



PROJET N° 161-07163-00

DRAGAGE DES CANAUX DE LA MUNICIPALITÉ DE SAINT-ZOTIQUE ET CONSTRUCTION D'UN BRISE-LAMES

ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT
DÉPOSÉE AU MINISTÈRE DU
DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE
L'ENVIRONNEMENT ET DE LA
LUTTE CONTRE LES
CHANGEMENTS CLIMATIQUES

N° DOSSIER : 3211-02-287

JUILLET 2017

DRAGAGE DES CANAUX DE LA MUNICIPALITÉ DE SAINT-ZOTIQUE ET CONSTRUCTION D'UN BRISE-LAMES

ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

Municipalité de Saint-Zotique

No projet : 161-07163-00

Juillet 2017

Rapport (version finale)

WSP Canada Inc.

1600 boul. René-Lévesque Ouest, 16^e étage
Montréal (Québec) H3H 1P9

Téléphone : +1 514-340-0046

www.wsp.com



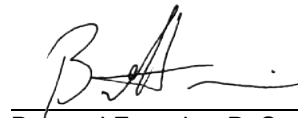
SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR



Véronique Armstrong, M. Env.
Chargée de projets

RÉVISÉ PAR



Bernard Fournier, B. Sc. A., M. ATDR
Directeur de projets

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.

Référence à citer :

WSP 2017. *Dragage des canaux de la Municipalité de Saint-Zotique et construction d'un brise-lames | Étude d'impact sur l'environnement*. Document produit pour la Municipalité de Saint-Zotique.
No projet : 161-07163-00. 9 chapitres et annexes.

ÉQUIPE DE RÉALISATION

MUNICIPALITE DE SAINT-ZOTIQUE

Directrice de projet	Christine Ouimet, Ing.
Directeur adjoint	Guy Tessier
Responsable urbanisme	Anick Courval
Secrétaire-trésorier et directeur général	Jean-François Messier, O.M.A.

WSP CANADA INC. (WSP)

Directeur de projet	Bernard Fournier, B. Sc. A., M. ATDR
Chargées de projet	Véronique Armstrong, M. Env. Marilyn Sigouin, biol., M.Sc.
Responsables volet technique	Nicolas Guillemette, M. Sc. Steve Renaud, M. Sc.
Responsables milieu biophysique	Marie-Christine Bellemare, M. Sc. Jean Carreau, bio. Éric Gingras, M. Sc.
Responsable milieu humain	Maria Cristina Borja, biol.
Édition	Diane Nadeau
Cartographie	Pierre Cordeau, B. Sc. Christine Thériault, B. Sc.

SOUS-TRAITANTS

Archéologue	Yves Chrétien
-------------	---------------

LISTE DES ACRONYMES

AA	Avant aujourd'hui
ACOA	Aire de concentration d'oiseaux aquatiques
BAPE	Bureau d'audiences publiques sur l'environnement
BPC	Biphényles polychlorés
CDPNQ	Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec
CCME	Conseil canadien des ministres de l'environnement
CEF	Concentration d'effets fréquents
CEO	Concentration d'effets occasionnels
CER	Concentration d'effets rares
CMM	Communauté métropolitaine de Montréal
CPE	Concentration produisant un effet probable
CSE	Concentration seuil produisant un effet
COBAVER-VS	Conseil du bassin versant de la région de Vaudreuil-Soulanges
CVE	Composantes valorisées de l'environnement
EEE	Espèce exotique envahissante
ENE	Est-nord-est
EFE	Écosystème forestier exceptionnel
ÉIE	Étude d'impact sur l'environnement
GES	Gaz à effet de serre
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
HP C ₁₀ -C ₅₀	Hydrocarbures pétroliers
ISQG	<i>Interim Sediment Quality Guidelines</i>
LAU	Loi sur l'aménagement et l'urbanisme
LES	Lieu d'enfouissement sanitaire
LDD	Loi sur le développement durable
LQE	Loi sur la qualité de l'environnement
LEVM	Loi sur les espèces menacées ou vulnérables
MCC	Ministère de la Culture et des Communications
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MDR	Matières dangereuses résiduelles
MES	Matières en suspension
MFFP	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
MPO	Ministère des Pêches et Océans Canada

MRC	Municipalité régionale de comté
MTMDET	Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports
OSO	Ouest-sud-ouest
PADD	Plan d'action en développement durable
PIIA	Plans d'implantation et d'intégration architecturale
RÉEIE	Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement
SO	Sud-ouest
SMB	Syndrome du museau blanc
ZC	Zéro des cartes

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION	1-1
1.1	CONTEXTE GÉNÉRAL	1-1
1.2	CADRE LÉGAL	1-7
1.3	OBJECTIFS DE L'ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL	1-7
1.4	CONTENU DU RAPPORT.....	1-8
2	MISE EN CONTEXTE DU PROJET	2-1
2.1	PRÉSENTATION DE L'INITIATEUR	2-1
2.1.1	INITIATEUR DU PROJET ET PRINCIPAUX INTERVENANTS AU DOSSIER.....	2-1
2.1.2	ENGAGEMENTS DE LA MUNICIPALITÉ DE SAINT-ZOTIQUE EN MATIÈRE DE DÉVELOPPEMENT DURABLE	2-1
2.2	ACTIVITÉS D'INFORMATION ET DE CONSULTATIONS	2-2
2.3	CONTEXTE ET RAISON D'ÊTRE DU PROJET	2-3
2.3.1	LOCALISATION ET CARACTÉRISTIQUES DES CANAUX ET DU LAC	2-4
2.4	SOLUTIONS DE RECHANGE AU PROJET	2-20
2.5	AMÉNAGEMENT ET PROJETS CONNEXES	2-21
3	DESCRIPTION DU MILIEU RÉCEPTEUR.....	3-1
3.1	DÉLIMITATION DE LA ZONE D'ÉTUDE.....	3-1
3.2	MILIEU PHYSIQUE	3-5
3.2.1	CLIMAT	3-5
3.2.2	QUALITÉ DE L'AIR	3-10
3.2.3	GÉOLOGIE	3-10
3.2.4	HYDROLOGIE	3-11
3.2.5	HYDRAULIQUE	3-17
3.2.6	BATHYMÉTRIE.....	3-19
3.2.7	DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE	3-31
3.2.8	GRANULOMÉTRIE ET NATURE DES SÉDIMENTS.....	3-32
3.2.9	QUALITÉ DES SÉDIMENTS	3-38
3.2.10	QUALITÉ DE L'EAU.....	3-43
3.2.11	CLIMAT SONORE	3-46
3.3	MILIEU BIOLOGIQUE	3-53
3.3.1	VÉGÉTATION	3-53
3.3.2	FAUNE	3-60
3.4	MILIEU HUMAIN.....	3-71
3.4.1	PROFIL SOCIOÉCONOMIQUE.....	3-71
3.4.2	ZONAGE ET AFFECTATION DU TERRITOIRE	3-75

3.4.3	UTILISATION ET OCCUPATION DU TERRITOIRE	3-80
3.4.4	ARCHÉOLOGIE ET PATRIMOINE	3-84
3.4.5	PAYSAGE	3-84
4	DESCRIPTION DU PROJET	4-1
4.1	NATURE DU PROJET	4-1
4.2	AMÉNAGEMENT DE LA PLAGE MUNICIPALE	4-2
4.2.1	VARIANTES DE RÉALISATION POUR LA PROTECTION DE LA PLAGE MUNICIPALE	4-4
4.3	AMÉNAGEMENT DE BRISE-LAMES À LA SORTIE DE CANAUX	4-28
4.4	DRAGAGE DES CANAUX ET DE LEUR EMBOUCHURE DANS LE LAC SAINT- FRANÇOIS	4-29
4.4.1	VARIANTES DE RÉALISATION DU PROJET	4-29
4.4.2	MODES DE DISPOSITION DES MATÉRIAUX DRAGUÉS	4-41
4.5	DESCRIPTION DU PROJET RETENU	4-44
4.5.1	MOBILISATION DU CHANTIER	4-44
4.5.2	MISE EN PLACE ET ENTRETIEN DES BRISE-LAMES	4-45
4.5.3	EXÉCUTION DES TRAVAUX DE DRAGAGE	4-46
4.5.4	GESTION TERRESTRE DES MATÉRIAUX DRAGUÉS	4-49
4.5.5	RAVITAILLEMENT ET ENTRETIEN DE LA MACHINERIE	4-51
4.5.6	GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES	4-51
4.5.7	DÉMOBILISATION DU CHANTIER	4-52
4.6	ÉCHÉANCIER DES TRAVAUX ET ORDRE DE GRANDEUR DES COÛTS	4-52
5	ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE DU PROJET	5-1
5.1	MÉTHODE D'IDENTIFICATION ET D'ÉVALUATION DES IMPACTS	5-1
5.1.1	APPROCHE GÉNÉRALE	5-1
5.1.2	IDENTIFICATION DES INTERRELATIONS POTENTIELLES	5-2
5.1.3	MÉTHODE D'ÉVALUATION DES IMPACTS	5-5
5.1.4	MESURES D'ATTÉNUATION INTÉGRÉES AU PROJET	5-11
5.2	ANALYSE DES IMPACTS	5-14
5.2.1	IMPACTS SUR LE MILIEU PHYSIQUE	5-14
5.2.2	IMPACTS SUR LE MILIEU BIOLOGIQUE	5-20
5.2.3	IMPACTS SUR LE MILIEU HUMAIN	5-29
5.2.4	SYNTHÈSE DE L'ÉVALUATION DES IMPACTS ASSOCIÉS AU PROJET DE DRAGAGE DES CANAUX ET DE LA CONSTRUCTION D'UN BRISE-LAMES	5-45
5.3	ÉVALUATION SOMMAIRE DES EFFETS CUMULATIFS	5-53
5.3.1	MILIEU PHYSIQUE	5-53
5.3.2	MILIEU BIOLOGIQUE	5-53
5.3.3	MILIEU HUMAIN	5-54

6	PROGRAMMES DE SURVEILLANCE ET SUIVI ENVIRONNEMENTALE	6-1
6.1	SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE	6-1
6.2	SUIVI ENVIRONNEMENTAL	6-3
7	PLAN DE MESURES D'URGENCE.....	7-1
7.1	MISE EN CONTEXTE.....	7-1
7.2	PHASE DE CONSTRUCTION.....	7-1
7.2.1	DÉVERSEMENT DE PRODUITS PÉTROLIERS	7-2
7.2.2	INCENDIES.....	7-3
7.3	PHASE EXPLOITATION	7-4
8	PROGRAMME DE COMPENSATION	8-1
9	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	9-1

TABLEAUX

TABLEAU 2-1	LOTS DU CADASTRE DU QUÉBEC OCCUPÉS PAR LES 25 CANAUX DE LA MUNICIPALITÉ DE SAINT-ZOTIQUE.....	2-4
TABLEAU 2-2	TARIFICATIONS DES ACTIVITÉS À LA PLAGE.....	2-17
TABLEAU 3-1	NORMALES MENSUELLES DES TEMPÉRATURES QUOTIDIENNES DE L'AIR À LA STATION DE SAINT-ANICET, DE 1981 À 2001	3-5
TABLEAU 3-2	NORMALES MENSUELLES DES PRÉCIPITATIONS MOYENNES À LA STATION DE SAINT-ANICET, 1981 À 2010	3-6
TABLEAU 3-3	ANALYSE DE L'ÉPARPILLEMENT DES VENTS HORAIRES À LA STATION DE SAINT-ANICET, DE 2000 À 2015	3-8
TABLEAU 3-4	OCCURRENCE DES VENTS EXTRÊMES DE L'OSO ET DE L'ENE DANS LE LAC SAINT-FRANÇOIS (2000-2015).....	3-9
TABLEAU 3-5	STATISTIQUES DE BASE DES PRINCIPAUX DÉBITS ENTRANT ET SORTANT DU LAC SAINT-FRANÇOIS, 2010 À 2015 (ENGLOBE, 2016).....	3-13
TABLEAU 3-6	CARACTÉRISTIQUES DES BASSINS VERSANTS	3-17
TABLEAU 3-7	DESCRIPTION ET CARACTÉRISTIQUES GRANULOMÉTRIQUES DES ÉCHANTILLONS DE SÉDIMENTS, KOUTITONSKY ET PELLETIER (2015)	3-35
TABLEAU 3-8	DESCRIPTION ET CARACTÉRISTIQUES GRANULOMÉTRIQUES DES ÉCHANTILLONS DE SÉDIMENTS DANS LES CANAUX (WSP, 2016).....	3-37
TABLEAU 3-9	RÉSULTATS D'ANALYSE SUR LES SÉDIMENTS - S2-SED-01 À S2-SED-06 (WSP, 2016).....	3-39
TABLEAU 3-10	RÉSULTATS D'ANALYSE SUR LES SÉDIMENTS - S2-SED-07 À S2-SED-12 (WSP, 2016).....	3-40
TABLEAU 3-11	RÉSULTATS D'ANALYSE SUR LES SÉDIMENTS (S2-SED-13 À S2-SED-18)	3-41
TABLEAU 3-12	RÉSULTATS D'ANALYSE DES ÉCHANTILLONS D'EAU DE SURFACE PRÉLEVÉS DANS LES CANAUX DE SAINT-ZOTIQUE, JUILLET 2015 (ENGLOBE).....	3-44
TABLEAU 3-13	NIVEAUX SONORES MESURÉS AUX DIFFÉRENTS POINTS DE MESURE	3-47
TABLEAU 3-14	CARACTÉRISATION DES PLANTES AQUATIQUES DANS LES CANAUX 1 À 4, 2014	3-57
TABLEAU 3-15	CARACTÉRISATION DES PLANTES AQUATIQUES DANS LES CANAUX 5 À 20, 2014	3-58
TABLEAU 3-16	CARACTÉRISATION DES PLANTES AQUATIQUES DANS LES CANAUX 21 À 25, 2014	3-59
TABLEAU 3-17	ESPÈCES VÉGÉTALES SUSCEPTIBLES ET LEUR STATUT ET HABITAT PRÉFÉRENTIEL	3-60
TABLEAU 3-18	NOMBRE DE POISSONS CAPTURÉS PAR ESPÈCE DANS LES CANAUX 1 À 4, 2014	3-61
TABLEAU 3-19	NOMBRE DE POISSONS CAPTURÉS PAR ESPÈCE DANS LES CANAUX 5 À 20, 2014	3-62

TABLEAU 3-20	NOMBRE DE POISSONS CAPTURÉS PAR ESPÈCE DANS LES CANAUX 21 À 25, 2014	3-63
TABLEAU 3-21	ESPÈCES DE POISSONS PRÉSENTES DANS LE LAC SAINT-FRANÇOIS ET SES AFFLUENTS (ENGLOBE, 2015).....	3-64
TABLEAU 3-22	ESPÈCES DE POISSONS À STATUT PARTICULIER POTENTIELLEMENT PRÉSENTES DANS LE LAC SAINT-FRANÇOIS ET SES AFFLUENTS (ENGLOBE, 2015).....	3-66
TABLEAU 3-23	ESPÈCES D'OISEAUX À STATUT PARTICULIER POTENTIELLEMENT PRÉSENTES À PROXIMITÉ DE LA ZONE DES TRAVAUX (ATLAS ET CDPNQ)	3-69
TABLEAU 3-24	ESPÈCES AVIAIRES RÉPERTORIÉES DANS LES ACOA DE LA RIVE NORD DU LAC SAINT-FRANÇOIS ENTRE 1983 ET 1990	3-70
TABLEAU 3-25	ÉVOLUTION COMPARATIVE DE LA POPULATION DE LA ZONE D'ÉTUDE, 2001-2011.....	3-71
TABLEAU 3-26	RÉPARTITION DE LA POPULATION SELON LES GROUPES D'ÂGES EN 2011 POUR LA MUNICIPALITÉ DE SAINT-ZOTIQUE, LA MRC DE VAUDREUIL-SOULANGES, LA MONTÉRÉGIE ET LE QUÉBEC	3-72
TABLEAU 3-27	PLUS HAUT NIVEAU DE SCOLARITÉ ATTEINT PAR LA POPULATION ÂGÉE DE 15 ANS ET PLUS POUR SAINT-ZOTIQUE, LA MRC DE VAUDREUIL-SOULANGES, LA MONTÉRÉGIE ET LE QUÉBEC	3-73
TABLEAU 3-28	SITUATION DE L'ACTIVITÉ POUR LES DIFFÉRENTES ENTITÉS TERRITORIALES, 2011	3-74
TABLEAU 3-29	SECTEURS D'ACTIVITÉ ÉCONOMIQUE DE L'EMPLOI LOCALISÉ EN 2011, MRC DE VAUDREUIL-SOULANGES.....	3-74
TABLEAU 3-30	LISTE DES ZONAGES INCLUS DANS LA ZONE D'ÉTUDE.....	3-79
TABLEAU 3-31	OCCUPATION DU SOL DE LA MUNICIPALITÉ DE SAINT-ZOTIQUE	3-80
TABLEAU 4-1	AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS – AMÉNAGEMENT DE LA VARIANTE 1 (V1).....	4-9
TABLEAU 4-2	AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS – AMÉNAGEMENT DE LA VARIANTE 2 (V2).....	4-14
TABLEAU 4-3	AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS – AMÉNAGEMENT DE LA VARIANTE 3A (V3A).....	4-19
TABLEAU 4-4	AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS – AMÉNAGEMENT DE LA VARIANTE 3B (V3B).....	4-23
TABLEAU 4-5	AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS – AMÉNAGEMENT DE LA VARIANTE 3A (V3C).....	4-27
TABLEAU 4-6	VOLUMES DE DRAGAGE ESTIMÉS POUR LES CANAUX À SAINT- ZOTIQUE	4-32
TABLEAU 4-7	CARACTÉRISTIQUES DES PRINCIPAUX TYPES DE DRAGUES UTILISÉES DANS LE SAINT-LAURENT.....	4-41
TABLEAU 4-8	APPLICATION DES CRITÈRES DE QUALITÉ DES SÉDIMENTS AU QUÉBEC DANS LE CADRE DE LA GESTION DES SÉDIMENTS RÉSULTANT DE TRAVAUX DE DRAGAGE	4-42
TABLEAU 4-9	GRILLE DE GESTION DES SOLS CONTAMINÉS EXCAVÉS INTÉRIMAIRE....	4-51

TABLEAU 4-10	ÉCHÉANCIER PROVISOIRE	4-53
TABLEAU 5-1	SOURCES D'IMPACT DU PROJET	5-2
TABLEAU 5-2	COMPOSANTES DE L'ENVIRONNEMENT	5-3
TABLEAU 5-3	GRILLE D'INTERRELATIONS	5-4
TABLEAU 5-4	GRILLE DE DÉTERMINATION DE LA VALEUR DE LA COMPOSANTE	5-6
TABLEAU 5-5	GRILLE DE DÉTERMINATION DE L'INTENSITÉ DE L'IMPACT	5-7
TABLEAU 5-6	COMBINAISON DE CRITÈRES PERMETTANT DE DÉTERMINER L'IMPORTANCE D'UN IMPACT SUR UNE COMPOSANTE DE L'ENVIRONNEMENT	5-9
TABLEAU 5-7	BRUIT SIMULÉ – SCÉNARIO DE CHARGEMENT (AVEC ET SANS MESURE D'ATTÉNUATION)	5-42
TABLEAU 5-8	BRUIT SIMULÉ – SCÉNARIO DE DRAGAGE	5-43
TABLEAU 5-9	BILAN DES IMPACTS RÉSIDUELS DU PROJET	5-47

FIGURES

FIGURE 2-1	IMAGE SATELLITAIRE DE LA PLAGE DE SAINT-ZOTIQUE AVEC LE TRAIT DE CÔTE DE 1965 (ENGLOBE, 2016)	2-3
FIGURE 3-1	ROSE DES VENTS HORAIRES À LA STATION MÉTÉOROLOGIQUE DE SAINT-ANICET, DE 2000 À 2015	3-7
FIGURE 3-2	POINTS DE CONTRÔLE DES DÉBITS SORTANT DU LAC SAINT- FRANÇOIS (ENGLOBE, 2016)	3-12
FIGURE 3-3	DÉBITS JOURNALIERS ENTRANT DANS LE LAC À CORNWALL ET SORTANT DU LAC AU BARRAGE DE BEAUHARNOIS, À DU COTEAU-1 ET À DU COTEAU-3 (ENGLOBE, 2016)	3-13
FIGURE 3-4	VARIATION DE LA PENTE JOURNALIÈRE ENTRE DIFFÉRENTS ENDROITS DU LAC ET DU DÉBIT AU LAC SAINT-FRANÇOIS ENTRE 1962 ET 1990	3-18
FIGURE 3-5	HAUTEURS SIGNIFICATIVES DES VAGUES MESURÉES EN FACE DE LA PLAGE DE SAINT-ZOTIQUE (STATIONS 1 ET 2, AOÛT ET SEPTEMBRE 2015)	3-19
FIGURE 3-6	BATHYMÉTRIE GÉNÉRALE DE LA ZONE ENTOURANT LA PLAGE DE SAINT-ZOTIQUE, AOÛT 2015	3-20
FIGURE 3-7	BATHYMÉTRIE DÉTAILLÉE À PROXIMITÉ DE LA PLAGE	3-20
FIGURE 3-8	VISUALISATION DE LA DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE À LA PLAGE DE SAINT-ZOTIQUE	3-32
FIGURE 3-9	DIAMÈTRE (D_{50}) DES GRAINS SUR LA PLAGE, DANS LE BANC DE SABLE ET AU LARGE DE LA PLAGE DE SAINT-ZOTIQUE, EN AOÛT 2015	3-33
FIGURE 3-10	RÉSULTATS D'ANALYSE DES MATIÈRES EN SUSPENSION DES ÉCHANTILLONS D'EAU PRÉLEVÉS AUX STATIONS DIX-HUIT ARPENTS (1 ET 2) ET GRAND MARAIS	3-45

FIGURE 3-11	RÉSULTATS D'ANALYSE EN PHOSPHORE DES ÉCHANTILLONS D'EAU PRÉLEVÉS AUX STATIONS DIX-HUIT ARPENTS (1 ET 2) ET GRAND MARAIS.....	3-46
FIGURE 3-12	EMPLACEMENT DES POINTS DE MESURES SONORES	3-47
FIGURE 3-13	MESURES SONORES AU POINT P1	3-48
FIGURE 3-14	MESURES SONORES AU POINT P2	3-49
FIGURE 3-15	MESURES SONORES AU POINT P3	3-50
FIGURE 3-16	MESURES SONORES AU POINT P4	3-51
FIGURE 4-1	PENTE DE LA PLAGE ET MICRO-TALUS D'ÉROSION DANS LA PARTIE OUEST DE LA PLAGE (KOUTITONSKY ET PELLETIER, 2015).....	4-2
FIGURE 4-2	DIRECTION DES COURANTS ET DU TRANSPORT DE SABLE EN PRÉSENCE DE VENTS EXTRÊMES DE L'OUEST-SUD-OUEST (KOUTITONSKY ET PELLETIER, 2015)	4-3
FIGURE 4-3	DIRECTION DES COURANTS ET DU TRANSPORT DE SABLE EN PRÉSENCE DE VENTS EXTRÊMES DE L'EST-NORD-EST (KOUTITONSKY ET PELLETIER, 2015).....	4-3
FIGURE 4-4	MIGRATION DU BANC DE SABLE VERS L'EST (KOUTITONSKY ET PELLETIER, 2015).....	4-4
FIGURE 4-5	EXEMPLES D'ÉPIS EN BOIS ET EN ENROCHEMENT POUR L'AMÉNAGEMENT DE LA VARIANTE 1 (V1).....	4-6
FIGURE 4-6	CONCEPT PROPOSÉ POUR L'AMÉNAGEMENT DE LA VARIANTE (V1).....	4-7
FIGURE 4-7	CONCEPT PROPOSÉ POUR L'AMÉNAGEMENT DE LA VARIANTE 2 (V2)....	4-11
FIGURE 4-8	EXEMPLE DE RECHARGE DE PLAGE À L'AIDE DE MATÉRIAUX PLUS GROSSIERS DE TYPE CAILLOUX/GALETES POUR L'AMÉNAGEMENT DE LA VARIANTE 2 (V2)	4-13
FIGURE 4-9	CONCEPT PROPOSÉ POUR L'AMÉNAGEMENT DE LA VARIANTE 3A (V3A)	4-17
FIGURE 4-10	CONCEPT PROPOSÉ POUR L'AMÉNAGEMENT DE LA VARIANTE 3B (V3B)	4-21
FIGURE 4-11	EXEMPLE DE BRISE-LAMES TYPIQUE EN ENROCHEMENT (V3B)	4-23
FIGURE 4-12	CONCEPT PROPOSÉ POUR L'AMÉNAGEMENT DE LA VARIANTE 3C (V3C)	4-25
FIGURE 4-13	EXEMPLE DE BRISE-LAMES FLOTTANT DE MARQUE NARVAL	4-27
FIGURE 4-14	COUPE DES CANAUX (SECTEURS 1 ET 2)	4-33
FIGURE 4-15	COUPE DES CANAUX (SECTEURS 3 ET 4)	4-35
FIGURE 4-16	COUPE DES CANAUX (SECTEURS 5 ET 6)	4-37
FIGURE 4-17	SCHÉMA DÉCISIONNEL POUR LE CHOIX DU SITE DE DISPOSITION DES MATÉRIAUX DRAGUÉS	4-47
FIGURE 5-1	EMPLACEMENT DES RÉCEPTEURS ÉVALUÉS POUR LES OPÉRATIONS DE CHARGEMENT – SCÉNARIO DE CHARGEMENT	5-43
FIGURE 5-2	EMPLACEMENT DES RÉCEPTEURS ÉVALUÉS POUR LES OPÉRATIONS DE CHARGEMENT – SCÉNARIO DE DRAGAGE	5-44

CARTES

CARTE 1-1	EMPLACEMENT DU PROJET DE DRAGAGE	1-3
CARTE 1-2	SITE À L'ÉTUDE	1-5
CARTE 2-1	DÉTAIL DES INSTALLATIONS DU SITE	2-15
CARTE 3-1	ZONE D'ÉTUDE DU PROJET	3-3
CARTE 3-2	MILIEU PHYSIQUE	3-15
CARTE 3-3	VUE D'ENSEMBLE DE LA BATHYMÉTRIE	3-23
CARTE 3-4	BATHYMÉTRIE DANS LES SECTEURS 1 ET 2	3-25
CARTE 3-5	BATHYMÉTRIE DANS LES SECTEURS 3 ET 4	3-27
CARTE 3-6	BATHYMÉTRIE DANS LES SECTEURS 5 ET 6	3-29
CARTE 3-7	MILIEU BIOLOGIQUE	3-55
CARTE 3-8	MILIEU HUMAIN	3-77

ANNEXES

ANNEXE 1-1	DIRECTIVE MINISTÉRIELLE
ANNEXE 3-1	CONFIGURATION OPTIMALE D'UN BRISE-LAME POUR LA PROTECTION DE LA PLAGE DE SAINT-ZOTIQUE (ENGLOBE, 2016)
ANNEXE 3-2	PROBLÉMATIQUE D'ÉROSION À LA PLAGE DE SAINT-ZOTIQUE (KOUTITONSKY ET PELLETIER, 2015)
ANNEXE 3-3	GRANULOMÉTRIE DES SÉDIMENTS (WSP, 2016)
ANNEXE 3-4	AVIS PROFESSIONNEL SUR LE POTENTIEL ARCHÉOLOGIQUE
ANNEXE 4-1	FICHE TECHNIQUE D'UN BRISE-LAMES (NARVAL ET INDUSTRIES MATHIEU)

1 INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE GÉNÉRAL

La municipalité de Saint-Zotique est située dans la municipalité régionale de comté (MRC) de Vaudreuil-Soulanges, en Montérégie. Elle s'étend sur près de 8 km le long du lac Saint-François. Une partie de la municipalité, située en bordure de la plage municipale, est traversée par un ensemble de 25 canaux répartis en 7 secteurs et cumulant près de 12 kilomètres de voies navigables. Ces canaux ont été creusés au début des années 1960 sur l'initiative d'un promoteur, Marcel Léger¹, qui souhaitait reproduire le style des marais des Everglades, en Floride, où s'observent des canaux du même genre.

Au fil du temps, le secteur de ces canaux est presque entièrement devenu un secteur résidentiel. Ces canaux sont destinés à la pratique de la navigation de plaisance et la plupart des résidents sont des plaisanciers profitant de leur présence. Ce réseau anthropique de canaux étant à l'origine une zone humide naturelle, il ne semble pas possible d'y empêcher l'accumulation de sédiments. Cette sédimentation serait survenue au fil du temps. Ces canaux ont donc nécessité des travaux d'entretien au cours des dernières années.

En tant que responsable de l'entretien des canaux et des descentes à bateaux², la municipalité projette donc le dragage des canaux reliés au lac Saint-François ainsi que la construction de brise-lames à la sortie de certains canaux et en amont de la plage municipale, et ce, afin de réduire l'ensablement récurrent à l'entrée du canal S-4. La Carte 1-1 indique l'emplacement du projet et la Carte 1-2 illustre le site à l'étude de façon plus détaillée.

Le lac Saint-François et les canaux offrent un cadre des plus propices à la navigation de plaisance; activité très prisée par les résidents de Saint-Zotique. Les canaux font en outre office de lien entre les résidences de Saint-Zotique et le lac Saint-François et sont donc, de fait, très importants aux yeux de la population de la municipalité. De plus, dans son plan de développement économique (2016-2020), la municipalité vise notamment à renforcer son identité autour de ses principaux actifs maritimes de façon à demeurer un lieu attrayant, sécuritaire et durable (Municipalité de Saint-Zotique, 2016a). Or, la circulation nautique du secteur est sérieusement menacée par un envasement de l'ensemble des canaux de navigation et par une prolifération de plantes aquatiques submergées et émergentes. La municipalité de Saint-Zotique souhaite donc, à des fins de sécurité nautique, mettre en place des brise-lames à la sortie de certains canaux et en amont de la plage municipale, de même que procéder au dragage des 25 canaux. Ces travaux de dragage visent un volume de sédiments d'un maximum de 700 000 m³, et ce, pour une épaisseur de 3,5 m répartie sur une superficie de 200 000 m².

Comme le projet implique un dragage sur une longueur de plus de 300 m et/ou une superficie de plus de 5 000 m², il est soumis à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement.

¹ Il est à noter que le parc Marcel-Léger, situé sur la 72^e Avenue en bordure du lac Saint-François, a été nommé ainsi en l'honneur de ce promoteur.

² Il s'agit de l'une des responsabilités incombant aux Services techniques et de l'hygiène du milieu.



SAINT-ZOTIQUE


Limite d'arrondissement

Site à l'étude

0 1 500 3 000 6 000 m

1 : 150 000

Projection : NAD83, MTM fuseau 8

 **ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT - Dragage des canaux de la Municipalité de Saint-Zotique et construction de brise-lames**

Saint-Zotique, Qc

Carte 1-1


Emplacement du projet de dragage

Sources :

Cartes : - ESRI World topographic Map
- RNCan, BNDT 1 : 250 000, 31G
Limites de municipalités : SDA20K, 2010-01

Préparée par : V. Armstrong
Dessinée par : P. Cordeau
Vérifiée par : B. Fournier

26 juillet 2016 161-07163-00





1.2 CADRE LÉGAL

Ce projet est assujéti à une évaluation environnementale provinciale de type « étude d'impact complète » en vertu des articles 31.1 et suivants de la *Loi sur la qualité de l'environnement* (LQE) et de l'article 2 du *Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement* (RÉEIE).

Plus précisément, la présente étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) est réalisée en conformité avec la section IV.1 de la LQE, laquelle oblige toute entreprise à suivre la Procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement avant d'entreprendre la réalisation d'un projet visé par le RÉEIE. Tel que mentionné, comme il s'agit de travaux de dragage dépassant une longueur de 300 m (les canaux cumulent près de 12 km de longueur) et une superficie 5 000 m² (ils sont estimés à 200 000 m²), le projet de la municipalité doit en effet se conformer au paragraphe b) de l'article 2 du RÉEIE. Ainsi, une ÉIE est requise.

De plus, l'ÉIE est réalisée de manière à pouvoir supporter l'autorisation de construction requise en vertu de l'article 22 de la LQE, ainsi que toute demande d'autorisation ou de permis qui pourrait être requise par l'une ou l'autre des autorités suivantes :

- Pêches et Océans Canada (MPO) dans le cadre de la *Loi sur les pêches*;
- Transports Canada dans le cadre de la *Loi sur la protection de la navigation*;
- Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) dans le cadre de la *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune*; et
- Centre d'expertise hydrique dans le cadre de la *Loi sur le régime des eaux*.

1.3 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

Les principaux objectifs de l'ÉIE du projet de dragage des canaux de la municipalité de Saint-Zotique et de construction de brise-lames dans le secteur de la plage municipale sont les suivants :

- suivre les éléments de la directive ministérielle émise par le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) dans le cadre du projet (dossier 3211-02-287) ou quant à l'application de la LQE et du RÉEIE (la directive ministérielle spécifique au projet se trouve à l'Annexe 1-1);
- réaliser l'ÉIE selon une approche scientifique et méthodologique reconnue;
- produire des textes clairs et concis accessibles aux intervenants participant à l'étude, à ceux qui ont été consultés en cours de mandat et pour une diffusion publique élargie;
- cibler rapidement les grands enjeux environnementaux, sociaux, économiques et récréotouristiques reliés au projet;
- utiliser des méthodes simples de présentation avec des tableaux, cartes, plans et autres outils visuels;
- prendre en compte les préoccupations et les attentes du milieu face à la réalisation du projet.

Ce mandat d'ÉIE poursuit aussi certains objectifs spécifiques qui sont ici résumés :

- documenter la justification du projet en intégrant un argumentaire approprié soutenant le choix des travaux de dragage et de construction de brise-lames à l'aide de données existantes et actualisées pour les besoins de la présente ÉIE;

- compléter l'inventaire du milieu déjà réalisé antérieurement par des observations ponctuelles effectuées sur le terrain ;
- procéder à une description à jour du projet, selon les réalités du terrain et les rapports les plus récents du projet. Valider les variantes mises de l'avant, tout en soutenant le choix des interventions prévues par rapport aux autres scénarios potentiels et en tentant d'optimiser le plus possible l'insertion du projet dans le milieu d'étude, et ce, toujours dans le respect des exigences et normes de la municipalité de Saint-Zotique;
- faire ressortir les enjeux particuliers du projet;
- évaluer les impacts du projet retenu avec, le cas échéant, les optimisations apportées en cours d'étude, et recommander les mesures d'atténuation et de compensation spécifiques et courantes;
- rédiger un rapport final et un résumé vulgarisé clair et concis ciblant la problématique et les impacts du projet;
- présenter les études et analyses aux personnes concernées de la municipalité, aux autres intervenants ayant un lien avec le projet et à la population en général;
- répondre à l'ensemble des questions et commentaires du MDDELCC;
- soutenir la municipalité pour la réalisation d'une soirée publique d'information sous l'égide du Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE);
- soutenir la municipalité pour une éventuelle audience publique du BAPE, si cela s'avérait nécessaire;
- obtenir le décret permettant la réalisation du projet.

1.4 CONTENU DU RAPPORT

L'ÉIE du projet de dragage des canaux et de construction de brise-lames de la municipalité de Saint-Zotique comprend, avec la présente introduction, neuf (9) chapitres distincts.

Le chapitre 2 présente la mise en contexte ainsi que les éléments de problématique et de justification du projet, les solutions de rechange au projet, les aménagements et projets connexes ainsi que les constats tirés de la consultation du milieu. Le chapitre 3 présente ensuite les principales composantes physiques, biologiques et humaines du milieu d'insertion du projet. Le chapitre 4 présente les caractéristiques techniques du projet ainsi que les aspects relatifs aux coûts et à l'échéancier des travaux. Le chapitre 5 est quant à lui dédié à l'évaluation environnementale du projet : la méthode d'évaluation y est présentée et les impacts y sont documentés pour chacune des composantes du milieu récepteur en considérant une série des mesures d'atténuation qui sont prévues avec la réalisation du projet. Les programmes de surveillance et de suivi environnemental sont discutés au chapitre 6, le plan de mesures d'urgence préliminaire fait l'objet du chapitre 7 et le programme de compensation se trouve au chapitre 8. Enfin, la liste de références est présentée au chapitre 9 du rapport.

2 MISE EN CONTEXTE DU PROJET

Le présent chapitre s'attarde, dans un premier temps, à présenter les principaux intervenants au dossier et à faire état des engagements de la municipalité de Saint-Zotique en matière de développement durable. Ensuite, la seconde partie du chapitre fait état des activités de communication et d'information qui ont été menées en lien avec le projet et dans le cadre de la présente ÉIE. La troisième partie du chapitre décrit le site des canaux et de la plage, et présente les aspects économiques et récréotouristiques justifiant le choix du dragage et de la mise en place d'un brise-lames. Enfin, le chapitre se termine par une description des solutions de rechange au projet ainsi que des aménagements et projets connexes.

2.1 PRÉSENTATION DE L'INITIATEUR

2.1.1 INITIATEUR DU PROJET ET PRINCIPAUX INTERVENANTS AU DOSSIER

La municipalité de Saint-Zotique est l'initiateur du projet de dragage des canaux et de construction de brise-lames. Les coordonnées de la municipalité sont les suivantes :

1250, rue Principale
Saint-Zotique (Québec) J0P 1Z0
Téléphone : 450-267-9335
Télécopieur : 450-267-0907

Le projet est sous la responsabilité de M. Guy Tessier, directeur adjoint des services techniques et de l'hygiène du milieu à la municipalité. M. Tessier s'occupe de l'ÉIE du projet.

La préparation de cette ÉIE est réalisée par la firme WSP dont les coordonnées sont données ici :

WSP Canada Inc.
1600, boul. René-Lévesque Ouest, 16e étage
Montréal (Québec) H3H 1P9
Téléphone : 514-340-0046
Télécopieur : 514-340-1337

WSP est représentée par M. Bernard Fournier, lequel agit à titre de directeur principal pour le département Environnement de Montréal.

L'ÉIE a été élaborée en collaboration avec d'autres intervenants de la municipalité de Saint-Zotique. Ainsi, notons la participation d'Anick Courval, directrice du Service d'urbanisme et officier municipal en bâtiment et en environnement pour la municipalité de Saint-Zotique.

2.1.2 ENGAGEMENTS DE LA MUNICIPALITÉ DE SAINT-ZOTIQUE EN MATIÈRE DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

La municipalité de Saint-Zotique est en voie de se doter d'un Plan d'action en développement durable (PADD); l'adoption de ce plan est prévue pour le 1^{er} novembre 2016. Le PADD se décline en trois orientations stratégiques, soit environnemental, social et économique, chacune comportant des objectifs associés et des actions à entreprendre.

Pour l'orientation stratégique environnementale, les objectifs sont :

1. Développer une communauté écologiquement responsable et des quartiers durables (efficacité énergétique, consommation responsable);
2. Embellir et verdir le périmètre urbanisé, et intégrer le cadre bâti aux paysages naturels;
3. Diminuer les surverses;
4. Préserver la qualité de l'eau potable, de l'air et des sols;
5. Améliorer la qualité des cours d'eau agricoles et des canaux; et
6. Protéger, aménager et mettre en valeur les milieux naturels et les rives.

Pour l'orientation stratégique économique, les objectifs sont :

1. Restructurer et dynamiser les principaux pôles commerciaux et le centre-ville;
2. Développer une destination touristique régionale complémentaire, conserver le cachet local et miser sur l'image distinctive de Saint-Zotique;
3. Développer l'agroalimentaire dans le secteur ouest;
4. Assurer la croissance économique de la municipalité, favoriser l'implantation d'industries à valeur ajoutée et orienter le développement sur des bases plus durables (écologie industrielle, par exemple.); et
5. Développer une offre commerciale locale adaptée à la communauté, en complémentarité avec les infrastructures sportives existantes.

Pour l'orientation stratégique sociale, les objectifs sont :

1. Développer l'offre éducative et placer la qualité de l'éducation au cœur de l'identité de Saint-Zotique;
2. Faire de Saint-Zotique une destination convoitée;
3. Développer la fierté et le sentiment d'appartenance des zoticiens;
4. Développer et adapter à tous l'offre de sentiers cyclopedestres et de services récréosportifs et culturels;
5. Améliorer le bien-être des citoyens et répondre localement aux besoins de la population en ce qui a trait aux services sociaux et de santé.

2.2 ACTIVITÉS D'INFORMATION ET DE CONSULTATIONS

Le 13 décembre 2016, une séance d'information a été tenue par la Municipalité afin de renseigner les citoyens de Saint-Zotique sur les travaux de dragage. Près de 80 personnes se sont présentées à cette occasion pour partager leurs préoccupations et questions. Parmi ces dernières, on note des craintes concernant l'ampleur du coût des travaux, une possible perte de valeur des propriétés, une juste répartition du coût des travaux à travers les citoyens du territoire, et l'efficacité prévue des travaux de dragage.

Après le dépôt de l'ÉIE, la Municipalité prévoit tenir une rencontre de discussion auprès des publics ciblés afin de présenter les résultats de l'ÉIE et les mesures d'atténuation prévues pour réduire ces impacts. Le moment de ces rencontres sera choisi de façon à rejoindre un maximum de parties prenantes intéressées à discuter avec la Municipalité sur les travaux de dragage et les problématiques recensées dans les canaux et à la plage. La conception du projet de dragage et de mise en place de brise-lames et l'évaluation de leurs impacts seront alors à une étape plus avancée. Ce faisant, des réponses plus claires sur les infrastructures projetées, les coûts des travaux et les moyens de minimiser

les impacts dans le milieu seront fournis. Cette rencontre permettra également à la Municipalité d'apporter les réponses aux questions demeurrées en suspens lors de la soirée d'information de décembre 2016. Par ailleurs, tout au long du processus d'autorisation de son projet, de même que durant les phases qui mèneront à sa réalisation, la Municipalité entend rester à l'écoute de tout commentaire relatif à ses activités projetées et répondre avec diligence.

2.3 CONTEXTE ET RAISON D'ÊTRE DU PROJET

La navigation de plaisance constitue une activité très prisée par les résidents de Saint-Zotique. En fait, cette pratique est en plein essor au Québec. De par la localisation géographique de la municipalité, cette activité est pratiquée sur le lac Saint-François et les canaux qui s'y raccordent. Faisant le lien entre le secteur urbain de la municipalité et le lac, ces canaux revêtent alors une valeur particulière pour la population. Or, la circulation nautique dans les canaux deviendra compromise si aucune intervention corrective n'est réalisée au cours des prochaines années. En effet, l'envasement des canaux de navigation et une prolifération problématique de plantes aquatiques submergées et émergentes, dont le myriophylle à épi, une espèce exotique envahissante (EEE), en sont la cause, mettant du coup en péril l'accès au lac pour les propriétaires riverains. La municipalité vise à permettre la circulation nautique dans les canaux et à la rendre plus sécuritaire. De surcroît, une étude récente datée de décembre 2015 met clairement en évidence une problématique non négligeable d'érosion des berges à la plage de Saint-Zotique, laquelle se trouve dans le même secteur que celui aux prises par l'envasement des canaux. De fait, la plage a subi une importante érosion du côté ouest de même qu'une accrétion du côté est, telle que le montre la figure 2-1 obtenue à partir d'images satellitaires et de photographies aériennes.

Figure 2-1 Image satellitaire de la plage de Saint-Zotique avec le trait de côte de 1965 (Englobe, 2016)



Pour répondre à ces enjeux, la municipalité de Saint-Zotique souhaite donc procéder au dragage de sédiments dans les canaux problématiques et à la construction de brise-lames à l'exutoire de ces canaux dans le lac Saint-François et dans le secteur de la plage municipale. La superficie totale estimée pour les travaux de dragage est de l'ordre de 200 000 m² et les sections d'intervention visées sur ces canaux sont de l'ordre de 150 m depuis leur embouchure avec le lac. La profondeur recherchée par le dragage est de l'ordre de 6 à 10 pieds comme tirant d'eau au centre des canaux. Quant aux brise-lames, ceux-ci sont envisagés en face / en amont de la plage municipale et à la sortie de deux ou trois canaux.

2.3.1 LOCALISATION ET CARACTÉRISTIQUES DES CANAUX ET DU LAC

Les canaux et la plage municipale de Saint-Zotique, située aux abords du lac Saint-François, sont situés dans la municipalité de Saint-Zotique, laquelle fait partie de la MRC de Vaudreuil-Soulanges (Carte 1-1). Plus précisément, les 25 canaux et la plage municipale se trouvent sur les lots suivants du cadastre du Québec, tel que le montre le Tableau 2-1.

Tableau 2-1 Lots du cadastre du Québec occupés par les 25 canaux de la municipalité de Saint-Zotique

Numéro de canal	Numéro de lot(s)	Matricule	Propriétaires
1	1 688 715 / 5 399 777	4 410 674 980	Privé
2	1 688 715 / 5 399 777	4 410 674 980	
3	1 688 715 / 5 399 777	4 410 674 980	
4	1 688 760	4 410 141 199	
5	1 686 121 / 2 085 846 / 2 085 847	4 310 606 811	Municipalité de Saint-Zotique
6	1 686 122 / 1 686 123	4 309 596 688	
7	1 686 132 / 2 085 850	4 309 665 633	
8	1 686 124 / 1 686 125 / 1 688 801	4 310 402 361	
9	1 686 126	4 310 118 226	
10	1 686 127	4 310 205 910	
11	1 686 129	4 309 299 728	
12	1 686 130	4 309 481 045	
13	2 862 804	4 309 470 623	
14 (Plage)	1 686 140	4 209 669 282	
15	1 686 138	4 210 806 369	
16	3 764 505 / 3 764 506	4 209 990 486	
17	1 686 136	4 209 999 120	
18	1 686 135	4 209 974 991	
19	1 686 134	4 309 060 260	
20	1 686 133	4 309 069 936	
21	1 688 797	4 209 554 665	
22	1 684 758	4 209 455 950	
23	3 437 013	4 209 344 999	
24	1 686 056	4 209 246 323	
25	1 686 055	4 209 220 790	

L'aménagement de ces canaux a été complété au début des années 1960. Le site qu'ils occupent est délimité au nord par la rue Principale de la municipalité, au sud par le lac Saint-François (qui lui-même se trouve sur le fleuve Saint-Laurent, entre le lac Ontario et l'archipel d'Hochelaga), à l'ouest par des terrains agricoles suivant le chemin du Lac Saint-François et à l'est par un quartier résidentiel suivant la 56^e Avenue. Les coordonnées géographiques au centre du site des canaux sont les suivantes : 45° 13' 36" N et 74° 16' 58" O.

Ces canaux et l'accès qu'ils donnent au lac Saint-François sont très populaires auprès des riverains. La plupart d'entre eux possède une embarcation et nombreux sont ceux qui en possèdent plus d'une¹. Les types d'embarcation que l'on retrouve sur les canaux (et parfois au sein d'un même ménage) sont variés : bateau de plaisance, ponton, chaloupe, motomarine, canot, kayak, pédalo, planche à voile, etc.

Ouverte au public depuis la fin des années 1970, la plage municipale de Saint-Zotique est également un endroit très populaire, tant pour les résidents de la municipalité que pour les plaisanciers du secteur. De fait, à chaque année, près de 180 000 personnes visitent la municipalité pour la plage et les activités nautiques qui y sont offertes (Zins Beauchesne et associés, 2013). De nombreux services y sont offerts, dont les suivants :

- aires de jeux pour enfants (1 à 6 ans et 6 à 12 ans);
- bar laitier;
- BBQ;
- casse-croûte;
- location de kayaks, yogakayaks, canots et pédalos;
- marina et quai;
- parcs de jeu pour les enfants;
- pataugeoire pour les enfants avec jets d'eau;
- piste cyclable à proximité de la plage;
- tables de pique-nique, 1 300 environ;
- terrains de volleyball, soccer et tennis;
- service d'animation disponible pour les groupes.

Les photos 2-1 à 2-18 montrent les différentes installations de la plage et divers emplacements des canaux.

¹ Communication personnelle avec Anick Courval, directrice du Service d'urbanisme et Officier municipal en bâtiment et en environnement (11 juillet 2016).



Photo 2-1 Plage du lac Saint-François (vue en direction de l'est)



Photo 2-2 Lac Saint-François depuis la plage (vue vers le sud)



Photo 2-3 Aire de jeu de la plage



Photo 2-4 Casse-croûte de la plage



Photo 2-5 **Jeux d'eau de la plage**



Photo 2-6 **Activités de Kayakyoga**



Photo 2-7 **Tables à pique-nique**



Photo 2-8 **Terrains de tennis de la plage**



Photo 2-9 Terrain de volleyball de la plage



Photo 2-10 Canal 4 (vue vers le sud)



Photo 2-11 Canal 4 depuis la rue Principale (vue vers le sud)



Photo 2-12 Canal 5 entre les canaux 6 et 7 (vue vers le nord)



Photo 2-13 Canal 14 (vue vers le sud)



Photo 2-14 Rampe de mise à l'eau – Intersection entre les canaux 14 et 15 (vue vers le sud, à partir de la rue Principale)



Photo 2-15 Canal 21 (vue vers le sud, depuis la rue Principale)



Photo 2-16 Canal 21 – Entrée à partir du lac Saint-François (vue vers le nord)

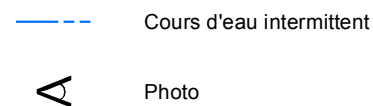
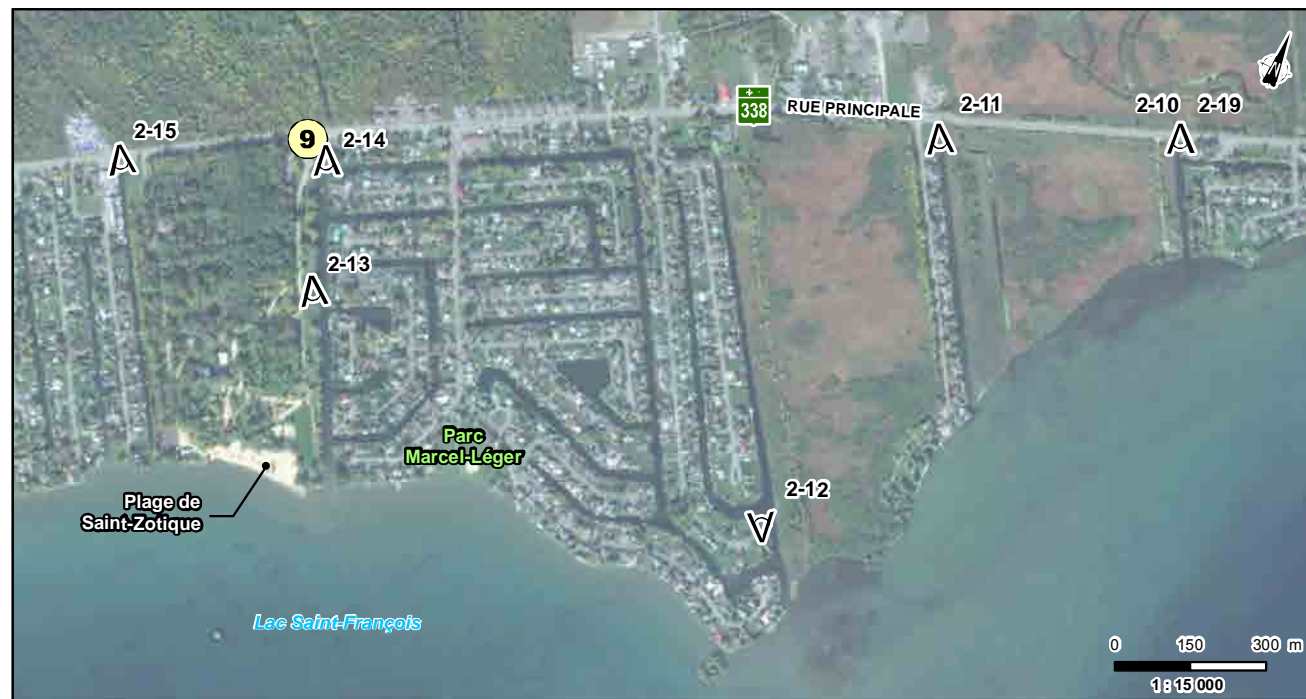


Photo 2-17 Canal 22 – Entrée à partir du lac Saint-François (vue vers le nord)



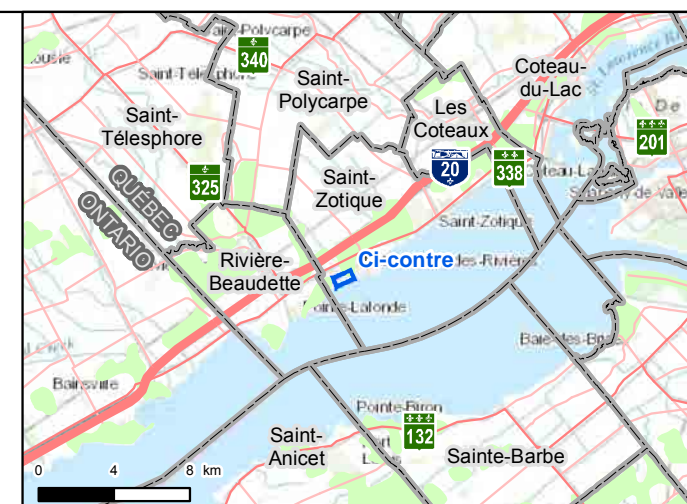
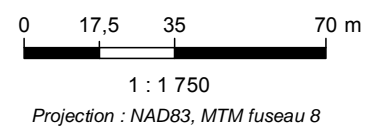
Photo 2-18 Canal 24 (vue vers le sud)

L'emplacement des canaux et de la plage est illustré sur la Carte 1-1, alors que la Carte 2-1 indique l'emplacement des différentes installations et points de service sur le site. Le Tableau 2-2 donne les tarifications qui étaient en vigueur pour la saison 2015.



Installations

- | | | | |
|---|-----------------------|---|------------------------|
| 1 | Terrain de soccer | 6 | Location d'embarcation |
| 2 | Aire de jeux | 7 | Chapiteau |
| 3 | Casse-croûte | 8 | Stationnement |
| 4 | Terrain de tennis | 9 | Entrée |
| 5 | Terrain de volleyball | | |



**ÉTUDE D'IMPACT SUR
L'ENVIRONNEMENT - Dragage
des canaux de la Municipalité
de Saint-Zotique et construction
de brise-lames**

Saint-Zotique, Qc

Carte 2-1
Détail des installations du site

Sources :

Orthophotos : © GéoMont, tous droits réservés, 2014
Image satellite : DigitalGlobe (2011-11-09) -
Tirée de Google Earth Pro
Cartes : - ESRI World topographic Map
- RNCan, BNDT 1 : 250 000, 31G
Limites de municipalités : SDA20K, 2010-01
30 novembre 2016 161-07163-00

Préparée par : V. Armstrong
Dessinée par : P. Cordeau
Vérifiée par : B. Fournier



Tableau 2-2 Tarifications des activités à la plage

CATÉGORIE	TARIF EN VIGUEUR
Accès à la Plage - Journée	
Adultes :	10,00 \$
Enfants :	
0-4 ans :	Gratuit
5-8 ans :	3,00 \$
9-12 ans :	5,00 \$
13 ans et plus :	10,00 \$
Personnes de 65 ans et plus :	7,00 \$
Accès à la Plage – Passe de saison	60,00 \$
Accès à la Plage – Passe de saison familiale (2 adultes et 2 enfants)	100,00 \$
Location – Marina	
Quai d'accueil le jour :	20,00 \$ pour amarrer l'embarcation (des frais supplémentaires de 5,00 \$ par personne s'appliquent pour l'entrée à la plage)
Quai pour la saison :	40,00 \$/pied linéaire
Location - BBQ	
Gros BBQ (charbon non inclus) :	25,00 \$
Petit BBQ (charbon non inclus) :	12,00 \$
Sac de briquettes de charbon :	
Petit :	10,00 \$
Moyen :	20,00 \$
Grand :	30,00 \$
Location – Embarcations (coût/heure)	
Canot 2 places :	8,00 \$
Kayak 1 place :	10,00 \$
Kayak 2 places :	20,00 \$
Pédalo 2 places :	10,00 \$
Pédalo 4 places :	20,00 \$
Yogakayak	
1 heure :	20,00 \$
2 heures :	30,00 \$
Location – Divers	
Ceinture de sauvetage :	3,00 \$/heure
Sac de glace :	4,00 \$
Ballon :	4,00 \$
Flotteur/Frisbee :	2,00 \$
Rallonge électrique :	25,00 \$

Source : Municipalité de Saint-Zotique, 2015.

La plage de Saint-Zotique s'insère dans le vaste panorama d'infrastructures récréotouristiques qui caractérise la région, offrant d'intéressantes possibilités de loisirs. Ainsi, notons la présence dans le secteur de trois services de traversiers, de 40 accès à l'eau, de quatre ports de plaisance, comprenant un total de 622 places à quai, et de cinq circuits de cyclotourisme auxquels s'ajoutent pas moins de neuf terrains de golf disséminés dans la MRC de Vaudreuil-Soulanges (Zins Beauchesne et Associés, 2013). S'ajoutent également à ces activités récréatives, la tenue de 38 événements de nature variée dans les municipalités de Saint-Zotique et de Coteau-du-Lac (*Ibid*, 2013). Cette importante offre touristique implique nécessairement des retombées positives sur l'économie régionale, autant par une consommation de produits ciblés que par la restauration.

Les revenus associés à la place municipale de Saint-Zotique sont considérables : 440 500 \$ en 2013, 407 000 \$ en 2014 et 530 300 \$ en 2015². Quant aux revenus associés à la location d'équipements à la plage, tels que les canots et kayaks, en 2014, ils s'élevaient à 20 600 \$ et, en 2015, ils atteignaient 30 300 \$³. Quant aux revenus liés au quai d'amarrage, ils étaient de 3 500 \$ en 2014 et de 8 500 \$ en 2015.

La descente à bateaux publique est gratuite pour les résidents; il est estimé que plus de 200 résidents se prévalent de ce passeport chaque année. Quant aux visiteurs en provenance de l'extérieur de la municipalité, ils doivent payer un montant de 20,00 \$ pour son utilisation. Les revenus associés à cette descente étaient de 6 220 \$ en 2014 et de 8 000 \$ en 2015⁴.

En raison des points d'accès au lac Saint-François que les canaux procurent et des activités nautiques qu'ils permettent, ces corridors nautiques constituent une attraction unique de la région et représentent un attrait indéniable pour la municipalité de Saint-Zotique; comme en témoignent les 180 000 visiteurs qui s'y rendent chaque année. Or, certaines problématiques viennent compliquer l'accès à ces endroits très prisés. Ainsi, un important apport en nutriments et en matières en suspension cause une prolifération de plantes aquatiques et un amoncellement de sédiments, ce qui nuit à la circulation et donc à la navigation de plaisance et aux sports nautiques. En outre, une problématique d'accumulation des sédiments dans les canaux a cours depuis la création de ces derniers. En effet, alors que ces canaux atteignaient une profondeur de 2,44 m au moment de leur construction, une sédimentation de l'ordre de 1,42 m est survenue au fil du temps, de sorte que la profondeur moyenne des canaux est maintenant de 1,02 m (Koutitonsky et Pelletier, 2015). Déjà en 2009, la municipalité devait draguer l'entrée de chacun des canaux pour une moyenne de 0,26 m pour permettre aux embarcations de circuler (Amyot, 2016).

Les photographies 2-19 et 2-20 montrent bien ces problématiques de prolifération des plantes et de sédimentation.

² Communication personnelle avec Anick Courval, Directrice du Service d'urbanisme et Officier municipal en bâtiment et en environnement (27 juillet 2016).

³ Idem

⁴ Idem



Photo 2-19 Prolifération de plantes aquatiques dans le canal 3 (vue vers le sud)



Photo 2-20 Amoncellement de sédiments en bordure du canal 14 (vue vers l'est)

La municipalité doit donc déployer d'importants efforts d'entretien des canaux en vue d'y assurer la circulation des embarcations et de maintenir des conditions de navigation acceptables. Le nettoyage des canaux est assujéti à un certificat d'autorisation du MDDELCC, lequel accorde le droit de procéder au faucardage des canaux situés entre la rue Principale et le lac Saint-François, de la 56^e Avenue à la 86^e Avenue Ouest. Lors de ces travaux, trois équipes de travail (soit sept travailleurs à bord de trois embarcations) sont autorisées à effectuer la coupe de la végétation riveraine et de nettoyer le fond du cours d'eau. Lorsque la végétation est coupée, les plants et les débris sont remontés dans l'embarcation à l'aide d'un convoyeur en maille, où ils sont entreposés durant l'opération pour ensuite être déchargés en rive. Ce processus permet de récupérer la majorité des débris de végétation issus de la coupe. L'ensemble de la récolte est ensuite transféré dans un conteneur étanche, lequel est par la suite acheminé à un site de dépôt approuvé par le MDDELCC.

Les lames des bateaux faucardeurs coupent l'ensemble de la végétation aquatique du lit des canaux à quelques centimètres du fond de l'eau et ne provoquent pas de remise en suspension des sédiments. Lorsque présente, une bande de végétation aquatique submergée et émergente d'environ un mètre est maintenue.

Ces activités sont effectuées du lundi au vendredi, entre le 15 juin et le 30 septembre, ce qui permet à chacun des canaux d'être faucardés de trois fois durant l'été. L'entretien permet de nettoyer une superficie moyenne de 60 000 m² par semaine.

Ces entretiens représentent des coûts significatifs pour la municipalité. Ainsi, les coûts associés au faucardage sont de l'ordre de 170 000 \$ par année et les coûts associés au dragage gravitent autour de 100 000 \$ à 250 000 \$ (COBAVER-VS, 2016). Des frais d'entretien de cette ampleur sont source d'une grande préoccupation pour la municipalité qui a même envisagé d'augmenter la taxe foncière des résidents (*Ibid*, 2016). À l'heure actuelle, des frais sont ajoutés au compte de taxes des propriétaires riverains du lac Saint-François et des canaux pour l'entretien de ces derniers; depuis 2014, ce montant est de 207,50 \$⁵. En ce qui concerne les propriétaires non riverains, ces frais sont répartis à travers la taxe générale⁶.

2.4 SOLUTIONS DE RECHANGE AU PROJET

En regard du dragage des canaux, aucune option de rechange n'a été envisagée dans le cadre de la présente étude. La raison en est fort simple : il n'existe pas d'autres moyens de redonner une profondeur suffisante à ces canaux pour y assurer une navigation sécuritaire et fonctionnelle sur un horizon à long terme. Néanmoins, des variantes sont examinées dans le cadre de la présente étude en vue d'y optimiser les profondeurs qui seront recherchées par les travaux de dragage ainsi que pour évaluer différents scénarios quant aux équipements et techniques qui seront utilisés, de même que pour l'analyse des modalités de disposition des matériaux qui seront dragués.

Pour ce qui est des brise-lames, plusieurs options d'aménagements sont évaluées dans le cadre de la présente étude, tant pour la protection de la plage que pour l'évaluation des problématiques de sédimentation à l'entrée des canaux. Les choix retenus quant à ces aménagements sont basés, d'une part, sur les réels besoins d'interventions correctives en fonction de l'état des connaissances actuelles et, d'autre part, sur la limitation des impacts que ces aménagements sont susceptibles d'engendrer sur l'environnement.

⁵ Communication personnelle avec Anick Courval, Directrice du Service d'urbanisme et Officier municipal en bâtiment et en environnement (27 juillet 2016).

⁶ Ce qui équivaut à 2¢ du 100 \$ d'évaluation à l'ensemble de la Municipalité (selon une communication personnelle avec Jean-François Messier, Secrétaire-trésorier et directeur général).

2.5 AMÉNAGEMENT ET PROJETS CONNEXES

Il est possible que certaines interventions connexes à celles retenues dans le cadre de la présente étude soient éventuellement réalisées. Toutefois, elles dépendront des suivis qui seront mis en place subséquemment à la réalisation des composantes prévues au projet. Le reprofilage de la plage est une de ces interventions connexes et dépendra du suivi qui sera réalisé après la mise en place du brise-lames protégeant la plage et de son efficacité à contrer la problématique d'érosion qui y est observée.

Les autres interventions possibles sont la mise en place de courts brise-lames secondaires à la sortie de certains canaux, et ce, afin de limiter la sédimentation de leur entrée. Ces derniers aménagements n'apparaissent pas requis à la lumière des informations disponibles à ce jour et le suivi de la sédimentation des canaux, une fois les travaux de dragage réalisés, permettra éventuellement de juger de la pertinence de leur réalisation.

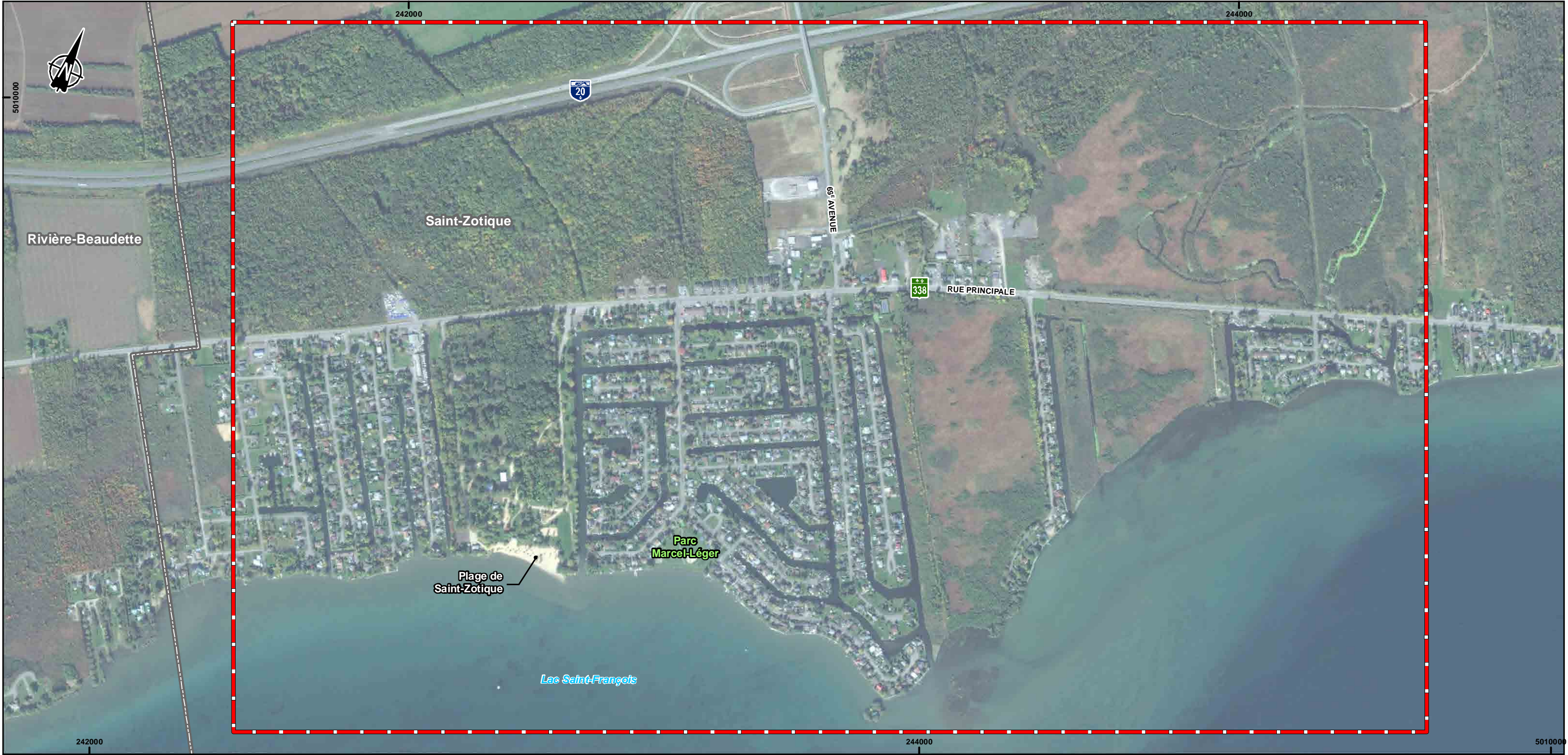
3 DESCRIPTION DU MILIEU RÉCEPTEUR

3.1 DÉLIMITATION DE LA ZONE D'ÉTUDE




La zone d'étude a été délimitée de manière à englober l'ensemble des canaux ciblés par les travaux ainsi que le milieu environnant. Cette zone, qui a une superficie de 5,8 km², est bordée à l'ouest par la 86^e Avenue et à l'est par les limites du Grand Marais. Elle comprend ainsi les résidences aux abords des canaux, une partie du lac Saint-François, le site de la plage et la plage elle-même, les parcs Marcel-Léger et Marcel-Letendre, une portion de l'autoroute 20 ainsi qu'une portion de la route régionale 338 et de la piste cyclable (la Route verte), le Grand Marais et d'autres infrastructures, telles que la caserne de pompier et l'Écocentre Saint-Zotique.

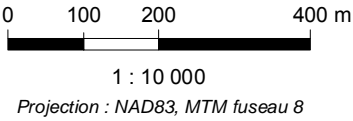
La zone d'étude couvre les secteurs qui pourraient être impactés par le Projet. Les sections suivantes dressent donc le portrait actuel du milieu récepteur du projet. Les composantes des milieux physique, biologique et humain de la municipalité de Saint-Zotique y sont présentées.

La Carte 3-1 montre les limites de la zone d'étude qui a été retenue pour procéder à la description des composantes du milieu récepteur du Projet.



Fichier : 161_07163_00_EIC3_1_001_zoneEtude_160626.mxd

-  Saint-Zotique
-  Limite municipale
-  Zone d'étude



**ÉTUDE D'IMPACT SUR
L'ENVIRONNEMENT - Dragage
des canaux de la Municipalité
de Saint-Zotique et construction
de brise-lames**
Saint-Zotique, Qc

Carte 3-1
Zone d'étude du projet

Sources :
Image satellite : DigitalGlobe (2011-09-11) -
Tirée de Google Earth Pro
Cartes : - ESRI World topographic Map
- RNCan, BNDT 1 : 250 000, 31G
Limites de municipalités : SDA20K, 2010-01
26 juillet 2016 161-07163-00

Préparée par : V. Armstrong
Dessinée par : P. Cordeau
Vérifiée par : B. Fournier



3.2 MILIEU PHYSIQUE

3.2.1 CLIMAT

Aucune station météorologique n'est présente dans la municipalité de St-Zotique. Les données concernant la température, les précipitations et les vents proviennent donc d'informations colligées par Environnement Canada à la station de Saint-Anicet qui se situe à environ 7 km au sud-ouest de la zone d'étude de l'autre côté du lac Saint-François.

3.2.1.1 TEMPÉRATURE

Le Tableau 3-1 présente les températures de l'air quotidiennes moyennes, minimales et maximales de la station de Saint-Anicet. Le mois le plus froid est le mois de janvier, avec une température moyenne de -9,2 °C, alors que le mois de juillet est le plus chaud, avec 21 °C de moyenne.

Tableau 3-1 Normales mensuelles des températures quotidiennes de l'air à la station de Saint-Anicet, de 1981 à 2001

Mois	Moyenne (°C)	Maximum quotidien (°C)	Minimum quotidien (°C)
Janvier	-9,2	-4,6	-13,8
Février	-7,5	-2,7	-12,3
Mars	-1,9	2,7	-6,5
Avril	6,6	11,5	1,7
Mai	13,5	18,9	8
Juin	18,7	23,9	13,4
Juillet	21	26,3	15,8
Août	20	25,3	14,6
Septembre	15,6	20,7	10,4
Octobre	8,8	13,3	4,3
Novembre	2,7	6,4	-1,1
Décembre	-4,6	-0,8	-8,5
Année	7	11,7	2,2

Source : Environnement Canada (2016)

3.2.1.2 PRÉCIPITATIONS

La synthèse des normales de précipitations (pluie et neige) enregistrées à la station météorologique de Saint-Anicet est présentée au Tableau 3-2. Les précipitations totales sous forme de neige atteignent un

total annuel moyen de 158,1 cm alors que les précipitations sous forme de pluie atteignent 846,6 mm sur une base annuelle. Les précipitations totales annuelles moyennes sont de 1 004,4 mm. La période la plus pluvieuse s'étend généralement de juin à octobre, alors que le mois au cours duquel surviennent les plus importantes chutes de neige est le mois de janvier.

Tableau 3-2 Normales mensuelles des précipitations moyennes à la station de Saint-Anicet, 1981 à 2010

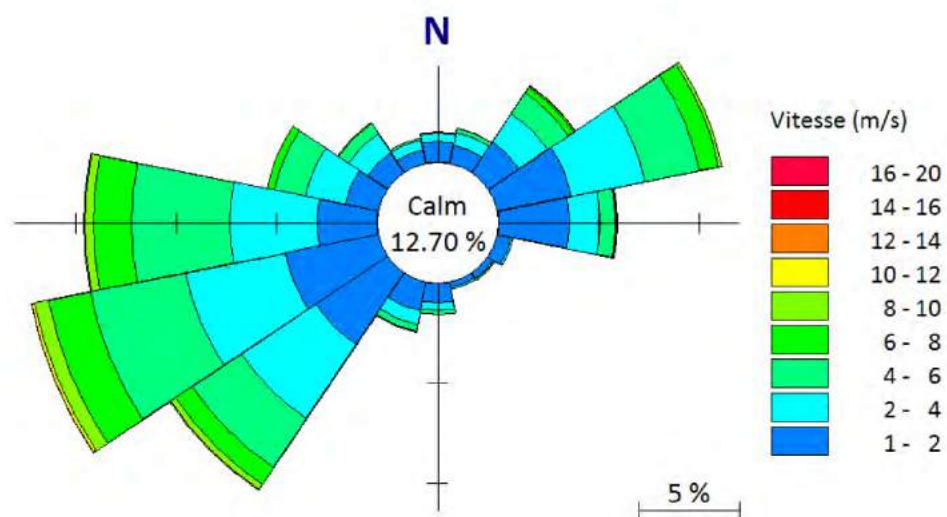
Mois	Pluie (mm)	Neige (cm)	Précipitations totales (mm)
Janvier	27,7	41,1	68,8
Février	22	34,9	56,8
Mars	31,4	28,5	59,9
Avril	74,5	6,1	80,3
Mai	88,8	0	88,8
Juin	97,2	0	97,2
Juillet	96,8	0	96,8
Août	94,3	0	94,3
Septembre	97	0	97
Octobre	98,2	1,1	99,3
Novembre	81,4	10,4	91,7
Décembre	37,4	36,2	73,5
Année	846,6	158,1	1 004,4

Source : Environnement Canada (2016)

3.2.1.3 VENTS

Une rose des vents horaires de la station de Saint-Anicet est présentée à la Figure 3-1. Celle-ci présente l'occurrence du vent en fonction des directions géographiques. Cette même information est présentée au Tableau 3-3 sous forme de tableau d'éparpillement. Par exemple, la valeur « 48,56 » indiquée pour la classe de vitesse « 4,0-5,9 m/s » dans la colonne OSO signale que, sur une période de 15 ans, il y a en moyenne 48,56 vitesses de vent horaire sur 1 000 se situant entre 4,0 et 5,9 m/s (Englobe, 2016, voir Annexe 3-1).

Figure 3-1 **Rose des vents horaires à la station météorologique de Saint-Anicet, de 2000 à 2015**



Source : Koutitonsky et Pelletier (2015)

Tableau 3-3 Analyse de l'éparpillement des vents horaires à la station de Saint-Anicet, de 2000 à 2015

Direction/Vitesse (m/s)	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSO	SO	OSO	O	ONO	NO	NNO	N
0,0-1,9	13,47	27,42	52,69	49,55	13,45	7,05	6,00	16,74	21,83	59,65	64,33	45,12	23,06	16,35	10,32	14,19
2,0-3,9	6,48	16,63	36,07	15,08	0,88	0,44	0,65	3,53	7,09	43,33	50,04	42,49	20,12	11,17	4,44	4,11
4,0-5,9	2,06	11,64	27,11	7,27	0,31	0,10	0,08	1,78	2,90	28,78	48,56	48,52	15,36	6,02	1,23	0,74
6,0-7,9	0,15	3,60	9,65	0,82	0,13	0,06	0,01	0,44	0,56	10,04	21,32	19,41	3,69	0,54	0,06	-
8,0-9,9	0,01	0,70	1,66	0,08	0,01	-	-	0,03	0,02	2,82	6,87	4,51	0,38	0,02	-	-
10,0-11,9	-	0,21	0,15	-	-	-	-	-	0,01	0,69	1,47	0,57	0,01	-	-	-
12,0-13,9	-	0,15	0,02	-	-	-	-	-	-	0,15	0,43	0,08	0,01	-	-	-
14,0-15,9	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	0,04	0,11	0,02	-	-	-	-
16,0-17,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,01	-	-	-	-	-
18,0-19,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	22,17	60,40	127,35	72,80	14,78	7,65	6,74	22,52	32,41	145,51	193,14	160,72	62,63	34,10	16,05	19,04

Source : Koutitonsky et Pelletier (2015)

Tels que les illustrent la rose des vents et le Tableau 3-3, des vents prédominants soufflent de l'ouest-sud-ouest et, à plus faible occurrence, de l'est-nord-est. Ces directions coïncident avec l'axe longitudinal qui caractérise les courants du lac St-François. Au cours de ces 15 dernières années, le plus fort vent horaire enregistré soufflait de l'ouest-sud-ouest à une vitesse de 17,3 m/s (ou 62 km/h) (Koutitonsky et Pelletier, 2015, voir Annexe 3-2).

Le Tableau 3-4 présente les résultats d'une analyse de valeurs extrêmes des vents soufflant du nord-est et du sud-ouest pour la période de 2000 à 2015, et ce, en fonction de diverses périodes de retour. Il est à noter que ces vents extrêmes sont calculés à l'aide de valeurs moyennes horaires et non pas à l'aide de bourrasques ou de rafales de vent ayant des vitesses plus élevées.

Tableau 3-4 Occurrence des vents extrêmes de l'OSO et de l'ENE dans le lac Saint-François (2000-2015)

Période de retour (année)	Vents OSO (m/s)	Vents ENE (m/s)
1	13,6 ± 0,3	9,5 ± 0,3
2	14,7 ± 0,4	10,6 ± 0,5
3	15,3 ± 0,5	11,3 ± 0,6
4	15,8 ± 0,5	11,7 ± 0,7
5	16,1 ± 0,5	12,1 ± 0,7
10	17,2 ± 0,6	13,2 ± 1,0
15	17,8 ± 0,7	13,9 ± 1,1
20	18,3 ± 0,4	14,4 ± 1,2
50	19,6 ± 0,9	16,0 ± 1,6

Tiré de : Englobe (2016)

Ces résultats montrent que des vents extrêmes de 9,5 m/s de l'ENE et de 13,6 m/s de l'OSO sont attendus à raison d'une fois par année. Ces valeurs extrêmes sont déterminantes puisque ce sont ces valeurs qui ont été utilisées dans la modélisation du transport de sable dans le rapport de Koutitonsky et Pelletier (2015). Il faut noter que les vents extrêmes peuvent contribuer à la dynamique sédimentaire du lac Saint-François en influençant les courants, le niveau des vagues et le mouvement des glaces; phénomènes tous susceptibles d'augmenter l'érosion et l'accumulation des sédiments en bordure du lac et à l'intérieur des canaux. L'impact des vents est plus important lorsque ceux-ci soufflent de l'ouest. Ces vents, combinés à l'action du courant, amènent un transport du sable vers l'est, ce qui crée un ensablement important dans le littoral du lac.

3.2.2 QUALITÉ DE L'AIR

Le MDDELCC a conçu un outil d'information qui permet d'obtenir un indice de qualité de l'air général basé sur cinq (5) polluants, soit : l'ozone (O₃), les particules fines (PM_{2,5}), le dioxyde de soufre (SO₂), le dioxyde d'azote (NO₂) et le monoxyde de carbone (CO). Cet outil permet donc d'obtenir de l'information sur ces polluants atmosphériques présents dans l'air de certaines régions et/ou secteurs (échelle locale). Au niveau de cet indice, le territoire de Saint-Zotique se situe dans la région météorologique de Vaudreuil-Huntingdon.

En 2015, la région de Vaudreuil-Huntingdon a présenté un pourcentage d'environ 55 % de jours avec un indice de qualité de l'air jugé « bon ». Le reste du temps, l'indice de qualité de l'air a été jugé « acceptable », avec seulement moins de 1 % des jours où l'indice a été jugé « mauvais » (MDDELCC, 2016).

3.2.3 GÉOLOGIE

Le secteur à l'étude fait partie de la province géologique de la Plate-forme des Basse-Terres du Saint-Laurent. Plus précisément, il fait partie de la Formation de Beauharnois dont l'âge provient de l'Ordovicien précoce. Cette zone géologique est constituée d'une dolomie massive homogène ou fortement laminée, de calcaire cristallin et de shale (MERN, 2016).

D'un point de vue d'évolution géologique, après la dernière glaciation, le bassin du lac Saint-François et du fleuve Saint-Laurent a été occupé par une mer intérieure appelée la mer de Champlain. Entre 12 000 et 9 750 ans avant aujourd'hui (AA)¹, les eaux salées de cette mer se sont progressivement dessalées, laissant place à un lac d'eau douce, le lac Lampsilis, soit entre 9 750 et 8 000 ans AA (Koutitonsky et Pelletier, 2015).

3.2.3.1 DÉPÔTS MEUBLES

La mer de Champlain et le lac Lampsilis étaient caractérisés par des dépôts sédimentaires composés de silt et d'argile, et donc de sédiments très fins (*Ibid*, 2015). Le passage entre les argiles et silts marins et lacustres et les sédiments actuels est caractérisé par la présence de gravier mêlé à des morceaux d'argile (*Ibid*, 2015). Les sédiments récents qui se trouvent dans le secteur remontent à un peu plus de 100 ans, soit vers la fin du 19^e siècle, et recouvrent les sédiments fins des épisodes marins et lacustres (*Ibid*, 2015). Leur accumulation correspond à la période de début des travaux d'aménagement de la Voie Maritime du Saint-Laurent (entre 1850 et 1960), travaux qui ont eu, entre autres, pour effet la modification des conditions hydrauliques et, conséquemment, des processus sédimentaires (*Ibid*, 2015).

Les matériaux superficiels recouvrant la masse continentale aux environs de Saint-Zotique sont composés principalement de sédiments glaciomarins à grains fins et d'une nappe de till. En ce qui concerne la zone de la plage, selon les échantillonnages réalisés spécifiquement dans ce secteur en 2015, les sédiments qui composent le fond situé entre le chenal de navigation et la rive sont principalement constitués de sable fin boueux (*Ibid*, 2015). Des échantillonnages spécifiques aux canaux de navigation ont également été réalisés en 2016 par WSP. Ces données, tout comme les résultats détaillés des échantillonnages réalisés dans le secteur de la plage en 2015, sont présentées à la section 3.2.8 Granulométrie et nature des sédiments. De manière générale, il ressort de ces analyses que le substrat meuble domine donc largement la zone des travaux projetés pour le dragage.

En ce qui concerne les dépôts observés autour des canaux, il importe de noter que les milieux naturels observés de part et d'autre des canaux sont majoritairement composés de milieux humides. Les sols qui y sont observés sont donc composés de terre noire et de sols organiques peu décomposés.

¹ L'abréviation AA, qui signifie « avant aujourd'hui », prend l'année 1950 comme date de référence.

À l'échelle plus large des bassins versants qui se drainent en direction des canaux (Dix-Huit Arpents et de Grand Marais), les sols sont principalement composés de loam limoneux, de loam sableux et loam argileux (COBAVERS-VS, 2015a).

3.2.3.2 TOPOGRAPHIE GÉNÉRALE

Le territoire de Saint-Zotique se situe dans la région des Basses-Terres du Saint-Laurent. La zone d'étude présente donc une topographie typique de cette région, soit une topographie unie, plane et sans relief. L'altitude moyenne de la zone d'étude est d'environ 47 m et varie entre 45 et 50 m au-dessus du niveau de la mer.

3.2.4 HYDROLOGIE

3.2.4.1 LAC SAINT-FRANÇOIS

Tel que présenté précédemment, le zone à l'étude inclut une partie du lac Saint-François. Celui-ci, d'une superficie totale de 272 km², se trouve en majeure partie (69 %) en territoire québécois, le reste se trouvant en territoire ontarien, et consiste en un élargissement du fleuve Saint-Laurent. Il couvre sept kilomètres de largeur et 57 km de longueur et s'étend jusqu'à Cornwall. Il présente une profondeur maximale de 26 m et une profondeur moyenne de 5,7 m (Laviolette, 2004).

Les eaux du lac Saint-François proviennent en quasi-totalité du lac Ontario, et ce, à un débit de 7 500 m³/s (Koutitonsky et Pelletier, 2015). De fait, 99,6 % des eaux du lac passent par le barrage de Moss-Saunders (lequel se trouve à la hauteur de Cornwall, en Ontario), le reste provient du canal de Cornwall, de l'écluse Eisenhower et du canal de Massena, lequel rejoint la rivière Grass au sud (*Ibid*, 2015). Du côté de l'état de New York, quatre rivières se déversent du côté sud dans le lac en aval du barrage : les rivières Raquette, Régis, Grass et aux Saumons, lesquelles représentent un débit combiné d'environ 150 m³/s (*Ibid*, 2015). Au niveau de la province de Québec, quelques petites rivières (dont la rivière Beaudette, située à environ 2 km en amont des canaux de Saint-Zotique) se déversent dans le lac, mais elles représentent un débit inférieur à 5 m³/s (*Ibid*, 2015). Leur apport est donc peu significatif.

L'entrée des eaux dans le lac Saint-François est contrôlée au barrage de Moss-Sanders. La sortie des eaux du lac passe principalement par le barrage de Beauharnois, à raison de 6 500 m³/s, et par trois plus petits barrages à Les Coteaux, soit les barrages du Coteau-1, du Coteau-3 et du Coteau-4 (*Ibid*, 2015). Des eaux s'écoulent également par le canal de Soulanges et le chenal Perdu (rivière Saint-Charles), mais elles représentent moins de 10 m³/s (*Ibid*, 2015). La Figure 3-2 illustre les points de contrôle des débits sortant du lac Saint-François et la Figure 3-3 présente les débits journaliers obtenus d'Hydro-Québec et d'Environnement Canada pour la période allant de 2010 à 2015. Il est à noter qu'un débit sortant constant de 80 m³/s est imposé au barrage de Coteau-4 (Englobe, 2016). Ces données indiquent que les débits entrant à Cornwall sont légèrement plus élevés que les débits sortant à Beauharnois, la différence sortant par les barrages du Coteau-1, du Coteau-3 et du Coteau-4 (*Ibid*, 2016). Les données révèlent également que les débits sont plus faibles en période hivernale (décembre et janvier) et atteignent leur maximum au printemps ou en été, lors des crues printanières et des périodes de grandes précipitations. Le Tableau 3-5 fait état des moyennes et écarts types de ces débits.

Figure 3-2 Points de contrôle des débits sortant du lac Saint-François (Englobe, 2016)

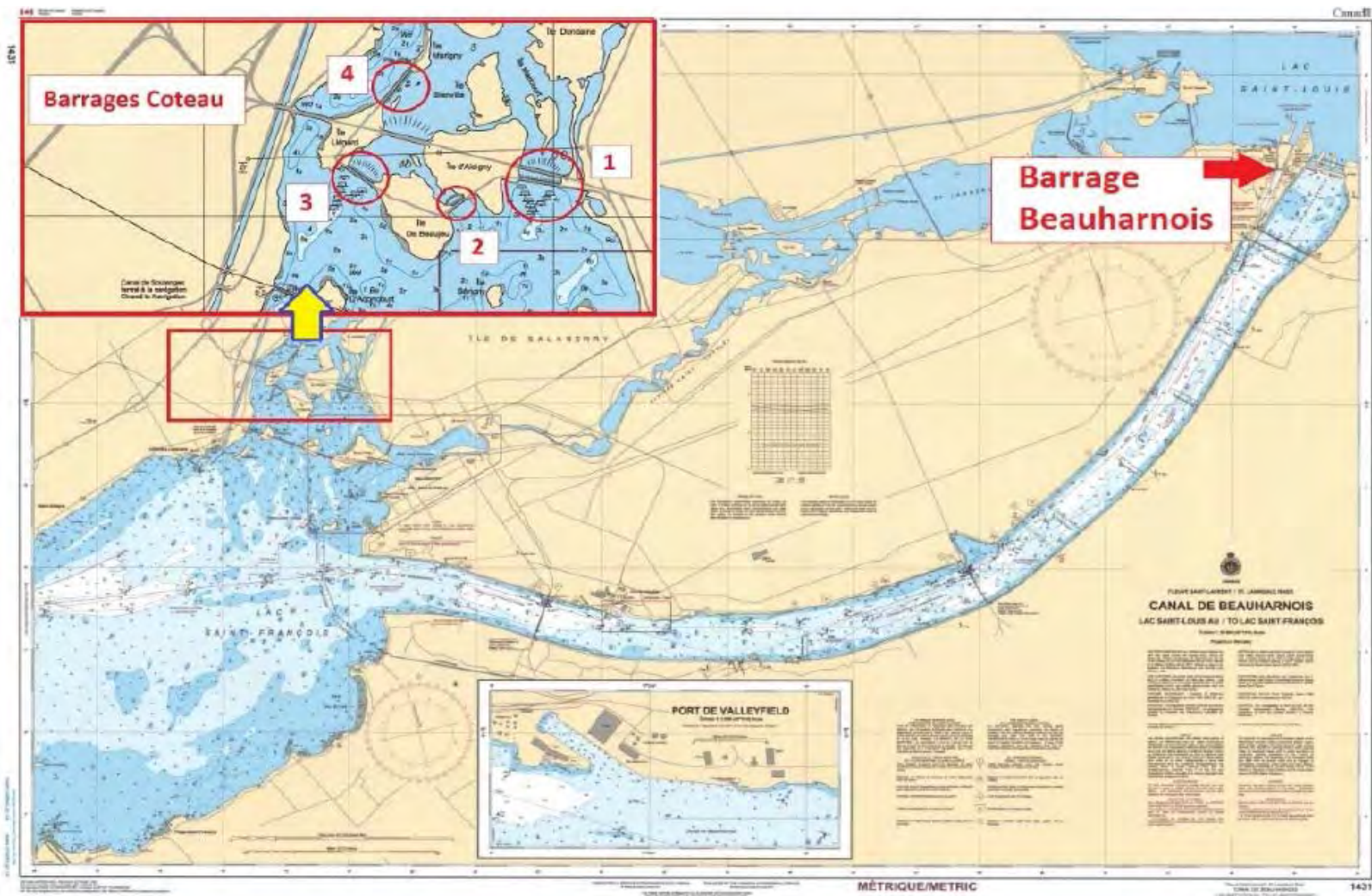


Figure 3-3 Débits journaliers entrant dans le lac à Cornwall et sortant du lac au barrage de Beauharnois, à du Coteau-1 et à du Coteau-3 (Englobe, 2016)



Tableau 3-5 Statistiques de base des principaux débits entrant et sortant du lac Saint-François, 2010 à 2015 (Englobe, 2016)

Débits journaliers 2010-2015	Moyenne (m ³ /s)	Dév. std (m ³ /s)	Minimum (m ³ /s)	Maximum (m ³ /s)
Cornwall	7 031	708	5 270	8 800
Beauharnois	6 616	613	3 743	7 900
Les Coteaux 1	270	335	82	2 382
Les Coteaux 2	233	62	194	717
Les Coteaux 4	80	0	80	80



Fichier : 161_07163_00_EIC3_2_004_milieuPhysique_161206.mxd

Saint-Zotique

Limite municipale

Zone d'étude

Cours d'eau

Cours d'eau intermittent

Fossé

Bassin-versant (MRC de Vaudreuil-Soulanges)

Milieu humide

Milieu physique

Stations d'échantillonnage

Sédiments (Koutitonsky, V., Pelletier, M., 2015)

Sédiments (WSP, 2016)

Qualité de l'eau (COBAVER-VS, 2015)

Qualité de l'eau (ENGLOBE, 2015)

0100200400

1 : 10 000

Projection : NAD83, MTM fuseau 8



Notre municipalité, notre fierté

Saint-Zotique

ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT - Dragage des canaux de la Municipalité de Saint-Zotique et construction de brise-lames

Saint-Zotique, Qc

Carte 3-2

Milieu physique

Sources :
Image satellite : DigitalGlobe (2011-09-11) - Tirée de Google Earth Pro
Cartes : - ESRI World topographic Map
- RNCAN, BNDT 1 : 250 000, 31G
Limites de municipalités : SDA20K, 2010-01

Préparée par : V. Armstrong
Dessinée par : C. Thériault
Vérifiée par : B. Fournier

06 décembre 2016

161-07163-00

WSP

3.2.4.2 LES CANAUX DE SAINT-ZOTIQUE

L'eau se trouvant dans les canaux de Saint-Zotique provient à la fois du fleuve Saint-Laurent et de trois cours d'eau intermédiaires provenant des terres agricoles, soit le ruisseau Dix-Huit Arpents, le ruisseau des Six Arpents et le ruisseau Grand Marais (COBAVER-VS, 2016) (voir la Carte 3-2). Puisque le courant du fleuve Saint-Laurent ne se propage pas dans les canaux, une très faible vitesse caractérise ces derniers, et ce, à l'exception du printemps, période pendant laquelle la combinaison de la fonte des neiges et des épisodes de pluie intense a pour effet de générer suffisamment de rejets provenant des ruisseaux agricoles pour propager le courant dans les parties les plus au nord des canaux (Amyot, 2016).

Deux bassins versants se drainent en direction des canaux. Le Tableau 3-6 présente brièvement les caractéristiques de ceux-ci. Le bassin versant des Dix-Huit Arpents est de petite taille, s'étendant sur 7,26 km², et s'écoule entièrement à l'intérieur des limites de la municipalité de Saint-Zotique. Il importe de noter que le bassin versant des Dix-Huit Arpents inclut le sous-bassin versant du ruisseau des Six-Arpents. Le bassin versant du Grand Marais s'étend sur 15,39 km² et traverse les municipalités Saint-Polycarpe et Saint-Télésphore en plus de celle de Saint-Zotique. La Carte 3-2 montre les limites de ces bassins versants et des ruisseaux agricoles; les cours d'eau y étant associés traversent une trentaine de kilomètres de terres agricoles qui occupent respectivement 45 % et 69 % de la superficie des bassins versants des Dix-Huit Arpents et Grand Marais. Ceci constitue un enjeu de taille pour la municipalité et la MRC, puisqu'il s'agit d'une source de détérioration de la qualité de l'eau et d'eutrophisation des cours d'eau et, donc, des canaux. Le COBAVER-VS, dans son Plan directeur de l'eau (2015), souhaite d'ailleurs intensifier les mesures préventives du lessivage des sols qui sont occupés par les activités agricoles (COBAVER-VS, 2015a).

Les deux bassins présentent une pente en inclinaison douce. De telles plaines ont généralement tendance à accumuler l'eau et constituent des endroits privilégiés à la formation de milieux humides. Tel est le cas de Saint-Zotique qui présente sur son territoire une diversité de vastes marais, marécages et tourbières (Carte 3-7).

Tableau 3-6 Caractéristiques des bassins versants

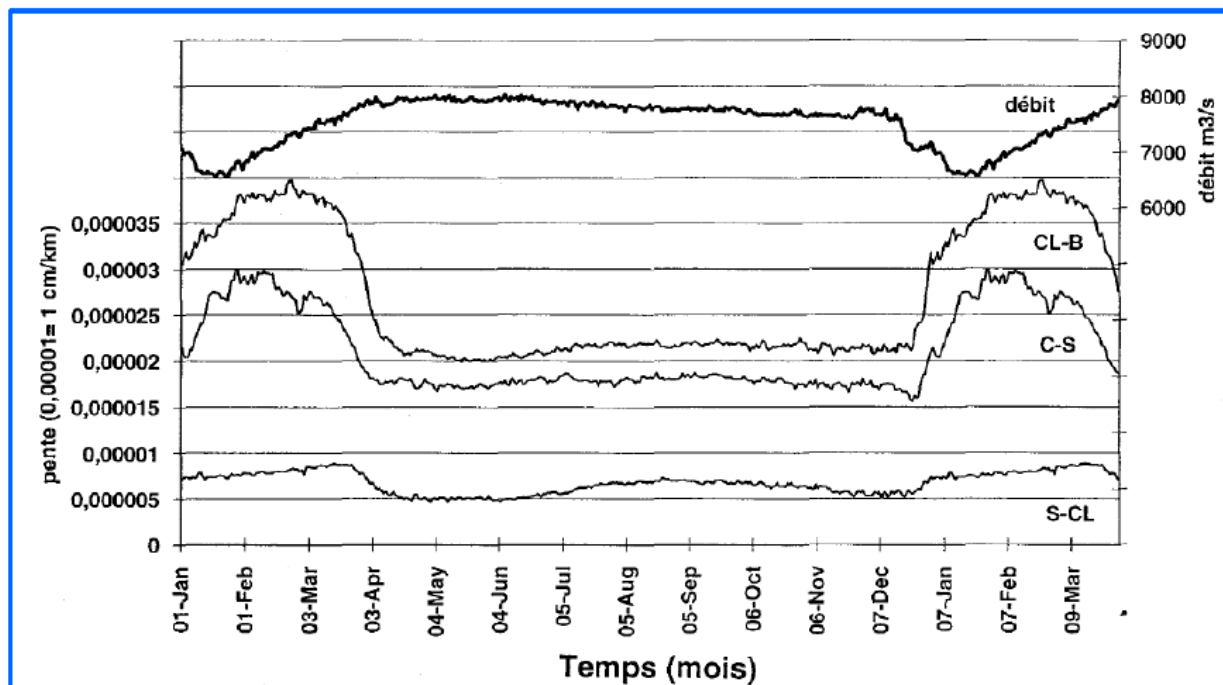
Bassins versants :	Dix-Huit Arpents	Grand Marais
Superficie totale du bassin (km ²) :	7,26	15,39
Longueur de cours d'eau (km)	7,60	22,86
Superficie urbain (km ²) :	3,05 (41,97%)	0,50 (3,3 %)
Superficie boisée (km ²) :	0,90 (12,7%)	1,99 (12,9%)
Superficie milieux humides (km ²) :	1,55 (21,3%)	1,49 (9,7%)
Superficie agricole (km ²) :	3,22 (44,3%)	10,63 (69,0%)

Source : COBAVER-VS (2015)

3.2.5 HYDRAULIQUE

Comme il a été mentionné précédemment, le niveau d'eau du lac Saint-François est maintenant contrôlé par des barrages. Le niveau d'eau est maintenu aux environs de 46,5 m au-dessus du niveau de la mer (Laviolette, 2004). Puisque le niveau d'eau du lac est minimisé par des ouvrages artificiels, les variations annuelles de celui-ci se limitent à moins de 15 cm. Ces variations constituent la principale force hydraulique du lac (Koutitonsky et Pelletier, 2015). Les pentes hydrauliques de la surface du lac varient en fonction des saisons. La Figure 3-4 illustre les pentes moyennes journalières entre Coteau-Landing (CL), Cornwall (C), Summerstown (S) et Beauharnois (B) en fonction des débits.

Figure 3-4 Variation de la pente journalière entre différents endroits du lac et du débit au lac Saint-François entre 1962 et 1990



Source : adapté de Morin et cie, (1994) dans Koutitonsky et Pelletier (2015),

Tel que l'illustre cette figure, la pente entre Summerstown et Coteau-Landing (S-CL) est la plus faible. En été, elle connaît une légère augmentation due à la croissance de macrophytes, des plantes aquatiques qui présentent également une friction supplémentaire à l'écoulement. La pente la plus forte est celle entre Coteau-Landing et Beauharnois (CL-B). En hiver, elle est d'autant plus forte du fait de la friction offerte par les glaces à l'écoulement.

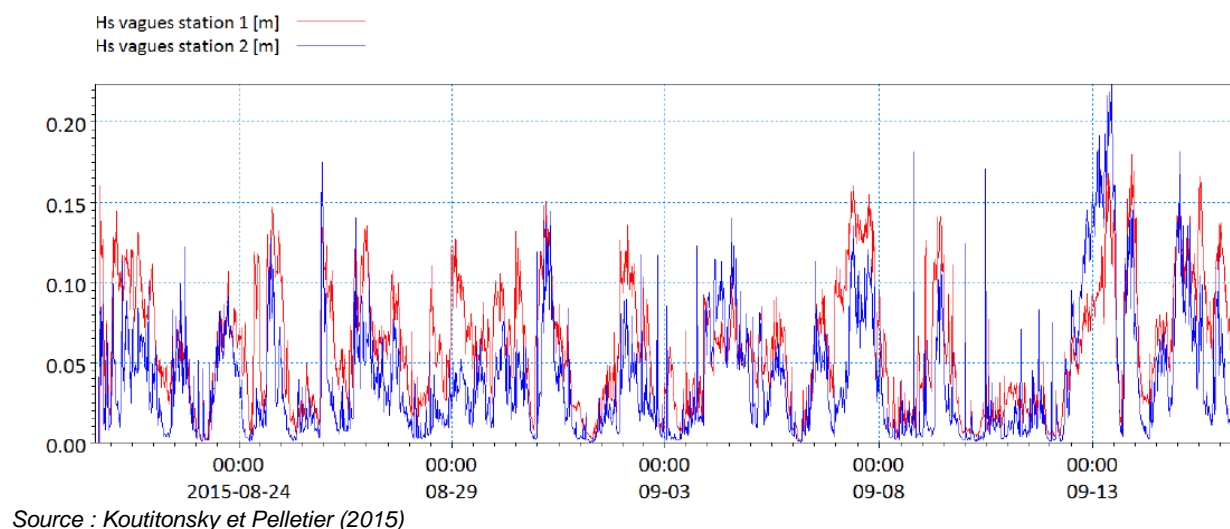
Telle qu'illustrée, l'entrée en amont est relativement la même que la somme des sorties en aval. Ces entrées et sorties sont appelées à varier au cours d'une même année, tout comme le patron saisonnier est appelé à varier d'une année à l'autre. La distribution des eaux de sortie entre Beauharnois, Coteau-1 et Coteau-3 varie également en fonction des saisons; les exutoires se trouvant à Coteau-1 et à Coteau-3 qui, en fonction des besoins d'énergie hydroélectrique, déversent l'excédent résultant du contrôle de la sortie des eaux à Beauharnois.

La Figure 3-3, présentée précédemment, illustre les débits journaliers des eaux entrant dans le lac à Cornwall. Il ressort de cette figure que les débits horaires mesurés ne révèlent pas de changements significatifs du débit sortant du lac (Koutitonsky et Pelletier, 2015).

3.2.5.1 VAGUES

Selon les données colligées dans l'étude de Koutitonsky et Pelletier (2015), la hauteur des vagues mesurée en face de la plage de Saint-Zotique est toujours en-deçà de 0,3 m. Les vagues observés dans ce secteur n'atteignent donc pas une hauteur susceptible de créer une érosion de la plage. En fait, seules les vagues de tempête risquent de provoquer un transport significatif du sable le long de la plage et vers le large (Koutitonsky et Pelletier, 2015). La Figure 3-5 suivante illustre les hauteurs significatives des vagues mesurées aux dites stations.

Figure 3-5 Hauteurs significatives des vagues mesurées en face de la plage de Saint-Zotique (stations 1 et 2, août et septembre 2015)



3.2.5.2 COURANTS

Selon l'étude réalisée en 2015 par Koutitonsky et Pelletier, les eaux qui s'écoulent en face de la plage ont toujours une orientation nord-est, et ce, indépendamment de la direction dans laquelle souffle le vent sur le lac. Selon ces observations, il est déduit que les courants répondent uniquement à la pente hydraulique du lac, soit de l'amont vers l'aval.

De plus, il importe de noter que les courants observés dans la zone d'étude oscillent entre 0,04 et 0,08 m/s (ou 0,1 km/s et 0,3 km/s), ce qui est plutôt lent.

3.2.5.3 RÉGIME DES GLACES

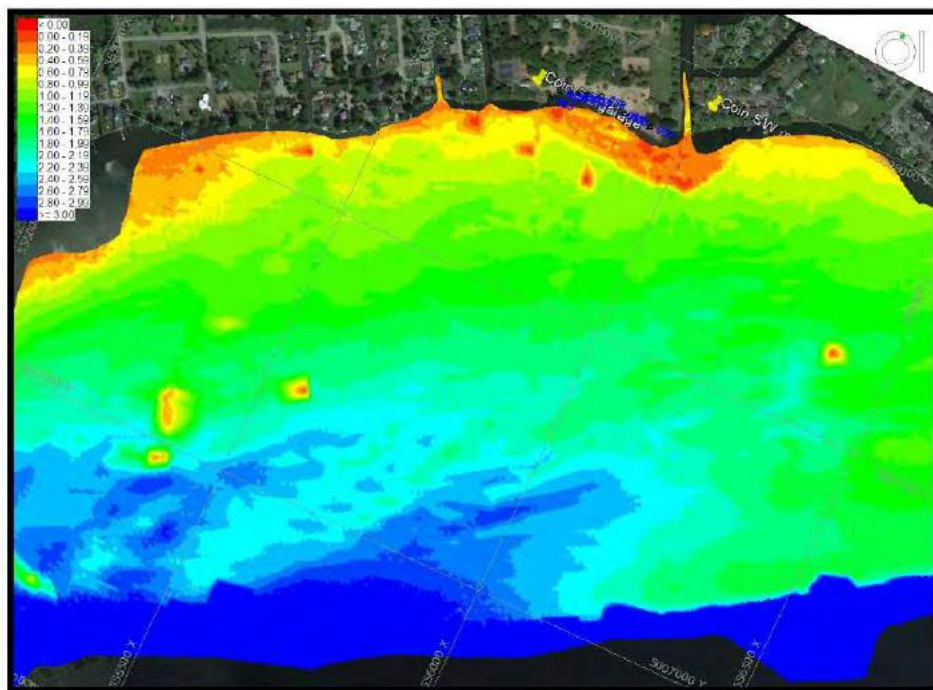
Le régime des glaces est une donnée importante à prendre en compte, en ce sens qu'en période d'englacement, la glace agit à titre de protection contre l'érosion des rives. À l'inverse, lors du déglacement, les rives sont particulièrement sensibles à l'attaque combinée des vagues et des morceaux de glace flottant à la dérive. Ainsi, l'englacement a un impact direct sur la stabilité des rives (Koutitonsky et Pelletier, 2015).

Selon une analyse des données disponibles pour la période 2005 à 2015 (Koutitonsky et Pelletier, 2015), l'englacement du lac Saint-François, à proximité de la plage de Saint-Zotique, débute vers la fin du mois de décembre et se termine à la fin du mois de mars. Il s'agit d'une période usuelle d'englacement de trois mois. Toutefois, en raison des changements climatiques, des variations importantes sont observées d'une année à l'autre et des épisodes de dégel peuvent survenir pendant la période normale d'englacement. Ainsi, on peut s'attendre à ce que la vulnérabilité du secteur, en termes d'érosion des berges, soit accentuée dans les années à venir.

3.2.6 BATHYMÉTRIE

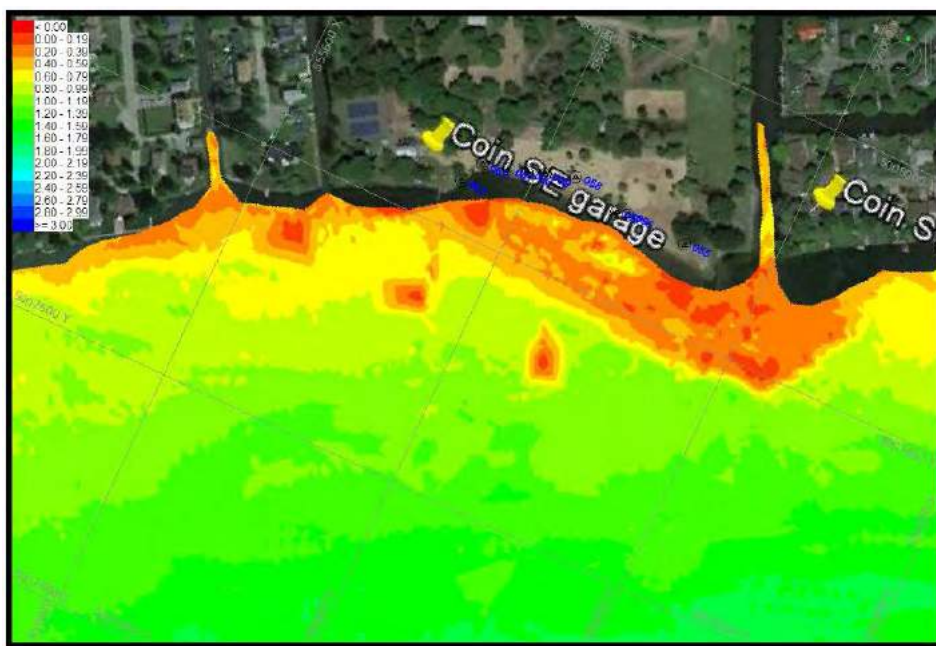
La Figure 3-6 présente la bathymétrie générale du secteur entourant la plage de Saint-Zotique alors que la figure suivante (Figure 3-7) zoome davantage sur la bathymétrie du littoral adjacent à la plage.

Figure 3-6 Bathymétrie générale de la zone entourant la plage de Saint-Zotique, août 2015



Source : Koutitonsky et Pelletier (2015)

Figure 3-7 Bathymétrie détaillée à proximité de la plage

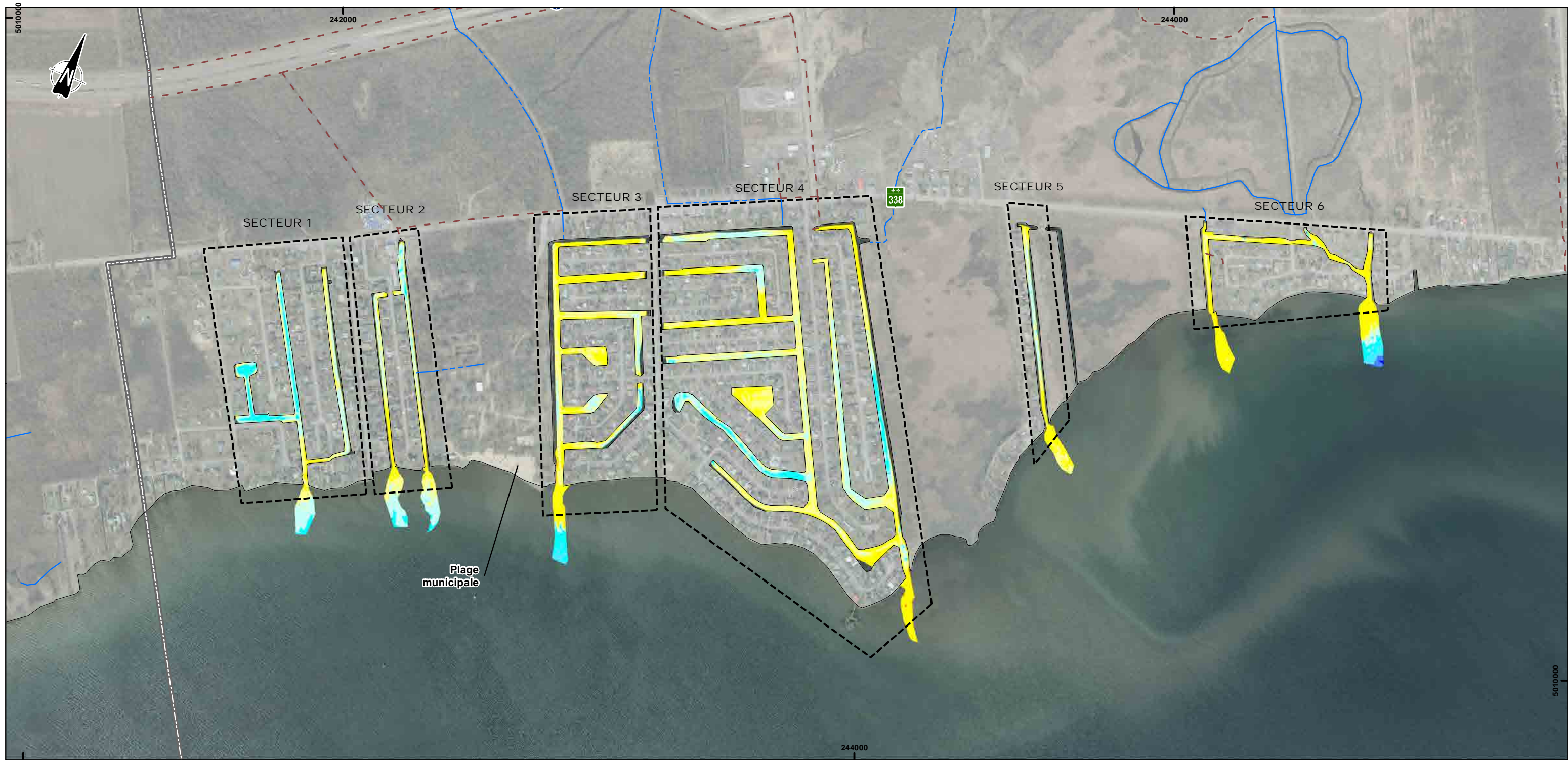


Source : Koutitonsky et Pelletier (2015)

Les profondeurs illustrées dans ces figures sont exprimées en mètres par rapport au zéro des cartes maritimes. Il ressort de ces figures qu'une large zone peu profonde (entre 0,2 et 0,6 m) d'une largeur de près de 500 m est observée directement devant la plage, et ce, jusqu'au premier canal observé à l'est. Ce banc de sable s'étend vers l'est dans le sens des vents dominants et du courant observé dans le lac Saint-François.

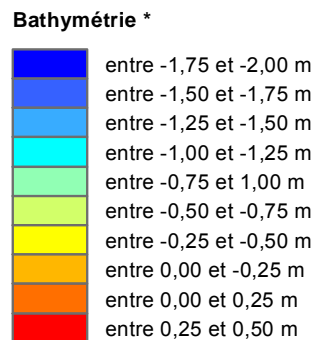
En ce qui concerne plus spécifiquement les canaux à l'étude, une bathymétrie détaillée de ceux-ci a été réalisée en 2015 par Englobe. Un relevé complémentaire a également été réalisé par WSP au mois d'août 2016, afin de couvrir le secteur des entrées de chacun de ceux-ci. Les Cartes 3-3 à 3-6 présentent les résultats combinés des deux relevés. Les profondeurs affichées sur ces cartes sont exprimées en mètres par rapport au zéro des cartes maritimes. Le zéro des cartes correspond au niveau bas historique mesuré à Coteau-Landing : il s'agit de l'élévation 46,01 m.

Selon les données mesurées et présentées sur ces cartes, il ressort que les canaux sont de très faible profondeur.

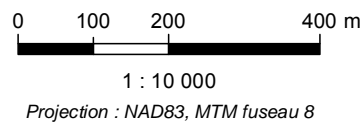


Fichier : 161_07163_00_EIC3_3_008_Bathymétrie_161206.mxd

- Saint-Zotique**
- Limite municipale
 - Cours d'eau
 - - - Cours d'eau intermittent
 - - - Fossé



* Selon le zéro des cartes (ZC), lequel se réfère à la station de Coteau-Landing où le ZC correspond à une élévation géodésique de 46.011m (IGLD 85).



ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT - Dragage des canaux de la Municipalité de Saint-Zotique et construction de brise-lames

Saint-Zotique, Qc

Carte 3-3

Vue d'ensemble de la bathymétrie

Sources :

Image satellite : © GeoMont, tous droits réservés, 2014

Cartes : - ESRI World topographic Map

- RNCan, BNDT 1 : 250 000, 31G

Limites de municipalités : SDA20K, 2010-01

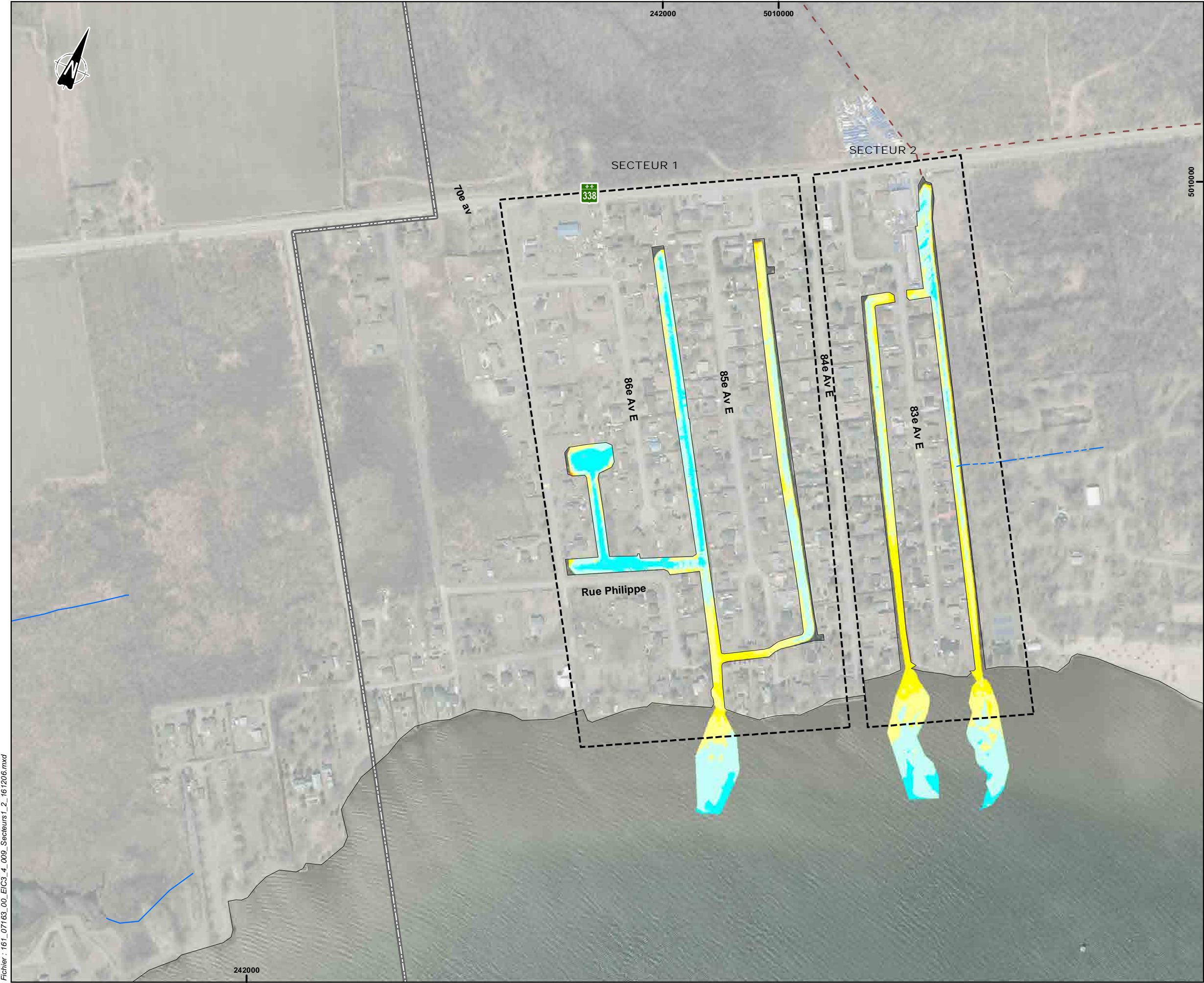
Préparée par : V. Armstrong

Dessinée par : C. Thériault

Vérifiée par : B. Fournier



06 décembre 2016 161-07163-00



Saint-Zotique



Limite municipale



Cours d'eau

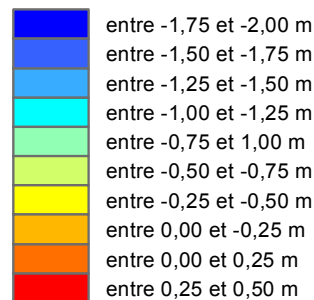


Cours d'eau intermittent

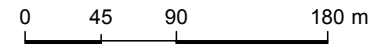


Fossé

Bathymétrie *



* Selon le zéro des cartes (ZC), lequel se réfère à la station de Coteau-Landing où le ZC correspond à une élévation géodésique de 46.011m (IGLD 85).



1 : 4 500

Projection : NAD83, MTM fuseau 8



**ÉTUDE D'IMPACT SUR
L'ENVIRONNEMENT - Dragage
des canaux de la Municipalité
de Saint-Zotique et construction
de brise-lames**

Saint-Zotique, Qc

Carte 3-4

Bathymétrie dans les secteurs 1 et 2

Sources :

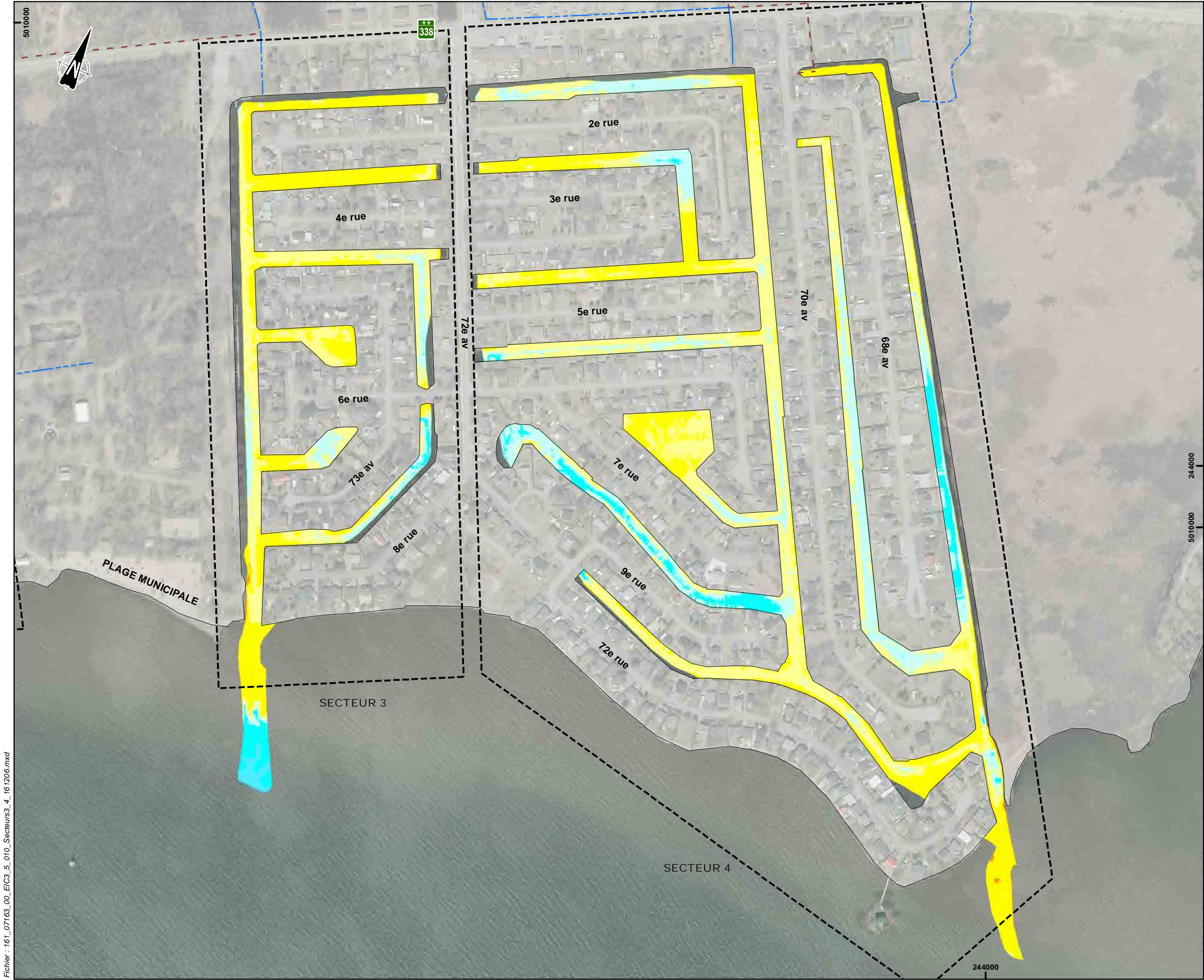
Image satellite : © GéoMont, tous droits réservés, 2014
Cartes : - ESRI World topographic Map
- RNCan, BNDT 1 : 250 000, 31G
Limites de municipalités : SDA20K, 2010-01

Préparée par : V. Armstrong
Dessinée par : C. Thériault
Vérifiée par : B. Fournier

06 décembre 2016

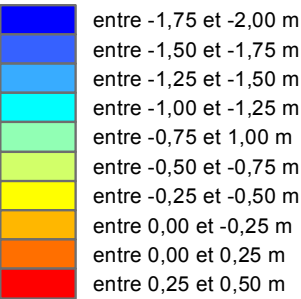
161-07163-00



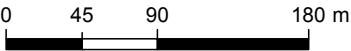


- Saint-Zotique**
- Limite municipale
 - Cours d'eau intermittent
 - Fossé

Bathymétrie *



* Selon le zéro des cartes (ZC), lequel se réfère à la station de Coteau-Landing où le ZC correspond à une élévation géodésique de 46.011m (IGLD 85).



1 : 4 500

Projection : NAD83, MTM fuseau 8



ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT - Dragage des canaux de la Municipalité de Saint-Zotique et construction de brise-lames

Saint-Zotique, Qc

Carte 3-5

Bathymétrie dans les secteurs 3 et 4

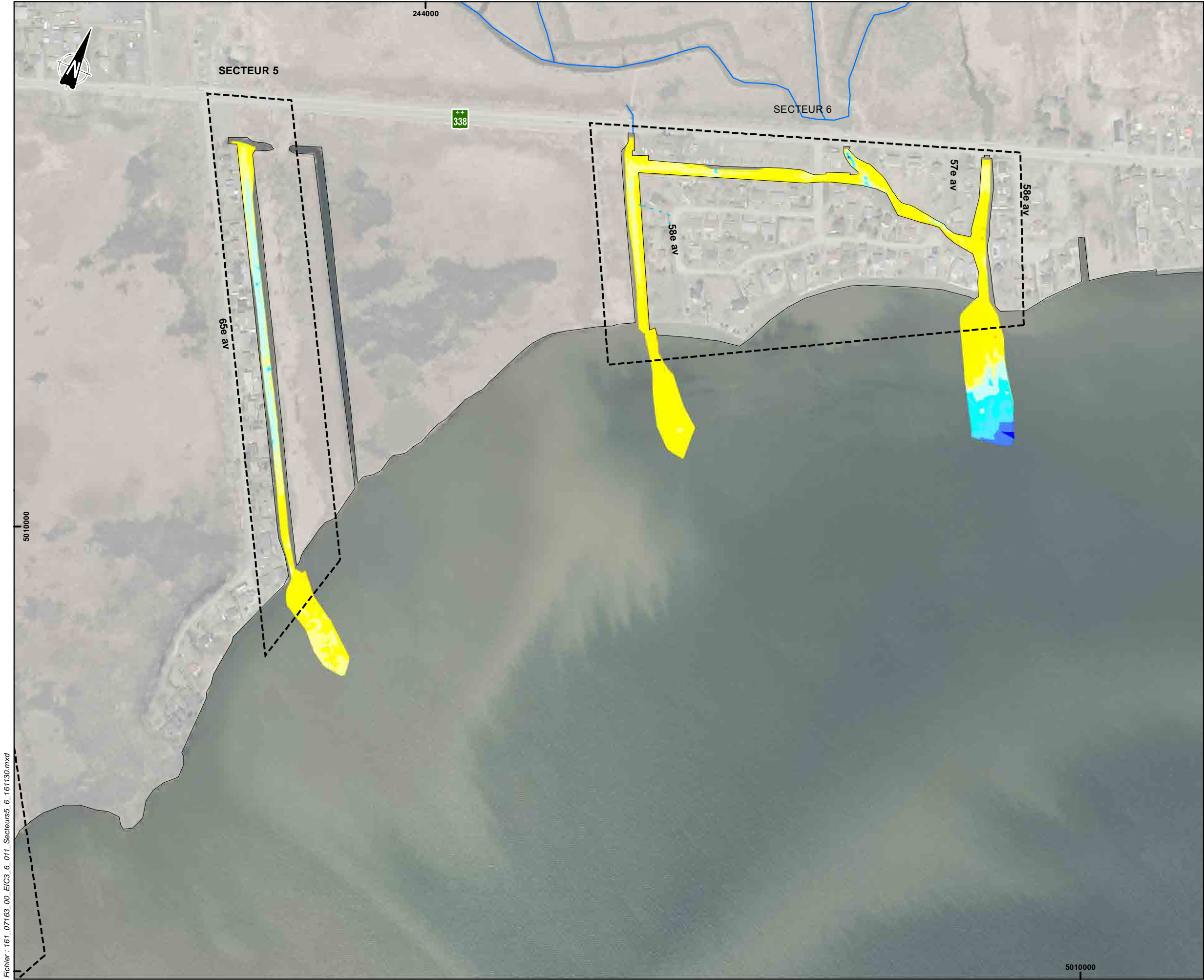
Sources :
Image satellite : © GéoMont, tous droits réservés, 2014
Cartes : - ESRI World topographic Map
- RNCan, BNDT 1 : 250 000, 31G
Limites de municipalités : SDA20K, 2010-01

Préparée par : V. Armstrong
Dessinée par : C. Thériault
Vérifiée par : B. Fournier



06 décembre 2016

161-07163-00



Saint-Zotique

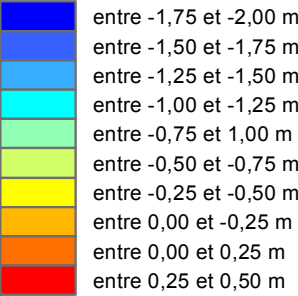


Limite municipale

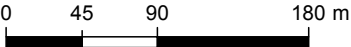


Cours d'eau

Bathymétrie *



* Selon le zéro des cartes (ZC), lequel se réfère à la station de Coteau-Landing où le ZC correspond à une élévation géodésique de 46.011m (IGLD 85).



1 : 4 500

Projection : NAD83, MTM fuseau 8



ÉTUDE D'IMPACT SUR
L'ENVIRONNEMENT - Dragage
des canaux de la Municipalité
de Saint-Zotique et construction
de brise-lames

Saint-Zotique, Qc

Carte 3-6

Bathymétrie dans les secteurs 5 et 6

Sources :

Image satellite : © GéoMont, tous droits réservés, 2014
Cartes : - ESRI World topographic Map
- RNCan, BNDT 1 : 250 000, 31G
Limites de municipalités : SDA20K, 2010-01

Préparée par : V. Armstrong
Dessinée par : C. Thériault
Vérifiée par : B. Fournier

30 novembre 2016

161-07163-00



3.2.7 DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE

3.2.7.1 CANAUX

La dynamique sédimentaire des canaux est unique et complexe dans la mesure où elle est le fruit de processus naturel et anthropique (Amyot, 2016). Au niveau naturel, elle peut être attribuée aux courants du fleuve Saint-Laurent, lequel transporte des sédiments de l'amont vers le secteur des canaux. Les courants présents dans les canaux peuvent être attribués aux différents ruisseaux, lesquels s'écoulent dans les canaux en période de fonte des neiges ou de fortes pluies, puis se déversent à leur tour dans le lac Saint-François. Au niveau anthropique, la dynamique sédimentaire tire sa source des courants à l'intérieur des canaux provoqués par la circulation des embarcations de plaisanciers; le sillage de ces dernières est susceptible d'induire le mouvement et la remise en suspension des sédiments. En outre, l'anthropisation des bandes de protection riveraines de part et d'autre des canaux combinée à l'implantation et l'expansion de monocultures (principalement de soya et de maïs) en amont ont également modifié le processus géomorphologique et la dynamique sédimentaire dans les bassins versants (*Idem*, 2016). En effet, la végétation naturelle étant soit absente dans les bandes de protection riveraines soit remplacée par une alternance de rangées de plants et de sol nu dans les secteurs agricoles en amont, la couverture végétale et les barrières naturelles s'en trouvent diminuées, ce qui a pour effet d'exacerber le processus naturel de lessivage des sols ainsi que de l'érosion des rives et des berges. Qui plus est, une partie du matériel accumulé aux environs de la plage dérivent par la suite à l'intérieur des canaux (Koutitonsky et Pelletier, 2015), s'ajoutant ainsi au processus d'érosion.

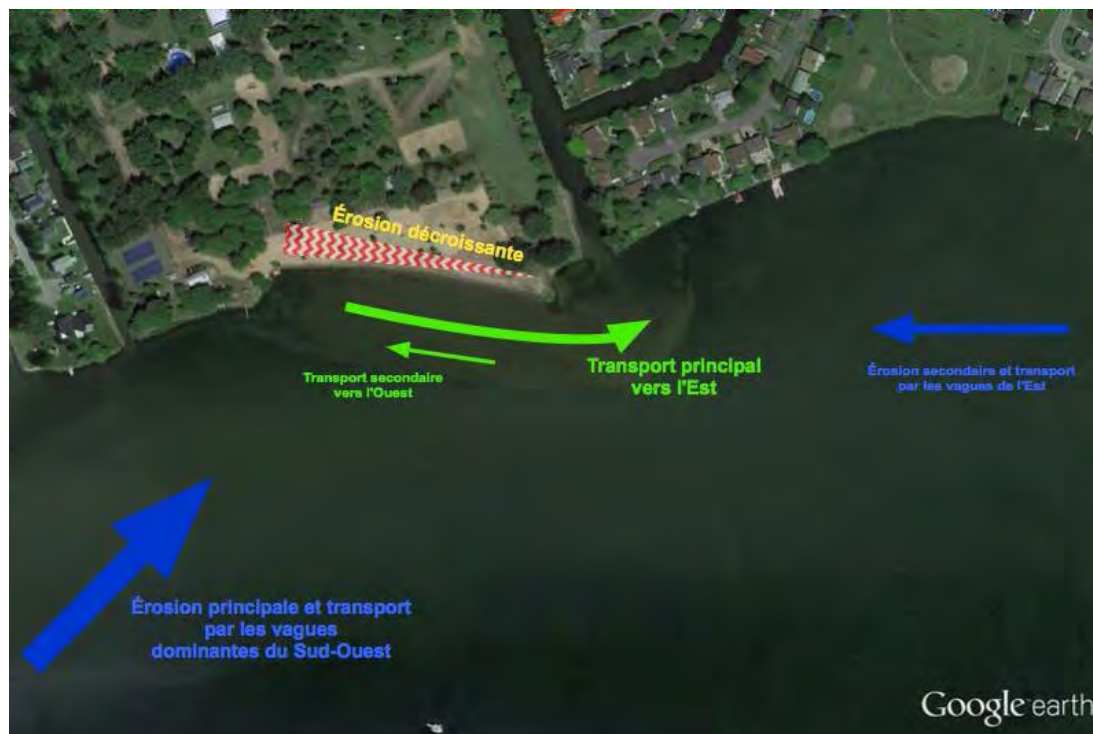
La problématique de sédimentation est à ce point importante dans les canaux que celle-ci aurait occasionné une perte de profondeur d'au moins 1,4 m. En effet, la profondeur moyenne actuelle des canaux est d'environ un mètre, alors que les profondeurs initiales étaient de l'ordre de 2,4 mètres (Englobe, 2015).

3.2.7.2 PLAGE

En ce qui concerne plus spécifiquement la plage, celle-ci est également de nature anthropique datant de 1978-1979. Depuis sa création, plusieurs apports en sable ont été réalisés. Il est estimé que plus de 7 560 m³ de sable y ont été apportés depuis.

Au cours des années, l'effet du courant généré par la pente du lac et par les conditions de vents extrêmes ont fait en sorte que le sable ajouté a été transporté vers le large. Cette problématique est d'autant plus prononcée lorsque les vents soufflent de l'ouest. L'effet combiné du courant et des vents extrêmes a dirigé naturellement le sable vers le large causant non seulement un banc de sable face à la plage, mais créant aussi un ensablement partiel des canaux. Une analyse granulométrique effectuée dans le sable de ce banc en face de la plage a révélé qu'il est identique à celui importé sur cette dernière (Englobe, 2016). De plus, la dérive des sédiments fait aussi en sorte que la ligne de rivage recule au fil du temps. En effet, pour la période entre 2005 et 2014, la rive a reculé de 5 à 12 m (Koutitonsky et cie, 2015). La Figure 3-8 met en relief ce phénomène.

Figure 3-8 Visualisation de la dynamique sédimentaire à la plage de Saint-Zotique



Source : Koutitonsky et Pelletier (2015)

3.2.8 GRANULOMÉTRIE ET NATURE DES SÉDIMENTS

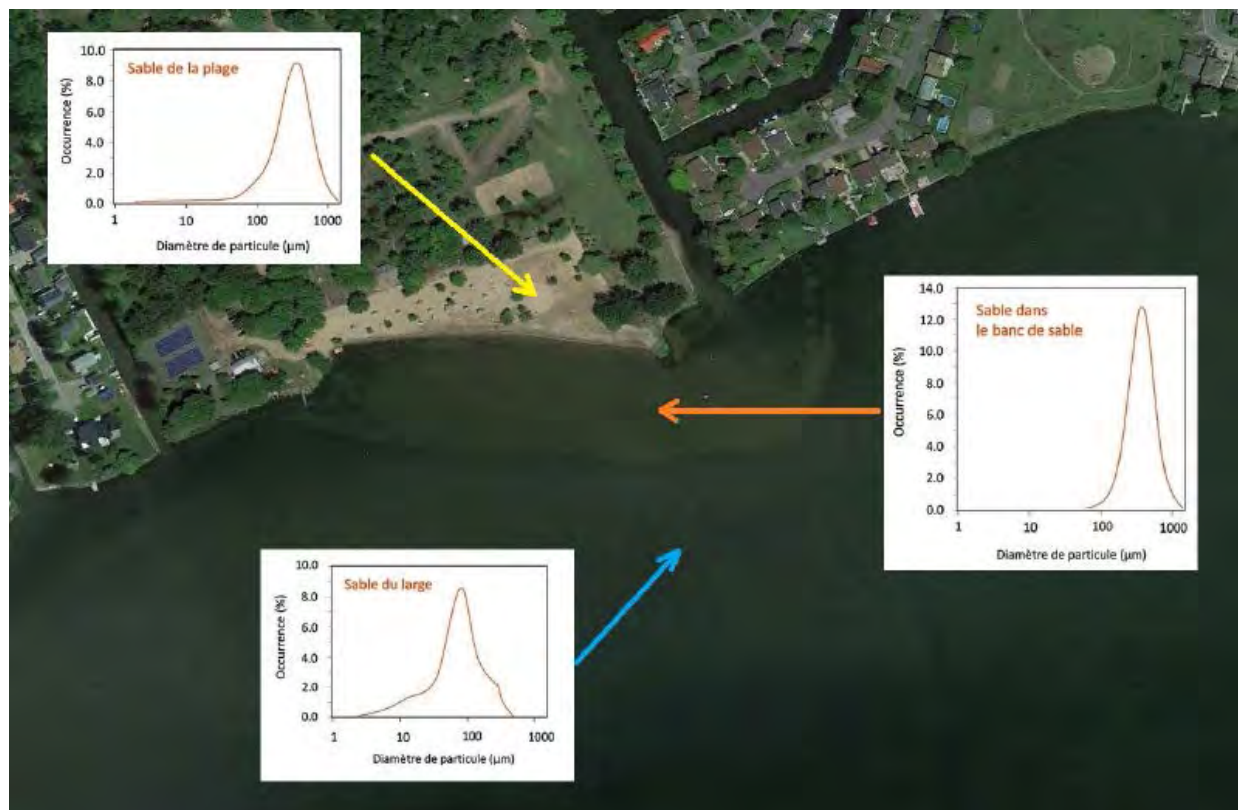
3.2.8.1 PLAGE

En 2015, vingt (20) échantillons de sédiments ont été analysés pour déterminer la nature et de la granulométrie (Koutitonsky et Pelletier, 2015). La localisation de chacune des stations d'échantillonnage concernées est présentée à la Carte 3-2. Tel que présenté, ces échantillons ont été prélevés sur la plage, dans le banc de sable, aux alentours du banc et dans le canal. De ces résultats d'analyse, trois constats ressortent :

- Les sédiments sur la plage sont principalement composés de sable moyen (d'un diamètre d'environ 325 μm) ainsi que de sédiments fins contenant du silt et des traces d'argile;
- Dans le banc de sable immergé, on retrouve le même sable moyen mais peu de sable fin et pas de particules fines (silt et argile), ces dernières ayant été emportées par les courants;
- Du sédiment naturel composé de sable fin à très fin (diamètre d'environ 65-90 μm) se retrouve au large ainsi qu'une fraction importante de silt.

La distribution spatiale de ces conclusions est illustrée à la Figure 3-9 et démontre que le sable dans le banc de sable provient de la plage et que ce sable diffère du sable naturel présent dans l'eau à l'extérieur du banc. Le Tableau 3-7 présente quant à lui les résultats complets rencontrés à partir de l'échantillonnage réalisé par Koutitonsky et Pelletier (2015).

Figure 3-9 Diamètre (D_{50}) des grains sur la plage, dans le banc de sable et au large de la plage de Saint-Zotique, en août 2015



Source : Koutitonsky et Pelletier (2015)

L'analyse de la granulométrie réalisée par Koutitonsky et Pelletier (2015) a aussi fait ressortir un autre élément d'intérêt. En effet, il semble que le sable importé artificiellement à la plage soit trop fin et contienne trop de particules de silt. Par conséquent, les sédiments les plus fins sont transportés sur une plus grande distance au large et les particules plus grossières restent près de la plage (Koutitonsky et Pelletier, 2015).

3.2.8.2 CANAUX

Pour ce qui est des canaux, une analyse de la granulométrie a été réalisée par WSP en 2016. Les stations d'échantillonnage sont présentées à la Carte 3-3 alors que les détails de l'analyse se trouvent à l'Annexe 3-3. Le Tableau 3-8 présente la description et les caractéristiques granulométriques des échantillons de sédiments prélevés à l'intérieur des canaux.

D'une part, il ressort de cette analyse que les sédiments observés à l'intérieur des canaux sont dominés par du silt avec des traces d'argile et de sable en proportion variable, ce qui suggère que ceux-ci proviennent principalement du lessivage des bassins versants. D'autre part, les échantillons prélevés au large de l'entrée des canaux possèdent une plus forte proportion de sable. Ainsi, il est constaté que la zone des travaux projetés pour le dragage est fortement dominée par des substrats meubles.

Tableau 3-7 Description et caractéristiques granulométriques des échantillons de sédiments, Koutitonsky et Pelletier (2015)

N° Station	ZO-1	ZO-2	ZO-3	ZO-4	ZO-5	ZO-6	ZO-7
Localisation	Banc d'emprunt	Accumulation canal	Accumulation canal	Plage entre chenal et plage	Pointe ouest plage	Plage section est	Plage section ouest
Description	Sable moyen, un peu de silt peu trié	Sable moyen bien trié	Sable moyen bien trié	Sable moyen bien trié	Sable moyen assez bien trié	Sable moyen assez bien trié	Sable fin assez bien trié
% Gravier	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
% Sable	92,1	100	100	99,9	99,8	100	98,7
% Boue	7,9	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	1,3
% Argile	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
% Silt	7,6	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	1,3
N° STATION	ZO-8	ZO-9	ZO-10	ZO-11	ZO-12	ZO-13	ZO-14
Localisation	Panache est	Extrémité sud et panache	Large extrême est	Large est	Large extrême ouest	Large ouest plus profond	Large extrême ouest moins profond
Description	Sable moyen assez bien trié	Sable moyen assez bien trié	Sable très fin mal trié	Sable très silteux mal trié	Sable très fin modérément trié	Sable très fin silteux mal trié	Sable très fin silteux modérément trié
% Gravier	0,0	0,0	0,0	0,0 %	0,0	0,0	0,0
% Sable	99,8	96,9	52,3	57,2 %	76,3	70,6	72,0
% Boue	0,2	3,1	47,7	42,8 %	23,7	29,4	28,0
% Argile	0,0	0,0	0,0	0,0 %	0,0	0,0	0,0
% Silt	0,2	3,1	47,7	42,8 %	23,7	29,4	28,0
N° STATION	ZO-15	ZO-16	ZO-17	ZO-18	ZO-19	ZO-20	-
Localisation	Large ouest	Extrême est hors panache	Extrémité est banc de sable	Plage est	Plage centre	Plage ouest	
Description	Sable très fin silteux mal trié	Sable silteux mal trié	Sable moyen modérément trié	Sable moyen modérément trié	Sable grossier peu trié	Sable très grossier peu trié	
% Gravier	0, 0	0,0	0,0	1,6 %	6,5	34,6	
% Sable	73,8	85,0	96,3	97,1 %	93,0	65,1	
% Boue	26,2	15,0	3,7	1,4 %	0,5	0,3	
% Argile	0,0	0,0	0,0	0,0 %	0,0	0,0	
% Silt	26,2	15,0	3,7	1,4 %	0,5	0,3	

Source : Koutitonsky et Pelletier, 2015

Tableau 3-8 Description et caractéristiques granulométriques des échantillons de sédiments dans les canaux (WSP, 2016)

N° Station	SZ-SD-1	SZ-SD-2	SZ-SD-3	SZ-SD-4	SZ-SD-5	SZ-SD-6	SZ-SD-7
Description	Silt sableux, traces d'argile	Silt sableux, traces d'argile	Silt, un peu de sable et d'argile	Silt et sable, traces d'argile	Silt et sable, traces d'argile	Silt, traces de sable et d'argile	Sable et silt, traces d'argile
% Sable	25,8	30,4	16,6	45,3	37,5	4,3	48,1
% Silt	69,7	60,1	66,1	50,6	58,3	95	47,1
% Argile	4,5	9,5	17,3	4,1	4,2	0,7	4,8
N° STATION	SZ-SD-8	SZ-SD-9	SZ-SD-10	SZ-SD-11	SZ-SD-12	SZ-SD-13	SZ-SD-14
Description	Silt et sable, traces d'argile	Silt, traces d'argile et de sable	Silt, un peu de sable, traces d'argile	Silt, un peu de sable, traces d'argile	Silt sableux, traces d'argile	Silt sableux, traces d'argile	Silt sableux, traces d'argile
% Sable	43,1	6	16,7	17,5	26	33,7	20,7
% Silt	52,7	86,7	78,9	76	70,5	64	76,5
% Argile	4,2	7,3	4,4	6,5	3,5	2,3	2,8
N° STATION	SZ-SD-15	SZ-SD-16	SZ-SD-17	SZ-SD-18			-
Description	Silt sableux, traces d'argile	Sable, un peu de silt	Sable, traces de silt	Silt sableux			
% Sable	21	82	99,4	26,8			
% Silt	76,5	18	0,6	73,2			
% Argile	2,5	0	0	0			

3.2.9 QUALITÉ DES SÉDIMENTS

De manière parallèle aux analyses de granulométrie, une analyse des sédiments a également été effectuée aux mêmes stations par WSP dans la zone des travaux en août 2016. Les échantillons de sédiments récoltés ont été soumis à des analyses chimiques dans un laboratoire accrédité par le MDDELCC. Les paramètres analysés étaient les suivants :

- Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP);
- biphényles polychlorés (BPC) congénères;
- Hydrocarbures aromatiques monocycliques;
- Métaux et métalloïdes (argent, arsenic, baryum, cadmium, chrome, cobalt, cuivre, étain, manganèse, mercure, molybdène, nickel, plomb, sélénium, zinc);
- Hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀;

Selon Environnement Canada et le MDDELCC (2007), cinq critères ont été établis pour évaluer la qualité des sédiments, soit les critères suivants :

- Concentration d'effets rares (CER);
- Concentration seuil produisant un effet (CSE);
- Concentration d'effets occasionnels (CEO);
- Concentration produisant un effet probable (CEP); et
- Concentration d'effets fréquents (CEF).

De ces cinq critères, la CEO et la CEF constituent les deux valeurs seuils qui encadrent la mise en dépôt des sédiments résultant des travaux de dragage. La CEO représente le seuil sous lequel les sédiments peuvent être rejetés en eau libre sans contraintes, tandis qu'au-delà du CEF, cette option est totalement proscrite. La classe définie entre ces deux critères (CEO et CEF) requiert, quant à elle, des tests de toxicité supplémentaires pour déterminer si l'option de rejet en eau libre est possible ou non. Toutefois, soulignons qu'aucun rejet en eau libre ne sera effectué, peu importe les résultats obtenus (voir le chapitre 4 concernant l'option retenue pour la disposition des sédiments).

Les dépassements du critère *Interim Sediment Quality Guidelines* (ISQG) du Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME), utilisés dans la présente analyse, peuvent être comparés aux critères de la CSE. Les Tableaux 3-9 à 3-11 montrent les résultats de l'analyse de WSP, en 2016.

À la lumière des informations obtenues via les analyses effectuées sur ces échantillons, les sédiments présentent une faible contamination liée à des dépassements de critères pour cinq (5) des quinze (15) métaux et métalloïdes analysés, soit le cadmium, le chrome, le cuivre, le mercure et le zinc. Quatorze (14) échantillons de cadmium sur dix-huit (18) présentent un dépassement de la CER, onze (11) pour le chrome et sept (7) pour le zinc. En ce qui a trait aux substances organiques, seul un congénère d'hydrocarbure aromatique polycyclique (HAP), l'acénaphène, dépasse cette même concentration, avec sept (7) dépassements observés. Les dépassements de la CSE sont peu nombreux, soit six (6) dépassement d'acénaphène et cinq (5) dépassements pour le cadmium et le chrome. Il importe de mentionner que ces dépassements reflètent la qualité générale des sédiments observés dans le lac Saint-François (Suivi de l'état du Saint-Laurent, 2002). Ainsi, ces résultats ne sont pas seulement représentatifs des canaux, mais bien de l'ensemble du milieu aquatique, et ne semblent pas constituer une menace supplémentaire pour le milieu environnant.

Tableau 3-9 Résultats d’analyse sur les sédiments - S2-SED-01 à S2-SED-06 (WSP, 2016)

Substances	S2-SED-01	S2-SED-02	S2-SED-03	S2-SED-04	S2-SED-05	S2-SED-06	Tableau sommaire des recommandations canadiennes de la qualité des sédiments (CCME, 2011)			Nombre de dépassements			Critères d'évaluation de la qualité des sédiments d'eau douce (EC & MDDEP, 2007)					Nombre de dépassements				
							Interim Sediment Quality Guidelines (ISQG)	Threshold Effect Levels (TEL)	Probable Effect Levels (PEL)	ISQG	TEL	PEL	Concentration effets rares (CER)	Concentration seuil (CS)	Concentration effets occasionnels (CEO)	Concentration effet probable (CEP)	Concentration effets fréquents (CEF)	CER	CS	CEO	CEP	CEF
Hydrocarbures aromatiques polycycliques																						
Acénaphthène (mg/kg)	0,002	0,002	0,016	0,002	0,007	0,014	0,020	0,020	0,020	0	0	0	0,004	0,007	0,021	0,089	0,940	3	3	0	0	0
Acénaphthylène (mg/kg)	0,011	0,018	0,199	0,007	0,078	0,002	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,003	0,006	0,030	0,130	0,340	0	0	0	0	0
Anthracène (mg/kg)	0,010	0,020	0,280	0,020	0,080	0,030	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,016	0,047	0,110	0,240	1,100	0	0	0	0	0
Benzo(a)anthracène (mg/kg)	0,020	0,040	0,480	0,030	0,080	0,090	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,014	0,032	0,120	0,390	0,760	0	0	0	0	0
Benzo(a)pyrène (mg/kg)	0,050	0,060	0,940	0,030	0,210	0,130	0,089	0,089	0,089	0	0	0	0,011	0,032	0,150	0,780	3,200	0	0	0	0	0
Benzo(b)fluoranthène (mg/kg)	0,050	0,050	0,860	0,030	0,230	0,160	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Benzo(b+j+k)fluoranthène (mg/kg)	0,120	0,140	1,950	0,090	0,510	0,330	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Benzo(c)phénanthrène (mg/kg)	0,010	0,005	0,080	0,005	0,020	0,020	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Benzo(g,h,i)pérylène (mg/kg)	0,040	0,060	0,590	0,030	0,180	0,130	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Benzo(j)fluoranthène (mg/kg)	0,030	0,040	0,510	0,020	0,120	0,080	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Benzo(k)fluoranthène (mg/kg)	0,020	0,030	0,500	0,020	0,130	0,070	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Chrysène (mg/kg)	0,050	0,060	0,640	0,040	0,160	0,150	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,026	0,057	0,240	0,860	1,600	0	0	0	0	0
Dibenzo(a,h)anthracène (mg/kg)	0,011	0,016	0,223	0,006	0,044	0,026	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,003	0,006	0,043	0,140	0,200	0	0	0	0	0
Dibenzo(a,h)pyrène (mg/kg)	0,005	0,005	0,020	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Dibenzo(a,i)pyrène (mg/kg)	0,005	0,005	0,070	0,005	0,020	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Dibenzo(a,l)pyrène (mg/kg)	0,005	0,005	0,170	0,005	0,030	0,020	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Diméthyl-1,3 naphthalène (mg/kg)	0,020	0,030	0,005	0,020	0,020	0,340	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Diméthyl-7,12 Benzo(a)anthracène (mg/kg)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Fluoranthène (mg/kg)	0,050	0,080	0,560	0,060	0,160	0,340	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,047	0,110	0,450	2,40	4,900	0	0	0	0	0
Fluorène (mg/kg)	0,005	0,005	0,020	0,005	0,005	0,020	0,021	0,021	0,021	0	0	0	0,010	0,021	0,061	0,140	1,200	0	0	0	0	0
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène (mg/kg)	0,030	0,040	0,550	0,020	0,160	0,100	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Méthyl-1 naphthalène (mg/kg)	0,050	0,060	0,040	0,050	0,030	0,060	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Méthyl-2 naphthalène (mg/kg)	0,020	0,040	0,020	0,020	0,010	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,016	0,200	0,063	0,200	0,380	0	0	0	0	0
Méthyl-3 cholanthrène (mg/kg)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Naphtalène (mg/kg)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,017	0,035	0,120	0,390	1,200	0	0	0	0	0
Phénanthrène (mg/kg)	0,020	0,030	0,060	0,050	0,030	0,110	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,025	0,042	0,130	0,520	1,100	0	0	0	0	0
Pyrène (mg/kg)	0,050	0,080	0,560	0,050	0,150	0,230	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,029	0,053	0,230	0,880	1,500	0	0	0	0	0
Triméthyl-2,3,5 naphthalène (mg/kg)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Biphényles polychlorés (BPC)																						
BPC (somme) (mg/kg)	0,008	0,013	0,009	0,008	0,008	0,009	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,025	0,034	0,079	0,280	0,780	0	0	0	0	0
Hydrocarbures aromatiques monocycliques																						
Benzène (mg/kg)	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Éthylbenzène (mg/kg)	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Toluène (mg/kg)	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Xylènes (mg/kg)	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Métaux et métalloïdes																						
Argent (mg/kg)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Arsenic (mg/kg)	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	5,90	aucun	17,00	0	0	0	4,100	5,900	7,60	17,0	23,00	0	0	0	0	0
Baryum (mg/kg)	72,00	102,00	77,00	60,00	52,00	65,00	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Cadmium (mg/kg)	0,40	0,70	0,60	0,15	0,40	0,70	0,600	aucun	3,50	3	0	0	0,33	0,60	1,70	3,50	12,00	5	5	0	0	0
Chrome total (mg/kg)	30,00	42,00	35,00	12,50	12,50	28,00	37,30	aucun	90,00	4	0	0	25,00	37,00	57,00	90,00	120,00	4	1	0	0	0
Cobalt (mg/kg)	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Cuivre (mg/kg)	10,00	29,00	20,00	10,00	10,00	22,00	35,70	aucun	197,00	0	0	0	22,00	36,00	63,00	200,00	700,00	2	0	0	0	0
Étain (mg/kg)	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Manganèse (mg/kg)	276,00	387,00	275,00	300,00	218,00	232,00	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Mercuré (mg/kg)	0,03	0,06	0,05	0,09	0,03	0,07	0,170	aucun	0,486	0	0	0	0,09	0,170	0,25	0,49	0,870	1	0	0	0	0
Molybdène (mg/kg)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Nickel (mg/kg)	15,00	15,00	15,00	33,00	15,00	15,00	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	47,00	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Plomb (mg/kg)	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	35,00	0	91,30	0	0	0	25,00	35,00	52,00	91,00	150,00	0	0	0	0	0
Sélénium (mg/kg)	0,50	1,00	0,50	0,50	1,00	0,50	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Zinc (mg/kg)	35,00	96,00	76,00	35,00	76,00	187,00	123,00	aucun	315,00	1	0	0	80,00	120,00	170,00	310,00	770,00	2	2	1	0	0
Paramètre intégrateur																						
Hydrocarbures pétroliers (C10 à C50) (mg/kg)	173,00	307,00	50,00	50,00	50,00	106,00	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Paramètres inorganiques																						
Humidité (%)	66,40	80,00	70,70	66,90	65,20	70,00	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0

Note : les dépassements de seuils sont affichés en bleu dans le tableau.

