, un trajet relativement facile longeant le fleuve sur une distance de 580 km entre Rivière-Pentecôte et Natashquan. À partir de Sept-Îles jusqu'à Rivière-au-Tonnerre, le sentier est balisé et entretenu, mais ne comporte aucun poste d'essence. Ce tronçon de la TQ3 est très peu fréquenté, notamment parce qu'il n'est relié à aucun circuit en boucle, forçant les motoneigistes à revenir sur leurs pas.

4.3.2.3 USAGES RÉCRÉO-FORESTIERS

Les usages récréo-forestiers dans la zone à l'étude couvrent principalement le vaste territoire au nord de la route 138. Par définition, ils comprennent la villégiature ainsi que les sites d'exploitation forestière et de sylviculture. La zone à l'étude, tant locale qu'élargie, ne fait pas partie d'une Unité d'aménagement forestier (UAF). Aucune possibilité forestière, susceptible de donner lieu à des activités d'exploitation, n'est donc évaluée pour le secteur à l'étude. L'UAF la plus proche, l'UAF 095-51, se trouve, toutefois, légèrement plus au nord. Les forêts de cette UAF n'auraient, néanmoins, jamais fait l'objet de coupes forestières industrielles, ce qui se traduit par l'absence d'immobilisations (plantation ou chemins forestiers, par exemple). À quelques endroits, la récolte de bois de chauffage pour des fins personnelles, notamment aux environs du lac Touzel, serait effectuée. Les forêts bordant la rivière Sheldrake sont entièrement situées sur des terres du domaine de l'État (territoire public libre). Au sein de la zone d'étude, la présence de nombreux affleurements rocheux ainsi que le relief accidenté contribuent à limiter le potentiel d'exploitation de la forêt.

En ce qui a trait à la villégiature, aucun bail ne serait attribué pour un secteur au sein de la zone d'étude élargie, selon les informations reçues.

4.3.2.4 PÊCHES COMMERCIALES

La partie côtière de la zone d'étude est susceptible de donner lieu à des activités de pêches commerciales. Les espèces les plus couramment pêchées seraient le crabe des neiges, le bigorneau, le pétoncle et le flétan (Municipalité de Rivière-au-Tonnerre, 2014). Deux gisements de mactres de Stimpson seraient également présents au large, respectivement à 2,5 et 3 km de l'embouchure de la rivière Sheldrake (Landry et al., 1992).

En ce qui a trait à la cueillette de mollusques, seul le secteur de l'estuaire de la rivière Sheldrake (N-17.1.2) est ouvert à la récolte. Des restrictions s'appliquent toutefois pour la récolte du clovisse arctique, du couteau de l'atlantique et de la moule bleue, qui sont susceptibles d'être toxiques. La récolte de ces trois espèces est interdite selon une ordonnance datant d'octobre 2018 (QTN-2018-052).

4.3.2.5 USAGES TRADITIONNELS AUTOCHTONES

En ce qui concerne des usages traditionnels potentiels par les autochtones, aucun usage actuel n'a été confirmé par la communauté innue d'Ekuanitshit (Mingan), située approximativement 70 km à l'est du village de Sheldrake. La rivière Sheldrake se trouverait à la limite des territoires revendiqués par les communautés d'Uashat-Maliotenam (Sept-îles) et d'Ekuanitshit. Cependant, la rivière Sheldrake fait partie du territoire reconnu par la communauté d'Ekuanitshit.

Selon les informations provenant de l'étude d'impact pour l'aménagement de la centrale hydroélectrique sur la rivière Sheldrake (Alliance Environnement inc., 2008) et une étude réalisée dans le cadre de l'avant-projet du complexe hydroélectrique de la Romaine (Hydro-Québec, 2007), le territoire ancestral des Ekuanitshiunnuat (innus d'Ekuanitshit) comprend principalement les bassins hydrographiques des rivières Saint-Jean (Patamiu Hipu) et La Romaine (Uanamen Hipu), ainsi que les bassins des rivières Sheldrake (Papien Patakan), Magpie, Jupitagon, Mingan (Ekuantshiu Hipu) et Piashti. La rivière Sheldrake faisait autrefois partie d'une des voies de circulation traditionnelles donnant accès à l'intérieur des terres. Ces voies de circulation étaient généralement marquées par la présence d'aménagements communautaires tels que des aires d'exploitation, des sites de campements saisonniers ou d'étape, des portages, des lieux d'embarquement et de débarquement, des haltes, des caches, des lieux de rencontre et de séparation, des emplacements pour laisser des messages, des cimetières et des sanctuaires. Ces divers aménagements et leurs localisations font partie du savoir traditionnel autochtone. Les informations disponibles portent à croire qu'il n'existerait, à l'heure actuelle, aucun aménagement communautaire reconnu le long de la rivière Sheldrake (Hydro-Québec, 2007). L'exploitation du territoire de la rivière Sheldrake aurait été délaissée par les Ekuanitshiunnuat depuis plus d'une quarantaine d'années (Alliance Environnement, 2008).

Avant les années 1950, la voie d'accès associée à la rivière Sheldrake suivait le tracé du sentier longeant la rive gauche de la rivière. L'ADPRS s'est réappropriée ce sentier depuis. La voie d'accès passait autrefois par le lac Banane et traversait le lac Touzel, continuait le long du ruisseau aux Rats-Musqués, traversait le lac Charlotte et continuait en un sentier afin de rejoindre la partie navigable de la rivière Sheldrake en amont des rapides. Le reste du chemin suivait l'ensemble du réseau hydrographique dépendamment de l'activité pratiquée.

4.3.2.6 AUTRES USAGES

Aucun usage agricole, industriel, commercial et/ou institutionnel n'est observé au sein de la zone d'étude.

4.4 INFRASTRUCTURES

4.4.1 TRANSPORT

La zone d'étude locale est traversée par une seule artère routière importante, soit la route nationale 138. Cette dernière est la seule route qui relie la Côte-Nord d'ouest en est et qui la relie aux autres régions du Québec. Par conséquent, elle constitue également le seul axe routier permettant de se déplacer d'un village à un autre dans la région, ainsi que de réaliser l'approvisionnement routier des communautés localisées plus à l'est. Cette réalité fait ressortir l'importance de maintenir cet axe routier fonctionnel tout en réduisant les impacts potentiels que pourraient avoir l'érosion et la submersion côtières sur ce tronçon de route.

Les recherches menées quant à l'historique de fermeture de la route dans le secteur de Shelldrake ont permis d'identifier les événements ayant nécessité des réparations majeures et parfois la fermeture de la route. La section 2.1.1 résume l'historique des interventions sur le tronçon routier (Comm. pers., Jean-Victor Blais, MTQ).

Selon les données du MTQ, entre 2003 et 2017, une augmentation relativement constante de la circulation est observée dans la zone à l'étude avec des fluctuations annuelles. La hausse moyenne du niveau d'achalandage sur le tronçon routier ciblé au cours de cette période de 15 années est de l'ordre de 45 %. La Figure 4-3 présente l'évolution de la circulation routière sur le tronçon routier incluant la portion ouest de la municipalité de Rivière-au-Tonnerre (Comm. pers., MTQ, 2019). En 2009 et 2012, la circulation sur le tronçon de la route 138 est caractérisée des hausses plus marquées, entre Rivière-Pigou et Rivière-au-Tonnerre, et comptait en moyenne, lors des deux années, 730 et 870 passages journaliers respectivement, alors que les débits journaliers moyens estivaux (DJME) atteignaient approximativement 790 et 940 passages et les débits journaliers moyens hivernaux (DJMH) atteignaient 650 et 780 passages. En 2017 une baisse de l'achalandage est enregistrée, pour ce même tronçon, on notait une moyenne annuelle de 680 passages journaliers, alors que le DJME atteignait environ 740 passages et le DJMH atteignait 610 passages. De ce nombre, la proportion de véhicules lourds observée était de 22 % en 2017, comparativement à une moyenne de 18,3 % annuellement pour la période de 2003 à 2017.



Figure 4-3 Évolution des débits journaliers moyens annuels (DJMA), débits journaliers moyens estivaux (DJME) et débits journaliers moyens hivernaux (DJMH) pour le tronçon routier allant de Rivière-Pigou à Rivière-au-Tonnerre

4.4.2 RÉSEAUX D'ÉLECTRICITÉ ET DE TÉLÉCOMMUNICATION

Aucune infrastructure de télécommunication ne se trouve dans la zone d'étude locale. Une tour serait, toutefois, présente à l'extrémité est du village de Sheldrake, dans la zone d'étude élargie.

