

PROGRAMME DE STABILISATION DES BERGES DU LAC SAINT-JEAN 2017-2026

ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

ANNEXES

Volume 1

- Annexe 1 : Code d'éthique sur l'environnement, Programme de stabilisation des berges du lac saint-Jean, ALCAN, Énergie électrique, Mai 2002
- Annexe 2 : Rapport d'analyse de développement durable du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean de Rio Tinto Alcan, division Énergie électrique, Université du Québec à Chicoutimi, Chaire en éco-conseil (Seeger et Tremblay mars 2015)
- Annexe 3 : Fiche synthèse des travaux du Comité technique de suivi de l'étude d'impact, Mode de gestion du lac Saint-Jean et enjeux des usagers, Rio Tinto Alcan
- Annexe 4 : Fiche synthèse des travaux du Comité technique de suivi de l'étude d'impact, Atelier de pondération des composantes valorisées du milieu, Rio Tinto Alcan
- Annexe 5 : Études techniques, Revue de littérature (WSP Canada Inc.)
- Annexe 6 : Étude de modélisation des vagues, des processus sédimentaires et de l'érosion (Lasalle-NHC)
- Annexe 7 : Études techniques, Analyse de l'efficacité du programme (WSP Canada Inc.)

ANNEXE 1

NOTE

RIO TINTO ALCAN

PROGRAMME DE STABILISATION DES BERGES DU LAC SAINT-JEAN 2017-2026

ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

RÉPONSES AUX QUESTIONS ET COMMENTAIRES DU MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

QC-86 Annexe 1

À la section 1.1 de l'annexe 1, les éléments sensibles devraient comprendre les marécages, les étangs, les espèces floristiques et fauniques à statut particulier et les aires protégées. Le MDDELCC tient également à préciser que le terme légal pour ruisseau est cours d'eau. L'initiateur doit donc apporter les corrections nécessaires et déposer une mise à jour de cette annexe.

RÉP.

Rio Tinto Alcan est en production d'une nouvelle version du Code d'éthique sur l'environnement pour le PSBLSJ. Celle-ci intégrera vos mentions en plus d'y intégrer les nouvelles réglementations en vigueur ainsi que les différents engagements pris par Rio Tinto Alcan. Dès qu'il sera disponible (fin juin 2016), des copies seront transmises au MDDELCC.

LA VERSION RÉVISÉE SERA DISPONIBLE EN SEPTEMBRE 2017



CODE D'Éthique sur l'environnement

PROGRAMME DE
STABILISATION
DES BERGES DU
LAC SAINT-JEAN



AVANT-PROPOS

Alcan a entrepris en 1986 un Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean afin de réduire l'érosion des rives de ce plan d'eau. Au cours de la phase 1986-1996, 106 kilomètres ont été protégés par des ouvrages de stabilisation de diverses natures (perrés, rechargements de plage, empièvements, épis, brise-lames) et dont l'efficacité a été démontrée. Au cours de la phase s'échelonnant de 1996 à 2006, des interventions sont prévues sur 36 kilomètres dont plus de 80% consisteront à l'entretien des ouvrages existants.

Alcan s'est engagée à exceller en matière d'environnement, de santé et de sécurité (ESS) par l'amélioration continue de nos connaissances, de notre compréhension des enjeux et de nos performances¹. D'ailleurs, des usines d'Alcan dans le monde sont enregistrées à une norme de qualité au plan environnemental. Le système de gestion environnementale d'Énergie électrique², promoteur du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean, est enregistré à la norme ISO 14 001 depuis décembre 2000.

Le Code d'éthique sur l'environnement du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean paru en 1991 fut périodiquement mis à jour lors des rencontres avec les intervenants impliqués dans la réalisation des travaux. L'expérience acquise, l'évolution des règlements et des préoccupations en matière d'environnement ont conduit à cette nouvelle version du Code. Il s'inscrit dans la démarche d'amélioration continue de la performance environnementale d'Énergie électrique qui s'est engagée à prendre toutes les mesures pratiques nécessaires pour prévenir ou réduire toutes les formes de pollution pouvant résulter de ses activités³.

Le respect des règlements et des directives en matière d'environnement, l'intégration des composantes environnementales à toutes les étapes des travaux sont des exigences du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. Ce Code contient les règles de bonne pratique à mettre en œuvre lors de la réalisation des travaux afin que ce projet, auquel vous contribuez, soit un succès sur tous les plans.

Donald Dubé, directeur
Énergie électrique

¹ Voir la Politique en matière d'environnement, de santé et de sécurité d'Alcan site web [<http://www.alcan.com/>].

² Énergie électrique est l'une des usines d'Alcan dont le mandat est de fournir l'énergie hydroélectrique aux usines d'électrolyse d'Alcan au Québec.

³ Voir la Politique environnementale d'Énergie électrique site web [<http://www.energie.alcan.com/>]

TABLE DES MATIÈRES

	Page
AVANT-PROPOS	i
TABLE DES MATIÈRES	ii-iii
INTRODUCTION.....	1
1.0 Intégration de l'environnement aux travaux de stabilisation des berges du lac Saint-Jean	2
1.1 Planification	2-3
1.2 Conception des ouvrages.....	3
1.3 Rencontre préparatoire aux travaux.....	3
1.4 Réalisation des travaux	3-4
1.5 Contrôle et suivi.....	4
2.0 Règles générales.....	5
2.1 Période de réalisation des travaux	5
2.2 Travaux et éléments sensibles de l'environnement.....	5-6
2.3 Heures de travail et bruit	6
3.0 Véhicules : type, circulation et entretien.....	6
3.1 Choix des véhicules.....	6-7
3.2 Circulation.....	7
3.3 Préparation et entretien des véhicules	7-8-9
4.0 Règles relatives au milieu aquatique	9
4.1 Inventaire et protection du milieu aquatique.....	9-10
4.2 Protection d'habitats fauniques	10
4.3 Franchissement de cours d'eau	10-11-12
5.0 Règles relatives au milieu riverain	12
5.1 Protection de la végétation	12-13-14-15
5.2 Règles relatives au milieu agricole.....	15-16
5.3 Infrastructures et aménagements riverains	16
6.0 Gestion des matières résiduelles	17
6.1 Réutilisation des matériaux d'excavation	17
6.2 Valorisation des résidus ligneux.....	17
6.3 Disposition des résidus solides	18-19
6.4 Disposition des matières dangereuses.....	19

7.0	Carrières et sablières	19-20
8.0	Remise en état	20
8.1	Désaffectation et nettoyage du chantier	20-21
8.2	Infrastructures et aménagements riverains	21
8.3	Revégétalisation et génie végétal.....	21-22
9.0	Plan d'intervention en cas de déversement accidentel de contaminants	22
9.1	Domaine d'application et définitions	22
9.2	Actions à prendre lors d'un déversement	23-24
9.3	Récupération des contaminants et restauration des lieux.....	24-25
9.4	Rapport d'incident.....	25

Annexe 1. Index des lois et des règlements cités

Annexe 2. Glossaire

INTRODUCTION

Ce Code d'éthique sur l'environnement renferme les exigences en matière d'environnement édictées par Alcan pour la réalisation du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean.

Ce document s'adresse à tous les intervenants concernés par le Programme et se veut un ouvrage de référence décrivant les aspects environnementaux à intégrer à toutes les étapes du projet, de la planification à la réalisation des travaux proprement dits.

Le présent Code d'éthique fait partie intégrante des documents de soumission. Les règles préconisées y sont présentées de façon succincte. Les dispositions particulières des plans et devis spécifiques et toutes autres réglementations environnementales en vigueur auront toutefois préséances sur ce document.

Un index des lois et des règlements cités dans le texte ainsi que la définition des principaux termes utilisés apparaissent aux annexes 1 et 2.

1.0 INTÉGRATION DE L'ENVIRONNEMENT AUX TRAVAUX DE STABILISATION DES BERGES DU LAC SAINT-JEAN

De façon générale, la mise en place d'ouvrage de stabilisation repose sur une démarche de gestion incluant les quatre étapes suivantes :

1. **Planification**
2. **Conception des ouvrages**
3. **Rencontre préparatoire aux travaux**
4. **Réalisation des travaux**
5. **Contrôle et suivi**

Le Code d'éthique sur l'environnement se greffe principalement aux étapes 2, 3 et 4 de cette démarche. Il constitue donc un ouvrage de référence essentiel pour l'agent du maître d'œuvre, les différents consultants œuvrant à quelque étape du projet de même que pour tous les entrepreneurs affectés à la réalisation des travaux.

Les paragraphes qui suivent décrivent les principales activités à caractère environnemental inhérentes à chacune des étapes des travaux.

1.1 Planification

Alcan identifie annuellement les sites prioritaires nécessitant des travaux de stabilisation et procède aux **inventaires préalables**. Elle mandate des consultants en ingénierie, ci-après appelés agent du maître d'œuvre, pour effectuer la conception et la surveillance des travaux de construction.

Outre la délimitation précise et les relevés physiques détaillés réalisés par l'agent du maître d'œuvre, les sites font l'objet d'inventaires biologiques et archéologiques. Des spécialistes en chacune de ces matières identifient et localisent les **éléments sensibles de l'environnement**⁴.

Nous entendons par **éléments sensibles** :

- Frayère ou autre aire à potentiel ichtyologique
- Aire de nidification ou autre aire à potentiel avien
- Herbier aquatique, marais, tourbière
- Cours d'eau
- Végétation des rives
- Zone à potentiel archéologique
- Élément particulier, rare, unique, plantes d'intérêts

Par ailleurs, l'agent du maître d'œuvre a la responsabilité d'inventorier et d'illustrer aux plans les infrastructures et les aménagements riverains (quais, prises d'eau, patio, clôtures, etc.) inclus ou connexes au chantier.

⁴ Élément environnemental susceptible d'être modifié par les travaux de stabilisation.

Parallèlement, et tout au long de la démarche jusqu'à la réalisation des travaux, un processus d'information/rétroaction renseigne les riverains touchés par les interventions et vise à harmoniser les travaux à leurs besoins. Le Service de gestion immobilière d'Énergie électrique est responsable des ententes avec les occupants riverains et aucuns travaux ne sont réalisés sans leur accord.

Plusieurs autres intervenants concernés sont informés et consultés durant cette étape: MRC, municipalités, associations de riverains, ministère de l'Environnement, Pêches et Océans Canada.

1.2 Conception des ouvrages

Lors de la conception des ouvrages et de l'élaboration des devis, un contrôle est effectué par les spécialistes en environnement et en archéologie. La nature, la localisation des éléments sensibles de l'environnement et les mesures particulières d'atténuation des impacts des interventions sont intégrées aux plans et devis spécifiques.

1.3 Rencontre préparatoire aux travaux

Une rencontre réunissant tous les entrepreneurs et leurs contremaîtres ainsi que les surveillants a lieu avant le début des travaux. Les éléments suivants sont revus : exigences d'Alcan et d'Énergie électrique en matière d'environnement, Code d'éthique sur l'environnement, mesures particulières de protection environnementale à certains sites.

Ces rencontres se font sur une base d'échange afin d'améliorer les méthodes de travail et de minimiser l'impact des interventions sur le milieu riverain. L'entrepreneur informe tous les travailleurs affectés au chantier des exigences et particularités environnementales des travaux de stabilisation.

1.4 Réalisation des travaux

C'est à l'étape de la réalisation des travaux que se rattachent plus spécifiquement les règles édictées dans le présent Code. Tous les intervenants sur les chantiers doivent s'y conformer rigoureusement.

Plusieurs personnes sont impliquées sur les chantiers de construction et y effectuent une **surveillance environnementale**. Nous définissons ci-après les responsabilités de l'agent du maître d'œuvre et de l'entrepreneur en matière d'environnement.

Il est de la responsabilité du représentant d'Alcan au chantier, en l'occurrence le surveillant délégué par l'agent du maître d'œuvre, de s'assurer du respect du Code d'éthique sur l'environnement. Sa présence sur le site des travaux en fait une personne/clé dans le contrôle des règles environnementales.

Le Code d'éthique sur l'environnement fait partie intégrante des documents de soumission. L'entrepreneur s'engage à en connaître les règles et principes, à les diffuser auprès des personnes affectées aux travaux et à les respecter.

Afin de coordonner les activités de surveillance et de suivi, Alcan délègue un responsable de l'environnement chargé principalement d'effectuer une surveillance ponctuelle, de conseiller et de guider les gestes des surveillants et des entrepreneurs.

Au cours de la réalisation des travaux, seul l'agent du maître d'œuvre peut apporter des modifications aux plans et devis après que ce changement ait été approuvé par Alcan qui aura préalablement obtenu une autorisation du ministère de l'Environnement.

1.5 Contrôle et suivi

Des suivis environnementaux sont effectués à tous les sites de façon systématique un an après les travaux. Ces inspections visent à constater l'état général des lieux et plus particulièrement, des éléments sensibles de l'environnement afin de s'assurer qu'ils n'ont pas été affectés par l'intervention.

Des suivis particuliers sont menés sur certains sites durant une ou plusieurs années. La nature et l'envergure de ces études sont établies en fonction de l'importance de l'élément biophysique touché et par l'impact prévisible, positif ou négatif, des travaux de stabilisation.

2.0 RÈGLES GÉNÉRALES

La présente section concerne les règles générales s'appliquant aux chantiers où ont lieu des travaux de stabilisation.

2.1 Période de réalisation des travaux

Les travaux sont réalisés en dehors des périodes importantes au point de vue biologique ou récréotouristique et, sauf dans le cas des rechargements, lorsque les sites sont exondés. La majorité des travaux se font durant l'hiver et c'est à cette période que les impacts sur l'environnement sont minimaux. Aucune intervention n'est faite durant la période estivale à moins de situation d'urgence.

TYPE DE TRAVAUX	PÉRIODE			
	HIVER Janvier – Avril	PRINTEMPS Mai - Juin	ÉTÉ	AUTOMNE Septembre- Décembre
• Perré/accès	X			
• Gabion	X			
• Rechargement				X
• Technique végétale	X	X		X
• Épi	X			
• Brise-lames	X			
• Remise en état		X		

Lorsque des conditions particulières l'exigent, la mise en place de perré peut se faire à l'automne.

Des rechargements peuvent exceptionnellement être réalisés au printemps avant que le niveau du lac Saint-Jean n'atteigne 100,47 m (13.0 pieds). La remise en état des terrains riverains est effectuée dès que le sol est dégelé et se poursuit au plus tard jusqu'au 24 juin.

2.2 Travaux et éléments sensibles de l'environnement

Les limites du chantier, les chemins d'accès, les éléments sensibles de l'environnement et les infrastructures à protéger sont clairement identifiés sur le site des travaux à l'aide d'une signalisation appropriée.

Plusieurs considérations (techniques, légales, biologiques, archéologiques, récréatives, etc.) interviennent pour circonscrire un site d'intervention et l'entrepreneur est tenu de respecter intégralement les limites établies.

Les éléments sensibles devront faire l'objet d'une protection intégrale et les mesures particulières apparaissant aux plans et devis devront être mises en œuvre. Lors de l'exécution des travaux, l'entrepreneur doit s'assurer que les personnes sous sa juridiction connaissent les exigences d'Alcan et prennent toutes les mesures nécessaires pour la protection de l'environnement.

Au cours des travaux, il est possible que des vestiges d'intérêt historique ou archéologique soient mis au jour. La Loi sur les biens culturels interdit d'enlever ou de déplacer ces objets. Les travaux devront donc être interrompus sur le champ et Alcan avisée dans les plus brefs délais.

Par ailleurs, s'il advenait que l'on constate lors de la réalisation des travaux que des éléments biophysiques sensibles aient été omis aux plans et devis, les travaux devront être arrêtés et les responsables chez Alcan, avisés immédiatement.

Dans ces deux situations, Alcan verra à procéder aux expertises nécessaires.

2.3 Heures de travail et bruit

Les travaux se déroulent normalement entre 7 h 00 et 18 h 00. Dans certains cas particuliers, cet horaire pourra être modifié après approbation d'Alcan.

L'entrepreneur devra se conformer aux normes et directives du Code de sécurité pour les travaux de construction concernant l'exposition des travailleurs au bruit.

Les moteurs à combustion interne des engins de terrassement, tracteurs, niveleuses, excavatrices, compresseurs à air, grues, etc., doivent être munis de silencieux en bon état. Les engins, véhicules, instruments qui présentent des défauts doivent être réparés dans les plus brefs délais afin qu'ils rencontrent les normes établies.

3.0 VÉHICULES : TYPE, CIRCULATION ET ENTRETIEN

Les règles ci-après s'appliquent à tous les types de véhicules, lourds ou légers utilisés sur les chantiers : tracteur, grue mécanique, bélier mécanique, camion, pelle mécanique, etc.

3.1 Choix des véhicules

Les véhicules nécessaires à la réalisation d'un ouvrage doivent être choisis en tenant compte des particularités du milieu et de sa fragilité. Dans les zones où le sol a une faible capacité portante, des véhicules montés sur chenilles ou munis de pneus à haute flottaison seront choisis de façon à exercer une faible pression au sol.

Certains travaux nécessiteront l'emploi de véhicules spécialisés adaptés à des besoins spécifiques. Dans ces cas, l'agent du maître d'œuvre en précisera la nature au devis.

3.2 Circulation

Aucun véhicule, mis à part ceux qui sont utilisés pour le transport de matériaux, ne doit circuler ou être stationné à l'extérieur des limites du chantier qui sont clairement indiquées sur le site des travaux.

La circulation en zone inondée et les traverses à gué des cours d'eau sont interdites en tout temps. Lorsque des cours d'eau devront être franchis, les mesures décrites à la section 4.3 seront mises en œuvre.

Les rechargements et certains cas particuliers de perré sont réalisés lorsque les sites sont inondés. Dans ces situations, la méthode de travail suivante doit être appliquée. En premier lieu, l'entrepreneur doit aménager un chemin d'accès d'une largeur maximale de cinq (5) mètres dans le lac en bordure de la berge, avec les matériaux constituant les ouvrages de stabilisation. Ensuite, il peut procéder à la circulation, au transport et à la mise en place des matériaux. Ce chemin pourra être laissé en place si les matériaux rapportés sont du gravier naturel d'un diamètre inférieur à 40 mm.

Dans le cas des travaux hivernaux, l'entrepreneur peut aménager un chemin sur la glace du lac. En aucun cas, des fondants (sels) ne pourront être utilisés pour l'entretien de ces voies de circulation et on devra recourir aux abrasifs. Ceux-ci doivent être des matériaux granulaires naturels dont le diamètre est inférieur à 40 mm. Dans les secteurs de plages, les matériaux doivent avoir un diamètre inférieur à 5 mm.

3.3 Préparation et entretien des véhicules

Tout entretien et alimentation en essence des véhicules doivent être faits sur une surface spécialement conçue à cette fin. Il s'agit d'un bassin de retenue des hydrocarbures dont les caractéristiques apparaissent à la figure 1.

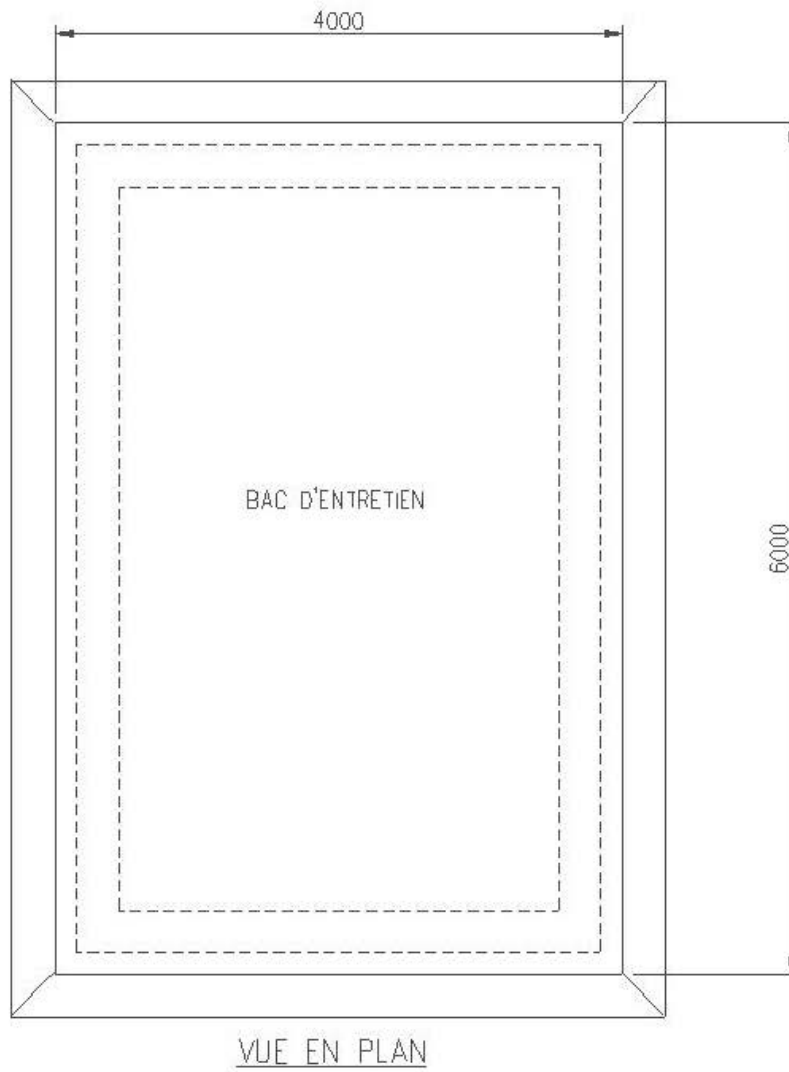
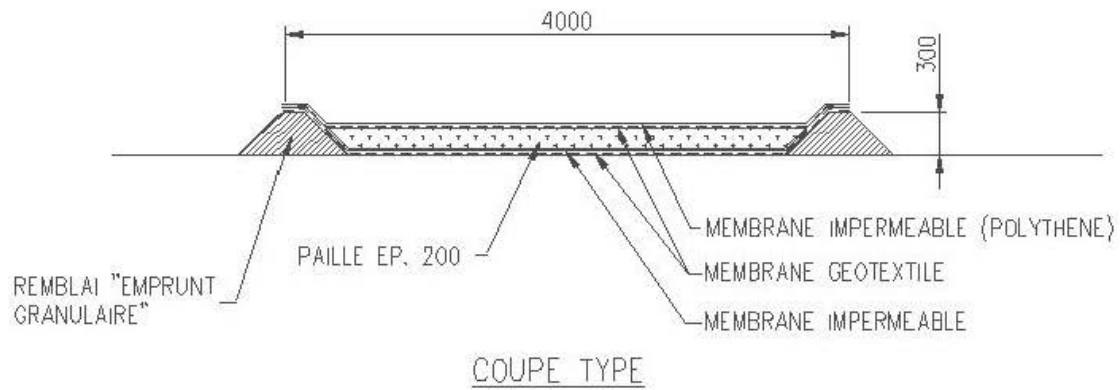


Figure 1 : Bassin de retenue des hydrocarbures

Durant les travaux d'hiver, ce bassin est aménagé sur la rive ou sur la glace présente sur le littoral au site des travaux. En l'absence de glace, le bassin est aménagé sur la rive, en ayant soin de choisir l'emplacement de moindre impact. En outre, aucune coupe d'arbres ou d'arbustes ne doit être effectuée pour la mise en place de ce bassin.

Le bassin de retenue des hydrocarbures doit être mis en place au début des travaux et retiré à la fermeture du chantier. Une signalisation adéquate indique son emplacement. Les réservoirs d'huile et d'essence doivent s'y trouver en tout temps, de même que des matières absorbantes et des récipients étanches destinés à recevoir les résidus contaminés. Un polythène ou autre couverture est déposé à la surface du bassin afin d'éviter l'accumulation de neige ou de pluie, lorsqu'il n'est pas utilisé. Ce bassin doit toujours être en excellent état et réaménagé au besoin.

Tous les véhicules doivent être nettoyés régulièrement afin d'enlever tout excédent de graisse, d'huile ou autres contaminants. Les systèmes antipollution doivent être opérants et les véhicules qui produisent des émissions excessives de gaz d'échappement à cause du mauvais réglage ou autre doivent être réparés dans les plus brefs délais.