Tableau 3-10 Résultats d’analyse sur les sédiments - S2-SED-07 à S2-SED-12 (WSP, 2016)

Substances	S2-SED-07	S2-SED-08	S2-SED-09	S2-SED-10	S2-SED-11	S2-SED-12	Tableau sommaire des recommandations canadiennes de la qualité des sédiments (CCME, 2011)			Nombre de dépassements			Critères d'évaluation de la qualité des sédiments d'eau douce (EC & MDDEP, 2007)					Nombre de dépassements				
							Interim Sediment Quality Guidelines (ISQG)	Threshold Effect Levels (TEL)	Probable Effect Levels (PEL)	ISQG	TEL	PEL	Concentration effets rares (CER)	Concentration seuil (CS)	Concentration effets occasionnels (CEO)	Concentration effet probable (CEP)	Concentration effets fréquents (CEF)	CER	CS	CEO	CEP	CEF
Hydrocarbures aromatiques polycycliques																						
Acénaphthène (mg/kg)	0,006	0,055	0,009	0,002	0,014	0,002	0,020	0,020	0,020	1	0	0	0,004	0,007	0,021	0,089	0,940	4	3	1	0	0
Acénaphthylène (mg/kg)	0,097	0,097	0,025	0,007	0,207	0,027	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,003	0,006	0,030	0,130	0,340	0	0	0	0	0
Anthracène (mg/kg)	0,130	0,150	0,050	0,020	0,250	0,040	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,016	0,047	0,110	0,240	1,100	0	0	0	0	0
Benzo(a)anthracène (mg/kg)	0,160	0,210	0,040	0,020	0,300	0,050	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,014	0,032	0,120	0,390	0,760	0	0	0	0	0
Benzo(a)pyrène (mg/kg)	0,270	0,360	0,070	0,040	0,360	0,070	0,089	0,089	0,089	0	0	0	0,011	0,032	0,150	0,780	3,200	0	0	0	0	0
Benzo(b)fluoranthène (mg/kg)	0,280	0,300	0,070	0,040	0,400	0,070	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Benzo(b+j+k)fluoranthène (mg/kg)	0,630	0,680	0,150	0,080	0,850	0,150	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Benzo(c)phénanthrène (mg/kg)	0,030	0,040	0,010	0,005	0,050	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Benzo(g,h,i)pérylène (mg/kg)	0,270	0,260	0,060	0,030	0,310	0,050	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Benzo(j)fluoranthène (mg/kg)	0,140	0,170	0,030	0,020	0,220	0,040	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Benzo(k)fluoranthène (mg/kg)	0,190	0,170	0,040	0,020	0,190	0,030	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Chrysène (mg/kg)	0,270	0,260	0,080	0,030	0,360	0,080	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,026	0,057	0,240	0,860	1,600	0	0	0	0	0
Dibenzo(a,h)anthracène (mg/kg)	0,063	0,064	0,013	0,011	0,118	0,014	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,003	0,006	0,043	0,140	0,200	0	0	0	0	0
Dibenzo(a,h)pyrène (mg/kg)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Dibenzo(a,i)pyrène (mg/kg)	0,020	0,020	0,005	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Dibenzo(a,l)pyrène (mg/kg)	0,040	0,030	0,005	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Diméthyl-1,3 naphtalène (mg/kg)	0,010	0,020	0,020	0,020	0,005	0,020	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Diméthyl-7,12 Benzo(a)anthracène (mg/kg)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Fluoranthène (mg/kg)	0,280	0,400	0,110	0,060	0,410	0,070	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,047	0,110	0,450	2,40	4,900	0	0	0	0	0
Fluorène (mg/kg)	0,005	0,070	0,010	0,010	0,005	0,005	0,021	0,021	0,021	0	0	0	0,010	0,021	0,061	0,140	1,200	0	0	0	0	0
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène (mg/kg)	0,210	0,210	0,050	0,030	0,290	0,050	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Méthyl-1 naphtalène (mg/kg)	0,040	0,070	0,060	0,040	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Méthyl-2 naphtalène (mg/kg)	0,005	0,020	0,010	0,020	0,020	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,016	0,200	0,063	0,200	0,380	0	0	0	0	0
Méthyl-3 cholanthrène (mg/kg)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Naphtalène (mg/kg)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,017	0,035	0,120	0,390	1,200	0	0	0	0	0
Phénanthrène (mg/kg)	0,050	0,250	0,030	0,040	0,060	0,020	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,025	0,042	0,130	0,520	1,100	0	0	0	0	0
Pyrène (mg/kg)	0,300	0,340	0,090	0,050	0,440	0,070	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,029	0,053	0,230	0,880	1,500	0	0	0	0	0
Triméthyl-2,3,5 naphtalène (mg/kg)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Biphényles polychlorés (BPC)																						
BPC (somme) (mg/kg)	0,008	0,020	0,010	0,008	0,013	0,013	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,025	0,034	0,079	0,280	0,780	0	0	0	0	0
Hydrocarbures aromatiques monocycliques																						
Benzène (mg/kg)	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Éthylbenzène (mg/kg)	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Toluène (mg/kg)	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Xylènes (mg/kg)	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Métaux et métalloïdes																						
Argent (mg/kg)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Arsenic (mg/kg)	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	5,90	aucun	17,00	0	0	0	4,100	5,900	7,60	17,0	23,00	0	0	0	0	0
Baryum (mg/kg)	48,00	97,00	105,00	69,00	92,00	77,00	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Cadmium (mg/kg)	0,50	0,70	0,80	0,50	0,80	0,50	0,600	aucun	3,50	3	0	0	0,33	0,60	1,70	3,50	12,00	6	3	0	0	0
Chrome total (mg/kg)	12,50	41,00	59,00	36,00	39,00	36,00	37,30	aucun	90,00	3	0	0	25,00	37,00	57,00	90,00	120,00	5	3	1	0	0
Cobalt (mg/kg)	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Cuivre (mg/kg)	10,00	29,00	29,00	21,00	23,00	10,00	35,70	aucun	197,00	0	0	0	22,00	36,00	63,00	200,00	700,00	3	0	0	0	0
Étain (mg/kg)	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Manganèse (mg/kg)	163,00	224,00	307,00	244,00	321,00	231,00	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Mercure (mg/kg)	0,06	0,09	0,03	0,03	0,18	0,03	0,170	aucun	0,486	1	0	0	0,09	0,170	0,25	0,49	0,870	2	1	0	0	0
Molybdène (mg/kg)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Nickel (mg/kg)	15,00	33,00	42,00	15,00	34,00	33,00	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	47,00	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Plomb (mg/kg)	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	35,00	0	91,30	0	0	0	25,00	35,00	52,00	91,00	150,00	0	0	0	0	0
Sélénium (mg/kg)	0,50	1,00	0,50	0,50	2,00	1,00	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Zinc (mg/kg)	79,00	98,00	107,00	82,00	146,00	76,00	123,00	aucun	315,00	1	0	0	80,00	120,00	170,00	310,00	770,00	4	1	0	0	0
Paramètre intégrateur																						
Hydrocarbures pétroliers (C10 à C50) (mg/kg)	50,00	200,00	50,00	50,00	207,00	50,00	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Paramètres inorganiques																						
Humidité (%)	67,40	86,00	67,80	65,40	78,40	76,70	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0

Note : les dépassements de seuils sont affichés en bleu dans le tableau.

Tableau 3-11 Résultats d’analyse sur les sédiments (S2-SED-13 à S2-SED-18)

Substances	S2-SED-13	S2-SED-14	S2-SED-15	S2-SED-16	S2-SED-17	S2-SED-018	Tableau sommaire des recommandations canadiennes de la qualité des sédiments (CCME, 2011)			Nombre de dépassements			Critères d'évaluation de la qualité des sédiments d'eau douce (EC & MDDEP, 2007)					Nombre de dépassements				
							Interim Sediment Quality Guidelines (ISQG)	Threshold Effect Levels (TEL)	Probable Effect Levels (PEL)	ISQG	TEL	PEL	Concentration effets rares (CER)	Concentration seuil (CS)	Concentration effets occasionnels (CEO)	Concentration effet probable (CEP)	Concentration effets fréquents (CEF)	CER	CS	CEO	CEP	CEF
Hydrocarbures aromatiques polycycliques																						
Acénaphthène (mg/kg)	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,020	0,020	0,020	0	0	0	0,004	0,007	0,021	0,089	0,940	0	0	0	0	0
Acénaphthylène (mg/kg)	0,026	0,053	0,018	0,002	0,002	0,002	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,003	0,006	0,030	0,130	0,340	0	0	0	0	0
Anthracène (mg/kg)	0,030	0,190	0,020	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,016	0,047	0,110	0,240	1,100	0	0	0	0	0
Benzo(a)anthracène (mg/kg)	0,030	0,110	0,050	0,010	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,014	0,032	0,120	0,390	0,760	0	0	0	0	0
Benzo(a)pyrène (mg/kg)	0,040	0,110	0,050	0,010	0,005	0,005	0,089	0,089	0,089	0	0	0	0,011	0,032	0,150	0,780	3,200	0	0	0	0	0
Benzo(b)fluoranthène (mg/kg)	0,050	0,130	0,060	0,010	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Benzo(b+j+k)fluoranthène (mg/kg)	0,100	0,270	0,130	0,020	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Benzo(c)phénanthrène (mg/kg)	0,005	0,020	0,010	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Benzo(g,h,i)pérylène (mg/kg)	0,040	0,090	0,050	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Benzo(j)fluoranthène (mg/kg)	0,030	0,070	0,030	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Benzo(k)fluoranthène (mg/kg)	0,020	0,060	0,030	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Chrysène (mg/kg)	0,050	0,230	0,070	0,020	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,026	0,057	0,240	0,860	1,600	0	0	0	0	0
Dibenzo(a,h)anthracène (mg/kg)	0,002	0,027	0,010	0,002	0,002	0,002	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,003	0,006	0,043	0,140	0,200	0	0	0	0	0
Dibenzo(a,h)pyrène (mg/kg)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Dibenzo(a,i)pyrène (mg/kg)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Dibenzo(a,l)pyrène (mg/kg)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Diméthyl-1,3 naphtalène (mg/kg)	0,010	0,020	0,020	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Diméthyl-7,12 Benzo(a)anthracène (mg/kg)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Fluoranthène (mg/kg)	0,070	0,120	0,120	0,030	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,047	0,110	0,450	2,40	4,900	0	0	0	0	0
Fluorène (mg/kg)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,021	0,021	0,021	0	0	0	0,010	0,021	0,061	0,140	1,200	0	0	0	0	0
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène (mg/kg)	0,030	0,090	0,040	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Méthyl-1 naphtalène (mg/kg)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Méthyl-2 naphtalène (mg/kg)	0,010	0,020	0,005	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,016	0,200	0,063	0,200	0,380	0	0	0	0	0
Méthyl-3 cholanthrène (mg/kg)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Naphtalène (mg/kg)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,017	0,035	0,120	0,390	1,200	0	0	0	0	0
Phénanthrène (mg/kg)	0,020	0,030	0,030	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,025	0,042	0,130	0,520	1,100	0	0	0	0	0
Pyrène (mg/kg)	0,070	0,140	0,100	0,020	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,029	0,053	0,230	0,880	1,500	0	0	0	0	0
Triméthyl-2,3,5 naphtalène (mg/kg)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Biphényles polychlorés (BPC)																						
BPC (somme) (mg/kg)	0,009	0,208	0,010	0,005	0,005	0,005	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0,025	0,034	0,079	0,280	0,780	0	0	0	0	0
Hydrocarbures aromatiques monocycliques																						
Benzène (mg/kg)	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Éthylbenzène (mg/kg)	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Toluène (mg/kg)	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Xylènes (mg/kg)	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Métaux et métalloïdes																						
Argent (mg/kg)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Arsenic (mg/kg)	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	5,90	aucun	17,00	0	0	0	4,100	5,900	7,60	17,0	23,00	0	0	0	0	0
Baryum (mg/kg)	48,00	99,00	89,00	10,00	10,00	28,00	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Cadmium (mg/kg)	0,40	0,50	0,60	0,15	0,15	0,15	0,600	aucun	3,50	1	0	0	0,33	0,60	1,70	3,50	12,00	3	1	0	0	0
Chrome total (mg/kg)	12,50	36,00	39,00	12,50	12,50	12,50	37,30	aucun	90,00	1	0	0	25,00	37,00	57,00	90,00	120,00	2	1	0	0	0
Cobalt (mg/kg)	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Cuivre (mg/kg)	10,00	10,00	21,00	10,00	10,00	10,00	35,70	aucun	197,00	0	0	0	22,00	36,00	63,00	200,00	700,00	0	0	0	0	0
Étain (mg/kg)	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Manganèse (mg/kg)	228,00	241,00	238,00	46,00	48,00	151,00	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Mercuré (mg/kg)	0,03	0,03	0,07	0,03	0,03	0,03	0,170	aucun	0,486	0	0	0	0,09	0,170	0,25	0,49	0,870	0	0	0	0	0
Molybdène (mg/kg)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Nickel (mg/kg)	15,00	31,00	43,00	15,00	15,00	15,00	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	47,00	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Plomb (mg/kg)	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	35,00	0	91,30	0	0	0	25,00	35,00	52,00	91,00	150,00	0	0	0	0	0
Sélénium (mg/kg)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Zinc (mg/kg)	72,00	35,00	91,00	35,00	35,00	35,00	123,00	aucun	315,00	0	0	0	80,00	120,00	170,00	310,00	770,00	1	0	0	0	0
Paramètre intégrateur																						
Hydrocarbures pétroliers (C10 à C50) (mg/kg)	244,00	186,00	102,00	50,00	50,00	50,00	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0
Paramètres inorganiques																						
Humidité (%)	70,10	67,50	72,70	27,00	21,00	26,90	aucun	aucun	aucun	0	0	0	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	0	0	0	0	0

Note : les dépassements de seuils sont affichés en bleu dans le tableau.

3.2.10 QUALITÉ DE L'EAU

Une analyse de l'eau de surface a été effectuée par Englobe via AGAT Laboratoire en juillet 2015 dans le cadre de la demande de certificat d'autorisation pour le faucardage des plantes aquatiques dans les canaux de navigation de Saint-Zotique (No/Réf au MDDELCC 046-P-0008949-0-01-001-01-EN-R-001-0A). Les échantillons ont été prélevés à partir de l'eau de surface de six échantillons sur les canaux 1, 4, 7, 13, 16 et 18 ainsi qu'un échantillon témoin dans le lac Saint-François, vis-à-vis la plage. L'exercice visait à analyser plusieurs paramètres comprenant les coliformes totaux, les bactéries atypiques, les coliformes fécaux, les nitrates, les nitrites, les nitrites-nitrates, le phosphore total et le phosphore inorganique total (Englobe, 2015).

Les résultats, tels qu'indiqués au Tableau 3-12, expriment la productivité élevée du milieu et les concentrations en nutriments sont indicateurs d'un milieu eutrophe. La température de l'eau est très élevée ($> 22^{\circ}\text{C}$), ce qui favorise la production primaire des plantes aquatiques et des bactéries dans l'eau. D'ailleurs, les concentrations diurnes en oxygène élevées le confirment. En effet, une température élevée de l'eau favorise habituellement une désaturation en oxygène lorsque celle-ci n'est pas compensée par une production primaire importante par les plantes aquatiques.

Bien que les canaux présentent des signes avancés d'eutrophisation, les critères de protection des activités récréatives, de l'esthétisme ainsi que de protection de la vie aquatique sont respectés, sauf pour les concentrations de phosphore des échantillons QE-01 et QE-04 (Englobe, 2015). Ces résultats reflètent ce qui est généralement observé dans les cours d'eau en milieu urbain (Walsh et coll., 2005).

Parallèlement aux analyses réalisées par Englobe en 2015, le COBAVER-SV a également procédé à une analyse de la qualité de l'eau de juin 2015 à mai 2016. Cette analyse a été effectuée dans le cadre du projet d'optimisation de la gestion des cours d'eau lors de la caractérisation des bassins versants de la MRC de Vaudreuil-Soulanges, administrée par le COBAVER-SV et dont font partie les bassins versants des Dix-Huit Arpents et du Grand Marais juste en amont de la zone des travaux. L'analyse visait à faire ressortir divers paramètres comprenant les matières en suspension (MES), le phosphore, l'oxygène dissous et le pH. La méthodologie appliquée lors de la caractérisation des cours d'eau et l'analyse de la qualité de l'eau est conforme aux protocoles prescrits par le MDDELCC. L'objectif était d'obtenir plus d'information relativement à la qualité des cours d'eau qui se dirigent vers les canaux. Ainsi, trois stations d'échantillonnage ont été positionnées en amont de ceux-ci et ont été échantillonnées à plusieurs reprises durant l'année (voir Carte 3-2). Les résultats des sept premiers échantillonnages pour les MES et le phosphore et pour chacune des trois stations sont présentés aux Figures 3-10 et 3-11. Pour ces deux paramètres, des dépassements de seuils prescrits par le MDDELCC (Hébert, 1997) sont observables principalement pour l'échantillon n° 2 du bassin des Dix-Huit Arpents.

Tableau 3-12 Résultats d'analyse des échantillons d'eau de surface prélevés dans les canaux de Saint-Zotique, juillet 2015 (Englobe)

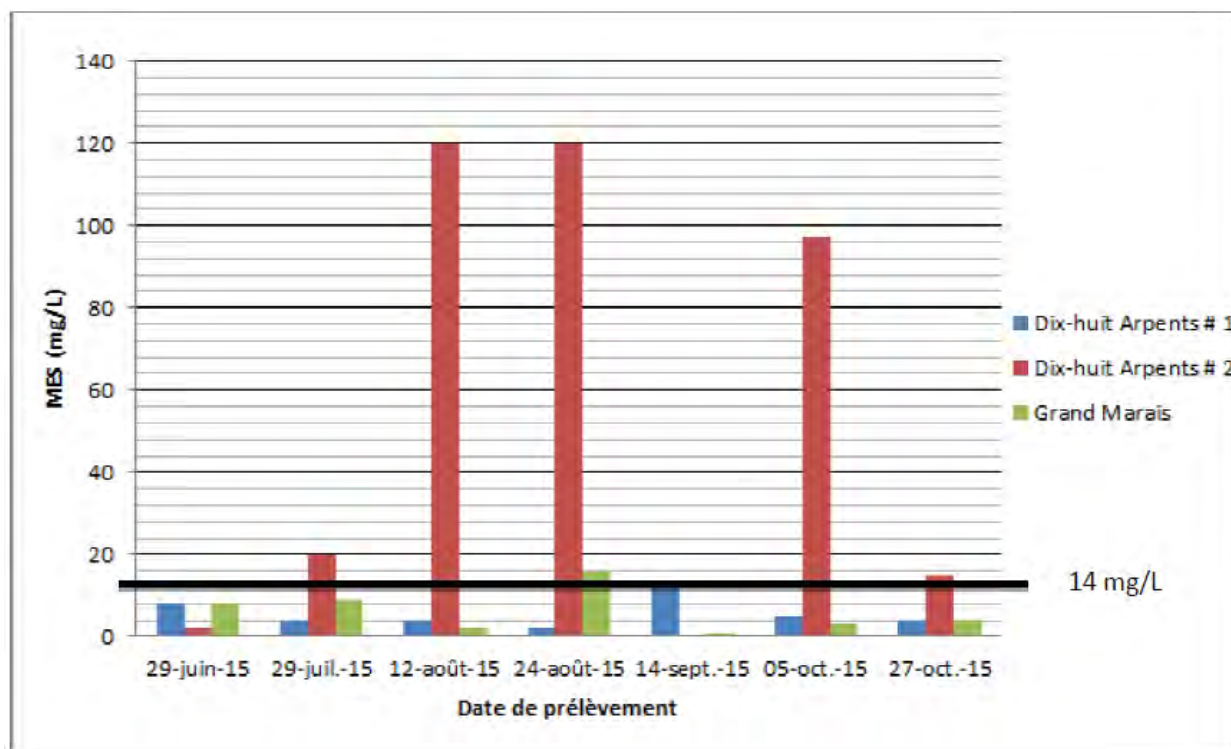
Paramètres	Unités	Limites de détection	Critères de qualité des eaux de surface		Échantillon						
			Protection des activités récréatives et de l'esthétisme	Protection de la vie aquatique (effet chronique) ¹	QE-01	QE-04	QE-07	QE-13	QE-16	QD-18	Q12 (Témoïn)
Microbiologie											
Coliformes totaux - Eau de surface	UFC/100ml	10	n/a	n/a	30	50	27	99	36	60	<10
Coliformes fécaux- Eau de surface	UFC/100ml	2	200	n/a	23	7	8	3	8	11	2
Analyses inorganiques											
Nitrates	Mg/L-N	0,02	n/a	2,9	<0,02	<0,02	<0,02	0,09	0,13	0,13	0,21
Nitrites	Mg/L-N	0,02	n/a	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Nitrites-Nitrates	Mg/L-N		n/a	n/a	<0,04	<0,04	<0,04	0,09	0,13	0,13	0,21
Phosphore total	Mg/L-P	0,02	0,03	0,03	0,06	0,16	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Paramètres physiques											
Oxygène dissous	%		n/a	47%	90	91,2	139	128	98,8	146,7	124,2
Température	°C		n/a	n/a	23	22,9	23,4	23,1	24,3	23,6	20
Profondeur	m		n/a	n/a	1	1	1	1	0,5	1	3
Transparence	m		n/a	n/a	1	1	1	1	0,3	1	3

Source : Englobe (2015)

Note : Les dépassements de critères sont affichés en bleu dans le tableau.

¹ Ce critère de qualité est en révision. Cette valeur est établie à partir des effets toxiques et ne tient pas compte des effets indirects d'eutrophisation.

Figure 3-10 Résultats d'analyse des matières en suspension des échantillons d'eau prélevés aux stations Dix-Huit Arpents (1 et 2) et Grand Marais

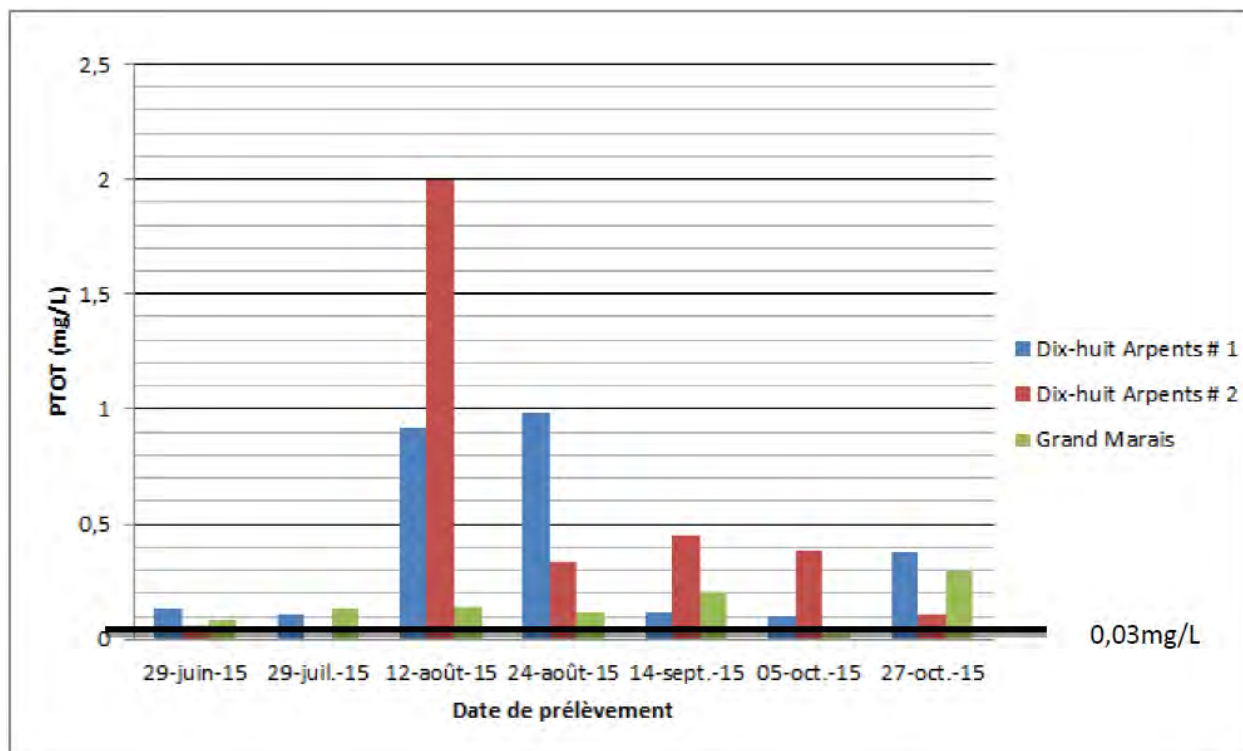


Source : COBAVERS-VS (2015)

Les niveaux de MES indiquent une eau de mauvaise à très mauvaise qualité où les usages peuvent être compromis (Hébert, 1997), puisque ceux-ci dépassent le seuil de 14 mg/L. Mis à part les échantillons de la station Dix-huit Arpents n° 2 des 12 août, 24 août et 5 octobre 2015, les concentrations de MES sont inférieures à 25 mg/L et l'eau peut donc être considérée comme limpide, selon le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME, 2002)². Ainsi, le seuil de protection de la vie aquatique (effet chronique) est respecté (MDDELCC, 2016). Des épisodes de pluies, une prolifération d'algues, des rives instables, de l'érosion de fond de cours d'eau et des travaux d'entretien en cours d'eau sont divers facteurs qui pourraient contribuer à des concentrations élevées en MES (COVABER-VS, 2015). Ces résultats suggèrent donc que le milieu est sensible aux épisodes de pluies extrêmes. De plus, ces concentrations élevées en MES accélèrent le processus d'eutrophisation des canaux.

² CCME – Conseil canadien des ministres de l'Environnement. 2002. *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*. Winnipeg.

Figure 3-11 Résultats d'analyse en phosphore des échantillons d'eau prélevés aux stations Dix-Huit Arpents (1 et 2) et Grand Marais



Source : COBAVERS-VS (2015b)

Les résultats indiquent un dépassement général du seuil de 0,03 mg/L qui correspond à la concentration limite visant à restreindre l'eutrophisation des cours d'eau établie par le MDDELCC (2016b) comme critère de qualité des eaux de surface (MDDELCC, 2016). La majorité des échantillons dépassent également le critère de 0,2 mg/L qui indique une eau de très mauvaise qualité où tous les usages sont compromis (Hébert, 1997). Ces résultats suggèrent que l'eau en provenance des cours d'eau soutient certainement le processus d'eutrophisation observé dans les canaux. Le territoire du bassin versant étant utilisé à des fins agricoles, le lessivage des terres lors des fortes pluies contribue fort probablement à l'augmentation des niveaux de phosphore dans l'eau.

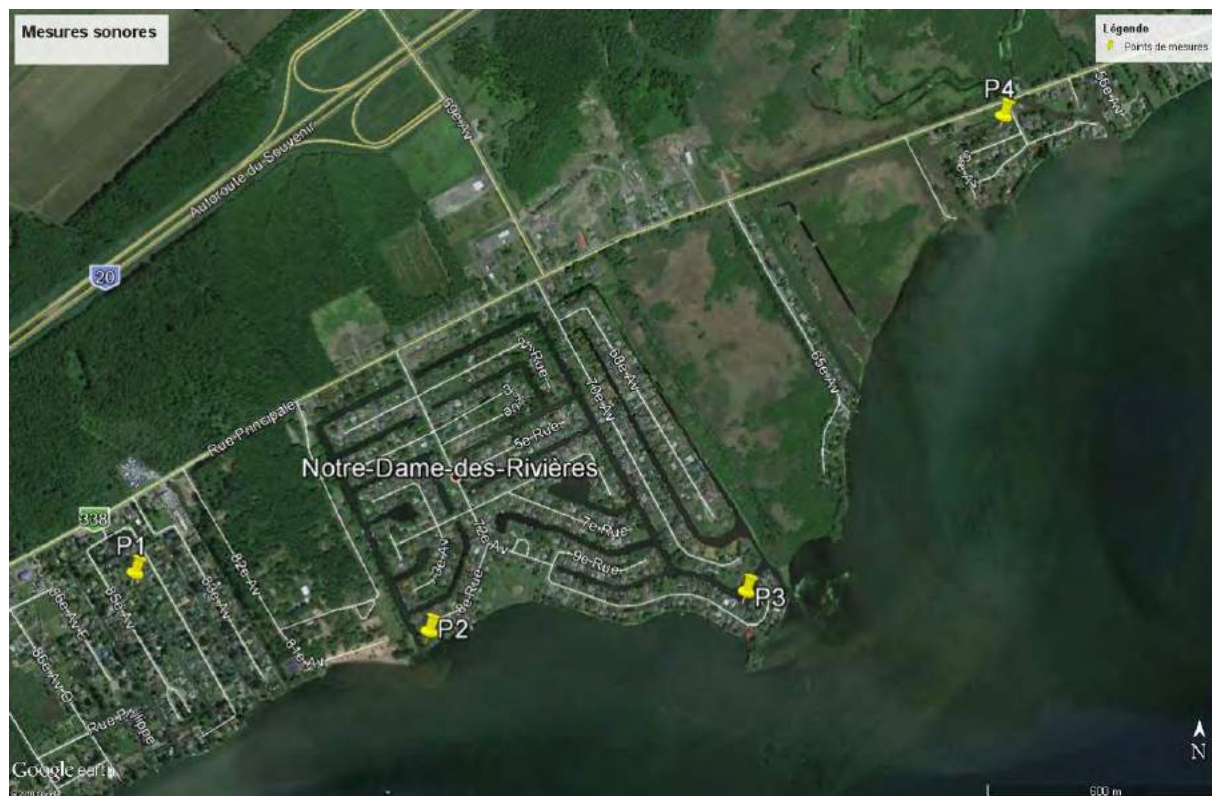
Pour ce qui est des valeurs de pH, non présentées sur les figures, les valeurs selon les critères du ministère doivent se situer entre 6,5 et 9,0 de pH (MDDELCC, 2016b) pour la protection de la vie aquatique et de 6,5 à 8,5 pour la protection des activités récréatives et de l'esthétique. Tous les échantillons respectent les moyennes des valeurs de pH (entre 7,3 et 7), à l'exception de trois échantillons : 6,32 (Dix-Huit Arpents n° 1), 6,4 et 4,26 (Grand Marais). Des valeurs de pH plus faibles peuvent être observées à proximité de marécages et de tourbières, comme c'est le cas pour la station Grand Marais.

3.2.11 CLIMAT SONORE

Afin de déterminer le climat sonore existant, des mesures sonores de 24h ont été effectuées du 29 au 30 août 2016 dans le secteur des canaux visés par les travaux de dragage.

La Figure 3-12 suivante présente les quatre (4) points de mesures sonores retenus à cette fin.

Figure 3-12 Emplacement des points de mesures sonores



Le Tableau 3-13 présente pour chaque point de mesure le niveau sonore équivalent sur une durée de 24 h ($L_{Aeq,24h}$), le niveau sonore équivalent sur une durée de 1 h minimum pour la période de jour ($L_{Aeq,1h MIN}$) et le niveau sonore équivalent sur une durée de 1 h minimum pour la période de nuit ($L_{Aeq,1h MIN}$). Les niveaux de bruit ambiant sur des périodes de 12 h de jour et de 3 h en soirée ont aussi été ajoutés.

Tableau 3-13 Niveaux sonores mesurés aux différents points de mesure

Points de mesures	$L_{Aeq,24h}$ (dBA) ^a	$L_{Aeq,12h}$ 7h à 19h (dBA)	$L_{Aeq,1h MIN}$ 7h à 19h (dBA) ^a	$L_{Aeq,3h}$ 19h à 22h (dBA)	$L_{Aeq,1h MIN}$ 22h à 7h (dBA) ^a
P1	50	50	45	52	45
P2	50	50	48	53	46
P3	50	49	42	49	49
P4	53	53	52	56	47

Note : ^a Niveaux arrondis à 1 dBA et référencés à 2×10^{-5}

L'ensemble de ces niveaux de bruit permettront de déterminer les critères de bruit à respecter en construction selon les *Lignes directrices relativement aux niveaux sonores provenant d'un chantier de construction* du MDDELCC. Pour le jour, soit entre 7 h et 19 h, le MDDELCC a pour politique que le maître d'œuvre doit prendre toutes les mesures raisonnables et réalisables pour maintenir le niveau acoustique d'évaluation sur 12 h provenant du chantier de construction à un niveau soit égal ou inférieur au plus élevé des niveaux sonores suivants, soit 55 dB ou le niveau de bruit initial s'il est supérieur à 55 dB.

Dans le cadre du projet, cette dernière éventualité ne s'appliquera qu'au point P4; les autres points étant soumis au critère de 55 dBA. Suivant ces mêmes lignes directrices, si la situation justifiait que des travaux soient effectués en soirée, les niveaux de bruit devront en tout temps demeurer en-deçà de 55 dBA sur une période de 3 h. Cependant, il est déjà prévu qu'aucun travail ne surviendra en période de nuit.

Les Figures 3-13 à 3-16 présentent les données détaillées des mesures sonores pour chacun des points de mesure.

Figure 3-13 Mesures sonores au point P1

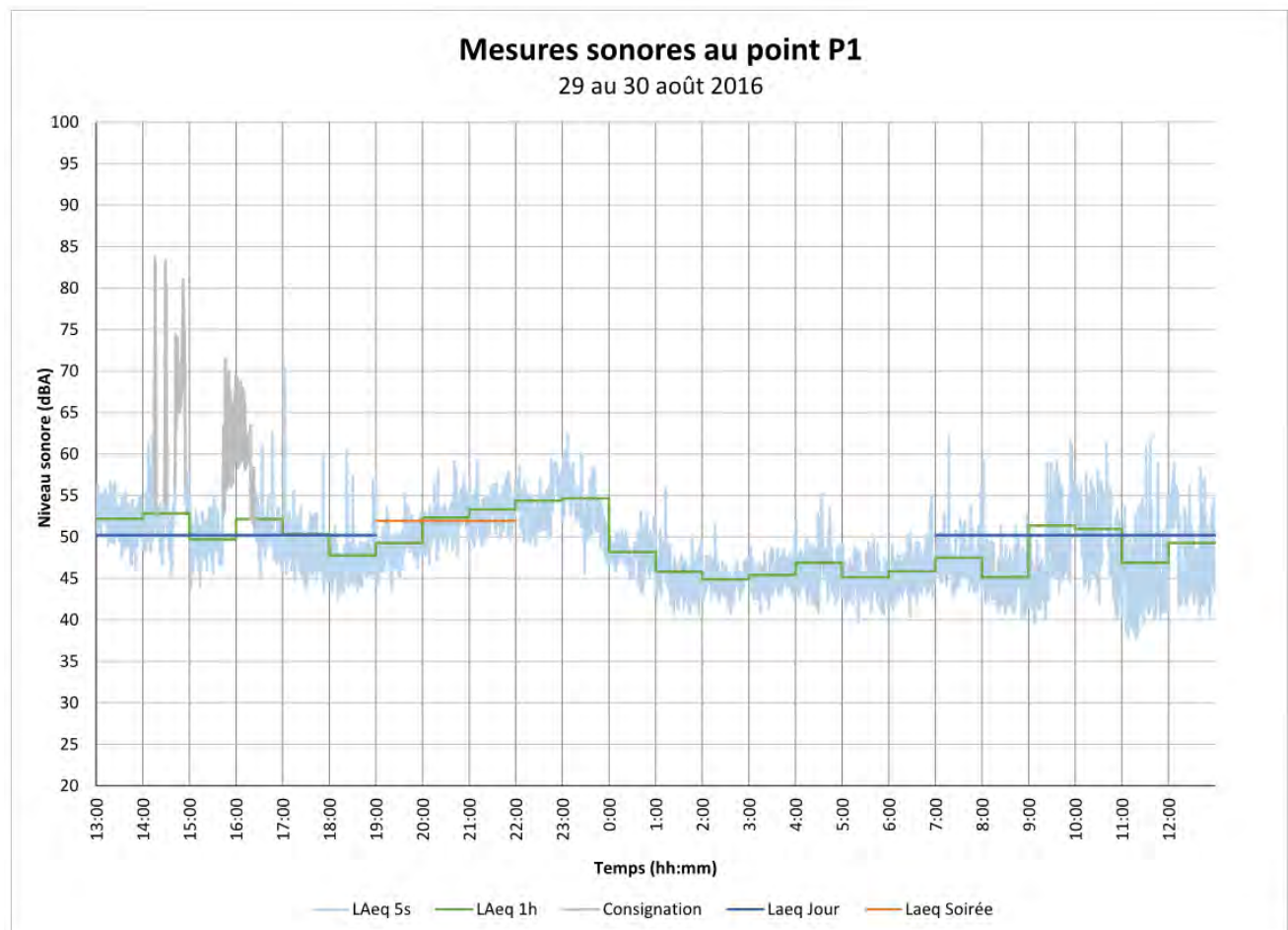


Figure 3-14 Mesures sonores au point P2

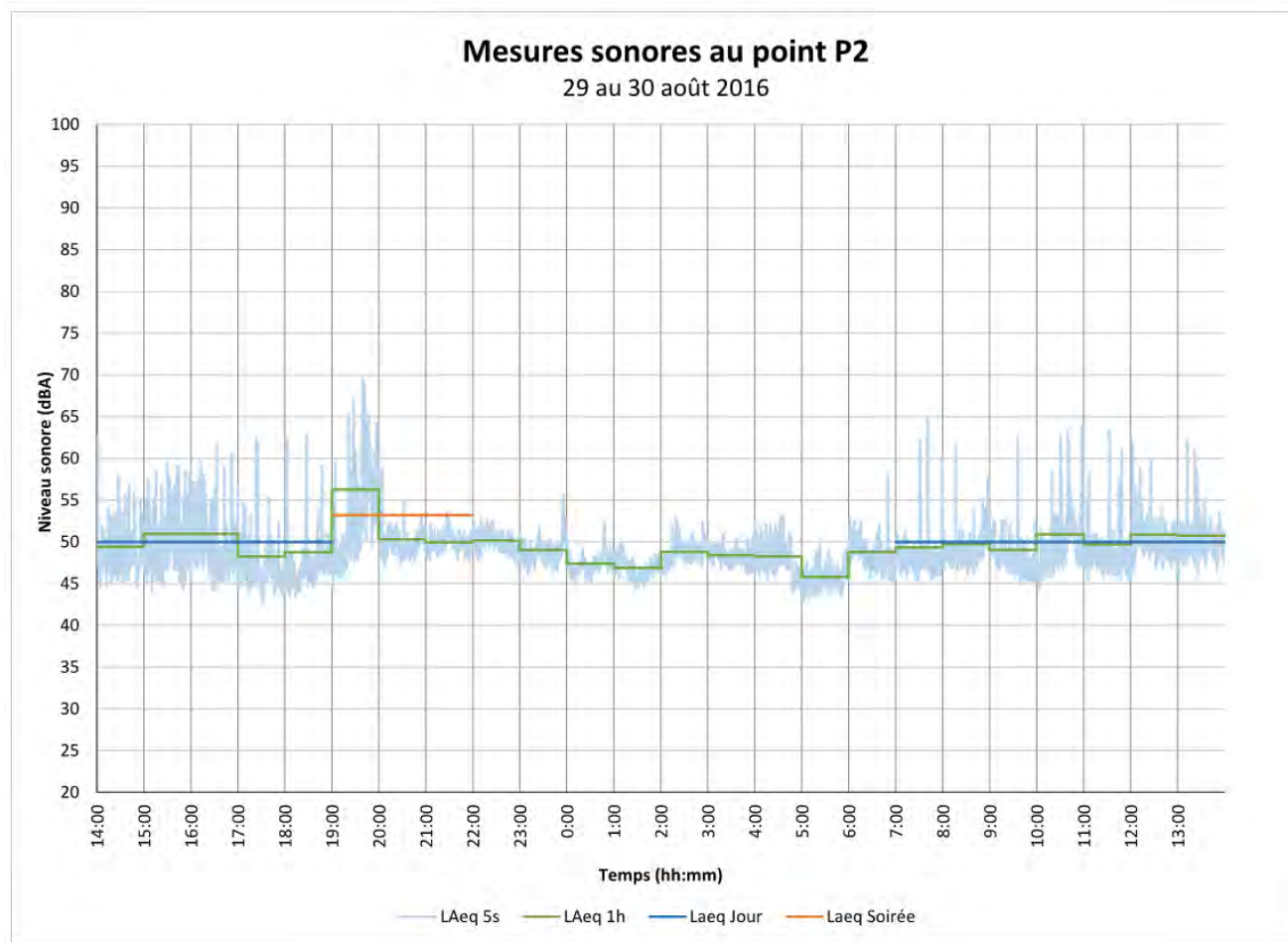


Figure 3-15 Mesures sonores au point P3

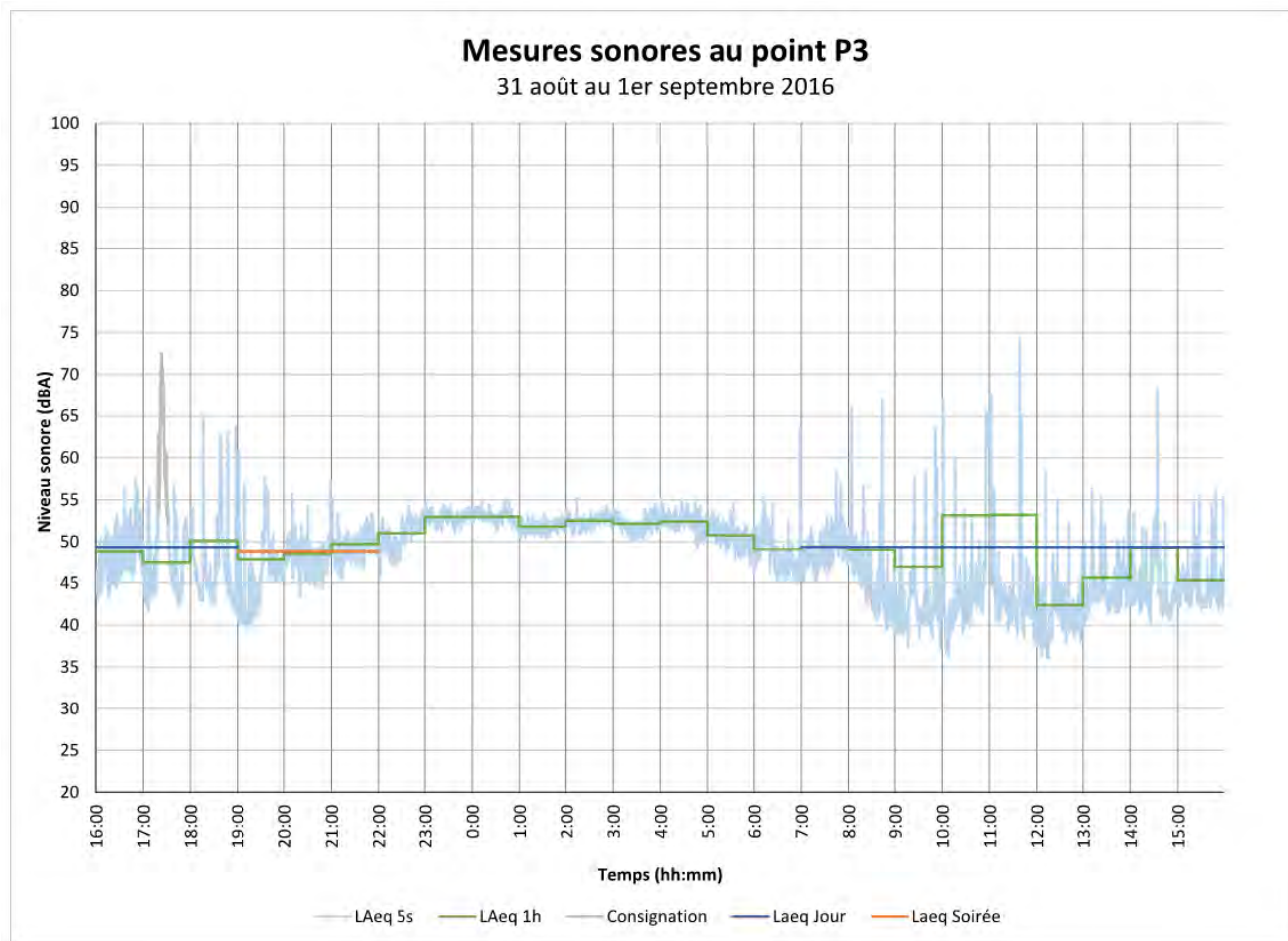
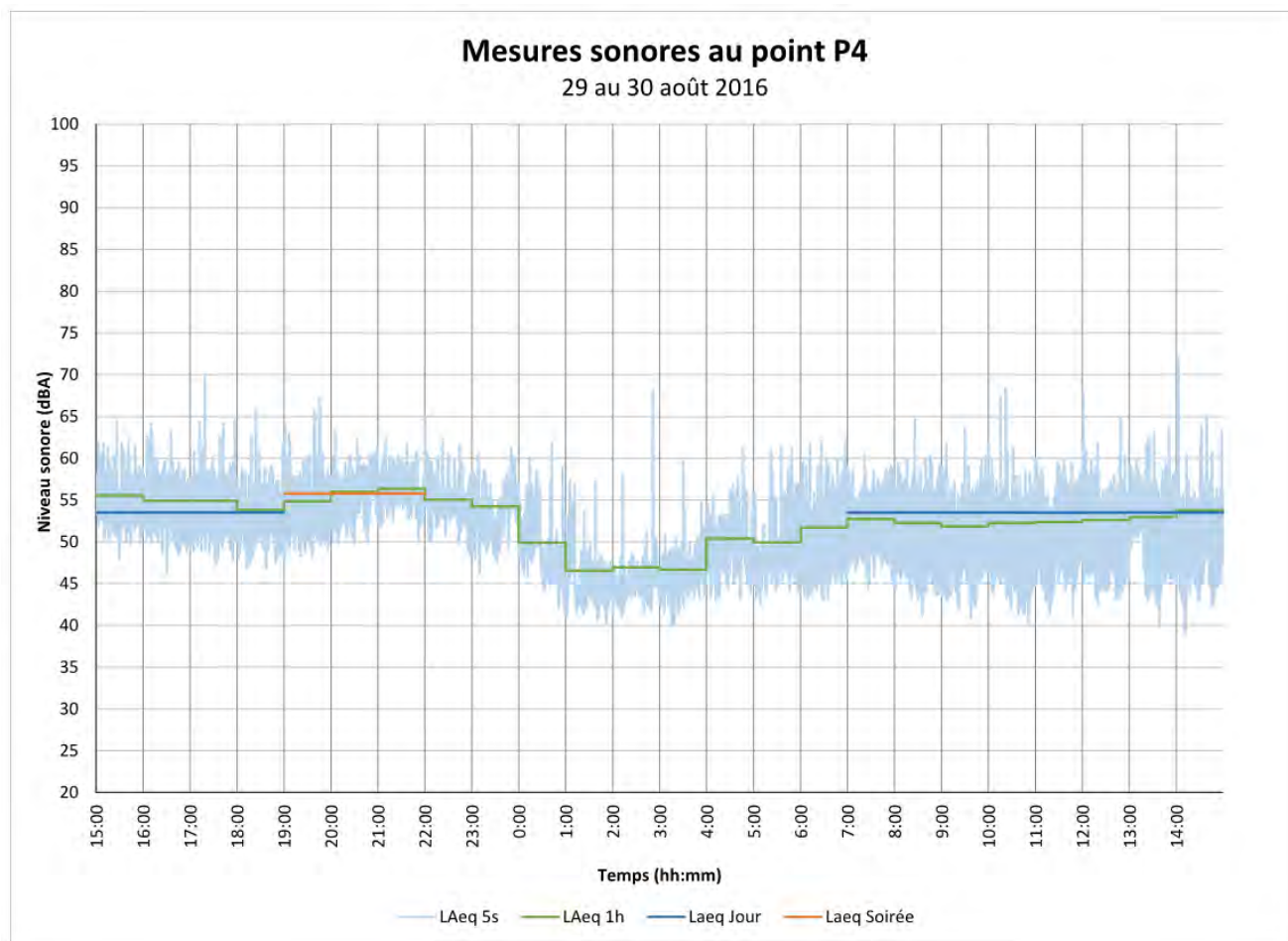


Figure 3-16 Mesures sonores au point P4



En ce qui concerne les points de mesures P1 et P3, des données ont été retirées lors de la consignation puisqu'il s'agissait de bruit non représentatif du climat sonore. Ces données apparaissent en gris sur le graphique. Elles correspondent à une tondeuse à gazon à proximité du microphone pour le point P1 et à une averse de pluie au point P3.

De manière générale, pour chacun des points de mesures, les passages de bateaux sur les canaux d'accès aux résidences constituent l'une des principales sources de bruit, notamment au niveau des points P2 et P3. L'affluence du trafic routier de l'autoroute 20 composait le bruit de fond au point P1. Au point P4, le bruit de la circulation routière sur la route 338 dominait le climat sonore. Les autres sources de bruit perçues aux quatre relevés sonores sont les activités du voisinage, la circulation routière locale, le bruissement des feuilles et le chant des oiseaux.

Les niveaux de bruit ambiant relevés montrent que le secteur des canaux est caractérisé par un climat sonore faiblement perturbé. À titre indicatif, les standards du ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports (MTMDET) indiquent un degré de gêne acceptable pour des niveaux de bruit se situant sous 55 dBA sur une période de 24 h. En outre, les niveaux de bruit existant sont en grande majorité sous les seuils fixés par les *Lignes directrices relativement aux niveaux sonores provenant d'un chantier de construction* du MDDELCC.

3.3 MILIEU BIOLOGIQUE

Cette section décrit les principales caractéristiques du milieu biologique de la zone d'étude. Elle couvre les éléments suivants : végétation terrestre, riveraine et aquatique, faune terrestre et aquatique et avifaune. On y retrouve également les habitats fauniques cartographiés de même que les autres sites d'intérêt et données sensibles dans la zone d'étude. La Carte 3-7 présente les données relatives au milieu biologique.

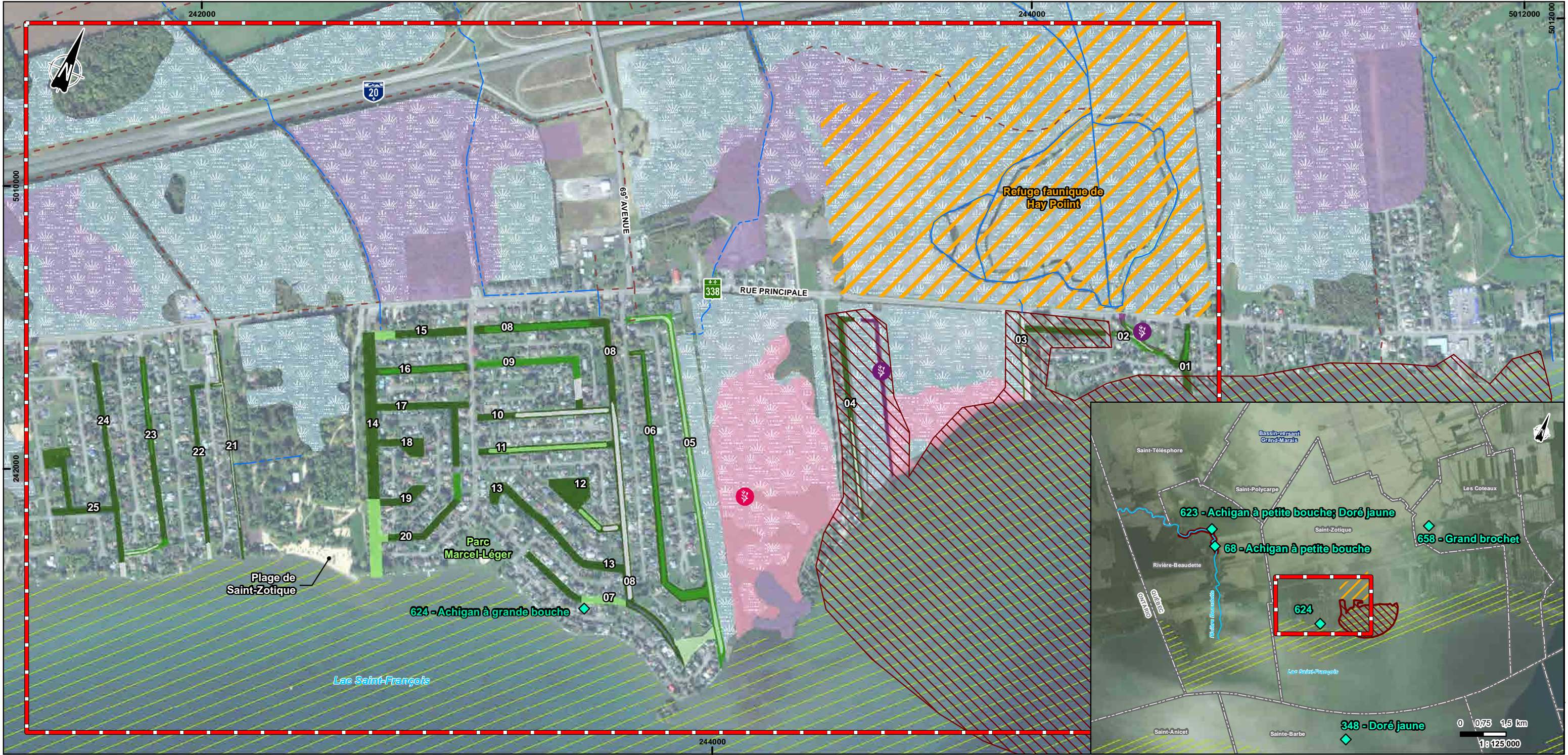
Il importe de noter que la zone d'étude est caractérisée par d'importantes modifications anthropiques. Non seulement les canaux sont d'origine anthropique, mais leur pourtour est principalement dominé par le développement résidentiel. Par conséquent, les terrains, tant les terrains privés que publics, sont gazonnés, graveleux ou asphaltés. La vaste majorité des rives des canaux sont artificialisées, et la délimitation entre ces derniers et les terrains résidentiels est marquée par la présence de murets en béton ou en rondins de bois.

3.3.1 VÉGÉTATION

3.3.1.1 VÉGÉTATION TERRESTRE ET RIVERAINE

La présence de bandes riveraines fonctionnelles est reconnue pour favoriser la rétention des sédiments, contaminants et nutriments du sol en réduisant la vitesse d'écoulement des eaux de ruissellement et en favorisant l'infiltration de l'eau dans le sol (Saint-Jacques et Richard, 1998). L'aménagement des berges, de part et d'autre des canaux, est diversifié, mais plusieurs d'entre elles sont artificialisées et composées de murets de protection ou de zones d'enrochement. Leur qualité est donc considérée comme très faible, et cette situation peut d'ailleurs expliquer en partie la problématique de sédimentation.

Par ailleurs, certaines portions, plus rares, ont conservé leurs composantes plus naturelles. Ces rives ou parcelles de rive sont caractérisées par une végétation naturelle avec une prédominance marquée du roseau commun (*Phragmites australis*) (Englobe, 2015). Bien que ces endroits soient végétalisés, la dominance du roseau commun, une espèce exotique envahissante, empêche l'établissement de strates arbustives et arborescentes tout en diminuant grandement la disponibilité et la diversité des habitats pour la faune. Leur qualité est donc considérée faible.



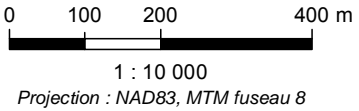
Fichier : 161_07163_00_EIC3_7_005_milieuBiologique_161206.mxd

- Saint-Zotique**
- Limite municipale
 - Zone d'étude
 - Cours d'eau
 - Cours d'eau intermittent
 - Fossé
 - Canaux de la Municipalité de Saint-Zotique

- Milieu biologique**
- Fraysère (MFFP)
 - Occurrence d'espèce faunique à statut particulier (CDPNQ)
 - Aire de concentration d'oiseaux aquatiques (MFFP, 2015)
 - Zone à vocation de conservation (MRC de Vaudreuil-Soulanges)
 - Milieu humide (ENGLOBE, 2016)

- Recouvrement de la végétation aquatique (ENGLOBE, 2015)**
- < 5%
 - 5 - 25%
 - 26 - 50%
 - 51 - 75%
 - 76 - 100%

- Occurrence d'espèce floristique à statut particulier**
- Aulne tendre
 - Sumac à vernis
 - Viorne litigieuse
 - Wolffie boréale



ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT - Dragage des canaux de la Municipalité de Saint-Zotique et construction de brise-lames
Saint-Zotique, Qc

Carte 3-7
Milieu biologique

Sources :
Image satellite : DigitalGlobe (2011-09-11) - Tirée de Google Earth Pro
Cartes : - ESRI World topographic Map
- RNCAN, BNDT 1 : 250 000, 31G
Limites de municipalités : SDA20K, 2010-01
06 décembre 2016 161-07163-00

Préparée par : V. Armstrong
Dessinée par : C. Thériault
Vérifiée par : B. Fournier



3.3.1.2 VÉGÉTATION AQUATIQUE

En ce qui concerne la végétation observée à l'intérieur des canaux, celle-ci est caractérisée par la présence dominante de plantes aquatiques submergées. Un accroissement de la végétation aquatique dans le lac Saint-François a été observé depuis le début des années 1990 en raison de l'introduction de la moule zébrée dans le lac. Depuis, la présence des moules a eu pour effet d'augmenter la transparence de l'eau et de favoriser la croissance des plantes aquatiques (Canards Illimités Canada, 2006). Le processus d'eutrophisation (concentration en phosphore et température de l'eau élevée) des canaux est à l'origine de la prolifération de végétation aquatique à l'intérieur des canaux. La diminution progressive de la profondeur de l'eau et les perturbations anthropiques récurrentes ont également créé des habitats propices à l'expansion des colonies macrophytes.

Une caractérisation végétale des canaux a été effectuée en 2014 afin d'évaluer la couverture de la végétation aquatique présente dans les canaux. Les Tableaux 3-14 à 3-16 décrivent les résultats obtenus lors de la caractérisation des canaux en 2014. Les communautés végétales retrouvées dans les canaux sont très semblables à ce que l'on retrouve dans cette partie du tronçon fluvial du Saint-Laurent. Bien que celui-ci puisse représenter des habitats potentiels pour la faune, la présence accrue du myriophylle à épis, une espèce exotique envahissante, réduit considérablement la valeur écologique de ces milieux de même que la sécurité des plaisanciers en bateau.

En effet, parmi les plantes dominantes, on compte le myriophylle à épis, qui domine pratiquement l'ensemble des canaux. Ce dernier compte parmi les plantes aquatiques envahissantes les plus répandues en Amérique du Nord. Les peuplements de myriophylles à épis font compétition avec les espèces indigènes et contribuent à la baisse de la biodiversité (Agence de bassin versant des 7, s.d.). Il est prévu que les colonies de myriophylles s'étendent davantage au cours d'eau prochaines années; elles touchent déjà plusieurs plans d'eau du sud du Québec.

Outre le myriophylle à épis, d'autres espèces végétales submergées ont été observées, dont différentes espèces de vallisnérie, de potamot et l'algue du genre *Chara*. En raison de la prolifération attendue du myriophylle, il est probable que leur abondance diminue au cours des prochaines années. Le potamot est situé principalement dans les canaux du secteur est et est également l'espèce sous-dominante des canaux 13 et 21. Quant au secteur ouest, les canaux 23, 24 et 25 sont dominés par la présence de l'algue verte du genre *Chara*. Finalement, on note la présence épisodique d'une colonie dominante de *nitellas* au niveau du canal 6.

Tableau 3-14 Caractérisation des plantes aquatiques dans les canaux 1 à 4, 2014

Canal	Caractérisation des plantes aquatiques					
	Espèce dominante	Espèce sous-dominante	Degré de sociabilité		Recouvrement des végétaux (%)	
			Rive	Centre	Rive	Centre
1	Myriophylle à épis	Potamot sp.	Colonie dominante	Colonie dominante	51-75	76-100
2	Myriophylle à épis	Potamot sp.	Colonie dominante	Individus isolés	51-75	< 5
3 (section 1)	Myriophylle à épis	Potamot sp. et Vallisnerie	Colonie dominante	Colonie dominante	76-100	76-100
3 (section 2)	Myriophylle à épis	Cératophylle	Colonie dominante	Colonie pure	51-75	< 5
4	Potamot sp.	Myriophylle à épis et Vallisnérie	Colonie dominante	Colonie dominante	76-100	76-100

Source : Englobe, 2015 (réalisée par SGBIO, 2015)

Tableau 3-15 Caractérisation des plantes aquatiques dans les canaux 5 à 20, 2014

Canal	Caractérisation des plantes aquatiques					
	Espèce dominante	Espèce sous-dominante	Degré de sociabilité		Recouvrement des végétaux (%)	
			Rive	Centre	Rive	Centre
5	Myriophylle à épis	Vallisnerie	Colonie dominante	Colonie dominante	51 - 75	5-25
6	Nitella sp.	Vallisnerie	Colonie dominante	Colonie dominante	76 - 100	51-75
7	Vallisnerie	Myriophylle à épis	Colonie dominante	Colonie dominante	76 -100	76- 00
8	Vallisnerie	Myriophylle à épis	Colonie dominante	Colonie dominante	76 -100	< 5 et 51-100
9	Myriophylle à épis	Vallisnerie	Colonie dominante	Colonie dominante	< 5 et 51 - 100	< 5 et 51-100
10	Myriophylle à épis	Vallisnerie	Colonie dominante	Colonie dominante	76 -100	< 5
11	Vallisnerie	Myriophylle à épis	Colonie dominante	Colonie dominante	76 -100	26-50
12	Myriophylle à épis	Vallisnerie	Colonie dominante	Colonie dominante	76 -100	< 5; 26-50; 76-100
13	Myriophylle à épis	Potamot sp.	Colonie dominante	Colonie dominante	76 -100	76-100
14	Vallisnerie	Myriophylle à épis	Colonie pure	Colonie dominante	26-50 et 76-100	26-50 et 76-100
15	Vallisnerie	Myriophylle à épis	Colonie dominante	Colonie dominante	26-50 et 76-100	26-50 et 76-100
16	Vallisnerie	Myriophylle à épis	Colonie dominante	Colonie dominante	76 -100	51-75
17	Vallisnerie	Myriophylle à épis	Colonie dominante	Colonie dominante	76 -100	76-100
18	Vallisnerie	Myriophylle à épis	Colonie dominante	Colonie dominante	76 -100	76-100
19	Myriophylle à épis	Vallisnerie	Colonie dominante	Colonie dominante	76 -100	76-100
20	Vallisnerie	Myriophylle à épis	Colonie dominante	Colonie dominante	26-50; 76-100; 51-75	26-50; 76-100; 51-75

Source : Englobe, 2015 (réalisée par SGBIO, 2015)

Tableau 3-16 Caractérisation des plantes aquatiques dans les canaux 21 à 25, 2014

Canal	Caractérisation des plantes aquatiques					
	Espèce dominante	Espèce sous-dominante	Degré de sociabilité		Recouvrement des végétaux (%)	
			Rive	Centre	Rive	Centre
21	Vallisnerie	Potamot sp.	Colonie dominante	Colonie dominante	76 -100	< 5
22	Vallisnerie	Myriophylle à épis	Colonie dominante	Colonie dominante	5-25 et 76-100	<5 et 76-100
23	Chara	Vallisnerie	Colonie dominante	Colonie pure	51-75; 76-100; 76-100	5-25; 76-100; 51-75
24	Chara	Vallisnerie	Colonie dominante	Colonie dominante	76 -100 et < 5	76 -100 et < 5
25	Chara	Vallisnerie	Colonie dominante	Colonie dominante	76 -100	76 -100

Source : Englobe, 2015 (réalisée par SGBIO, 2015)

3.3.1.3 VÉGÉTATION À STATUT PARTICULIER

Le Tableau 3-17 fait état des espèces floristiques à statut particulier répertoriées par le CDPNQ à proximité de la zone, leur statut ainsi que leur habitat préférentiel.

Dans la zone du projet, six espèces floristiques possédant un statut de conservation particulier en vertu de la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* (LEVM, loi provinciale) sont potentiellement présentes. L'aulne tendre, la viorne litigieuse et le sumac à vernis sont des espèces qui pourraient se retrouver potentiellement en rive des canaux puisque des occurrences connues de ces trois espèces sont situées dans les milieux humides adjacents à la zone d'étude, en bordure du lac Saint-François. Toutefois, étant donné le caractère fortement anthropique des rives, la probabilité qu'elles soient observées dans le secteur des travaux est pratiquement nulle. En ce qui concerne l'érable noir et la renoncule à éventails, la qualité de l'occurrence étant historique, leur potentiel de présence est également nul.

Finalement, parmi les espèces susceptibles, la wolffie boréale représente l'espèce dont la présence dans les canaux est la plus probable. Cette dernière est une petite plante aquatique flottante et sa présence a été enregistrée en 2011 au Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ) dans les canaux 2 et 4. Cependant, lors des visites de terrain réalisées en 2014 et 2015, aucune observation de cette espèce n'a été relevée dans lesdits canaux (Englobe, 2015). Il en est de même des autres espèces végétales.

Tableau 3-17 Espèces végétales susceptibles et leur statut et habitat préférentiel

Nom français	Nom latin	Qualité de l'occurrence	Statut au Québec	Habitat préférentiel	Potentiel de présence
Érable noir	<i>Acer nigrum</i>	Historique	Vulnérable	Milieu ombragé, moyennement humide	Nul
Aulne tendre	<i>Alnus serrulata</i>	Existante, à déterminer	Susceptible d'être menacée ou vulnérable	Marécages boisés ou arbustifs, bords de cours d'eau ou de lacs	Élevé dans les rives; Nul dans les canaux.
Renoncule à éventails	<i>Ranunculus flabellaris</i>	Historique	Susceptible d'être menacée ou vulnérable	Marais, milieu aquatique	Nul
Sumac à vernis	<i>Toxicodendron vernix</i>	Faible, non viable	Susceptible d'être menacée ou vulnérable	Bords de lac et de ruisseaux	Élevé dans les rives; Nul dans les canaux.
Viorne litigieuse	<i>Viburnum recognitum</i>	Bonne	Susceptible d'être menacée ou vulnérable	Marécages forestiers	Élevé dans les rives; Nul dans les canaux.
Wolffie boréale	<i>Wolffia borealis</i>	Bonne à passable	Susceptible d'être menacée ou vulnérable	Surface des eaux calmes	Nul dans les rives; Élevé dans les canaux.

Source : Données CPDNO (2015), Englobe (2015)

3.3.1.4 HERBIER AQUATIQUE DU LAC SAINT-FRANÇOIS

Un herbier aquatique est localisé dans le lac Saint-François à proximité de la zone d'étude, depuis le secteur de la pointe Beaudette jusqu'en face du secteur Notre-Dame-des-Rivières. Les herbiers aquatiques couvrent d'ailleurs 97 % de la partie est du lac (Comité ZIP du Haut-Saint-Laurent, 1997). Toutefois, les visites effectuées sur le terrain par WSP ont permis de valider qu'aucun herbier n'est localisé aux embouchures des canaux.

Les herbiers aquatiques du lac Saint-François sont généralement dominés par la vallisnérie américaine et le myriophylle à épis, comme c'est le cas pour l'intérieur des canaux (Nature-Québec, s.d.)³. Ces milieux servent d'habitat pour la sauvagine et constituent un important refuge pour les amphibiens et les reptiles, tels que la grenouille des marais, la couleuvre d'eau et la salamandre pourpre, ainsi que pour 45 espèces de poissons pendant la période de frai. À cet égard, le lac Saint-François possède différents statuts de protection reconnus : Réserve nationale de faune (fédéral) et Site Ramsar (Zone humide d'importance internationale).

3.3.2 FAUNE

3.3.2.1 ICTHYOFAUNE

COMMUNAUTÉS DE POISSONS

Les pêches effectuées en septembre 2014 par Englobe ont permis la capture d'un total de 1 619 poissons provenant de 16 espèces différentes dans les canaux. Les Tableaux 3-18 à 3-20 présentent le résultat de ces pêches.

³ http://www.naturequebec.org/zico-du-quebec/detail-d-une-zico/?tx_qmiba_browser%5Biba%5D=83&tx_qmiba_browser%5Baction%5D=show&tx_qmiba_browser%5Bcontroller%5D=lba

L'espèce la plus abondante à travers la zone d'étude est le crapet-soleil, de la famille des centrarchidés. Cette espèce est dite opportuniste et tolère bien les milieux perturbés. La perchaude et l'achigan à grande bouche sont les espèces sous-dominantes et on retrouve également, dans une moindre mesure, le crayon d'argent, la marigane noire, le grand brochet et le lépisosté osseux. Il importe de noter que des occurrences du gobie à taches noires, une espèce exotique envahissante reconnue pour son agressivité envers les espèces indigènes (MFFP, 2016), ont aussi été observées. Cette espèce représente peu d'intérêt pour la pêche sportive, ce qui explique sa propagation fulgurante dans le bassin des Grands Lacs et le fleuve Saint-Laurent au cours des 20 dernières années. Finalement, aucune espèce à statut particulier n'a été capturée en 2014.

Les pêches de 2014 ont permis de capturer des juvéniles et des jeunes de l'année pour quelques espèces, notamment le crapet-soleil, l'achigan à grande bouche, la perchaude et la marigane noire. Ainsi, cela signifie qu'il y a présence de frai dans les canaux, ou du moins à proximité de ceux-ci, et qu'ils sont également utilisés pour l'alevinage.

En complément des données de captures de 2014, le MFFP répertorie jusqu'à 54 espèces présentes dans le secteur du lac Saint-François et de ses affluents, dont les rivières Beaudette et Hay Point. Ces occurrences sont présentées dans le Tableau 3-21. Entre autres, la présence de plusieurs espèces de cyprinidés, source d'alimentation pour des espèces de poissons de plus grande taille et pour la faune en général, est fortement probable à l'intérieur des canaux. Le ministère répertorie également une frayère d'achigan à grande bouche dans le canal 7 (voir Carte 3-7).

Tableau 3-18 Nombre de poissons capturés par espèce dans les canaux 1 à 4, 2014

Canal	1	2	3	4	Total	Proportion (%)
Achigan à grande bouche	16	14	1		31	14,2
Barbotte brune			1		1	0,5
Crapet arlequin	3				3	1,4
Crapet de roche	2				2	0,9
Crapet soleil	33	36	6	29	104	47,7
Crayon d'argent		1			1	0,5
Gobie à taches noires ¹	16	1	2		19	8,7
Marigane noire	15	3			18	8,3
Méné jaune	3				3	1,4
Meunier noir	1				1	0,5
Perchaude	31	2		2	35	16,1
Total	120	57	10	31	218	100,0

Source : Englobe (2015)

¹ Espèce faunique exotique envahissante

Tableau 3-19 Nombre de poissons capturés par espèce dans les canaux 5 à 20, 2014

Canal	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Total	Proportion (%)
Achigan à grande bouche	3	6	5	1	4			2		5	3	2	3	1	2		37	4,1
Barbotte brune	1	1			1	3		1			3	2			1		13	1,4
Carpe						1											1	0,1
Crapet arlequin			1	7	2	3			5			2	1	2			23	2,6
Crapet de roche		2						2	2	4	2	2	1				15	1,7
Crapet soleil	45	35	71	39	35	25	23	60	25	49	20	39	20	40	36	30	592	65,7
Crayon d'argent			60							2	1						63	7,0
Gobie à taches noires ¹	3		2							9	20						34	3,8
Grand brochet	1				1				1								3	0,3
Marigane noire			4	2		1			1	2	2	2					14	1,6
Méné jaune	2		4	2						2		19	2		1		32	3,6
Meunier noir											1						1	0,1
Perchaude	19		12	4				6	3	10	1	7	4	4		3	73	8,1
Total	74	44	159	55	43	33	23	71	37	83	53	75	31	47	40	33	901	100,0

Source : Englobe (2015)

¹ Espèce faunique exotique envahissant

Tableau 3-20 Nombre de poissons capturés par espèce dans les canaux 21 à 25, 2014

Canal	21	22	23	24	25	Total	Proportion (%)
Achigan à grande bouche	4	7	1	9	1	22	4,4
Barbotte brune	4	1			1	6	1,2
Carpe		1				1	0,2
Crapet arlequin	2	7			2	11	2,2
Crapet de roche			1	5	2	8	1,6
Crapet soleil	50	89	26	58	161	384	76,8
Crayon d'argent				16		16	3,2
Fouille-roche zébré	2					2	0,4
Gobie à taches noires ¹	8					8	1,6
Grand brochet				1	1	2	0,4
Lépisosté osseux				1		1	0,2
Marigane noire	1	2			2	5	1,0
Méné jaune					2	2	0,4
Meunier noir					2	2	0,4
Perchaude	2	9	5	6	7	29	5,8
Umbre de vase	1					1	0,2
Total	74	116	33	96	181	500	100,0

Source : Englobe (2015)

¹ Espèce faunique exotique envahissante

Tableau 3-21 Espèces de poissons présentes dans le lac Saint-François et ses affluents (Englobe, 2015)

Espèce	Nom latin	Période de protection des activités de reproduction ¹	Statut en vertu de la <i>Loi sur les espèces menacées et vulnérables</i>
Achigan à grande bouche	<i>Micropterus salmoides</i>	1 mai – 1 août	-
Achigan à petite bouche	<i>Micropterus dolomieu</i>	1 mai – 1 août	-
Alose	<i>Alosa sp.</i>	15 mai – 1 juillet	-
Anguille d'Amérique	<i>Aguilla rostrata</i>	15 juin – 15 septembre	Susceptible
Barbotte brune	<i>Ameiurus nebulosus</i>	15 mai – 1 juillet	-
Barbotte des rapides	<i>Noturus flavus</i>	-	Susceptible
Barbue de rivière	<i>Ictalurus punctatus</i>	1 juin – 1 août	-
Baret	<i>Morone americana</i>	-	-
Bec-de-lièvre	<i>Exoglossum maxillingua</i>	-	-
Carpe	<i>Cyprinus carpio</i>	1 juin – 15 juillet	-
Chabot tacheté	<i>Cottus bairdii</i>	-	-
Chat-fou brun	<i>Noturus gyrinus</i>	-	-
Chat-fou des rapides ²	<i>Noturus flavus</i>	15 juin – 15 août	Susceptible
Chevalier blanc	<i>Moxostoma anisurum</i>	1 mai – 15 juin	-
Chevalier jaune	<i>Moxostoma valenciennesi</i>	15 mai – 1 juillet	-
Chevalier rouge	<i>Moxostoma macrolepidotum</i>	15 avril – 15 juin	-
Couette	<i>Carpionides cyprinus</i>	-	-
Crapet arlequin ²	<i>Lepomis macrochirus</i>	1 juin – 1 août	-
Crapet de roche	<i>Ambloplites rupestris</i>	1 juin – 15 juillet	-
Crapet-soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>	15 mai – 15 juillet	-
Crayon d'argent	<i>Labidesthes sicculus</i>	-	-
Cyprinidés	<i>Cyprinidae</i>	-	-
Dard barré	<i>Etheostoma flabellare</i>	-	-
Doré jaune	<i>Sander vitreus</i>	1 avril – 1 juin	-
Épinoche à cinq épines	<i>Culaea inconstans</i>	-	-
Esturgeon jaune	<i>Acipenser fulvescens</i>	1 mai – 1 juillet	Susceptible
Fondule barré	<i>Fundulus diaphanus</i>	15 mai – 15 août	-
Fouille-roche zébré	<i>Percina caprodes</i>	-	-
Grand brochet	<i>Esox lucius</i>	1 avril – 1 juin	-
Lépisosté osseux	<i>Lepisosteus osseus</i>	1 mai – 1 juillet	-
Lepomis	<i>Lepomis sp.</i>	-	-
Marigane noire	<i>Pomoxis nigromaculatus</i>	1 juin – 1 août	-
Maskinongé	<i>Esox masquinongy</i>	15 avril – 15 juin	-
Méné bleu	<i>Cyprinella spiloptera</i>	-	-
Méné d'herbe	<i>Notropis bifrenatus</i>	Mai - août	Vulnérable
Méné d'argent	<i>Hybognathus regius</i>	-	-
Méné d'émeraude	<i>Notropis atherinoides</i>	15 mai – 1 septembre	-

Espèce	Nom latin	Période de protection des activités de reproduction ¹	Statut en vertu de la <i>Loi sur les espèces menacées et vulnérables</i>
Méné jaune	<i>Notemigonus crysoleucas</i>	1 mai – 1 août	-
Méné paille	<i>Notropis stramineus</i>	-	-
Méné pâle	<i>Notropis volucellus</i>	-	-
Meunier noir	<i>Catostomus commersonii</i>	1 avril – 1 juin	-
Mulet à cornes	<i>Semotilus atromaculatus</i>	1 mai – 1 août	-
Museau noir	<i>Notropis heterolepis</i>	-	-
Naseux des rapides	<i>Rhinichthys cataractae</i>	-	-
Omisco	<i>Percopsis omiscomaycus</i>	-	-
Oultouche	<i>Semotilus corporalis</i>	-	-
Perchaude	<i>Perca flavescens</i>	1 avril – 1 juin	-
Poisson-castor	<i>Amia calva</i>	1 mai – 15 juin	-
Queue à tache noir	<i>Notropis hudsonius</i>	-	-
Raseux-de-terre gris	<i>Etheostoma olmstedii</i>	-	-
Raseux-de-terre noir	<i>Etheostoma nigrum</i>	-	-
Tête-de-boule	<i>Pimephales promelas</i>	15 mai – 1 septembre	-
Tête rose ²	<i>Notropis rubellus</i>	1 mai – 1 août	Susceptible
Umbre de vase	<i>Umbra limi</i>	-	-
Ventre-pourri	<i>Pimephales notatus</i>	15 mai – 1 septembre	-

Source : Englobe (2015)

¹ Périodes provenant du livre *Les poissons d'eau douce du Québec*, du Ministère des Ressources Naturelles et de la faune du Québec, de Scott et Crossman (1974).

² Information provenant du Tableau du MDDEFP (2014).

ESPÈCES À STATUT PARTICULIER

Parmi les 54 espèces de poissons répertoriées par le CDPNQ (Englobe, 2015), cinq (5) possèdent un statut particulier. Celles-ci sont l'anguille d'Amérique, le chat-fou des rapides, l'esturgeon jaune, le méné à tête rose ainsi que le méné d'herbe. Deux de ces espèces sont également répertoriées par le CDPNQ (Englobe, 2015), soit le méné d'herbe et le chat-fou des rapides. Le potentiel de présence de ces espèces est présenté dans le Tableau 3-22. Toutes ont un statut d'espèce susceptible d'être désignée au sens de la LEVM, à l'exception du méné d'herbe, qui est une espèce vulnérable. Les emplacements des occurrences d'espèces fauniques à statut particulier sont présentés à la Carte 3-7.

L'anguille d'Amérique est une espèce active la nuit. Durant le jour, elle se cache dans les fonds vaseux et pourrait donc potentiellement être présente dans les canaux durant les travaux de dragage. Concernant l'esturgeon jaune et le chat-fou des rapides, l'habitat retrouvé dans les canaux est peu propice à ces espèces qui préfèrent les fosses profondes des grands cours d'eau. Leur potentiel de présence est donc jugé faible. Les préférences d'habitat du méné d'herbe correspondent toutefois très bien aux caractéristiques retrouvées dans les canaux. Néanmoins, puisque les occurrences du CDPNQ sont historiques et datent d'avant la construction des canaux, le potentiel de présence est jugé moyen. Finalement, considérant la sensibilité du méné à tête rose aux substrats vaseux, il semble peu probable de trouver cette espèce dans les canaux. Il est à noter qu'aucune de ces espèces n'a été capturée lors des pêches en 2014.

Tableau 3-22 Espèces de poissons à statut particulier potentiellement présentes dans le lac Saint-François et ses affluents (Englobe, 2015)

Nom commun	Nom latin	Statut provincial / fédéral	Habitat	Potentiel de présence
Anguille d'Amérique	<i>Anguilla rostrata</i>	Susceptible / menacé	Eau salée ou saumâtre, dans les estuaires, à l'embouchure des grandes rivières ou en eaux douces parfois loin à l'intérieur du continent pour les femelles. L'espèce est bien répartie dans le fleuve Saint-Laurent. On le retrouve dans nombre de ses tributaires au Québec de même que dans les maritimes.	Élevé
Chat-fou des rapides	<i>Noturus flavus</i>	Susceptible / aucun	Zone de courant de gravier et rochers, parcours de ruisseaux et petites à grandes rivières; haut-fonds de gravier lacustres	Faible
Esturgeon jaune	<i>Acipenser fulvescens</i>	Susceptible / menacé	Grands cours d'eau et les lacs que l'on rencontre à des profondeurs variant généralement entre 5 et 10 m, parfois plus. Le frai a lieu au printemps à des profondeurs se situant entre 0,6 et 5 m dans des cours d'eau de fort courant aux fonds d'argile dure, de sable, de gravier et de blocs rocheux.	Faible
Méné d'herbe	<i>Notropis bifrenatus</i>	Vulnérable / préoccupant	Eaux chaudes, zones calmes des rivières, des ruisseaux et parfois des lacs, végétation aquatique submergée abondante	Moyen
Méné à tête rose	<i>Notropis rubellus</i>	Susceptible / aucun	Rivière de largeur moyenne, à eau claire et courant faible à moyen, et à fond de gravier et de roche. Sud du Québec. Sensible à l'envasement des cours d'eau	Faible

HABITATS PARTICULIERS

La rivière Beaudette et le lac Saint-François font office de frayères notamment pour le grand brochet, l'achigan à petite bouche et l'achigan à grande bouche. Il y aurait également des frayères à doré jaune dans les rivières à proximité de Saint-Zotique (Englobe, 2015). La Carte 3-7 indique l'emplacement des frayères recensées par le MFFP dans un rayon de 5 km de la plage de Saint-Zotique. Tel que mentionné plus haut, l'intérieur des canaux ainsi que les herbiers du lac Saint-François constituent des habitats de reproduction et d'alevinage pour plusieurs espèces de poissons.

3.3.2.2 HERPÉTOFAUNE

Aucun inventaire exhaustif de l'herpétofaune n'a été réalisé. Selon les données existantes consultées, on retrouvait à l'échelle du Haut-Saint-Laurent en 1997, 19 espèces d'amphibiens et de reptiles, sur les 38 espèces présentes au Québec, dont la plupart avaient été observées dans la Réserve nationale de la faune du lac Saint-François (Comité ZIP, 1997). Le fleuve Saint-Laurent et ses berges, les tributaires présents dans le secteur, les canaux artificiels et les milieux naturels présents en périphérie, tant terrestres que humides, offrent des habitats intéressants pour la plupart des espèces de l'herpétofaune présentes dans le sud du Québec, tant chez les amphibiens que chez les reptiles. La majorité des espèces de l'herpétofaune nécessitent la présence d'un plan d'eau ou d'un cours d'eau pour au moins une étape de leur développement, ou elles sont alors exclusivement aquatiques.

Parmi les espèces répertoriées dans le secteur de la zone d'étude, mentionnons la couleuvre rayée (*Thamnophis sirtalis*), la grenouille léopard (*Lithobates pipiens*), la grenouille verte (*Lithobates clamitans*),

le ouaouaron (*Lithobates catesbeianus*), la rainette crucifère (*Pseudacris crucifer*) et la tortue serpentine (*Chelydra serpentina*) (Comité ZIP, 2016). Une observation de grenouille léopard a par ailleurs été réalisée en 2014 au niveau du canal 5 lors des inventaires effectués par Englobe. Ces espèces sont généralement abondantes dans la région et ne constituent pas particulièrement des éléments d'intérêt.

Au niveau de la municipalité de Saint-Zotique, il existe cependant peu d'informations plus précises concernant les communautés d'amphibiens et de reptiles présentes.

HERPÉTOFAUNE À STATUT PRÉCAIRE

Selon des données colligées en 2015 par le CDPNQ, aucune occurrence d'espèce d'herpétofaune n'est répertoriée dans la zone d'étude à proximité.

3.3.2.3 FAUNE TERRESTRE

Aucun inventaire exhaustif de la faune terrestre, qui inclut les mammifères et les chiroptères, n'a été effectué lors des inventaires de 2014 de Englobe. Des observations ponctuelles ont toutefois été recensées et les données existantes sont présentées à titre indicatif, afin de décrire sommairement le potentiel des habitats retrouvés et leur sensibilité dans le secteur.

MAMMIFÈRES

Le Comité ZIP du Haut-Saint-Laurent (2016) répertorie que des espèces de mammifères, telles que la loutre de rivière (*Lontra canadensis*), le rat musqué commun (*Ondatra zibethicus*), le petit et le grand polatouche (*Glaucomys volans et sabrinus*), la marmotte commune (*Marmota monax*), le condylure étoilé (*Condylura cristata*), le vison d'Amérique (*Neovison vison*) et le pékan (*Martes pennanti*), peuvent être observées le long du Haut-Saint-Laurent. Finalement, une hutte de castor du Canada (*Castor canadensis*) a été observée en 2014 dans le canal 5. Cette espèce est omniprésente le long du fleuve Saint-Laurent.

Puisque les travaux prévus ciblent les canaux et leur embouchure, les habitats généralement occupés par ces espèces ne seront pas directement touchés.

MAMMIFÈRES À STATUT PRÉCAIRE

Parmi les espèces citées plus haut, seul le petit polatouche est en situation précaire. Cependant, aucune observation n'a été répertoriée à proximité de la zone d'étude, d'après les bases de données du CDPNQ en 2015. Les habitats offerts et l'utilisation actuelle du territoire sont moins propices à l'établissement de cette espèce.

CHIROPTÈRES

Les huit (8) espèces de chiroptères présentes au Québec pourraient potentiellement être retrouvées dans la zone d'étude. Parmi celles-ci, cinq (5) sont des espèces résidentes, puisqu'elles demeurent au Québec durant l'hiver, et trois (3) sont des espèces migratrices, puisqu'elles passent l'hiver dans le sud. De ces espèces, cinq (5) possèdent un statut particulier, à savoir la chauve-souris rousse (*Lasiurus borealis*), la chauve-souris cendrée (*Lasiurus cinereus*), la chauve-souris argentée (*Lasionycteris noctivagans*), la pipistrelle de l'Est (*Perimyotis subflavus*) et la chauve-souris pygmée (*Myotis leibii*). Également, la petite chauve-souris brune (*Myotis lucifugus*), la chauve-souris nordique (*Myotis septentrionalis*) et la pipistrelle de l'Est sont considérées en voie de disparition par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC), depuis le 3 février 2012. Les populations de ces espèces connaissent une baisse drastique depuis environ cinq ans, suite à l'apparition, dans de nombreux hibernacles, du syndrome du museau blanc (SMB).

Les chauves-souris résidentes sont plus souvent observées en milieux fermés, telles des forêts de conifères ou de feuillus, et dans les espaces urbains. Elles passent l'hiver dans un hibernacle, généralement dans une mine abandonnée ou une grotte naturelle. Pendant l'hiver, ces chauves-souris réduisent leur température corporelle afin de diminuer les dépenses énergétiques. Elles doivent donc trouver des endroits adéquats pour maintenir cette température. Les cinq espèces sont touchées par le SMB, puisque cette infection se développe uniquement l'hiver dans les hibernacles. Durant l'été, ces espèces peuvent utiliser les bâtiments pour la mise bas et l'élevage de leurs petits, et peuvent également nicher dans les cavités et sous l'écorce des arbres morts ou vivants.

Les espèces migratrices fréquentent les milieux ouverts, tels que les lisières forestières aux abords des plans d'eau et des cours d'eau, et également les clairières en milieu terrestre. Les espèces migratrices utilisent les arbres pour s'abriter et peuvent également se retrouver à l'intérieur de bâtiments durant l'été. Actuellement, aucun cas de SMB n'a été répertorié chez les espèces migratrices.

Toutefois, considérant que les travaux de dragage ciblent exclusivement l'intérieur des canaux et leurs embouchures et qu'aucune coupe d'arbre n'est prévue, l'habitat des chauves-souris ne sera pas perturbé, d'autant plus qu'elles sont généralement actives la nuit hors des périodes de travaux.

CHIROPTÈRES À STATUT PRÉCAIRE

Tel que précisé plus haut, cinq (5) des huit (8) espèces de chiroptères présentes possèdent un statut particulier au Québec; à ces espèces s'ajoutent deux (2) autres espèces ayant un statut particulier au fédéral. Toutefois, aucune occurrence de ces dernières n'est répertoriée dans les données transmises par le CPDNDQ en 2015.

3.3.2.4 AVIFAUNE

Le lac Saint-François, de par ses caractéristiques intrinsèques et de par la variété des différents habitats présents le long du fleuve, tant aquatiques, humides ou terrestres, abrite de nombreux oiseaux nicheurs et est utilisé par de nombreux oiseaux migrateurs lors des migrations annuelles. D'après les données du Comité ZIP du Haut-Saint-Laurent (1997), le lac Saint-François serait utilisé par 270 espèces d'oiseaux, dont 115 d'entre elles seraient des oiseaux nicheurs.

Les données provenant de l'Atlas des oiseaux nicheurs du Québec, pour la parcelle 18WR50, laquelle comprend entièrement la zone d'étude, ont permis de recenser 61 espèces lors de la réalisation des travaux d'inventaire de la 1^{ère} version (1984-1989), alors que les travaux effectués dans le cadre de la 2^e version (2010-2014) ont permis le recensement de 82 espèces.

Les travaux des deux versions de l'Atlas ont permis de répertorier des occurrences d'espèces à statut particulier, en plus d'occurrences d'espèces d'intérêt. Les espèces aviaires à statut particulier sont présentées dans la section suivante. Parmi les espèces d'intérêt répertoriées lors des inventaires de la 1^{ère} version, mentionnons la présence du Balbuzard pêcheur (*Pandion haliaetus*), du Canard branchu (*Aix sponsa*), du Coulicou à bec noir (*Coccyzus erythrophthalmus*), de l'Hirondelle noire (*Progne subis*) et du Passerin indigo (*Passerina cyanea*), alors qu'entre 2010 et 2014, le Dindon sauvage (*Meleagris gallopavo*), le Grand-pic (*Hylatomus pileatus*), le Grèbe à bec bigarré (*Podilymbus podiceps*), le Merlebleu de l'Est (*Sialia sialis*), le Petit-duc maculé (*Megascops asio*), le Passerin indigo, le Piranga écarlate (*Piranga olivacea*) et le Viréo mélodieux (*Vireo gilvus*) ont été observés.

Des observations opportunistes ont également été réalisées en 2014 dans le canal 5 lors des inventaires effectués par Englobe. À cette occasion, un Héron vert, quelques canards et un groupe de 20 à 30 Bernaches du Canada ont été observés.

AVIFAUNE À STATUT PRÉCAIRE

Le rapport d'occurrences du CPNDQ (Englobe, 2015) mentionne la présence d'une seule espèce à statut précaire, le Pic à tête rouge (*Melanerpes erythrocephalus*), dans cette portion de la Montérégie. Un couple et un jeune ont été observés à Pointe Beaudette en 1996 et en 1997. Ce dernier détient un statut d'espèce menacé au Québec depuis 2009 (MFFP, 2010).

La 1^{ère} version de l'Atlas des oiseaux nicheurs du Québec faisait mention de la présence de quatre (4) espèces à statut particulier dans la parcelle 18WR50, laquelle inclut la zone d'étude, soit le Goglu des prés (*Dolichonyx oryzivorus*), l'Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*), le Pioui de l'Est (*Contopus virens*) et la Sturnelle des prés (*Sturnella magna*). La 2^e version de l'Atlas fait mention de la présence de trois (3) espèces à statut particulier, soit l'Hirondelle rustique, le Martinet ramoneur (*Chaetura pelagica*) et le Pioui de l'Est.

En fonction de leur préférence d'habitat, le potentiel de présence de chacune de ces espèces a été évalué et est présenté dans le Tableau 3-23. Le potentiel de présence varie de faible à moyen selon les espèces.

Tableau 3-23 Espèces d'oiseaux à statut particulier potentiellement présentes à proximité de la zone des travaux (Atlas et CDPNQ)

Nom commun	Nom latin	Statut provincial / fédéral	Habitat	Potentiel de présence
Avifaune				
Goglu des prés	<i>Dolichonyx oryzivorus</i>	Aucun / menacé	Prairies et zones agricoles. Champs, prés, steppes, marais en période de migration.	Faible
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>	Aucun / menacé	Généralement près des habitations, lieux découverts, champs, fermes, marais, lacs, fils.	Moyen
Martinet ramoneur	<i>Chaetura pelagica</i>	Susceptible / menacé	Forêts en bordure de cours d'eau, lisières de forêts tropicales des basses terres, milieux broussailleux en régénération, terres agricoles, zones suburbaines et centres-villes	Moyen
Pic à tête rouge	<i>Melanerpes erythrocephalus</i>	Menacé / menacé	Forêts caducifoliées claires, plaines inondables, prairies, parcs urbains, brûlis, bords de rivières et de routes	Moyen
Pioui de l'est	<i>Contopus virens</i>	Aucun / Préoccupant	Forêts, bosquets, clairières, forêts caduques et mixtes, peuplements forestiers matures d'âge intermédiaire comportant peu de végétation de sous-bois.	Faible
Sturnelle des prés	<i>Sturnella magna</i>	Aucun / menacé	Prairies, pâturages et bordures des terres cultivées agricoles du sud et de l'est du Canada.	Faible

HABITATS FAUNIQUES

Deux aires de concentrations d'oiseaux aquatiques (ACOA) sont situées dans ou alors à proximité immédiate de la zone d'étude, le long des rives du lac Saint-François. La première, l'ACOA du lac Saint-François – Pointe Beaudette (n° 02-16-0111-1985), est localisée directement en face de la zone d'étude, alors que la 2^e, l'ACOA du lac Saint-François – Secteur Saint-Zotique (n° 02-16-0069-1983), est située directement au nord de la zone d'étude. Les aires ont une superficie totale respective de 606,04 ha et 863,21 ha. Une ACOA est également située en face de la zone d'étude, sur la rive sud du lac Saint-François. Il s'agit de l'ACOA du lac Saint-François – Canal Port-Lewis (n° 02-16-0090-1984). Une héronnière, celle de l'île Lalonde (n° 03-16-0101-2006) est située à environ 12 km au nord-est de la zone d'étude. Tous les habitats fauniques font partie du registre des aires protégées au Québec, selon la *Loi sur la conservation du patrimoine naturel* (MDDELCC, 2015). Ces aires de concentration sont présentées à la Carte 3-7.

Selon les inventaires aériens effectués entre 1983 et 1990, au moins quinze (15) espèces aviaires ont fréquenté les deux ACOA de la rive nord du lac; elles sont présentées au Tableau 3-24. Aucune de ces espèces ne possède de statut particulier.

Tableau 3-24 Espèces aviaires répertoriées dans les ACOA de la rive nord du lac Saint-François entre 1983 et 1990

Nom français	Nom latin
Canard d'Amérique	<i>Anas americana</i>
Sarcelle d'hiver	<i>Anas crecca</i>
Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>
Canard noir	<i>Anas rubripes</i>
Canards spp. (plongeurs et barboteurs)	<i>Anatidae</i>
Grand héron	<i>Ardea herodias</i>
Petit fuligule	<i>Aythya affinis</i>
Fuligule à collier	<i>Aythya collaris</i>
Fuligule milouinan	<i>Aythya marila</i>
Fuligule spp.	<i>Aythya spp.</i>
Bernache du Canada	<i>Branta canadensis</i>
Petit garrot	<i>Bucephala albeola</i>
Garrot à l'œil d'or	<i>Bucephala clangula</i>
Busard Saint-Martin	<i>Circus cyaneus</i>
Goéland à bec cerclé	<i>Larus delawarensis</i>
Martin-pêcheur d'Amérique	<i>Megaceryle alcyon</i>
Macreuse spp.	<i>Melanitta spp.</i>
Grand harle	<i>Mergus merganser</i>
Harle spp.	<i>Mergus spp.</i>

Source : Données CDPNQ, Englobe (2015)

3.3.2.5 AUTRES ZONES D'INTÉRÊT

Tel que mentionné plus haut, le lac Saint-François est lui-même une Réserve nationale de faune depuis 1978, créée par le Service canadien de la faune d'Environnement Canada, d'une superficie de 13,47 km² et reconnue par la Convention de RAMSAR. Le lac Saint-François est classé sous la catégorie VI (Aire protégée de ressources naturelles gérées), c'est-à-dire que l'aire protégée est administrée principalement aux fins d'utilisation durable des écosystèmes naturels (MDDELCC, 2016c). À l'intérieur de la réserve, un changement de la végétation s'est produit au cours des années, passant de marais et de prairies humides vers des marécages arbustifs.

De plus, on compte la présence d'une aire écologique privée : le refuge faunique de Hay Point à Saint-Zotique (Voir Carte 3-7). Ce dernier est considéré comme un milieu important pour de nombreuses espèces fauniques d'autant plus qu'il est reconnu comme étant une zone dédiée à la conservation par la MRC de Vaudreuil-Soulanges ainsi qu'un Écosystème forestier exceptionnel (EFE) (Municipalité de Saint-Zotique, 2010). L'organisme Canards Illimités Canada s'est chargé d'aménager le marais dans le but de conserver certaines espèces, notamment la sauvagine.

3.4 MILIEU HUMAIN

3.4.1 PROFIL SOCIOÉCONOMIQUE

3.4.1.1 POPULATION

La municipalité de Saint-Zotique, dans laquelle le projet est localisé, est bordée par les municipalités de Rivière-Beaudette à l'ouest, de Saint-Polycarpe au nord et de Les Coteaux à l'est. Ces municipalités sont situées sur le territoire de la MRC de Vaudreuil-Soulanges, à l'intérieur de la communauté d'intérêt stratégique de Soulanges (CLD Vaudreuil-Soulanges, 2011a).

En 2011, la population de la municipalité de Saint-Zotique comptait 6 773 habitants (Statistiques Canada, 2012). Depuis 2001, la population a suivi une courbe démographique en forte croissance avec une augmentation de 26,3 % entre 2001-2006 et 29,0 % entre 2006-2011 (*Ibid*, 2007 et 2012). Elle représente toutefois, encore à cette date, une faible proportion de la population de la MRC de Vaudreuil-Soulanges, soit 4,9 %. La MRC de Vaudreuil-Soulanges a aussi connu une forte augmentation, mais dans une moindre mesure, avec 17,9 % (2001-2006) et 15,7 % (2006 à 2011) (*Ibid*, 2007 et 2012). Il s'agit d'une augmentation largement supérieure à celle observée dans la région de la Montérégie (6,4 % et 6,2 %) et sur l'ensemble du Québec (4,3 % et 4,7 %). (*Ibid*, 2007 et 2012). Le Tableau 3-25 montre l'évolution de la population pour les différentes entités territoriales mentionnées précédemment de 2001 à 2011.

Tableau 3-25 Évolution comparative de la population de la zone d'étude, 2001-2011

Entités territoriales	Population			Variation de la population	
	2001	2006	2011	2001 à 2006	2006 à 2011
Municipalité de Saint-Zotique	4 158	5 251	6 773	26,3 %	29,0 %
MRC de Vaudreuil-Soulanges	102 100	120 395	139 353	17,9 %	15,7 %
Montérégie	1 276 412	1 357 720	1 442 433	6,4 %	6,2 %
Province de Québec	7 237 479	7 546 131	7 903 001	4,3 %	4,7 %

Source : Statistique Canada (2012); Statistique Canada (2007)

3.4.1.2 STRUCTURE DE LA POPULATION

La population de la municipalité de Saint-Zotique est relativement jeune. En effet, l'âge médian de la population en 2011 était de 37,9 alors que les moyennes régionale et provinciale se tiennent respectivement à 41,8 et 41,9 (Statistiques Canada, 2012). En ce qui concerne la MRC de Vaudreuil-Soulanges, elle se tient pareillement sous la moyenne affichant un âge médian de 39,2 (*Ibid*, 2012). En ce sens, la municipalité de Saint-Zotique et la MRC de Vaudreuil-Soulanges présentent toutes deux un plus haut taux de jeunes de 0 à 14 ans, avec des moyennes de 19,0 % et 19,9 %, tandis que les moyennes régionale et provinciale sont de 16,8 % et 15,9 % (*Ibid*, 2012).

La population âgée de 65 ans et plus est moins représentée dans la municipalité de Saint-Zotique et la MRC de Vaudreuil-Soulanges, comparativement à la celle de la Montérégie et de l'ensemble du Québec. En effet, la proportion de personnes âgées de 65 et plus est de 11,9 % et 11,6 % pour la municipalité et la MRC, alors qu'elle est de 15,1 % et 15,9 % pour la région et la province (*Ibid*, 2012). Le Tableau 3-26 indique la répartition de la population en fonction de l'âge de la municipalité de Saint-Zotique, de la MRC de Vaudreuil-Soulanges, de la région de la Montérégie et de la province de Québec (*Ibid*, 2012).

Tableau 3-26 Répartition de la population selon les groupes d'âges en 2011 pour la municipalité de Saint-Zotique, la MRC de Vaudreuil-Soulanges, la Montérégie et le Québec

Entités territoriales	Catégories d'âge						Total
	0-14 ans		15-64 ans		65 ans et plus		
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	
Municipalité de Saint-Zotique	1 290	19,0 %	4 680	69,1 %	805	11,9 %	6 775
MRC Vaudreuil-Soulanges	27 720	19,9 %	95 510	68,5 %	16 130	11,6 %	139 360
Région de la Montérégie	242 780	16,8 %	981 510	68,0 %	218 145	15,1 %	1 442 435
Province de Québec	1 258 620	15,9 %	5 386 685	68,2 %	1 257 685	15,9 %	7 903 000

Source : Statistique Canada (2012)

3.4.1.3 NIVEAU DE SCOLARITÉ

Selon les données de l'Enquête nationale auprès des ménages de 2011 (Statistique Canada, 2013), la proportion de la population âgée de 15 ans et plus qui détient un diplôme d'études secondaires à la municipalité de Saint-Zotique (22,5 %) est située près de la moyenne de la Montérégie (21,7 %) et du Québec (22,2 %), alors que la MRC de Vaudreuil-Soulanges (17,5 %) affiche une plus faible proportion. Le pourcentage de personnes ayant un certificat, diplôme ou grade postsecondaire à Saint-Zotique (53,7 %) est légèrement plus bas, mais demeure sensiblement près des pourcentages de la MRC (57,8 %), de la Montérégie (55,2 %) et du Québec (56,1 %) (Statistique Canada, 2013).

Une différence appréciable est notée en ce qui concerne la proportion de personnes détenant un certificat, diplôme d'apprenti ou d'une école de métiers où la proportion de 24,2 % est plus élevée pour Saint-Zotique alors qu'il est de 16,2 % pour la MRC de Vaudreuil-Soulanges, de 16,5 % pour la Montérégie et de 16,2 % pour le Québec. De même, les proportions diffèrent pour les personnes détenant un certificat, diplôme ou grade universitaire au baccalauréat ou supérieur. En effet, un taux plus bas est observé à Saint-Zotique (8,4 %) contrairement à la MRC (18,2 %), la Montérégie (16,8 %) et le Québec (18,6 %). Le détail du niveau de scolarité pour ces quatre territoires se trouve au Tableau 3-27 (Statistique Canada, 2013).

Tableau 3-27 Plus haut niveau de scolarité atteint par la population âgée de 15 ans et plus pour Saint-Zotique, la MRC de Vaudreuil-Soulanges, la Montérégie et le Québec

Niveau de scolarité	Municipalité de Saint-Zotique		Mrc de Vaudreuil-Soulanges		Région de la Montérégie		Province de Québec	
	Population	%	Population	%	Population	%	Population	%
Aucun certificat, diplôme ou grade	1 225	22,5	19 245	17,5	255 085	21,7	1 436 025	22,2
Diplôme d'études secondaires ou l'équivalent	1 295	23,8	27 205	24,7	271 120	23,1	1 404 755	21,7
Certificat, diplôme ou grade postsecondaire	2 920	53,5	63 645	57,8	648 485	55,2	3 633 810	56,1
• Certificat, diplôme d'apprenti ou d'une école des métiers	1 320	24,2	17 860	16,2	193 505	16,5	1 049 470	16,2
• Certificat ou diplôme d'un collège, d'un cégep ou d'un autre établissement d'enseignement non universitaire	975	17,9	20 615	18,7	201 215	17,1	1 075 855	16,6
• Certificat ou diplôme universitaire inférieur au baccalauréat	165	3,0	5 165	4,7	56 850	4,8	305 330	4,7
• Certificat, diplôme ou grade universitaire au baccalauréat ou supérieur	460	8,4	20 005	18,2	196 915	16,8	1 203 155	18,6
Total	5 440	99,8	110 095	100	1 174 690	100	6 474 590	100

Source : Statistique Canada (2013)

3.4.1.4 PORTRAIT DE LA MAIN-D'ŒUVRE ET DE L'EMPLOI

Selon les données de l'Enquête nationale auprès des ménages de 2011 (Statistique Canada, 2013), le taux d'emploi de la municipalité de Saint-Zotique était de 67,2 % en 2012, ce qui est plus élevé que la moyenne provinciale de 59,9 %. Les taux d'emploi de la MRC Vaudreuil-Soulanges et de la Montérégie sont également au-dessus de la moyenne de l'ensemble du Québec avec respectivement 68,9 % et 63,3 %. De plus, les taux de chômage pour les territoires de Saint-Zotique (5,1 %), de Vaudreuil-Soulanges (5,3 %) et de la Montérégie (5,8 %) sont tous trois plus faibles que pour la province de Québec (7,2 %). Enfin, le taux d'activité est légèrement plus élevé pour Saint-Zotique (70,7 %) et la MRC (72,7 %) que pour la Montérégie (67,2 %) et l'ensemble du Québec (64,6 %) (Tableau 3-28).

Tableau 3-28 Situation de l'activité pour les différentes entités territoriales, 2011

Entité territoriale	Taux d'activité	Taux d'emploi	Taux de chômage
Municipalité de Saint-Zotique	70,7 %	67,2 %	5,1 %
MRC Vaudreuil-Soulanges	72,7 %	68,9 %	5,3 %
Région de la Montérégie	67,2 %	63,3 %	5,8 %
Province de Québec	64,6 %	59,9 %	7,2 %

Source : Statistique Canada (2013)

À l'échelle de la MRC de Vaudreuil-Soulanges, en 2011, le secteur d'activité économique prédominant est de loin le secteur des services, et ce, à hauteur de 81,7 % (Emploi-Québec, 2014). À titre comparatif, la Montérégie comptait 75,7 % d'emploi dans ce secteur pour la même année. Parmi les services les plus importants, il y a le commerce de détail (17,2 %) et les soins de santé et assistance sociale (10,5 %). Le secteur de la fabrication se classe deuxième en termes d'importance et représente 10,5 % de l'activité économique de la MRC, ce qui est plus élevé que l'ensemble de la région de la Montérégie (4,4 %). Outre les services et la fabrication, les secteurs autres se classent sous les 5 %. Le Tableau 3-29 suivant présente un aperçu des principaux secteurs d'activité économique dans la MRC (Emploi-Québec, 2014).

Tableau 3-29 Secteurs d'activité économique de l'emploi localisé en 2011, MRC de Vaudreuil-Soulanges

Secteurs d'activité économique	MRC Vaudreuil-Soulanges	
	Nombre	%
TOTAL	35 850*	100
Agriculture, foresterie, pêche et chasse	915	2,6
Extraction minière et extraction de pétrole et de gaz	135	0,4
Services publics	340	0,9
Construction	1 410	3,9
Fabrication	3 760**	10,5
Services	29 290	81,7
▪ Commerce de gros	1 695	4,7
▪ Commerce de détail	6 175	17,2
▪ Transport et entreposage	2 130	5,9
▪ Industrie de l'information et industrie culturelle	495	1,4
▪ Finances et assurances	985	2,7
▪ Services immobiliers et services de location et de location à bail	640	1,8
▪ Services professionnels, scientifiques et techniques	2 410	6,7
▪ Gestion de sociétés et d'entreprises	20	0,1
▪ Services administratifs et services de soutien	1 095	3,0
▪ Soins de santé et assistance sociale	3 750	10,5
▪ Services d'enseignement	2 845	7,9
▪ Arts, spectacles et loisirs	940	2,6
▪ Hébergement et services de restauration	2 655	7,4
▪ Autres services (sauf les administrations publiques)	1 975	5,5
▪ Administrations publiques	1 480	4,1

Source : Emploi-Québec (2014)

Notes : * Le tableau fourni par Emploi-Québec (2014) affiche un total de 35 945

** Le tableau fourni par Emploi-Québec (2014) affiche un total de 3 790

3.4.2 ZONAGE ET AFFECTATION DU TERRITOIRE

Puisque le présent projet se trouve en milieu aquatique et qu'il se situe entièrement dans la municipalité de Saint-Zotique, seules les données de zonage et d'affectation du territoire pour cette municipalité et pour la MRC de Vaudreuil-Soulanges seront présentées ci-après.

3.4.2.1 MUNICIPALITÉ DE SAINT-ZOTIQUE

PLAN ET RÉGLEMENTATION D'URBANISME

Le plan d'urbanisme de la municipalité de Saint-Zotique, en vigueur depuis mai 2010 (*Règlement numéro 528*), est le principal outil de planification encadrant le développement de la municipalité.

Dans son plan d'urbanisme, la municipalité identifie sept grandes orientations d'aménagement du territoire, soit :

1. Favoriser la pérennité et la mise en valeur du territoire agricole, la protection des ressources naturelles et la cohabitation harmonieuse avec le milieu urbain;
2. Assurer un développement optimal et harmonieux des activités urbaines à l'intérieur du périmètre d'urbanisation;
3. Assurer la protection et la mise en valeur de l'aire de conservation;
4. Assurer la protection et mettre en valeur les milieux sensibles;
5. Préserver le patrimoine bâti et mettre en valeur les qualités paysagères;
6. Assurer le bien-être de la population en leur offrant un cadre de vie sécuritaire et sans nuisances majeures;
7. Mettre en place des réseaux d'utilité publique fonctionnels tout en limitant et en atténuant leurs impacts.

Les aires d'affectation du sol visent à définir de façon générale la vocation dominante des différentes parties du territoire de la municipalité de manière à répondre aux orientations et objectifs d'aménagement. Le territoire municipal est divisé en 12 grandes affectations du sol. La zone d'étude du projet recoupe neuf d'entre elles. Entre les canaux, se trouve principalement l'affectation d'habitation de faible densité (moins de 15 log/ha). L'affectation mixte se concentre autour de la rue Principale (route 338) et englobe une aire d'affectation habitation de moyenne et forte densité (plus de 15 logements/ha). Ensuite, la zone d'étude comprend trois aires d'affectation zone de réserve et une aire d'affectation zone d'expansion (phase 1). Une aire d'affectation industrielle est située entre la rue Principale (route 338) et l'autoroute 20, au nord de la zone d'étude. Enfin, le secteur du Grand Marais est affecté au titre de conservation et quelques aires d'habitation, d'affectation mixte, publique et communautaire et récréative (plage municipale) sont également présentes dans la zone d'étude.

PLAN DE ZONAGE

Le Tableau 3-30 présente l'ensemble des zonages retrouvés à l'intérieur de la zone d'étude selon le plan de zonage de la municipalité. Les usages des zones couvrant directement la plage et les canaux sont décrits plus en détails ci-après et sont localisés sur la Carte 3-8.

Le site de la plage de Saint-Zotique est compris dans une zone à vocation récréative (105R). Les principaux usages permis à l'intérieur de cette zone sont les suivants :

- Parc et espace vert;
- Piscine extérieure et activités connexes;
- Plage.

Pour ce qui est des canaux, ils se retrouvent dans des zonages d'habitation (Ha) et mixte (M), et plus spécifiquement au niveau des zones suivantes : 106Ha, 107Ha, 108M, 109Ha, 110Ha, 114Ha, 119Ha, 120Ha, 121Ha et 118M. Ces différents zonages sont illustrés à la Carte 3-8.

Les principaux usages permis dans les zones 106Ha, 107Ha, 109Ha, 110Ha, 114Ha, 119Ha, 120Ha et 121Ha sont les suivants :

- Habitation unifamiliale isolée;
- Habitation unifamiliale jumelée (zone 120Ha seulement).

Les principaux usages permis dans les zones 108M et 118M sont les suivants :

- Commercial :
 - Accommodation;
 - Détail, administration et service;
 - Restauration;
 - Hébergement champêtre;
 - Poste d'essence (zone 108M seulement);
 - Hébergement d'envergure (zone 118M seulement).
- Habitation :
 - Unifamiliale isolée;
 - Bifamiliale isolée;
 - Trifamiliale isolée;
 - Unifamiliale jumelée (zone 108M seulement);
 - Habitation multifamiliale (zone 118M seulement);
- Kiosque de fruits (zone 108M seulement);
- Location d'espaces d'amarrage (zone 118M seulement).

La liste complète des zones se trouvant à l'intérieur de la zone d'étude est présentée au Tableau 3-30.

Tableau 3-30 Liste des zonages inclus dans la zone d'étude

Habitation		Agricole	Publique et communautaire	Récréative	Zone de réserve	Mixte	Industrielle	Conservation
14Ha	107Ha	5A	81P	105R	12Zr	76M	16I	22Cn
75Ha	109Ha		137P		13Zr	79M	18I	
100Ha	110Ha		139P		113Zr	80M	19I	
102Ha	114Ha				117Zr	108M	20I	
103Ha	119Ha				15Zea	111M		
104Ha	121Ha				17Zea	116M		
106Ha	120Ha11Hd					118M		
77Hb								
78Hb								

Comme le montre le tableau, la zone d'étude entourant la plage de Saint-Zotique est constituée principalement d'un zonage à prédominance résidentielle, plus précisément à vocation habitation (Ha) de faible densité. À proximité, se trouve également une variété de zonages, tels que des zones à prédominance récréative (R) et de conservation (Cn), commercialo-industrielle (I), publique et communautaire (P), mixte (M) (commerciale et habitation), résidentielle (Hd, pour une zone à vocation de maisons mobiles) ainsi que des zones de développement (Zr) et des Zones d'expansion prioritaire (Municipalité de Saint-Zotique, 2014).

3.4.2.2 MRC DE VAUDREUIL-SOULANGES

En vertu de la *Loi sur l'aménagement et l'urbanisme* (ci-après « LAU »; L.R.Q., chapitre A-19.1), il revient à chaque municipalité régionale de comté d'élaborer un schéma d'aménagement pour son propre territoire, et ce, en conformité avec les orientations gouvernementales. Ce document de planification établit les lignes directrices de l'organisation physique du territoire d'une MRC. Il présente notamment les grandes orientations d'aménagement et de développement, les grandes affectations du territoire, les zones de contraintes ainsi que les territoires d'intérêt de la MRC.

Bien que la MRC de Vaudreuil-Soulanges date de 1982, suite à la fusion des deux conseils de comté de Vaudreuil et de Soulanges, le schéma d'aménagement révisé (*Règlement n°167*) de la MRC est entré en vigueur le 25 octobre 2004. Le territoire de la MRC couvre 855 km² comprenant 23 municipalités réparties entre cinq communautés d'intérêts stratégiques, elles-mêmes définies en fonction de leur position géographique, leur vocation économique, leurs affinités naturelles, leurs intérêts stratégiques et leurs relations économiques. On compte le Mont Rigaud, la plaine rurale, L'Île-Perrot, le centre urbain et finalement Soulanges, dont la municipalité de Saint-Zotique fait partie. Seulement 11 des 23 municipalités de la MRC font partie de la Communauté métropolitaine de Montréal (CMM), incluant les cinq municipalités les plus importantes en termes de population. Les 12 autres n'en font pas partie, comme c'est le cas de la municipalité de Saint-Zotique. Ces dernières sont à dominante agricole.

Dans son schéma d'aménagement, la MRC accorde une importance particulière à :

- la rentabilisation des infrastructures et des équipements collectifs en milieu urbain;
- la planification des équipements et des infrastructures publics de transport;
- la protection et la mise en valeur de la zone et de l'économie du patrimoine et des paysages;
- la protection des espaces verts et bleus, ainsi qu'à la protection du patrimoine et des paysages;
- la prise en compte des risques de sinistre dans les décisions d'aménagement et de développement.

Elle attache également une importance aux plans d'eau qu'elle qualifie de grande richesse et d'éléments structurants du paysage. En effet, la localisation du territoire de la MRC lui confère un fort potentiel en termes de développement du nautisme et du récréotourisme avec ses 180 km de rives et 650 km de cours d'eau verbalisés intermunicipaux. Il s'agit d'un important patrimoine naturel.

Les grandes affectations ressortant du schéma d'aménagement de la MRC pour la zone d'étude comprennent trois types d'affectation. Au nord de l'autoroute 20, il s'agit d'une aire agricole réservée principalement aux exploitations agricoles et aux usages reliés à l'agriculture. Le Grand Marais est réservé à une affectation de conservation (type 2), c'est-à-dire qu'il présente un intérêt au point de vue écologique, mais que ses caractéristiques ne permettent pas d'aménagements récréatifs légers, d'activités agricoles ou autres aménagements (faunique, interprétation de la nature). Finalement, le reste de la zone d'étude, soit le territoire au sud de l'autoroute 20 à l'exception du Grand Marais, est une aire urbaine permettant la coexistence des usages résidentiels, commerciaux, institutionnels, publics, récréatifs et industriels. De plus, la municipalité est exempte de parcs industriels délimités (MRC Vaudreuil-Soulanges, 2004).

3.4.3 UTILISATION ET OCCUPATION DU TERRITOIRE

Cette section décrit l'utilisation et l'occupation du territoire aux environs immédiats du site prévu pour le présent projet.

L'ensemble de l'utilisation du territoire de Saint-Zotique est répartie de la manière suivante (Tableau 3-31).

Tableau 3-31 Occupation du sol de la municipalité de Saint-Zotique

Occupation du sol	Pourcentage (%)
Terres agricoles	63
Aire urbaine	13
Forêt et boisé	10
Milieu humide	8
Aire récréative	3
Aire de conservation	2

Source : Municipalité de Saint-Zotique (s.d.)

3.4.3.1 MILIEU BÂTI

Bien que la municipalité de Saint-Zotique soit majoritairement rurale, elle est dotée d'un périmètre d'urbanisation relativement grand (1 000 ha) qui est desservi par l'aqueduc et l'égout. Le périmètre d'urbanisation correspond à une bande adjacente à l'autoroute 20. La bordure nord de l'autoroute 20 sert de délimitation entre le périmètre urbain et la zone agricole.

La zone d'étude comprend la partie ouest du périmètre urbain. Elle est constituée principalement de zones résidentielles, incluant d'ailleurs un projet domiciliaire au niveau de la 71^e Avenue qui est actuellement en attente de l'approbation du MDDELCC pour la demande de prolongement des services municipaux accordés par le conseil municipal.

La Carte 3-8 présente les différentes composantes urbaines de la municipalité. Ainsi, les artères commerciales se trouvent principalement le long de la rue Principale/route 338 et à l'intérieur du noyau villageois. Une zone mixte est présente au nord du secteur à l'étude. Le noyau villageois, quant à lui, est compris entre la 37^e et la 26^e Avenue, à l'est du secteur à l'étude (voir Carte 3-8). Aux environs du noyau villageois, on compte plusieurs endroits publics et communautaires dont au moins deux écoles, un parc, l'Hôtel de ville et une église (voir Carte 3-8).

Les artères commercialo-industrielles se trouvent davantage dans la section sud de l'autoroute 20, à l'exception de deux petites zones : une au niveau du croisement de la 48^e Avenue et de la rue Principale/route 338 et une autre à l'est complètement de la municipalité, près de la 2^e Avenue. Une zone industrielle est également présente dans la zone d'étude, au nord-est du projet, de part et d'autre de la 69^e Avenue.

3.4.3.2 ACTIVITÉS RÉCRÉATIVES

À l'échelle régionale, deux points d'attrait naturel sont importants pour la MRC de Vaudreuil-Soulanges. D'abord, le Parc régional du canal de Soulanges couvrant les municipalités de Pointe-des-Cascades, Les Cèdres, Coteau-du-Lac et Les Coteaux et puis, le Mont Rigaud situé au nord de la MRC et offrant des activités récréatives, telles que le ski alpin, le ski de fond ainsi qu'un réseau de sentiers dédiés à l'observation de la nature, à la randonnée pédestre et à l'équitation. Une base de plein air est aussi située non loin de Saint-Zotique, à Les Cèdres (CLD Vaudreuil-Soulanges, 2011a).

Dominée par l'omniprésence d'un réseau hydrographique important et des plans d'eau majeurs, tels que le fleuve Saint-Laurent, le lac Saint-François, le lac Saint-Louis et le canal Soulanges, la pratique de sports nautiques et de la pêche est très populaire dans la région de la MRC de Vaudreuil-Soulanges. La MRC comporte plusieurs marinas et centres nautiques (CLD Vaudreuil-Soulanges, 2011a).

Saint-Zotique mise d'ailleurs fortement sur le potentiel de développement qui découle de sa proximité avec le lac Saint-François. Ainsi, l'attrait principal de la municipalité est la plage de Saint-Zotique, un lieu très fréquenté qui donne directement sur le lac. La plage est située entre deux zones résidentielles comprenant des canaux artificialisés. Jumelée à la piste cyclable régionale, elle attire environ 160 000 à 170 000 visiteurs par année. Dans son plan de développement (2016), la municipalité est d'avis que la plage demeure sous-exploitée et qu'elle est principalement utilisée par les non-résidents au cours de la période estivale. En ce qui a trait aux résidents, le nombre de supports à embarcation nautique est limité à un (1) par propriété riveraine à l'endroit des canaux artificialisés et à deux (2) pour les propriétés riveraines du lac Saint-François (Municipalité de Saint-Zotique, 2014).

Un lieu d'entreposage d'embarcations se trouve au niveau du canal 21. De plus, deux rampes de mise à l'eau sont disponibles pour les résidents. La première se trouve à l'intersection des canaux 14 et 15 et la seconde se trouve sur le canal 7 (Englobe, 2015). Ensuite, la clientèle plaisancière saisonnière dispose de quelques possibilités d'amarrage dans les alentours. Ainsi, la marina Plage de Saint-Zotique offre 40 quais d'accueil alors que Rachel Marine Sport, pour sa part, compte 30 places. À l'est de la ville se

trouve également la marina Grande Seigneurie, où 45 places à quai sont disponibles de même qu'une rampe de mise à l'eau. Finalement, dans la ville voisine, 35 places sont disponibles à la marina Coteau-du-Lac (AMQ, 2015). La marina Plage de Saint-Zotique et Rachel Marine Sport sont identifiés sur la Carte 3-8.

Qui plus est, les amateurs de plongée sous-marine peuvent profiter du Parc sous-marin Saint-Zotique : un circuit constitué de quatre épaves à découvrir au large du lac Saint-François.

Un projet de réouverture du canal de Soulanges, associé au développement du projet Port Soulanges, est également en cours. À terme, il s'agirait d'un complexe récréotouristique d'envergure internationale incluant un centre de villégiature et un complexe immobilier. Le projet, administré par la Régie intermunicipale du canal de Soulanges, serait un acteur important dans le développement touristique de la région (CLD Vaudreuil-Soulanges, 2011b).

Outre les activités aquatiques, Saint-Zotique comporte un terrain de golf de même que 13 parcs publics offrant une diversité d'activités comme des équipements récréatifs pour enfants, trois patinoires extérieures, des jeux de pétanque, des terrains de soccer, de football, de volley-ball et de basket-ball, un site de karting, une aire d'exercice canin et un centre de conditionnement physique extérieur (Municipalité de Saint-Zotique, 2016b).

Par ailleurs, Saint-Zotique est traversée par la piste cyclable Soulanges (Route verte n° 5, allant de Pointe-des-Cascades en Ontario) et par un sentier régional de motoneige, tous deux localisés sur la Carte 3-8 (MRC Vaudreuil-Soulanges, 2004). La piste cyclable et le sentier de motoneige longent la route principale 338 d'ouest en est. Un terrain de camping, le site Pointe-au-Foin Downstream Range Front, se trouve dans la zone d'étude, soit au bout de la 72^e Avenue (voir Carte 3-8). De plus, sur la route principale 338 se trouve également un site de camping, le Camping Tee Pee, à l'extrémité est, adjacent à la Marina Grande Seigneurie. Ils sont tous deux situés à plus de 4 km à l'est du projet.

Finalement, le lac Saint-François est propice à la pêche. Plusieurs espèces de poissons s'y trouvent, notamment une grande concentration de dorés, d'achigans, de brochets et de maskinongés (Navigation Québec, 2015).

3.4.3.3 MILIEU AGRICOLE

La zone agricole couvre un peu plus de 60 % de la superficie totale du territoire de Saint-Zotique, ce qui confère à la municipalité une prédominance agricole. La quinzaine d'exploitations agricoles se situent au nord de l'autoroute 20 et la superficie du territoire zonée agricole représente près de 1 500 ha. La majorité des terres s'y trouvant est de classe 3 et qualifiée de sols à bon potentiel, c'est-à-dire qu'ils présentent des limitations assez rigoureuses, restreignant ainsi la gamme des cultures ou nécessitant des pratiques de conservation spéciale. De plus, le climat est relativement propice à l'agriculture (Municipalité de Saint-Zotique, 2010; MRC Vaudreuil-Soulanges, 2004).

En 2010, le taux d'occupation de la zone agricole était de 89 %. De plus, les indicateurs d'optimalité agricole (augmentation des superficies exploitées, taux d'occupation et superficie en friche) montrent que les terres agricoles à Saint-Zotique sont exploitées de manière optimale (MRC Vaudreuil-Soulanges, 2014).

Quelques fermes sont situées à proximité de la zone à l'étude. Les types de production sont variables. Ainsi, certaines sont enregistrées sous « élevages, grandes cultures et productions horticoles », « serre, ferme et centre de jardin », « culture de céréales » et, enfin, « producteurs d'œufs ». Les aliments produits comprennent le maïs sucré, la citrouille, la fraise, la courge, le haricot, le maïs-grain, le soya et les œufs. L'une des fermes à proximité est un producteur d'œufs à grande échelle. Il s'agit d'un des plus grands postes de classement en termes de volume d'œufs des fermes canadiennes, soit Fermes Burnbrae (Burnbrae Limited, 2016).

3.4.3.4 INFRASTRUCTURES ET SERVICES

TRANSPORT TERRESTRE

La communauté d'intérêt de Soulanges, dont fait partie la municipalité de Saint-Zotique, constitue un territoire à vocation logistique. En effet, Soulanges est d'une part traversée d'ouest en est par l'autoroute 20 (transcanadienne) en provenance de Toronto vers Montréal, en plus d'avoir à proximité les autoroutes 30 et 40. D'autre part, deux projets récents concernant Canadien Pacifique ainsi que Canadian Tire sont en voie de réalisation. À Les Cèdres, à l'est de Saint-Zotique, le premier prévoit y construire un nouveau complexe intermodal d'une taille considérable de 300 ha, incluant un terminal rail-route servant au transbordement, à la manutention de conteneurs et à l'entreposage de marchandises. Le second prévoit construire un centre de distribution ultramoderne, le plus grand centre de distribution de Canadian Tire au Canada, à Coteau-du-Lac (CLD Vaudreuil-Soulanges, 2011b).

La MRC est donc un relais important sur la route commerciale entre le Québec et l'Ontario, et entre Montréal et Vancouver.

À l'échelle de la municipalité, Saint-Zotique est desservie :

- d'ouest en est par la route 338 (route régionale);
- d'ouest en est par l'autoroute 20;
- du sud au nord par la 34^e Avenue/chemin Sainte-Catherine Rte 340 (route collectrice).

Le secteur à l'étude comprend une portion de la rue Principale/route 338 et de l'autoroute 20, en plus d'un réseau routier local (voir Carte 3-8).

TRANSPORT AÉRIEN

Aucun aéroport ou aménagement de transport aérien n'est situé à l'intérieur des limites de Saint-Zotique. Les aéroports à proximité sont ceux de Saint-Lazare et de Les Cèdres. De même, l'aéroport de Les Cèdres comporte un hélicoptère.

Le siège social d'une importante compagnie d'hélicoptère, Hélicoptères Canadiens, est cependant situé à Les Cèdres. La compagnie offre plusieurs services aux entreprises et autres organisations, en plus de gérer trois écoles de pilotage (CLD Vaudreuil-Soulanges, 2011b).

TRANSPORT MARITIME

Bien qu'il ne traverse pas la municipalité de Saint-Zotique, on retrouve sur le territoire de la MRC un canal de 23 km servant de voie navigable. Il s'agit du canal de Soulanges qui relie le lac Saint-Louis à l'est et le lac Saint-François à l'ouest.

Le port le plus près de Saint-Zotique, le port de Valleyfield, donne accès aux États-Unis par les Grands Lacs et rejoint le port de Sainte-Catherine, ce dernier dédié à l'approvisionnement des communautés nordiques et des sociétés minières de l'Arctique canadien (CLD Vaudreuil-Soulanges, 2011a).

PRISE D'EAU

Le système de distribution d'eau potable St-Zotique dessert quelques 7 000 personnes et s'approvisionne à partir du fleuve Saint-Laurent. La prise d'eau se trouve au niveau de la 39^e avenue (Carte 3-8).

3.4.4 ARCHÉOLOGIE ET PATRIMOINE

Dans le cadre de la présente ÉIE, une demande d'information a été adressée au ministère de la Culture et des Communications (MCC), afin de vérifier la présence ou non de sites à intérêt archéologique ou patrimonial dans la zone d'étude. Le MCC est d'avis que le secteur présente un potentiel archéologique, mais ne dispose pas d'information plus précise sur le sujet.

D'après le *Répertoire du patrimoine culturel du Québec* (MCC, 2016), la zone d'étude ne comprend aucuns biens classés « patrimoniaux ». Toutefois, et bien qu'ils soient à l'extérieur de la zone d'étude, six établissements sont reconnus en tant que patrimoine immobilier. Il s'agit du cimetière de Saint-Zotique ainsi que le calvaire situé à cet endroit, une écurie, l'église de Saint-Zotique, le monument du Sacré-Cœur et le presbytère de Saint-Zotique.

De plus, le schéma d'aménagement de la MRC de même que les plans d'implantation et d'intégration architecturale (PIIA) de la municipalité reconnaissent la présence d'un noyau patrimonial et d'une lanière patrimoniale. Le premier s'étend de la 27^e Avenue à la 36^e Avenue de part et d'autre de la rue Principale. La deuxième suit le chemin Saint-Thomas depuis l'autoroute 20 vers le nord. Tous deux ne sont pas compris à l'intérieur de la zone à l'étude (MRC de Vaudreuil-Soulanges, 2004).

En outre, un avis professionnel a été réalisé par un archéologue professionnel afin de connaître le potentiel archéologique du secteur à l'étude (Chrétien, 2016). Cet avis professionnel se trouve à l'Annexe 3-4. Il ressort de cette étude qu'aucun site archéologique n'est connu à l'intérieur de la zone d'étude; le site le plus rapproché se trouvant à plus de 4 km à l'ouest du site. En ce qui concerne le potentiel archéologique de la zone d'étude, il est évalué de faible à nul.

3.4.5 PAYSAGE

La présente section montre les cinq principales unités de paysage observées dans le milieu à l'étude.

L'unité de paysage n° 1, située au sud de la zone à l'étude, comprend la plage et lac Saint-François. Cette unité donne le principal point de vue vers le lac Saint-François à partir du milieu terrestre. Toutefois, de la route et à partir de l'entrée payante de la plage, les installations de la plage (ex. casse-croûte, terrain de volley-ball et soccer) et le lac à proprement parler sont peu visibles en raison d'une distance d'environ 520 m entre l'entrée et le stationnement, et environ 620 m entre l'entrée et la plage. De plus, la vue est obstruée par des arbres le long du chemin d'entrée. Les Photos 3-1, 3-2 et 3-3 présentent l'unité de paysage n° 1 selon différentes vues.

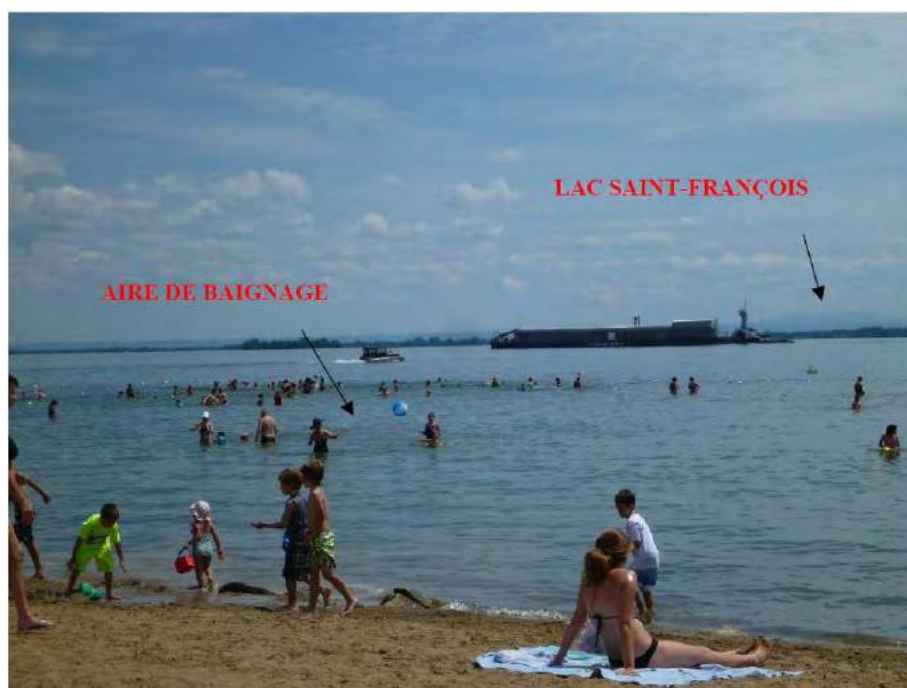


Photo 3-1 N° 1 - Vue en direction sud du lac Saint-François à partir de la plage de Saint-Zotique



Photo 3-2 N° 1 - Vue en direction sud du lac Saint-François à partir de la plage de Saint-Zotique



Photo 3-3 N° 1 - Vue en direction ouest de la plage de Saint-Zotique

L'unité de paysage n° 2 comprend pour sa part la rive où se trouvent les installations de la plage. Une vue est possible à partir du milieu hydrique pour les usagers pratiquant le nautisme (Photo 3-4).



Photo 3-4 N° 2 - Vue en direction nord de la plage de Saint-Zotique à partir du lac Saint-François

L'unité de paysage n° 3 correspond au canal 14. Il s'agit du canal longeant le périmètre de la plage, à l'est. Les Photos 3-5 à 3-7 présentent les différentes vues du canal, soit une vue de l'entrée du canal, une vue de l'entrée de la plage et une vue intérieure. Il est à noter que la navigation sur ce canal est libre d'accès. Ainsi, les locuteurs de pédalos peuvent y circuler.



Photo 3-5 N° 3 – Vue en direction sud du canal 14 à partir de l'entrée de la plage (rue Principale/route 338)



Photo 3-6 N° 3 – Vue en direction sud du lac Saint-François à partir de l'entrée du canal 14



Photo 3-7 N° 3 – Vue en direction est du croisement des canaux 14 et 17 à partir du parc de la plage

L'unité de paysage n° 4 correspond au canal 5 où une partie des travaux sera également réalisée. Le canal est bordé de résidences privées à l'ouest et à l'est se trouve la zone 113Zr, une zone de réserve vouée au développement. La Photo 3-8 offre une vue de l'entrée du canal depuis une résidence privée et la Photo 3-9 présente la vue du canal à proximité de la rue Principale (route 338).



Photo 3-8 N° 4 - Vue en direction est de l'entrée du canal 5



Photo 3-9 N° 4 - Vue en direction sud du canal 5

L'unité de paysage n° 5 réfère au canal 21. Il s'agit du canal longeant le périmètre de la plage, à l'ouest. Les Photos 3-10 à 3-12 offrent quelques points de vue, tels que la vue du canal à proximité de la rue Principale (Route 338), la vue de l'entrée du canal à partir du lac ainsi que la vue du lac à partir de l'entrée du canal.



Photo 3-10 N° 5 – Vue en direction sud du canal 21 à proximité de la rue Principale



Photo 3-11 N° 5 - Vue en direction sud du lac Saint-François à partir de l'entrée du canal 21



Photo 3-12 N° 5 – Vue en direction nord de l'entrée du canal 21 à partir du lac Saint-François

4 DESCRIPTION DU PROJET

4.1 NATURE DU PROJET

Tel que précisé à la section 2.3 de la présente étude, la Municipalité de Saint-Zotique possède plusieurs canaux dédiés à la navigation de plaisance et reliés au lac Saint-François. Ces canaux sont affectés par un processus de sédimentation causé principalement par les apports en matériaux provenant du ruissellement des eaux de surface des chaussées, des zones résidentielles et agricoles adjacentes, et, dans une moindre ampleur, par les courants littoraux qui contribuent à un certain apport en sédiments affectant plus particulièrement les entrées des canaux. En ce sens, la problématique d'érosion observée au niveau de la plage municipale contribue, elle aussi, dans une certaine mesure, au processus de sédimentation à l'entrée des canaux en mobilisant des matériaux qui dérivent la majeure partie du temps d'ouest en est (voir Annexe 3-2). Cependant, cet apport en sédiment provenant de la plage municipale et son impact sur la problématique d'ensablement à l'entrée des canaux diminue significativement lorsqu'on s'éloigne plus vers l'est.

De plus, on observe une prolifération de plantes aquatiques, notamment d'espèces exotiques envahissantes. Dans cette optique, quoique le niveau de sédimentation actuel soit le résultat de plusieurs années d'apports en matériaux, le maintien d'une profondeur minimale dans les canaux est nécessaire afin d'éviter que l'accumulation additionnelle de sédiments ne devienne une source de danger pour la navigation de plaisance. Ainsi, une solution plus permanente est recherchée afin d'empêcher les problèmes liés à la sédimentation des canaux et de ses approches. Pour ce faire, la Municipalité de Saint-Zotique désire intervenir à deux niveaux afin de pallier à cette problématique, soit en procédant à :

- l'aménagement de la plage par la mise en place de structures et de concepts de stabilisation qui permettront de limiter la problématique d'érosion;
- la réalisation de travaux de dragage des canaux et, si requis;
- la mise en place de structures à l'extrémité de certains canaux pour limiter l'apport de sédiments à la fois à la plage et à l'embouchure des canaux.

En ce qui concerne la problématique d'érosion de la plage municipale, différentes alternatives sont envisagées, telles que le reprofilage de la plage combiné à la mise en place d'un épi terminal à l'extrémité est pour limiter la perte de matériaux vers le secteur des canaux, la recharge de plage à l'aide de matériaux plus grossiers (galets de rivière et/ou cailloux arrondis), ainsi que la mise en place de brise-lames fixes ou flottants pour diminuer la fréquence de sollicitations de la plage par l'attaque des vagues en provenance du sud-ouest.

Une évaluation du besoin d'autres structures limitant l'effet des vagues à l'embouchure de certains canaux est par ailleurs réalisée en complément de l'analyse précédente, toujours dans le but de limiter la sédimentation à la sortie des canaux et à la plage municipale.

Enfin, le dragage prévoit l'extraction de sédiments à l'intérieur des 25 canaux indiqués à la Carte 1-2, et ce, sur une surface totale d'environ 200 000 m², le tout jusqu'à une distance d'environ 150 m au-delà de leur embouchure vers le lac Saint-François. Entre 82 000 m³ et 350 000 m³ de sédiments pourraient être extraits des canaux, selon les plans de dragage qui seront retenus, lesquels seront élaborés davantage en phase d'ingénierie détaillée; ils seront par le fait même modulés et planifiés en fonction des ressources financières disponibles à la Municipalité et sur la base de chacune des demandes de CA (certificats d'autorisation) de construction qui seront à faire avec les plans et devis détaillés. Chacun des plans détaillés de dragage permettra d'intégrer les exigences de navigation (profondeur optimale et largeur minimale), les exigences quant à la distance minimale de dragage à respecter le long des murs de soutènement qui délimitent les canaux, là où des investigations géotechniques précises seront requises en ingénierie détaillée, ainsi que, selon les besoins de la conception définitive, les données

bathymétriques additionnelles. Diverses hypothèses de travail ont donc été documentées et évaluées dans le présent rapport à titre de conception préliminaire d'un avant-projet; ces hypothèses sont expliquées plus loin dans ce chapitre.

Les différentes composantes du projet, telles qu'elles sont établies à l'heure actuelle, sont donc présentées dans la section suivante. L'aménagement de la plage pour contrer la problématique d'érosion est présenté à la section 4.2, l'évaluation de structures complémentaires à la sortie des canaux est documentée à la section 4.3 et le dragage des canaux à proprement parler fait l'objet de la section 4.4. Dans cette section, les variantes de réalisation du projet, c'est-à-dire les variantes de profondeur de dragage, les équipements et techniques de dragage disponibles ainsi que les modes de disposition des matériaux dragués sont également exposés. Ensuite, les composantes retenues à ce jour pour la réalisation du projet sont décrites à la section 4.5, tandis que la section 4.6 présente l'échéancier des travaux avec un ordre de grandeur approximatif de leurs coûts de réalisation.

4.2 AMÉNAGEMENT DE LA PLAGE MUNICIPALE

Les études de Koutitonsky et Pelletier (2015), présentée à l'Annexe 3-2, et d'Englobe (2016), présentée à l'Annexe 3-1, se sont penchées sur la dynamique hydrosédimentaire de la plage municipale de Saint-Zotique. Celle-ci subit depuis plusieurs années une érosion qui est le résultat combiné de l'action des vagues et des courants en période libre de glace et de l'emprise des glaces sur le sable en hiver (voir Figure 4-1).



Figure 4-1 **Pente de la plage et micro-talus d'érosion dans la partie ouest de la plage**
(Koutitonsky et Pelletier, 2015)

Rappelons que la plage de Saint-Zotique a été créée de toutes pièces vers les années 1978-1979 et qu'elle a fait l'objet de multiples apports de sable entre sa création et 2007. À cet effet, mentionnons qu'il y aurait eu entre 40 et 50 camions de sable, soit environ 7 560 m³, déposés sur le site à tous les deux ans (Koutitonsky et Pelletier, 2015). La caractérisation historique de la ligne de rivage par photo-interprétation révèle que le recul de la plage se situerait entre 5 et 12 m entre 2005 et 2014 (*Ibid*, 2015).

Ce déficit sédimentaire observé le long de la plage municipale est en grande partie causé par l'effet combiné des courants générés par les vents et le déferlement des vagues au pied de la plage. En présence de vents et de vagues provenant de l'ouest-sud-ouest (OSO) et du sud-ouest (SO), les courants induisent un transport de sable longitudinal à la côte qui se dirige de l'ouest vers l'est (Figure 4-2), tandis qu'à l'opposé, lorsque les vents et vagues proviennent de l'est-nord-est (ENE), les courants induits déplacent le sable de l'est vers l'ouest (Figure 4-3).

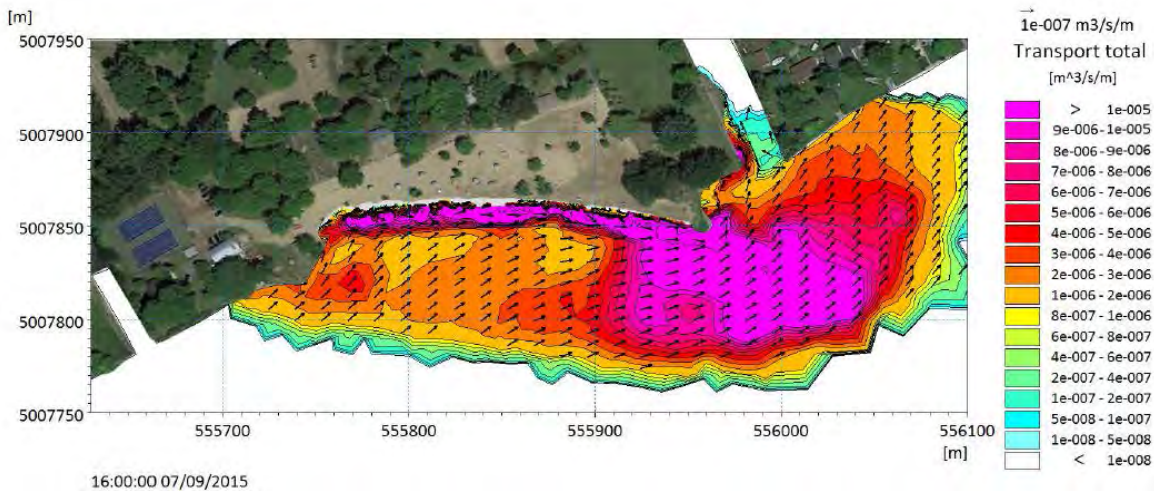


Figure 4-2 Direction des courants et du transport de sable en présence de vents extrêmes de l'ouest-sud-ouest (Koutitonsky et Pelletier, 2015)

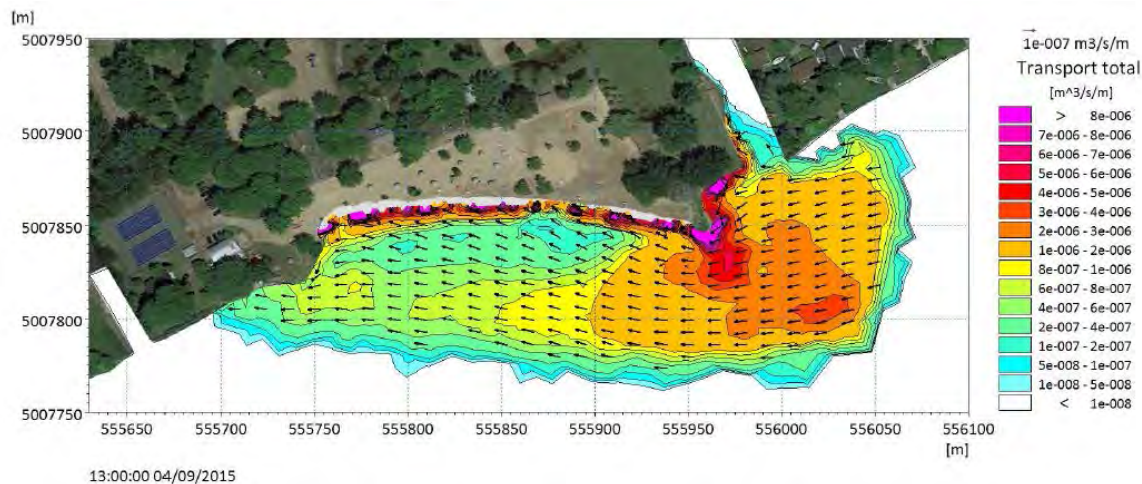


Figure 4-3 Direction des courants et du transport de sable en présence de vents extrêmes de l'est-nord-est (Koutitonsky et Pelletier, 2015)

D'un point de vue cumulatif, l'analyse des directions dominantes de vents et vagues révèle que la dérive littorale principale, soit la direction dominante de transport sédimentaire, se fait de l'ouest vers l'est (voir Figure 3-16, au chapitre 3), ce qui, au fil des années, contribue à favoriser une migration du banc de sable vers l'est et l'ensablement à l'entrée du canal 14. La Figure 4-4 illustre ce phénomène : les limites de la plage et du banc de sable de 1997 et de 2004 sont respectivement indiquées en rouge et en bleu pâle, tandis que cette même limite pour 2014 est tracée en bleu foncé. Depuis 2005, ce banc de sable aurait progressé d'environ 30 m vers l'est (Koutitonsky et Pelletier, 2015).



Figure 4-4 Migration du banc de sable vers l'est (Koutitonsky et Pelletier, 2015)

4.2.1 VARIANTES DE RÉALISATION POUR LA PROTECTION DE LA PLAGE MUNICIPALE

L'étude de Koutitonsky et Pelletier (2015) présente une analyse sommaire des variantes envisagées pour limiter l'érosion de la plage de Saint-Zotique. À ce sujet, les auteurs recommandent de réaliser une étude de faisabilité plus approfondie afin de détailler les aspects techniques et économiques de chacune des variantes d'aménagement potentiellement intéressantes pour le secteur d'étude.

En l'absence d'une telle étude de faisabilité, une analyse plus élaborée a été réalisée pour les besoins de la présente étude d'impact, et ce, sur la base des principaux constats tirés de l'étude de Koutitonsky et Pelletier (2015). Au total, trois (3) variantes ont été identifiées et font l'objet d'une description plus détaillée dans les prochaines sections. Les différents enjeux et critères retenus pour identifier et élaborer les concepts d'aménagement sont les suivants :

- maintenir une largeur de plage acceptable et composée de sable pour conserver la vocation récréative du site;
- atténuer l'énergie des vagues et la capacité d'arrachement des sédiments du talus riverain en favorisant la dissipation des vagues et un adoucissement de la pente de la plage;
- diminuer le transit sédimentaire à l'intérieur de la zone aménagée en piégeant davantage les sédiments qui tendent à se diriger vers l'est afin de retenir le pied de plage;
- minimiser les interventions futures qui pourraient nécessiter des volumes de recharge additionnels ou une maintenance trop coûteuse des infrastructures;
- minimiser l'empiètement des aménagements proposés en prévoyant, entre autres, des structures flottantes;

- assurer, autant que possible, la pérennité des ouvrages proposés pour les 20 prochaines années, en tenant compte de l'ampleur des entretiens requis; et
- maintenir le coût des interventions à un niveau raisonnable, incluant la construction et les entretiens.

Les prochaines sections présentent une description technique des principales caractéristiques d'aménagement de chacune des variantes proposées pour contrer la problématique d'érosion à la plage de Saint-Zotique, soit :

- reprofilage de la plage et aménagement d'un épi terminal **(V1)**;
- reprofilage et recharge de plage avec matériaux grossiers **(V2)**;
- mise en place de brise-lames :
 - brise-lames fixes de type « récif artificiel » **(V3A)**
 - brise-lames fixes classique **(V3B)**;
 - brise-lames flottants **(V3C)**.

4.2.1.1 REPROFILAGE DE LA PLAGE ET AMÉNAGEMENT D'UN ÉPI TERMINAL (V1)

La première variante d'aménagement proposée consiste à procéder au reprofilage de la plage avec une pente de l'ordre de 1V:20H et de construire un épi en bois ou en enrochement afin de retenir le pied de plage de façon à piéger davantage les sédiments qui tendent à se diriger vers l'est. En procédant à un reprofilage selon une telle pente, l'attaque du talus par les vagues sera significativement diminuée en permettant une remontée des vagues plus douce (non destructive), ce qui permettra de réduire la capacité d'arrachement des sédiments et la migration de ceux-ci dans le bas du profil et, éventuellement, vers le secteur est où une zone d'ensablement est observée.

Par ailleurs, un adoucissement de la pente à 1V:20H permettra de redistribuer le sable déjà existant sur tout le profil de plage puisque les travaux de reprofilage libéreront un certain volume de déblai. Une certaine quantité de ce sable pourrait d'ailleurs être concentrée dans la partie ouest de la plage où la problématique d'érosion est plus marquée, sachant que le transport littoral dominant tend naturellement à redistribuer ce sable vers le secteur est. Il serait donc possible que l'aménagement de cette variante ne requière aucun volume de recharge en provenance d'un banc d'emprunt extérieur au site.

De façon plus spécifique, les principaux aspects techniques suivants décrivent l'aménagement proposé :

- longueur de l'aménagement : **± 210 m**;
- pente de la plage : **1V:20H**;
- type de matériau formant la plage : **sable existant déjà en place**;
- élévation de la plage sèche : **élévation du profil existant conservée**;
- localisation de l'épi en bois ou en enrochement : **extrémité est de la plage**;
- longueur de l'épi en bois ou en enrochement : **± 35 m**;
- élévation de l'épi en bois ou en enrochement : **500 mm au-dessus du niveau moyen printanier (mars à mai)**;
- empiètement estimé de l'aménagement sous le niveau moyen d'opération du lac Saint-François à Coteau-Landing (Él. 46,5 m) : **± 2 300 m²**;
- effort de maintenance : **suivi de la plage en réalisant des relevés deux fois/année, soit au printemps et à la fin de l'automne.**

À titre d'exemple, la Figure 4-5 présente une comparaison visuelle entre un épi en bois et un épi en enrochement. D'un point de vue esthétique, l'épi en bois est préférable puisqu'il permet de mieux conserver l'aspect naturel du site, le tout selon la façon dont sera réalisée l'installation. Par contre, il ne fait aucun doute qu'un épi en enrochement est significativement plus durable et que l'effort d'entretien qu'il nécessite est pratiquement nul comparé à celui, plus soutenu, qu'implique un épi en bois. La vue en plan présentée à la figure précédente fait état d'un empiètement avec un épi en enrochement.