Deux lignes de transport hautes-tension traversent également la rivière sur l'axe est-ouest, respectivement à 3 et 5 km en amont de l'embouchure. La centrale hydroélectrique de Sheldrake est également incluse à l'intérieur de la zone d'étude élargie, ainsi qu'un poste électrique et le raccordement des installations à la ligne de haute tension traversant la rivière à proximité (Carte 4-1).

4.4.3 INFRASTRUCTURES DE SERVICE

4.4.3.1 APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE

La municipalité de Rivière-au-Tonnerre est approvisionnée en eau potable depuis une station de pompage aqueduc située au 1400, rue de la station et qui dessert le périmètre urbain du village (Carte 4-1).

4.4.3.2 TRAITEMENT DES EAUX USÉES

En ce qui a trait aux eaux usées municipales, aucun système d'égouts ne dessert le village de Shelldrake. Les eaux usées sont donc déversées directement à l'environnement ou traitées par des systèmes septiques autonomes.

4.4.3.3 LIEU D'ENFOUISSEMENT ET GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES

En ce qui concerne la gestion des matières résiduelles d'origines domestiques, le site d'enfouissement sanitaire le plus proche se trouve à proximité de Rivière-à-la-Chaloupe, approximativement 14 km à l'ouest du village de Shelldrake, en bordure de la route 138.

4.5 ARCHÉOLOGIE ET PATRIMOINE

Les origines du village de Shelldrake remontent à l'exploitation d'un établissement de pêche saisonnier à Shelldrake autour de 1853. À l'époque, Philippe-Gédéon Touzel y élit domicile et développe un des plus importants établissements de pêche de la rive nord du golfe du Saint-Laurent. Au fil des années, il occupe les fonctions de télégraphe et juge de paix (Lambert et Roy, 2011). En 1857, une compagnie jersiaise de la Gaspésie, la John Collas & Elias, s'installe également attirée par l'abondance de morues. En 1886, elle fusionne avec la compagnie des Robins qui construit à Shelldrake un grand magasin général. La pêche étant fructueuse, de plus en plus de familles s'installent de sorte que le village se dote d'une école. À cette même époque, les paroissiens ont érigé l'église Saint-Louis-de-Gonzague à l'extrémité ouest de Shelldrake, pour ensuite la déménager au centre du village. On comptait à cette époque une population relativement volumineuse en comparaison des autres paroisses environnantes (Municipalité de Rivière-au-Tonnerre, 2014).

4.5.1 PATRIMOINE

Selon le Répertoire du patrimoine culturel du Québec du ministère de la Culture et des Communications (MCC), aucun site patrimonial ne se retrouverait à l'intérieur des limites du village de Shelldrake.

L'évaluation du potentiel archéologique, réalisée dans le cadre de l'étude d'impact pour l'aménagement de la centrale sur la rivière Shelldrake, fait toutefois état de la présence de deux sites archéologiques (EbDf-1 et EbDf-2), lesquels ont été inventoriés à la suite de la reconnaissance archéologique effectuée sur le territoire de la Côte-Nord en 1976 par Castonguay et Chevrier (Castonguay et al., 1976).

Le site EbDf-1 correspond à une levée de plage située à 430 m de distance du fleuve, à une élévation d'environ 20 m au-dessus du niveau de la mer. Cette levée correspondrait à la troisième terrasse marine visible à partir du fleuve. La collection artéfactuelle provenant d'une récolte de surface est malheureusement associée aux perturbations qu'engendra la construction de la route 138. Les sondages effectués à proximité se sont avérés négatifs. À cause du remaniement du secteur, ce site est considéré comme sans signification.

Le site EbDf-2 ne représente qu'un outil hors contexte et toujours associé aux remaniements résultant de la construction de la route 138. Tout comme le premier site, EbDf-2 est considéré comme sans signification.

La reconnaissance archéologique effectuée par Castonguay et Chevrier (1976) comprenait aussi une prospection de l'embouchure de la rivière Sheldrake et de ses deux rives jusqu'à l'atteinte d'une élévation d'environ 50 m au-dessus du niveau de la mer. Cette zone est décrite comme étant constituée de dépôts sableux reposant sur des limons argileux formant plusieurs levées de plage qui, une fois découpées par la rivière, formèrent des terrasses fluviales à talus abrupts. Aucun site archéologique ne fut observé.

La Carte 4-1 présentée précédemment localise les divers sites à l'intérieur de la zone à l'étude et en périphérie.

Dans le cadre de l'Orientation ministérielle sur l'identification et la gestion des ponts à valeur patrimoniale, l'évaluation patrimoniale du pont Touzel (P-14001) a été réalisée par un expert en 2014-2015. Celle-ci fait état de l'architecture particulière du pont Touzel qui constitue un pont à tablier inférieur à arc avec poutre, de type Langer (Figure 4-4). Le pont a été construit en 1972, soit avant que la route 138 soit complétée jusqu'à Sheldrake en 1974. L'historique connu du pont se limite principalement à des activités d'entretien de la structure (Figure 4-5). L'odonyme du pont fait référence à M. Philippe-Gédéon Touzel, premier habitant de Rivière-Sheldrake, qui a établi une exploitation de pêche à Sheldrake en 1851.

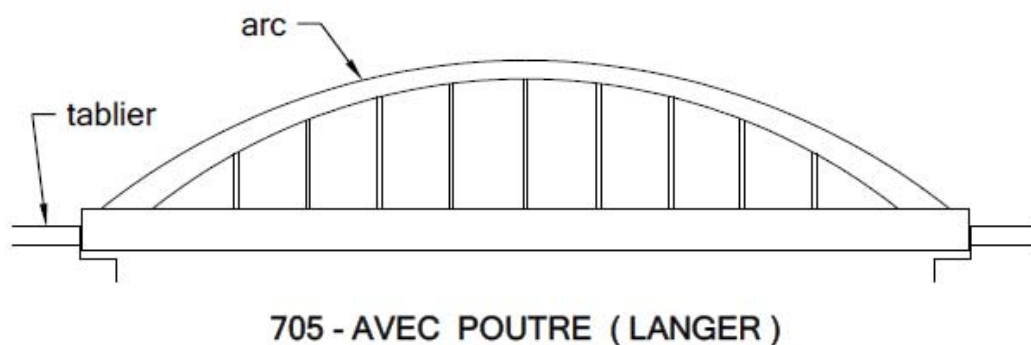


Figure 4-4. Schéma d'une structure à tablier inférieur à arc avec poutre de type Langer



Photo 20

Figure 4-5 : Pont construit sur la rivière Sheldrake en attendant l'ouverture de la 138. 1972 (Fonds Yvon Bezeau), tiré de Thibault et al. 2015.

L'évaluation patrimoniale accorde une valeur patrimoniale moyenne au pont Touzel, avec un indice patrimonial de 51, soit en dessous de la valeur de 60 requise pour se voir accorder une valeur patrimoniale en vertu de la Loi sur le patrimoine culturel. Ainsi, le pont Touzel n'a pas été identifié dans le Répertoire du patrimoine culturel du Ministère de la Culture et des Communications et n'a pas été classé comme patrimoine culturel immobilier par ce ministère. La Commission des Monuments et Lieux historiques du Canada ne l'a pas désigné non plus.

Néanmoins, l'architecture peu commune du pont lui confère un intérêt pour la conservation. En effet, il subsisterait seulement huit spécimens de pont à arc avec poutre de type Langer au Québec. Par conséquent, le pont Touzel présente un intérêt principalement pour son architecture, la qualité du paysage dans lequel il s'intègre, ainsi que le lien significatif et fonctionnel qu'il assure pour les communautés de l'est de la Côte-Nord.

4.5.2 POTENTIEL ARCHÉOLOGIQUE

La géographie de la zone d'étude et sa proximité avec le fleuve offrent un potentiel archéologique fort. Toutefois, la présence de nombreux affleurements rocheux et de zones marécageuses (tourbières) contribuent à restreindre le potentiel archéologique. Selon Castonguay et Chevrier (1976), le potentiel d'une occupation archaïque serait majoritairement associé à des élévations inférieures à 100 m au-dessus du niveau de la mer.

L'évaluation cartographique, photographique et ethnographique, réalisée dans le cadre de l'étude d'impact pour l'aménagement de la centrale hydroélectrique sur la rivière Sheldrake, a permis d'identifier trois zones ayant un potentiel archéologique localisées près de la rivière Sheldrake. Ces trois zones présentaient des dépôts de plages anciennes et un certain couvert forestier qui permettaient de croire en la possibilité de mise à jour d'artefacts dans le cadre du projet (Alliance Environnement inc. 2008). La première zone correspondait aux secteurs de la prise d'eau, de la portion amont du canal d'amenée et du déversoir. Le couvert forestier ainsi qu'un dépôt de sol propice à la conservation de vestiges archéologiques caractérisaient cette zone. La deuxième zone comprenait une partie du chemin d'accès et de la ligne de transport électrique aménagés sur une zone de plage ancienne soulevée de plus de 0,5 m d'épaisseur. Cette zone était située à une élévation moyenne d'approximativement 80 m au-dessus du niveau de la mer. Finalement, la troisième zone comprenait les premiers 300 m du chemin d'accès à partir de la route 138.