Il est formellement interdit d'utiliser des huiles ou des graisses, ou tout autre produit contaminant, pour lubrifier les bennes des camions transportant les matériaux utilisés pour les rechargements de plage.

Afin d'éviter de souiller les voies publiques, utiliser des véhicules fermés ou munis d'une bâche.

4.0 RÈGLES RELATIVES AU MILIEU AQUATIQUE

Le lac Saint-Jean, les marais et marécages qui le bordent, les nombreux cours d'eau qui s'y jettent constituent des écosystèmes complexes où habitent une faune et une flore riches et diversifiées. Ces habitats constituent des éléments essentiels à l'équilibre écologique du lac Saint-Jean. Une attention particulière leur est apportée dans le Programme de stabilisation des berges.

Cette section précise les règles particulières que les différents intervenants doivent mettre en œuvre afin que les travaux ne compromettent l'intégrité du milieu aquatique.

4.1 Inventaire et protection du milieu aquatique

Des spécialistes en environnement ont inventorié, localisé et évalué l'importance des éléments sensibles du milieu aquatique à tous les sites, l'année précédant les travaux. L'agent du maître d'œuvre a intégré ces informations ainsi que les mesures

particulières de protection aux plans et devis spécifiques. L'entrepreneur est tenu de respecter rigoureusement les limites des travaux et les méthodes de travail qui y sont prescrites.

En aucun cas, la présence de la machinerie dans l'eau ne sera tolérée.

4.2 Protection d'habitats fauniques

Les marais riverains constituent des habitats d'importance tant pour les oiseaux qu'en tant que site de reproduction pour de nombreuses espèces de poissons. Alcan, dans ses engagements à conserver et à améliorer le potentiel faunique du lac Saint-Jean, entend protéger les habitats essentiels au maintien de l'équilibre de l'écosystème lac Saint-Jean. Ainsi, certains marais feront l'objet de mesures de stabilisation afin d'en assurer la pérennité.

Des spécialistes en environnement font l'inventaire de ces habitats, évaluent les impacts potentiels des travaux de stabilisation et établissent, de concert avec l'agent du maître d'œuvre et Alcan, des mesures particulières de protection lors de la réalisation des travaux. Dans certains cas, des aménagements visant à conserver ou augmenter le potentiel faunique sont effectués.

4.3 Franchissement de cours d'eau

On retrouve autour du lac Saint-Jean plusieurs ruisseaux permanents ou intermittents. Ces cours d'eau ne doivent jamais être traversés à gué lorsqu'il y a écoulement.

Lorsqu'ils doivent être franchis pour accéder à un site ou pour exécuter des travaux, les ouvrages existants doivent être privilégiés en autant que la capacité portante est suffisante pour permettre la circulation des véhicules. Si non, des ponceaux temporaires ou permanents devront être aménagés. Les plans et devis spécifiques détailleront la construction des ponceaux permanents.

Des ponceaux temporaires devront être aménagés lorsque les travaux sur la berge nécessiteront la circulation des véhicules dans les ruisseaux se jetant dans le lac Saint-Jean. Ceux-ci devront rencontrer les caractéristiques décrites ci-après et être construits selon les spécifications illustrées à la figure 2.

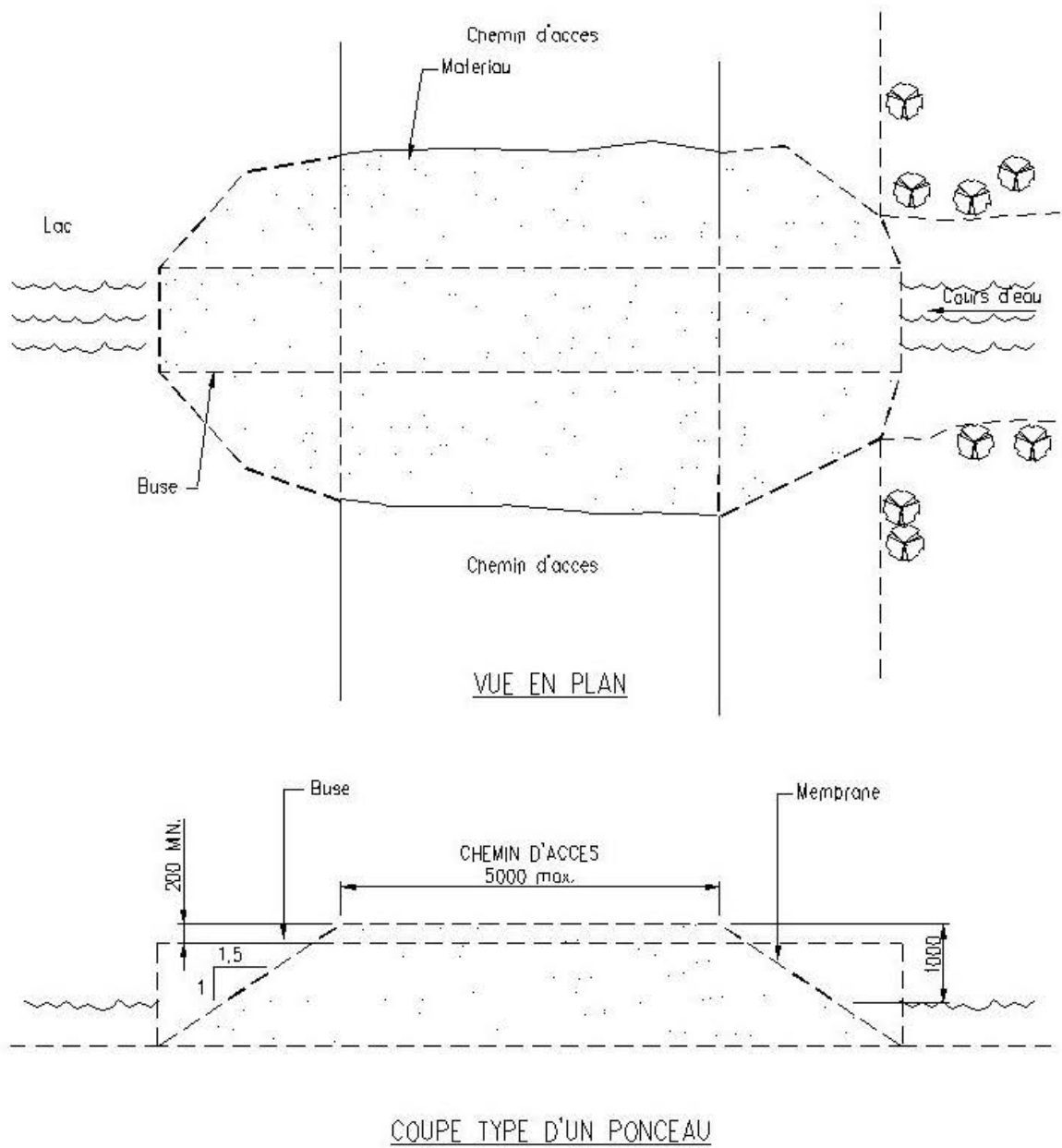


Figure 2 : Ponceau temporaire pour le franchissement d'un cours d'eau

Les ponceaux temporaires sont constitués d'une buse, d'un remblai et d'une membrane. La buse doit avoir une dimension suffisante pour éviter l'accumulation d'eau en amont et assurer, en tout temps, la libre circulation de l'eau ainsi que des organismes aquatiques. En outre, pour permettre le passage des poissons, la vitesse moyenne d'une section transversale ne doit jamais dépasser 0,9 mètre/seconde.

La buse est installée dans la partie la plus profonde du cours d'eau en avançant sur le remblai constitué des mêmes matériaux utilisés pour les travaux de stabilisation du site visé (roches, pierres, gravillon, sable). Les matériaux contenant du silt ou de l'argile sont à exclure.

Les ruisseaux indiqués aux plans spécifiques ne présentent pas toujours d'écoulement lors de la réalisation des travaux. Lorsque cette situation se présente, la mise en place d'une buse de franchissement est facultative mais l'entrepreneur doit surveiller étroitement les cours d'eau et toujours avoir en main les matériaux et matériels nécessaires à son aménagement afin de pallier à tout écoulement soudain généré par une forte pluie.

Ces ouvrages doivent être enlevés dès qu'ils ne sont plus nécessaires à la circulation des véhicules et le ruisseau remis à son état original. Les plans spécifient la distance à laisser libre de matériaux de part et d'autre du cours d'eau.

5.0 RÈGLES RELATIVES AU MILIEU RIVERAIN

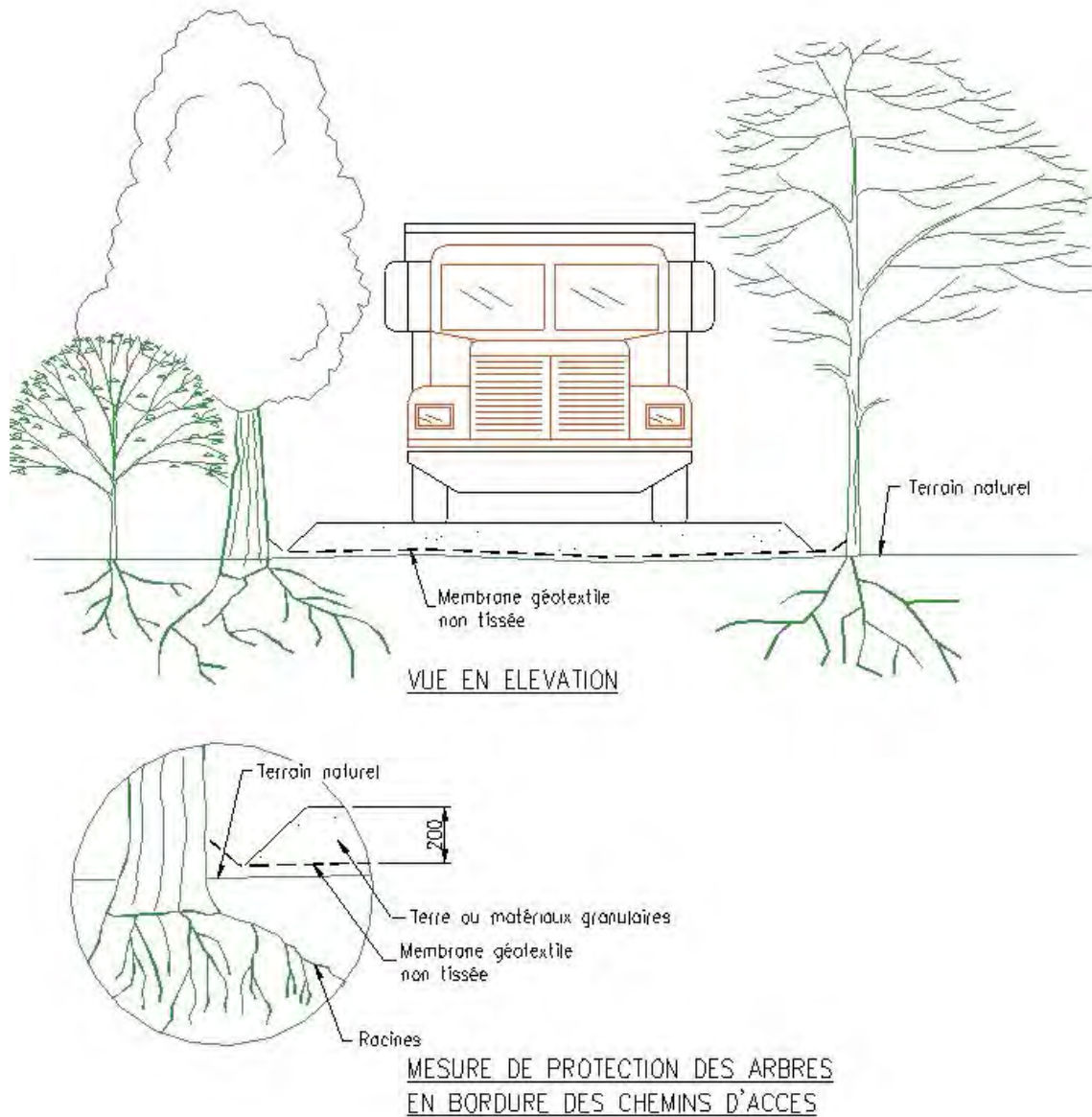
Cette section précise les mesures qui doivent être mises en œuvre afin de minimiser les impacts des travaux sur la végétation riveraine, les arbres et arbustes en bordure des chemins d'accès ainsi que les infrastructures et aménagements des terrains riverains où ont lieu les interventions.

5.1 Protection de la végétation

La végétation en bordure du lac, des cours d'eau, des marais et des chemins d'accès devra être conservée intacte. Lors des travaux, seuls les arbres et arbustes en mauvais état, n'ayant pas de potentiel biologique ou nuisant à la mise en place des ouvrages de stabilisation pourront être coupés. L'enlèvement d'un arbre de plus de 150 mm de diamètre doit être préalablement autorisé par l'agent du maître d'œuvre. Dans certains cas particuliers précisés aux plans et devis, des arbres matures, d'ornement ou d'une grande valeur devront être conservés et faire l'objet d'une protection spéciale.

Lorsque des chemins d'accès devront être aménagés soit en milieu forestier ou sur la berge, le déboisement ainsi que la largeur maximale du chemin ne devront pas dépasser cinq (5) mètres.

La compaction du sol endommage le système racinaire des arbres, modifie le drainage et l'aération et peut ainsi entraîner des effets irréversibles sur la santé et à moyen terme, la mort des arbres. Afin d'éviter ces effets, les arbres matures en bordure d'une voie aménagée pour les travaux doivent avoir une surface de protection d'un rayon de cinq (5) mètres. Pour ce faire, et lorsque les travaux ont lieu sur un sol non gelé, l'entrepreneur doit appliquer les mesures décrites à la figure 3. Ces mesures consistent à déposer une membrane géotextile non tissée et la recouvrir de 200 mm de terre ou de matériaux granulaires avant de procéder à toute circulation.



Figur

e 3. Mesure de protection des arbres en bordure des chemins d'accès

Par ailleurs, dans le cas de travaux de rechargement, le tronc des arbres et des arbustes ne devra pas être enfoui de plus de 300 mm de matériaux rapportés. Lorsque le remblayage sera supérieur à cette limite maximale, il est nécessaire de laisser une surface libre de matériaux autour du tronc. Pour ce faire, il faudra effectuer, au besoin, les opérations manuellement.

Toutes les précautions devront être prises pour éviter les blessures aux arbres et aux arbustes soit lors de l'arpentage ou de l'exécution des travaux. En outre, nul ne peut planter des clous ou autres instruments, attacher des cordes, câbles ou chaînes aux arbres. De plus, les opérateurs de machinerie doivent porter une attention particulière lors de manœuvres à proximité de la végétation afin de minimiser les bris soit de l'écorce, des branches ou des racines.

Si toutefois des arbres ou des arbustes étaient brisés lors des travaux, des mesures d'atténuation doivent être appliquées le plus rapidement possible, dans un délai maximum de 5 jours. Ainsi, si des dommages sont occasionnés, il faudra prendre les mesures suivantes:

- **Coupe de branches (précautions générales)**

Toutes les coupes doivent être exécutées avec des outils tranchants et désinfectés à l'alcool éthylique à 70% ou à l'alcool isopropylique à 70% (alcool à friction). Ceci afin de limiter la transmission de maladies et les risques de progression de la pourriture interne du bois.

L'usage de corde de rétention, ou tout autre matériel pouvant endommager l'écorce (sauf en cas d'abattage) est à proscrire.

L'exécution de la coupe se fait nette et franche, sans déchirures, arrachement et écrasement de l'écorce en respectant les rides de l'écorce et le col de la branche.

- **Coupe d'une branche d'arbre**

- Une coupe d'allégement (figure 4) contre les déchirures de l'écorce au tronc est exécutée avant les étapes suivantes:
- Coupe sous la branche au maximum 1/3 de son diamètre dans la direction de la chute.
- Coupe par le dessus, à l'extérieur (distance entre 20 et 50 mm selon le diamètre de la branche) par rapport à la première coupe.
- Ceci provoquera la casse de la branche dans le fil du bois.
- Respecter les angles de coupe favorisant la fermeture rapide de toute plaie.
- Faire des coupes franches sans laisser de moignon, tout en conservant le bord externe de la ride et le col de la branche.

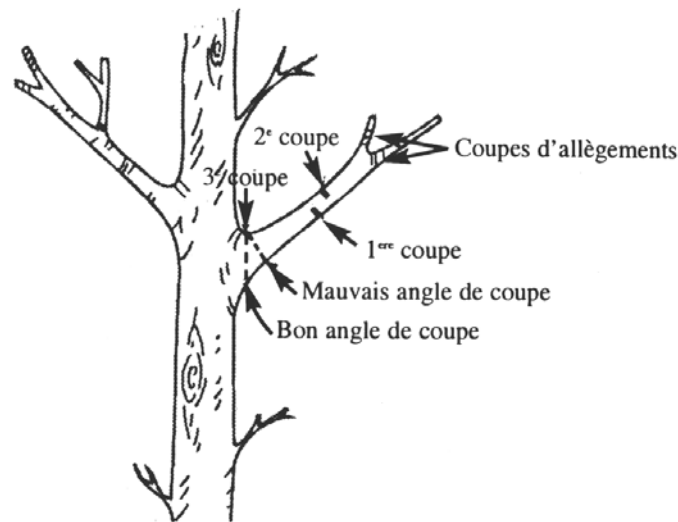


Figure 4. Technique de coupe d'une branche d'arbre

Lorsque le système racinaire des arbres aura été endommagé, les racines devront être coupées et il faudra procéder à l'élagage d'une proportion équivalente des branches. Dans le cas d'arbres et d'arbustes ornementaux ou fruitiers, l'entrepreneur doit consulter ou faire exécuter ces travaux par des spécialistes.

5.2 Règles relatives au milieu agricole

Lorsque l'emplacement des travaux sera contenu dans ou contigu à une zone agricole, des ententes particulières menées par Alcan seront conclues relativement aux voies d'accès, au système de drainage, aux clôtures et à la remise en état du sol après les travaux. L'entrepreneur est tenu de prendre connaissance de toutes les ententes intervenues entre les parties et de les respecter rigoureusement.

Les chemins d'accès existants devront être privilégiés ou d'autres seront aménagés. Ceux qui n'offrent pas une résistance suffisante ou lorsqu'il y a risque de compaction, 200 mm de matériaux granulaires (≤ 20 mm) devront être épandus avant toute circulation des véhicules de chantier.

L'agent du maître d'œuvre localise les réseaux de drainage souterrain et de surface et identifie les mesures particulières pour leur protection lorsqu'ils risquent d'être affectés par la circulation des véhicules lors des travaux ou par les structures elles-mêmes. Toute modification au réseau original devra être approuvée par Alcan et préalablement autorisée par le ou les propriétaires concernés.

L'entrepreneur devra consulter le plan de drainage souterrain et connaître le réseau de surface afin d'assurer le libre écoulement des drains, des rigoles et des fossés,

en tout temps. Au besoin, des ponceaux temporaires devront être aménagés selon les caractéristiques décrites à la section 4.3.

Si des accumulations d'eau venaient à se produire, l'entrepreneur devra pomper cette eau et la déverser dans les fossés de ligne ou de centre. En aucun temps, les eaux de pompage seront rejetées sur les sols cultivés, dans les systèmes de drainage souterrain, dans tout lac ou cours d'eau naturel.

L'entrepreneur ne doit ni couper ni déplacer les clôtures existantes sans l'autorisation explicite d'Alcan. Lorsque permis, l'entrepreneur doit, avant de couper les fils, étançonner les piquets de chaque côté de l'emprise afin de maintenir la même tension dans les sections restantes. S'il est nécessaire d'installer des barrières, il devra remplacer les clôtures de ligne par de la broche carrelée et des poteaux d'acier. Dans les cas particuliers où un propriétaire désire conserver les clôtures de bois, de pierre ou d'autres matériaux, l'entrepreneur devra les démontrer et les remonter soigneusement après les travaux.

Lorsqu'il sera nécessaire de déplacer ou d'enlever le sol arable, l'entrepreneur devra en disposer à la satisfaction de l'agriculteur.

5.3 Infrastructures et aménagements riverains

L'agent du maître d'œuvre a la responsabilité d'inventorier et d'illustrer aux plans les infrastructures et les aménagements riverains qui sont inclus ou connexes au chantier. L'entrepreneur doit éviter d'endommager ou de détruire quai, prise d'eau, trottoir, clôture, patio et toutes les infrastructures riveraines incluses ou non aux plans et devis.

Lors d'un bris, l'entrepreneur doit procéder à la réparation de l'élément touché selon les règles de la section 8.2.

6.0 GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES

Tous les matériaux excédentaires résultant des activités de chantier ne doivent, en aucun temps, être rejetés dans les lacs, les cours d'eau, les marais et les marécages, les tourbières ou autres habitats fauniques. Ces matériaux ne devront non plus être déposés dans les fossés, sur les terres agricoles, à proximité de prise d'eau, dans les forêts ou être enfouis en quelque endroit sur le site des travaux.

Tous les matériaux non réutilisables doivent être transportés à l'extérieur du chantier. La présente section précise les lignes directrices pour gérer adéquatement les surplus de matériaux d'excavation, les matières résiduelles non réutilisables et les matières dangereuses.

6.1 Réutilisation des matériaux d'excavation

La formation du profil pour la mise en place des ouvrages de stabilisation exige l'excavation de quantités parfois importantes de matériaux. Ceux-ci peuvent être réutilisés comme remblai s'ils rencontrent les caractéristiques d'un matériau de classe "B".

Les surplus des matériaux excavés doivent le plus possible être réutilisés sur le site des travaux. Ils peuvent être déposés dans les talus dénudés en haut des empierrements mais ne doivent pas nuire aux travaux de revégétalisation subséquents. Ils peuvent également être déposés au pied des ouvrages de stabilisation, afin de combler les vides dans les empierrements et d'accélérer le retour au profil original du littoral.

Si les quantités de surplus d'excavation sont trop importantes pour être entièrement réutilisées sur les sites des travaux, elles doivent être transportées et disposées dans les carrières et sablières autorisées par le ministère de l'Environnement. Ces lieux de disposition seront précisés lors des rencontres préparatoires aux travaux avec les entrepreneurs et les surveillants des travaux.

Les matériaux d'excavation réutilisés doivent être exempts de matières dangereuses et de résidus de toutes sortes (voir sections 6.3 et 6.4). L'entrepreneur est tenu de s'en tenir rigoureusement aux directives d'Alcan pour la gestion des matières résiduelles.

6.2 Valorisation des résidus ligneux

L'entrepreneur doit s'assurer de la réutilisation entière des résidus ligneux générés par les travaux. Ces résidus ne doivent pas être disposés dans les carrières, sablières, les lieux d'enfouissement sanitaire ou les dépôts secs.

6.3 Disposition des résidus solides non récupérés

Les résidus solides autres que les surplus d'excavation et les résidus ligneux qui peuvent être générés lors des activités de construction sont, le plus souvent : pneus, broche, pavage, béton, acier, fer, membrane géotextile, divers emballages et contenants non contaminés. Sont inclus également dans cette catégorie un volume inférieur à 100 mètres cubes de terre et sable, imbibés de moins de 5% (en poids) d'hydrocarbures.

Les pneus doivent être acheminés chez un fournisseur qui en fera la récupération. Les autres résidus solides non récupérés doivent être transportés à l'extérieur du chantier et disposés soit dans les lieux d'enfouissement sanitaire ou les dépôts de matériaux secs autorisés par le ministère de l'Environnement.

LISTE DES LIEUX D'ENFOUISSEMENT SANITAIRE

M.R.C Lac Saint-Jean Est

L'Ascension
(418) 668-3023

M.R.C. Maria Chapdelaine

Dolbeau
(418) 276-2131

M.R.C. Domaine-du-Roy

Saint-Prime
(418) 275-5044

6.4 Disposition des matières dangereuses

Les principales matières dangereuses générées par les travaux de construction sont les huiles usées (huiles hydrauliques, huiles de lubrification), les solvants, antigels, peintures ainsi que les contenants contaminés de ces matières.

Ces matières dangereuses ne doivent pas être rejetées dans l'environnement ni dans les lieux d'enfouissement sanitaire ou les dépôts de matériaux secs. L'entrepreneur a l'entière responsabilité du transport et de la disposition de ces matières résiduelles.

Les mesures qui s'appliquent dans le cas d'un déversement accidentel de contaminant sont précisées à la section 9.