Une vue en plan est présentée à la Figure 4-6 afin d'illustrer le concept proposé.

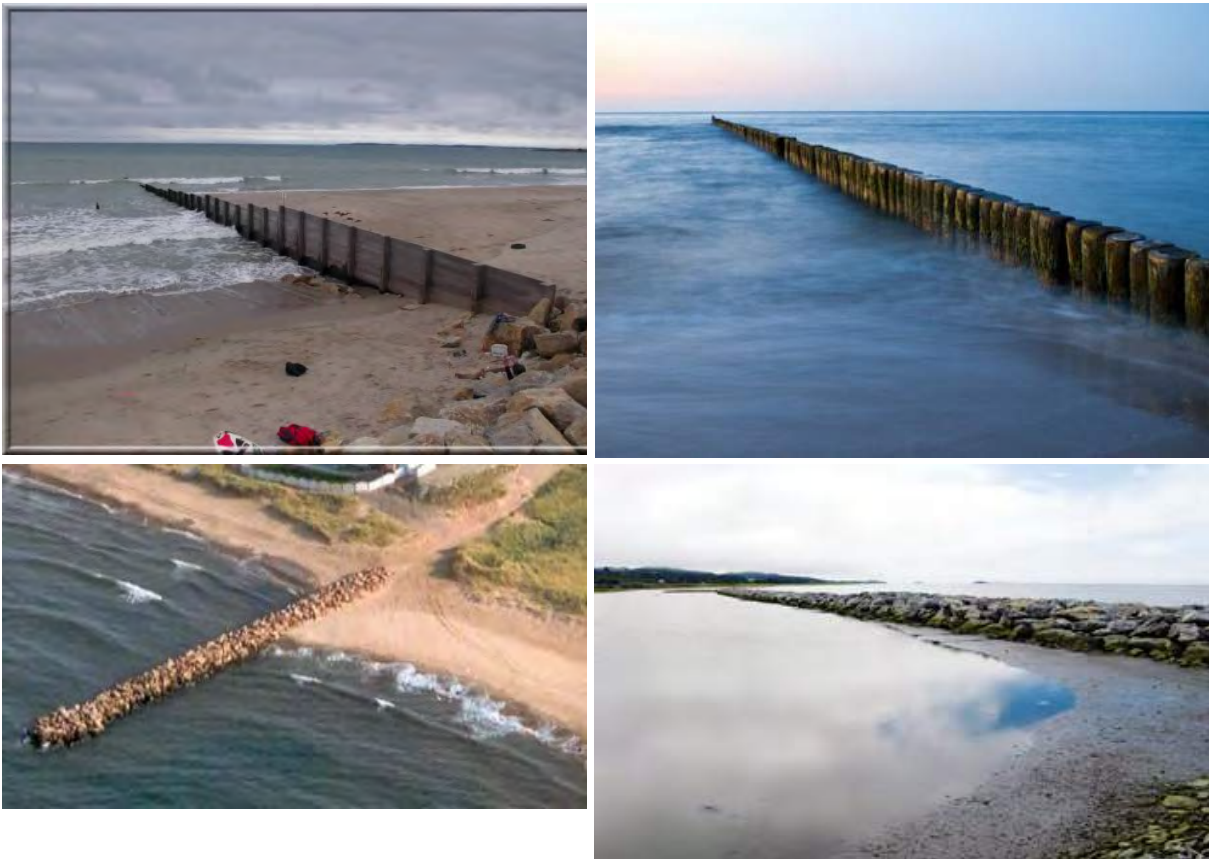
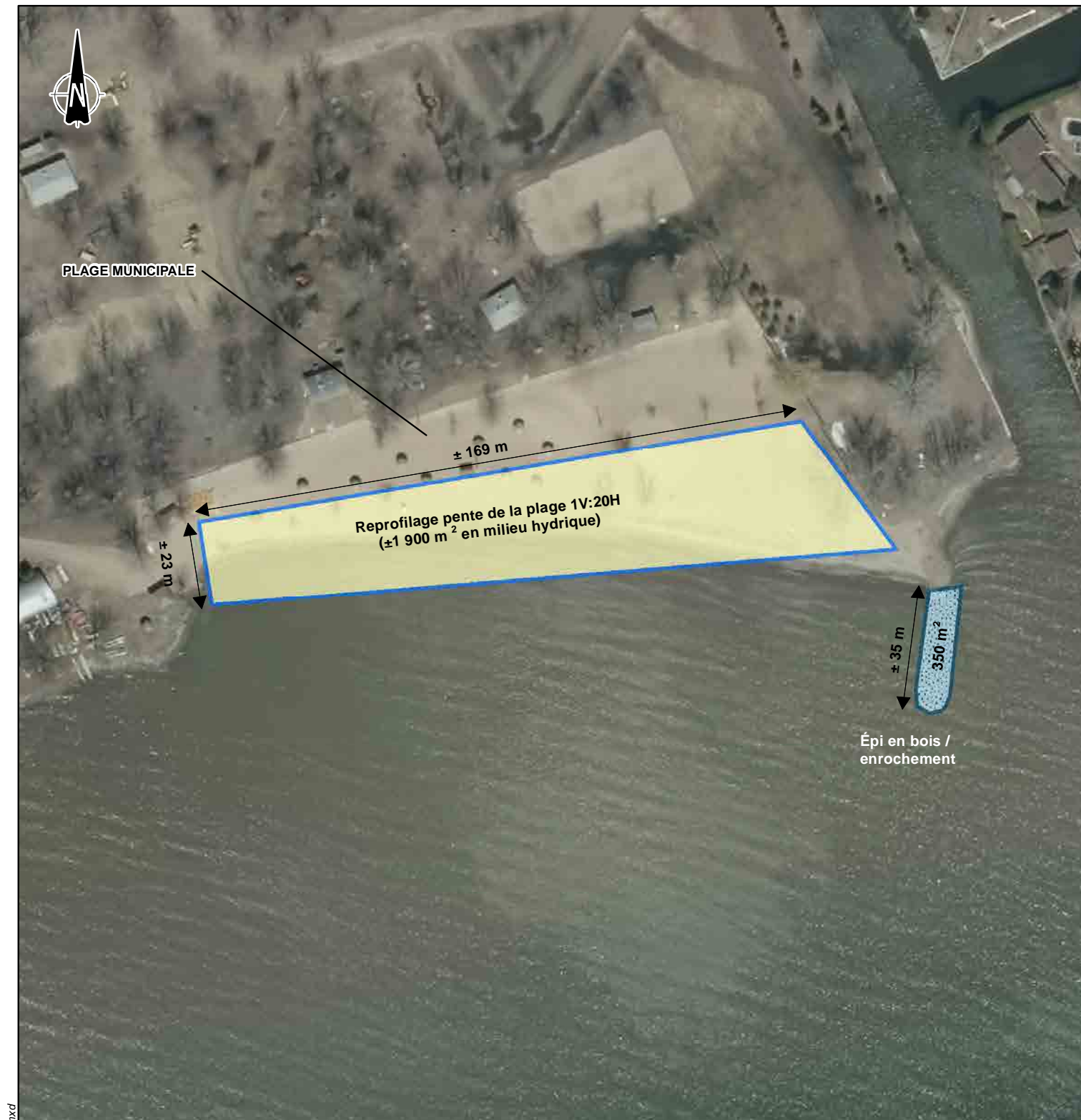


Figure 4-5 Exemples d'épis en bois et en enrochement pour l'aménagement de la variante 1 (V1)



0 15 30 60 m
1 : 1 500
Projection : NAD83, MTM fuseau 8



**ÉTUDE D'IMPACT SUR
L'ENVIRONNEMENT - Dragage
des canaux de la Municipalité
de Saint-Zotique et construction
de brise-lames**
Saint-Zotique, Qc

Figure 4-6
**Concept proposé pour l'aménagement de la
variante 1 (V1)**

Sources :
Orthophotos : © GéoMont, tous droits réservés, 2014

Préparée par : B. Fournier
Dessinée par : C. Thériault
Vérifiée par : B. Fournier

06 décembre 2016 161-00736-00



Les principaux avantages et inconvénients associés à cette option d'aménagement sont résumés au Tableau 4-1.

Tableau 4-1 Avantages et inconvénients – Aménagement de la variante 1 (V1)

AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Permet de contrer le recul de la rive en stabilisant le trait de côte à l'aide d'une faible pente et d'une redistribution du sable	Empiètement permanent dans le milieu aquatique ($\pm 2\,300\text{ m}^2$)
Aucun volume de recharge nécessaire	Avec le choix d'un épi en enrochement : impact sur l'aspect visuel
Avec le choix d'un épi en bois : conserve l'aspect naturel et l'esthétisme de la plage, s'intègre bien dans le paysage et la vocation du site	Possibilité qu'un micro-talus vertical se forme à nouveau à plus long terme dans le secteur ouest, ce qui nécessiterait un reprofilage additionnel (maintenance)
Permet de réduire la perte de sable et la migration du banc de sable vers l'est en retenant les matériaux du pied de plage (diminue ensablement entrée canal 14)	Coupure sédimentaire associée à la dérive littorale secondaire de l'est vers l'ouest
Avec le choix d'un épi en bois : faibles coûts d'aménagement	Avec le choix d'un épi en bois : effort de maintenance et d'entretien plus soutenu

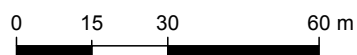
4.2.1.2 REPROFILAGE ET RECHARGE DE PLAGE AVEC MATÉRIAUX GROSSIERS (V2)

La deuxième option proposée consiste à reprofiler la plage existante et à procéder à une recharge à l'aide de matériaux grossiers de type cailloux et galets. À l'opposé de la variante 1, il est plutôt proposé de reprofiler selon une pente un peu plus abrupte de 1V:15H et de recharger le profil à l'aide de matériaux plus grossiers pour éviter l'arrachement des matériaux sous-jacents plus fins. Le recouvrement du talus est donc priorisé de façon à contrer l'érosion en rive et à diminuer la migration des matériaux fins vers le secteur est, et ce, sans nécessiter la mise en place d'un épi terminal à l'extrémité est de la plage.

De façon plus spécifique, les principaux aspects techniques suivants décrivent l'ouvrage proposé :

- longueur de l'aménagement : **$\pm 210\text{ m}$** ;
- pente de la plage : **1V:15H**;
- type de matériaux formant la plage : **cailloux et galets (25-125 mm)**;
- élévation de la plage sèche : **élévation du profil existant conservée**;
- empiètement estimé de l'aménagement sous le niveau moyen d'opération du lac Saint-François à Coteau-Landing (Él. 46,5 m) : **$\pm 1\,900\text{ m}^2$** ;
- effort de maintenance : **suivi de la plage en réalisant des relevés deux fois/année, soit au printemps et à la fin de l'automne.**

Une vue en plan est présentée à la Figure 4-7 afin d'illustrer le concept proposé.



1 : 1 500

Projection : NAD83, MTM fuseau 8



**ÉTUDE D'IMPACT SUR
L'ENVIRONNEMENT - Dragage
des canaux de la Municipalité
de Saint-Zotique et construction
de brise-lames**
Saint-Zotique, Qc

Figure 4-7

**Concept proposé pour l'aménagement de la
variante 2 (V2)**

Sources :
Orthophotos : © GéoMont, tous droits réservés, 2014

Préparée par : B. Fournier
Dessinée par : C. Thériault
Vérifiée par : B. Fournier

06 décembre 2016 161-00736-00



À titre d'exemple, la Figure 4-8 présente un aménagement où a été effectuée une recharge de plage à l'aide de matériaux grossiers de type cailloux et galets.

D'un point de vue d'esthétisme, l'ajout de matériaux plus grossiers permet de conserver l'aspect naturel à l'aménagement, mais la contrainte principale est indéniablement associée au fait qu'il s'agit d'un aménagement beaucoup moins intéressant pour les utilisateurs du site, principalement pour les gens qui pratiquent la baignade, en comparaison de la situation actuelle où les gens profitent d'une plage entièrement constituée de sable fin. Il n'en demeure pas moins que ce type d'aménagement nécessite peu d'entretien en plus de limiter l'érosion et donc la migration du banc de sable vers l'est. Par contre, cette option implique elle aussi des interventions en milieu hydrique. Enfin, les gens peuvent continuer à profiter du sable fin qui se trouvera toujours dans le haut de la plage.



Figure 4-8 Exemple de recharge de plage à l'aide de matériaux plus grossiers de type cailloux/galets pour l'aménagement de la variante 2 (V2)

Les principaux avantages et inconvénients associés à cette option d'aménagement sont résumés au Tableau 4-2.

Tableau 4-2 Avantages et inconvénients – Aménagement de la variante 2 (V2)

AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Permet de contrer le recul de la rive en stabilisant le trait de côte à l'aide d'une pente plus faible et de matériaux plus grossiers recouvrant les matériaux plus fins	Empiètement dans le milieu aquatique ($\pm 1\,900\text{ m}^2$)
S'avère une alternative peu dispendieuse, incluant les coûts reliés à l'entretien	Le fait de recouvrir partiellement la plage à l'aide de cailloux et de galets représente un impact visuel en plus de diminuer l'aire de plage constituée de sable fin (baigneurs)
Préserve l'aspect naturel du site tout en conservant une bonne superficie encore constituée de sable fin (environ 60 % de la plage) pour les utilisateurs	Approvisionnement des matériaux de recharge; il pourrait s'avérer difficile de trouver des cailloux et des galets de couleur et de taille spécifiques à une distance raisonnable du site
Permet de réduire la perte de sable et la migration du banc de sable vers l'est en protégeant les matériaux fins sous-jacents (diminue ensablement canal 14)	À plus long terme, un certain pourcentage des matériaux plus grossiers pourrait bouger et se retrouver à l'extérieur de la zone de recharge

4.2.1.3 MISE EN PLACE DE BRISE-LAMES (V3)

La troisième option proposée consiste à neutraliser l'effet des vagues en amont avant que celles-ci n'atteignent la plage. Pour ce faire, l'utilisation de brise-lames flottants ou fixes est proposée. Sur la base d'une proposition formulée dans l'étude d'Englobe (2016), présentée à l'Annexe 3-1, un brise-lames rectiligne de type fixe ou flottant d'une longueur de 200 m serait localisé au sud du banc de sable et en parallèle de la plage de façon à contrer les vagues les plus fréquentes en provenance de l'ouest-sud-ouest. Cette configuration, appelée « S1 », est, parmi les sept (7) configurations étudiées, la plus performante pour protéger la plage contre l'attaque des vagues en protégeant adéquatement les deux extrémités de celle-ci de même que la partie centrale. Finalement, l'étude d'Englobe (2016) confirme que le brise-lames fixe demeure plus performant que le brise-lame flottant, et ce, peu importe la configuration retenue.

Les lignes qui suivent permettent de comparer les deux types de structures envisagées.

BRISE-LAMES FIXES

Les structures fixes sont un type de brise-lames constitué d'enrochement et érigé à partir du fond du lac. Ce type de brise-lames a l'avantage de ne nécessiter que très peu d'entretien une fois mis en place. Par contre, leur impact sur l'environnement demeure non négligeable compte tenu de leur empiètement sur le fond du lac et leur impact sur la dynamique sédimentaire. Dans certains cas, ce type de structure peut être aménagé de façon à recréer l'habitat aquatique selon diverses conditions favorables et spécifiques au site. Finalement, ce type de structure s'avère tout de même dispendieux et est le plus souvent employé lorsque les enjeux économiques et environnementaux associés à la problématique d'érosion d'une plage sont très significatifs. À cet effet, il importe de noter que cette problématique est importante dans le cas de la plage municipale de Saint-Zotique.

Une alternative intéressante aux structures conventionnelles consiste à mettre en place des récifs artificiels à l'aide de roches de bonnes dimensions simplement déposées sur le fond du lac, à proximité de la berge, de façon à ce qu'elles demeurent partiellement submergées. Des pierres sont placées en quinconce à une élévation leur permettant de dépasser d'environ 300 mm l'élévation du plan d'eau en condition normale d'opération. Ce type de structure, tout comme les structures fixes conventionnelles, permet d'atténuer l'énergie des vagues plus au large tout en favorisant la rétention du sable au niveau du pied de la plage (pierres placées à proximité de la plage). Une telle alternative permet une diminution significative de l'impact sur l'environnement (empiètement plus petit qu'un brise-lames fixe et aménagement en quinconce permettant de recréer plus facilement des habitats) et sur la dynamique

sédimentaire (pierres placées en quinconce) comparativement à un brise-lames fixe. De plus, le coût d'aménagement est réduit de beaucoup en raison de volumes de matériaux significativement plus petits et l'installation ne nécessite pratiquement aucune maintenance une fois en place. Compte tenu de ce coût plus faible, il devient aussi intéressant de mettre en place ce type de structure sur une plus longue distance et d'obtenir ainsi une structure de protection plus performante pour contrer la problématique d'érosion.

BRISE-LAMES FLOTTANTS

Les structures flottantes permettent une libre circulation des eaux, réduisant ainsi l'impact environnemental. Grâce à son caractère mobile, ce type de structure peut, au besoin, être déplacé ou réorienté (Koutitonsky et Pelletier, 2015). Toutefois, un brise-lames flottant n'offre qu'une couverture partielle contre l'érosion puisqu'il doit être retiré à l'automne et remis à l'eau au printemps : il importe en effet d'éviter l'emprise des glaces, soit les périodes de l'année où les sollicitations par les vagues sont plus fréquentes et de plus forte intensité. Finalement, tout comme une structure fixe, ce type de structure s'avère tout de même dispendieux, tant à l'achat qu'à la mise en place (entre autres, le recours à des plongeurs), sans compter les coûts annuels de mobilisation au printemps et de démobilitation à l'automne. Ainsi, l'effort de maintenance associé au brise-lames flottant a pour effet d'atténuer la différence de coût d'un brise-lames fixe.

SOLUTIONS ENVISAGÉES POUR LE BRISE-LAMES

Trois principales options sont envisagées pour la mise en place de brise-lames de type fixe ou flottant pour contrer la problématique d'érosion à la plage municipale de Saint-Zotique; elles sont décrites ci-après.

BRISE-LAMES FIXE DE TYPE « RÉCIF ARTIFICIEL » (V3A)

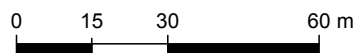
Cette option consiste à positionner des pierres rondes d'environ 1 m de diamètre en quinconce à proximité du bas de la plage de façon à atténuer l'énergie des vagues incidentes et à retenir les sédiments fins au niveau du pied de plage pour éviter leur migration du banc de sable vers l'est.

De façon plus spécifique, les principaux aspects techniques suivants décrivent l'ouvrage proposé :

- localisation : à environ **40 à 60 m de la berge**;
- longueur de l'aménagement : **environ 175 m**;
- matériaux : **pierres rondes de $\pm 1,0$ m** dont la crête sera à une élévation de **$\pm 46,7$ m** (± 200 mm p/r au niveau moyen de l'eau, à confirmer);
- disposition des pierres : **en quinconce avec $\pm 1,2$ m d'espacement** entre chacune d'elles;
- aire d'empiètement estimé par l'occupation des pierres sous le niveau moyen d'opération du lac Saint-François à Coteau-Landing (Él. 46,5 m) : **± 200 m²**;
- espace pouvant être perturbé en milieu hydrique : **$\pm 1\ 600$ m²**;
- **aménagement de passages** pour baigneurs, canots et kayaks **et installation de balises** à la navigation pour la sécurité.

Suivant la configuration retenue du récif de pierres (disposition, espacement, élévation crête, etc.), les vagues pourraient être atténuées de 50 à 70 % une fois qu'elles auront franchi l'ouvrage. Au moment de la conception d'ingénierie détaillée, des modélisations numériques plus détaillées devraient permettre de mieux se prononcer sur la performance de l'ouvrage.

Une vue en plan est présentée à la Figure 4-9 afin d'illustrer le concept proposé.



1 : 1 500

Projection : NAD83, MTM fuseau 8



**ÉTUDE D'IMPACT SUR
L'ENVIRONNEMENT - Dragage
des canaux de la Municipalité
de Saint-Zotique et construction
de brise-lames**
Saint-Zotique, Qc

Figure 4-9

**Concept proposé pour l'aménagement de la
variante 3A (V3A)**

Sources :
Orthophotos : © GéoMont, tous droits réservés, 2014

Préparée par : B. Fournier
Dessinée par : C. Thériault
Vérifiée par : B. Fournier

06 décembre 2016 161-00736-00



Les principaux avantages et inconvénients associés à cette option d'aménagement sont résumés au Tableau 4-3.

Tableau 4-3 Avantages et inconvénients – Aménagement de la variante 3A (V3A)

AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Permet de contrer le recul de la rive en atténuant les vagues incidentes en plus de retenir le pied de plage pour limiter la migration du sable vers l'est	Empiètement des pierres dans le milieu aquatique ($\pm 200 \text{ m}^2$) Espace pouvant être perturbé en milieu hydrique ($\pm 1\,600 \text{ m}^2$)
S'avère une alternative beaucoup moins dispendieuse que le brise-lames flottant, incluant l'effort d'entretien	Les roches doivent être minutieusement disposées pour que leurs crêtes soient à $\pm 200 \text{ mm}$ du niveau moyen de l'eau
Préserve l'aspect naturel du site tout en conservant la plage de sable pour les utilisateurs	Approvisionnement en pierres rondes de bon calibre ($\pm 1 \text{ m}$); pourrait s'avérer difficile à une distance raisonnable du site
Peut être combiné à la variante 1 (V1) en procédant à un reprofilage de la plage avant la mise en place du récif	Des balises à la navigation doivent être installées pour la sécurité des plaisanciers et des utilisateurs avec approbation additionnelle de Transports Canada Pourrait contribuer à une problématique de coliformes fécaux selon l'effet de la circulation des eaux (problématique mise en évidence dans le rapport d'Englobe 2016, voir annexe 3-1)

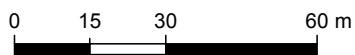
BRISE-LAMES FIXE EN ENROCHEMENT (V3B)

Cette option consiste à mettre en place un brise-lame fixe en enrochement de façon à atténuer l'énergie des vagues. Comparativement à l'option 3A qui propose un récif artificiel, cette variante consiste à mettre en place une structure classique en enrochement avec un volume de matériaux beaucoup plus significatif pour bloquer complètement la transmission des vagues vers la plage. La configuration retenue est celle décrite et recommandée par Englobe (2016), laquelle est présentée dans ce qui suit.

De façon plus spécifique, les principaux aspects techniques suivants décrivent l'ouvrage proposé :

- localisation : à environ **100 m de la berge**;
- longueur de l'aménagement : **environ 200 m**;
- brise-lames **rectiligne parallèle à la plage et centralisée** afin de protéger au maximum le tronçon en érosion;
- aire d'empiètement estimé de l'aménagement sous le niveau moyen d'opération du lac Saint-François à Coteau-Landing (Él. 46,5 m) : **$\pm 2\,000 \text{ m}^2$** ;
- **installation de balises** à la navigation pour la sécurité.

Une vue en plan est présentée à la Figure 4-10 afin d'illustrer le concept proposé. Une figure supplémentaire peut être consultée dans l'étude d'Englobe (2016), voir la figure 35 de l'Annexe 3-1 qui montre que les vagues peuvent être atténuées globalement de 65 à 75 % avec ce type de brise-lames.



1 : 1 500

Projection : NAD83, MTM fuseau 8



**ÉTUDE D'IMPACT SUR
L'ENVIRONNEMENT - Dragage
des canaux de la Municipalité
de Saint-Zotique et construction
de brise-lames**
Saint-Zotique, Qc

Figure 4-10

**Concept proposé pour l'aménagement de la
variante 3B (V3B)**

Sources :
Orthophotos : © GéoMont, tous droits réservés, 2014

Préparée par : B. Fournier
Dessinée par : C. Thériault
Vérifiée par : B. Fournier

06 décembre 2016 161-00736-00



Les principaux avantages et inconvénients associés à cette option d'aménagement sont résumés au Tableau 4-4.

Tableau 4-4 Avantages et inconvénients – Aménagement de la variante 3B (V3B)

AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Permet de contrer le recul de la rive en atténuant des vagues fréquentes du sud-ouest	Empiètement dans le milieu aquatique ($\pm 2\,000\text{ m}^2$)
Permet d'atténuer de façon optimale l'énergie des vagues incidentes en bloquant complètement la transmission de celles-ci comparativement aux brise-lames flottants	Volume de matériaux plus important comparativement au récif artificiel, augmentant ainsi les coûts de construction
Effort de maintenance à long terme très faible et aucune opération annuelle à considérer comparativement à l'utilisation de brise-lames flottants	Ouvrage relativement massif ayant un impact visuel plus important pour les utilisateurs de la plage
Peut être combiné à la variante 1 (V1) en procédant à un reprofilage de la plage avant la mise en place de la structure fixe	Des balises à la navigation doivent être installées pour la sécurité des plaisanciers et utilisateurs avec approbation additionnelle de Transports Canada
	Permet de bloquer que partiellement l'énergie des vagues en provenance du sud-est à moins d'ajouter des structures additionnelles

Finalement, un exemple de brise-lame typique en enrochement est présenté à la Figure 4-11.



Figure 4-11 Exemple de brise-lames typique en enrochement (V3B)

BRISE-LAMES FLOTTANT (V3C)

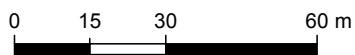
Cette dernière option d'aménagement consiste à mettre en place un brise-lames flottant ayant sensiblement les mêmes dimensions, le même positionnement, la même configuration et la même localisation que l'option précédente considérant une structure fixe. Cependant, compte tenu de la prise et

de la fonte des glaces, ce type de structures doit être retiré à l'automne et remis en place au printemps, ce qui ne permet pas de protéger la plage pendant toute la période d'eau libre lorsque l'énergie des vagues est généralement importante (printemps/automne).

De façon plus spécifique, les principaux aspects techniques suivants décrivent l'ouvrage proposé :

- localisation : à environ **100 m de la berge**;
- longueur : **± 200 m** sur la base de la recommandation de l'étude d'Englobe (2016);
- brise-lames **rectiligne parallèle à la plage et centralisée** afin de protéger au maximum le tronçon en érosion;
- la structure doit être retirée (automne) et remise en place (printemps) à chaque année (coûts d'opération annuels à considérer);
- aucune aire d'empiètement sur le fond marin, sauf pour la mise en place des butées servant d'ancrages au brise-lames flottant (environ une soixantaine de butées de 2,5 m de largeur par 2,0 m de longueur sont requises pour procéder aux ancrages du brise-lames; chaque butée ayant une hauteur d'environ 0,3 m. Le tout représente un empiètement en milieu hydrique de l'ordre de 300 m²).

Une vue en plan est présentée à la Figure 4-12 afin d'illustrer le concept proposé. Une figure supplémentaire peut être consultée dans l'étude d'Englobe (2016), voir la figure 35 de l'Annexe 3-1 qui montre que les vagues peuvent être atténuées globalement de 50 à 60 % avec ce type de brise-lames.



1 : 1 500

Projection : NAD83, MTM fuseau 8



**ÉTUDE D'IMPACT SUR
L'ENVIRONNEMENT - Dragage
des canaux de la Municipalité
de Saint-Zotique et construction
de brise-lames**
Saint-Zotique, Qc

Figure 4-12

**Concept proposé pour l'aménagement de la
variante 3C (V3C)**

Sources :
Orthophotos : © GéoMont, tous droits réservés, 2014

Préparée par : B. Fournier
Dessinée par : C. Thériault
Vérifiée par : B. Fournier

06 décembre 2016 161-00736-00



Les principaux avantages et inconvénients associés à cette option d'aménagement sont résumés au Tableau 4-5.

Tableau 4-5 Avantages et inconvénients – Aménagement de la variante 3A (V3C)

AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Permet de contrer le recul de la rive dans le secteur ouest de la plage en atténuant de façon partielle les vagues fréquentes du sud-ouest	L'achat et la mise en place de ce type de structure s'avèrent dispendieux, sans compter les frais d'opération pour la mobilisation et la démobilisation
S'avère l'alternative dont l'impact sur l'environnement est le plus faible en termes d'empiètement sur le fond du lac	Ne permet de bloquer que partiellement l'énergie des vagues en provenance du sud-est, à moins d'ajouter des structures additionnelles
Permet de conserver l'esthétisme de la plage pour les utilisateurs	Puisque l'ouvrage ne peut demeurer en place toute l'année en raison des glaces, la plage demeure exposée à la fin de l'automne et au début du printemps où les tempêtes de vent et les vagues sont plus fréquentes, ce qui demande de positionner et de retirer les structures à ces moments cruciaux.
Comparativement à l'option fixe (3B), le libre passage des eaux est assuré, réduisant ainsi les impacts potentiels sur la qualité d'eau (observations occasionnelles de coliformes fécaux à l'est de la plage)	Des balises à la navigation doivent être installées pour la sécurité des plaisanciers et utilisateurs avec approbation additionnelle de Transports Canada
Peut être combiné à la variante 1 (V1) en procédant à un reprofilage de la plage avant la mise en place des brise-lames flottants	Intégration visuelle non optimale pour plage avec baigneurs.

Finalement, un exemple de brise-lame flottant de marque Narval est présenté à la Figure 4-13.



Figure 4-13 Exemple de brise-lames flottant de marque Narval

4.3 AMÉNAGEMENT DE BRISE-LAMES À LA SORTIE DE CANAUX

En ce qui concerne la sortie du canal 14 (voir Carte 1-2), la principale source d'ensablement est, comme mentionnée précédemment, bien connue. Les vagues causent l'érosion de la plage et les matériaux arrachés sont ensuite déposés devant l'entrée de ce canal, et ce, en raison d'une dérive littorale dominante de l'ouest vers l'est (migration du banc de sable). Dans ce cas bien précis, la mise en place d'un brise-lames (fixe ou flottant) à proximité de la plage permettrait de limiter la force érosive des vagues du sud-ouest et, ainsi, de réduire le transport de sable vers l'entrée du canal. Dans le même ordre d'idées, la mise en place d'un épi terminal à l'est de la plage (V1) permettrait aussi de réduire l'ensablement de l'entrée 14 en limitant la migration du banc de sable vers l'est.

Quant aux autres canaux situés de part et d'autre de la plage municipale, les causes de leur ensablement ne sont ni connues ni explicitement documentées. Par exemple, aucune source d'érosion ponctuelle n'est observable le long des rives à proximité des entrées des canaux 5 et 24 (voir Carte 1-2). L'hypothèse la plus probable serait plutôt que les sédiments proviennent des canaux eux-mêmes : les allées et venues des bateaux occasionnent une remise en suspension des sédiments et leur migration vers l'entrée. Cette problématique serait en outre amplifiée par la faible profondeur de l'eau. De fait, les bateaux sont plus susceptibles de soulever des particules fines sur leur passage lorsque l'hélice se rapproche du fond, elle provoque alors un remous qui remet les sédiments en suspension et les transporte. Une plus grande profondeur des canaux, telle que prévue avec les travaux de dragage, contribuerait à réduire ce phénomène. Il est à noter que ce phénomène serait plus significatif lorsque les bateaux quittent les canaux, entraînant avec eux des sédiments qui migrent progressivement vers le large dans l'axe des entrées. Dans une moindre mesure, les courants littoraux induits par les vents et vagues sont aussi des facteurs contribuant au transport de sédiments en eau peu profonde et à proximité de la rive, pouvant ainsi favoriser des zones locales d'érosion et d'accumulation au fil des années.

Aucune information disponible à ce jour ne permet de croire que la mise en place de brise-lames à l'entrée des canaux permettrait de réduire la problématique d'ensablement. Au contraire, la mise en place de ces structures réduirait localement l'énergie des vagues et courants au droit des entrées et pourrait favoriser la formation de zones de plus faibles vitesses, exacerbant ainsi l'ensablement en favorisant le dépôt et l'accumulation de sédiments.

Il n'existe aucune étude ou information permettant de mieux comprendre l'origine et les causes ayant contribué, au fil des années, à l'ensablement des entrées. En outre, l'intersection des canaux et du lac Saint-François constitue un régime hydro-sédimentaire complexe. Par conséquent, il est recommandé, dans un premier temps, de procéder au dragage de ces entrées et, dans un second temps, de poursuivre avec un suivi post-dragage afin de bien étudier ce phénomène d'ensablement. L'état des lieux créé par les travaux de dragage constituera un état de référence; un suivi bathymétrique permettra alors de documenter les taux d'accumulation annuels. La mise en place de caméras sous-marines aux entrées des canaux combinée à une analyse hydro-sédimentaire plus détaillée du secteur permettrait par ailleurs de documenter davantage les causes se trouvant à l'origine de cet ensablement ainsi que les processus de migration associés.

Dans tous les cas, ce suivi post-dragage permettrait de mieux documenter le phénomène avant d'envisager d'autres interventions. Suite à cette analyse, et avec davantage d'informations en main, des mesures correctives adaptées pourraient alors être déployées.

4.4 DRAGAGE DES CANAUX ET DE LEUR EMBOUCHURE DANS LE LAC SAINT-FRANÇOIS

4.4.1 VARIANTES DE RÉALISATION DU PROJET

4.4.1.1 VARIANTES DE PROFONDEUR DE DRAGAGE ET VOLUMES ESTIMÉS

L'évaluation des volumes de dragage a été effectuée sur la base des données bathymétriques disponibles et des différentes hypothèses de calcul qui seront confirmées par l'élaboration d'un plan ou de plans de dragage plus précis durant la phase d'ingénierie détaillée qui inclura l'élaboration des plans et devis et les demandes de CA en vertu de l'article 22 de la LQE. Pour les besoins de l'étude d'impact, trois (3) variantes de profondeur ont été évaluées afin d'estimer les volumes de dragage préliminaires avant l'ingénierie de détail, soit des profondeurs de 4 pieds (1,22 m), de 6 pieds (1,83 m) et de 10 pieds (3,05 m) par rapport au zéro des cartes (ZC), lequel se réfère à la station de Coteau-Landing où le ZC correspond à une élévation géodésique de 46,01 m (IGLD 85).

L'historique des variantes est le suivant. Un premier scénario a été défini à 10 pieds, et ce, afin de permettre une solution de dragage viable à très long terme, possiblement sur un horizon équivalent ou supérieur à celui qui existe depuis la création des canaux survenue au cours des années 1960. Compte tenu des quantités en cause et des coûts associés, un second scénario a été établi pour une profondeur visée de 6 pieds par rapport au ZC. Enfin, puisque des murets de piquets de cèdre séparent pratiquement chacun des terrains riverains de l'espace aquatique des canaux, que ces piquets auraient des longueurs variant de 6 à 8 pieds et qu'aucun plan n'est disponible quant à leur implantation, une variante à une profondeur moindre a aussi été considérée, soit à 4 pieds par rapport au ZC.

Les principales hypothèses de calcul retenues pour l'évaluation des volumes de dragage pour les trois (3) scénarios de profondeur analysés sont les suivantes :

- l'utilisation des données bathymétriques des canaux (Englobe, 2015) disponibles à ce jour et fournies par la Municipalité, lesquelles ne permettent cependant pas de couvrir avec précision toutes les zones à draguer, et ce, dû à l'accès limité de certains secteurs durant la réalisation des relevés bathymétriques en raison d'une trop faible profondeur d'eau;
- tous les volumes de dragage ont été estimés pour une profondeur d'eau établie par rapport au ZC à la station de Coteau-Landing, soit un niveau bas impliquant que la profondeur d'eau peut difficilement être en-deçà;
- la définition des polygones utilisés pour l'estimation des volumes de dragage pour chaque scénario considère des parois verticales sur le pourtour de la couverture bathymétrique disponible. En d'autres mots, aucune pente de dragage (une pente qui partirait du fond du canal vers les murs verticaux délimitant les canaux de navigation) n'a été considérée, et ce, parce que lesdites pentes ne pourront être établies qu'avec l'ingénierie détaillée, incluant l'étude géotechnique prévue ci-bas;
- une distance d'environ 100 m de l'embouchure de chacun des canaux avec le lac Saint-François a été considérée afin d'intégrer les volumes à draguer à l'intérieur de ces zones d'approche. Cette distance a été retenue en considération de la bathymétrie des lieux et est suffisante compte tenu de la profondeur à la sortie de canaux, qui augmente graduellement vers le centre du lac. Ladite bathymétrie a été établie en 2016 par WSP en complément de celle d'Englobe en 2015;
- les dimensions du bateau de conception (plus gros bateau pouvant naviguer dans les canaux de Saint-Zotique) ont été fournies par la Municipalité de Saint-Zotique. Ces dimensions sont les suivantes :
 - tirant d'eau : 43 pouces (1,07 m);
 - largeur : 8 pieds (2,44 m);
 - longueur : 37-42 pieds (11 à 13 m).

Afin de raffiner les estimations de volume à draguer sur la base des hypothèses ci-haut présentées, le(les) plan(s) de dragage détaillé(s) qui accompagnera(ont) la(les) demande(s) de CA de construction (art. 22 LQE) avec l'ingénierie détaillée devra/devront considérer les aspects suivants :

- procéder à une expertise géotechnique pour permettre d'établir la distance minimale à respecter le long des murs de soutènement en piquets de cèdre qui délimitent les canaux afin d'éviter tout problème de stabilité et/ou de rupture; expertise qui permettra de déterminer les pentes optimales des excavations le long de ces murs;
- procéder à des relevés topographiques et bathymétriques additionnels afin d'actualiser la couverture des données à l'intérieur des zones à draguer sur la base de l'expertise géotechnique réalisée;
- confirmer, sur la base de l'expertise géotechnique et des particularités de chacune des zones visées par les travaux de dragage, auprès de la Municipalité et des utilisateurs de chacune de ces zones, la largeur et la profondeur de dragage en fonction des critères de navigation, des contraintes géotechniques et de la configuration (dimensions) du bateau de conception qui pourraient être optimisées pour chacune des zones en cause.

VOLUMES ESTIMÉS

Nonobstant les expertises supplémentaires qui seront requises à l'étape de l'ingénierie détaillée des travaux, il est tout de même possible d'estimer des volumes à draguer pour les besoins d'un avant-projet caractéristique d'une étude d'impact environnemental. En fonction des hypothèses énumérées ci-haut, les volumes de dragage ont ainsi pu être estimés et sont résumés au Tableau 4-5 pour les trois (3) scénarios de profondeur analysés.

Le profil bathymétrique, tel que relevé par Englobe (canaux, 2014) et WSP (embouchures, 2016), ainsi que les délimitations des canaux en six (6) secteurs distincts sont présentés aux Cartes 3-2 à 3-5 (chapitre 3). La délimitation des secteurs a été effectuée dans le but de faciliter l'estimation des volumes de dragage ainsi que pour planifier un calendrier de réalisation des travaux intégrant les priorités établies par la Municipalité. Ainsi, le Tableau 4-5 fournit des estimations pour chaque secteur tout en ventilant les calculs pour les canaux à proprement parler de même que pour chacune des embouchures.

En complément des cartes présentant la bathymétrie (Cartes 3-2 à 3-5), les Figures 4-14, 4-15 et 4-16 montrent une série de sections transversales illustrant les largeurs des canaux, des données sur les élévations du fond de ceux-ci et des profondeurs recherchées pour le dragage; le tout, toujours en référence au ZC. Il s'agit en quelque sorte d'une section type à un secteur donné et c'est pourquoi une illustration par secteur a été produite. Il va sans dire que d'autres canaux peuvent être plus ou moins larges que celui montré dans un secteur donné, mais cette représentation vise à donner un aperçu général et caractéristique d'un secteur. Ainsi, visuellement, tant dans les vues en plan qu'en profil, on voit que les canaux des secteurs 1 et 2 sont moins larges que ceux des autres secteurs. De même, les observations en profil permettent d'évaluer que les excavations réelles par rapport aux fonds existants seront le plus souvent de 0,75 m dans l'option à 4 pi ZC et de 1,25 m dans l'option à 6 pi ZC, et ce, hormis le secteur 6 où ces profondeurs d'excavation réelles seront possiblement un peu plus grandes, ainsi que le secteur 4 où elles devraient être un peu moindres.

C'est à dessein que l'option à 10 pi ZC n'est pas montrée sur la Figure 4-15 : elle ne sera pas retenue pour la suite de l'évaluation environnementale. D'une part, les deux autres options semblent amplement suffisantes pour satisfaire les besoins de la navigation sur un horizon à long terme. À ce sujet, et tel qu'expliqué à la section 2.3 du présent rapport, les canaux avaient à l'origine une profondeur moyenne de 2,44 m et celle-ci a depuis été réduite de 1,42 m en moyenne. Donc, en retrouvant les profondeurs recherchées par les deux premières options, le tirant d'eau suffira à accueillir l'embarcation décrite dans les hypothèses discutées. Aussi, par rapport au scénario à 6 pi ZC et comme le montre le Tableau 4-6, la quantité de matériaux à draguer passe au double avec le scénario à 10 pi ZC. Et comme avec les options 4 et 6 pi ZC, le coût de la réalisation de ces travaux est de l'ordre de plusieurs millions de dollars, l'option

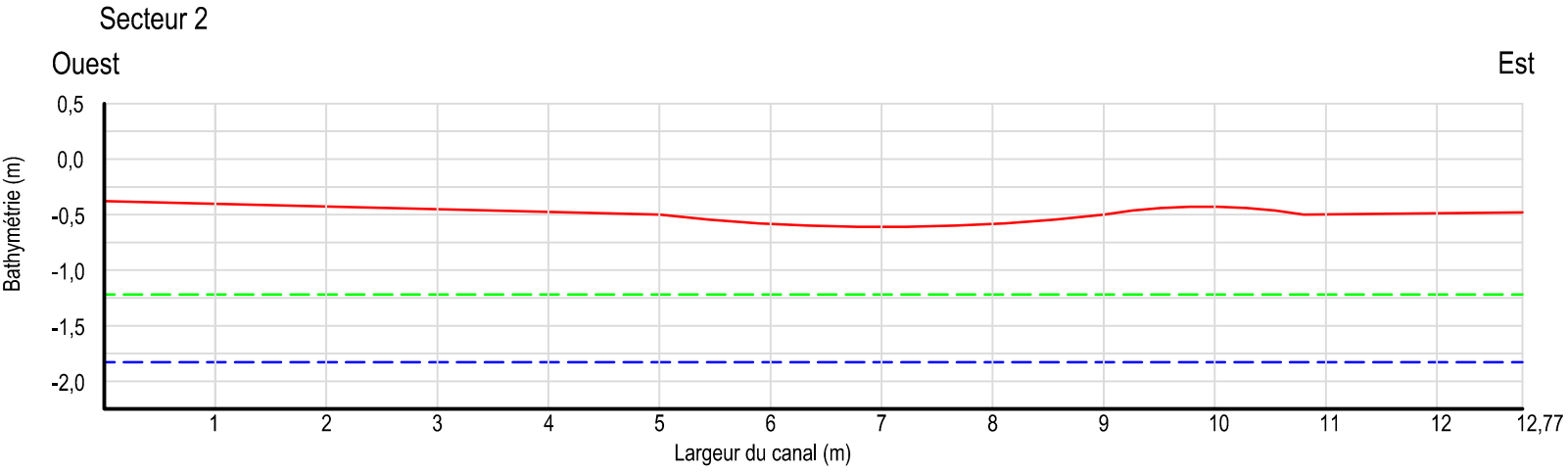
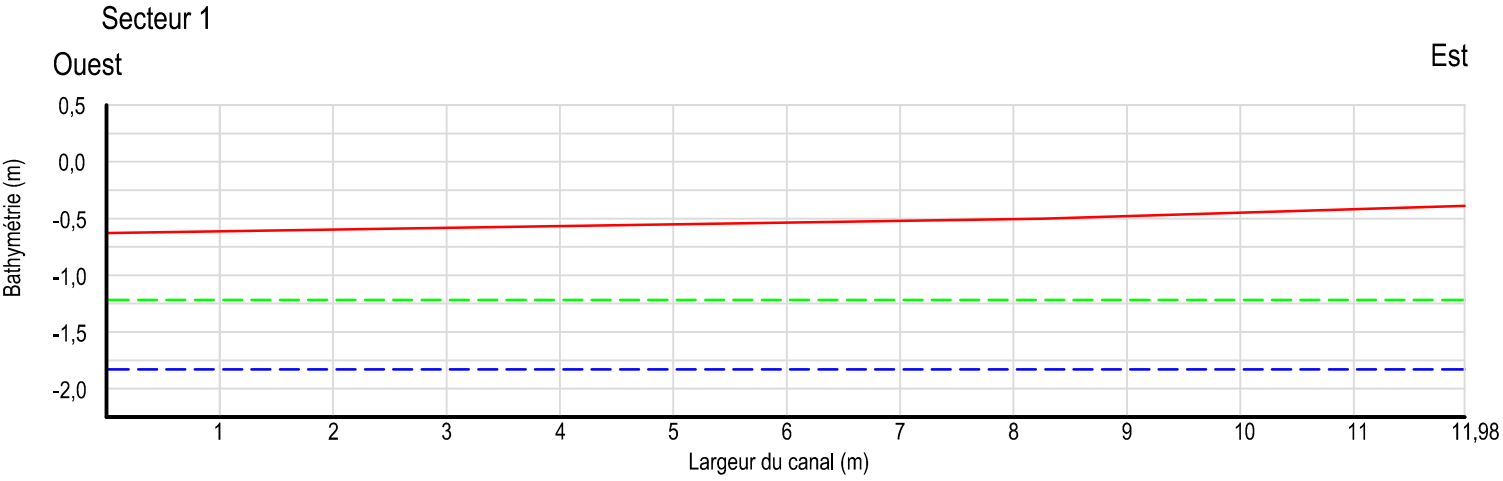
10 pi ZC apparaît prohibitive. Qui plus est, en comparaison des deux autres options, cette dernière variante ne saurait limiter de manière notable la croissance de myriophylle à épi (une espèce exotique envahissante) et d'autres plantes aquatiques submergées et émergentes présentes dans les canaux; ces espèces pouvant croître sous l'eau jusqu'à une profondeur de 1 à 10 m.

Enfin, à l'étape de l'ingénierie détaillée, il appert que les scénarios à 4 et 6 pi ZC offriront une flexibilité suffisante à l'optimisation des interventions par secteur et par canal, en ce qui concerne les profondeurs réelles d'excavation, la largeur des chenaux dédiés à la navigation de même que les pentes à établir et les distances à conserver à partir des murs latéraux. En regard des largeurs, mentionnons que, selon l'embarcation type considérée, les marinas laissent habituellement un chenal libre d'une largeur de 10 m pour un passage en double (WSP, 2016). Suivant le modèle d'embarcation considéré, ceci laisserait donc un espace libre de 5 m et serait évidemment très sécuritaire dans le contexte d'une marina. Cependant, l'ampleur de cet espace libre pourrait certes être moindre dans un contexte de canaux desservant des quartiers résidentiels. Une largeur de 8 m de chenal apparaît sécuritaire avec un espace libre de 3 m, voire même de 6 m, et ce, avec un espace libre moindre pour les plus petits canaux où les embarcations sont moins imposantes.

À la lumière de toutes ces possibilités et considérant le fait que les profondeurs réelles des excavations par rapport aux fonds existants seront d'environ 0,75 à 1,25 m, des pentes 1V:3H, voire 1V :4H, pourraient souvent être préconisées si les conditions géotechniques les permettent. Tout ceci sera à valider selon les canaux et selon les secteurs au moment de l'ingénierie détaillée.

Tableau 4-6 Volumes de dragage estimés pour les canaux à Saint-Zotique

	Option 1 4 pi p/r au ZC	Option 2 6 pi p/r au ZC	Option 3 10 pi p/r au ZC
Secteur 1			
Canaux	4 049 m ³	11 321 m ³	25 877 m ³
Embouchure	1 507 m ³	3 828 m ³	8 469 m ³
Total	5 556 m³	15 149 m³	34 346 m³
Secteur 2			
Canaux	4 837 m ³	9 930 m ³	20 116 m ³
Embouchure	4 887 m ³	11 290 m ³	24 096 m ³
Total	9 724 m³	21 220 m³	44 212 m³
Secteur 3			
Canaux	12 567 m ³	24 589 m ³	48 634 m ³
Embouchure	2 320 m ³	5 480 m ³	11 958 m ³
Total	14 887 m³	30 069 m³	60 592 m³
Secteur 4			
Canaux	30 189 m ³	63 228 m ³	129 317 m ³
Embouchure	2 934 m ³	4 694 m ³	8 213 m ³
Total	33 123 m³	67 922 m³	137 530 m³
Secteur 5			
Canaux	2 866 m ³	6 104 m ³	12 581 m ³
Embouchure	2 607 m ³	4 659 m ³	8 764 m ³
Total	5 473 m³	10 763 m³	21 345 m³
Secteur 6			
Canaux	5 750 m ³	10 335 m ³	19 517 m ³
Embouchure	7 836 m ³	14 898 m ³	29 863 m ³
Total	13 586 m³	25 233 m³	49 380 m³
Ensemble des travaux			
Total des canaux	60 258 m³	125 507 m³	256 042 m³
Total des embouchures	22 091 m³	44 849 m³	91 363 m³
Grand total	82 349 m³	170 356 m³	347 405 m³



- Fond du canal actuel
- Limite du dragage (4')
- Limite du dragage (6')

Bathymétrie : Selon le zéro des cartes (ZC), lequel se réfère à la station de Coteau-Landing où le ZC correspond à une élévation géodésique de 46.011m (IGLD 85).

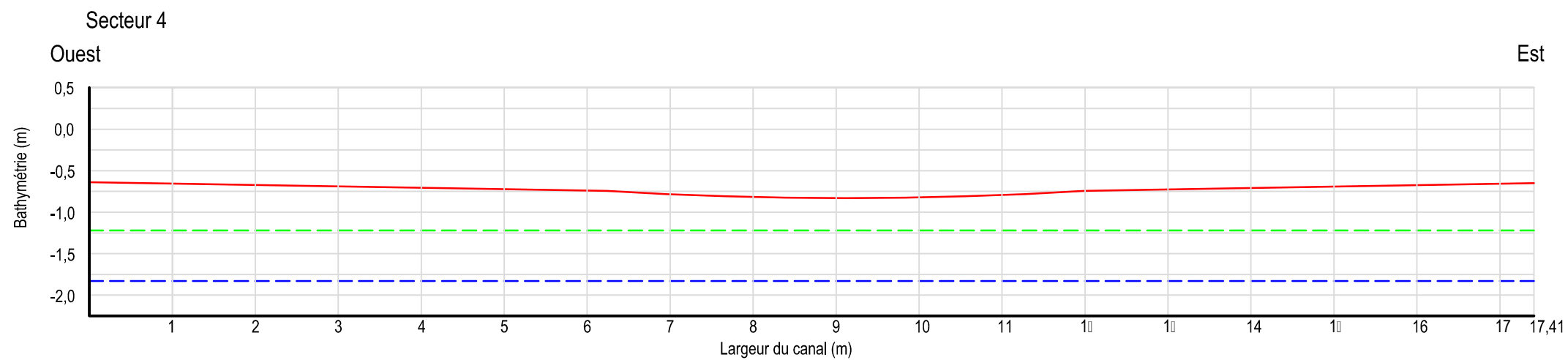
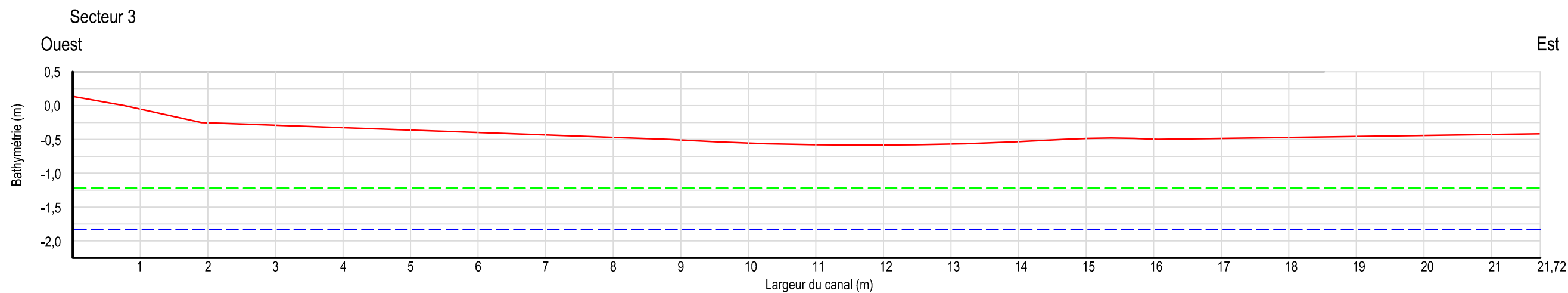


ÉTUDE D'IMPACT SUR
L'ENVIRONNEMENT - Dragage
des canaux de la Municipalité de
Saint-Zotique et construction de
brise-lames
Saint-Zotique, Qc

Figure 4-14
Coupes des canaux (Secteurs 1 et 2)

Préparée par : B. Fournier
Dessinée par : C. Thériault
Vérifiée par : B. Fournier





- Fond du canal actuel
- Limite du dragage (4')
- Limite du dragage (6')

Bathymétrie : Selon le zéro des cartes (ZC), lequel se réfère à la station de Coteau-Landing où le ZC correspond à une élévation géodésique de 46.011m (IGLD 85).

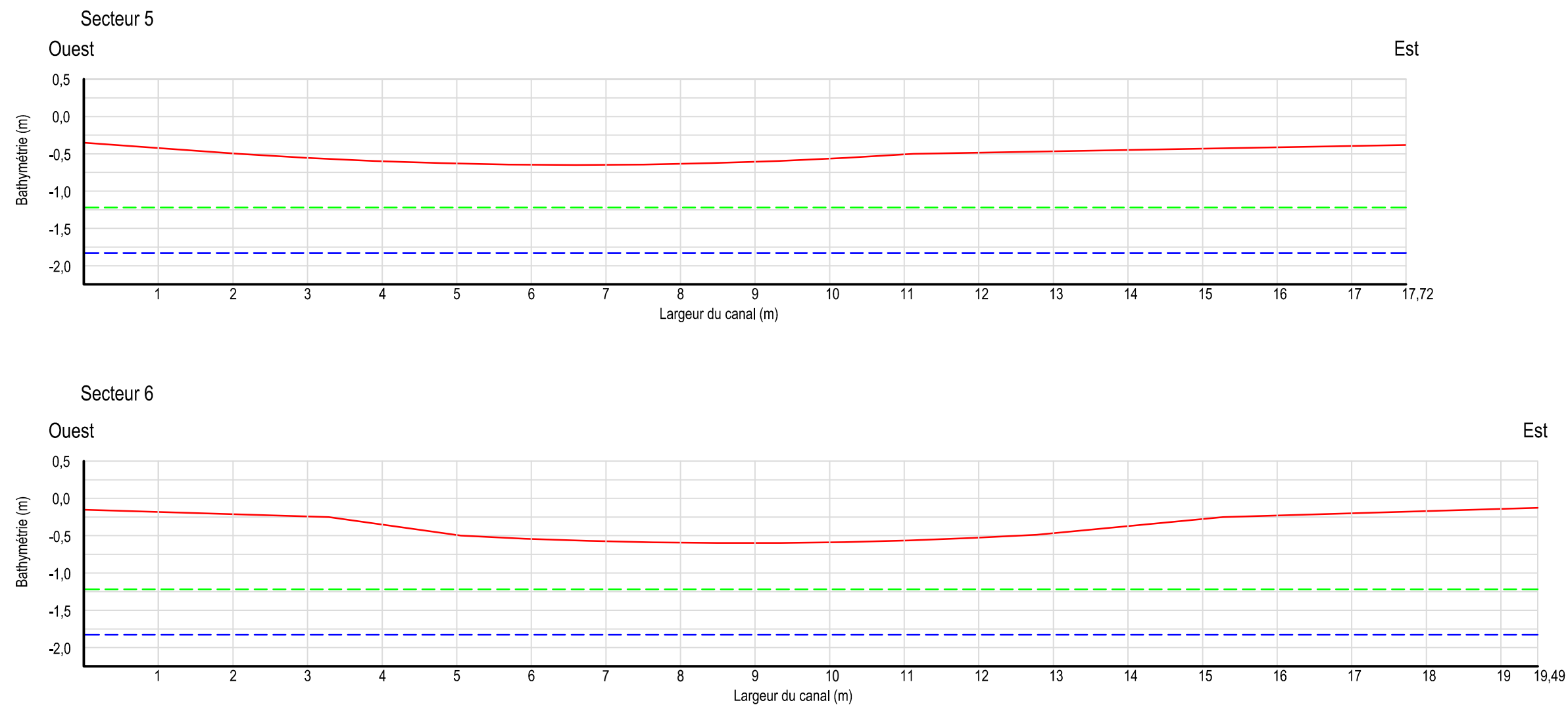


ÉTUDE D'IMPACT SUR
L'ENVIRONNEMENT - Dragage
des canaux de la Municipalité de
Saint-Zotique et construction de
brise-lames
Saint-Zotique, Qc

Figure 4-15
Coupes des canaux (Secteurs 3 et 4)

Préparée par : B. Fournier
Dessinée par : C. Thériault
Vérifiée par : B. Fournier





- Fond du canal actuel
- Limite du dragage (4')
- Limite du dragage (6')

Bathymétrie : Selon le zéro des cartes (ZC), lequel se réfère à la station de Coteau-Landing où le ZC correspond à une élévation géodésique de 46.011m (IGLD 85).



ÉTUDE D'IMPACT SUR
L'ENVIRONNEMENT - Dragage
des canaux de la Municipalité de
Saint-Zotique et construction de
brise-lames
Saint-Zotique, Qc

Figure 4-16
Coupes des canaux (Secteurs 5 et 6)

Préparée par : B. Fournier
Dessinée par : C. Thériault
Vérifiée par : B. Fournier

17 novembre 2016 161-07163-00



4.4.1.2 ÉQUIPEMENTS ET TECHNIQUES DE DRAGAGE

Il existe une grande variété d'équipements disponibles pour la réalisation des travaux de dragage. L'équipement de dragage est généralement choisi en fonction des volumes à draguer, des profondeurs de dragage et de sa disponibilité. Au Québec, on distingue principalement trois catégories d'équipements, soit les dragues mécaniques, les dragues hydrauliques et les dragues spécialisées. Les sections qui suivent décrivent en détail chacune des catégories d'équipements de dragage et le Tableau 4-7 résume les caractéristiques des principaux types de dragues utilisés dans le fleuve Saint-Laurent.

DRAGUES MÉCANIQUES

Les dragues mécaniques prélèvent les matériaux à draguer par application directe d'une force mécanique sur le fond. Elles sont utiles tant pour les matériaux durs que pour les matériaux meubles. Parmi les nombreux avantages de ce type d'équipement, notons les suivants : ces dragues peuvent être opérées et manœuvrées dans des zones restreintes et confinées, elles conservent l'intégrité des matériaux dragués et elles possèdent une bonne précision en eau profonde. Deux types de dragues mécaniques sont susceptibles d'opérer dans le secteur, soit la drague à benne preneuse et la drague rétrocaveuse.

DRAGUE À BENNE PRENEUSE

La drague à benne preneuse consiste en un engin flottant qui peut être automoteur ou manœuvré par des remorqueurs. Ce type de drague est souvent monté sur une grue et utilisé pour extraire des sédiments fins consolidés, des sables et des graviers. La benne descend jusqu'au fond en position ouverte et pénètre dans les matériaux sous l'effet de son poids et de l'action du mécanisme de fermeture (Centre Saint-Laurent, 1992). Après la remontée, le relâchement du filin qui ferme la benne permet le déchargement des matériaux dragués. La drague à benne preneuse a l'avantage d'une bonne facilité de manœuvre et d'un contrôle d'opération efficace sur des surfaces restreintes. De plus, ce type de drague permet de travailler à une profondeur d'eau allant jusqu'à 40 m. Toutefois, la précision et le rendement diminuent avec la profondeur, lorsque le contrôle de la benne est perturbé par le courant.

DRAGUE RÉTROCAVEUSE

La drague rétrocaveuse est à l'origine un excavateur opérant sur terre. Elle peut donc être installée, pourvue de ses chenilles, sur le pont renforcé d'un chaland. Le godet de la drague, dont la capacité varie entre 1 m³ et 3 m³, est fixé à un bras de manœuvre articulé sur la flèche, et les matériaux sont extraits en ramenant le godet vers la drague (Centre Saint-Laurent, 1992). Les matériaux récupérés sont déposés sur les rives ou dans des chalands. Ce type de drague permet habituellement de travailler jusqu'à 12 m de profondeur et est utilisé pour récupérer les matériaux suivants : petits cailloux, gravier, sable grossier, sable cohésif et argile compacte. Les dragues rétrocaveuses ont une précision remarquable, mais elles peuvent occasionner d'importantes pertes de matériaux dragués. De ce fait, elles sont rarement utilisées pour l'excavation de sédiments fins et peu cohésifs (*Ibid*, 1992).

DRAGUES HYDRAULIQUES

Les dragues hydrauliques sont munies de pompes centrifuges qui injectent de l'eau pour extraire du fond par aspiration les matériaux à draguer sous forme de boues liquides. Les boues liquides contiennent généralement entre 10 et 20 % de matières solides (en poids). Les dragues hydrauliques sont habituellement montées sur des barges et les pompes centrifuges sont raccordées à des tuyaux flottants qui permettent l'évacuation des boues liquides à des distances variables du site d'extraction (*Ibid*, 1992).

Le principal avantage des dragues hydrauliques est leur rapidité d'extraction qui est bien plus grande que celle des dragues mécaniques. Par contre, l'évacuation des boues liquides requiert parfois des mesures particulières au site de dépôt, incluant notamment la mise en place de bassins de décantation et d'équipements de déshydratation. De ce fait, l'utilisation de ce type d'équipement implique souvent des coûts plus élevés et requiert un espace plus grand pour la mise en place des bassins de décantation.

Deux types de dragues hydrauliques sont habituellement utilisés, soit la drague suceuse simple et la drague suceuse autoporteuse.

DRAGUE SUCEUSE SIMPLE

La drague suceuse simple drague opère par aspiration au moyen d'une pompe centrifuge et elle se déplace généralement grâce à un système de câbles d'ancrage. Ce type de drague peut travailler jusqu'à une profondeur de 25 m et elle est habituellement utilisée pour l'extraction de boues, de sables (peu compacts) et de gravier.

DRAGUE SUCEUSE AUTOPORTEUSE

La drague suceuse autoporteuse est montée sur un navire autopropulsé et elle transporte les sédiments dragués à son bord plutôt que de les déverser sur des barges. Des élinde sont suspendues des deux côtés de la coque. En position de dragage, l'extrémité de l'élinde traîne sur le fond et le navire se déplace à faible vitesse. Les matériaux sont aspirés par l'élinde et stockés dans des puits à déblais où le mélange eau-sédiments décante. Le surplus d'eau, dont la teneur en matières en suspension varie selon le temps de décantation, est rejeté dans l'eau par des déversoirs et les solides sont accumulés à bord. Ce type de drague peut travailler jusqu'à une profondeur de 20 m et est très efficace pour excaver des matériaux meubles non cohésifs.

DRAGUES SPÉCIALISÉES

Plusieurs équipements de dragage ont été spécialement conçus pour récupérer les sédiments tout en maintenant une teneur élevée en solides ou en réduisant la remise en suspension occasionnée par l'excavation. Deux types de dragues spécialisées sont plus couramment utilisés, soit la drague à godet-pompe et la drague à tarière horizontale.

DRAGUE À GODET-POMPE

La drague à godet-pompe est une pelle rétrocaveuse montée sur un ponton et équipée de stabilisateurs ainsi que d'une hélice. Elle peut donc opérer de façon autonome, aussi bien sur terre que dans l'eau ou dans les zones marécageuses (*Ibid*, 1992). En plus d'un godet excavateur conventionnel, cette drague peut également être munie d'un godet-pompe. Cet équipement peut effectuer le dragage et la récupération des matériaux de tout type. Finalement, bien que la drague à godet-pompe ait l'avantage de provoquer peu de turbidité, la profondeur maximale d'excavation pour ce type d'équipement est de 6,5 m.

DRAGUE À TARIÈRE HORIZONTALE

La drague à tarière horizontale est une drague hydraulique portative montée sur un ponton et munie d'un désagrégateur en forme de tarière qui achemine la boue liquide au moyen d'une pompe centrifuge. Ce type de drague est utilisé pour extraire des sédiments fins à des profondeurs réduites, allant de 0,5 m à 6,1 m. Elle se déplace le long d'un câble d'ancrage et refoule les déblais de dragage par une canalisation montée sur flotteurs (*Ibid*, 1992).

Tableau 4-7 Caractéristiques des principaux types de dragues utilisées dans le Saint-Laurent

Type de drague		Type de matériaux à draguer	Rendement minimal (m³/h)	Profondeur d'eau maximale (m)	Remise en suspension	Teneur en eau des déblais de dragage
DRAGUES MÉCANIQUES	Drague à benne preneuse	Sédiments fins consolidés, sables et gravier	30 à 500	40	Moyenne à importante	Faible
	Drague rétrocaveuse	Tous types	30 à 200	12	Moyenne à importante	Faible
DRAGUES HYDRAULIQUES	Drague suceuse simple	Boue, sable peu compact, gravier	50 à 1 000	25	Faible au site de dragage	Importante
	Drague suceuse autoporteuse	Matériaux sableux, meubles et non cohésifs	50 à 500	20	Importante	Importante
DRAGUES SPÉCIALISÉES	Drague à godet-pompe	Tous types	1 000	6,5	Moyenne	Moyenne
	Drague à tarière horizontale	Sédiments fins	90	6,1	Importante	Importante

Source : Alliance Environnement (2004)

4.4.2 MODES DE DISPOSITION DES MATÉRIAUX DRAGUÉS

Plusieurs variantes sont disponibles pour la gestion des matériaux dragués, que ce soit en milieu aquatique, en berge ou en milieu terrestre. Chacune des options est décrite dans les lignes qui suivent.

4.4.2.1 GESTION EN MILIEU AQUATIQUE

REJET EN EAU LIBRE

Le rejet en eau libre consiste en la mise en dépôt des matériaux dragués directement sur un site de rejet en eau libre préalablement établi. Ce mode de gestion peut être utilisé pour des matériaux naturels (sable, gravier et roches de tous les types de granulométrie) à la condition qu'ils présentent des teneurs en contaminants relativement faibles et dans la mesure où leur rejet ne contribue pas à la dégradation du milieu récepteur.

Environnement Canada et le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, maintenant sous le nom de ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, ont établi des critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec en 2007 (voir Tableau 4-8). Ces critères, au nombre de cinq, permettent d'établir le niveau de contamination des sédiments au Québec, soit la concentration d'effets rares (CER), la concentration seuil produisant un effet (CSE), la concentration d'effets occasionnels (CEO), la concentration produisant un effet probable (CEP) et la concentration d'effets fréquents (CEF).

Lorsque la concentration d'une ou de plusieurs substances dépasse la CER, mais qu'elle est inférieure ou égale à la CS, ce qui est actuellement le cas avec les échantillons recueillis et analysés, la probabilité que les sédiments aient un impact sur le milieu est considérée comme faible. Lorsque la concentration d'une ou de plusieurs substances est supérieure à la CS, la probabilité d'observer des effets néfastes sur les organismes benthiques augmente avec les concentrations mesurées.

De ces critères, se définissent trois plages de concentration de substances chimiques, soit :

- la plage des concentrations les plus faibles, à l'intérieur de laquelle des effets biologiques défavorables sont rarement observés (classe 1);
- la plage des effets possibles, située entre la CSE et la CEP, à l'intérieur de laquelle des effets biologiques défavorables sont parfois observés (classe 2);
- la plage des effets probables, à l'intérieur de laquelle des effets biologiques défavorables sont fréquemment observés (classe 3).

Tableau 4-8 Application des critères de qualité des sédiments au Québec dans le cadre de la gestion des sédiments résultant de travaux de dragage

CRITÈRES DE QUALITÉ		GESTION DES SÉDIMENTS RÉSULTANT DE TRAVAUX DE DRAGAGE*
CEF	Classe 3 Effets biologiques défavorables fréquemment observés	La probabilité de mesurer des effets biologiques néfastes est très élevée. Le rejet en eau libre est proscrit. Les sédiments doivent être traités ou confinés de façon sécuritaire.
CEP		La probabilité de mesurer des effets biologiques néfastes est relativement élevée; elle augmente avec la concentration. Le rejet en eau libre ne peut être considéré comme option valable que si l'innocuité des sédiments pour le milieu récepteur est démontrée par des tests de toxicité et que le dépôt ne contribue pas à détériorer le milieu récepteur.
CEO	Classe 2 Effets biologiques défavorables parfois observés	
CSE		
CER	Classe 1 Effets biologiques défavorables rarement observés	La probabilité de mesurer des effets biologiques néfastes est relativement faible. Les sédiments peuvent être rejetés en eau libre ou être utilisés à d'autres fins dans la mesure où le dépôt ne contribue pas à détériorer le milieu récepteur.

* Tiré d'Environnement Canada et de MDDELCC (2007).

Les sédiments non contaminés (Classe 1; selon les *Critères intérimaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments du Saint-Laurent*) peuvent être rejetés en eau libre; les sédiments de Classe 2, supérieure au critère CEO, peuvent l'être aussi mais seulement si les tests de toxicité s'avèrent négatifs. Les sédiments de classe 3 qui ont un niveau de contamination supérieur au CEF ne peuvent être rejetés en eau libre (Tableau 4-8). Les principaux avantages du rejet en eau libre sont la vaste gamme des matériaux pouvant être rejetés et son faible coût. Les sédiments caractérisés dans le cadre de la présente étude montrent généralement peu de dépassements de la CSE. Toutefois, même si des sites existent dans le lac Saint-François et le secteur de la Voie maritime, une entente avec Environnement Canada serait nécessaire et des tests de toxicité devraient tout de même être effectués sur des sédiments prélevés sur toute la colonne à excaver, ce qui n'existe pas en ce moment (quelques dépassements de la CSE ont été observés). Mais, surtout, rien ne garantit que la Municipalité reçoive l'autorisation de déposer les volumes en cause dans des sites dédiés, lesquels sont avant tout destinés à recevoir les excavations issues de l'entretien de la Voie maritime.

CONFINEMENT EN EAU LIBRE

Le confinement en eau libre consiste à déposer les matériaux dragués dans des sites entièrement confinés sous le niveau de l'eau. Ces sites peuvent être des dépressions naturelles ou artificielles ou encore des zones calmes et bien abritées. Une fois déposés, les matériaux dragués sont recouverts d'une couche de matériaux propres (Centre Saint-Laurent, 1992). Ce mode de gestion est généralement utilisé lorsque les sédiments dragués présentent un potentiel de toxicité. Dans le cas présent, comme les matériaux à draguer sont habituellement d'assez bonne qualité, le confinement en eau libre ne semble pas constituer la meilleure option pour la gestion des matériaux dragués dans les canaux de Saint-Zotique.

4.4.2.2 GESTION EN BERGE

DÉPÔT EN BERGE

Le dépôt en berge consiste en la mise en dépôt des sédiments dragués directement dans un site en berge. Cette option peut être envisagée lorsque les sédiments sont non pollués et lorsque les conditions d'érosion du milieu le permettent. Le dépôt en berge n'est généralement retenu que pour la réalisation d'aménagements à des fins bénéfiques, par exemple : la création ou la recharge de plages et la création ou l'amélioration d'habitats fauniques. Il est donc important que ces matériaux soient exempts de contaminants et que leur granulométrie corresponde aux caractéristiques de l'aménagement projeté. Plusieurs facteurs doivent être pris en considération pour déterminer la faisabilité de ce mode de gestion, à savoir : les conditions des courants et vagues prévalant dans les sites de rejet, les caractéristiques physicochimiques des sédiments à draguer et la sensibilité des berges. Les sédiments issus du dragage doivent être asséchés, soit au site de dépôt en berge, soit hors site. Dans ce dernier cas, les sédiments doivent être acheminés dans un site temporaire puis être retournés au site de dépôt par camion avant leur mise en place avec des équipements appropriés selon les besoins du projet envisagé.

Étant donné l'absence d'espace disponible et en raison des conditions non optimales de courants, vagues ou glaces dans le Saint-Laurent, le dépôt en berge est inapproprié pour le présent projet.

CONFINEMENT EN BERGE

Le confinement en berge est un mode gestion qui consiste à recouvrir les matériaux dragués qui ont été déposés en berge et à les stabiliser de manière à s'assurer de leur protection contre les intempéries grâce à des structures appropriées. Les matériaux peuvent ainsi être déposés dans un ouvrage en construction ou dans un ouvrage de confinement construit à cet effet. Ce type de gestion est généralement utilisé pour la mise en dépôt de sédiments dont la qualité varie de bonne à modérée (Centre Saint-Laurent, 1992).

Puisque les matériaux à draguer dans les canaux de Saint-Zotique sont généralement de bonne qualité, le confinement en berge, tout comme le confinement en milieu aquatique, semble inadéquat dans le cas présent.

4.4.2.3 GESTION EN MILIEU TERRESTRE

Lorsque les sédiments sont gérés en milieu terrestre, le niveau de contamination est déterminé en fonction des critères établis dans la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*. La Politique détermine aussi l'usage possible des sédiments en fonction de leur niveau de contamination.

DÉPÔT EN MILIEU TERRESTRE

Le dépôt en milieu terrestre consiste en la mise en dépôt des matériaux issus du dragage dans un site terrestre autorisé. Ce mode de gestion est souvent utilisé dans un contexte de revalorisation (remblai résidentiel, commercial, industriel, recouvrement, etc.), à la condition que les sédiments dragués soient peu contaminés et qu'ils respectent les critères d'utilisation des sols. Ainsi, en fonction de leur qualité chimique, les sédiments dragués peuvent être utilisés à des fins agricoles (amendement de sol, compostage, etc.), comme matériau de recouvrement dans un lieu d'enfouissement sanitaire ou encore comme remblai de construction. Avant leur transport vers le site de dépôt final, les matériaux dragués doivent généralement passer par un processus d'assèchement partiel. Des aires temporaires pour l'entreposage des matériaux dragués doivent alors être prévues. Dans le cas présent, il sera difficile de mettre en place de telles aires sur une grande surface en raison du caractère bâti du secteur et de la présence de zones d'intérêt (parcs, plages). Une alternative pourrait consister à leur assèchement sur des barges dédiées à cet effet et pouvant être stabilisées sur une certaine période de temps, et ce, avec tous les équipements de traitement requis (bassin de décantation, filtration), permettant que les eaux soient retournées au lac Saint-François. Les matériaux dragués doivent ensuite être transportés vers le site de dépôt terrestre dans des camions étanches. Différentes possibilités existent pour assécher et transporter le matériel dragué. Les sections suivantes en font état.

L'avantage du dépôt en milieu terrestre tient en grande partie au fait qu'aucune pression supplémentaire n'est exercée sur le milieu aquatique ou en berge. Il s'agit donc d'une option intéressante du point de vue environnemental pour la gestion des matériaux dragués dans le cadre du présent projet.

CONFINEMENT EN MILIEU TERRESTRE

Le confinement en milieu terrestre est un mode d'élimination qui consiste à déposer des sédiments de dragage contaminés, généralement fortement contaminés, dans un lieu approprié étanche, sécuritaire et permanent. Ce type d'installation requiert l'obtention des autorisations nécessaires en vertu des lois et règlements en vigueur, de même que la réalisation des études environnementales s'y rattachant.

D'un point de vue économique, cette option est moins avantageuse puisqu'elle requiert la construction d'une aire imperméable aux contaminants. De plus, tel que mentionné pour le confinement en milieu aquatique ou en berge, le confinement en milieu terrestre n'est pas approprié pour les besoins du projet; la qualité des matériaux dragués étant généralement bonne.

4.5 DESCRIPTION DU PROJET RETENU

4.5.1 MOBILISATION DU CHANTIER

Lors de la mise en œuvre des travaux d'installation des brise-lames et de dragage, les équipements et les matériaux requis seront transportés aux différents sites des travaux, et ce, principalement par voie navigable. À cet effet, plusieurs rampes de mise à l'eau et quais sont présents dans le secteur de Saint-Zotique, et ce, non seulement à la plage municipale mais également dans certaines municipalités

voisines, notamment Les Coteaux, Coteau-du-Lac et Salaberry-de-Valleyfield. En ce qui concerne le dragage des canaux, il sera difficile, voire impossible, de procéder à des travaux à partir des terrains riverains; ces derniers étant construits en presque totalité. Au moment des demandes de CA de construction, des précisions pourront être fournies à savoir s'il sera parfois possible, après entente avec les propriétaires, d'utiliser certains terrains riverains pour effectuer certaines tâches ou activités d'approvisionnement. Il est à noter que la majeure partie du matériel (incluant équipement et machinerie) sera acheminée sur place via les voies navigables; il appartiendra alors à l'entrepreneur de déterminer ses points d'accès selon les autorisations requises. En outre, puisque les travaux seront effectués en automne, soit en dehors de la période d'ouverture de la plage, une partie de celle-ci pourra être utilisée à des fins d'approvisionnement complémentaire, principalement pour la mise en place des brise-lames.

Ainsi, certains matériaux seront livrés par camion et entreposés sur le site. Tous les éléments et équipements seront entreposés à l'extérieur de la bande de protection riveraine. Les travaux d'entretien et/ou de ravitaillement seront également effectués à l'extérieur de la bande de protection riveraine pour les équipements qui seront sur terre. Pour ce qui est des équipements qui seront sur l'eau, des mesures de protection seront mises de l'avant dans le chapitre 5.

4.5.2 MISE EN PLACE ET ENTRETIEN DES BRISE-LAMES

Suivant l'analyse des variantes effectuées pour la protection de la plage, un brise-lames flottant est recommandé dans un premier temps. Dans un second temps et après suivi de l'efficacité dudit brise-lames, il pourrait être combiné à un reprofilage de la plage ou à un reprofilage et une recharge de la plage. Deux raisons motivent ce choix, soit la limitation des empiètements en milieu hydrique et la conservation de l'intégrité du milieu actuel de la plage. Ce dernier est ici évalué en considération de l'ensemble des usagers de la plage, non seulement les baigneurs mais également les plaisanciers, kayakistes, canoéistes et autres utilisateurs du secteur. S'il est vrai que l'implantation de récifs permettrait la récréation d'habitats pour la faune ichthyenne, il est à noter que cette récréation nécessiterait une importante période de temps. En outre, ces récifs impliqueraient une fragmentation de la plage de laquelle ils seraient de plus très rapprochés (une cinquantaine de mètres).

En outre, dans l'éventualité où s'effectuerait uniquement une redistribution du sable déjà existant, ces travaux ne nécessiteraient possiblement aucun volume de recharge provenant d'un banc d'emprunt extérieur au site. En plus d'être avantageuse sur le plan économique, cette possibilité implique une moins grande circulation lors des travaux puisque seuls seraient présents sur place les équipements nécessaires à ce reprofilage.

Un brise-lames flottant demande évidemment plus de manipulation au niveau du remisage et de la mise en place à chaque année, notamment avec des plongeurs et de l'équipement approprié, mais les blocs ou butées d'ancrage demeurent toujours en place. Il faut donc un balisage approprié, tant pendant que les sections de brise-lames sont en place qu'en dehors de cette période. Les sections de brise-lames qui pourraient être mises place ont une dimension d'environ 7 m de longueur par 2,5 m de largeur (selon ce que propose un fabricant de cette installation, voir Annexe 4-1). En période hivernale, elles peuvent donc facilement être entreposées sur des terrains du secteur de la plage. En outre, leur installation devra être prévue le plus rapidement possible au printemps et leur retrait devra être prévu le plus tardivement possible à la fin de l'automne.

Les modélisations numériques plus détaillées qui sont recommandées avec l'ingénierie détaillée permettront de voir si le brise-lames doit être assemblé en simple ou en double, et ce, afin d'atteindre le pourcentage d'atténuation recherché. Dans le cas d'un aménagement en double, il faut alors prévoir le double d'empiètement en milieu hydrique, soit près de 600 m², pour la mise en place de deux fois plus de butées de béton (120 plutôt que 60). Le brise-lames proposé sera constitué de tubes en PeHD (polyéthylène à haute densité) armés de béton et tiges linéaires d'acier galvanisé. L'Annexe 4-1 donne des détails additionnels sur le brise-lames prévu. L'ancrage du brise-lames sera effectué à l'aide de butées de béton préfabriquées qui seront déposées au fond de l'eau à l'aide d'une barge. Les butées

proposées seront de 2,5 m de longueur par 2,0 m de largeur sur 0,3 m de hauteur. Ces dimensions sont tirées d'une autre étude d'impact de WSP (2016) et ne sont pas indiquées à la fiche technique de l'Annexe 4-1. L'occupation projetée par les butées représente un volume de 90 m³ pour un brise-lames assemblé en simple et de 180 m³ pour un brise-lames assemblé en double. Le pourtour des butées totalise 540 m avec un assemblage en simple et de 1 080 m avec un assemblage en double.

Tel que précédemment mentionné (voir section 4.3), pour le moment, WSP ne recommande pas d'autres brise-lames à l'entrée de certains canaux. L'état actuel des connaissances démontre que cette option n'est pas justifiée. Cependant, il est recommandé de procéder à un suivi des aménagements à la plage lors des deux premières années suivant la mise en service du brise-lames. Ce suivi permettra de statuer sur l'efficacité des mesures prévues. Si cela s'avérait insuffisant, le reprofilage de la plage pourrait être réalisé. Une fois les travaux de dragage réalisés, le suivi continuerait de façon à évaluer le besoin réel d'autres brise-lames à l'entrée de certains canaux. À titre indicatif, ces brise-lames supplémentaires seraient probablement au nombre de deux; le troisième n'étant pas nécessaire compte tenu de la portée du brise-lames de la plage, laquelle inclut la sortie du canal 14 (voir Carte 1-2).

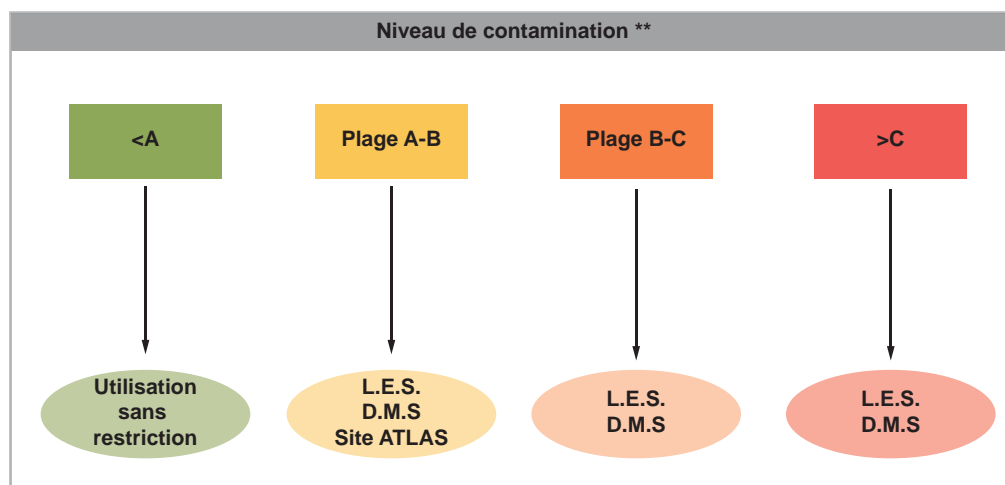
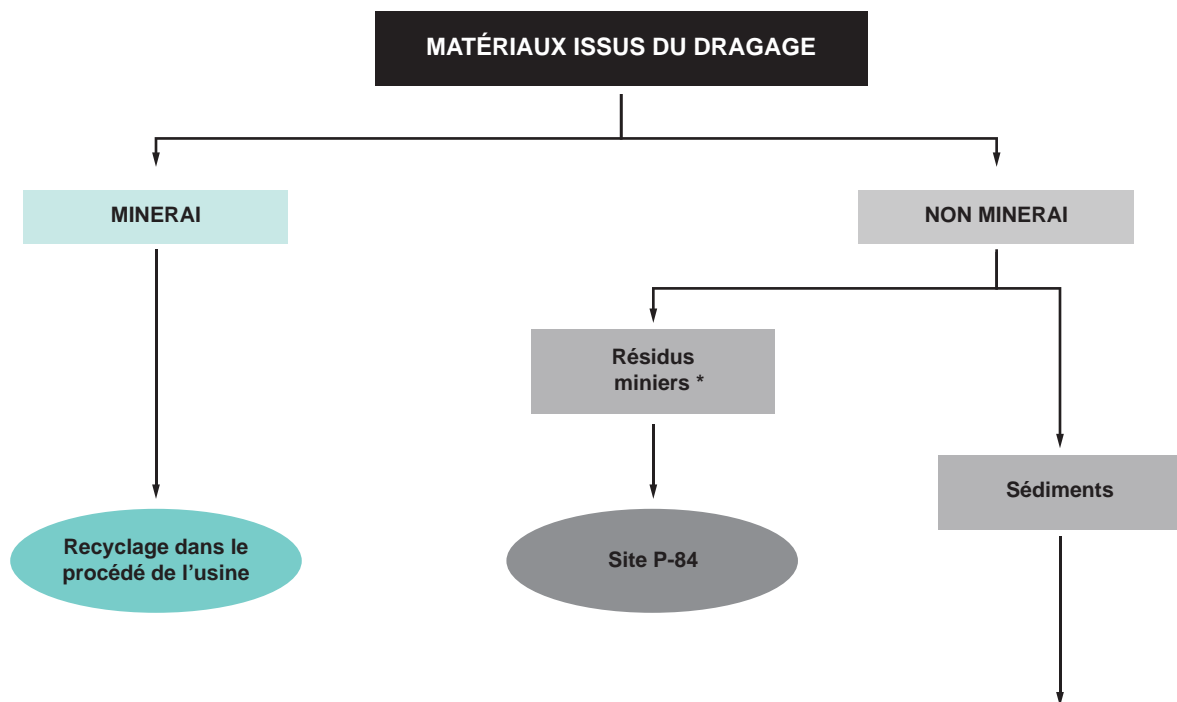
4.5.3 EXÉCUTION DES TRAVAUX DE DRAGAGE

Compte tenu du fin diamètre des particules contenues dans les matériaux à draguer, tous les travaux de dragage dans les canaux seront ceinturés par des rideaux à sédiments (rideaux de turbidité). Les deux scénarios d'excavation font partie de l'évaluation environnementale, tant celui à 4 pieds que celui à 6 pieds par rapport au ZC. Tel que précédemment mentionné, ces deux scénarios doivent être considérés aux fins de l'ingénierie détaillée; les profondeurs pouvant être adaptées afin de tenir compte du chenal de navigation à établir et des pentes et espaces à conserver de part et d'autre des murs en piquets de cèdre.

Les matériaux s'accumulant dans les canaux sont surtout constitués de sédiments transportés par les courants du lac Saint-François ainsi que de matériaux provenant du ruissellement des eaux de surface des chaussées, des zones résidentielles et des zones agricoles adjacentes. Ces matériaux, qualifiés de fins à très fins, seront dragués à l'aide d'une drague mécanique à benne preneuse montée sur barge. Les avantages liés à l'utilisation de ce type de drague sont les suivants :

- la faible teneur en eau des matériaux issus du dragage, minimisant ainsi les efforts requis pour la gestion de l'eau de dragage;
- la possibilité de draguer des matériaux de tout type;
- le fait qu'elle peut être opérée dans des zones restreintes et confinées ainsi que lors des travaux impliquant de grandes surfaces.

La drague mécanique à benne preneuse montée sur barge est positionnée à l'aide de pieux mobiles ou d'ancrages et déplacée dans la zone d'intervention selon les besoins. La benne preneuse descend jusqu'au fond de l'eau et pénètre dans les matériaux sous l'effet de son propre poids. Suivant sa fermeture par traction d'un filin, la benne est doucement remontée hors de l'eau pour être déchargée dans la barge. Les matériaux dragués se trouvant sur la barge sont ensuite transportés par des chalands jusqu'en milieu terrestre où ils seront soit asséchés avant transport et valorisation, soit directement transportés vers leur lieu de valorisation pour être asséchés sur place.



L.E.S. : Lieu d'enfouissement sécuritaire

D.M.S. : Dépôt de matériaux secs

* Matériaux répondant à la définition de résidus miniers.

** Selon la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* du MDDELCC.

○ Utilisation/disposition finale

Projet WSP : 161-07163-00

15 avril 2016

Préparée par : V. Armstrong
Dessinée par : C. Thériault
Approuvée par : B. Fournier



ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT - Dragage des canaux de la Municipalité de Saint-Zotique et construction de brise-lames
Saint-Zotique, Qc

Figure 4-17

Schéma décisionnel pour le choix du site de disposition des matériaux dragués

4.5.4 GESTION TERRESTRE DES MATÉRIAUX DRAGUÉS

Quelle que soit la technique de dragage utilisée, l'ensemble des matériaux dragués sera géré en milieu terrestre, et ce, sur la base des éléments discutés précédemment. La Figure 4-17 illustre le schéma décisionnel permettant de déterminer le mode de gestion approprié pour les matériaux issus de chaque campagne de dragage.

En ce moment, la Municipalité de Saint-Zotique drague périodiquement l'entrée des canaux sous un CA délivré en vertu de l'article 22 de la LQE. Pour ces travaux, les contrats sont octroyés à des entrepreneurs. Il n'y a pas d'assèchement préalable et les entrepreneurs sont responsables du transport du matériel dragué dans des contenants / bennes étanches (avec recouvrement de membranes de plastique) vers des lieux autorisés à accueillir ledit matériel. Évidemment, les quantités de matériaux sont de beaucoup inférieures à celles estimées dans le cadre de la présente étude. L'option d'une gestion en milieu terrestre ne peut cependant être écartée pour le présent projet puisque les travaux de dragage seront échelonnés dans le temps, réalisés par secteurs ou encore concentrés à l'entrée des canaux dans une première phase de réalisation (voir section 4.6). Ainsi, considérant l'absence de terrain disponible pour l'assèchement des sédiments à proximité des travaux, la technique de transport et de disposition en bennes étanches demeure celle qui est envisagée à cette étape-ci du projet. L'absence de terrain disponible s'explique par un secteur en majorité déjà construit ainsi que par la présence de milieux humides, de surfaces boisées et de terrains récréatifs.

Un secteur commercial-industriel est présentement en développement dans les zones les plus rapprochées du site et bordant l'A-20 : il s'agit des zones 18-1, 19-I et 20-I (voir Carte 3-8). Il appert que du matériel de remblai sera requis pour développer ces zones. Une partie des sédiments excavés pourrait donc être utilisée sur ce site et être valorisée dans un usage de terrassement. De surcroît, comme ce site se trouve à proximité des travaux, les sédiments pourraient y être asséchés sur place et les eaux interstitielles seraient évacuées dans le réseau municipal après traitement. L'utilisation de ce site demeure envisageable et une décision sera prise à l'étape des plans et devis.

Les sédiments pourraient également être acheminés chez CEZinc, à Salaberry-de-Valleyfield (Zinc Électrolytique du Canada inc.). Cette compagnie a en effet déjà reçu des sédiments de la Municipalité par le passé. Les installations dont elle dispose lui permettent d'assécher les matériaux sur place; matériaux qu'elle utilise ensuite à des fins de recouvrement de ses aires d'accumulation de résidus miniers. Dans les prochains mois, la Municipalité entreprendra des démarches en ce sens auprès de la compagnie concernant la disposition des sédiments qui seront dragués dans le cadre du présent projet. Le transport pourrait se faire par barge puisque les installations de la CEZinc sont dotées d'un quai et se trouvent à moins de 20 km du site des travaux. Le parcours par voie terrestre n'est pas tellement plus long puisqu'il totalise tout au plus 25 km.

Puisque la gestion en milieu terrestre des matériaux dragués n'est pas encore établie de manière définitive, qu'elle sera de la responsabilité de l'entrepreneur selon des modalités contractuelles à établir et/ou qu'elle pourrait varier selon les secteurs et les plans qui accompagneront les diverses demandes de CA en vertu de l'article 22 de la LQE, l'évaluation environnementale du prochain chapitre s'ingéniera à bien documenter la méthode de gestion représentant le plus grand impact sur l'environnement. L'importance des impacts sur chacune des composantes sera alors évaluée en ce sens, bien que les différentes possibilités d'impact seront tout même examinées selon les options possibles sur les diverses composantes du milieu d'étude.

Le choix du site ou des sites où seront envoyés les matériaux dragués repose sur les critères génériques des sols, lesquels établissent trois niveaux de contamination, soit les niveaux A, B et C, et de la *Grille de gestion des sols contaminés excavés intérimaire*, laquelle a été élaborée par le MDDELCC dans le cadre de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés (ci-après « la Politique »)*. Cette grille s'applique aux sols contaminés, mais également aux matériaux dragués

présentant des caractéristiques comparables aux sols lorsqu'ils sont gérés en milieu terrestre. Elle est présentée au Tableau 4-9.

Tel qu'indiqué sur la Figure 4-17, le choix final du site de dépôt en milieu terrestre reposera sur la qualité physicochimique du matériel, sur le volume à gérer ainsi que sur la distance à parcourir entre le site des travaux et le lieu de dépôt.

À des fins de gestion, les sédiments présents dans les canaux de Saint-Zotique ont donc été analysés et comparés aux critères génériques du *Guide d'intervention – Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés* du MDDELCC. Les analyses ont été réalisées sur 18 échantillons de sédiments prélevés le 2 août 2016 par le personnel de WSP. Ces analyses couvrent les classes de composés suivants :

- hydrocarbures pétroliers (HP C₁₀-C₅₀);
- hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP);
- métaux et métalloïdes;
- biphényles polychlorés (BPC);

Tel que le montre le Tableau 3-13, les résultats démontrent que les teneurs de ces composés varient entre les classes de qualité <A (10 stations sur 18) et A-B (8 stations sur 18).

Les paramètres retrouvés en excès des critères A sont les suivants :

- les HP C₁₀-C₅₀ (1 station A-B : S2-SED-02);
- les HAP (7 stations A-B : S2-SED-03, S2-SED-05, S2-SED-06, S2-SED-07, S2-SED-08, S2-SED-11 et S2-SED-14);
- les métaux (2 stations A-B : S2-SED-06 et S2-SED-11);
- les BPC (1 station A-B: S2-SED-14).

Ainsi, lors des travaux, ces sédiments pourront être retirés, asséchés et disposés en milieu terrestre en conformité avec la réglementation en vigueur et dans le respect de la *Grille de gestion des sols contaminés excavés intérimaire* du *Guide d'intervention – Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés* du MDDELCC présentée au Tableau 4-9.

Tableau 4-9 Grille de gestion des sols contaminés excavés intérimaire

NIVEAU DE CONTAMINATION	OPTION DE GESTION
< Critère A	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation sans restriction
Plage A-B	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation comme matériaux de remblayage sur les terrains contaminés à vocation résidentielle en voie de réhabilitation* ou sur tout terrain à vocation commerciale ou industrielle, à la condition que leur utilisation n'ait pas pour effet d'augmenter la contamination** du terrain récepteur et, de plus, pour un terrain à vocation résidentielle, que les sols n'émettent pas d'odeurs d'hydrocarbures perceptibles. Utilisation comme matériaux de recouvrement journalier dans un lieu d'enfouissement sanitaire (LES). Utilisation comme matériaux de recouvrement final dans un LES à la condition qu'ils soient recouverts de 15 cm de sol propre.
Plage B-C	<ul style="list-style-type: none"> Décontamination de façon optimale*** dans un lieu de traitement autorisé et gestion selon le résultat obtenu. Utilisation comme matériaux de remblayage sur le terrain d'origine à la condition que leur utilisation n'ait pas pour effet d'augmenter la contamination** du terrain et que l'usage de ce terrain soit à vocation commerciale ou industrielle. Utilisation comme matériaux de recouvrement journalier dans un LES.
> C	<ul style="list-style-type: none"> Décontamination de façon optimale*** dans un lieu de traitement autorisé et gestion selon le résultat obtenu. Si l'option précédente est impraticable, dépôt définitif dans un lieu d'enfouissement sécuritaire autorisé pour recevoir des sols.

Source : MDDELCC, Politique de protection des sols et terrains contaminés

Notes :

* Les terrains contaminés à vocation résidentielle en voie de réhabilitation sont ceux voués à un usage résidentiel dont une caractérisation a démontré une contamination supérieure au critère B et où l'apport de sols en provenance de l'extérieur sera requis lors des travaux de restauration.

** La contamination renvoie à la nature des contaminants et à leur concentration.

*** Le traitement optimal est défini pour l'ensemble des contaminants par l'atteinte du critère B ou la réduction de 80 % de la concentration initiale et pour les composés organiques volatils par l'atteinte du critère B. À cet égard, les volatils sont définis comme étant les contaminants dont le point d'ébullition est <180 °C ou dont la constante de la Loi de Henry est supérieure à $6,58 \times 10^{-7}$ atm-m³/g incluant les contaminants répertoriés dans la section III de la grille des critères de sols incluse à l'annexe 2 de la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés.

4.5.5 RAVITAILLEMENT ET ENTRETIEN DE LA MACHINERIE

Il est possible qu'un réservoir temporaire soit installé au site en milieu terrestre en lien avec la réalisation des travaux. Pour le moment, rien n'est décidé à cet effet. Le ravitaillement et l'entretien des équipements montés sur barge devront inévitablement être effectués à proximité de l'eau à partir d'équipements mobiles.

4.5.6 GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES

L'exécution des travaux implique la production d'un certain volume de déchets devant faire l'objet d'une saine gestion. Le recyclage et la récupération des matières résiduelles non dangereuses seront favorisés. Des conteneurs pour la récupération du papier, du bois et de la ferraille sont déjà présents sur le site de la plage de Saint-Zotique. Les matières dangereuses résiduelles (MDR) seront gérées conformément au *Règlement sur les matières dangereuses* (L.R.Q., c. Q-2, r.15.2). En aucun cas une matière dangereuse ne sera rejetée dans l'environnement ou déposée dans un lieu d'enfouissement sanitaire.

4.5.7 DÉMOBILISATION DU CHANTIER

À la fin des travaux de dragage, les aires de travaux seront libérées des équipements, des pièces de machinerie, des matériaux et des installations provisoires. Il en sera de même des matières résiduelles et de tout autre rebut découlant des opérations du dragage.

4.6 ÉCHÉANCIER DES TRAVAUX ET ORDRE DE GRANDEUR DES COÛTS

Le tableau suivant présente un échéancier provisoire pour le parachèvement du processus d'évaluation environnementale et pour la réalisation subséquente des travaux prévus au présent projet :

Tableau 4-10 Échéancier provisoire

Travaux	Option 1 4 pi p/r au ZC	Option 2 6 pi p/r au ZC
2017 - 2018		
Finalisation de la procédure d'évaluation environnementale, ingénierie détaillée et autorisation de construction.		
Printemps 2018		
Mise en place du brise-lames.		
Automne 2018		
Secteur 3		
Canaux	12 567 m ³	24 589 m ³
Embouchure	2 320 m ³	5 480 m ³
Total	14 887 m³	30 069 m³
Automne 2019		
Secteur 4		
Canaux	30 189 m ³	63 228 m ³
Embouchure	2 934 m ³	4 694 m ³
Total	33 123 m³	67 922 m³
Printemps 2020		
Reprofilage de la plage, si requis.		
Automne 2020		
Secteur 1		
Canaux	4 049 m ³	11 321 m ³
Embouchure	1 507 m ³	3 828 m ³
Total	5 556 m³	15 149 m³
Secteur 2		
Canaux	4 837 m ³	9 930 m ³
Embouchure	4 887 m ³	11 290 m ³
Total canaux automne 2020	8 886 m³	21 521 m³
Total embouchure automne 2020	6 394 m³	15 118 m³
Total automne 2020	15 280 m³	36 369 m³
Automne 2021		
Secteur 5		
Canaux	2 866 m ³	6 104 m ³
Embouchure	2 607 m ³	4 659 m ³
Total	5 473 m³	10 763 m³
Secteur 6		
Canaux	5 750 m ³	10 335 m ³
Embouchure	7 836 m ³	14 898 m ³
Total canaux automne 2021	8 616 m³	16 439 m³
Total embouchure automne 2021	10 443 m³	19 557 m³
Total automne 2021	19 059 m³	35 996 m³
Ensemble des travaux		
Total des canaux	60 258 m³	125 507 m³
Total des embouchures	22 091 m³	44 849 m³
Grand total	82 349 m³	170 356 m³

Tous les travaux seront réalisés de jour entre 7 h et 19 h, aucuns travaux ne surviendront le dimanche.

Suivant le prix que paie présentement la Municipalité pour le dragage périodique de l'entrée des canaux ainsi que sur la base d'estimations connexes relatives au brise-lames et à la mise en place de rideaux de turbidité, une première estimation provisoire évalue les coûts des travaux entre 8 et 16 M\$. Cette estimation devra bien entendu être raffinée selon les plans et devis des travaux et dépendra des options de dragage retenues. En outre, l'estimation réalisée à ce jour n'inclut pas le coût d'entretien et de maintenance saisonnier du brise-lames (mise en place au printemps/démantèlement en automne).

Une autre option de réalisation pour la Municipalité serait, dans une première phase de réalisation et suivant une recommandation formulée précédemment (voir section 4.5.4), de draguer l'embouchure de chacun des canaux uniquement. Suivant cette option, le travail pourrait être réalisé sur une ou deux saisons automnales. L'estimation provisoire de cette option de travaux serait alors de 2 à 4,3 M\$ incluant la mise en place du brise-lames dans le secteur de la plage.

À l'intérieur de cette fourchette de réalisation des travaux, les coûts de mise en place de brise-lames pour le secteur de la plage s'élèvent à 820 000 \$; ils atteignent 16 400 000 \$ si s'y ajoutent les brise-lames à la sortie de deux (2) canaux.

5 ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE DU PROJET

Ce chapitre présente l'analyse des impacts potentiels du projet de dragage des canaux et de la construction d'un brise-lames à Saint-Zotique sur les milieux physique, biologique et humain. D'abord, la section 5.1 expose en détail la méthodologie utilisée pour juger l'importance des impacts. Cette méthode est conforme aux exigences précisées dans la directive spécifique du MDDELCC (Annexe 5-1). Ensuite, la section 5.2 analyse les impacts appréhendés du projet et la section 5.3 statue sur les possibles effets cumulatifs.

5.1 MÉTHODE D'IDENTIFICATION ET D'ÉVALUATION DES IMPACTS

5.1.1 APPROCHE GÉNÉRALE

L'approche générale proposée pour identifier et évaluer l'importance des impacts potentiels sur le milieu repose sur les descriptions détaillées du milieu (chapitre 3) et du projet (chapitre 4), ainsi que sur la consultation du public (chapitre 2) et les enseignements tirés de la réalisation de projets similaires. La démarche générale se résume comme suit :

- la description et la connaissance générale du milieu permettent de comprendre le contexte environnemental et social du milieu dans lequel s'insère le projet, de discriminer les composantes de l'environnement s'avérant les plus sensibles à l'égard du projet et d'identifier, le cas échéant, certains enjeux à considérer;
- la description du projet permet d'identifier les sources potentielles pouvant provoquer des impacts à partir des caractéristiques techniques des travaux de dragage projetés ainsi que des activités, des méthodes et de l'échéancier de construction;
- la consultation du public permet, quant à elle, d'identifier les préoccupations du milieu face au projet et d'ajuster, le cas échéant, les valeurs des composantes de l'environnement.

La considération de ces divers éléments permet de dresser la liste des composantes du milieu qui font ensuite l'objet d'une évaluation détaillée des impacts potentiels. Il est à noter que l'évaluation environnementale est simplifiée par l'intégration, dès la phase d'élaboration du projet, de diverses mesures environnementales directement dans l'analyse et le développement des concepts, de manière à atténuer d'emblée le nombre et l'ampleur des impacts qui pourraient se manifester. Les divers enjeux ciblés en début d'analyse sur les plans environnemental et social sont également pris en compte dans l'optimisation du projet. Cette manière de procéder dès l'étape de planification du projet témoigne du souci de son initiateur à l'égard du respect de l'environnement.

Enfin, les enseignements tirés de la réalisation de projets similaires fournissent des informations pertinentes sur la nature et l'intensité de certains impacts associés à ce type de projet, de même que sur l'efficacité de certaines mesures d'atténuation et de compensation.

Pour chaque composante environnementale ciblée, la démarche d'évaluation prévoit les étapes suivantes :

- la connaissance et la description de l'état de référence (ou des conditions actuelles), c'est-à-dire les conditions du milieu telles qu'elles se présentent avant la réalisation du projet;
- la description des impacts potentiels identifiés, soit décrire les changements futurs anticipés en fonction des sources d'impact du projet;

- l'élaboration de mesures d'atténuation visant à réduire l'importance des impacts identifiés, voire à les éliminer. L'intégration de ces mesures à cette étape constitue un engagement de l'initiateur du projet à les appliquer en phase de réalisation;
- l'évaluation de l'importance de l'impact résiduel, c'est-à-dire après l'application des mesures d'atténuation;
- la description des mesures de compensation applicables, le cas échéant, à certains impacts résiduels.

Par ailleurs, les références aux 16 principes de développement durable contenus dans la *Loi sur le développement durable* (LDD) du Québec seront indiquées dans le tableau synthèse des impacts (Tableau 5-9) lorsqu'ils sont applicables. Ces références apparaissent importantes dans la mesure où, maintenant, les autorités chargées d'examiner un projet au Québec doivent le faire en ayant à l'esprit cette notion de développement durable et les principes qui la sous-tendent.

5.1.2 IDENTIFICATION DES INTERRELATIONS POTENTIELLES

5.1.2.1 SOURCES POTENTIELLES D'IMPACTS

Les sources potentielles d'impacts liées au projet se définissent comme l'ensemble des activités prévues dans le cadre du projet qui peuvent avoir un effet sur le milieu récepteur.

Le Tableau 5-1 détaille les sources d'impact associées au présent projet.

Tableau 5-1 Sources d'impact du projet

Sources d'impact	Description
PHASE DE CONSTRUCTION	
Organisation du chantier (mobilisation/démobilisation)	La mobilisation des équipements et matériaux requis par voie terrestre ou navigable, de même que l'installation de ceux-ci sur le site. Démobilisation des équipements, nettoyage et remise en état des lieux à la fin des travaux.
Dragage des sédiments	Travaux de dragage des sédiments pour enlever les matériaux accumulés dans la zone intérieure des canaux et sur environ 150 m au-delà de l'embouchure des canaux au moyen d'une drague mécanique à benne preneuse.
Construction et installation du brise-lames	Construction complète des installations et mise en place de tous les aménagements requis. Ensemble des travaux de mise à l'eau des infrastructures flottantes ou fixes.
Transport des matériaux et mise en dépôt terrestre	Transport des matériaux dragués par camion jusqu'au site de dépôt des sédiments (site de disposition terrestre autorisé à cette fin).
Ravitaillement et entretien de la machinerie	Activités de ravitaillement en carburant et entretien périodique de la machinerie.
Gestion des matières résiduelles et des produits contaminants	Manutention, entreposage et transport des produits dangereux, contaminants, matières résiduelles, produits pétroliers, déchets et autres matières ayant été générés lors de la réalisation des travaux et devant être éliminés ou encore à réutilisés.
Acquisition de biens et services et main-d'œuvre	Approvisionnement en matériaux et équipements, achat de biens et services et embauche de main-d'œuvre nécessaires à la réalisation des travaux.
PHASE D'EXPLOITATION	
Présence et exploitation des nouvelles installations	Présence du nouveau brise-lames. Canaux d'une profondeur accrue.
Entretien et réparation	Mise en place (printemps) et démantèlement (automne) du brise-lames Activités d'entretien du brise-lames.

5.1.2.2 COMPOSANTES ENVIRONNEMENTALES

La détermination des composantes environnementales vise à dresser, à partir des inventaires de la zone d'étude, la liste des éléments des milieux physique, biologique et humain susceptibles d'être influencés par une ou plusieurs sources d'impact relatives au projet. Ces composantes sont présentées au Tableau 5-2.

Tableau 5-2 Composantes de l'environnement

Milieu physique	
Bathymétrie	Profondeurs de l'eau pour la navigation
Qualité de l'eau de surface	Caractéristiques physicochimiques de l'eau.
Qualité des sols et des sédiments	Caractéristiques granulométriques et physicochimiques des sédiments dragués et des sédiments au fond du lac et des canaux.
Qualité de l'air ambiant et émissions de GES	Caractéristiques physicochimiques de l'air, incluant la teneur en poussières et les émissions de gaz à effet de serre (GES).
Milieu biologique	
Végétation	Groupements végétaux aquatiques et riverains.
Ichtyofaune et benthos	Ensemble des espèces de poissons, d'organismes benthiques et de leurs habitats.
Herpétofaune	Ensemble des espèces reptiliennes et batraciennes et leurs habitats.
Avifaune	Ensemble des espèces d'oiseaux, notamment les oiseaux aquatiques, et leurs habitats.
Faune terrestre	Ensemble des espèces de mammifères et leurs habitats.
Espèces exotiques envahissantes (EEE)	Espèces étrangères dont leur propagation menace l'écosystème
Milieu humain	
Économie locale et régionale	Retombées des travaux, création d'emplois, maintien de la vitalité économique municipale
Activités récréatives, nautiques et aquatiques	Ensemble des activités nautiques, récréatives et touristiques dans la zone d'étude, incluant celles de la plage, la navigation de plaisance et la pêche sportive.
Infrastructures et services	Ensemble des infrastructures (bâtiments, routes, réseaux, etc.) et des services sur le territoire étudié.
Sécurité	Ensemble des aspects associés à la sécurité des usagers du site de la plage et des canaux de Saint-Zotique, de même que pour la navigation face au site.
Archéologie et patrimoine	Sites, secteurs et zones à potentiel archéologique.
Paysage	Intégrité des champs visuels à l'intérieur des unités de paysage.
Qualité de vie	Bruit, poussières et autres nuisances possibles pour les secteurs avoisinant les canaux et la plage.
Climat sonore	Caractéristiques du milieu ambiant en termes de niveau sonore par rapport aux critères du MDDELCC en chantier de construction.

5.1.2.3 DÉTERMINATION DES IMPACTS POTENTIELS DU PROJET

La détermination des impacts potentiels du projet s'effectue au moyen d'une grille qui met en relation les sources d'impact et les composantes de l'environnement. Cette grille d'interrelations est présentée au Tableau 5-3 suivant. Chacune des zones ombragées du tableau identifie un impact probable dont l'importance est évaluée à la section 5.2.

Tableau 5-3 Grille d'interrelations

<div>Composantes de l'environnement</div> <div>Sources d'impact</div>	Bathymétrie et stabilité des sols	Qualité de l'eau de surface	Qualité des sols et des sédiments	Qualité de l'air ambiant et émissions de GES	Végétation riveraine et aquatique	Ichtyofaune et faune benthique	Herpétofaune	Avifaune	Faune terrestre	Espèces exotiques envahissantes	Économie locale et régionale	Activités récréatives, nautiques et aquatiques	Infrastructures et services	Sécurité	Archéologique et patrimoine	Paysage	Qualité de vie et climat sonore
Organisation du chantier (mobilisation/démobilisation)		-	-	-	-	-	-	-		-	+	-	-	-		-	-
Dragage des sédiments	+	-	-	-	-	-	-	-		+	+	/	-	/	-	-	-
Construction et installation du brise-lames	+	-										-					
Entreposage temporaire des matériaux dragués		-	-							-						-	
Transbordement (transport des matériaux dragués)																-	-
Transport des matériaux et mise en dépôt terrestre			-	-	-	-	-	-		-	+	-	-	-			
Ravitaillement et entretien de la machinerie		-	-	-	-	-	-	-		-	+			-			
Gestion des matières résiduelles et des produits contaminants		-	-			-	-			+							
Acquisition de biens et services, et main-d'œuvre											+						
Mise en place du brise-lames avec reprofilage potentiel de la plage											+	+					
Présence et exploitation du brise-lames	+				-	-	-					+				-	
Entretien et réparation du brise-lames											+					-	

Légende:

+ Impact positif

- Impact négatif

/ Impact neutre (positif et négatif)

5.1.3 MÉTHODE D'ÉVALUATION DES IMPACTS

L'objectif général de l'évaluation des impacts est de déterminer, de la manière la plus objective et la plus précise possible, l'importance des impacts engendrés par le projet sur les composantes des milieux physique, biologique et humain. Cette évaluation tient compte des mesures intégrées dès la conception du projet, de même que des mesures d'atténuation et de bonification applicables, et porte sur les impacts qui persistent après l'application de ces mesures (impacts résiduels).

Un impact peut être positif ou négatif. Un impact positif engendre une amélioration de la composante du milieu touché par le projet, tandis qu'un impact négatif contribue à sa détérioration. L'importance d'un impact est évaluée en fonction de l'intensité de la perturbation (elle-même intégrant les notions de valorisation de la composante et du degré de perturbation), de son étendue, de sa durée et de sa probabilité d'occurrence. Chacun de ces aspects est présenté ci-après.

5.1.3.1 VALEUR DE LA COMPOSANTE DE L'ENVIRONNEMENT

La valeur d'une composante est établie à partir de sa valeur écosystémique ou de sa valeur socioéconomique.

VALEUR ÉCOSYSTÉMIQUE

La valeur écosystémique est donnée uniquement pour les composantes du milieu naturel. Cette valeur exprime l'importance relative de cette composante, déterminée en tenant compte de ses qualités (sensibilité, intégrité, résilience), de son rôle et de sa fonction dans l'écosystème. Elle intègre également des notions comme la représentativité, la répartition, la diversité, la pérennité, la rareté ou l'unicité. Elle est établie en faisant appel au jugement de spécialistes. La valeur peut être grande, moyenne ou faible.

- **Grande** : la composante présente un rôle écosystémique important, un intérêt majeur en termes de biodiversité ainsi que des qualités exceptionnelles dont la conservation et/ou la protection font l'objet d'un consensus au sein de la communauté scientifique.
- **Moyenne** : la composante présente un fort intérêt et des qualités reconnues dont la conservation et la protection constituent un sujet de préoccupation, sans toutefois faire l'objet d'un consensus.
- **Faible** : la composante présente un intérêt et des qualités dont la conservation et la protection font l'objet de peu de préoccupations.

VALEUR SOCIOÉCONOMIQUE

La valeur socioéconomique d'une composante donnée du milieu tient compte de son importance pour la population locale ou régionale, les groupes d'intérêt, les gestionnaires et les spécialistes. Elle indique notamment le désir ou la volonté populaire ou politique de conserver l'intégrité ou le caractère original d'une composante du milieu. Cette volonté s'exprime notamment par la protection légale qu'on lui accorde ou par l'intérêt que lui portent les parties prenantes. Aucune valeur socioéconomique n'est cependant accordée à certains éléments du milieu physique.

La valeur socioéconomique peut être grande, moyenne ou faible.

- **Grande** : la composante fait l'objet de mesures de protection légales ou réglementaires (espèces menacées ou vulnérables, habitats fauniques reconnus, parcs de conservation, etc.) ou s'avère essentielle aux activités humaines (eau potable, sites archéologiques ou patrimoniaux classés, etc.). Elle peut aussi faire l'objet d'attentes élevées en matière d'amélioration, de retombées positives, de préoccupations importantes en matière de dégradation ou de conséquences négatives.

- **Moyenne** : la composante présente une valeur socioéconomique, sociale et/ou culturelle certaine, ou est utilisée par une proportion significative des populations concernées, sans toutefois faire l'objet d'une protection légale.
- **Faible** : la composante est peu ou pas valorisée ou utilisée par les populations concernées.

VALEUR ENVIRONNEMENTALE GLOBALE

Lorsque la valeur de la composante intègre à la fois sa valeur écosystémique et sa valeur socioéconomique, celle-ci est établie en retenant la plus forte de ces deux valeurs, comme l'indique le Tableau 5-4. Pour le milieu humain, la valeur environnementale est déterminée uniquement par sa valeur socioéconomique. La valeur globale peut être grande, moyenne ou faible.

Tableau 5-4 Grille de détermination de la valeur de la composante

Valeur socioéconomique	Valeur écosystémique		
	Grande	Moyenne	Faible
Grande	Grande	Grande	Grande
Moyenne	Grande	Moyenne	Moyenne
Faible	Grande	Moyenne	Faible

5.1.3.2 DEGRÉ DE PERTURBATION DE LA COMPOSANTE DE L'ENVIRONNEMENT

Le degré de perturbation d'une composante correspond à l'ampleur des modifications structurales et fonctionnelles qu'elle risque de subir. Selon la nature des modifications, celles-ci peuvent induire des effets positifs (bonification) ou négatifs, directs ou indirects. Le degré de perturbation prend aussi en compte les effets cumulatifs, synergiques ou différés qui, au-delà de la simple relation de cause à effet, peuvent amplifier la perturbation d'un élément lorsque le milieu est particulièrement sensible.

Le degré de perturbation (ou de bonification) peut être élevé, moyen, faible ou indéterminé.

- **Élevé** : l'effet met en cause l'intégrité environnementale de la composante ou modifie fortement et de façon irréversible cette composante ou son utilisation.
- **Moyen** : l'effet entraîne une réduction de la qualité ou de l'utilisation de la composante sans pour autant compromettre son intégrité environnementale.
- **Faible** : l'effet modifie de façon peu perceptible la qualité, l'utilisation ou l'intégrité de la composante.
- **Indéterminé** : le degré de perturbation de la composante ou la manière dont elle sera perturbée est impossible à déterminer ou à prévoir. Dans cette situation, l'évaluation de l'effet environnemental ne peut être effectuée pour cette composante et, ainsi, l'importance de l'impact.

5.1.3.3 INTENSITÉ DE L'IMPACT SUR LA COMPOSANTE

L'intensité de l'impact environnemental correspond à l'importance relative des conséquences attribuables à l'altération induite par une activité du projet sur une composante. Pour obtenir l'intensité de l'impact, la méthode utilisée fait ainsi référence au degré de perturbation d'une composante environnementale et à la valeur environnementale globale de cette composante.

L'intensité de l'impact peut être forte, moyenne ou faible. Le Tableau 5-5 indique les différentes combinaisons possibles.

Tableau 5-5 Grille de détermination de l'intensité de l'impact

Degré de perturbation ou de bonification ⁽¹⁾	Valeur environnementale de la composante		
	Grande	Moyenne	Faible
Élevé	Grande	Grande	Moyenne
Moyen	Grande	Moyenne	Faible
Faible	Moyenne	Faible	Faible

¹ Pour les composantes du milieu physique, seul le degré de perturbation est pris en compte pour déterminer l'intensité de l'impact.

Pour certaines composantes du milieu physique, pour lesquelles la valeur de la composante est difficile à déterminer, l'évaluation de l'intensité de l'impact ne tient compte que du degré de perturbation.

5.1.3.4 ÉTENDUE SPATIALE DES IMPACTS

L'étendue spatiale des impacts sur la composante correspond à l'envergure ou au rayonnement spatial des effets sur celle-ci, ainsi qu'à la proportion d'une population affectée. L'étendue spatiale des impacts peut être régionale, locale ou ponctuelle.

- **Régionale** : l'étendue est régionale si un impact sur une composante est ressenti dans un grand territoire ou affecte une grande portion de sa population.
- **Locale** : l'étendue est locale si un impact sur une composante est ressenti sur une portion limitée du territoire ou de sa population.
- **Ponctuelle** : l'étendue de l'impact est ponctuelle si un impact sur une composante est ressenti dans un espace réduit ou par quelques individus.

5.1.3.5 DURÉE DES IMPACTS

La durée des impacts sur la composante correspond à la dimension temporelle, c'est-à-dire la période de temps pendant laquelle les impacts l'affecteront. Ce critère prend en compte le caractère d'intermittence d'un ou des impacts. La durée d'un impact peut être :

- **Longue** : la durée est longue lorsqu'un impact est ressenti de façon continue ou discontinue sur une période excédant cinq ans. Il s'agit souvent d'un impact à caractère permanent et irréversible.
- **Moyenne** : la durée est moyenne lorsqu'un impact est ressenti de façon temporaire, continue ou discontinue, en phase d'exploitation, c'est-à-dire au-delà de la fin de la phase des travaux. Il s'agit d'impacts se manifestant encore plusieurs mois après la fin de chacune des campagnes de dragage, mais dont la durée est inférieure à cinq ans.
- **Courte** : la durée est courte lorsqu'un impact est ressenti de façon temporaire, continue ou discontinue, pendant la phase des travaux de dragage ou durant quelques mois encore après la fin de ces travaux. Il s'agit d'impacts dont la durée varie entre quelques jours et quelques mois.

5.1.3.6 PROBABILITÉ D'OCCURRENCE DES IMPACTS

La probabilité d'occurrence de l'impact correspond à la probabilité réelle qu'un impact puisse affecter une composante. La probabilité d'occurrence des impacts peut être élevée, moyenne ou faible.

- **Élevée** : l'impact sur la composante se manifestera de façon certaine ou quasi certaine.
- **Moyenne** : l'impact pourrait se manifester sur la composante, mais sans être assuré.
- **Faible** : l'impact sur la composante est peu probable ou encore surviendra uniquement en cas d'accident.

5.1.3.7 IMPORTANCE DE L'IMPACT

L'importance de l'impact intègre les critères d'intensité, d'étendue, de durée et de probabilité d'occurrence. Les combinaisons utilisées pour déterminer le niveau d'importance de l'impact sont préétablies. La relation entre chacun de ces critères, telle que présentée au Tableau 5-6, permet de porter un jugement global sur l'importance de l'impact selon cinq classes, soit : très forte, forte, moyenne, faible et très faible. L'importance de l'impact sur une composante du milieu est la résultante des effets de l'ensemble des sources d'impact qui ont été préalablement identifiées.

Tableau 5-6 Combinaison de critères permettant de déterminer l'importance d'un impact sur une composante de l'environnement

INTENSITÉ	ÉTENDUE	DURÉE	PROBABILITÉ D'OCCURRENCE	IMPORTANCE	INTENSITÉ	ÉTENDUE	DURÉE	PROBABILITÉ D'OCCURRENCE	IMPORTANCE	INTENSITÉ	ÉTENDUE	DURÉE	PROBABILITÉ D'OCCURRENCE	IMPORTANCE
Grande	Régionale	Longue	Élevée	Très forte	Moyenne	Régionale	Longue	Élevée	Forte	Faible	Régionale	Longue	Élevée	Moyenne
			Moyenne	Très forte				Moyenne	Moyenne				Moyenne	Faible
			Faible	Forte				Faible	Moyenne				Faible	Faible
		Moyenne	Élevée	Très forte			Moyenne	Élevée	Forte			Moyenne	Élevée	Moyenne
			Moyenne	Très forte				Moyenne	Moyenne				Moyenne	Faible
			Faible	Forte				Faible	Moyenne				Faible	Faible
		Courte	Élevée	Forte			Courte	Élevée	Moyenne			Courte	Élevée	Moyenne
			Moyenne	Forte				Moyenne	Moyenne				Moyenne	Faible
			Faible	Forte				Faible	Moyenne				Faible	Faible
	Locale	Longue	Élevée	Forte		Locale	Longue	Élevée	Moyenne		Locale	Longue	Élevée	Faible
			Moyenne	Forte				Moyenne	Moyenne				Moyenne	Faible
			Faible	Forte				Faible	Moyenne				Faible	Faible
		Moyenne	Élevée	Forte			Moyenne	Élevée	Moyenne			Moyenne	Élevée	Faible
			Moyenne	Forte				Moyenne	Moyenne				Moyenne	Faible
			Faible	Moyenne				Faible	Moyenne				Faible	Très faible
		Courte	Élevée	Forte			Courte	Élevée	Moyenne			Courte	Élevée	Faible
			Moyenne	Forte				Moyenne	Moyenne				Moyenne	Très faible
			Faible	Moyenne				Faible	Faible				Faible	Très faible
	Ponctuelle	Longue	Élevée	Forte		Ponctuelle	Longue	Élevée	Moyenne		Ponctuelle	Longue	Élevée	Faible
			Moyenne	Forte				Moyenne	Moyenne				Moyenne	Faible
			Faible	Moyenne				Faible	Faible				Faible	Très faible
		Moyenne	Élevée	Forte			Moyenne	Élevée	Moyenne			Moyenne	Élevée	Faible
			Moyenne	Moyenne				Moyenne	Moyenne				Moyenne	Très faible
			Faible	Moyenne				Faible	Faible				Faible	Très faible
		Courte	Élevée	Forte			Courte	Élevée	Moyenne			Courte	Élevée	Faible
			Moyenne	Moyenne				Moyenne	Faible				Moyenne	Très faible
			Faible	Moyenne				Faible	Faible				Faible	Très faible

5.1.4 MESURES D'ATTÉNUATION INTÉGRÉES AU PROJET

Une série de mesures d'atténuation courantes seront intégrées au projet et appliquées pour réduire les impacts lors des travaux de dragage et de construction du brise-lames. L'ensemble de ces mesures courantes ont été regroupées par thèmes et sont brièvement décrites ci-après. Elles s'appliquent à toutes les composantes du projet à l'étude.

Des mesures d'atténuation particulières, c'est-à-dire applicables pour des contextes précis, seront également mises en œuvre. Dans ce cas-ci, elles sont spécifiées dans le texte en question. L'ensemble des mesures, courantes et spécifiques sont considérées dans l'évaluation des impacts du projet.

PLANS DES MESURES D'URGENCE

- Utiliser le ou les plans de mesures d'urgence qui seront prévus pour la période des travaux, lesquels seront réalisés par le ou les entrepreneurs retenus et seront intégrés aux demandes de certificats d'autorisation requis en vertu de l'article 22 de la LQE. Ce ou ces plans feront état des dangers potentiels ainsi que des mesures de protection et des interventions prévues en cas d'incident. Ils fourniront les coordonnées des responsables et des personnes à aviser sur les chantiers et à l'extérieur. Le plan des mesures d'urgence de la municipalité de Saint-Zotique sera aussi applicable.

CIRCULATION ET SÉCURITÉ ROUTIÈRE ET NAUTIQUE

- Installer une signalisation adéquate pour assurer la sécurité des usagers pendant les travaux (déplacements sur le site, déplacements piétonniers et cyclistes), le tout afin de limiter la circulation des véhicules et engins de chantier aux aires de travail et aux accès désignés à cette fin;
- Émettre un avis à la navigation aux autorités responsables des travaux qui seront effectués dans le lac Saint-François, incluant la localisation, les dates et les horaires de ceux-ci, afin d'éviter tout conflit d'usage;
- S'assurer de maintenir les accès requis pendant les travaux tout en ajustant, au besoin, la signalisation;
- Pendant toute la durée des travaux, nettoyer les chemins d'accès empruntés par les véhicules de transport afin d'enlever toute accumulation de débris;
- Durant les travaux de dragage, utiliser des embarcations conformes à la réglementation afin d'assurer la sécurité nautique.

PROTECTION DE LA QUALITÉ DE VIE

- Établir l'horaire des travaux en conformité avec la réglementation municipale;
- Prévenir les autorités concernées et les habitants des zones touchées des caractéristiques et des étapes des travaux et leur fournir les coordonnées des ressources avec lesquelles communiquer en cas de plainte;
- Établir l'horaire de travail de façon à prévoir la réalisation des travaux en période diurne (7 h à 19 h, du lundi au samedi) et aviser la population des horaires, notamment lors des travaux pouvant générer des nuisances particulières;
- Prévoir les travaux dans chacun des secteurs à draguer en dehors de la saison à fort achalandage pour la plage et la navigation, soit en automne ou au début de la période hivernale puisque qu'une période de restriction doit s'appliquer au début avril de chaque année pour protéger l'habitat du poisson;

- Obtenir la puissance acoustique des équipements qui seront utilisés sur le chantier dès le début des travaux de façon à cibler les équipements bruyants et à déterminer les mesures d'atténuation à prévoir;
- Utiliser des écrans antibruit temporaires et/ou mobiles, lorsque possible, lors des différents travaux de dragage, particulièrement pour le chargement des sédiments dragués;
- S'assurer que les équipements bruyants sont munis de silencieux en état de fonctionnement ou d'un dispositif antibruit (silencieux fourni par le fabricant ou enceinte acoustique) et assurer le bon état de chaque couvre-moteur;
- Éviter le rabattement des panneaux arrière des camions à benne si certaines opérations de déchargement devaient être réalisées à proximité des lieux des travaux;
- Effectuer le transport des matériaux dragués vers le ou les lieux de disposition finale en empruntant le plus possible le réseau autoroutier (A-20) et le réseau routier supérieur (route 338), de manière à éviter la circulation à proximité des zones sensibles (ex. zones résidentielles, piste cyclable, etc.);
- Organiser le chantier et la séquence des travaux en ayant comme objectif de réduire l'impact sonore;
- Prévoir l'élaboration d'un plan de gestion préventive, de contrôle et de traitement des nuisances (bruit, poussières), préalablement au début de la construction, lequel devra être inscrit dans les demandes de certificats d'autorisation de construction requis en vertu de l'article 22 de la LQE;
- Installer au besoin des clôtures temporaires pour assurer la sécurité des lieux;
- Éviter la production de poussières, de fumée ainsi que toute forme de pollution atmosphérique ou sonore.

PROTECTION DE LA QUALITÉ DE L'AIR AMBIANT

- Le fonctionnement de tout engin de chantier non utilisé durant un certain laps de temps doit être interrompu;
- Une inspection préalable, et ensuite régulière, de la machinerie et des camions utilisés sera réalisée afin de s'assurer qu'ils sont en bon état, propres et que leurs systèmes d'échappement et antipollution seront également inspectés et réparés, au besoin.

DÉVERSEMENTS ACCIDENTELS DE CONTAMINANTS

- Effectuer le plein de carburant, la lubrification des équipements et toutes autres activités sur la machinerie et les véhicules de chantier dans des aires prévues à cette fin, et ce, à plus de 60 m du lac Saint-François;
- S'assurer que la machinerie est en bon état, propre et exempte de toute fuite d'huile ou autres produits contaminants;
- Prévoir l'élaboration et l'application du ou des plan(s) des mesures d'urgence en cas de déversement accidentel de contaminants. Fournir aux travailleurs une fiche indiquant les noms et les numéros de téléphone des responsables et décrivant les structures d'alerte;
- Disposer de trousse d'urgence et d'équipements de récupération (ex. boudins absorbants, récipients étanches) sur l'ensemble du site des travaux et à bord de la barge. Le personnel présent doit être en mesure de confiner adéquatement, et sans délai, tout déversement accidentel de contaminants.

GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES

- Gérer les déchets solides et les matériaux secs selon les modalités du *Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles* (chapitre Q-2, r. 19);

- Éviter l'accumulation de déchets solides sur le site en récupérant les matières résiduelles dans des conteneurs appropriés et en les évacuant fréquemment vers un lieu d'élimination autorisé par le MDDELCC;
- Favoriser le recyclage et la réutilisation des résidus et des matériaux inutilisés;
- Confiner les matières résiduelles dangereuses dans des contenants étanches identifiés puis les transporter vers une aire d'entreposage temporaire sur le chantier avant d'en disposer dans un lieu d'élimination autorisé par le MDDELCC; le tout en respectant les modalités du *Règlement sur les matières dangereuses* (chapitre Q-2, r.32).

AMÉNAGEMENT DES ACCÈS ET DES INSTALLATIONS DE CHANTIER

- Faire approuver par le surveillant de chantier, la localisation des aires réservées à des activités susceptibles d'altérer la qualité de l'environnement, telles que l'entreposage, la manipulation d'hydrocarbures, et les aires de nettoyage et d'entretien des équipements.
- Limiter les accès pour la réalisation des travaux à la rampe de mise à l'eau du secteur 3 et au chemin menant à la plage municipale.

CIRCULATION DES VÉHICULES ET ENGINS DE CHANTIER

- Limiter la circulation des véhicules et engins de chantier aux aires de travail et aux accès balisés.

PROTECTION DE LA RIVE, DE LA VÉGÉTATION ET DES SOLS

- S'assurer de l'application de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* du MDDELCC et du respect des exigences du *Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains* lors de la disposition des matériaux excavés hors du chantier;
- Effectuer l'entretien et le nettoyage de la machinerie et des équipements qui seront utilisés (drague, barge, etc.) avant le début des travaux pour éviter la colonisation du secteur par des espèces exotiques envahissantes (EEE);
- Au besoin, protéger les arbres situés à proximité des aires d'entreposage et de circulation de la machinerie, et remplacer et/ou restaurer toute végétation endommagée ne gênant pas la réalisation des travaux;
- Restaurer tous les secteurs riverains touchés par les travaux de manière à reproduire le plus rapidement possible le phénomène d'implantation naturelle de végétation;
- Réaliser une inspection des rives et des herbiers dans la zone d'étude avant les travaux afin de rapidement repérer la présence d'EEE à l'intérieur des canaux, réaliser également une inspection après les travaux afin de s'assurer que de telles espèces n'ont pas été introduites pendant leur réalisation et afin d'en éviter la propagation;
- Éradiquer rapidement les individus d'EEE introduits pendant les travaux, le cas échéant, et ce, selon des techniques reconnues pour le type d'espèce observée.

PROTECTION DE LA QUALITÉ DES EAUX DE SURFACE

- Limiter la vitesse de descente et de remontée de la benne preneuse, afin de générer le moins possible de turbidité et de remise en suspension des particules fines;
- Ajuster le rendement de la drague à un nombre maximal de prélèvements de sédiments à l'heure et déterminé en fonction du moindre impact sur le milieu;

- Effectuer une vérification régulière des compartiments des chalands afin d'assurer une fermeture adéquate et un maximum d'étanchéité, ce qui permettra de minimiser la perte potentielle de sédiments dans la colonne d'eau;
- Arrêter tous travaux de dragage lors des périodes de forts vents ou de tempêtes.

PROTECTION DU PATRIMOINE ARCHÉOLOGIQUE

- Si des vestiges archéologiques devaient être découverts pendant le dragage, interrompre immédiatement les travaux et recourir au service d'un archéologue pour procéder à leur sauvetage, selon les standards de la discipline archéologique et en conformité avec les prescriptions de la *Loi sur les biens culturels*. Les travaux dans la zone demeureront suspendus jusqu'à ce que le MCC ait donné l'autorisation de les poursuivre.

5.2 ANALYSE DES IMPACTS

5.2.1 IMPACTS SUR LE MILIEU PHYSIQUE

5.2.1.1 BATHYMÉTRIE ET STABILITÉ DES SOLS

Déclaration de l'impact

- Modification du profil bathymétrique des canaux et de leur embouchure avec le lac Saint-François;
- Modification du profil bathymétrique de la plage avec la mise en place du brise-lames et son reprofilage potentiel;
- Risque de perturbation des terrains riverains avec les installations existantes s'y trouvant et les murs de soutènement en piquets de cèdre présents de chaque côté des canaux.

Sources d'impact

- Dragage des sédiments;
- Présence et exploitation du brise-lames.

Mesures d'atténuation spécifiques

- Afin d'éviter un surdragage, raffiner les estimations de volume et les superficies à draguer considérées dans la présente étude, notamment pour intégrer les exigences de navigation (profondeur optimale et largeur minimale) et celles portant sur la distance minimale à respecter le long des murs de soutènement qui délimitent les canaux; des plans de dragage détaillés devront être préparés pour chacun des secteurs à draguer. Ces plans accompagneront les demande(s) de CA de construction (art. 22 LQE) avec l'ingénierie détaillée et devront considérer les aspects suivants (déjà discutés au chapitre 4) :
 - Procéder à une expertise géotechnique pour permettre d'établir la distance minimale à respecter le long des murs de soutènement en piquets de cèdre qui délimitent les canaux, afin d'éviter tout problème de stabilité et/ou de rupture; expertise qui permettra de déterminer les pentes optimales des excavations le long de ces murs et d'éliminer tout risque de perturbation des terrains riverains;
 - Procéder à des relevés topographiques et bathymétriques additionnels afin d'actualiser la couverture des données à l'intérieur des zones à draguer sur la base de l'expertise géotechnique réalisée;

- Et, sur la base de l'expertise géotechnique et des particularités de chacune des zones visées par les travaux de dragage, confirmer, auprès de la municipalité et des utilisateurs de chacune de ces zones, la largeur et profondeur de dragage en fonction des critères de navigation, des contraintes géotechniques et de la configuration (dimensions) du bateau de conception qui pourraient être optimisés pour chacune des zones en cause.

En plus de ces mesures, préalablement aux travaux de dragage, il faudra aussi :

- délimiter clairement le(s) aire(s) à draguer afin de les confiner à l'intérieur de ces périmètres et d'assurer la sécurité des travailleurs, des usagers et des riverains;
- procéder au retrait des installations connexes des riverains, tels quais et plateformes pouvant nuire à la réalisation des travaux de dragage.

Description détaillée de l'impact

Les travaux de dragage généreront des changements du profil bathymétrique à l'intérieur de la zone d'étude. Ces changements se traduiront par un approfondissement des aires de dragage jusqu'aux profondeurs nécessaires à la navigation sécuritaire des canaux et des abords de la plage.

L'approfondissement du profil bathymétrique occasionné par les travaux de dragage est donc un impact de nature positive et constitue l'essence même du projet.

La construction et l'installation d'un brise-lames fixe pourrait occasionner des changements relatifs à la circulation des courants et, par conséquent, affecter le transit des sédiments. La présence et l'exploitation du brise-lames aura pour effet de modifier la dynamique sédimentaire actuelle par le détournement et la neutralisation des vagues. Les répercussions se feront sentir à long terme dans la mesure où l'accumulation des sédiments au niveau de la plage et de certains canaux diminuera. Il s'agit donc d'un impact positif sur le profil bathymétrique de la zone à l'étude. Par contre, étant donné que les processus de sédimentation sont généralement lents, l'impact des travaux d'installation du brise-lames serait peu perceptible, voire négligeable à court terme. Finalement, les sédiments dragués seront acheminés hors du site et ne bouleverseront pas la bathymétrie ailleurs dans le lac Saint-François.

Tel que mentionné précédemment, les investigations géotechniques prévues avec l'ingénierie détaillée permettront d'éliminer tout risque de perturbation des terrains riverains.

Évaluation de l'impact résiduel

La profondeur de l'eau pour les zones de manœuvre est d'une très grande importance pour la municipalité de Saint-Zotique au niveau de la sécurité en ce qui a trait à la navigation de plaisance. Pour cette raison, une grande valeur socioéconomique a été accordée à cette composante. Le degré de bonification est jugé élevé, car la bathymétrie sera modifiée sur une profondeur sécuritaire permettant la poursuite des activités à l'intérieur des canaux. Aussi, la bathymétrie sera mieux contrôlée, évitant ainsi le transport de sédiments et la formation d'une plateforme sédimentaire à cet endroit. L'intensité de l'impact est donc grande. L'étendue de l'impact est locale puisque les superficies à draguer s'étendent sur une portion considérable de la municipalité de Saint-Zotique. L'impact est de longue durée, étant donné les volumes importants de sédiments dragués et le caractère permanent du brise-lames. La probabilité d'occurrence est jugée élevée. L'impact résiduel appréhendé est donc positif et jugé de forte importance; le tout dans la mesure où les investigations géotechniques de l'ingénierie détaillée permettront d'éliminer tout risque sur les terrains riverains de chacun des canaux.

Impact sur la bathymétrie et stabilité des sols		
Nature	Positive	Importance : Forte (+)
Valeur écosystémique	N/A	
Valeur socioéconomique	Grande	
Degré de bonification	Élevé	
Intensité	Grande	
Étendue	Locale	
Durée	Longue	
Probabilité d'occurrence	Élevée	

N/A : non applicable

5.2.1.2 QUALITÉ DE L'EAU DE SURFACE

Déclaration de l'impact

- Augmentation de la concentration des MES dans l'eau par la remise en suspension de sédiments et risque de contamination de l'eau de surface.

Sources d'impact

- Organisation du chantier (mobilisation/démobilisation);
- Dragage des sédiments;
- Construction et installation du brise-lames;
- Entreposage temporaire des matériaux dragués (si c'est le cas);
- Ravitaillement et entretien de la machinerie;
- Gestion des matières résiduelles et des produits contaminants.

Mesures d'atténuation spécifiques

Les mesures d'atténuation courantes visant à protéger les milieux riverain et aquatique dans le cadre des travaux en eau (ex. avec le dragage) de même qu'à prévenir et contrôler les déversements accidentels devront être rigoureusement suivies. De plus, la mesure suivante est aussi prescrite comme mesure particulière visant à protéger la qualité de l'eau dans le cadre du présent projet :

- utiliser des huiles biodégradables pour les systèmes hydrauliques de tout équipement devant travailler dans l'eau;
- subdiviser des aires de dragage dans les canaux. Lors des travaux de dragage, circonscrire l'aire de travail par des rideaux de turbidité en amont et en aval de celle-ci;
- débuter, quand cela est possible, les travaux de dragage dans les canaux situés en amont pour finaliser avec les canaux collecteurs qui sont reliés au lac Saint-François (ceci ne sera probablement pas toujours possible en raison des faibles profondeurs dans certains secteurs);
- réaliser les travaux dans des conditions calmes afin de minimiser la dispersion de MES;
- réduire la vitesse de descente et de remontée des équipements;

- étanchéiser les équipements;
- mettre en place, si requis, une plate-forme temporaire étanche au point de transbordement, soit au bout de la rampe de mise à l'eau, sur laquelle les camions pourront reculer, afin de faciliter les manœuvres de chargement à partir de la barge principale;
- s'assurer, s'il y a entreposage temporaire du matériel dragué en milieu terrestre, d'avoir un dispositif de traitement des eaux venant de l'assèchement des sédiments avant tout rejet au milieu récepteur et avec un mécanisme de contrôle permettant ledit rejet suivant les normes en vigueur.

Description détaillée de l'impact

Les opérations de dragage occasionnent une remise en suspension de sédiments et affectent ainsi temporairement la qualité de l'eau de surface par l'augmentation de la concentration en MES dans la colonne d'eau. La remise en suspension de sédiments peut avoir lieu à différentes étapes du dragage, soit au moment de l'impact de la benne preneuse sur le fond, de sa pénétration dans les sédiments, de la remontée de la benne, du déversement des déblais de dragage dans le chaland ou lors du transbordement à la rampe de mise à l'eau.

Un ruissellement potentiel d'eau chargée en matières en suspension peut aussi être observé si des eaux s'écoulent du conteneur à sédiments sans être préalablement filtrées.

D'après Environnement Canada (1994), la dispersion des sédiments est étroitement liée à des facteurs, tels que la vitesse et la direction des courants, les caractéristiques des vagues, des vents et des tempêtes, l'amplitude des marées ainsi que la bathymétrie et la morphologie du fond. Pour Saint-Zotique, les courants dans la zone de dragage dans le lac sont faibles, variant entre 0,04 et 0,08 m/s (données à partir de Saint-Anicet, en face de la plage) (Koutitonsky et Pelletier, 2015), voire nulle pour l'intérieur des canaux. La distance de dispersion des sédiments remis en suspension lors des travaux de dragage devrait donc être peu significative.

Enfin, le risque de fuites et/ou déversements accidentels de contaminants durant les travaux de dragage ne peut être complètement écarté. Advenant un incident, l'ampleur de l'impact sera fonction de la nature des contaminants et du volume déversé. Toutefois, la mise en place des mesures de prévention et de protection permettra de réduire ce risque au minimum. De plus, l'application des mesures d'intervention en cas d'urgence à la suite d'un incident permettra de limiter ces effets.

Évaluation de l'impact résiduel

Le lac Saint-François et l'aire de la plage de Saint-Zotique jouent un rôle important au plan environnemental et récréotouristique, notamment dans la région de Vaudreuil-Soulanges. De même, une bonne qualité de l'eau est essentielle pour maintenir la vie aquatique. De ce fait, une valeur de grande importance a été accordée aux niveaux écosystémique et socioéconomique. Les volumes à prélever étant potentiellement élevés (entre 80 000 m³ et 170 000 m³ selon les options considérées), l'augmentation de la turbidité et de la concentration en MES au site de dragage pourrait être assez importante. Cependant, les mesures d'atténuation qui seront mises en place serviront à limiter le plus possible les apports en sédiments. D'autres mesures permettront de circonscrire les déversements ou fuites, s'il y a lieu, et des mécanismes de contrôle des rejets au milieu récepteur seront mis en place advenant le cas où l'entreposage temporaire serait requis en milieu terrestre (bassins de sédimentation, mesures des MES avant rejet). Pour toutes ces raisons, le degré de perturbation de cet impact est jugé faible. L'intensité de l'impact est donc moyenne. Son étendue est ponctuelle et sa durée est courte puisqu'elle ne couvre que la période de construction. Finalement, la probabilité d'occurrence est moyenne puisque la mise en suspension des sédiments dans la colonne d'eau est possible. L'importance de l'impact résiduel est jugée faible.

Impact sur la qualité de l'eau de surface		
Nature	Négative	Importance : Faible (-)
Valeur écosystémique	Grande	
Valeur socioéconomique	Grande	
Degré de perturbation	Faible	
Intensité	Moyenne	
Étendue	Ponctuelle	
Durée	Courte	
Probabilité d'occurrence	Moyenne	

5.2.1.3 QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE DES SOLS ET DES SÉDIMENTS

Déclaration de l'impact

- Contamination des sols et des sédiments;
- Fragilisation des berges et compaction du sol par l'utilisation des équipements lourds.

Sources d'impact

- Organisation du chantier (mobilisation/démobilisation);
- Dragage des sédiments;
- Entreposage temporaire des matériaux dragués;
- Transport des matériaux et mise en dépôt terrestre;
- Ravitaillement et entretien de la machinerie;
- Gestion des matières résiduelles et des produits contaminants.

Mesures d'atténuation spécifiques

Des mesures d'atténuation ont déjà été explicitées à la section 5.1.4 sous la *Protection de la rive, de la végétation et des sols* en ce qui concerne la qualité des sols. Les mesures d'atténuation courantes visant à protéger les milieux riverain et aquatique dans le cadre des travaux en eau (ex. avec le dragage) de même qu'à prévenir et contrôler les déversements accidentels devront également être rigoureusement suivies. À ces dernières s'ajoutent les mesures suivantes :

- privilégier, lorsque possible, les endroits bétonnés ou asphaltés pour la circulation des équipements lourds, particulièrement lorsque près des berges et des rives;
- privilégier des huiles biodégradables pour les systèmes hydrauliques de tout équipement devant travailler dans l'eau;
- s'assurer de l'étanchéité des bennes de camions avec des garanties à cet effet fournies par les entrepreneurs, si aucun entreposage temporaire n'est effectué avant la disposition en milieu terrestre;
- s'assurer, s'il y a entreposage temporaire du matériel dragué en milieu terrestre, d'avoir un secteur de confinement permettant le rejet des eaux en conformité avec les normes en vigueur et procéder à la restauration intégrale des lieux après les travaux.

Description détaillée de l'impact

Les principaux risques de contamination des sols et des sédiments sont surtout reliés aux déversements accidentels de produits pétroliers ou tous autres contaminants lors des travaux de construction et de l'utilisation de machinerie. Cependant, le risque de déversements accidentels sera minimisé par l'application des mesures d'atténuation citées. Ces mesures seront en effet axées sur la prévention grâce à un contrôle régulier des équipements et à l'ajout de dispositifs d'urgence qui permettront d'intervenir rapidement en cas d'accident.

La manutention de sédiments excavés présente un très faible risque de contamination compte tenu des caractéristiques physicochimiques de ceux-ci.

Évaluation de l'impact résiduel

Les sédiments sont une composante essentielle de l'habitat aquatique, tant pour la reproduction que l'alimentation. Qui plus est, les canaux 1 à 4 se trouvent à l'emplacement où des occurrences d'espèces fauniques à statut particulier ont été répertoriées. Ainsi, une grande valeur environnementale lui a été accordée. Cependant, compte tenu des mesures d'atténuation qui seront mises en place, les risques de déversements accidentels et d'érosion seront limités et, le cas échéant, le degré de perturbation sera faible. L'intensité de l'impact est donc moyenne et la durée courte, car une intervention rapide sera entreprise en cas d'incident. L'étendue est jugée ponctuelle puisque la contamination se limitera à un espace circonscrit au chantier. La probabilité d'occurrence est considérée comme faible et donc l'importance de l'impact sur les sols et les sédiments est ainsi faible.

Impact sur la qualité environnementale des sols et des sédiments		
Nature	Négative	Importance : Faible (-)
Valeur écosystémique	Grande	
Valeur socioéconomique	N/A	
Degré de perturbation	Faible	
Intensité	Moyenne	
Étendue	Ponctuelle	
Durée	Courte	
Probabilité d'occurrence	Faible	

N/A : non applicable

5.2.1.4 QUALITÉ DE L'AIR AMBIANT ET ÉMISSIONS DE GES

Déclaration de l'impact

- Modification temporaire de la qualité de l'air; augmentation des poussières dans l'air et émission de gaz à effet de serre (GES).

Sources d'impact

- Organisation du chantier (mobilisation/démobilisation);
- Ravitaillement et entretien de la machinerie;
- Dragage des sédiments;
- Transport des matériaux et mise en dépôt terrestre.

Mesures d'atténuation spécifiques

Les mesures d'atténuation courantes et visant à minimiser l'apport de polluants atmosphériques seront appliquées (fermeture du moteur des équipements non utilisés après un certain temps, inspection régulière de la machinerie, bon état des systèmes d'échappement et anti-pollution, réparations rapides en cas de besoin), de même que la mesure suivante :

- installation de bâches de protection sur les camions pour recouvrir les matériaux dragués, et ce, même si ce matériel sera en bonne partie humide (il en sera de même si le matériel est temporairement asséché sur place pour une partie des travaux : des bâches recouvriront les camions).

Description détaillée de l'impact

En phase construction, les activités, comme le transport de matériaux sur le site et l'utilisation de la machinerie, pourront induire un accroissement des concentrations de particules fines, de composés gazeux et de GES dans l'atmosphère.

Évaluation de l'impact résiduel

Les valeurs écosystémique et socioéconomique de cette composante sont grandes. Le degré de perturbation de la composante est faible puisque les émissions de polluants et GES associées aux travaux de dragage et au transport des matériaux dragués seront peu importantes, tant avant qu'après l'application des mesures d'atténuation. Les équipements prévus sont en effet réduits pour ce chantier. L'intensité de l'impact est donc moyenne, son étendue locale et sa durée courte, puisqu'elle correspond à la période des travaux de dragage et de transport seulement. La probabilité d'occurrence est faible, considérant les mesures d'atténuation intégrées au projet. L'importance de l'impact résiduel appréhendé est donc faible.

Impact sur la qualité de l'air ambiant et émissions de GES		
Nature	Négative	Importance : Faible (-)
Valeur écosystémique	Grande	
Valeur socioéconomique	Grande	
Degré de perturbation	Faible	
Intensité	Moyenne	
Étendue	Locale	
Durée	Courte	
Probabilité d'occurrence	Faible	

5.2.2 IMPACTS SUR LE MILIEU BIOLOGIQUE

5.2.2.1 VÉGÉTATION RIVERAINE ET AQUATIQUE

Compte tenu de l'étendue de la problématique liée aux EEE, les impacts de cette composante ont été évalués séparément de l'impact sur la végétation riveraine et aquatique en général (voir section 5.2.2.6). De plus, il est considéré que les canaux auront préalablement fait l'objet de faucardage (No/Réf : du CA 22 : 046-P-0008949-0-01-001-01-EN-R-001-0A) avant les travaux de dragage. De ce fait, les impacts sur la végétation sont évalués sur le couvert végétal résiduel seulement.

Déclaration de l'impact

- Perturbations directes et indirectes potentielles du couvert végétal aquatique dans la zone des travaux;
- Pertes d'habitats permanentes sur 300 m² avec la mise en place des butées servant d'ancrage au brise-lames (600 m² dans le cas d'un assemblage en double) et ombrage possible sur 480 m² avec la présence du brise-lames à proprement parler.

Sources d'impact

- Organisation du chantier (mobilisation/démobilisation);
- Dragage des sédiments;
- Transport des matériaux et mise en dépôt terrestre;
- Ravitaillement et entretien de la machinerie;
- Présence et exploitation du brise-lames.

Mesures d'atténuation spécifiques

En plus des mesures d'atténuation énumérées à la section 5.1.4 portant sur la Protection de la rive et de la végétation et des sols :

- délimiter et indiquer clairement les limites des herbiers aquatiques en périphérie de l'embouchure des canaux et éviter l'empiètement de la zone des travaux dans les herbiers aquatiques en limitant la zone de dragage à l'extérieur de ces limites.

Description détaillée de l'impact

Les impacts appréhendés sur la végétation sont liés à la modification des habitats naturels présents dans et en périphérie des zones affectées par les travaux de dragage. Bien que la nature fortement anthropique du secteur limite la qualité des habitats disponibles, il faut tout de même considérer la présence de la végétation persistante en rive et au fond de l'eau suite au faucardage, ainsi qu'à l'herbier aquatique de la réserve nationale de faune du lac Saint-François. La présence du brise-lames au sud de la plage de Saint-Zotique peut aussi influencer la disponibilité de lumière pour la croissance des plantes aquatiques dans le lac Saint-François. À cet égard, aucun herbier aquatique n'a été observé directement aux embouchures des canaux ni aux endroits où sera localisé le brise-lames et ses ancrages. Toutefois, des herbiers aquatiques sont potentiellement présents en périphérie de l'embouchure des canaux et la mise en place des mesures d'atténuation spécifiques permettront de réduire l'impact du dragage sur ces milieux. Finalement, une espèce végétale est susceptible d'être présente à l'intérieur même des canaux, soit la wolffie boréale. Toutefois, étant donné que les canaux auront déjà fait l'objet de faucardage et que le milieu propice à la wolffie boréale aura déjà été perturbé, il est considéré que l'impact sur cette espèce est réduit.