4.6 PAYSAGE

4.6.1 PAYSAGE RÉGIONAL

Le paysage de la zone d'étude se situe dans l'unité de paysage régional de Havre-Saint-Pierre, qui longe le littoral sur une bande de 10 à 30 km de largeur à l'est de Sept-Îles jusqu'à Kegashka. Cette unité fait partie de la région écologique des Collines de Havre-Saint-Pierre et de Blanc-Sablon, à l'intérieur de la pessière à mousses de l'Est. Le guide de reconnaissance des types écologiques pour la région n'est pas encore disponible. L'unité adjacente, l'unité de Sept-Îles, se distingue par un relief de districts de coteaux et de plaines recouvertes de dépôts glaciomarins. L'altitude moyenne y est de 77 m (Berger et Blouin, 2007).

4.6.2 PAYSAGE DE LA ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude élargie peut être divisée en trois paysages types, soit les paysages maritime, forestier et urbain. L'analyse du paysage a été effectuée par photogrammétrie. Les zones correspondant aux différents types de paysages sur la Carte 4-2 représentent des estimations de leur extension. Le paysage maritime comprend principalement la frange littorale. Le littoral est principalement formé de la flèche littorale à l'embouchure de la rivière Sheldrake, de falaises meubles à terrasse de plage, de côtes rocheuses, de basses falaises rocheuses, de terrasses de plage et de tombolos (Drejza et al. 2014). Des vues panoramiques sur la mer sont offertes sur une grande partie de la zone d'étude locale et sur certaines zones de la zone d'étude élargie à partir de la route 138.

Le paysage forestier constitue une bonne partie de l'arrière-pays. Il est formé de plaines et de coteaux dont l'altitude maximale atteint approximativement 105 m. Il comprend une portion du bassin versant de la rivière Sheldrake. Il est caractérisé par une vaste superficie d'affleurements rocheux où la végétation arbustive est très éparse. Le couvert forestier autour des affleurements rocheux est composé de peuplements de résineux denses. On y retrouve également de nombreuses tourbières et des marécages. Ce paysage naturel est traversé par la route provinciale 138 et la Trans-Québec 3 (sentier de motoneige) qui se dirige vers le Nord-Ouest à partir du village de Sheldrake.

Le paysage urbain comprend l'ensemble des résidences et commerces faisant partie du village de Sheldrake. Cette unité urbaine se trouve en bordure du golfe Saint-Laurent, à l'est de la rivière Sheldrake. Une bonne partie des résidents profitent d'une vue panoramique sur la mer.

La route 138 est le principal axe routier qui traverse la communauté, d'ouest en est. Ce paysage accueille le plus grand nombre d'observateurs incluant les résidents, la clientèle récréative et les usagers de la route 138. Une seconde zone urbaine est située à l'ouest de la zone d'étude locale et comprend environ 19 bâtiments. Cette zone est située en bordure du golfe du Saint-Laurent, à environ 1 km au sud de la route 138.

Les observateurs de la zone d'étude sont :

- les usagers de la route provinciale 138 et des artères municipales;
- les résidents de la municipalité de Rivière-au-Tonnerre habitant à Sheldrake;
- les usagers des sentiers de motoneige, particulièrement ceux de la Trans-Québec 3;
- les touristes visitant le secteur;
- les chasseurs, pêcheurs et villégiateurs pratiquant des activités de plein air dans le secteur;
- les ornithologues et observateurs de la faune marine et terrestre.



- 9+000 ● Chaînage
- Limites**
- Zone d'étude locale
 - Zone d'étude élargie
- Unités paysagères**
- Forêt
 - Maritime
 - Urbaine
- Infrastructures**
- Route principale
 - Route secondaire

Transports Québec Direction générale de la Côte-Nord

Analyse de solutions à l'érosion et à la submersion côtière dans la
fleche de Sheldrake dans la municipalité de Rivière-au-Tonnerre

Description du milieu humain

Carte 4-2
Unité paysagère

Sources :
Cartes : 1:50 000
Cartes : 1:50 000
Cartes : 1:50 000
Google Earth, 2007

0 450 900 m
MTN, feuille 5, M083

Mai 2019

Préparation : J. Lévesque
Approbation : J. Lévesque
B1, 09013, 00, M4, 04, 2, Sheldrake, wspq, 050514.mxd



La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation forcée. Aucune analyse fonctionnelle n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.

Analyse de solutions à l'érosion et à la submersion côtière dans la fleche de Sheldrake dans la municipalité de Rivière-au-Tonnerre

Description du milieu physique, biologique et humain

WSP
Projet n° : 181-09013-00
Page 163

5 SOMMAIRE DES ENJEUX

5.1 MILIEU PHYSIQUE

- L'élévation du pont Touzel et de la route 138 s'avère trop basse entre le chainage 0+090 et 0+950. En conditions de tempêtes avec la présence d'une surcote et de fortes vagues, la remontée des vagues sur l'enrochement (versant sud) entraîne du franchissement (débordement) sur la chaussée, incluant la projection de gravier, cailloux et de blocs plus grossiers (Figure 2-33 et Figure 2-34). Ce type d'évènement a été observé à plusieurs reprises dans ce secteur au cours de la période plus récente (15 dernières années) ce qui a nécessité des interventions d'urgence de la part du MTQ. Il est anticipé que l'impact des changements climatiques viennent exacerber cette problématique de submersion côtière dans les prochaines années.
- Malgré la présence d'enrochements de protection entre le pont Touzel et l'extrémité est de la flèche (0+950), le talus routier exposé aux aléas côtiers (versant sud) a été fortement attaqué par les vagues de tempêtes à diverses occasions au cours des dernières années, ce qui a également nécessité des interventions d'urgence de la part du MTQ afin de procéder à des travaux de remblayage et de mise en place d'enrochements temporaires (Figure 2-4, Figure 2-6 et Figure 2-8). Le calibre d'enrochement en place (~1100-1300 mm) le long de ce tronçon n'est pas suffisant pour résister aux sollicitations induites par les vagues de tempêtes. L'absence d'une clé au pied des enrochements contribue également à l'instabilité des structures. Finalement, le fait que plusieurs interventions temporaires ont été réalisées à différentes périodes au cours des dernières années fait en sorte que la géométrie des enrochements de protection (calibre carapace, pente, élévation crête, etc.) demeure très variable le long de la flèche de Sheldrake, ce qui ne favorise pas la stabilité des ouvrages de protection dans son ensemble.
- Les impacts engendrés par les interventions d'urgence induites par la problématique d'érosion et de submersion côtière le long de ce corridor routier se résument ainsi :
 - o Sécurité routière : la projection de sable, gravier, cailloux et blocs plus grossiers sur la chaussée lors des épisodes de tempêtes, incluant l'englacement de la chaussée en période hivernale en raison du franchissement par les vagues, engendre des conditions routières difficiles et non-sécuritaires pouvant mener à la fermeture temporaire (partielle ou complète) de la route 138 (ch. 0+000 à 1+000).
 - o Impact socio-économique : ce tronçon de route est le seul lien routier permettant l'alimentation en pétrole, en nourriture, ainsi que pour la circulation de patients entre les centres de santé. Toute la population à l'est de la rivière Sheldrake est dépendante de ce lien routier unique.
 - o Impacts environnementaux : il s'agit d'un corridor routier très vulnérable et fragile lors de tempêtes maritimes et qui nécessite la plupart du temps des travaux d'urgence en berge.
 - o Coût d'entretien : la fréquence des bris et des dommages induits par les événements de tempêtes qui occasionnent du débordement sur la chaussée est de plus en plus fréquente comparée aux années antérieures. Un coût approximatif d'environ

à tous les 5 ans est le budget requis pour assurer l'entretien et le maintien de ce tronçon routier.