7.0 CARRIÈRES ET SABLIERES

La présente section porte sur les exigences d'Alcan pour les fournisseurs de matériaux provenant de carrières et de sablières.

Dans les règles énoncées ci-après, les termes suivants sont employés au sens du Règlement sur les carrières et sablières :

Carrière : Aire d'extraction à ciel ouvert de substances minérales consolidées

Sablière : Aire d'extraction à ciel ouvert de substances minérales non consolidées, y compris du sable ou du gravier, à partir d'un dépôt naturel

Aire d'extraction : Surface du sol d'où l'on extrait des substances minérales

Nouveau : Dont on entreprend l'exploitation ou l'utilisation après le 17 août 1977

Dans le cadre des travaux de stabilisation des berges, Alcan utilise, si possible, les carrières et sablières existantes. Étant donné l'envergure des interventions, dont

certaines sont récurrentes et qui s'échelonnent sur plusieurs années, de nouvelles aires d'extraction sont créées.

Alcan exige et s'assure que le fournisseur de matériaux provenant des carrières et sablières possède tous les permis et certificats requis pour l'utilisation ou à l'exploitation de ces aires d'extraction.

Alcan exige du fournisseur la mise en application du Règlement sur les carrières et sablières de la Loi sur la qualité de l'environnement.

8.0 REMISE EN ÉTAT

La présente section porte sur la désaffectation et la restauration des lieux des travaux, incluant les chemins d'accès. Ceci doit être réalisé à la satisfaction de l'agent du maître d'œuvre et de Alcan qui, au besoin, pourront exiger des travaux correctifs.

8.1 Désaffectation et nettoyage du chantier

À la fin des travaux, l'entrepreneur doit enlever du chantier tous les matériels, matériaux, installations temporaires, matériaux de déblai, matières résiduelles non récupérées, etc. À moins d'entente avec les riverains, les matériaux rapportés pour aménager les chemins d'accès devront être enlevés.

La lisière de végétation en bordure des ouvrages et la grève doivent être nettoyées des arbres et arbustes morts ou abîmés par les interventions, branches, troncs, souches, pierres et de tout autre résidu inapproprié provenant des travaux.

Les matériaux non utilisables ni récupérables seront transportés à l'extérieur du chantier et disposés selon les règles édictées à la section 6 du présent Code.

8.2 Infrastructures et aménagements riverains

Les infrastructures et les aménagements riverains (quai, trottoir, mur, clôture, prise d'eau, pelouse, etc.) qui auront été endommagés lors des travaux, que ce soit en bordure de la berge ou des chemins d'accès, sur les terrains privés ou publics, devront être réparés. Ces réparations devront être effectuées immédiatement après la mise en place des ouvrages de stabilisation ou lors de la remise en état, au plus tard le 24 juin, selon la période la plus appropriée.

Les réparations devront être faites avec des matériaux neufs de même type que ceux existants et Alcan s'assurera que les aménagements, bâtiments, infrastructures soient rendus à leur état original, à la satisfaction du propriétaire.

8.3 Revégétalisation et génie végétal

Une évaluation de la faisabilité de stabiliser la berge avec des techniques de génie végétal, seules ou combinées, est réalisée à l'étape de la conception des ouvrages.

Des travaux de revégétalisation sont prévus à tous les sites où le couvert végétal est absent par suite de l'érosion, ou bien est susceptible d'être affecté par les interventions de stabilisation. Dans les cas où l'envergure des interventions ne peut être précisée lors de la conception, une évaluation des besoins en revégétalisation est réalisée par du personnel spécialisé, à la fin des travaux.

L'objectif de la revégétalisation est d'assurer un couvert végétal aux secteurs affectés par les travaux, d'accélérer l'envahissement par la végétation environnante, et/ou de constituer une bande riveraine.

La revégétalisation consiste soit à de l'ensemencement d'herbacés, soit à la plantation d'arbres et d'arbustes, selon la nature des secteurs et l'objectif recherché.

Les essences indigènes au lac Saint-Jean sont privilégiées. Les méthodes et les techniques utilisées sont détaillées dans les plans et devis spécifiques.

Par ailleurs, toute végétation arbustive ou arborescente endommagée lors des travaux doit être réparée selon les directives de la section 5.1. Soulignons que ces mesures doivent être mises en œuvre le plus rapidement possible après le bris, dans un délai maximum de cinq (5) jours.

Lorsque des arbres ou des arbustes d'ornement sont détruits par la mise en place des structures, ceux-ci devront être remplacés après autorisation d'Alcan qui a pris entente avec l'occupant riverain.

La période de réalisation des travaux de revégétalisation ou de génie végétal est variable selon les méthodes et les techniques appliquées. Un (1) an après ces travaux, les résultats doivent montrer une efficacité minimale de 70% évaluée à la surface ou à l'unité selon le cas.

9.0 PLAN D'INTERVENTION EN CAS DE DÉVERSEMENT ACCIDENTEL DE CONTAMINANTS.

La prévention est sans aucun doute la meilleure mesure pour éviter les déversements accidentels. À cet effet, l'entrepreneur et le surveillant de chantier doivent s'assurer que tous les véhicules et équipements sont en excellent état particulièrement les réservoirs d'essence et d'huile, que toutes les manipulations de contaminants sont faites aux endroits prévus à cette fin soit sur le bassin de retenue des hydrocarbures et que toutes les personnes affectées aux travaux soient sensibilisées et informées de ces règles.

La présente section précise les actions et les mesures à mettre en œuvre en cas de déversement accidentel de contaminants.

9.1 Domaine d'application et définitions

Les règles énoncées ci-après concernent le déversement accidentel de contaminant lors du transport ou sur les chantiers de construction. Nous entendons par déversement accidentel, toute présence d'une certaine quantité d'un contaminant hors du lieu habituel de stockage ou d'utilisation. Une fuite lente ou une présence accidentelle constatée longtemps après le fait sont considérées comme un déversement et les règles édictées ci-après s'appliquent également à ces situations.

Les principaux contaminants susceptibles d'être transportés ou de se trouver sur les chantiers sont les huiles (hydrauliques, de lubrification), les combustibles (essence, carburant, diesel, tous les mazouts), les produits chimiques (antigels, solvants, peintures, vernis, détergents).

L'entrepreneur a l'entière responsabilité du transport des matières dangereuses et des déversements. Alcan exige de ce dernier qu'il mette en application la Loi sur la qualité de l'environnement, le Règlement sur les matières dangereuses et le Règlement sur le transport des matières dangereuses.

9.2 Actions à prendre lors d'un déversement

Les caractéristiques, les quantités et l'étendue du produit déversé ainsi que le type de milieu touché vont guider les décisions et les actions des personnes se trouvant sur les lieux du déversement.

Lorsqu'un déversement accidentel est constaté, l'entrepreneur et le surveillant de chantier doivent immédiatement prendre les actions suivantes :

1. **Contrôler la fuite**, c'est-à-dire localiser la source de la fuite et la neutraliser si possible.
2. **Confiner le produit déversé**, c'est-à-dire faire obstacle au cheminement du produit déversé de façon à restreindre son étendue et empêcher qu'il n'atteigne des zones sensibles, particulièrement le milieu aquatique et les puits d'eau potable.

À cet égard, on doit retrouver sur le chantier, en tout temps, des récipients vides ainsi que de la paille, des copeaux de bois ou tout autre matériau absorbant en quantité suffisante afin d'absorber tout déversement accidentel en milieu terrestre, sur la neige ou la glace. Au besoin, des digues de neige compactée ou de glace, de terre ou de sable devront être érigées.

Lorsqu'un déversement a lieu ou atteint le milieu aquatique, l'entrepreneur doit tout mettre en œuvre pour l'endiguer et le confiner (à l'aide de branches, de billes de bois, de planches, etc.), s'il juge que cela est possible et peut être exécuté rapidement.

Dans le cas d'un déversement qui atteint le sol ou l'eau et lorsque le risque environnemental le justifie, les opérations doivent être supervisées ou exécutées par une firme spécialisée.

Tous les effectifs et les équipements nécessaires doivent être mobilisés le plus rapidement possible afin d'arrêter et de confiner le déversement et de minimiser les impacts sur l'environnement.

3. Aviser les autorités

Le surveillant de chantier ou en son absence, toute personne qui constate un déversement, doit aviser **sans délai** (maximum 30 minutes), les deux intervenants suivants :

- Le répartiteur de Énergie électrique

(418) 662-1840

et

- Une personne de l'équipe de projet du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean

(418) 668-0151

(418) 662-4518 cellulaire

Advenant le cas où ni l'une ni l'autre des personnes responsables mentionnées ci-haut ne peut être rejointe dans un délai de 30 minutes, le surveillant de chantier ou toute autre personne qui constate un déversement doit aviser les services d'Urgence/Environnement du MENV et Environnement Canada.

- Ministère de l'Environnement du Québec
Urgence/Environnement
(418) 695-7950 (8h30 à 16h30)
1-866-694-5454 (après 16h30 ou les fins de semaine)
- Ministère de l'Environnement du Canada
Urgence/Environnement
(514) 283-2333

9.3 Récupération des contaminants et restauration des lieux

Un représentant d'Alcan surveille les actions ultérieures de récupération des contaminants et de restauration des lieux. Le surveillant de chantier est présent en permanence lors de toutes ces opérations.

Tout le produit déversé ainsi que les matériaux contaminés (terre, sable, neige, membrane géotextile, débris végétaux, etc.) doivent être récupérés à l'aide des méthodes appropriées et le plus rapidement possible. Les sols doivent être décapés sur toute l'épaisseur contaminée.

La récupération est effectuée soit par une entreprise spécialisée soit par l'entrepreneur. Dans ce dernier cas, l'entrepreneur doit tenir compte des avis et des recommandations des représentants d'Alcan et du ministère de l'Environnement ou de toute autre autorité compétente dans la poursuite des actions mises en œuvre pour rétablir la situation.

Les volumes inférieurs à 100 mètres cubes de terre et sable contenant moins de 5% (en poids) d'hydrocarbures peuvent être éliminés dans les sites d'enfouissement sanitaire ou les lieux de dépôts de matériaux secs énumérés à la section 6.3. Les autres matières contaminées devront être acheminées vers un centre d'élimination autorisé par le ministère de l'Environnement. Alcan s'assure de la gestion adéquate des matières contaminées.

Les lieux affectés doivent être rendus à leur état original ou réaménagés. Alcan établit le plan de restauration des lieux affectés, conjointement avec les différents intervenants concernés (ministère de l'Environnement, occupant riverain, entreprise spécialisée, etc.).

Les terres et sables enlevés seront remplacés par un substrat de même nature. Les règles de la section 8 s'appliquent pour la restauration des lieux affectés par un déversement de contaminant.

9.4 Rapport d'incident

Le surveillant de chantier doit déposer dans un délai de 24 heures un rapport d'incident selon le formulaire PSB/Rapport d'incident lors d'un déversement. Le formulaire PSB/Rapport d'analyse lors d'un déversement est complété dans un délai maximum de cinq (5) jours.

Alcan s'assure que toutes les mesures ont été prises pour minimiser l'impact du déversement sur l'environnement, que la récupération des contaminants et la restauration des lieux ont été effectuées adéquatement et à la satisfaction des intervenants concernés. De plus, Alcan s'assure que les recommandations formulées pour prévenir de tels incidents sont mises en œuvre.

Annexe 1

Politique d'Alcan en matière d'environnement, de santé et de sécurité

Alcan s'est engagée à exceller en matière d'environnement, de santé et de sécurité (ESS) par l'amélioration continue de nos connaissances, de notre compréhension des enjeux et de nos performances. Notre but est de protéger et de promouvoir l'environnement ainsi que la santé et la sécurité de chacun de nos employés partout où nous exerçons nos activités. Ceci contribuera à l'atteinte du développement durable et bénéficiera à l'ensemble des employés, aux collectivités, aux clients, aux fournisseurs et aux actionnaires. Chaque employé d'Alcan devra soutenir activement cette politique et mettre en oeuvre les principes directeurs suivants:

PRINCIPES DIRECTEURS

- Faire de l'ESS une partie intégrante du processus de gestion et de décision d'Alcan. L'objectif que nous partageons tous est de démontrer notre leadership par des performances qui contribuent à maximiser la valeur.
- Collaborer avec nos clients afin de comprendre leurs besoins et les encourager à mettre en oeuvre les meilleures pratiques ESS pour la conception et la fabrication de produits fiables et sûrs, qui, au cours de leur vie utile, tirent le meilleur parti des propriétés de nos matériaux.
- Faire preuve de leadership en matière d'ESS et promouvoir les caractéristiques supérieures de nos produits et les avantages qu'ils procurent à l'ensemble de la société.
- Assurer à nos employés un environnement de travail qui les encourage à contribuer à la réalisation de l'objectif «zéro blessure et maladie professionnelle».
- Réduire les impacts environnementaux résultant de nos procédés et activités; à cette fin, utiliser les ressources naturelles et l'énergie plus judicieusement grâce à une utilisation efficace des systèmes de gestion imposant l'amélioration continue des performances en matière d'ESS.
- Prendre en compte les exigences de l'ESS et établir des critères appropriés pour la sélection des partenaires d'affaires et des sous-traitants.
- Faire de façon régulière des audits de nos activités afin d'évaluer nos performances ESS et de vérifier le respect des règles et objectifs qui nous gouvernent.
- Nous conformer aux exigences de la loi et aux normes internes d'Alcan.
- Adopter un mode de communication ouvert et transparent avec toutes les parties intéressées afin d'acquiescer une meilleure compréhension de l'environnement, de la santé et de la sécurité, et d'améliorer nos performances.

Travis Engen,
Président et chef de la direction
Janvier 2002

Annexe 2

Index des lois et règlements cités

Loi sur la qualité de l'environnement, L.R.Q., c. Q-2

Loi sur les biens culturels, L.R.Q., c. B-4

Règlement sur les carrières et sablières, c. Q-2, r.2

Règlement sur les déchets solides, c. Q-2, r. 3.2

Règlement sur les matières dangereuses, c. Q-2, r. 15.2

Règlement sur le transport des matières dangereuses, c-24.2, r.4.2

Loi sur la protection des eaux navigables (LPEN) Paragraphe 5(1)

Loi canadienne sur l'évaluation environnementale (LCÉE) Paragraphe 35(2)

Loi sur les pêches (LP)

Annexe 3

Glossaire

Agent du maître d'œuvre : Consultant en ingénierie mandaté par Alcan pour la conception et la surveillance des travaux, la gestion et le suivi des entrepreneurs et de leurs sous-traitants lors de l'exécution des travaux. Il a l'autorité pour demander à l'entrepreneur de corriger certaines situations ou d'arrêter les travaux en cas d'urgence.

Alcan : Alcan Inc., division Énergie électrique, propriétaire des travaux.

Chantier : L'emplacement ou les emplacements définis aux documents d'appel d'offres et que Alcan met à la disposition de l'entrepreneur pour l'exécution des travaux faisant l'objet du contrat, ainsi que toutes les installations permanentes ou non, usines de fabrication, dépôts de matériaux, cours de matériels etc., qui y sont localisés.

Entrepreneur : La personne, société, compagnie à qui le contrat d'exécution de l'ensemble des travaux est adjudgé ainsi que leurs successeurs et ayants droit.

Maître d'œuvre : Le propriétaire des travaux (Alcan, Énergie électrique) assume la responsabilité de maître d'œuvre. Il mandate un agent du maître d'œuvre pour la conception et la surveillance des travaux.

Matériau (x) : Tous les biens entrant dans la réalisation des travaux faisant l'objet du contrat ou étant consommés pour son exécution ainsi que tous les appareillages et matériaux devant être incorporés dans ces ouvrages.

Matériel (s) : Ensemble des outils, de l'outillage, des instruments, des appareils, des machines, des véhicules, des équipements, des machineries, des bâtiments et les installations nécessaires à l'exécution ou à l'entretien des travaux qui ne sont pas incorporés aux ouvrages.

Alcan Inc.
Énergie électrique
Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean
100, rue Saint-Joseph Sud, bureau 104
Alma, Qc G8B 7A6
(418)-668-0151
bergeslsj@alcan.com



UQAC

Chaire en éco-conseil

Université du Québec à Chicoutimi

Rapport d'analyse de développement durable du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean de Rio Tinto Alcan division Énergie Électrique

Document réalisé par

Ian Segers, M. A., Éco-conseiller diplômé
David Tremblay, M. Sc., Éco-conseiller diplômé

Avec la collaboration de

Hélène Côté M. Sc., Éco-conseillère diplômée

Sous la direction de :

Claude Villeneuve
Professeur titulaire
Directeur de la Chaire en éco-conseil

Ce document est réalisé pour :

Rio Tinto Alcan division Énergie Électrique

Mars 2015

Université du Québec à Chicoutimi

Sommaire

Ce rapport constitue le livrable final d'une analyse de développement durable réalisée par la Chaire en éco-conseil pour Rio Tinto Alcan division Énergie Électrique (RTA-ÉÉ). Cette analyse vise à alimenter la réalisation d'une étude d'impact environnemental, requise en vertu de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE), pour l'établissement éventuel d'un nouveau décret balisant les travaux prévus par le Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean (PSBLSJ). L'analyse a été réalisée par la Chaire en éco-conseil de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) avec la grille d'analyse développée par ce groupe de recherche. La portée de l'étude est limitée au programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean (PSBLSJ).

Les moyens mis en œuvre pour favoriser la participation des parties prenantes et plus largement de la population ont permis de recueillir un vaste éventail d'opinions, mais il aurait été souhaitable que plus de gens participent. Toutefois, en effectuant un suivi des médias, en invitant les gens à participer de diverses manières et en intégrant à l'analyse les résultats des consultations citoyennes tenues à l'automne 2014, ce biais a pu être en partie corrigé.

L'analyse a été effectuée en utilisant la grille d'analyse de développement durable de la Chaire en éco-conseil (GADD). La pondération de l'outil a été effectuée par un comité de parties prenantes et l'évaluation a été complétée par les analystes de la Chaire. Pour éclairer leur travail, une revue de la littérature scientifique a été réalisée. Au total, 38 articles pertinents ont été retenus parmi les plus récents ayant été localisés. L'ensemble de ces publications montre que la gestion multi-usages de réservoirs a fait l'objet d'études et de réflexions dans toutes les régions du monde et que des outils et indicateurs très différents ont été utilisés pour trouver chaque fois un modèle applicable pour satisfaire aux besoins spécifiques des parties prenantes impliquées. Les documents fournis par le promoteur sur le PSBLSJ, une recherche historique et la recension des contributions apportées par les citoyens ont permis de compléter l'information. Enfin, les réponses du promoteur aux questions soulevées lors de l'analyse et par les citoyens ainsi que les résultats des consultations citoyennes tenues à l'automne 2014 ont complété les informations qui ont servi à l'analyse.

À RETENIR

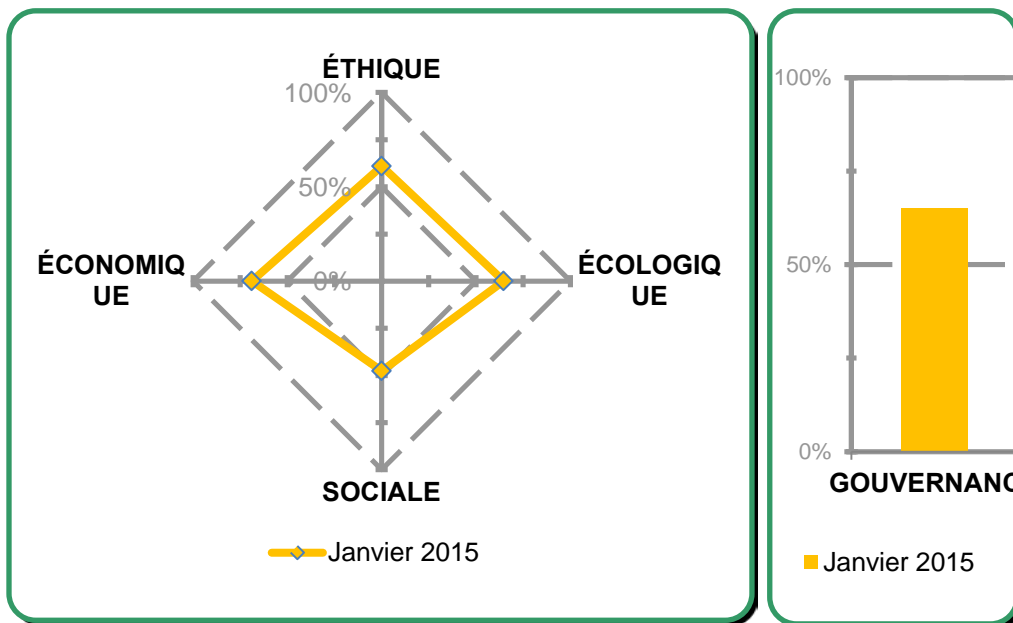
La pondération reflète les valeurs associées à chaque objectif par les parties prenantes.

L'évaluation mesure la performance des actions mises en œuvre ou envisagées.

Il n'y a pas de note de passage, car il s'agit d'un processus d'amélioration continue.

Les pistes de bonification sont des actions qui permettraient d'améliorer la performance.

Comme l'illustre la figure, les résultats de l'analyse démontrent que le PSBLSJ prend en considération les cinq dimensions du modèle de développement durable développé par la Chaire.



DIMENSION	
ÉTHIQUE	61%
ÉCOLOGIQUE	65%
SOCIALE	58%
ÉCONOMIQUE	69%
GOUVERNANCE	65%
Date de l'évaluation	Janvier 2015

De manière complémentaire, l'analyse a permis de valider la prise en compte des 16 principes de la Loi québécoise sur le développement durable (LQDD). Le tableau

suivant présente les pondérations et évaluations moyennes des 16 principes selon cette compatibilité. On peut en conclure que le PSBLSJ prend en compte tous les principes de la LQDD.

Principes de développement durable	Pondération moyenne	Évaluation moyenne
Santé et qualité de vie	2	59 %
Équité et solidarité sociales	2,7	66 %
Protection de l'environnement	2,8	66 %
Efficacité économique	2,8	69 %
Participation et engagement	2,6	62 %
Accès au savoir	2,3	68 %
Subsidiarité	3	68 %
Partenariat et coopération intergouvernementale	3	62 %
Prévention	3	60 %
Précaution	3	48 %
Protection du patrimoine culturel	3	69 %
Préservation de la biodiversité	2,8	66 %
Respect de la capacité de support des écosystèmes	2,9	65 %
Production et consommation responsable	3	77 %
Pollueur payeur	3	68 %
Internalisation des coûts	3	85 %

L'analyse a révélé que l'ensemble des données nécessaires à l'évaluation était d'une qualité satisfaisante. Un total de 274 pistes de bonification a été relevé par le processus d'analyse. L'articulation des contenus et la priorisation ont permis d'en formuler 7 qui s'adressent à RTA-ÉE et 3 qui pourraient contribuer à une meilleure performance du PSBLSJ, mais qui ne sont pas sous le contrôle de RTA-ÉE. L'application de mesures concrètes inspirées des pistes de bonification priorisées permettrait d'améliorer la performance du PSBLSJ pour un nombre variable d'objectifs de la grille et de principes de la LQDD.

Les résultats obtenus lors de cette analyse illustrent les préoccupations à considérer et les actions à engager pour s'assurer que la démarche s'insère dans la recherche d'un développement durable. Les pistes de bonification et les recommandations pourront être accueillies avec plus ou moins d'enthousiasme en fonction du paradigme de référence des acteurs. Cela ne doit pas empêcher de travailler de façon constructive à inventer une nouvelle façon de faire qui permette de satisfaire plus de besoins humains dans une perspective de développement durable.

Les sept pistes de bonification priorisées lors de cet exercice et s'adressant à RTA-ÉE sont les suivantes :

- **Améliorer la communication**

Malgré des efforts notables de l'entreprise dans le passé, la communication devrait être axée sur le dialogue, c'est-à-dire des échanges où l'objectif n'est pas de défendre une position, mais de co-construire un projet. La communication est transversale et touche directement quatre dimensions analysées dans la grille. Selon les objectifs, il peut s'agir d'informer, de consulter, de concerter ou de dialoguer pour co-construire.