Évaluation de l'impact résiduel

La végétation riveraine et aquatique joue un rôle important au niveau écosystémique de par son rôle, entre autres, d'habitat de frai, d'alimentation et d'élevage pour plusieurs espèces fauniques (ichtyofaune, herpétofaune, avifaune et mammifères). Une valeur écosystémique moyenne est donc accordée à cette composante, compte tenu de sa taille et de sa diversité réduites après le faucardage dans les canaux et du fait qu'aucun herbier n'est situé aux embouchures de ceux-ci. En ce qui concerne la valeur socioéconomique, étant donné que la présence accrue de végétation aquatique cause actuellement des problèmes de navigation dans les canaux et que les bandes riveraines sont déjà majoritairement anthropiques, la valeur octroyée est faible. Le degré de perturbation est jugé faible pour les groupements végétaux riverains, car les superficies de groupements végétaux qui seront touchées sont négligeables et

les travaux n'auront que peu ou pas d'effets sur ces groupements. Le degré de perturbation est également jugé faible pour les groupements végétaux aquatiques, lesquels auront déjà fait l'objet de faucardage au préalable; ils sont en outre inexistantes au niveau de l'embouchure des canaux ainsi qu'au sud de la plage de Saint-Zotique. L'intensité de cet impact est ainsi faible. L'étendue de l'impact est ponctuelle, car circonscrit aux endroits où seront situés les ancrages du brise-lames et où les travaux de dragages auront lieu. L'impact est de courte durée étant donné la courte période de perturbation potentielle lors des activités de dragage qui seront effectuées et que le rétablissement des herbiers aquatiques dans les canaux devrait être assez rapide. La probabilité d'occurrence est faible, puisque la perte d'habitat naturel liée à la réduction du couvert végétal riverain et aquatique ne sera qu'accidentelle, étant donné les mesures d'atténuation prévues. L'importance de l'impact résiduel appréhendé est donc jugée faible.

Impact sur la végétation riveraine et aquatique		
Nature	Négative	Importance : Faible (-)
Valeur écosystémique	Moyenne	
Valeur socioéconomique	Faible	
Degré de perturbation	Faible	
Intensité	Faible	
Étendue	Ponctuelle	
Durée	Courte	
Probabilité d'occurrence	Faible	

5.2.2.2 ICHTYOFAUNE ET FAUNE BENTHIQUE

Déclaration de l'impact

- Les activités de dragage pourraient directement affecter les communautés d'organismes benthiques colonisant les sédiments visés par ces activités et indirectement les communautés à proximité immédiate;
- Modification de la qualité de l'eau (MES et contaminants) pouvant affecter directement la santé des poissons;
- Perturbation d'habitats de 200 000 m² due au dragage des sédiments;
- Perte d'habitats sur 300 m² avec la mise en place des butées servant d'ancrages au brise-lames (600 m² dans le cas d'un assemblage double);
- Envasement des œufs et/ou des sites de frai lorsque situés à proximité;
- Modification possible de l'abondance et de la répartition des populations présentes.

Sources d'impact

- Organisation du chantier (mobilisation/démobilisation);
- Dragage des sédiments;
- Ravitaillement et entretien de la machinerie;
- Gestion des matières résiduelles et des produits contaminants;
- Transport des matériaux et mise en dépôt terrestre;
- Présence et exploitation du brise-lames.

Mesures d'atténuation spécifiques

Les mesures permettant d'atténuer l'impact sur la qualité des eaux de surface limiteront également les impacts potentiels sur l'ichtyofaune et le benthos. Par ailleurs, toutes les mesures seront prises afin de limiter au minimum les superficies à draguer. De même, il sera particulièrement important de limiter la dispersion des particules fines dans le secteur des travaux avec les mesures prévues à cet effet.

De plus, l'application des mesures d'atténuation spécifiques suivantes permettra de limiter les impacts sur l'ichtyofaune :

- comme les différentes périodes de protection des activités de reproduction des principales espèces de poisson présentes s'étendent pour la plupart du 1^{er} avril au 1^{er} septembre, appliquer une période de restriction des travaux en eau couvrant la période de reproduction, d'incubation et d'alevinage pour les espèces fréquentant les canaux, soit du 1^{er} avril au 1^{er} septembre;
- s'assurer que les poissons présents dans la section draguée des canaux se sont déplacés le plus possible à l'extérieur des rideaux de turbidité afin de limiter la perte d'individus durant les travaux. Pour ce faire, il est suggéré d'effectuer les travaux de l'amont vers l'aval, afin de permettre aux poissons et organismes de se réfugier vers le lac.

Description détaillée de l'impact

D'une part, les activités de dragage perturberont directement et très localement les organismes benthiques colonisant les sédiments qui sont dragués. D'autre part, la remise en suspension de particules fines occasionnée par les opérations de dragage peut affecter la reproduction des poissons en recouvrant les œufs et en colmatant des frayères. Tel que mentionné à la section 3.3.3.1, il existe des frayères à proximité et à l'intérieur de la zone d'étude et, de plus, les canaux sont largement fréquentés par les espèces de poissons comme l'ont démontré les Tableaux 3-15 à 3-17. De plus, cinq espèces de poissons ayant un statut particulier (le méné à tête rose, le méné d'herbe, l'anguille d'Amérique, le chat-fou des rapides et l'esturgeon jaune) fréquentent potentiellement la zone d'étude, mais aucune d'entre elles ne faisait partie des pêches effectuées en 2014. Ainsi, en considérant que les volumes de sédiments à draguer sont d'une taille considérable, l'impact sur la faune benthique et l'ichtyofaune risque d'être perceptible.

D'autre part, l'herbier aquatique de la réserve nationale de faune du lac Saint-François, situé à l'embouchure des canaux et au sud de la plage de Saint-Zotique, pourrait aussi être utilisé pour la frai de certaines espèces de poissons. N'étant toutefois pas présent directement aux embouchures des canaux, celui-ci ne sera pas affecté et la perte d'habitat de 300 m² liée à la présence du brise-lames est jugée comme peu perceptible.

Enfin, le risque de fuites et/ou déversements accidentels de contaminants durant les travaux de dragage ne peut être complètement écarté. Advenant un incident, l'ampleur de l'impact sur les sédiments, et donc sur les communautés benthiques et sur l'ichtyofaune qui s'y trouvent, sera fonction de la nature des contaminants et du volume déversé. Toutefois, la mise en place des mesures de prévention et de protection permettra de réduire ce risque au minimum. De plus, l'application des mesures d'intervention en cas d'urgence à la suite d'un incident permettra de limiter ses effets.

Évaluation de l'impact résiduel

Les organismes benthiques et les différentes espèces de poissons jouent un rôle important d'un point de vue écosystémique; une grande valeur a donc été attribuée à cette composante. De même, une grande valeur socioéconomique leur a été attribuée en raison de l'intérêt accordé au poisson pour la pêche; les communautés de poissons sont en effet valorisées. Le degré de perturbation est important puisqu'il s'agit de prélever entre 4 à 6 pieds de sédiments occasionnant du même coup une perte et des perturbations de l'habitat. Toutefois, la restriction servant à protéger la période de reproduction, d'incubation et d'alevinage et le fait que les individus seront déplacés avant les travaux fait en sorte de réduire l'impact. Le degré de perturbation est donc jugé moyen et l'intensité est grande. L'étendue de l'impact est

ponctuelle puisque les superficies draguées sont limitées, tout comme la distance à laquelle des MES produites par le dragage peuvent sédimenter notamment grâce aux rideaux de turbidité installés préalablement aux travaux. L'impact est de moyenne durée étant donné qu'il se fera sentir encore plusieurs mois après le dragage, soit le temps que l'équilibre revienne aux endroits où les travaux auront lieu. La probabilité d'occurrence que le projet perturbe la faune benthique et l'ichtyofaune est moyenne, étant donné que la recolonisation du benthos suite au dragage est relativement rapide et que les mesures d'atténuation devraient minimiser les probabilités de perturbation. L'importance de l'impact résiduel appréhendé est donc jugée moyenne.

Impact sur l'ichtyofaune et la faune benthique		
Nature	Négative	Importance : Moyenne (-)
Valeur écosystémique	Grande	
Valeur socioéconomique	Grande	
Degré de perturbation	Moyen	
Intensité	Grande	
Étendue	Ponctuelle	
Durée	Moyenne	
Probabilité d'occurrence	Moyenne	

5.2.2.3 HERPÉTOFAUNE

Déclaration de l'impact

- Les activités de dragage pourraient indirectement affecter l'herpétofaune de la réserve nationale de faune du lac Saint-François;
- Modification de la qualité de l'eau (MES et contaminants) pouvant affecter directement la santé des espèces d'amphibiens et de reptiles;
- Perturbation d'habitats due au dragage de sédiments;
- Envasement des œufs et/ou des sites de reproduction lorsque situés à proximité.

Sources d'impact

- Organisation du chantier (mobilisation/démobilisation);
- Dragage des sédiments;
- Ravitaillement et entretien de la machinerie;
- Gestion des matières résiduelles et des produits contaminants;
- Transport des matériaux et mise en dépôt terrestre.

Mesures d'atténuation spécifiques

Les mesures permettant d'atténuer l'impact sur la qualité des eaux de surface et sur l'ichtyofaune et le benthos limiteront également les impacts potentiels sur l'herpétofaune. Par ailleurs, toutes les mesures seront prises afin de limiter au minimum les superficies à draguer. De même, il sera particulièrement important de limiter la dispersion des particules fines dans le secteur des travaux avec les mesures prévues à cet effet.

- restreindre les travaux en dehors des périodes de reproduction, de nidification et d'incubation, soit du 1^{er} avril au 1^{er} septembre;

- localiser les zones sensibles de site de reproduction et éviter la circulation des équipements lourds à ces endroits;
- déplacer, le cas échéant, autant que possible les individus observés de façon sécuritaire à l'extérieur de la zone des travaux.

Description détaillée de l'impact

Peu d'impacts négatifs du projet sont appréhendés sur l'herpétofaune, étant donné qu'il n'existe que peu d'habitats propices à l'herpétofaune à l'intérieur de la zone des travaux ou à proximité de celle-ci. Tel que précisé dans la section portant sur la description du milieu naturel, jusqu'à 19 espèces de l'herpétofaune pourraient potentiellement être observées dans le secteur, en fonction des données du Comité ZIP (1997). Bien que la qualité des habitats présents et la nature fortement anthropique du secteur limitent le potentiel d'y retrouver un nombre important d'individus, il faut tout de même considérer la présence de la Réserve nationale de faune du lac Saint-François. Par contre, aux embouchures des canaux, les habitats propices se trouvent en périphérie seulement de la zone des travaux et les mesures d'atténuation mises en place permettent de réduire l'impact.

Enfin, comme c'est le cas pour l'ichtyofaune et le benthos, le risque de fuites et/ou déversements accidentels de contaminants durant les travaux de dragage ne peut être complètement écarté. Advenant un incident, l'ampleur de l'impact sur les sédiments, et donc sur les communautés d'herpétofaune qui s'y trouvent, sera fonction de la nature des contaminants et du volume déversé. Toutefois, la mise en place des mesures de prévention et de protection permettra de réduire ce risque au minimum. De plus, l'application des mesures d'intervention en cas d'urgence à la suite d'un incident permettra de limiter ses effets.

Évaluation de l'impact résiduel

Les différentes espèces d'herpétofaune jouent un rôle important d'un point de vue écosystémique. Toutefois, la communauté qui occupe la zone des travaux est assez restreinte; une moyenne valeur a donc été attribuée à cette composante. De même, une moyenne valeur socioéconomique leur a été attribuée en raison de l'intérêt accordé à l'herpétofaune pour les activités de plein-air; les espèces d'herpétofaune sont en effet valorisées. Le degré de perturbation est faible puisqu'aucun habitat n'a été répertorié durant les inventaires et que la restriction servant à protéger la période de reproduction, de nidification, d'incubation et d'éclosion fait en sorte de réduire l'impact. L'intensité est donc jugée faible. L'étendue de l'impact est ponctuelle puisque les superficies draguées sont limitées, tout comme la distance à laquelle des MES produites par le dragage peuvent sédimenter. L'impact est de moyenne durée étant donné qu'il se fera sentir encore plusieurs mois après le dragage, soit le temps que l'équilibre revienne aux endroits où les travaux auront lieu. La probabilité d'occurrence que le projet perturbe l'herpétofaune est faible, étant donné que les individus et leurs habitats sont peu nombreux dans la zone des travaux et que les mesures d'atténuation devraient minimiser les probabilités de perturbation. L'importance de l'impact résiduel appréhendé est donc jugée très faible.

Impact sur l'herpétofaune		
Nature	Négative	Importance : Faible (-)
Valeur écosystémique	Moyenne	
Valeur socioéconomique	Moyenne	
Degré de perturbation	Faible	
Intensité	Faible	
Étendue	Ponctuelle	
Durée	Moyenne	
Probabilité d'occurrence	Faible	

5.2.2.4 AVIFAUNE

Déclaration de l'impact

- Perturbation temporaire des individus de l'avifaune potentiellement présents dans la zone des travaux et en périphérie.

Sources d'impact

- Organisation du chantier (mobilisation/démobilisation);
- Dragage des sédiments;
- Transport des matériaux et mise en dépôt terrestre;
- Ravitaillement et entretien de la machinerie.

Mesures d'atténuation spécifiques

- Restreindre les travaux en dehors des périodes de reproduction et de migration;
- Cesser les activités perturbatrices dans l'éventualité où un site de nidification occupé serait trouvé lors des travaux et imposer une zone tampon sur une distance appropriée aux circonstances (selon les recommandations d'Environnement Canada), pour en assurer la protection;
- Localiser les zones sensibles d'habitats des oiseaux et éviter la circulation des équipements lourds à ces endroits;
- Délimiter une zone recouvrant Pointe-au-Foin où le niveau ambiant ne dépasse pas 50 dB.

Description détaillée de l'impact

Les travaux pourraient occasionner des perturbations temporaires pour les espèces aviaires potentiellement présentes dans le secteur des travaux. Les perturbations seraient essentiellement liées à la présence de la machinerie et des équipements bruyants, lesquels pourraient occasionner des effets indirects sur des espèces d'oiseaux fréquentant les rives ou les herbiers situés en aval du site de dragage, et ce, par l'augmentation du climat sonore, par exemple. Les oiseaux sont plus sensibles au bruit durant la période de nidification (ex. délimitation du territoire, couvaïson, élevage des juvéniles). Les travaux de dragage chevaucheront partiellement une zone fréquentée par un bon nombre d'oiseaux nicheurs, soit les aires de concentration d'oiseaux aquatiques des secteurs Saint-Zotique et Pointe Beaudette. D'autre part, six espèces de l'avifaune à statut particulier ont le potentiel de se retrouver dans la zone des travaux ou à proximité, soit dans la zone d'occurrence délimitée par le CDPNQ qui chevauche les canaux 1 à 4. Outre l'impact sonore, les risques de destruction de l'habitat sont faibles puisque les travaux se déroulent principalement dans l'eau. Toutefois, l'utilisation des équipements lourds pourrait avoir un impact direct sur l'intégrité des habitats si les équipements venaient à empiéter sur ceux-ci.

Évaluation de l'impact résiduel

Les espèces de l'avifaune qui sont retrouvées en périphérie (berges) des travaux de dragage jouent un rôle important au niveau de l'écosystème. Plusieurs espèces sont insectivores et rendent, indirectement, service à l'homme à cet effet. De plus, le refuge faunique de Hay Point et la Réserve nationale de faune du lac Saint-François sont grandement valorisés par la population et sont l'objet d'activités de conservation. De ce fait, une grande valeur écosystémique et socioéconomique a été accordée à cette composante.

Le degré de perturbation est jugé moyen, car les mesures d'atténuation concernant l'impact sonore réduiront les perturbations occasionnées par les travaux de dragage. L'intensité est moyenne. L'étendue de l'impact est ponctuelle et sa durée est courte. La probabilité d'occurrence est faible, puisque les espèces de l'avifaune sont mobiles et que peu de groupements végétaux aquatiques seront touchés par les travaux. De plus, l'application de la période de restriction des travaux de dragage entre le 1^{er} avril et le 1^{er} septembre permettra d'éviter les perturbations durant la période de nidification de la plupart des espèces de l'avifaune qui pourraient fréquenter potentiellement le site à l'étude. L'importance de l'impact résiduel appréhendé est jugée faible.

Impact sur l'avifaune		
Nature	Négative	Importance : Faible (-)
Valeur écosystémique	Grande	
Valeur socioéconomique	Grande	
Degré de perturbation	Moyen	
Intensité	Moyenne	
Étendue	Ponctuelle	
Durée	Courte	
Probabilité d'occurrence	Faible	

5.2.2.5 FAUNE TERRESTRE

Aucun impact du projet n'est appréhendé sur la faune terrestre étant donné le peu d'habitats propices aux mammifères incluant les chiroptères à l'intérieur des canaux. Tel que mentionné à la section 3.3.2.3, bien que de nombreuses espèces fauniques puissent être potentiellement observées dans le secteur, l'aire couvrant les canaux et la plage n'offre pas les caractéristiques recherchées par la majorité de ces espèces pour permettre l'établissement de communautés.

5.2.2.6 ESPÈCES EXOTIQUES ENVAHISSANTES

Déclaration de l'impact

- Réduction potentielle du couvert végétal aquatique du roseau commun et du myriophylle à épis dans la zone des travaux;
- Réduction de la qualité ou perte des habitats naturels pour le gobie à taches noires.

Sources d'impact

- Organisation du chantier (mobilisation/démobilisation);
- Dragage des sédiments;
- Transport des matériaux et mise en dépôt terrestre;
- Ravitaillement et entretien de la machinerie.

Mesures d'atténuation spécifiques

En plus des mesures portant sur la Protection de la rive et de la végétation et des sols à la section 5.1.4, les mesures spécifiques suivantes devront être prises :

- nettoyer les équipements avant et après les travaux afin de limiter la propagation de boutures de myriophylle à épis ou d'une autre espèce envahissante;
- identifier sur les plans et sur le site avant le début des travaux, les aires où le myriophylle à épis est observé ainsi que le roseau commun;
- dans les secteurs où le myriophylle à épis est observé, récolter tous les débris végétaux dans les aires de travaux avant le retrait des rideaux de turbidité. Lorsque des débris végétaux sont récoltés, ceux-ci doivent être ramenés à l'intérieur de l'embarcation, entreposés dans un conteneur étanche sur les rives, puis acheminés et vidés dans un site de dépôt (élimination par compostage) approuvé par le MDDELCC;
- dans les secteurs où le roseau commun est observé, les sédiments dragués ne devront pas être mis en contact avec le sol sans la mise en place d'une mesure d'atténuation adéquate (ex. membrane de géotextile) qui sera approuvée par le surveillant de chantier. Ces sédiments ne devront pas être réutilisés et devront, une fois acheminés au site de dépôt, être recouverts d'au moins deux mètres de sol afin d'éviter la propagation du roseau commun à l'intérieur du site.

Description détaillée de l'impact

Les EEE menacent l'équilibre naturel des écosystèmes et les milieux aquatiques sont particulièrement sensibles à l'envahissement par des espèces exotiques. Trois espèces exotiques envahissantes ont été répertoriées durant les inventaires, soit deux espèces végétales, le roseau commun et le myriophylle à épis, ainsi qu'une espèce de poisson, le gobie à taches noires. Les impacts appréhendés sur les populations d'EEE floristiques sont positifs. En effet, ces impacts engendreront la réduction de la taille des colonies actuelles et tendront vers la lutte contre la colonisation et la propagation qui pourraient provenir de nouvelles populations présentes en périphérie des zones affectées par les travaux de dragage. Le fait de retirer une partie des sédiments accumulés réduit la disponibilité des habitats pour le roseau commun puisque les nouvelles profondeurs des canaux ne constitueront pas l'habitat préconisé par cette espèce étant donné le niveau d'eau plus élevé. De plus, la réalisation des mesures d'atténuation de la section 5.1.4 permettront de limiter les sites dénudés favorables à la colonisation par cette espèce. En ce qui a trait au myriophylle à épis, la majeure partie de leur réseau racinaire sera retirée lors du dragage, ce qui pourrait ralentir à court terme sa propagation.

Concernant le gobie à taches noires, les impacts appréhendés sont également positifs en raison de la perte d'habitat liée à la réduction de la couverture végétale dans les canaux et en rives.

Évaluation de l'impact résiduel

Étant donné leurs rôles importants au niveau écosystémique et de par leurs impacts connus sur les réseaux trophiques aquatiques, une valeur écosystémique et socioéconomique grande est donc accordée à cette composante. L'éradication des EEE est un aspect positif du projet. Le degré de perturbation est jugé moyen pour les EEE floristiques et faible pour le gobie à taches noires en raison de sa nature opportuniste et sa plus grande capacité à se déplacer dans le milieu en périphérie des travaux. L'intensité de cet impact est ainsi de grande à moyenne. L'étendue de l'impact est ponctuelle. L'impact est de durée moyenne étant donné que l'éradication permanente des EEE floristiques et fauniques est impossible, et que des populations risquent toute de même de coloniser une partie du secteur avant cinq ans. La probabilité d'occurrence est moyenne, puisque la perte d'habitat naturel liée aux mesures de végétalisation prévues permet de lutter contre le roseau commun et que la réduction du couvert de macrophytes peut en soi être bénéfique pour diminuer la présence du gobie à taches noires. L'importance de l'impact résiduel appréhendé est donc jugée forte à moyenne.

Impact sur les espèces exotiques envahissantes		
Nature	Positive	Importance : Forte à moyenne (+)
Valeur écosystémique	Grande	
Valeur socioéconomique	Grande	
Degré de bonification	Moyen à faible	
Intensité	Grande à moyenne	
Étendue	Ponctuelle	
Durée	Moyenne	
Probabilité d'occurrence	Moyenne	

5.2.3 IMPACTS SUR LE MILIEU HUMAIN

5.2.3.1 ÉCONOMIE LOCALE ET RÉGIONALE

PHASE CONSTRUCTION

Déclaration de l'impact

→ Stimulation de l'économie locale et régionale pendant les travaux.

Sources d'impact

- Organisation du chantier (mobilisation/démobilisation);
- Dragage des sédiments;
- Transport des matériaux et mise en dépôt terrestre;
- Ravitaillement et entretien de la machinerie;
- Acquisition de biens et services et main-d'œuvre;
- Mise en place du brise-lames avec reprofilage potentiel de la plage.

Mesures d'atténuation spécifiques

Aucune mesure d'atténuation particulière, si ce n'est de tenter de privilégier la sélection d'entrepreneurs régionaux en fonction des règles d'octroi des contrats municipaux.

Description détaillée de l'impact

L'exécution des travaux de dragage, de mise en place de brise-lames et, le cas échéant, de reprofilage de la plage de même que les activités de transport de matériaux dragués nécessiteront l'embauche de main-d'œuvre locale ou régionale. Les emplois en lien avec le projet encourageront dans une certaine mesure l'économie de la municipalité et de la région. Cependant, cette contribution sera modeste compte tenu de la courte période pendant laquelle se dérouleront les travaux à chaque année et de la petite équipe de travailleurs qui seront impliqués.

L'échéancier des travaux prévoit une séquence de réalisation qui s'étalera sur plusieurs années, soit de 2018 à 2021. Ainsi, l'année 2019 est celle où les travaux de dragage seront les plus importants. La durée des travaux estimée pour ce scénario possible est d'environ trois mois.

Les travaux reliés à la mise en place du brise-lames, prévus au printemps 2018, et ceux reliés au reprofilage de la plage, prévus au printemps 2020 (s'ils sont jugés requis), occasionneront aussi la présence de travailleurs (ouvriers, plongeurs, etc.) sur les lieux et donc la stimulation de l'économie locale (dépenses en essence, restauration, consommation, etc.). Le nombre de travailleurs et camionneurs ne peut toutefois être déterminé à ce stade-ci, car il dépendra des entrepreneurs retenus, des secteurs visés par les travaux et du volume de matériel à draguer.

Évaluation de l'impact résiduel

La valeur socioéconomique de la composante est grande. Le degré de bonification est faible dû au fait que les travaux n'engendreront vraisemblablement pas la création d'un grand nombre d'emplois. L'intensité de l'impact sera donc faible, avec une étendue locale à régionale, et sa durée sera courte puisqu'elle correspondra à la durée des opérations de dragage, de mise en place du brise-lames et, possiblement, de reprofilage de la plage. La probabilité d'occurrence de l'impact est moyenne. L'importance de l'impact positif des travaux de dragage sur l'économie locale et régionale est donc très faible à faible.

Impact sur l'économie locale et régionale (Phase construction)		
Nature	Positive	Importance : Très faible à faible (+)
Valeur écosystémique	N/A	
Valeur socioéconomique	Grande	
Degré de bonification	Faible	
Intensité	Faible	
Étendue	Locale à régionale	
Durée	Courte	
Probabilité d'occurrence	Moyenne	

N/A : non applicable

PHASE EXPLOITATION

Déclaration de l'impact

- Maintien d'une clientèle touristique et d'un achalandage à long terme en raison de la pérennité assurée à la plage.

Sources d'impact

- Dragage des sédiments;
- Mise en place du brise-lames avec reprofilage potentiel de la plage;
- Entretien et réparation du brise-lames.

Mesures d'atténuation spécifiques

Aucune mesure d'atténuation n'est prévue compte tenu de la nature positive de l'impact sur l'économie locale et régionale.

Description détaillée de l'impact

Le brise-lames et le reprofilage de plage (si requis) visent à garantir la fonctionnalité à long terme de la plage municipale, soit l'une des raisons d'être du projet. Il s'agit donc d'un impact positif significatif, étant

donné le rôle de la plage municipale dans l'économie locale. Il en est de même du dragage des canaux car certains d'entre eux sont accessibles au public et contribuent à la popularité du secteur.

Évaluation de l'impact résiduel

La valeur socioéconomique de la composante est grande. Le degré de bonification est élevé car le maintien de la popularité des lieux est l'objectif même du projet. L'intensité de l'impact sera donc grande, avec une étendue locale à régionale, et sa durée sera moyenne à longue. La probabilité d'occurrence de l'impact est élevée. L'importance de l'impact positif des travaux de dragage sur l'économie locale et régionale est donc forte à très forte.

Impact sur l'économie locale et régionale (Phase exploitation)		
Nature	Positive	Importance : Forte à très forte (+)
Valeur écosystémique	N/A	
Valeur socioéconomique	Grande	
Degré de bonification	Élevé	
Intensité	Grande	
Étendue	Locale à régionale	
Durée	Moyenne à longue	
Probabilité d'occurrence	Élevée	

N/A : non applicable

5.2.3.2 ACTIVITÉS RÉCRÉATIVES, NAUTIQUES ET AQUATIQUES

PHASE CONSTRUCTION

Déclaration de l'impact

→ Perturbation temporaire des activités récréatives, nautiques et aquatiques à proximité des travaux.

Sources d'impact

- Organisation du chantier (mobilisation/démobilisation);
- Dragage des sédiments;
- Construction et installation du brise-lames;
- Transport des matériaux et mise en dépôt terrestre.

Mesures d'atténuation spécifiques

Aucune mesure d'atténuation particulière n'est prévue. La période à laquelle se dérouleront les travaux (en automne et au début de la période hivernale) se trouve à l'extérieur de la période d'ouverture de la plage, soit de juin à septembre, ce qui permettra de réduire l'impact sur les activités récréatives, nautiques et aquatiques puisqu'elles se déroulent principalement pendant la période estivale.

Description détaillée de l'impact

Plusieurs activités récréatives sont à proximité des aires de travaux prévus. En ce qui concerne le volet terrestre, les activités sont multiples et l'on compte notamment la présence d'une piste cyclable à l'endroit de la rue Principale, d'une piste pour les motoneiges, d'activités de plongée et d'un golf à proximité. L'impact le plus important risque de survenir au moment du transport hors site des sédiments. Comme

les travaux reliés au dragage des canaux surviendront en automne, voire au début de l'hiver, les allées et venues des véhicules dédiés à ce transport n'interféreront pas avec les périodes d'achalandage de ces lieux. Cependant, avec la saison chaude qui s'étire de plus en plus en septembre, voire même en octobre, les travaux sont susceptibles de gêner certaines activités du secteur, par exemple au niveau de la piste cyclable.

En ce qui concerne le volet aquatique, les principales activités dans la zone d'étude sont liées à la navigation de plaisance (bateaux, motomarines, canots, kayaks, pédalos, etc.) et à la plage de Saint-Zotique. La navigation de plaisance est l'activité la plus susceptible de ressentir l'impact du projet puisque les embarcations fréquentent directement les zones visées par les travaux de dragage. Tel que mentionné, les travaux auront principalement lieu à l'automne, voire au début de l'hiver, donc en dehors des périodes d'important achalandage. Cependant, là encore les belles températures qui s'étendent plus longtemps en automne rendent probable la poursuite d'activités nautiques sur les lieux jusqu'à plus tard en saison et, dans de tels cas, les travaux prévus se révéleraient source de dérangement.

Évaluation de l'impact résiduel

Même si la valeur socioéconomique de cette composante est grande, le degré de perturbation est moyen compte tenu de la possibilité que les travaux causent un certain dérangement en période automnale pour des activités récréotouristiques qui auraient encore cours à ce moment-là. L'intensité de l'impact est donc moyenne. L'étendue de l'impact est ponctuelle, car elle se limitera à la zone visée par les travaux et sa durée est courte, puisque limitée aux travaux. La probabilité d'occurrence de l'impact de faible à moyenne. L'importance de l'impact sur les activités récréotouristiques est donc faible.

Impact sur les activités récréatives, nautiques et aquatiques (Phase construction)		
Nature	Négative	Importance : Faible (-)
Valeur écosystémique	N/A	
Valeur socioéconomique	Grande	
Degré de perturbation	Moyen	
Intensité	Moyenne	
Étendue	Ponctuelle	
Durée	Courte	
Probabilité d'occurrence	Faible à Moyenne	

N/A : non applicable

PHASE EXPLOITATION

Déclaration de l'impact

- Augmentation de la sécurité des activités récréatives, nautiques et aquatiques;
- Amélioration des conditions de navigation.

Sources d'impact

- Dragage des sédiments;
- Reprofilage de la plage (le cas échéant);
- Présence et exploitation du brise-lames.

Mesures d'atténuation spécifiques

Aucune mesure d'atténuation n'est prévue compte tenu de la nature positive de l'impact sur les activités récréatives, nautiques et aquatiques.

Description détaillée de l'impact

En phase exploitation, les impacts prévus sont plutôt de nature positive. Si la mise en place du brise-lames au printemps et son retrait à l'automne peuvent être perçus comme des activités dérangeantes pour le milieu, elles surviendront toutefois à l'extérieur de la période récréotouristique et surtout à une bonne distance des résidences environnantes.

En ce qui concerne les changements occasionnés par les travaux de dragage, ils consistent donc en un impact de nature positive et constituent l'essence même du projet. Ces travaux permettront d'approfondir les canaux et leur exutoire de manière à assurer l'accostage et la navigation sécuritaires des embarcations fréquentant les canaux et les abords de la plage.

La mise en place de brise-lames à la plage aura pour effet d'atténuer la force des vagues incidentes et d'améliorer les conditions de baignade. En outre, le secteur est un lieu très en vue de la région : le fait qu'y soient entrepris de tels travaux d'envergure contribuera à sa renommée et à sa popularité.

Évaluation de l'impact résiduel

La valeur socioéconomique de la composante est grande puisque les activités récréotouristiques, notamment les activités nautiques et aquatiques, sont grandement valorisées au sein de la municipalité. Le degré de bonification est élevé; l'intensité est donc grande. L'étendue est locale puisque les effets bénéfiques seront non seulement ressentis par les résidents habitant le secteur des canaux, mais également par l'ensemble des utilisateurs et plaisanciers qui profitent des lieux tout au long de la période d'ouverture. La durée est moyenne à longue : les travaux effectués sont conçus pour durer dans le temps et les programmes de suivi portant sur l'érosion de la plage et sur la sédimentation des canaux permettront d'évaluer cette durée dans le temps. Enfin, la probabilité d'occurrence est élevée puisque les plaisanciers pourront profiter des changements engendrés par les travaux. Il en ressort que l'importance de l'impact est forte.

Impact sur les activités récréatives, nautiques et aquatiques (Phase exploitation)		
Nature	Positive	Importance : Forte (+)
Valeur écosystémique	N/A	
Valeur socioéconomique	Grande	
Degré de bonification	Élevé	
Intensité	Grande	
Étendue	Locale	
Durée	Moyenne à Longue	
Probabilité d'occurrence	Élevée	

N/A : non applicable

5.2.3.3 INFRASTRUCTURES ET SERVICES

Déclaration de l'impact

- Augmentation de l'achalandage sur le réseau routier de la municipalité pendant les travaux.

Sources d'impact

- Organisation du chantier (mobilisation/démobilisation);
- Dragage des sédiments;
- Transport des matériaux et mise en dépôt terrestre.

Mesures d'atténuation spécifiques

- Prioriser l'utilisation du réseau routier supérieur pour le transport des sédiments excavés, soit l'A-20 et la route 338, et canaliser les déplacements entre ces deux axes via la 69^{ème} Avenue.

Description détaillée de l'impact

La zone des travaux de dragage ne comportant aucune prise d'eau ni câble sous-marin, elle ne présente donc pas de risque d'impact à cet égard.

Toutefois, considérant les volumes élevés de matériaux dragués, les voies locales et régionales qui seront utilisées pour le transport terrestre des matériaux dragués seront susceptibles d'être affectées par une augmentation de l'achalandage routier. Ainsi, un maximum d'environ 40-45 allers-retours de camion par jour est estimé avec les travaux de dragage réalisés dans les secteurs nécessitant le plus d'excavation. Le plan de développement économique de la municipalité indique 25 000 passages journaliers sur l'autoroute 20 dans le secteur de Saint-Zotique. L'impact devrait donc être très négligeable pour ce qui est de ce tronçon autoroutier. En ce qui concerne la route 338, le débit journalier de circulation dans ce secteur est estimé à 2 040 véhicules, selon *l'Atlas des transports* du MTQ de 2014; le passage des 40 camions supplémentaires ne sera donc pas significatif en comparaison du volume actuel de trafic. L'achalandage devrait être plus perceptible au niveau des rues de quartier donnant accès aux résidences et à la plage. De surcroît, la 69^e Avenue qui sera empruntée pour se diriger de la route 338 à l'A-20 n'est pratiquement pas habitée comparativement à la 34^e Avenue qui dessert le centre de la municipalité avec l'échangeur plus à l'est sur l'A-20.

Évaluation de l'impact résiduel

Une valeur socioéconomique moyenne a été accordée à la composante. Le degré de perturbation a été jugé moyen étant donné que l'achalandage ne risque pas d'affecter grandement le secteur de l'autoroute 20, mais plutôt perceptible le long de la rue Principale / route 338. L'intensité est donc jugée moyenne. De fait, on recense environ une soixantaine de bâtiments résidentiels riverains à la route 338, entre le canal le plus à l'ouest (secteur 1) et celui le plus à l'est (secteur 6). L'étendue de l'impact est ponctuelle puisque ce dernier se matérialisera avant tout sur le tronçon routier face à ces résidences. La durée des impacts est courte et la probabilité d'occurrence est élevée, puisque ce transport aura assurément lieu. Il en résulte une importance moyenne.

Impact sur les infrastructures et services		
Nature	Négative	Importance : Moyenne (-)
Valeur écosystémique	N/A	
Valeur socioéconomique	Moyenne	
Degré de perturbation	Moyen	
Intensité	Moyenne	
Étendue	Ponctuelle	
Durée	Courte	
Probabilité d'occurrence	Élevée	

N/A : non applicable

5.2.3.4 SÉCURITÉ

PHASE CONSTRUCTION

Déclaration de l'impact

- Risque à la sécurité des résidents, des plaisanciers et des usagers du milieu pendant les travaux de dragage.

Sources d'impact

- Organisation du chantier (mobilisation/démobilisation);
- Dragage des sédiments;
- Transport des matériaux et mise en dépôt terrestre;
- Ravitaillement et entretien de la machinerie.

Mesures d'atténuation spécifiques

L'application des mesures d'atténuation spécifiques suivantes permettront de limiter les impacts sur la sécurité en phase construction :

- maintenir une bonne communication avec les acteurs impliqués dans le projet afin de les informer des interventions prévues à court, moyen et long termes;
- développer un plan de communication afin de diffuser de l'information sur les déplacements routiers ainsi que sur la localisation, les dates et les horaires des travaux;
- installer une signalisation afin d'informer les automobilistes et plaisanciers des activités de construction, du passage fréquent de véhicules lourds et des lieux d'opération et de déplacement des engins de chantier;
- ajuster l'horaire des travaux et la signalisation pour tenir compte des heures de pointe;
- ne pas entraver la circulation routière ni la circulation piétonnière et cycliste sur les pistes cyclables, à moins d'indication contraire au devis;
- mettre en place des procédures d'accès au chantier (présence d'escortes routières, signaleurs, etc.);

- interdire la navigation de plaisance pendant la réalisation des travaux de dragage dans un canal et assurer une signalisation adéquate sur l'eau et conforme aux normes de Transports Canada pour le déplacement de la barge / chaland sur le lac vers le point de transbordement;
- prendre les mesures nécessaires afin de protéger les chaussées et les autres infrastructures;
- recouvrir le chargement des camions à benne de façon étanche et sécuritaire;
- nettoyer les voies publiques empruntées par les véhicules de transport et la machinerie, afin de retirer l'accumulation des débris pendant la période des travaux;
- respecter le plus possible les délais de construction préétablis;
- déployer les procédures de mesures d'urgence indiquées en cas d'incident (Municipalité de Saint-Zotique, entrepreneur(s));
- réaliser, en phase d'ingénierie détaillée et lors des demandes requises en vertu de l'article 22 de la LQE, des analyses géotechniques de chacune des zones visées par le dragage de façon à assurer la sécurité des riverains.

En outre, il faut rappeler que la sécurité des terrains riverains sera assurée par des analyses géotechniques réalisées en phase d'ingénierie détaillée et pour les demandes requises en vertu de l'article 22 de la LQE.

Description détaillée de l'impact

Le projet de dragage des canaux de Saint-Zotique s'insère dans un secteur résidentiel où le passage de véhicules lourds, de machinerie et la tenue des travaux risquent de causer du dérangement et certains pouvant occasionner certaines problématiques en matière de sécurité publique.

Évaluation de l'impact résiduel

Une valeur socioéconomique grande est accordée à cette composante, mais son degré de perturbation est faible, et ce, pour les raisons suivantes : les mesures identifiées ci-haut permettent de limiter grandement l'impact potentiel, les travaux seront réalisés en dehors de la période de haute saison pour la navigation et le nombre de bâtiments résidentiels situés le long de la route 338 jusqu'à l'A-20 est somme toute limité. L'intensité de l'impact est donc faible. L'étendue de l'impact est locale puisqu'avant tout limitée au secteur des travaux; il pourrait tout de même toucher d'autres résidents / usagers dans la municipalité. Sa durée est courte, car il ne se fera sentir que les quelques mois par année pendant la durée des travaux. La probabilité d'occurrence de l'impact est moyenne, considérant qu'il s'agit de risques qui ne peuvent être déterminés avec certitude. L'impact sur la sécurité est de nature négative et de très faible importance.

Impact sur la sécurité (Phase construction)		
Nature	Négative	Importance : Très faible (-)
Valeur écosystémique	N/A	
Valeur socioéconomique	Grande	
Degré de perturbation	Faible	
Intensité	Faible	
Étendue	Locale	
Durée	Courte	
Probabilité d'occurrence	Moyenne	

N/A : non applicable

PHASE EXPLOITATION

Déclaration de l'impact

→ Amélioration de la sécurité des plaisanciers.

Sources d'impact

→ Dragage des sédiments.

Mesures d'atténuation spécifiques

Aucune mesure d'atténuation n'est prévue compte tenu de la nature positive de l'impact sur la sécurité.

Description détaillée de l'impact

L'accroissement des profondeurs nécessaires pour assurer une navigation sécuritaire des embarcations dans la zone d'étude constitue l'essence même du volet de dragage du projet.

Évaluation de l'impact résiduel

Une valeur socioéconomique grande est accordée à cette composante et le degré de bonification est élevé, puisque les travaux de dragage augmentent significativement la sécurité des embarcations utilisant les canaux et leur embouchure au lac Saint-François. L'intensité de l'impact est donc grande. L'étendue de l'impact est locale puisque les effets bénéfiques seront non seulement ressentis par les résidents habitant le secteur des canaux, mais également par les autres usagers pouvant profiter des lieux tout au long de la période estivale. Sa durée est longue car les profondeurs visées par les travaux visent à assurer une navigation fonctionnelle et sécuritaire sur un horizon à long terme. La probabilité d'occurrence de l'impact est élevée. L'impact sur la sécurité est de nature positive et d'importance forte.

Impact sur la sécurité (Phase exploitation)		
Nature	Positive	Importance : Forte (+)
Valeur écosystémique	N/A	
Valeur socioéconomique	Grande	
Degré de bonification	Élevé	
Intensité	Grande	
Étendue	Locale	
Durée	Longue	
Probabilité d'occurrence	Élevée	

N/A : non applicable

5.2.3.5 ARCHÉOLOGIE ET PATRIMOINE

PHASE CONSTRUCTION

Déclaration de l'impact

→ Potentiel de perturbation de vestiges archéologiques inconnus ou insoupçonnés dans la zone visée par les travaux.

Sources d'impact

→ Dragage des sédiments.

Mesures d'atténuation spécifiques

Aucune mesure d'atténuation spécifique n'est prévue, outre l'application d'une mesure d'atténuation courante et intégrée visant la protection du patrimoine archéologique (arrêt des travaux si découverte fortuite avec recours à un archéologue pour procéder à une évaluation spécifique).

Description détaillée de l'impact

Rappelons qu'aucun site archéologique « connu » ni bien patrimonial « protégé » ne se trouvent dans la zone visée par les travaux. Ces derniers pourraient toutefois occasionner la détérioration de sites ou de vestiges d'intérêt archéologique et/ou historique inconnus jusqu'à présent. Malgré cela, si des vestiges étaient découverts, les travaux seraient suspendus et les autorités concernées avisées. Dans le cas d'une découverte, elle serait traitée conformément à la *Loi sur le patrimoine culturel*, par des mesures de protection temporaires, par l'évaluation de la découverte et, le cas échéant, par une fouille archéologique. La découverte de sites archéologiques dans de telles circonstances pourrait représenter un impact résiduel dont l'importance est indéterminée. Il faut toutefois considérer que la découverte de vestiges archéologiques à l'intérieur de la zone visée par les travaux est peu probable, vu les travaux importants qui ont eu lieu lors de la construction des canaux, au début des années 1960, et de la création de la plage de Saint-Zotique, vers les années 1978-1979.

Évaluation de l'impact résiduel

Une valeur socioéconomique grande est accordée à cette composante et le degré de perturbation est faible, compte tenu qu'aucun site archéologique « connu » ni bien patrimonial « protégé » ne sont présents dans la zone visée par les travaux et, qu'en cas de découverte fortuite, les travaux seraient interrompus immédiatement et les vestiges protégés. L'intensité de l'impact est donc moyenne. Son étendue est considérée ponctuelle puisqu'elle ne concerne que la zone affectée par la découverte, et ce, dans les limites de la zone des travaux. Sa durée est évaluée à longue, compte tenu du caractère possiblement irréversible associé à la détérioration de sites ou de vestiges advenant une découverte fortuite. La probabilité d'occurrence qu'un vestige archéologique soit découvert durant les travaux est toutefois faible en raison des analyses effectuées. L'importance de l'impact sur le patrimoine archéologique est ainsi jugée faible.

Impact sur l'archéologie et le patrimoine		
Nature	Négative	Importance : Faible (-)
Valeur écosystémique	N/A	
Valeur socioéconomique	Grande	
Degré de perturbation	Faible	
Intensité	Moyenne	
Étendue	Ponctuelle	
Durée	Longue	
Probabilité d'occurrence	Faible	

N/A non applicable

5.2.3.6 PAYSAGE

PHASE CONSTRUCTION

Déclaration de l'impact

→ Modifications au paysage pendant les travaux de dragage et, si requis, de reprofilage de la plage.

Sources d'impact

- Organisation du chantier (mobilisation/démobilisation);
- Dragage des sédiments;
- Entreposage temporaire des matériaux dragués (si requis);
- Transbordement (transport des matériaux dragués).

Mesures d'atténuation spécifiques

Aucune mesure d'atténuation spécifique n'est prévue.

Description détaillée de l'impact

La présence de machinerie requise pour l'exécution des travaux de dragage des canaux et, si requis, de reprofilage de la plage pourrait temporairement altérer le paysage des riverains, des usagers du secteur et du lac Saint-François.

Évaluation de l'impact résiduel

Compte tenu de la vocation récréotouristique de ce secteur et de la popularité qu'elle lui procure, une valeur socioéconomique élevée est accordée à cette composante. Néanmoins, le degré de perturbation est faible puisque la machinerie sera quand même limitée, que les travaux seront réalisés en dehors de la période d'exploitation de la plage et de la haute saison de la navigation, et que, s'il y a de l'entreposage temporaire, celui-ci sera très circonscrit dans le milieu et assez éloigné des habitations (partie haute de la plage). L'intensité de l'impact est donc faible et son étendue ponctuelle. Sa durée sera courte, car limitée à la période des travaux. En fait, cet impact risque de se traduire avant tout par la mise en place des écrans acoustiques temporaires qui sont planifiés au point de transbordement (voir prochaine section). Sa probabilité d'occurrence est moyenne car il n'est pas certain qu'il y ait entreposage temporaire de matériaux et les degrés d'intrusion visuelle de machinerie et des travaux ne peuvent être déterminés avec certitude. L'importance de l'impact sur le paysage est donc très faible.

Impact sur le paysage (Phase construction)		
Nature	Négative	Importance : Très faible (-)
Valeur écosystémique	N/A	
Valeur socioéconomique	Élevée	
Degré de perturbation	Faible	
Intensité	Faible	
Étendue	Ponctuelle	
Durée	Courte	
Probabilité d'occurrence	Moyenne	

N/A non applicable

PHASE EXPLOITATION

Déclaration de l'impact

- Modification du paysage et de la vue, à partir de la plage et des secteurs environnants, vers le lac Saint-François.

Sources d'impact

- Présence et exploitation du brise-lames;
→ Entretien et réparation du brise-lames.

Mesures d'atténuation spécifiques

Aucune mesure d'atténuation spécifique n'est prévue, si ce n'est qu'il faudra vérifier s'il existe des possibilités de traitement particulières de l'ouvrage pour qu'il s'insère de manière optimale au milieu (forme, couleur).

Description détaillée de l'impact

La présence du brise-lames risque d'occasionner un changement du paysage puisqu'il constitue l'ajout d'une installation là où il n'y en avait pas. Toutefois, il règne déjà une activité sur les lieux et certaines installations (balises pour la baignade, petits phares) associées à ces activités sont déjà en place.

En ce qui concerne le reprofilage de la plage, le cas échéant, il permettra de préserver l'esthétisme de la plage en réutilisant du matériel fin disponible sur le site.

Évaluation de l'impact résiduel

La valeur socioéconomique du paysage est jugée moyenne en raison des installations déjà présentes près de la localisation proposée pour le brise-lames. Ensuite, le degré de perturbation est moyen puisqu'il entraîne une modification du paysage récréotouristique du site sans pour autant en compromettre l'intégrité; l'intensité de l'impact est donc faible. L'étendue est locale puisque l'impact concerne non seulement le lieu des travaux et des nouvelles installations mais qu'il sera également visible à une distance plus grande que celle du secteur des travaux lui-même. Puisque l'installation serait en place de façon permanente tout au long de l'année, la durée est longue. La probabilité d'occurrence est élevée. L'importance de l'impact est donc faible.

Impact sur le paysage (Phase exploitation)		
Nature	Négative	Importance : Faible (-)
Valeur écosystémique	N/A	
Valeur socioéconomique	Moyenne	
Degré de perturbation	Moyen	
Intensité	Faible	
Étendue	Locale	
Durée	Longue	
Probabilité d'occurrence	Élevée	

N/A non applicable

5.2.3.7 QUALITÉ DE VIE ET CLIMAT SONORE

Déclaration de l'impact

- Perturbations des communautés riveraines au site du projet en raison, principalement, du bruit généré par les équipements et la machinerie utilisés lors des travaux de dragage des sédiments.

Sources d'impact

- Organisation du chantier (mobilisation/démobilisation);
- Dragage des sédiments;
- Transbordement (transport des matériaux dragués).

Mesures d'atténuation spécifiques

Les mesures d'atténuation courantes sur la qualité de vie et sur la qualité de l'air ambiant (section 5.1.4) permettront de limiter l'effet des sources d'impact ci-haut énoncées. En plus de ces mesures, la mise en place d'un suivi spécifique sur le bruit est prévue afin d'évaluer l'efficacité des contrôles prévus. Il est recommandé de procéder à la mise en place d'un écran acoustique temporaire pour les opérations de transbordement. De plus, la mise en place d'écrans temporaires directement sur la barge/chaland, au niveau du moteur permettrait sans doute de rapprocher les niveaux de bruit des critères ciblés par les lignes directrices du MDDELCC en chantier de construction; tout dépendra des techniques de dragage retenues et de cette faisabilité qui seront déterminées à l'ingénierie détaillée des plans de dragage pour l'obtention des certificats d'autorisation de construction requis en vertu de l'article 22 de la LQE.

Description détaillée de l'impact

La machinerie et les équipements constitueront des sources de bruit et de poussières durant les travaux de dragage, lesquels perturberont les lieux résidentiels ceinturant les canaux. D'autre part, le transport terrestre des matériaux dragués vers les lieux de disposition finale pourrait générer des nuisances sur les communautés riveraines aux voies de passage des camions, mais plus particulièrement dans le secteur du point de transbordement près de la rampe de mise à l'eau.

Ainsi, les travaux de dragage nécessiteront la présence d'une barge/chaland et d'une drague dans les canaux. Les travaux de dragage se feront principalement à l'intérieur de zones résidentielles et sur des périodes pouvant s'étirer sur quelques mois, selon les secteurs visés et les volumes à y extraire. Pour fins de simulation acoustique, il est prévu que ces appareils pourront demeurer sensiblement au même emplacement pendant au moins une heure, le temps d'atteindre la profondeur de dragage désirée. En ce qui concerne le transport des sédiments, il impliquera la présence de camions de 10 et 12 roues qui pourra aussi être combinée avec celle de semi-remorques, encore une fois selon les secteurs visés, les volumes à y extraire, et aussi en fonction de la flotte de camions disponibles des entrepreneurs et de leurs sous-traitants. Pour procéder au transbordement, il faut bien entendu considérer également la présence de la barge/chaland transportant les sédiments et d'une pelle qui les transférera auxdits camions. Dans les secteurs où les volumes à draguer sont les plus significatifs, il faudra considérer un aller-retour de possiblement 40-45 camions par jour, tel que précédemment mentionné.

De manière générale, les zones à vocation résidentielle, institutionnelle et récréative sont considérées comme sensibles au bruit pendant les travaux. En ce sens, le secteur des canaux et de la plage municipale est considéré comme zone sensible pouvant être affectée par une augmentation des niveaux sonores, que ce soit en raison des activités de chantier ou par la circulation de camions et de machinerie lourde sur le site. Tel que mentionné, de nombreuses résidences sont situées tout près du site des travaux et ressentiront vraisemblablement la modification du climat sonore engendrée par les travaux.

La municipalité devra se conformer à la politique sectorielle du MDDELCC de 2015 qui sera appliquée dans le cadre de l'émission du certificat d'autorisation de construction, soit les *Lignes directrices préconisées par le Ministère relativement aux niveaux sonores provenant d'un chantier de construction*. Comme le bruit mesuré sur des périodes de 12 h est le plus souvent inférieur à 55 dBA durant le jour aux quatre (4) points mesurés (voir chapitre 3, section 3.2.11, c'est ce niveau qui sera visé pour être respecté dans les lieux résidentiels environnant les travaux.

Selon la planification actuelle, la réalisation des travaux de dragage aurait lieu en automne et au début de la période hivernale, soit en dehors de la période d'ouverture de la plage municipale, en dehors des fortes périodes d'achalandage pour la navigation et aussi en dehors des plus grandes sensibilités pour les milieux environnants. Ainsi, en regard des résidents riverains, la perturbation causée par les travaux sera donc quelque peu atténuée du fait de la période de l'année à laquelle surviendront ces derniers. En outre, les mesures d'atténuation spécifiques conjuguées aux mesures courantes reliées à la protection de la qualité de vie auront pour effet de limiter les inconvénients associés au bruit pouvant provenir du chantier de construction (travaux de jour seulement). Un plan de gestion préventive, de contrôle et de traitement des nuisances (bruit, poussières) sera élaboré préalablement au début de la construction et un suivi spécifique sera effectué afin d'évaluer l'efficacité des mesures mises en place.

Toutefois, afin d'avoir une idée plus précise des impacts acoustiques à ce stade-ci du projet, une simulation sonore a été effectuée. Cette simulation, effectuée avec le logiciel SoundPlan, et selon les standards usuels, a impliqué deux scénarios distincts, soit le chargement des camions et les travaux de dragage à proprement parler.

Les puissances acoustiques des équipements considérés dans ces deux scénarios sont les suivantes :

- pelle mécanique/drague à benne preneuse : 105 dBA;
- camions en mouvement : 105 à 106 dBA;
- camion en attente : 98 dBA à 101 dBA;
- barge/chaland en marche/déplacement : 117 dBA.

Le scénario de chargement des camions comprend leur trajet du point de transbordement jusqu'à la route 338 à une vitesse de 15 km/h, le temps de chargement des camions avec une pelle mécanique ainsi que le déplacement de la barge jusqu'au niveau du secteur d'accostage (à proximité de la rampe ou sur une plate-forme temporaire aménagée à partir de la rampe où les camions pourront reculer). Un scénario avec atténuation, incluant un écran temporaire de 42 m pour protéger les résidences P1 et P2, a également été simulé pour le chargement. Cette atténuation pourra aussi avoir des effets positifs sur les résidences les plus à proximité du secteur de transbordement. Cependant, compte tenu de l'emplacement des maisons par rapport à ce secteur de transbordement, cette mesure d'atténuation n'est pas possible pour les résidences P3 et P4 vu leur éloignement. Les résultats sont indiqués au Tableau 5-7 et les récepteurs évalués sont illustrés à la Figure 5-1.

Tableau 5-7 Bruit simulé – Scénario de chargement (avec et sans mesure d'atténuation)

Résidences	Scénario de chargement	Scénario de chargement avec atténuation
P1	59	51
P2	57	50
P3	62	62
P4	55	55

Figure 5-1 **Emplacement des récepteurs évalués pour les opérations de chargement – Scénario de chargement**



Le scénario de dragage comprend pour sa part le déplacement de la barge/chaland sur une distance d'environ 80 à 100 m par jour. Le dragage se fait avec une benne preneuse. Aucune atténuation n'est simulée car la faisabilité de pouvoir mettre en place un ou des écrans temporaire(s) sur la barge ne peut être déterminée à ce stade-ci. Étant donné l'espace restreint de travail qui implique des équipements réduits et des opérations et manœuvres dans des rayons d'action limités, il est fort probable que des écrans temporaires ne puissent être mis en place sur les équipements; cela sera confirmé avec les devis détaillés lors des demandes de CA de construction en vertu de l'article 22 de la LQE. De plus, il est impensable de pouvoir aménager des écrans temporaires sur chacun des terrains résidentiels riverains aux canaux (impacts visuels, délais dans les travaux, équipements additionnels, objection des résidents, etc.). Les résultats de la simulation pour ce scénario sont donc indiqués au Tableau 5-8 et l'emplacement des points d'évaluation est représenté à la Figure 5-2.

Tableau 5-8 **Bruit simulé – Scénario de dragage**

Résidences	Scénario de dragage
P1 (1 ^{re} rangée)	66
P2 (1 ^{re} rangée)	67
P3 (2 ^e rangée)	58
P4 (2 ^e rangée)	58

Figure 5-2 **Emplacement des récepteurs évalués pour les opérations de chargement – Scénario de dragage**



Ainsi, les résultats de la simulation sonore présentés ici révèlent qu'un dépassement des critères des lignes directrices du MDDELCC est à prévoir en phase construction. Ceci s'avère relativement normal en raison des travaux à faire et de la grande proximité des résidences riveraines aux canaux. Toutefois, ces résultats demeurent extrêmement conservateurs puisqu'il s'agit des pires conditions d'opération possibles sur la base d'hypothèses qui devront être validées au terrain. Le programme de suivi conjugué aux mesures d'atténuation courantes et spécifiques permettront alors de prendre en compte cette réalité du terrain lors des travaux et d'ajuster le tout avec d'autres mesures, le cas échéant. Rappelons toutefois que les lignes directrices du MDDELCC permettent, en période de jour (i.e. de 7 h à 19 h), d'excéder les critères visés lorsque (i.e. Leq12h de 55 dBA dans le cas présent) toutes les mesures raisonnables et réalisables ont été prises par le maître d'œuvre. En effet, ces lignes directrices concèdent qu'il existe des situations où les contraintes sont telles que le maître d'œuvre ne peut exécuter les travaux dans le respect des limites visées. Dans de telles circonstances, il est convenu que le maître d'œuvre doit effectuer les tâches suivantes et c'est ce que fera la municipalité (le maître d'œuvre en question) si le niveau de 55 dBA Leq 12 h ne peut être respecté pendant les travaux :

- a) Prévoir le plus en avance possible ces situations, les identifier et les circonscrire;
- b) Préciser la nature des travaux et les sources de bruit mises en cause;
- c) Justifier les méthodes de construction utilisées par rapport aux alternatives possibles;
- d) Démontrer que toutes les mesures raisonnables et faisables sont prises pour réduire au minimum l'ampleur et la durée des dépassements;

- e) Estimer l'ampleur et la durée des dépassements prévus;
- f) Planifier des mesures de suivi afin d'évaluer l'impact réel de ces situations et prendre les mesures correctrices nécessaires.

Évaluation de l'impact résiduel

La présence de zones résidentielles à proximité de l'aire visée par les travaux de dragage d'entretien fait en sorte qu'une grande valeur socioéconomique est accordée à cette composante. Le degré de perturbation de la composante est élevé, avant tout en raison de la contribution sonore liée aux activités de dragage et au transbordement des matériaux qui pourra être relativement significative aux abords des secteurs résidentiels riverains. Des mesures d'atténuation sont tout de même prévues et d'autres pourront s'ajouter à l'étape de l'ingénierie détaillée et en fonction du suivi acoustique qui sera réalisé. Si toutes les mesures raisonnables sont prises, les critères sonores visés pourront alors être temporairement excédés. En revanche, comme les travaux sont ardemment souhaités par les riverains aux canaux, ceci pourra contribuer à augmenter la tolérance de la population affectée face au bruit. Pour toutes ces raisons, le degré de perturbation anticipé est moyen plutôt qu'élevé et l'intensité de l'impact est elle aussi moyenne. L'étendue de cet impact pourra varier de ponctuelle à locale, selon l'ampleur des travaux à faire dans chacun des secteurs visés. La durée est courte, se limitant à tout au plus quelques semaines/mois pendant l'année, encore une fois selon les secteurs en cause lors des travaux. La probabilité d'occurrence est élevée. L'importance de l'impact résiduel appréhendé est donc moyenne.

Impact sur la qualité de vie et le climat sonore		
Nature	Négative	Importance : Moyenne (-)
Valeur écosystémique	N/A	
Valeur socioéconomique	Grande	
Degré de perturbation	Moyen	
Intensité	Moyenne	
Étendue	Ponctuelle à locale	
Durée	Courte	
Probabilité d'occurrence	Élevée	

N/A non applicable

5.2.4 SYNTHÈSE DE L'ÉVALUATION DES IMPACTS ASSOCIÉS AU PROJET DE DRAGAGE DES CANAUX ET DE LA CONSTRUCTION D'UN BRISE-LAMES

Le Tableau 5-9 synthétise les résultats de l'évaluation des impacts du projet de dragage des canaux et de la construction d'un brise-lames à Saint-Zotique réalisée conformément à la méthode d'évaluation des impacts présentée à la section 5.1. Par ailleurs, le tableau présente, pour les diverses mesures d'atténuation prévues, lorsque cela est applicable, les références aux 16 principes de développement durable qui sont énoncés dans la législation provinciale, lesquels sont les suivants

1. Santé et qualité de vie;
2. Équité et solidarité sociales;
3. Protection de l'environnement;
4. Efficacité économique;
5. Participation et engagement;

6. Accès au savoir;
7. Subsidiarité;
8. Partenariat et coopération intergouvernementale;
9. Prévention;
10. Précaution;
11. Protection du patrimoine culturel;
12. Préservation de la biodiversité;
13. Respect de la capacité de support des écosystèmes;
14. Production et consommation responsables;
15. Pollueur payeur;
16. Internalisation des coûts.

Ainsi, une référence est faite à ces principes lorsqu'ils s'appliquent de manière à démontrer leur prise en compte dans la conception même du projet, ou encore dans la définition des mesures d'atténuation et de compensation qui sont identifiées dans le présent rapport.

Tableau 5-9 Bilan des impacts résiduels du projet

Composante		Impact(s)	Mesures d'atténuation (bonification) spécifiques	Évaluation de l'impact				Importance de l'impact ^A	Principes de développement durable ^B
				Intensité	Étendue	Durée	Probabilité d'occurrence		
MILIEU PHYSIQUE	Bathymétrie et stabilité des sols	<div>→ Modification du profil bathymétrique des canaux et de leur embouchure avec le lac Saint-François;</div> <div>→ Modification du profil bathymétrique de la plage avec la mise en place du brise-lames et son reprofilage potentiel;</div> <div>→ Risque de perturbation des terrains riverains avec les installations existantes s'y trouvant et les murs de soutènement en piquets de cèdre présents de chaque côté des canaux.</div>	<div>→ Afin d'éviter un surdragage, raffiner les estimations de volume et les superficies à draguer considérées dans la présente étude, notamment pour intégrer les exigences de navigation (profondeur optimale et largeur minimale) et celles portant sur la distance minimale à respecter le long des murs de soutènement qui délimitent les canaux; des plans de dragage détaillés devront être préparés pour chacun des secteurs à draguer. Ces plans accompagneront les demande(s) de CA de construction (art. 22 LQE) avec l'ingénierie détaillée et devront considérer les aspects suivants (déjà discutés au chapitre 4) :</div> <div>→ Procéder à une expertise géotechnique pour permettre d'établir la distance minimale à respecter le long des murs de soutènement en piquets de cèdre qui délimitent les canaux afin d'éviter tout problèmes de stabilité et/ou de rupture; expertise qui permettra de déterminer les pentes optimales des excavations le long de ces murs et d'éliminer tout risque de perturbation des terrains riverains;</div> <div>→ Procéder à des relevés topographiques et bathymétriques additionnels afin d'actualiser la couverture des données à l'intérieure des zones à draguer sur la base de l'expertise géotechnique réalisée;</div> <div>→ Sur la base de l'expertise géotechnique et des particularités de chacune des zones visées par les travaux de dragage, confirmer, auprès de la municipalité et des utilisateurs de chacune de ces zones, la largeur et la profondeur de dragage en fonction des critères de navigation, des contraintes géotechniques et de la configuration (dimensions) du bateau de conception qui pourraient être optimisés pour chacune des zones en cause.</div> <div>En plus de ces mesures, préalablement aux travaux de dragage, il faudra aussi :</div> <div>→ délimiter clairement le(s) aire(s) à draguer afin de les confiner à l'intérieur de ces périmètres et d'assurer la sécurité des travailleurs, des usagers et des riverains;</div> <div>→ procéder au retrait des installations connexes des riverains, tels quais, plateformes pouvant nuire à la réalisation des travaux de dragage.</div>	Grande	Locale	Longue	Élevée	Forte (+)	1 3 9 10 15
	Qualité de l'eau de surface	<div>→ Augmentation de la concentration des matières en suspension (MES) dans l'eau par la remise en suspension de sédiments et risques de contamination de l'eau de surface.</div>	<div>→ Privilégier des huiles biodégradables pour les systèmes hydrauliques de tout équipement devant travailler dans l'eau;</div> <div>→ Subdiviser des aires de dragage dans les canaux. Lors des travaux de dragage, circonscrire l'aire de travail par des rideaux de turbidité en amont et en aval de celle-ci;</div> <div>→ Quand cela est possible, débiter les travaux de dragage dans les canaux situés en amont pour finaliser avec les canaux collecteurs qui sont reliés au lac Saint-François (ceci ne sera probablement pas toujours possible en raison des faibles profondeurs dans certains secteurs);</div> <div>→ Réaliser les travaux dans des conditions calmes afin de minimiser la dispersion des MES;</div> <div>→ Réduire la vitesse de descente et de remontée des équipements;</div> <div>→ Étanchéiser les équipements;</div> <div>→ Si requis, mettre en place une plate-forme temporaire étanche au point de transbordement, soit au bout de la rampe de mise à l'eau, sur laquelle les camions pourront reculer, facilitant ainsi les manœuvres de chargement à partir de la barge principale.</div> <div>→ S'il y a entreposage temporaire du matériel dragué en milieu terrestre, s'assurer d'avoir un dispositif de traitement des eaux venant de l'assèchement des sédiments avant tout rejet au milieu récepteur et avec</div>	Moyenne	Ponctuelle	Courte	Moyenne	Faible (-)	1 3 9 10 15

Composante	Impact(s)	Mesures d'atténuation (bonification) spécifiques	Évaluation de l'impact				Importance de l'impact ^A	Principes de développement durable ^B
			Intensité	Étendue	Durée	Probabilité d'occurrence		
		un mécanisme de contrôle permettant ledit rejet suivant les normes en vigueur.						
Qualité environnementale des sols et des sédiments	→ Contamination des sols et des sédiments; → Fragilisation des berges et compaction du sol par l'utilisation des équipements lourds.	→ Lorsque possible, privilégier les endroits bétonnés ou asphaltés pour la circulation des équipements lourds, particulièrement lorsque près des berges et des rives. → Privilégier des huiles biodégradables pour les systèmes hydrauliques de tout équipement devant travailler dans l'eau. → S'assurer de l'étanchéité des bennes de camions avec des garanties à cet effet fournies par les entrepreneurs si aucun entreposage temporaire n'est effectué avant la disposition en milieu terrestre. → S'il y a entreposage temporaire du matériel dragué en milieu terrestre, s'assurer d'avoir un secteur de confinement permettant le rejet des eaux en conformité avec les normes en vigueur et procéder à la restauration intégrale des lieux après les travaux.	Moyenne	Ponctuelle	Courte	Faible	Faible (-)	1 3 9 10 15
Qualité de l'air ambiant et émissions de GES	→ Modification temporaire de la qualité de l'air; augmentation des poussières dans l'air et émission de gaz à effet de serre (GES).	→ Installation de bâches de protection sur les camions pour recouvrir les matériaux dragués.	Moyenne	Locale	Courte	Faible	Faible (-)	1 3 9 10 15

Composante		Impact(s)	Mesures d'atténuation (bonification) spécifiques	Évaluation de l'impact				Importance de l'impact ^A	Principes de développement durable ^B
				Intensité	Étendue	Durée	Probabilité d'occurrence		
MILIEU BIOLOGIQUE	Végétation riveraine et aquatique	<div>→ Perturbations directes et indirectes potentielles du couvert végétal aquatique dans la zone des travaux</div> <div>→ Pertes d'habitats permanentes sur 300 m² avec la mise en place des butées servant d'ancrage au brise-lames (600 m² dans le cas d'un assemblage en double) et ombrage possible sur 480 m² avec la présence du brise-lames à proprement parler</div>	<div>→ Délimiter et indiquer clairement les limites des herbiers aquatiques en périphérie de l'embouchure des canaux et éviter l'empiètement de la zone des travaux dans les herbiers aquatiques en limitant la zone de dragage à l'extérieur de ces limites.</div>	Faible	Ponctuelle	Courte	Faible	Faible (-)	3 9 10 12 13 15
	Ichtyofaune et faune benthique	<div>→ Les activités de dragage pourraient directement affecter les communautés d'organismes benthiques colonisant les sédiments visés par ces activités et indirectement les communautés à proximité immédiate;</div> <div>→ Modification de la qualité de l'eau (MES et contaminants) pouvant affecter directement la santé des poissons;</div> <div>→ Perte ou modification d'habitats de 200 000 m² due au dragage des sédiments;</div> <div>→ Perte d'habitats sur 300 m² avec la mise en place des butées servant d'ancrage au brise-lames (600 m² dans le cas d'un assemblage double);</div> <div>→ Envasement des œufs et/ou des sites de frai lorsque situés à proximité;</div> <div>→ Modification possible de l'abondance et de la répartition des populations présentes.</div>	<div>→ Comme les différentes périodes de protection des activités de reproduction des principales espèces de poissons présentes s'étendent pour la plupart du 1^{er} avril au 1^{er} septembre, appliquer une période de restriction des travaux en eau couvrant la période de reproduction, d'incubation et d'alevinage pour les espèces fréquentant les canaux, soit la période du 1^{er} avril au 1^{er} septembre;</div> <div>→ S'assurer que les poissons présents dans la section draguée des canaux se sont déplacés à l'extérieur des rideaux de turbidité afin de limiter la perte d'individus durant les travaux. Pour ce faire, il est suggéré d'effectuer les travaux de l'amont vers l'aval, afin de permettre aux poissons et organismes de se réfugier vers le lac.</div>	Grande	Ponctuelle	Moyenne	Moyenne	Moyenne (-)	3 9 10 12 13 15
	Herpétofaune	<div>→ Les activités de dragage pourraient indirectement affecter l'herpétofaune de la Réserve nationale de faune du lac Saint-François</div> <div>→ Modification de la qualité de l'eau (MES et contaminants) pouvant affecter directement la santé des espèces d'amphibiens et de reptiles</div> <div>→ Perturbation d'habitats due au dragage de sédiments.</div> <div>→ Envasement des œufs et/ou des sites de reproduction lorsque situés à proximité.</div>	<div>→ Restreindre les travaux en dehors des périodes de reproduction, de nidification et d'incubation, soit du 1^{er} avril au 1^{er} septembre;</div> <div>→ Localiser les zones sensibles de site de reproduction et éviter la circulation des équipements lourds à ces endroits;</div> <div>→ Dans le cas échéant, déplacer autant que possible les individus observés de façon sécuritaire à l'extérieur de la zone des travaux.</div>	Faible	Ponctuelle	Moyenne	Faible	Faible (-)	3 9 10 12 13 15

Composante		Impact(s)	Mesures d'atténuation (bonification) spécifiques	Évaluation de l'impact				Importance de l'impact ^A	Principes de développement durable ^B
				Intensité	Étendue	Durée	Probabilité d'occurrence		
MILIEU BIOLOGIQUE (suite)	Avifaune	→ Perturbation temporaire des individus de l'avifaune potentiellement présents dans la zone des travaux et en périphérie.	<div>→ Restreindre les travaux en dehors des périodes de reproduction et de migration;</div> <div>→ Cesser les activités perturbatrices dans l'éventualité où un site de nidification occupé serait trouvé lors des travaux et imposer une zone tampon sur une distance appropriée aux circonstances (selon les recommandations d'Environnement Canada), pour en assurer la protection;</div> <div>→ Localiser les zones sensibles d'habitats des oiseaux et éviter la circulation des équipements lourds à ces endroits;</div> <div>→ Délimiter une zone recouvrant Pointe-au-Foin où le niveau ambiant ne dépasse pas 50 dB;</div>	Moyenne	Ponctuelle	Courte	Faible	Faible	<div>3</div> <div>9</div> <div>10</div> <div>12</div> <div>13</div> <div>15</div>
	Faune terrestre	→ Aucun	→ Aucune	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Espèces exotiques envahissantes	<div>→ Réduction potentielle du couvert végétal aquatique du roseau commun et du myriophylle à épis dans la zone des travaux;</div> <div>→ Réduction de la qualité ou perte des habitats naturels pour le gobie à taches noires.</div>	<div>→ Bien nettoyer les équipements avant et après les travaux afin de limiter la propagation de boutures de myriophylle à épis ou d'une autre espèce envahissante;</div> <div>→ Identifier sur les plans et sur le site, avant le début des travaux, les aires où le myriophylle à épis est observé ainsi que le roseau commun;</div> <div>→ Dans les secteurs où le myriophylle à épis est observé, récolter tous les débris végétaux dans les aires de travaux avant le retrait des rideaux de turbidité. Lorsque des débris végétaux sont récoltés, ceux-ci doivent être ramenés à l'intérieur de l'embarcation, entreposés dans un conteneur étanche sur les rives, puis acheminés et vidés dans un site de dépôt (élimination par compostage) approuvé par le MDDELCC;</div> <div>→ Dans les secteurs où le roseau commun est observé, les sédiments dragués ne devront pas être mis en contact avec le sol sans la mise en place d'une mesure d'atténuation adéquate (ex. membrane de géotextile) qui sera approuvé par le surveillant de chantier. Ces sédiments ne devront pas être réutilisés et devront, une fois acheminés au site de dépôt, être recouverts d'au moins deux mètres de sol afin d'éviter la propagation du roseau commun à l'intérieur du site.</div>	Grande à moyenne	Ponctuelle	Moyenne	Forte à moyenne	Forte à moyenne	<div>3</div> <div>9</div> <div>10</div> <div>12</div> <div>13</div> <div>15</div>

Composante		Impact(s)	Mesures d'atténuation (bonification) spécifiques	Évaluation de l'impact				Importance de l'impact ^A	Principes de développement durable ^B
				Intensité	Étendue	Durée	Probabilité d'occurrence		
MILIEU HUMAIN	Économie locale et régionale (phase construction)	→ Stimulation de l'économie régionale pendant les travaux.	→ Aucune mesure d'atténuation particulière, si ce n'est de tenter de privilégier la sélection d'entrepreneurs régionaux en fonction des règles d'octroi des contrats municipaux.	Faible	Locale à régionale	Courte	Moyenne	Très faible à Faible (+)	2 4
	Économie locale et régionale (phase exploitation)	→ Maintien d'une clientèle touristique et d'un achalandage à long terme en raison de la pérennité assurée à la plage.	→ Aucune mesure d'atténuation n'est prévue compte tenu de la nature positive de l'impact sur l'économie locale et régionale.	Grande	Locale à régionale	Moyenne à longue	Élevée	Forte à Très forte (+)	2 4
	Activités récréatives, nautiques et aquatiques (phase construction)	→ Perturbation temporaire des activités récréatives, nautiques et aquatiques à proximité des travaux.	→ Aucune. Les travaux se dérouleront en dehors de la période récréotouristique.	Moyenne	Ponctuelle	Courte	Faible à Moyenne	Faible (-)	1
	Activités récréatives, nautiques et aquatiques (phase exploitation)	→ Augmentation de la sécurité des activités récréatives, nautiques et aquatiques; → Amélioration des conditions de navigation.	→ Aucune mesure d'atténuation n'est prévue compte tenu de la nature positive de l'impact sur les activités récréatives, nautiques et aquatiques.	Grande	Locale	Moyenne à Longue	Élevée	Forte (+)	1
	Infrastructures et services	→ Augmentation de l'achalandage sur le réseau routier de la municipalité pendant les travaux.	→ Prioriser l'utilisation du réseau routier supérieur pour le transport des sédiments excavés, soit l'A-20 et la route 338, et canaliser les déplacements entre ces deux axes via la 69 ^{ème} Avenue.	Moyenne	Ponctuelle	Courte	Élevée	Moyenne (-)	9
	Sécurité (phase construction)	→ Risque à la sécurité des résidents, des plaisanciers et des usagers du milieu pendant les travaux de dragage.	→ Maintenir une bonne communication avec les acteurs impliqués dans le projet afin de les informer des interventions prévues à court, moyen et long termes; → Développer un plan de communication afin de diffuser de l'information sur les déplacements routiers ainsi que sur la localisation, les dates et les horaires des travaux; → Installer une signalisation afin d'informer les automobilistes et plaisanciers des activités de construction, du passage fréquent de véhicules lourds et des lieux d'opération et de déplacement des engins de chantier; → Ajuster l'horaire des travaux et la signalisation pour tenir compte des heures de pointe; → Ne pas entraver la circulation routière ni la circulation piétonnière et cycliste sur les pistes cyclables, à moins d'indication contraire au devis; → Mettre en place des procédures d'accès au chantier (présence d'escortes routières, signaleurs, etc.); → Interdire la navigation de plaisance pendant la réalisation des travaux de dragage dans un canal et assurer une signalisation adéquate sur l'eau et conforme aux normes de Transports Canada pour le déplacement de la barge/chaland sur le lac vers le point de transbordement; → Prendre les mesures nécessaires afin de protéger les chaussées et les autres infrastructures; → Recouvrir le chargement des camions à benne de façon étanche et sécuritaire; → Nettoyer les voies publiques empruntées par les véhicules de transport et la machinerie, afin de retirer l'accumulation des débris pendant la période des travaux; → Respecter le plus possible les délais de construction préétablis; → Déployer les procédures de mesures d'urgence indiquées en cas d'incident (Municipalité de Saint-Zotique, entrepreneur(s)); → En phase d'ingénierie détaillée et lors des demandes requises en vertu de l'article 22 de la LOE, réaliser des analyses géotechniques de chacune des zones visées par le dragage de façon à assurer la sécurité des riverains.	Faible	Locale	Courte	Moyenne	Très faible (-)	9 10

Composante		Impact(s)	Mesures d'atténuation (bonification) spécifiques	Évaluation de l'impact				Importance de l'impact ^A	Principes de développement durable ^B
				Intensité	Étendue	Durée	Probabilité d'occurrence		
MILIEU HUMAIN (suite)	Sécurité (phase exploitation)	→ Amélioration de la sécurité des plaisanciers.	→ Aucune mesure d'atténuation n'est prévue compte tenu de la nature positive de l'impact sur la sécurité.	Grande	Locale	Longue	Élevée	Forte (+)	9 10
	Archéologie et patrimoine	→ Potentiel de perturbation de vestiges archéologiques inconnus ou insoupçonnés dans la zone visée par les travaux.	→ Aucune mesure d'atténuation spécifique n'est prévue outre l'application d'une mesure d'atténuation courante et intégrée visant la protection du patrimoine archéologique (arrêt des travaux si découverte fortuite avec recours à un archéologue pour procéder à une évaluation spécifique).	Moyenne	Ponctuelle	Longue	Faible	Faible (-)	11
	Paysage (phase construction)	→ Modifications au paysage pendant les travaux de dragage et, si requis, de reprofilage de la plage.	→ Aucune	Faible	Ponctuelle	Courte	Moyenne	Très faible	1 3 9 10
	Paysage (phase exploitation)	→ Modification du paysage et de la vue, à partir de la plage et des secteurs environnants, vers le lac Saint-François.	→ Aucune mesure d'atténuation spécifique n'est prévue, si ce n'est qu'il faudra chercher à voir s'il existe des possibilités de traitement particulières de l'ouvrage pour qu'il s'insère de manière optimale au milieu (forme, couleur).	Faible	Locale	Longue	Élevée	Faible (-)	1 3 9 10
	Qualité de vie et climat sonore	→ Perturbations aux communautés riveraines au site du projet en raison du bruit généré par les équipements et la machinerie utilisés lors des travaux de dragage des sédiments.	→ Mise en place d'un programme de suivi spécifique sur le bruit.	Moyenne	Ponctuelle à locale	Courte	Élevée	Moyenne (-)	1 9 10

5.3 ÉVALUATION SOMMAIRE DES EFFETS CUMULATIFS

La prise en considération des incidences environnementales cumulatives est une composante de toute évaluation environnementale. Les effets environnementaux cumulatifs peuvent être définis comme les changements subis par l'environnement en raison d'une action combinée avec d'autres actions humaines passées, présentes et futures (raisonnablement prévisibles).

Les actions humaines comprennent à la fois les événements, les actions ainsi que les projets et les activités de nature anthropique (Hegmann *et al.* 1999). Cette définition suggère que tout effet lié à un projet donné puisse interférer, dans le temps ou dans l'espace, avec les effets d'un autre projet passé, en cours ou à venir, et ainsi engendrer des conséquences directes ou indirectes additionnelles sur l'une ou l'autre des composantes de l'environnement.

La démarche méthodologique appliquée pour l'évaluation des effets cumulatifs prévoit les grandes étapes qui suivent, soit :

- l'identification des composantes valorisées de l'environnement (CVE), la détermination des limites spatiales et temporelles considérées pour chacune d'entre elles ainsi que la description des indicateurs utilisés;
- l'identification exhaustive des projets, des actions, des événements, etc. pouvant avoir affecté les CVE, les affectant présentement ou qui les affecteront;
- la description de l'état de référence de chaque CVE et de leurs tendances historiques;
- l'identification des effets cumulatifs pour chaque CVE.

Pour être sélectionnée à titre de CVE, une composante du milieu doit :

- être fortement valorisée par les populations concernées ou les spécialistes;
- être susceptible d'être perturbée ou modifiée de façon non négligeable par le projet.

5.3.1 MILIEU PHYSIQUE

Les effets cumulatifs du présent projet sur le milieu physique sont principalement associés à une modification locale de la bathymétrie et à une augmentation temporaire de la turbidité et de la teneur en MES dans les canaux et la rive du lac Saint-François.

L'impact cumulatif global sur le milieu physique est jugé positif puisque l'augmentation de la profondeur d'eau dans les canaux est un élément positif majeur du projet qui se fera ressentir sur plusieurs années. En ce qui concerne les autres composantes de l'environnement (ex. qualité de l'eau et de l'air), ceux-ci ont été jugés de moindre importance puisque les impacts du projet sur celles-ci ont été jugés faibles et surtout de courte durée, puisqu'ils ne seront perceptibles que durant la phase construction du projet.

5.3.2 MILIEU BIOLOGIQUE

Les effets cumulatifs négatifs du projet concernent principalement la perturbation et la perte d'habitats pour le poisson à court et moyen terme, puisque les herbiers aquatiques actuels seront inévitablement fortement perturbés par les activités de dragage.

En contrepartie, la perte/destruction de ces mêmes herbiers aura certainement un effet cumulatif positif sur la présence et la dispersion actuelle d'espèces exotiques envahissantes. En effet, les herbiers actuels sont fortement dominés par la présence du myriophylle à épis. Le dragage permettra de retirer des substrats meubles le réseau racinaire de ces plantes, laissant ainsi la place à l'établissement de

nouveaux herbiers avec des espèces indigènes. Des herbiers composés d'espèces indigènes auront certainement impact positif sur la faune à moyen et plus long terme.

5.3.3 MILIEU HUMAIN

Le projet de dragage des canaux et de mise en place du brise-lames, jumelé aux projets passés et futurs dans le secteur, contribuera à garantir et assurer la pérennité de la navigation pour la population concernée ainsi celle des activités récréatives associées à la plage municipale. En fait, les travaux de dragage et de mise en place du brise-lames représentent une incidence positive marquée sur la sécurité des activités et une incidence positive sur l'économie locale et régionale. Les effets cumulatifs négatifs sur le milieu humain sont relativement faibles, si ce n'est que ceux pouvant résulter des nuisances par le bruit.

6 PROGRAMMES DE SURVEILLANCE ET SUIVI ENVIRONNEMENTALE

6.1 SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE

Le programme de surveillance environnementale est l'outil de base de la mise en application d'une saine gestion environnementale durant la phase conception-construction d'un projet d'une telle envergure.

Le programme de surveillance environnementale a pour objectif d'assurer la conformité des travaux effectués par l'entrepreneur ainsi que ceux effectués par ses fournisseurs et ses sous-traitants par rapport aux exigences environnementales, légales et contractuelles. Dans le cas présent, il est envisageable que différents entrepreneurs soient en charge des différentes phases de réalisation présentées au chapitre 4. C'est pourquoi la réalisation des travaux pourra être divisée en des chantiers de construction distincts.

Qu'il s'agisse d'un ou de plusieurs chantiers, une surveillance environnementale complète sera effectuée au cours de la réalisation du projet afin de s'assurer du respect des engagements et obligations en matière d'environnement, c'est-à-dire des lois, règlements et autres considérations environnementales mentionnées dans les plans et devis. La surveillance permettra aussi de vérifier l'intégration au projet des mesures d'atténuation prévues dans le cadre de la présente étude.

Les principaux objectifs du programme de surveillance environnementale sont les suivants :

- assurer le respect des lois et des règlements en vigueur, ainsi que des conditions qui seront fixées dans le décret gouvernemental qui sera émis au terme du présent processus d'évaluation environnementale, de même que des autres conditions qui pourront être ajoutées dans les différents permis, certificats d'autorisation, les devis environnementaux et les contrats pour le dragage;
- vérifier la validité et l'efficacité des mesures prises pour atténuer les impacts négatifs anticipés lors de l'exécution des travaux;
- vérifier l'efficacité environnementale anticipée des technologies utilisées;
- prendre rapidement les mesures appropriées pour atténuer les impacts (par le biais du plan de contingence), si une mesure d'atténuation s'avère inefficace lors de l'exécution des travaux ou advenant des impacts imprévus ou sous-estimés dans l'évaluation environnementale.

Le programme de surveillance environnementale, qui inclut l'ensemble des activités du projet, se fera en trois étapes, à savoir 1) obtention de permis et autorisations; 2) préparation des plans et devis; et 3) surveillance de chantier.

ÉTAPE 1 : OBTENTION DE PERMIS ET AUTORISATION

La première étape du programme de surveillance consistera à vérifier que toutes les demandes d'autorisation et de permis nécessaires à la réalisation du projet auront bel et bien été effectuées, que les certificats d'autorisation et les permis demandés auront été octroyés et qu'une copie de ces derniers sera disponible en tout temps. Dans le même temps, il sera essentiel d'inclure, dans le cahier des charges du ou des entrepreneur(s) (devis environnement), les mesures à appliquer pour protéger l'environnement. Ces mesures sont identifiées dans la présente ÉIE et leur insertion au cahier des charges du ou des entrepreneur(s) facilitera le travail du surveillant. Au besoin, des modalités de pénalité seront appliquées pour le non-respect des clauses environnementales.

ÉTAPE 2 : PRÉPARATION ET FINALISATION DES PLANS ET DEVIS

À cette étape, les mesures de protection de l'environnement intégrées au projet, les mesures d'atténuation spécifiques et, s'il y a lieu, toute exigence particulière inscrite dans les autorisations délivrées par les autorités gouvernementales seront intégrées aux plans et devis des travaux lors de la préparation de ces documents. En fait, cette étape s'amorce en parallèle de l'étape 1, puisque les plans et devis suffisamment avancés doivent être intégrés aux demandes de permis et d'autorisation de construction. Néanmoins, certains éléments peuvent être raffinés par après, et ce, moyennant le respect de toutes les conditions des autorisations préalables.

ÉTAPE 3 : SURVEILLANCE DE CHANTIER

En collaboration avec l'entrepreneur principal qui sera responsable de chacun des chantiers, les responsables de ceux-ci et les responsables de l'environnement organiseront une réunion préalablement à la réalisation des travaux. Cette dernière aura pour objectif d'informer et de sensibiliser le personnel des dispositions environnementales et de sécurité qui devront être appliquées durant toute la période des travaux et du fonctionnement général des activités de surveillance.

Pendant les travaux, une surveillance environnementale du projet sera effectuée sur les lieux des chantiers afin de s'assurer que les mesures environnementales qui figurent au présent rapport, de même que les clauses environnementales incluses aux devis qui touchent l'environnement et les dispositions des autorisations environnementales, le cas échéant, soient respectées. Le surveillant de chantier disposera de l'ensemble de documents administratifs, autorisations et permis applicables. De plus, il veillera à ce que ces mesures soient efficaces et, en cas de mesures inefficaces, la Municipalité de Saint-Zotique en sera informée et devra s'assurer à ce que d'autres mesures de protection efficaces sont appliquées. Au besoin, un spécialiste en environnement devra être disponible en cas de problèmes ou d'ajustements en regard des mesures environnementales prescrites. Le surveillant de chantier rédigera un rapport de surveillance dans le but de valider le respect des mesures environnementales, et ce, au fur et à mesure de l'avancement des travaux. Il inclura dans ses activités une validation des mesures environnementales, et ce, au fur et à mesure de l'avancement des travaux. Il notera les enjeux et problématiques rencontrés au cours des travaux. Le cas échéant, cet exercice permettra de veiller à la mise en place de mesures correctives pour les prochains dragages.

Une attention particulière sera portée aux opérations de dragage qui devront être effectuées avec soin, de manière à éviter la mise en suspension de particules fines. À cet effet, et compte tenu du fin diamètre des particules contenues dans les matériaux à draguer, tous les travaux de dragage dans les canaux seront ceinturés par des rideaux à sédiments (rideaux de turbidité).

Le programme permettra également :

- d'identifier les procédures nécessaires à la gestion de l'environnement pour la réalisation de ce projet durant la construction;
- de déterminer la séquence et l'interaction entre ces procédures;
- de déterminer les critères et méthodes nécessaires afin d'assurer que les opérations et les contrôles de ces procédures sont efficaces et mesurables;
- d'assurer la disponibilité des ressources et de l'information nécessaires aux opérations et à l'application des procédures;
- d'implanter les actions nécessaires à l'atteinte des résultats planifiés et de l'amélioration continue de ces procédures.

De plus, lors de la surveillance, on veillera à ce que :

- la machinerie et les camions utilisés soient inspectés soigneusement et régulièrement afin d'éviter tout déversement d'hydrocarbures;
- les mesures de confinement sur la barge/chaland soient adéquates;
- le ravitaillement en carburant des véhicules de transport et de la machinerie terrestre est effectué à plus de 60 m de la rive;
- la trousse d'intervention soit présente sur le site en tout temps et qu'elle comprenne tout le matériel nécessaire pour circonscrire une éventuelle fuite ou un déversement accidentel d'hydrocarbures;
- advenant un déversement d'hydrocarbures, la signalisation de l'événement est effectuée auprès d'Alerte Environnement Québec, et la récupération de même que la disposition des contaminants et des éléments contaminés sont réalisées conformément à la réglementation en vigueur.

De façon générale, le responsable de la surveillance environnementale devra effectuer des visites régulières des aires de travail, prendre note du respect des divers engagements, obligations, mesures et autres prescriptions par les intervenants, évaluer la qualité et l'efficacité des mesures appliquées et noter toute non-conformité qu'il aura observée. Le responsable devra, par la suite, faire part de ses observations au responsable de chacun des chantiers afin que des mesures correctives soient apportées dans le cas où cela s'avérerait nécessaire.

6.2 SUIVI ENVIRONNEMENTAL

Le programme de suivi permet de vérifier l'efficacité de certaines mesures de protection de l'environnement prévues dans l'étude d'impact ou d'ajuster certaines composantes du projet en fonction des problématiques rencontrées, le tout en fonction des principaux enjeux mis en évidence dans le cadre de cette étude. Il permet de suivre l'évolution des composantes des milieux naturels et humains affectées par la réalisation du projet, dans le temps comme dans l'espace. Il permet en outre d'établir une base de connaissances qui servira à l'amélioration de la planification de futurs travaux. Un suivi environnemental est particulièrement requis lorsque des impacts comportant un risque et/ou une incertitude quant à la permanence ou l'évolution des effets dans le temps sont prévus.

Les principaux objectifs d'un suivi environnemental sont les suivants :

- vérifier, sur une période déterminée excédant généralement (mais pas toujours) celle de l'exécution des travaux, la justesse de l'évaluation et de la prévision des impacts potentiels, et l'efficacité des mesures d'atténuation préconisées;
- permettre de réagir rapidement si une mesure d'atténuation s'avère inefficace ou dans le cas d'un effet environnemental imprévu.

Dans le cadre du présent projet et à la lumière des impacts appréhendés, les suivis environnementaux suivants sont prévus.

SUIVI SUR LE BRUIT

Pendant les travaux de dragage des canaux, un suivi sur le bruit aura lieu de façon à évaluer l'efficacité des mesures d'atténuation prévues et de fournir les justificatifs requis au MDDELCC si les niveaux de bruit ne peuvent être maintenus à un niveau inférieur ou égal à 55 dBA Leq 12h. Ce suivi visera les activités de chargement des sédiments (de la barge vers les camions) et de dragage (travaux effectués dans les canaux). En fonction des préoccupations de riverains pendant la réalisation des travaux et des niveaux mesurés, les mesures d'atténuation pourront alors être ajustées.

SUIVI DE L'ÉROSION DE LA PLAGE

Le suivi annuel des profils de la plage à la suite de la mise en place du brise-lames permettra d'évaluer de manière beaucoup plus précise la dynamique sédimentaire, le comportement de la plage ainsi que le taux d'attrition de la plage et les pertes sédimentaires associées, et ce, afin d'évaluer l'efficacité de la nouvelle installation. Au bout de quelques années, le suivi de la plage mènera aussi à une compréhension plus fine du transport sédimentaire du secteur, ce qui permettra d'optimiser les interventions ultérieures, notamment en définissant mieux le volume et la récurrence des recharges, s'il y a lieu. Des ajustements pourraient également être faits sur la granulométrie, la longueur d'intervention, etc. Il sera également plus facile d'identifier les besoins en structures additionnelles pour améliorer la rétention des sédiments.

Ces relevés seraient effectués deux fois par année, soit au printemps et à la fin de l'automne. Ils pourraient prendre la forme de l'implantation de bornes à distances prédéterminées et de relevés GPS annuels au droit de ces bornes de façon à mesurer l'érosion des rives.

Ce suivi pourrait être effectué lors des deux premières années suivant la mise en place du brise-lames de façon à statuer sur son efficacité. Une fois la mise en place du brise-lames complétée et les travaux de dragage terminés, ce suivi continuerait de manière à évaluer le besoin réel d'autres brise-lames à l'entrée de certains canaux de même que le besoin d'un reprofilage de la plage.

SUIVI DU DRAGAGE ET DU PROCESSUS DE SÉDIMENTATION À L'ENTRÉE DES CANAUX

Un suivi post-dragage sera effectué afin d'étudier spécifiquement les processus d'ensablement de l'entrée des canaux et d'en identifier les causes. Par exemple, des mesures de profondeur à des endroits clés à l'entrée de chacun des canaux pourront être réalisées de deux à trois fois par année. L'usage de caméras sous-marines placées à l'entrée des canaux problématiques permettrait d'obtenir de l'information sur la migration des sédiments, mais cette option requiert davantage de manipulations pour le suivi (téléchargement de données, nettoyage de la mémoire de la caméra, analyse des données filmées, etc.).

Combiné au suivi de l'érosion de la plage et à l'étude en cours du COBAVER-VS, ce suivi permettrait de déterminer s'il y a lieu de procéder à la mise en place d'autres brise-lames à l'entrée de certains canaux.

SUIVI DU COUVERT VÉGÉTAL ET DES ESPÈCES EXOTIQUES ENVAHISSANTES

Un suivi post-dragage de la reprise des herbiers aquatiques devra également être réalisé. Il est recommandé que ce suivi se fasse au minimum deux fois par année, une fois en début de l'été et une autre à la fin de la saison estivale. Dans le cas où le myriophylle à épis, ou toutes autres EEE, semblerait se réimplanter, des mesures d'éradication devraient être entreprises rapidement avant que ces herbiers envahissants ne dominent à nouveau la zone d'étude.

7 PLAN DE MESURES D'URGENCE

7.1 MISE EN CONTEXTE

La directive ministérielle oblige tout promoteur à présenter dans son étude d'impact environnemental les principaux risques d'accident reliés à la construction et à l'exploitation du projet mis en œuvre. Dans le cadre du projet de dragage des canaux et de mise en place de brise-lames de la municipalité de Saint-Zotique, il faut souligner que tout risque d'accident est susceptible d'affecter la sécurité des plaisanciers, des usagers des installations et des riverains, l'intégrité de l'écosystème des canaux et du lac Saint-François, de même que la qualité de l'eau de surface.

7.2 PHASE DE CONSTRUCTION

Un plan des mesures d'urgence sera élaboré par les entrepreneurs qui seront responsables des différents chantier de construction pour permettre de réagir rapidement et adéquatement aux diverses situations d'urgence susceptibles de survenir lors des périodes de travaux. Ce plan (ou chacun de ces plans) détaillera les principales actions envisagées en situation d'urgence, les mécanismes de transmission d'alerte ainsi que les liens avec les différents intervenants.

Tout plan de mesures d'urgence pour les travaux sera préparé sous la forme d'un guide ou plan d'intervention destiné aux gestionnaires et intervenants de première ligne qui œuvreront sur le chantier. Il couvrira les déversements accidentels de contaminants (ex. carburants, huiles) ainsi que les incidents susceptibles de porter atteinte à la sécurité des personnes présentes sur les divers sites de travaux (ex. incendie). Le plan d'intervention comportera notamment les différentes sections suivantes :

1. Administration du plan d'urgence : contexte et champ d'application, encadrements réglementaires et légaux, liste de distribution et modalités de révision et de mise à jour des mesures d'urgence.
2. Rôles et responsabilités des intervenants : organigramme type de chantier, tableau synthèse identifiant les intervenants chargés de l'application du plan d'intervention et spécifiant leurs tâches et responsabilités.
3. Communications : procédure de communication (chaîne de commandements, liste et coordonnées des intervenants internes et externes, tels l'entrepreneur, la municipalité de Saint-Zotique, Urgence environnement, la Sécurité civile, la Sûreté du Québec, les pompiers, etc.) et modalités de liaison avec le public et les médias.
4. Situations à risque en regard des zones sensibles : analyse des activités et travaux présentant des risques pour l'environnement ou la sécurité des personnes (type d'activité, composantes ou zones sensibles du milieu récepteur, nature du risque, etc.).
5. Mesures de prévention : mesures générales de protection du milieu mises en œuvre dans le contexte du projet, équipements de prévention (trousse d'urgence, produits absorbants, etc.), programme de vérification et d'entretien des installations (inspection et entretien des équipements et sites à risque) et surveillance environnementale des travaux.
6. Modalités d'intervention d'urgence : niveaux d'intervention selon le risque encouru, schéma décisionnel d'intervention, réaction initiale, intervention des responsables, techniques d'intervention, matériel de lutte contre les déversements, liste des fournisseurs de matériel et coordonnées des ressources externes.
7. Actions a posteriori et formation : gestion des matières et produits récupérés (entreposage, échantillonnage, analyse et disposition des matières contaminées), documentation des incidents (ex. fiche d'incident, cause et nature, déroulement des opérations, efficacité des méthodes d'intervention employées, mesures correctives) et modalités de formation des responsables et du personnel de chantier.

Les principaux risques envisagés en phase de construction dans le cadre du présent projet sont les suivants :

- le déversement de produits pétroliers;
- les incendies.

Pour chacun de ces risques, des facteurs causaux sont déterminés ci-après. Des mesures d'urgence seront aussi proposées.

De concert avec l'entrepreneur principal qui sera retenu pour chaque période de travaux, les responsables du chantier et de l'environnement tiendront une réunion de chantier au tout début des travaux de chacune de ces périodes. Cette réunion aura notamment pour but d'informer et de sensibiliser le personnel affecté au chantier des dispositions environnementales et de sécurité qui devront être observées durant toute la période des travaux, et du fonctionnement général des activités de surveillance.

En phase de construction, tout événement susceptible de menacer ou d'affecter de façon importante les composantes du milieu déclencherait le plan d'urgence.

7.2.1 DÉVERSEMENT DE PRODUITS PÉTROLIERS

7.2.1.1 FACTEURS CAUSAUX

Les facteurs susceptibles de causer un déversement accidentel de produits pétroliers sont :

- un accident lors du transport/transbordement;
- la fuite d'un raccordement;
- un bris de machinerie.

7.2.1.2 MESURES PRÉVENTIVES ET DE CONTRÔLE

Afin de minimiser les risques d'accident liés au transport/transbordement, un soin sera porté à la signalisation des travaux et des corridors de transport terrestre. Après avoir été mis en confinement sur barge/chaland, les déblais issus des travaux de dragage seront directement chargés dans les camions qui les transporteront hors site.

Afin de limiter les risques de fuites et de bris, la machinerie sera inspectée et entretenue périodiquement. Le ravitaillement et l'entretien de la machinerie spécialisée sur barge/chaland seront réalisés avec mesures de confinement sur l'équipement. Les camions seront ravitaillés hors site. Si d'autres équipements doivent être ravitaillés en milieu terrestre, ils le seront à une distance minimale de 60 m de tout plan d'eau.

7.2.1.3 MESURES D'URGENCE

Pour chaque chantier réalisé selon les périodes prévues, le promoteur et l'entrepreneur s'assureront de la mise en place d'une procédure d'urgence advenant un déversement accidentel d'hydrocarbures ou de matières dangereuses. La municipalité de Saint-Zotique travaille présentement à la mise à jour de son plan de mesures d'urgence; celui-ci sera appliqué et inscrit à cette procédure. Ce plan sera présenté au MDDELCC avec la première demande de CA requis en vertu de l'article 22 de la LQE. La procédure entre la municipalité et chaque entrepreneur sera établie et communiquée au personnel et aux sous-traitants afin que chacun soit informé de la façon de récupérer tout déversement. Des trousse de récupération seront placées aux endroits stratégiques sur le site et ces trousse seront vérifiées

régulièrement. Dans l'ensemble, les actions proposées par la séquence d'alerte et d'intervention en cas de déversement d'hydrocarbures ou de produits toxiques sont :

- Contrôler la fuite;
- Identifier la source et le produit déversé : essence, diesel ou huile;
- Confiner le produit déversé en s'aidant au besoin de boudins flottants et de couvertures absorbantes;
- Aviser les autorités responsables; et
- Récupérer les contaminants et restaurer le site.

Dans le cas où une situation d'urgence se présenterait, un rapport détaillé décrivant sa nature, les ressources matérielles et humaines affectées, la durée d'intervention, etc. sera préparé par le responsable du projet et présenté aux autorités responsables suite à la correction de la situation.

Il convient également de communiquer tout déversement au MDDELCC au numéro suivant : Urgence Environnement (MDDELCC) : 1-866-694-5454.

7.2.2 INCENDIES

7.2.2.1 FACTEURS CAUSAUX

Les principaux facteurs susceptibles de causer un incendie sont liés à la mauvaise manipulation des câblages, à un dysfonctionnement électrique ou à un entreposage inadéquat de produits pétroliers. De plus, dans la perspective d'un déversement d'hydrocarbures, les risques d'incendie sont plus élevés lorsque la concentration des vapeurs atteint l'indice d'inflammabilité.

7.2.2.2 MESURES PRÉVENTIVES ET DE CONTRÔLE

Afin de minimiser les risques d'incendie, diverses mesures seront mises en place, soit :

- la formation du personnel;
- l'exécution du travail impliquant l'utilisation de chaleur et de flamme par des personnes dont la compétence est reconnue.

7.2.2.3 MESURES D'URGENCE

En cas d'incendie, la personne témoin devra :

- déterminer le type et l'ampleur de l'incendie;
- tenter d'éteindre le feu à l'aide d'un extincteur, si l'incendie est d'importance mineure;
- si elle ne peut éteindre le feu, procéder aux alertes selon les procédures et moyens en place;
- aviser le responsable du chantier de la situation;
- évacuer les lieux en empruntant les accès et issues les plus proches;
- rassembler les gens et travailleurs dans un lieu sécuritaire; et
- demeurer disponible afin de transmettre toute information au service de contrôle des incendies ou au gestionnaire des lieux.

7.3 PHASE EXPLOITATION

La municipalité de Saint-Zotique travaille présentement à la mise à jour de son plan de mesures d'urgence, lequel sera conçu pour faire face aux principaux risques d'accidents pouvant survenir sur son territoire, ce qui inclut le site de la plage municipale et des canaux. Les mesures d'urgence comprendront les actions précises à effectuer en présence d'un événement signalé, imprévisible ou attendu, pour alerter et mobiliser le personnel de la Sécurité civile, du MDDELCC, les autorités municipales ainsi que divers autres intervenants selon la nature de l'événement.

En phase d'exploitation, les risques potentiels sont les mêmes que ceux identifiés pour la phase de construction, à savoir un déversement accidentel d'hydrocarbures et un incendie. Les mêmes mesures préventives, de contrôle et d'urgence qui sont prévues en fonction des adaptations nécessaires à effectuer sont sensiblement les mêmes. Les risques de collision ou d'accident similaire entre embarcations dans le secteur des canaux et de la plage seront également abordés par le plan municipal de mesures d'urgence qui est en cours d'élaboration. Tel que mentionné précédemment, ce plan sera soumis au MDDELCC avec la première demande de certificat d'autorisation de construction requis par l'article 22 de la LQE.

8 PROGRAMME DE COMPENSATION

Afin de compenser les perturbations de l'habitat généré par le dragage des canaux ainsi que les pertes découlant de la mise en place du brise-lames face à la plage, un projet de compensation devra être réalisé par le promoteur. Ce projet visera la remise en disponibilité ou la création d'habitats du poisson. Dans le but de dresser une liste de projets potentiels, divers contacts seront établis avec des agences locales de protection environnementale (cours d'eau, bassins versants, etc.) ainsi qu'avec le bureau régional local du MFFP. Le Conseil du bassin versant de la région de Vaudreuil-Soulanges (COBAVER-VS) est particulièrement actif sur le territoire de la MRC du même nom et sera fort probablement un partenaire de choix dans l'élaboration des scénarios de compensation.

D'ailleurs, en partenariat avec la municipalité de Saint-Zotique et la MRC de Vaudreuil-Soulanges, le COBAVER-VS mène actuellement un projet de caractérisation des cours d'eau Dix-Huit Arpents et Grand Marais. Ces derniers sont des tributaires directs des canaux de Saint-Zotique et le projet vise à acquérir des connaissances sur leurs bassins versants, et ce, afin de mieux comprendre les sources de sédiments et de nutriments transportés jusqu'aux canaux. Au besoin, cette caractérisation pourrait éventuellement être complétée avec des informations supplémentaires qui pourraient servir à un ou des projets de compensation découlant de la présente étude d'impact.

En parallèle, d'autres étendues d'eau et, plus particulièrement, les rives du lac Saint-François pourraient faire l'objet de certains travaux de caractérisation à l'intérieur des limites territoriales de la municipalité, toujours dans l'optique de mettre en lumière d'éventuelles problématiques liées à l'habitat du poisson pouvant faire l'objet de travaux restauration. Ainsi, à titre d'exemple, pourraient être mis de l'avant des projets de restauration de ponceaux, de stabilisation de rives, de renaturalisation de rives artificielles, de création d'herbiers, d'aménagement de frayères, etc. Pour chacun de ces projets, il sera nécessaire de présenter une description du milieu, présenter la problématique, les espèces de poissons visés et une ébauche du projet visant à régler la problématique en cause.

Une fois la liste de projets potentiels complétée, elle sera présentée aux autorités concernées (MFFP et MPO). Ces autorités auront à se prononcer sur la recevabilité des projets et un ou des projets seront retenus. Selon les superficies à compenser, plus d'un projet de compensation pourrait être requis. Suivant cette sélection, un travail de conception et de développement du ou des projets devra être entrepris. Pour chaque projet de compensation, il sera nécessaire d'établir un programme de suivi afin d'en évaluer l'efficacité. Ce programme est généralement requis pendant trois années réparties sur une période de cinq ans. Un programme de compensation détaillé, incluant un ou plusieurs projets, devra donc être disponible au moment du dépôt des demandes de certificats d'autorisation de construction requis en vertu de l'article 22 de la LQE. Le programme devra être déposé avec la première demande à cet effet et les projets pourraient alors être modulés en fonction de l'échéancier des travaux par secteur.

9 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGENCE DE BASSIN VERSANT DES 7 (S.D.) *Le myriophylle à épis*.
<http://www.abv7.org/administration/content/UserFiles/File/Especes%20aquatiques%20envahissantes/myriophylleaepi.pdf>. Page consultée en juillet 2016.
- ALLIANCE ENVIRONNEMENT INC. 2004. *Étude d'impact sur l'environnement, Dragage du chenal Tardif à Notre-Dame-de-Pierreville – Municipalité de Pierreville*, 2004. Rapport final soumis au ministère de l'Environnement du Québec et à Pêches et Océans Canada. 84 p. et annexes.
- AMYOT, F. 2016. *Sedimentation in the St-Zotique Canals : Sources, Causes, and Potential Management Solutions*. Honour Thesis, Université de Concordia, 50 pages.
- ASSOCIATION MARITIME DU QUÉBEC (AMQ). 2015. *Nautiguide Québec*. 418 pages.
- ATLAS DES AMPHIBIENS ET DES REPTILES DU QUÉBEC. 2016. *Atlas des amphibiens et des reptiles du Québec*. Société d'Histoire Naturelle de la Vallée du Saint-Laurent (Écomuseum) et ministère des Ressources naturelles et de la faune du Québec. Site Internet. Consulté en août 2016. <http://www.atlasamphibiensreptiles.qc.ca/>
- ATLAS DES OISEAUX NICHEURS DU QUÉBEC. 2016. *Atlas des oiseaux nicheurs du Québec*. Outils interactifs. Résultats de l'Atlas (tableaux). Résultats de l'Atlas (cartes). Site Internet. Consulté en août 2016. <http://www.atlas-oiseaux.qc.ca/>
- BURNBRAE LIMITED. 2016. *À propos de nous – Historique*.
http://www.burnbraefarms.com/consumer/francais/about_us/history.htm. Page consultée en juillet 2016.
- CANARDS ILLIMITÉS CANADA. 2006. *Montérégie – Plan régional de conservation des milieux humides et de leurs terres hautes adjacentes*.
http://www.canards.ca/assets/2013/01/PRCMH_R16_MONT_2006_portrait_texte.pdf. Page consultée en juillet 2016.
- CENTRE SAINT-LAURENT. 1992. *Guide pour le choix et l'opération des équipements de dragage et des pratiques environnementales qui s'y rattachent*. Document préparé en collaboration avec Travaux Publics Canada et le ministère de l'Environnement du Québec. N° de catalogue En40-438/1992F. 81 p.
- CHRÉTIEN, YVES. 2016. *Avis professionnel sur le potentiel archéologique pour le projet de dragage des canaux de la Municipalité de Saint-Zotique et construction possible d'un brise-lames*. Document présenté à WSP Canada Inc. en septembre 2016.
- CLD VAUDREUIL-SOULANGES. 2011a. *Un diagnostic pour l'action*. 56 pages.
- CLD VAUDREUIL-SOULANGES. 2011b. *Profil des cinq communautés stratégiques*. 52 pages.
- CONSEIL DU BASSIN VERSANT DE LA RÉGION DE VAUDREUIL-SOULANGES (COBAVER-VS). 2016. *Mesures d'atténuation des apports en matières en suspension et en nutriments des bassins versants agricoles aux canaux de Saint-Zotique*. Lettre d'intérêt pour le projet collectif de gestion de l'eau en milieu agricole. 22 janvier 2016. 3 pages.
- CONSEIL DU BASSIN VERSANT DE LA RÉGION DE VAUDREUIL-SOULANGES (COBAVER-VS). 2015a. *Plan directeur de l'eau : Portrait de la zone de gestion intégrée de l'eau de Vaudreuil Soulanges*. 22 janvier 2016. 162 pages.
- CONSEIL DU BASSIN VERSANT DE LA RÉGION DE VAUDREUIL-SOULANGES (COBAVER-VS). 2015b. *Caractérisation des bassins versants des cours d'eau de Dix-Huit Arpents et de Grand Marais – Rapport d'étape*. 37 pages.

- COBAVER-VS (Conseil du bassin versant de la région de Vaudreuil-Soulanges). 2014. *Plan d'action de la zone de gestion intégrée de l'eau de Vaudreuil-Soulanges*. http://www.cobaver-vs.org/wp-content/uploads/2016/04/PDE_Plandaction_Final_COBAVER-VS_2014_JC2015.pdf. Page consultée en juin 2016.
- COMITÉ ZIP DU HAUT SAINT-LAURENT. 2016. *Portrait du territoire – Biodiversité*. <http://www.ziphsl.org/wp-content/uploads/2014/01/PARE-lsf.pdf>. Page consulté en juillet 2016.
- COMITÉ ZIP DU HAUT SAINT-LAURENT. 1997. *Plan d'action et de réhabilitation écologique du lac Saint-François*. <http://www.ziphsl.org/wp-content/uploads/2014/01/PARE-lsf.pdf>. Page consultée en Juillet 2016.
- EMPLOI QUÉBEC. 2014. *Portrait du marché du travail : MRC de Vaudreuil-Soulanges*. En ligne : http://www.emploi Quebec.gouv.qc.ca/fileadmin/fichiers/pdf/Regions/Monteregie/16_imt_PMT_MRC_Vaudreuil-Soulanges.pdf. Direction de la planification et de l'information sur le marché du travail d'Emploi-Québec Montérégie. 53 pages.
- ENGLOBE. 2016. *Configuration optimale d'un brise-lame pour la plage de Saint-Zotique*. Rapport technique conjoint, Englobe – Hydrossoft SA pour la Municipalité de Saint-Zotique, Québec. 69 p.
- ENGLOBE. 2015. *Faucardage des plantes aquatiques dans les canaux de navigation de Saint-Zotique*. Demande de certificat d'autorisation en vertu de l'article 22 de la Loi sur la qualité de l'environnement. 139 pages.
- ENVIRONNEMENT CANADA. 2016. *Normales et moyennes climatiques au Canada 1981-2000 (Saint-Anicet)*. http://climat.meteo.gc.ca/climate_normals/results_1981_2010_f.html?searchType=stnProx&txtRadius=25&selCity=&selPark=&optProxType=custom&txtCentralLatDeg=45&txtCentralLatMin=13&txtCentralLatSec=19&txtCentralLongDeg=74&txtCentralLongMin=17&txtCentralLongSec=16&stnID=5448&disPBack=0. Page consultée en juin 2016.
- ENVIRONNEMENT CANADA et MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDELCC), 2007. *Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec et cadres d'application : prévention, dragage et restauration*. 39 pages.
- HÉBERT, S., 1997. *Développement d'un indice de la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau pour les rivières du Québec*, Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, envirodoq n° EN/970102, 20 p., 4 annexes.
- HEGMAN, G., COCKLIN, C., CREASY, R., DUPUIS, S. KENNEDY, A., KINGSLEY, L., ROSS, W., SPALING, H., STALKER, D. 1999. *Guide du praticien sur l'évaluation des effets cumulatifs*. Rédigé par : le groupe de travail sur l'évaluation des effets cumulatifs et AXYS Environmental Consulting Ltd. Février 1999.
- INSTITUT DE RECHERCHE DE DÉVELOPPEMENT EN AGROENVIRONNEMENT (IRDA). 2008. *Carte pédologique – Feuillet 13G01201*. <http://www.irda.qc.ca/fr/outils-et-services/informations-sur-les-sols/etudes-pedologiques/feuillots-cartographiques/region-18/>. Page consultée en juin 2016.
- KOUTITONSKY, V., PELLETIER, M. 2015. *Problématique d'érosion à la plage de Saint-Zotique : Rapport d'analyse soumis à la municipalité de Saint-Zotique*. 79 pages.
- LAVIOLETTE, N. 2004. *Lacs, Rivières et Fleuve Saint-Laurent - Les lacs fluviaux du Saint-Laurent : Hydrologie et modifications humaines*. Le Naturaliste Canadien, Vol. 128 N°1, 98-104.
- MINISTÈRE DE LA CULTURE ET DES COMMUNICATIONS DU QUÉBEC (MCC). 2016. *Répertoire du patrimoine culturel du Québec*. <http://www.patrimoine-culturel.gouv.qc.ca/rpcq/rechercheProtege.do;jsessionid=EAFE555381CD359382B05084969E5819?methode=afficher>. Page consultée en juillet 2016.

- MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES NATURELLES (MERN). 2016. *Système d'information géominière du Québec (SIGÉOM)*.
[http://sigeom.mines.gouv.qc.ca/signet/classes/I1108_afchCartelIntr?l=f%20\(SIG%C3%89OM\)](http://sigeom.mines.gouv.qc.ca/signet/classes/I1108_afchCartelIntr?l=f%20(SIG%C3%89OM)). Page consultée en juin 2016.
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MFFP). 2016. *Le gobie à taches noires (Neogobius melanostomus)*. En ligne
[<https://www.mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/envahissantes/gobie.jsp>]. Consulé en novembre 2016.
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MFFP). 2010. *Liste des espèces fauniques menacées ou vulnérables au Québec – Pic à tête rouge*.
<http://www3.mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/fiche.asp?noEsp=39>. Page consulté en juillet 2016.
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2016a. *Statistiques annuelles régionales sur l'indice de la qualité de l'air pour l'année 2014*. En ligne :
<http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/air/iqua/statistiques/region/2014.htm>. Page consultée en juin 2016.
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2016b. *Critères de qualité de l'eau de surface*. En ligne : http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/EAU/criteres_eau/index.asp. Consulté en novembre 2016.
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2015. *Loi sur la conservation du patrimoine naturel*. En ligne : <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cs/C-61.01>
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2014. *Liste de quelques espèces de poissons présentes sur le territoire de l'unité de gestion et informations sur leur périodes de reproduction (rassemblements, fraye, incubation et alevinage)*. Direction régionale de l'Estrie, de Montréal et de la Montérégie – Secteur de la faune. http://plans-thematiques06.mrn.gouv.qc.ca/Documents/Tableau_%20p%C3%A9riodes_%20protection.pdf. Page consultée en août 2016.
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2007. *Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec et cadres d'application : prévention, dragage et restauration*.
http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/publications/diverses/Qualite_criteres_sediments_f.pdf. Page consultée en septembre 2016.
- MORIN, J., P. BOUDREAU et M. LECLERC. 1994. *Réhabilitation de l'écosystème du Saint-Laurent. Lac Saint-François : Les bases de la modélisation hydrodynamique*. INRS-Eau en collaboration avec IREE. Rapport de Recherche No R-412, Québec, 80p.
- MUNICIPALITÉ DE SAINT-ZOTIQUE. s.d. *Sédimentation des Canaux St-zotique*. Présentation réalisée par Fanny Amyot. 34 diapositives.
- MUNICIPALITÉ DE SAINT-ZOTIQUE. 2016a. *Plan de développement économique 2016-20120*. Version finale – Juillet 2016. 36 pages. Site Internet consulté le 25 juillet 2016 : http://www.st-zotique.com/municipalite/sites/default/files/pde_saint-zotique_-_final_et_revise_2016-07-04.pdf
- MUNICIPALITÉ DE SAINT-ZOTIQUE. 2016b. *Parcs et équipements récréatifs - Parcs et espaces verts*. <http://www.st-zotique.com/municipalite/services-a-la-population/loisirs/parcs-et-equipements-recreatifs/parcs-et-espaces-verts>. Site Internet consulté en juin 2016.
- MUNICIPALITÉ DE SAINT-ZOTIQUE. 2014. *Règlement de Zonage N°529-4, Annexe 1, Plan de zonage*.
- MUNICIPALITÉ DE SAINT-ZOTIQUE. 2010. *Plan d'urbanisme, Règlement N°528*. 24 pages.

- MUNICIPALITÉ RÉGIONALE DE COMTÉ DE VAUDREUIL-SOULANGES. 2014. *Plan de développement de la zone agricole – MRC de Vaudreuil-Soulanges*. 100 pages.
- MUNICIPALITÉ RÉGIONALE DE COMTÉ DE VAUDREUIL-SOULANGES. 2004. Schéma d'aménagement révisé, en vigueur depuis octobre 2004. 284 pages et annexes.
- NAVIGATION QUÉBEC. 2015. *Centre de documentation*. http://www.navigaionquebec.com/documentation.php?article_id=116. Page consultée en juillet 2016.
- SAINT-JACQUES, N. et RICHARD, Y. (1998). *Développement d'un indice de qualité de la bande riveraine : application à la rivière Chaudière et mise en relation avec l'intégrité biotique du milieu aquatique*. Disponible en ligne : http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/Eau/eco_aqua/IQBR/rapport.pdf
- STATISTIQUE CANADA. 2013. Profil de l'enquête nationale auprès des ménages (ENM) de 2011. <https://www12.statcan.gc.ca/nhs-enm/2011/dp-pd/prof/index.cfm?Lang=F>
- STATISTIQUE CANADA. 2012. *Profil du recensement de 2011*. <http://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2011/dp-pd/prof/index.cfm?Lang=F>. Page consultée en juin 2016.
- STATISTIQUE CANADA. 2007. *Profil des communautés de 2006*. http://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2006/dp-pd/prof/92-591/search-recherche/frm_res.cfm?Lang=F. Page consultée en juin 2016.
- WALSH, C.J., ROY, H., FEMINELLA, J.W., COTTINGHAM, P.D., GROFFMAN, P.M., MORGAN, R.P. II (2005). *The urban stream syndrome: Current knowledge and the search for a cure*. Journal of the North American Benthological Society 24(3):706-723.
- WSP CANADA. 2016. *Agrandissement de la marina de Brownsburg-Chatham*. Étude d'impact environnemental. Rapport produit pour Ville de Brownsburg-Chatham. 132 pages et annexes.
- ZINS BEAUCHESNE ET ASSOCIÉS. 2013. *Étude de marché relative au développement d'un pôle commercial*. Étude présentée à la Municipalité de Saint-Zotique en septembre 2013. 20 pages.

ANNEXE 1-1

DIRECTIVE MINISTÉRIELLE



Le 19 février 2013

Monsieur Sylvain Charland
Municipalité de Saint-Zotique
1250, rue Principale
Saint-Zotique (Québec) J0P 1Z0

**Objet : Directive pour le projet de dragage des canaux de la Municipalité de Saint-Zotique et construction d'un brise-lames en amont de la plage municipale
(Dossier 3211-02-287)**

Monsieur,

Vous trouverez en annexe un document vous indiquant la nature, la portée et l'étendue de l'étude d'impact que vous devez réaliser conformément à la Loi sur la qualité de l'environnement et au Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement pour le projet de dragage pour lequel nous avons reçu un avis de projet le 21 janvier 2013. Ce document constitue la directive ministérielle visée à l'article 31.2 de la Loi sur la qualité de l'environnement (chapitre Q-2).

Je tiens à vous informer que vous devrez déposer trente (30) copies de votre étude d'impact et du résumé à la Direction générale de l'évaluation environnementale, afin que le Ministère procède à l'analyse de sa recevabilité. Toutefois, des copies supplémentaires pour l'analyse de votre dossier pourraient être nécessaires, auquel cas nous communiquerons avec vous. Vous devrez aussi déposer douze (12) copies de ces documents sur support informatique. Les copies électroniques devront être en format PDF (Portable Document Format) et présentées comme il est décrit dans le document *Dépôt des documents électroniques de l'initiateur de projet*, produit par le Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE).

Lorsque votre étude aura été jugée recevable, c'est-à-dire répondant de façon satisfaisante à la directive délivrée, le ministre du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs la remettra au BAPE aux fins d'information et de consultation de la population pendant une période de quarante-cinq (45) jours. Pendant cette période, des personnes, organismes ou municipalités

...2

pourront demander au ministre la tenue d'une audience publique qui, si elle a lieu, s'étendra sur une période de quatre (4) mois.

À titre d'information, vous trouverez également ci-joint les quatre documents suivants :

- le dépliant *L'évaluation environnementale au Québec méridional – les points saillants* qui décrit sommairement la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement;
- le document *Dépôt des documents électroniques de l'initiateur de projet*, produit par le BAPE;
- le *Recueil des références en évaluation environnementale* qui constitue un inventaire de documents techniques auxquels vous pourrez vous référer tout au long du processus;
- *Le suivi environnemental – Guide à l'intention de l'initiateur de projet* auquel vous pourrez vous référer pour la planification et la mise en œuvre du programme de suivi environnemental pouvant s'appliquer à votre projet.

Veuillez agréer, Monsieur, l'expression de mes sentiments les meilleurs.

Pour le ministre,



Marie-Josée Lizotte
Directrice générale

p. j. (5)

c. c. M. Jacques Dupont, sous-ministre adjoint

DIRECTION GÉNÉRALE DE L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE

**Directive pour le projet de dragage des canaux de la municipalité
de Saint-Zotique et construction d'un brise-lames en amont de la
plage municipale par la Municipalité de Saint-Zotique**

Dossier 3211-02-287

Février 2013

**Développement durable,
Environnement,
Faune et Parcs**

Québec 

AVANT-PROPOS

Ce document constitue la directive du ministre du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs prévue à l'article 31.2 de la Loi sur la qualité de l'environnement (chapitre Q-2) pour les projets en milieu hydrique assujettis à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement. Il s'adresse aux entreprises, organismes ou personnes ayant déposé un avis concernant un projet visé au paragraphe *b* (dragage ou remblayage), de l'article 2 du Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement (chapitre Q-2 r. 23^{*}).

La directive du ministre indique à l'initiateur du projet la nature, la portée et l'étendue de l'étude d'impact sur l'environnement qu'il doit réaliser. Elle présente une démarche visant à fournir l'information nécessaire à l'évaluation environnementale du projet proposé et au processus d'autorisation par le gouvernement.

Cette directive présente en introduction les caractéristiques de l'étude d'impact ainsi que les exigences et les objectifs qu'elle devrait viser. Elle comprend par la suite deux parties maîtresses, soit le contenu de l'étude d'impact et sa présentation.

Pour toute information supplémentaire en ce qui a trait à la réalisation d'une étude d'impact sur l'environnement, l'initiateur de projet est invité à consulter le *Recueil de références en évaluation environnementale*, disponible à la Direction générale de l'évaluation environnementale ou sur le site Internet du ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP), où sont répertoriés des documents pouvant servir de référence lors de l'analyse des projets assujettis à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement.

Le MDDEFP prévoit réviser périodiquement la directive afin d'en actualiser le contenu. À cet égard, les commentaires et suggestions des usagers sont très appréciés et seront pris en considération lors des mises à jour ultérieures. Pour tout commentaire ou demande de renseignements, veuillez communiquer avec nous à l'adresse suivante :

Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs
Direction générale de l'évaluation environnementale
Édifice Marie-Guyart, 6^e étage, boîte 83
675, boulevard René-Lévesque Est
Québec (Québec) G1R 5V7
Téléphone : 418 521-3933
Télécopieur : 418 644-8222
Internet : www.mddefp.gouv.qc.ca

* En raison d'une révision de la numérotation des règlements effectuée à la suite de l'adoption de la Loi sur le Recueil des lois et des règlements du Québec (chapitre R-2.2.0.0.2), le numéro de règlement Q-2, r. 23 remplace désormais l'ancien numéro Q-2, r. 9.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
1. ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE.....	1
2. ÉTUDE D'IMPACT.....	2
3. INTÉGRATION DES OBJECTIFS DU DÉVELOPPEMENT DURABLE.....	2
4. INCITATION À ADOPTER UNE DÉMARCHÉ DE DÉVELOPPEMENT DURABLE.....	2
5. INCITATION À CONSULTER LE PUBLIC EN DÉBUT DE PROCÉDURE.....	3
PARTIE I – CONTENU DE L'ÉTUDE D'IMPACT	5
1. MISE EN CONTEXTE DU PROJET.....	6
1.1 PRÉSENTATION DE L'INITIATEUR	6
1.2 CONSULTATIONS	6
1.3 CONTEXTE ET RAISON D'ÊTRE DU PROJET	6
1.4 SOLUTIONS DE RECHANGE AU PROJET	7
1.5 AMÉNAGEMENTS ET PROJETS CONNEXES.....	7
2. DESCRIPTION DU MILIEU RÉCEPTEUR.....	8
2.1 DÉLIMITATION DE LA ZONE D'ÉTUDE	8
2.2 DESCRIPTION DES MILIEUX BIOPHYSIQUE ET HUMAIN.....	8
3. DESCRIPTION DU PROJET ET DES VARIANTES DE RÉALISATION	11
3.1 DÉTERMINATION DES VARIANTES	11
3.2 SÉLECTION DE LA VARIANTE OU DES VARIANTES	12
3.3 DESCRIPTION DE LA VARIANTE OU DES VARIANTES SÉLECTIONNÉES.....	13
4. ANALYSE DES IMPACTS DU PROJET.....	15
4.1 DÉTERMINATION ET ÉVALUATION DES IMPACTS	15
4.2 ATTÉNUATION DES IMPACTS	17
4.3 CHOIX DE LA VARIANTE	18
4.4 COMPENSATION DES IMPACTS RÉSIDUELS	18
4.5 SYNTHÈSE DU PROJET	18
5. SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE	18
6. SUIVI ENVIRONNEMENTAL	19

PARTIE II – PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE D'IMPACT	21
1. CONSIDÉRATIONS D'ORDRE MÉTHODOLOGIQUE	21
2. EXIGENCES RELATIVES À LA PRODUCTION DU RAPPORT	21
3. AUTRES EXIGENCES DU MINISTÈRE	22

FIGURE

FIGURE 1 : DÉMARCHE D'ÉLABORATION DE L'ÉTUDE D'IMPACT	5
--	----------

INTRODUCTION

Cette introduction précise les caractéristiques fondamentales de l'évaluation environnementale et de l'étude d'impact sur l'environnement ainsi que les exigences ministérielles et gouvernementales auxquelles l'étude doit répondre, notamment l'intégration des objectifs du développement durable à la conception du projet visé. Par ailleurs, l'initiateur de projet est invité à consulter le public tôt dans son processus d'élaboration de l'étude d'impact et à adopter une démarche de développement durable.

1. ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE

L'évaluation environnementale est un instrument privilégié dans la planification du développement et de l'utilisation des ressources et du territoire. Elle vise la considération des préoccupations environnementales à toutes les phases de la réalisation d'un projet, incluant sa conception, son exploitation et sa fermeture, le cas échéant. Elle aide l'initiateur à concevoir un projet plus soucieux du milieu récepteur, sans remettre en cause sa faisabilité technique et économique.

L'évaluation environnementale prend en compte l'ensemble des composantes des milieux biophysique et humain susceptibles d'être affectées par le projet. Elle permet d'analyser et d'interpréter les relations et interactions entre les facteurs qui exercent une influence sur les écosystèmes, les ressources et la qualité de vie des individus et des collectivités. La comparaison et la sélection de variantes de réalisation du projet sont intrinsèques à la démarche d'évaluation environnementale. L'étude d'impact fait donc ressortir clairement les objectifs et les critères de sélection de la variante privilégiée par l'initiateur.

L'évaluation environnementale prend en considération les opinions, les réactions et les principales préoccupations des individus, des groupes et des collectivités. À cet égard, elle rend compte de la façon dont les diverses parties concernées ont été associées dans le processus de planification du projet et tient compte des résultats des consultations et des négociations effectuées.

L'évaluation environnementale vise à faire ressortir les enjeux associés au projet et détermine les composantes environnementales qui subiront un impact important. L'importance relative d'un impact contribue à déterminer les enjeux sur lesquels s'appuieront les choix et la prise de décision.

L'analyse environnementale effectuée par le ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) et le rapport du Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE), le cas échéant, contribuent aussi à éclairer la décision du gouvernement.

2. ÉTUDE D'IMPACT

L'étude d'impact est le document qui fait état de la démarche d'évaluation environnementale de l'initiateur de projet. Elle doit faire appel aux méthodes scientifiques et satisfaire aux exigences du ministre et du gouvernement concernant l'analyse du projet, la consultation du public et la prise de décision. Elle permet de comprendre globalement le processus d'élaboration du projet. Plus précisément, elle :

- présente les caractéristiques du projet et en explique la raison d'être, compte tenu du contexte de réalisation;
- trace le portrait le plus juste possible du milieu dans lequel le projet sera réalisé et de l'évolution de ce milieu pendant et après l'implantation du projet;
- démontre l'intégration des objectifs du développement durable à la conception du projet;
- démontre comment le projet s'intègre dans le milieu en présentant l'analyse comparée des impacts des diverses variantes de réalisation;
- définit les mesures destinées à minimiser ou à éliminer les impacts négatifs sur l'environnement et à maximiser ceux qui sont susceptibles de l'améliorer, et, lorsque les impacts ne peuvent être suffisamment atténués, propose des mesures de compensation;
- propose des programmes de surveillance et de suivi pour assurer le respect des exigences gouvernementales et des engagements de l'initiateur, pour suivre l'évolution de certaines composantes du milieu affectées par la réalisation du projet et pour vérifier l'efficacité des mesures d'atténuation prévues.

3. INTÉGRATION DES OBJECTIFS DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Le développement durable vise à répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs. Ses trois objectifs sont le maintien de l'intégrité de l'environnement, l'amélioration de l'équité sociale et l'amélioration de l'efficacité économique. Un projet conçu dans une telle perspective doit viser une intégration et un équilibre entre ces trois objectifs dans le processus de planification et de décision et inclure la participation des citoyens. Le projet de même que ses variantes doivent tenir compte des relations et des interactions entre les différentes composantes des écosystèmes et de la satisfaction des besoins des populations sans nuire à ceux des générations futures. De plus, l'initiateur est invité à prendre connaissance de la Loi sur le développement durable (chapitre D-8.1.1) et des seize principes énoncés dans cette loi.

4. INCITATION À ADOPTER UNE DÉMARCHE DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

Le MDDEFP mise sur la responsabilisation de l'initiateur de projet pour qu'il prenne en compte les objectifs du développement durable lors de l'élaboration de son projet. Il l'encourage fortement à mettre en place des programmes de gestion responsable comprenant des objectifs concrets et mesurables en matière de protection de l'environnement, d'efficacité économique et

d'équité sociale. Dans les cas où l'initiateur n'est pas visé par la Loi sur le développement durable, il est encouragé à adopter sa propre politique de développement durable. L'étude d'impact doit résumer la démarche de développement durable de l'initiateur et expliquer comment la conception du projet en tient compte.

5. INCITATION À CONSULTER LE PUBLIC AU DÉBUT DE LA PROCÉDURE

Le Ministère encourage l'initiateur de projet à mettre à profit la capacité des individus, des groupes et des communautés à faire valoir leurs points de vue et leurs préoccupations par rapport aux projets qui les concernent. À cet effet, le Ministère appuie les initiatives de l'initiateur de projet en matière de consultation publique.

Plus concrètement, il incite fortement l'initiateur de projet à adopter des plans de communication en ce qui a trait à son projet, à débiter le processus de consultation avant ou dès le dépôt de l'avis de projet et à y associer toutes les parties concernées, tant les individus, les groupes et les communautés que les ministères et autres organismes publics et parapublics. Il est utile d'amorcer la consultation le plus tôt possible dans le processus de planification des projets pour que les opinions des parties intéressées puissent exercer une réelle influence sur les questions à étudier, les enjeux à documenter, les choix et les prises de décision. Plus la consultation intervient tôt dans le processus qui mène à une décision, plus grande est l'influence des individus, des groupes et des communautés sur l'ensemble du projet et nécessairement, plus le projet risque d'être acceptable socialement.

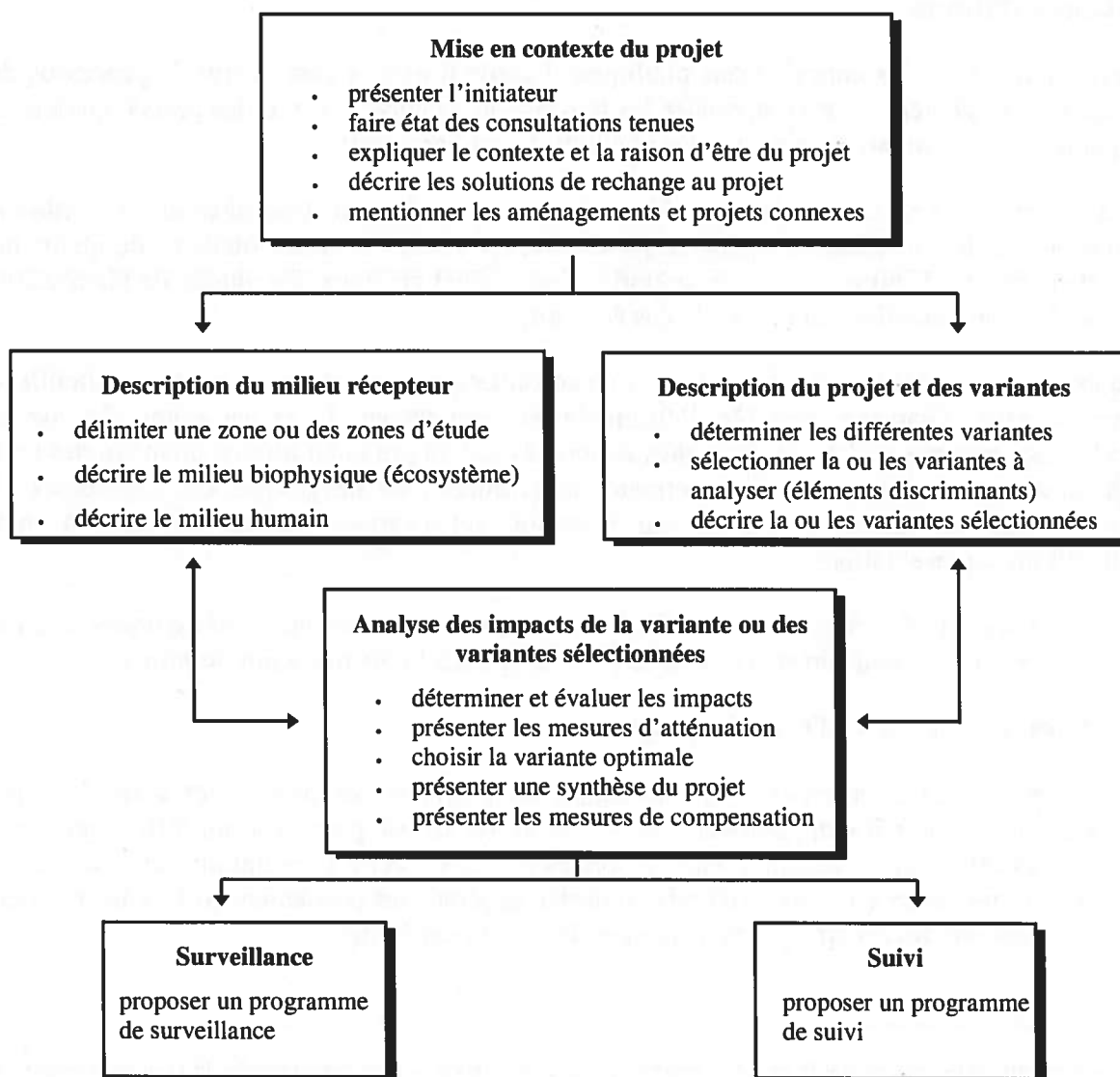
Si des communautés autochtones sont susceptibles d'être concernées par le projet, il est suggéré à l'initiateur de projet de documenter les impacts potentiels du projet sur ces communautés. À cette fin, il devra faire état des échanges qu'il a eus avec celles-ci dans le but de les informer et, le cas échéant, des mesures prises afin d'optimiser le projet en fonction des conséquences de celui-ci sur les communautés autochtones. Les renseignements sur les nations autochtones du Québec sont disponibles sur le site Internet du Secrétariat aux affaires autochtones.

PARTIE I – CONTENU DE L'ÉTUDE D'IMPACT

Le contenu de l'étude d'impact se divise en plusieurs grandes étapes : la mise en contexte du projet, la description du milieu récepteur, la description du projet et de ses variantes de réalisation, l'analyse des impacts des variantes sélectionnées et le choix de la variante optimale, la gestion des risques d'accident, puis la présentation des programmes de surveillance et de suivi.

Les flèches doubles au centre de la figure 1 montrent comment la description du milieu, celle du projet et l'analyse des impacts sont intimement liées et suggèrent une démarche itérative pour la réalisation de l'étude d'impact. L'envergure de l'étude d'impact est relative à la complexité du projet et des impacts appréhendés.

FIGURE 1 : DÉMARCHE D'ÉLABORATION DE L'ÉTUDE D'IMPACT



1. MISE EN CONTEXTE DU PROJET

Cette section de l'étude vise à connaître les éléments qui sont à l'origine du projet. Elle comprend une courte présentation de l'initiateur et de son projet, la raison d'être du projet, un exposé de son contexte d'insertion ainsi que les résultats des consultations effectuées. Elle présente les solutions de rechange envisagées et l'analyse effectuée en vue de la sélection de la solution. Elle fait aussi mention des aménagements et des projets connexes.

1.1 Présentation de l'initiateur

L'étude présente l'initiateur du projet et, s'il y a lieu, ses consultants en spécifiant leurs coordonnées. Cette présentation inclut des renseignements généraux sur l'initiateur et, le cas échéant, les grands principes de ses politiques en matière d'environnement et de développement durable.

1.2 Consultations

Si l'initiateur a tenu des consultations publiques, l'étude d'impact doit décrire le processus des consultations effectuées pour comprendre les besoins, les points de vue et les préoccupations de la population. Elle doit aussi faire état des résultats de ces consultations.

L'étude présente les détails de sa démarche de consultation (mécanismes d'invitation, responsables de la consultation, règles de procédure, etc.) et les résultats obtenus, de même que les ajustements que l'initiateur aura pu apporter à son projet au cours des phases de planification à la suite des commentaires du public, le cas échéant.

Outre les séances publiques d'information et de consultation, l'initiateur est incité à recueillir, de la façon la plus exhaustive possible, l'ensemble des préoccupations et des points de vue des individus, des groupes et des communautés concernés par un projet au moyen de méthodes telles des enquêtes par questionnaire, des entrevues individuelles ou de groupe, des examens de la documentation, etc. Dans la mesure du possible, cet exercice devrait se faire à partir d'échantillons représentatifs¹.

L'étude doit aussi faire ressortir les principales résistances ou contraintes économiques, sociales et environnementales dont l'initiateur doit tenir compte dans la planification du projet.

1.3 Contexte et raison d'être du projet

L'étude présente les coordonnées géographiques du projet et ses principales caractéristiques techniques, telles qu'elles apparaissent au stade initial de sa planification. Elle expose son contexte d'insertion et sa raison d'être. À cet égard, elle décrit la situation actuelle dans le secteur d'activité, énonce les objectifs liés au projet, explique les problèmes ou besoins motivant le projet et présente les contraintes ou exigences liées à sa réalisation.

¹ La représentativité de ces échantillons sera recherchée en fonction de la population totale de la zone d'étude, des catégories d'âge, de la proportion d'hommes et de femmes, des communautés autochtones, de l'occupation du territoire, de la concentration des résidents par rapport au site d'implantation des infrastructures, etc.

L'exposé du contexte d'insertion et de la raison d'être du projet doit permettre d'en dégager les enjeux environnementaux, sociaux et économiques, en tenant compte des contraintes techniques, à l'échelle locale et régionale, de même qu'aux échelles nationale et internationale, s'il y a lieu. La liste 1 énumère les principaux aspects à considérer dans cet exposé.

LISTE 1 : INFORMATION UTILE POUR L'EXPOSÉ DU CONTEXTE ET DE LA RAISON D'ÊTRE DU PROJET

- L'état de situation : historique du projet, besoins à combler, problèmes à résoudre dont en cas de dragage, les causes de l'accumulation des sédiments et en cas d'érosion, les causes de cette érosion;
- les objectifs liés au projet;
- l'identification et la localisation des infrastructures existantes;
- les aspects favorables ou défavorables du projet par rapport aux problèmes ou besoins identifiés et aux objectifs poursuivis (avantages et inconvénients);
- les intérêts et les principales préoccupations des diverses parties concernées;
- les contraintes environnementales, sociales et économiques majeures;
- les exigences techniques et économiques concernant l'implantation et l'exploitation du projet, notamment en termes d'importance et de calendrier de réalisation;
- les politiques et les grandes orientations gouvernementales en matière d'environnement, de gestion des ressources, d'énergie, de tourisme, de sécurité publique, etc.;
- les ententes avec les communautés autochtones, s'il y a lieu;
- les principaux enjeux perçus par l'initiateur.

1.4 Solutions de rechange au projet

L'étude d'impact présente sommairement les solutions de rechange au projet y compris l'éventualité de sa non-réalisation ou de son report et, le cas échéant, toute solution proposée lors des consultations effectuées par l'initiateur. Le choix de la solution retenue doit être effectué en fonction des objectifs poursuivis et des enjeux environnementaux, sociaux et économiques, tout en tenant compte des contraintes techniques. Pour ce faire, l'étude présente le raisonnement et les critères utilisés pour en arriver à ce choix. Ces critères doivent notamment permettre de vérifier la réponse aux besoins identifiés et l'attention portée aux objectifs du développement durable.

1.5 Aménagements et projets connexes

L'étude d'impact fait mention de tout aménagement existant ou de tout autre projet, en cours de planification ou d'exécution, susceptible d'influencer la conception ou les impacts du projet proposé. Les renseignements sur ces aménagements et projets doivent permettre de déterminer les interactions potentielles avec le projet proposé.

2. DESCRIPTION DU MILIEU RÉCEPTEUR

Cette section de l'étude d'impact comprend la délimitation d'une ou de plusieurs zones d'étude ainsi que la description des composantes des milieux biophysique et humain pertinentes au projet.

2.1 Délimitation de la zone d'étude

L'étude d'impact détermine une zone d'étude et en justifie les limites. La portion du territoire englobée par cette zone doit être suffisante pour couvrir l'ensemble des activités projetées incluant, si possible, les autres éléments nécessaires à la réalisation du projet et pour circonscrire l'ensemble des effets directs et indirects du projet sur les milieux biophysique et humain. De plus, la zone d'étude doit englober les lieux de dépôt aquatique ou terrestre des sédiments dragués, ainsi que les secteurs influencés par la dispersion des sédiments dans l'eau lors du dragage, du remblayage ainsi que du transport et du rejet des sédiments. Elle englobe les secteurs utilisés comme banc d'emprunt dans le cas de remblayages. Si nécessaire, la zone d'étude peut être composée de différentes aires délimitées selon les impacts étudiés.

2.2 Description des milieux biophysique et humain

Cette section comprend la description des composantes des milieux biophysique et humain de la zone d'étude présentée selon une approche écosystémique.

La description des grands écosystèmes peut s'inspirer du Cadre écologique de référence du Québec, qu'on peut consulter sur le site Internet du MDDEFP. La description comprend les facteurs géologique, topographique, hydrologique et climatique qui conditionnent l'écosystème ainsi que les principales espèces constituant l'écosystème en fonction de leur cycle vital (migration, alimentation, reproduction et protection). Cette description comprend également une analyse de l'importance de chaque écosystème répertorié en fonction notamment de sa valeur sur les plans écologique et social et de son degré de vulnérabilité et d'unicité.

La description des écosystèmes est basée sur une revue de la littérature scientifique et de l'information disponible chez les organismes gouvernementaux, municipaux, autochtones ou autres. Si cette information n'est pas disponible ou si elle n'est plus représentative du milieu, l'initiateur réalise des inventaires en utilisant des méthodes scientifiques éprouvées qui prennent en compte notamment, le cycle de vie et les habitudes des espèces susceptibles d'être rencontrées. La description des inventaires doit inclure les renseignements nécessaires à leur compréhension et à leur interprétation (dates d'inventaire, auteur(s), méthodes utilisées, références scientifiques, plans d'échantillonnage, etc.). Dans le cas des espèces menacées ou vulnérables, cette information et les résultats détaillés, incluant les données brutes, doivent être présentés dans un document séparé et confidentiel.

Pour les projets nécessitant du dragage, l'initiateur doit faire approuver par le MDDEFP son programme de caractérisation des sédiments, comprenant le choix des paramètres, des méthodes d'échantillonnage et des méthodes d'analyse, avant sa réalisation. Ce programme doit être

conforme au guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime².

L'étude d'impact doit comprendre une cartographie de la zone d'étude présentant, notamment, les composantes des écosystèmes identifiés, les habitats fauniques définis selon le Règlement sur les habitats fauniques (chapitre C-61.1, r. 18) ainsi que toute aire protégée en vertu de ses caractéristiques.

La description du milieu humain présente les principales caractéristiques sociales et historiques décrites de façon à aider à comprendre les communautés locales, dont les communautés autochtones, les relations entre ces communautés et le milieu naturel, l'usage qu'elles font des différents éléments du milieu ainsi que leurs perceptions du projet.

La liste 2 énumère, à titre indicatif, les principales composantes susceptibles d'être décrites dans l'étude d'impact. Cette description est axée sur les composantes pertinentes en ce qui concerne les enjeux et les impacts du projet et ne contient que les données nécessaires à l'analyse des impacts. Ces composantes doivent être présentées en fonction des liens qui les unissent pour former l'écosystème. La sélection des composantes à étudier et la portée de leur description doivent également correspondre à leur importance ou à leur valeur dans le milieu. L'étude précise les raisons et les critères justifiant le choix des composantes à prendre en considération.

LISTE 2 : PRINCIPALES COMPOSANTES DU MILIEU

Milieu biophysique

- Le relief, le drainage, la nature des sols et des dépôts de surface, la lithologie de même que les zones sensibles à l'érosion et aux mouvements de terrain;
- le réseau hydrographique du bassin versant des cours d'eau et plans d'eau concernés ainsi que le profil en long et les niveaux de l'eau (en crue, en étiage et en condition moyenne) pour les secteurs des cours d'eau directement touchés par le projet;
- le régime hydrologique, incluant le débit module des cours d'eau, les débits moyens journaliers et mensuels, les débits d'étiage et de crue et le cas échéant, les caractéristiques de la marée;
- la bathymétrie et les conditions hydrauliques (courants en surface et au fond);
- le régime sédimentologique dont les zones d'apport (érosion), le transport des sédiments et les zones d'accumulation, tout particulièrement dans les secteurs des travaux de dragage et de remblayage et des lieux potentiels de dépôt de sédiments en milieu aquatique;
- le régime des glaces incluant le frasil, la formation du couvert de glace et des embâcles et la débâcle;
- les caractéristiques physicochimiques de l'eau des cours d'eau touchés sur une base annuelle;

² Environnement Canada (2002), Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime, volumes 1 et 2.

- le littoral, les rives, les milieux humides (marais, marécages, tourbières, etc.) et les zones inondables actuelles et futures;
- la caractérisation physicochimique des sédiments à draguer et leur toxicité, si nécessaire, par le moyen d'essais de toxicité;
- la caractérisation des sols dans le secteur des travaux d'excavation en milieux terrestre et riverain, avec une description de leurs usages passés;
- la topographie, le drainage, la géologie et l'hydrogéologie dans le secteur des sites potentiels de dépôt de sédiments ou de sols en milieu terrestre à l'exception des sites déjà autorisés par le MDDEFP;
- la végétation, en indiquant la présence de peuplements fragiles ou exceptionnels;
- les espèces floristiques et fauniques (abondance, distribution et diversité) et leurs habitats, en accordant une attention spéciale aux espèces à statut particulier, aux espèces d'intérêt social, économique, culturel ou scientifique ainsi qu'aux espèces exotiques envahissantes.

Milieu humain

- Les principales caractéristiques sociales de la population concernée :
 - le profil démographique : la proportion d'hommes et de femmes, les catégories d'âge, les perspectives démographiques de la population concernée et les comparaisons avec d'autres communautés ou régions,
 - le contexte culturel : la culture réfère à la morale, aux connaissances, aux croyances, aux lois, aux valeurs, aux normes, aux rôles et aux comportements acquis par les individus en tant que membres d'un groupe, d'une communauté ou d'une société,
 - la situation économique et les perspectives de développement : les taux d'activité, d'inactivité et de chômage, ainsi que les principaux secteurs d'activités et l'information particulière pertinente du milieu relative à la formation et à l'emploi. Ces données pourront être comparées avec celles d'autres communautés ou régions. Les perspectives de la formation et de l'emploi doivent également être prises en compte,
 - la cohésion sociale (stabilité et force des liens sociaux à l'intérieur d'un groupe donné ou d'une communauté, elle peut aussi être illustrée par le sentiment d'appartenance à une communauté);
- les préoccupations, opinions et réactions des individus, des groupes et des communautés et, plus particulièrement, ceux et celles directement mis en cause, et les consultations effectuées par l'initiateur;
- l'utilisation actuelle et prévue du territoire et de ses ressources en se référant aux lois, règlements, politiques, orientations, schémas et plans provinciaux, régionaux et municipaux de développement et d'aménagement :
 - les périmètres d'urbanisation, les concentrations d'habitations, les zones urbaines, les projets de construction domiciliaire et de lotissement,
 - les zones commerciales, industrielles et autres et les projets de développement,
 - les zones et les activités agricoles (bâtiments, ouvrages, cultures, élevages, etc.), le captage de l'eau aux fins de production, le drainage aux fins de contrôle de la nappe phréatique et la structure cadastrale,

- les zones de pêche commerciale,
 - le milieu forestier, les aires sylvicoles et acéricoles,
 - les zones de villégiature, les activités récréatives et les équipements récréatifs existants et projetés (zones d'exploitation contrôlée, pourvoiries de chasse et de pêche, terrains de golf, terrains de camping, pistes cyclables, etc.),
 - les aires protégées (exemples : parc national et réserve écologique) vouées à la protection et à la conservation,
 - les aires présentant un intérêt en raison de leurs aspects récréatifs, esthétiques, historiques, éducatifs et culturels,
 - les infrastructures de transport et de services publics (routes, systèmes de transport terrestre guidés, chemins de fer, aéroports, lignes électriques, aqueducs, égouts, gazoducs, oléoducs, sites d'enfouissement, etc.),
 - les infrastructures communautaires et institutionnelles (hôpitaux, écoles, garderies, etc.),
 - les sources d'alimentation en eau potable en identifiant les ouvrages de captage d'eau de surface, les puits privés, les puits alimentant plus de vingt personnes, les puits municipaux et autres ainsi que les aires d'alimentation et de protection autour de ces ouvrages,
 - la navigation dans la zone d'étude (type, densité, déplacements, etc.),
 - les réserves à castor et les terrains de trappe;
- le patrimoine archéologique terrestre et submergé : les sites (y compris les sépultures et les sites paléontologiques), les secteurs et les zones à potentiel archéologique. Ces éléments doivent être déterminés dans le cadre d'une étude de potentiel. Celle-ci pourra être suivie d'un inventaire et d'une fouille sur le terrain, si nécessaire;
 - le patrimoine bâti et paysager : les immeubles et les secteurs patrimoniaux, les monuments et sites historiques, les arrondissements historiques et naturels, etc.; ces éléments doivent être déterminés notamment par une documentation photographique qui permet d'évaluer l'impact visuel du projet;
 - les paysages, incluant les éléments et ensembles visuels d'intérêt local ou touristique, et les points de repère permettant de représenter le milieu.

3. DESCRIPTION DU PROJET ET DES VARIANTES DE RÉALISATION

Cette section de l'étude comprend la détermination des variantes de réalisation, la sélection, à l'aide de paramètres discriminants, de la variante ou des variantes sur lesquelles portera l'analyse détaillée des impacts et enfin, la description de la ou des variantes sélectionnées.

3.1 Détermination des variantes

L'étude d'impact présente les différentes variantes de la solution choisie pour répondre aux problèmes ou aux besoins à l'origine d'un projet, en considérant, le cas échéant, celles qui ont été proposées lors des consultations effectuées par l'initiateur. Les variantes proposées doivent refléter les enjeux majeurs associés à la réalisation du projet et aux préoccupations exprimées par la population. Elles doivent prendre en compte les besoins à combler, la préservation de la

qualité de l'environnement ainsi que l'amélioration de l'efficacité économique et de l'équité sociale. La proposition d'une variante peut être motivée, par exemple, par le souci d'éviter, de réduire ou de limiter :

- l'empreinte du projet sur le milieu aquatique ou sur le milieu terrestre qui pourrait limiter d'autres usages existants ou potentiels;
- la détérioration ou la perte d'habitat pouvant affecter la biodiversité du milieu;
- la perte de milieux exceptionnels;
- le recours au dynamitage;
- l'enrochement ou l'artificialisation des rives;
- les zones à risque de glissement de terrain et d'érosion des berges;
- la détérioration de la qualité de vie des communautés avoisinantes;
- les coûts de construction et d'exploitation du projet;
- la répartition inéquitable des impacts et des bénéfices du projet pour la population.