- La plage bordant le tronçon de route de la 138 et qui forme une partie de la flèche de Sheldrake est en constant recul depuis 1970. En effet, la ligne de rivage présente un recul constant depuis 1967 à l'exception du segment 3 où des petites avancées ont été observées historiquement en raison de la dérive littorale dominante qui transporte des sédiments en direction est. Ainsi, les apports sédimentaires à la cellule hydrosédimentaire, exacerbée par la présence de l'enrochement, ne permettent pas de recharger et de stabiliser de façon naturelle la flèche littorale et les terrasses de plages adjacentes. Ce constat confirme que la cellule hydro-sédimentaire est en déficit depuis plusieurs années.
- La plus forte érosion est observée au niveau de la ligne de rivage longeant la flèche littorale (segment 1) et ce, principalement pour la période récente 2005-2013 (~15m). La plus faible élévation des profils de plage qui longent l'enrochement dans ce secteur (T2, T3) semble en partie expliquer ce recul plus prononcé. La pente de plage relativement forte témoigne en effet d'un environnement très dynamique où l'énergie des vagues est significative. Les sédiments n'ont pas la possibilité de s'accumuler, entre autres en raison de l'artificialisation de la flèche (réflexion des vagues), et le déficit sédimentaire observé au niveau de la cellule de Sheldrake résulte en à une érosion constante depuis plusieurs années.
- Du côté nord de la flèche (versant nord), malgré que les niveaux d'eau soient contrôlés par la marée, on retrouve la présence de glaces et de courants fluviaux capables d'éroder le talus routier et de modifier la position du chenal principal de la rivière. Les enrochements protégeant le talus routier dans ce secteur présentent des signes évidents d'instabilité principalement occasionnés par les sollicitations par les glaces (débâcle) et dans une moindre mesure, par la combinaison des courants de marée et fluviaux (Figure 2-22 et Figure 2-24). La forte pente des structures de protection et l'absence de clé en raison de la bathymétrie peu favorable contribuent aussi à la détérioration des enrochements de protection dans ce secteur.
- Les problèmes d'érosion et de glissement de terrain observés dans le tronçon de rivière compris entre la partie aval de la centrale Courbe-du-Sault et son embouchure (Figure 3-14) pourraient constituer des enjeux dans le cadre de l'aménagement d'un nouveau lien routier et d'un point de traverse en amont du tronçon existant.

5.2 MILIEU BIOLOGIQUE

- La rivière Sheldrake qui est identifiée comme une rivière comportant du saumon atlantique, représente un élément sensible de la zone d'étude élargie, tout comme les nombreux milieux humides retrouvés dans le secteur. À l'est de l'embouchure de la rivière Sheldrake, le littoral comporte une zone de fraie du capelan, qui constitue également un habitat sensible.
- Les travaux réalisés dans un milieu humide ou hydrique sont assujettis à une autorisation ministérielle. Une compensation pourrait aussi être exigée en vertu du *Règlement sur la compensation pour l'atteinte aux milieux humides et hydriques*. Dans le cas d'une infrastructure routière réalisée par le MTQ, la compensation financière

pourrait être remplacée par des travaux de restauration ou de création de milieux humides ou hydriques.

- L'ensemble des milieux aquatiques de la rivière Sheldrake et du golfe du Saint-Laurent sont considérés comme habitat du poisson. Advenant une atteinte à ces milieux, une compensation pour l'habitat du poisson pourrait aussi être exigée par le MPO en vertu de la Loi sur les pêches.
- Les interventions proposées devraient tenir compte des exigences en matière de compensation des habitats.
- Les aires de concentration des oiseaux aquatiques (ACOA) constituent également des secteurs sensibles et protégées.

5.3 MILIEU HUMAIN

- La route 138 traverse actuellement le village de Sheldrake. Ce secteur de la municipalité de Rivière-au-Tonnerre est, somme toute, isolé en raison de sa situation géographique. Le déplacement potentiel de la route 138 à l'extérieur du village de Sheldrake risque d'accentuer cet isolement et constitue un enjeu important pour la population du secteur.
- Toute modification du tracé ou déplacement de la route 138 risque aussi d'occasionner des enjeux d'accès, de bruit et d'émission de poussières. Ces éléments sont susceptibles de perturber les propriétaires des résidences avoisinant le futur secteur d'intervention, en raison de la proximité du village de Sheldrake.
- Il est important de considérer le projet de réaménagement de la rampe de mise à l'eau, donnant accès à l'embouchure de la rivière Sheldrake. En effet, une étude d'impact portant sur ce projet a été déposée en 2018. Il sera nécessaire de porter une attention particulière à cet élément, lors de l'établissement du projet de restructuration de la route 138, afin de ne pas nuire à la mise en place de la nouvelle rampe de mise à l'eau.
- La route 138 est également une route panoramique employée par plusieurs utilisateurs (résidents du village, usagers des sentiers de motoneige, touristes, chasseurs, pêcheurs, villégiateurs, etc.). La préservation de la mise en valeur du paysage maritime dans le secteur de la flèche de Sheldrake constitue un enjeu supplémentaire, notamment au niveau du tourisme dans la région. Le secteur constitue d'ailleurs un haut lieu du tourisme pour les ornithologues en raison de la présence, le long du littoral, d'aires de concentration d'oiseaux aquatiques.
- Le pont Touzel, localisé à l'intérieur du tronçon routier à l'étude, revêt une importance particulière en raison de son architecture peu commune (pont à tablier inférieur à arc avec poutre de type Langer). Sans revêtir un caractère patrimonial reconnu par la Loi, la rareté architecturale de ce type de pont lui confère un intérêt pour sa conservation.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AECOM. 2018. *Étude de caractérisation du milieu naturel dans le cadre de la réfection de la rampe de mise à l'eau de la rivière Sheldrake*. 13 p. + annexes.
- ALLIANCE ENVIRONNEMENT INC. 2008. Aménagement hydroélectrique de la rivière Sheldrake au site de la Courbe du Sault. Étude d'impact sur l'environnement. Pagination multiple et annexes.
- ATLAS DES OISEAUX NICHEURS DU QUÉBEC (AONQ). 2019. *Données consultées sur le site de l'Atlas des oiseaux nicheurs du Québec*. Regroupement QuébecOiseaux, Service canadien de la faune d'Environnement Canada et Études d'Oiseaux Canada. Québec, Québec, Canada. Site Internet : www.atlas-oiseaux.qc.ca
- BUREAU D'AUDIENCES PUBLIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT (BAPE) 2009. Projet d'aménagement hydroélectrique sur la rivière Sheldrake à Rivière-au-Tonnerre. QUÉBEC. 80 p.
- BEDFORD INSTITUTE OF OCEANOGRAPHY, 2016. Page consultée le 12 février 2019. [En ligne] URL : [http://www.bio.gc.ca/science/data-donnees/can-ewlat/selected-location-en.php?type=SCH&prov=QC&loc=LES%20ESCOUMINS%20\(BASQUES\)&station=29](http://www.bio.gc.ca/science/data-donnees/can-ewlat/selected-location-en.php?type=SCH&prov=QC&loc=LES%20ESCOUMINS%20(BASQUES)&station=29)
- BERGER, J.-P. et J. BLOUIN. 2007. *Guide de reconnaissance des types écologiques de la région écologique 5g – Hautes collines de Baie-Comeau–Sept-Îles*. Publié par le ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Forêt Québec, Direction des inventaires forestiers, Division de l'analyse et de la diffusion des informations forestières et écologiques.
- BERNATCHEZ, P. 2003. Évolution littorale holocène et actuelle des complexes deltaïques de Betsiamites et de Manicouagan-Outardes : synthèse, processus, causes et perspectives, Thèse de doctorat, Faculté de foresterie et de géomatique, Département de géographie, Université Laval, 459 p.
- BERNATCHEZ, P., FRASER, C., FRIESINGER, S., JOLIVET, Y., DUGAS, S., DREJZA, S. et MORISSETTE, A. 2008. *Sensibilité des côtes et vulnérabilité des communautés du golfe du Saint-Laurent aux impacts des changements climatiques*. Rimouski, Chaire de recherche en géoscience côtière - Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières - Université du Québec à Rimouski, 256.
- BERNATCHEZ, P., JOLICOEUR, S., QUINTIN, C., SAVARD, J.-P., CORRIVEAU, M., O'CARROLL, S., BÉRUBÉ, D., GARNEAU, M., CHMURA, G.L., NGUYEN-QUANG, T., LIEOU, C.K., TORIO, D., VAN ARDENNE, L., SAMMARI, H., ST-PIERRE, M. 2016. Impacts des changements climatiques et des contraintes physiques sur le réajustement des écosystèmes côtiers (coastal squeeze) du golfe et de l'estuaire du Saint-Laurent (GESL) et évaluation des mesures d'atténuation de ces impacts. Rapport de recherche remis à Ouranos et Ressources naturelles Canada, mars 2016, 189 p. + annexe.
- BLOTT, S.J. et PYE, K. 2001. *Gradistat: A Grain Size distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments*. Earth Surface Processes and Landforms, 26, 1237-1248. <http://dx.doi.org/10.1002/esp.261>