- **Élargir le cadre de gestion**

La Chaire propose trois (3) bonifications prioritaires permettant d'élargir le cadre de gestion du lac Saint-Jean et de la protection de ses berges. Il s'agit de :

- mettre en œuvre une gestion systémique;
- mettre en place un comité de gestion harmonisée;
- évaluer, en respectant l'ensemble des dimensions du développement durable, les impacts de différents modes de gestion du niveau du lac St-Jean.

Ces trois bonifications sont étroitement reliées. La première est d'ordre plus philosophique et éthique, la seconde concerne les moyens alors que la troisième concerne le sujet incontournable qu'il faudra aborder à la lumière de l'analyse de la littérature et des consultations citoyennes.

- **Considérer de nouvelles variables dans les travaux de stabilisation**

Malgré les efforts de RTA-ÉÉ et les bons coups soulignés par de nombreuses parties prenantes, les travaux du PSBLSJ sont quelquefois l'objet de controverses. L'analyse a révélé que certaines dimensions des travaux auraient avantage à être mieux prises en considération dans le PSBLSJ. L'innovation, l'accessibilité, l'esthétique, les arts, l'architecture font partie des préoccupations qui mériteraient d'être mieux considérées. Ces éléments pourraient faire l'objet d'une liste de contrôle ou alimenter une évaluation multicritère dans le processus de planification et de mise en œuvre des travaux sur une base annuelle ou quinquennale.

- **Favoriser l'usage d'outils de développement durable**

Les outils du développement durable incluent à la fois la sensibilisation, les théories du changement de comportement, les processus participatifs par le dialogue, l'analyse de cycle de vie, l'évaluation multicritère, les certifications volontaires, les systèmes de gestion du développement durable, les politiques d'achats responsables, les grilles d'analyse de développement durable, les grilles et guides de prise en compte des seize (16) principes de la LQDD, les normes et autres. Chacun de ces outils présente des avantages et des inconvénients et ils s'appliquent idéalement après avoir caractérisé les problèmes à gérer. Les outils retenus doivent aussi convenir à la nature des représentations et à la culture des organisations.

- **Adopter une approche de coopération**

Les différentes parties prenantes ont clairement manifesté au cours des consultations citoyennes leur volonté d'être impliquées, considérées comme des partenaires dans les réflexions sur le PSBLSJ en particulier et plus généralement sur l'harmonisation des usages en lien avec la gestion du lac Saint-Jean. Cela suppose que RTA-ÉÉ devra adopter une approche de coopération pour réaliser la suite du PSBLSJ dans un contexte de développement durable.

- **Anticiper les changements climatiques**

Les changements climatiques vont affecter le Québec et le bassin versant du lac Saint-Jean dans les prochaines décennies, ce qui se traduira par de nouveaux défis de gestion pour RTA-ÉÉ et pour l'ensemble des parties prenantes. À l'instar de la collaboration de RTE-ÉÉ avec le consortium Ouranos depuis 2010, il est impératif que l'entreprise anticipe ces impacts pour réduire sa vulnérabilité et celle des riverains. Cette anticipation permettra aussi de mieux concevoir ses ouvrages et planifier ses travaux.

- **Favoriser l'accès aux savoirs**

Les savoirs auxquels il est fait référence sont multiples : scientifiques, techniques, procéduraux ou vernaculaires. RTA-ÉÉ, mais aussi les autres parties prenantes du PSBLSJ sont invités à favoriser l'accès aux savoirs, tant par la recherche que par la communication et le partage d'informations.

Les trois dernières pistes d'action ne sont pas de la responsabilité première de RTA-ÉÉ, mais elles apparaissent, à la suite de l'analyse, comme des éléments nécessaires au succès de la démarche pour orienter le PSBLSJ dans un contexte de développement durable. Elles sont portées à l'attention du promoteur, mais doivent interpeler les autres parties prenantes qui ont à s'y engager avec RTA-ÉÉ.

Les trois recommandations suivantes s'adressent en priorité aux parties prenantes autres que RTA-ÉÉ :

- **Co-construire un engagement éthique des riverains**

À la suite de l'analyse, la Chaire encourage les riverains à s'organiser pour se responsabiliser par rapport aux enjeux sur lesquels ils ont un pouvoir d'action direct (ex. : l'aménagement des terrains, les loisirs motorisés, l'entretien des fosses septiques, etc.). Bien que cette recommandation s'adresse directement aux riverains, cette prise en charge peut être facilitée par RTA-ÉÉ dans la mesure où les premiers acteurs visés auront progressé dans leurs réflexions. Les municipalités, les MRC et les ministères chargés de l'application des lois pertinentes sont aussi visés au premier chef par cet engagement.

- **Développer le pouvoir d'agir des parties prenantes**

Le développement du pouvoir d'agir des parties prenantes peut prendre plusieurs formes. L'objectif est de rassembler les idées, les expériences à la

recherche d'actions porteuses pour les parties prenantes, dans le respect des orientations générales du PSBLSJ eu égard au développement durable.

- **Contribuer à faire la lumière sur les droits, devoirs, pouvoirs des parties prenantes**

Il est apparu à l'analyse qu'il y avait de nombreuses zones d'ombre et d'importantes confusions en ce qui concerne les droits des parties prenantes. Cela relève d'un contexte historique et de droits acquis par l'occupation du territoire ou de droits concédés en vertu du régime législatif à une autre époque.

Il apparaît indispensable que le Gouvernement du Québec fasse la lumière sur la confusion que peut provoquer l'enchevêtrement de plusieurs lois, politiques, stratégies qui modifie le contexte légal de l'application des décrets sur le PSBLSJ.

L'analyse de développement durable n'est pas prescriptive, il s'agit d'un outil d'aide à la décision. L'analyse réalisée permet de donner un éclairage à des problèmes complexes dans le but d'intégrer un plus large éventail de préoccupations en vue d'en limiter les impacts négatifs et d'en maximiser les retombées positives pour le plus grand nombre. Elle permet de prendre en considération toutes les dimensions du développement durable.

Cette analyse doit être considérée comme un point de départ pour la mise en œuvre d'un processus d'amélioration continue du PSBLSJ. Des objectifs, cibles et indicateurs de performance pourront être déterminés en vertu des choix qui seront faits par RTA-ÉE et des décisions des autorités gouvernementales qui figureront au décret.

En conclusion, l'analyse de développement durable a permis de faire la lumière sur des pistes d'action prioritaires qui sont les plus susceptibles d'améliorer la performance du PSBLSJ en matière de développement durable, tel que demandé dans le mandat confié à la Chaire en éco-conseil. L'analyse devrait être répétée sur une base récurrente, par exemple à mi-terme et en fin de décret pour suivre adéquatement la performance de développement durable du PSBLSJ.

TABLE DES MATIÈRES

Sommaire.....	ii
LISTE DES TABLEAUX.....	x
LISTE DES FIGURES.....	xi
LISTE DES ANNEXES.....	xi
LISTE DES ACRONYMES.....	xii
1. Contexte.....	1
1.1 Mandat et objectif.....	1
1.2 Programme de stabilisation des berges et développement durable.....	2
1.3 Le choc des paradigmes.....	4
2. Démarche – du mandat au rapport final.....	7
2.1 Mandat.....	7
2.2 Acquisition de connaissances.....	7
2.3 Développement de plateformes internet.....	9
2.4 Pondération des objectifs de la GADD.....	9
2.5 Première évaluation des objectifs de la GADD et rédaction du rapport préliminaire.....	10
2.6 Deuxième évaluation des objectifs de la GADD.....	10
2.7 Analyse et rédaction du rapport final.....	11
3. Résultats.....	12
3.1 Pondération.....	12
3.2 Évaluation.....	16
3.2.1 Dimension éthique.....	18
3.2.2 Dimension écologique.....	20
3.2.3 Dimension sociale.....	22
3.2.4 Dimension économique.....	24

3.2.5 Dimension gouvernance.....	25
3.3 Évaluation de la prise en compte des 16 principes de la Loi québécoise sur le développement durable	27
3.4 Bonifications prioritaires	30
3.5 Qualité des données	33
4. Analyse	36
4.1 Bonifications prioritaires	36
4.1.1 Améliorer la communication	38
4.1.2 Élargir le cadre de gestion.....	40
4.1.2.1 Appliquer la gestion systémique.....	41
4.1.2.2 Mettre en place un comité de gestion harmonisée	43
4.1.2.3 Évaluer les différents modes de gestion du niveau du lac Saint-Jean	46
4.1.3 Considérer différentes variables pour les travaux de stabilisation	48
4.1.4 Favoriser l'utilisation d'outils du développement durable	50
4.1.5 Adopter une approche de coopération	52
4.1.6 Anticiper les changements climatiques.....	54
4.1.7 Favoriser l'accès aux savoirs	57
4.2 Recommandations	59
4.2.1 Co-construire un engagement éthique du riverain.....	59
4.2.2 Développer le pouvoir d'agir des parties prenantes.....	61
4.2.3 Contribuer à faire la lumière sur les droits, devoirs et pouvoirs des parties prenantes.....	62
4.3 Limites de l'étude	65
Conclusion	67
Bibliographie	69

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1- Moyenne des pondérations des dimensions	12
Tableau 2 - Moyenne des pondérations des thèmes	13
Tableau 3- Résultats par dimension	17
Tableau 4 - Dimension éthique.....	19
Tableau 5- Dimension écologique	21
Tableau 6- Dimension sociale	23
Tableau 7- Dimension économique	24
Tableau 8- Dimension gouvernance.....	26
Tableau 9 - Évaluation moyenne de la prise en compte des 16 principes de la Loi québécoise sur le développement durable	29
Tableau 10- Bonification prioritaire: Améliorer la communication.....	39
Tableau 11- Bonification prioritaire: Appliquer la gestion systémique	42
Tableau 12 Bonification prioritaire: Mettre en place un comité de gestion harmonisée ..	45
Tableau 13- Bonification prioritaire: Évaluer les différents modes de gestion du lac Saint-Jean	47
Tableau 14- Bonification prioritaire: Considérer différentes variables pour les travaux de stabilisation	49
Tableau 15- Bonification prioritaire: Favoriser l'utilisation d'outils du développement durable	51
Tableau 16- Bonification prioritaire: Adopter une approche de coopération.....	53
Tableau 17- Bonification prioritaire: Anticiper les changements climatiques	56
Tableau 18- Bonification prioritaire: Favoriser l'accès aux savoirs.....	58
Tableau 19- Recommandation: Co-construire un engagement éthique du riverain.....	60
Tableau 20- Recommandation: Développer le pouvoir d'agir des parties prenantes	61
Tableau 21 - Recommandation : Contribuer à faire la lumière sur les droits, devoirs et pouvoirs des parties prenantes	64

LISTE DES FIGURES

Figure 1- Répartition des pondérations des objectifs par dimension.....	15
Figure 2 Tétraèdre et indice de gouvernance obtenu pour le PSBLSJ	18
Figure 3- Dimension éthique	20
Figure 4- Dimension écologique.....	22
Figure 5- Dimension sociale.....	23
Figure 6- Dimension économique.....	25
Figure 7- Dimension gouvernance.....	26
Figure 8- Modèle de développement durable retenu par la LQDD.....	27
Figure 9 - Indice de priorisation	31
Figure 10- Indice de besoin en données.....	34
Figure 11 - Qualité des données - Ensemble des objectifs.....	35
Figure 12 - Besoins en données pour l'ensemble des objectifs	35
Figure 13 - Les solutions pour l'adaptation aux changements climatiques et leurs relations	55

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1- Revue de littérature

Annexe 2- Réponses de RTA-ÉÉ aux questions

Annexe 3- Guide d'utilisation de la GADD

Annexe 4- Rapports minoritaires

Annexe 5- Les 16 principes de la loi québécoise sur le développement durable (LQDD)

Annexe 6- Description des objectifs de la GADD

Annexe 7- Grille d'analyse de développement durable du PSBLSJ complétée

Annexe 8- Indice de la qualité des données

Annexe 9- Compatibilité avec les seize (16) principes de la LQDD

Annexe 10- Analyse de sensibilité

LISTE DES ACRONYMES

BAPE	Bureau d'audiences publiques sur l'environnement
CMED	Commission mondiale sur l'environnement et le développement
DD	Développement durable
GADD	Grille d'analyse de développement durable
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
LQDD	Loi québécoise sur le développement durable
LQE	Loi sur la qualité de l'environnement
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et Lutte contre les changements climatiques
MRC	Municipalité régionale de comté
PSBLSJ	Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean
PSPP	Politiques, Stratégies, Programmes et Projets
UQAC	Université du Québec à Chicoutimi
RTA	Rio Tinto Alcan
RTA-ÉE	Rio Tinto Alcan division Énergie Électrique
TLGIRT	Tables locales de gestion intégrée des ressources et du territoire

1. Contexte

1.1 Mandat et objectif

L'objectif du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean (PSBLSJ) est de contrer l'érosion des berges sur le pourtour du lac Saint-Jean et de ses principaux tributaires en tenant compte des aspects techniques, économiques, éthiques, sociaux et environnementaux (Alcan Aluminium Limitée, 1996; Alcan, 2007; Rio Tinto Alcan, 2014). Le décret gouvernemental 2006-2016 encadrant le PSBLSJ touche à sa fin et Rio Tinto Alcan division Énergie-Électrique (RTA-ÉE) souhaite une analyse indépendante visant à évaluer les aspects mentionnés ci-haut de leur programme dans une perspective de développement durable. L'analyse qui suit répond à cet objectif.

L'analyse de développement durable est un outil d'aide à la décision permettant de donner une évaluation de la performance d'un projet selon cinq (5) dimensions (Villeneuve et Riffon, 2011a) et :

1. D'identifier les forces et les points à améliorer du projet ;
2. De trouver et de prioriser des pistes de bonification susceptibles d'en améliorer la performance dans le temps ;
3. De développer des indicateurs appropriés pour en suivre l'évolution.

L'outil d'analyse développé par la Chaire (Villeneuve et Riffon, 2011b) est flexible et adaptable et a permis d'analyser et de bonifier des projets, des stratégies, des politiques et des programmes dans différents contextes au niveau local et global pour des Politiques, Stratégies, Programmes et Projets (PSPP).

En considérant les nombreuses études qui ont été réalisées durant les dernières décennies, les résultats des récentes consultations citoyennes et la volumineuse documentation disponible, les analystes de la Chaire en éco-conseil ont été en mesure de faire une évaluation du PSBLSJ selon les différentes dimensions du développement durable. Ce sera l'objet du présent rapport.

Le partage de la documentation et des rapports sur la plateforme Synapse¹ a été mis en place dès le début du mandat de façon à fournir des informations au mandataire ainsi qu'à la collectivité. Cela avait pour but de favoriser les réflexions en amont du processus de consultation publique qui sera éventuellement encadré par le Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE) tel que prescrit par la Loi sur la qualité de l'environnement (Chapitre Q-2). Ces informations permettront d'alimenter le processus de travail devant mener à un nouveau décret sur le PSBLSJ en considérant les différentes dimensions du développement selon le modèle développé par la Chaire en

¹ <http://synapse.uqac.ca/rta-berges/>

éco-conseil. Comme le mandataire RTA-ÉE n'a pas encore choisi parmi les pistes de bonification priorisées dans ce présent rapport d'analyse, il n'est pas possible à ce stade de déterminer des indicateurs pour le suivi du programme.

Ce rapport d'analyse de développement durable constitue le livrable final. On y présente le contexte du mandat ainsi que la démarche suivie. L'analyse finale, datée de la fin janvier 2015, a comme point de départ les résultats du premier exercice d'évaluation dont les résultats ont été synthétisés dans le *Rapport préliminaire d'analyse de développement durable du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean* (Segers et Tremblay, 2014). La seconde évaluation a pris en compte les nouvelles connaissances générées par le processus de recherche, les réponses aux questions adressées au promoteur et les consultations citoyennes tenues à l'automne 2014 (cf. section 2) afin de réaliser une analyse complète de développement durable destinée à la préparation d'une étude d'impact sur l'environnement exigée par le Gouvernement du Québec pour l'établissement éventuel d'un nouveau décret.

1.2 Programme de stabilisation des berges et développement durable

Le développement durable vise à répondre aux besoins des humains dans une perspective intergénérationnelle en tenant compte de l'intégration de plusieurs dimensions : écologiques, économiques, éthiques, culturelles, sociales, de gouvernance et autres. Il doit être écologiquement viable, socialement équitable, économiquement efficace et viser le rééquilibrage des rapports Nord-Sud ainsi que la réduction des disparités entre les riches et les pauvres tout en dégagant des marges de manœuvre pour l'adaptation dans l'avenir (Villeneuve et al., 2014).

La définition la plus universelle de la notion du développement durable est celle issue du rapport de la Commission Brundtland : «*Un développement qui permette de répondre aux besoins de la génération actuelle sans remettre en cause la capacité des générations futures à répondre aux leurs*» (CMED, 1988). Ce rapport souligne que deux concepts sont inhérents à cette notion : 1) le concept de besoins, et plus particulièrement des besoins essentiels des plus démunis, à qui il convient d'accorder la plus grande priorité; et 2) l'idée des limitations que l'état de nos techniques et de notre organisation sociale impose sur la capacité de l'environnement à répondre aux besoins actuels et à venir.

Dès 1926, après l'exhaussement du lac Saint-Jean, la compagnie Alcan a entrepris la réalisation de travaux de protection des rives. La compagnie Alcan (aujourd'hui Rio Tinto Alcan) a continué de réaliser des travaux dans les années subséquentes tout en modifiant certaines approches afin de répondre aux nouvelles réalités découlant principalement du développement de la villégiature.

En 1981, Alcan déposait au ministre de l'Environnement du Québec en conformité avec la LQE, un programme visant la stabilisation des berges du lac Saint-Jean, programme en continuité avec les travaux effectués par le passé (Rio Tinto Alcan, 2014). Suite au processus d'audiences publiques (1984-85), un premier décret est venu préciser les paramètres du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean et fixer le mode de gestion du niveau des eaux du lac Saint-Jean pour une période de 10 ans. Ce décret a été renouvelé à deux reprises pour des périodes de 10 ans, en 1995 et 2006. En 2013, le ministre du Développement durable, de l'Environnement et Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) signalait à Rio Tinto Alcan division Énergie Électrique (RTA-ÉÉ) son avis à l'effet que le PSBLSJ devait être soumis à nouveau à la procédure d'évaluations des impacts sur l'environnement laquelle devant éventuellement mener à des audiences publiques en 2016.

Ce court rappel historique souligne le caractère récurrent de la problématique. Cela soulève une question fondamentale : est-il possible d'associer la durabilité à un programme qui répond à un impact récurrent?

L'érosion est un phénomène naturel qui provient de la dissipation de l'énergie des vagues ou du courant dans des sédiments meubles. Elle dépend de plusieurs facteurs, dont la vitesse et la direction des vents, la profondeur d'eau, l'étendue du plan d'eau et la nature du sol en place (Rio Tinto Alcan, 2014). Dans son rapport d'enquête et d'audiences de 1985, le BAPE mentionne que « C'est en raison de la gravité de l'érosion des berges du Lac Saint-Jean que ce programme d'intervention a été rendu nécessaire. Cette érosion est due en grande partie à l'élévation et au maintien régulier des eaux du lac à des niveaux élevés.» (Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, 1985).

Depuis ses débuts, le PSBLSJ poursuit le même objectif : contrer l'érosion sur les rives du lac Saint-Jean et d'une partie de ses principaux tributaires en tenant compte des aspects techniques, environnementaux, sociaux et économiques. Comme mentionné précédemment, l'érosion est amplifiée par le maintien d'un niveau élevé du lac par rapport à son cycle naturel. Ce niveau plus élevé la majeure partie de l'année par rapport au régime des crues historiques est maintenu pour régulariser la production d'énergie essentielle aux activités de la compagnie et, dans une moindre mesure, pour accommoder les activités de navigation et de villégiature. L'érosion accrue est donc une conséquence de cette situation et le PSBLSJ permet d'en réduire les impacts.

Dans le cas du PSBLSJ, l'exhaussement du lac, donc le changement de statut du plan d'eau (de lac à réservoir), a changé la dynamique naturelle d'érosion. Dans un contexte d'harmonisation des activités (socio-économiques, récréo-touristiques, résidentielles, environnementales, spirituelles, traditionnelles, etc.), la gestion du niveau du lac représente un grand défi pour l'ensemble des parties intéressées. Il s'agit donc ici de satisfaire des besoins humains diversifiés qui changent avec l'évolution de la société, de la culture et de l'économie, tant à l'échelle locale que régionale et mondiale. Cela répond

au champ d'études du développement durable tel que proposé par la définition du rapport Brundtland.

Le développement durable n'est pas un fait statique. Le PSBLSJ, avec son cycle continu d'opérations de rechargement et de consolidation, peut avoir l'apparence de ne pas pouvoir s'inscrire dans une vision de la durabilité. On ne peut toutefois le disqualifier d'office. En effet, le développement durable comporte une obligation d'amélioration continue. Comme le monde est complexe, notre connaissance de l'environnement biophysique et humain doit prendre en considération l'évolution des sciences, des techniques et de la culture. Les générations qui se succèdent peuvent avoir une vision différente d'un avenir souhaitable, ce qui explique le désir de développement, les volontés de changement et justifie les investissements qui y sont consacrés. Observer le réel avec le développement durable comme cadre de référence permet d'inclure cette complexité dans la recherche d'actions à entreprendre tout en visant à minimiser les impacts indésirables de nos activités dans le présent et l'avenir.

Comme le démontrent ce rapport et les interventions des différentes parties prenantes, il est possible de réfléchir le PSBLSJ avec le cadre de référence du développement durable. Il s'agit de porter l'attention sur des valeurs, des principes, voire des finalités éthiques qui permettent de mieux cadrer les actions. C'est ce qui fait l'objet de cette analyse. Il faut donc distinguer les travaux de stabilisation, qui seront toujours nécessaires et qui auront des impacts sur l'environnement et les communautés, du programme lui-même qui, par ses interactions avec les parties prenantes, peut s'améliorer et répondre mieux à l'évolution de la société et de ses besoins.

1.3 Le choc des paradigmes

Au préalable de l'analyse, il semble important de souligner un enjeu important, qui plonge ses racines dans l'histoire et qui n'est pas apparent: l'identité du lac Saint-Jean. Cette identité se traduit par des représentations portées par les divers acteurs qui constituent les parties prenantes dans cette étude.

À la base de cet enjeu, il faut remonter à 1922, lorsque le gouvernement de Louis-Alexandre Taschereau (1920-1936) autorise la « Quebec Development Company » à exhausser le niveau du lac Saint-Jean pour la production hydroélectrique à des fins industrielles. Par cette mesure, le gouvernement de l'époque veut « rattraper » son retard en termes de développement économique et industriel tout en jugulant l'exode rural. Cette représentation a encore des échos dans les discours politiques aujourd'hui. Elle semble faire partie d'un paradigme dominant du développement économique des « régions ressources ».

Dans le contexte légal et juridique de l'époque, en vertu de l'article 109 de la Loi constitutionnelle de 1867, l'État québécois est propriétaire des ressources situées sur son territoire (terres, mines, minéraux, usage de l'eau, etc.). Historiquement, le

gouvernement québécois a cédé des droits à des entreprises permettant à celles-ci d'exploiter un certain nombre de ressources dont le lac Saint-Jean.

Une partie des conflits liés à la gestion des eaux du lac Saint-Jean vient de l'imprécision des droits conférés par le gouvernement québécois à l'époque. Ceux-ci se sont vite confrontés avec d'autres catégories de droits existants à ce moment-là. La situation s'est empirée par la suite avec les nouveaux droits conférés aux personnes par l'Assemblée nationale. On peut citer à titre d'exemple les droits conférés aux personnes en vertu de la Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et visant à renforcer leur protection, adoptée en 2009 et l'article 46.1 de la Charte des droits et libertés de la personne qui affirme le droit de toute personne à un environnement sain et respectueux de la biodiversité en vigueur depuis 2006.