De plus, chaque variante sélectionnée doit répondre, au moins en bonne partie, aux problèmes ou besoins identifiés, être faisable sur les plans juridique et technique (tenure des terres, zonage, topographie, ouvrages d'art, disponibilité de la main-d'œuvre, etc.) et également être réalisable à des coûts ne compromettant pas la rentabilité économique du projet. Les variantes sélectionnées doivent viser à limiter l'ampleur des impacts négatifs sur les milieux biophysique et humain, en plus de maximiser les retombées positives.

3.2 Sélection de la variante ou des variantes

L'étude présente une comparaison des variantes présélectionnées en vue de retenir la ou les variantes qui se démarquent des autres. L'étude présente le raisonnement et les critères utilisés pour arriver au choix des variantes retenues. Ces critères doivent notamment permettre de vérifier la réponse aux éléments identifiés dans la raison d'être du projet et l'attention portée aux objectifs du développement durable.

Pour la sélection des variantes, l'initiateur est notamment tenu de respecter les principes environnementaux suivants (outre les aspects réglementés) :

- la destruction d'habitats en milieux hydrique ou humide doit d'abord être évitée, sinon minimisée ou, en dernier recours, compensée;
- le dragage ou le remblayage en milieu aquatique ne peuvent être autorisés qu'en cas d'absolue nécessité et doivent être réduits, autant que possible, en termes de volume et de récurrence;
- le taux de sédimentation doit être minimisé afin de réduire la fréquence et l'importance des dragages d'entretien;
- les dynamitages en milieu aquatique doivent être limités au strict minimum;
- la gestion des sédiments contaminés doit respecter les Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec et le cadre d'application : prévention, dragage et restauration;

- lors de l'analyse des options de gestion des sédiments dragués, la valorisation des sédiments doit être privilégiée (aménagements fauniques, matières résiduelles fertilisantes, etc.);
- la gestion des sols contaminés et des sédiments en milieu terrestre doit respecter la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés;
- lorsque la situation le permet, l'utilisation des techniques de stabilisation les plus susceptibles de permettre l'implantation de végétation naturelle doit être favorisée;
- la perte de milieu d'intérêt pour les collectivités concernées doit être minimisée;
- le projet doit respecter les normes et mesures de sécurité de la navigation lors de la réalisation des travaux.

3.3 Description de la variante ou des variantes sélectionnées

L'étude décrit l'ensemble des caractéristiques connues et prévisibles associées à la variante sélectionnée ou, le cas échéant, à chacune des variantes retenues pour l'analyse détaillée des impacts. Cette description comprend les activités, les aménagements, les travaux et les équipements prévus, pendant les différentes phases de réalisation du projet, de même que les installations et les infrastructures temporaires, permanentes et connexes. Elle présente aussi une estimation des coûts de chaque variante et fournit le calendrier de réalisation.

La liste 3 énumère les principales caractéristiques qui peuvent être décrites. Cette liste n'est pas nécessairement exhaustive et l'initiateur est tenu d'y ajouter tout autre élément pertinent. Le choix des éléments à considérer dépend largement de la dimension et de la nature du projet ainsi que du contexte d'insertion de chaque variante dans son milieu récepteur.

LISTE 3 : PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU PROJET

- Le plan d'ensemble des composantes du projet à une échelle appropriée qui montre les ouvrages déjà en place;
- les coordonnées géographiques précises des principales composantes;
- le zonage, la localisation cadastrale en vigueur des terrains touchés (lots, rangs, cantons, cadastre de paroisse, etc., et lots du cadastre du Québec en territoire rénové) et les municipalités touchées. Dans le cas des terres publiques, la localisation doit être effectuée au cadastre en vigueur (lots, rangs, cantons, cadastre de paroisse, etc., et lots du cadastre du Québec en territoire rénové) et, en son absence, à l'arpentage primitif, et le droit de propriété confirmé selon l'inscription au Registre du domaine de l'État;
- le statut de propriété des terrains (terrains municipaux, parcs provinciaux ou fédéraux, réserves, propriétés privées, etc.), les droits de propriété et d'usage accordés (ou les démarches requises ou entreprises afin de les acquérir), les droits de passage et les servitudes;
- une représentation de l'ensemble des aménagements et ouvrages prévus (plan en perspective, simulation visuelle, etc.), en incluant, si possible, une photographie aérienne récente du secteur;
- les activités en milieux aquatique, terrestre et riverain, y compris :

- le dragage (superficie, volume, fréquence, méthodes),
- le remblayage (superficie, volumes, caractéristiques, provenance et acheminement des matériaux utilisés, entreposage temporaire),
- le dynamitage,
- la gestion du panache de dispersion anticipé par la mise en suspension des sédiments aux lieux de dragage et de rejet en eau libre, le cas échéant, comprenant notamment les mesures d'atténuation de cette mise en suspension,
- l'assèchement de parties de cours ou de plan d'eau,
- le déboisement et le défrichage en berge;
- le transport, l'assèchement et la valorisation des sédiments dragués, notamment :
 - la gestion des sédiments dragués (transport, dépôt en milieu aquatique ou terrestre, confinement, consolidation de berge, aménagement d'habitat, etc.) et les méthodes prévues pour le traitement des ces sédiments, le cas échéant (décontamination, assèchement, etc.),
 - les sites pour l'assèchement des sédiments en milieu terrestre, s'il y a lieu,
 - les lieux de dépôt définitif des sédiments en milieu aquatique ou terrestre;
- la gestion des eaux de ruissellement et les eaux de drainage (collecte, contrôle, dérivation, confinement);
- le déplacement de bâtiments et d'autres structures ou infrastructures (prise d'eau, conduite et émissaire d'eaux usées);
- la démolition et l'enlèvement du béton, de la ferraille ou autre, incluant la gestion sécuritaire des matériaux de démolition contaminés;
- la mise en place et l'exploitation des installations et infrastructures nécessaires à la construction des ouvrages :
 - les aires de travail,
 - les systèmes de traitement des eaux de pompage,
 - les ouvrages de dérivation des eaux (digues, batardeaux, etc.),
 - les routes d'accès,
 - les parcs pour la machinerie et les équipements,
 - les aires de réception, de manutention et d'entreposage des matériaux;
- les activités et les modes d'exploitation si applicables, incluant :
 - l'entretien des ouvrages, des aménagements et des installations,
 - les dragages d'entretien (volume et fréquence),
 - l'élimination des sédiments;
- le calendrier de réalisation (dates de début et de fin et séquence généralement suivie);
- la main-d'œuvre requise et les horaires quotidiens de travail, selon les phases du projet;
- l'entretien des ouvrages, des aménagements et des installations, y compris, les dragages d'entretien (superficie, volume, fréquence basée sur le bilan sédimentaire du plan d'eau, méthodes et gestion des sédiments dragués);
- les installations et infrastructures connexes (installations portuaires ou aéroportuaires, garages, réservoirs de produits pétroliers, stationnements, bureaux, installations sanitaires, etc.);

- les coûts estimatifs du projet et de ses variantes, incluant les coûts d'entretien des ouvrages.

4. ANALYSE DES IMPACTS DU PROJET

Cette section porte sur la détermination et l'évaluation des impacts des variantes sélectionnées ou, le cas échéant, de la variante retenue, au cours des différentes phases de réalisation; elle porte également sur la proposition de mesures destinées à atténuer ou à éliminer les impacts négatifs ou à compenser les impacts résiduels inévitables. De plus, cette section comporte, pour les cas où l'analyse des impacts porte sur plus d'une variante, une comparaison des variantes sélectionnées en vue du choix de la variante optimale.

4.1 Détermination et évaluation des impacts

L'initiateur détermine les impacts de la variante ou des variantes sélectionnées, pendant les phases de préparation, de construction et d'exploitation, et en évalue l'importance en utilisant une méthode et des critères appropriés. Il considère les impacts positifs et négatifs, directs et indirects sur l'environnement et, le cas échéant, les impacts cumulatifs, synergiques, différés et irréversibles liés à la réalisation du projet.

L'évaluation de l'importance d'un impact dépend d'abord du changement subi par les composantes environnementales affectées. Ainsi, plus un impact est étendu, fréquent, durable ou intense, plus il sera important. L'impact doit être localisé à l'échelle de la zone d'étude, de la région ou de la province (par exemple, une perte de biodiversité).

L'évaluation de l'importance d'un impact dépend aussi de la composante affectée, c'est-à-dire de sa valeur intrinsèque pour l'écosystème (sensibilité, unicité, rareté, réversibilité), de même que des valeurs sociales, culturelles, économiques et esthétiques attribuées à ces composantes par la population. Ainsi, plus une composante de l'écosystème est valorisée par la population, plus l'impact sur cette composante risque d'être important. Les préoccupations fondamentales de la population, notamment lorsque des éléments du projet constituent un danger pour la santé ou la sécurité ou présentent une menace pour le patrimoine culturel et archéologique terrestre et submergé, influencent aussi cette évaluation. De plus, l'étude mentionne, le cas échéant, la reconnaissance formelle de la composante par un statut particulier qui lui a été attribué.

Alors que la détermination des impacts se base sur des faits appréhendés, leur évaluation renferme un jugement de valeur. Cette évaluation peut non seulement aider à établir des seuils ou des niveaux d'acceptabilité, mais également permettre de déterminer les critères d'atténuation des impacts ou les besoins en matière de surveillance et de suivi.

L'étude décrit la méthode retenue, de même que les incertitudes ou les biais qui s'y rattachent. Les méthodes et techniques utilisées doivent être objectives, concrètes et reproductibles. Le lecteur doit pouvoir suivre facilement le raisonnement de l'initiateur pour déterminer et évaluer les impacts. À tout le moins, l'étude présente un outil de contrôle pour mettre en relation les activités du projet et la présence des ouvrages avec les composantes du milieu. Il peut s'agir de tableaux synoptiques, de listes de vérification ou de fiches d'impact.

La liste 4 énumère sommairement les impacts et des éléments auxquels l'initiateur doit porter attention dans l'étude d'impact.

Liste 4 : Principaux impacts du projet

Milieu biophysique

- Les perturbations des milieux aquatique et humide causées par les activités de dragage, de creusage ou de remblayage et l'assèchement temporaire de parties de cours d'eau :
 - les superficies d'habitats naturels affectées directement par les travaux de dragage, de creusage ou de remblayage dans le milieu aquatique,
 - les effets de la remise en suspension de sédiments dans l'eau (habitat aquatique, prise d'eau potable, etc.),
 - les effets sur la contamination du milieu par la remise en suspension de sédiments contaminés, le cas échéant;
- les effets du ruissellement ou du drainage sur la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines (particulièrement pour l'eau potable);
- l'érosion des rives et des berges;
- les effets de la modification des conditions hydrodynamiques (vitesse et distribution des courants), du régime des glaces et du régime thermique;
- les effets de la modification du régime sédimentologique;
- les effets sur la flore, la faune et leurs habitats, particulièrement sur les espèces à statut particulier;
- les effets des programmes d'entretien et d'inspection sur le maintien des écosystèmes présents en amont et en aval ainsi que sur les différentes mesures d'atténuation et de compensation mises en place pendant la construction ou l'exploitation du projet;
- la perte de biodiversité du milieu;
- les effets du projet sur les grands enjeux de nature atmosphérique, dont les gaz à effet de serre.

Milieu humain

- Les impacts sociaux de l'ensemble du projet, soit les changements potentiels du profil démographique, du profil culturel, la situation économique et la cohésion sociale de la population concernée. Ces changements peuvent affecter la réalisation des activités de la vie quotidienne (vie communautaire, emploi, utilisation du territoire, éducation, sports et loisirs, relations sociales, déplacements, habitation, etc.) ainsi que la qualité de vie (par la présence de nuisances telles que le bruit, les poussières et la perte d'espaces naturels ou récréatifs);
- les impacts potentiels sur la santé publique en considérant notamment les concentrations ou charges de contaminants auxquelles la population pourrait être exposée. Ces impacts sont estimés en fonction de critères basés sur des considérations de santé publique en tenant compte du bruit de fond existant dans le milieu récepteur. En ce qui concerne les risques pour la santé publique, un niveau approprié d'analyse doit être utilisé. Si des préoccupations particulières sont exprimées, des études supplémentaires, telle une évaluation de risque complète, peuvent être demandées afin de caractériser le risque avec plus d'exactitude;
- les nuisances causées par le bruit, les poussières, les odeurs et le transport lourd pendant la période de construction;

- les impacts sur l’accessibilité et l’utilisation actuelle et prévue du territoire et des ressources, notamment sur les activités culturelles, récréatives, touristiques et commerciales, dont la pêche, la chasse ou le piégeage;
- les impacts sur les communautés autochtones notamment sur la pratique des activités traditionnelles à des fins alimentaires, rituelles ou sociales, ainsi que sur les valeurs partagées et transmises au sein de leur culture;
- les impacts sur les usages de l’eau dont, les prélèvements d’eau, et la navigation;
- les impacts sur les affectations du territoire inscrites au schéma d’aménagement dont notamment les aires protégées;
- les impacts sur les infrastructures de services publics, communautaires et institutionnels, actuelles et projetées, telles que les routes, les lignes et les postes électriques, les prises d’eau, les hôpitaux, les parcs et les autres sites naturels, les pistes cyclables et les autres équipements récréatifs, les services de protection publique, etc.;
- les retombées économiques associées à l’aménagement et à l’exploitation des installations; les impacts économiques peuvent comprendre les prix et salaires, les possibilités d’emploi ou de contrats au niveau régional, la répartition des revenus, la valeur des terres et des propriétés, la base de taxation et les revenus des gouvernements locaux;
- les impacts sur le patrimoine archéologique terrestre ou submergé : les sites (y compris les sépultures et les sites paléontologiques), les secteurs et les zones à potentiel archéologique;
- les impacts sur le patrimoine bâti et paysager : les immeubles et les secteurs patrimoniaux, les monuments et sites historiques, les arrondissements historiques et naturels, etc.;
- les effets sur l’environnement visuel (intrusion de nouveaux éléments dans le champ visuel et changement de la qualité esthétique du paysage).

4.2 Atténuation des impacts

L’atténuation des impacts vise la meilleure intégration possible du projet aux milieux biophysique et humain. À cet égard, l’étude précise les mesures prévues aux différentes phases de réalisation pour éliminer les impacts négatifs associés au projet ou pour réduire leur intensité, de même que les mesures prévues pour favoriser ou maximiser les impacts positifs. L’étude présente une évaluation de l’efficacité des mesures d’atténuation proposées et fournit une estimation de leurs coûts.

Les mesures d’atténuation suivantes peuvent, par exemple, être considérées :

- le choix de la période des travaux (zones et périodes sensibles pour la faune terrestre et aquatique, pêche, récréation, etc.);
- les précautions prises pour limiter l’introduction et la propagation d’espèces exotiques envahissantes;
- l’atténuation du bruit des travaux pour les populations avoisinantes;
- le choix des itinéraires pour le transport et des horaires afin d’éviter les accidents et les nuisances (bruit, poussières, congestion aux heures de pointe, perturbation du sommeil et des périodes de repos, etc.);

- les mesures de sécurité des utilisateurs du plan ou du cours d'eau durant les travaux;
- l'intégration visuelle des ouvrages et infrastructures (la restauration du couvert végétal des lieux altérés et l'ajout d'aménagements ou d'équipements améliorant les aspects paysager et esthétique de la route et des zones adjacentes);
- les mesures visant à favoriser les retombées économiques régionales, les ententes entre partenaires régionaux et les clauses contractuelles mises en place pour favoriser les retombées économiques régionales.

4.3 Choix de la variante

Lorsque l'analyse des impacts porte sur plus d'une variante, l'étude présente un bilan comparatif des variantes sélectionnées en vue de retenir la meilleure. L'étude présente alors les critères utilisés à l'appui du choix effectué. Tout en répondant aux besoins identifiés, la variante retenue devrait être celle qui est la plus acceptable relativement aux objectifs du développement durable. Elle doit présenter des avantages par rapport aux autres variantes sur le plan de la préservation de la qualité de l'environnement et sur celui de l'amélioration de l'équité sociale et de l'efficacité économique.

4.4 Compensation des impacts résiduels

À la suite du choix de la variante, l'initiateur détermine les mesures de compensation des impacts résiduels, c'est-à-dire les impacts qui subsistent après l'application des mesures d'atténuation, tant pour le milieu biophysique que pour les citoyens et les communautés touchés. La perte d'habitats en milieu aquatique ou humide pourrait notamment être compensée par la création ou l'amélioration d'habitats équivalents. Les possibilités de réutilisation des équipements ou des installations temporaires à des fins publiques ou communautaires devraient être considérées comme mesures compensatoires, tout comme la mise en réserve pour utilisation future de certains résidus de construction tels que la végétation coupée, les matériaux de déblais ou tout autre résidu.

4.5 Synthèse du projet

L'initiateur présente une synthèse du projet en précisant les éléments importants à inclure aux plans et devis. Cette synthèse comprend les modalités de réalisation du projet et le mode d'exploitation prévu. Elle présente les principaux impacts du projet et les mesures d'atténuation qui en découlent, elle rappelle les enjeux du projet et elle illustre de quelle manière sa réalisation répond aux besoins initialement identifiés et tient compte des objectifs du développement durable qui sont la préservation de la qualité de l'environnement, l'amélioration de l'équité sociale et l'amélioration de l'efficacité économique.

5. SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE

La surveillance environnementale est réalisée par l'initiateur de projet et elle a pour but de s'assurer du respect :

- des mesures proposées dans l'étude d'impact, incluant les mesures d'atténuation ou de compensation;
- des conditions fixées dans le décret gouvernemental;
- des engagements de l'initiateur prévus aux autorisations ministérielles;
- des exigences relatives aux lois et aux règlements pertinents.

La surveillance environnementale concerne principalement la phase des travaux du projet. Le programme de surveillance peut permettre, si nécessaire, de réorienter les travaux et éventuellement d'améliorer le déroulement de la construction et de la mise en place des différents éléments du projet.

L'initiateur de projet doit proposer dans l'étude d'impact un programme préliminaire de surveillance environnementale. Ce programme préliminaire sera complété, le cas échéant, à la suite de l'autorisation du projet. Ce programme décrit les moyens et les mécanismes mis en place pour s'assurer du respect des exigences légales et environnementales. Il permet de vérifier le bon fonctionnement des travaux, des équipements et des installations et de surveiller toute perturbation de l'environnement causée par la réalisation et l'exploitation du projet.

Le programme de surveillance environnementale doit notamment comprendre :

- la liste des éléments nécessitant une surveillance environnementale;
- l'ensemble des mesures et des moyens envisagés pour protéger l'environnement;
- les caractéristiques du programme de surveillance, lorsque celles-ci sont prévisibles (exemples : localisation des interventions, protocoles prévus, liste des paramètres mesurés, méthodes d'analyse utilisées, échéancier de réalisation, ressources humaines et financières affectées au programme);
- un mécanisme d'intervention en cas de non-respect des exigences légales et environnementales ou des engagements de l'initiateur;
- les engagements de l'initiateur quant au dépôt des rapports de surveillance (nombre, fréquence et contenu);
- les engagements de l'initiateur de projet quant à la diffusion des résultats de la surveillance environnementale à la population concernée.

6. SUIVI ENVIRONNEMENTAL

Le suivi environnemental est effectué par l'initiateur de projet et il a pour but de vérifier, par l'expérience sur le terrain, la justesse de l'évaluation de certains impacts et l'efficacité de certaines mesures d'atténuation ou de compensation prévues à l'étude d'impact et pour lesquelles il subsiste une incertitude. Le suivi environnemental peut porter autant sur le milieu biophysique que sur le milieu humain, et notamment, sur certains indicateurs de développement durable permettant de suivre, après la réalisation du projet, l'évolution d'enjeux identifiés en cours d'analyse.

Les connaissances acquises lors des programmes de suivi environnemental antérieurs peuvent être utilisées non seulement pour améliorer les prévisions et les évaluations relatives aux impacts des nouveaux projets de même nature, mais aussi pour mettre au point des mesures d'atténuation et éventuellement réviser les normes, directives ou principes directeurs relatifs à la protection de l'environnement.

L'initiateur doit proposer dans l'étude d'impact un programme préliminaire de suivi environnemental. Ce programme préliminaire sera complété, le cas échéant, à la suite de l'autorisation du projet. Ce programme doit notamment comprendre les éléments suivants :

- les raisons d'être du suivi, incluant une liste des éléments nécessitant un suivi environnemental;
- la durée minimale du programme de suivi, ses objectifs et les composantes visées par le programme (exemples : valider l'évaluation des impacts, apprécier l'efficacité des mesures d'atténuation pour les composantes eau, air, sol, etc.);
- le nombre d'études de suivi prévues ainsi que leurs caractéristiques principales (protocoles et méthodes scientifiques envisagés, liste des paramètres à mesurer et échéancier de réalisation projeté);
- les modalités concernant la production des rapports de suivi (nombre, fréquence et format);
- le mécanisme d'intervention mis en œuvre en cas d'observation de dégradation imprévue de l'environnement;
- les engagements de l'initiateur de projet quant à la diffusion des résultats du suivi environnemental à la population concernée.

L'initiateur de projet produit un ou des rapports de suivi conformément aux modalités du document « Le suivi environnemental : Guide à l'intention de l'initiateur de projet », disponible à la Direction générale de l'évaluation environnementale.

PARTIE II – PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE D'IMPACT

Cette deuxième partie de la directive présente certains éléments méthodologiques à considérer dans la préparation de l'étude d'impact ainsi que les exigences techniques relatives à la production du rapport. Elle comporte également un rappel de certaines exigences réglementaires qui pourraient s'appliquer.

1. CONSIDÉRATIONS D'ORDRE MÉTHODOLOGIQUE

L'étude d'impact doit être présentée de façon claire et concise et se limiter aux éléments pertinents à la bonne compréhension du projet et de ses impacts. Ce qui peut être schématisé ou cartographié doit l'être, et ce, à des échelles appropriées. Les méthodes et les critères utilisés doivent être présentés et expliqués en faisant mention, lorsque cela est possible, de leur fiabilité, de leur degré de précision et des limites de leur interprétation. Toute information facilitant la compréhension ou l'interprétation des données, telles les méthodes d'inventaire, devrait être fournie dans une section distincte de manière à ne pas alourdir le texte.

En ce qui concerne la description du milieu, on doit retrouver les éléments permettant d'évaluer la qualité (localisation des stations d'inventaire et d'échantillonnage, dates d'inventaire, techniques utilisées et limitations). Les sources de renseignements doivent être données en référence. Le nom, la profession et la fonction des personnes qui ont contribué à la réalisation de l'étude d'impact doivent être indiqués. Cependant, outre pour nommer ces personnes, l'initiateur du projet est tenu de respecter les exigences de la Loi sur l'accès aux documents des organismes publics et sur la protection des renseignements personnels (chapitre A-2.1) et de la Loi sur la protection des renseignements personnels dans le secteur privé (chapitre P-39.1) et il doit éviter d'inclure de tels renseignements dans l'étude d'impact.

Autant que possible, l'information doit être synthétisée et présentée sous forme de tableau et les données (tant quantitatives que qualitatives) soumises dans l'étude d'impact doivent être analysées à la lumière de la documentation appropriée.

2. EXIGENCES RELATIVES À LA PRODUCTION DU RAPPORT

Lors du dépôt de l'étude d'impact au ministre, l'initiateur doit fournir 30 copies du dossier complet en vertu de l'article 5 du Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement (RÉEIE), ainsi que douze copies de l'étude sur support informatique en format PDF (Portable Document Format). Afin de faciliter le repérage de l'information et l'analyse de l'étude d'impact, l'information comprise dans les copies sur support électronique doit être présentée de la manière décrite dans le document « Dépôt des documents électroniques de l'initiateur de projet », produit par le BAPE. Les addenda produits à la suite des questions et commentaires du Ministère doivent également être fournis en 30 copies et sur support informatique.

Puisque l'étude d'impact doit être mise à la disposition du public pour information, l'initiateur doit aussi fournir, dans un document séparé de l'étude d'impact, un résumé vulgarisé des éléments essentiels et des conclusions de cette étude (article 4 du RÉEIE), ainsi que tout autre document nécessaire pour compléter le dossier. Ce résumé inclut un plan général du projet et un schéma illustrant les impacts, les mesures d'atténuation et les impacts résiduels. L'initiateur doit fournir 30 copies du résumé ainsi que douze copies sur support informatique en format PDF avant que l'étude d'impact ne soit rendue publique par le ministre du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. Il tient compte également des modifications apportées à l'étude à la suite des questions et commentaires du Ministère sur la recevabilité de l'étude d'impact.

Puisque la copie électronique de l'étude d'impact et celle du résumé pourront être rendues disponibles au public sur le site Internet du BAPE, l'initiateur doit également fournir une lettre attestant la concordance entre la copie papier et la copie sur support informatique de l'étude d'impact et du résumé.

Pour faciliter le repérage des documents soumis et leur codification dans les banques informatisées, la page titre de l'étude d'impact doit contenir les renseignements suivants :

- le nom du projet avec le lieu de réalisation;
- le titre du dossier incluant les termes « Étude d'impact sur l'environnement déposée au ministre du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs »;
- le sous-titre du document (par exemple : résumé, rapport principal, annexe, addenda);
- le numéro que la Direction générale de l'évaluation environnementale a attribué au projet au moment de l'émission de la directive;
- le nom de l'initiateur;
- le nom du consultant, s'il y a lieu;
- la date.

3. AUTRES EXIGENCES DU MINISTÈRE

Lors de la demande de certificat d'autorisation selon l'article 22 de la Loi sur la qualité de l'environnement à la suite de l'autorisation du gouvernement en vertu de l'article 31.5 de la loi, l'initiateur doit également fournir les renseignements et documents énumérés aux articles 7 et 8 du Règlement relatif à l'application de la Loi sur la qualité de l'environnement (chapitre Q-2, r. 3^{*}). Si son projet est situé dans le littoral, en rive ou en zone inondable, il doit porter une attention particulière à la réglementation municipale découlant de l'application de la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables.

^{*} En raison d'une révision de la numérotation des règlements effectuée à la suite de l'adoption de la Loi sur le Recueil des lois et des règlements du Québec (chapitre R-2.2.0.0.2), le numéro de règlement Q-2, r. 3 remplace désormais l'ancien numéro Q-2, r. 1.001.

Avant la réalisation du projet, le cas échéant, l'initiateur doit soumettre au Centre d'expertise hydrique du Québec les plans et devis définitifs des ouvrages de retenue (barrages, digues ou autres), pour autorisation en vertu de la Loi sur la sécurité des barrages (chapitre S-3.1.01) par le ministre et pour approbation par le gouvernement en vertu de la Loi du régime des eaux (chapitre R-13).

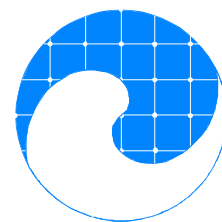
ANNEXE 3-1

CONFIGURATION OPTIMALE D'UN BRISE-LAME POUR LA PROTECTION DE LA PLAGE DE SAINT-ZOTIQUE (ENGLOBE, 2016)



Englobe

Sols Matériaux Environnement



Configuration optimale d'un brise-lame pour la protection de la plage de Saint-Zotique

Rapport technique

Municipalité de Saint-Zotique



RAPPORT | P-0010458 | SEPTEMBRE 2016



*Travaillons ensemble
pour la sécurité*

Municipalité de Saint-Zotique

**Configuration optimale d'un brise-lame pour la protection
de la plage de Saint-Zotique**

Rapport technique

Date : Septembre 2016
N/Réf. : 046-P-0010458-0-01-001



Municipalité de Saint-Zotique

Configuration optimale d'un brise-lame pour la protection de la plage de Saint-Zotique

Rapport technique

Préparé par :	Vladimir Koutitonsky
	Océanographe, Hydrosoft SA
Et :	Marc Pelletier
	Océanographe
Vérifié par :	Harouna Yonaba
	Hydrologue-Hydraulicien
Approuvé par :	Maud Demarty
	Chef d'équipe Englobe, milieu physique

Propriété et confidentialité

« Ce document est la propriété d'Englobe Corp. et est protégé par la loi. Ce rapport est destiné exclusivement aux fins qui y sont mentionnées. Toute reproduction ou adaptation, partielle ou totale, est strictement prohibée sans avoir préalablement obtenu l'autorisation écrite d'Englobe et de la Municipalité de Saint-Zotique.

Si des essais ont été effectués, les résultats de ces essais ne sont valides que pour l'échantillon décrit dans le présent rapport.

Les sous-traitants d'Englobe qui auraient réalisé des travaux au chantier ou en laboratoire sont dûment qualifiés selon la procédure relative à l'approvisionnement de notre manuel qualité. Pour toute information complémentaire ou de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec votre chargé de projet. »

REGISTRE DES RÉVISIONS ET ÉMISSIONS		
No de révision	Date	Description de la modification et/ou de l'émission
0A	2016-09-01	Émission au client pour commentaires
0B	2016-09-06	Modifications aux recommandations, avec note concernant les coliformes. Émission au client pour commentaires finaux

Citation :

KOUTITONSKY, V., M. PELLETIER, P. VERHAAR ET H. YONABA. 2016. *Configuration optimale d'un brise-lame pour la plage de Saint-Zotique*. Rapport technique conjoint, Englobe – Hydrossoft SA pour la Municipalité de Saint-Zotique, Québec. 69 p.



ÉQUIPE DE RÉALISATION

ENGLOBE

Analyse et révision

Directeur de projet

Maud Demarty, biologiste, Ph.D

Chargé de projet

Harouna Yonaba, Hydrolicien, Ing.

Spécialiste

Patrick Verhaar, Géomorphologue, Ph.D

HYDROSOFT SA

Analyse et rédaction

Directeur de projet

Vladimir Koutitonsky, Océanographe, Ph. D.

Spécialiste

Marc Pelletier, Océanographe, M.Sc.

TABLE DES MATIÈRES

ÉQUIPE DE RÉALISATION	I
1 INTRODUCTION	1
2 OBJECTIF	5
3 REVUE DES DONNÉES DISPONIBLES	7
3.1 Données 2010-2015 – Lac Saint-François	7
3.1.1 Vents	7
3.1.2 Débits entrant et sortant du lac Saint-François	9
3.1.3 Niveaux	11
3.2 Données août-septembre 2015 – Plage Saint-Zotique	11
3.2.1 Bathymétrie	11
3.2.2 Granulométrie des sédiments	12
3.2.3 Courants : août et septembre 2015	13
3.2.4 Vagues : août et septembre 2015	15
3.2.5 Niveaux dans le lac : août et septembre 2015	16
4 MODÉLISATION NUMÉRIQUE	17
4.1 Approche de la modélisation	17
4.2 Modèle de vague	18
4.3 Modèle hydrodynamique	21
4.4 Modèle de transport de sable	24
5 CHOIX D'UN BRISE-LAME	27
5.1 Configuration des sept brise-lames étudiés	27
5.2 Impacts des brise-lames sur les vagues	29
5.3 Impacts des brise-lames sur les courants	44
5.4 Impacts des brise-lames sur le banc de sable	53
6 RECOMMANDATIONS	69

TABLE DES MATIÈRES

Tableaux

Tableau 1	Analyse d'éparpillement des vents horaires à la station de Saint-Anicet, de 2000 à 2015	8
Tableau 2	Occurrence des vents extrêmes de l'OSO et de l'ENE dans le lac Saint-François	9
Tableau 3	Statistiques de base des principaux débits entrant et sortant du lac Saint-François, 2010-2015	11
Tableau 4	Statistiques de base des niveaux journaliers à diverses stations de mesure dans le lac Saint-François de 2010 à 2015	11
Tableau 5	Positions X, Y en coordonnées UTM-18 et longueurs des divers segments des brise-lames étudiés	28

TABLE DES MATIÈRES

Figures

Figure 1	La plage de Saint-Zotique en 2015, avec le trait de côte de 1965 (ligne jaune, étude PK)	1
Figure 2	Schéma illustrant les composantes de la dynamique sédimentaire actuelle en face de la plage de Saint-Zotique (Pelletier et Koutitonsky, 2015)	2
Figure 3	Rose des vents horaires à la station météorologique de Saint-Anicet, de 2000 à 2015	8
Figure 4	Points de contrôle des débits sortant du lac Saint-François	10
Figure 5	Débits entrant dans le lac à Cornwall et sortant du lac au barrage de Beauharnois, à du Coteau-1 et à du Coteau-3	10
Figure 6	Bathymétrie en face de la plage de Saint-Zotique, août 2015	12
Figure 7	Diamètre (D_{50}) des grains sur la plage, dans le banc de sable et au large de la plage de Saint-Zotique, en août 2015	13
Figure 8	Positions des stations de mesures de vagues et niveaux (stations 1 et 2) et courants (station 2), du 20 août au 16 septembre 2015	14
Figure 9	Vitesses et directions du courant mesurées à la station 2 et du vent mesuré à Saint-Anicet	14
Figure 10	Hauteurs significatives (H_s) des vagues mesurées à la station 1 (rouge) et 2 (bleu) en face de la plage de Saint-Zotique	15
Figure 11	Niveaux de l'eau dans le lac Saint-François en août et septembre 2015	16
Figure 12	Vitesse et direction du vent mesuré à Saint-Anicet (bleu), du vent extrême annuel de l'ENE (rouge) et du vent extrême annuel de l'OSO (rouge)	18
Figure 13	Grille G1 du modèle de vagues dans le lac Saint-François, avec en médaillon le détail aux alentours de la plage de Saint-Zotique. Les deux traits jaunes constituent les limites ouvertes sud-ouest et nord-est de la grille G2 du modèle hydrodynamique	19
Figure 14	Hauteurs significatives des vagues mesurées aux stations 1 et 2 et simulées par le modèle de vague à ces mêmes stations	20
Figure 15	Hauteur significative des vagues durant les tempêtes de vent extrême annuel de l'ENE (haut) et de l'OSO (bas)	21
Figure 16	Grille de calcul G2 du modèle hydrodynamique, avec ses frontières ouvertes amont et aval et en médaillon, le détail de la grille à la plage de Saint-Zotique	22
Figure 17	Comparaison des courants mesurés et simulés à la station 2 et des niveaux mesurés à Coteau-Landing et Saint-Anicet et simulés à la station 2	23
Figure 18	Courant durant les tempêtes de vents extrêmes annuels de l'ENE (haut) et de l'OSO (bas)	24
Figure 19	Érosion (bleu) et déposition (jaune) en face de la plage durant les tempêtes de vents extrêmes annuels de l'ENE (haut) et de l'OSO (bas)	26
Figure 20	Configurations de brise-lames étudiées, des côtés ouest (O), est (E) et sud (S) de la plage	27

TABLE DES MATIÈRES

Figure 21	Coefficient d'atténuation des brise-lames Narval assemblés en simple et en parallèle double29
Figure 22	Comparaison des hauteurs significatives des vagues en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration E1 , au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l' ENE30
Figure 23	Comparaison des hauteurs significatives des vagues en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration E2 , au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l' ENE31
Figure 24	Comparaison des hauteurs significatives des vagues en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration O1 , au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l' ENE32
Figure 25	Comparaison des hauteurs significatives des vagues en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration O2 , au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l' ENE33
Figure 26	Comparaison des hauteurs significatives des vagues en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration O1E1 , au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l' ENE34
Figure 27	Comparaison des hauteurs significatives des vagues en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration O2E2 , au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l' ENE35
Figure 28	Comparaison des hauteurs significatives des vagues en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration S1 , au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l' ENE36
Figure 29	Comparaison des hauteurs significatives des vagues en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration E1 , au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l' OSO37
Figure 30	Comparaison des hauteurs significatives des vagues en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration E2 , au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l' OSO38
Figure 31	Comparaison des hauteurs significatives des vagues en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration O1 , au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l' OSO39
Figure 32	Comparaison des hauteurs significatives des vagues en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration O2 , au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l' OSO40
Figure 33	Comparaison des hauteurs significatives des vagues en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration O1E1 , au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l' OSO ...41
Figure 34	Comparaison des hauteurs significatives des vagues en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration O1E1 , au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l' OSO ...42

TABLE DES MATIÈRES

Figure 35	Comparaison des hauteurs significatives des vagues en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration S1 , au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l' OSO43
Figure 36	Comparaison des courants en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames permanents de configuration E1 (milieu) et E2 (bas), au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l' ENE45
Figure 37	Comparaison des courants en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames permanents de configuration O1 (milieu) et O2 (bas), au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l' ENE46
Figure 38	Comparaison des courants en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames permanents de configuration O1E1 (milieu) et O2E2 (bas), au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l' ENE47
Figure 39	Comparaison des courants en l'absence de brise-lames (haut) et en présence d'un brise-lame permanent de configuration S1 (bas), au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l' ENE48
Figure 40	Comparaison des courants en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames permanents de configuration E1 (milieu) et E2 (bas), au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l' OSO49
Figure 41	Comparaison des courants en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames permanents de configuration O1 (milieu) et O2 (bas), au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l' OSO50
Figure 42	Comparaison des courants en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames permanents de configuration O1E1 (milieu) et O2E2 (bas), au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l' OSO51
Figure 43	Comparaison des courants en l'absence de brise-lames (haut) et en présence d'un brise-lame permanent de configuration S1 (bas), au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l' OSO52
Figure 44	Comparaison des changements d'épaisseur du banc de sable en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration E1 , à la fin d'une tempête de vent extrême annuel de l' ENE54
Figure 45	Comparaison des changements d'épaisseur du banc de sable en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration E2 , à la fin d'une tempête de vent extrême annuel de l' ENE55
Figure 46	Comparaison des changements d'épaisseur du banc de sable en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration O1 , à la fin d'une tempête de vent extrême annuel de l' ENE56
Figure 47	Comparaison des changements d'épaisseur du banc de sable en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration O2 , à la fin d'une tempête de vent extrême annuel de l' ENE57

TABLE DES MATIÈRES

Figure 48	Comparaison des changements d'épaisseur du banc de sable en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration O1E1 , à la fin d'une tempête de vent extrême annuel de l' ENE	58
Figure 49	Comparaison des changements d'épaisseur du banc de sable en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration O2E2 , à la fin d'une tempête de vent extrême annuel de l' ENE	59
Figure 50	Comparaison des changements d'épaisseur du banc de sable en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration S1 , à la fin d'une tempête de vent extrême annuel de l' ENE	60
Figure 51	Comparaison des changements d'épaisseur du banc de sable en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration E1 , à la fin d'une tempête de vent extrême annuel de l' OSO	61
Figure 52	Comparaison des changements d'épaisseur du banc de sable en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration E2 , à la fin d'une tempête de vent extrême annuel de l' OSO	62
Figure 53	Comparaison des changements d'épaisseur du banc de sable en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration O1 , à la fin d'une tempête de vent extrême annuel de l' OSO	63
Figure 54	Comparaison des changements d'épaisseur du banc de sable en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration O2 , à la fin d'une tempête de vent extrême annuel de l' OSO	64
Figure 55	Comparaison des changements d'épaisseur du banc de sable en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration O1E1 , à la fin d'une tempête de vent extrême annuel de l' OSO	65
Figure 56	Comparaison des changements d'épaisseur du banc de sable en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration O2E2 , à la fin d'une tempête de vent extrême annuel de l' OSO	66
Figure 57	Comparaison des changements d'épaisseur du banc de sable en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration S1 , à la fin d'une tempête de vent extrême annuel de l' OSO	67

1 INTRODUCTION

La plage de Saint-Zotique est située sur la rive nord du lac Saint-François, le long du fleuve Saint-Laurent (45,2224 N, 74,2893 O). Elle s'étend sur une distance d'environ 200 m, entre deux canaux débouchant sur le lac (figure 1, image satellitaire de Google Earth en 2014). La plage a subi depuis sa construction en 1978/79 une érosion qui semble être le résultat combiné de l'action des vagues et des courants en période libre de glace, et de l'emprise des glaces sur le sable en hiver. Une étude de l'évolution historique du trait de plage et des facteurs responsables de cette érosion a été réalisée par Pelletier et Koutitonsky (2015)¹, ci-après dénommée par étude « PK ». L'analyse d'images satellitaires et de photographies aériennes a montré par exemple qu'il y a 50 ans, le trait de plage suivait approximativement la ligne jaune sur la figure 1. Ceci indique bien que la plage a subi une érosion importante du côté ouest et une accrétion du côté est.



Figure 1 La plage de Saint-Zotique en 2015, avec le trait de côte de 1965 (ligne jaune, étude PK)

On constate aussi sur l'image la présence d'un banc de sable sous l'eau, en face de la plage et qui s'étend jusqu'à l'embouchure du canal à l'est. Son étendue se distingue par sa couleur plus claire que celle des zones submergées avoisinantes. Une analyse granulométrique du sable échantillonné dans ce banc (étude PK) a révélé qu'il est identique à celui de la plage, les deux ayant un diamètre de grain $D_{50}=325 \mu\text{m}$. Le sédiment naturel autour du banc est aussi constitué

¹ Pelletier, M. et V. Koutitonsky. 2015. Problématique d'érosion à la plage de Saint-Zotique. Rapport d'analyse soumis à la Municipalité de Saint-Zotique, QC. 78 p.

de sable, mais d'un plus petit diamètre $D_{50}=100\ \mu\text{m}$. Ceci confirme que le banc de sable origine de l'érosion de la plage.

La dynamique sédimentaire de ce banc a ensuite été étudiée à l'aide de modèles numériques de vagues, de courants et de transport de sable, en présence des courants de débits et des tempêtes annuelles des vents prédominants d'est et d'ouest. Une synthèse de cette dynamique est présentée à la figure 2.

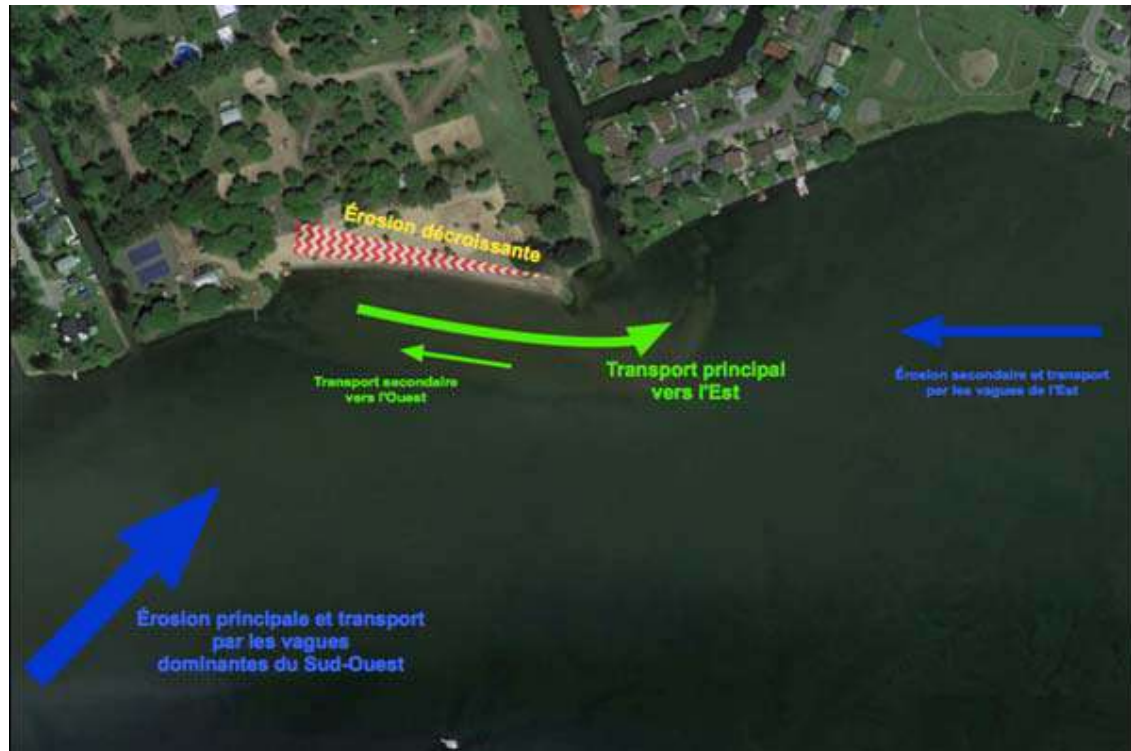


Figure 2 Schéma illustrant les composantes de la dynamique sédimentaire actuelle en face de la plage de Saint-Zotique (Pelletier et Koutitonsky, 2015)

En période libre de glace, l'érosion de la plage et le déplacement du banc de sable en face de la plage sont principalement causés par l'action combinée des vagues et des courants en provenance du sud-ouest. Ces vagues sont générées par les vents prédominants du sud-ouest agissant sur environ 30 km d'eau le long de l'axe sud-ouest nord-est du lac. Les hauteurs significatives des vagues générées par ces vents lors d'une tempête peuvent atteindre entre 0,25 et 0,30 m. Les courants de dérive générés par ces vents s'ajoutent au courant de pente hydraulique généré par le débit entrant dans le lac au sud-ouest à Cornwall et sortant au nord-est à Beauharnois et Coteau-du-Lac. La somme de ces courants peut atteindre entre 0,15 et 0,20 m/s en face de la plage. Lorsque ces courants s'ajoutent aux courants orbitaux des vagues

près du fond, ils sont capables de remettre le sable du banc en suspension et le transporter vers l'est.

Les vitesses des vents du nord-est étant relativement plus faibles et leur « fetch » du nord-est vers la plage étant plus court (10 km), les vagues générées par ces vents en face de la plage sont relativement plus faibles. Aussi, la direction des courants de dérive associés à ces vents étant contraire à celle du courant de pente hydraulique dans le lac, le courant résultant contribue quand même à un transport de sable secondaire en face de la plage vers l'ouest.

À la lumière de ces résultats, l'étude PK recommandait l'engraissement de la plage par l'ajout de sable grossier, le reprofilage de la plage et la protection de celle-ci par l'ajout d'un brise-lame du côté ouest de la plage afin de la protéger contre l'érosion par les vagues et les courants prédominants du sud-ouest.

2 OBJECTIF

L'objectif de la présente étude est d'évaluer, à l'aide de la modélisation numérique, l'impact de différentes configurations de brise-lames sur les vagues, les courants et la dynamique sédimentaire du banc de sable en face de la plage de Saint-Zotique afin de choisir la configuration optimale pour la plage.

Les objectifs spécifiques sont :

- ▶ décrire brièvement les données utilisées dans l'étude PK ;
- ▶ décrire brièvement la mise en œuvre de l'environnement de modélisation numérique ;
- ▶ simuler les vagues, les courants et le transport de sable en face de la plage en présence de sept configurations de brise-lames, lors de deux tempêtes de vent extrême de récurrence annuelle :
 - une tempête de vent extrême de l'ouest-sud-ouest (OSO),
 - une tempête de vent extrême de l'est-nord-est (ENE) ;
- ▶ effectuer ces simulations pour des brise-lames permanents et des brise-lames flottants ;
- ▶ comparer l'efficacité des différentes configurations, des emplacements et des types de brise-lames ;
- ▶ recommander le meilleur brise-lame pour la protection de la plage de Saint-Zotique.

3 REVUE DES DONNÉES DISPONIBLES

L'étude de l'environnement aquatique d'une région côtière du lac Saint-François requiert (i) la connaissance des courants et des vagues dans l'ensemble du lac et (ii) la connaissance de ces paramètres à plus haute résolution dans la région étudiée. En plus, il est important de connaître les forces qui mettent en mouvement ces courants et vagues, tels que les débits entrant et sortant, les niveaux dans le lac pour la pente hydraulique de la surface et les vents. Finalement, la modélisation numérique de ces courants et vagues requiert la bathymétrie du fond du lac et, à plus haute résolution, celle de la région étudiée ainsi que la granulométrie des sédiments.

Ces données sont d'abord résumées pour la période de 2010-2015 afin d'apprécier leur variabilité à long terme, et ensuite pour la période de août-septembre 2015 durant laquelle des mesures de bathymétrie, granulométrie, et séries temporelles de courants et vagues ont été réalisées et discutées par l'étude PK.

3.1 DONNÉES 2010-2015 – LAC SAINT-FRANÇOIS

Il est important, dans un premier temps d'avoir un aperçu de la variabilité temporelle à long terme des forces qui agissent sur le mouvement des eaux dans le lac Saint-François. Cette variabilité est décrite brièvement dans cette section.

3.1.1 Vents

Les vents utilisés sont mesurés par Environnement Canada à la station de Saint-Anicet, située à 7 km de la rive. Les vents horaires ont été téléchargés du 1 janvier 2000 au 31 juillet 2015 du site : <http://climate.weather.gc.ca/climateData>. La rose des vents à la figure 5 présente l'occurrence du vent en fonction des directions géographiques. Cette même information est présentée quantitativement au tableau 1 sous forme de tableau d'éparpillement. Par exemple, une valeur de 48,56 dans la classe de vitesse 4,0 – 5,9 m/s sous la colonne de direction OSO dans ce tableau signifie qu'en moyenne sur 15 ans, il y a 48,56 vitesses de vent horaire sur 1000 qui se situent entre 4,0 et 5,9 m/s.

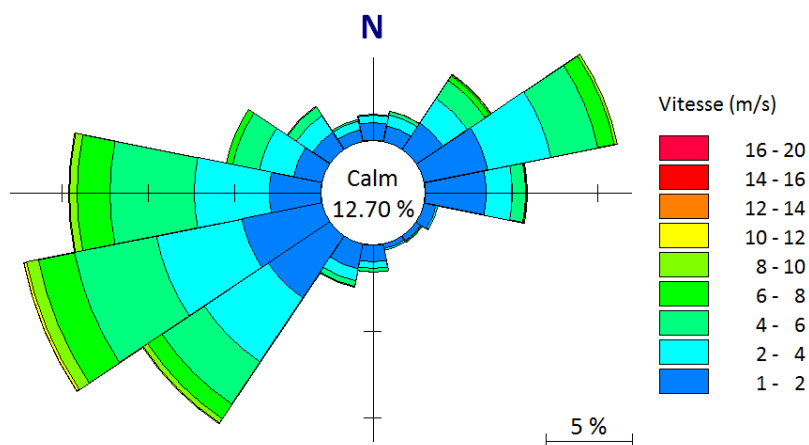


Figure 3 Rose des vents horaires à la station météorologique de Saint-Anicet, de 2000 à 2015

Tableau 1 Analyse d'éparpillement des vents horaires à la station de Saint-Anicet, de 2000 à 2015

Directions	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N
Vitesses (m/s)																
0.0- 1.9	13.47	27.42	52.69	49.55	13.45	7.05	6.00	16.74	21.83	59.65	64.33	45.12	23.06	16.35	10.32	14.19
2.0- 3.9	6.48	16.63	36.07	15.08	0.88	0.44	0.65	3.53	7.09	43.33	50.04	42.49	20.12	11.17	4.44	4.11
4.0- 5.9	2.06	11.64	27.11	7.27	0.31	0.10	0.08	1.78	2.90	28.78	48.56	48.52	15.36	6.02	1.23	0.74
6.0- 7.9	0.15	3.60	9.65	0.82	0.13	0.06	0.01	0.44	0.56	10.04	21.32	19.41	3.69	0.54	0.06	
8.0- 9.9	0.01	0.70	1.66	0.08	0.01			0.03	0.02	2.82	6.87	4.51	0.38	0.02		
10.0-11.9		0.21	0.15						0.01	0.69	1.47	0.57	0.01			
12.0-13.9			0.15	0.02						0.15	0.43	0.08	0.01			
14.0-15.9			0.05							0.04	0.11	0.02				
16.0-17.9										0.01	0.01					
18.0-19.9																
Total	22.17	60.40	127.35	72.80	14.78	7.65	6.74	22.52	32.41	145.51	193.14	160.72	62.63	34.10	16.05	19.04

Ces analyses révèlent que les vents prédominants soufflent de l'ouest-sud-ouest et à plus faible occurrence, de l'est-nord-est. Ces directions coïncident bien avec l'axe longitudinal du lac. Le plus fort vent de l'ouest-sud-ouest avait une vitesse de 17,3 m/s (ou 62 km/h) alors que celui de l'ENE avait une vitesse de 15,9 m/s.

Finalement, les résultats d'une analyse de valeurs extrêmes des vents soufflant du nord-est et du sud-ouest de 2000 à 2015 sont présentés en fonction de diverses périodes de retour au tableau 2. On note ici que ces vents extrêmes sont calculés à l'aide des valeurs moyennes horaires, et non pas à l'aide de bourrasques ou rafales de vent qui ont des vitesses plus élevées.

Tableau 2 Occurrence des vents extrêmes de l'OSO et de l'ENE dans le lac Saint-François

Période de retour (année)	Vents OSO (m/s)	Vents ENE (m/s)
1	13.6 ± 0.3	9.5 ± 0.3
2	14.7 ± 0.4	10.6 ± 0.5
3	15.3 ± 0.5	11.3 ± 0.6
4	15.8 ± 0.5	11.7 ± 0.7
5	16.1 ± 0.5	12.1 ± 0.7
10	17.2 ± 0.6	13.2 ± 1.0
15	17.8 ± 0.7	13.9 ± 1.1
20	18.3 ± 0.7	14.4 ± 1.2
50	19.6 ± 0.9	16.0 ± 1.6

Ces résultats indiquent que des vents extrêmes de 9,5 m/s de l'ENE et de 13,6 m/s de l'OSO sont attendus une fois par année, avec un intervalle de confiance de 95 %. Ces vents extrêmes annuels seront utilisés dans la modélisation des courants, des vagues et du transport de sable en face de la plage de Saint-Zotique.

3.1.2 Débits entrant et sortant du lac Saint-François

L'entrée principale des eaux dans le lac Saint-François est contrôlée au barrage Moses-Sanders à Cornwall au sud-ouest. Ces eaux ressortent au nord-est principalement par le barrage de Beauharnois et à moindre débit par les barrages du Coteau-1, du Coteau-3 et du Coteau-4 (figure 4).

Les débits journaliers correspondants obtenus d'Hydro-Québec et Environnement Canada sont présentés à la figure 5 pour la période de 2010 à 2015. Un débit sortant constant de 80 m³/s est imposé au barrage du Coteau-4.

Ces données révèlent que les débits entrant à Cornwall sont légèrement plus élevés que les débits sortant à Beauharnois et que la différence sort par les barrages du Coteau-1, du Coteau-3 et du Coteau-4. On constate aussi que les débits sont plus faibles en hiver (décembre-janvier) et qu'ils atteignent leur maximum au printemps ou en été. Les moyennes et écarts types de ces débits sont présentés au tableau 3.

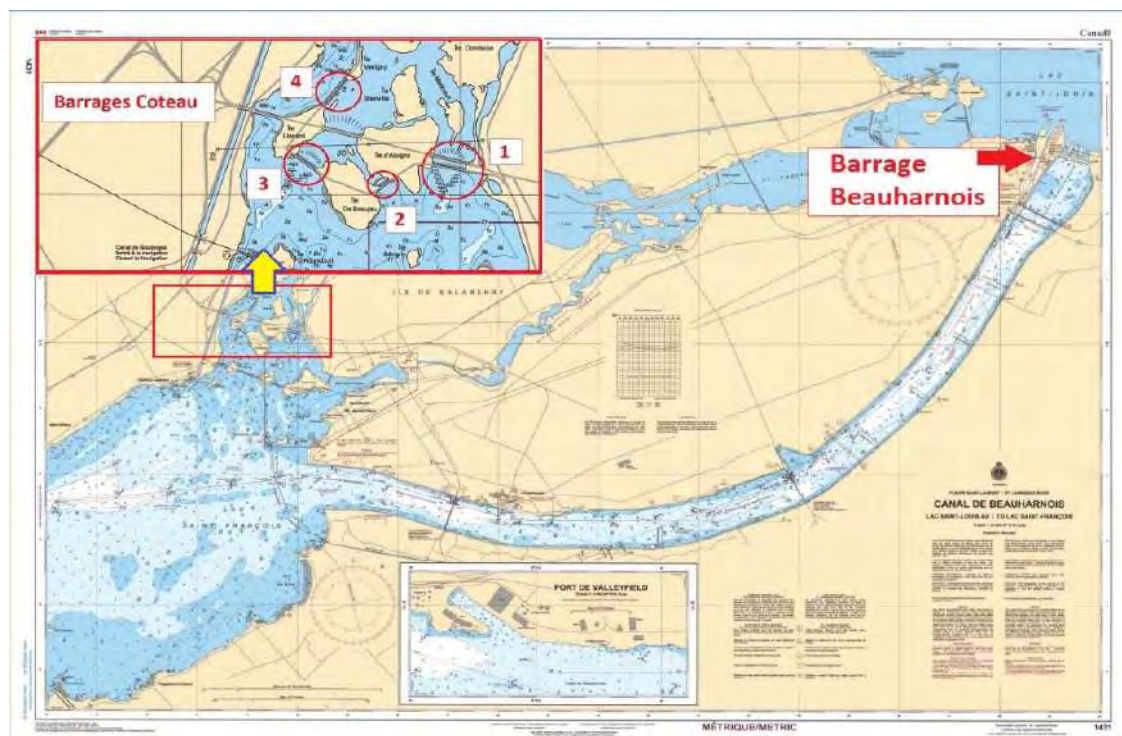


Figure 4 Points de contrôle des débits sortant du lac Saint-François

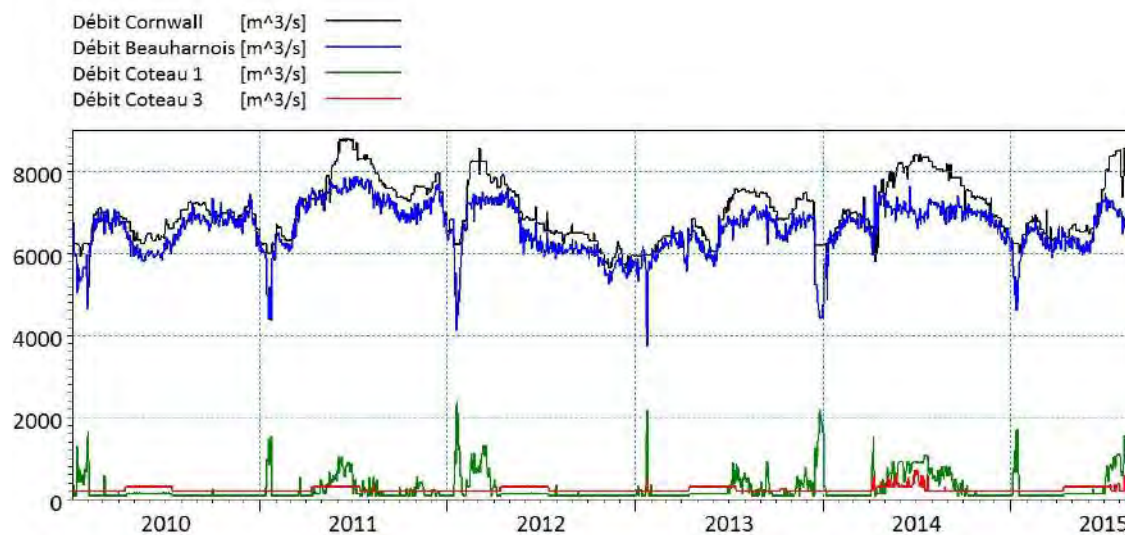


Figure 5 Débits entrant dans le lac à Cornwall et sortant du lac au barrage de Beauharnois, à du Coteau-1 et à du Coteau-3

Tableau 3 Statistiques de base des principaux débits entrant et sortant du lac Saint-François, 2010-2015

Débits journaliers 2010-2015	Moyenne m ³ /s	Dév. Std m ³ /s	Minimum m ³ /s	Maximum m ³ /s
Cornwall	7031	708	5270	8800
Beauharnois	6616	613	3743	7900
Les Coteaux 1	270	335	82	2382
Les Coteaux 3	233	62	194	717
Les Coteaux 4	80	0	80	80

3.1.3 Niveaux

Les niveaux de l'eau dans le lac Saint-François sont enregistrés en continu par la Voie maritime du Saint-Laurent, Environnement Canada et Hydro-Québec. Ces stations sont situées à Cornwall, Summerstown, Saint-Anicet, Pointe Seigneuriale, Coteau-Landing, Port de Valleyfield et pont Saint-Louis dans le canal Beauharnois. Les données sont enregistrées par rapport du niveau de référence international des Grands Lacs. Les statistiques des niveaux journaliers de 2010 à 2015 (tableau 3) révèlent une baisse du niveau d'environ 0,6 m entre Summerstown au sud-ouest et le pont Saint-Louis dans le canal de Beauharnois, alors que la baisse du niveau entre Saint-Anicet et Coteau-Landing est inférieure à 0,03 m.

Tableau 4 Statistiques de base des niveaux journaliers à diverses stations de mesure dans le lac Saint-François de 2010 à 2015

Niveaux journaliers, SRIGL-85 2010-2015	Moyenne (m)	Dév. Std. (m)	Minimum (m)	Maximum (m)
Pont St. Louis	46.103	0.098	45.822	46.343
Port Valleyfield	46.367	0.052	46.175	46.506
Coteau-Landing	46.521	0.031	46.420	46.609
Pte-Seigneuriale	46.544	0.032	46.440	46.670
Saint-Anicet	46.546	0.029	46.457	46.635
Summerstown	46.700	0.045	46.551	46.862

3.2 DONNÉES AOÛT-SEPTEMBRE 2015 – PLAGES SAINT-ZOTIQUE

3.2.1 Bathymétrie

La base de données de profondeur dans le lac est constituée des sondes numérisées des cartes 1431, 1432 et 1433 du Service hydrographique du Canada et des données mesurées en 2015 à haute résolution dans la région immédiate de la plage. Ces données sont utilisées lors de la création des grilles de calcul des modèles numériques. La bathymétrie mesurée près de la plage (figure 6) révèle la présence du banc de sable qui s'étend vers l'est et dans le canal de droite.

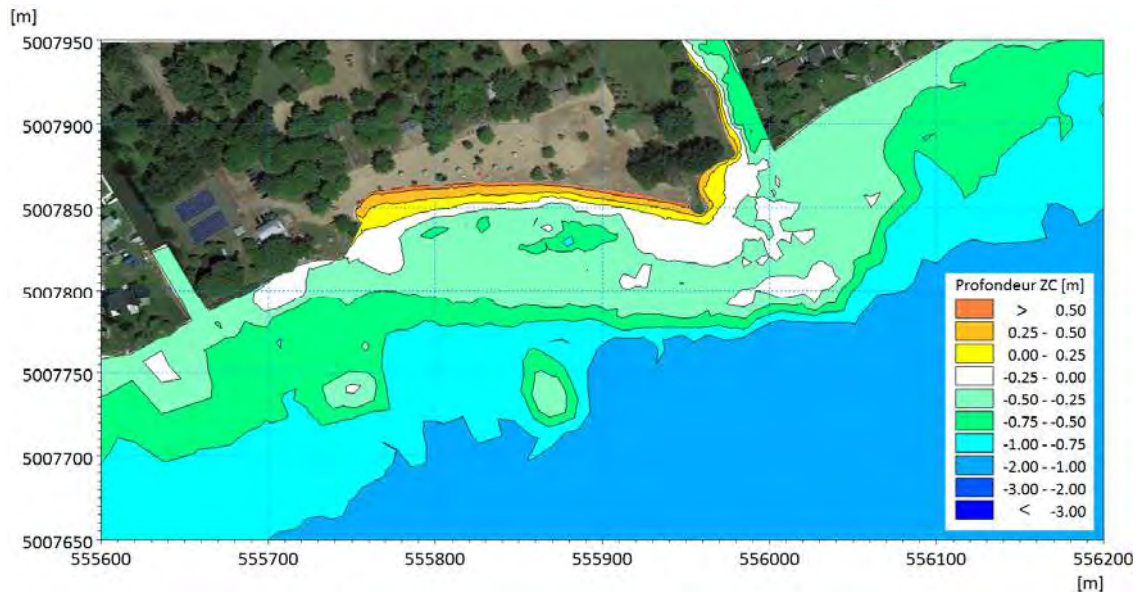


Figure 6 Bathymétrie en face de la plage de Saint-Zotique, août 2015

3.2.2 Granulométrie des sédiments

Vingt échantillons de sédiment ont été prélevés en 2015 sur la plage, dans le banc de sable, aux alentours du banc et dans le canal. Les analyses granulométriques de ces sédiments ont révélé trois différents types de sédiment (figure 7) :

- ▶ sur la plage, le sédiment est composé principalement d'un sable moyen (diamètre environ 325 μm) avec du sédiment fin contenant du silt et des traces d'argile ;
- ▶ dans le banc de sable immergé, on retrouve le même sable moyen que sur la plage, mais peu de sable fin et pas de particules fines (silt et argile), ces dernières ayant été emportées par les courants ;
- ▶ plus au large, on retrouve le sédiment naturel constitué de sable fin à très fin (diamètre d'environ 65-90 μm), avec une fraction importante de silt.

Cette distribution spatiale de sédiments est illustrée à la figure 4. Elle démontre encore une fois que le sable dans le banc de sable provient de la plage et que ce sable est bien différent du sable naturel présent dans l'eau à l'extérieur du banc.

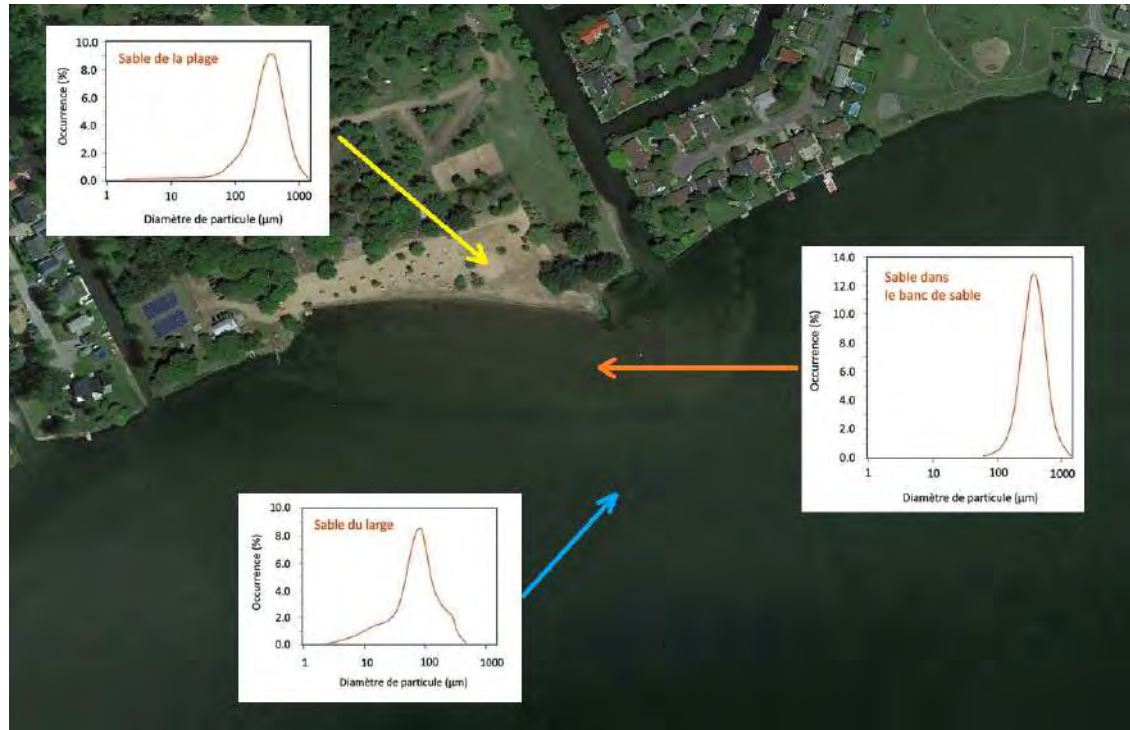


Figure 7 Diamètre (D_{50}) des grains sur la plage, dans le banc de sable et au large de la plage de Saint-Zotique, en août 2015

3.2.3 Courants : août et septembre 2015

L'étude PK présente le détail des mesures de courants et de vague réalisées du 20 août au 16 septembre 2015 à deux stations en face de la plage, la première située au bord du banc de sable et la deuxième au large tout près de la balise de navigation la plus éloignée de la plage (figure 8).

Les vitesses et directions du courant la station 2 sont présentées à la figure 9 avec les directions du vent à Saint-Anicet. Les directions du vent sont incluses afin de déceler s'il existe une relation entre ces directions et les vitesses ou directions des courants.

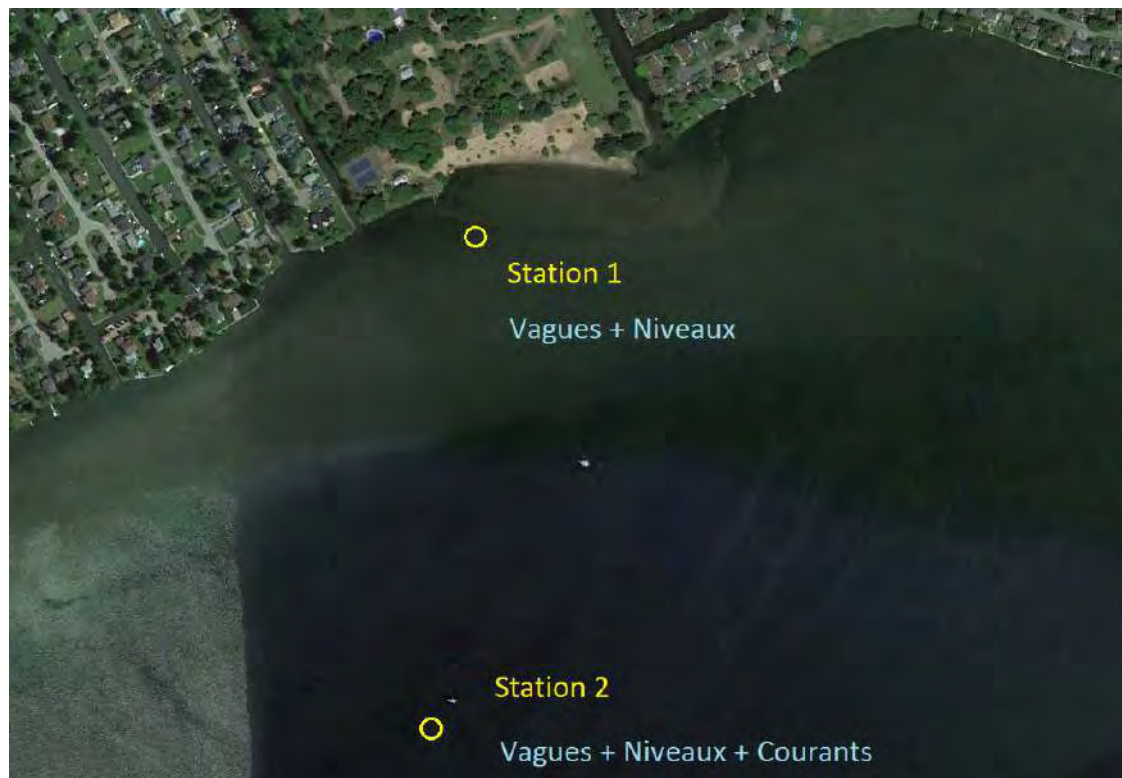


Figure 8 Positions des stations de mesures de vagues et niveaux (stations 1 et 2) et courants (station 2), du 20 août au 16 septembre 2015

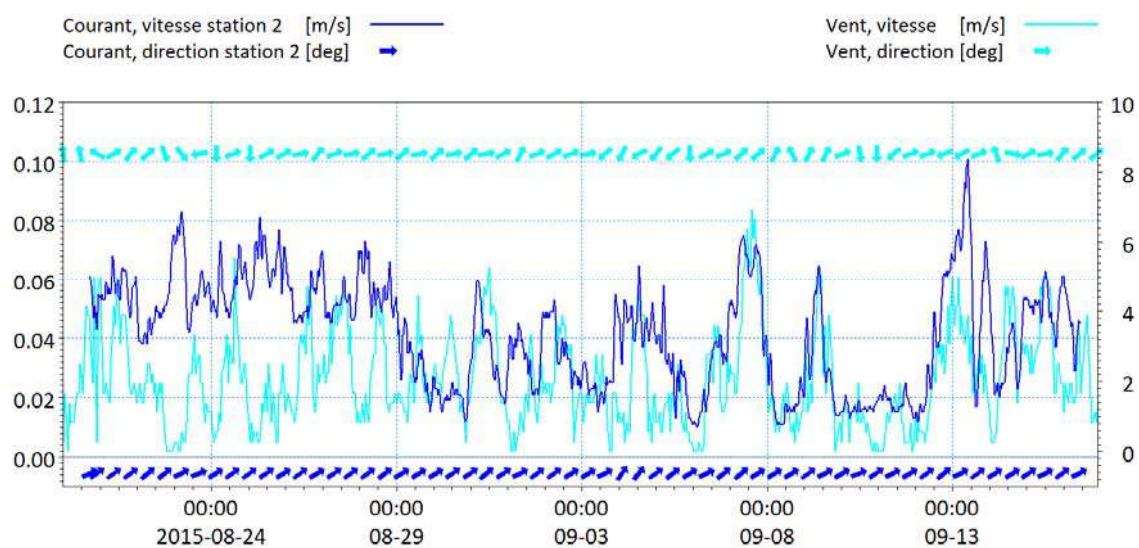


Figure 9 Vitesses et directions du courant mesurées à la station 2 et du vent mesuré à Saint-Anicet

Quelques points sont à noter sur cette figure :

- ▶ les courants en face de la plage de Saint-Zotique sont toujours orientés vers le nord-est, indépendamment de la direction du vent qui souffle sur le lac. Ceci indique que ces courants répondent uniquement à l'inclinaison de la surface de l'amont vers l'aval du lac, c'est-à-dire la pente hydraulique ;
- ▶ les vitesses du courant mesurées à la station 2 oscillent, en début de série, entre 0,04 et 0,08 m/s ;
- ▶ soudainement, aux alentours du 29 août 2015, les vitesses diminuent considérablement, avec quelques résurgences à l'occasion lors de forts vents. Cette diminution ne semble pas attribuable aux vents en tout temps, au niveau du lac ou aux débits sortants. Il est possible que des algues dérivantes aient freiné le rotor du courantomètre qui mesure la vitesse.

3.2.4 Vagues : août et septembre 2015

Les hauteurs significatives des vagues mesurées à la station 1 et 2 sont présentées à la figure 10.

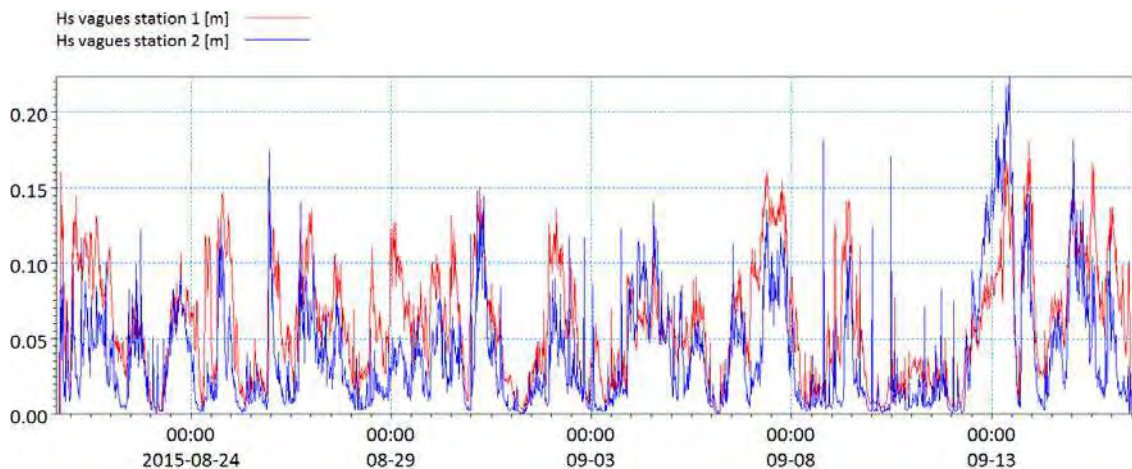


Figure 10 Hauteurs significatives (Hs) des vagues mesurées à la station 1 (rouge) et 2 (bleu) en face de la plage de Saint-Zotique

Les hauteurs significatives des vagues en face de la plage de Saint-Zotique suivent étroitement les vitesses du vent (voir figure 9). Elles demeurent toutefois inférieures à 0.30 m durant la période de mesure. Près de la plage (station 1), elles sont légèrement plus hautes qu'au large (station 2). En effet, lorsque la profondeur diminue à l'approche de la plage les hauteurs augmentent et la vague déferle. Les vagues enregistrées à la station 1 et 2 ne sont pas assez hautes pour créer une érosion de la plage. Ce sont plutôt les vagues qui combinées à un courant de dérive lors de tempêtes de vent qui pourraient causer un transport significatif du sable le long de la plage et vers le large.

3.2.5 Niveaux dans le lac : août et septembre 2015

Les niveaux horaires mesurés à diverses stations dans le lac Saint-François, en même temps que les vagues, courants et niveaux d'eau en face de Saint-Zotique sont présentés à la figure 11 par rapport au Système de référence international des Grands Lacs (SRIGL) de 1985.

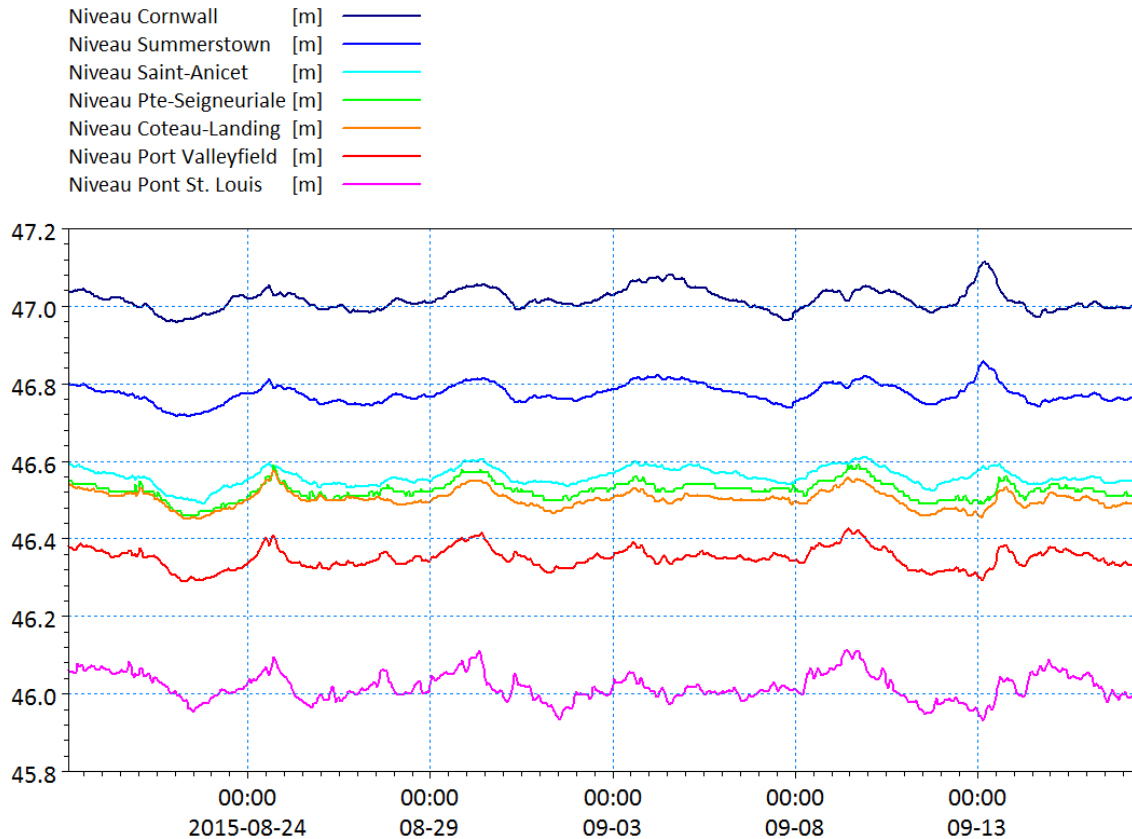


Figure 11 Niveaux de l'eau dans le lac Saint-François en août et septembre 2015

Quelques points sont à noter :

- ▶ la variabilité temporelle des niveaux est similaire à toutes les stations ;
- ▶ il existe une baisse du niveau moyen d'environ 1,0 m le long du lac Saint-François entre à Cornwall au sud-ouest et le pont Saint-Louis dans le canal Beauharnois au nord-est. Cette pente hydraulique de l'amont vers l'aval est discutée par Morin *et al.* (1994, leur figure 4.21) ;
- ▶ il existe aussi quelques oscillations d'environ 0,1 m d'amplitude du niveau dans le lac et d'une durée d'environ cinq jours. Ces oscillations semblent aussi être en phase ;
- ▶ la pente hydraulique entre Saint-Anicet, Pointe Seigneuriale et Coteau-Landing est relativement faible ;
- ▶ la plage de Saint-Zotique étant localisée entre Saint-Anicet et Coteau-Landing, le niveau à la plage devrait se situer entre les niveaux à ces deux stations et le modèle hydrodynamique devrait reproduire ce niveau à Saint-Zotique s'il est bien calibré.

4 MODÉLISATION NUMÉRIQUE

Trois modèles numériques sont utilisés dans cette étude :

- ▶ un modèle de vagues MIKE21-SW pour la génération, la progression et le déferlement des vagues dans le lac Saint-François sous l'effet des vents de surface ;
- ▶ un modèle hydrodynamique MIKE21-HD pour le calcul des courants en fonction des niveaux d'eau et des débits entrant et sortant et des vagues issues du modèle MIKE21-SW ;
- ▶ un modèle de transport de sable MIKE21-ST aux alentours de la plage Saint-Zotique, forcé par les courants et les vagues calculés par les modèles MIKE21-SW et MIKE21-HD.

Ces mêmes modèles ont été utilisés dans l'étude PK. Brièvement, un modèle numérique résout dans un domaine d'intérêt les équations de conservation d'un paramètre à chaque maille d'une grille de calcul de ce domaine et à chaque pas temporel de calcul d'une période de simulation. Par exemple, dans le modèle des vagues, le paramètre conservé est l'action de l'énergie des vagues, dans le modèle hydrodynamique ce paramètre est le « momentum » ou la vitesse multipliée par la masse de l'eau et dans le modèle de transport de sable, ce paramètre est la masse du sable en suspension et sur le fond. Plus de détails sur ces modèles sont disponibles aux sites du DHI (www.mikebydhi.com) et de Hydrosoft SA (www.hydrosoft.ca).

Notons que le modèle de transport de sable MIKE21-ST ne permet pas de simuler l'avancement ou le recul du trait de côte à la plage, car le trait de plage ne peut se déplacer d'une maille à une autre au cours de la simulation. Pour ce faire, il faudrait utiliser un autre modèle du système MIKE21, soit le modèle MIKE21-SM (Shore Management). Cependant, les brise-lames considérés se trouvant dans la région immergée en permanence, leurs impacts sur le déplacement du sable en face de la plage seront bien définis à l'aide du modèle MIKE21-ST. Par exemple, si le brise-lame réduit ou annule le transport de sable en face de la plage, il sera possible de conclure qu'il réduit ou annule du même coup l'érosion de la plage.

4.1 APPROCHE DE LA MODÉLISATION

L'approche consiste à simuler les vagues, les courants et le transport de sable lors de tempêtes de vent extrême annuel de l'ENE et de l'OSO, d'abord en l'absence de brise-lames (section 4), puis en présence de différentes configurations de brise-lames (section 5).

La comparaison des résultats des simulations réalisées en l'absence et en présence de brise-lames permettra d'évaluer l'impact des brise-lames sur la dynamique de l'érosion du banc de sable et de la plage. La comparaison sera effectuée avec des brise-lames permanents en enrochement, et dans un deuxième temps avec des brise-lames flottants.

Le choix des vents de tempête extrême annuelle est déterminé à partir de l'analyse des valeurs extrêmes de vent réalisée lors de l'étude PK. Cette analyse a démontré que les vitesses extrêmes à récurrence annuelle en provenance de l'ENE et de l'OSO sont respectivement de

9,5 m/s et 13,6 m/s. Une série temporelle contenant deux tempêtes de vent extrême annuel, l'une de l'ENE et l'autre de l'OSO, est donc imposée aux modèles de vague, de courant et de transport de sable. Cette série est construite à partir des enregistrements du vent de Saint-Anicet, en augmentant les vents actuels de l'ENE et de l'OSO à leur vitesse extrême annuelle lors des tempêtes. Ces deux tempêtes de vents sont présentées à la figure 12.

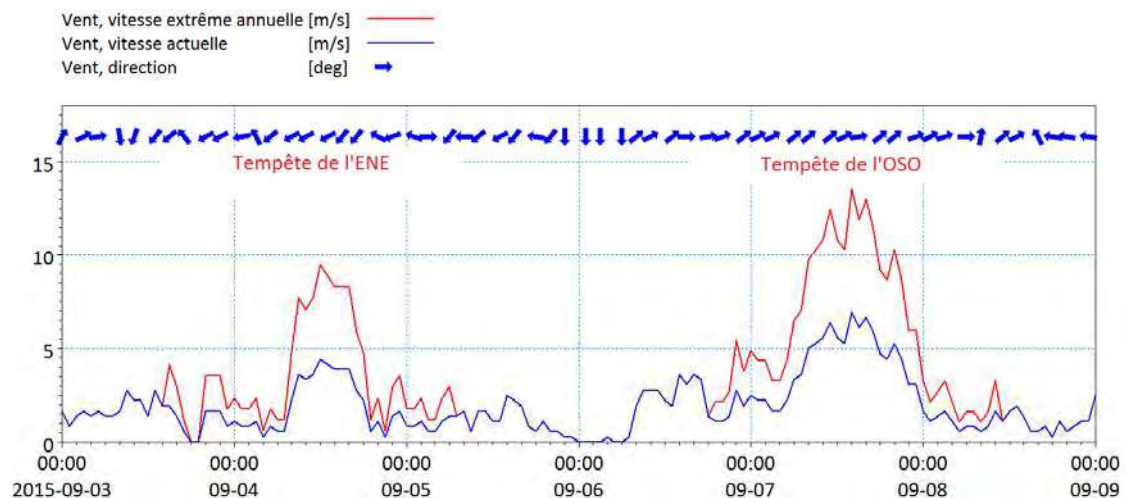


Figure 12 Vitesse et direction du vent mesuré à Saint-Anicet (bleu), du vent extrême annuel de l'ENE (rouge) et du vent extrême annuel de l'OSO (rouge)

Les simulations de vague, de courant et du transport de sable durant l'une de ces tempêtes seront d'une durée de 18 heures :

- ▶ pour les vents de l'ENE, la durée de simulation sera du 3 au 5 septembre 2015, la vitesse maximale de 9,5 m/s survenant à 12 h 00 le 4 septembre 2015 ;
- ▶ pour les vents de l'OSO, la durée de simulation sera du 6 au 8 septembre 2015, la vitesse maximale de 13,6 m/s survenant à 14 h 00 le 7 septembre 2015.

L'impact d'une configuration de brise-lames sera évalué en comparant la quantité de sable déplacé en l'absence et en présence de la configuration de brise-lames étudiée à la fin de chacune de ces tempêtes.

La mise en œuvre des trois modèles numériques en l'absence de brise-lames est brièvement discutée ci-dessous.

4.2 MODÈLE DE VAGUE

La génération des vagues par les vents, leur propagation dans le lac Saint-François et leur déferlement près des de la plage sont simulés à l'aide du modèle MIKE21-SW sur une grille de calcul G1 qui s'étend de Cornwall au sud-ouest jusqu'au pont Saint-Louis dans le canal de

Beauharnois au nord-est (figure 13). Le détail de la grille au niveau de la plage de Saint-Zotique est illustré en médaillon.

Les données de profondeur des cartes nautiques 1431, 1432 et 1433 du Service hydrographique du Canada ont été numérisées et interpolées dans la grille. Les données mesurées en face de la plage en 2015 ont été ajoutées à la base de données et interpolées au centre de chaque maille de la grille G1. L'étendue de cette grille sur l'ensemble du lac permet bien tenir compte de l'étendue du « fetch » maximum du vent en provenance du SO et du NE, le « fetch » étant la distance sur un plan d'eau sur laquelle un vent souffle sans rencontrer la terre ferme.

Les deux traits en jaune dans la grille G1 (figure 13), l'un au sud-ouest au niveau de Saint-Anicet et l'autre dans le canal de Beauharnois en amont du port de Valleyfield, constituent respectivement les limites ouvertes amont et aval de la grille G2 du modèle hydrodynamique.

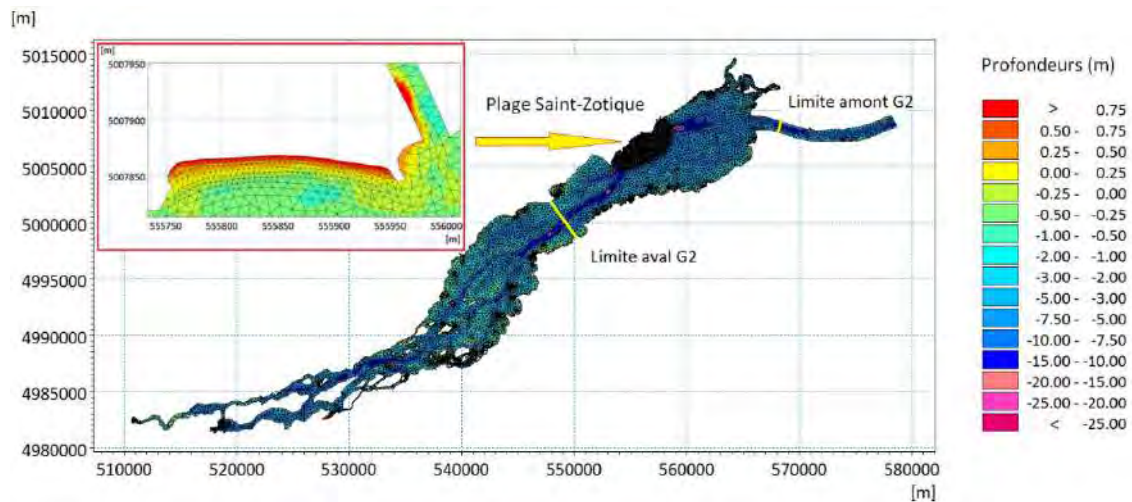


Figure 13 Grille G1 du modèle de vagues dans le lac Saint-François, avec en médaillon le détail aux alentours de la plage de Saint-Zotique. Les deux traits jaunes constituent les limites ouvertes sud-ouest et nord-est de la grille G2 du modèle hydrodynamique

Le modèle MIKE21-SW est appliqué en mode quasi stationnaire dans le temps, avec une formulation spectrale directionnelle découplée et une discrétisation directionnelle de 16 directions de 22,5 degrés chacune. La période de simulation s'étend du 20 août au 16 septembre 2015, une période qui correspond à celle des mesures de vagues effectuées en face de la plage en 2015. La diffraction est omise de la simulation alors que le déferlement des vagues est inclus. La friction au fond est représentée par la rugosité de Nikuradse, $k_n=0,04$ m. Les conditions initiales sont calculées pour une croissance de vagues sur un fetch du type JONSWAP.

Les vents imposés en surface sont les vents mesurés à Saint-Anicet. Les niveaux d'eau imposés durant la simulation des vagues sont les niveaux mesurés à Saint-Anicet.

La frontière du lac à Cornwall est fermée et les frontières ouvertes aux barrages du Coteau-1 et du Coteau-3 et à Valleyfield-Beauharnois sont transparentes, c'est-à-dire que les vagues y passent librement sans réflexion. Les paramètres de sortie sont la hauteur significative H_s , la période de pointe PK , la direction moyenne de propagation, sa déviation standard et les tenseurs du cisaillement de la radiation des vagues. Ces paramètres sont enregistrés chaque heure et pour chaque maille de la grille G1, et aussi le long de la frontière ouverte sud-ouest (traverse Anicet) du modèle hydrodynamique pour forcer ce dernier. Aussi, ces paramètres sont extraits des résultats du modèle aux positions des stations 1 et 2 afin de calibrer le modèle de vague avec les mesures de vague à ces stations. Le résultat de cette calibration est présenté à la figure 14.

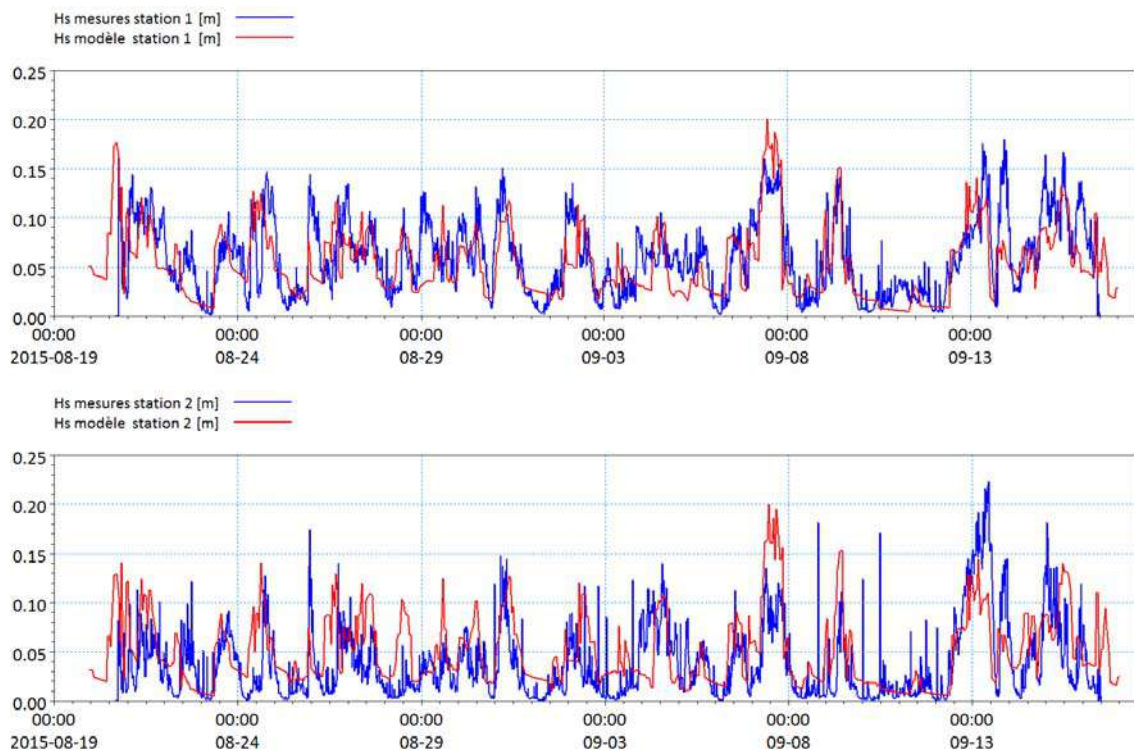


Figure 14 Hauteurs significatives des vagues mesurées aux stations 1 et 2 et simulées par le modèle de vague à ces mêmes stations

Cette comparaison révèle que le modèle de vague reproduit bien les mesures aux deux stations. Par contre, le H_s est surestimé pour certains événements et sous-estimé pour d'autres. Il faut noter que les vents imposés au modèle sont mesurés à la station météorologique de Saint-Anicet située à quelque 5 km à l'intérieur des terres à l'est du lac et par conséquent peuvent différer des vents au-dessus de la surface libre du lac. Dans les circonstances, le modèle de vague est considéré comme étant bien calibré et peut être utilisé sous d'autres conditions de vent.

Les résultats du modèle de vague pour les conditions de vents extrêmes annuels en provenance de l'ENE et de l'OSO, en l'absence de brise-lames, sont présentés à la figure 15. Les conditions de vagues de l'ENE sont présentées à 14 h 00 le 4 septembre 2015 et celles de l'OSO sont présentées à 14 h 00 le 7 septembre 2015.

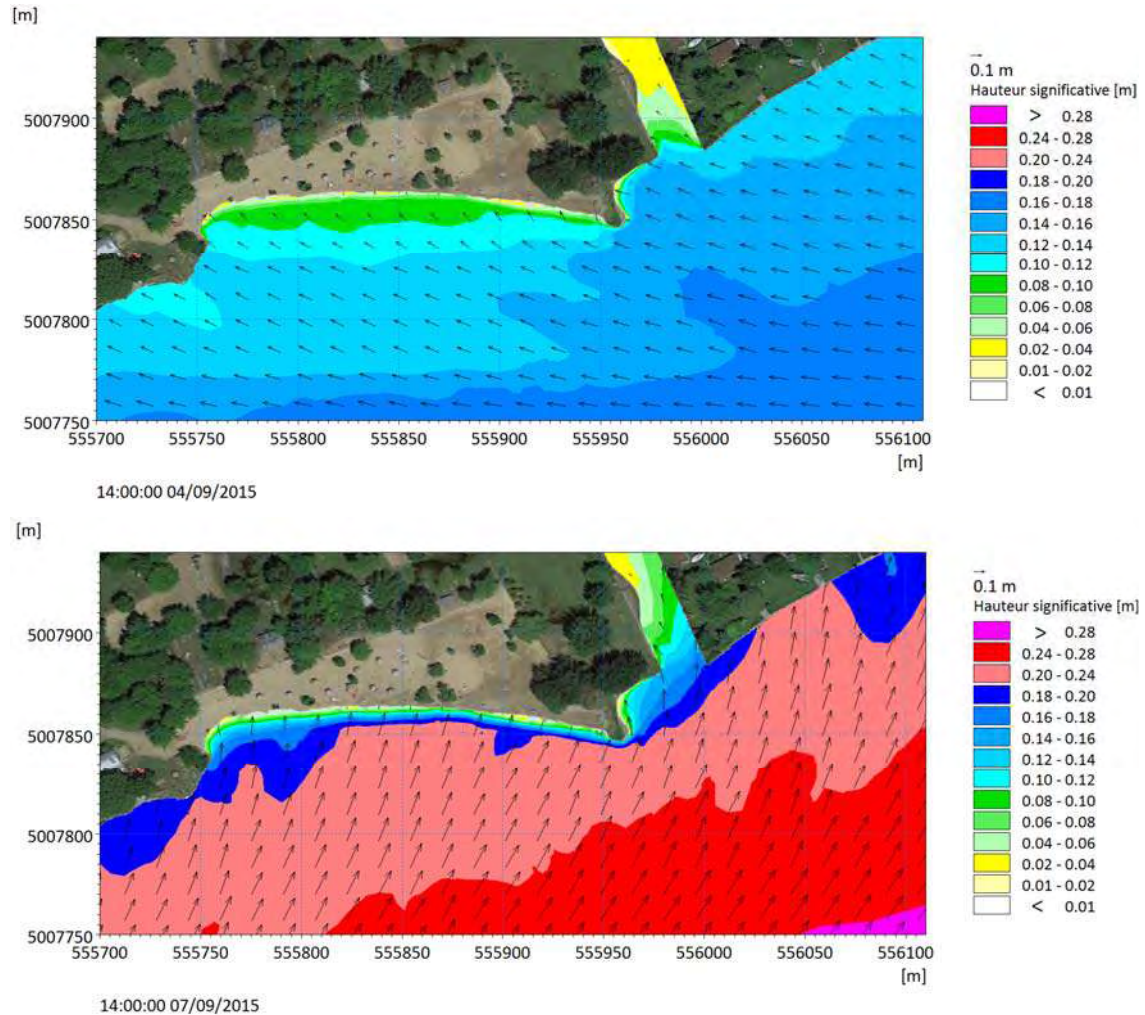


Figure 15 Hauteur significative des vagues durant les tempêtes de vent extrême annuel de l'ENE (haut) et de l'OSO (bas)

4.3 MODÈLE HYDRODYNAMIQUE

Les niveaux d'eau et les courants dans le lac sont calculés par le modèle hydrodynamique MIKE21-HD développé sur une grille régionale G2 (figure 16). Cette grille s'étend de Saint-Anicet au nord-est du lac. Le modèle HD est couplé au modèle de vague SW à chaque pas temporel. Il est forcé à ses limites amont (transect vis-à-vis Saint-Anicet) et aval (transects à Les Coteaux et en amont du port de Valleyfield-Beauharnois) par les débits et

niveaux horaires à ces endroits. Il est aussi forcé en surface par les vents horaires de Saint-Anicet. Les résultats attendus sont les courants et niveaux dans le domaine G2 et aux alentours de la plage de Saint-Zotique.

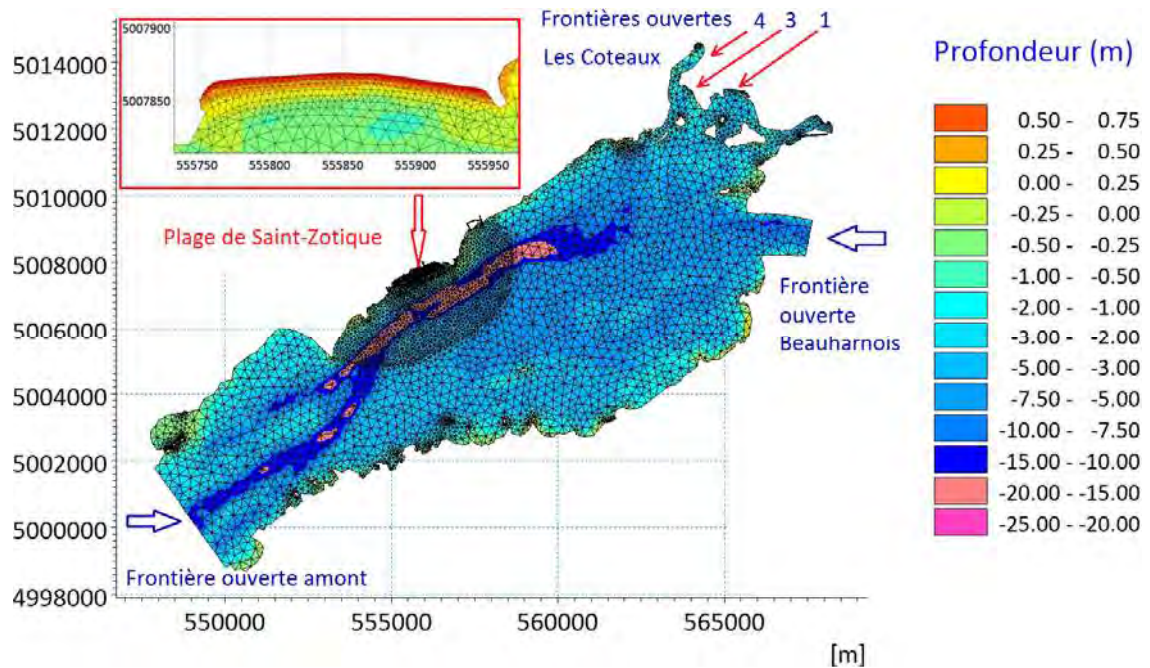


Figure 16 Grille de calcul G2 du modèle hydrodynamique, avec ses frontières ouvertes amont et aval et en médaillon, le détail de la grille à la plage de Saint-Zotique

Le modèle hydrodynamique étant explicite, le pas temporel est établi automatiquement selon la taille des mailles où le calcul est effectué. Les mailles en eau peu profonde peuvent se découvrir et se recouvrir d'eau en fonction des variations du niveau. La densité du milieu est barotrope, la formulation de la viscosité turbulente est du type Smagorinsky, le coefficient (inverse) de Manning est de $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, l'accélération de Coriolis est variable en fonction de la latitude et les cisaillements de radiation des vagues calculés par le modèle de vague sont ajoutées aux calculs des courants à chaque pas temporel (couplage dynamique vague-courant).

Le modèle hydrodynamique sur G2 a cinq frontières ouvertes :

- (i) la frontière au sud-ouest vis-à-vis de Saint-Anicet ;
- (ii) la frontière du canal de Beauharnois ;
- (iii) la frontière au barrage du Coteau-1 ;
- (iv) la frontière au barrage du Coteau-3 ;
- (v) la sortie des eaux du canal à l'est de la plage.

Le choix d'un niveau d'eau ou un débit à chacune de ces frontières est déterminé lors de la calibration du modèle hydrodynamique. Les sorties des modèles couplés de vague et de courant sont les champs bidimensionnels des niveaux, courants et vagues en fonction du temps sur le domaine G2. En plus, des séries temporelles de courant, de niveau et de paramètres de vague simulées à la position géographique des stations de mesure 1 et 2 à Saint-Zotique sont enregistrées. Ces séries temporelles sont alors comparées aux mesures effectuées à ces mêmes stations durant la même période de temps.

Les résultats de la calibration du modèle HD sont présentés à la figure 17. On y retrouve les courants mesurés et simulés à la station 2 ainsi que les niveaux d'eau mesurés à Saint-Anicet et Coteau-Landing et simulés par le modèle à la station 2.

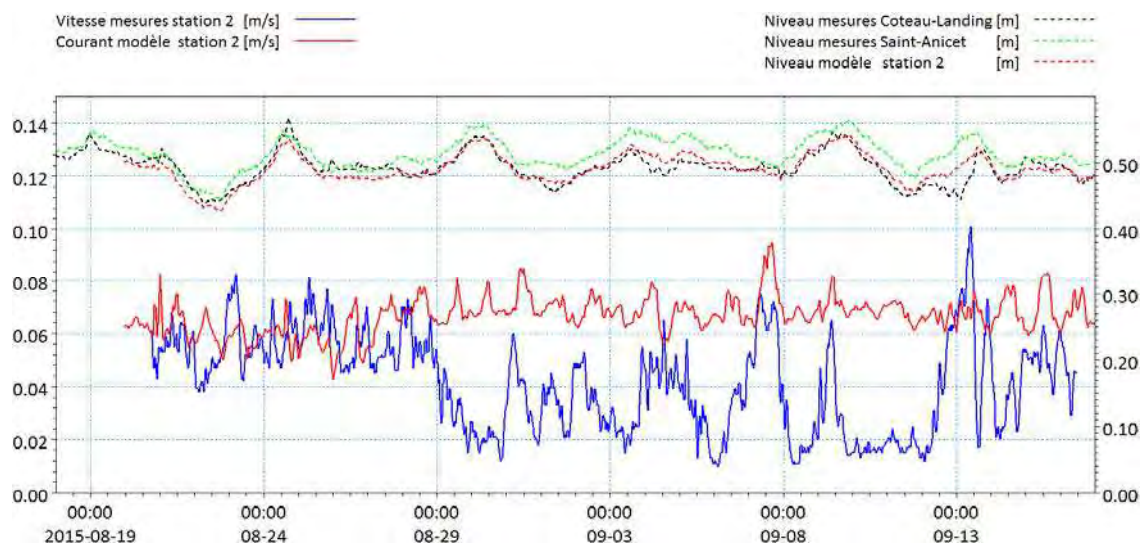


Figure 17 Comparaison des courants mesurés et simulés à la station 2 et des niveaux mesurés à Coteau-Landing et Saint-Anicet et simulés à la station 2

Ces résultats démontrent que le modèle hydrodynamique calcule des courants qui sont du même ordre de grandeur que les courants mesurés à la station 2 du 20 au 29 août, mais que par la suite, les vitesses mesurées diminuent subitement alors que les vitesses simulées demeurent sensiblement les mêmes qu'en début de série. Ceci suggère encore une fois que la rotation de la palette rotative du courantomètre a possiblement été freinée par des algues dérivantes à compter du 29 août 2015. La comparaison des niveaux simulés à Saint-Zotique indique aussi que ces niveaux sont similaires à ceux de Coteau-Landing et inférieurs à ceux de Saint-Anicet plus en amont. Le modèle hydrodynamique est donc bien calibré et peut être aussi utilisé sous d'autres conditions de forçage.

Les courants simulés par le modèle hydrodynamique au plus fort des vents extrêmes annuels en provenance de l'ENE (12 h 00/4/9/2015) et de l'OSO (14 h 00/7/9/2015), en l'absence de brise-lames, sont présentés à la figure 18.

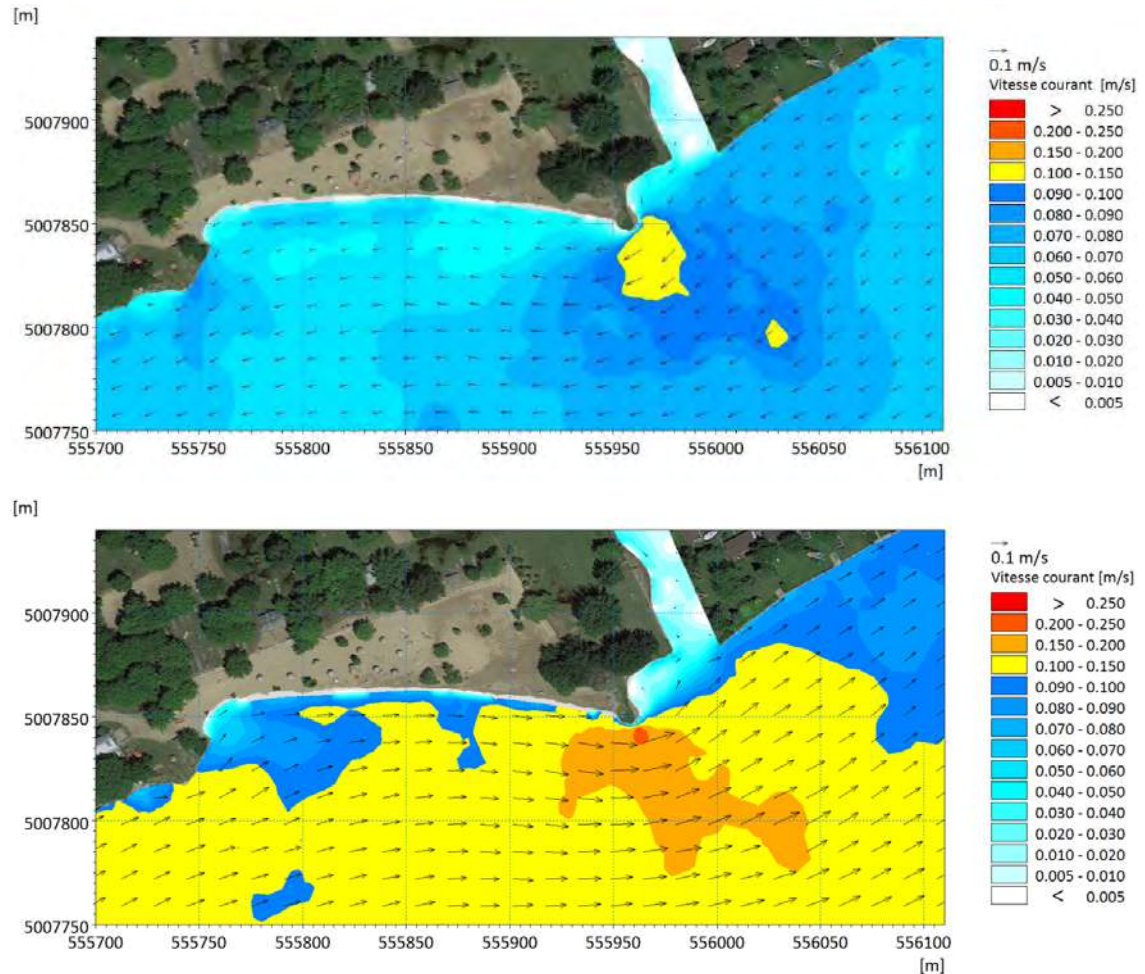


Figure 18 Courant durant les tempêtes de vents extrêmes annuels de l'ENE (haut) et de l'OSO (bas)

On constate que par vents extrêmes de l'ENE, les courants en face de la plage sont dirigés vers l'ouest, ce qui est contraire à l'écoulement hydraulique vers l'est au centre du lac, alors que par vents extrêmes de l'OSO, les courants de dérive du vent s'ajoutent à l'écoulement hydraulique vers l'est dans le lac.

4.4 MODÈLE DE TRANSPORT DE SABLE

Le transport de sable en face de la plage de Saint-Zotique est calculé par le modèle MIKE21-ST sur la grille G2. Ce transport est calculé au centre de chaque maille de la grille avec les courants et les vitesses orbitales des vagues calculées par les modèles MIKE21-HD et MIKE21-SW en

l'absence ou en présence d'un brise-lame. Les processus pris en compte durant le transport de sable sont l'angle de propagation des vagues par rapport à la direction du courant, la perte d'énergie des vagues durant le déferlement, la gradation du sédiment au fond, la présence d'ondelettes (ripples) sur le sable au fond, la pente du fond, le courant de retour près de la plage, l'asymétrie des vagues en eau très peu profonde, et autres. Par contre, ce modèle n'est pas approprié pour l'étude du recul ou de l'avancement du trait de côte de la plage en fonction des vagues, car la frontière à cet endroit est immobile.

Le transport sédimentaire étudié ici est celui du sable sous-marin en provenance de la plage dont l'étendue est visible sur l'image à la figure 1. Les résultats des analyses granulométriques effectuées sur les échantillons de sable sur la plage et dans le banc sous-marin en face de la plage effectuée par l'étude PK (figure 7) permettent d'assigner à ce sable un diamètre de 325 μm , une porosité de 0,4 et un coefficient de gradation de 2,6. L'épaisseur de la couche de sable en face de la plage imposée au modèle est de 0,15 m et zéro ailleurs dans la grille.

Les conditions aux frontières ouvertes sont un gradient du flux de sédiment nul. Les sorties du modèle sont les transports totaux (saltation au fond et sédiment en suspension) à chaque maille et les changements de profondeur à chaque maille, en fonction du temps. Ces changements du fond sont calculés par le modèle en fonction des gradients horizontaux du transport total entre une maille et les mailles adjacentes dans la grille de calcul. Par exemple, si le transport à une maille est plus grand que celui d'une maille adjacente et qu'il est dirigé vers cette maille adjacente, il y aura érosion du fond dans cette maille et dépôt de sable dans la maille adjacente. Les variations du fond présentées sont des changements nets calculés en additionnant le dépôt et l'érosion du sable dans chaque maille à la fin de la simulation.

Il faut noter toutefois que même si le modèle de transport de sédiment MIKE21-ST est bien adapté à l'étude de la dynamique sédimentaire du banc de sable en face de la plage, il est difficilement applicable à l'étude de changement du fond près de la ligne séparant l'eau et la plage, car cette ligne est fixée dans l'espace par le niveau de l'eau dans le lac et ne peut se déplacer vers le haut ou le bas de la plage au cours de la période d'une vague déferlante. Ainsi, cette ligne de plage agit en quelque sorte comme un mur pour une vague déferlante et la vague ne peut qu'éroder le fond et lors de son retour, transporter le sable vers le large et former la barre sableuse que l'on aperçoit dans les résultats de variation de fond présentés dans PK. Dans cette étude, l'épaisseur du banc de sable sur une bande de 5 m de large adjacente à la plage fut spécifiée comme étant égale à zéro afin de pouvoir comparer objectivement l'impact des brise-lames sur la dynamique du banc de sable en face de la plage.

Les changements d'épaisseur du banc de sable après une tempête de vent extrême annuel de l'ENE et de l'OSO sont présentés à la figure 19. Il est clair que ce sont les vents extrêmes annuels de l'OSO qui contribuent le plus au mouvement du sable en face de la plage. Même si le modèle de transport de sable utilisé, le MIKE21-ST, n'est pas approprié pour l'étude de l'avancement ou le recul du trait de plage, il fournit quand même une indication qualitative de la

dynamique du sable près de la plage. Ainsi, on aperçoit un léger dépôt (jaune) de sable près de la plage après la tempête de l'ENE, mais une érosion (bleu) après la tempête de l'OSO et un dépôt (jaune) plus au large dans la barre d'avant plage. Ce type de réponse du sable près de la plage servira d'interprétation qualitative de l'impact des différentes configurations de brise-lames étudiées.

Plus au large, on note une érosion du banc à l'est du canal suite à une tempête de l'ENE. Le sable érodé est transporté vers la région de la plage. Par contre, lors d'une tempête de l'OSO, les vagues et courants transportent le sable vers l'est du canal et érodent la région en face de la plage.

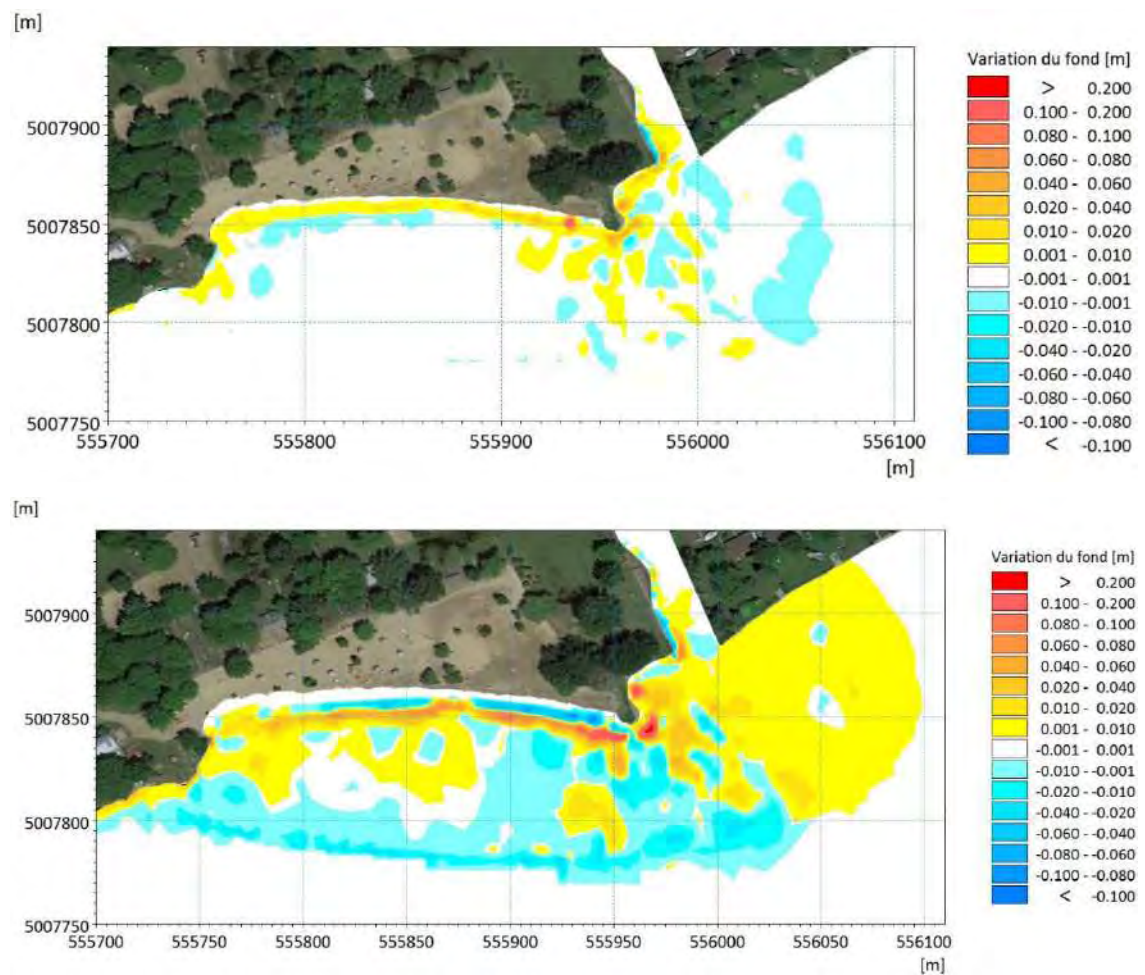


Figure 19 Érosion (bleu) et dépôt (jaune) en face de la plage durant les tempêtes de vents extrêmes annuels de l'ENE (haut) et de l'OSO (bas)

5 CHOIX D'UN BRISE-LAME

5.1 CONFIGURATION DES SEPT BRISE-LAMES ÉTUDIÉS

Diverses configurations de brise-lames sont successivement introduites dans les grilles de calcul G1 et G2 et l'impact de chacune d'elle sur la dynamique sédimentaire est évalué à l'aide de la modélisation numérique, d'abord pour des brise-lames permanents en enrochement et ensuite pour des brise-lames flottants.

Les configurations de brise-lames considérées sont les suivantes (voir figure 20) :

- ▶ Configuration O1 : un brise-lame rectiligne, à l'ouest de la plage ;
- ▶ Configuration E1 : un brise-lame rectiligne, à l'est de la plage ;
- ▶ Configuration O2 : un brise-lame en deux tronçons rectilignes, le premier identique à O1 et le deuxième parallèle à la plage, du côté ouest de la plage ;
- ▶ Configuration E2 : un brise-lame en deux tronçons rectilignes, le premier identique à E1 et le deuxième parallèle à la plage, du côté est de la plage ;
- ▶ Configuration O1E1 : la combinaison des configurations O1 et E1 ;
- ▶ Configuration O2E2 : la combinaison des configurations O2 et E2 ;
- ▶ Configuration S1 : un brise-lame rectiligne, au sud du banc de sable.



Figure 20 Configurations de brise-lames étudiées, des côtés ouest (O), est (E) et sud (S) de la plage

On peut noter à la figure 20 que l'extension des brise-lames de la plage vers le large est déterminée par l'extension du banc de sable vers le large. Les positions et dimensions exactes de ces configurations sont présentées au tableau 5.

Tableau 5 Positions X, Y en coordonnées UTM-18 et longueurs des divers segments des brise-lames étudiés

Configuration du brise-lame	Début		Intermédiaire		Fin		Longueur (m)
	X	Y	X	Y	X	Y	
O1	555744	5007818			555780	5007784	49
O2	555744	5007818	555780	5007784	555840	5007784	109
E1	555959	5007847			555945	5007784	66
E2	555959	5007847	555945	5007784	555907	5007784	103
S1	555740	5007784			555945	5007784	205

La simulation du transport de sable en présence d'un brise-lame permanent est réalisée en spécifiant dans la grille de calcul G2, à l'emplacement du brise-lame, une hauteur du fond supérieure au plus haut niveau enregistré dans le lac afin que le brise-lame en enrochement dépasse toujours la surface de l'eau.

La simulation du transport de sable en présence d'un brise-lame flottant est réalisée à l'aide d'un utilitaire du modèle de vague MIKE21-SW qui permet d'assigner un coefficient de transmission de la vague le long d'une ligne constituée de points géographiques X,Y spécifiés par l'utilisateur. Cette ligne représente l'emplacement du brise-lame flottant. Dans cette étude, les points spécifiés sont les extrémités des brise-lames présentées au tableau 5. Le coefficient de transmission (CT) est un chiffre entre 0 et 1, calculé en divisant la hauteur de la vague transmise par la hauteur de la vague incidente sur le brise-lame flottant. Un coefficient CT = 1 signifie que le brise-lame n'a aucun effet sur la hauteur de la vague alors qu'un coefficient CT = 0 signifie que le brise-lame arrête complètement la vague, tout comme un brise-lame permanent en enrochement.

Le coefficient CT dépend de plusieurs facteurs tels que la longueur d'onde de la vague incidente, le design du brise-lame et autres. Normalement, chaque concepteur de brise-lames flottants effectue des tests en laboratoire hydraulique pour déterminer ce coefficient en fonction de la longueur d'onde la vague. Par exemple, le concepteur du brise-lame flottant Narval au Québec (<http://narvaltech.com/>) publie une fiche technique de son brise-lame où l'on retrouve une

relation entre le coefficient d'atténuation (CA = 1-CT) et la longueur d'onde de la vague incidente (figure 21).

La longueur d'onde d'une vague peut être calculée à partir de la relation implicite de la dispersion d'une vague linéaire $\lambda = (g / 2\pi) \cdot T^2 \tanh(2\pi h / \lambda)$, où λ est la longueur d'onde de la vague, T est sa période, h est sa hauteur, g est l'accélération de la gravité et tanh est la tangente hyperbolique. L'étude PK a démontré que les vagues extrêmes annuelles en face de la plage de Saint-Zotique ont une hauteur significative de l'ordre de $h = 0,2$ m et une période de l'ordre de $T = 2$ secondes. Selon l'équation de dispersion, la longueur d'onde de ces vagues est $\lambda = 5,25$ m et la fiche technique du brise-lame flottant Narval donne un coefficient de transmission d'environ 0,5 pour cette longueur d'onde.

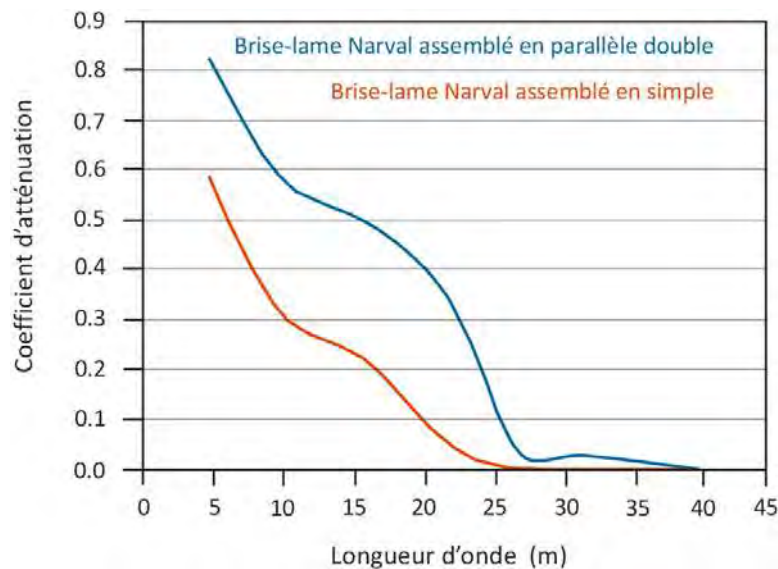


Figure 21 Coefficient d'atténuation des brise-lames Narval assemblés en simple et en parallèle double

Cette valeur de CT = 0,5 sera spécifiée en entrée au modèle MIKE21-SW. La configuration de brise-lames permanents ou flottants qui assureront la meilleure protection de la plage contre l'érosion par les vagues sera recommandée.

5.2 IMPACTS DES BRISE-LAMES SUR LES VAGUES

L'impact de chaque configuration de brise-lames sur les hauteurs significatives des vagues en face de la plage est maintenant décrit. Les vagues présentées sont calculées par le modèle MIKE21-SW sur maille G2 au plus fort des tempêtes de vent extrême annuel de l'ENE et de l'OSO.

Les hauteurs significatives des vagues en présence de chaque configuration de brise-lames flottants et permanents sont ensuite comparées aux vagues en l'absence de brise-lames aux figures 22 à 28 pour des vents de l'ENE, et aux figures 29 à 35 pour des vents de l'OSO.

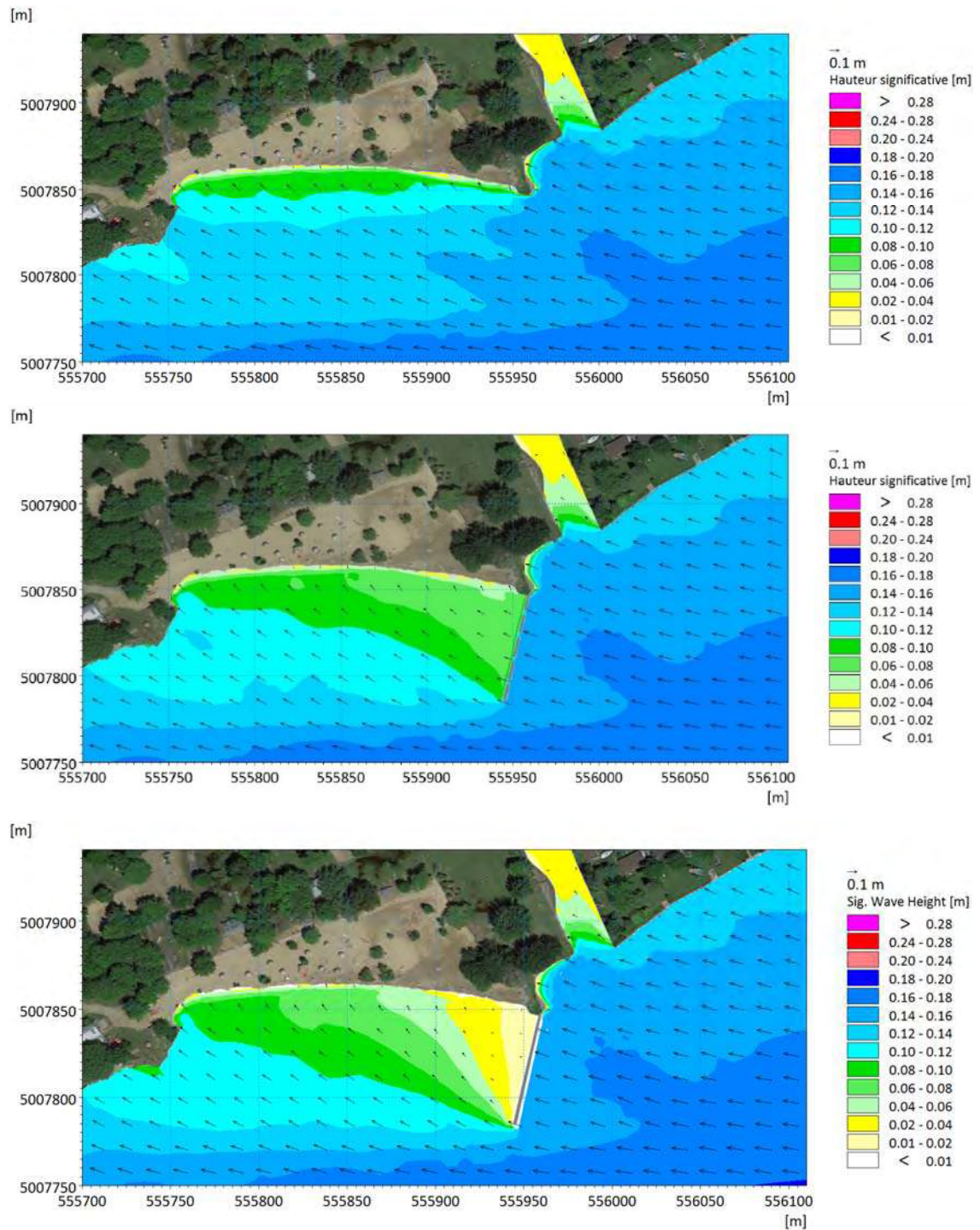


Figure 22 Comparaison des hauteurs significatives des vagues en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration E1, au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l'ENE

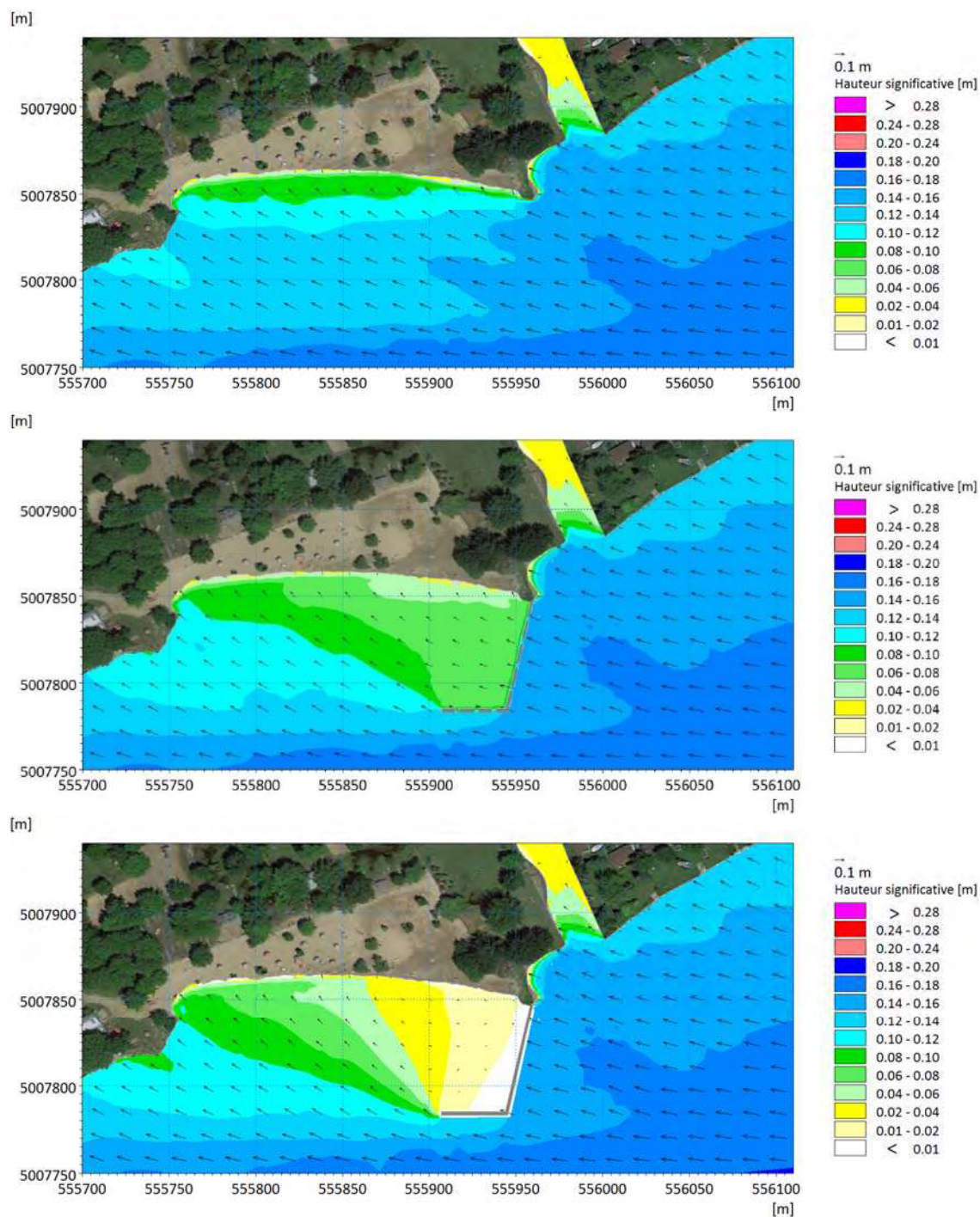


Figure 23 Comparaison des hauteurs significatives des vagues en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration E2, au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l'ENE

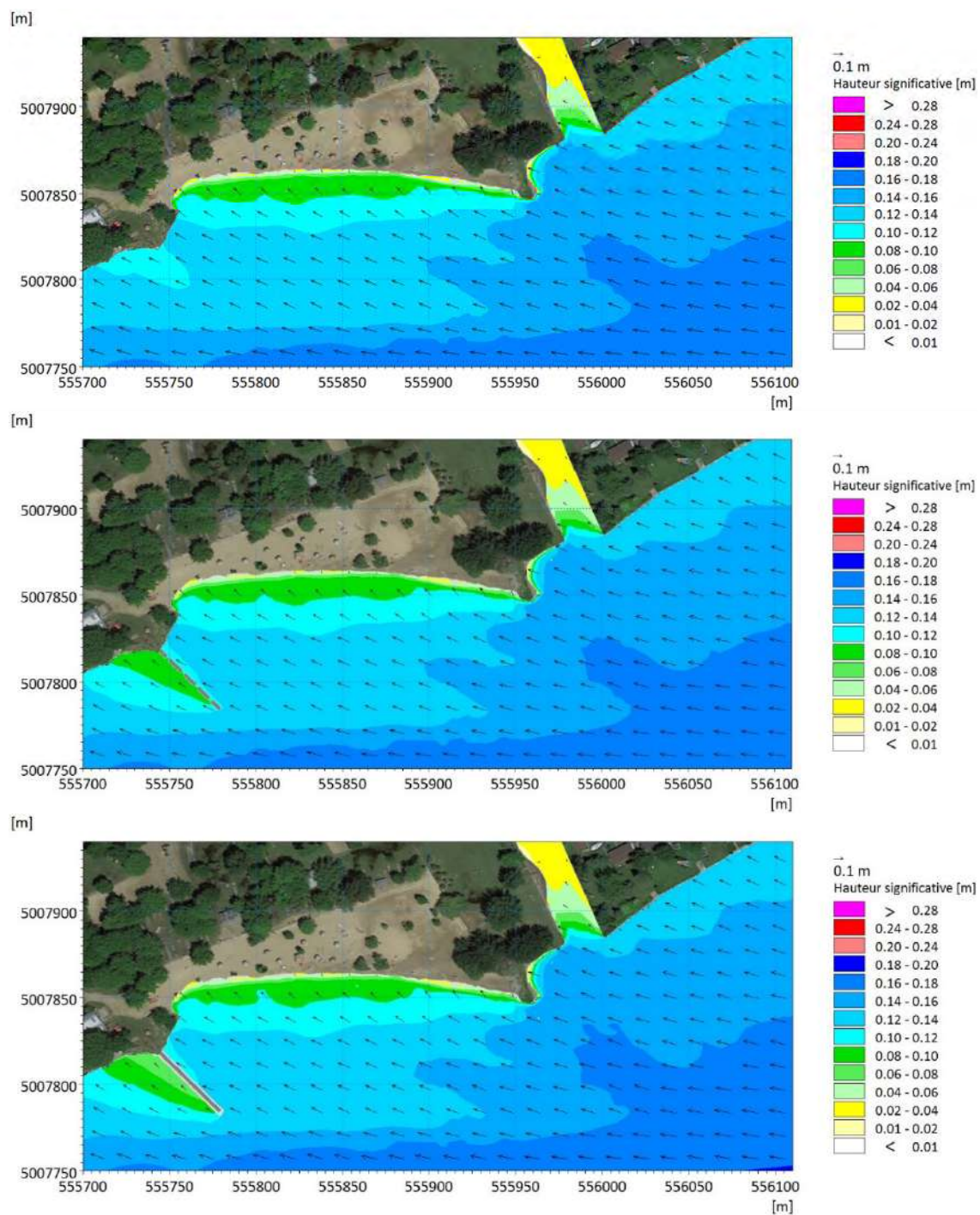


Figure 24 Comparaison des hauteurs significatives des vagues en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration O1, au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l'ENE

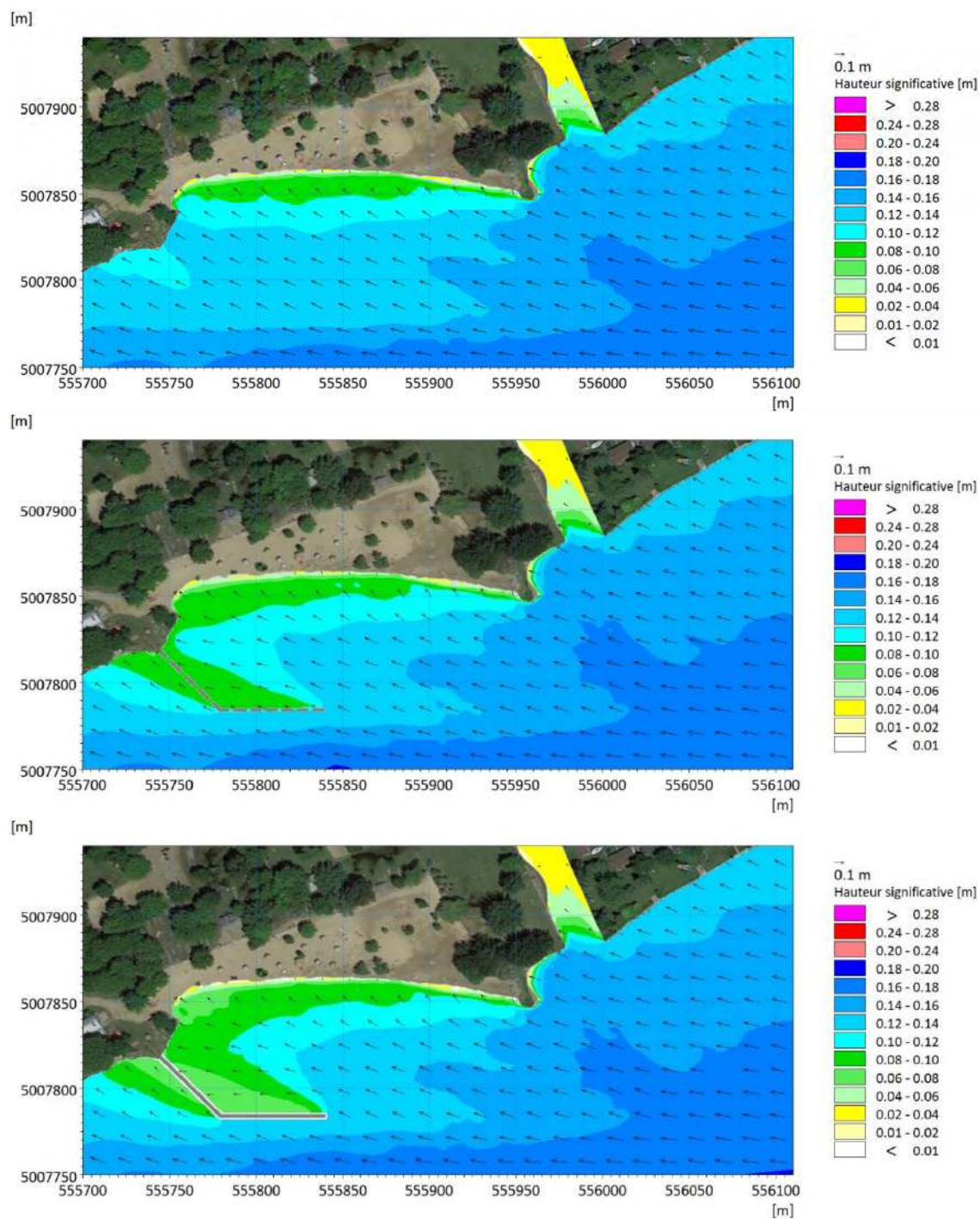


Figure 25 Comparaison des hauteurs significatives des vagues en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration O2, au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l'ENE

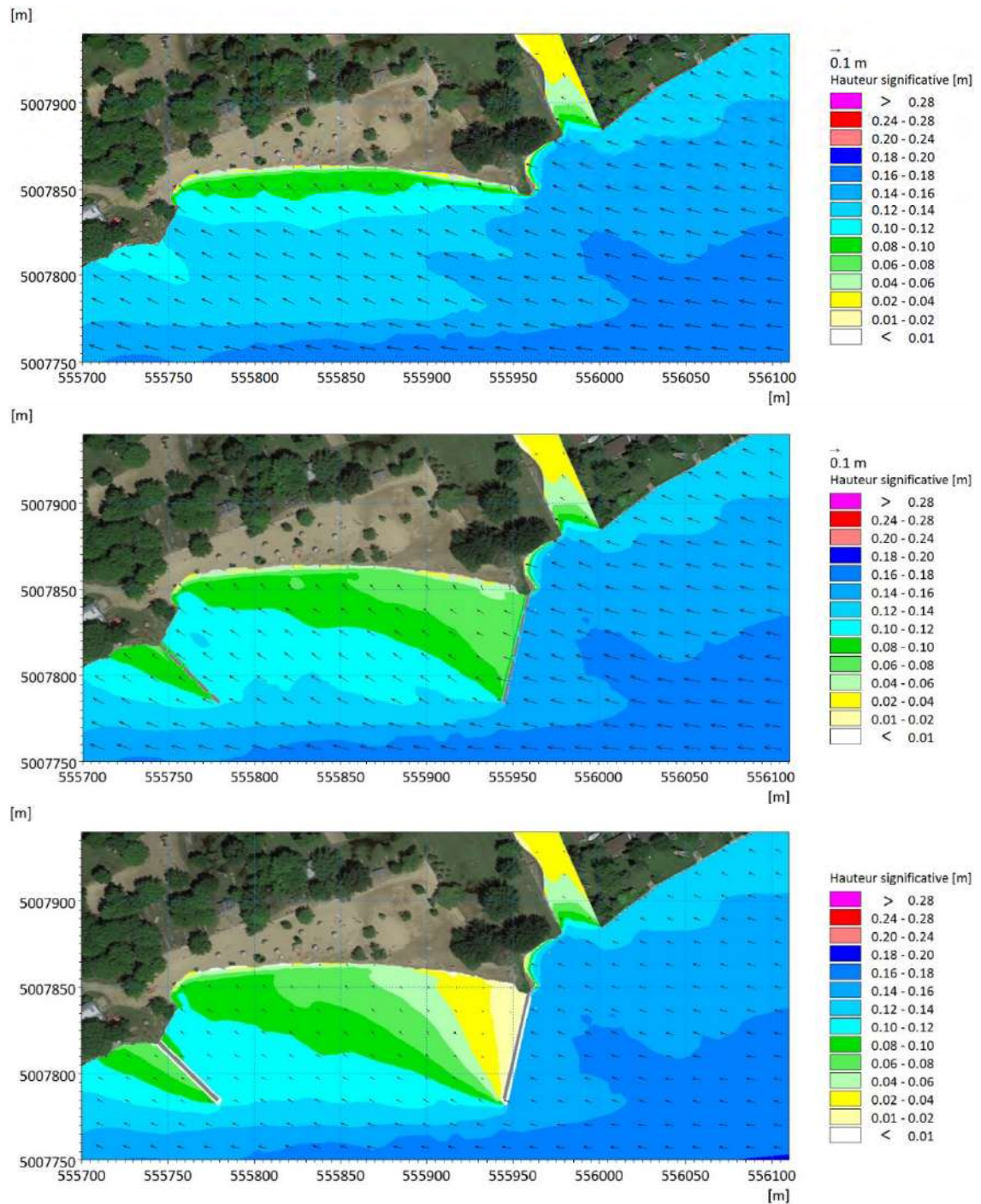


Figure 26 Comparaison des hauteurs significatives des vagues en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration 01E1, au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l'ENE

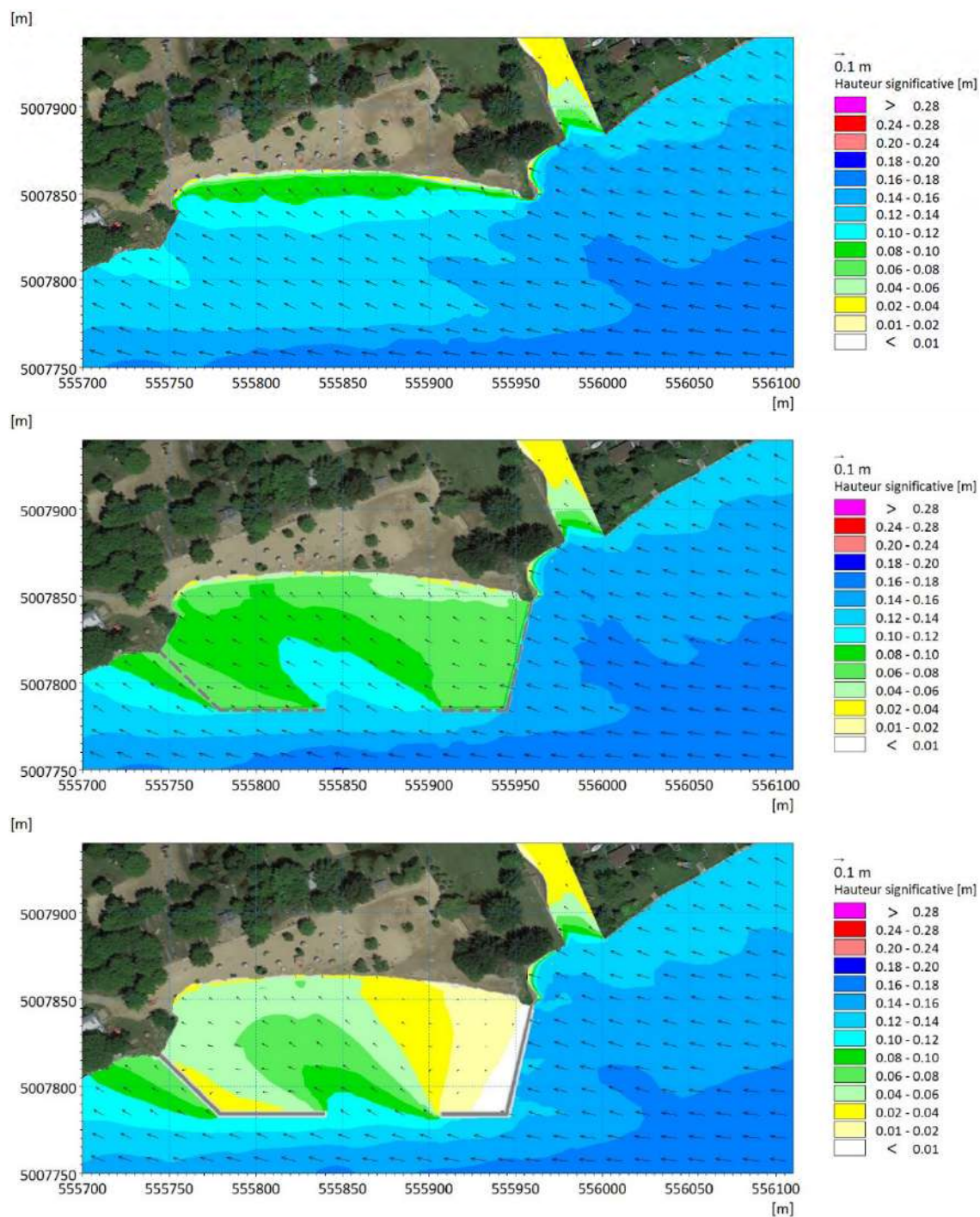


Figure 27 Comparaison des hauteurs significatives des vagues en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration O2E2, au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l'ENE

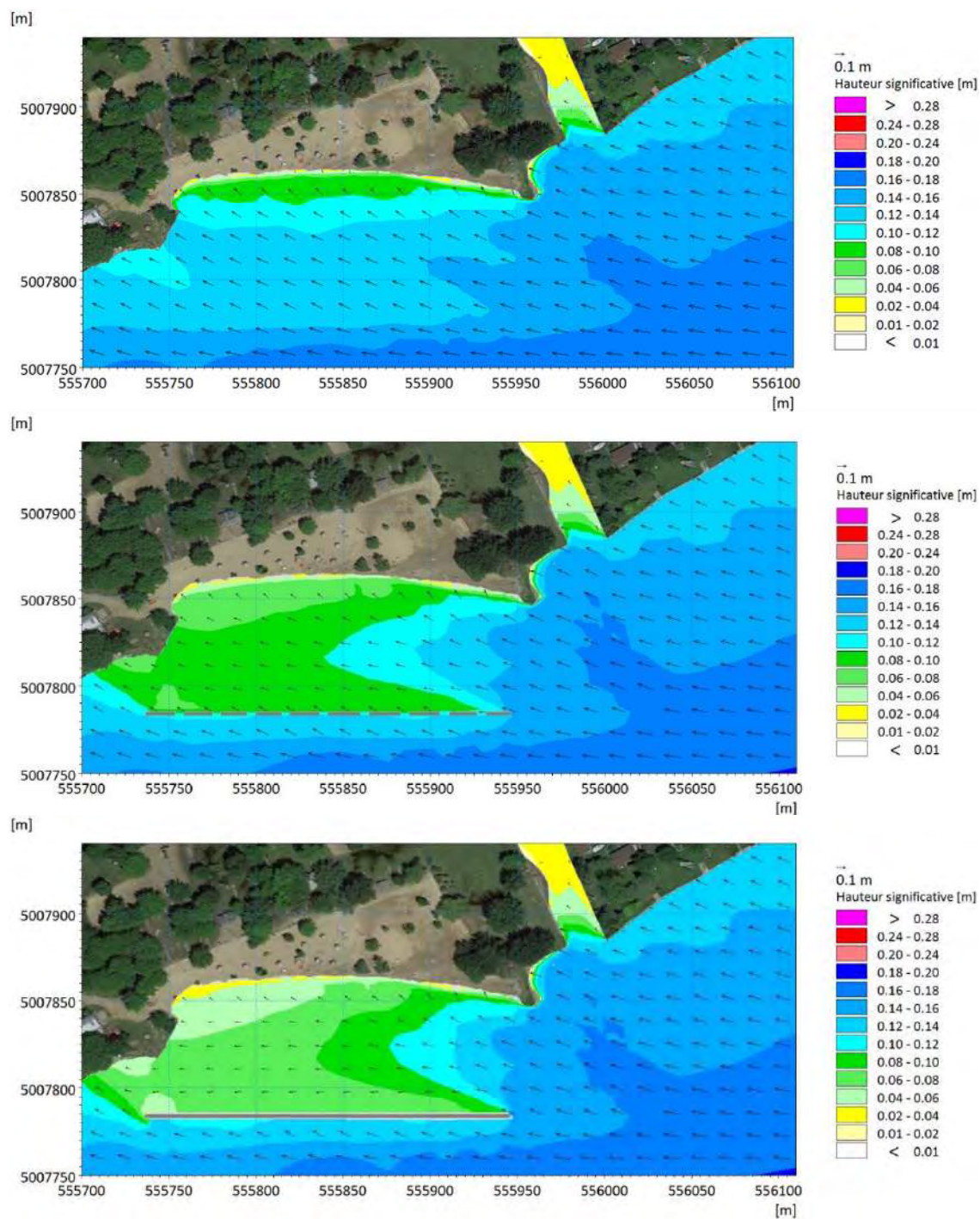


Figure 28 Comparaison des hauteurs significatives des vagues en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration S1, au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l'ENE