- BUREAU D'AUDIENCES PUBLIQUES EN ENVIRONNEMENT, 2009. *Projet d'aménagement hydroélectrique sur la rivière Sheldrake à Rivière-au-Tonnerre – Rapport d'enquête et d'audience publique*. Rapport numéro 263.
- CASTONGUAY, D. et D. CHEVRIER. 1976. *Reconnaissance archéologique sur la Moyenne et Haute-Côte-Nord*, Ministère des Affaires Culturelles, rapport inédit. 157 p.
- CENTRE EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC (CEHQ), 2007. Analyse hydrologique : Débits de crues, Rivière Sheldrake. 0732-03-0701. MDDEP. 6 novembre 2007
- COMITÉ D'EXPERTS DE L'ÉROSION DES BERGES DE LA CÔTE-NORD. 2006. Évaluation du risque d'érosion du littoral de la Côte-Nord du St-Laurent pour la période de 1996 à 2003. Rapport présenté au comité interministériel sur l'érosion des berges de la Côte-Nord. Baie-Comeau.
- COMITÉ RAP CÔTE-NORD, 2012. *Étude sur le phénomène de la réussite éducative pour la région de la Côte-Nord : État de la situation, MRC Minganie*. Page consultée le 6 avril 2019. [En ligne] URL : [http://www.rapcotenord.ca/sites/default/files/MRC Minganie FINAL 12 juin 2012.pdf](http://www.rapcotenord.ca/sites/default/files/MRC_Minganie_FINAL_12_juin_2012.pdf)
- COMITÉ ZIP CÔTE-NORD DU GOLFE. 2008. *Une histoire de pêche...La pêche au capelan sur la Côte-Nord, de 1831 à nos jours racontée par les aînés de la Côte-Nord*. Sept-Îles, 60 p.
- COUSINEAU, P.A., POIRIER, B, BROUARD, E., EL AMRANI, M., ROY, P.W., WALTER, J., LAMBERT, M. ET LAJEUNESSE, P. Rapport final sur les travaux de cartographie des formations superficielles réalisés dans les territoires municipalisés de la Haute-Côte-Nord et de Charlevoix (Québec) entre 2012 et 2014, MERN. 2014
- DELTARES, 2011. About Delft3D. Page consultée le 12 février 2019. [En ligne] URL : <https://oss.deltares.nl/web/delft3d/about>
- DESROCHES, J.-F. et D. RODRIGUE. 2004. *Amphibiens et reptiles du Québec et des Maritimes*. Éditions Michel Quintin, Waterloo (Québec), 288 p.
- Dietrich, P., Ghienne, J. F., Schuster, M., Lajeunesse, P., Nutz, A., et al.. From outwash to coastal systems in the Portneuf-Forestville deltaic complex (Québec North Shore): Anatomy of a forced regressive deglacial sequence. *Sedimentology*, Blackwell Publishing, 2017, 64
- DIGNARD N., L. COUILLARD, J. LABRECQUE, P. PETITCLERC et B. TARDIF. 2009. *Guide de reconnaissance des habitats forestiers des plantes menacées ou vulnérables - Côte-Nord et Saguenay-Lac-Saint-Jean*. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune et ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 144 p.
- DREJZA, S., FRIESINGER, S., P. BERNATCHEZ et G. MARIE (2014), Vulnérabilité des infrastructures routières de l'Est du Québec à l'érosion et à la submersion côtière dans un contexte de changements climatiques : Développement d'une approche et d'un indice pour quantifier la vulnérabilité des infrastructures routières à l'érosion et à la submersion côtière dans un contexte de changements climatiques sur 9 sites témoins. Volume III. Projet X008.1. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Remis au ministère des Transports du Québec, mars 2015, 308 p.
- DUPUIS, P., TOURNIER, J.-P., CARON, O. 1996. *Wave climate of Large Reservoirs and a Revised Wave Hindcast Formula*. ICCE No 25 (1996): Proceedings of 25th Conference on Coastal Engineering, Orlando, Florida. 14 p.

EDF-R&D. 2014. *TELEMAC MODELLING SYSTEM – TELEMAC-2D Software Release 7.0 – USER MANUAL*. Direction des Recherches et Développement d'EDF, 113 p. + annexes.

ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DU CARIBOU FORESTIER DU QUÉBEC. 2013. *Plan de rétablissement du caribou forestier (Rangifer tarandus caribou) au Québec – 2013-2023*. Produit pour le compte du ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs du Québec, Faune Québec, 100 p.

SOCIÉTÉ DE LA FAUNE ET DES PARCS DU QUÉBEC (FAPAQ). 2001. Plan de développement régional associé aux ressources fauniques de la Côte-Nord. Direction de l'aménagement de la faune de la Côte-Nord, Sept-Îles. 113 pages.

FÉDÉRATION QUÉBÉCOISE DU SAUMON ATLANTIQUE (FQSA). 2015. *Communiqué : Le Programme de mise en valeur des habitats du saumon de la Côte-Nord annonce un investissement de 326 153 \$ pour ensemer des saumons dans le rivièrè Sheldrake en 2015*. Site internet : <http://fqsa.ca/le-programme-de-mise-en-valeur-des-habitats-du-saumon-de-la-cote-nord-annonce-un-investissement-de-326-153-pour-ensemencer-des-saumons-dans-la-riviere-sheldrake-en-2015/> (consulté le 3 mai 2019)

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

GIRARD, N., 2018. *Portrait économique des régions du Québec*, Édition 2018. Ministère de l'Économie et de l'Innovation. 119 p.

GOVERNEMENT DU CANADA. 2013. *Liste officielle des espèces sauvages en péril : Index des espèces de A à Z*. Site internet : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-public-especes-peril.html> (consulté le 1^{er} mai 2019).

GROUPE DE RECHERCHE ET D'ÉDUCATION SUR LES MAMMIFÈRES MARINS (GREMM). 2019. *Petit rorqual*. Site internet : <https://baleinesendirect.org/les-baleines-du-saint-laurent/les-13-especes-du-saint-laurent/petit-rorqual/> (consulté le 29 avril 2019)

HEPPELL M., I PICARD, F. BÉLISLE ET C. THÉBERGE. 2000. Guide d'intervention en matière de protection et de mise en valeur des habitats littoraux de la rive nord de l'estuaire maritime. Version finale présentée au comité ZIP de la rive nord de l'estuaire. 7 p. + 13 fiches + annexes.

HYDRO-QUÉBEC. 2007. *Complexe de la Romaine – Étude d'impact sur l'environnement, Volume 6 : Milieu humain – Communautés innues et archéologie*.

INSTITUT DE LA STATISTIQUE DU QUÉBEC (ISQ), 2009. *Population selon le groupe d'âge, région administrative de la Côte-Nord, 2006*. Page consultée le 24 février 2019. [En ligne] URL : http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/recensement/2006/recens2006_09/population/ptot09.htm

INSTITUT DE LA STATISTIQUE DU QUÉBEC (ISQ), 2017. *09-La Côte-Nord ainsi que ses municipalités régionales de comté (MRC). Fiche synthèse par MRC*. Page consultée le 1^{er} février 2019. [En ligne] URL : http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/profils/region_09/region_09_00.htm