Le rapport du BAPE (1985, p.1.5) rappelle qu'à l'époque de l'octroi des droits à la Quebec Development Company, le conflit d'usage du lac Saint-Jean n'opposait pas les promoteurs et les adversaires de l'industrialisation de la région. C'est plutôt en 1926, lorsque l'Alcan (qui a entretemps racheté la Québec Développement Company) a effectivement rehaussé le niveau du lac, que les problèmes socio-environnementaux et les controverses ont débuté. Exacerbées par les pertes de terres agricoles et forestières et la confusion sur les droits de propriété, la contestation du droit de baignade, des servitudes, de l'échelle de Roberval, etc. ont fait l'actualité périodiquement depuis. Ces éléments ont été relatés dans le livre de Mgr Victor Tremblay « La tragédie du lac Saint-Jean » (1979) et dans le film « Le combat d'Onésime Tremblay » ainsi que dans les annales des journaux de la région. Cette controverse fait donc partie de la culture régionale. Les faits historiques prennent une dimension quasi-légendaire.

Le rehaussement du lac Saint-Jean pour la production d'électricité a transformé fondamentalement le cours de l'histoire régionale, tant au Saguenay qu'au Lac-Saint-Jean. Les activités humaines sur le territoire ont été modifiées, la dynamique des rapports socio-spaciaux (Gagnon, 1994, p.63) également, ainsi que le paysage, les berges, la démographie, etc. Que l'on soit autochtone, agriculteur, forestier, chasseur, pêcheur, villégiateur, travailleur dans l'industrie, gestionnaire ou politicien, la réalité objective et l'imaginaire ne se rejoignent pas nécessairement. Cela nourrit les controverses au fil du temps.

Ces pages d'histoire se soldent aujourd'hui par un problème d'identité qui reste caché, en ce sens qu'ils s'interprètent à travers de paradigmes auxquels les acteurs ne réfèrent pas explicitement dans leurs discours. Les personnalités du lac sont multiples et nous assistons aujourd'hui à un choc des paradigmes.

Un paradigme est essentiellement une manière de concevoir le monde. Il s'agit d'une représentation qui permet à un individu ou à un groupe de percevoir, de définir et de décrire la réalité en fonction de croyances et de valeurs communes.

Dans l'histoire de la région, on peut identifier au moins quatre paradigmes qui cohabitent encore aujourd'hui. Ces paradigmes coïncident avec les âges de l'humanité : l'âge des

chasseurs cueilleurs, l'âge des agriculteurs, l'âge industriel et l'âge de l'information. Dans les paragraphes qui suivent, ils seront traités par ordre d'évidence et non par ordre d'apparition ou d'importance. Dans les faits, ces paradigmes permettent de décoder le discours des acteurs. Les paradigmes se côtoient et peuvent être portés par une même personne de manière dominante ou sous-jacente. Cette dominance peut aussi se modifier au cours de la vie d'une même personne, en fonction de son environnement social et de sa position. Par exemple, une même personne qui a été travailleur dans l'industrie de l'aluminium pendant plusieurs années et qui devient résident des rives du lac à sa retraite peut changer de paradigme dominant et son discours évoluera en conséquence.

On peut identifier comme premier paradigme le « paradigme du réservoir ». Ce dernier a comme effet majeur de transformer le lac en réservoir, c'est-à-dire en une réserve d'eau gérée afin de répondre à des besoins énergétiques nécessaires à la production d'aluminium. Les apports naturels en eau du bassin versant sont des impondérables dont il faut régulariser le régime pour maximiser la production électrique d'un ensemble de centrales. Chaque mètre cube d'eau non turbinée est vu comme une perte économique. La mesure de la performance se définit à ce prix. Ce paradigme industriel désacralise le côté « naturel » du lac pour en faire un moyen de production à la fois matériel (l'aluminium) et économique (la vente d'électricité et le prix de revient de l'aluminium). Cette vision du lac est techno-scientifique, c'est-à-dire qu'elle nécessite et valorise de grandes connaissances techniques (construction d'ouvrages de rétention d'eau, de turbines, etc.) et scientifiques (dynamique hydrique, météorologie, climatologie, génie électrique, etc.). Cette vision du lac rend normale l'idée de le gérer et rend également normale l'idée d'un programme de stabilisation des berges, l'érosion étant vue comme une externalité du processus qu'il faut gérer.

Le second paradigme est celui de la « mer intérieure ». Sans revenir à une vision ancestrale du lac, qui serait difficilement habitable et navigable, cette vision met l'accent à la fois sur le caractère utilitaire et symbolique du lac. Le lac ne peut pas s'y réduire à un réservoir privé, destiné à être géré à des fins de production. Il est avant tout un lieu de vie, de passage, de souvenir et de devenir. Il est un paysage familier, un lieu d'appartenance, un espace de développement urbain, de villégiature, de tourisme, de loisir et de multiples projets. Il est aussi un espace naturel à conserver, où les plages, le sable, les paysages sont au centre de l'attention. Le paradigme de la mer intérieure n'exclut pas la production énergétique, mais rejette sa prépondérance.

Le troisième paradigme, beaucoup moins visible, est celui du « Nistassinan ». Le Pekuakami est un lieu d'appartenance culturel dont les affluents donnent accès au territoire ancestral. Le Nistassinan est le paradigme traditionnel des autochtones, mais il ne leur est pas exclusif. Il se traduit par un malaise face aux transformations anthropiques qui affectent l'ordre traditionnel dominé par les cycles naturels. Toutefois, il n'exclut pas l'adaptation et la modernité.

Suite au choc des audiences publiques du BAPE sur le PSBLSJ dans les années 1980, l'émergence d'un nouveau paradigme peut être postulée; le paradigme de « l'autonomisation ». Il est caractérisé par la volonté de la population régionale de participer à la gestion du territoire qu'elle occupe. Ce paradigme se caractérise par un sentiment de frustration, une volonté de transparence et une demande de concertation et de participation. Au cours des dernières années et plus particulièrement à la suite des événements d'érosion à l'automne de 2012 et 2013, les demandes répétées de certains acteurs illustrent cette réalité.

Le choc de ces paradigmes est contemporain et était décelable lors des audiences du BAPE de 1984-1985. Il marque une envie collective de dépasser l'ère industrielle pour construire une nouvelle manière de faire. Mais ce choc des idées et des cultures est également imbriqué dans des rapports de forces complexes, embrouillés par un enchevêtrement de lois, de décrets, d'accords, de normes et autres ententes et dans une blessure historique. Dans ces conditions, il est normal que les tensions soient vives.

L'analyse de développement durable a permis d'identifier des pistes de bonification qui pourront être accueillies avec plus ou moins d'enthousiasme en fonction du paradigme de référence des acteurs. Cela ne doit pas empêcher de travailler de façon constructive à inventer une nouvelle façon de faire qui permette de satisfaire plus de besoins humains dans une perspective de développement durable.

2. Démarche – du mandat au rapport final

2.1 Mandat

La Chaire en éco-conseil est un organisme universitaire dont l'un des principaux modes d'intervention est l'accompagnement professionnel auprès d'organismes, d'institutions ou d'entreprises souhaitant élaborer des projets dans le cadre d'un développement durable (DD).

Dans l'éventualité d'un nouveau décret encadrant le PSBLSJ pour la décennie 2016-2026, RTA-ÉE et la Chaire se sont entendus sur un mandat visant à évaluer les performances techniques, sociales, économiques et environnementales du PSBLSJ dans une perspective de développement durable. La démarche réalisée est présentée dans les sections qui suivent.

2.2 Acquisition de connaissances

L'acquisition de connaissances fait partie intégrante de la méthodologie d'analyse et permet la compréhension du contexte et des enjeux qui motivent le PSBLSJ. Cette procédure s'est effectuée tout au long du mandat et a facilité la compréhension

complexe, c'est-à-dire à la fois technique, légale, éthique, sociale, symbolique, économique, environnementale et la gouvernance du PSBLSJ.

Cette étape est intimement liée à la définition des frontières de l'étude; avant de chercher, il faut savoir quoi chercher. Suite aux discussions, l'équipe d'analyste et les membres du comité de pondération ont décidé de s'intéresser strictement au PSBLSJ en écartant les activités de production d'aluminium et celles de Rio Tinto dans une plus grande perspective.

Voici les démarches d'acquisition de connaissances effectuées :

- Recherche documentaire (voir Annexe 1- Revue de littérature) ;
 - Certains documents ont été fournis par RTA-ÉÉ à la demande de la Chaire, d'autres sont issus d'une recherche bibliographique dans les revues spécialisées ou d'une veille stratégique sur les productions universitaires (mémoires et thèses). Enfin, certains documents ont été identifiés ou fournis par le public pour être portés à l'attention des analystes de la Chaire.
- Présentations d'experts externes et de RTA;
- Visites sur le terrain;
- Participation aux consultations publiques;
- Analyse des réponses de RTA-ÉÉ aux questions qui leur ont été soumises (cf. Annexe 2);
- Informations obtenues via les plateformes internet (Synapse², page Facebook – Chaire en éco-conseil : RTA-Berges du lac Saint-Jean³ et Consultations berges⁴).

L'ensemble de la documentation consultée par les analystes de la Chaire a été partagé et mis en ligne sur le portail SYNAPSE comme en fait foi la section 2.3.

Les enjeux du PSBLSJ sont complexes et touchent de nombreuses parties prenantes (riverains, pêcheurs, plaisanciers, industries, MRC, communauté de Mashteuiatsh, touristes, navigateurs, etc.), la dimension multiacteur a été intégrée au processus d'analyse de développement durable en favorisant la participation citoyenne. Cette participation souhaitée avait pour but de capter dans le processus d'analyse le maximum d'informations couvrant les paradigmes listés précédemment (section 1.3). Ainsi, la Chaire en éco-conseil a invité tout citoyen ou groupe de citoyens à participer à l'évaluation selon différentes modalités :

- Création d'un onglet RTA-Berges sur le site synapse.uqac.ca;
- Création d'une page Facebook dédiée au projet;

² <http://synapse.uqac.ca/rta-berges/>

³ <https://www.facebook.com/rta.berges?fref=ts>

⁴ <http://consultationberges.com/consultation-citoyenne-PSBL>

- Recrutement des membres du comité de pondération par appel public de candidatures;
- Mise en ligne sans délai de tout document consulté pour l'analyse;
- Accueil et publication des questions et commentaires formulés par les citoyens;
- Publication de la grille pondérée par le comité et des rapports minoritaires;
- Publication après chaque journée d'analyse des questions destinées au promoteur;
- Communiqués de presse et réponses aux questions des journalistes par la direction de la Chaire;
- Publication du rapport préliminaire.

2.3 Développement de plateformes internet

Dans une volonté de transparence et pour favoriser une démarche de participation citoyenne, la Chaire a proposé au public d'utiliser les mêmes outils que le comité de pondération et que les analystes de la Chaire. Via l'onglet RTA-Berges sur le portail web SYNAPSE, ont été rendus disponibles la grille d'analyse de développement durable (Villeneuve et Riffon, 2011a), la version compacte de 32 questions (Villeneuve et Riffon, 2013), le guide d'utilisation de la grille (Villeneuve et Riffon, 2011 b (annexe 3) et une vidéo de formation. Ces outils pouvaient être utilisés de différentes manières et les citoyens qui souhaitaient proposer des pistes de bonification sans faire l'analyse détaillée pouvaient le faire. De plus, les citoyens ont aussi été invités à soumettre des textes ou des documents complémentaires pouvant éclairer l'analyse.

2.4 Pondération des objectifs de la GADD

Le comité de pondération a été constitué par la Chaire en éco-conseil suite à un appel à tous diffusé dans différents médias. Les membres du comité devaient accepter de participer à titre personnel et bénévole à l'exercice de pondération de la GADD. Suite à cet appel, le comité fut composé de huit (8) personnes, dont une personne issue de la communauté de Mashteuiatsh, une personne du PSBLSJ de Rio Tinto Alcan Énergie Électrique et six (6) citoyens et citoyennes.

La pondération est un exercice de dialogue permettant d'identifier les valeurs du groupe, ses *a priori* et à établir un vocabulaire commun. La pondération sert à calibrer les 101 objectifs de la GADD en fonction de leur importance dans le cadre du PSBLSJ. Chaque pondération devait faire l'objet d'un consensus dans le comité. Si tel n'était pas le cas, un rapport minoritaire devait être rédigé par la ou les personnes dont l'opinion différait de l'avis majoritaire. Les rapports minoritaires et la grille pondérée ont été diffusés via le portail SYNAPSE. Pour plus d'informations sur la pondération, voir l'annexe 3 (Guide, fiche 1). Les rapports minoritaires sont pour leur part consignés à l'annexe 4.

2.5 Première évaluation des objectifs de la GADD et rédaction du rapport préliminaire

Suite à la pondération, quatre (4) analystes de la Chaire en éco-conseil, qui avaient accompagné le comité de pondération, ont procédé à une première évaluation des objectifs de la GADD. L'évaluation était circonscrite aux mêmes frontières d'étude que la pondération, était alimentée par les connaissances acquises et portait sur la période du décret en cours. Cette démarche était préliminaire, certaines informations n'ayant pas encore été obtenues (rapports des pré-consultations, les avis du public sur les différentes plateformes web et les réponses aux questions posées à RTA-ÉÉ). L'analyse a permis de faire ressortir les forces et les points à améliorer du PSBLSJ et d'identifier des pistes de bonification.

Cet exercice a mené à la rédaction du rapport d'analyse préliminaire (Segers et Tremblay, 2014) qui a été transmis au promoteur et ensuite à la population lors de la conférence de presse du 25 septembre 2014. Ce document a également servi à planifier et à nourrir les dialogues lors des consultations citoyennes.

2.6 Deuxième évaluation des objectifs de la GADD

Sans altérer la pondération définie par le comité, les analystes de la Chaire qui ont participé à la première évaluation se sont réunis une seconde fois pour :

1. Ajuster les évaluations en fonction des nouvelles informations ;
 - Les consultations citoyennes organisées conjointement avec RTA et Transfert environnement et Société (TES);
 - Le rapport de TES concernant les consultations citoyennes (Transfert Environnement et Société, 2014);
 - Les informations recueillies lors des visites de terrain;
 - Les réponses du promoteur aux questions des analystes de la Chaire;
 - Les commentaires des sites internet Facebook, Synapse et Consultations berges ;
 - De la littérature scientifique complémentaire.
2. Compléter les actions actuelles et futures pour l'ensemble des 101 objectifs;
3. Ajouter et/ou ajuster des pistes de bonification;
4. Évaluer la qualité des données.

2.7 Analyse et rédaction du rapport final

La deuxième évaluation permet l'analyse des données et la rédaction de ce rapport final qui inclut :

- Les faits saillants issus de la deuxième évaluation;
- L'évaluation de la qualité des données;
- Les bonifications prioritaires explicitées en lien avec la diversité des informations recueillies au cours de la démarche;
- La compatibilité entre les principes de la Loi québécoise sur le développement durable et les bonifications prioritaires;
- Des recommandations.

3. Résultats

Cette section présente les résultats de l'analyse de développement durable du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean (PSBLSJ). Les résultats touchent les éléments de la Grille d'analyse de développement durable (GADD) : la pondération, les évaluations, la qualité des données, l'évaluation des seize (16) principes de la loi québécoise sur le développement durable (LQDD) (annexe 5) et les bonifications prioritaires.

3.1 Pondération

La pondération est l'étape qui permet de calibrer la GADD en fonction de la pertinence et de l'importance de chacun des objectifs pour le PSBLSJ.

Les moyennes des pondérations permettent d'apprécier l'importance que le comité a accordée pour les cinq dimensions (Tableau 1) et les 32 thèmes (Tableau 2) de la GADD.

Pour la pondération, les valeurs numériques de 1 à 3 sont utilisées pour déterminer l'importance à accorder à un objectif où :

- 1 correspond à un objectif **souhaitable**, c'est-à-dire que l'atteinte de ces objectifs n'est pas jugée importante ou non prioritaire ;
- 2 correspond à un objectif **nécessaire**, c'est-à-dire que l'atteinte de ces objectifs est importante, mais ne figure pas parmi les priorités immédiates en lien avec le PSBLSJ ;
- 3 correspond à un objectif **indispensable**, c'est-à-dire que l'atteinte de ces objectifs est importante et figure parmi les priorités immédiates, indispensable au succès et à la réalisation du PSBLSJ.

Tableau 1- Moyenne des pondérations des dimensions

Dimensions	Moyenne des pondérations
Éthique	2,7
Écologique	2,8
Sociale	2,1
Économique	2,8
Gouvernance	3,0

Dans le Tableau 1, il est à noter que le comité accorde une importance très élevée à quatre des cinq dimensions de la GADD. Même si la dimension sociale est pondérée plus faiblement, elle demeure une dimension importante aux yeux du comité.

Tableau 2 - Moyenne des pondérations des thèmes

ÉTHIQUE	
Lutte contre la pauvreté	1.0
Solidarité	2.7
Restauration et compensation	3.0
Originalité et innovation	3.0
Valeurs communes	3.0
ÉCOLOGIQUE	
Utilisation des ressources renouvelables	3.0
Utilisation des ressources non renouvelables	3.0
Utilisation de l'énergie	3.0
Extrants de l'activité humaine	3.0
Biodiversité	3.0
Utilisation du territoire	2.3
Polluant affectant globalement la biosphère	2.5
SOCIALE	
État de santé de la population	1.8
Conditions de sécurité	3.0
Niveau d'éducation des populations	1.3
Intégration des individus à la société	2.0
Liberté individuelle et de responsabilité collective	2.2
Reconnaissance des personnes et des investissements	1.7
Culture	3.0

Tableau 2 (suite) - Moyenne des pondérations des thèmes

ÉCONOMIQUE	
Possession et usages des biens et des capitaux	3.0
Qualité des biens et services	3.0
Production et consommation responsable	3.0
Viabilité financière	2.3
Création de la richesse	3.0
Opportunités de partage de la richesse	2.3
Conditions de travail	3.0
GOUVERNANCE	
Gestion et aide à la décision	3.0
Participation et démocratie	3.0
Suivi et évaluation	3.0
Intégration du projet	3.0
Subsidiarité	3.0
Gestion du risque	3.0

Le Tableau 2 présente l'éclatement des moyennes en fonction des thèmes de la GADD. En orange ressortent les thèmes ayant obtenu la pondération moyenne maximum. Au total, vingt-et-un (21) thèmes sur une possibilité de trente-deux (32), soit 65,6 %, ont reçu une moyenne qui implique que l'atteinte de tous les objectifs de ces thèmes a été jugée indispensable par le comité de pondération. En bleu, quatre (4) thèmes dont la moyenne est sous la cote de 2 ressortent sur trente-deux (32), soit 12,5%. Pour ces thèmes, la moyenne indique qu'ils sont jugés comme non prioritaires par le comité. En jaune figurent les sept autres thèmes dont les pondérations varient entre 2 et 3.

La Figure 1 montre que la répartition des pondérations est inégale d'une dimension à l'autre. Par exemple, pour la dimension gouvernance, 100% des objectifs ont été pondérés à 3 contre 42% des objectifs de la dimension sociale. Toutefois, pour toutes les dimensions, la pondération indispensable (3) est celle qui est majoritairement attribuée (77% des objectifs).

La valeur élevée des pondérations est fort probablement attribuable à l'ampleur des impacts positifs et négatifs potentiels du PSBLSJ sur la qualité de vie des riverains. On peut aussi interpréter ce résultat comme un indice de la pertinence des enjeux de développement durable dans le PSBLSJ.

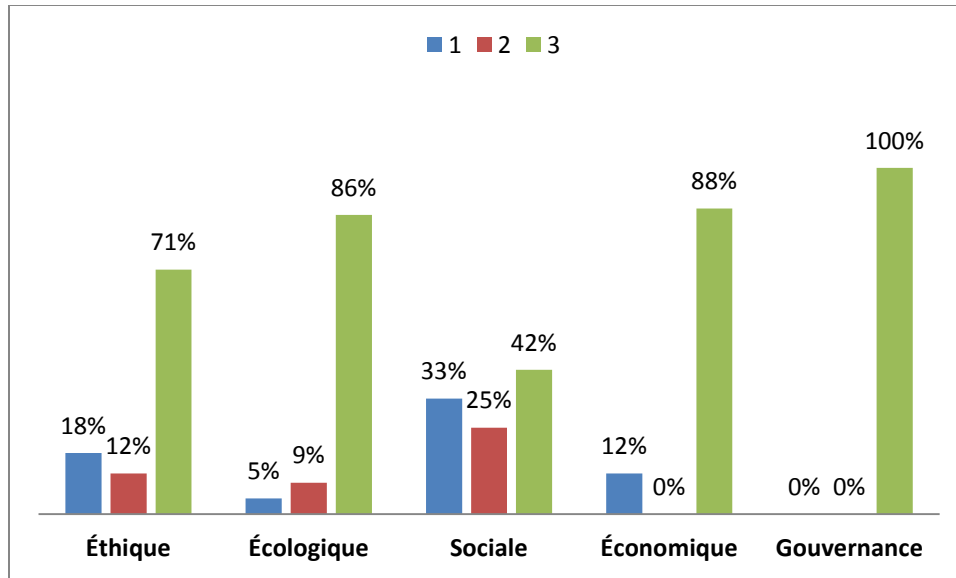


Figure 1- Répartition des pondérations des objectifs par dimension

Faits saillants de la pondération

- La pondération est l'élément qui permet d'adapter la GADD aux réalités et au contexte du PSBLSJ ;
- Le comité de pondération accorde une importance très élevée aux dimensions éthique, écologique, économique et de gouvernance ;
- La dimension sociale est pondérée plus faiblement, mais demeure importante ;
- 65,6 % des 32 thèmes ont une moyenne des pondérations de 3 (indispensable) ;
- 77 % des 101 objectifs ont été pondérés à 3.

3.2 Évaluation

Les analystes de la Chaire ont évalué les 101 objectifs de la GADD en s'appuyant sur des actions actuelles et futures énoncées dans les documents ou lors des différentes rencontres (comité de pondération et experts de l'UQAC). Dans le cas où des informations sont manquantes, l'indice de qualité des données, croisé à la pondération, fera ressortir l'importance à accorder à une cueillette de données supplémentaires (c.f. 3.5 Qualité des données).

Des valeurs numériques de 0 à 100 % sont utilisées pour évaluer la performance du PSBLSJ par rapport à un objectif donné⁵. L'annexe 3 (Guide, fiche 1) présente l'échelle utilisée par les évaluateurs.

Les évaluations doivent s'appuyer sur des actions mises en œuvre actuellement ou prévues par le promoteur.

La deuxième évaluation s'est déroulée en janvier 2015 et a intégré les nouvelles informations issues des consultations citoyennes de RTA tenues à l'automne 2014 avec les parties intéressées, des visites de terrain, des réponses du promoteur aux questions des analystes de la Chaire lors de la première évaluation, des commentaires reçus sur les sites internet Facebook, Synapse et Consultations berges ainsi que de la littérature scientifique répertoriée par nos recherches. Les analystes qui ont participé à la première évaluation se sont réunis une seconde fois pour :

- 1) Ajuster les évaluations en fonction des nouvelles informations ;
- 2) Compléter les actions actuelles et futures ;
- 3) Ajouter et/ou ajuster des pistes de bonifications ;
- 4) Évaluer la qualité des données.

La pondération, définie par le comité de pondération, n'a pas changé tout au long du processus. C'est dire que l'importance attribuée aux différents objectifs est restée la même en tout temps même si une nouvelle évaluation a été effectuée à la lumière des informations supplémentaires.

⁵ L'évaluation représente la moyenne des évaluations individuelles des quatre (4) analystes de la Chaire en éco-conseil.

Les pourcentages consignés dans les graphiques et tableaux sont des indicateurs de performance représentant les évaluations moyennes des thèmes et dimensions. Elles n'ont pas de valeur absolue, mais elles servent à comparer les performances entre les dimensions, entre les thèmes ou entre des programmes de même nature que le PSBLSJ. Il est toutefois possible de donner une appréciation qualitative des notes obtenues par dimension et par thème (Annexe 3 Guide, section 6.1).

Les évaluations n'ont pas comme objectif de donner un sceau ou non d'approbation au projet. Il n'y a pas de notes de « passage ».

Dans un premier temps, le tableau 3 illustre les évaluations du PSBLSJ. La mise à jour des évaluations (janvier 2015) présente des augmentations de 1 % pour l'ensemble des dimensions à l'exception de la dimension éthique avec une augmentation de 2%. Ces améliorations, bien que non-significatives, sont principalement dues à la prise en compte des réponses de RTA-ÉÉ aux questions qui lui avaient été transmises suite à la première évaluation (Annexe 2, Questions-Réponses).