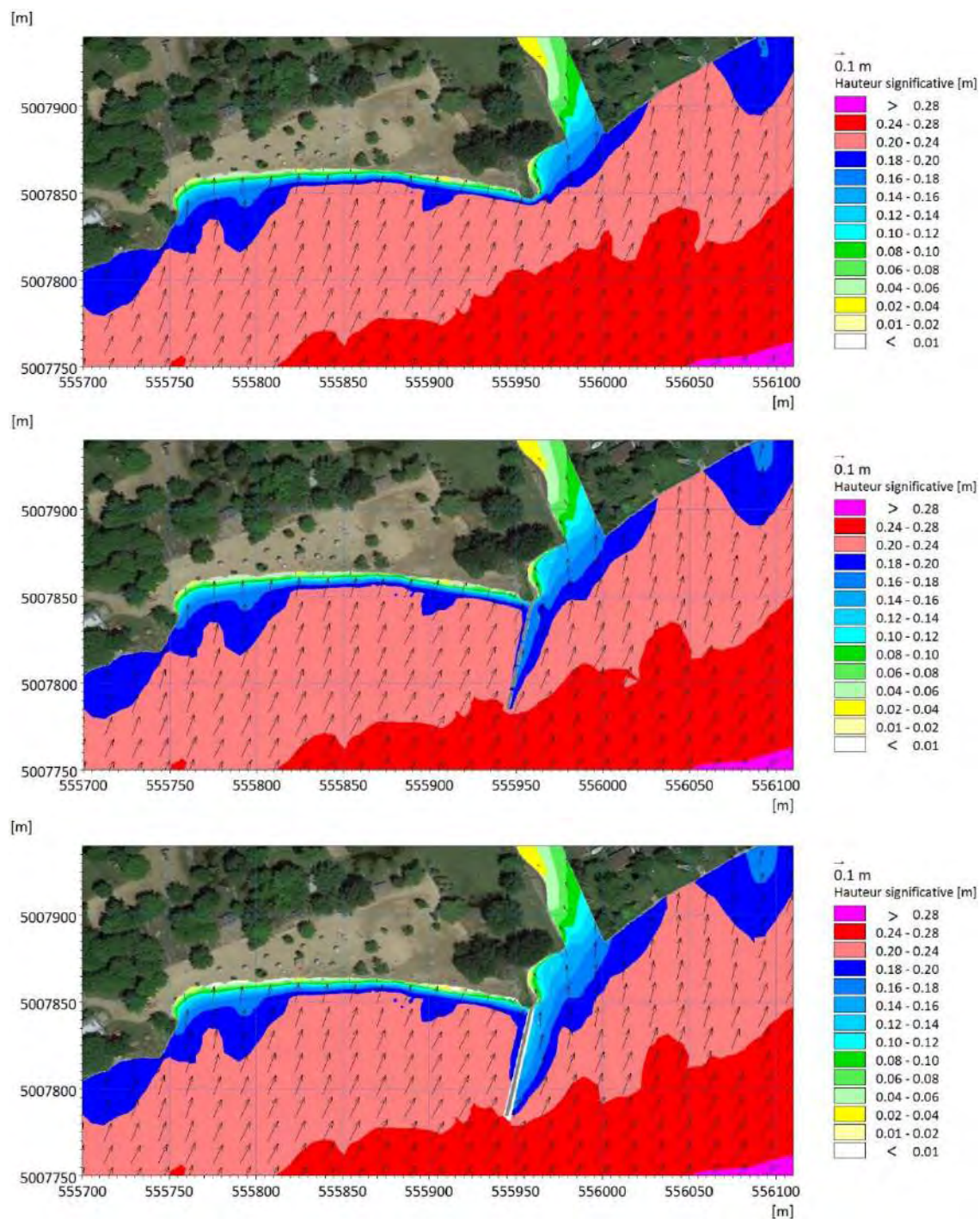


Figure 29 Comparaison des hauteurs significatives des vagues en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration E1, au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l'OSO

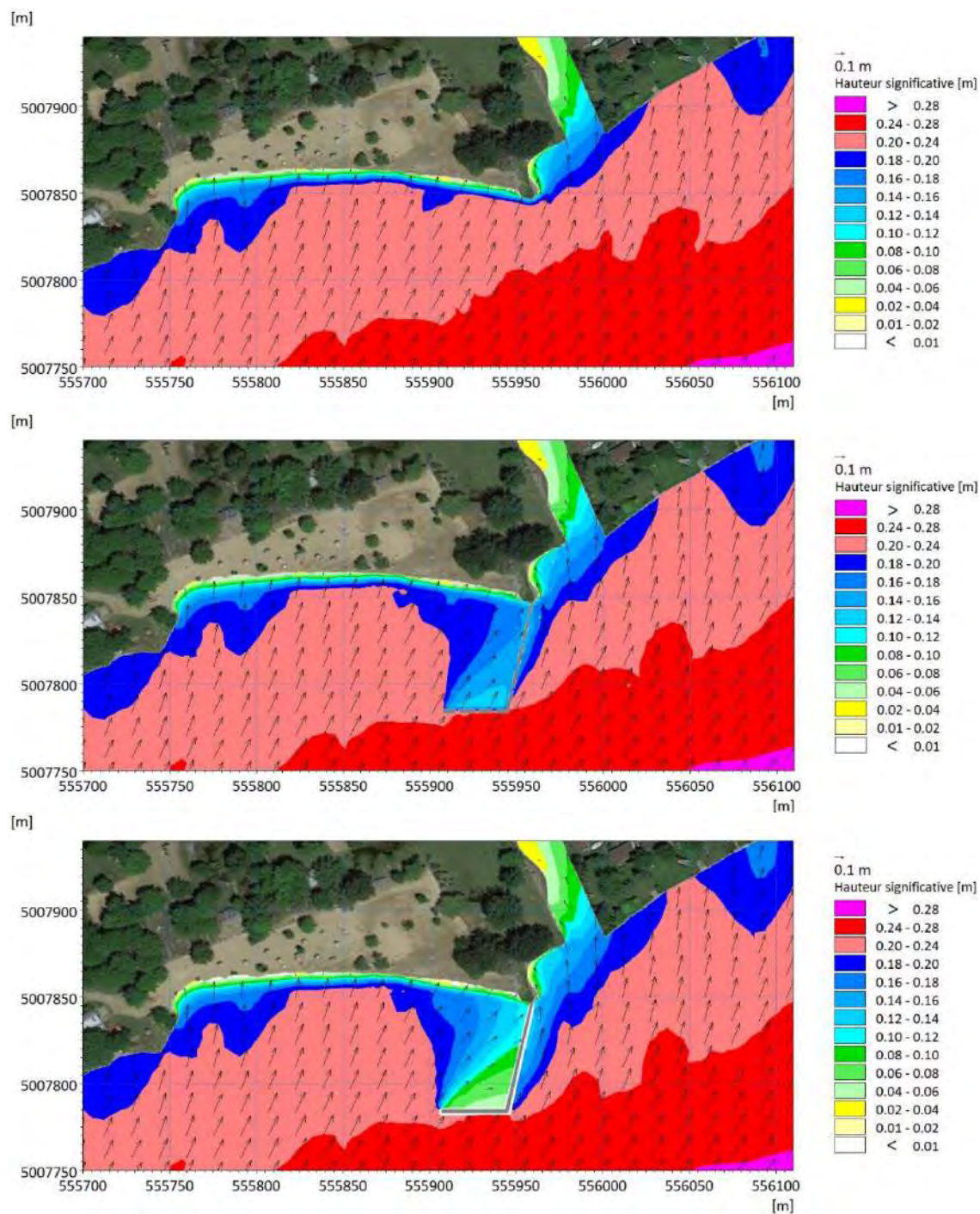


Figure 30 Comparaison des hauteurs significatives des vagues en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration E2, au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l'OSO

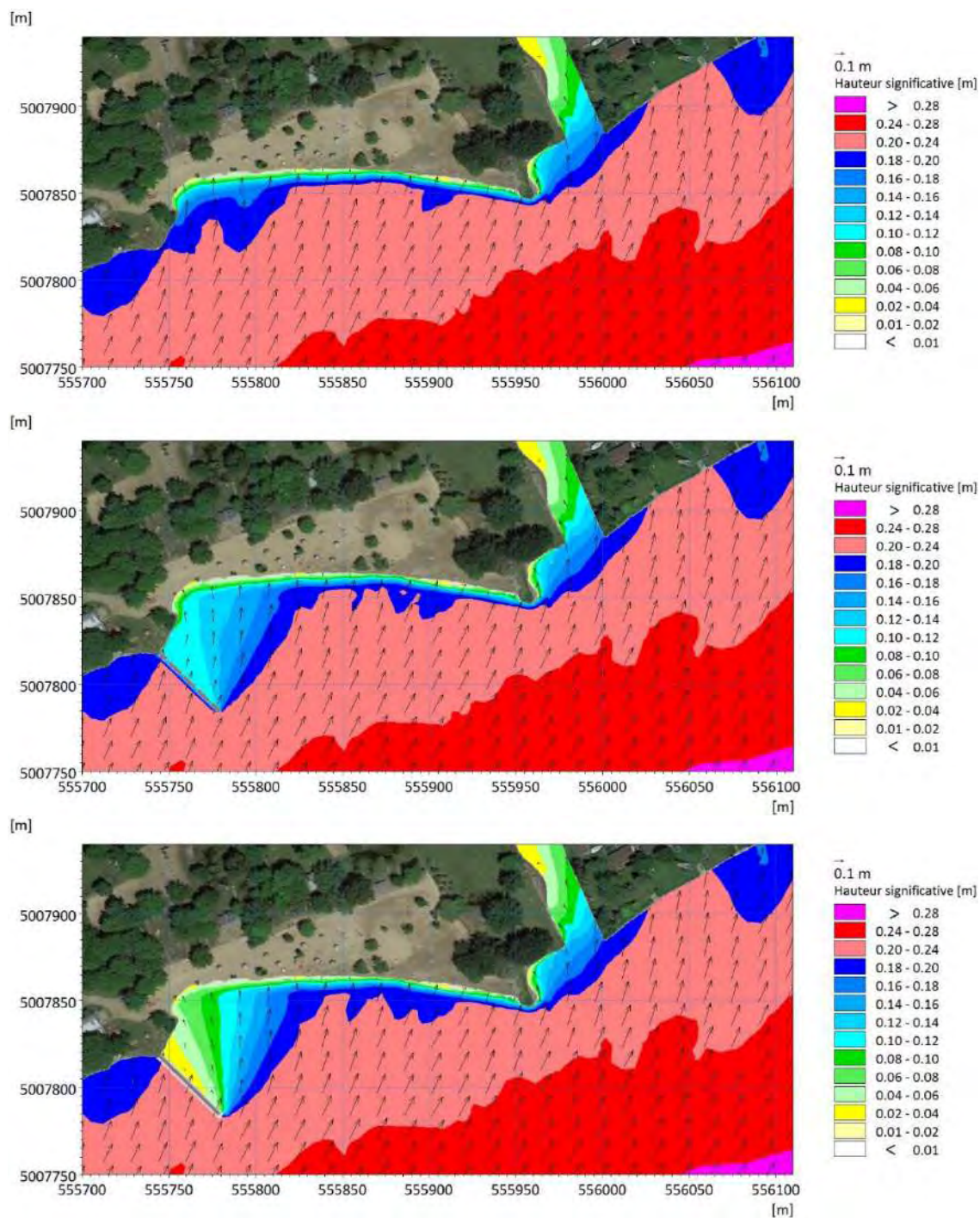


Figure 31 Comparaison des hauteurs significatives des vagues en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration O1, au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l'OSO

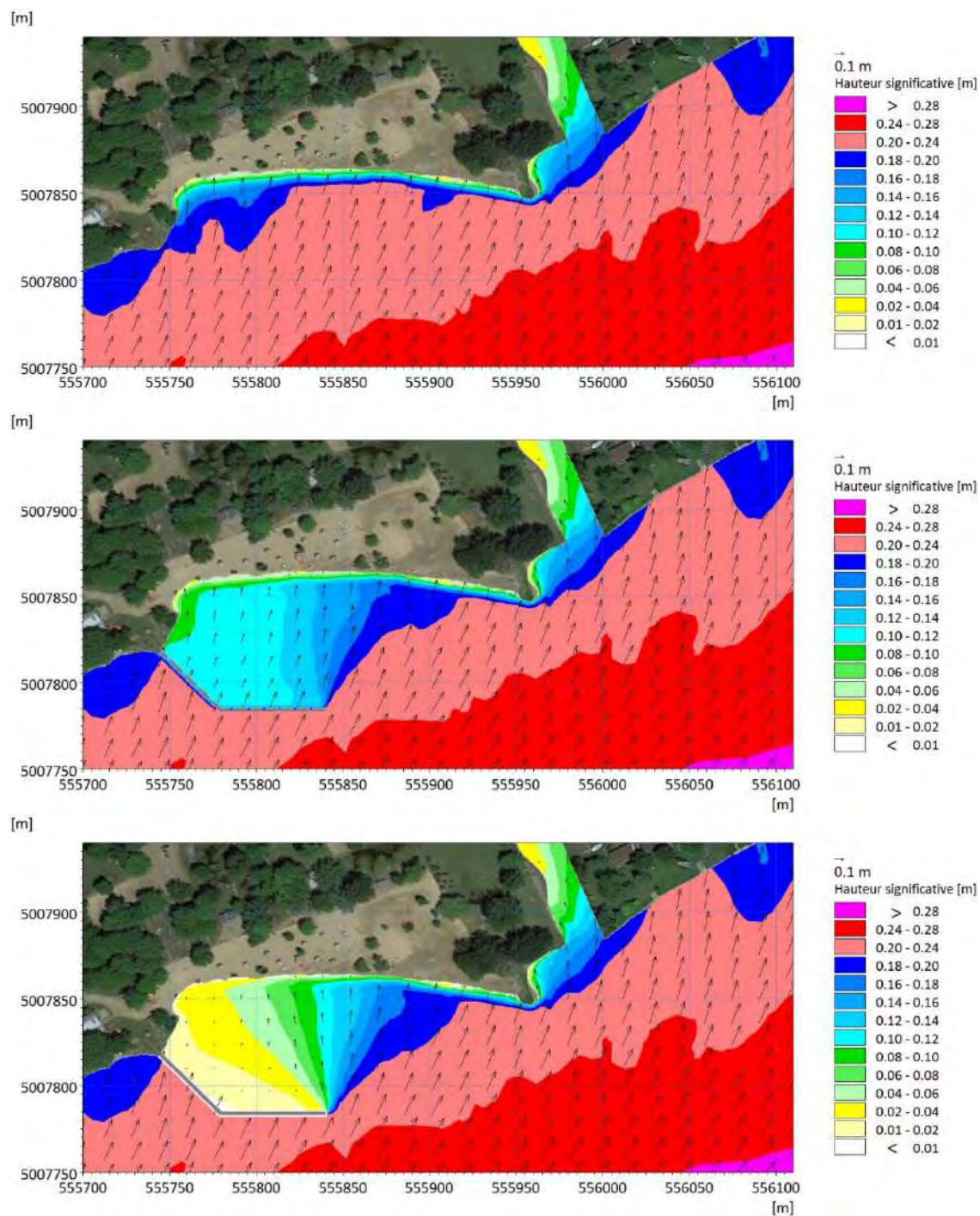


Figure 32 Comparaison des hauteurs significatives des vagues en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration O2, au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l'OSO

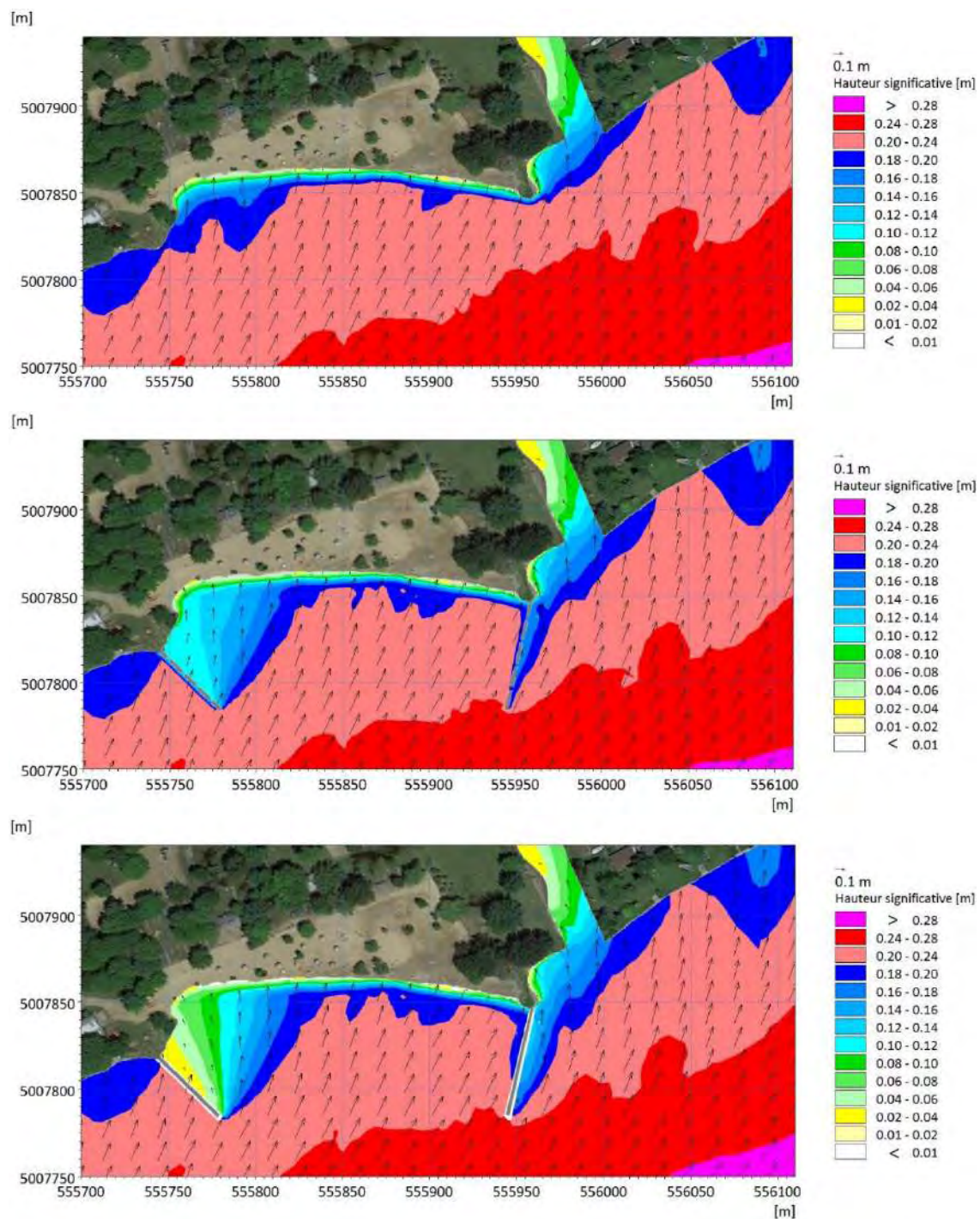


Figure 33 Comparaison des hauteurs significatives des vagues en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration 01E1, au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l'OSO

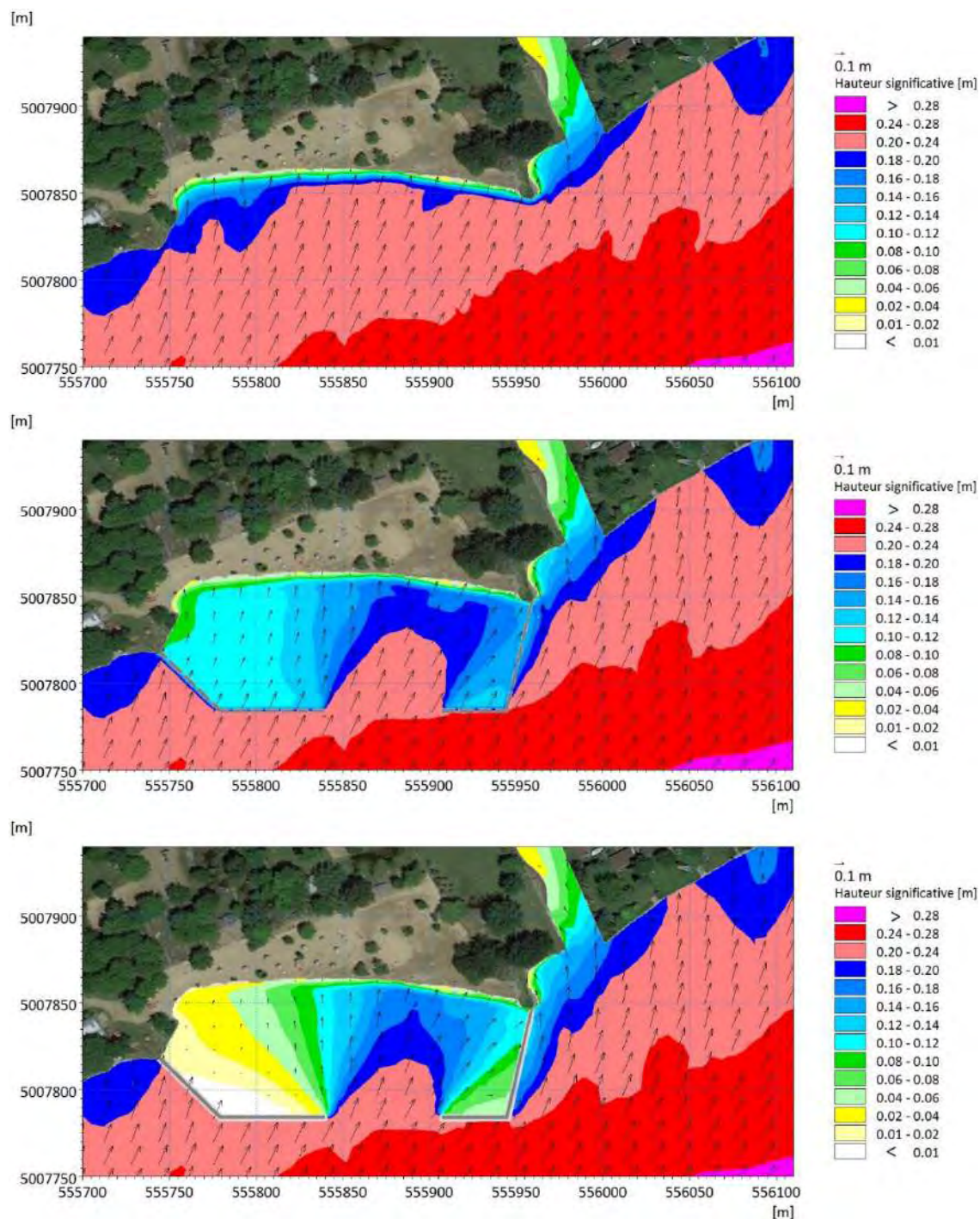


Figure 34 Comparaison des hauteurs significatives des vagues en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration 01E1, au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l'OSO

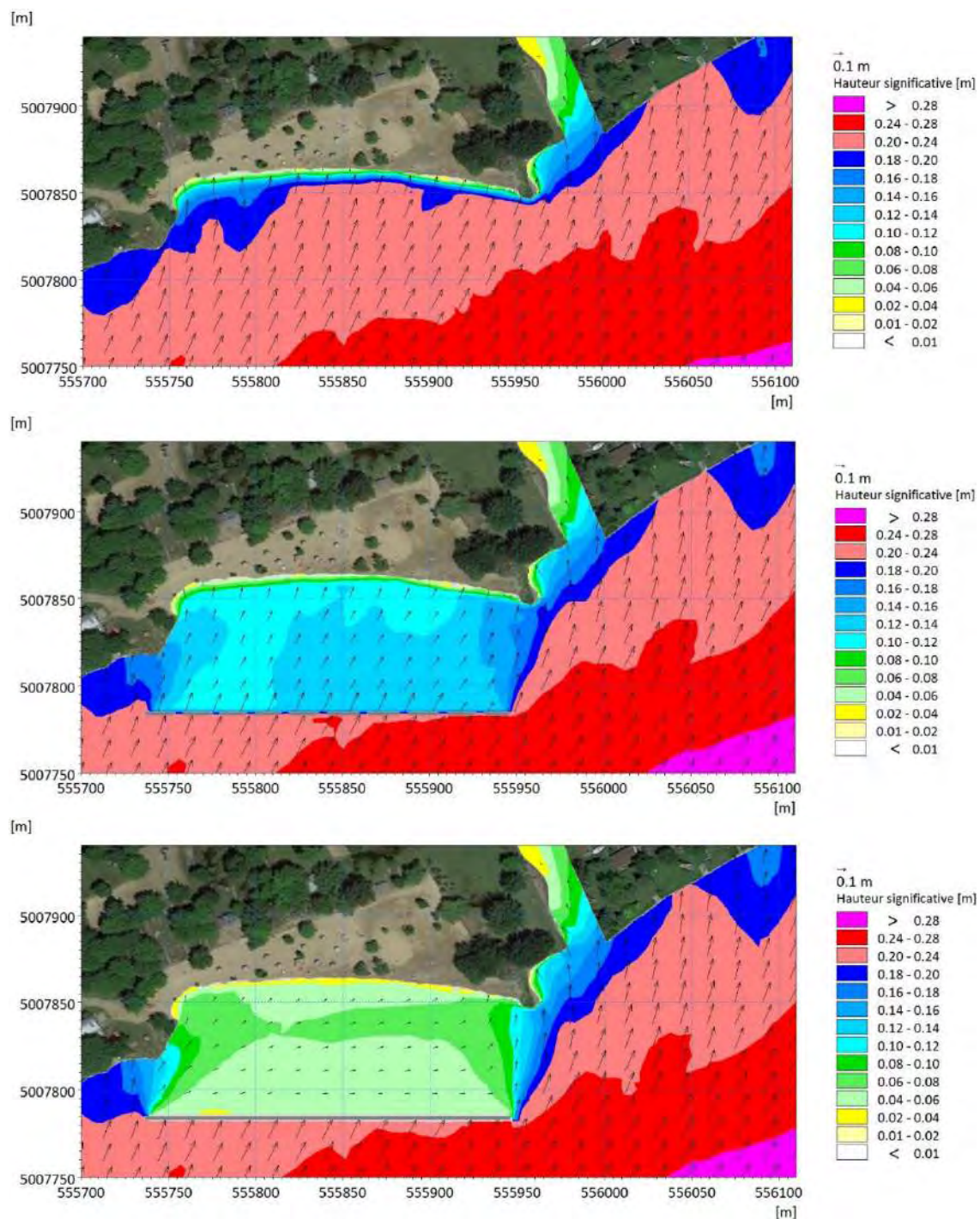


Figure 35 Comparaison des hauteurs significatives des vagues en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration S1, au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l'OSO

Les résultats des simulations de vague avec différentes configurations de brise-lames (figures 22 à 35) suggèrent que :

- ▶ les vagues de l'OSO sont responsables de la majeure partie de l'érosion de la plage. Ces vagues sont plus hautes que les vagues de l'ENE, et en plus elles arrivent à la plage de front alors que les vagues de l'ENE arrivent à un angle prononcé par rapport à la plage ;
- ▶ les brise-lames permanents sont plus efficaces que les brise-lames flottants contre l'érosion de la plage par les vagues puisqu'ils arrêtent complètement la progression des vagues vers la plage alors que les brise-lames flottants utilisés (Narval) laissent passer près de 0,5 fois la hauteur des vagues incidentes ;
- ▶ les brise-lames attachés à terre et constitués d'un segment (O1 et E1) ont un impact très local et ne protègent pas adéquatement la plage contre l'action des vagues. Ces brise-lames sont presque parallèles à la direction d'approche des vagues de l'OSO et par conséquent ne protègent qu'une petite partie du trait de plage ;
- ▶ la combinaison des brise-lames O1E1 n'améliore pas la protection de la plage de façon significative puisque chaque brise-lame protège la même petite partie de la plage de manière indépendante ;
- ▶ les brise-lames constitués de deux segments (O2 et E2) sont bien plus efficaces contre l'action des vagues, à cause du segment *offshore* du brise-lame parallèle à la plage qui intercepte la majeure partie des vagues ;
- ▶ la combinaison O2E2 offre une meilleure protection à la plage que les configurations individuelles O2 ou E2, mais elle laisse quand même les vagues en provenance de l'OSO attaquer la partie centrale de la plage ;
- ▶ le brise-lame qui offre la meilleure protection de la plage contre l'érosion par les vagues est le brise-lame S1 détaché de la plage, situé à la limite *offshore* du banc de sable et orienté parallèle à la plage. La version flottante de ce brise-lame, quoique moins efficace que la version permanente, offre quand même une très bonne protection de la plage aux vagues de tempête de l'ENE et OSO.

5.3 IMPACTS DES BRISE-LAMES SUR LES COURANTS

L'impact de chaque configuration de brise-lames sur les courants en face de la plage est maintenant décrit. Les courants présentés sont calculés par le modèle MIKE21-HD sur maille G2 au plus fort des tempêtes de vent extrême annuel de l'ENE et de l'OSO.

Les courants en présence de chaque configuration de brise-lames permanents sont comparés aux courants en l'absence de brise-lames aux figures 36 à 39 pour des vents de l'ENE, et aux figures 40 à 43 pour des vents de l'OSO.

L'impact des brise-lames flottants sur les courants n'est pas présenté puisque ce brise-lame n'a pas d'emprise significative sur les courants moyens dans la colonne d'eau calculés par le modèle hydrodynamique.

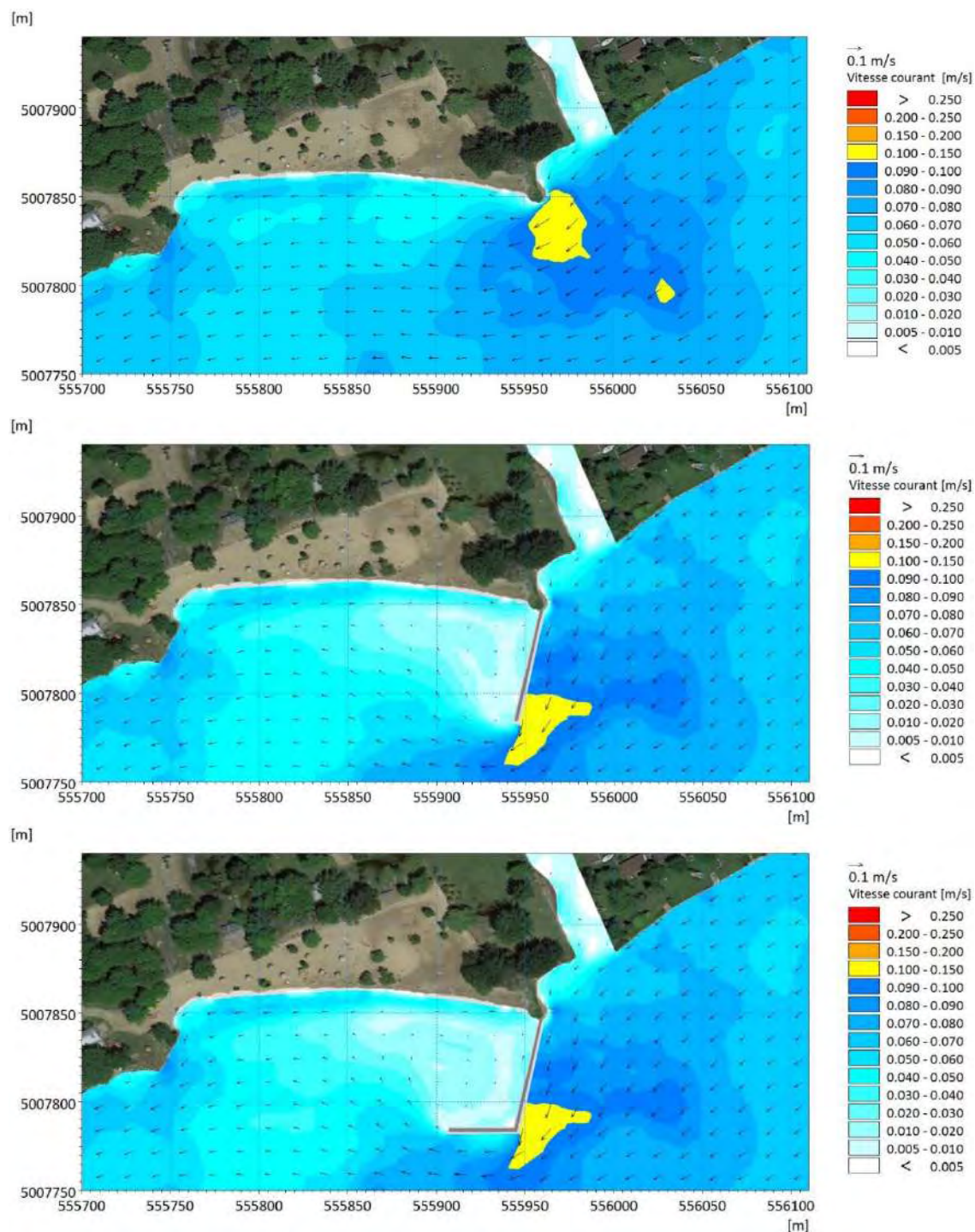


Figure 36 Comparaison des courants en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames permanents de configuration E1 (milieu) et E2 (bas), au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l'ENE

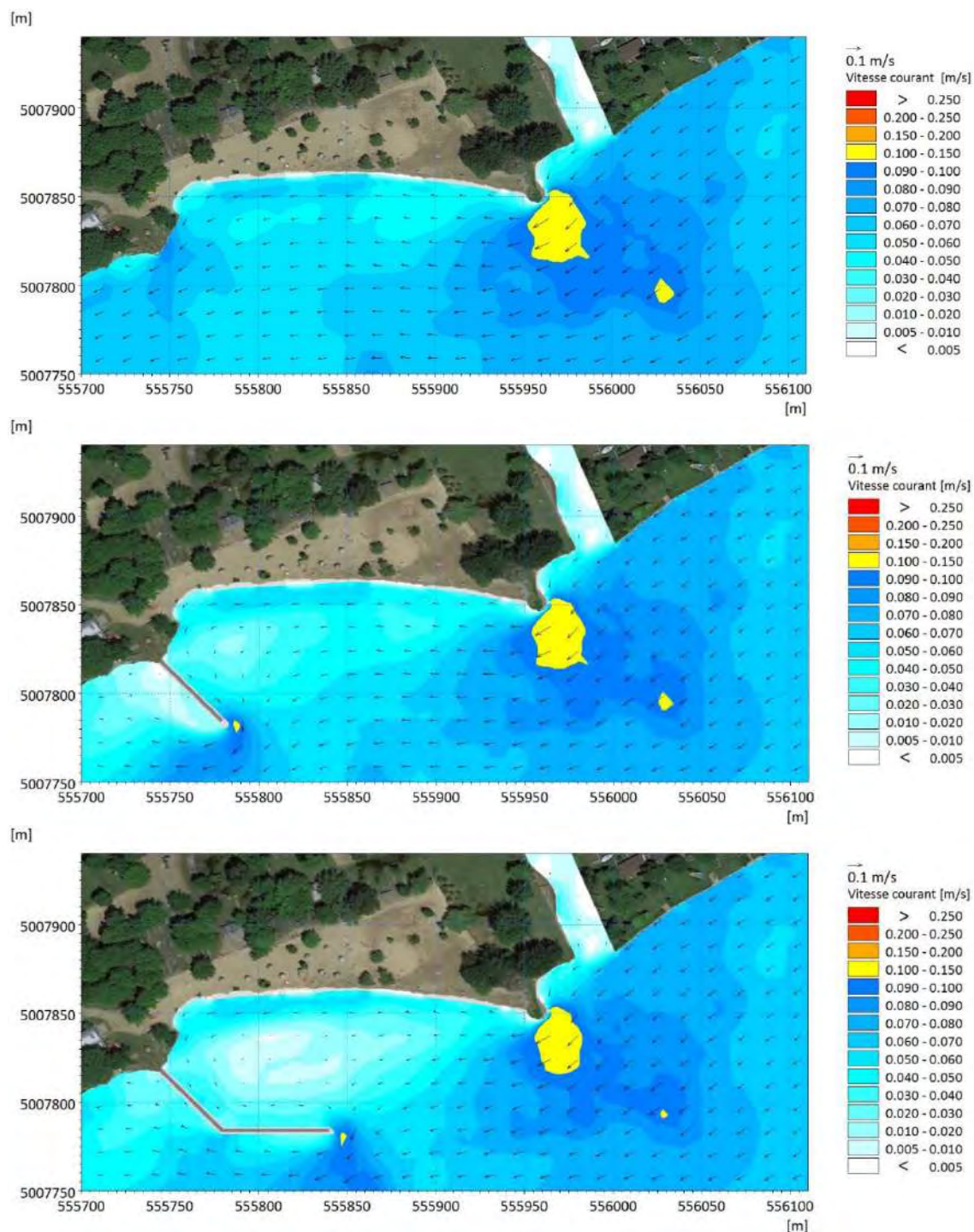


Figure 37 Comparaison des courants en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames permanents de configuration O1 (milieu) et O2 (bas), au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l'ENE

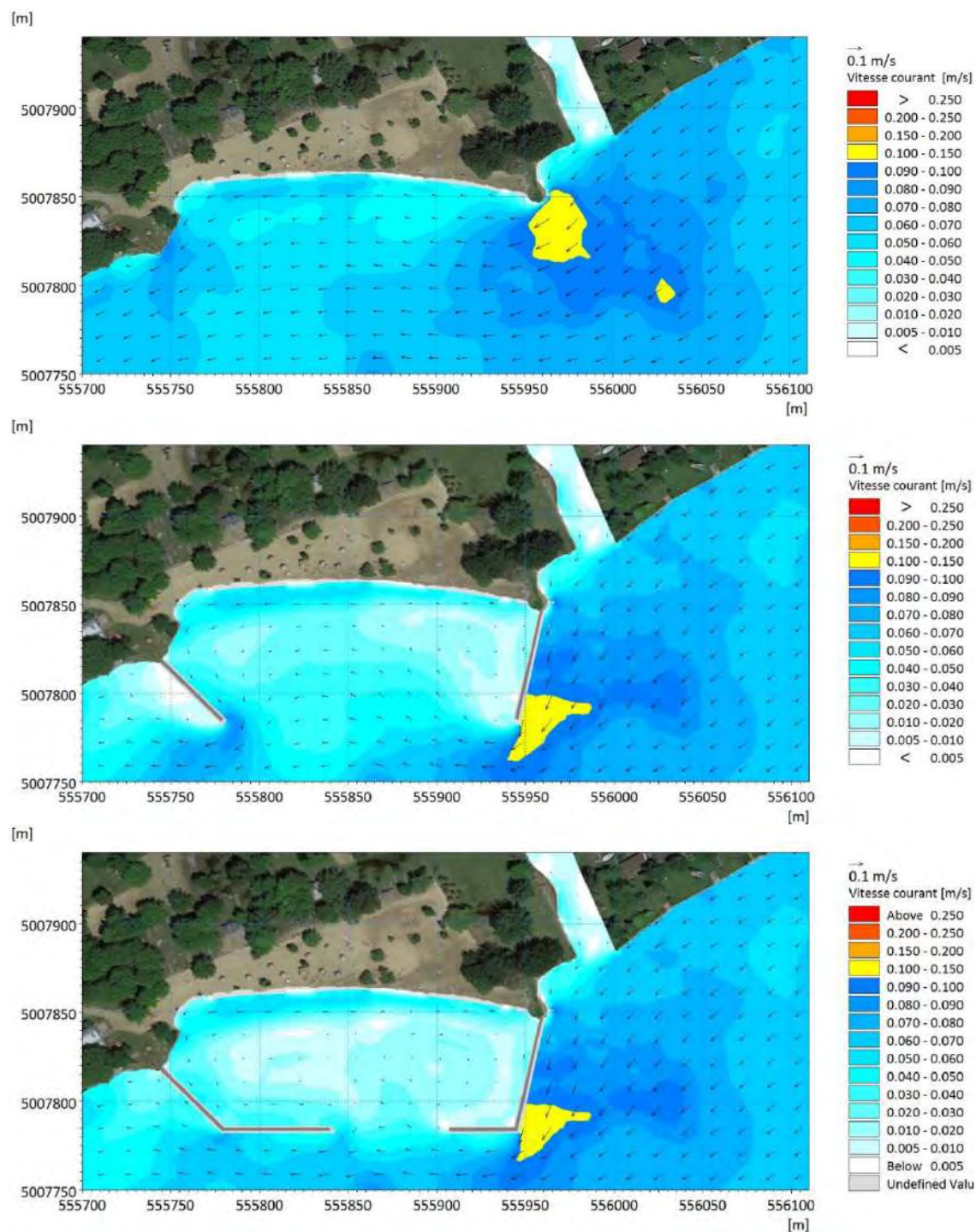


Figure 38 Comparaison des courants en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames permanents de configuration O1E1 (milieu) et O2E2 (bas), au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l'ENE

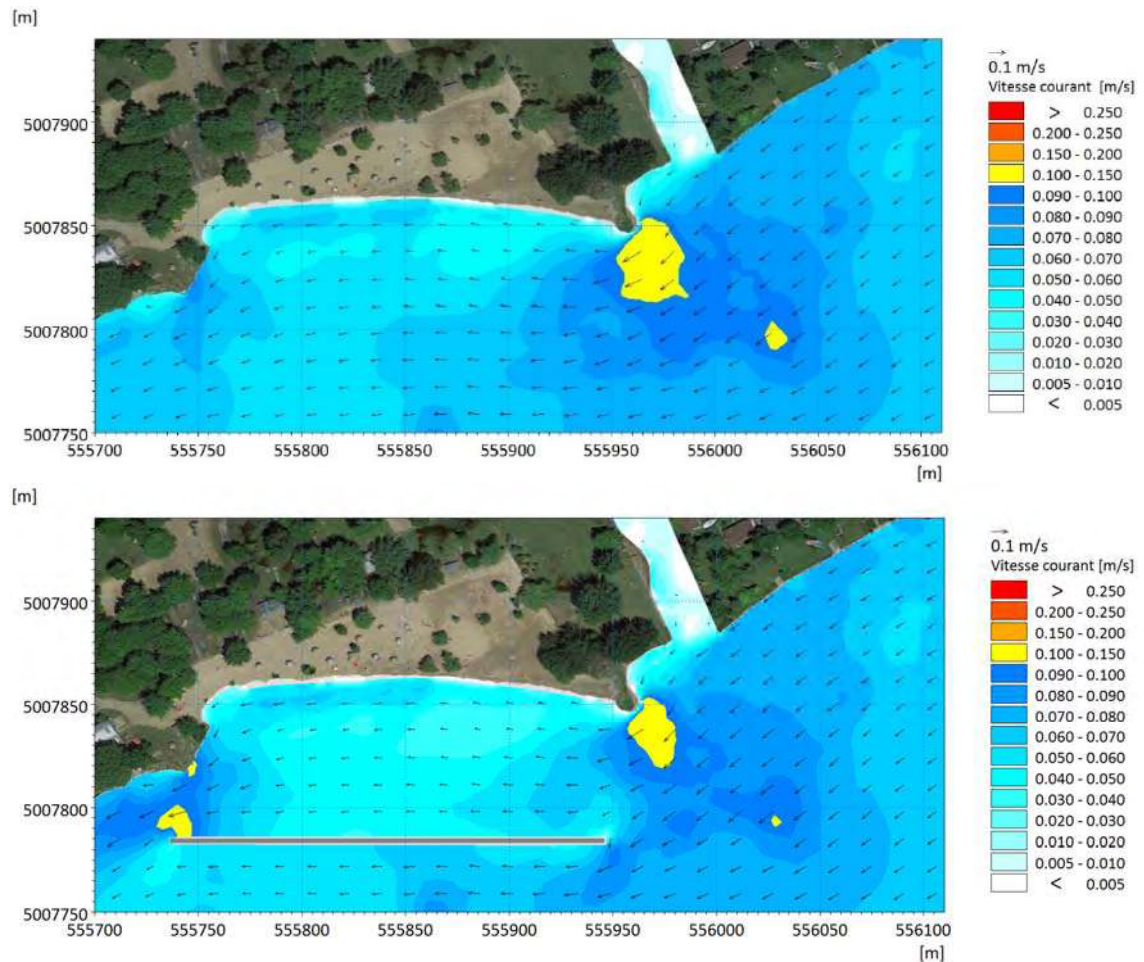


Figure 39 Comparaison des courants en l'absence de brise-lames (haut) et en présence d'un brise-lame permanent de configuration S1 (bas), au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l'ENE

On constate que par vents de tempête de l'ENE :

- ▶ les brise-lames E1 et E2 réduisent les courants en face du côté est de la plage, le brise-lame E2 affectant une plus grande superficie que E1 ;
- ▶ le brise-lame O2 a le même effet que E2, mais du côté ouest de la plage alors que le brise-lame O1 n'a aucun effet sur les courants en face de la plage ;
- ▶ la combinaison O2E2 est celle qui réduit le plus la vitesse des courants en face de la plage, avec des vitesses presque nulles au centre de l'aire encerclée ;
- ▶ le brise-lame S1 au large ne semble pas avoir d'impact sur les vitesses par vents de tempête de l'ENE.

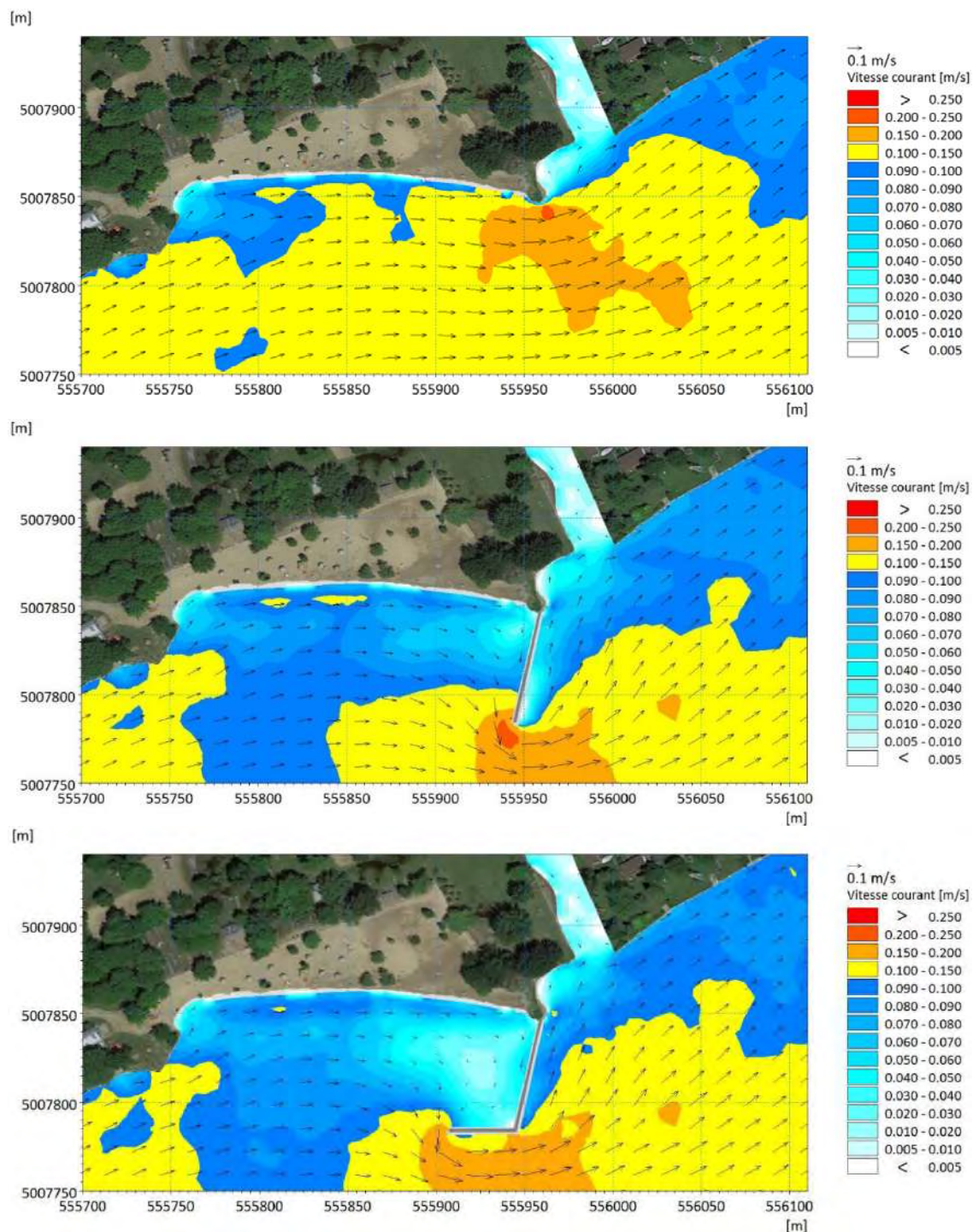


Figure 40 Comparaison des courants en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames permanents de configuration E1 (milieu) et E2 (bas), au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l'OSO

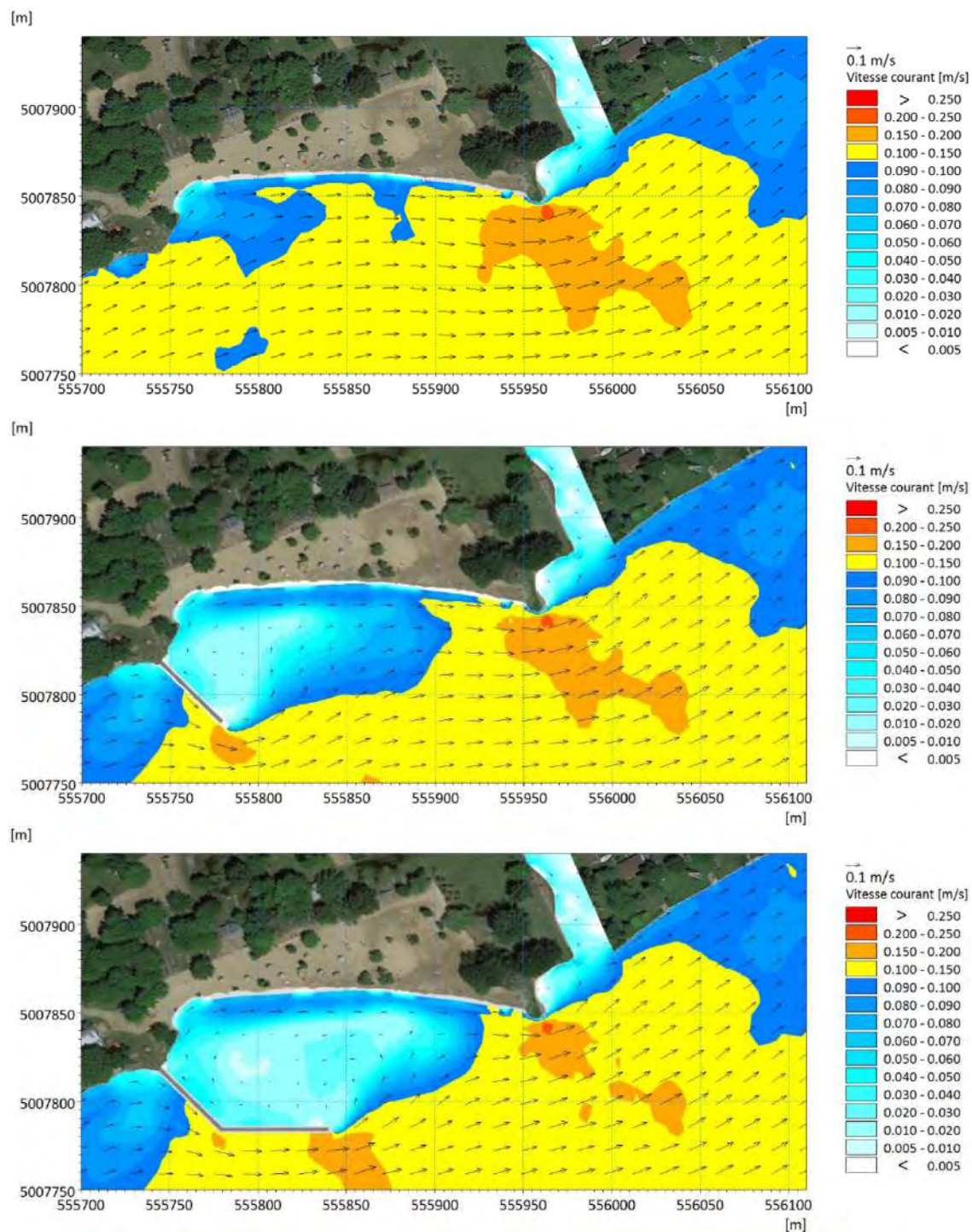


Figure 41 Comparaison des courants en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames permanents de configuration O1 (milieu) et O2 (bas), au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l'OSO

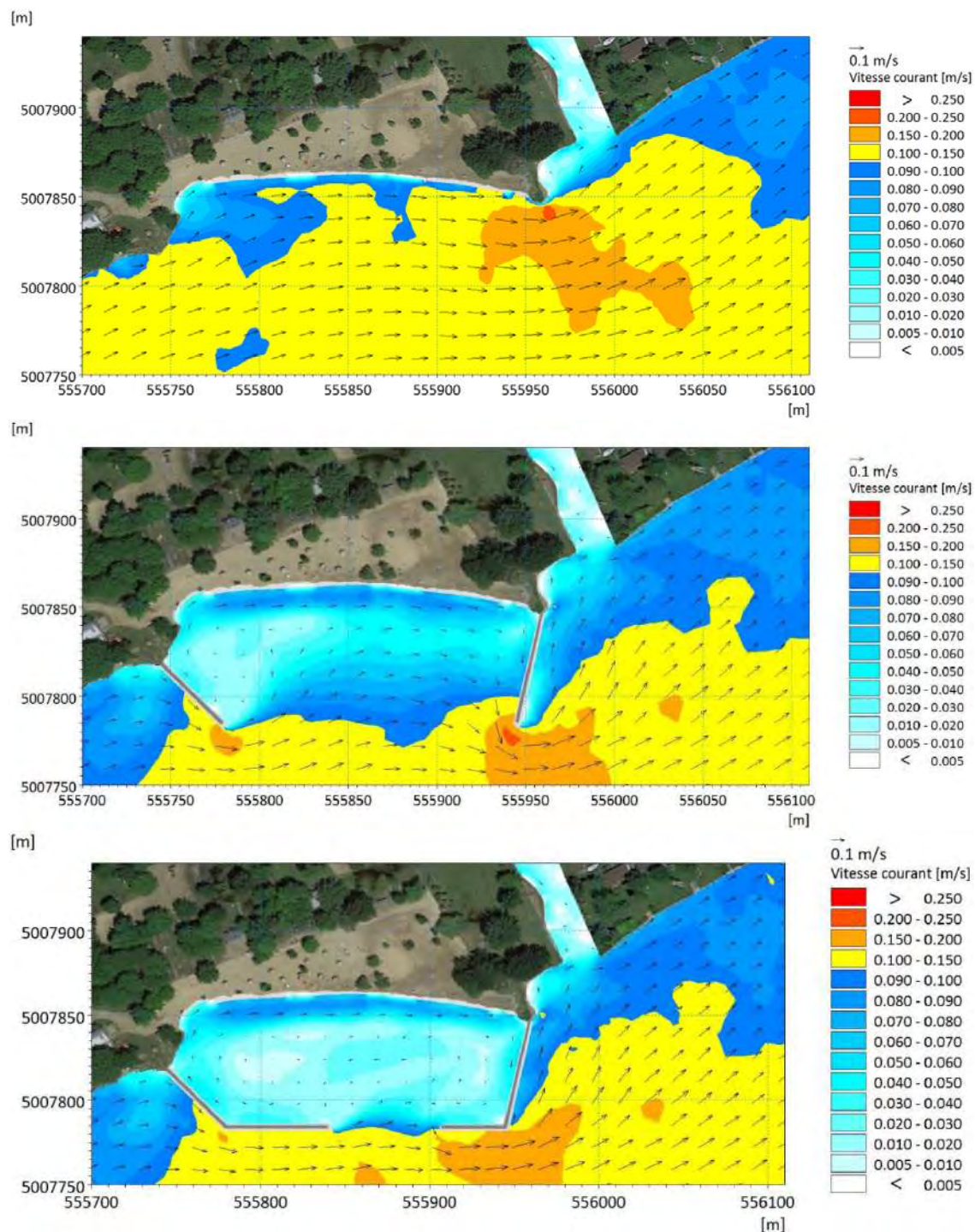


Figure 42 Comparaison des courants en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames permanents de configuration O1E1 (milieu) et O2E2 (bas), au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l'OSO

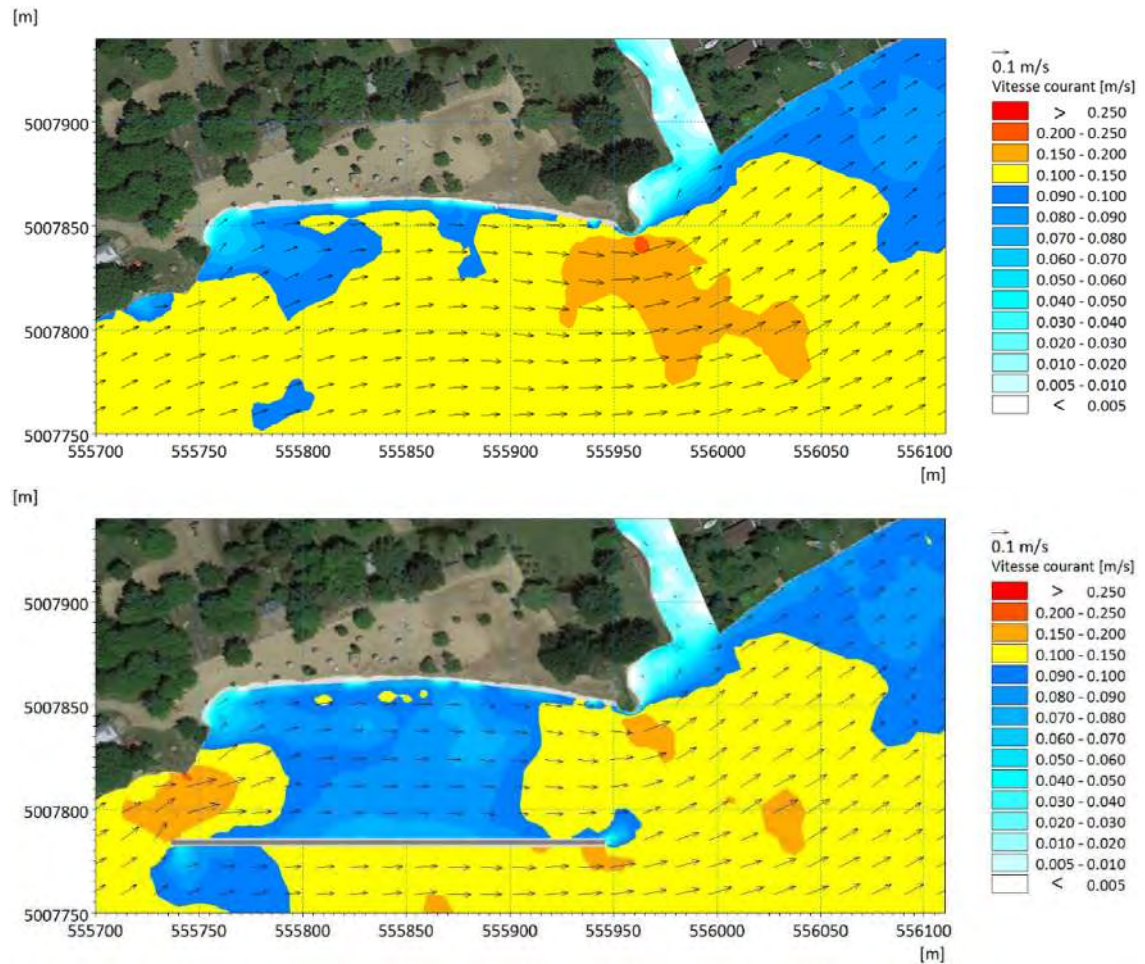


Figure 43 Comparaison des courants en l'absence de brise-lames (haut) et en présence d'un brise-lame permanent de configuration S1 (bas), au plus fort d'une tempête de vent extrême annuel de l'OSO

L'impact des brise-lames sur les vitesses des courants est plus important par vents de tempête de l'OSO que par vent de tempête de l'ENE. On constate en particulier que :

- ▶ tous les brise-lames ont un certain impact sur la réduction des vitesses du courant, avec les brise-lames à l'ouest de la plage ayant plus d'impacts que ceux à l'est de la plage ;
- ▶ les brise-lames composés de deux segments (O2 et E2) ont un plus grand impact que les brise-lames à un segment (O1 et E1) ;
- ▶ la combinaison optimale de brise-lames pour la réduction des vitesses du courant est la configuration O2E2. Les vitesses au-dessus du banc de sable sont presque nulles, mais augmentent légèrement près de la plage sous l'emprise du vent par très faible profondeur ;
- ▶ le brise-lame S1 au large contribue quelque peu à la réduction des courants en face de la plage.

Les brise-lames permanents qui réduisent considérablement la vitesse des courants en certains endroits favorisent la déposition du sable. Dans ce sens, leur impact est favorable à la protection de la plage contre l'érosion. Par contre, ces mêmes brise-lames auront aussi un impact défavorable sur l'environnement de la plage puisqu'ils diminueront les échanges d'eau avec l'extérieur et permettront ainsi la croissance de plantes dans ces mêmes endroits où le courant est devenu presque nul.

5.4 IMPACTS DES BRISE-LAMES SUR LE BANC DE SABLE

L'impact de chaque configuration de brise-lames sur le changement net de l'épaisseur du banc de sable en face de la plage est maintenant décrit. Ces changements sont calculés par le modèle MIKE21-ST à la fin des tempêtes de vent extrême annuel de l'ENE et de l'OSO. Ce modèle est couplé au modèle hydrodynamique MIKE21-HD et prend en entrée les paramètres de vague calculés par le modèle MIKE21-SW.

Les changements du fond à la fin de chaque tempête sont ensuite comparés pour chaque configuration de brise-lames flottants et permanents aux changements nets correspondants en l'absence de brise-lames aux figures 44 à 50 pour des vents de l'ENE, et aux figures 51 à 57 pour des vents de l'OSO.

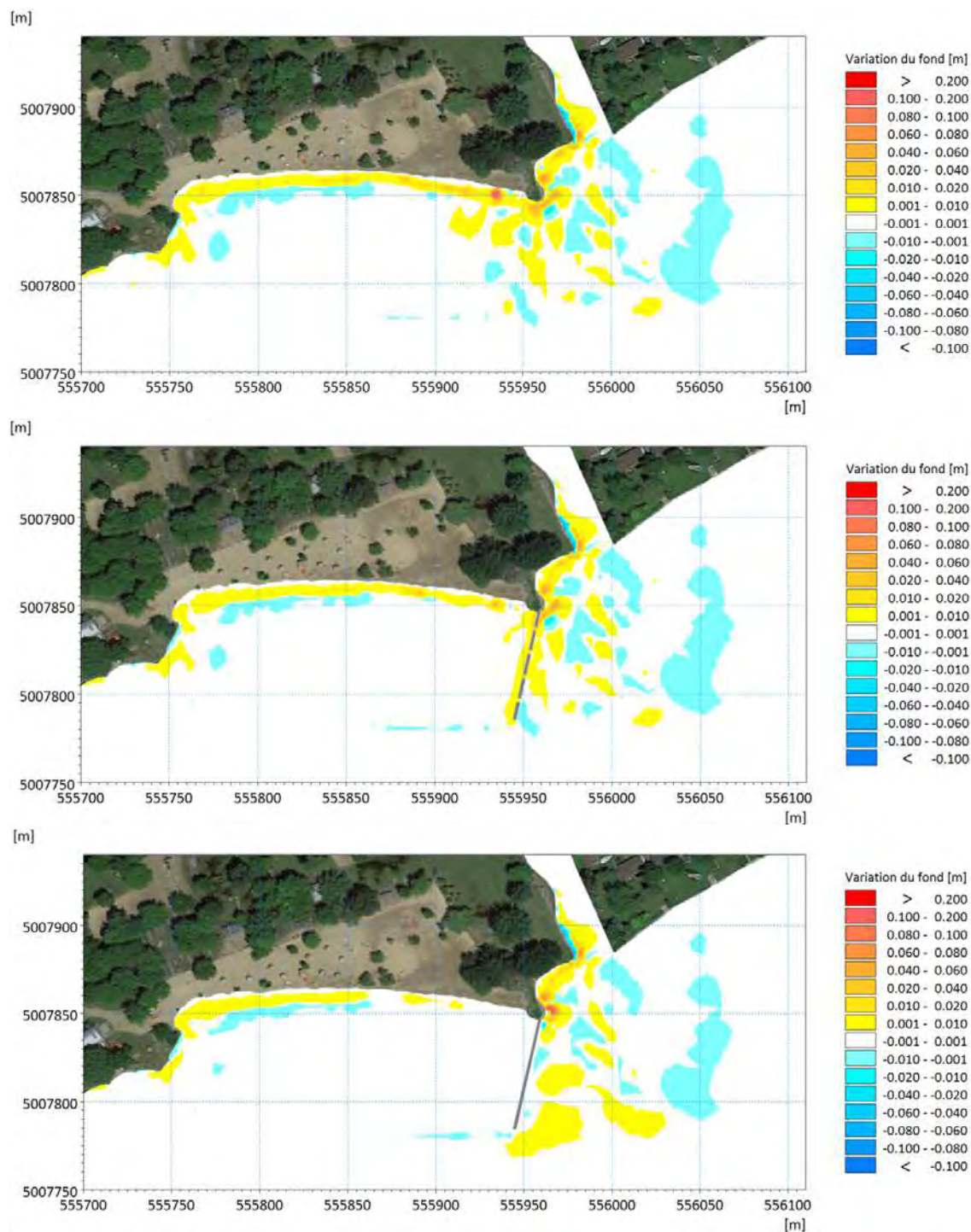


Figure 44 Comparaison des changements d'épaisseur du banc de sable en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration E1, à la fin d'une tempête de vent extrême annuel de l'ENE

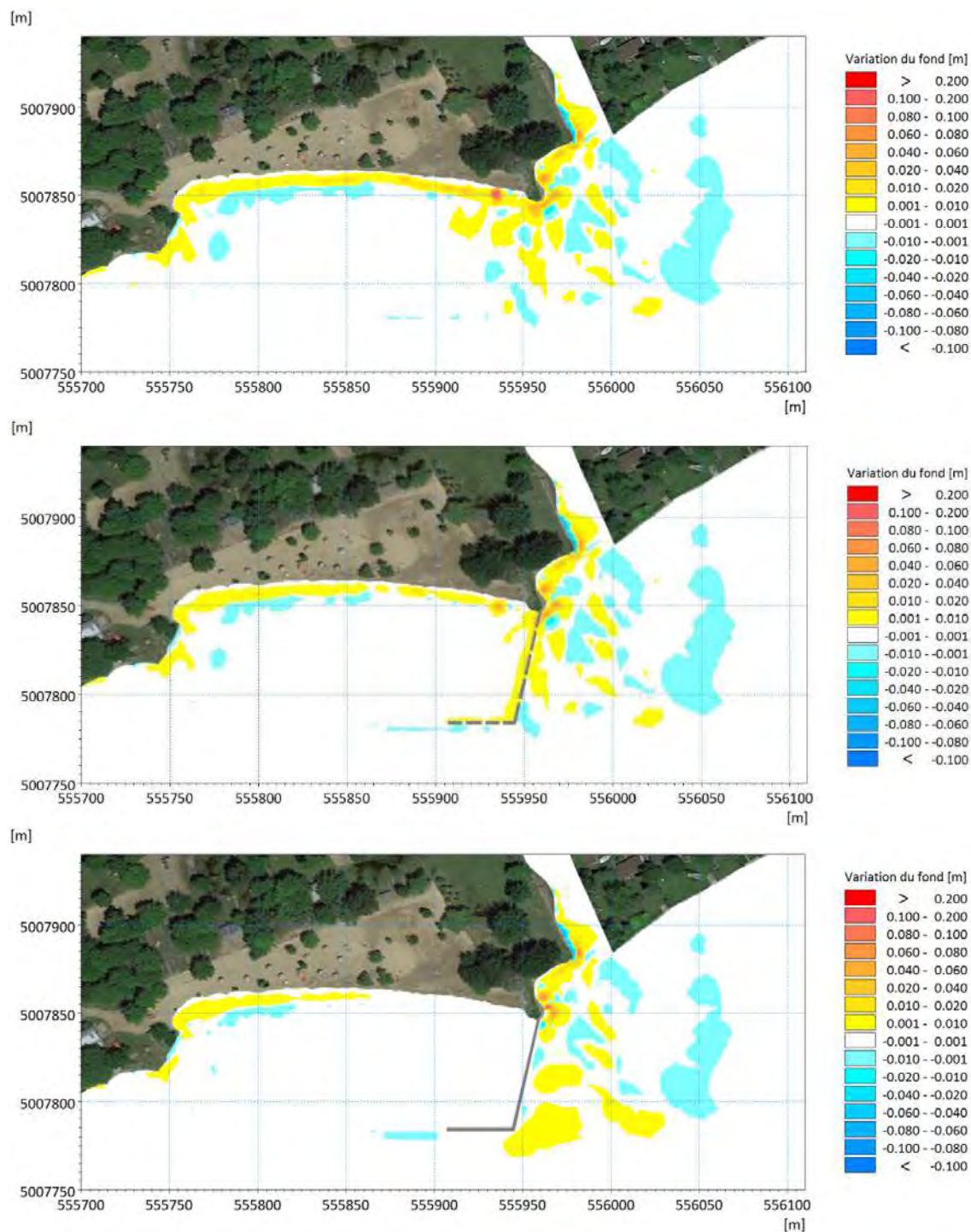


Figure 45 Comparaison des changements d'épaisseur du banc de sable en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration E2, à la fin d'une tempête de vent extrême annuel de l'ENE

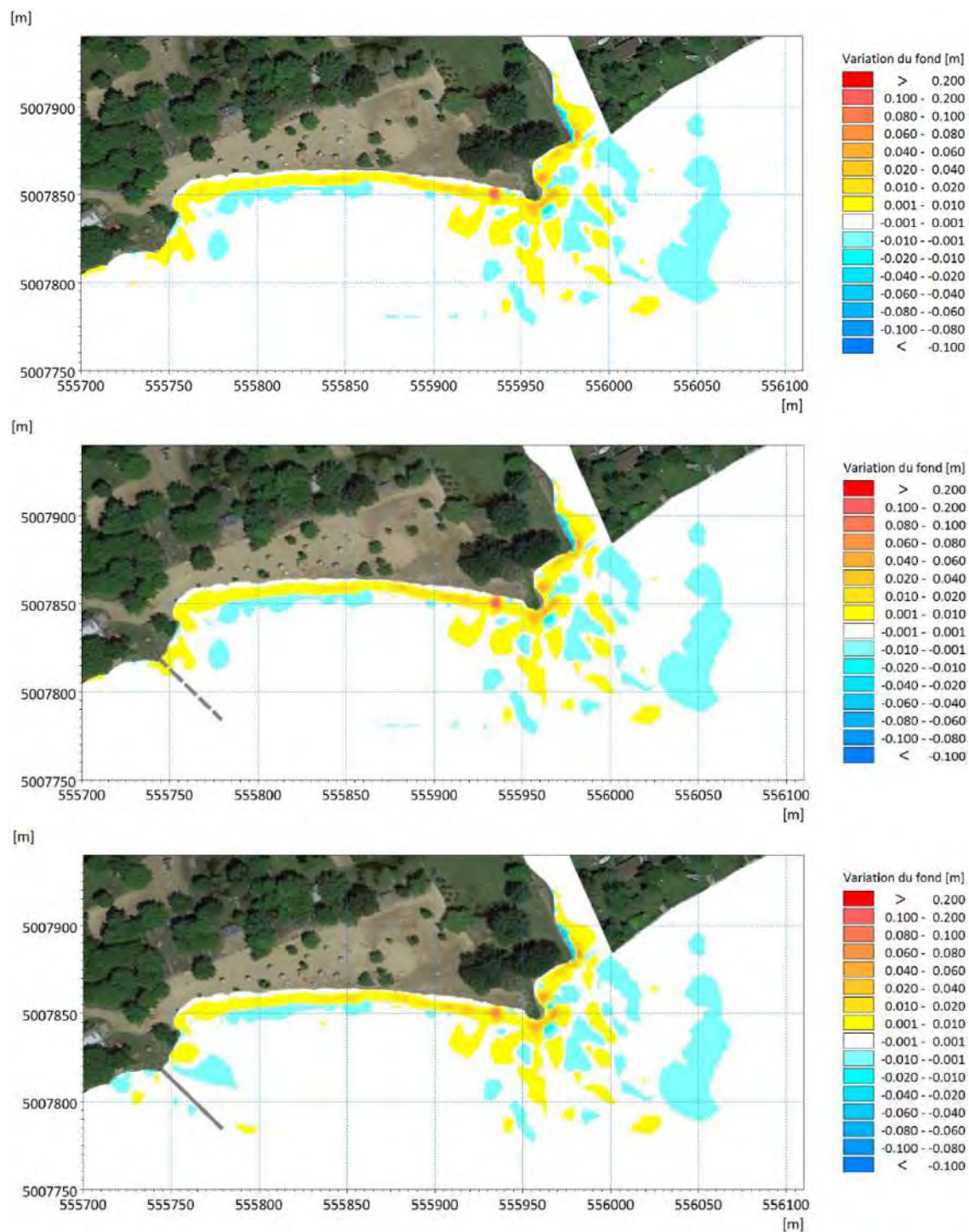


Figure 46 Comparaison des changements d'épaisseur du banc de sable en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration O1, à la fin d'une tempête de vent extrême annuel de l'ENE

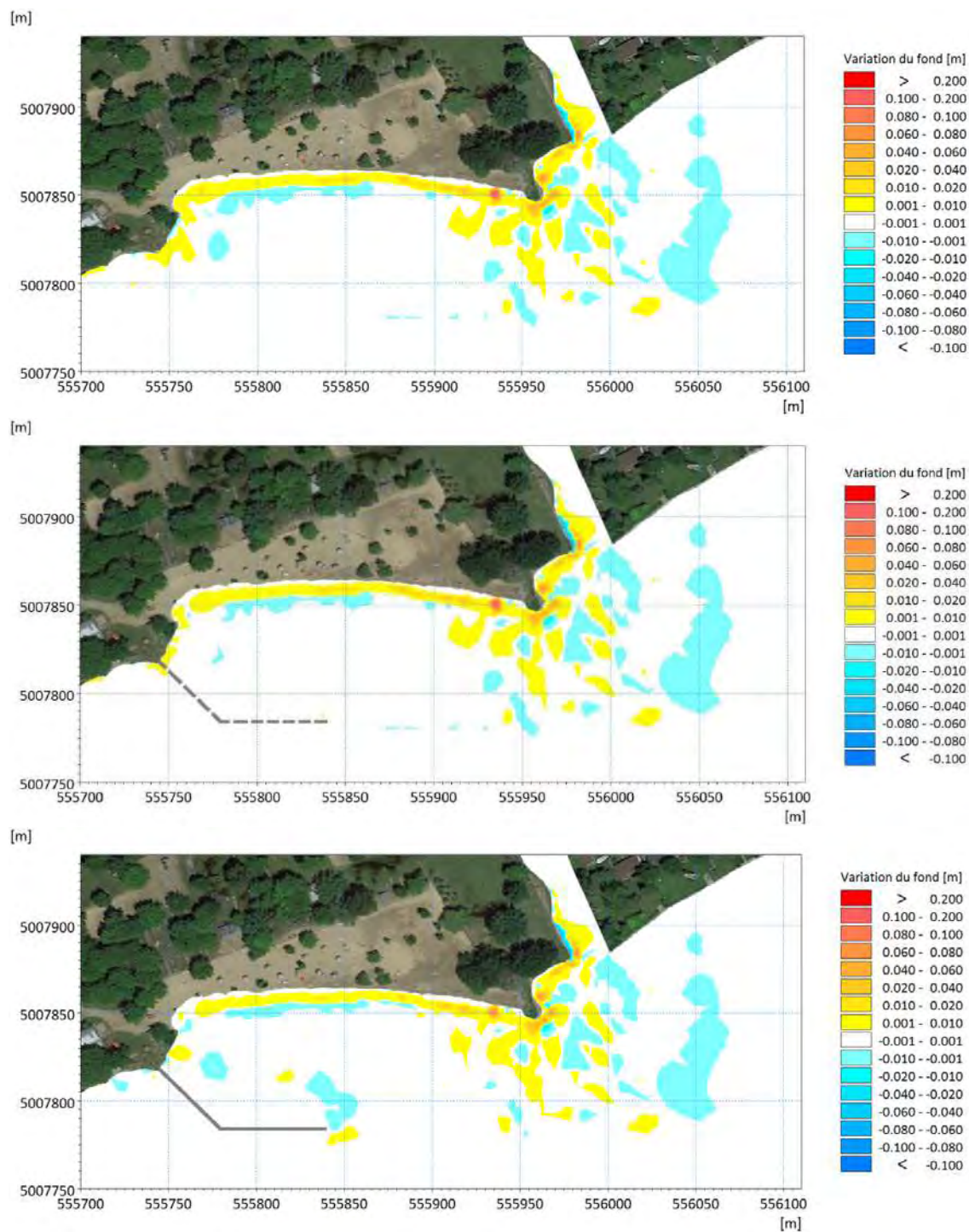


Figure 47 Comparaison des changements d'épaisseur du banc de sable en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration O2, à la fin d'une tempête de vent extrême annuel de l'ENE

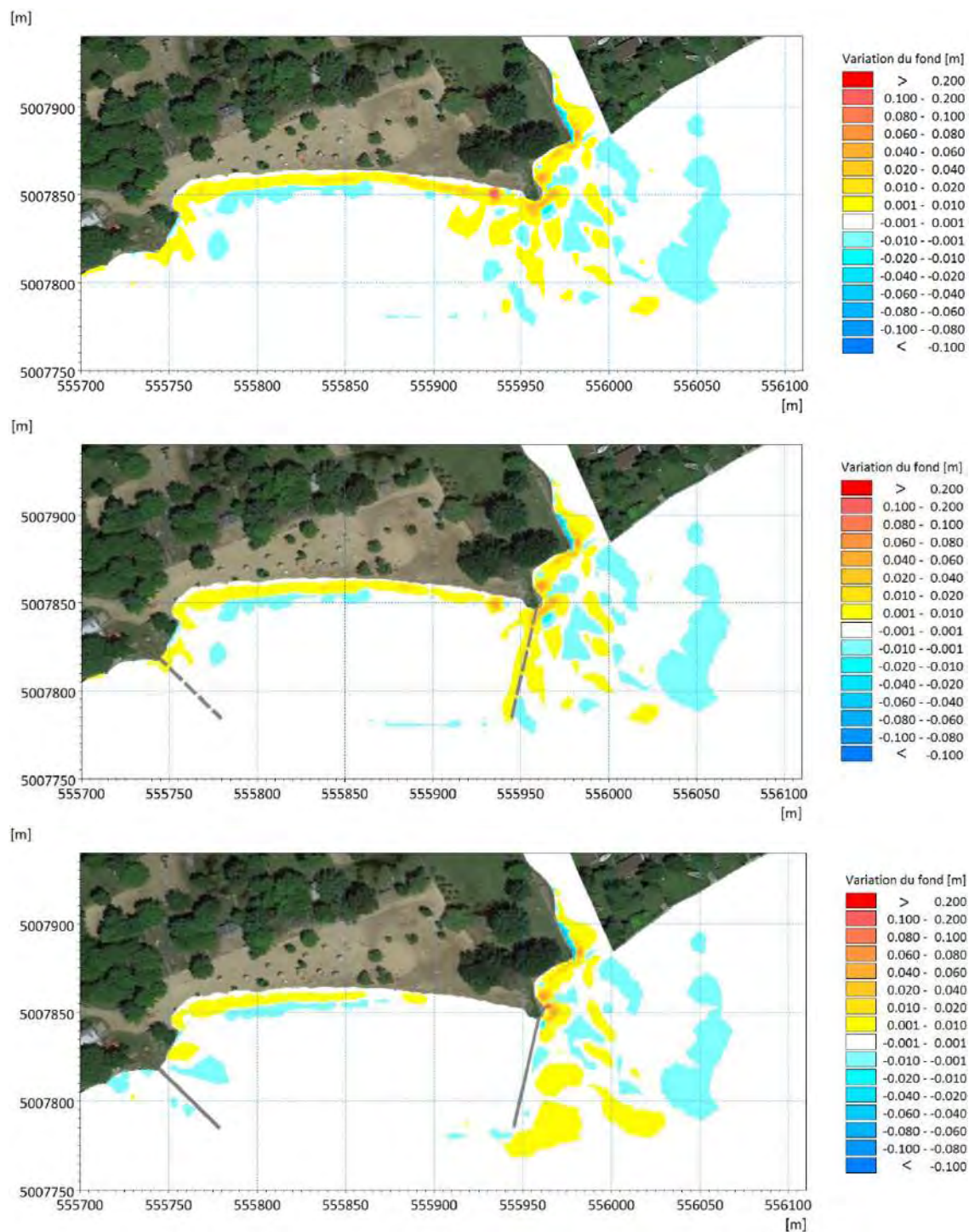


Figure 48 Comparaison des changements d'épaisseur du banc de sable en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration 01E1, à la fin d'une tempête de vent extrême annuel de l'ENE

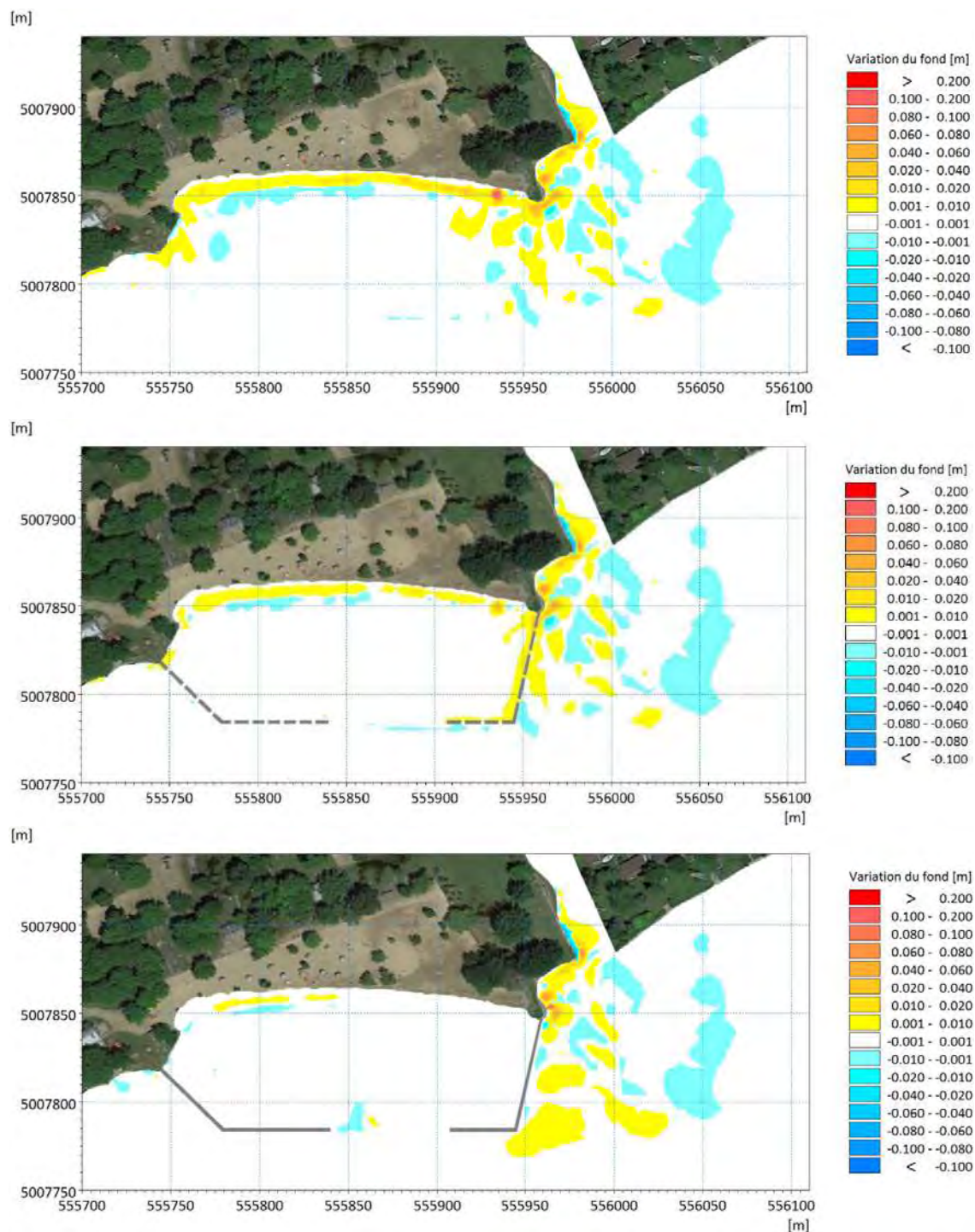


Figure 49 Comparaison des changements d'épaisseur du banc de sable en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration O2E2, à la fin d'une tempête de vent extrême annuel de l'ENE

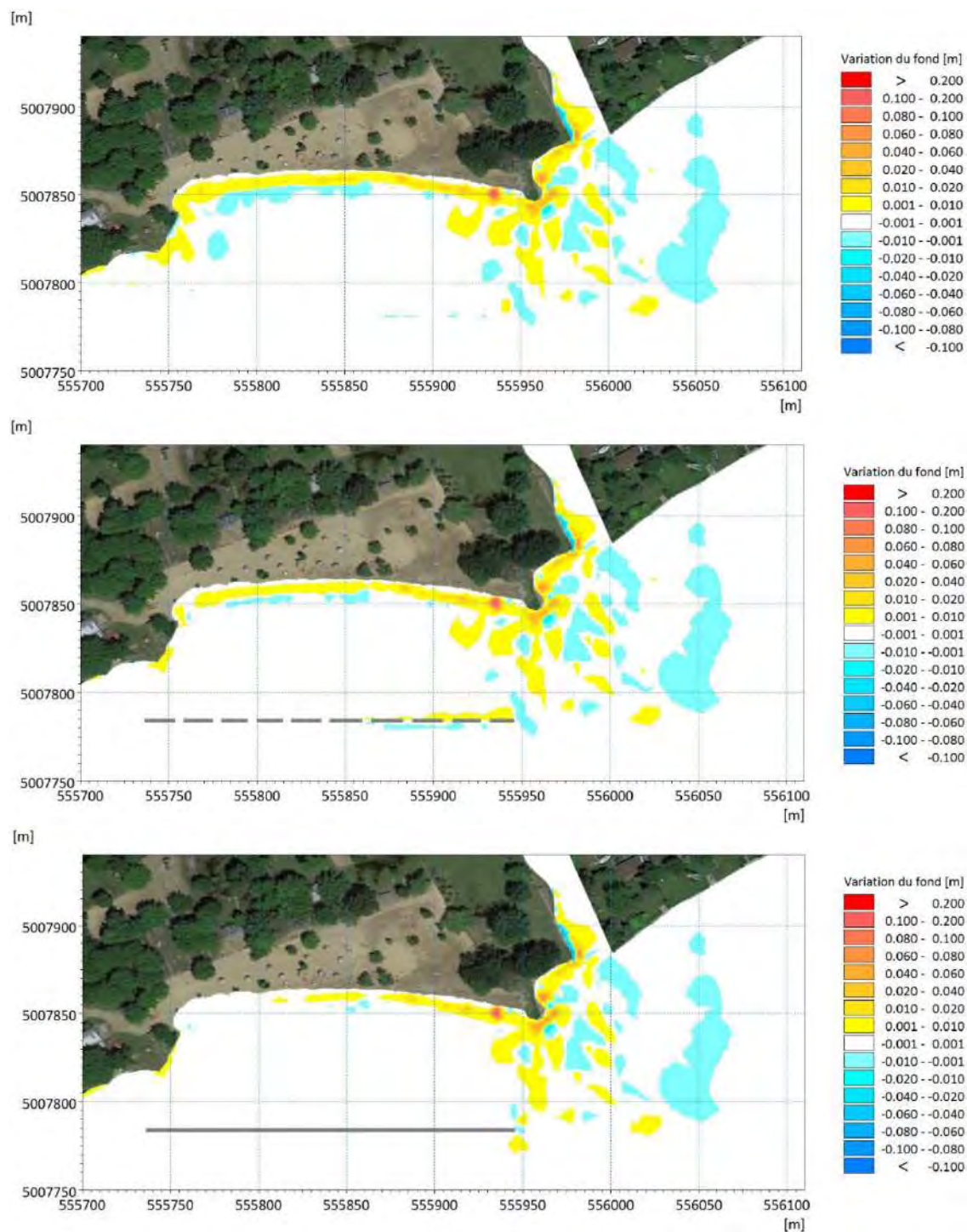


Figure 50 Comparaison des changements d'épaisseur du banc de sable en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration S1, à la fin d'une tempête de vent extrême annuel de l'ENE

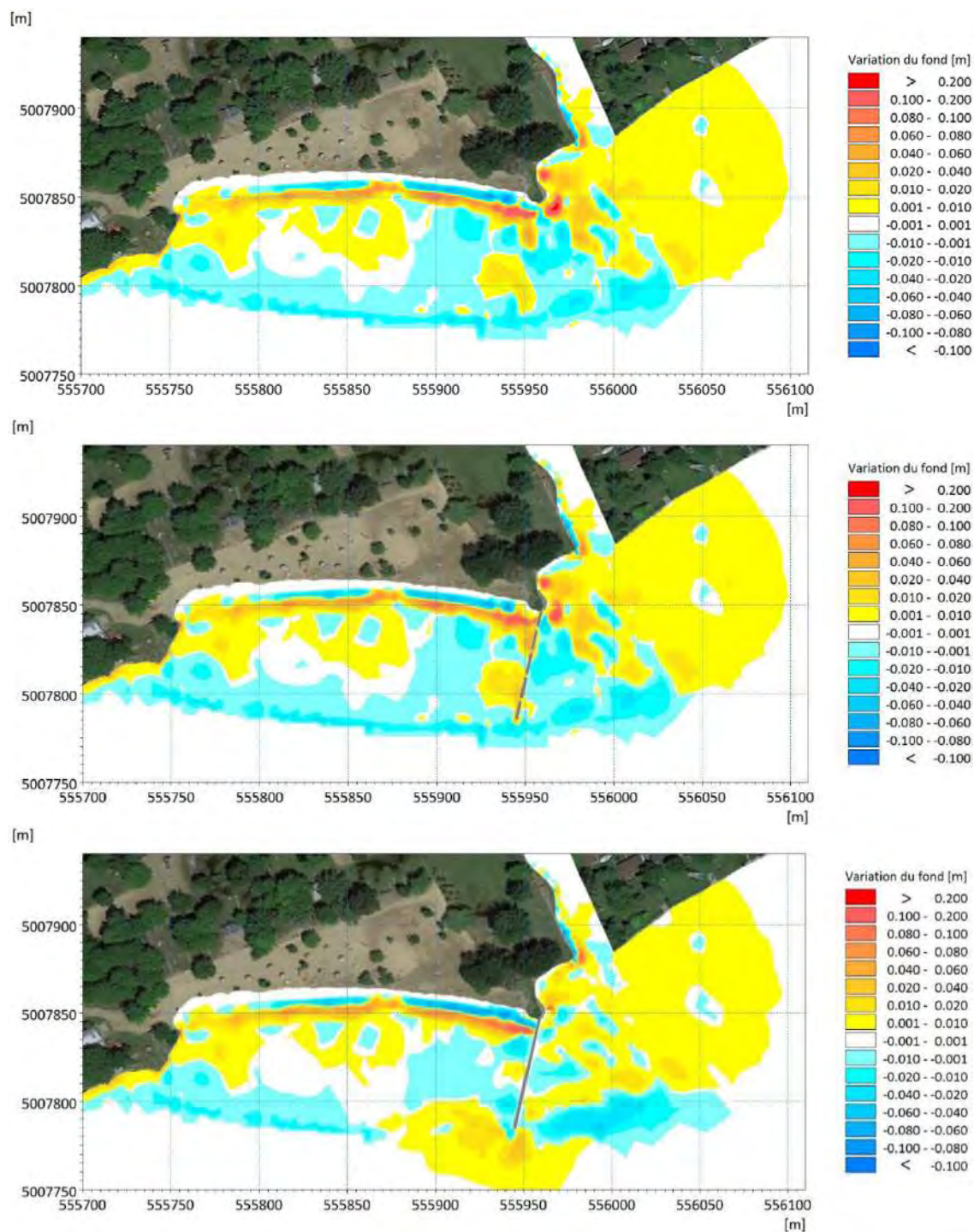


Figure 51 Comparaison des changements d'épaisseur du banc de sable en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration E1, à la fin d'une tempête de vent extrême annuel de l'OSO

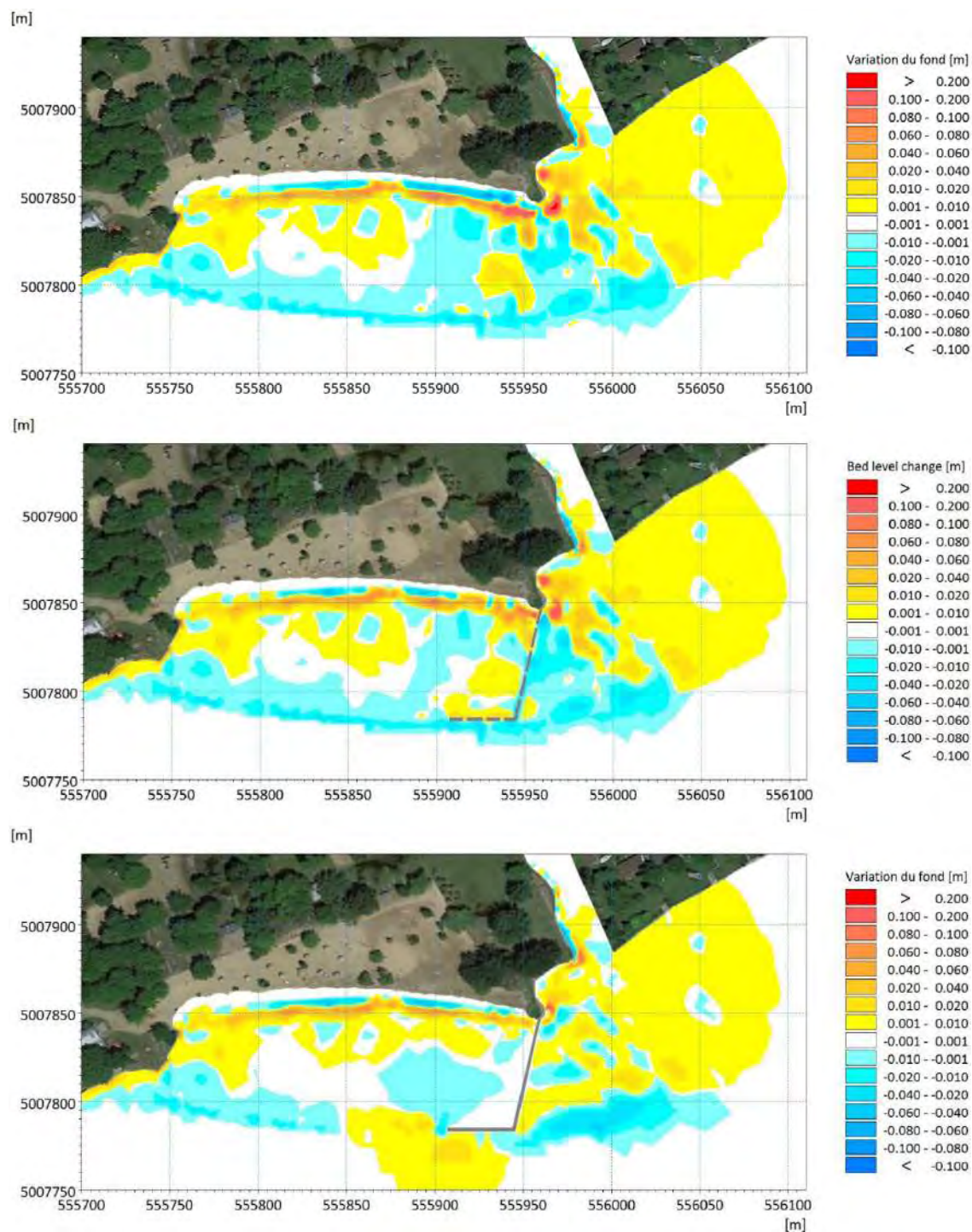


Figure 52 Comparaison des changements d'épaisseur du banc de sable en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration E2, à la fin d'une tempête de vent extrême annuel de l'OSO

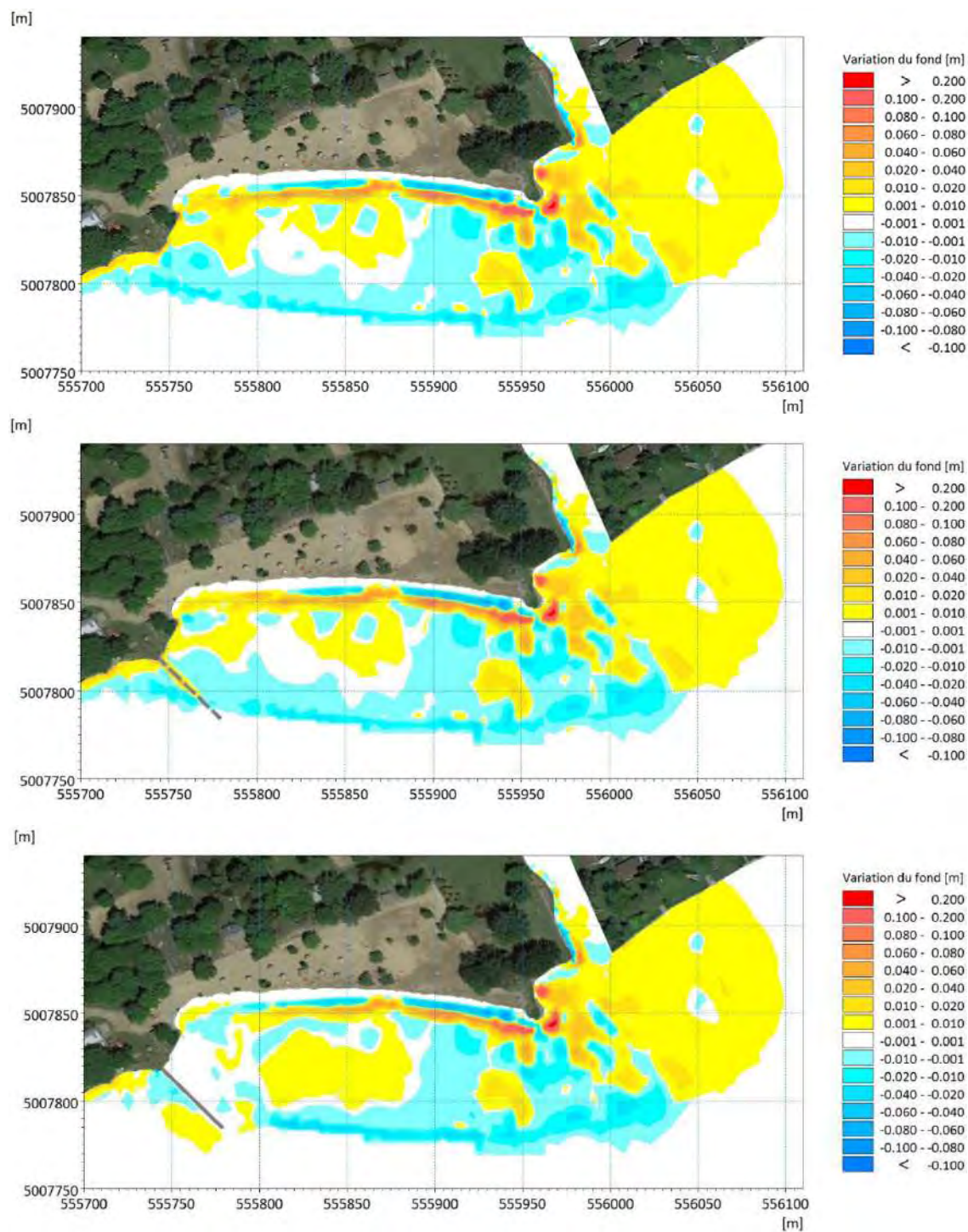


Figure 53 Comparaison des changements d'épaisseur du banc de sable en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration O1, à la fin d'une tempête de vent extrême annuel de l'OSO

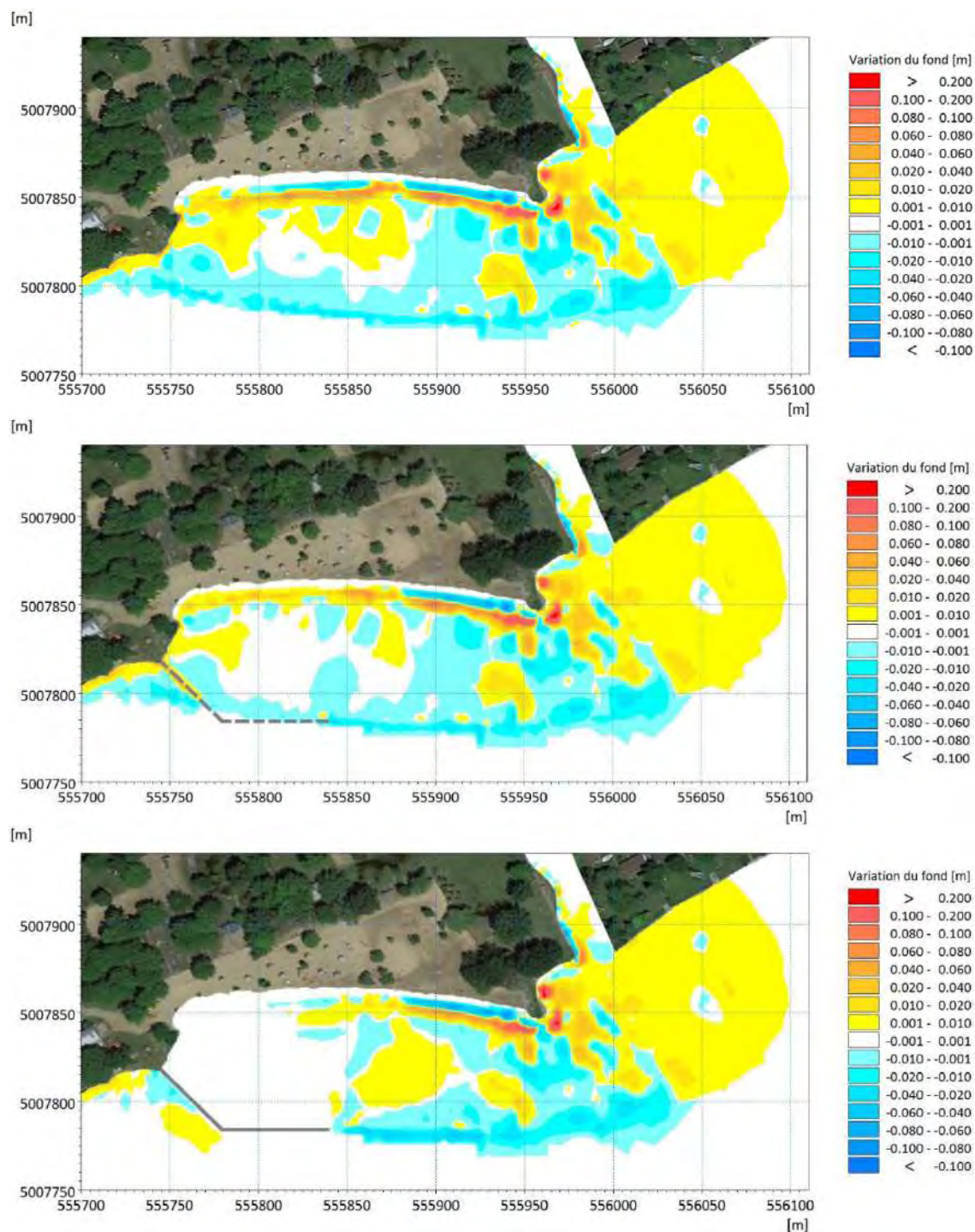


Figure 54 Comparaison des changements d'épaisseur du banc de sable en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration O2, à la fin d'une tempête de vent extrême annuel de l'OSO

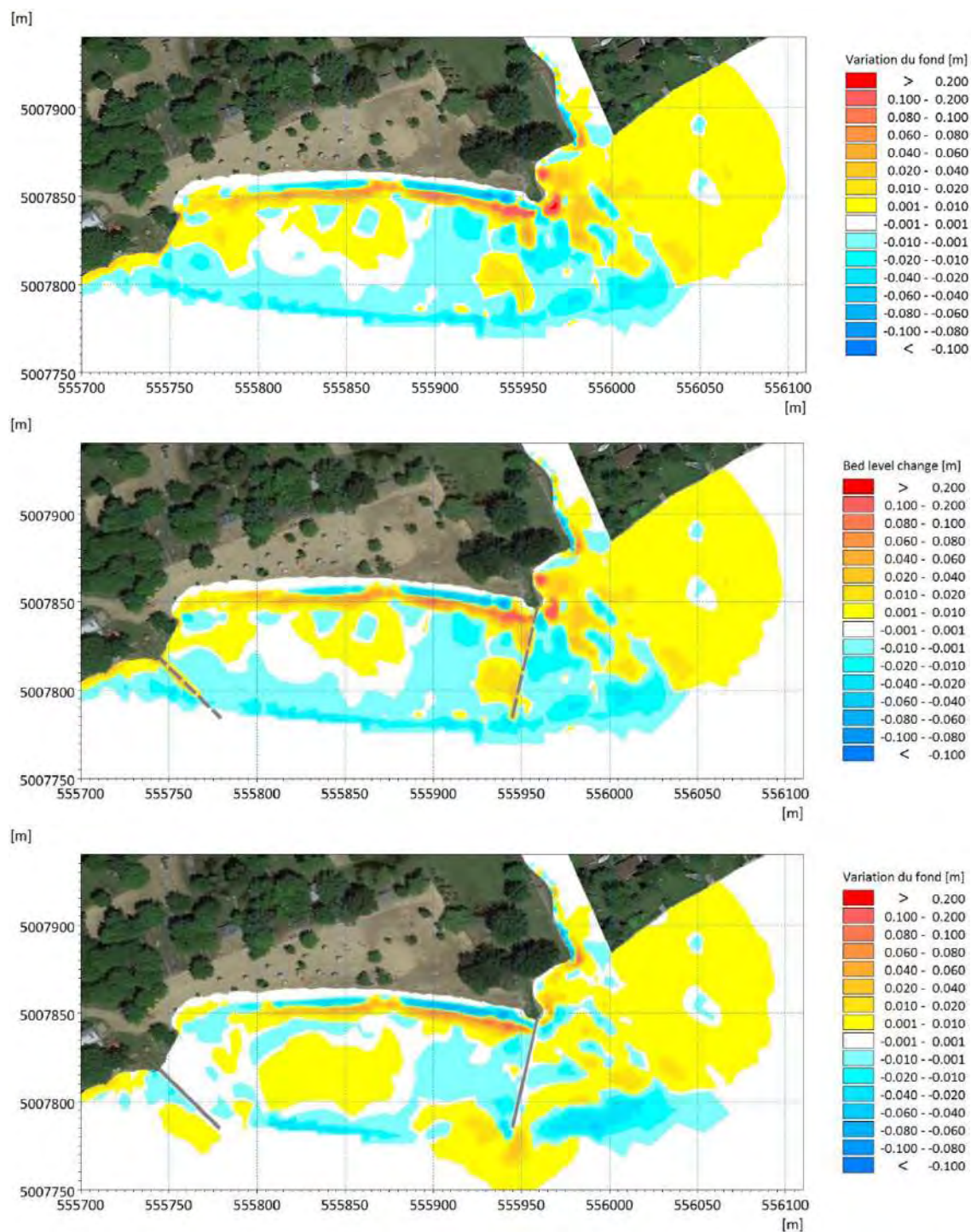


Figure 55 Comparaison des changements d'épaisseur du banc de sable en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration O1E1, à la fin d'une tempête de vent extrême annuel de l'OSO

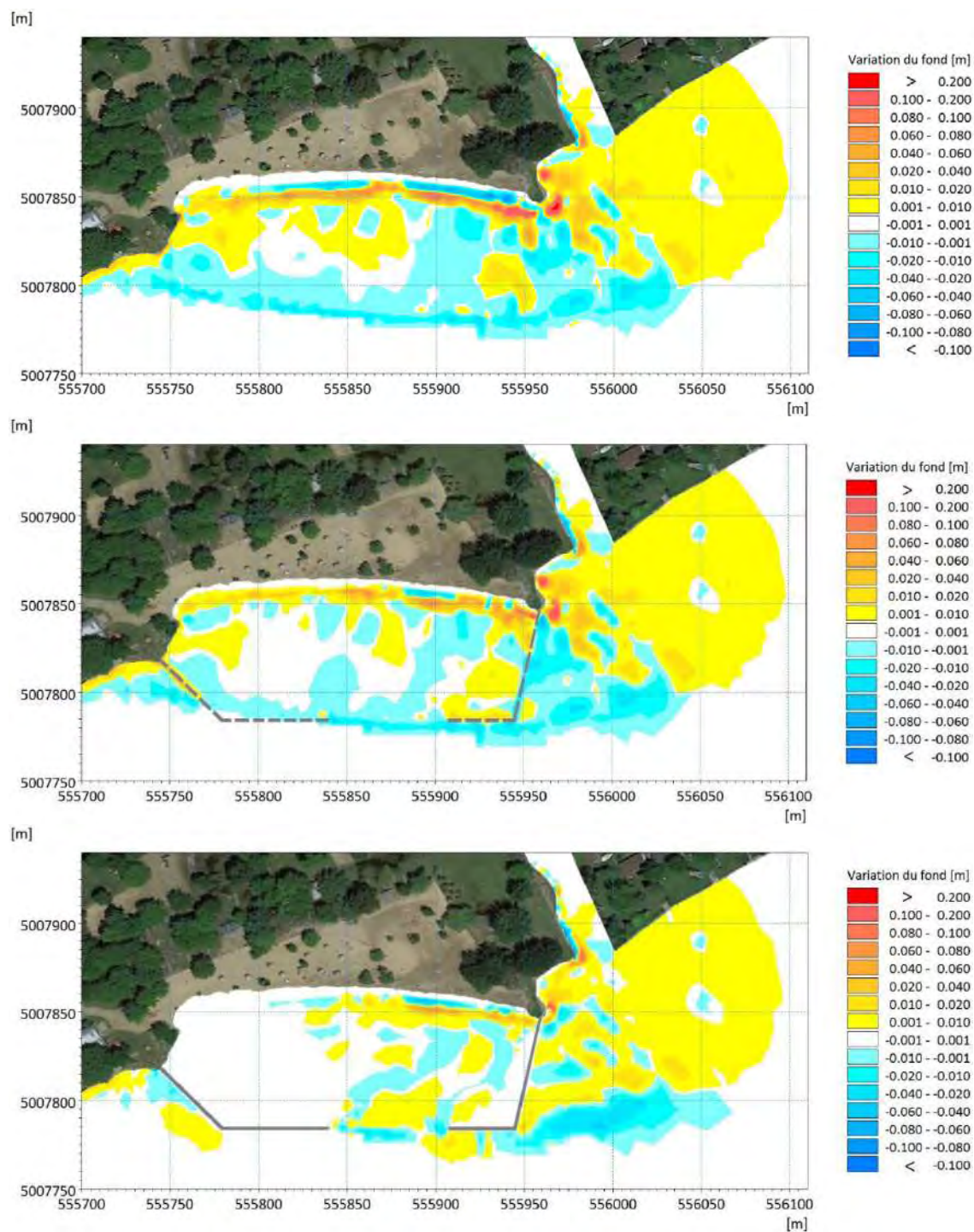


Figure 56 Comparaison des changements d'épaisseur du banc de sable en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration O2E2, à la fin d'une tempête de vent extrême annuel de l'OSO

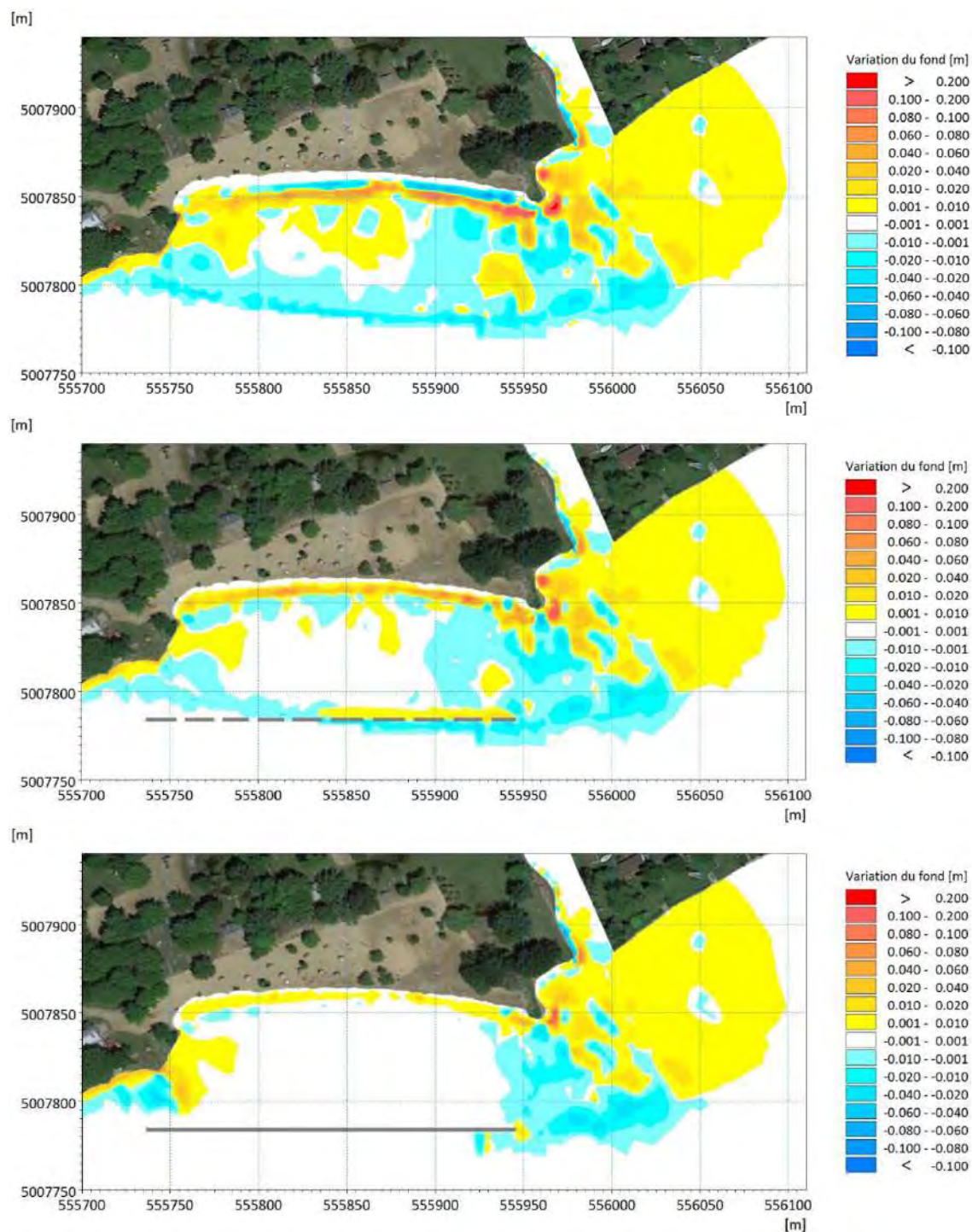


Figure 57 Comparaison des changements d'épaisseur du banc de sable en l'absence de brise-lames (haut) et en présence de brise-lames flottants (milieu) et permanents (bas) de configuration S1, à la fin d'une tempête de vent extrême annuel de l'OSO

Les variations du fond observées par vents de tempête de l'ENE sont relativement faibles. Plus particulièrement, on note que :

- ▶ les vagues et les courants générés par ces vents ont respectivement des hauteurs et des vitesses relativement faibles, de sorte qu'aucun changement significatif d'épaisseur du banc de sable n'est observé en face de la plage, sans ou avec brise-lames ;
- ▶ les seuls changements observés pour n'importe quelle configuration de brise-lames sont une légère érosion (bleu) à l'est de l'embouchure du canal. Le sable en cet endroit est transporté en direction de la plage et semble se déposer vis-à-vis l'entrée du canal et la pointe est de la plage ;
- ▶ les brise-lames E1 et E2 empêchent la progression de ce sable vers la région centrale de la plage ;
- ▶ la combinaison O2E2 de brise-lames permanents semble avoir le plus d'impact sur la dynamique du sable ; elle annule tout transport de sable en face de la plage ;
- ▶ le brise-lame S1 au large réduit aussi considérablement le transport de sable près de la plage ;
- ▶ les versions flottantes des brise-lames ont le même impact que les versions permanentes, mais avec moindre effet. Par contre, ils forcent le dépôt d'une partie du sable en mouvement en dessous de leur emplacement.

Les variations du fond observées par vents de tempête de l'OSO révèlent des impacts plus prononcés des brise-lames, étant donné que la direction des vagues est presque perpendiculaire à la plage et que les courants sont plus intenses et dirigés vers l'est. On note entre autres que :

- ▶ il existe, en l'absence et présence de brise-lames, une grande zone de dépôt de sable (jaune) à l'est de la plage et de l'embouchure du canal. La majeure partie de ce sable provient de l'extrémité sud et sud-est du banc de sable (bleu) ;
- ▶ les brise-lames à l'est de la plage (E1, E2) ne protègent peu la plage contre l'érosion ;
- ▶ les brise-lames à l'ouest de la plage (O1, O2) protègent bien la partie ouest de la plage contre l'érosion ;
- ▶ la meilleure combinaison de brise-lames pour la protection de la plage est la configuration O2E2, version permanente. La version flottante offre aussi une bonne protection de la plage. Cependant, ces combinaisons ne protègent pas la partie centrale de la plage ; la combinaison O2 offre aussi une bonne protection mais uniquement du côté ouest.
- ▶ le brise-lame de configuration S1 au large, permanent ou flottant, offre la meilleure protection de la plage contre l'érosion. Il protège adéquatement les deux extrémités et la partie centrale de la plage, ce qu'aucune autre configuration n'est capable de produire.

6 RECOMMANDATIONS

Le brise-lame recommandé pour la protection optimale de la plage de Saint-Zotique contre l'érosion par les vagues et les courants serait **un brise-lame de configuration S1**, soit un brise-lame parallèle à la plage d'une longueur d'environ 200 m situé à l'extrémité sud du banc de sable situé en face de la plage. La version permanente de ce brise-lame offrira la plus grande protection de la plage. La version flottante de cette configuration offrira aussi une très bonne protection. La raison principale qui motive ce choix est la direction d'approche des vagues prédominantes de l'OSO qui est presque perpendiculaire à la plage.

Le deuxième choix serait la configuration O2E2. Elle offre une bonne protection de la plage à ses deux extrémités, mais laisse quand même sa partie centrale soumise à l'érosion par les vagues. Aussi, la version permanente de cette configuration pourrait créer des zones d'eau stagnante aux deux extrémités de la plage et en l'absence de courant, des plantes aquatiques pourront s'y développer. C'est pourquoi la version flottante du brise-lame O2E2 devrait plutôt être favorisée.

Le troisième choix serait la configuration O2. Celle-ci protège bien la partie ouest de la plage qui s'érode le plus. Encore une fois, la version flottante serait favorisée car la version permanente contribuerait à une croissance de plante en cet endroit.

Il faut noter qu'un brise-lame prévient uniquement l'érosion de la plage causée par l'action des vagues et des courants et **non pas celle qui est causée par la prise et la fonte de la glace en hiver**. Il est donc recommandé que l'effet de la glace sur l'érosion de la plage soit aussi pris en compte puisqu'il est fort probable que cet effet soit plus important que celui des vagues.

Finalement, advenant que la version flottante d'un de ces brise-lames soit choisie, le brise-lame devrait être déployé aussitôt que les glaces fondent au cours des mois de mars et avril et ressorti de l'eau juste avant la prise des glaces au cours des mois de novembre et décembre. Ceci empêchera les fortes vagues de tempête du printemps et de l'automne de contribuer à l'érosion de la plage. L'omission de respecter ces contraintes temporelles diminuerait significativement la protection offerte par le brise-lame flottant.

Compte tenu des observations occasionnelles de coliformes fécaux du côté est de la plage, lorsque le niveau du lac baisse (J.-F, Messier, communication personnelle), et que les configurations de brise-lame permanents E1, E2 et O2E2 contribuent à réduire la circulation des eaux de ce même côté, ces configurations ne sont pas recommandées. Elles pourraient amplifier la rétention des eaux et des coliformes fécaux du côté est de la plage. Ces mêmes configurations en brise-lame flottant auront beaucoup moins d'effet sur la présence de coliformes fécaux puisqu'elles admettent un libre passage des eaux.

Les configurations O2 et S1, en version permanente ou flottante, ne modifieront la concentration des coliformes fécaux de la plage car elles n'impactent pas la circulation des courants à l'est.



Ceci pourrait être étudié plus en détail à l'aide de simulations additionnelles du temps de renouvellement des eaux pour chaque configuration, à l'aide d'un modèle d'advection-dispersion de matière dissoute (e.g. MIKE21-AD).

ANNEXE 3-2

PROBLÉMATIQUE D'ÉROSION À LA PLAGE DE SAINT- ZOTIQUE (KOUTITONSKY ET PELLETIER, 2015)



Problématique d'érosion à la plage de Saint-Zotique

Rapport d'analyse
soumis à la
Municipalité de Saint-Zotique

Par
Marc Pelletier
B. Sc. Géologie et M.Sc. Océanographie

et

Vladimir Koutitonsky (Hydrosoft SA)
M.Sc. et Ph.D. Océanographie physique côtière

Décembre 2015

Table des matières

	page
1 Introduction	1
2 Cadre et objectifs	1
3 Méthodologie	2
3.1 Source des données	2
3.1.1 Imagerie.....	2
3.2 Études antérieures.....	2
3.2.1 Hydrodynamique	2
3.2.2 Dynamique sédimentaire.....	3
3.2.3 Vents	4
3.2.4 Niveaux d'eau et débits.....	5
3.2.5 Glaces.....	7
3.3 Relevés sur le terrain et traitement des données	7
3.3.1 Bathymétrie	8
3.3.2 Courants, vagues et niveau d'eau.....	8
3.3.3 Sédiments.....	10
3.4 Modélisation.....	10
3.4.1 Grilles de calcul.....	11
3.4.2 Approche de modélisation	13
4 Résultats.....	16
4.1 Évolution historique de la plage	16
4.1.1 Évolution géologique.....	16
4.1.2 Évolution de la plage entre 1965 et 2014	16
4.2 Bathymétrie et morphologie riveraine	27
4.3 Nature des sédiments et granulométrie	32
4.4 Débits et niveaux	38
4.4.1 Débits.....	38
4.4.2 Niveaux	41
4.5 Vents	43
4.6 Vagues, courants et niveaux d'eau mesurés.....	46
4.6.1 Vagues	46

4.6.2	Courants	47
4.6.3	Niveaux	48
4.7	Glaces	48
4.8	Modélisation	49
4.8.1	Modélisation des vagues dans le lac Saint-François.....	49
4.8.2	Modélisation couplée vagues et hydrodynamique	53
4.8.3	Modélisation du transport de sable à Saint-Zotique	55
5	Synthèse de la dynamique sédimentaire.....	71
5.1	Apport de sable	71
5.2	Évolution du site	72
5.3	Bathymétrie et morphologie riveraine	73
5.4	Granulométrie.....	73
5.5	Processus hydro sédimentaires modélisés	73
5.5.1	Vagues	73
5.5.2	Courants à proximité de la plage en présence de vagues lors de évènements extrêmes.....	73
5.5.3	Mécanismes de transport, d'érosion et déposition du sable.....	73
5.6	Dynamique sédimentaire globale	73
6	Solutions potentielles	75
6.1	Nature des matériaux	75
6.2	Profil et pente de la plage.....	75
6.3	Protection de la plage	75
7	Recommandations	77
8	Référence :.....	78

Liste des figures

Figure 2-1:	Plage de St-Zotique. Image Google Earth 2014.	1
Figure 3-1:	Sorties des eaux du Lac Saint-François à Les Coteaux et Beauharnois (adapté de la carte 1431 du Service Hydrographique Canadien).	6
Figure 3-2:	Entrées des eaux dans le Lac Saint-François (adapté de la carte 1432 du Service Hydrographique Canadien).	6
Figure 3-4:	Grille de calcul G1 pour le modèle de vagues dans le lac Saint-François.	11
Figure 3-5:	Grille G2 pour le modèle hydrodynamique de la partie nord-est du lac Saint-François.	12
Figure 3-6:	Grille de calcul G3 pour le modèle de transport de sable sous différentes conditions de vents, de vagues et de courant dans la lac Saint-François.	13
Figure 4-1:	Photographie aérienne de la plage en 1965. La limite de la plage est indiquée en vert. La limite actuelle de la plage et du banc de sable submergé est en bleu foncé.	17
Figure 4-2:	Photographie aérienne de la plage en 1975. La limite de la plage de 1965 est indiquée en vert. La limite actuelle de la plage et du banc de sable submergé est en bleu foncé.	18
Figure 4-3:	Photographie aérienne de la plage en 1983. La limite de la plage de 1965 est indiquée en vert. La limite de la plage et du banc de sable submergé en 1983 est tracée en jaune. La limite actuelle de la plage et du banc de sable submergé est en bleu foncé.	19
Figure 4-4:	Photographie aérienne de la plage en 1992. Les limites de la plage et du banc de sable de 1965 et 1983 sont indiquées respectivement en vert et en jaune. La limite de la plage et du banc de sable submergé en 1992 est tracée en orangé. La limite actuelle de la plage et du banc de sable submergé est en bleu foncé.	20
Figure 4-5:	<i>Photographie aérienne de la plage en 1997. Les limites de la plage et du banc de sable de 1992 sont indiquées en orangé. La limite de la plage et du banc de sable submergé en 1997 est tracée en rouge. La limite actuelle de la plage et du banc de sable submergé est en bleu foncé.</i>	<i>21</i>
Figure 4-6:	<i>Photographie aérienne de la plage en 2004. Les limites de la plage et du banc de sable de 1992 et 1997 sont indiquées respectivement en orangé et en rouge. La limite de la plage et du banc de sable submergé en 2004 est tracée en rose. La limite actuelle de la plage et du banc de sable submergé est en bleu foncé.</i>	<i>22</i>
Figure 4-7:	<i>Image satellitaire de la plage en 2005. Les limites de la plage et du banc de sable de 2004 sont indiquées en rose. La limite de la plage et du banc de sable submergé en 2005 est tracée en bleu pale. La limite actuelle de la plage et du banc de sable submergé est en bleu foncé.</i>	<i>23</i>
Figure 4-8:	<i>Image satellitaire de la plage en 2010. Les limites de la plage et du banc de sable de 1997 et 2004 sont indiquées respectivement en rouge et bleu pale. La limite de la plage et du banc de sable submergé en 2010 est tracée en bleu foncé au</i>	

	<i>large de la limite actuelle de la plage et du banc de sable submergé elle aussi en bleu foncé.....</i>	<i>24</i>
Figure 4-9:	<i>Image satellitaire de la plage en 2014. Les limites de la plage et du banc de sable de 1997 et 2004 sont indiquées respectivement en rouge et bleu pale. La limite de la plage et du banc de sable submergé en 2014 est tracée en bleu foncé en retrait de la ligne bleu foncé de 2010.</i>	<i>25</i>
Figure 4-10:	<i>Superposition des images la plage de Saint-Zotique du 24 août 2005 et du 18 juin 2014 avec position des distances calculées au tableau 4.1.....</i>	<i>26</i>
Figure 4-12:	<i>Bathymétrie détaillée devant la plage de St-Zotique (aout 2015).....</i>	<i>29</i>
Figure 4-13:	<i>Pente de la plage et micro-talus d'érosion dans la partie ouest de la plage.....</i>	<i>30</i>
Figure 4-14:	<i>Pente de la plage. Partie est.</i>	<i>31</i>
Figure 4-15:	<i>Localisation des stations d'échantillonnage des sédiments</i>	<i>32</i>
Figure 4-16:	<i>Histogramme de fréquences des classes granulométriques à la station ZO-10 situé au large en dehors de la zone d'influence de la plage de St-Zotique. (Classes granulométriques : sable diamètre de 63µm à 2000 µm, silt 63µm à 2 µm, argile <2 µm).....</i>	<i>34</i>
Figure 4-17:	<i>Histogramme de fréquences des classes granulométriques à la station ZO-1 banc d'emprunt de sable situé sur la plage. (Classes granulométriques : sable diamètre de 63µm à 2000 µm, silt 63µm à 2 µm, argile <2 µm).</i>	<i>35</i>
Figure 4-18:	<i>Histogramme de fréquences des classes granulométriques à la station ZO-5 située dans la partie est de la plage de St-Zotique. (Classes granulométriques : sable diamètre de 63µm à 2000 µm, silt 63µm à 2 µm, argile <2 µm).</i>	<i>36</i>
Figure 4-19:	<i>Histogrammes granulométriques des échantillons de sédiments prélevés.....</i>	<i>37</i>
Figure 4-20:	<i>Débits moyens journaliers entrant à Cornwall et sortant à Beauharnois (Valleyfield), entre 1963 et 1992 (adapté de Morin et al. 1994).</i>	<i>38</i>
Figure 4-25:	<i>Rose des vents horaires à la station météorologique de Saint-Anicet, de 2000 à 2015.....</i>	<i>43</i>
Figure 4-26:	<i>Probabilité de distribution et période de retour des vents extrêmes de l'ENE (haut) et de l'OSO avec les intervalles de confiance de 95%.</i>	<i>44</i>
Figure 4-34:	<i>Comparaison des hauteurs significatives des vagues mesurées et simulées par le modèle de vague aux stations 1 et 2.</i>	<i>54</i>
Figure 4-35:	<i>Comparaison des courants mesurés et simulés à la station 2 et des niveaux mesurés à Coteau-Landing et Saint-Anicet et simulés à la station 2.</i>	<i>55</i>
Figure 4-41:	<i>Circulation des eaux au large de Saint-Zotique par vents normaux de l'ENE....</i>	<i>59</i>
Figure 4-42:	<i>Circulation des eaux au large de Saint-Zotique par vents extrêmes annuels de l'ENE.</i>	<i>59</i>
Figure 4-49:	<i>Transport total de sable par vents normaux de l'ENE</i>	<i>64</i>
Figure 4-53:	<i>Variation du fond, évènement de vents normaux de l'ENE.....</i>	<i>67</i>
Figure 5-1:	<i>Limite du banc de sable utilisé pour l'évacuation du volume.....</i>	<i>72</i>
Figure 5-2:	<i>Croquis de la dynamique sédimentaire à la plage de St-Zotique.</i>	<i>74</i>
Figure 6-1:	<i>Position et longueur de brise-lames proposé.....</i>	<i>76</i>

Liste des tableaux

Tableau 3-1:	Chronologie des activités de terrain.....	7
Tableau 3-2:	Caractéristiques des différents capteurs utilisés aux deux mouillages dans la baie de Plaisance.....	10
Tableau 4-1:	<i>Distances entre les limites de plage et des bancs de sable sous-marin en 2005 et en 2014.....</i>	<i>26</i>
Tableau 4-1:	Description et caractéristiques granulométriques des échantillons de sédiments.	33
Tableau 4-3:	<i>Analyse d'éparpillement des vents horaires à la station de Saint-Anicet, de 2000 à 2015</i>	<i>43</i>
Tableau 4-4:	<i>Occurrence des vents extrêmes de l'OSO et de l'ENE dans le lac Saint-François.....</i>	<i>50</i>
Tableau 4-5:	<i>Statistiques des hauteurs et périodes des vagues aux stations 1 et 2 en face de la plage.....</i>	<i>51</i>
Tableau 4-6:	<i>Hauteur significative, période de pointe et direction de propagation des vagues extrêmes à la station 1.....</i>	<i>53</i>

1 Introduction

La municipalité a mandaté notre équipe pour la réalisation d'une étude concernant la problématique d'érosion de la plage de Saint-Zotique et la recherche de pistes de solutions à cette problématique. Ce rapport présente les objectifs de cette étude, la méthodologie utilisée, les résultats et les recommandations.

2 Cadre et objectifs

La plage de St-Zotique (figure 2.1) subit depuis plusieurs années une érosion qui réduit de beaucoup la qualité de la plage et conséquemment son attrait pour les visiteurs. Cette érosion semble être le résultat combiné de l'action des vagues et des courants en période libre de glace, et de l'emprise des glaces sur le sable en hiver. Plusieurs pistes de solutions ont été discutées et proposées par le passé mais sans toutefois qu'une analyse sérieuse de la dynamique passé et actuelle, responsable de cette situation, ait été faite.

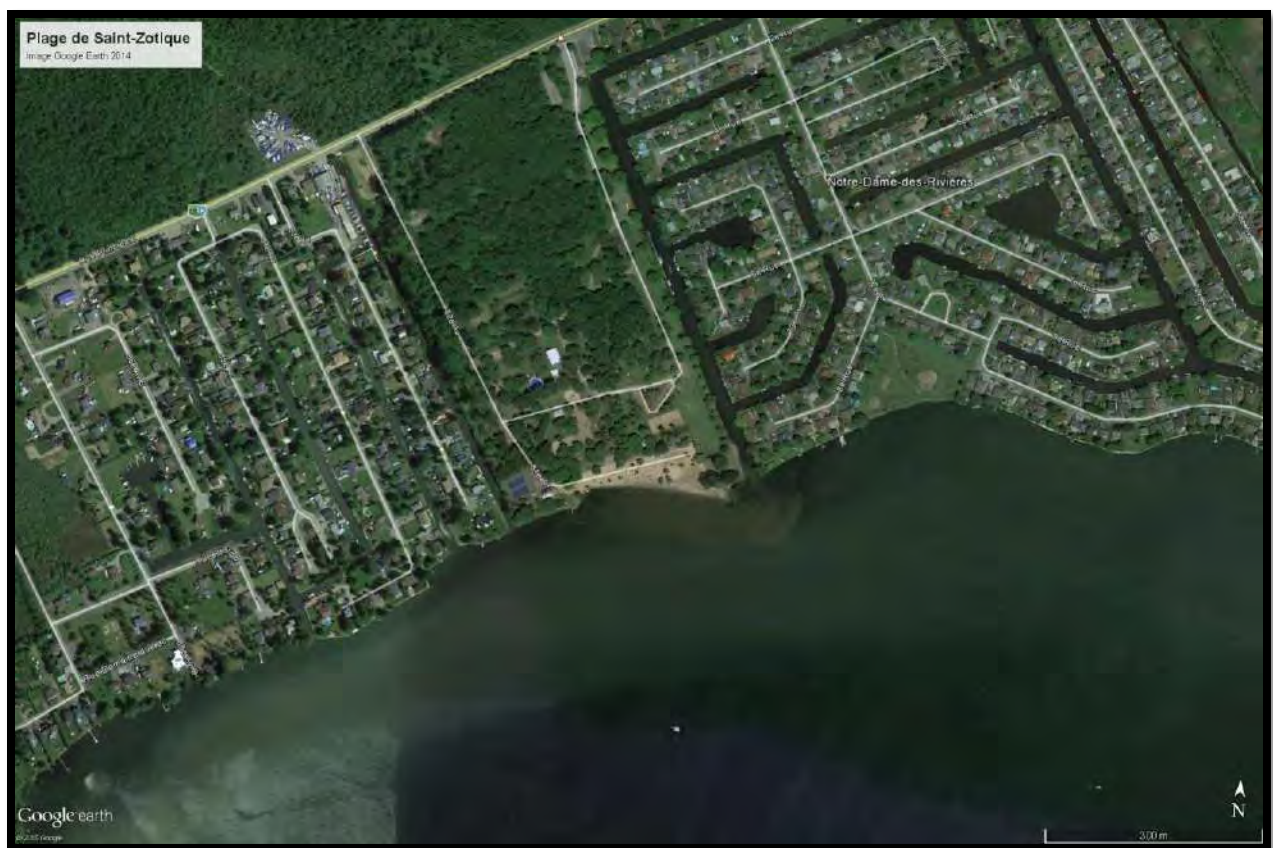


Figure 2-1: Plage de St-Zotique. Image Google Earth 2014.

L'objectif général de cette étude de mieux comprendre et de quantifier cette dynamique hydro-sédimentaire de façon à élaborer des solutions concrètes et scientifiquement fondées.

Les objectifs spécifiques sont :

- Décrire le patron de circulation des courants
- Décrire le régime des vagues
- Décrire l'évolution morphosédimentologique depuis l'inauguration de la plage de St-Zotique
- Décrire les processus actuels responsables de l'érosion et du transport du sable
- Établir sommairement le bilan sédimentaire de la plage
- Évaluer l'évolution future selon les conditions actuelles en l'absence de mesures correctives
- Proposer différentes avenues de solution
- Évaluer sommairement les avantages et les désavantages de chacune des avenues

3 Méthodologie

3.1 Source des données

3.1.1 Imagerie

Deux types d'images ont été analysés :

- Les images satellites du site de Google Earth des années 20 052 010 et 2014 ;
- Les photographies aériennes suivantes :
 - 1965, noir et blanc, échelle 1/15 840
 - 1975, noir et blanc, échelle 1/15 000
 - 1983, noir et blanc, échelle 1/15 000
 - 1992, noir et blanc, échelle 1/15 000
 - 1997, noir et blanc, échelle 1/15 000
 - 2004, noir et blanc, échelle 1/15 000
 - 2009, couleur, échelle 30cm

3.2 Études antérieures

3.2.1 Hydrodynamique

Les principales études portant sur les aspects hydrodynamiques et abiotiques du lac St-François ont été réalisées principalement par Jean Morin dans le cadre de sa thèse de doctorat et des travaux réalisés au sein d'Environnement Canada (1994, 2001). Ces études présentent une revue historique des principaux paramètres physiques qui contrôlent l'écoulement des eaux dans le lac Saint-François et les résultats d'une modélisation hydrodynamique de cet écoulement en deux dimensions (2D). On y retrouve des données

sur les débits saisonniers en amont et en aval, les niveaux et la pente hydraulique de la surface, les statistiques directionnelles et saisonnières des vents et le climat des glaces. Voici les principales références :

- Morin, Jean (2001). Modélisation des facteurs abiotiques de l'écosystème fluvial du lac Saint-François, fleuve Saint-Laurent. Thèse pour l'obtention d'un Ph.D en Sciences de l'eau. 81 pages
- Fortin, G., Leclair, D., et A. Sylvestre, (1994) Synthèse des connaissances sur les aspects physiques et chimiques de l'eau et des sédiments du lac St-François. Rapport technique Zone d'interventions prioritaires 1 et 2. Environnement Canada, 144 p.

3.2.2 Dynamique sédimentaire

Les seules études disponibles traitent essentiellement de l'évolution sédimentologique et géochimique des sédiments constituant le fond du lac Saint-François :

- Pelletier, M. 2010. Suivi de la qualité des sédiments au lac Saint-François. Environnement Canada — Direction générale des sciences et de la technologie. Division monitoring et surveillance de la qualité de l'eau. Rapport scientifique et technique, 67pages.
- Pelletier, M et S. Lepage.2004. Évolution temporelle de la contamination des matières en suspension en amont du lac Saint-François entre 1994 et 1999. Environnement Canada — Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. Rapport scientifique et technique ST-228, 68 pages.
- Lepage, S. (1999). Contamination des matières en suspension au lac Saint-François et dans le secteur Cornwall-Massena. Environnement Canada — Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent, Montréal. Rapport scientifique et technique ST-171.
- Lepage, S., J. Biberhofer et S. Lorrain (2000). "Sediment dynamics and the transport of suspended matter in the upstream area of Lake St. Francis". Can. J. Fish. Aquat. Sci., 57 (Suppl. 1) : 52-62.
- Lorrain, S. et V. Jarry (1993). Évolution spatiale des métaux-traces, pesticides organochlorés, chlorobenzènes et hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les sédiments du lac Saint-François : 1989. Environnement Canada, Conservation et Protection, Région du Québec, Centre Saint-Laurent. 40 pages.
- Lorrain, S., V. Jarry et K. Guertin (1993). Répartition spatiale et évolution temporelle des biphényles polychlorés et du mercure dans les sédiments du lac Saint-François — 1979-1989. Environnement Canada, Conservation et Protection, Région du Québec, Centre Saint-Laurent, Montréal.
- Lum, K.R. (1991). « Transport des contaminants dans le fleuve et caractérisation des sédiments du lac Saint-François ». Compte rendu des ateliers du Symposium sur le Plan d'action Saint-Laurent (PASL), 9-10 octobre 1990, Montréal.

3.2.3 Vents

Les vents peuvent contribuer de plusieurs façons à l'érosion des sédiments de la plage de Saint-Zotique. D'abord, ils génèrent dans le lac Saint-François les vagues qui se propagent vers la plage et contribuent au transport longitudinal et transversal du sable. Ensuite, lorsqu'orientées plus parallèlement à la côte, elles créent des courants de dérive le long du littoral qui renforcent les courants littoraux associés au déferlement des vagues. Finalement, les vents peuvent aussi contribuer au transport éolien du sable sur la plage.

Les vents utilisés dans cette étude proviennent de la station de Saint-Anicet opérée par Environnement Canada. Cette station est située quelque peu en retrait de la rive sud du lac, à la position d° d' d" 15 000 » N et d° d' d" 22 000 » W (voir figure 3.1). Des vents mesurés à une autre station située à Cornwall, ONT, ont été analysés par Morin et al. (1994), mais compte tenu de leur éloignement, ils sont moins représentatifs pour la partie lacustre du lac Saint-François.

Les vents horaires de Saint-Anicet ont été téléchargés du 1 janvier 1996 au 31 septembre 2015 du site d'environnement Canada : <http://climate.weather.gc.ca/climateData>, soit une pour période de 20 ans. Les méthodes d'analyse utilisées sont :

- L'occurrence des vents par classe de vitesse et direction sous forme d'une rose des vents ;
- Un diagramme d'éparpillement où les vents horaires sont classés par intervalles de vitesse en provenance de 16 directions géographiques et l'éparpillement est présenté sous forme d'occurrence par échantillon de mille mesures. Par exemple, lorsque cette analyse est appliquée à une série de vent horaire d'une durée de 15 ans, une valeur de 48,56 dans la classe de vitesse 4.0 – 5,9 m/s sous la colonne de direction OSO indique qu'en moyenne sur 15 ans, il y a 48,56 vitesses de vent horaire sur 1000 qui se situe entre 4.0 et 5,9 m/s.
- Une analyse des valeurs extrêmes est aussi utilisée pour identifier pour les directions prédominantes du vent les vitesses extrêmes. Les vagues générées par ces vents extrêmes seront ensuite calculées par la modélisation numérique. Deux séries de vents sont extraites de la base de données des vents de 15 ans, la première incluant uniquement les vents de l'ENE et la deuxième, les vents du l'OSO. Chacune des séries est ensuite soumise à une analyse de valeur extrême en utilisant le logiciel « 'Extreme Value Analysis ou EVA »' du système de modélisation MIKE21 (DHI, 2015). Étant donné que ces séries sont relativement courtes, soit 15 ans (2000-2015), la méthode d'analyse choisie est celle du « 'Peak Over Threshold ou POT »' (Ross, 1987, DHI, 2015).

3.2.4 Niveaux d'eau et débits

Les débits et les niveaux d'eau aux entrées et aux sorties des eaux du lac sont requis pour la modélisation numérique. Ils servent d'une part à forcer le modèle hydrodynamique à ses frontières ouvertes et les niveaux à l'intérieur du lac servent à valider le modèle hydrodynamique.

3.2.4.1 Débits

Les séries temporelles des débits ont été obtenues de Environnement Canada et Hydro-Québec, pour les entrées et sorties sud-ouest et nord-est du Lac, respectivement. La période de mesure de ces séries recouvre celle des mesures effectuées à Saint-Zotique dans le cadre de cette étude, soit du 20 août au 16 septembre 2015.

Les débits sortant du lac ont été obtenus d'Hydro-Québec pour les barrages de Beauharnois, Coteau-1 et Coteau-3 (figure 3.1). Le barrage Coteau-2 est fermé et le débit à Coteau-4 étant constant à 80 m³/s, il est ajouté aux données de débit de Beauharnois.

Les débits entrant au sud-ouest dans le lac Saint-François ont été obtenus d'Environnement Canada, Cornwall. Le lac reçoit environ 7500 m³/s d'eau en provenance des Grands Lacs. La majorité des eaux (99,6 %) entrent par le barrage de Moses-Saunders et le restant passe par le Canal de Cornwall, l'écluse Eisenhower et le Canal de Massena rejoignant la rivière Grass au sud (figure 3.2).

Les débits de quatre rivières de l'état de New York qui se déversent en aval du barrage Moses – Saunders ont été téléchargés pour la même période de temps du site de l'USGS au : <http://maps.waterdata.usgs.gov/mapper/index.html>

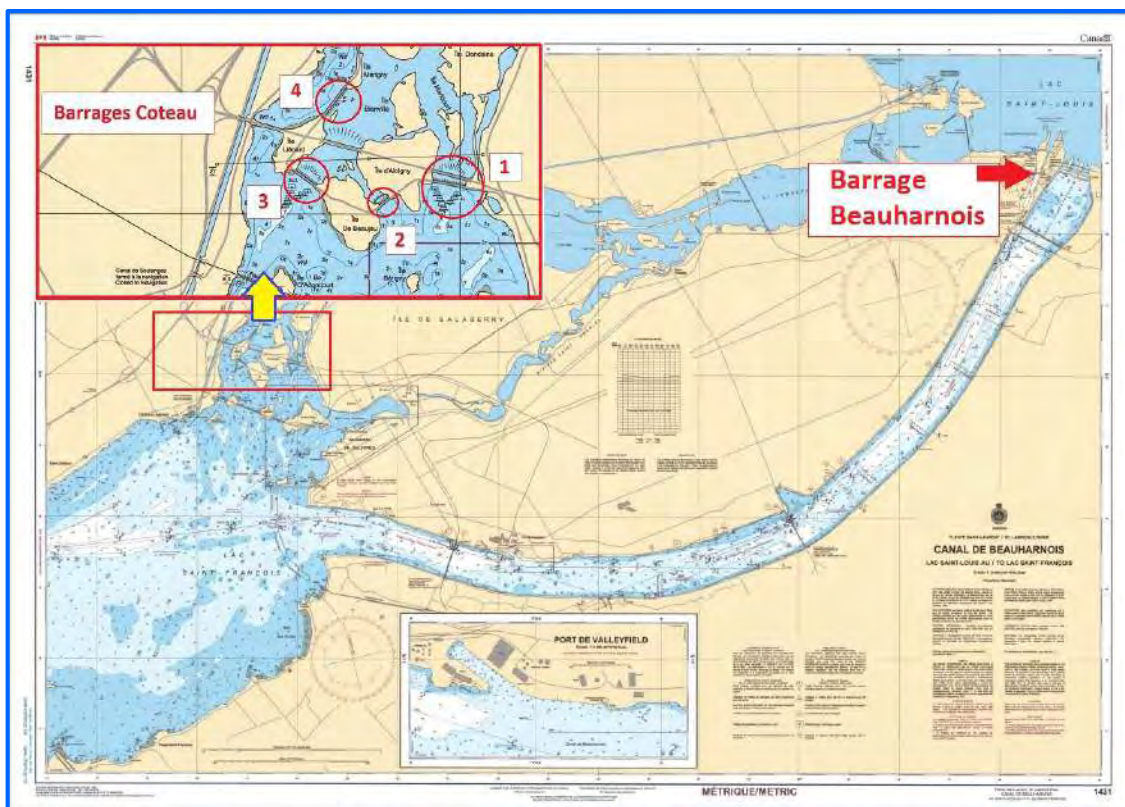


Figure 3-1: Sorties des eaux du Lac Saint-François à Les Coteaux et Beauharnois (adapté de la carte 1431 du Service Hydrographique Canadien).

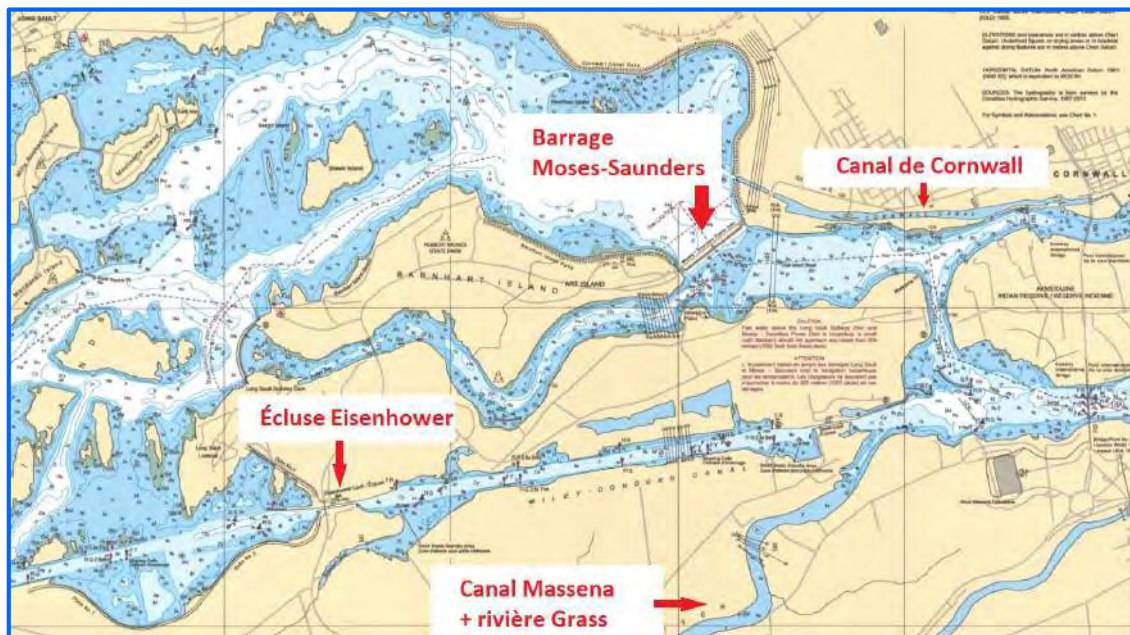


Figure 3-2: Entrées des eaux dans le Lac Saint-François (adapté de la carte 1432 du Service Hydrographique Canadien).

3.2.4.2 Niveaux

Les séries temporelles du niveau à plusieurs stations de mesure dans le lac ont été obtenues de trois institutions : (i) Hydro-Québec, (ii) la Corporation de Gestion de la Voie Maritime du Saint-Laurent et (iii) la division hydrologique d'Environnement Canada à Cornwall.

Les positions de ces stations sont :

Cornwall, ONT	45° 00' 48.23" N	74° 42' 28.30" O
Summerstown, ONT	45° 03' 41.74" N	74° 32' 43.62" O
Saint-Anicet, QC	45° 08' 28.41" N	74° 21' 53.22" O
Pointe Seigneuriale, QC	45° 11' 41.27" N	74° 10' 40.04" O
Coteau-Landing, QC	45° 15' 16.35" N	74° 12' 18.57" O
Port de Valleyfield, QC	45° 13' 25.65" N	74° 05' 38.19" O
Pont-Saint-Louis, QC	45° 13' 50.00" N	74° 00' 03.00" O

La durée de ces séries recouvre celle des mesures effectuées dans le cadre de cette étude, soit du 20 août au 16 septembre 2015. Leur pas d'échantillonnage varie de 2 minutes à 60 minutes, selon leur source. Toutes les séries dont le pas temporel est inférieur à 60 minutes sont lissées en appliquant un opérateur de lissage (A12.A12.A13)/(12.12.13) décrit par Godin (Godin, 1972) et ensuite décimées aux 60 minutes.

3.2.5 Glaces

Les informations relatives aux glaces proviennent essentiellement du Service Canadien des Glaces d'Environnement Canada. Ce service a comme mission de fournir l'information sur la condition des glaces et icebergs dans les eaux navigables du Canada. Des cartes journalières sont dressés de façon quasi-journalières et ces documents sont tous disponibles en ligne sur MarInfo sur le site de la Garde Côtière Canadienne.

3.3 Relevés sur le terrain et traitement des données

Le tableau 3.1 présente la chronologie des activités et des relevés sur le terrain.

Tableau 3-1: Chronologie des activités de terrain

Activité	Date (début)	Date (fin)	Notes
Bathymétrie	19/08/2015	20/08/2015	
Mouillage 2 stations	20/08/2015	16/09/2015	
Mouillage 1 station	16/09/2015	15/10/2015	
Caractérisation rive Prélèvement d'échantillon	20/08/2015	21/08/2015	
Mesure des pentes de plage	03/11/2015		

3.3.1 Bathymétrie

Les relevés bathymétriques ont été réalisés en bateau les 19 et 20 août 2015 à l'aide d'un écho-sondeur bathymétrique monofaisceau de marque Knudsen MiniSounder d'une fréquence de 200kHz d'une précision de $\pm 0.1\%$ de la profondeur et d'un DGPS Ashtech Promark100 d'une précision en mode cinématique inférieure à 30cm.

Les données de position et de profondeur sont enregistrées en temps réel à l'aide du logiciel d'hydrographie HYPACK. Le fichier XYZ est ensuite corrigé par rapport au niveau d'eau enregistré au limnigraphe de Coteau Landing opéré Environnement Canada (voir section 3.2.4.2) et ramené au zéro des cartes lequel est situé à l'élévation ?????m au-dessus du niveau moyen des mers (SRIGL85). Le fichier final *.XYZ contient les données brutes ayant servi à la modélisation et à la cartographie finale des données avec le logiciel HYPACK.

3.3.2 Courants, vagues et niveau d'eau

Deux stations fixes servant à mesurer des paramètres hydrographiques sur de plus longues séries temporelles ont été positionnées à la plage de Saint-Zotique. Ces deux stations avaient pour but de mieux préciser les conditions de courant, de vagues et de niveau d'eau et ainsi de calibrer le modèle hydrodynamique développé. Les deux stations sont représentées sur la figure 3.3 et le tableau 3.2 résume les caractéristiques de l'instrumentation déployée aux deux stations.