- INSTITUT DE LA STATISTIQUE DU QUÉBEC (ISQ), 2018a. *Le bilan démographique du Québec*. Page consultée le 24 février 2019. [En ligne] URL : <http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/population-demographie/bilan2018.pdf>
- INSTITUT DE LA STATISTIQUE DU QUÉBEC (ISQ), 2018b. Évolution des composantes de l'indice de vitalité économique selon les localités, 2002-2014 et 2016 : Rivière-au-Tonnerre. Page consultée le 1 avril 2019. [En ligne] URL : <http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/economie/indice-vitalite-economique/fiches/98055.pdf>
- LAMBERT, S. et C. ROY. 2001. *Une histoire d'appartenance : La Côte-Nord*. Les Éditions GID, Sainte-Foy (Québec). 266 p.
- LAMONTAGNE, G., H. JOLICOEUR et S. LEFORT. 2006. *Plan de gestion de l'ours noir, 2006-2013*. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction du développement de la faune. Québec. 487 pages.
- LANDRY, T., E. WADE et M. GIGUÈRE. 1992. *Évaluation des gisements de Mactre de Stimpson, Mactromeris polynyma, dans le golfe du Saint-Laurent : résultats préliminaires*. Secr. can. de consult. sci du MPO. Doc. de rech. 92/86. i p. + 29 p.
- LE NORD-CÔTIER, 2015. *Saumon atlantique: La rivière Sheldrake seraensemencée durant six ans*. Page consultée le 7 avril 2019. [En ligne] URL : <https://lenord-cotier.com/saumon-atlantique-la-riviere-sheldrake-sera-ensemencee-durant-six-ans/>
- MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC (MTQ), 1994. Ouvrage de protection contre la mer, pont de Sheldrake, N/Dossier : 0138-11-010(29)92. Sept-Îles (Qc). 14 juin 1994
- MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC (MTQ), 2011. Travaux d'enrochement temporaire flèche de Sheldrake. Fiche Synthèse du point de contrôle 1. PC I projet n° 154-11-0252 (Érosion Sheldrake). 21 septembre 2011
- MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC (MTQ), 2003. Projet de réaménagement de la route 138 dans la municipalité de longue-rive MRC de la haute-côte-nord. Étude d'impact sur l'environnement déposée au ministre de l'Environnement du Québec.
- MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC (MTQ), 2015. ÉVALUATION PATRIMONIALE, PONT P-14001, PONT TOUZEL, Québec, 46p.
- MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE, DE L'INNOVATION ET DES EXPORTATIONS (MDEIE), 2006. *Portrait socioéconomique des régions du Québec : L'Économètre*. Document produit par la Direction de l'analyse économique et des projets spéciaux. 111 p.
- MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE ET DE L'INNOVATION (MEI), 2018. *Structure économique – Côte Nord*. Page consultée le 27 février 2019. [En ligne] <https://www.economie.gouv.qc.ca/pages-regionales/cote-nord/portrait-regional/structure-economique/>
- MINISTÈRE DES AFFAIRES MUNICIPALES ET DE L'OCCUPATION DU TERRITOIRE (MAMOT), 2018a. *Population – MRC de la Minganie*. Page consultée le 24 février 2019. [En ligne] URL : <https://www.mamh.gouv.qc.ca/fileadmin/cartes/mrc/981.pdf>
- MINISTÈRE DES AFFAIRES MUNICIPALES ET DE L'OCCUPATION DU TERRITOIRE (MAMOT), 2018b. *Profil financier – Rivière-au-Tonnerre*. Page consultée le 1 avril 2019. [En ligne] URL : https://www.mamh.gouv.qc.ca/fileadmin/publications/finances_indicateurs_fiscalite/information_financiere/profil_financier/2018/PF201898055.pdf

- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MFFP). 2018a. *Inventaire écoforestier – Carte écoforestière en ligne*. Site internet : <https://geoegl.msp.gouv.qc.ca/igo/mffpecofor/> (consulté le 30 avril 2019).
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MFFP). 2018b. *Liste des espèces désignées comme menacées ou vulnérables au Québec*. Site internet : <http://www3.mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/liste.asp> (consulté le 1^{er} mai 2019).
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MFFP). 2019. *Statistiques de chasse et de piégeage*. Site internet : <https://mffp.gouv.qc.ca/le-ministere/etudes-rapports-recherche-statistiques/statistiques-de-chasse-de-piegeage/> (consulté le 2 mai 2019).
- MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS DU CANADA (MPO). 2019. *IRMELL : Zones fermées à la cueillette de mollusques*. Site Internet : https://inter-w01.dfo-mpo.gc.ca/Geocortex/Essentials/Viewer/Index.html?viewer=CSSP_Public_Fr_Site (consulté le 24 avril 2019)
- MORISSETTE. A. 2007. Évolution côtière haute résolution de la région de Longue-Rive-Forestville, Côte Nord de l'estuaire maritime du Saint-Laurent, Québec. Mémoire présenté à l'Université du Québec à Rimouski.
- MRC DE LA MINGANIE, 2018. *Révision du plan de gestion des matières résiduelles*. Version préliminaire. Page consultée le 6 avril 2019. [En ligne] URL : <http://www.mrc.minganie.org/wp-content/uploads/2015/05/Projet-de-PGMR-MRC-de-Minganie-2018-2023.pdf>
- MUNICIPALITÉ DE RIVIÈRE-AU-TONNERRE. 2014. *Histoire locale*. Site Internet : <http://www.riviere-au-tonnerre.ca/fr/histoire.htm> (consulté le 2 mai 2019).
- NORMANDEAU, A., LAJEUNESSE, P., ST-ONGE, G. 2013. Shallow-water longshore drift-fed submarine fan deposition (Moisie River, NW Gulf of St. Lawrence, Eastern Canada). *Geo-Marine Letters*, 33, 391-403.
- OBSERVATOIRE GLOBAL DU SAINT-LAURENT (OGSL). 2019. *Application biodiversité*. Site internet : <https://ogsl.ca/bio/?lg=fr> (consulté le 29 avril 2019).
- OUELLET, P. 2007. *Contribution de l'identification de zones d'importance écologique et biologique (ZIEB) pour l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent : La couche des œufs et des larves de poissons et crustacés décapodes*. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci., vi p. + 66 p.
- PAYEUR, F. ET AZEREDO, A.C., 2014. *Perspectives démographiques des MRC du Québec, 2011-2036*. Institut de la Statistique du Québec. 15 pages.
- PÊCHES ET OCÉANS CANADA, 2018. *Liste des ports désignés pour la vérification des quais*. Page consultée le 13 avril 2019. [En ligne] URL : <http://www.qc.dfo-mpo.gc.ca/peches-fisheries/surveillance/port-fra.html#coteNord>
- PÉROT, A. et V. PROVOST. 2008. *Guide d'intervention en matière de protection et de mise en valeur des habitats littoraux d'intérêt dans la MRC de la Minganie*. Comité ZIP Côte-Nord du Golfe, vii p. + 127 p.
- RIO TINTO (2019). *Établissements au Canada*. Page consultée le 6 avril 2019. [En ligne] URL : <https://www.riotinto.com/canada/rftf/locations-15134-fr.aspx>

- RONDOT, J., 1986. Géologie de la région de Forestville — Les Escoumins. MERN. 55p.
- SAVENKOFF, C., M.-N. Bourassa, D. Baril et H. Benoît. 2007. *Identification des zones d'importance écologique et biologique pour l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent*. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2007/015.
- SENNEVILLE, S., ST-ONGE DROUIN, S., DUMONT, D., BIHAN-POUDEEC, A.-C., BELEMAALEM, Z., CORRIVEAU, M., BERNATCHEZ, P., BÉLANGER, S., TOLSZCZUK-LECLERC, S. et VILLENEUVE, R. 2013. *Modélisation des glaces dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent dans la perspective des changements climatiques*, ISMER-UQAR, Rapport final présenté au ministère des Transports du Québec, 373 pages. ISBN 978-2-550-75540-1 (PDF).
- SCG. 2014. Graphe des glaces 2.0 – Couverture maximale des glaces pour le secteur CIS EC Golfe du Saint-Laurent. Service canadien des glaces (Environnement Canada). Ressource électronique. <http://iceweb1.cis.ec.gc.ca/IceGraph20/page1.xhtml?lang=fr>
- SIGEOM, 2018. Carte interactive, municipalité de Rivière au Tonnerre. Page consultée le 15 janvier 2019. [En ligne] URL : http://siggeom.mines.gouv.qc.ca/signet/classes/l1108_afchCarteIntr
- STATISTIQUE CANADA, 2017. *Rivière-au-Tonnerre, M^É [Subdivision de recensement], Québec [Province] et Minganie [Division de recensement], Québec (tableau). Profil de recensement. Recensement de 2016, produit n^o 98-316-X2016001 au catalogue de Statistique Canada*. Ottawa. Diffusé le 29 novembre 2017. Page consultée le 7 février 2019. [En ligne] URL : <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/dp-pd/prof/index.cfm?Lang=F>
- STOCKWELL, C.H., 1963. Second report on structural provinces, orogenies and time classification of rocks of the Canadian Precambrian Shield. Geological Survey of Canada, Paper 62-17, pp. 123-133.
- STOCKWELL, C.H, MCGLYNN, J.C., EMSLIE, R.F., SANDFORD, B.V., NORRIS, A.W., DONALDSON, J.A., FAHRIG, W.F. ET CURRIE, K.L. 1970. Géologie du Bouclier Canadien . *Geology and Economie minerais of Canada*, (ed.) R.J.W. Douglas. Geological Survey of Canada Economie Geology Report, p. 43-150. UQAR, 2014
- TARDIF, B., B. TREMBLAY, G. JOLICOEUR et J. LABRECQUE. 2016. *Les plantes vasculaires en situation précaire au Québec*. Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ). Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), Direction de l'expertise en biodiversité, Québec, 420 p.
- THIBAULT, H.-P., C.-H. JONCAS et K. DORAIS KINKAID. 2015. Évaluation patrimoniale : Pont P-14001 – Pont Touzel. Ministère des Transports du Québec. 43 p.
- TROTTIER, S. et P. GOUDREAU. 2015. *Évaluation des stocks de mactre de Stimpson (Mactromeris polynyma) des eaux côtières du Québec en 2014*. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2015/063. ix + 72 p.
- U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS (USACE). 2006. Two dimensional Depth-Averaged Circulation Model CMS-M2D: Version 3.0 Report 2, Sediment Transport and Morphology Change. 212 p.