Dans le cas des dimensions, c'est la dimension économique qui obtient la meilleure moyenne avec 69 % tandis que la dimension sociale a la moyenne la moins élevée avec 58 %. La figure 2 illustre de façon synthétique que le PSBLSJ présente un équilibre dans la prise en compte des dimensions, et que ces dernières sont toutes considérées dans le programme.

Tableau 3- Résultats par dimension

Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean		
DIMENSION		
ÉTHIQUE	61%	59%
ÉCOLOGIQUE	65%	64%
SOCIALE	58%	57%
ÉCONOMIQUE	69%	68%
GOVERNANCE	65%	64%
Date de l'évaluation	Janvier 2015	Mai 2014

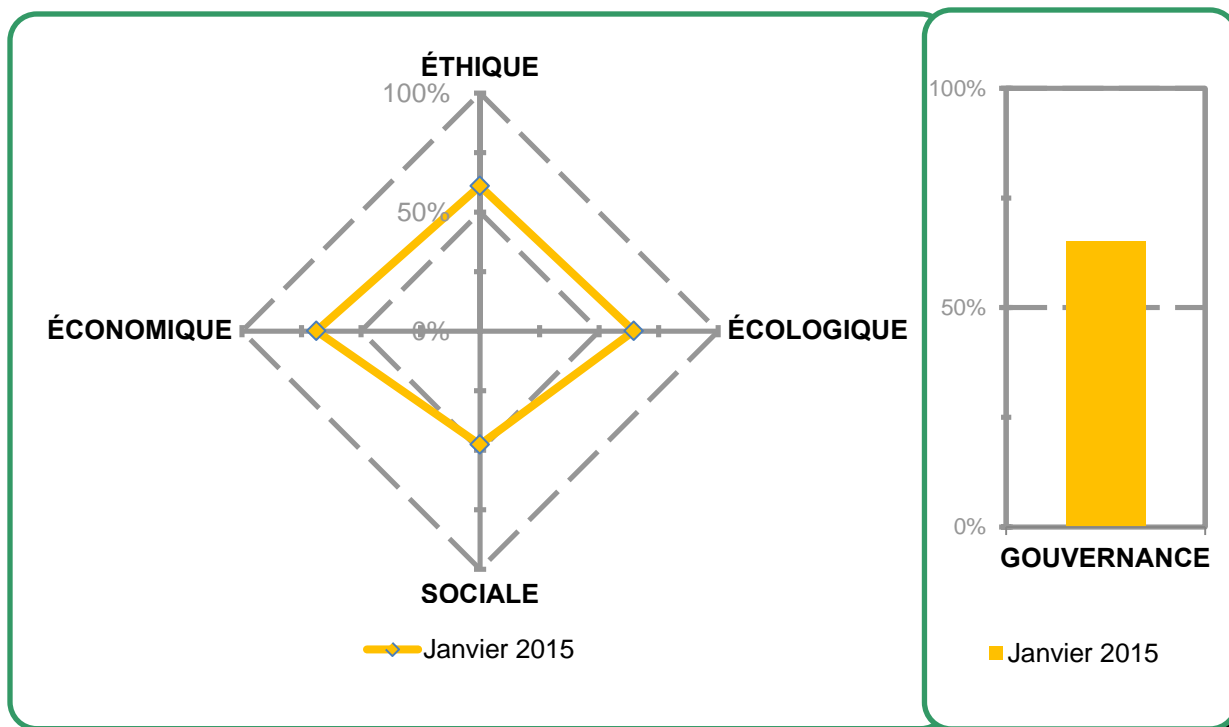


Figure 2 Tétrahédre et indice de gouvernance obtenu pour le PSBLSJ

Les prochaines sous-sections présenteront les résultats de l'évaluation dimension par dimension. Les définitions des dimensions, thèmes et objectifs mentionnés dans cette section se retrouvent à l'annexe 6. Pour chacune seront exposés l'évaluation globale et les résultats des évaluations par thèmes. Les bonifications ou pistes d'amélioration relevées par les analystes de la Chaire seront traitées aux sections 3.4 et 4⁶. Dans les sections suivantes, les « points forts » qualifient les éléments qui contribuent à expliquer la bonne performance d'une dimension ou d'un thème.

3.2.1 Dimension éthique

Les points forts de la dimension éthique se situent au niveau de l'information et de la consultation des intervenants (ministères, MRC, municipalités, association de riverains, riverains et population en général), de la mise en place de mesures de réhabilitation du milieu (suivi des écosystèmes, protection de milieux humides, plan d'action sur la biodiversité, code d'éthique de l'environnement) et de l'ouverture de RTA-ÉÉ à l'intégration de mesures innovantes concernant les travaux par exemple.

⁶ La GADD complétée est à l'annexe 8 et comprend toutes les pistes de bonification relevées par les analystes.

La moyenne des pondérations de la dimension éthique se situe à 2,7. L'évaluation globale de la dimension est de 61 %. Au niveau des thèmes (Tableau 4 et Figure 3), quatre d'entre eux (Solidarité, Restauration et compensation, Originalité et innovation et Valeurs communes) sont considérés comme présents dans le PSBLSJ avec des évaluations entre 59 et 67%. Un seul thème (Lutte contre la pauvreté) se décale légèrement avec une appréciation de 48 %, ce qui le situe dans les thèmes faiblement considérés par le PSBLSJ. Toutefois, il est important de mentionner que l'atteinte de tous les objectifs de ce thème est considérée comme souhaitable (importance minimale) et qu'il s'agit d'enjeux à long terme ou d'objectifs non prioritaires (Voir Annexe 3, Fiche 2, pour l'indice de priorisation).

La dimension éthique comprend 17 objectifs⁷ (annexe 6) classés comme suit par ordre de priorisation :

- Un objectif « Réagir » :
 - Assurer une répartition des avantages dans l'ensemble de la population.
- Trois objectifs « Agir » :
 - Chercher à améliorer l'autonomie des personnes;
 - Favoriser la recherche et le développement;
 - Favoriser l'émergence et le partage de valeurs communes.
- Dix objectifs « Conforter » observés dans tous les thèmes de la dimension;
- Deux objectifs « Enjeu à long terme »;
- Un objectif « non prioritaire ».

Tableau 4 - Dimension éthique

THÈME		
Lutte contre la pauvreté	48%	48%
Solidarité	59%	56%
Restauration et compensation	67%	65%
Originalité et innovation	64%	63%
Valeurs communes	60%	60%
Date de l'évaluation	Janvier 2015	Mai 2014

⁷ La définition opérationnelle de chaque objectif est disponible à l'annexe 6 et peut être consultée directement dans la case correspondante du fichier Excel de la grille d'analyse.

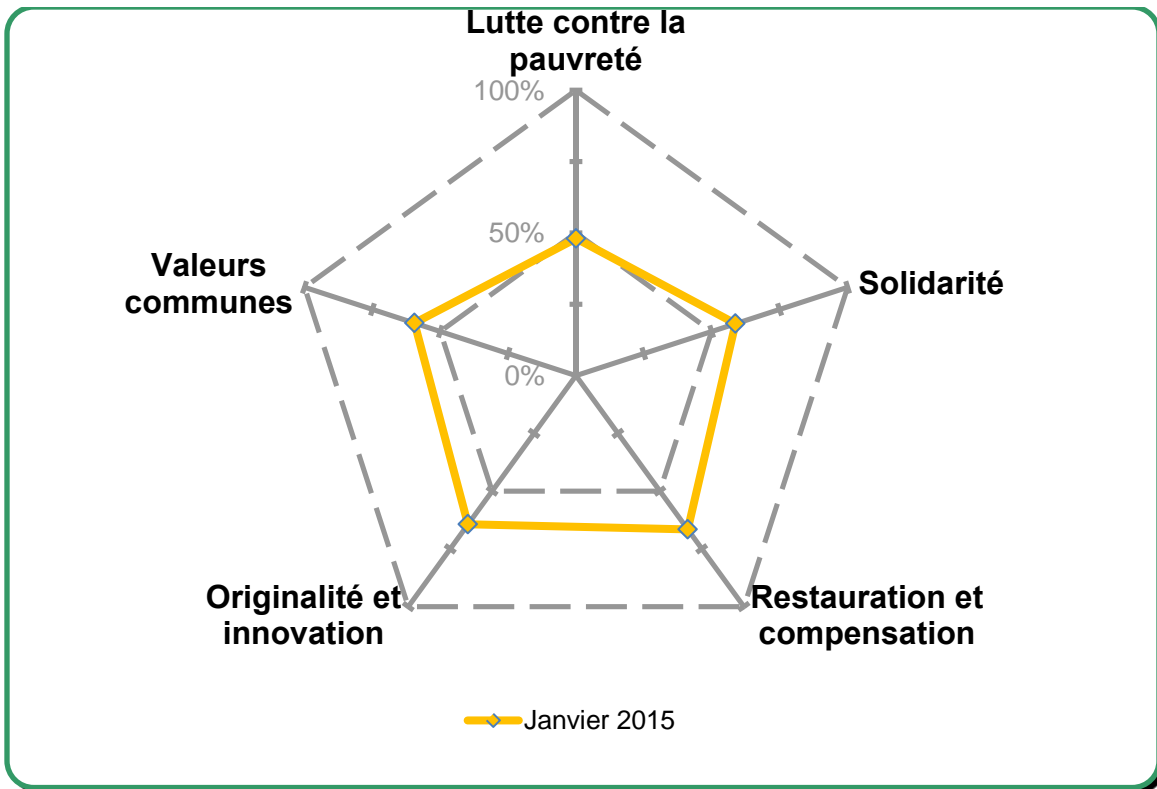


Figure 3- Dimension éthique

3.2.2 Dimension écologique

Pour la dimension écologique, les points forts s'expliquent par les efforts de RTA-ÉE pour la surveillance environnementale, l'adoption et l'application du code d'éthique de l'environnement qui touche plusieurs aspects de la dimension ainsi que la caractérisation et le suivi des écosystèmes et des espèces impactés par le PSBLSJ.

La dimension écologique a été pondérée en moyenne à 2,8. Son évaluation globale est de 65 %. La répartition des évaluations selon les thèmes est plus éclatée que pour la dimension éthique (Tableau 5 et Figure 4). Les thèmes « Utilisation des ressources renouvelables » et « Polluant affectant globalement la biosphère » obtiennent les évaluations moyennes les moins élevées avec 55 %. Ils correspondent à des thèmes faiblement considérés dans le projet. D'un autre côté, les thèmes « Extrants de l'activité humaine », avec 77 %, et « Biodiversité », avec 73 %, sont ceux qui se démarquent le plus.

La dimension écologique compte 22 objectifs classés par ordre de priorisation :

- Deux objectifs « Réagir » :
 - Évaluer la possibilité de remplacement;
 - Prévoir des mesures d'adaptation aux changements globaux.
- Quatre objectifs « Agir » :
 - Utiliser en priorité les ressources renouvelables;
 - Planifier une utilisation judicieuse des ressources renouvelables;
 - Contribuer au maintien de la diversité des paysages.
- Seize objectifs « Conforter »;
- Un objectif « Enjeu long terme ».

Tableau 5- Dimension écologique

THÈME		
Utilisation des ressources renouvelables	55%	55%
Utilisation des ressources non renouvelables	60%	55%
Utilisation de l'énergie	63%	63%
Extrants de l'activité humaine	77%	77%
Biodiversité	73%	70%
Utilisation du territoire	59%	59%
Polluant affectant globalement la biosphère	55%	55%
Date de l'évaluation	Janvier 2015	Mai 2014

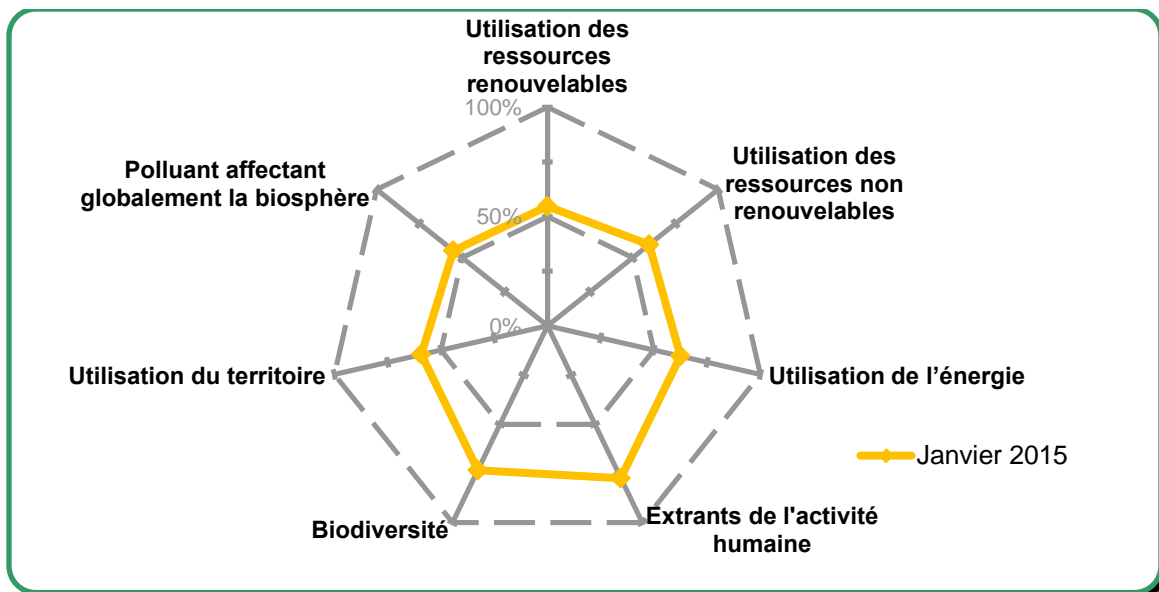


Figure 4- Dimension écologique

3.2.3 Dimension sociale

Les mesures visant la santé et la sécurité au travail et celles prises pour communiquer, informer et consulter les intervenants sont autant de points forts révélés par l'analyse.

La dimension sociale a été pondérée en moyenne à 2,1. L'évaluation globale de la dimension est de 58 % ce qui la classe dans la borne supérieure des dimensions faiblement considérées. La répartition des évaluations pour les thèmes est très éclatée (Tableau 6 et Figure 5). Trente-trois (33) points de pourcentage séparent le thème le plus faiblement considéré, « Niveau d'éducation des populations » (42 %), et celui le plus considéré, « Conditions de sécurité » (75%).

La dimension sociale compte 24 objectifs classés par ordre de priorisation :

- Quatre objectifs « Agir » :
 - Favoriser la liberté d'action, l'expression individuelle et le pluralisme des croyances;
 - Favoriser la connectivité;
 - Augmenter le sentiment d'appartenance;
 - Valoriser les cultures autochtones.
- Douze objectifs « Conforter »;
- Sept objectifs « Enjeu long terme »;
- Un objectif « Non prioritaire ».

Tableau 6- Dimension sociale

THÈME		
État de santé de la population	49%	46%
Conditions de sécurité	75%	71%
Niveau d'éducation des populations	42%	42%
Intégration des individus à la société	67%	67%
Liberté individuelle et de responsabilité collective	54%	54%
Reconnaissance des personnes et des investissements	56%	56%
Date de l'évaluation	Janvier 2015	Mai 2014

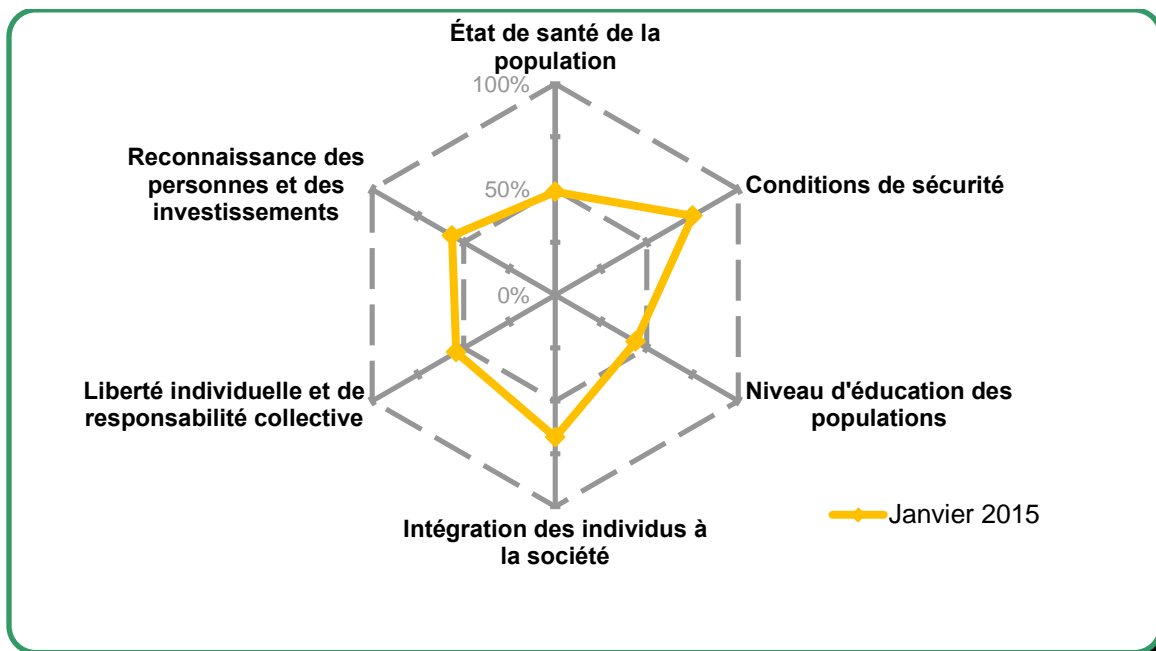


Figure 5- Dimension sociale

3.2.4 Dimension économique

Concernant la dimension économique, les points forts s'expliquent par les efforts de RTA-ÉE pour maximiser les retombées économiques directes et indirectes localement ainsi que le maintien de la valeur des propriétés, la création d'emplois, les bonnes conditions de travail dont les conditions salariales ainsi que les bonnes pratiques de gestion et de suivi.

La dimension économique a reçu une pondération moyenne de 2,8 et l'évaluation globale la plus élevée avec 69 %. À l'exception du thème « Opportunités de partage de la richesse », avec une évaluation de 56 %, tous les thèmes de la dimension sont considérés comme présents dans le PSBLSJ. À ce titre, les thèmes « Production et consommation responsable » (78%), « Création de la richesse » (75%) et « Conditions de travail » (76%) se démarquent (Tableau 7 et Figure 6).

La dimension économique compte 17 objectifs classés par ordre de priorisation :

- Un objectif « Agir » :
 - S'assurer du mécanisme de redistribution.
- Quatorze objectifs « Conforter »;
- Deux objectifs « Enjeu long terme ».

Tableau 7- Dimension économique

THÈME		
Possession et usages des biens et des capitaux	70%	70%
Qualité des biens et services	66%	66%
Production et consommation responsable	78%	71%
Viabilité financière	64%	64%
Création de la richesse	75%	75%
Opportunités de partage de la richesse	56%	56%
Conditions de travail	76%	76%
Date de l'évaluation	Janvier 2015	Mai 2014

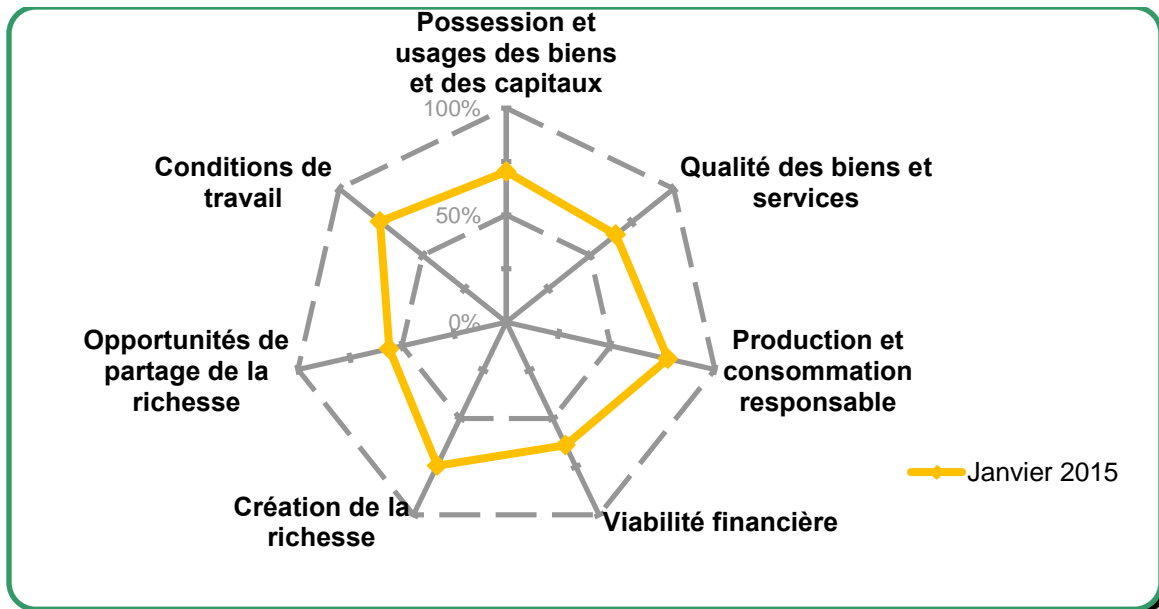


Figure 6- Dimension économique

3.2.5 Dimension gouvernance

Pour la dimension gouvernance, l'analyse révèle comme points forts que le PSBLSJ dispose de plusieurs mécanismes de reddition de comptes, d'optimisation de la gestion, de suivi et d'évaluation. Il se conforme aux directives en matière d'environnement et intègre les composantes environnementales à toutes les étapes des travaux. De plus, depuis 1991, RTA-ÉÉ s'impose une gestion maximale du niveau du lac St-Jean à 16,5 pieds même si les décrets autorisent 17,5 pieds.

La dimension gouvernance montre une pondération moyenne de 3. Son évaluation moyenne est de 65 %. Deux thèmes se démarquent par leur évaluation moyenne: «Suivi et évaluation » avec 77 % ainsi que « Intégration du projet » avec 75%. À l'opposé, les thèmes « Gestion du risque » avec 54 % et « Subsidiarité » avec 51% sont plus faiblement considérés dans le PSBLSJ (Tableau 8 et Figure 7).

La dimension gouvernance compte 21 objectifs classés par ordre de priorisation:

- Neuf objectifs « Agir » :
 - Chercher à développer des partenariats;
 - Favoriser l'engagement et la mobilisation;
 - Favoriser la participation des parties prenantes;
 - Favoriser la démocratie;
 - Assurer la cohérence et l'intégration;
 - Rapprocher la prise de décision des acteurs concernés;
 - Favoriser la responsabilisation des acteurs;
 - Appliquer le principe de précaution;

- Favoriser une répartition équitable des risques.
- Douze objectifs « Conforter ».