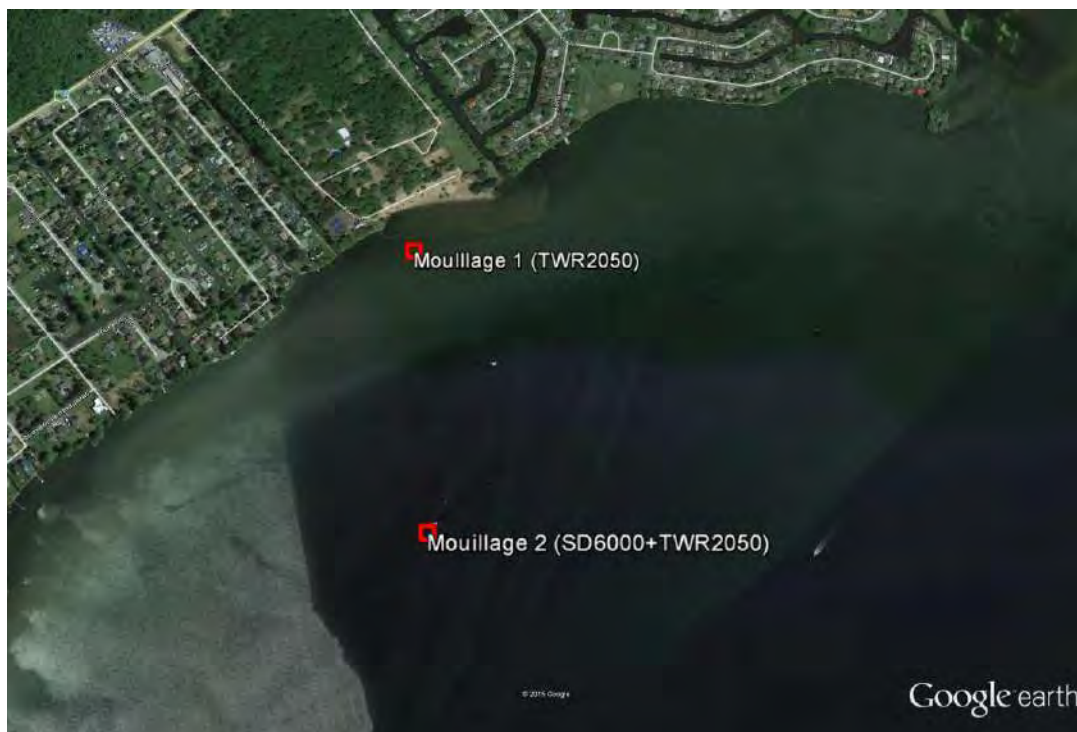


Figure 3-3 Localisation des 2 mouillages dans la zone de la plage de St-Zotique.

Les houlographes RBR modèle TWR-2050P installés aux deux stations mesurent la pression de l'eau se situant directement au-dessus du senseur jusqu'à 4 fois par seconde (4Hz). Cette pression est ensuite convertie en profondeur soit la hauteur d'eau au-dessus du senseur. L'analyse de la marée représente l'analyse des changements lents de profondeur alors que l'analyse des vagues représente l'analyse des changements rapides donc de plus haute fréquence.

L'appareil peut être programmé pour enregistrer des séquences de 512, 1024 ou 2048 enregistrements de la pression à 1,2 ou 4 Hz. Pour cette étude puisque nous analysons des vagues très courtes, seule la fréquence de 4 Hz fut utilisée avec une séquence de 1024 enregistrement à tous les 20 minutes. Le traitement des données suit les étapes suivantes :

- La séquence temps est transformée en composantes de fréquence en utilisant l'analyse de Fourier ;
- Puisque le signal de pression subit une atténuation avec la profondeur et aussi avec l'augmentation de la fréquence des vagues, chaque fréquence calculée est ensuite corrigée de cette atténuation ;
- Les fréquences corrigées sont ensuite retransformées en séquence de temps en utilisant l'inverse de la transformation de Fourier.

Le traitement des données permet le calcul des paramètres suivants :

- La hauteur moyenne (H_{moy}), la hauteur significative ($H_{1/3}$) soit la hauteur moyenne du tiers supérieur des vagues, la hauteur du 10ème percentile supérieur ($H_{1/10}$) qui représente la hauteur moyenne des 90ème percentile et finalement la hauteur maximale mesurée (H_{max}) ;
- Les fréquences correspondantes (T_{moy} , $T_{1/3}$, $T_{1/10}$ et T_{max}) ;
- L'énergie des vagues.

Les résultats qui sont présentés dans ce rapport représentent donc des hauteurs statistiques sur des périodes de 20 minutes soient principalement la hauteur moyenne et la hauteur maximale pendant la période de mesure.

Le courantomètre mécanique SD6000 mesurait la vitesse et la direction du courant ainsi que la température à tous les 10 minutes à une hauteur d'environ 1m au-dessus du fond.

Tableau 3-2: Caractéristiques des différents capteurs utilisés aux deux mouillages dans la baie de Plaisance.

<i>Station</i>	<i>Capteurs</i>	<i>Hauteur au-dessus du fond (m)</i>	<i>Paramètres</i>	<i>Fréquence (intervalles)</i>	<i>Durée</i>
1	Houlographe TWR-2050	0,4	• Niveau d'eau, température, caractéristiques des vagues (Hauteur H, période T)	• 20 minutes.	20 aout-18h00- 16 septembre 10h40
2	Courantomètre Sensordata SD6000	1,0	• Vitesse et direction du courant, température	• 10 minutes	20 aout-17h20- 16 septembre 10h15
	Houlographe TWR-2050	0,4	• Niveau d'eau, température, caractéristiques des vagues (Hauteur H, période T)	• 20 minutes.	20 aout-17h20- 16 septembre 10h15

3.3.3 Sédiments

Un échantillonnage a été réalisé pour analyser la granulométrie des sédiments. Les échantillons ont été prélevés soit avec une benne Ponar les 20 et 21 août 2015 dans les zones de plus de 1 m de profondeur ou soit à la main en zone peu profonde et aux stations émergées. Les échantillons ont été conservés selon les recommandations du Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime (Environnement Canada 2002).

Les analyses granulométriques ont été effectuées sur les vingt (20) échantillons prélevés par le laboratoire de Géomorphologie et de Sédimentologie de l'Université Laval à l'aide d'un compteur de particules au laser. (voir annexe A pour description méthodologique)

3.4 Modélisation

L'érosion de la plage de Saint-Zotique est causée par l'action des vagues, des courants et des glaces. La modélisation numérique utilisée ici traite de l'action des vagues et des courants sur le sable qui est dans l'eau. Les logiciels de modélisation utilisés font partie du MIKE21, un ensemble de modèles d'hydraulique environnementale développés et mis à jour par le *Danish Hydraulic Institute* ou DHI (www.mikebydhi.com).

Trois modèles numériques en particulier sont utilisés dans cette étude :

- Un modèle de vagues MIKE21-SW pour la génération, la progression et le déferlement des vagues dans le Lac Saint-François sous l'effet des vents de surface ;
- Un modèle hydrodynamique MIKE21-HD pour le calcul des courants en fonction des niveaux d'eau et des débits entrant et sortant et des vagues issues du modèle MIKE21-SW ;
- Un modèle de transport de sable MIKE21-ST aux alentours de la plage Saint-Zotique, forcé par les courants et les vagues calculés par les modèles MIKE21-SW et MIKE21-HD.

Brièvement, un modèle numérique résout dans un domaine d'intérêt les équations de conservation d'un paramètre à chaque maille d'une grille de calcul de ce domaine et à chaque pas temporel de calcul d'une période de simulation. Par exemple, dans le modèle des vagues, le paramètre conservé est l'action de l'énergie des vagues, dans modèle hydrodynamique ce paramètre est le « 'momentum » ou la vitesse multipliée par la masse de l'eau et dans le modèle de transport de sable, ce paramètre est la masse du sable en suspension et sur le fond. Plus de détails sur ces modèles se trouvent aux sites du DHI et de Hydrosoft SA (www.hydrosoft.ca).

3.4.1 Grilles de calcul

La génération des vagues par les vents, leur propagation dans le Lac Saint-François et leur déferlement près des rives sont simulés à l'aide du modèle MIKE21-SW développé sur la grille de calcul G1 (figure 3.4). Cette grille s'étend sur tout le lac, de Cornwall au sud-ouest au canal de Beauharnois au nord-est. Il est important d'inclure l'ensemble du lac dans la grille G1 afin de présenter au modèle les « 'fetch » du vent maximum en provenance du SO et du NE. Le fetch est la distance sur un plan d'eau au-dessus de laquelle souffle un vent donné sans rencontrer une côte depuis l'endroit où il est créé ou depuis une côte s'il vient de la terre.

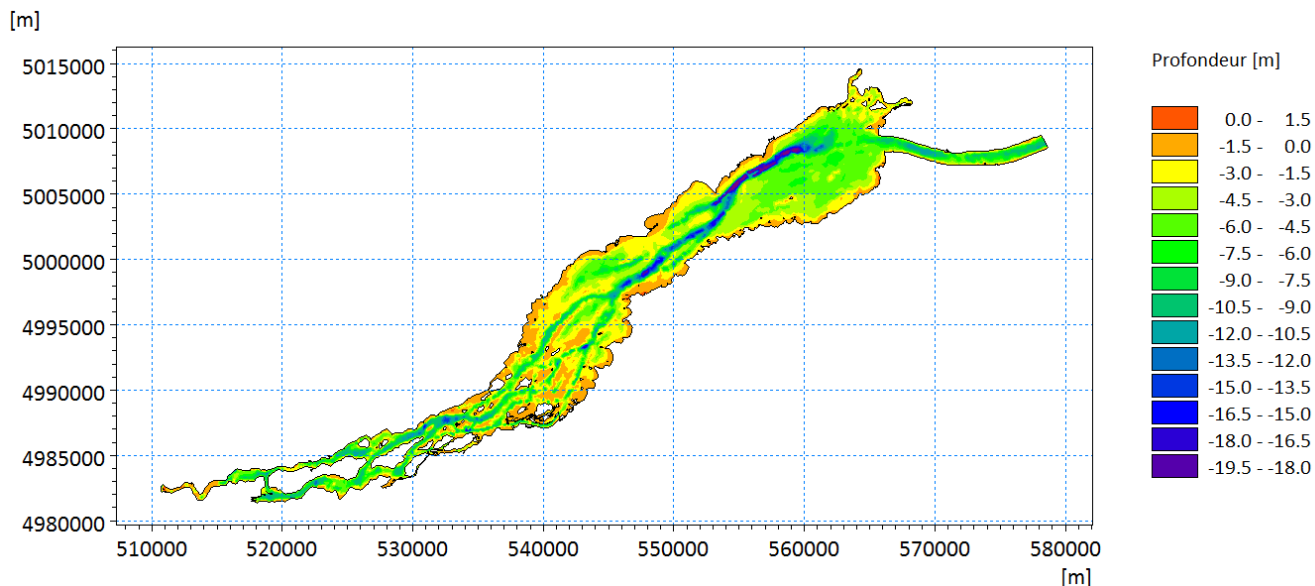


Figure 3-4: Grille de calcul G1 pour le modèle de vagues dans le lac Saint-François.

Les niveaux d'eau et les courants dans le lac sont calculés par le modèle hydrodynamique MIKE21-HD développé sur une grille régionale G2 (figure 3.5). Cette grille s'étend de Saint-Anicet au nord-est du lac. Le modèle HD est couplé au modèle de vague SW à chaque pas temporel. Il est forcé à ses limites amont (traverse vis-à-vis Saint-Anicet) et aval (traverses à Coteau et au port de Valleyfield-Beauharnois) par les débits et niveaux à ces endroits. Il est aussi forcé en surface par les vents. Les résultats attendus sont les courants dans la partie nord du lac et aux alentours de la plage de Saint-Zotique.

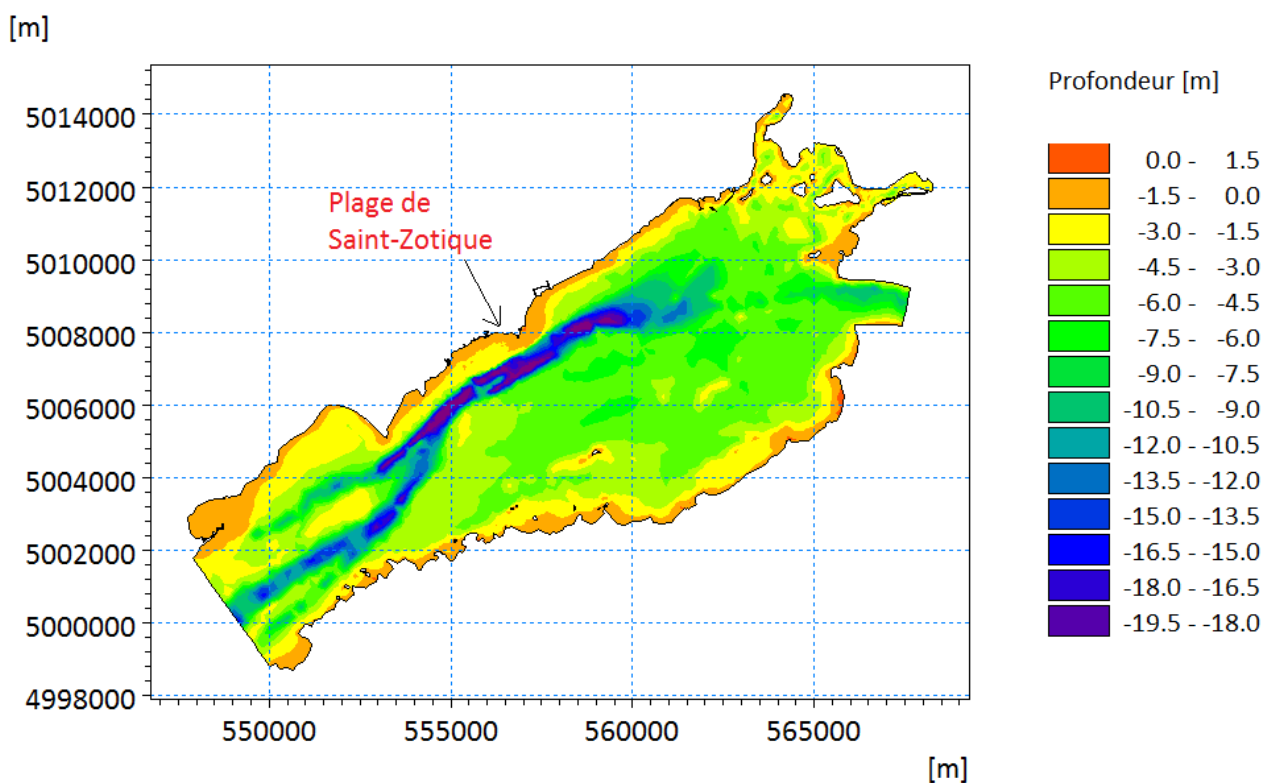


Figure 3-5: Grille G2 pour le modèle hydrodynamique de la partie nord-est du lac Saint-François.

Finalement, les sorties des modèles de vague et de courant sont imposées à chaque pas temporel au modèle de transport de sable MIKE21-ST. Ce modèle calcule le transport de sable et le changement du fond (érosion ou déposition) sur une grille locale G3 couvrant la plage de Saint-Zotique et ses alentours (figure 3.6).

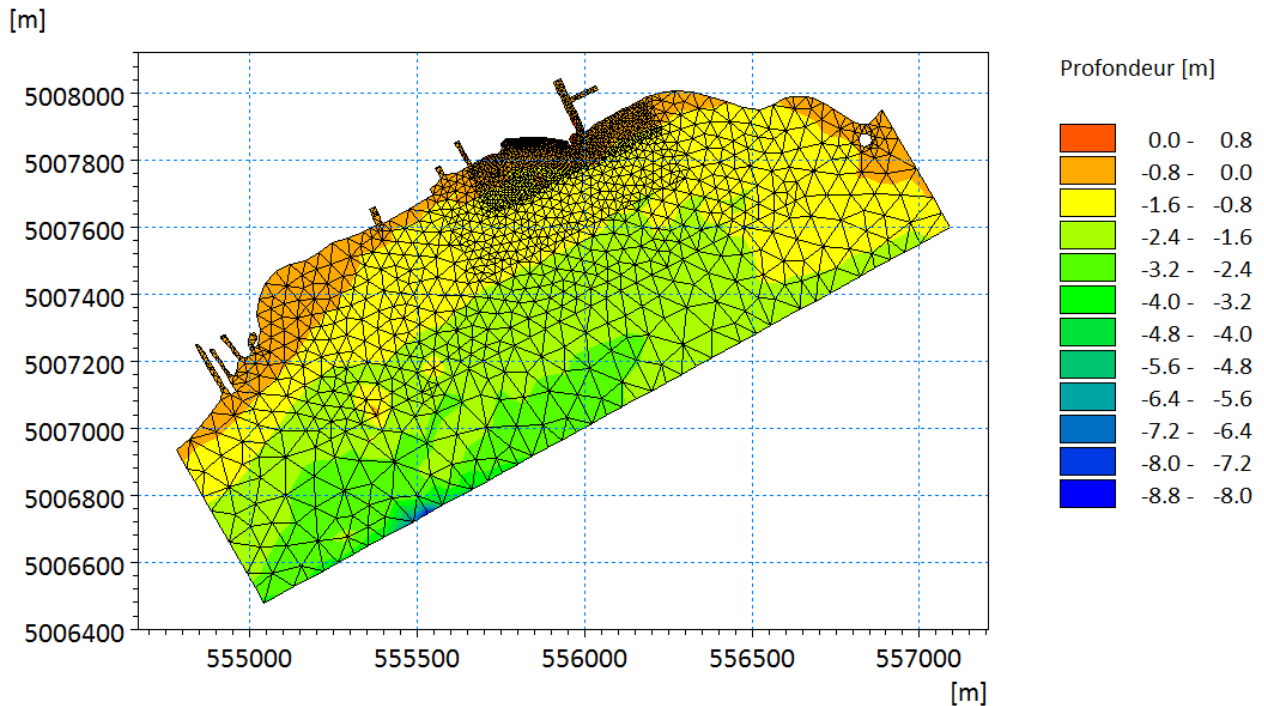


Figure 3-6: Grille de calcul G3 pour le modèle de transport de sable sous différentes conditions de vents, de vagues et de courant dans la lac Saint-François.

Les profondeurs assignées au centre des mailles des trois grilles sont interpolées à partir de (i) les données bathymétriques mesurées dans le cadre de cette étude (section 4.2) et (ii) les données numérisées des cartes marines 1341, 1342 et 1343 du Service Hydrographique Canadien.

3.4.2 Approche de modélisation

L'approche de modélisation comprend deux étapes :

1. la calibration des modèles de vague et de courant ;
2. l'étude du transport de sable en face de la plage de Saint-Zotique.

3.4.2.1 Calibration des modèles de vague et de courant

Le modèle de vague MIKE21-SW est appliqué à la grille du lac G1. Les options temporelle et spectrale du calcul sont l'option quasi stationnaire et l'option de formulation paramétrique directionnelle découplée. La période de simulation s'étend du 20 août au 16 septembre 2015, soit la période de mesure des vagues aux stations 1 et 2. La discrétisation directionnelle est de 16 directions pour 360 degrés. Les vents imposés en surface sont les vents mesurés à Saint-Anicet et les niveaux d'eau imposés durant la simulation des vagues sont les niveaux mesurés à Saint-Anicet. La diffraction est omise de la simulation alors que le déferlement des

vagues est inclus. La friction au fond est représentée par la rugosité de Nikuradse, $k_n=0.04$ m. Les conditions initiales sont calculées pour une croissance de vagues sur un fetch du type JONSWAP. Les sorties du modèle sont enregistrées à chaque heure. La frontière du lac à Cornwall est fermée et les frontières ouvertes aux barrages Coteau 1 et 3 et à Valleyfield-Beauharnois sont transparentes, c'est-à-dire que les vagues y passent librement sans réflexion. Les paramètres de sortie sont la hauteur significative H_s , la période de pointe P_k , la direction moyenne de propagation, sa déviation standard et les tenseurs du cisaillement de la radiation des vagues. Ces paramètres sont enregistrés à chaque maille de la grille G1 et le long de la frontière ouverte sud-ouest (transect Anicet) de la grille G2 afin de les soumettre en entrée au modèle hydrodynamique sur G2.

Ce même modèle de vague est ensuite couplé au modèle hydrodynamique MIKE21-HD sur la grille régionale G2. Le modèle hydrodynamique étant explicite, le pas temporel est établi automatiquement selon la taille des mailles où le calcul est effectué. Les mailles en eau peu profonde peuvent se découvrir et se recouvrir d'eau en fonction des variations du niveau. La densité du milieu est barotrope, la formulation de la viscosité turbulente est du type Smagorinsky, le coefficient (inverse) de Manning est de $30 \text{ min } 1 \text{ s}^3/\text{s}$, l'accélération de Coriolis est variable en fonction de la latitude et les cisaillements de radiation des vagues calculés par le modèle de vague sont ajoutées aux calculs des courants à chaque pas temporel (couplage dynamique vague-courant). Le modèle hydrodynamique sur G2 a quatre frontières ouvertes : (i) la frontière au sud-ouest vis-à-vis de Saint-Anicet, (ii) la frontière du canal de Beauharnois, (iii) la frontière au barrage Coteau-1 et (iv) la frontière au barrage Coteau-3. Le choix d'un niveau d'eau ou un débit à chacune de ces frontières est déterminé lors de la calibration du modèle hydrodynamique. Les sorties des modèles couplés de vague et de courant sont les champs bidimensionnels des niveaux, courants et vagues en fonction du temps sur le domaine G2. En plus, des séries temporelles de courant, de niveau et de paramètres de vague simulées à la position géographique des stations de mesure 1 et 2 à Saint-Zotique sont enregistrées. Ces séries temporelles sont alors comparées aux mesures effectuées à ces mêmes stations durant la même période de temps. Si les résultats des modèles ne sont pas comparables aux mesures, les simulations couplées sont refaites avec d'autres paramètres de friction au fond, de viscosité turbulente et de combinaisons de niveaux/débits aux frontières ouvertes. Lorsque les séries mesurées et simulées sont comparables, les modèles numériques sont calibrés et validés.

3.4.2.2 Étude du transport de sable à la plage de Saint-Zotique

Le transport de sable en face de la plage de Saint-Zotique est calculé par le modèle MIKE21-ST sur la grille G3 pour trois situations :

- La période actuelle du 20 août au 16 septembre 2015 afin d'évaluer le transport par faible vent ;
- Une période de trois jours durant une tempête de vents de l'OSO ;
- Une période de trois jours durant une tempête de vents de l'ENE.

Le modèle MIKE21-ST est forcé à chaque pas temporel par les courants et les vagues calculés des modèles MIKE21-HD et MIKE21-SW sur grille G2. Le transport sédimentaire étudié est celui du sable en provenance de la plage. Les analyses granulométriques effectuées sur les échantillons du sable sur la plage et dans le banc sous-marin en face de la plage permettent d'assigner à ce sable un diamètre de $325\ \mu\text{m}$, une porosité de 0,4 et un coefficient de gradation de 2,6. L'épaisseur de la couche de sable au fond en face de la plage et dans le canal est de 0,30 m. L'étendue horizontale de cette couche est l'étendue visible sur l'image de Google Earth en 2014 (voir figure 4.10).

Les conditions aux trois frontières ouvertes (ouest, sud, est) sont un gradient du flux de sédiment nul en sortie et pas de changement de la hauteur du fond en entrée. Les sorties du modèle sont les transports totaux (saltation au fond et sédiment en suspension) à chaque maille et les changements de profondeur à chaque maille en fonction du temps.

4 Résultats

4.1 Évolution historique de la plage

4.1.1 Évolution géologique

Du point de vue géologique, le bassin du lac Saint-François et du fleuve Saint-Laurent était occupé après la dernière glaciation par une mer intérieure appelée mer de Champlain. Les eaux salées de la mer de Champlain se sont progressivement dessalées entre 12 000 et 9 750 pour laisser place à un lac d'eau douce le lac Lampsilis entre 9 750 et 8 000 ans. Depuis 8 000 ans la lac St-François a acquis pratiquement sa forme actuelle. Les dépôts sédimentaires de la mer de Champlain et du lac Lampsilis sont essentiellement composés de silt et d'argile donc des sédiments très fins.

Entre cet épisode marin et lacustre et les sédiments dits récents c'est-à-dire des derniers cent ans, beaucoup de sable a été transporté vers l'aval, mais peu de ces sables se sont déposés dans le lac St-François. Le passage entre les argiles et silts marin et lacustres et les sédiments actuels est caractérisé par la présence de gravier mélangé à des morceaux d'argile.

Les sédiments récents remontent à un peu plus de 100 ans soit vers la fin du 19^e siècle et recouvrent les sédiments fins des épisodes marines et lacustres. L'accumulation de ces sédiments correspond au début d'aménagement de la Voie Maritime du Saint-Laurent entre 1850 et 1960, ces travaux ayant modifié les conditions hydrauliques et par conséquent les processus sédimentaires.

La chronologie des sédiments récents se divise en 2 séquences sédimentaires distinctes par leur variation granulométrique c'est-à-dire par leur pourcentage respectif de sable, d'argile et de silt¹ :

- Séquence de Lancaster entre 1870 et 1950
- Séquence de Saint-Zotique entre 1950 et aujourd'hui

Dans la zone de la plage de Saint-Zotique les sédiments composant le fond situé entre la rive et le chenal de navigation sont constitués essentiellement de sable fin boueux²

4.1.2 Évolution de la plage entre 1965 et 2014

Les figures 4.1 à 4,10 illustrent l'évolution de la plage de Saint-Zotique entre 1965 et aujourd'hui.

La première photo remonte à 1965. Le tracé en vert montre la ligne de rivage actuelle alors que celle en mauve montre la ligne de rivage de 2014 de même que le contour du banc de sable submergé de 2014. À ce moment aucune plage n'apparaît sur la photo. La zone de la plage est en fait un champ en friche. Les bâtiments actuels de la plage soit l'administration et

¹ Sable : diamètre des grains entre 0,63mm et 2mm, silt : entre 0,063 mm et 0,002mm, argile <0,002mm

² Boue : comprend le silt et l'argile

le hangar sont présents en 1965 et la pointe est habitée avec une maison et un bâtiment. La ligne de rivage en vert est relativement droite.



Figure 4-1: Photographie aérienne de la plage en 1965. La limite de la plage est indiquée en vert. La limite actuelle de la plage et du banc de sable submergé est en bleu foncé.

La photographie suivante date de 1975. La résidence et le bâtiment adjacent sur la pointe est ont disparu. Plusieurs arbres ont été plantés suivant un patron rectangulaire et régulier. Le trait de côte (ou ligne de rivage) est sensiblement demeuré à la même position. À cette époque aucune plage n'est visible.



Figure 4-2: Photographie aérienne de la plage en 1975. La limite de la plage de 1965 est indiquée en vert. La limite actuelle de la plage et du banc de sable submergé est en bleu foncé.

La photographie de 1983 montre les premiers signes d'aménagement de la plage de St-Zotique. Le tracé en jaune montre la ligne de rivage de 1983 et le contour du banc de sable submergé de 1983. Du sable a été ajouté le long de la plage et un banc de sable submergé est visible dans la partie centrale. Un remblai en enrochement est aussi visible à l'extrême est de la plage juste avant l'entrée du canal.



Figure 4-3: Photographie aérienne de la plage en 1983. La limite de la plage de 1965 est indiquée en vert. La limite de la plage et du banc de sable submergé en 1983 est tracée en jaune. La limite actuelle de la plage et du banc de sable submergé est en bleu foncé.

La photographie de 1992 (ligne de rivage en orangé) montre que la pointe de remblai situé à l'est a progressé vers le sud de plus de 10m et la plage adjacente s'est aussi avancé d'autant. Le banc de sable submergé est difficilement discernable à cause du reflet sur l'eau. Toute la zone à l'arrière de la plage a fait l'objet de l'enlèvement de plusieurs arbres et arbustes et l'ajout de sable.



Figure 4-4: Photographie aérienne de la plage en 1992. Les limites de la plage et du banc de sable de 1965 et 1983 sont indiquées respectivement en vert et en jaune. La limite de la plage et du banc de sable submergé en 1992 est tracée en orangé. La limite actuelle de la plage et du banc de sable submergé est en bleu foncé.

En 1997 l'ajout de sable a fait progresser la plage de près de 7m dans la partie ouest (ligne de rivage et contour du banc de sable en rouge). La partie est restée relativement stable. Par contre le banc de sable submergé s'est considérablement déplacé vers le sud et vers l'est. Le tout suggère l'ajout d'une quantité importante de sable pendant cette période.



Figure 4-5: *Photographie aérienne de la plage en 1997. Les limites de la plage et du banc de sable de 1992 sont indiquées en orangé. La limite de la plage et du banc de sable submergé en 1997 est tracée en rouge. La limite actuelle de la plage et du banc de sable submergé est en bleu foncé.*

L'image de 2004 (contour en rose) montre que la plage a avancé dans la partie est d'environ 7 à 8 m alors qu'elle a retraits d'environ 6m dans la partie extrême ouest. Le banc de sable s'est quant à lui allongé vers l'est et le sud.



Figure 4-6: *Photographie aérienne de la plage en 2004. Les limites de la plage et du banc de sable de 1992 et 1997 sont indiquées respectivement en orangé et en rouge. La limite de la plage et du banc de sable submergé en 2004 est tracée en rose. La limite actuelle de la plage et du banc de sable submergé est en bleu foncé.*

L'image satellitaire de 2005 prise en aout soit un an après 2004 montre une stabilité relative de la plage, un retrait de la pointe rocheuse à l'est et une progression du banc de sable submergé vers l'est et le sud.

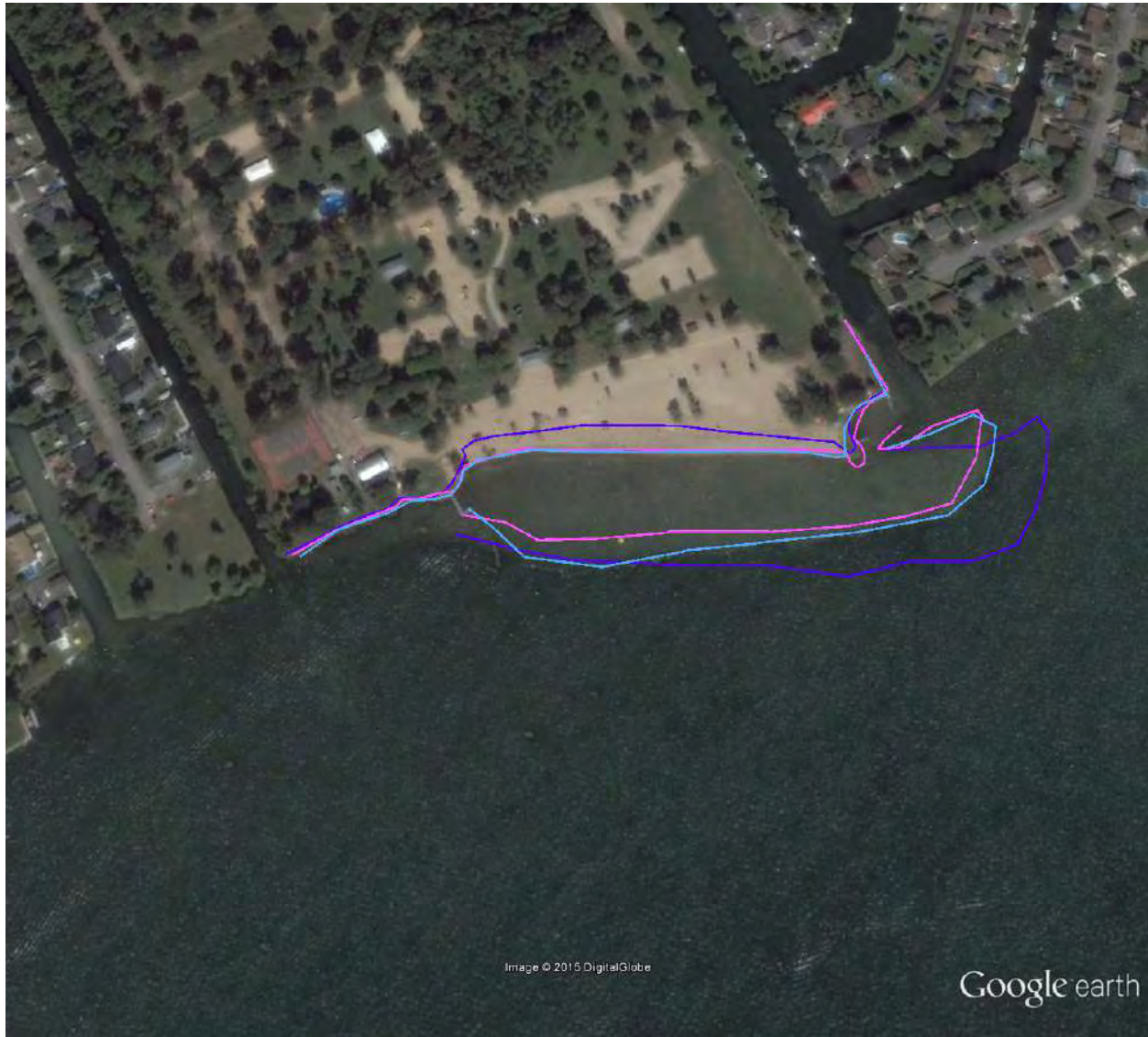


Figure 4-7: *Image satellitaire de la plage en 2005. Les limites de la plage et du banc de sable de 2004 sont indiquées en rose. La limite de la plage et du banc de sable submergé en 2005 est tracée en bleu pale. La limite actuelle de la plage et du banc de sable submergé est en bleu foncé.*

L'image satellitaire de 2010 prise au printemps montre un retrait généralisé de toute la plage d'environ 9m. Le banc de sable submergé n'est pas visible sur cette image.

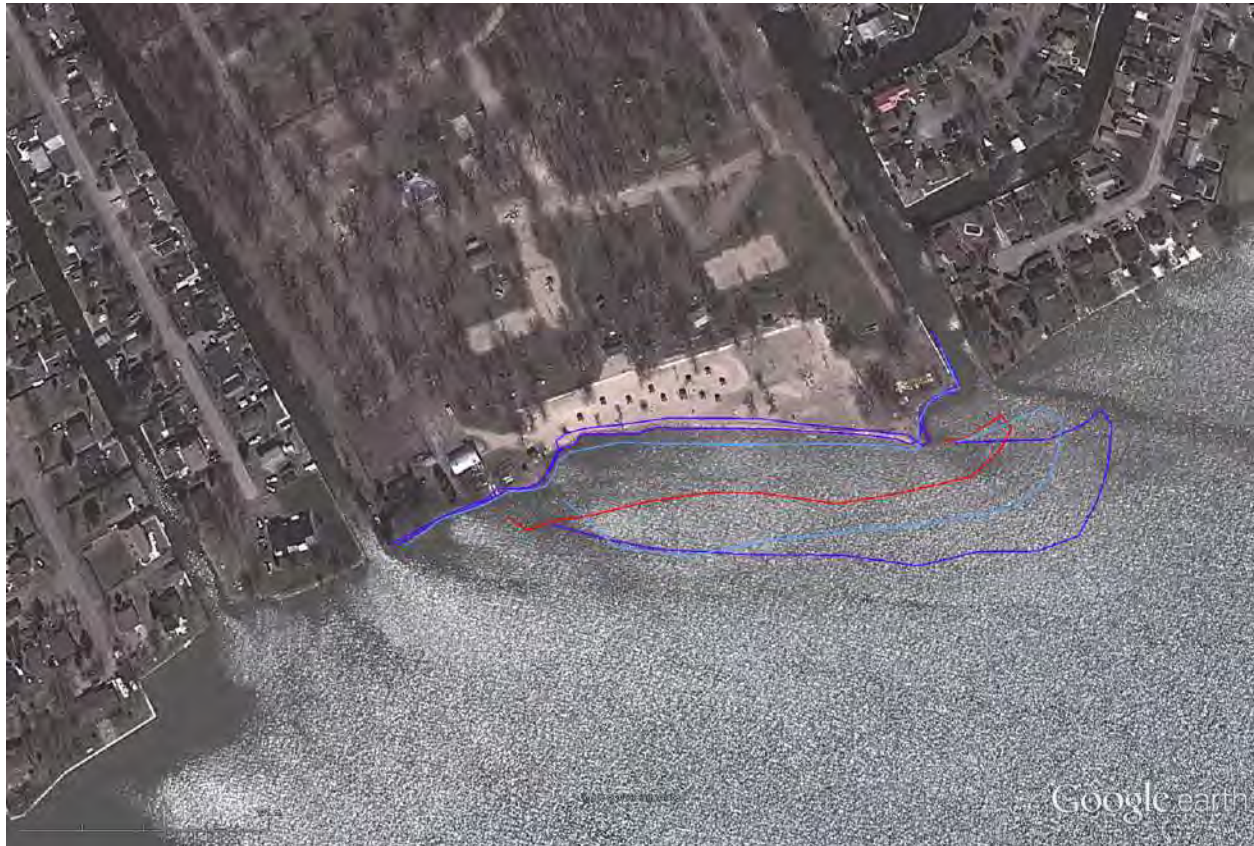


Figure 4-8: *Image satellitaire de la plage en 2010. Les limites de la plage et du banc de sable de 1997 et 2004 sont indiquées respectivement en rouge et bleu pale. La limite de la plage et du banc de sable submergé en 2010 est tracée en bleu foncé au large de la limite actuelle de la plage et du banc de sable submergé elle aussi en bleu foncé.*

Finalement la dernière image satellite disponible date du 18 juin 2014. Elle montre un recul de la plage d'environ 4m passant de 2m dans la partie est à plus de 5 m dans la partie ouest. Le banc de sable submergé a beaucoup progressé vers l'est et le sud pendant la période 2005-2014 soit plus de 30m.



Figure 4-9: *Image satellitaire de la plage en 2014. Les limites de la plage et du banc de sable de 1997 et 2004 sont indiquées respectivement en rouge et bleu pale. La limite de la plage et du banc de sable submergé en 2014 est tracée en bleu foncé en retrait de la ligne bleu foncé de 2010.*

Une analyse plus détaillée de l'évolution de la ligne de rivage et du contour du banc de sable submergé a été faite entre les images satellitaires du 24 août 2005 et celle du 18 juin 2014 (voir figure 4.10).



Figure 4-10: *Superposition des images la plage de Saint-Zotique du 24 août 2005 et du 18 juin 2014 avec position des distances calculées au tableau 4.1.*

Tableau 4-1: Distances entre les limites de plage et des bancs de sable sous-marin en 2005 et en 2014.

Transects de mesure limite de plage 2005 - 2014		Limites du banc de sable 2005 - 2014	
P1	-7.7 m	B1	+ 8.6 m
P2	-6.8 m	B2	+ 20.0 m
P3	-10.3 m	B3	+ 29.2 m
P4	-12.4 m	B4	+ 30.9 m
P5	-8.4	B5	+ 31.5 m
P6	-5.5		
P7	-4.4		

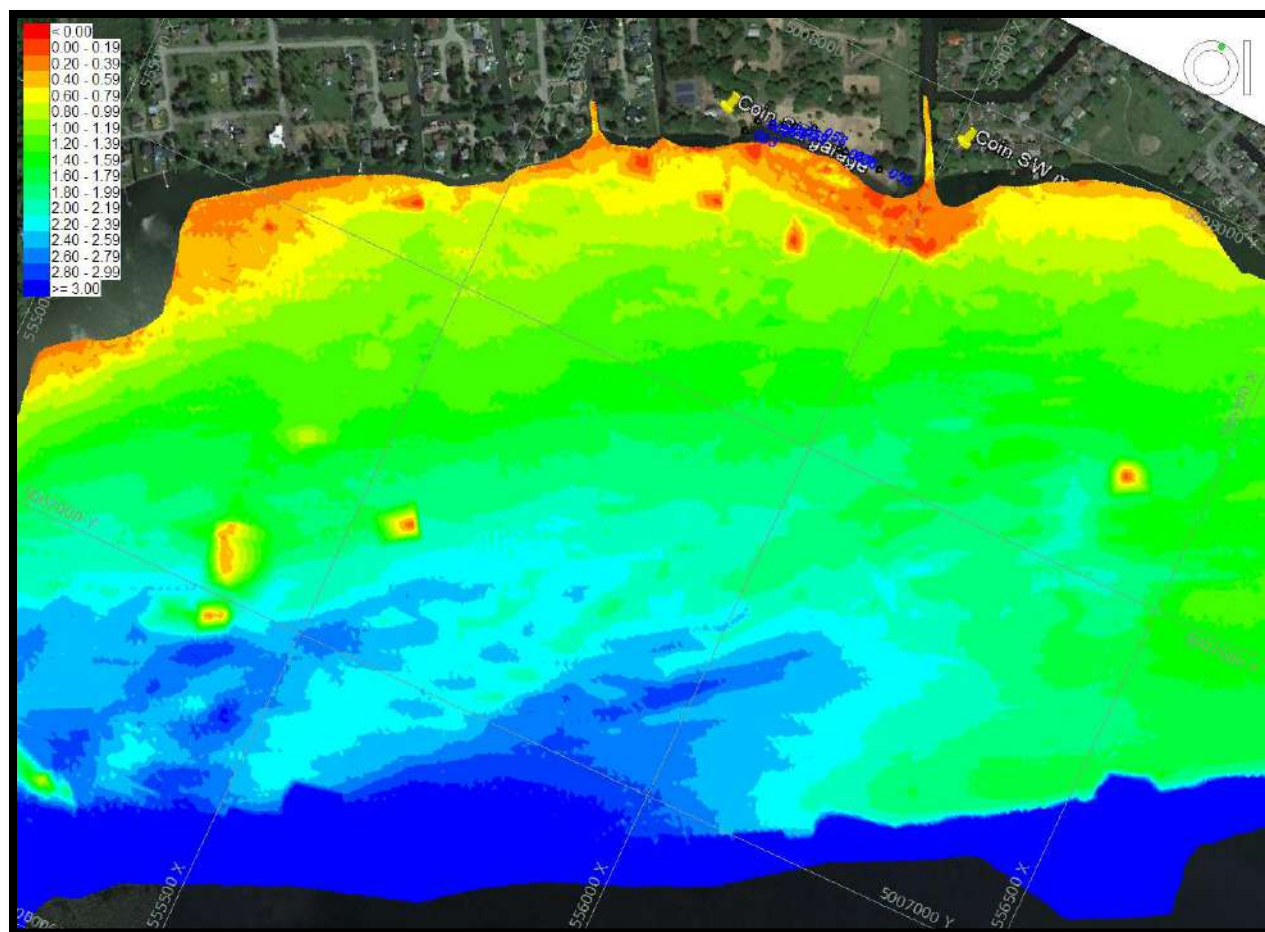
Ces résultats montrent une érosion de la plage variant d'environ 7 m à l'ouest, de 5 m à l'est et 12 m au centre. Le banc de sable submergé s'est étendu vers le large d'environ 9 m au centre de la plage (B1), de 30 m au sud-ouest et de 31 m à l'est.

On note toutefois que les résultats du recul de la ligne de rivage au tableau 1 ne sont pas précis car ces distances peuvent varier selon l'élévation du niveau du lac Saint-François au moment de la prise d'image par le satellite en 2005 et 2014. Ces niveaux peuvent varier d'environ 0,50 m à la verticale ce qui peut se traduire par une variation d'environ 1-2 mètres à l'horizontale selon la pente de la plage au moment de la prise d'image. Cette inclinaison et le niveau du lac au moment de la prise d'image n'étant pas connus, les résultats demeurent donc approximatifs.

Ils indiquent cependant qu'en 9 ans, la plage de Saint-Zotique a subi une érosion de plusieurs mètres et que le banc de sable sous-marin s'est étendu vers le large et l'est sur une distance de plus de 20 mètres, en plus d'entrer et de former un dépôt dans l'entrée du canal à l'est de la plage.

4.2 Bathymétrie et morphologie riveraine

La figure 4.11 présente la bathymétrie de la zone de la plage de St-Zotique. Les profondeurs y sont exprimées en mètre et décimètre par rapport au zéro des cartes marines. Toute la zone immergée située à moins de 80 mètres de la plage est caractérisée par des profondeurs inférieures à 0,6 m (zone orangée et rouge). Entre cette zone peu profonde et le chenal profond à plus de 2 m (en bleu) se trouve une zone de faible profondeur comprise entre 0.6 et 2,0 m (en jaune et vert). Cette plate-forme peu profonde est large d'environ 500 m.



La figure suivante illustre la bathymétrie détaillée à proximité de la plage

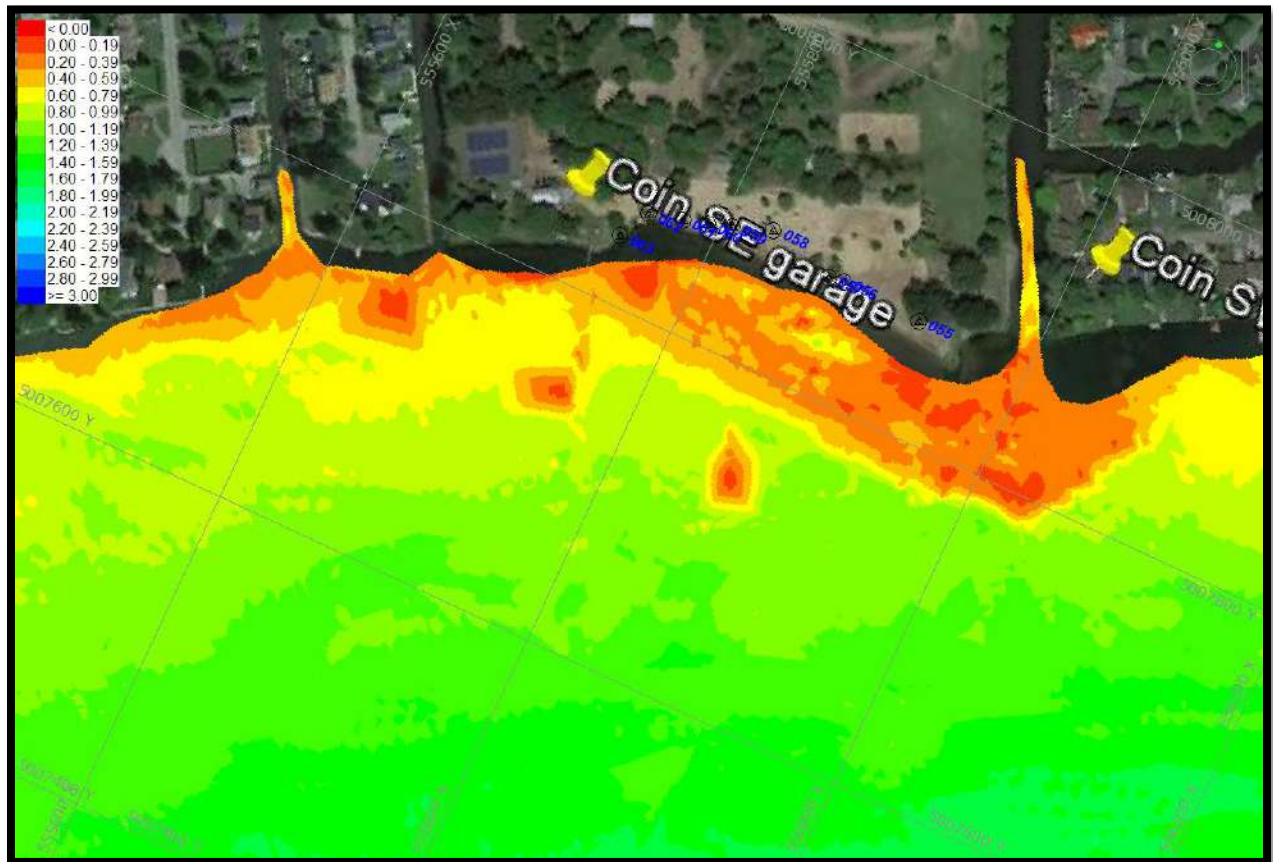


Figure 4-12 : Bathymétrie détaillée devant la plage de St-Zotique (août 2015)

La zone riveraine est caractérisée par une plage dont la pente diminue de l'ouest à l'est. Dans la partie ouest la pente de la plage est relativement forte soit plus de 12 degrés et est limitée par un micro-talus d'érosion d'environ 20 cm (figure 4.13)



Figure 4-13 : *Pente de la plage et micro-talus d'érosion dans la partie ouest de la plage.*

Dans la partie ouest la pente est plus faible soit moins de 5 degrés et le talus est inexistant (figure 4.14). Cette transition indique que les processus érosifs sont plus actifs dans la partie ouest qu'à l'est.



Figure 4-14 *Pente de la plage. Partie est.*

4.3 Nature des sédiments et granulométrie

La figure 4.15 présente la localisation des prélèvements de sédiments pour lesquels des analyses granulométriques ont été réalisés.



Figure 4-15 : Localisation des stations d'échantillonnage des sédiments

Le tableau 4.2 présente les principaux résultats des analyses granulométriques

Tableau 4-2 : Description et caractéristiques granulométriques des échantillons de sédiments.

N° STATION	ZO-1	ZO-2	ZO-3	ZO-4	ZO-5	ZO-6	ZO-7
LOCALISATION	Banc d'emprunt	Accumulation canal	Accumulation canal	Plage entre chenal et plage	Pointe ouest plage	Plage section est	Plage section ouest
DESCRIPTION	Sable moyen un peu de silt peu trié	Sable moyen bien trié	Sable moyen assez bien trié	Sable moyen assez bien trié	Sable moyen assez bien trié	Sable moyen assez bien trié	Sable fin assez bien trié
% GRAVIER	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
% SABLE	92,1 %	100,0 %	100,0 %	99,9 %	99,8 %	100,0 %	98,7 %
% BOUE	7,9 %	0,0 %	0,0 %	0,1 %	0,2 %	0,0 %	1,3 %
% ARGILE	0,2 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
% SILT	7,6 %	0,0 %	0,0 %	0,1 %	0,2 %	0,0 %	1,3 %
N° STATION	ZO-8	ZO-9	ZO-10	ZO-11	ZO-12	ZO-13	ZO-14
LOCALISATION	Panache est	Extrémité sud est panache	Large extrême est	Large est	Large extrême ouest	Large ouest plus profond	Large extrême ouest moins profond
DESCRIPTION	Sable moyen assez bien trié	Sable moyen assez bien trié	Sable très fin mal trié	Sable très fin silteux mal trié	Sable très fin modérément trié	Sable très fin silteux mal trié	Sable très fin silteux modérément trié
% GRAVIER	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
% SABLE	99,8 %	96,9 %	52,3 %	57,2 %	76,3 %	70,6 %	72,0 %
% BOUE	0,2 %	3,1 %	47,7 %	42,8 %	23,7 %	29,4 %	28,0 %
% ARGILE	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
% SILT	0,2 %	3,1 %	47,7 %	42,8 %	23,7 %	29,4 %	28,0 %
N° STATION	ZO-15	ZO-16	ZO-17	ZO-18	ZO-19	ZO-20	
LOCALISATION	Large ouest	Extrême est hors panache	Extrémité est banc de sable	Plage est	Plage centre	Plage ouest	
DESCRIPTION	Sable très fin silteux mal trié	Sable fin silteux mal trié	Sable moyen modérément trié	Sable moyen modérément trié	Sable grossier peu trié	Sable très grossier peu trié	
% GRAVIER	0,0 %	0,0 %	0,0 %	1,6 %	6,5 %	34,6 %	
% SABLE	73,8 %	85,0 %	96,3 %	97,1 %	93,0 %	65,1 %	
% BOUE	26,2 %	15,0 %	3,7 %	1,4 %	0,5 %	0,3 %	
% ARGILE	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	
% SILT	26,2 %	15,0 %	3,7 %	1,4 %	0,5 %	0,3 %	

En dehors de la zone de la plage de St-Zotique où du sable a été ajouté depuis les années 1980, le sédiment naturel est constitué essentiellement de sable fin à très fin contenant une fraction importante de silt soit entre 15 et 50 % (stations ZO-10 à ZO-16). Ces sédiments sont généralement modérément à mal trié. La figure 4.16 présente un histogramme type de ces sédiments. Ce type de sédiments recouvre toute la zone peu profonde située entre la rive et le bord du chenal de navigation.

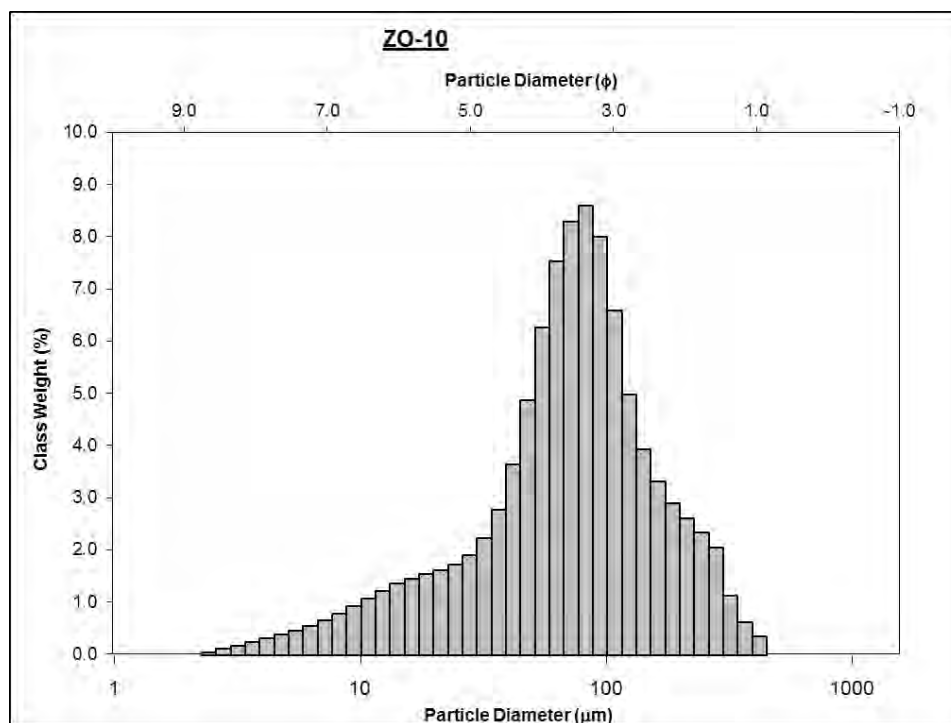


Figure 4-16 : *Histogramme de fréquences des classes granulométriques à la station ZO-10 située au large en dehors de la zone d'influence de la plage de St-Zotique. (Classes granulométriques : sable diamètre de 63 µm à 2000 µm, silt 63 µm à 2 µm, argile <2 µm)*

Le sable situé sur le banc d'emprunt servant aux ajouts périodiques sur la plage (station ZO-1) est constitué d'un sable moyen contenant 7,6 % de silt et des traces d'argile (0,2 %). Ce sable est peu trié c'est-à-dire qu'il présente un étalement granulométrique important. La figure 4.17 montre cet étalement granulométrique

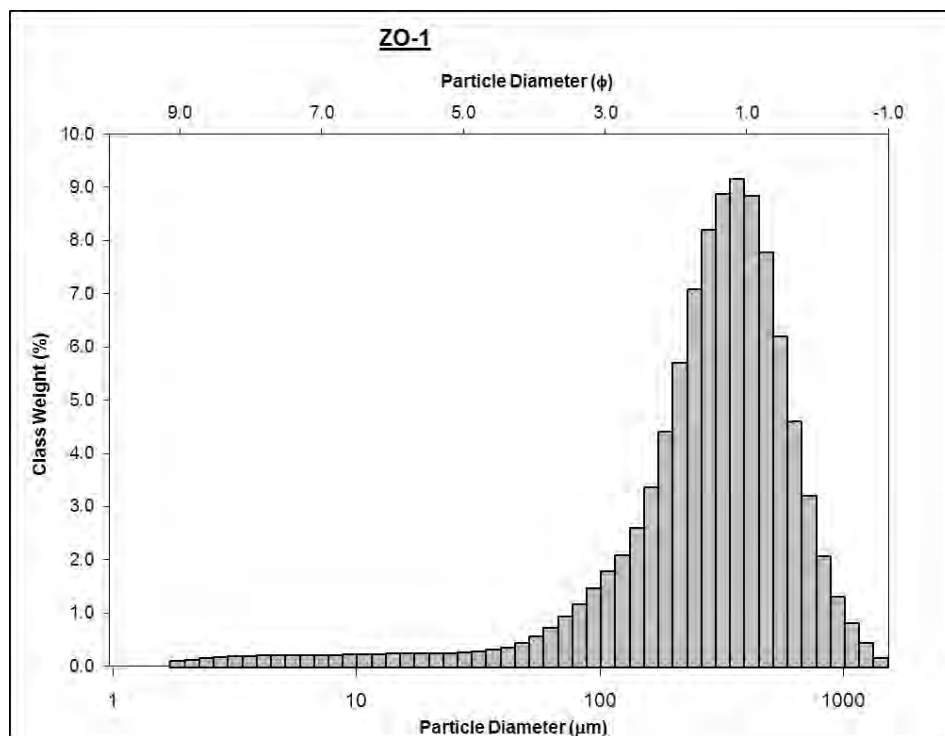


Figure 4-17 : *Histogramme de fréquences des classes granulométriques à la station ZO-1 banc d'emprunt de sable situé sur la plage. (Classes granulométriques : sable diamètre de 63 μm à 2000 μm , silt 63 μm à 2 μm , argile <2 μm).*

Le sable déposé sur la plage est par la suite trié par les mécanismes d'érosion et de transport vers l'est pour produire un sable moyen assez bien trié contenant un peu de sable fin mais ayant perdu toutes les particules fines de la taille du silt et de l'argile. Ce type de sédiments apparaît aux stations ZO-2 à ZO-6 et ZO-8 et ZO-9. La figure 4.18 illustre ce type de sédiment

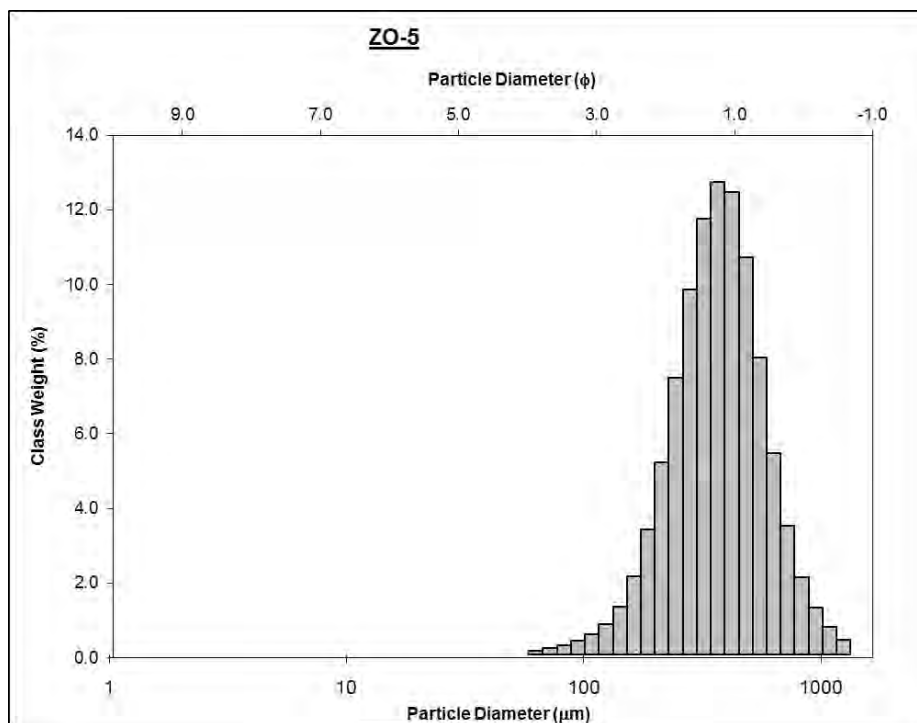


Figure 4-18 : *Histogramme de fréquences des classes granulométriques à la station ZO-5 située dans la partie est de la plage de St-Zotique. (Classes granulométriques : sable diamètre de 63 µm à 2000 µm, silt 63 µm à 2 µm, argile <2 µm).*

La station ZO-7 situé dans la partie centrale de la plage est constitué de sable plus fin qui venait d'être disposé sur la plage et n'ayant pas eu le temps d'être trié par les processus d'érosion et de transport.

Les stations ZO-18 à ZO-20 situé dans la partie submergée de la plage montre une progression intéressante est-ouest. Le contenu en gravier augmente vers l'ouest passant de 1,6 % à 6,5 % et finalement à 34,6 %. Inversement le contenu en silt diminue progressivement vers l'ouest de 1,4 % à 0,3 %. Cette gradation dans la granulométrie montre que le secteur ouest est soumis à des processus d'érosion et de transport sévère qui ne laissent sur place qu'un dépôt résiduel de sédiment plus grossier d'autant plus que ce secteur n'a probablement pas été rechargé en sable autant que la partie centrale et est de la plage.

La figure 4.19 montre l'ensemble des résultats granulométriques du secteur de la plage.

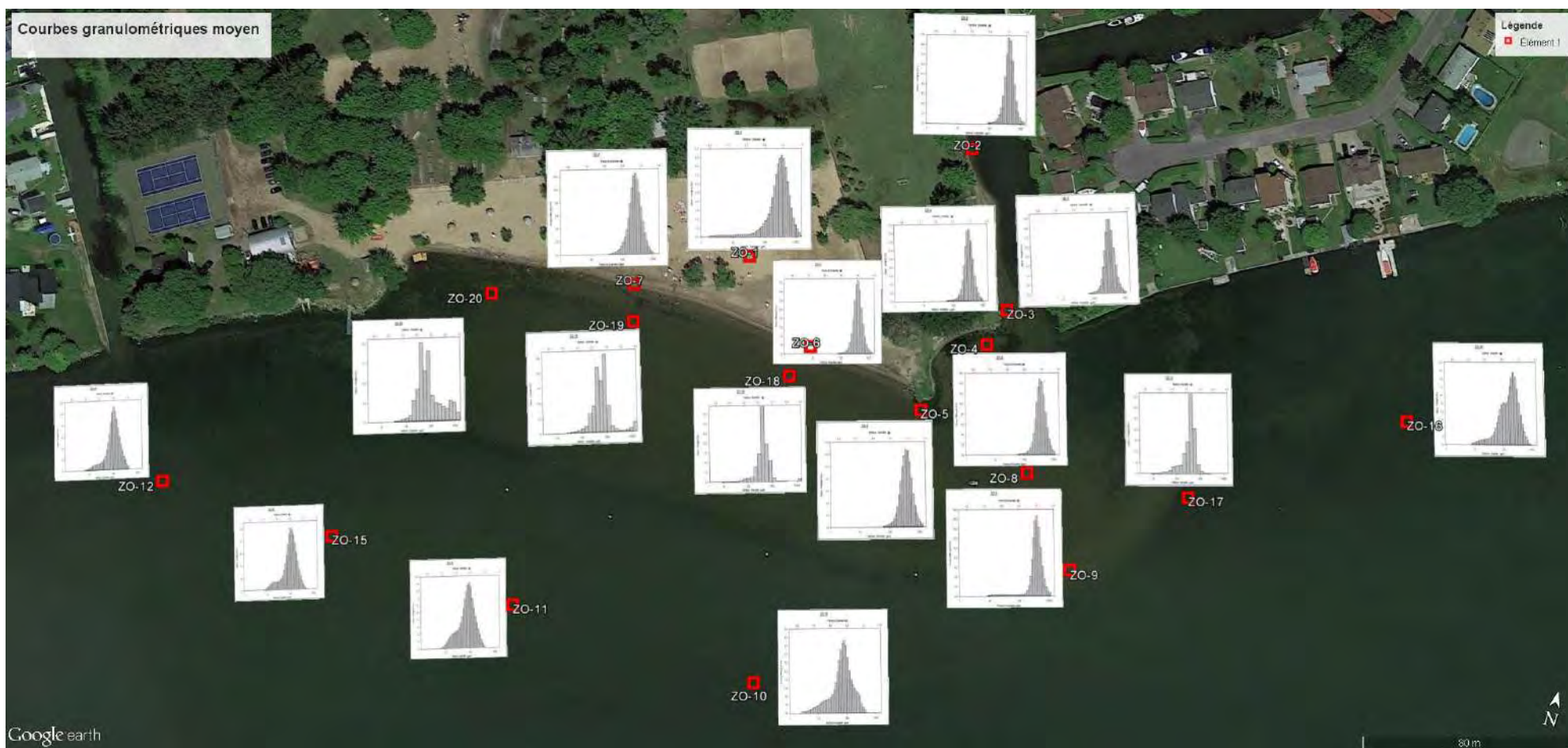


Figure 4-19 *Histogrammes granulométriques des échantillons de sédiments prélevés.*

4.4 Débits et niveaux

4.4.1 Débits

Le Lac Saint-François reçoit environ 7500 m³/s d'eau en provenance du Lac Ontario. La majorité des eaux (99,6 %) entrent par le barrage de Moses-Saunders et le restant passe par le Canal de Cornwall, l'écluse Eisenhower et le Canal de Massena rejoignant la rivière Grass au sud.

Quatre rivières de l'état de New York se déversent du côté sud dans le lac en aval du barrage, les rivières Raquette, Régis, Grass et aux Saumons. Leur débit moyen combiné d'environ 150 m³/s. Quelques petites rivières du Québec se déversent dans le lac mais leur débit moyen est inférieur à 5 m³/s. La sortie des eaux du lac se fait principalement par le barrage de Beauharnois (6500 m³/s) et les trois plus petits barrages à Les Coteaux (1000 m³/s), soit Coteau-1, Coteau-3 et Coteau-4 (Figure xxx). Moins de 10 m³/s sortent aussi par le canal de Soulanges et le Chenal Perdu (rivière Saint-Charles).

La figure 4.20 adaptée de Morin et al (1993, figure 4.7) présente les variations journalières moyennes des débits de 1963 à 1992 au barrage de Moses-Saunders à Cornwall en amont et au barrage de Beauharnois (Valleyfield) en aval.

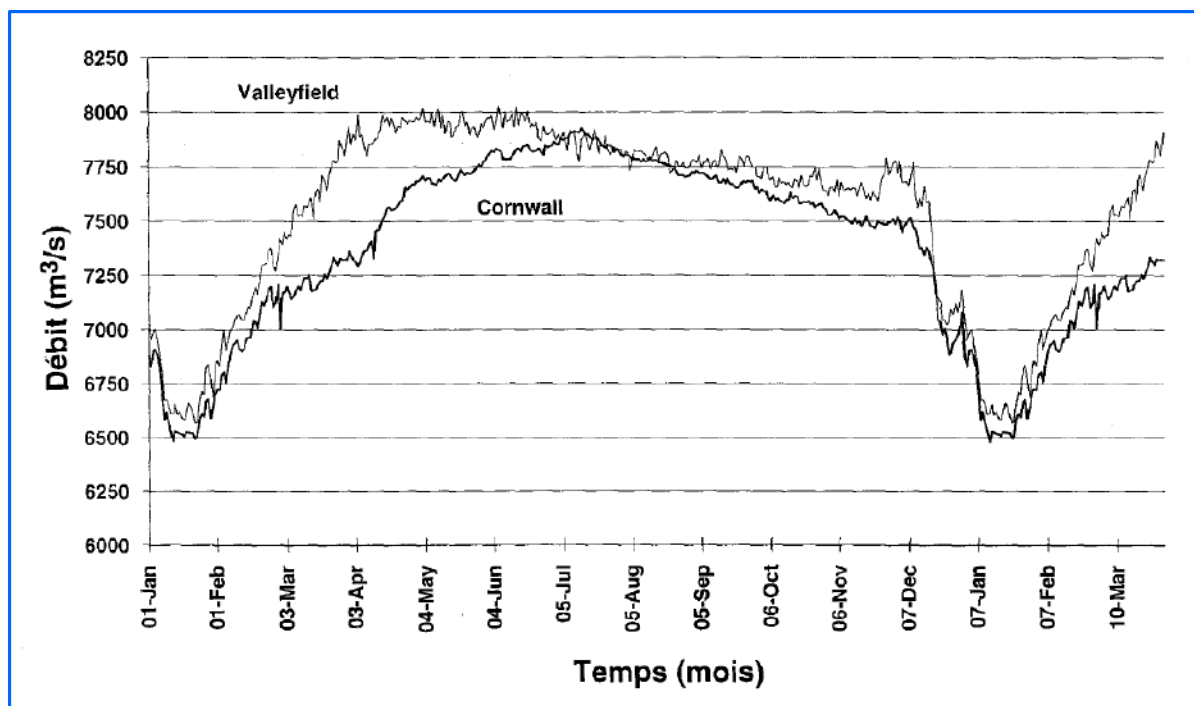


Figure 4-20 : Débits moyens journaliers entrant à Cornwall et sortant à Beauharnois (Valleyfield), entre 1963 et 1992 (adapté de Morin et al. 1994).

On constate que le débit à Cornwall est légèrement inférieur à celui de Beauharnois, la différence étant attribuable à l'apport des rivières au lac Saint-François entre l'entrée et la sortie des eaux du lac.

Morin et al (1994) discutent ensuite de la variation des niveaux de l'eau dans le lac. Cette variation est la principale force hydraulique qui contribue au mouvement des eaux dans le lac. En analysant les données de niveau de 1919 à 1993, les auteurs illustrent comment depuis la fin des travaux d'aménagement des barrages à l'entrée et la sortie du lac en 1958, le niveau dans le lac est fortement contrôlé et sa variation maximale est réduite à 0,15 m à Coteau-Landing.

Les auteurs discutent aussi de la pente hydraulique de la surface du lac en fonction des saisons. Les pentes moyennes journalières entre Coteau Landing (CL), Cornwall (C), Summerstown (S) et Beauharnois (B) sont illustrées en fonction des débits à la figure 4.21 (adaptée de Morin et al. 1994).

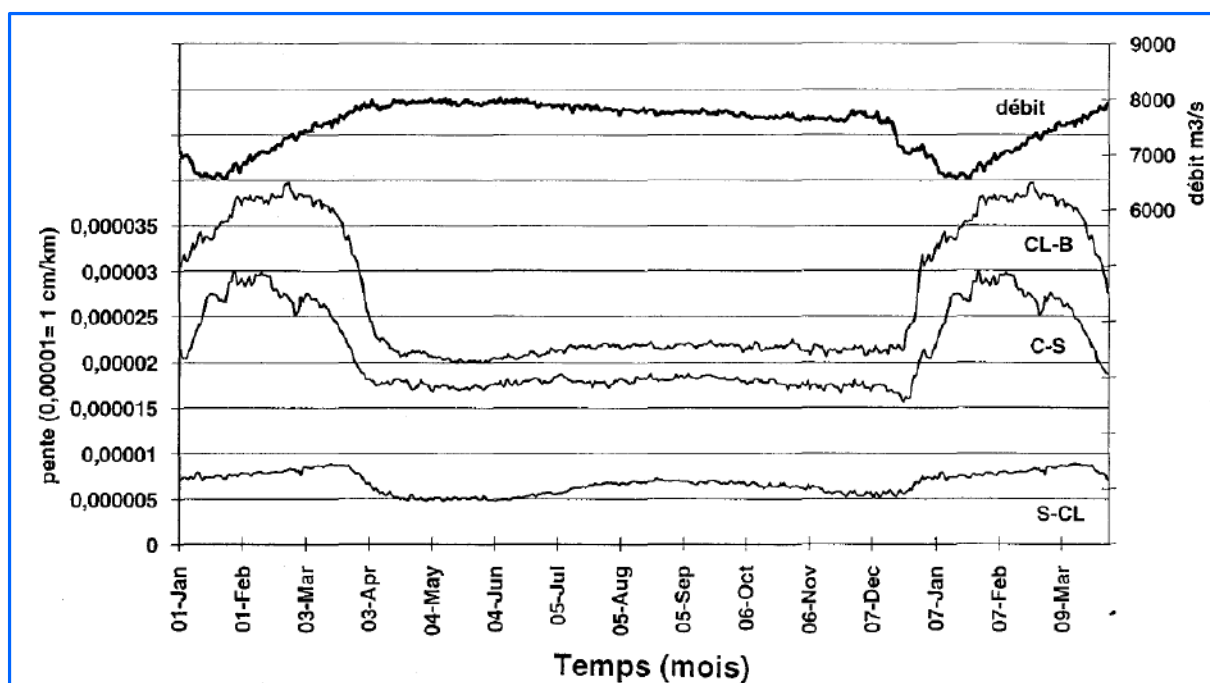


Figure 4-21 Variation de la pente journalière entre divers endroits du lac et du débit au lac Saint-François entre 1962 et 1990 (adaptée de Morin et al. 1994).

On constate par exemple que la pente entre Summerstown et Coteau Landing (S-CL) est la plus faible et celle entre Coteau-Landing et Beauharnois (CL-B) est la plus forte. La pente hydraulique est forte en hiver à cause de la friction offerte par les glaces à l'écoulement. Aussi, on constate une légère augmentation de la pente durant l'été entre Summerstown et Coteau Landing à cause de la croissance de macrophytes (plantes aquatiques) qui présentent aussi une friction additionnelle à l'écoulement.

Les débits journaliers des eaux entrant dans le lac à Cornwall (barrage, écluses, canal) et sortant du Lac à Beauharnois, à Coteau-1 et à Coteau-3 sont présentés à la figure xxx. Ces données révèlent que l'entrée en amont est sensiblement la même que la somme des sorties en aval, que ces entrées et sorties varient au cours d'une même année et que ce patron saisonnier varie aussi d'une année à l'autre. La distribution des eaux de sortie entre Beauharnois, Coteau-1 et Coteau-3 varie aussi en fonction des saisons, avec les exutoires à Coteau-1 et Coteau-3 déversant le trop plein résultant du contrôle de la sortie des eaux à Beauharnois selon les besoins d'énergie hydro-électrique du moment.

Les débits horaires enregistrés aux mêmes endroits durant de la période de mesure des niveaux, courants et vagues en face de Saint-Zotique est présenté à la figure 4.22.

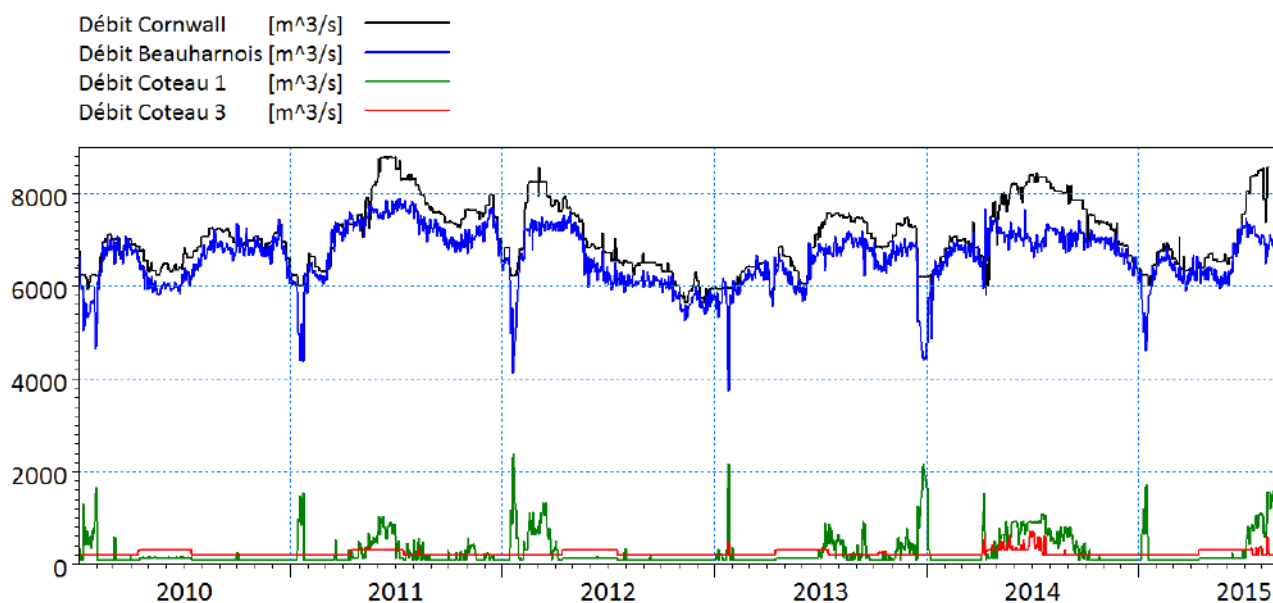


Figure 4-22 : *Débits journaliers des eaux en amont du lac à Cornwall et en aval du lac à Beauharnois, Coteau-1 et Coteau-3, de 2010 à 2015.*

Les débits horaires à ces mêmes endroits durant la période de mesure des vagues, niveaux et courants en face de la plage de Saint-Zotique sont présentés à la figure 4.23. On ne détecte pas dans ces mesures des changements significatifs du débit sortant du lac. Ces débits sont utilisés, seuls ou en combinaison, lors de la calibration du modèle hydrodynamique sur G2.

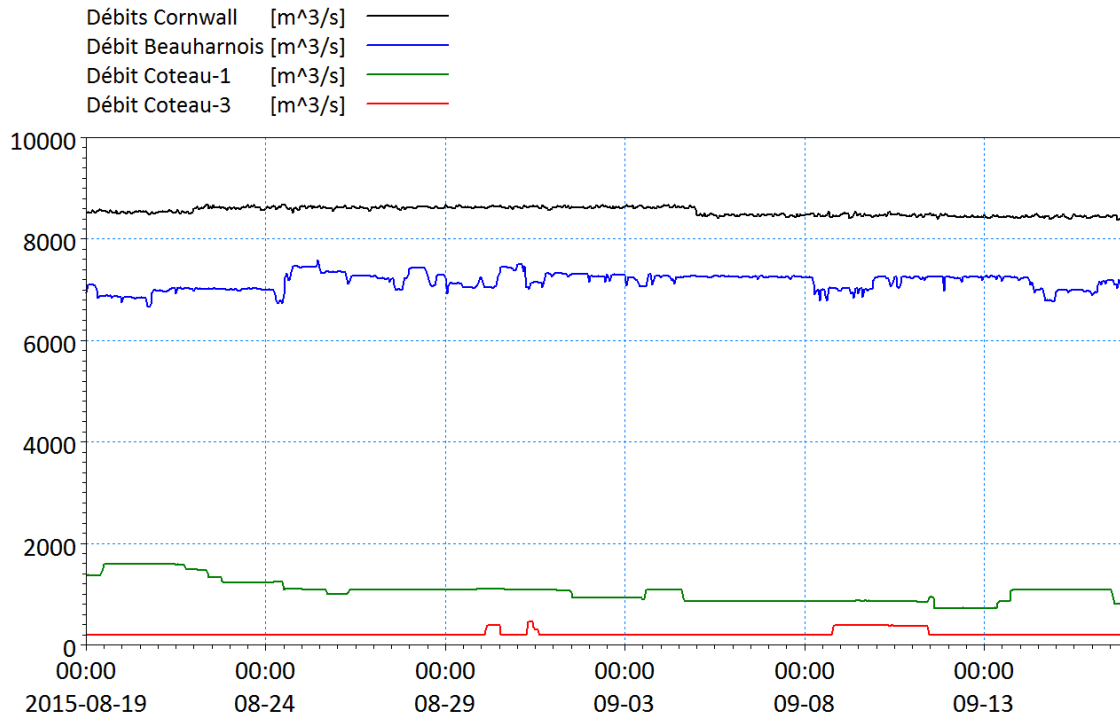


Figure 4-23 : Débits horaires des eaux en amont du lac à Cornwall et en aval du lac à Beauharnois, Coteau-1 et Coteau-3, du 19 août au 16 septembre 2015.

4.4.2 Niveaux

Les niveaux horaires mesurés à diverses stations dans le Lac Saint-François, en même temps que les vagues, courants et niveaux d'eau en face de Saint-Zotique (stations 1 et 2), sont présentés à la figure 4.24 par rapport au Système de Référence International des Grands Lacs (SRIGL) de 1985.

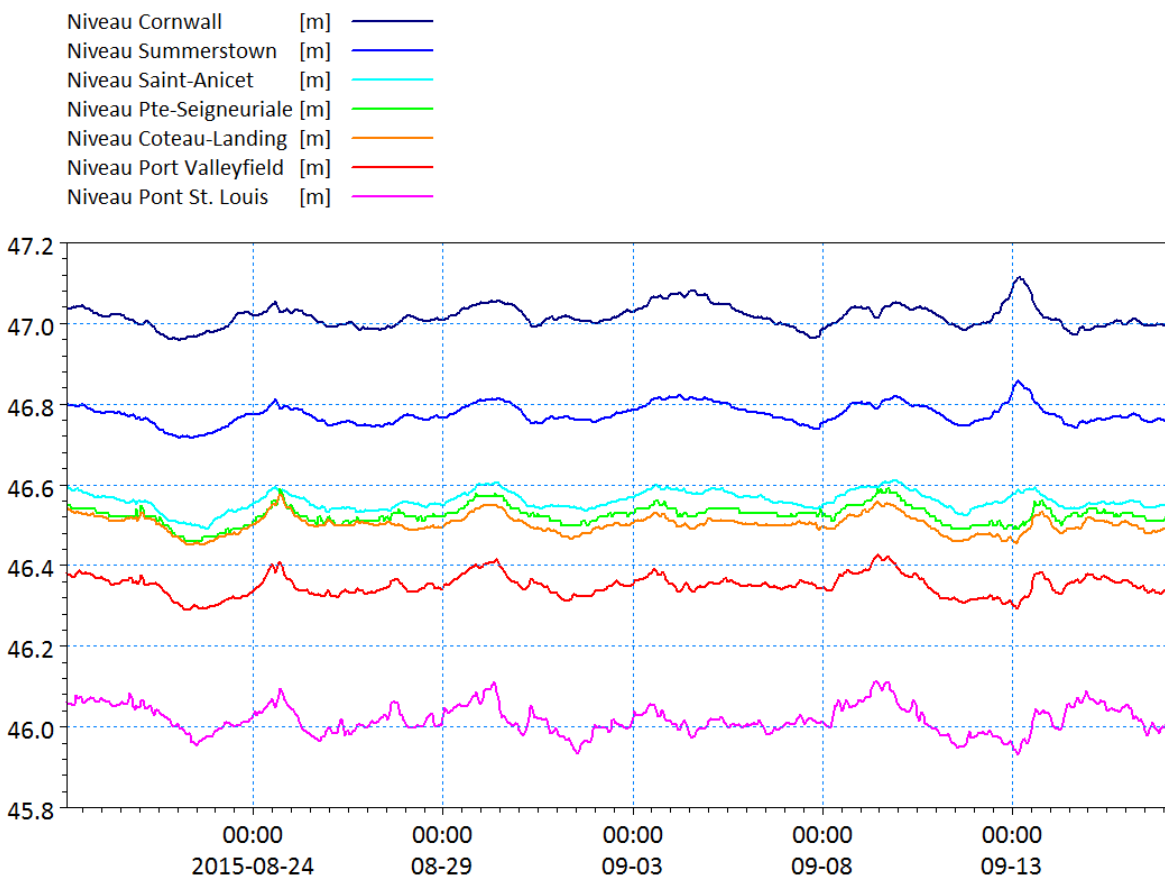


Figure 4-24 : Niveaux d'eau à diverses stations dans le lac Saint-François du 19 août au 18 septembre 2015.

Quelques points sont à noter :

- La variabilité temporelle des niveaux est similaire à toutes les stations et qu'il existe une baisse du niveau moyen d'environ 0,10 m le long du Lac Saint-François entre à Cornwall au sud-ouest et le Pont Saint-Louis dans le canal Beauharnois au nord-est. Cette baisse progressive de l'amont vers l'aval est à l'origine de la pente hydraulique discutée par Morin et al. (1994, voir figure 4.21).
- Il existe aussi quelques oscillations d'environ 0,1 m du niveau dans le lac et d'une durée d'environ 5 jours. Ces oscillations semblent aussi être en phase.
- La pente hydraulique entre Saint-Anicet, Pointe de la Seigneuriale et Coteau Landing est relativement faible.
- La plage de Saint-Zotique étant localisée entre Saint-Anicet et Coteau Landing, le niveau à la plage devrait se situer entre les niveaux à ces deux stations. Le modèle hydrodynamique devrait reproduire ce niveau à Saint-Zotique s'il est bien calibré.

4.5 Vents

La rose des vents et le diagramme d'éparpillement des vents à la station de Saint-Anicet sont présentés à la figure 4.25 et au tableau 4.3.

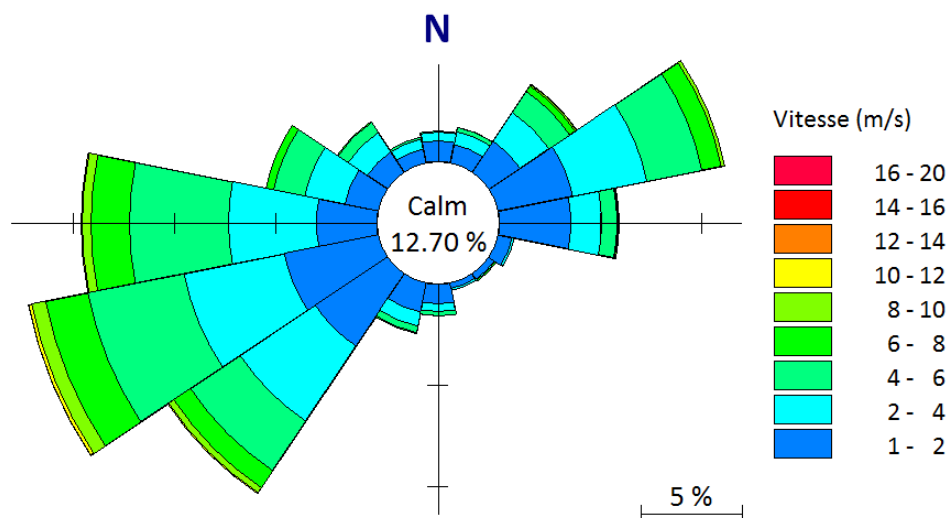


Figure 4-25 : Rose des vents horaires à la station météorologique de Saint-Anicet, de 2000 à 2015.

Tableau 4-3: Analyse d'éparpillement des vents horaires à la station de Saint-Anicet, de 2000 à 2015

Directions	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N
Vitesses (m/s)																
0.0- 1.9	13.47	27.42	52.69	49.55	13.45	7.05	6.00	16.74	21.83	59.65	64.33	45.12	23.06	16.35	10.32	14.19
2.0- 3.9	6.48	16.63	36.07	15.08	0.88	0.44	0.65	3.53	7.09	43.33	50.04	42.49	20.12	11.17	4.44	4.11
4.0- 5.9	2.06	11.64	27.11	7.27	0.31	0.10	0.08	1.78	2.90	28.78	48.56	48.52	15.36	6.02	1.23	0.74
6.0- 7.9	0.15	3.60	9.65	0.82	0.13	0.06	0.01	0.44	0.56	10.04	21.32	19.41	3.69	0.54	0.06	
8.0- 9.9	0.01	0.70	1.66	0.08	0.01			0.03	0.02	2.82	6.87	4.51	0.38	0.02		
10.0-11.9		0.21	0.15						0.01	0.69	1.47	0.57	0.01			
12.0-13.9		0.15	0.02							0.15	0.43	0.08	0.01			
14.0-15.9		0.05								0.04	0.11	0.02				
16.0-17.9										0.01	0.01					
18.0-19.9																
Total	22.17	60.40	127.35	72.80	14.78	7.65	6.74	22.52	32.41	145.51	193.14	160.72	62.63	34.10	16.05	19.04

La rose des vents révèle que les vents prédominants soufflent de l'ouest-sud-ouest et à plus faible occurrence, de l'est-nord-est. Ces directions coïncident bien avec l'axe longitudinal du lac. Le plus fort vent horaire enregistré au cours de ces 15 ans soufflait de l'ouest-sud-ouest

à une vitesse de 17,3 m/s (ou 62 km/h). Des vents de l'ENE ont aussi soufflé durant cette période à près de 16 m/s.

Le diagramme d'éparpillement indique aussi que les vents soufflant sur la partie centrale du Lac Saint-François proviennent essentiellement de l'OSO et de l'ENE, avec une plus grande occurrence des vents de l'OSO. On note aussi que les plus forts vents au cours de ces 15 ans ont une vitesse inférieure à 18 m/s et proviennent des secteurs SO et OSO.

Les résultats de l'analyse des valeurs extrêmes des vents de l'ENE et OSO sont présentés à la figure 4.26 avec leurs intervalles de confiance de 95 %. Dans les deux cas, les vents extrêmes de plus de 7 m/s sont mieux représentés par la probabilité de distribution de Weibull calculée par la méthode des moments.

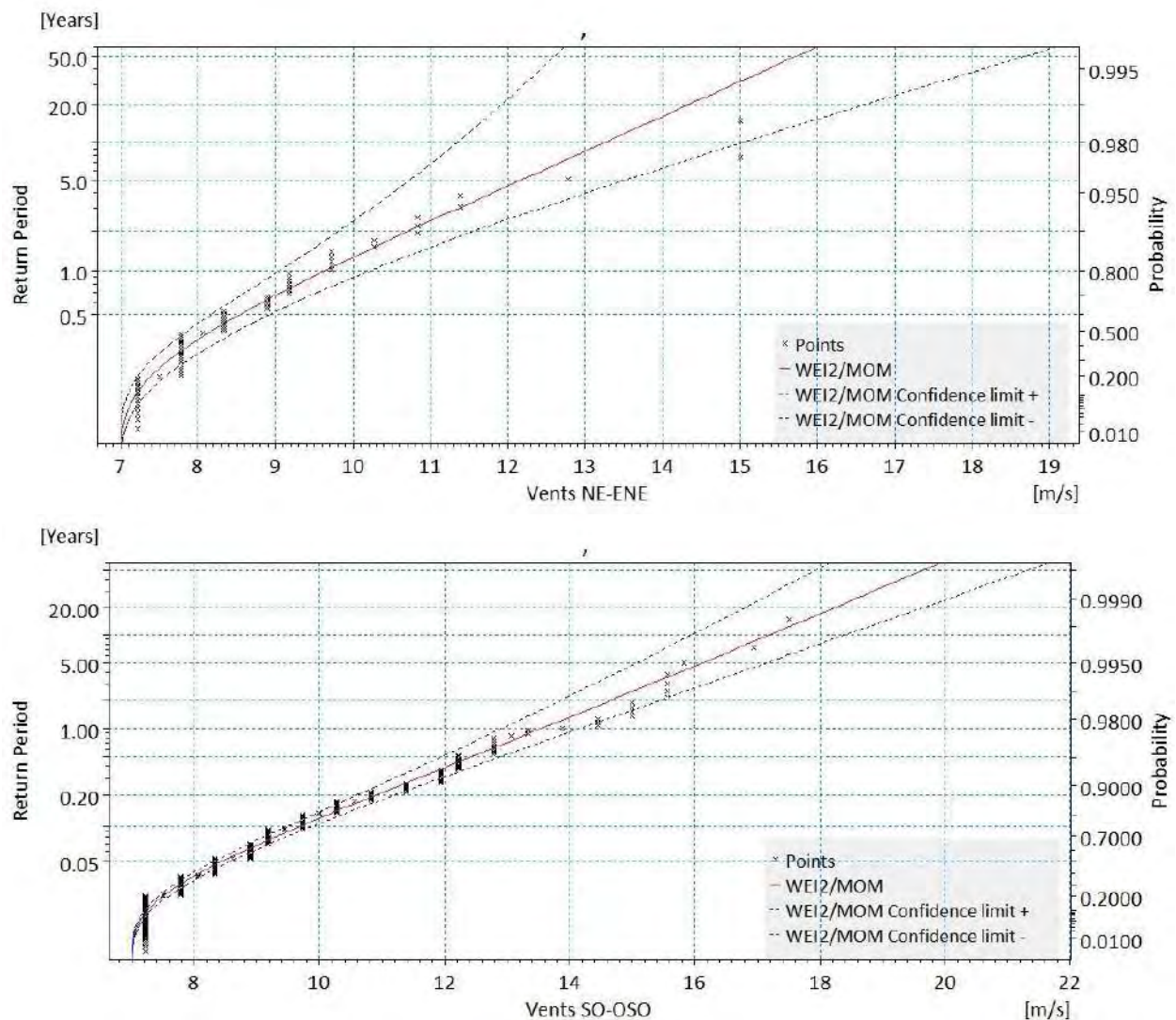


Figure 4-26 : Probabilité de distribution et période de retour des vents extrêmes de l'ENE (haut) et de l'OSO avec les intervalles de confiance de 95 %.

Le tableau 4.4 présente les vents extrêmes attendus dans le lac Saint-François des deux secteurs d'occurrence prédominants (OSO et ENE), avec les périodes de retour estimées par l'analyse des valeurs extrêmes.

Tableau 4-4 : Occurrence des vents extrêmes de l'OSO et de l'ENE dans le lac Saint-François.

Période de retour (année)	Vents OSO (m/s)		Vents ENE (m/s)	
1.00	13.55	± 0.31	9.46	± 0.29
2.00	14.66	± 0.40	10.57	± 0.45
3.00	15.30	± 0.45	11.25	± 0.57
4.00	15.75	± 0.49	11.67	± 0.66
5.00	16.10	± 0.52	12.05	± 0.73
10.00	17.18	± 0.61	13.21	± 0.96
15.00	17.80	± 0.67	13.90	± 1.13
20.00	18.25	± 0.71	14.40	± 1.24
50.00	19.64	± 0.85	15.99	± 1.63

Ces résultats indiquent que l'on peut s'attendre par exemple à avoir des vents extrêmes de 9,46 m/s et 13,55 m/s soufflant respectivement des secteurs ENE et OSO une fois par année. Ces valeurs extrêmes seront utilisées dans la modélisation du transport de sable. On note ici que ces vents extrêmes sont calculés à l'aide de valeurs horaires et non pas à l'aide de bourrasques ou rafales de vent, ces dernières ayant des vitesses plus élevées.

Finalement, les vents mesurés à la station météorologique de Saint-Anicet du 20 août au 16 septembre 2015, soit en même temps que les vagues, niveaux et courants en face de la plage de Saint-Zotique, sont présentés à la figure 4.27. On peut constater que les vitesses du vent étaient relativement faibles, ne dépassant pas 7 m/s (ou 24 km/h). Aussi, à part quelques événements de vents persistants de l'ENE (e.g. 3-6 septembre 2015), la majorité des vents ont soufflé du secteur SO.

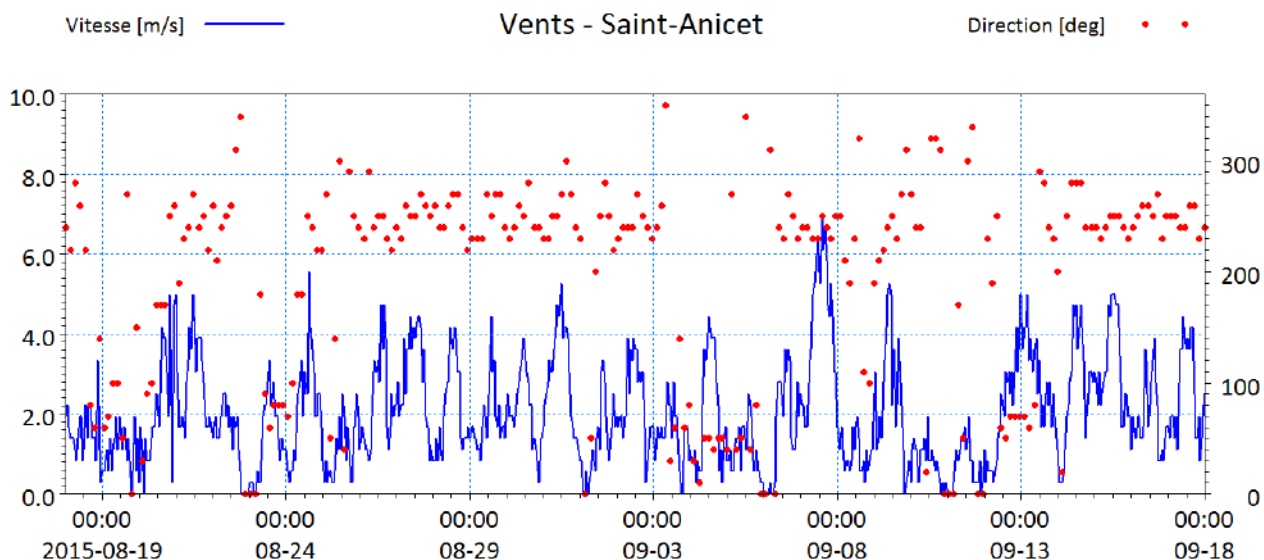


Figure 4-27 : Vents mesurés à Saint-Anicet en même temps que les vagues, courants et niveaux à Saint-Zotique.

4.6 Vagues, courants et niveaux d'eau mesurés

4.6.1 Vagues

Les hauteurs significatives des vagues mesurées aux stations 1 et 2 sont présentées à la figure 4.28.

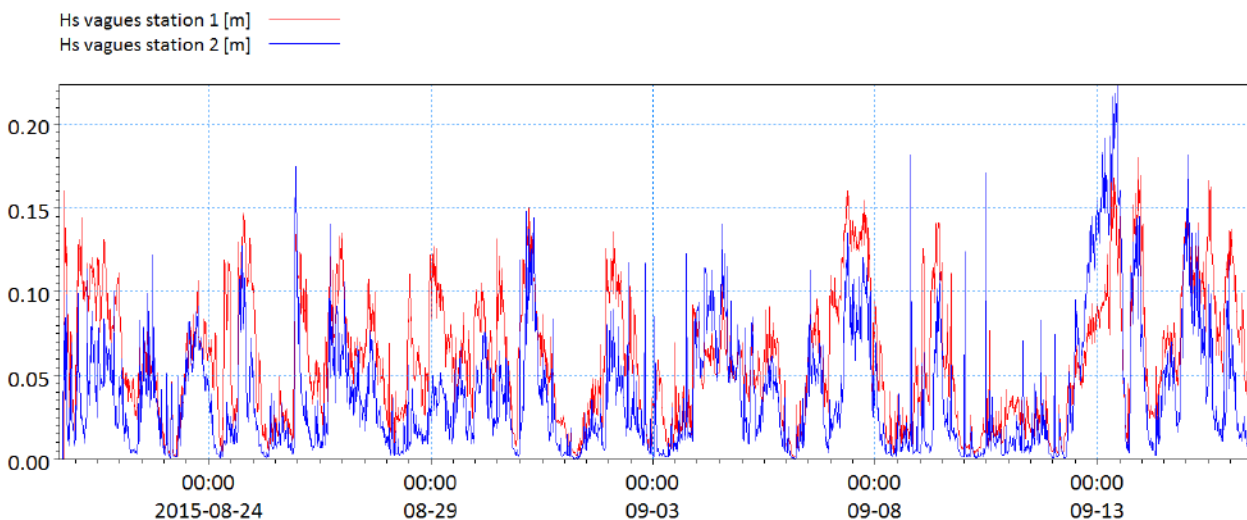


Figure 4-28 : Hauteurs significatives (H_s) des vagues mesurées aux stations 1 et 2 en face de la plage de Saint-Zotique.

La hauteur des vagues en face de la plage de Saint-Zotique est toujours inférieure à 0,30 m (un pied). Les hauteurs proches de la plage (station 1) sont plus grandes que ces mêmes hauteurs plus au large à la station 2. Ceci survient lorsque la profondeur diminue à l'approche de la plage où finalement la vague déferle. Les vagues enregistrées aux stations 1 et 2 ne sont pas assez hautes pour créer une érosion de la plage. Ce sont plutôt les vagues de tempête qui peuvent causer un transport significatif du sable le long de la plage et vers le large.

4.6.2 Courants

Les vitesses et directions du courant la station 2 sont présentées à la figure 4.29 avec les directions du vent à Saint Anicet. Les directions du vent sont incluses afin de déceler s'il existe une relation entre ces directions et les vitesses ou directions des courants.

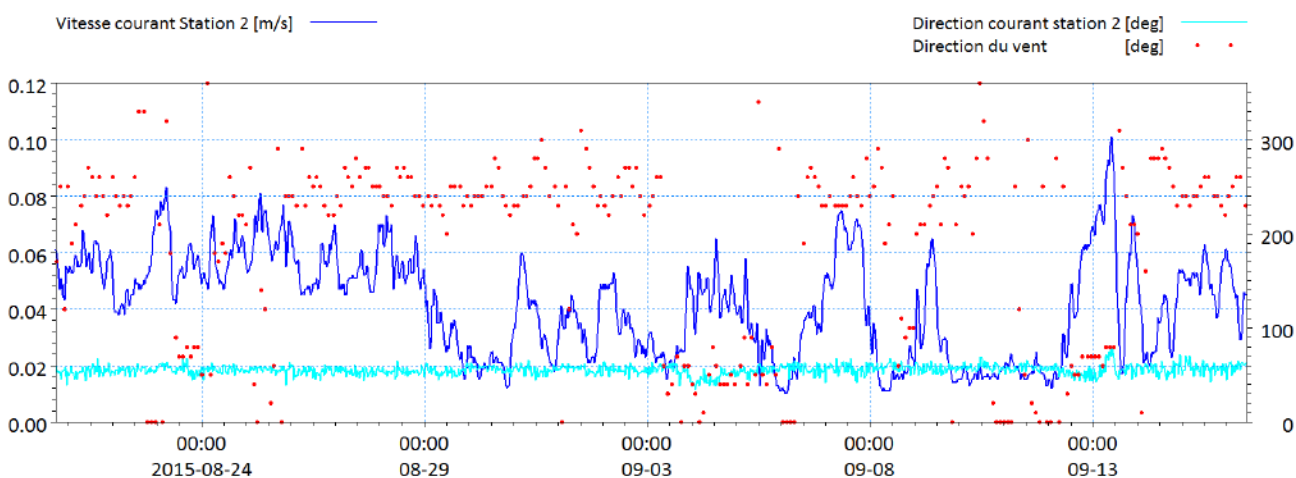


Figure 4-29 : *Vitesse et direction du courant mesurées à la station 2 en face de la plage de Saint-Zotique, avec les directions du vent à Saint-Anicet.*

Quelques points sont à noter sur cette figure :

- Les courants en face de la plage de Saint-Zotique sont toujours orientés vers le nord-est, indépendamment de la direction du vent qui souffle sur le lac. Ceci indique que ces courants répondent uniquement à l'inclinaison de la surface de l'amont vers l'aval du lac, c'est-à-dire la pente hydraulique.
- Les vitesses du courant mesurées à la station 2 oscillent, en début de série, entre 0.04 et 0,08 m/s.
- Soudainement, aux alentours du 29 août 2015, les vitesses diminuent considérablement, avec quelques résurgences à l'occasion. Cette diminution ne semble pas attribuable aux vents, aux niveaux du lac ou aux débits sortants. Il est possible que la rotation du rotor du courantomètre ait été freinée par des algues dérivantes.

4.6.3 Niveaux

Il ne semble pas y avoir de variations significatives du niveau excédant quelques centimètres dans les séries et la direction des vents ne semble pas non plus affecter ces niveaux (figure 4.30). Les moyennes des séries de niveaux aux stations 1 et 2 révèlent que la profondeur des senseurs près du fond était d'environ 0,5 m à la station 1 et environ 2,4 m à la station 2. Ces mesures ne sont pas référencées au SRIGL comme le niveau à Coteau-Landing.

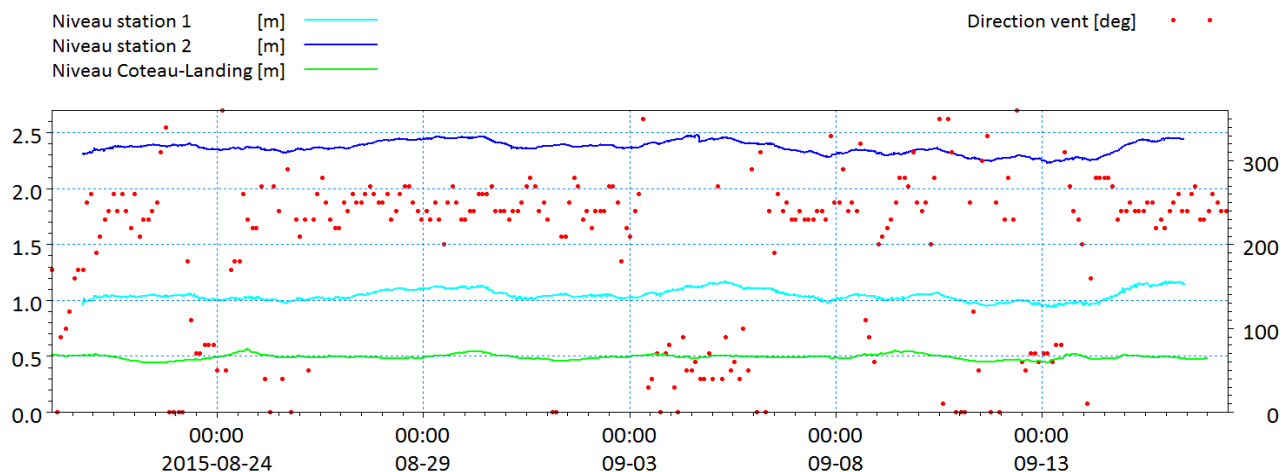


Figure 4-30 : Niveaux d'eau mesurée à la station 2 en face de la plage de Saint-Zotique, avec les directions du vent à Saint-Anicet. Les niveaux d'eau donnés par rapport au SRIGL (1985) sont aussi présentés à titre de référence.

4.7 Glaces

L'analyse des données disponibles au cours de la période de 2005 à 2015 révèle que le début d'englacement du lac Saint-François dans la région avoisinant la plage de St-Zotique débute vers la fin de décembre. Le déglacement de cette même zone se produit généralement vers la fin de mars totalisant une période d'englacement complète de plus ou moins 3 mois. Cependant les changements climatiques font en sorte que la période d'englacement peut changer beaucoup d'une année à l'autre et que des périodes de dégel peuvent survenir pendant la période normale d'englacement.

L'impact de l'englacement sur la stabilité de la rive est important puisque l'effet érosif des vagues de tempête est complètement annulé par l'effet protecteur des glaces. Cependant lors du déglacement, la rive est mise à nu et est particulièrement instable et très sensible à l'attaque combinée des vagues et des morceaux de glace flottants à la dérive.

4.8 Modélisation

4.8.1 Modélisation des vagues dans le lac Saint-François

Dans un premier temps, le modèle de vagues MIKE21-SW est appliqué à l'ensemble du lac Saint-François pour la période du 20 août au 16 septembre 2015. Les plus fortes vitesses de vent enregistrées à Saint-Anicet en provenance des secteurs NE et SO étaient de 6,94 m/s (250 °) le 7 septembre et 5,00 m/s (60 °) le 13 septembre 2015, respectivement. Les hauteurs significatives dans le lac durant ces deux événements sont présentées à la figure 4.31

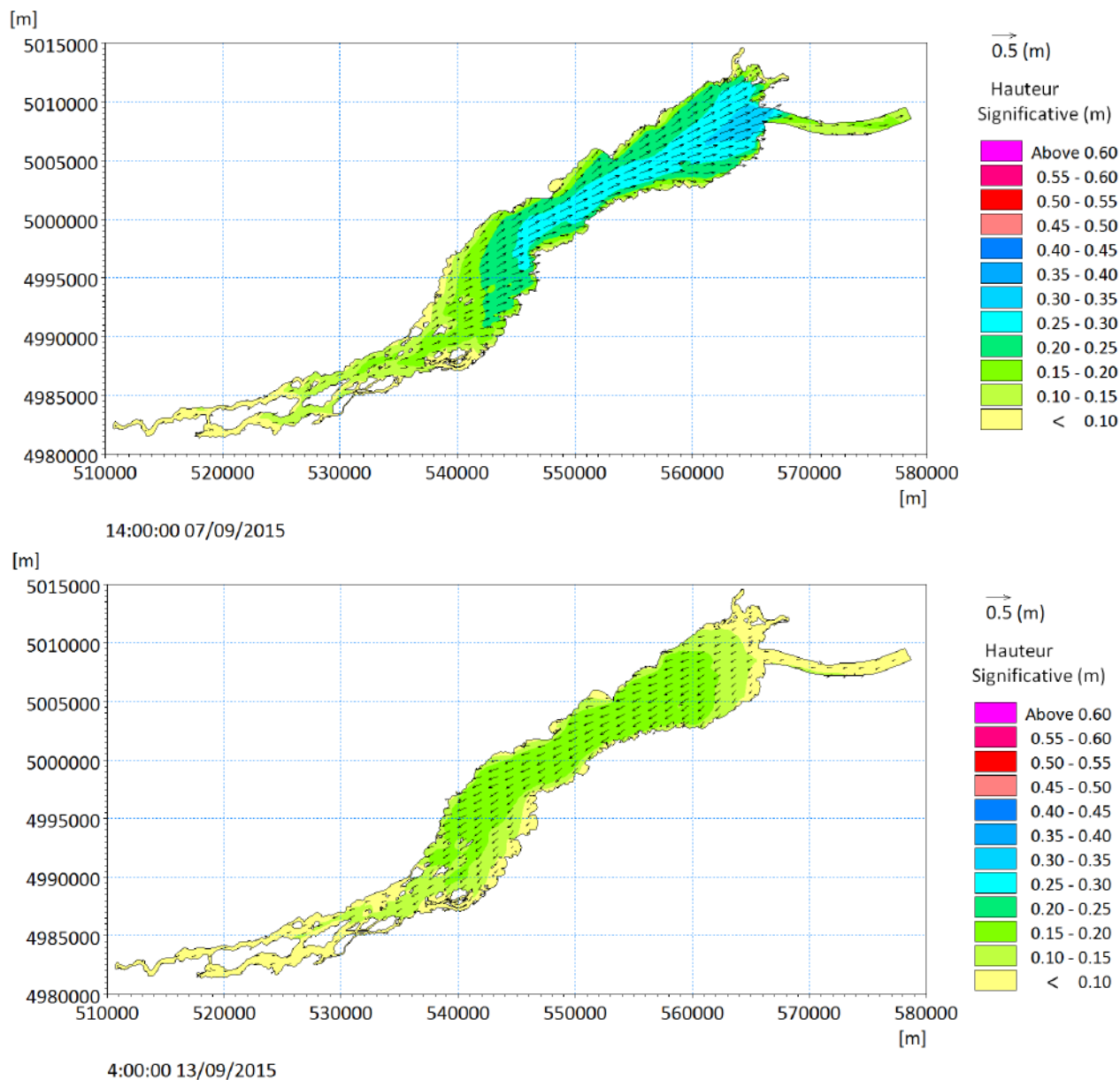


Figure 4-31 : Hauteur significative des vagues dans le lac Saint-François générées par un vent de 6,94 m/s de l'OSO (haut) et un vent de 5,00 m/s de l'ENE (bas).

Dans les deux cas, les hauteurs significatives des vagues étaient inférieures à 0,3 m excepté près de l'entrée du canal Beauharnois par vent de l'OSO.

Les hauteurs, périodes et directions des vagues calculées par le modèle de vague le long de la frontière sud-ouest de la grille G2 sont ensuite extraites des résultats de cette simulation afin de les imposer aux modèles couplés vagues hydrodynamique sur G2.

Il est aussi possible de calculer les paramètres de vague durant 16 ans (2000-2015) aux stations de mesure 1 et 2 en forçant le modèle de vague avec les vents horaires mesurés à Saint-Anicet de 20 002 015. Ceci permet d'établir un climat des vagues en face de la plage de Saint-Zotique. Les hauteurs significatives et période de pointe des vagues calculées par le modèle aux stations 1 et 2 durant les mois libres de glace d'avril à décembre 2000 à 2015 sont présentées à la figure 4.32, leur rose directionnelle à la figure 4.33, et quelques statistiques de ces vagues au tableau 4.5.

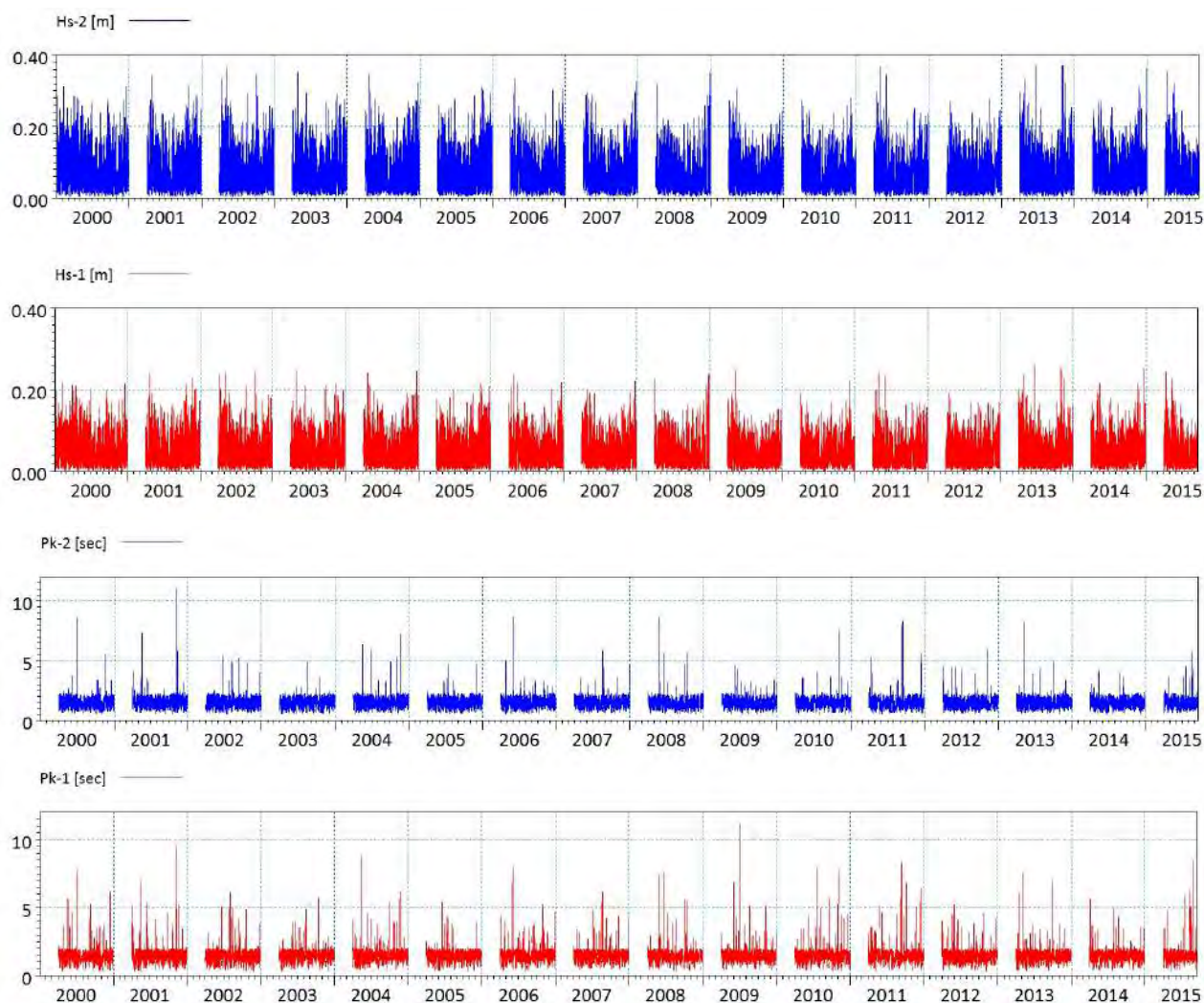


Figure 4-32 : *Hauteurs significatives et périodes de pointe des vagues aux stations 1 et 2 en face de la plage.*

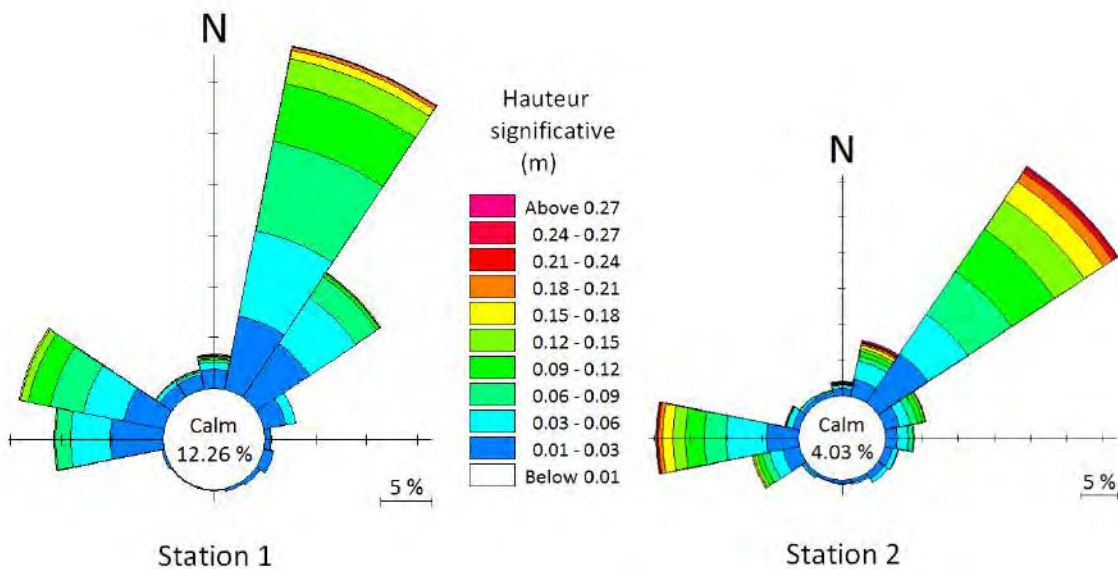


Figure 4-33 : Rose des directions de propagation des vagues aux stations 1 (près de la plage) et 2 (au large) en face de la plage, de 2000 à 2015.

Tableau 4-5 : Statistiques des hauteurs et périodes des vagues aux stations 1 et 2 en face de la plage.

	Station 1		Station 2	
Paramètre	Hauteur significative (m)	Période (s)	Hauteur significative (m)	Période (s)
Statistique				
Moyenne	0.05	1.49	0.07	1.50
Déviatiion standard	0.04	0.49	0.05	0.46
Maximum	0.26	11.13	0.37	11.00

Selon l'ensemble des résultats présentés ci-haut, les principales caractéristiques du climat des vagues à la plage de Saint-Zotique sont :

- Les hauteurs significatives moyennes des vagues sont inférieures à 0,08 m ;
- Les périodes de pointe sont de l'ordre de 1,5 s, avec quelques rares cas de périodes plus longues ;
- Les vagues prédominantes arrivent de l'ouest et du nord-ouest, et à plus faible occurrence de l'est et de l'est-nord-est ;
- Les vagues aux stations 1 et 2 atteignent des hauteurs significatives maximales de 0,37 m et 0,26 m, respectivement.
- Les vagues les plus hautes se manifestent au printemps et à l'automne.

Finalement, les vents extrêmes de l'ENE et de l'OSO (tableau 4.6) sont imposés successivement au modèle de vague du lac et les vagues extrêmes en face de la plage de Saint-Zotique sont calculées à la station 1. Ceci permet d'établir les vagues extrêmes et leur période de retour en face de la plage. Les hauteurs significatives, les périodes de pointe et les directions d'approche des vagues extrêmes sont présentées au tableau 4.6.

Ces résultats indiquent que les vagues extrêmes qui déferlent en face de la plage de Saint-Zotique ont une hauteur significative et une période de pointe qui n'excède pas 0,24 m et 2,1 s, respectivement. Ces valeurs peuvent augmenter plus au large dans le lac.

Tableau 4-6 : *Hauteur significative, période de pointe et direction de propagation des vagues extrêmes à la station 1.*

Période de retour (année)	Vents extrêmes (m/s)	Hauteur significative (m)	Période de pointe (s)	Direction de propagation (degrés)
Vents extrêmes OSO (247.5 deg)				
1	13.55	0.239	2.106	204.9
2	14.66	0.253	2.103	205.3
3	15.30	0.259	2.100	205.5
4	15.75	0.262	2.096	205.6
5	16.10	0.264	2.092	205.7
10	17.10	0.269	2.079	206.2
15	17.80	0.271	2.067	206.5
20	18.25	0.273	2.031	206.8
50	19.64	0.276	2.031	207.5
Vents extrêmes ENE (67.5 deg)				
1	9.46	0.182	2.204	111.7
2	10.57	0.202	2.270	112.8
3	11.25	0.213	2.302	113.3
4	11.67	0.220	2.319	113.6
5	12.05	0.225	2.331	113.8
10	13.21	0.240	2.365	114.5
15	13.90	0.247	2.366	114.5
20	14.40	0.251	2.367	114.5
50	15.99	0.260	2.363	114.4

4.8.2 Modélisation couplée vagues et hydrodynamique

Les courants aux alentours de la plage de Saint-Zotique sont ensuite calculés par le modèle hydrodynamique couplé au modèle de vagues sur G2. Ces courants et vagues sont ensuite utilisés pour le transport de sable sur la grille G3. Cependant, avant de procéder au calcul du transport de sable, il est important de calibrer et valider les résultats des modèles couplés de vague et hydrodynamique avec les mesures de vague et courant effectuées aux stations 1 et 2 en face de la plage du 20 août au 16 septembre 2015.

4.8.2.1 Calibration du modèle de vague

Les séries temporelles des hauteurs significatives (H_s) de vague calculées par le modèle de vague aux stations 1 et 2 sont comparées aux mesures de vagues aux mêmes endroits à la figure 4.34. Cette comparaison révèle que le modèle de vague sur G2 reproduit bien les mesures aux deux stations. Par contre, le H_s est sous-estimé pour les événements de plus grosses vagues autour du 13/09. IL faut noter que le modèle de vagues prend en entrée les vitesses et directions des vents à la station météorologique de Saint-Anicet qui est à quelque 5 km à l'intérieur des terres à l'est du lac et que les fronts de pression associés aux tempêtes

de vent peuvent varier en intensité au-dessus du lac. Pour avoir une réponse plus précise du modèle de vague, il faudrait des vents mesurés dans le lac. Dans les circonstances, ce modèle de vague est considéré comme étant bien calibré et peut être utilisé sous d'autres conditions de vent.

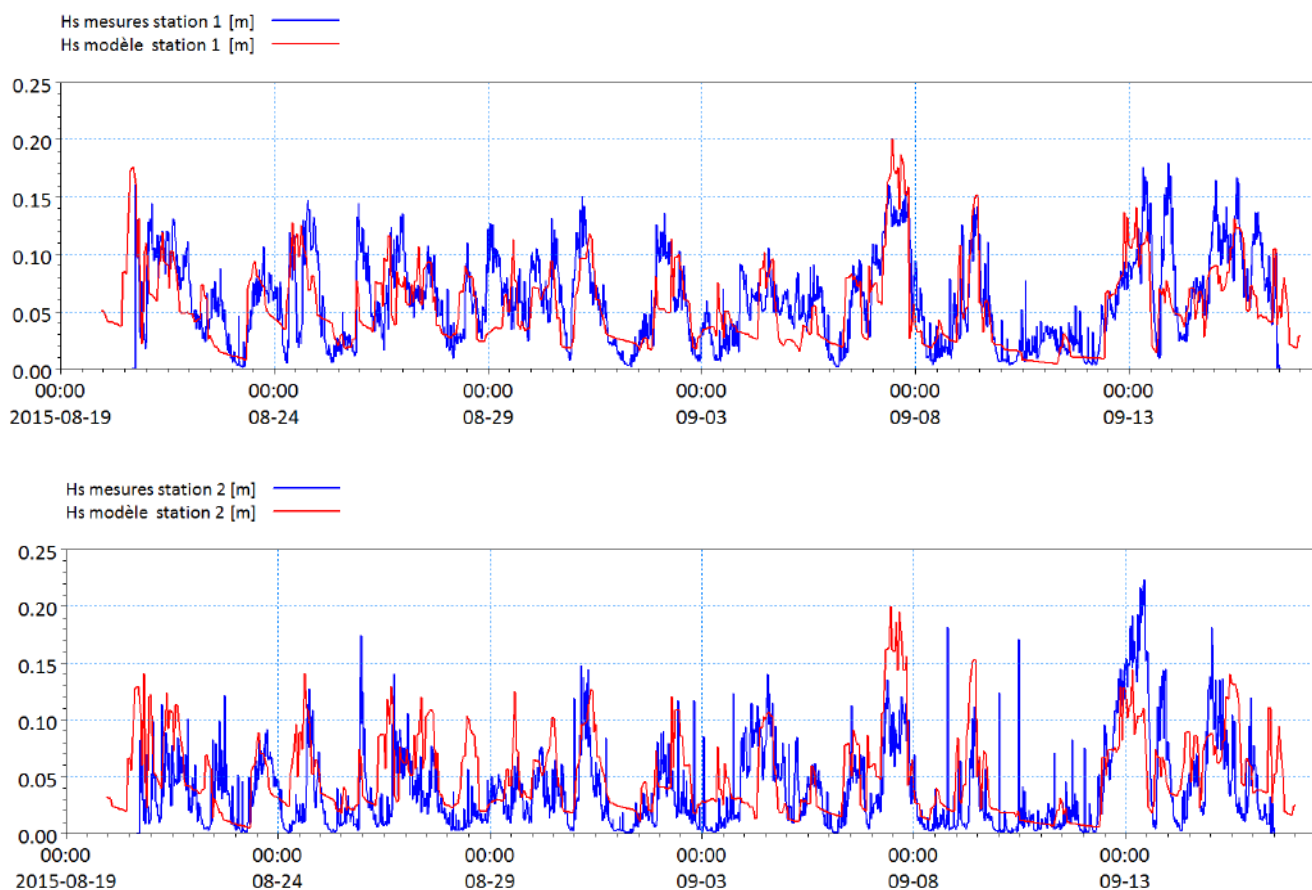


Figure 4-34 : Comparaison des hauteurs significatives des vagues mesurées et simulées par le modèle de vague aux stations 1 et 2.

4.8.2.2 Calibration du modèle hydrodynamique

Le même exercice de comparaison est effectué avec les courants et les niveaux simulés en octobre 2015 par le modèle hydrodynamique sur grille G2. La figure 4.35 présente les séries temporelles simulées à la station 2 avec les celles de ces paramètres mesurés à cette même station. Les séries de niveaux mesurées à Coteau-Landing et à Saint-Anicet (en pointillés) sont aussi incluses à titre de comparaison.

Ces résultats démontrent que le modèle hydrodynamique calcule des courants qui sont du même ordre de grandeur que les courants mesurés du 20 au 29 août, mais que par la suite, les vitesses mesurées diminuent subitement alors que les vitesses simulées demeurent sensiblement les mêmes qu'en début de série. Ceci suggère encore une fois que la rotation du rotor du courantomètre SD6000 a possiblement été freinée par des algues dérivantes à compter du 29 août 2015. La comparaison des niveaux simulés à Saint-Zotique indique aussi que ces niveaux sont similaires à ceux de Coteau-Landing et inférieurs à ceux de Saint-Anicet plus en amont. Le modèle hydrodynamique est donc bien calibré et peut être aussi utilisé sous d'autres conditions de forçage.

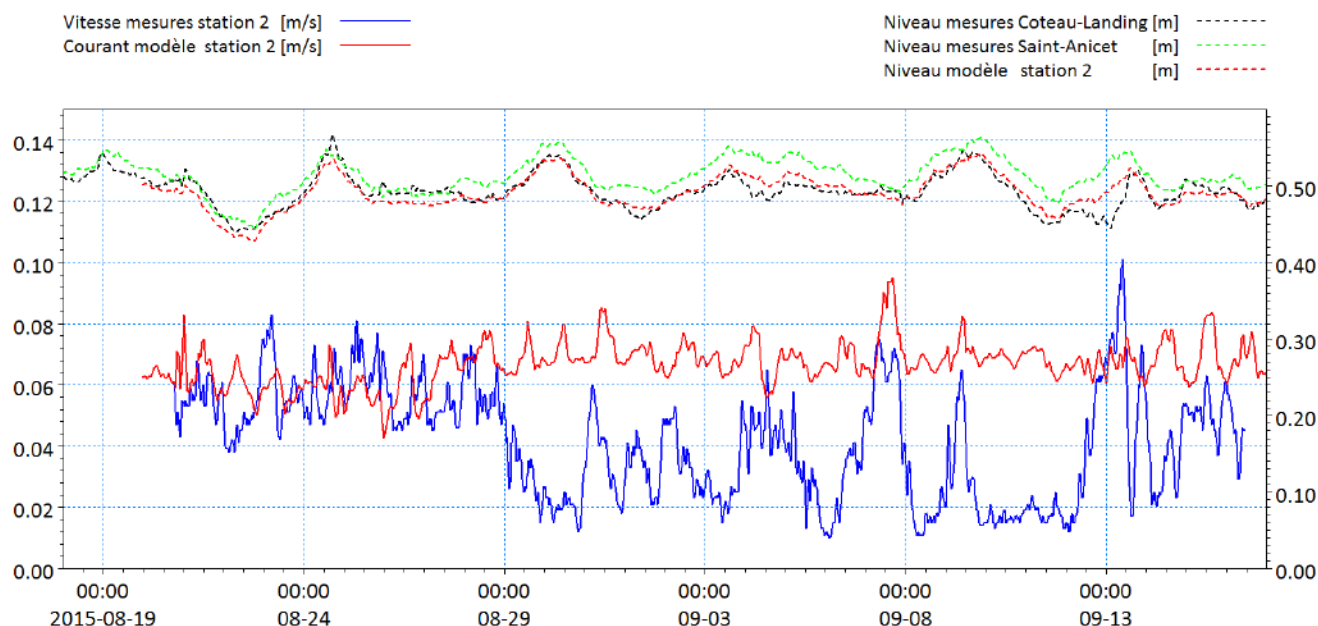


Figure 4-35 : Comparaison des courants mesurés et simulés à la station 2 et des niveaux mesurés à Coteau-Landing et Saint-Anicet et simulés à la station 2.

4.8.3 Modélisation du transport de sable à Saint-Zotique

Les courants, niveaux et vagues calculés par les modèles couplés (vague et hydrodynamique) sur G2 sont maintenant utilisés pour le calcul du transport de sable sur la grille G3. Ce transport est calculé pour les quatre conditions de vent suivantes :

1. Les conditions actuelles durant 18 heures incluant des vents de l'ENE relativement forts ;
2. Ces mêmes 18 heures de vents de l'ENE, mais avec les vitesses majorées de pour atteindre la vitesse du vent extrême annuelle de l'ENE, soit 9,46 m/s (tableau 4.6) ;
3. Les conditions actuelles durant 18 heures incluant des vents de l'OSO relativement forts ;
4. Ces mêmes 18 heures de vents de l'OSO, mais avec les vitesses majorées pour atteindre la vitesse du vent extrême annuelle de l'ENE, soit 13,55 m/s (tableau 4.6).

La figure 4.36 identifie ces deux périodes de 18 heures :

- Vents de l'ENE du 3 au 5 septembre, vitesse maximale à 12:00 heures le 4 septembre 2015 ;
- Vents de l'OSO du 6 au 8 septembre, vitesse maximale à 14:00 heures le 7 septembre 2015.

Quatre types de résultats sont présentés pour chacune de ces conditions de vent :

1. Les hauteurs significatives et directions des vagues 1 heure après la vitesse maximale du vent ;
2. Les courants 1 heure après la vitesse maximale du vent ;
3. Le transport de sable 1 heure après la vitesse maximale du vent ;
4. Le changement de profondeur après l'évènement ou la tempête de vent.

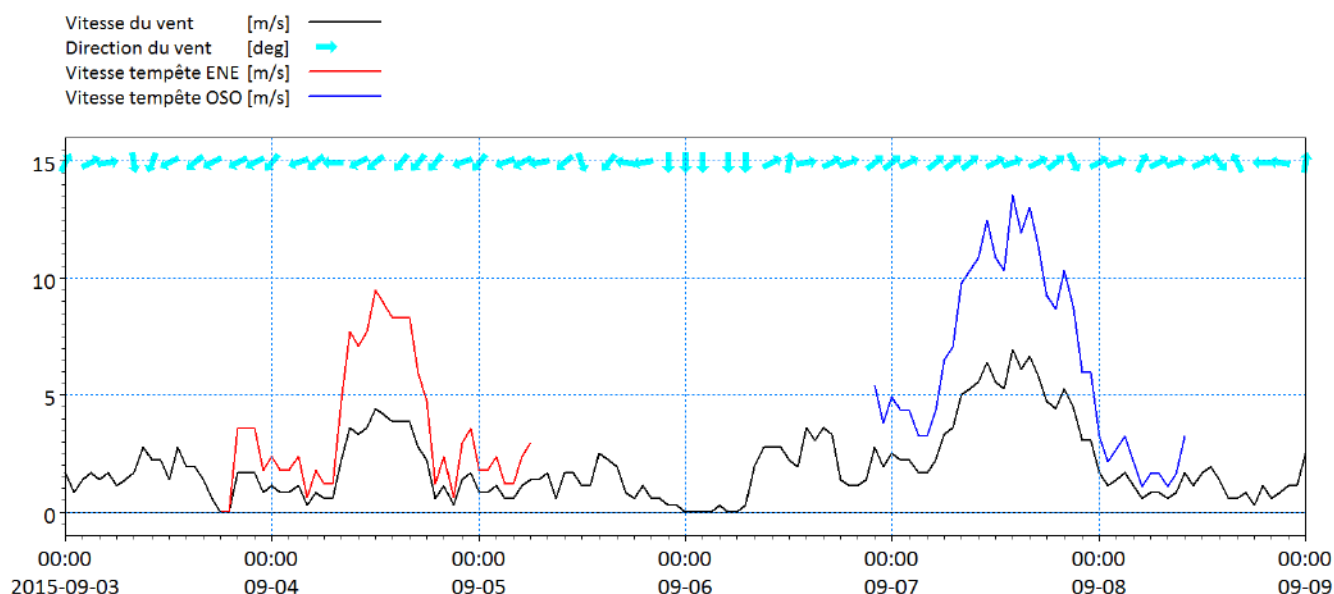


Figure 4-36 : *Vitesse et direction du vent mesurée à Saint-Anicet (noir), du vent extrême annuel de l'ENE (rouge) et du vent extrême annuel de l'OSO (bleu).*

Ces résultats contribuent à la compréhension de la dynamique sédimentaire aux alentours de la plage.

4.8.3.1 Hauteurs significatives et directions des vagues

Les hauteurs significatives et les directions des vagues lors la vitesse maximale des vents de l'ENE actuels et extrêmes annuels sont présentés aux figures 4.37 et 4.38, respectivement. Les flèches indiquent la direction de propagation des vagues et leur longueur est proportionnelle à la hauteur des vagues.

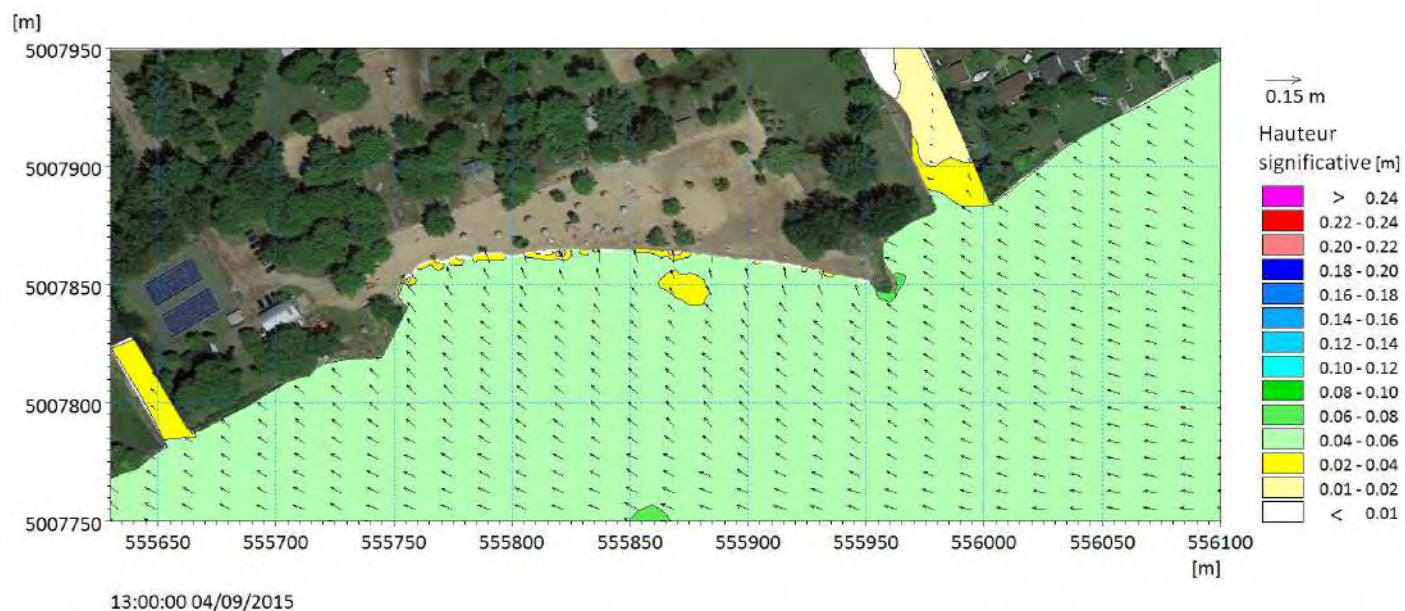


Figure 4-37 : *Hauteurs significatives (Hs) des vagues par vents normaux de l'ENE.*

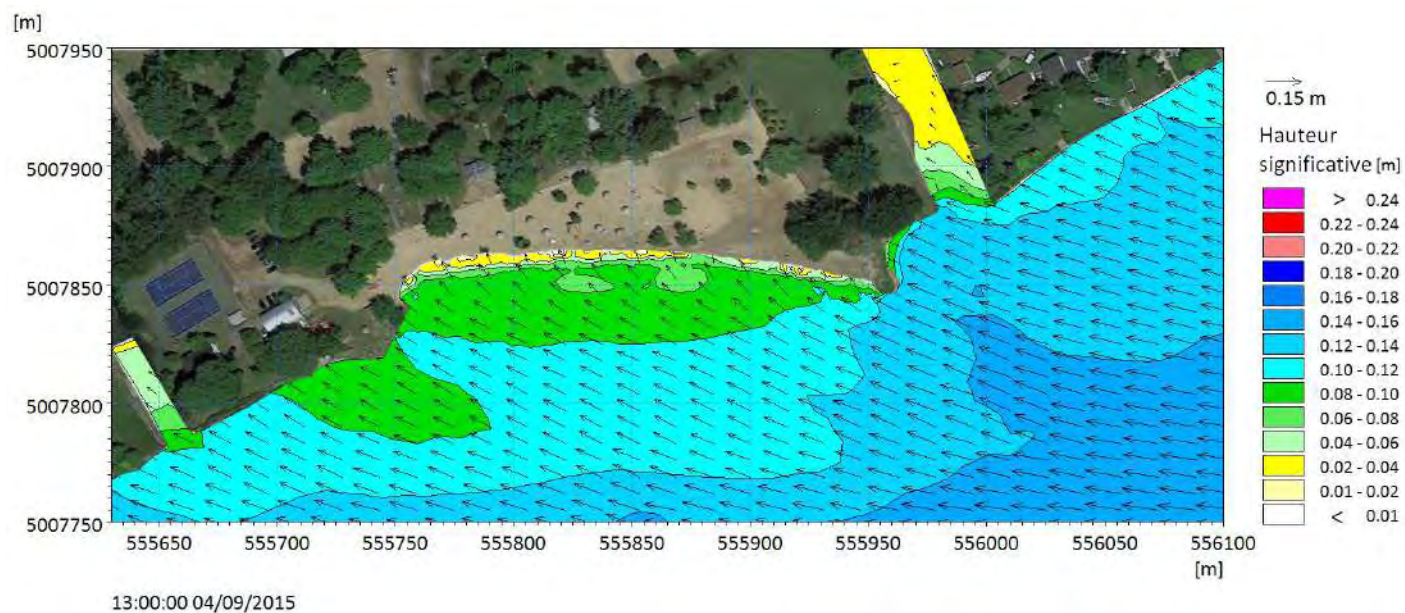


Figure 4-38 : *Hauteurs significatives (Hs) des vagues par vents extrêmes annuels de l'ENE.*

Les hauteurs significatives et les directions des vagues une heure après la vitesse maximale des vents de l'OSO actuels et extrêmes annuels sont présentées aux figures 4.39 et 4.40, respectivement.

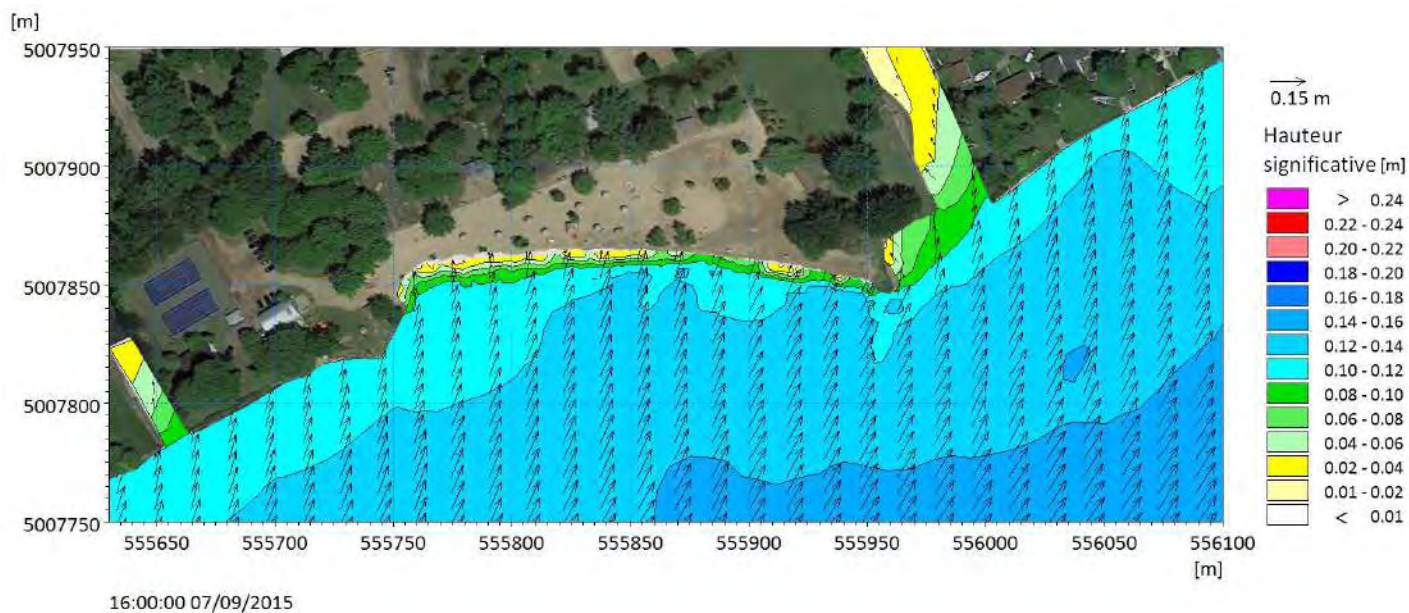


Figure 4-39 : *Hauteurs significatives des vagues par vents normaux de l'OSO.*

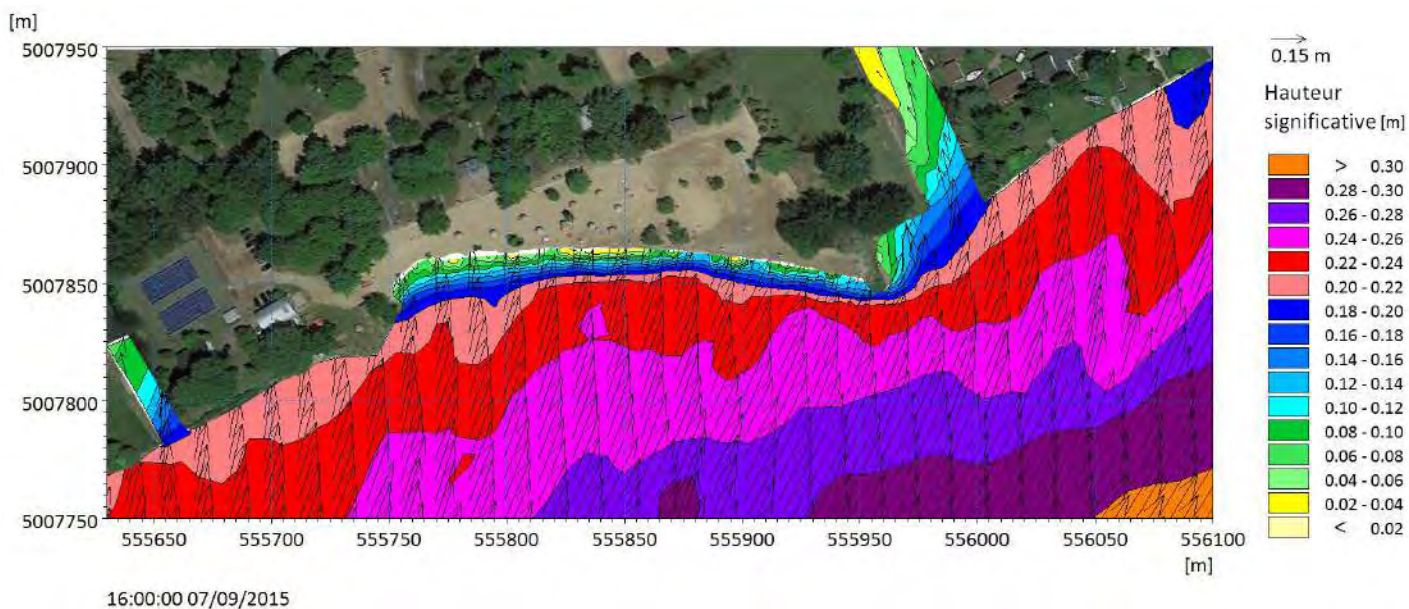


Figure 4-40 : *Hauteurs significatives des vagues par vents extrêmes annuels de l'OSO.*

4.8.3.2 Vitesse et direction des courants

Avant d'examiner les courants dans la région immédiate de la plage, il est intéressant de comprendre la circulation des eaux dans le Lac Saint-François au large de Saint-Zotique. Les figures 4.41 et 4.42 présentent cette circulation sous l'effet des vents actuels de l'ENE et des vents extrêmes annuels de cette même direction.

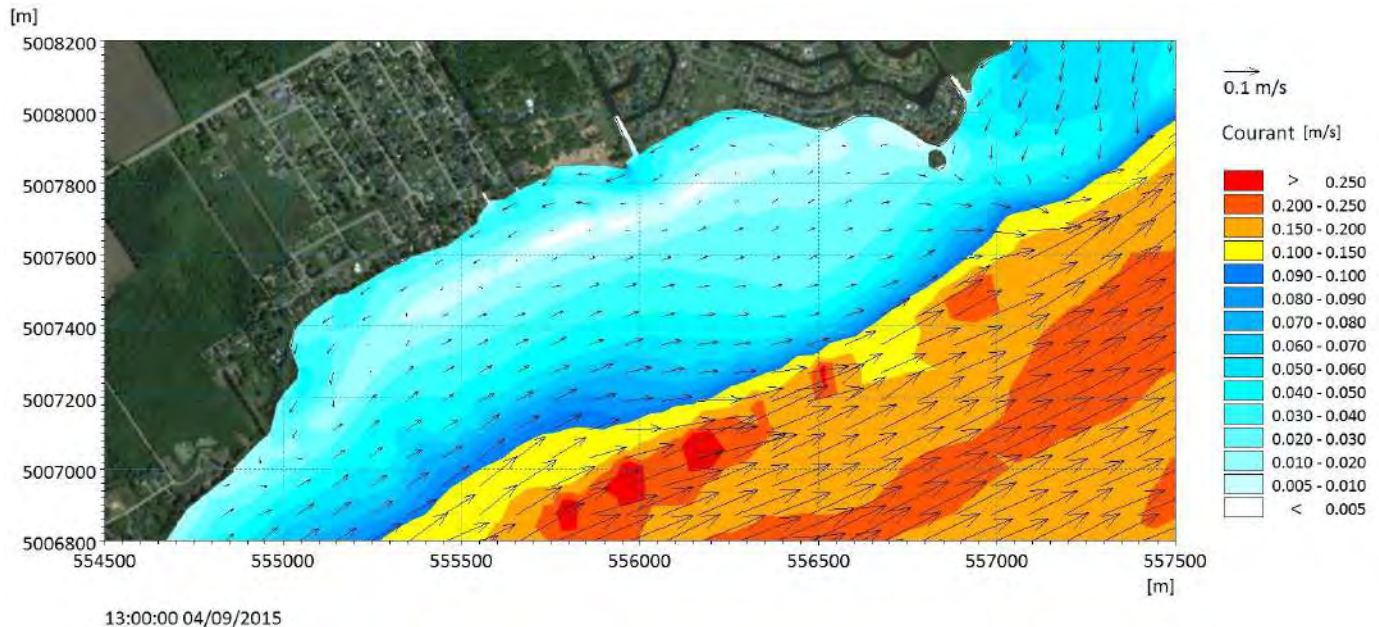


Figure 4-41 : Circulation des eaux au large de Saint-Zotique par vents normaux de l'ENE.

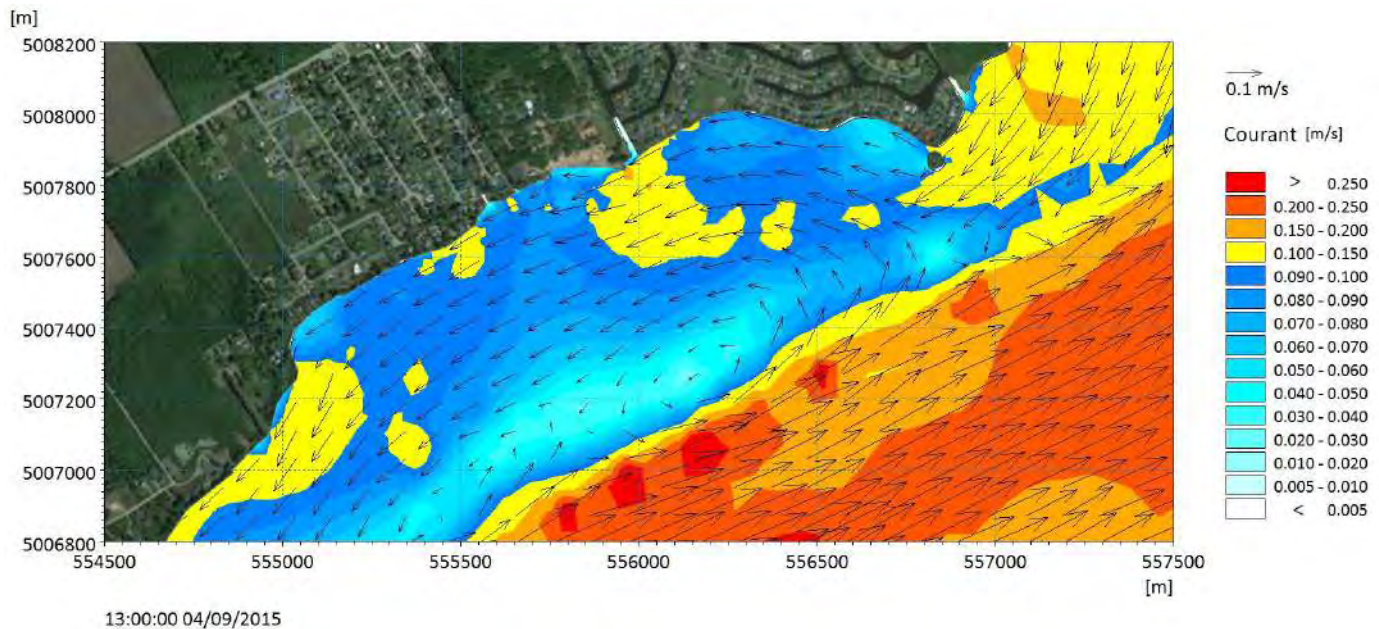


Figure 4-42 : Circulation des eaux au large de Saint-Zotique par vents extrêmes annuels de l'ENE.

Normalement, les eaux dans le Lac Saint-François s'écoulent de Cornwall au sud-ouest vers Beauharnois – Les Coteaux au nord-est, sous l'effet de la pente hydraulique créée par l'entrée des eaux dans le lac à Cornwall et la sortie de ces eaux à Beauharnois. Cependant, lorsque le vent souffle de l'ENE, ce vent génère deux courants côtiers vers le sud-ouest près des rives du lac, incluant la région de Saint-Zotique. Ceci s'explique par le fait que dans les faibles profondeurs, le cisaillement du vent de l'ENE agit sur toute la colonne de l'eau et entraîne l'eau dans sa direction. Cette circulation vers le sud-ouest près des rives rejoint éventuellement l'écoulement au centre du lac vers le nord-est. Paradoxalement, cet écoulement au centre du lac est plus important par vents de l'ENE, vents qui sont opposés à sa direction. Cette intensification des courants au centre du lac est évidente à la figure 4.42.

Par vent normal de l'ENE (figure 4.41), la circulation côtière à Saint-Zotique se limite à la région immédiate de la plage alors que par vents extrêmes de l'ENE (figure 4.42), elle s'étend vers le large jusqu'aux abords du chenal de navigation. Dans les deux cas, un tourbillon cyclonique se forme dans la région.

Les figures 4.43 et 4.44 ci-dessous présentent cette même circulation, mais par vents actuels de l'OSO et par vents extrêmes annuels de l'OSO, respectivement.

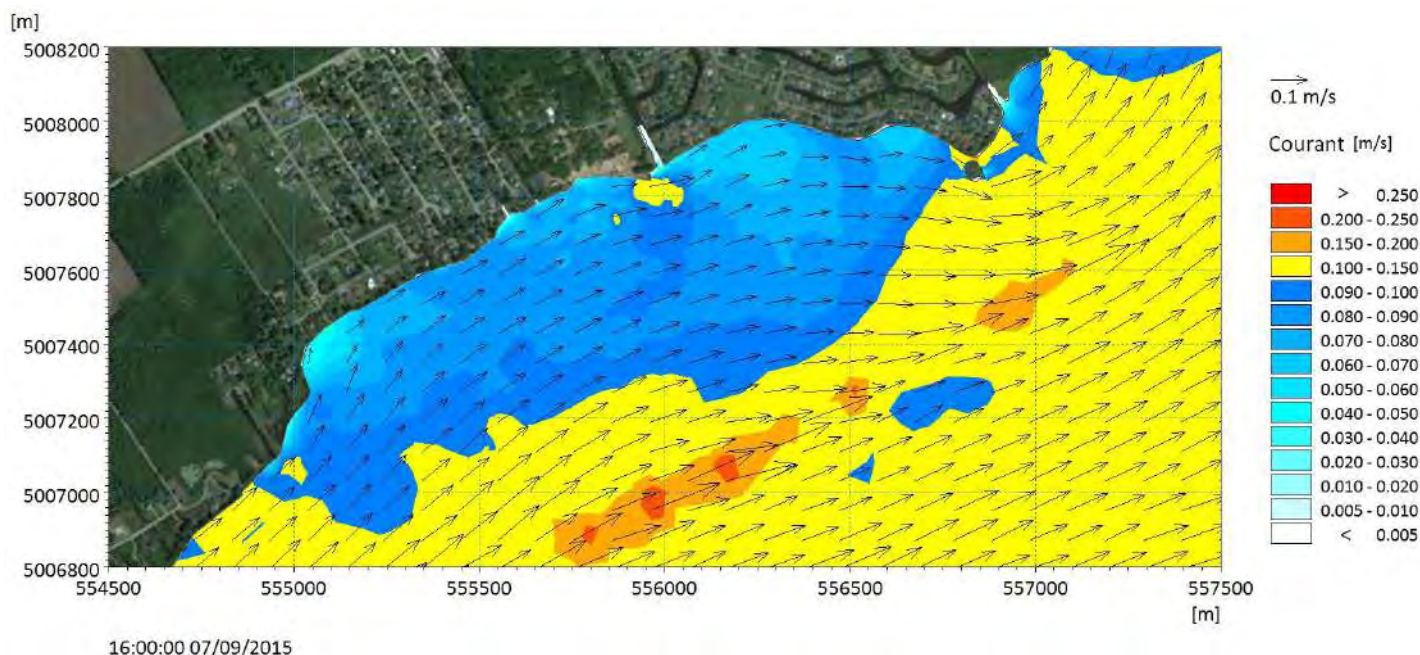


Figure 4-43 : Circulation des eaux au large de Saint-Zotique par vents actuels de l'OSO.