- USGS, 2008. Scientific Investigations Report 2008–5093, Critical shear stress by particle-size classification for determining approximate condition for sediment mobility at 20 degrees Celsius. Page consultée le 16 décembre 2018. [En ligne] URL : <https://pubs.usgs.gov/sir/2008/5093/table7.html>
- VALIQUETTE, E. M., M. LEGAULT, J. MAINGUY, V. BUJOLD et A.-M. PELLETIER. 2018. *Répartition du bar rayé au Québec – mise à jour des connaissances*, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Québec, V + 17 p.
- WENTWORTH, C.K., 1922. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments, The Journal of Geology 30, no. 5 (Jul. - Aug., 1922): 377-392.
- XU, Z. et LEFAIVRE, D. 2015. *Prévision des niveaux d'eau dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent en fonction des changements climatiques*. Rapport interne au ministère des Transports du Québec, janvier 2015, 97 p.

ANNEXE

A MODÉLISATION ET TRANSFORMATION DES VAGUES

1 OBJECTIFS

Quand une vague approche de la côte, celle-ci est transformée par la variation de la bathymétrie, qui provoque du «shoaling», de la réfraction, ainsi que de la diffraction à l'extrémité de structures bathymétriques émergées ou immergées. Afin d'étudier la transformation des vagues générées au large de Sheldrake vers l'intérieur de la baie, une modélisation numérique de la propagation des vagues a été réalisée.

Des scénarios de simulation représentatifs du climat des vagues au large (états de mer) sont choisis pour établir les coefficients de transformation et les directions réfractées au droit de transects définies le long de la côte. À partir des résultats de simulations, des matrices de transformation (réfraction) sont élaborées et permettent de reconstituer le climat horaire des vagues à l'approche de la côte, à chacun des transects d'analyse.

L'objectif principal de cette démarche est de déterminer le climat de vague près de la côte et, plus particulièrement, d'établir les statistiques des vagues qui seront utilisées pour la phase de conception des ouvrages de protection du littoral.

2 MÉTHODOLOGIE

2.1 CLASSIFICATION DES ÉTATS DE MER

Le climat horaire des vagues au large, reconstitué à partir des données de vent pour la période 1994-2018 est employé pour établir les états de mer. Afin d'optimiser l'effort de modélisation, un nombre restreint de scénarios de vagues est extrait de ce climat. Ces scénarios constituent un échantillon représentatif de l'ensemble des conditions observées dans la série de données.

Le climat de vagues est discrétisé selon 3 paramètres : la direction de provenance, la période de pointe (T_p) et la hauteur significative (H_s). Les directions de provenance sont réparties en 16 secteurs, chacun couvrant $22,5^\circ$. Les périodes de pointe sont quant à elles groupées en intervalles de 2 secondes. Une hauteur de vague significative est finalement attribuée à chaque couple direction-période.

Dans le cadre de cette étude, seules les vagues en provenance des secteurs est-nord-est à ouest-nord-ouest, en progressant en sens horaire, sont considérées. Il est supposé que les vagues en provenance des autres secteurs ne contribuent pas à la sollicitation du littoral de Sheldrake.

Les vagues de période de pointe inférieure à 2 secondes sont exclues des scénarios de modélisation, sous l'hypothèse qu'elles sont peu transformées par les changements bathymétriques à proximité de la côte. Un coefficient de réfraction équivalent à celui des vagues ayant une période de pointe de 2 secondes leur est attribué.

Finalement, les hauteurs sont choisies de manière à générer un espace solution qui circonscrit l'ensemble des conditions observées dans la série de données. Elles incluent notamment des valeurs minimum et maximum, de sorte à bien discrétiser l'espace-solution, ainsi qu'une ou deux valeurs intermédiaires.

Cette démarche mène à la création de 275 scénarios de vagues distincts. La modélisation de la propagation de ces scénarios est effectuée pour différents niveaux d'eau afin de couvrir l'ensemble des conditions représentatives au site d'étude. Le **Tableau A-1** présente les scénarios de vagues retenus.

2.2 MODÉLISATION DE LA PROPAGATION DE VAGUES

2.2.1 DOMAINE MODÉLISÉ

La **Figure A.1** présente l'étendue du domaine modélisé avec le modèle SWAN. Trois grilles imbriquées permettent de discrétiser le domaine par raffinement progressif des cellules. Ces grilles permettent de couvrir un large domaine. La limite « offshore » de la grille ayant la plus grande résolution (100 m x 100 m), atteint le point de focal de génération des vagues, où la bathymétrie atteint des profondeurs de plus de 140 m (NMM) (**Figure A.2**).

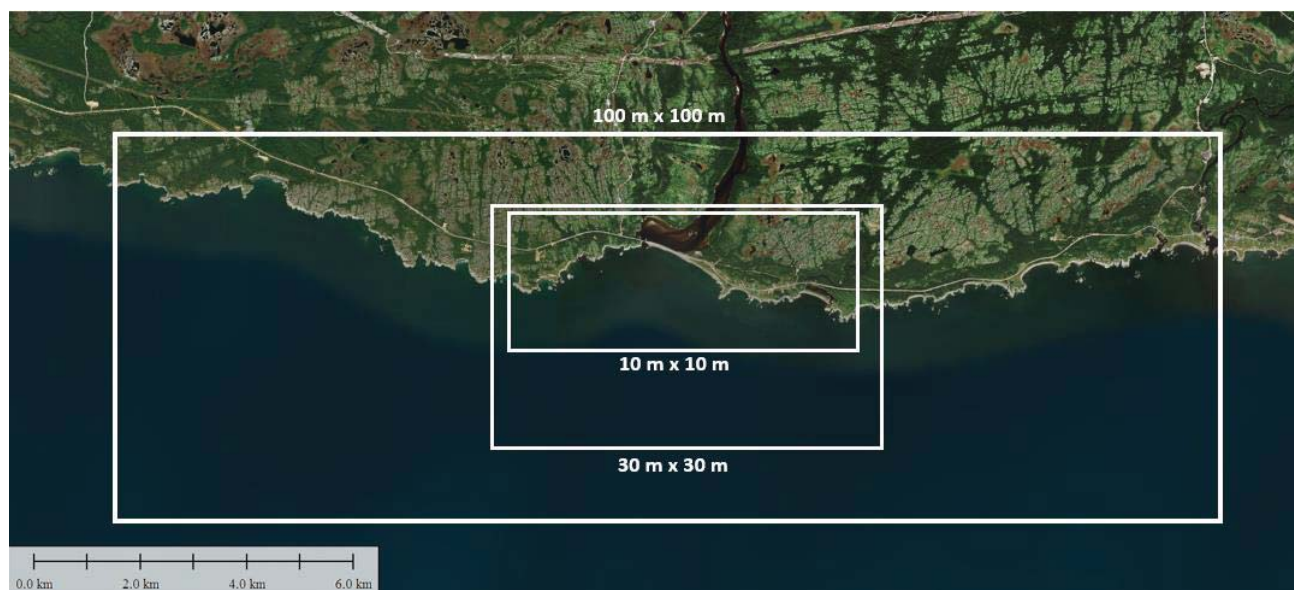


Figure A.1 **Domaine modélisé et résolution des grilles de calcul – secteur de Sheldrake**