Tableau 8- Dimension gouvernance

THÈME		
Gestion et aide à la décision	66%	66%
Participation et démocratie	62%	62%
Suivi et évaluation	77%	77%
Intégration du projet	75%	74%
Subsidiarité	51%	51%
Gestion du risque	54%	52%
Date de l'évaluation	Janvier 2015	Mai 2014

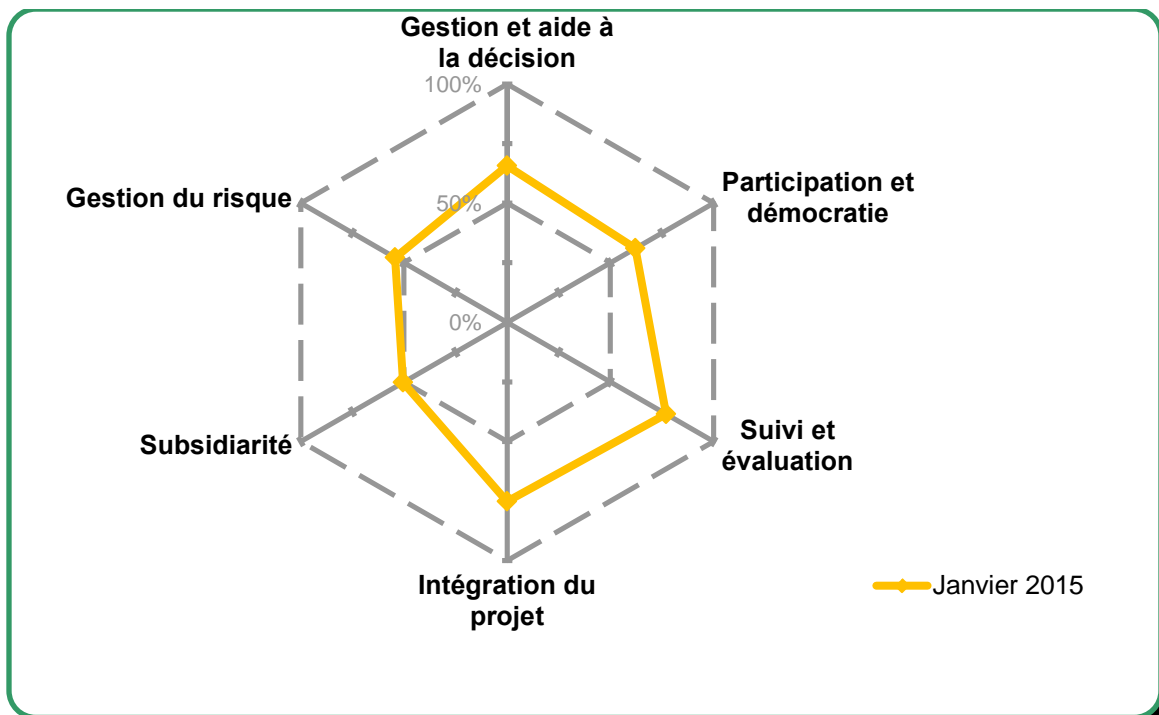


Figure 7- Dimension gouvernance

Faits saillants de l'évaluation

- L'évaluation s'appuie sur des actions mises en œuvre actuellement ou prévues.
- L'évaluation n'a pas comme objectif de donner un sceau d'approbation au PSBLSJ. Il n'y a pas de notes de « passage ».
- La dimension économique est celle qui obtient la meilleure moyenne avec 69 %.
- La dimension sociale est celle qui a la moyenne la moins élevée avec 58 %.
- L'ensemble des dimensions du développement durable est présent dans le PSBLSJ.

À ce stade, l'analyse montre que le PSBLSJ se situe dans le cadre de référence du développement durable tel qu'établi par le modèle de la Chaire en éco-conseil et qu'il présente un équilibre entre les 5 dimensions considérées. Il convient de valider si cette constatation s'avère aussi dans le modèle préconisé par la Loi québécoise sur le développement durable. Ce sera l'objet de la prochaine section.

3.3 Évaluation de la prise en compte des 16 principes de la Loi québécoise sur le développement durable

Le développement durable est un paradigme qui fait référence à plusieurs dimensions dont les plus souvent citées sont l'environnement, l'économie et la dimension sociale, représentées sous forme de cercles à l'intersection desquels se situe la durabilité (Figure 8) (Riffon et Villeneuve, 2011).



Figure 8- Modèle de développement durable retenu par la LQDD

En 2006, le Québec adoptait la *Loi sur le développement durable* (chapitre D-8.1.1) laquelle établit une définition du développement durable pour le Québec et instaure 16 principes pour guider l'action de l'administration publique⁸⁹. Cette loi est sous la responsabilité du ministre du Développement durable, de l'Environnement et Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). Le MDDELCC, dans son *Plan d'action de développement durable 2008-2015* (Ministère du Développement durable, Environnement, Faune et Parcs, 2012) a décidé d'actualiser les directives sectorielles dans l'application de la Procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement, et ce, dans un contexte de prise en compte des principes de développement durable¹⁰.

La compagnie privée Rio Tinto Alcan n'est pas assujettie à la *Loi sur le développement durable* (LQDD), mais est encouragée, via la *Directive générale de l'évaluation environnementale et stratégique*, à intégrer des objectifs de développement durable dans son étude d'impact environnementale. Plus précisément, « l'initiateur est invité à prendre connaissance de la Loi sur le développement durable et des seize principes énoncés dans cette loi. » (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et Lutte contre les changements climatiques, 2014).

De son côté, le Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE), qui a pour mission d'éclairer la prise de décision gouvernementale dans une perspective de développement durable, est assujetti à la LQDD. Dans son *Plan d'action de développement durable 2008-2013 – Un engagement collectif pour le présent et l'avenir* (Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (2010), le BAPE mentionne qu'« il se servira des seize principes de développement durable pour le guider et l'orienter dans ses activités, tant en ce qui a trait aux décisions administratives qu'à la démarche d'analyse appliquée par les commissions d'enquête à proposer des projets qu'elles examinent. » L'action 2 de ce plan d'action est explicite sur ce point : « Assurer la prise en compte systématique des principes de développement durable au sein de l'organisme et dans les travaux des commissions d'enquête. »

Le Guide d'utilisation de la grille d'analyse (Villeneuve et Riffon, 2011) propose une compatibilité entre les seize (16) principes de la LQDD et les objectifs de la GADD (Annexe 3 – Fiche 9). Le tableau 9 présente les pondérations et évaluations moyennes de la prise en compte des 16 principes selon cette compatibilité. Cet exercice est à titre indicatif puisque le PSBLSJ n'est pas assujetti à ces principes, mais que RTA-ÉÉ sera invité à en rendre compte dans la prochaine étude d'impact.

⁸ La Loi sur le développement durable engage seulement les ministères et organismes de l'administration publique.

⁹ Une définition des seize principes se trouve à l'annexe 4.

¹⁰ Geste 3 de l'Action 1 : Proposer des outils pour faciliter la démarche de développement durable et d'aide à l'analyse de projets à cet égard.

Tableau 9 - Évaluation moyenne de la prise en compte des 16 principes de la Loi québécoise sur le développement durable

Principes de développement durable	Pondération moyenne	Évaluation moyenne
Santé et qualité de vie	2	59 %
Équité et solidarité sociales	2,7	66 %
Protection de l'environnement	2,8	66 %
Efficacité économique	2,8	69 %
Participation et engagement	2,6	62 %
Accès au savoir	2,3	68 %
Subsidiarité	3	68 %
Partenariat et coopération intergouvernementale	3	62 %
Prévention	3	60 %
Précaution	3	48 %
Protection du patrimoine culturel	3	69 %
Préservation de la biodiversité	2,8	66 %
Respect de la capacité de support des écosystèmes	2,9	65 %
Production et consommation responsable	3	77 %
Pollueur payeur	3	68 %
Internalisation des coûts	3	85 %

Selon la compatibilité entre les objectifs de la GADD et les 16 principes, tous les principes de la LQDD sont au minimum considérés comme importants du point de vue de la pondération par le comité. Huit (8) principes de la LQDD sont jugés indispensables lors de l'analyse puisqu'une pondération de 3 (la plus élevée) a été choisie dans leur cas :

- Subsidiarité ;
- Partenariat et coopération intergouvernementale ;
- Prévention ;
- Précaution ;
- Protection du patrimoine culturel ;
- Production et consommation responsable ;
- Pollueur payeur ;
- Internalisation des coûts.

Le principe ayant obtenu la pondération la moins élevée est celui sur la santé et la qualité de vie avec une moyenne de 2, ce qui signifie qu'il est nécessaire, mais ne figure pas parmi les priorités immédiates en lien avec le PSBLSJ selon le comité ayant effectué la pondération.

Pour ce qui est de leur prise en compte par RTA-ÉÉ dans le PSBLSJ, en utilisant la même appréciation qualitative que celle utilisée pour les dimensions et thèmes

(Annexe 3 Guide, section 6.1), on peut conclure que les principes de « Précaution » et « Santé et qualité de vie » sont faiblement considérés dans le PSBLSJ, ce dernier se trouvant toutefois dans la borne supérieure de la fourchette 40-59 %. Tous les autres principes sont considérés comme présents dans le programme outre le principe « Internalisation des coûts » qui se classe parmi les principes fortement considérés¹¹.

Faits saillants de la prise en compte des principes de DD

- La Loi québécoise sur le développement durable (LQDD) a instauré 16 principes afin de mieux intégrer la recherche d'un développement durable dans ses sphères d'intervention.
- RTA-ÉE aura à intégrer la prise en compte des principes de la LQDD dans son étude d'impact.
- La compatibilité entre les objectifs de la GADD et les principes de la LQDD permettent de conclure que :
 - Tous les principes sont pondérés comme étant importants, dont huit (8) indispensables;
 - Quatorze (14) des seize (16) principes sont présents dans les PSBLSJ;
 - Les principes « Précaution » et « Santé et qualité de vie » sont plus faiblement considérés.

3.4 Bonifications prioritaires

À la lumière de l'acquisition des connaissances¹², la Chaire a identifié 274 pistes de bonification pour 90 des 101 objectifs de la GADD. Toutefois, il ne s'agit pas de 274 pistes de bonification différentes. Une amélioration peut se répéter d'un objectif à l'autre. Il faut aussi noter que des bonifications n'ont pas été identifiées pour tous les objectifs. En effet, en fonction de l'indice de priorisation (Figure 9), il peut s'avérer non essentiel de proposer des pistes de bonification. La figure 9 présente l'indice de priorisation. L'annexe 7 contient la grille complétée pour le projet et permet de prendre connaissance de l'ensemble des pistes de bonification par objectif.

¹¹ Le principe d'internalisation des coûts stipule que la valeur des biens et services doit refléter l'ensemble des coûts qu'ils occasionnent à la société durant tout leur cycle de vie de leur conception jusqu'à leur consommation et leur disposition finale. Le PSBLSJ est un programme d'internalisation des coûts par définition.

¹² Lectures, informations recueillies lors des réunions du comité de pondération et de rencontres avec des experts de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC), consultations citoyennes de RTA avec les parties intéressées, visites de terrain, réponses du promoteur aux questions des analystes de la Chaire, commentaires des sites internet Facebook, Synapse et Consultations berges, littérature scientifique.

Les pistes de bonifications sont des actions, des améliorations, qui ont le potentiel, si elles sont mises en œuvre, de favoriser ou d'augmenter la prise en compte (% obtenu lors de l'évaluation) d'un objectif et de favoriser l'atteinte d'un programme d'excellence du point de vue du développement durable.

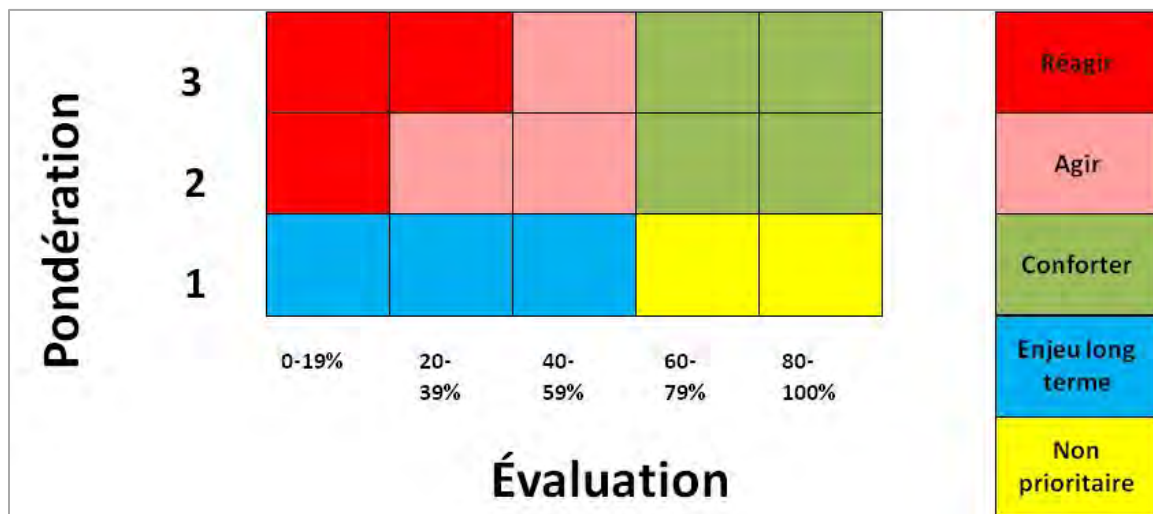


Figure 9 - Indice de priorisation

L'indice de priorisation vise à déterminer les objectifs sur lesquels la priorité devrait être mise afin d'améliorer la performance de politiques, stratégies, programmes ou projets (PSPP) en termes de développement durable (Villeneuve et coll., 2014). Plus un objectif est jugé important (pondération élevée) et peu performant (évaluation faible), plus il sera urgent de mettre en œuvre des mesures d'amélioration (pistes de bonification) pour cet objectif. Par le fait même, si la pondération est faible ou s'il y a un degré élevé de prise en compte (note élevée) de l'objectif, il n'est pas « obligatoire » de fournir des pistes de bonification.

Les bonifications prioritaires identifiées par les analystes de la Chaire touchent plusieurs dimensions de la GADD et/ou touchent des enjeux à priorité « Réagir » (en rouge dans la figure 9). Ce sont celles qui devraient être ciblées en premier par RTA-ÉÉ. Les analystes se sont arrimés aux enjeux consensuels ainsi qu'à des valeurs et des thématiques transversales à plusieurs dimensions pour organiser ces bonifications :

- Améliorer la communication;
- Élargir le cadre de gestion;
- Considérer différentes variables pour les travaux de stabilisation;

- Favoriser l'utilisation d'outils du développement durable;
- Adopter une approche de coopération;
- Anticiper les changements climatiques;
- Favoriser l'accès aux savoirs.

Enfin, l'analyse a aussi permis d'identifier des bonifications qui touchent principalement d'autres parties prenantes que RTA-ÉÉ. Elles sont regroupées sous le terme « Recommandations » :

- Co-construire un engagement éthique du riverain;
- Développer le pouvoir d'agir des parties prenantes;
- Contribuer à faire la lumière sur les droits, devoirs et pouvoirs des parties prenantes.

La section 4.2 revient en détail avec ces éléments.

Faits saillants des pistes de bonification

- Les pistes de bonification, si elles sont mises en œuvre, favorisent ou augmentent l'atteinte d'un ou plusieurs objectifs.
- Les analystes de la Chaire ont identifié 274 pistes de bonification pour 90 des 101 objectifs de la GADD.
- Les analystes ont identifié sept (7) bonifications prioritaires :
 - Améliorer la communication;
 - Élargir le cadre de gestion;
 - Considérer différentes variables pour les travaux de stabilisation;
 - Favoriser l'utilisation d'outils du développement durable;
 - Adopter une approche de coopération;
 - Anticiper les changements climatiques;
 - Favoriser l'accès aux savoirs.
- Et trois recommandations prioritaires :
 - Co-construire un engagement éthique du riverain;
 - Développer le pouvoir d'agir des parties prenantes;
 - Contribuer à faire la lumière sur les droits, devoirs et pouvoirs des parties prenantes.

Ces pistes sont traitées en détail dans la section 4

3.5 Qualité des données

L'évaluation des objectifs doit reposer de manière documentée sur des faits, des réalisations, des actions en cours ou envisagées. Pour que l'évaluation reflète au maximum la réalité, les données servant à l'évaluation devraient :

1. Provenir directement des PSPP, dans le cas présent le programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean (Corrélation) ;
2. Provenir d'actions complétées et mesurées (Statut) ;
3. Avoir été vérifiées et être basées sur des mesures ou sur de la littérature grise (Fiabilité).

Or, en fonction de l'état d'avancement ou de l'étape d'élaboration des actions, il est possible que les données récoltées ne rencontrent pas toutes ces conditions. L'indice de la qualité des données permet de coter les trois éléments mentionnés: la corrélation, le statut et la fiabilité. Pour chaque objectif, dans la GADD, les analystes de la Chaire ont évalué ces trois éléments (cf. Annexe 8 pour questions et cote d'évaluation de la qualité des données).

Les cotations fournies par les réponses à ces trois questions génèrent deux informations:

1- La qualité des données : Pour chaque objectif, la GADD génère une appréciation (Très bien, bien, passable ou faible) sur les bases de la moyenne des trois cotations.

2- Les besoins en données : Pour chaque objectif, la GADD croise la qualité des données avec la pondération pour générer un indice de besoin en données (Figure 10). Plus un objectif est pondéré élevé (et donc considéré important pour le projet analysé), et moins la qualité des données est bonne, plus il sera nécessaire de recueillir des données en lien avec les trois critères mentionnés dans les questions.

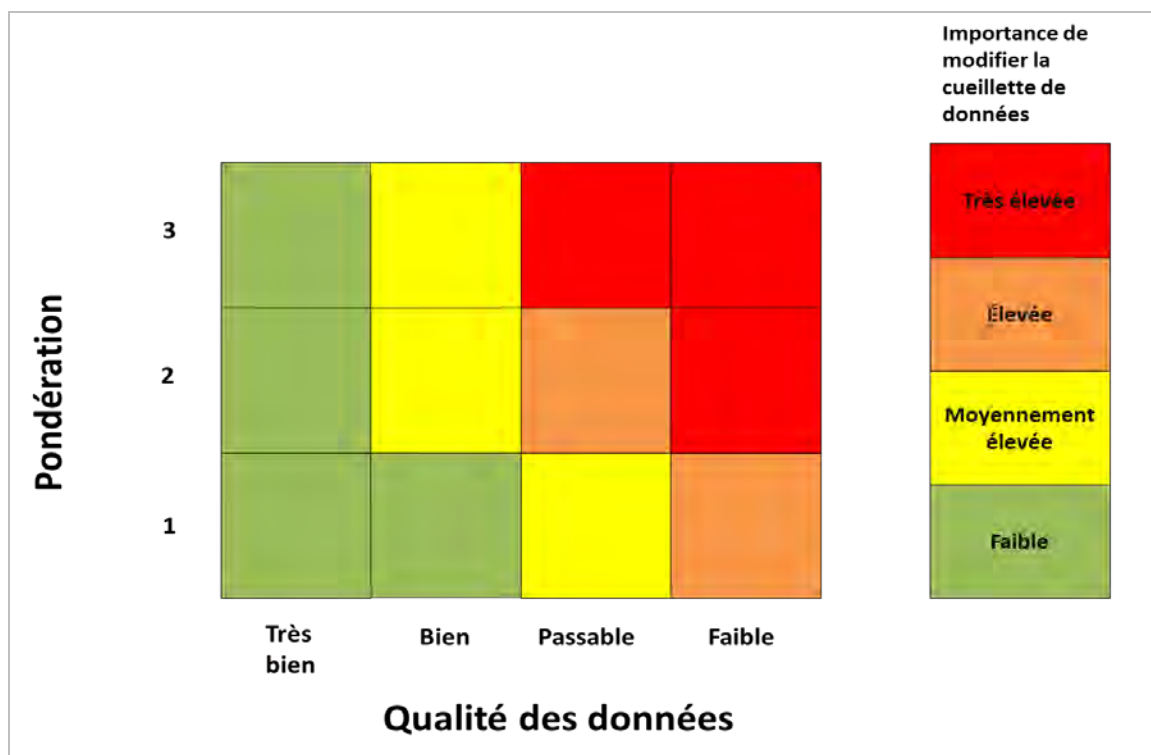


Figure 10- Indice de besoin en données

Pour la qualité des données (Figure 11), dans le cas de l'évaluation du PSBLSJ, 98 % des objectifs reposaient sur une bonne qualité des données (41 % « Bien » et 57 % « Très bien ») (Voir Grille complétée, Annexe 7).

L'objectif 4.1 de la dimension économique, « S'assurer de la rentabilité du projet » n'a pas reçu d'évaluation de la qualité des données étant donné que le comité de pondération l'a jugé comme un non-objectif. En effet, selon les discussions entre les analystes de la Chaire et le comité de pondération, il a été conclu que l'aspect rentabilité des opérations de RTA se situe à l'extérieur des frontières du PSBLSJ. Toutefois, cette position ne faisait pas consensus comme en témoignent les rapports minoritaires signés par deux membres du comité de pondération (voir Annexe 4 Rapports minoritaires). Le PSBLSJ doit répondre au décret émis par le Gouvernement et n'a pas d'objectif de rentabilité puisqu'il s'agit seulement de dépenses pour l'entreprise.

Finalement, deux objectifs de la dimension sociale ont une faible qualité des données¹³. Ces deux objectifs présentent un besoin élevé en données puisqu'il n'en existe pas présentement sur ces sujets. Pour les autres objectifs, les besoins vont de faible (62 %) à moyennement élevé (36 %) (Figure 12).

¹³ Objectif 3.1 : Assurer une éducation de base fonctionnelle à tous; Objectif 6.2 : Valoriser l'accomplissement personnel.

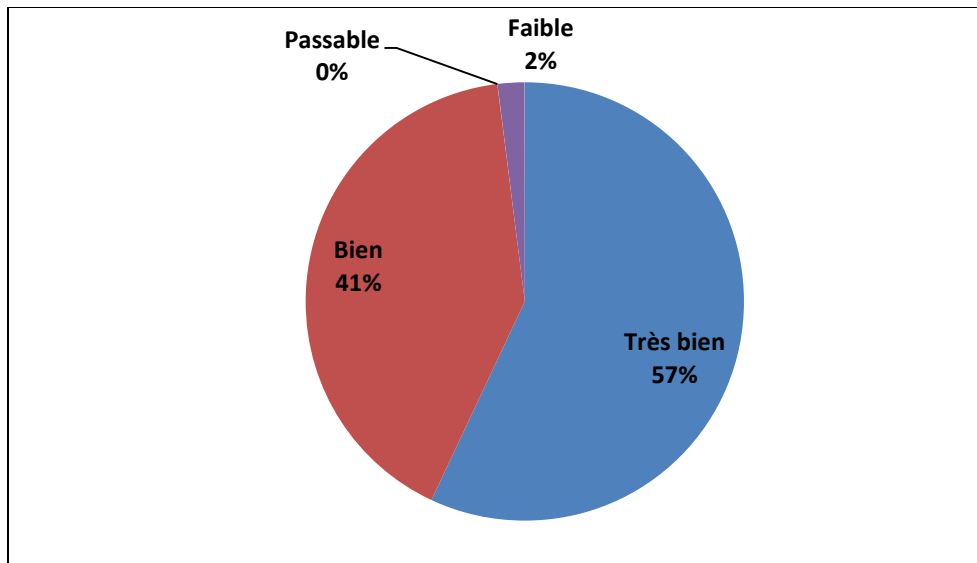


Figure 11 - Qualité des données - Ensemble des objectifs

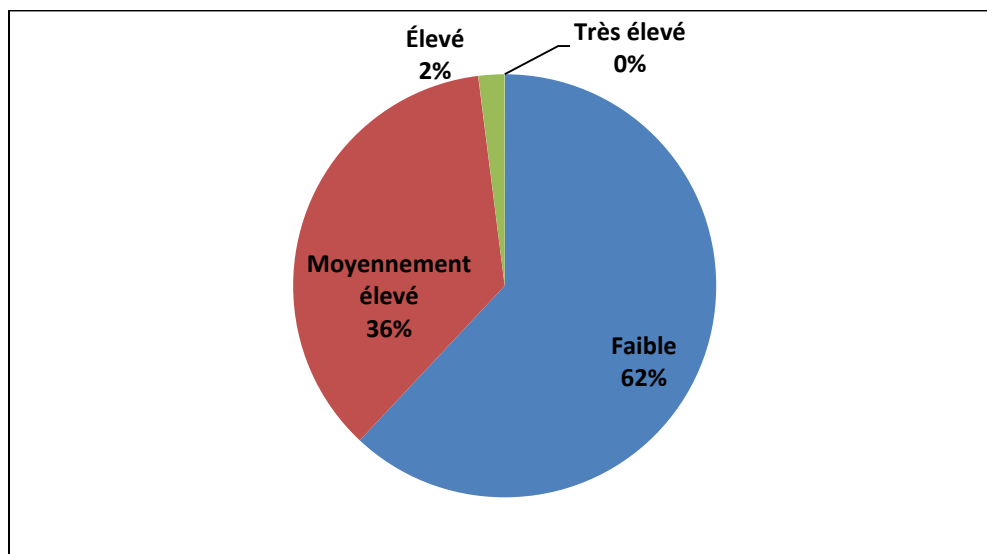


Figure 12 - Besoins en données pour l'ensemble des objectifs

Faits saillants de la qualité des données

- L'indice de la qualité des données permet de coter trois éléments : la corrélation, le statut et la fiabilité.
- L'évaluation de 98 % des objectifs reposait sur une bonne qualité des données.
- 2 % des objectifs ont des besoins élevés en données.