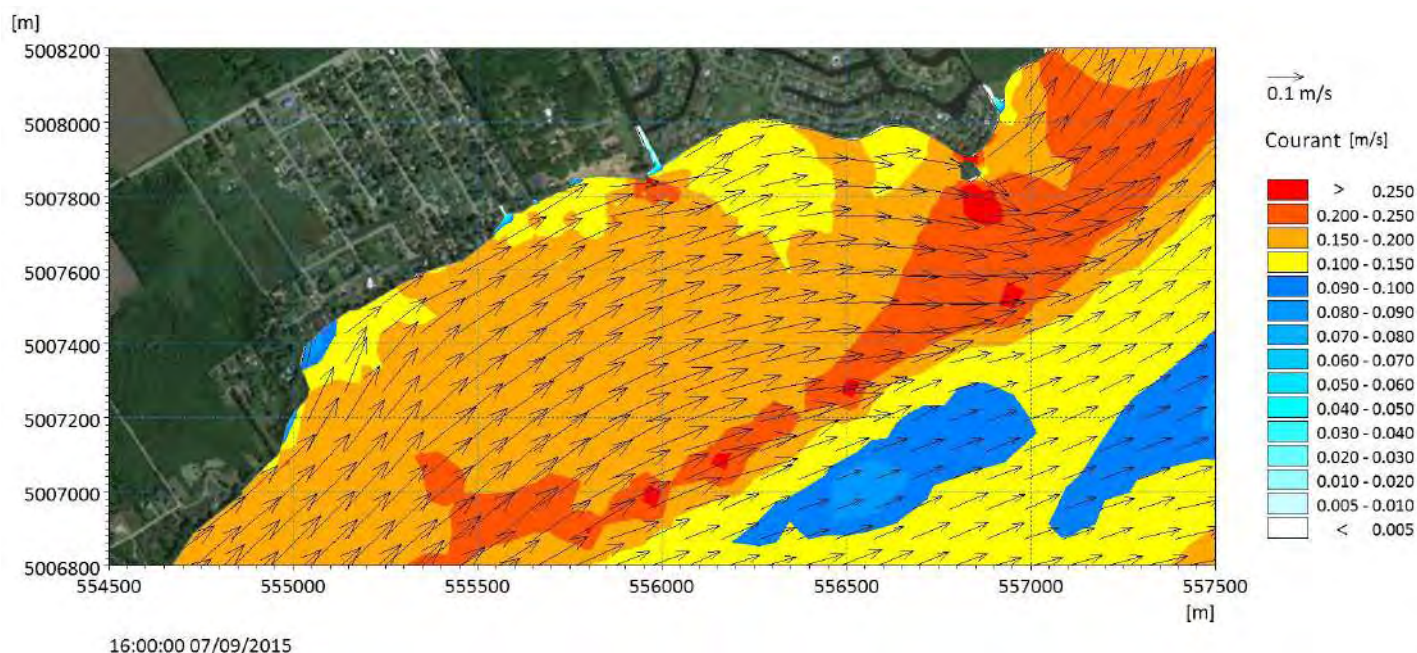


Figure 4-44 : *Circulation des eaux au large de Saint-Zotique par vents extrêmes annuels de l'OSO.*

Par vents de l'OSO, les courants dans la région de Saint-Zotique sont dirigés vers le NE, c'est-à-dire dans la direction du vent. Par vents extrêmes, les courants NE près de la côte par le fort cisaillement de ces vents qui, en eau peu profonde, affectent toute la colonne d'eau. En fait, les courants près de la côte sont maintenant plus intenses que les courants dans le chenal de navigation plus au large dans le lac.

Les courants à la plage de Saint-Zotique sous ces quatre conditions de vent sont présentés aux figures 4.45 à 4.48.

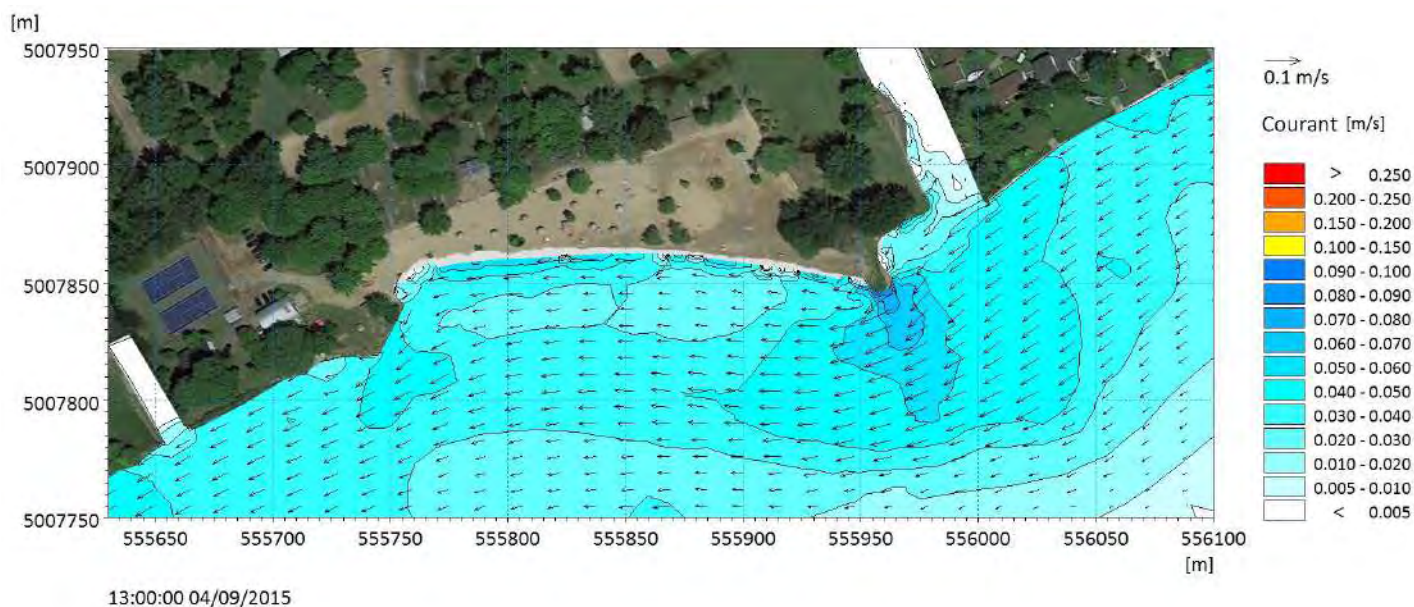


Figure 4-45 : Circulation des eaux à la plage de Saint-Zotique par vents normaux de l'ENE.

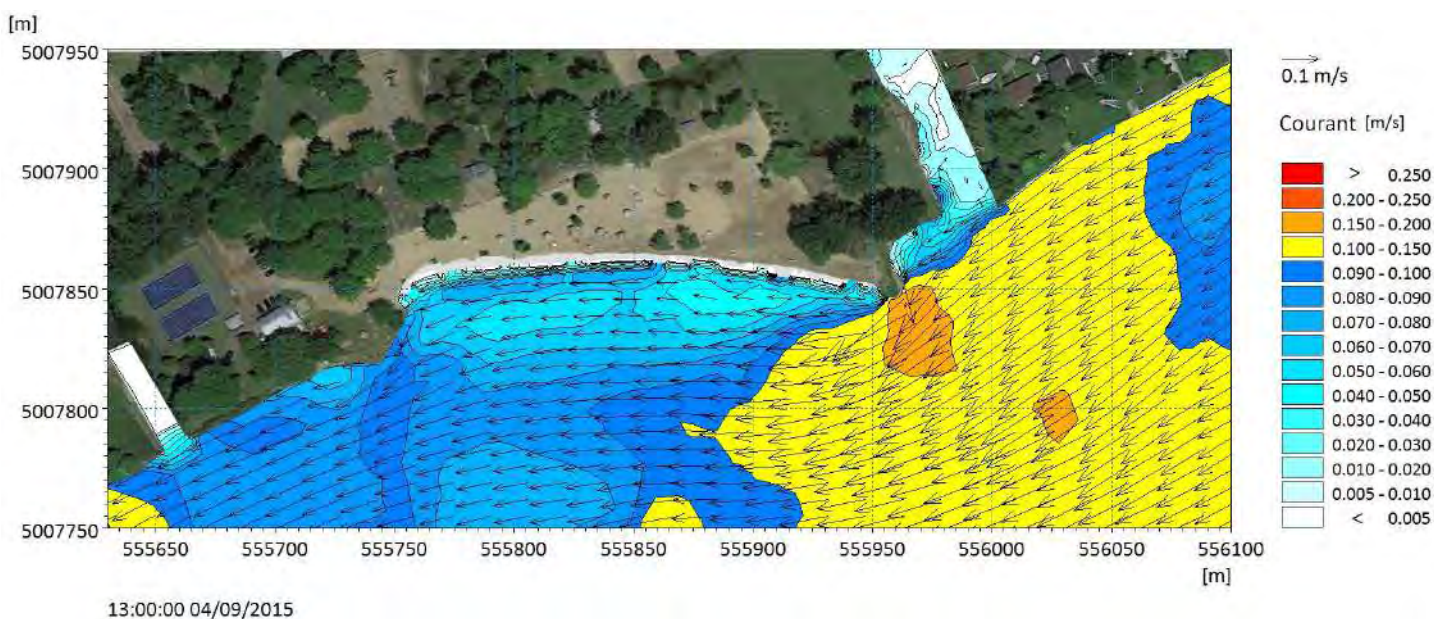


Figure 4-46 : Circulation des eaux à la plage de Saint-Zotique par vents extrêmes annuels de l'ENE.

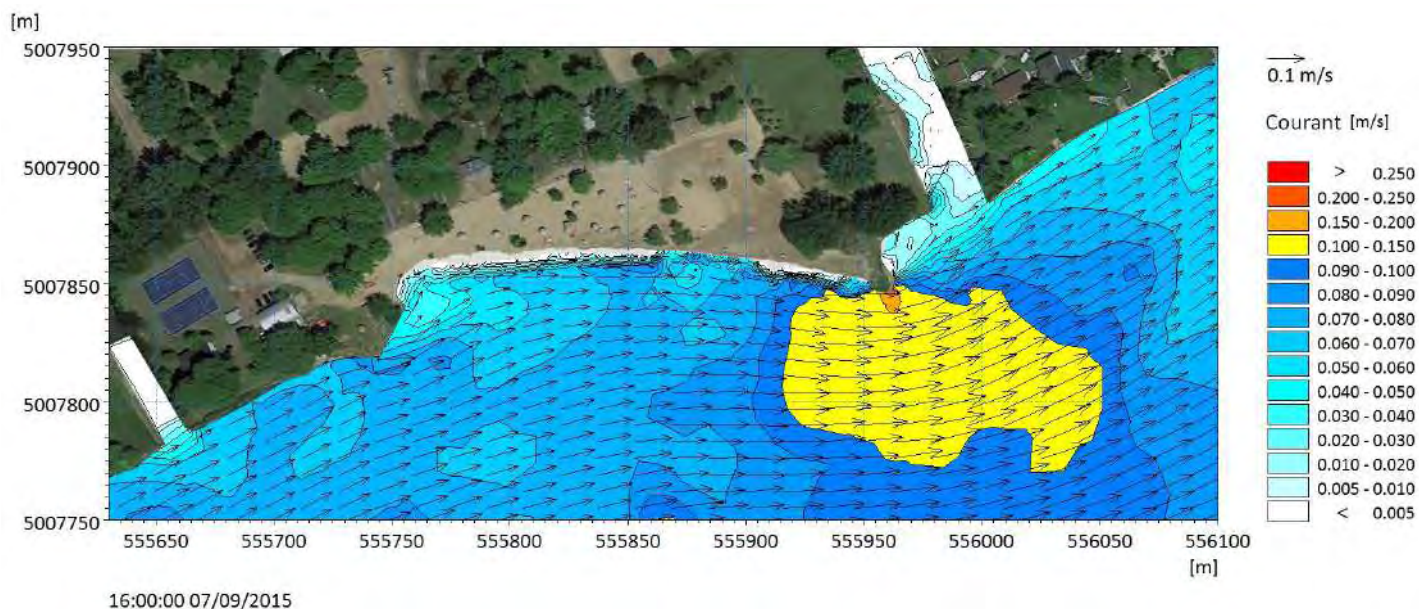


Figure 4-47 : Circulation des eaux à l plage de Saint-Zotique par vents actuels de l'OSO.

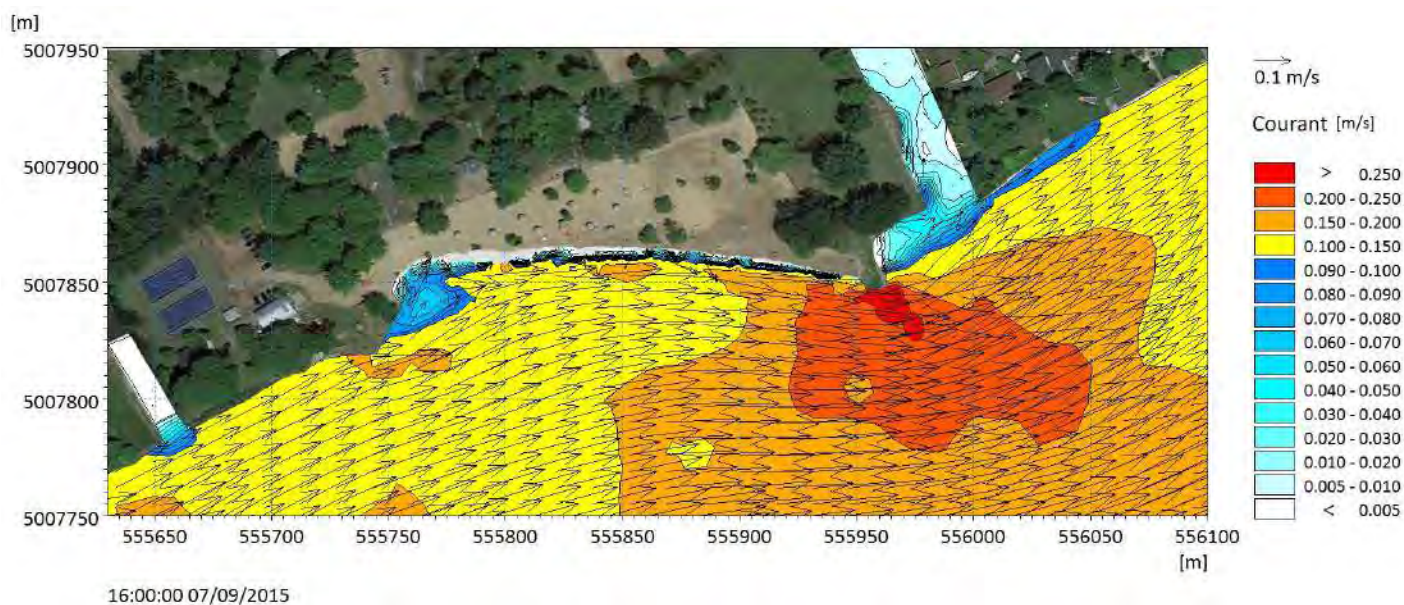


Figure 4-48 : Circulation des eaux à la plage de Saint-Zotique par vents extrêmes annuels de l'OSO.

L'examen des courants générés par le même débit du lac et les quatre conditions de vent étudiées démontre un impact significatif du vent sur les courants en face de la plage de Saint-Zotique. Des vents normaux et de tempête de l'ENE vont produire un courant opposé à celui de l'écoulement normal du lac sous l'effet de la pente hydraulique, tel qu'expliqué plus haut.

Par contre, des vents de l'OSO ont plus d'effet sur les courants en face de la plage, car les courants de dérive qu'ils génèrent s'ajoutent aux courants de pente associés à l'écoulement du lac vers le NE.

Van Rijn (1984) calcule le seuil de vitesse du courant pour mettre un sable de diamètre $d_{50} = 0,3$ mm en suspension comme étant 0,2 m/s dans 0,1 m de profondeur et 0,3 m/s dans 1 m de profondeur. Ceci suggère que ce n'est pas l'addition du courant de dérive du vent et du courant de pente, même lors de tempête de l'OSO, qui remet en suspension le sable de la plage au fond de l'eau. Ces courants de dérive et de pente vont transporter les sables mis en suspension par les vagues générées dans le lac par ces vents et réfractées vers la plage.

4.8.3.3 Transport total de sable

Les transports totaux (fond + colonne d'eau) calculés par le modèle MIKE21-ST au moment de la plus forte vitesse de chacune des quatre conditions de vent étudiées sont présentés ci-dessous aux figures 4.49 à 4.52.

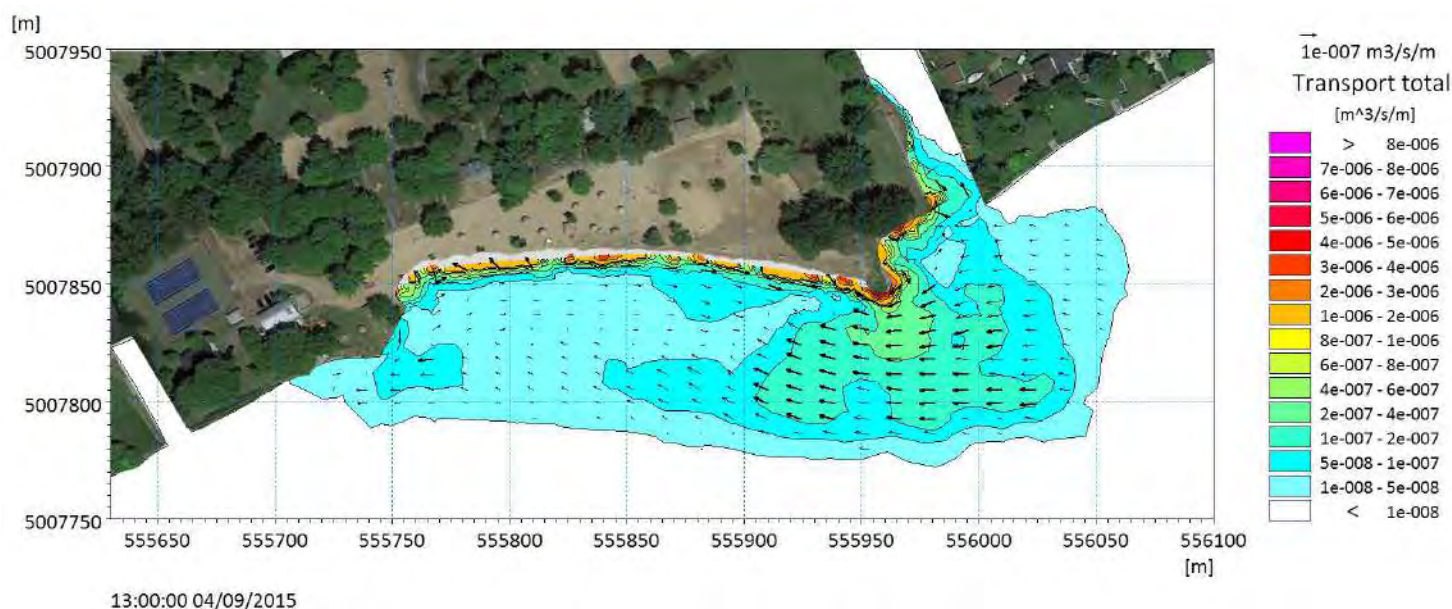


Figure 4-49 : Transport total de sable par vents normaux de l'ENE

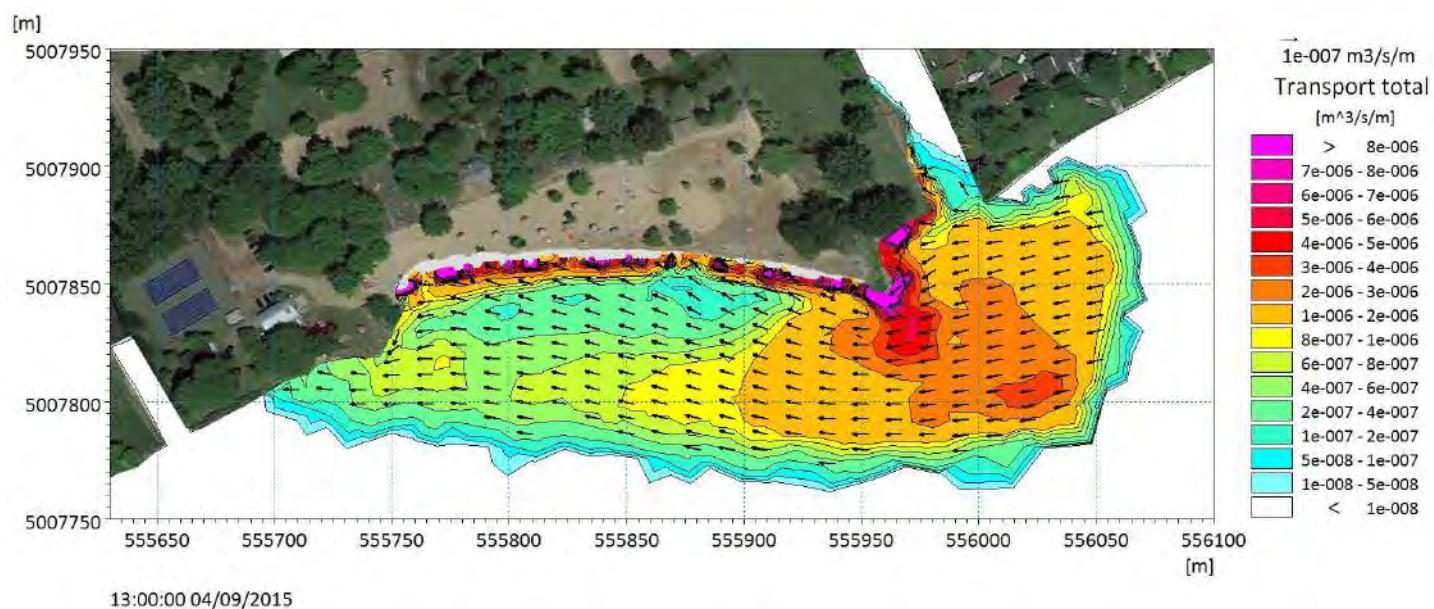


Figure 4-50 : *Transport total de sable par vents extrêmes annuels de l'ENE*

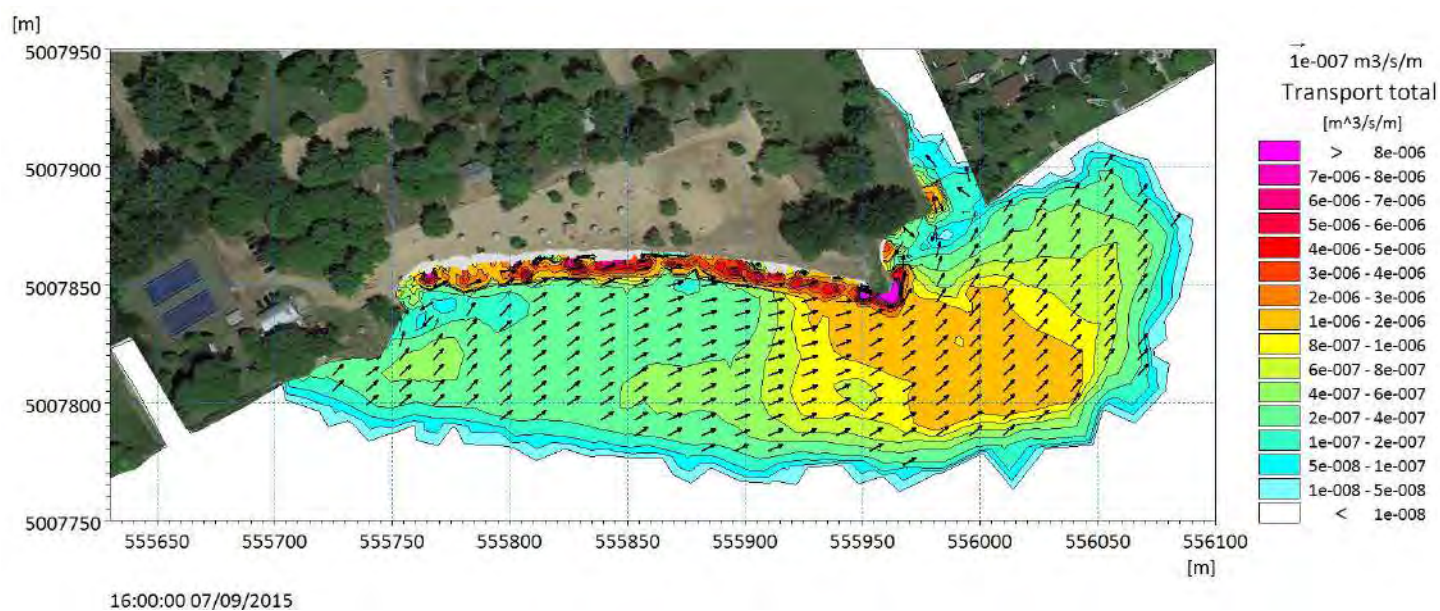


Figure 4-51 : *Transport total de sable par vents normaux de l'OSO.*

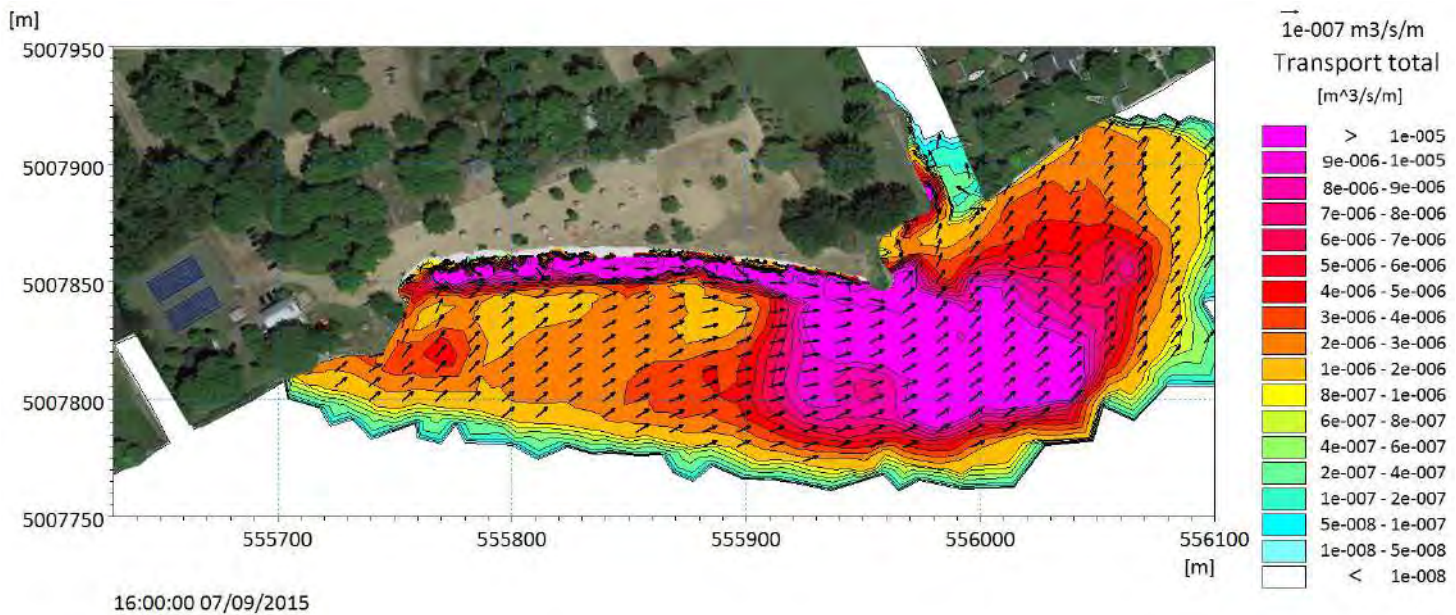


Figure 4-52 : *Transport total de sable par vents extrêmes annuels de l'OSO.*

De manière générale, on constate que :

- Dans les quatre conditions de vents, il existe une intensification du transport de sable proportionnellement à l'intensification du vent et des vagues le long de la plage et autour de la pointe à l'est de la plage ;
- Par conditions de vents extrêmes, cette intensification s'étend plus au large, et surtout dans la partie est du banc de sable à l'extérieur du canal ;
- Les transports de sable sont plus intenses durant des vents normaux et extrêmes de l'OSO.

4.8.3.4 Variation du niveau du fond

Les variations du niveau du fond à la suite d'un événement de vent normal et d'une tempête extrême annuelle de l'ENE et de l'OSO sont présentées aux figures 4.53 à 4,56. Ces variations sont calculées par le modèle en fonction des gradients horizontaux du transport total entre une maille et les mailles adjacentes dans la grille de calcul. Par exemple, si le transport à une maille est plus grand que celui d'une maille adjacente et qu'il est dirigé vers cette maille adjacente, il y aura érosion du fond dans cette maille et dépôt de sable dans la maille adjacente. Les variations du fond présentées sont des changements nets calculés en additionnant le dépôt et l'érosion du sable dans chaque maille à la fin de la simulation. Ici, ce sera à la fin de l'un des quatre événements de vent étudiés que le changement net du niveau du fond est présenté.

Par vents normaux de l'ENE (figure 4.53), les variations du fond se manifestent uniquement aux abords du trait de côte de la plage. On y aperçoit une faible érosion (1-4 cm) du fond près du trait de côte et au-delà, la formation d'une petite barre sableuse de quelques centimètres de hauteur, mais aucun changement plus au large.

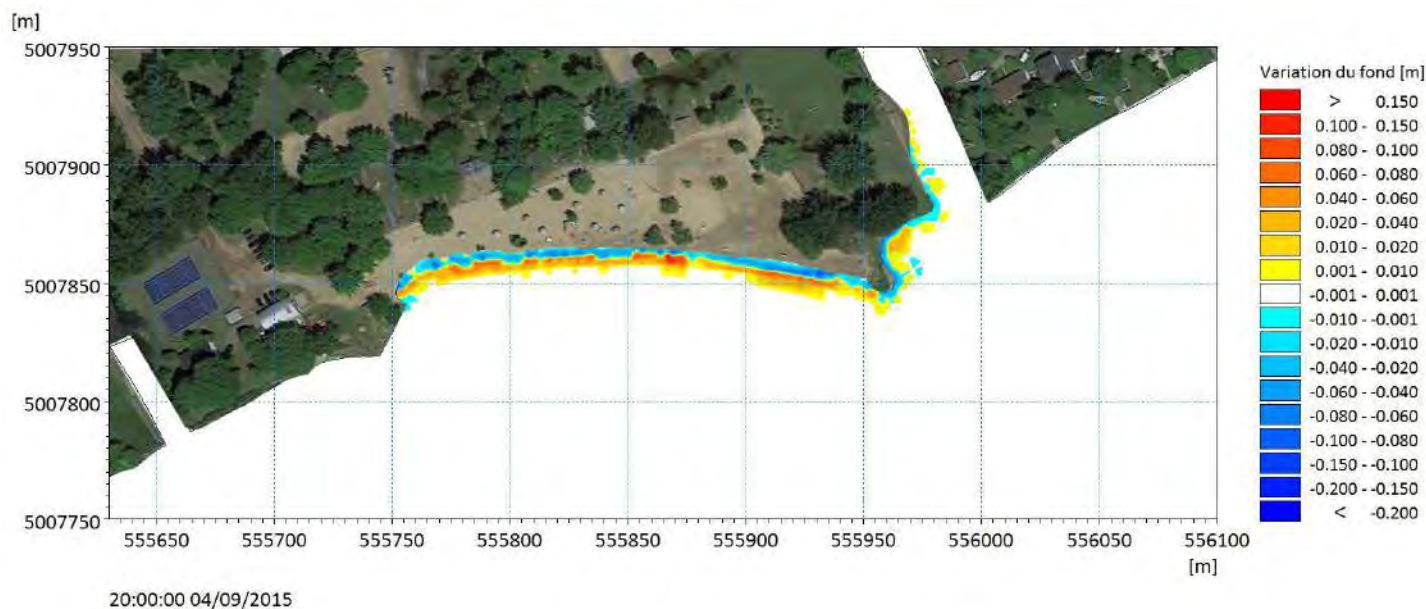


Figure 4-53 : *Variation du fond, événement de vents normaux de l'ENE.*

Par contre, lorsqu'une tempête extrême annuelle de l'ENE se manifeste (figure 4.54), elle déplace du sable de l'extrémité est du banc sous-marin de sable vers l'ouest et vers l'intérieur du canal. En même temps, les vagues déferlantes érodent le fond tout près de la plage et contribue du même coup à la formation de la petite barre sableuse au-delà de la zone d'érosion.

Dans le cas d'un vent normal de l'OSO (figure 4.55), on aperçoit des variations du fond plus prononcées que par vents normaux de l'ENE. En fait, les vitesses orbitales près du fond associées aux vagues générées par ce vent, renforcées par le courant de dérive du vent d'ouest en est, déplacent le sable qui se trouve à l'extrémité sud du banc de sable vers l'extérieur de l'embouchure du canal où il se dépose.

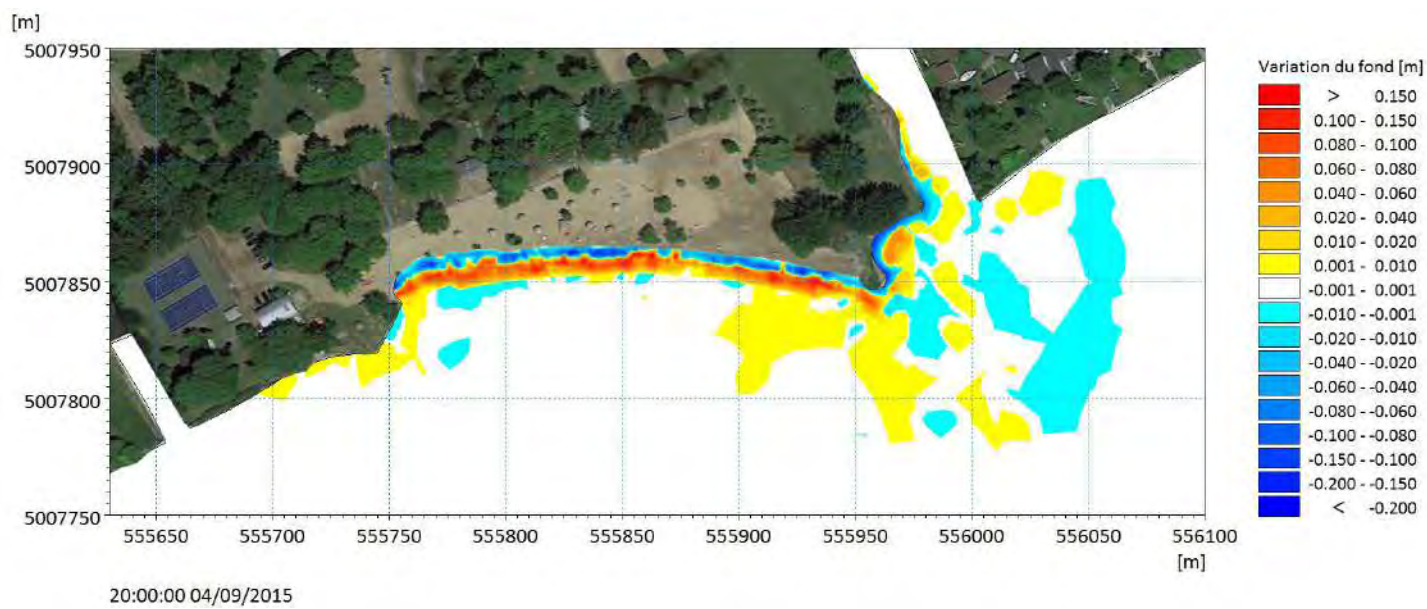


Figure 4-54 : Variation du fond, tempête de vents extrêmes annuels de l'ENE.

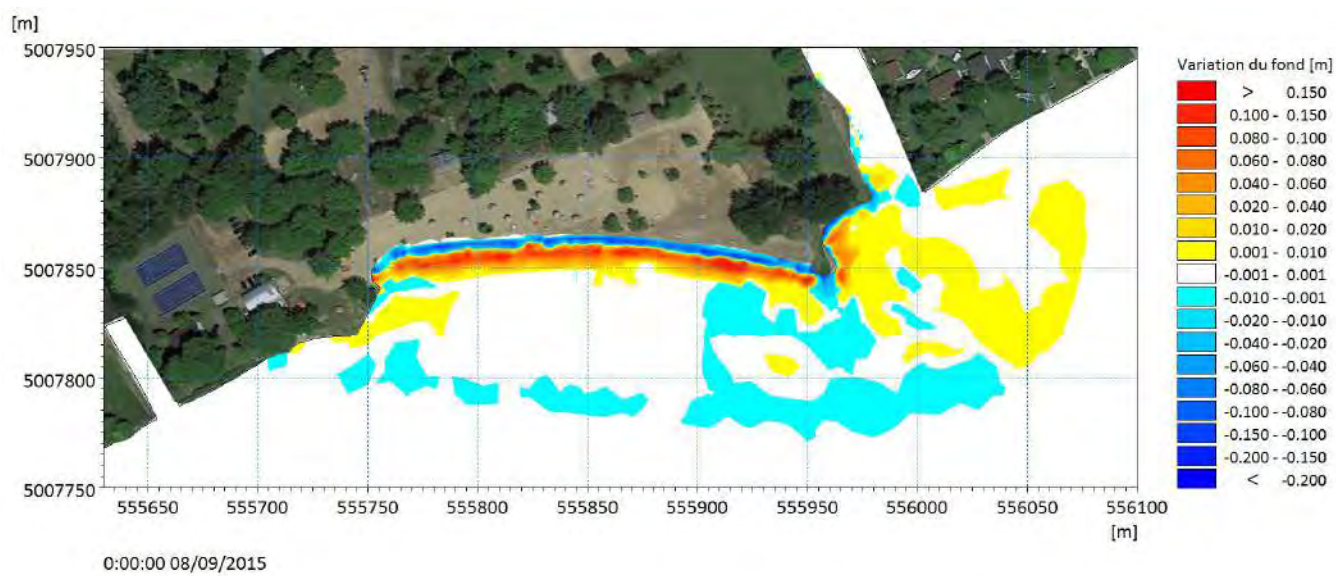


Figure 4-55 : Variation du fond, évènement de vents normaux de l'OSO.

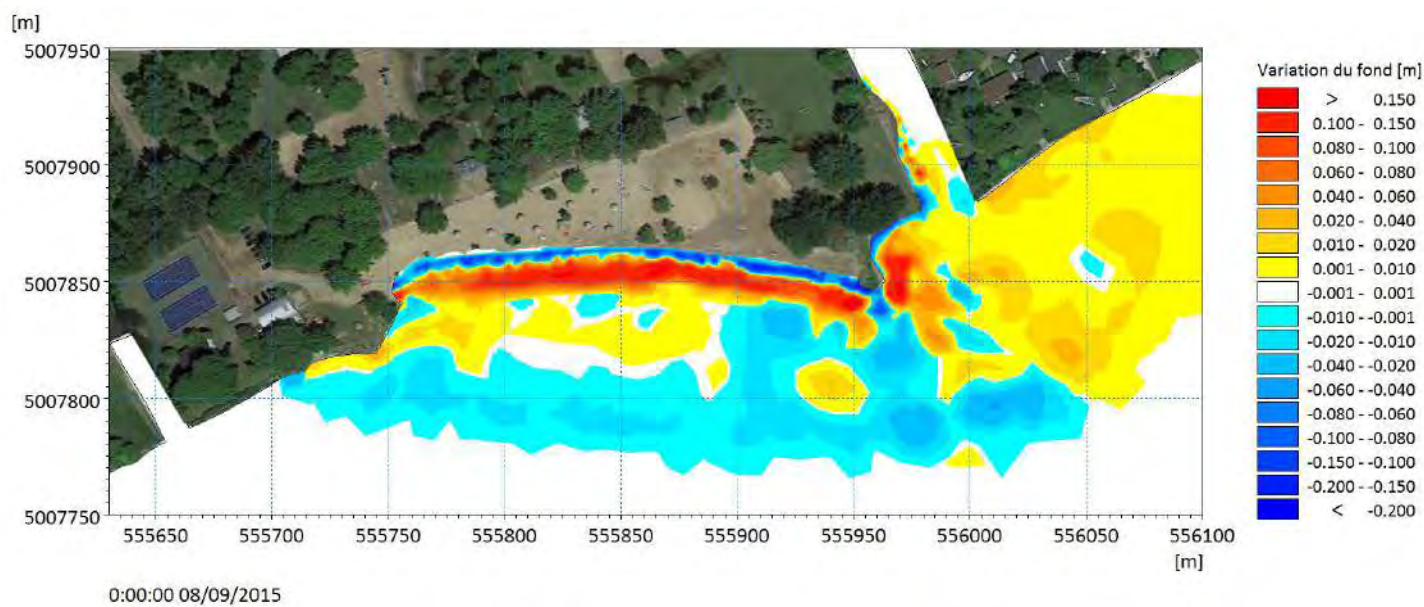


Figure 4-56 : *Variation du fond, tempête de vents extrêmes annuels de l'OSO.*

Finalement, lors d'une tempête de l'OSO (figure 4.56), les vagues générées par cette tempête vont contribuer, avec les courant de dérive du vent à l'érosion du banc de sable en face de la plage et au déplacement du sable pris en charge vers l'est, au-delà de la limite est du banc de sable et vers l'entrée du canal. L'érosion de la plage et la formation de la barre sableuse sont aussi intensifiées lors de cette tempête.

Il faut noter toutefois que même si le modèle de transport de sédiment MIKE21-ST est bien adapté à l'étude de la dynamique sédimentaire du banc de sable en face de la plage, il est difficilement applicable à l'étude de changement du fond près de la ligne séparant l'eau et la plage, car cette ligne est fixée dans l'espace par le niveau de l'eau dans le lac et ne peut se déplacer vers le haut ou le bas de la plage au cours de la période d'une vague déferlante. Ainsi, cette ligne de plage agit en quelque sorte comme un mur pour une vague déferlante et la vague ne peut qu'éroder le fond et lors de son retour, transporter le sable vers le large pour former la barre sableuse que l'on aperçoit dans les résultats de variation de fond présentés. En résumé, le modèle de transport utilisé ici est applicable à l'étude des déplacements du banc de sable dans l'eau, mais pas nécessairement aux changements du fond aux abords immédiats de la ligne séparant l'eau et la plage. Un nouveau modèle numérique, le MIKE21-SM (Shoreline Morphology) sera disponible en 2016 pour cela. Il tient compte à la fois de (i) la dynamique sédimentaire du fond en face de la plage et (ii) de l'évolution à long terme (années) de la morphologie de la plage sur plusieurs années en fonction des courants et vagues. En conclusion, les changements du niveau du fond (érosion ou sédimentation) obtenus près de la plage doivent être considérés avec prudence et uniquement à titre comparatif d'une condition de vent à l'autre.

Un examen attentif de la pente de la plage près de l'eau révèle que cette pente est assez prononcée, ce qui favorise l'érosion de ce volume de sable et son transport. Quelques images de cette pente de plage prononcée à l'interface plage-eau ont été présentées à la section 4.2. Elles illustrent bien cette pente de plage propice à l'érosion par les vagues. Une diminution de la pente de la plage à cet endroit serait une mesure appropriée pour combattre l'érosion de la plage. Ceci peut être accompli en rechargeant la partie sous-marine de la plage avec du sable du haut de plage.

5 Synthèse de la dynamique sédimentaire

Ce chapitre synthétise les principaux points importants relatifs à la dynamique sédimentaire agissant sur la zone de la plage de St-Zotique.

5.1 Apport de sable

La plage de St-Zotique a été créée de toute pièce vers 1978/1979 et a fait l'objet de multiples apports de sable entre sa création et 2007. Les différentes photographies aériennes montrent l'évolution de la plage et du banc de sable submergé. Il y aurait eu possiblement entre 40 et 50 camions de sable déposé sur le site tous les 2 ans soit environ 7 560 m³ de sable (1 camion de 10 roues = 16 verges cubes ou 12 min 3 s).

À partir de la bathymétrie, nous avons calculé le volume de sable contenu à l'intérieur de la limite du banc de sable au-dessus de la profondeur de 0,6 m et ce en excluant une bande d'environ 15 m à la limite de la plage (figure 5.1). Le calcul du volume du sable situé au-dessus de cette profondeur donne 5 231 m³ soit 69 % de l'apport de sable estimé. Bien que ces estimations soient très approximatives, ils donnent une idée des volumes en présence.

À la lumière de ces estimations, il nous semble que l'apport de sable ait probablement été supérieur à 7 560 m³ puisqu'une bonne partie de ce sable se trouve dans la zone terrestre et émergée de la plage et sur les terrains situés à l'arrière de la plage.

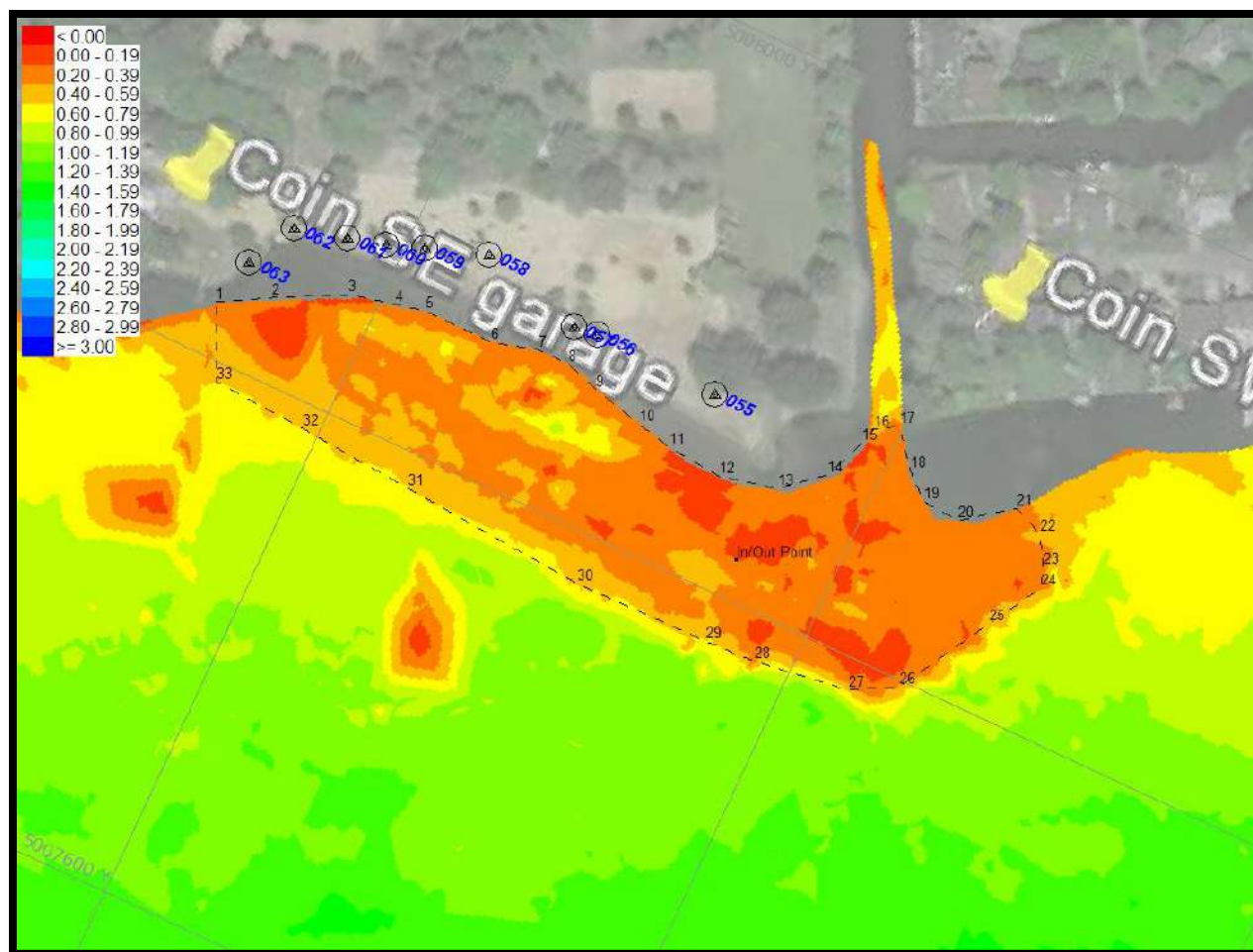


Figure 5-1 : Limite du banc de sable utilisé pour l'évaluation du volume.

5.2 Évolution du site

L'analyse des photographies aériennes montre que le sable ajouté à la plage de St-Zotique depuis le début des années 80 s'est progressivement répandu devant la plage vers le large et aussi latéralement avec une dominance vers l'Est. Une partie du matériel s'est aussi déplacé à l'intérieur du canal situé à l'Est de la plage.

La ligne de rivage a quant à elle reculé de 5 à 12 m au cours de la période de 9 ans entre 2005 et 2014.

5.3 Bathymétrie et morphologie riveraine

La bathymétrie montre clairement la présence d'une accumulation sableuse sous la forme d'un banc de plus de 70 m de large par plus de 300 m de longueur s'étirant parallèlement à la plage. La pente du haut de plage est particulièrement forte à l'Ouest et est limitée par un micro-talus. Elle diminue vers l'Est et le micro-talus disparaît.

5.4 Granulométrie

L'analyse de la granulométrie montre que :

- La granulométrie du sable apporté sur la plage n'est pas optimale, car elle est trop fine et contient trop de particules de silt
- Les processus d'érosion et de transport ont pour effet de trier le sable apporté en transportant plus loin les particules très fines de silt et de sable très fin. Seule la fraction plus grossière est moins mobile, mais se déplace quand même vers l'Est.

5.5 Processus hydro sédimentaires modélisés

5.5.1 Vagues

Les vagues générées au site se propagent en direction Nord-Est avec les vents dominants de l'Ouest-Sud-Ouest et en direction Ouest avec les vents de l'Est-Nord-Est. À l'approche de la plage, les vagues provenant de l'ouest se réorientent en direction Nord-Nord-Est alors que les vagues de l'Est se réorientent vers l'Ouest.

5.5.2 Courants à proximité de la plage en présence de vagues lors d'événements extrêmes

Lors des forts vents d'Est les courants près de la plage se dirigent vers l'Ouest. Toutefois lors des vents d'Ouest les courants induits par les vagues s'ajoutent aux courants normaux de l'Ouest vers l'Est et forment des courants vers l'Est beaucoup plus importants.

5.5.3 Mécanismes de transport, d'érosion et déposition du sable

L'action combinée du courant généré par la pente du lac et par les conditions de vents extrêmes peut générer un transport de sable. Celui-ci est par contre beaucoup plus important lorsque le vent souffle de l'Ouest. L'effet cumulatif de ces événements résulte en un transport de sable préférentiel vers l'Est qui amène un ensablement important et donc une élévation du fond.

5.6 Dynamique sédimentaire globale

La figure 5.2 illustre la dynamique sédimentaire actuelle de la plage de St-Zotique.

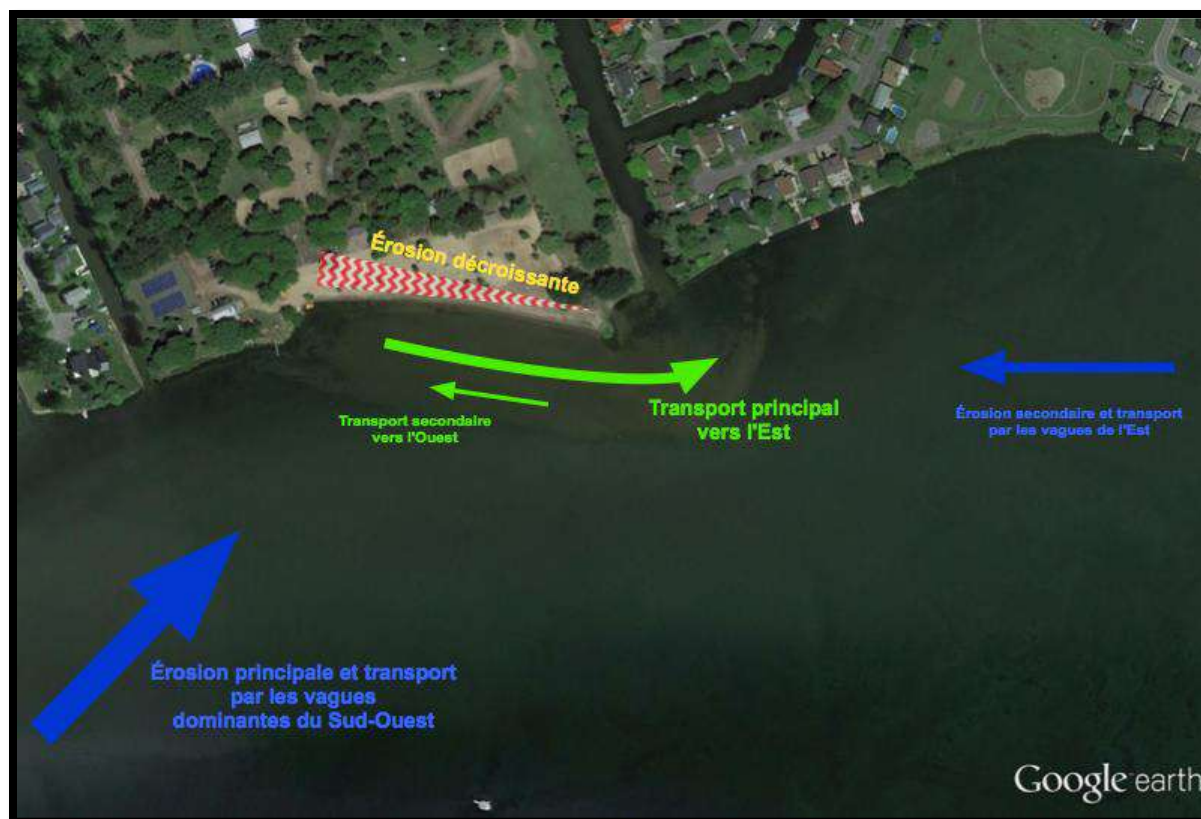


Figure 5-2 Croquis de la dynamique sédimentaire à la plage de St-Zotique.

6 Solutions potentielles

Les résultats des analyses effectuées et les principales constatations décrites au chapitre précédent nous ont permis d'élaborer différentes solutions qui sont complémentaires.

6.1 Nature des matériaux

Comme indiqué précédemment le sable apporté et utilisé par le passé pour engraisser la plage est loin d'être optimal. Un matériel beaucoup plus grossier serait beaucoup plus stable et résisterait beaucoup mieux aux forces d'érosion en présence.

Pour une meilleure stabilité, voici les caractéristiques minimales que devrait respecter tout nouveau matériel d'engraissement de la plage :

- Contenu en fines : 0 %
- Diamètre médian des grains (D50)
 - minimum 0,350 mm
 - optimal 0.5mm (principalement pour la partie ouest beaucoup plus exposée)

La stabilité de la plage dépend de plusieurs facteurs et la granulométrie est un facteur des plus importants, car plus le matériel est grossier plus il sera stable et résistera à l'action combinée des vagues et du courant.

6.2 Profil et pente de la plage

La pente de la plage atteint généralement un équilibre entre l'énergie des vagues et la granulométrie du matériel constituant la plage. Dans des environnements similaires de faible énergie avec des matériaux comparables la pente de stabilité est de 1 : 12 soit environ 5 degrés (Komar, 1998). Cette pente se retrouve dans la partie Est de la plage. Il faudrait donc pouvoir recréer cette pente sur toute la longueur de la plage.

6.3 Protection de la plage

Puisque l'énergie des vagues provient principalement du secteur Sud-Ouest, la protection de la plage exige une protection maximale face aux vagues de cette direction ce qui implique l'installation de structure de protection dans cette partie. La protection contre l'attaque des vagues du secteur Est n'est pas nécessaire car le transport généré par ces vagues tend plutôt à ramener le sable vers l'ouest et ainsi à réduire le transport et le déplacement du sable vers l'Est causé par les vents d'Ouest. De plus la présence d'un brise-lame fixe en enrochement à l'extrémité Est aurait comme principal désavantage de capter le sable transporté par les vents d'Est et de créer une accumulation à l'embouchure du canal situé à l'Est de la plage.

Les structures fixes de type brise-lame en enrochement génèrent des effets importants sur l'environnement côtier en bloquant complètement le transit littoral jusqu'au moment où l'ensablement est suffisamment développé pour contourner le brise-lame. De plus ces structures sont difficiles à faire autoriser par les instances environnementales concernées parce que leur empreinte sur le fond aquatique est importante et qu'ils génèrent des effets majeurs sur la vie aquatique. Elles ne représentent donc pas une solution environnementalement acceptable en plus d'être très dispendieuses.

Les structures de brise-lames flottants engendrent par contre peu d'impacts permanents car elles permettent une libre circulation des eaux et de la faune aquatique et peuvent être déplacées pour être réorientées si nécessaire.

Une longueur minimale de l'ordre de 100 m (325 pieds) serait suffisante pour amortir les vagues du Sud-Ouest et mieux protéger la plage particulièrement dans sa partie ouest où se concentre l'énergie des vagues (figure 6.1). Cependant, ce type de structures doit être enlevées à l'automne et remises au printemps à cause de la prise et de la fonte des glaces ce qui ne permet pas de protéger la plage pendant toute la période d'eau libre dans des périodes où l'énergie des vagues est généralement importante.

De telles structures permettraient de diminuer l'érosion et de stabiliser la plage actuelle et tout nouveau matériel d'engraissement de la plage. De plus ce type de structures permettrait d'accroître la sécurité du site en diminuant l'agitation et en offrant une structure d'accostage des équipements nautiques.



Figure 6-1 Position et longueur de brise-lame proposé.

7 Recommandations

Nous recommandons de bien analyser la faisabilité technico-économique et les contraintes environnementales des solutions présentées à la section 6 afin de détailler les caractéristiques des équipements et des travaux nécessaires, d'élaborer un échéancier et d'évaluer mieux définir les interventions nécessaires et les impacts environnementaux associés. L'évaluation technique et environnementale pourrait être faite à l'aide d'outils de modélisation plus précis et spécifique aux processus côtiers tel que le modèle MIKE21-SM (Shoreline morphology) ou un autre modèle morphologique, qui intègre à la fois la dynamique du sable dans l'eau et l'avancement ou le recul du trait de côte de la plage. Ceci permettrait de prédire à long terme l'évolution du trait de côte de la plage, et cela à son état naturel et en présence de structures de protection en fonction des vagues et de la dynamique du banc de sable. De plus les changements dans la granulométrie et dans la pente de la plage pourraient aussi être évalués avec la même méthode.

Nous recommandons aussi d'effectuer un suivi saisonnier du profil de la plage et du recul côtier afin d'évaluer l'urgence des besoins et/ou l'effet de l'implantation de mesures correctives.

8 Référence :

- U.S. Army Corps of Engineers. 2002. Coastal Engineering Manual. Engineer Manual 1110-2-1100, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, D.C. (in 6 volumes).
- DHI, 2011. Extreme Value Analysis (EVA) User Guide. Danish Hydraulic Institute, Horsholm, Denmark, 48p.
- Godin, G. 1972. The Analysis of Tides, Univ. Toronto Press, Buffalo, pp.264.
- Komar, Paul D. 1998. Beach Processes and Sedimentation. Prentice-Hall Publishers, 544. P.
- Morin, J., P. Boudreau et M. Leclerc. 1994. Réhabilitation de l'écosystème du Saint-Laurent. Lac Saint-François : Les bases de la modélisation hydrodynamique. INRS-Eau en collaboration avec IREE. Rapport de Recherche No R-412, Québec, 80p.
- Morin, J., P. Fortin, P. Boudreau, Y. Secretan et M. Leclerc. 2001. Atlas des courants du Saint-Laurent. Lac Saint-François. Rapport conjoint INRS-Eau/Environnement Canada — SMC. Enregistré à Environnement Canada, Service météorologique du Canada, Rapport scientifique RS-101, Sainte-Foy ; enregistré à l'INRS-Eau comme Rapport No. R-581. 30 pages + 14 planches.
- Ross, W.H. 1987. A peak-over-threshold analysis of extreme wind speeds. *La Revue Canadienne de Statistique*. 15 (4) : 328-335.
- Van Rijn, L. C. (1984). Sediment transport: part I: bed load transport; part II: suspended load transport; part III: bed forms and alluvial roughness. *Journal of Hydraulic Division*. Proc. ASCE, 110 (HY10), 1431-56; (HY11), 1613-41; (HY12), 1733-54.

ANNEXE 3-3

GRANULOMÉTRIE DES SÉDIMENTS (WSP, 2016)

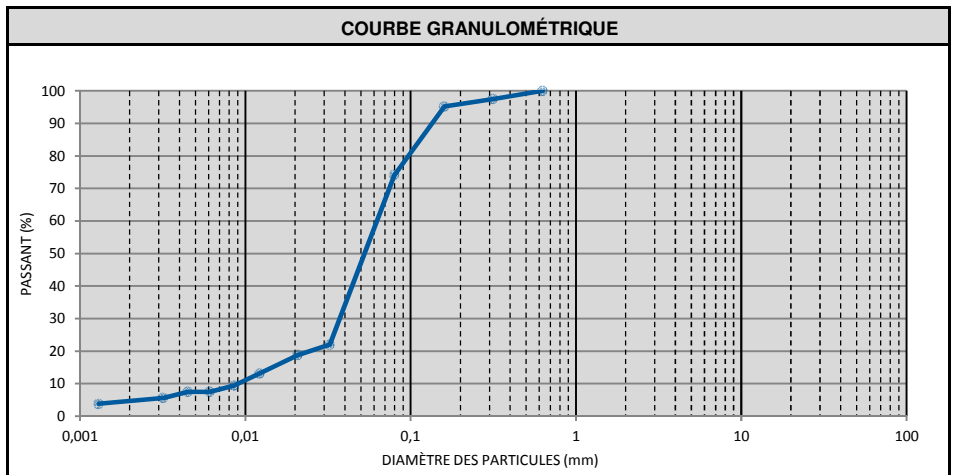


ESSAIS SUR SOLS ET MATÉRIAUX GRANULAIRES

CLIENT :	WSP	No. PROJET :	161-07163-00
SITE :	Canaux St-Zotique	No. D'ÉCHANTILLON LABORATOIRE :	350
		DATE D'ÉMISSION :	28/09/2016

MATÉRIEL			
Matériau :	Sol naturel	Provenance :	Forage
Calibre :	Silt sableux, traces d'argile	Localisation :	SZ-SED-1
Usage :	Étude géotechnique		
Prélevé par :	Jean Carreau	Date :	02/08/2016
		Reçu le :	01/09/2016

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE				
PAR TAMISAGE (BNQ 2501-025)				
Tamais (mm)	Passant (%)	Exigences Min	Exigences Max	N. Conf.
112				
80				
56				
40				
28				
20				
14				
10				
5				
2,5				
1,25				
0,630	100			
0,315	98			
0,160	95			
0,080	74			



DESCRIPTION			
Cailloux :	0 %	D ₁₀ :	0,009
Gravier :	0 %	D ₃₀ :	0,040
Sable :	25,8 %	D ₆₀ :	0,067
Silt :	69,7 %	C _c :	2,6
Argile :	4,5 %	C _u :	7,3
Classification unifiée : Silt sableux, traces d'argile			

PAR SÉDIMENTOMÉTRIE (BNQ 2501-025)	
Diamètre (mm)	Passant (%)
0,0325	22,0
0,0208	18,8
0,0122	13,1
0,0086	9,4
0,0061	7,5
0,0045	7,5
0,0032	5,6
0,0013	3,8

ESSAIS DIVERS		
ESSAIS	RÉSULTATS	EXIGENCES
Teneur en matière organique	19%	

ESSAI PROCTOR (CAN/BNQ 2501-255)	
Méthode :	
Masse volumique maximale :	
Teneur en eau optimale :	

REMARQUES :

Essai de granulométrie après élimination de matière organique

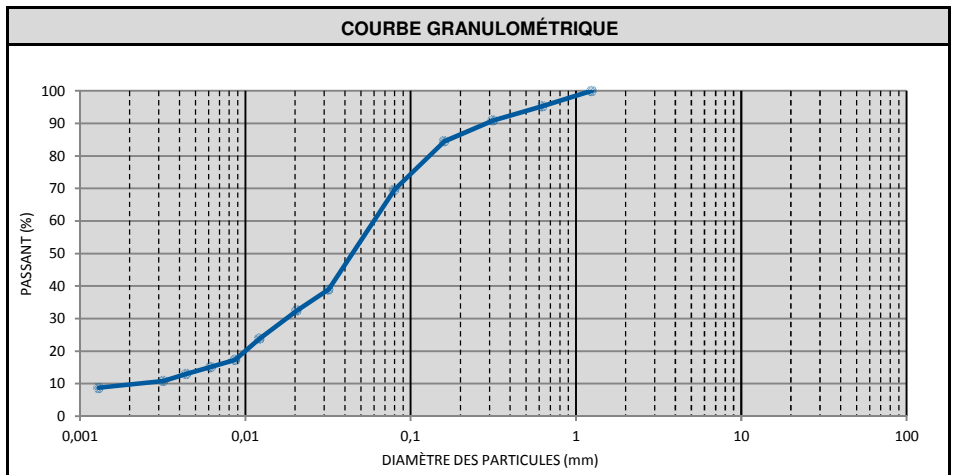


ESSAIS SUR SOLS ET MATÉRIAUX GRANULAIRES

CLIENT :	WSP	No. PROJET :	161-07163-00
SITE :	Canaux St-Zotique	No. D'ÉCHANTILLON LABORATOIRE :	351
		DATE D'ÉMISSION :	28/09/2016

MATÉRIEL			
Matériau :	Sol naturel	Provenance :	Forage
Calibre :	Silt sableux, traces d'argile	Localisation :	SZ-SED-2
Usage :	Étude géotechnique		
Prélevé par :	Jean Carreau	Date :	02/08/2016
		Reçu le :	01/09/2016

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE				
PAR TAMISAGE (BNQ 2501-025)				
Tamais (mm)	Passant (%)	Exigences Min	Exigences Max	N. Conf.
112				
80				
56				
40				
28				
20				
14				
10				
5				
2,5				
1,25	100			
0,630	95			
0,315	91			
0,160	85			
0,080	70			



DESCRIPTION			
Cailloux :	0 %	D ₁₀ :	0,002
Gravier :	0 %	D ₃₀ :	0,018
Sable :	30,4 %	D ₆₀ :	0,065
Silt :	60,1 %	C _c :	2,0
Argile :	9,5 %	C _u :	26,2
Classification unifiée : Silt sableux, traces d'argile			

PAR SÉDIMENTOMÉTRIE (BNQ 2501-025)	
Diamètre (mm)	Passant (%)
0,0319	38,9
0,0205	32,5
0,0122	23,8
0,0087	17,3
0,0062	15,1
0,0044	13,0
0,0032	10,8
0,0013	8,7

ESSAIS DIVERS		
ESSAIS	RÉSULTATS	EXIGENCES
Teneur en matière organique	20%	

ESSAI PROCTOR (CAN/BNQ 2501-255)	
Méthode :	
Masse volumique maximale :	
Teneur en eau optimale :	

REMARQUES :

Essai de granulométrie après élimination de matière organique

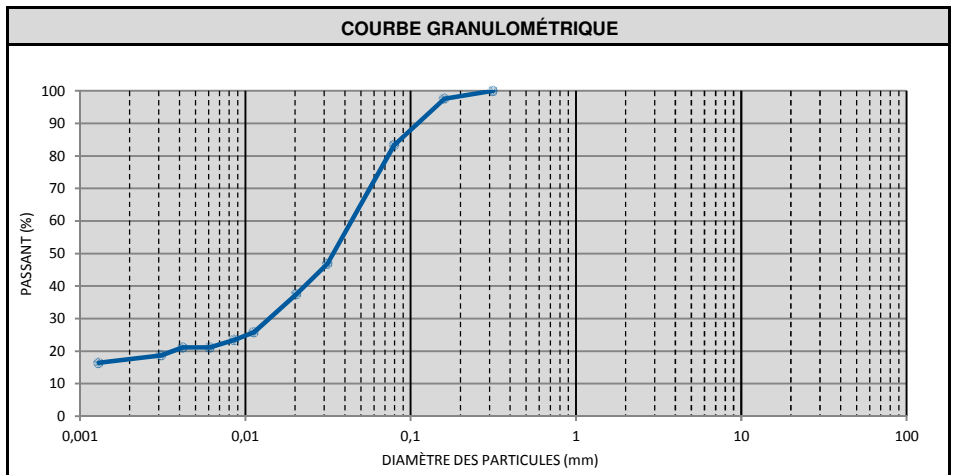


ESSAIS SUR SOLS ET MATÉRIAUX GRANULAIRES

CLIENT :	WSP	No. PROJET :	161-07163-00
SITE :	Canaux St-Zotique	No. D'ÉCHANTILLON LABORATOIRE :	352
		DATE D'ÉMISSION :	28/09/2016

MATÉRIEL			
Matériau :	Sol naturel	Provenance :	Forage
Calibre :	Silt, un peu d'argile et de sable	Localisation :	SZ-SED-3
Usage :	Étude géotechnique		
Prélevé par :	Jean Carreau	Date :	02/08/2016
		Reçu le :	01/09/2016

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE				
PAR TAMISAGE (BNQ 2501-025)				
Tamais (mm)	Passant (%)	Exigences Min Max	N. Conf.	
112				
80				
56				
40				
28				
20				
14				
10				
5				
2,5				
1,25				
0,630				
0,315	100			
0,160	98			
0,080	83			



DESCRIPTION			
Cailloux :	0 %	D ₁₀ :	0,001
Gravier :	0 %	D ₃₀ :	0,015
Sable :	16,6 %	D ₆₀ :	0,049
Silt :	66,1 %	C _c :	5,5
Argile :	17,3 %	C _u :	61,7
Classification unifiée : Silt, un peu d'argile et de sable			

PAR SÉDIMENTOMÉTRIE (BNQ 2501-025)	
Diamètre (mm)	Passant (%)
0,0315	46,9
0,0204	37,5
0,0113	25,8
0,0086	23,4
0,0061	21,1
0,0042	21,1
0,0031	18,7
0,0013	16,4

ESSAIS DIVERS		
ESSAIS	RÉSULTATS	EXIGENCES
Teneur en matière organique	34%	

ESSAI PROCTOR (CAN/BNQ 2501-255)	
Méthode :	
Masse volumique maximale :	
Teneur en eau optimale :	

REMARQUES :
Essai de granulométrie après élimination de matière organique

Préparé par : Sonia Bagné	Vérifié par : Abdelwahab Kamel, ing.	<i>Abdelwahab Kamel</i>
---------------------------	--------------------------------------	-------------------------

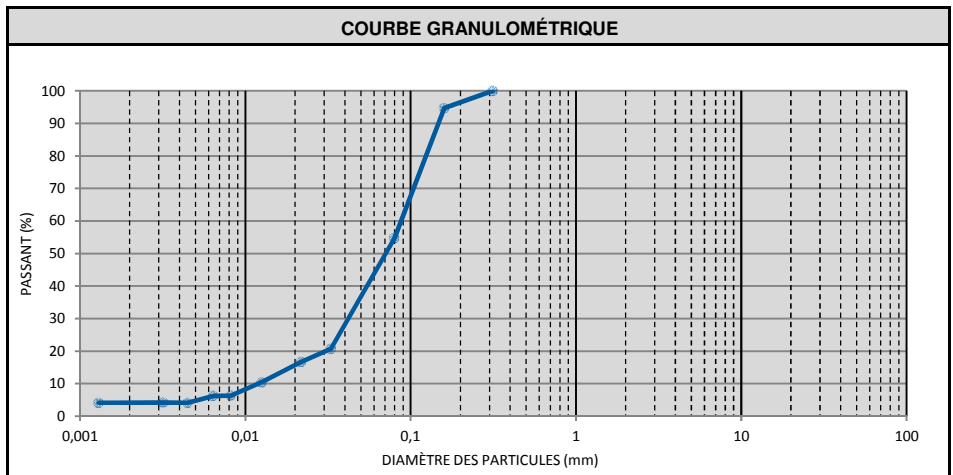


ESSAIS SUR SOLS ET MATÉRIAUX GRANULAIRES

CLIENT :	WSP	No. PROJET :	161-07163-00
SITE :	Canaux St-Zotique	No. D'ÉCHANTILLON LABORATOIRE :	353
		DATE D'ÉMISSION :	28/09/2016

MATÉRIEL			
Matériau :	Sol naturel	Provenance :	Forage
Calibre :	Silt et sable, traces d'argile	Localisation :	SZ-SED-4
Usage :	Étude géotechnique		
Prélevé par :	Jean Carreau	Date :	02/08/2016
		Reçu le :	01/09/2016

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE				
PAR TAMISAGE (BNQ 2501-025)				
Tamais (mm)	Passant (%)	Exigences Min Max		N. Conf.
112				
80				
56				
40				
28				
20				
14				
10				
5				
2,5				
1,25				
0,630				
0,315	100			
0,160	95			
0,080	55			



DESCRIPTION			
Cailloux :	0 %	D ₁₀ :	0,012
Gravier :	0 %	D ₃₀ :	0,046
Sable :	45,3 %	D ₆₀ :	0,091
Silt :	50,6 %	C _c :	1,9
Argile :	4,1 %	C _u :	7,4
Classification unifiée : Silt et sable, traces d'argile			

PAR SÉDIMENTOMÉTRIE (BNQ 2501-025)	
Diamètre (mm)	Passant (%)
0,0330	20,7
0,0218	16,6
0,0126	10,4
0,0082	6,3
0,0064	6,2
0,0045	4,1
0,0032	4,1
0,0013	4,1

ESSAIS DIVERS		
ESSAIS	RÉSULTATS	EXIGENCES
Teneur en matière organique	7%	

ESSAI PROCTOR (CAN/BNQ 2501-255)	
Méthode :	
Masse volumique maximale :	
Teneur en eau optimale :	

REMARQUES :

Essai de granulométrie après élimination de matière organique

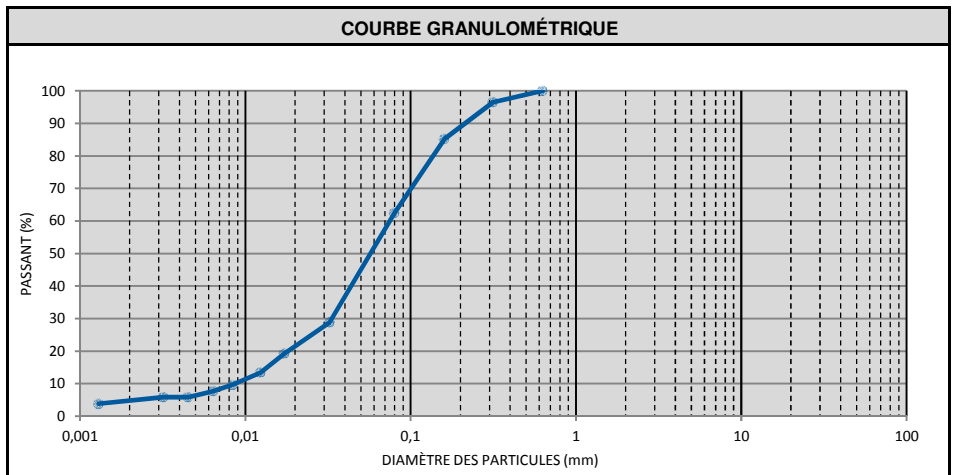


ESSAIS SUR SOLS ET MATÉRIAUX GRANULAIRES

CLIENT :	WSP	No. PROJET :	161-07163-00
SITE :	Canaux St-Zotique	No. D'ÉCHANTILLON LABORATOIRE :	354
		DATE D'ÉMISSION :	28/09/2016

MATÉRIEL			
Matériau :	Sol naturel	Provenance :	Forage
Calibre :	Silt et sable, traces d'argile	Localisation :	SZ-SED-5
Usage :	Étude géotechnique		
Prélevé par :	Jean Carreau	Date :	02/08/2016
		Reçu le :	01/09/2016

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE				
PAR TAMISAGE (BNQ 2501-025)				
Tamais (mm)	Passant (%)	Exigences Min Max	N. Conf.	
112				
80				
56				
40				
28				
20				
14				
10				
5				
2,5				
1,25				
0,630	100			
0,315	97			
0,160	85			
0,080	63			



DESCRIPTION			
Cailloux :	0 %	D ₁₀ :	0,009
Gravier :	0 %	D ₃₀ :	0,034
Sable :	37,5 %	D ₆₀ :	0,076
Silt :	58,3 %	C _c :	1,7
Argile :	4,2 %	C _u :	8,7
Classification unifiée :			
Description : Silt et sable, traces d'argile			

PAR SÉDIMENTOMÉTRIE (BNQ 2501-025)	
Diamètre (mm)	Passant (%)
0,0324	28,8
0,0172	19,2
0,0124	13,4
0,0084	9,6
0,0064	7,7
0,0045	5,8
0,0032	5,8
0,0013	3,8

ESSAIS DIVERS		
ESSAIS	RÉSULTATS	EXIGENCES
Teneur en matière organique	8%	

ESSAI PROCTOR (CAN/BNQ 2501-255)	
Méthode :	
Masse volumique maximale :	
Teneur en eau optimale :	

REMARQUES :

Essai de granulométrie après élimination de matière organique

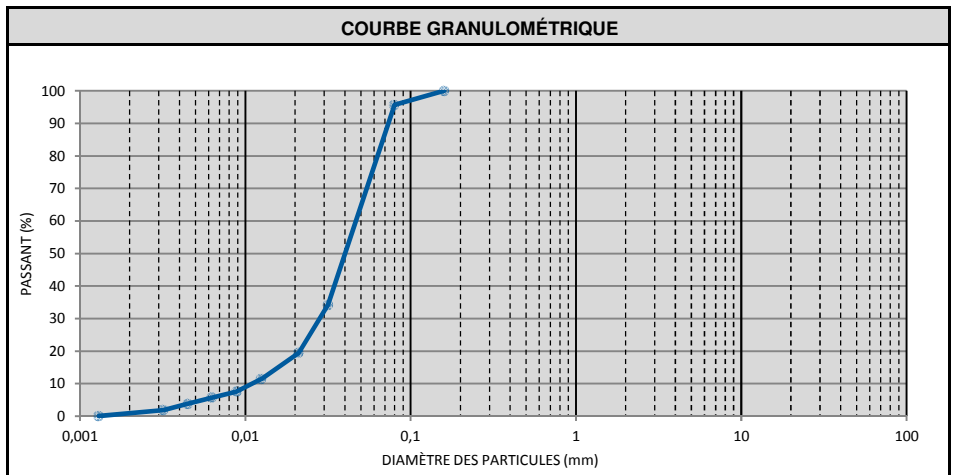


ESSAIS SUR SOLS ET MATÉRIAUX GRANULAIRES

CLIENT :	WSP	No. PROJET :	161-07163-00
SITE :	Canaux St-Zotique	No. D'ÉCHANTILLON LABORATOIRE :	355
		DATE D'ÉMISSION :	06/10/2016

MATÉRIEL			
Matériau :	Sol naturel	Provenance :	Forage
Calibre :	Silt, traces de sable et d'argile	Localisation :	SZ-SED-6
Usage :	Étude géotechnique		
Prélevé par :	Jean Carreau	Date :	02/08/2016
		Reçu le :	01/09/2016

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE				
PAR TAMISAGE (BNQ 2501-025)				
Tamais (mm)	Passant (%)	Exigences Min Max	N.Conf.	
112				
80				
56				
40				
28				
20				
14				
10				
5				
2,5				
1,25				
0,630				
0,315				
0,160	100			
0,080	96			



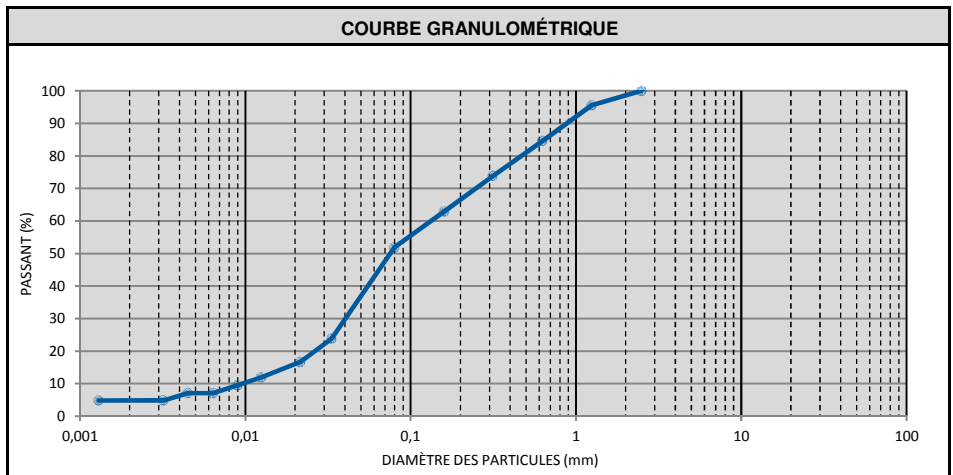


ESSAIS SUR SOLS ET MATÉRIAUX GRANULAIRES

CLIENT :	WSP	No. PROJET :	161-07163-00
SITE :	Canaux St-Zotique	No. D'ÉCHANTILLON LABORATOIRE :	356
		DATE D'ÉMISSION :	28/09/2016

MATÉRIEL			
Matériau :	Sol naturel	Provenance :	Forage
Calibre :	Sable et silt, traces d'argile	Localisation :	SZ-SED-7
Usage :	Étude géotechnique		
Prélevé par :	Jean Carreau	Date :	02/08/2016
		Reçu le :	01/09/2016

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE				
PAR TAMISAGE (BNQ 2501-025)				
Tamais (mm)	Passant (%)	Exigences Min	Exigences Max	N. Conf.
112				
80				
56				
40				
28				
20				
14				
10				
5				
2,5	100			
1,25	96			
0,630	85			
0,315	74			
0,160	63			
0,080	52			



DESCRIPTION		
Cailloux : 0 %	D ₁₀ : 0,010	Classification unifiée :
Gravier : 0 %	D ₃₀ : 0,044	Description : Sable et silt, traces d'argile
Sable : 48,1 %	D ₆₀ : 0,139	
Silt : 47,1 %	C _c : 1,4	
Argile : 4,8 %	C _u : 14,3	

PAR SÉDIMENTOMÉTRIE (BNQ 2501-025)	
Diamètre (mm)	Passant (%)
0,0333	23,8
0,0215	16,6
0,0125	11,9
0,0090	9,5
0,0064	7,1
0,0045	7,1
0,0032	4,8
0,0013	4,8

ESSAIS DIVERS		
ESSAIS	RÉSULTATS	EXIGENCES
Teneur en matière organique	25%	

ESSAI PROCTOR (CAN/BNQ 2501-255)	
Méthode :	
Masse volumique maximale :	
Teneur en eau optimale :	

REMARQUES :
Essai de granulométrie après élimination de matière organique

Préparé par : Sonia Bagué	Vérifié par : Abdelwahab Kamel, ing.	<i>Abdelwahab Kamel</i>
---------------------------	--------------------------------------	-------------------------

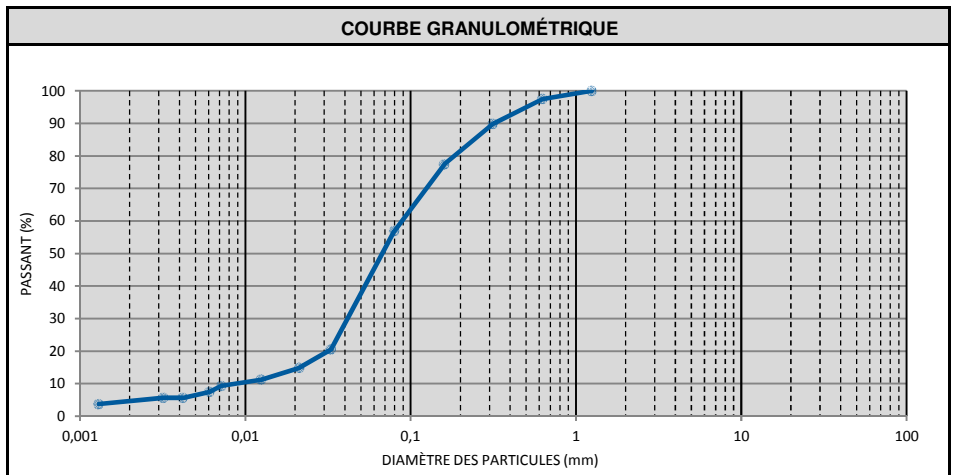


ESSAIS SUR SOLS ET MATÉRIAUX GRANULAIRES

CLIENT :	WSP	No. PROJET :	161-07163-00
SITE :	Canaux St-Zotique	No. D'ÉCHANTILLON LABORATOIRE :	357
		DATE D'ÉMISSION :	28/09/2016

MATÉRIEL			
Matériau :	Sol naturel	Provenance :	Forage
Calibre :	Silt et sable, traces d'argile	Localisation :	SZ-SED-8
Usage :	Étude géotechnique		
Prélevé par :	Jean Carreau	Date :	02/08/2016
		Reçu le :	01/09/2016

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE				
PAR TAMISAGE (BNQ 2501-025)				
Tamais (mm)	Passant (%)	Exigences Min Max		N. Conf.
112				
80				
56				
40				
28				
20				
14				
10				
5				
2,5				
1,25	100			
0,630	98			
0,315	90			
0,160	77			
0,080	57			



DESCRIPTION			
Cailloux :	0 %	D ₁₀ :	0,009
Gravier :	0 %	D ₃₀ :	0,045
Sable :	43,1 %	D ₆₀ :	0,092
Silt :	52,7 %	C _c :	2,4
Argile :	4,2 %	C _u :	10,1
Classification unifiée : Silt et sable, traces d'argile			

PAR SÉDIMENTOMÉTRIE (BNQ 2501-025)	
Diamètre (mm)	Passant (%)
0,0331	20,5
0,0213	14,9
0,0125	11,2
0,0072	9,3
0,0061	7,5
0,0042	5,6
0,0032	5,6
0,0013	3,7

ESSAIS DIVERS		
ESSAIS	RÉSULTATS	EXIGENCES
Teneur en matière organique	40%	

ESSAI PROCTOR (CAN/BNQ 2501-255)	
Méthode :	
Masse volumique maximale :	
Teneur en eau optimale :	

REMARQUES :

Essai de granulométrie après élimination de matière organique

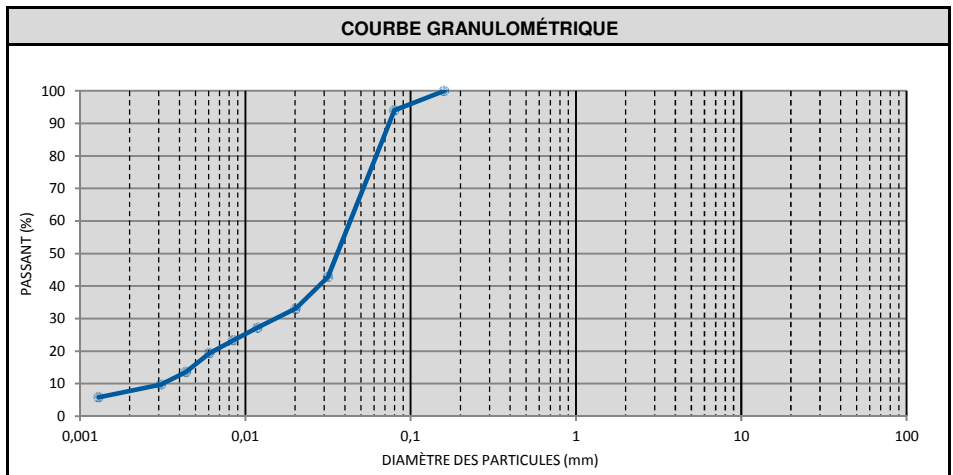


ESSAIS SUR SOLS ET MATÉRIAUX GRANULAIRES

CLIENT :	WSP	No. PROJET :	161-07163-00
SITE :	Canaux St-Zotique	No. D'ÉCHANTILLON LABORATOIRE :	358
		DATE D'ÉMISSION :	28/09/2016

MATÉRIEL			
Matériau :	Sol naturel	Provenance :	Forage
Calibre :	Silt, traces d'argile et de sable	Localisation :	SZ-SED-9
Usage :	Étude géotechnique		
Prélevé par :	Jean Carreau	Date :	02/08/2016
		Reçu le :	01/09/2016

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE				
PAR TAMISAGE (BNQ 2501-025)				
Tamais (mm)	Passant (%)	Exigences Min Max	N.Conf.	
112				
80				
56				
40				
28				
20				
14				
10				
5				
2,5				
1,25				
0,630				
0,315				
0,160	100			
0,080	94			



DESCRIPTION			
Cailloux :	0 %	D ₁₀ :	0,003
Gravier :	0 %	D ₃₀ :	0,016
Sable :	6 %	D ₆₀ :	0,048
Silt :	86,7 %	C _c :	1,6
Argile :	7,3 %	C _u :	15,0
		Classification unifiée :	
		Description :	Silt, traces d'argile et de sable

PAR SÉDIMENTOMÉTRIE (BNQ 2501-025)	
Diamètre (mm)	Passant (%)
0,0317	42,8
0,0202	33,0
0,0119	27,2
0,0085	23,3
0,0061	19,4
0,0044	13,6
0,0031	9,7
0,0013	5,8

ESSAIS DIVERS		
ESSAIS	RÉSULTATS	EXIGENCES
Teneur en matière organique	6%	

ESSAI PROCTOR (CAN/BNQ 2501-255)	
Méthode :	
Masse volumique maximale :	
Teneur en eau optimale :	

REMARQUES :
Essai de granulométrie après élimination de matière organique

Préparé par : Sonia Bagué	Vérifié par : Abdelwahab Kamel, ing.	<i>Abdelwahab Kamel</i>
---------------------------	--------------------------------------	-------------------------

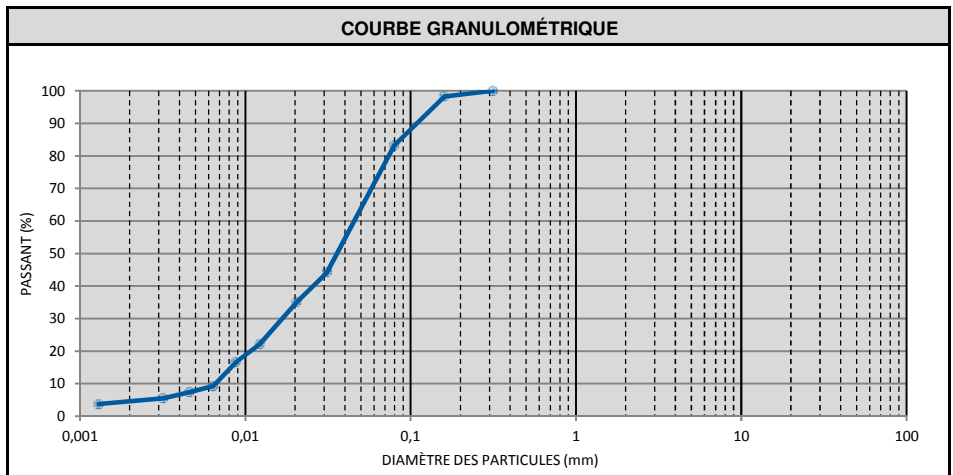


ESSAIS SUR SOLS ET MATÉRIAUX GRANULAIRES

CLIENT :	WSP	No. PROJET :	161-07163-00
SITE :	Canaux St-Zotique	No. D'ÉCHANTILLON LABORATOIRE :	359
		DATE D'ÉMISSION :	28/09/2016

MATÉRIEL			
Matériau :	Sol naturel	Provenance :	Forage
Calibre :	Silt, un peu de sable, traces d'argile	Localisation :	SZ-SED-10
Usage :	Étude géotechnique		
Prélevé par :	Jean Carreau	Date :	02/08/2016
		Reçu le :	01/09/2016

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE				
PAR TAMISAGE (BNQ 2501-025)				
Tamais (mm)	Passant (%)	Exigences Min Max	N. Conf.	
112				
80				
56				
40				
28				
20				
14				
10				
5				
2,5				
1,25				
0,630				
0,315	100			
0,160	98			
0,080	83			



DESCRIPTION			
Cailloux :	0 %	D ₁₀ :	0,007
Gravier :	0 %	D ₃₀ :	0,017
Sable :	16,7 %	D ₆₀ :	0,051
Silt :	78,9 %	C _c :	0,9
Argile :	4,4 %	C _u :	7,6
Classification unifiée : Silt, un peu de sable, traces d'argile			

PAR SÉDIMENTOMÉTRIE (BNQ 2501-025)	
Diamètre (mm)	Passant (%)
0,0313	44,3
0,0205	35,1
0,0123	22,2
0,0088	16,6
0,0064	9,2
0,0046	7,4
0,0032	5,5
0,0013	3,7

ESSAIS DIVERS		
ESSAIS	RÉSULTATS	EXIGENCES
Teneur en matière organique	14%	

ESSAI PROCTOR (CAN/BNQ 2501-255)	
Méthode :	
Masse volumique maximale :	
Teneur en eau optimale :	

REMARQUES :
Essai de granulométrie après élimination de matière organique

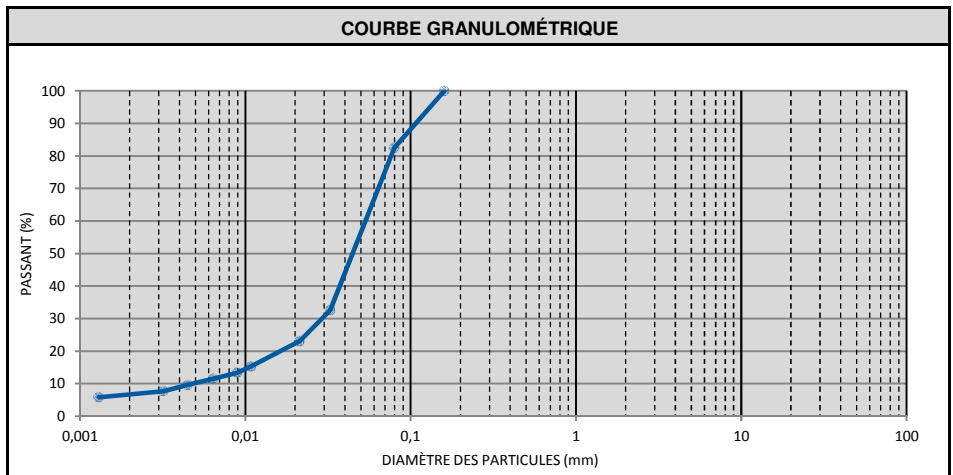


ESSAIS SUR SOLS ET MATÉRIAUX GRANULAIRES

CLIENT :	WSP	No. PROJET :	161-07163-00
SITE :	Canaux St-Zotique	No. D'ÉCHANTILLON LABORATOIRE :	360
		DATE D'ÉMISSION :	28/09/2016

MATÉRIEL			
Matériau :	Sol naturel	Provenance :	Forage
Calibre :	Silt, un peu de sable, traces d'argile	Localisation :	SZ-SED-11
Usage :	Étude géotechnique		
Prélevé par :	Jean Carreau	Date :	02/08/2016
		Reçu le :	01/09/2016

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE				
PAR TAMISAGE (BNQ 2501-025)				
Tamis (mm)	Passant (%)	Exigences Min Max	N.Conf.	
112				
80				
56				
40				
28				
20				
14				
10				
5				
2,5				
1,25				
0,630				
0,315				
0,160	100			
0,080	83			



DESCRIPTION			
Cailloux :	0 %	D ₁₀ :	0,005
Gravier :	0 %	D ₃₀ :	0,030
Sable :	17,5 %	D ₆₀ :	0,059
Silt :	76,0 %	C _c :	3,1
Argile :	6,5 %	C _u :	12,0
		Classification unifiée :	
		Description :	Silt, un peu de sable, traces d'argile

PAR SÉDIMENTOMÉTRIE (BNQ 2501-025)	
Diamètre (mm)	Passant (%)
0,0327	32,6
0,0213	23,0
0,0109	15,3
0,0090	13,4
0,0064	11,5
0,0045	9,6
0,0032	7,7
0,0013	5,8

ESSAIS DIVERS		
ESSAIS	RÉSULTATS	EXIGENCES
Teneur en matière organique	32%	

ESSAI PROCTOR (CAN/BNQ 2501-255)	
Méthode :	
Masse volumique maximale :	
Teneur en eau optimale :	

REMARQUES :

Essai de granulométrie après élimination de matière organique

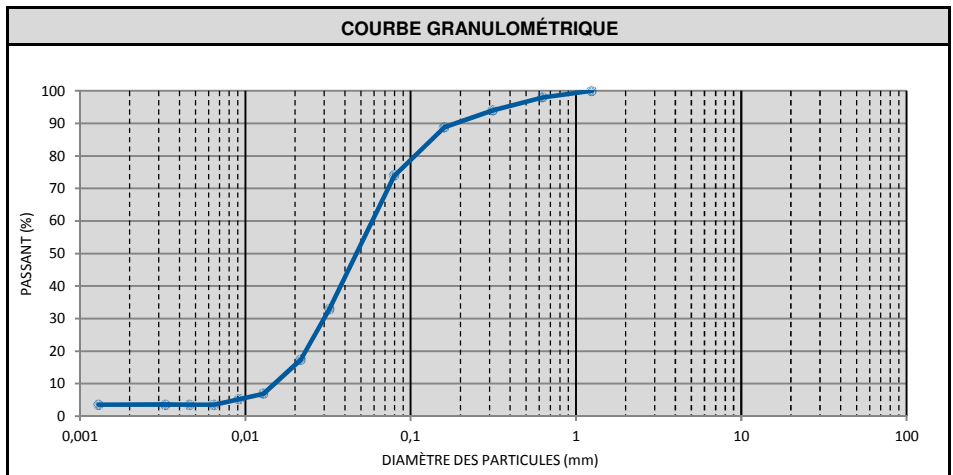


ESSAIS SUR SOLS ET MATÉRIAUX GRANULAIRES

CLIENT :	WSP	No. PROJET :	161-07163-00
SITE :	Canaux St-Zotique	No. D'ÉCHANTILLON LABORATOIRE :	361
		DATE D'ÉMISSION :	28/09/2016

MATÉRIEL			
Matériau :	Sol naturel	Provenance :	Forage
Calibre :	Silt sableux, traces d'argile	Localisation :	SZ-SED-12
Usage :	Étude géotechnique		
Prélevé par :	Jean Carreau	Date :	02/08/2016
		Reçu le :	01/09/2016

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE				
PAR TAMISAGE (BNQ 2501-025)				
Tamis (mm)	Passant (%)	Exigences Min	Exigences Max	N.Conf.
112				
80				
56				
40				
28				
20				
14				
10				
5				
2,5				
1,25	100			
0,630	98			
0,315	94			
0,160	89			
0,080	74			



DESCRIPTION			
Cailloux :	0 %	D ₁₀ :	0,016
Gravier :	0 %	D ₃₀ :	0,030
Sable :	26 %	D ₆₀ :	0,064
Silt :	70,5 %	C _c :	0,9
Argile :	3,5 %	C _u :	4,1
		Classification unifiée :	
		Description :	Silt sableux, traces d'argile

PAR SÉDIMENTOMÉTRIE (BNQ 2501-025)	
Diamètre (mm)	Passant (%)
0,0324	32,9
0,0217	17,3
0,0129	6,9
0,0092	5,2
0,0065	3,5
0,0046	3,5
0,0033	3,5
0,0013	3,5

ESSAIS DIVERS		
ESSAIS	RÉSULTATS	EXIGENCES
Teneur en matière organique	27%	

ESSAI PROCTOR (CAN/BNQ 2501-255)	
Méthode :	
Masse volumique maximale :	
Teneur en eau optimale :	

REMARQUES :

Essai de granulométrie après élimination de matière organique

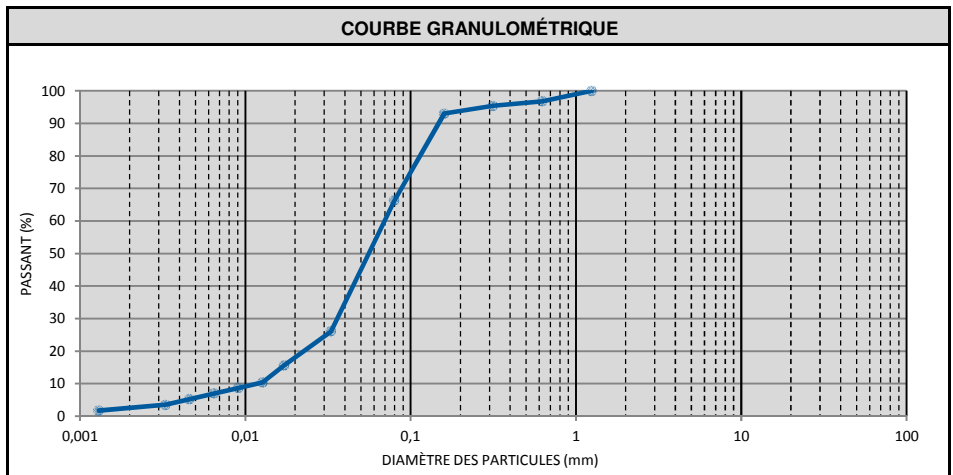


ESSAIS SUR SOLS ET MATÉRIAUX GRANULAIRES

CLIENT :	WSP	No. PROJET :	161-07163-00
SITE :	Canaux St-Zotique	No. D'ÉCHANTILLON LABORATOIRE :	362
		DATE D'ÉMISSION :	28/09/2016

MATÉRIEL			
Matériau :	Sol naturel	Provenance :	Forage
Calibre :	Silt sableux. Traces d'argile	Localisation :	SZ-SED-13
Usage :	Étude géotechnique		
Prélevé par :	Jean Carreau	Date :	02/08/2016
		Reçu le :	01/09/2016

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE				
PAR TAMISAGE (BNQ 2501-025)				
Tamis (mm)	Passant (%)	Exigences Min Max		N.Conf.
112				
80				
56				
40				
28				
20				
14				
10				
5				
2,5				
1,25	100			
0,630	97			
0,315	95			
0,160	93			
0,080	66			



DESCRIPTION			
Cailloux :	0 %	D ₁₀ :	0,012
Gravier :	0 %	D ₃₀ :	0,038
Sable :	33,7 %	D ₆₀ :	0,073
Silt :	64,0 %	C _c :	1,6
Argile :	2,3 %	C _u :	6,1
Classification unifiée :		Description : Silt sableux. Traces d'argile	

PAR SÉDIMENTOMÉTRIE (BNQ 2501-025)	
Diamètre (mm)	Passant (%)
0,0331	26,1
0,0172	15,6
0,0128	10,4
0,0091	8,7
0,0065	7,0
0,0046	5,2
0,0033	3,5
0,0013	1,7

ESSAIS DIVERS		
ESSAIS	RÉSULTATS	EXIGENCES
Teneur en matière organique	18%	

ESSAI PROCTOR (CAN/BNQ 2501-255)	
Méthode :	
Masse volumique maximale :	
Teneur en eau optimale :	

REMARQUES :
Essai de granulométrie après élimination de matière organique

Préparé par : Sonia Bagué	Vérifié par : Abdelwahab Kamel, ing.	<i>Abdelwahab Kamel</i>
---------------------------	--------------------------------------	-------------------------

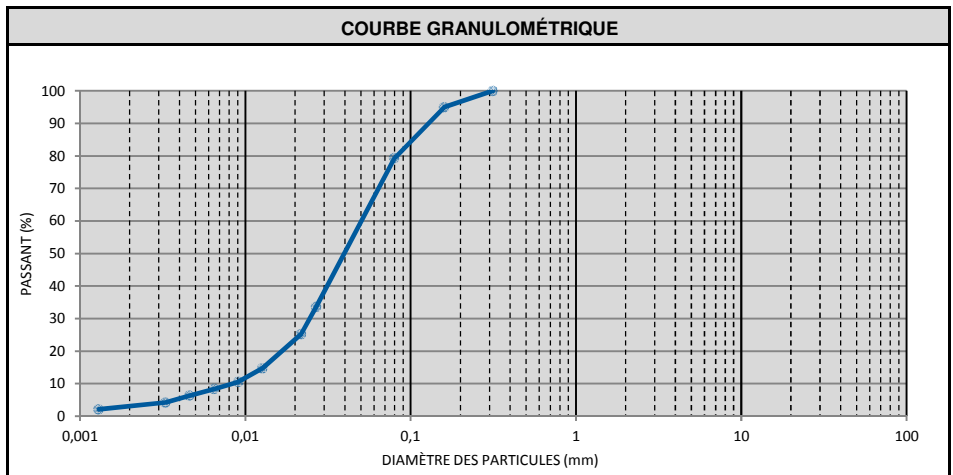


ESSAIS SUR SOLS ET MATÉRIAUX GRANULAIRES

CLIENT :	WSP	No. PROJET :	161-07163-00
SITE :	Canaux St-Zotique	No. D'ÉCHANTILLON LABORATOIRE :	363
		DATE D'ÉMISSION :	28/09/2016

MATÉRIEL			
Matériau :	Sol naturel	Provenance :	Forage
Calibre :	Silt sableux, traces d'argile	Localisation :	SZ-SED-14
Usage :	Étude géotechnique		
Prélevé par :	Jean Carreau	Date :	02/08/2016
		Reçu le :	01/09/2016

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE				
PAR TAMISAGE (BNQ 2501-025)				
Tamis (mm)	Passant (%)	Exigences Min Max	N. Conf.	
112				
80				
56				
40				
28				
20				
14				
10				
5				
2,5				
1,25				
0,630				
0,315	100			
0,160	95			
0,080	79			



DESCRIPTION			
Cailloux :	0 %	D ₁₀ :	0,008
Gravier :	0 %	D ₃₀ :	0,025
Sable :	20,7 %	D ₆₀ :	0,058
Silt :	76,5 %	C _c :	1,3
Argile :	2,8 %	C _u :	6,8
Classification unifiée : Silt sableux, traces d'argile			

PAR SÉDIMENTOMÉTRIE (BNQ 2501-025)	
Diamètre (mm)	Passant (%)
0,0269	33,6
0,0218	25,2
0,0127	14,7
0,0091	10,5
0,0065	8,4
0,0046	6,3
0,0033	4,2
0,0013	2,1

ESSAIS DIVERS		
ESSAIS	RÉSULTATS	EXIGENCES
Teneur en matière organique	17%	

ESSAI PROCTOR (CAN/BNQ 2501-255)	
Méthode :	
Masse volumique maximale :	
Teneur en eau optimale :	

REMARQUES :
Essai de granulométrie après élimination de matière organique

Préparé par : Sonia Bagué	Vérifié par : Abdelwahab Kamel, ing.	<i>Abdelwahab Kamel</i>
---------------------------	--------------------------------------	-------------------------

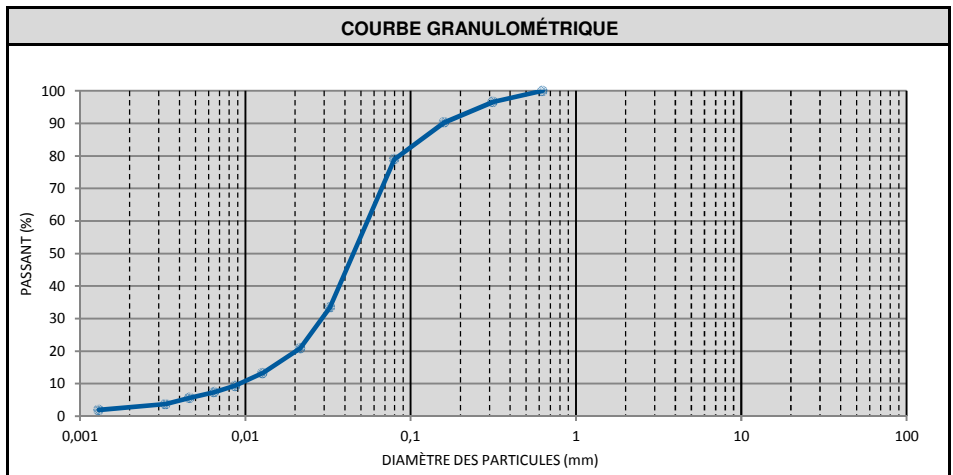


ESSAIS SUR SOLS ET MATÉRIAUX GRANULAIRES

CLIENT :	WSP	No. PROJET :	161-07163-00
SITE :	Canaux St-Zotique	No. D'ÉCHANTILLON LABORATOIRE :	364
		DATE D'ÉMISSION :	28/09/2016

MATÉRIEL			
Matériau :	Sol naturel	Provenance :	Forage
Calibre :	Silt sableux, traces d'argile	Localisation :	SZ-SED-15
Usage :	Étude géotechnique		
Prélevé par :	Jean Carreau	Date :	02/08/2016
		Reçu le :	01/09/2016

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE				
PAR TAMISAGE (BNQ 2501-025)				
Tamais (mm)	Passant (%)	Exigences Min	Max	N. Conf.
112				
80				
56				
40				
28				
20				
14				
10				
5				
2,5				
1,25				
0,630	100			
0,315	97			
0,160	90			
0,080	79			



DESCRIPTION			
Cailloux :	0 %	D ₁₀ :	0,009
Gravier :	0 %	D ₃₀ :	0,030
Sable :	21 %	D ₆₀ :	0,060
Silt :	76,5 %	C _c :	1,5
Argile :	2,5 %	C _u :	6,4
Classification unifiée :		Description : Silt sableux, traces d'argile	

PAR SÉDIMENTOMÉTRIE (BNQ 2501-025)	
Diamètre (mm)	Passant (%)
0,0326	33,5
0,0215	20,9
0,0127	13,2
0,0087	9,3
0,0065	7,4
0,0046	5,6
0,0033	3,7
0,0013	1,9

ESSAIS DIVERS		
ESSAIS	RÉSULTATS	EXIGENCES
Teneur en matière organique	18%	

ESSAI PROCTOR (CAN/BNQ 2501-255)	
Méthode :	
Masse volumique maximale :	
Teneur en eau optimale :	

REMARQUES :
Essai de granulométrie après élimination de matière organique

Préparé par : Sonia Bagué	Vérifié par : Abdelwahab Kamel, ing.	<i>Abdelwahab Kamel</i>
---------------------------	--------------------------------------	-------------------------

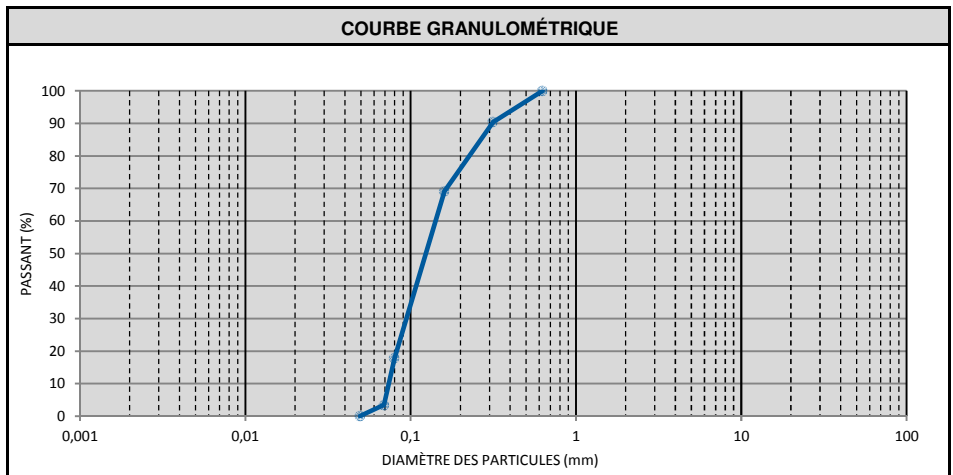


ESSAIS SUR SOLS ET MATÉRIAUX GRANULAIRES

CLIENT :	WSP	No. PROJET :	161-07163-00
SITE :	Canaux St-Zotique	No. D'ÉCHANTILLON LABORATOIRE :	365
		DATE D'ÉMISSION :	19-09-2016

MATÉRIEL			
Matériau :	Sol naturel	Provenance :	Forage
Calibre :	Sable, un peu de silt	Localisation :	SZ-SED-16
Usage :	Étude géotechnique		
Prélevé par :	Jean Carreau	Date :	02/08/2016
		Reçu le :	01/09/2016

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE				
PAR TAMISAGE (BNQ 2501-025)				
Tamis (mm)	Passant (%)	Exigences Min	Exigences Max	N. Conf.
112				
80				
56				
40				
28				
20				
14				
10				
5				
2,5				
1,25				
0,630	100			
0,315	90			
0,160	69			
0,080	18			



DESCRIPTION			
Cailloux :	0 %	D ₁₀ :	0,074
Gravier :	0 %	D ₃₀ :	0,099
Sable :	82,2 %	D ₆₀ :	0,146
Silt :	18,0 %	C _c :	0,9
Argile :	0,0 %	C _u :	2,0
Classification unifiée : Sable, un peu de silt			

PAR SÉDIMENTOMÉTRIE (BNQ 2501-025)	
Diamètre (mm)	Passant (%)
0,0691	3,4
0,0495	0,0

ESSAIS DIVERS		
ESSAIS	RÉSULTATS	EXIGENCES
Teneur en matière organique	6%	

ESSAI PROCTOR (CAN/BNQ 2501-255)	
Méthode :	
Masse volumique maximale :	
Teneur en eau optimale :	

REMARQUES :

Essai de granulométrie après élimination de matière organique

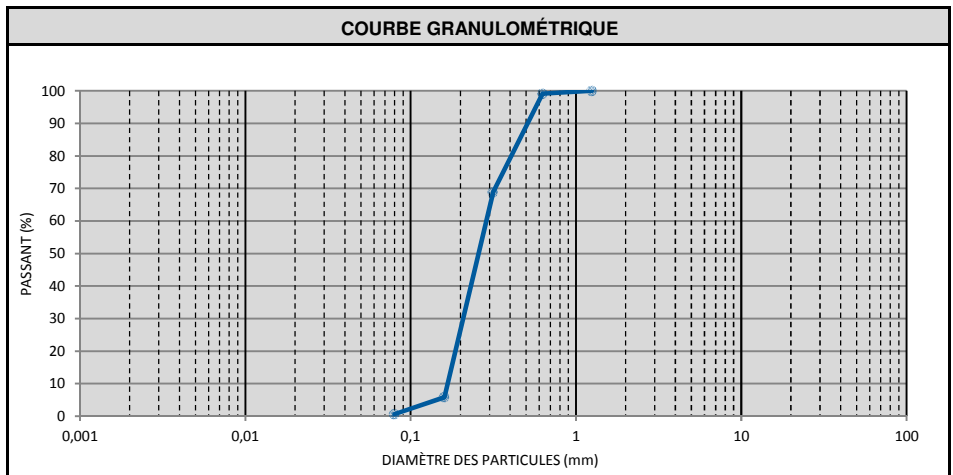


ESSAIS SUR SOLS ET MATÉRIAUX GRANULAIRES

CLIENT : WSP	No. PROJET : 161-07163-00
SITE : Canaux St-Zotique	No. D'ÉCHANTILLON LABORATOIRE : 366
	DATE D'ÉMISSION : 19-09-2016

MATÉRIEL					
Matériau :	Sol naturel		Provenance :	Forage	
Calibre :	Sable, traces de silt		Localisation :	SZ-SED-17	
Usage :	Étude géotechnique				
Prélevé par :	Jean Carreau	Date :	02/08/2016	Reçu le :	01/09/2016

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE				
PAR TAMISAGE (BNQ 2501-025)				
Tamis (mm)	Passant (%)	Exigences Min Max		N.Conf.
112				
80				
56				
40				
28				
20				
14				
10				
5				
2,5				
1,25	100			
0,630	99			
0,315	69			
0,160	6			
0,080	0,6			



DESCRIPTION			
Cailloux : 0 %	D ₁₀ : 0,170	Classification unifiée :	
Gravier : 0 %	D ₃₀ : 0,220	Description : Sable, traces de silt	
Sable : 99,4 %	D ₆₀ : 0,293		
Silt : 0,6 %	C _c : 1,0		
Argile : %	C _u : 1,7		

PAR SÉDIMENTOMÉTRIE (BNQ 2501-025)	
Diamètre (mm)	Passant (%)

ESSAIS DIVERS		
ESSAIS	RÉSULTATS	EXIGENCES

ESSAI PROCTOR (CAN/BNQ 2501-255)	
Méthode :	
Masse volumique maximale :	
Teneur en eau optimale :	

REMARQUES :

Préparé par : Sonia Bagué	Vérifié par : Abdelwahab Kamel, ing.	
---------------------------	--------------------------------------	--

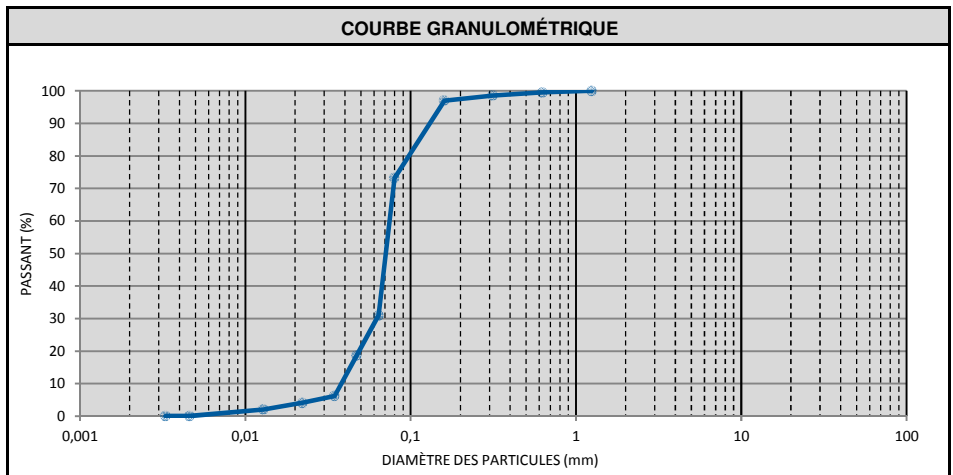


ESSAIS SUR SOLS ET MATÉRIAUX GRANULAIRES

CLIENT :	WSP	No. PROJET :	161-07163-00
SITE :	Canaux St-Zotique	No. D'ÉCHANTILLON LABORATOIRE :	367
		DATE D'ÉMISSION :	19-09-2016

MATÉRIEL			
Matériau :	Sol naturel	Provenance :	Forage
Calibre :	Silt sableux	Localisation :	SZ-SED-18
Usage :	Étude géotechnique		
Prélevé par :	Jean Carreau	Date :	02/08/2016
		Reçu le :	01/09/2016

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE				
PAR TAMISAGE (BNQ 2501-025)				
Tamis (mm)	Passant (%)	Exigences Min	Exigences Max	N.Conf.
112				
80				
56				
40				
28				
20				
14				
10				
5				
2,5				
1,25	100			
0,630	100			
0,315	99			
0,160	97			
0,080	73			



DESCRIPTION			
Cailloux :	0 %	D ₁₀ :	0,039
Gravier :	0 %	D ₃₀ :	0,063
Sable :	26,8 %	D ₆₀ :	0,075
Silt :	73,2 %	C _c :	1,4
Argile :	0,0 %	C _u :	1,9
		Classification unifiée :	
		Description : Silt sableux	

PAR SÉDIMENTOMÉTRIE (BNQ 2501-025)	
Diamètre (mm)	Passant (%)
0,0641	30,9
0,0472	18,6
0,0347	6,2
0,0222	4,1
0,0129	2,1
0,0046	0,0
0,0033	0,0
	0,0
	0,0

ESSAIS DIVERS		
ESSAIS	RÉSULTATS	EXIGENCES
Teneur en matière organique	0,4%	

ESSAI PROCTOR (CAN/BNQ 2501-255)	
Méthode :	
Masse volumique maximale :	
Teneur en eau optimale :	

REMARQUES :

ANNEXE 3-4

AVIS PROFESSIONNEL SUR LE POTENTIEL ARCHÉOLOGIQUE

Avis professionnel sur le potentiel archéologique pour le
projet de dragage des canaux de la Municipalité de
Saint-Zotique et construction possible d'un brise-lames



par

Yves Chrétien, Ph.D., archéologue

présenté à

WSP Canada inc.

Septembre 2016

Avis professionnel sur le potentiel archéologique pour le
projet de dragage des canaux de la Municipalité de
Saint-Zotique et construction possible d'un brise-lames

Réalisé par

Yves Chrétien, Ph.D., archéologue
Responsable du projet archéologique

Avec la collaboration de

M. Bernard Fournier, B. Sc.A., M. ATDR,
Directeur stratégique, Unité Environnement, WSP

Document présenté à

WSP Canada inc.

Septembre 2016

© Yves Chrétien, 2016

Page couverture : Vue d'une section des canaux qui feront l'objet du
dragage.

Table des matières

Table des matières	I
Liste des illustrations	I
1- Introduction	1
2- Contexte environnemental ancien et actuel.....	2
3- Contexte archéologique.....	6
4- Évaluation du potentiel archéologique	8
5- Recommandations	12
6- Références bibliographiques	13

Liste des illustrations

Carte 1 : Localisation générale de la zone d'étude.....	3
Carte 2 : Éléments du projet de dragage.....	4
Carte 3 : Des Barres, 1781	10
Carte 4 : Bouchette, 1815	11
Carte 5 : Bouchette, 1831	11

Introduction

Le projet de dragage des canaux de la Municipalité de Saint-Zotique est en lien avec l'envasement graduel et la prolifération de plantes aquatiques, qui nuisent à la circulation nautique. La construction possible d'un brise-lame dans le lac Saint-François en amont de la plage municipale a pour but « ... de réduire l'ensablement récurrent à l'entrée du canal S-4. La Municipalité de Saint-Zotique souhaite donc, à des fins de sécurité nautique, mettre en place des brise-lames à la sortie des canaux et en amont de la plage municipale de même que procéder au dragage des 25 canaux. » (WSP, 2016).

Dans ce contexte, WSP Canada inc., qui est en charge de réaliser l'étude d'impact environnemental pour le projet de dragage des canaux, a mandaté M. Yves Chrétien, Ph.D., archéologue, pour la réalisation d'un avis professionnel sur le potentiel archéologique de la zone d'étude du projet. Dans ce dossier, WSP est représenté par M. Bernard Fournier, B.Sc.A., M. ATDR, Directeur stratégique, Unité Environnement.

Le présent avis livre dans un premier temps les informations de base sur le contexte environnemental ancien et actuel, dans lequel s'insère le projet. Par la suite, le contexte archéologique régional et local est exposé, afin de comprendre dans quel environnement culturel le projet prend place, puis pour donner une idée du type d'occupation humaine ancienne qu'il est possible de rencontrer au cours des travaux.

En troisième lieu, le potentiel archéologique de la zone d'étude est évalué en tenant compte de la nature des aménagements physiques du projet et des perturbations éventuelles du sol au cours des travaux. Enfin, suite à l'intégration des informations précédentes et compte tenu de leur nature, des recommandations sont émises quant au type de protection éventuelle qu'il convient de mettre en application, pour assurer la préservation des vestiges archéologiques potentiels.

2- Contexte environnemental ancien et actuel

La zone d'étude du projet de dragage des canaux de Saint-Zotique se trouve sur la rive nord du lac Saint-François (carte 1), environ à 9 kilomètres en ligne droite de la pointe ouest de la Grande île de Valleyfield.

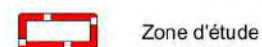
Le lac Saint-François constitue un élargissement du fleuve Saint-Laurent et s'étend pratiquement sur 63 km de longueur en ligne droite dans l'axe est-ouest, de Melocheville à Cornwall (Ontario). Il atteint une largeur maximale de 6 km en face de Saint-Zotique. À la fin des années 1920, le barrage de Melocheville en aval du lac Saint-François a rehaussé le niveau du plan d'eau de 40 cm, comparé à son niveau naturel. Ce faible rehaussement a peu modifié le tracé des lignes du rivage naturel. Les fluctuations du niveau du lac ont été stabilisées par les barrages Coteaux 1, 2 et 3 construits en 1933, 1934 et 1943¹. Ces barrages ne modifient pas le niveau du lac qui se maintient à 46,5 m d'altitude (La Violette, 2004), mais servent plutôt à diriger le flux majeur du fleuve Saint-Laurent vers le canal de Beauharnois, où passe la voie maritime du Saint-Laurent.

Les autres éléments naturels à caractère hydrographique qui caractérisent le secteur de Saint-Zotique sont situés de part et d'autre de la municipalité, avec la rivière Beaudette qui se déverse dans le lac Saint-François du côté ouest et l'archipel des îles de Valleyfield du côté est. S'ajoutent à cela deux canaux artificiels, soit le canal Soulanges entre Les Coteaux et Pointe des Cascades sur la rive nord, puis le canal Beauharnois au sud.

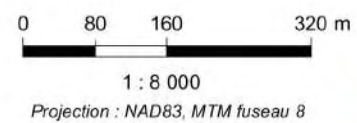
Les canaux de Saint-Zotique qui feront l'objet du projet de dragage sont des constructions datant du début des années 1960 (carte 2 ; WSP, 2016). La consultation d'une carte ancienne de 1937 du comté de Soulanges montre que tout le secteur de la zone d'étude se trouvait alors en contexte agricole avec des terres longilignes ayant façade sur le lac Saint-François. Le parc municipal de Saint-Zotique occupe deux de ces terres contiguës en largeur. L'existence des canaux n'a donc aucune profondeur historique, puisqu'ils ont été creusés dans des terres agricoles, qui présentaient au plus cinq ruisseaux se déversant au fleuve.

¹ Liste des barrages du ministère du Développement durable, Environnement et lutte contre les changements climatiques du Québec (2016).





Zone d'étude



**ÉTUDE D'IMPACT SUR
L'ENVIRONNEMENT - Dragage
des canaux de la Municipalité
de Saint-Zotique et construction
de brise-lames**

Saint-Zotique, Qc

Carte 2
Éléments du projet de dragage

Sources :
Orthophotos : © GéoMont, tous droits réservés, 2014,
résolution 30 cm
Cartes : - ESRI World topographic Map
- RNCan, BNDT 1 : 250 000, 31G
Limites de municipalités : SDA20K, 2010-01

Préparée par : V. Armstrong
Dessinée par : F.-X. Lafortune
Vérifiée par : B. Fournier



Outre le parc et la plage municipale, qui forment un bloc préservé avec une forêt mature, il se trouve également deux vastes espaces non construits à l'est de la Pointe-au-Foin (entrée S-3, canal 5). Ils présentent un terrain plat à une altitude de 47 m, soit environ 0,5 m au-dessus du niveau du lac. La visite sur les lieux le 29 juillet 2016 a permis de constater qu'il s'agissait de zones humides complètement envahies par les roseaux phragmites. La carte topographique de 1974 présente d'ailleurs une trame indiquant la présence d'un marais ou marécage sur la superficie des zones non construites.

Du point de vue de l'environnement ancien, la paléogéographie révèle une configuration différente, en lien avec les anciens niveaux marins qui affectaient toute la région de Montréal, suite à la dernière glaciation. L'altitude moyenne actuelle de la zone d'étude se trouve à 47 m, ce qui correspond à une phase tardive du paléorivage du lac à Lampsilis vers 8 500 ans AA. À cette époque, la branche sud-ouest du lac à Lampsilis s'ajustait d'assez près à la configuration actuelle du lac Saint-François.

L'examen des courbes de niveau sur la carte topographique révèle que toute la municipalité de Saint-Zotique et les environs, de la rivière Beaudette à l'ouest jusqu'à Saint-Polycarpe au nord, forment une vaste plaine d'altitude uniforme autour de 48 m. On ne retrouve pas de démarcation altimétrique et ainsi, la moindre variation du niveau de l'eau en relation avec le lac à Lampsilis ou la mer de Champlain devait alors recouvrir ou libérer de vastes étendues de terres. Il ne se trouve donc pas de repère de paléorivage qui pourrait retenir l'attention dans la définition de zones de potentiel archéologique, à proximité de la zone d'étude.

3- Contexte archéologique

Aucun site archéologique n'est connu à l'intérieur de la zone d'étude. Le site archéologique le plus rapproché (BhFn-30) se trouve à 4,3 kilomètres en direction ouest, juste à l'ouest de la rivière Beaudette. Il s'agirait d'un ancien établissement agricole, qui a livré des artefacts en céramique, en verre et en métal (clous) datant du 19^e siècle (Dumais, 2003).

Le second site le plus rapproché (BhFn-31) se trouve à 8 kilomètres au nord, dans la municipalité de Saint-Polycarpe. Il s'agirait encore d'un ancien établissement agricole, qui a livré des artefacts en céramique, en verre et en métal (clous), en relation avec des fondations en pierres maçonnées, datant du 19^e siècle (Arkéos, 2006).

L'autre secteur d'intérêt du point de vue archéologique se trouve dans l'archipel des îles de Valleyfield, à 10 kilomètres au nord-ouest de la Pointe-au-Foin avec les îles Aloigny, de Beaujeu, d'Adoncourt, Longueuil, Liénard, Arthur et Dondaine. Les recherches archéologiques conduites sur les îles ont permis la mise au jour de 26 sites, auxquels s'ajoutent deux sites sur la terre ferme à Coteau-du-Lac et deux sites subaquatiques, dont un dépôt industriel de céramique et le site du naufrage de l'artillerie de Amherst (1760). Les 26 sites sur les îles ont tous livré des composantes amérindiennes préhistoriques s'étalant de la période de l'Archaïque au Sylvicole supérieur, tandis que quatre d'entre eux présentaient également une composante de la période historique. Sur la terre ferme, le site du Fort de Coteau-du-lac (BhFn-1) présentait pour sa part une importante composante préhistorique de l'Archaïque laurentien, avec des sépultures humaines (Marois, 1987). Ce regroupement de sites archéologiques correspond à un point fort régional de l'occupation humaine ancienne du territoire.

L'examen de la carte de l'Inventaire des Sites Archéologiques du Québec (ISAQ), révèle également la présence d'une recherche par inventaire sur le terrain effectuée en 1965 (Pendergast, 1965), couvrant le secteur général de la jonction entre la rivière des Outaouais et le fleuve Saint-Laurent, autant du côté québécois, que du côté ontarien. L'inventaire s'étendait également sur la rive nord du lac Saint-François, à Saint-Zotique et Rivière Beaudette. D'ailleurs, deux zones de cet inventaire se trouvent directement à l'intérieur des limites de la zone d'étude, à la Pointe-au-Foin et dans le secteur des canaux ouest, englobant l'embouchure S-7 du canal 24

et s'étendant vers l'ouest. Ces deux secteurs ont probablement été inspectés avant que le creusement des canaux n'ait altéré leur aspect agricole.

Les recherches conduites par M. James Pendergast (1965) étaient réalisées pour le compte du Musée national de l'Homme à Ottawa et avaient pour objectif de découvrir des sites villageois associés aux Iroquoiens du Saint-Laurent. Les résultats de cette recherche pour le secteur de la zone d'étude en particulier sont demeurés négatifs.

4- Évaluation du potentiel archéologique

Pour la période préhistorique, il n'existe pas d'archives écrites et l'évaluation du potentiel procède par l'utilisation d'un modèle prédictif. Ce modèle est à la base du travail d'évaluation du potentiel archéologique et il relève de l'utilisation de variables spécifiques en relation avec les données archéologiques déjà connues.

L'hydrographie est la première variable considérée. Les composantes du réseau hydrographique fournissaient l'eau potable et une réserve de nourriture, puis dans plusieurs cas, constituaient des axes de circulation. La jonction entre deux rivières, la décharge d'un lac, un ruisseau ou une rivière qui se jette dans un lac ou un détroit sur un important cours d'eau, sont autant d'endroits propices aux découvertes.

La seconde variable est la pente du terrain. Une fois que des espaces intéressants du point de vue hydrographique sont circonscrits, il faut chercher les espaces habitables à proximité. Ces espaces sont d'abord déterminés par la pente du terrain, qui idéalement doit être faible à nulle.

La variable suivante se rapporte aux perturbations anthropiques en relation avec l'intégrité du sol. Ces perturbations sont de plusieurs types allant de l'implantation d'utilités publiques à l'aménagement de chemins, de barrages ou de construction de bâtiments. Étant donné la fragilité d'un site archéologique, il faut considérer qu'il y a moins de chances de trouver un site intact dans les zones affectées par les perturbations. Cependant, il demeure la possibilité qu'un site perturbé n'ait pas été entièrement dérangé.

La dernière variable consiste en la proximité d'un secteur par rapport à des sites archéologiques connus, marquant de ce fait des espaces propices à l'établissement humain ancien.

Dans la zone d'étude du projet de dragage des canaux de Saint-Zotique, l'évaluation du potentiel archéologique préhistorique débute avec l'hydrographie, qui est certainement un élément majeur, compte tenu de la proximité immédiate du lac Saint-François. De plus, la configuration actuelle des berges est demeurée relativement semblable à l'état naturel, puisque le barrage de Melocheville a rehaussé le niveau de l'eau de seulement 40 cm. Cette position avantageuse doit cependant être relativisée, car il se trouve un premier point d'attrait plus important à l'ouest de la zone

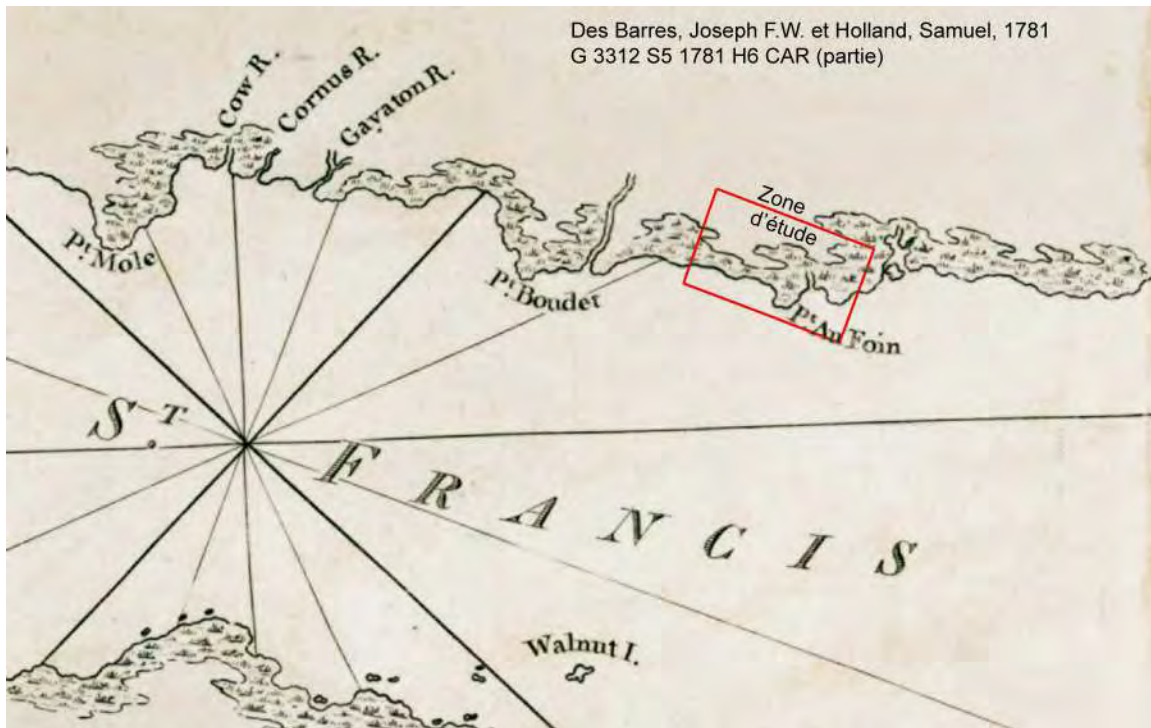
d'étude, à la pointe Lalonde, située à l'embouchure de la rivière Beaudette. Si on a le choix, c'est plutôt à cet endroit qu'on va s'installer, à 1,5 kilomètres à l'ouest de la zone d'étude. En direction est, c'est l'archipel des îles de Valleyfield et Coteau-du-Lac qui présentent le plus d'attrait avec leurs multiples sites archéologiques, environ à 10 kilomètres de la Pointe-au-Foin.

Dans les limites de la zone d'étude, les secteurs riverains les plus propices à l'établissement humain ancien se trouvent à la Pointe-au-Foin et dans l'anse de la plage municipale. Il n'y a toutefois aucune garantie que la plage de sable soit d'origine ancienne, compte tenu des conditions des berges attenantes à l'est et à l'ouest, qui ne présentent pas sable. En 1965, l'archéologue James Pendergast avait déjà reconnu le potentiel archéologique de la Pointe-au-Foin et il y avait conduit un inventaire archéologique, demeuré sans résultat positif. Il avait également considéré la berge du lac à l'endroit du secteur ouest des canaux, jusqu'au chemin du Lac Saint-François, toujours sans succès.

Tout au long de la zone d'étude, la variable « pente du terrain » est marquée par la régularité du relief et de ce fait ne présente aucune contrainte, ni d'endroit particulièrement intéressant qui pourrait se démarquer. Elle n'ajoute ni ne retranche ainsi aucun intérêt particulier du point de vue du potentiel archéologique.

Le potentiel archéologique pour la période historique se définit surtout sur la base des informations écrites. Les documents anciens fournissent des indications géographiques, parfois précises, sur les établissements et l'utilisation du territoire à cette époque. L'évaluation du potentiel archéologique pour la période historique passe donc par l'inventaire des éléments patrimoniaux potentiels à proximité de la zone d'étude.

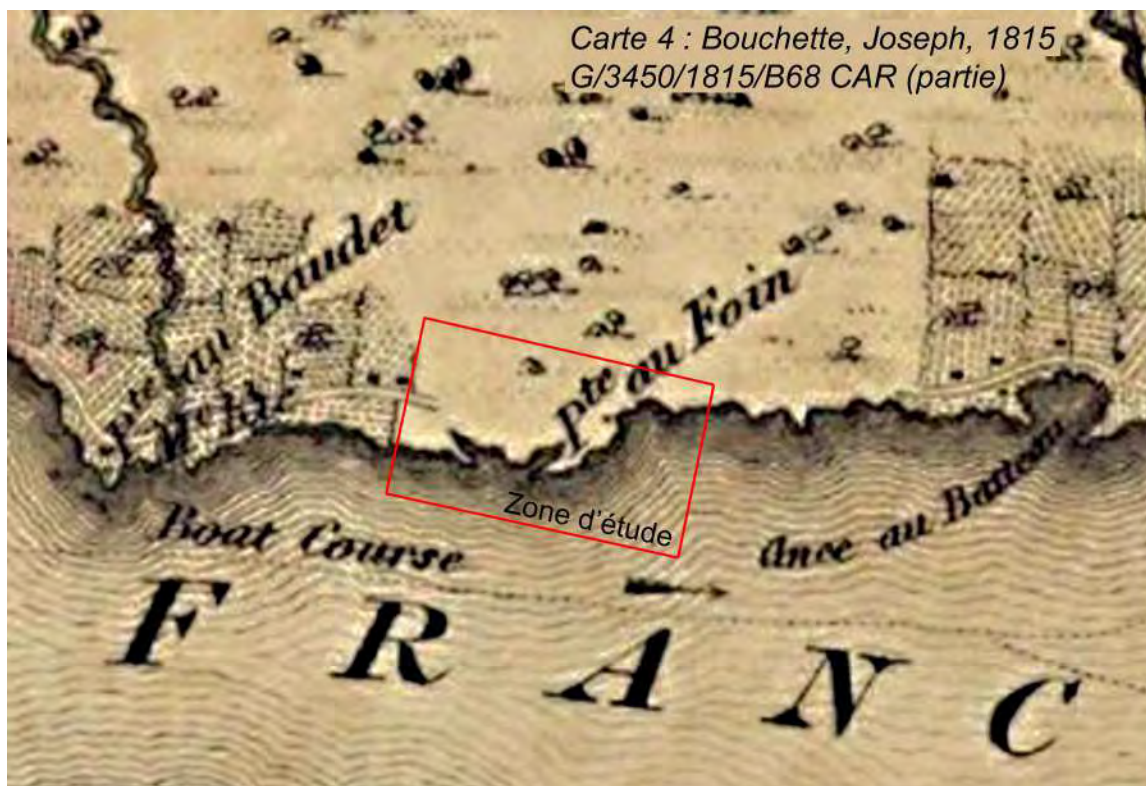
La définition du potentiel archéologique historique se fonde d'abord sur l'examen des cartes anciennes disponibles. La carte de Des Barres, datée de 1781 (carte 3), illustre bien le secteur avec des toponymes identifiables comme la Pointe Boudet et la Pointe au Foin. On constate une dominance de la trame qui semble représenter des berges marécageuses à l'endroit de la zone d'étude. Il n'y a aucun chemin, ni construction dans ce secteur. À cette époque, la route arrête à Coteau-du-Lac.



Carte 3 : Des Barres, 1781

La carte suivante est celle de Bouchette, datée de 1815 (carte 4), qui présente maintenant un chemin à l'est et à l'ouest avec des bâtiments, mais il manque toujours le lien entre les deux, à l'endroit de la zone d'étude, qui demeure ainsi inoccupée à cette époque. Il faut attendre la carte de Bouchette dans sa version de 1831 (carte 5), pour voir le chemin complété avec l'inscription « New Road » et la présence de bâtiments le long du chemin. Dans les limites de la zone d'étude, en 1831 il se trouve trois maisons du côté sud de la rue Principale et une du côté nord. Les vestiges d'une de ces maisons pourraient se trouver dans la partie nord du parc municipal, en bordure de la rue Principale. Une autre pourrait avoir été localisée dans la zone non construite la plus à l'est, en bordure de la rue Principale. Ces deux endroits se trouvent dans les limites de la zone d'étude, mais ne devraient pas subir d'impact direct en relation avec le dragage des canaux et l'installation possible des brise-lames.

Quant à la variable « perturbations anthropiques », elle est certainement d'un intérêt majeur, compte tenu de l'aménagement des canaux dans les années 1960 et la construction de quartiers domiciliaires à haute densité. Ces perturbations réduisent pratiquement à néant tout potentiel archéologique dans le secteur des canaux.



Carte 4 : Bouchette, 1815



Carte 5 : Bouchette, 1831

5- Recommandations

La zone d'étude du projet de dragage des canaux et de construction possible de brise-lames à Saint-Zotique occupe un espace mitoyen entre deux secteurs nettement plus propices aux découvertes archéologiques : rivière Beaudette et l'archipel des îles de Valleyfield et Coteau-du-Lac. Sur le plan de la localisation géographique, cela ne signifie pas qu'il est impossible de rencontrer des vestiges archéologiques dans les limites de la zone d'étude restreinte, mais plutôt que les probabilités d'en découvrir sont basses, en regard des espaces plus favorables situés à proximité. L'archéologue James Pendergast avait tout de même reconnu des zones de potentiel archéologique dans les limites de la zone d'étude, mais ses recherches par inventaire en 1965 n'avaient conduit à aucune découverte à ces endroits.

L'autre élément central à l'égard des recommandations découle du fait que l'aménagement des canaux et la construction des quartiers domiciliaires à haute densité qui leurs sont associés ont provoqué des perturbations majeures, réduisant le potentiel archéologique à faible ou nul.

Comme le potentiel archéologique est évalué de faible à nul, la recommandation principale est de ne pas procéder à d'autres recherches archéologiques, en lien avec le projet de dragage des canaux et la mise en place des brises lames.

S'il devait y avoir une intervention en lien avec le projet dans la partie nord du parc municipal ou dans les zones non construites entre les canaux 03, 04 et 05, il y aurait lieu de procéder à un inventaire à l'emplacement présumé des maisons qui apparaissent sur la carte de Joseph Bouchette en 1831, ainsi que dans les dites zones. Toutefois, les informations sur le projet ne laissent entrevoir aucune intervention à cet égard.

Enfin, si pendant les travaux d'aménagement, des vestiges tels des fondations de bâtiments ou des dépôts artefactuels riches apparaissaient, même en milieu subaquatique, le responsable de chantier devra aviser la Ville de Saint-Zotique, afin que l'archéologue attaché au dossier puisse rapidement évaluer la situation.

6- Références bibliographiques

Arkéos

2006 *Gazoduc Les Cèdres. Inventaire archéologique.* Groupe Conseil UDA inc., rapport inédit, 59 p.

Dumais, Pierre

2003 *Ligne biterne à 230 kV. Les Cèdres-Cornwall. Inventaire archéologique.* CRT. La société de transmission électrique Cedars Rapids Ltée, rapport inédit, 24 p.

Marois, Roger

1987 « Souvenirs d'antan : les sépultures Archaïques de Coteau-du-Lac, Québec ». *Recherches amérindiennes au Québec*, vol. XVII, nos 1-2, pp. 7-35.

Pendergast, James F.

1965 *An archaeological reconnaissance of the eastern portion of the triangle of land between the Ottawa and St. Lawrence rivers in 1965.* Musée national de l'Homme, Ottawa, rapport inédit, 13 p.

WSP

2016 *Dragage des canaux de la Municipalité de Saint-Zotique et construction d'un brise-lames. Étude d'impact sur l'environnement.* No projet : 161-07163-00.

Cartes anciennes consultées

Gibson, John

1760 *A Particular map to illustrate Gen. Amherst's expedition to Montreal with a plan of the town & draught of ye island.*
BanQ G/3452/M65S1/1760/G52 CAR.

Des Barres, Joseph F.W. et Samuel Holland

1781 *River of St. Lawrence, from Chaudière to Lake St. Francis, &c. surveyed in pursuance of instructions and orders from the Right Honourable Lords of Trade to Samuel Holland Esqr. &c.*
BanQ G 3312 S5 1781 H6 CAR

Bouchette, Joseph

1815 *To his Royal Highness's George Augustus Frederick, Prince of Wales, Duke of Cornwall, &c. &c. &c. Prince Regent of the United Kingdom of Great Britain & Ireland; this topographical map of the province of Lower Canada shewing its division into districts, counties, seigniories & townships, with all the lands reserved both for the crown & the clergy, &c. &c. Is with his royal highness's special permission, most gratefully dedicated by a faithful & zealous canadian subject, and his royal highness's most obedient & devoted servant.* BanQ G/3450/1815/B68 CAR.

Bouchette, Joseph

1831 *To his most Excellent Majesty, King William IV. This topographical map of the district of Montreal, Lower Canada, exhibiting the new civil division of the district into counties pursuant to a recent Act of the provincial legislature; also a large section of Upper Canada, traversed by the Rideau Canal, is with his Majesty's gracious and special permission most humbly & gratefully dedicated by his Majesty's most devoted & loyal canadian subject.*
BanQ G/3450/1831/B68 CAR

1974 *Carte topographique du Canada à l'échelle de 1:25 000. 31-G-01-f, Saint-Anicet.* BanQ G 3400 s25 C37 31-G-01-f 1974 CAR

ANNEXE 4-1

FICHE TECHNIQUE D'UN BRISE-LAMES (NARVAL ET INDUSTRIES MATHIEU)

[ACCUEIL](#)[PRODUITS](#)[SERVICES](#)[DOCUMENTATION](#)[CONTACT](#)

Produits

Le brise-lame Narval a été conçu pour dissiper l'énergie des vagues qui érodent le rivage.

En diminuant l'énergie des vagues, le brise-lame Narval protège les plans d'eau de l'agitation et de l'érosion des rives susceptible d'en résulter en créant des zones plus calmes propices aux structures maritimes et nautiques.

Le brise-lame Narval est constitué de 5 tubes résistants de 7,3 mètres de long en PEHD (polyéthylène à haute densité) armés de béton et de tiges linéaires d'acier galvanisé, le tout retenu par des plaques d'acier galvanisées aux extrémités.

Pour une efficacité maximale, les brise-lames sont assemblés linéairement. Selon les essais en laboratoire, une vague de 75 cm est atténuée de 22,5% lorsque les brise-lames Narval sont assemblés en simple et de 30 % lorsque celles-ci sont assemblées en double.

Les brise-lames Narval ont franchi plusieurs étapes de vérification et d'optimisation en bassin à houles à l'Université Laval et en mer afin d'en assurer l'efficacité et d'en maximiser la performance et la durabilité.

Les brise-lames Narval sont ancrés sur le fond au moyen de blocs et de chaînes. Le nombre de brise-lames Narval requis dépend de l'importance de la zone à protéger. Ils s'assemblent aisément bout à bout. Voir les services offerts

Que ce soit pour protéger des structures côtières, des activités de constructions ou des infrastructures maritimes ou de plaisance, le brise-lame Narval constitue un choix avantageux tant sur le plan économique et que technique.

PHOTOS



Brise-lames Narval en mer



Brise-lames Narval prêt pour le transport (avec blocs d'ancrage)



Brise-lame Narval muni de bandes de balisage réfléchissantes

Narval brisé-lames technologie repose sur une décennie de travail en recherche et développement d'un produit performant. Le brisé-lame Narval dissipe et absorbe l'énergie des vagues protégeant ainsi les berges et les infrastructures riveraines.

Breveté internationalement, le brisé-lame Narval a été testé scientifiquement en mer ainsi qu'en bassin à houles à l'Université Laval. Ce brisé-lame flottant très efficace se distingue par son moindre coût, sa facilité d'installation et d'utilisation ainsi que par son faible impact sur l'environnement.



COORDONNÉES

Narval Brisé-Lames
Technologie inc.
330, rue St-Vallier Est.
bureau 023-C
Québec (Québec)
G1K-9C5

2011-11-11
info@narvaltech.com
514-381-1111
www.narvaltech.com

CARACTÉRISTIQUES D'UN BRISÉ-LAMES NARVAL

Longueur 7,3 m
Largeur 2,4 m
Hauteur 3,0 m
Poids 7,1 t

Composantes

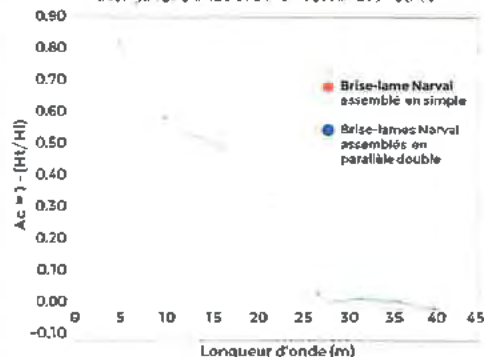
- 5 tubes horizontaux en polyéthylène haute densité (PEHD)
- 2 plaques de bouts galvanisées
- 4 plaques d'amortissement galvanisées

En option pour unités assemblées en parallèle double

- 2 barres d'attaches duo galvanisées

ATTÉNUATION DES VAGUES

Figure 1: Résultat des tests en bassin en fonction de la longueur d'onde et de la hauteur des houles



Légende

Ac = Coefficient d'atténuation
Ht = Hauteur transmise
Hi = Hauteur incidente

DESSINS TECHNIQUES

● Brisé-lame Narval assemblé en simple



2,4 m

3,0 m

32,3 m

● Brisé-lames Narval assemblés en parallèle double



3,0 m

7,6 m

RÉSUMÉ

Des tests en bassin à houles à l'Université Laval ont été effectués afin de mesurer le coefficient d'atténuation des vagues sur 17 versions du brisé-lame flottant. De plus, à la suite des résultats positifs et probants de ces tests, le brisé-lame final retenu a été sélectionné en fonction de critères additionnels tels que la facilité de fabrication et d'installation ainsi que l'impact des débris flottants sur l'efficacité du brisé-lame Narval.

Le graphique illustre les résultats du brisé-lame Narval commercialisé en assemblage simple et double. D'autres modèles de brisé-lames seront disponibles pour des conditions particulières d'application.

NOTRE PRODUIT

Les brise-lames en béton IMQ16.8.5 font partie du système de quais en béton. Plus robuste, plus stable et plus durable, ce système ne requiert aucun entretien et il résiste très bien aux glaces. Il n'est donc plus nécessaire de l'entreposer l'hiver, ce qui permet d'économiser temps et argent. Installés partout dans le monde, dans des conditions climatiques rigoureuses, ces brise-lames ont su démontrer leur robustesse au fil du temps.



FICHE TECHNIQUE

FICHE TECHNIQUE		MODÈLE	//	IMQ16.8.5
⊗	NOYAU	POLYSTYRÈNE EXPENSÉ 15 KG/M ³		✓
I	ARMATURE	ACIER GALVANISÉ		✓
□	DIMENSION	16,5 PI X 8,5 PI X 39 PO		✓
△	POIDS	7 600 KG		✓
⌵	CAPACITÉ DE CHARGE	122 LB/PI		✓
▢	BÉTON	40 MPA		✓
✱	RÉSISTANCE AUX GLACES	* VOIR L'ESSAI EN PÉRIODE HIVERNALE		✓
	JOINTS	CAOUTCHOUC AUX JOINTS		✓
⊞	FRANC-BORD	15 PO		✓
⬡	ANCRAGE	32 BOULONS DE 14 500 LB CH.		✓

Le IMQ16.8.5 est un module faisant partie d'un ensemble. Les modules, qui peuvent atteindre une longueur définie par le client, sont assemblés en continu au moyen de barres d'acier en C galvanisées et retenues par des tiges galvanisées, coulées à même le module. Le brise-lames peut aussi servir de quai, en minimisant les coûts d'une telle installation.

Toutes les dimensions, les poids et le franc-bord peuvent être changés sans préavis.
Tous droits réservés à Industrie Mathieu inc.

NOTES & SPÉCIFICATIONS :

CONTACT

12915, rue de Brouage
Mirabel, QC J7J 0B8

Tél. : 450 951-4449
Cell. : 514 778-1757

Courriel : jonathan@industriemathieu.com
Site web : www.industriemathieu.com



YouTube