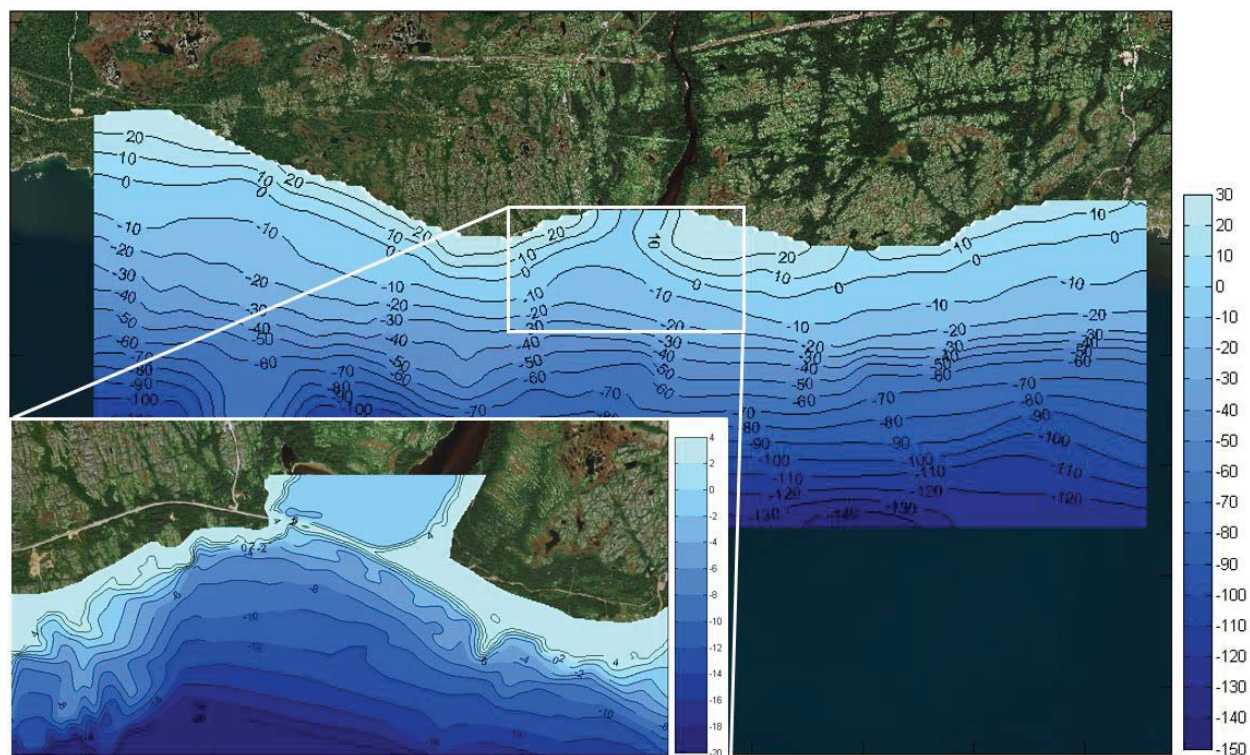


Figure A.2 **Bathymétrie sur le domaine modélisé. Grille 1 (100m x 100m) et Grille 3 (10m x 10m) - secteur de Sheldrake**

2.2.2 DOMAINE MODÉLISÉ

Les scénarios de vagues présentés au **Tableau A.1** sont imposés aux frontières ouvertes de la grille 1 (Figure A.1), et ce, pour les niveaux d'eau correspondant à la BMIGM, le NMM, la PMSGM et à l'extrême de pleine mer. Au total, c'est 1100 scénarios qui ont ainsi été modélisés. Un spectre de type JONSWAP, caractérisé par la période de pointe des vagues, est utilisé pour représenter la distribution énergétique de chaque scénario. Les conditions de vagues sont par la suite extraites par zone à l'approche de la côte et le long du littoral de Sheldrake.

Tableau A.1 Scénarios de vagues retenus pour la transformation des vagues du large vers la côte à un niveau d'eau correspondant à la BMIGM, le NMM, la PMSGM et à l'extrême de pleine mer

# Scénario	Provenance (°)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	# Scénario	Provenance (°)	Tp (s)	Hs (m)	# Scénario	Provenance (°)	Tp (s)	Hs (m)	# Scénario	Provenance (°)	Tp (s)	Hs (m)
1	67.5	2	0.25	51	112.5	4	4	0.4	101	180	4	4	151	202.5	10	0.41
2	67.5	2	0.32	52	112.5	4	4	0.84	102	180	4	4	152	202.5	10	0.9
3	67.5	4	0.25	53	112.5	4	4	1.36	103	180	4	4	153	202.5	10	1.36
4	67.5	4	0.43	54	112.5	6	6	0.25	104	180	6	6	154	202.5	10	0.25
5	67.5	4	0.83	55	112.5	6	6	0.34	105	180	6	6	155	225	2	0.25
6	67.5	4	1.35	56	112.5	6	6	0.9	106	180	6	6	156	225	2	0.32
7	67.5	6	0.25	57	112.5	6	6	1.56	107	180	6	6	157	225	4	0.25
8	67.5	6	0.39	58	112.5	6	6	2.03	108	180	6	6	158	225	4	0.4
9	67.5	6	0.92	59	112.5	6	6	2.57	109	180	6	6	159	225	4	0.83
10	67.5	6	1.52	60	112.5	8	8	0.25	110	180	8	8	160	225	4	1.33
11	67.5	6	2.05	61	112.5	8	8	0.95	111	180	8	8	161	225	6	0.25
12	67.5	6	2.56	62	112.5	8	8	1.45	112	180	8	8	162	225	6	0.41
13	67.5	8	0.99	63	112.5	8	8	2.1	113	180	8	8	163	225	6	0.9
14	67.5	8	1.5	64	112.5	8	8	2.62	114	180	8	8	164	225	6	1.53
15	67.5	8	2.25	65	112.5	8	8	3.16	115	180	8	8	165	225	6	2.06
16	67.5	8	3.1	66	135	2	2	0.25	116	180	8	8	166	225	6	3.25
17	90	2	0.25	67	135	2	2	0.29	117	180	8	8	167	225	8	0.25
18	90	2	0.33	68	135	2	2	0.25	118	180	8	8	168	225	8	0.32
19	90	4	0.25	69	135	4	4	0.41	119	180	10	10	169	225	8	1.51
20	90	4	0.41	70	135	4	4	0.85	120	180	10	10	170	225	8	2.11
21	90	4	0.84	71	135	4	4	1.35	121	180	10	10	171	225	8	3.65
22	90	4	1.34	72	135	6	6	0.35	122	180	10	10	172	225	8	4.55
23	90	6	0.25	73	135	6	6	0.92	123	180	10	10	173	225	8	3.24
24	90	6	0.4	74	135	6	6	1.56	124	202.5	2	2	174	225	8	4.46
25	90	6	0.91	75	135	6	6	1.98	125	202.5	2	2	175	225	10	0.29
26	90	6	1.53	76	135	6	6	2.7	126	202.5	4	4	176	225	10	0.87
27	90	6	2.05	77	135	6	6	3.25	127	202.5	4	4	177	225	10	1.47
28	90	6	2.62	78	135	8	8	3.52	128	202.5	4	4	178	225	10	2.06
29	90	8	0.25	79	157.5	2	2	0.25	129	202.5	4	4	179	225	10	0.84
30	90	8	0.34	80	157.5	4	4	0.25	130	202.5	6	6	180	225	10	1.34
31	90	8	0.93	81	157.5	4	4	0.43	131	202.5	6	6	181	225	10	0.25
32	90	8	1.52	82	157.5	4	4	0.89	132	202.5	6	6	182	225	10	0.43
33	90	8	2.1	83	157.5	4	4	1.35	133	202.5	6	6	183	225	10	0.89
34	90	8	2.75	84	157.5	6	6	0.25	134	202.5	6	6	184	225	10	1.55
35	90	8	3.27	85	157.5	6	6	0.45	135	202.5	6	6	185	225	12	2.05
36	90	8	3.85	86	157.5	6	6	0.9	136	202.5	8	8	186	225	12	2.56
37	90	8	4.45	87	157.5	6	6	1.54	137	202.5	8	8	187	225	12	3.25
38	90	8	4.9	88	157.5	6	6	2.07	138	202.5	8	8	188	225	12	3.52
39	90	10	0.76	89	157.5	6	6	2.63	139	202.5	8	8	189	225	12	4.01
40	90	10	1.5	90	157.5	8	8	0.3	140	202.5	8	8	190	225	12	1.49
41	90	10	2.02	91	157.5	8	8	1	141	202.5	8	8	191	225	12	2.1
42	90	10	2.73	92	157.5	8	8	1.58	142	202.5	8	8	192	225	12	2.72
43	90	10	3.33	93	157.5	8	8	2.2	143	202.5	8	8	193	225	12	3.26
44	90	10	3.88	94	157.5	8	8	2.76	144	202.5	8	8	194	225	12	3.82
45	90	10	4.5	95	157.5	8	8	3.2	145	202.5	10	10	195	225	12	4.3
46	90	10	5.1	96	157.5	8	8	3.74	146	202.5	10	10	196	225	12	4.82
47	90	10	5.56	97	157.5	10	10	2.64	147	202.5	10	10	197	225	12	5.01
48	112.5	2	0.25	98	157.5	10	10	3.93	148	202.5	10	10	198	225	12	4.42
49	112.5	2	0.32	99	180	2	2	0.25	149	202.5	4	4	199	225	10	0.25
50	112.5	4	0.25	100	180	4	4	0.25	150	202.5	4	4	200	225	10	0.32