4. Analyse

Une bonne évaluation doit reposer sur des données de qualité. L'évaluation du PSBLSJ, la bonne qualité des données (98 % des objectifs) s'explique par :

- L'historique du projet : plus de trente années de mesures, de suivi, de rapports et de réflexions ;
- L'accès aux résultats de nombreuses actions mesurées, vérifiées et publiées.

En effet, les analystes de la Chaire ont pu, pour 98 objectifs des 101, baser leur évaluation sur des actions qui concernent le PSBLSJ (Corrélation).

Pour la plupart de ces objectifs, les actions correspondantes étaient terminées ou en cours de mise en œuvre (Statut). Finalement, ces actions ont été mesurées et vérifiées (Fiabilité) ou, dans le moins bon scénario, les évaluations reposaient sur des avis d'experts internes et/ou externes.

Pour les deux objectifs où les analystes de la Chaire n'ont pas de données, il s'agit d'objectifs non prioritaires (selon le comité de pondération) sur lesquels RTA-ÉE n'a entrepris aucune action d'où l'impossibilité d'obtenir des données pertinentes.

Grâce à cette qualité des données, la Chaire est en mesure d'avancer avec plus d'assurance et de certitude les éléments qui seront traités dans la présente section : les bonifications et la compatibilité avec les seize (16) principes de la LQDD (cf. annexe 9). Les limites de l'étude concluront cette section.

4.1 Bonifications prioritaires

Tel que mentionné à la section 3.4, les pistes de bonification sont des actions, des améliorations, qui ont le potentiel, si elles sont mises en œuvre, de favoriser ou d'augmenter l'atteinte d'un ou plusieurs objectifs de développement durable.

Le développement durable est multidimensionnel et la GADD a permis d'évaluer le PSBLSJ en tenant compte de cette réalité. Une analyse de développement durable « vise à élargir la réflexion des acteurs et à stimuler la discussion sur des PSPP en y intégrant de nouveaux enjeux de développement durable » (Riffon et Tremblay, 2014, p.19). Au-delà du questionnement, il s'agit également d'un outil d'aide à la décision, d'évaluation et de planification de projet. Les résultats obtenus lors de cette analyse illustrent les préoccupations à considérer pour s'assurer que la démarche du PSBLSJ s'insère dans la recherche sur le développement durable.

La présente section vise à expliciter les bonifications prioritaires identifiées dans l'évaluation du PSBLSJ et à expliquer en quoi leur prise en considération pourrait améliorer la performance du programme sur un ou plusieurs objectifs de la GADD et

impacter la prise en compte des principes de la loi québécoise sur le développement durable.

La faisabilité des pistes de bonification n'est pas étudiée dans cette analyse. Cette démarche devrait être réalisée par le promoteur. Il est aussi possible que certaines bonifications soient déjà prises en compte par RTA-ÉÉ qui projette leur mise en œuvre. Toutefois, au moment d'effectuer la prise de données, cette information n'était pas disponible.

Il convient de rappeler que l'analyse de développement durable n'est pas prescriptive. C'est-à-dire que les actions proposées ici ne correspondent pas à des obligations pour RTA-ÉÉ ou les autres parties prenantes concernées. En revanche, elles constituent des propositions documentées pour orienter les parties prenantes dans la prise de décision et alimenter un processus d'amélioration continue.

En tant qu'outil d'aide à la décision, l'analyse ne statue pas si un projet dans son ensemble ou des actions en particulier doivent être ou non réalisées. Toutefois, la Chaire juge que la prise en considération des bonifications mentionnées a le potentiel d'élargir les perspectives de RTA-ÉÉ et des parties prenantes.

L'analyse ne statue pas si un projet dans son ensemble ou des actions en particulier doivent être ou non réalisés.

Les prochaines sous-sections commenteront les pistes de bonification multidimensionnelles et prioritaires suggérées par la Chaire en éco-conseil. Les analystes ont différencié les bonifications qui s'adressent directement à RTA-ÉÉ de celles qui touchent principalement d'autres parties prenantes. Ces dernières sont regroupées sous le titre de « Recommandations ». Pour chacune d'elle, les analystes de la Chaire proposeront une description ainsi que des informations quant à leur application. Aussi, des tableaux présenteront les impacts potentiels de l'adoption des bonifications sur les objectifs de la GADD et sur les principes de la LQDD. Il est à noter que les trois premières bonifications prioritaires : « Améliorer la communication », « Élargir le cadre de gestion » et « Considérer différentes variables pour les travaux de stabilisation », constituent des enjeux consensuels pour l'ensemble des parties prenantes.

Bien que les pistes soient présentées séparément, l'ensemble des bonifications ont des liens qui seront soulignés dans les argumentaires. Ces liens renforcent la notion de transversalité inhérente à la réflexion dans la complexité.

Dans un système complexe, écologique ou humain, le tout ne peut être réduit à la simple addition de ses parties. Il existe des propriétés émergentes qui naissent des

interactions complexes entre les parties. C'est pourquoi on ne peut résoudre un problème complexe seulement en intervenant sur l'une de ses parties. Dans le cas qui nous intéresse, les pistes identifiées interpellent la responsabilité de RTA-ÉÉ à titre de gestionnaire du PSBLSJ, mais elles ne peuvent être dissociées des responsabilités des autres parties prenantes, gouvernementales, municipales, des propriétaires riverains, etc.

4.1.1 Améliorer la communication

La communication entre les parties prenantes est essentielle dans une perspective de développement durable. Une bonne communication favorise la transparence, la construction d'une relation de confiance et une reddition de comptes efficace. La Chaire en éco-conseil privilégie une approche de communication fondée sur le dialogue. Le dialogue se distingue de l'argumentation et du débat par le fait que la réponse est subordonnée à l'écoute. Effectivement, dans une approche dialogique, l'écoute constitue une attitude privilégiée pour *comprendre* l'autre. L'objectif des échanges ne se limite pas à défendre une position; il permet plutôt de comprendre l'avis des autres afin de co-construire une compréhension commune des problématiques, des projets et des solutions (Segers, 2014). Dans le même ordre d'idées, Bensalah et coll. (2012) mentionne que : « Le dialogue vise particulièrement la co-construction des problèmes et des solutions, des représentations plus communes, ce qui permet à chaque personne présente de contribuer à élaborer un contenu collectif. La mise en place de processus participatifs pensés en amont ou pendant la mise en œuvre d'un projet permet de le co-construire et d'en favoriser l'acceptabilité sociale. »

Dans le cas du PSBLSJ, le *Rapport synthèse de la consultation citoyenne* (Transfert Environnement et Société, 2014) souligne plusieurs éléments de problématiques qui réfèrent directement ou indirectement à des aspects de communication :

- Confiance érodée ;
- Centres décisionnels à l'extérieur de la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean ;
- Manque de transparence ;
- Manque d'informations sur les travaux réalisés dans les secteurs avoisinants.

Ces éléments relèvent de faits ou de perceptions. Comme le souligne Huybens (2009), cela importe peu. Cet inconfort affecte la communication entre RTA-ÉÉ et les parties concernées.

Les actions pour améliorer les communications sont très variées en fonction des problématiques et des attentes. Sans négliger ni la complexité relative au maintien efficace de canaux de communication ni les activités de communication déjà mises en place par RTA-ÉÉ (ex. : le processus annuel de participation du milieu, les publications « Berges en Bref » et « Al'Eau », les rencontres et lettres pour tous les riverains touchés par des travaux, etc.), la Chaire propose entre autres :

- D'utiliser une variété de moyens de communication afin de rejoindre les différents groupes de parties prenantes : par exemple, utiliser les communications électroniques sans négliger le papier ;
- De communiquer sur les bonnes pratiques de RTA-ÉÉ et des parties prenantes, sur les efforts de recherche et développement pour mieux comprendre le lac et la dynamique de l'érosion;
- De contribuer à faire la lumière sur les droits, devoirs, pouvoirs de RTA et des riverains (c.f. 4.2.3) ;
- De contribuer au développement du pouvoir d'agir des parties prenantes (c.f. 4.2.2) ;
- De mettre sur pied un comité de gestion harmonisée (c.f. 4.1.2.2.).

La communication est transversale et touche directement quatre dimensions analysées dans la grille. Selon les objectifs, il peut s'agir d'informer, de consulter, de concerter ou de dialoguer pour co-construire. Selon l'analyse, la communication touche vingt-trois (23) objectifs dont huit (8) « Agir ». Ces objectifs concernent dix (10) principes de la LQDD dont huit (8) impliquant des objectifs « Agir »¹⁴ (Tableau 10).

Tableau 10- Bonification prioritaire: Améliorer la communication

Dimensions	Thèmes	Objectifs	Priorité	
			Réagir	Agir
Éthique	Lutte contre la pauvreté	1.2; 1.3; 2.2; 2.5; 2.6; 3.3; 4.3		4.3
	Solidarité			
	Restauration et compensation			
	Originalité et innovation			
Écologique	Biodiversité	5.3		5.3
Sociale	État de santé de la population	1.4; 2.1; 3.4; 5.1; 5.2; 5.4; 6.1; 6.2; 6.3; 7.1; 7.2		1.4; 5.2; 5.4; 6.1; 7.2
	Conditions de sécurité			
	Niveau d'éducation des populations			
	Liberté individuelle et de responsabilité collective			
	Reconnaissance des personnes et des investissements			
	Culture			
Gouvernance	Participation et démocratie	2.5; 2.6; 4.1; 4.5		2.6
	Intégration du projet			

¹⁴ Ces principes sont en caractère gras dans les listes des « Principes de la LQDD concernés » qui accompagnent chacun des tableaux des bonifications prioritaires.

- 4 dimensions
- 13 thèmes
- 23 objectifs
 - 8 « Agir »
- Principes de la LQDD concernés :
 - **Santé et qualité de vie;**
 - **Équité et solidarité sociales;**
 - **Protection de l'environnement;**
 - **Participation et engagement;**
 - Accès au savoir;
 - Subsidiarité;
 - **Partenariat et coopération intergouvernementale;**
 - **Protection du patrimoine culturel;**
 - **Préservation de la biodiversité;**
 - **Respect de la capacité de support des écosystèmes.**
- Principes de la LQDD non-concernés :
 - Efficacité économique;
 - Prévention;
 - Précaution;
 - Production et consommation responsable;
 - Pollueur payeur;
 - Internalisation des coûts.

4.1.2 Élargir le cadre de gestion

Les problématiques en lien avec le PSBLSJ ont plusieurs sources (cf. 1.0 Contexte). La gestion est au cœur des enjeux et des préoccupations de RTA-ÉE et des parties prenantes, mais comme proposé plus haut (cf. section 1.3), selon le paradigme de référence des acteurs, la notion de gestion n'a ni la même définition ni la même légitimité. Ce malaise se traduit par des tentatives de trouver un angle ou un vocabulaire approprié pour dire qu'on veut faire les choses différemment. D'ailleurs, voici une liste (non-exhaustive) de concepts qui reviennent régulièrement dans les discours et la littérature entourant la gestion de lacs/réservoirs multi-usage (Transfert Environnement Société, 2014, Goyette Noël, 2013, Hurford et al., 2014, Rogers et al., 2014, Burton, 2001) :

- gestion à court, moyen ou long terme ;
- gestion hydrique ;
- gestion (éco)systemique ;
- gestion harmonisée ;
- gestion intégrée ;
- gestion multi-usage ;

- gestion durable ;
- gestion proactive ;
- gestion préventive.

À la lumière des réflexions reposant sur l'ensemble des connaissances acquises, la Chaire propose trois (3) bonifications prioritaires permettant d'élargir le cadre de gestion du lac Saint-Jean et de l'érosion de ses berges. Il s'agit de mettre en œuvre une gestion systémique, de mettre en place un comité de gestion harmonisée et d'évaluer les impacts des différents modes de gestion du niveau du lac St-Jean sur l'ensemble des dimensions du développement durable.

Ces trois bonifications sont étroitement reliées. La première est d'ordre plus philosophique et éthique, la seconde concerne les moyens alors que la troisième concerne l'évaluation des scénarios.

4.1.2.1 Appliquer la gestion systémique

La gestion systémique¹⁵ tient compte des différentes dimensions: économiques, sociales, environnementales (gouvernance et éthique), sous toutes ses facettes: politiques, économiques, sociales et techniques (Burton, 2001). La gestion systémique aspire à concilier à la fois les besoins de l'Homme et ceux de la Nature qui repose également sur le passage d'une gestion centralisée à plus de participation (cf. 4.1.1, 4.2.1, 4.1.2). Toujours selon Burton, les fondements de l'approche systémique sont les suivants :

- Étant donné que tous les éléments d'un écosystème (physiques, chimiques et biologiques) sont interdépendants, «les ressources doivent être gérées comme des systèmes dynamiques et intégrés plutôt que comme des éléments indépendants et distincts. En pratique, cette gestion suppose que tous les intervenants doivent comprendre les conséquences de leurs gestes sur la durabilité des écosystèmes» (Wrona In Burton, 2001).
- La nature dynamique et complexe des écosystèmes fait en sorte que l'approche systémique doit être souple et adaptable.
- La complexité des problèmes et des enjeux soulevés dans un écosystème ne peuvent être abordés que par l'intégration des préoccupations scientifiques, sociales et économiques; la recherche, la planification, la communication et la gestion environnementale doivent devenir encore plus interdisciplinaires.

Comme le relève Transfert Environnement et Société dans son rapport sur les consultations citoyennes (2014) : « Tous les participants s'entendent sur le fait qu'une harmonisation entre les différents usages du lac Saint-Jean est souhaitable afin que la

¹⁵ Aussi appelée écosystémique ou intégrée ou durable. Le choix de la Chaire pour le concept systémique vise à éviter les confusions potentielles que la nomination écosystémique peut entraîner, c'est-à-dire une survalorisation de la dimension environnementale.

gestion du lac permette de répondre aux besoins variés de ses utilisateurs. Toutefois, pour plusieurs, une telle harmonisation présente des défis, puisque certains besoins sont en contradiction les uns avec les autres. » Cette observation cadre avec la gestion systémique, mais dans une perspective de développement durable, il importe d'y ajouter de la profondeur pour ne pas oublier les besoins de la nature ou ceux des générations futures.

La vision systémique vise à assurer la pérennité des collectivités humaines par le développement de relations harmonieuses entre les usagers et entre les usagers et la nature. Cette gestion nécessite la participation des usagers autant au niveau local que global et doit prendre en compte des considérations politiques et juridiques (Burton et Boisvert, 1991, dans Burton, 2001). Cette bonification s'applique concrètement par la mise en place d'outils qui formalisent la réflexion systémique (cf. 4.2.X – outils du dd) à tous les niveaux de décision.

Selon l'analyse, l'application de la gestion systémique implique vingt (20) objectifs dont dix (10) « Agir ». Ces objectifs concernent douze (12) principes de la LQDD dont onze (11) impliquant des objectifs « Agir »¹⁶ (Tableau 11).

Tableau 11- Bonification prioritaire: Appliquer la gestion systémique

Dimensions	Thèmes	Objectifs	Priorité	
			Réagir	Agir
Éthique	Restauration et compensation	3.1; 3.3; 4.1		
	Originalité et innovation			
Écologique	Utilisation des ressources renouvelables	1.3; 5.1; 5.2; 6.3		1.3; 6.3
	Biodiversité			
	Utilisation du territoire			
Sociale	Reconnaissance des personnes et des investissements	6.1		6.1
Économique	Possessions et usages des biens et des capitaux	1.2;		
Gouvernance	Gestion et aide à la décision	1.1; 1.2; 2.2; 2.3; 2.4; 2.6; 3.1; 4.3; 5.1; 5.2; 6.3		2.2; 2.4; 2.6; 4.3; 5.1; 5.2; 6.3
	Participation et démocratie			
	Suivi et évaluation			
	Intégration du projet			
	Subsidiarité			
	Gestion du risque			

¹⁶ Ces principes sont en caractère gras dans les listes des « Principes de la LQDD concernés » qui accompagnent chacun des tableaux des bonifications prioritaires.

- 5 dimensions
- 13 thèmes
- 20 objectifs
 - 10 « Agir »
- Principes de la LQDD concernés :
 - **Santé et qualité de vie;**
 - **Équité et solidarité sociales;**
 - **Protection de l'environnement;**
 - Efficacité économique;
 - **Participation et engagement;**
 - **Accès au savoir;**
 - **Subsidiarité;**
 - **Partenariat et coopération intergouvernementale;**
 - **Protection du patrimoine culturel;**
 - **Préservation de la biodiversité;**
 - **Respect de la capacité de support des écosystèmes;**
 - **Pollueur payeur.**
- Principes de la LQDD non-concernés :
 - Prévention;
 - Précaution;
 - Production et consommation responsable;
 - Internalisation des coûts.

4.1.2.2 Mettre en place un comité de gestion harmonisée

La gestion du niveau du lac Saint-Jean est la source de nombreuses critiques (cf. 1.0 Contexte). On le juge trop ou insuffisamment élevé selon les périodes, les enjeux et les intérêts. Cela pose la question de l'harmonisation des usages et renforce le besoin pour un comité de gestion harmonisée.

L'implantation d'une gestion systémique suppose plus de communications entre les parties et l'intégration des parties prenantes (c.f. 4.1.5.- Coopération) devient essentielle dans une perspective de développement durable. Les responsables de politiques, stratégies, programmes ou projets (PSPP) sont régulièrement invités à mettre sur pied des comités de suivi et de contrôle¹⁷ qui siègeront tout au long de la durée de vie des PSPP. Selon les modalités du décret de 1995 (reconduit en 2006), le promoteur doit « collaborer aux travaux du comité de suivi sur le programme de stabilisation des berges du lac St-Jean que les MRC Maria-Chapdelaine, Le Domaine-du-Roy et Lac-St-Jean-Est ont mis sur pied pour maintenir le caractère public des usages collectifs du lac St-Jean et pour assurer une coordination entre les principaux partenaires du milieu... »

¹⁷ Ces comités peuvent porter plusieurs noms : comité de suivi, comité de contrôle, comité de surveillance, comité de gestion, table de concertation, table de gestion, etc.

(Gouvernements du Québec). Le BAPE, dans son rapport d'enquête et d'audience publique (1985) proposait des rôles pour un comité « de surveillance ». Selon le rapport : « Ce rôle de surveillance est celui qui se rapproche le plus du caractère décisionnel recherché, sans se substituer aux mandats des autorités actuellement impliqués dans la gestion du lac ou dans l'aménagement de ses rives. » Il y a donc un témoignage historique de ce besoin d'une structure formelle réunissant les parties prenantes pour soutenir l'intégration harmonieuse du PSBLSJ dans le milieu.

La Chaire souligne un consensus sur l'élargissement du comité actuel pour l'intégration de différentes parties prenantes afin d'orienter le comité vers une gestion harmonisée du lac. Le rôle et les responsabilités de ce comité seraient à définir et ce n'est pas le mandat de la Chaire de le faire. Toutefois, la littérature permet de mettre en lumière des pistes de réflexion sur la structure, la composition du comité et son mode opératoire. Comme Alcan et RTAÉÉ ont cherché à consulter les parties depuis le début de PSBLSJ, il est postulé que cet élargissement puisse se faire dans un processus de co-construction.

Au sujet de la structure, Affolder et al. (2011) a effectué la revue de différents types de comités de surveillance, de suivi, de projets miniers avec l'objectif de trouver les meilleures pratiques dans le domaine. Bien que le PSBLSJ ne soit pas un projet minier, certaines des conclusions d'Affolder et al. peuvent servir d'inspiration.

En premier lieu, selon Affolder et al, le rôle directeur du comité devrait être déterminé avant de choisir sa forme et sa structure. Par exemple, un comité qui doit effectuer une surveillance environnementale rigoureuse n'aura pas les mêmes fonctions qu'un comité de suivi qui répond aux inquiétudes de la communauté. Toujours selon les auteurs, le comité devrait :

- Avoir une composition qui favorise un fonctionnement efficace ;
- Avoir un accès à l'information : l'accès à l'information est aussi crucial pour le bon fonctionnement d'un comité. Le promoteur doit tenir le comité au courant de ses décisions et accepter de fournir de façon constante les informations et les données pertinentes requises par le comité;
- Avoir un financement garanti : un budget garanti est un élément essentiel pour assurer la survie du comité et éviter une perte de temps et d'énergie à chercher et à négocier du financement.

Le promoteur aurait ainsi la responsabilité de répondre aux recommandations du comité et de justifier publiquement les décisions relatives à celles-ci. Les pouvoirs du comité devraient faire l'objet d'une entente écrite avec le promoteur. Affolder suggère d'inclure dans l'entente les clauses spécifiant le processus de réponse du promoteur aux recommandations du comité.

Pour ce qui est de la composition du comité, les parties concernées peuvent s'inspirer des Tables locales de gestion intégrée des ressources et du territoire (TLGIRT) (Deschesnes in Villeneuve, 2012). Les TLGIRT au Saguenay-Lac-Saint-Jean ont été

mises en place afin de permettre aux acteurs locaux de participer au processus d'aménagement forestier. Leur rôle est défini dans la Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier (L.R.Q., chapitre A-18.1) qui stipule « qu'elles sont mises en place dans le but d'assurer une prise en compte des intérêts et des préoccupations des personnes et organismes concernés par les activités d'aménagement forestier planifiées, de fixer des objectifs locaux d'aménagement durable des forêts et de convenir des mesures d'harmonisation des usages ». Étant donné qu'un des enjeux principaux du PSBLSJ est l'harmonisation des usages, la Chaire propose de réfléchir la composition du futur comité de gestion harmonisée en s'inspirant de ce qui se fait sur les TLGIRT, mais en l'ajustant au PSBLSJ.

Dans ce cas, les sièges sur le comité devraient être considérés sous l'angle des groupes d'intérêts¹⁸ (ex. : riverains, faune, environnement, villégiature, récréo-tourisme, chambres de commerce, communautés autochtones, municipalités, municipalités régionales de comté, Parc de la Pointe-Taillon, etc.). Le rôle des délégués serait de représenter au sein du comité le groupe d'intérêt pour lequel il a été désigné (Conférence régionale des élus – Saguenay-Lac-Saint-Jean, n.d.). Il appartiendrait au comité de le former pour respecter les recommandations sur la structure.

Selon l'analyse, la mise en place d'un comité de gestion harmonisée touche douze (12) objectifs dont cinq (5) « Agir ». Ces objectifs concernent neuf (9) principes de la LQDD dont quatre (4) impliquant des objectifs « Agir »¹⁹ (Tableau 11).

Tableau 12 Bonification prioritaire: Mettre en place un comité de gestion harmonisée

Dimensions	Thèmes	Objectifs	Priorité	
			Réagir	Agir
Écologique	Extrants de l'activité humaine	4.3; 6.1		
	Utilisation du territoire			
Sociale	Liberté individuelle et de responsabilité collective	5.5		
Gouvernance	Gestion et aide à la décision	1.1; 1.2; 2.2; 2.3; 2.4; 2.6; 3.1; 5.1;		2.2; 2.4; 2.6; 5.1;
	Participation et démocratie	5.2		5.2
	Suivi et évaluation			
	Subsidiarité			

- 3 dimensions
- 7 thèmes
- 12 objectifs
 - 5 « Agir »
- Principes de la LQDD concernés :

¹⁸ Personnes, groupes ou organismes ayant un intérêt direct ou indirect sur le PSBLSJ.

¹⁹ Ces principes sont en caractère gras dans les listes des « Principes de la LQDD concernés » qui accompagnent chacun des tableaux des bonifications prioritaires.

- Santé et qualité de vie;
- Équité et solidarité sociales;
- Protection de l'environnement;
- **Participation et engagement;**
- **Subsidiarité;**
- **Partenariat et coopération intergouvernementale;**
- Préservation de la biodiversité;
- Respect de la capacité de support des écosystèmes;
- **Pollueur payeur.**
- Principes de la LQDD non-concernés :
 - Efficacité économique;
 - Accès au savoir;
 - Prévention;
 - Précaution;
 - Protection du patrimoine culturel;
 - Production et consommation responsable.
 - Internalisation des coûts

4.1.2.3 Évaluer les différents modes de gestion du niveau du lac Saint-Jean

Dans le cadre du PSBLSJ, la gestion hydrique concerne la gestion de l'eau sur la partie du bassin versant du lac Saint-Jean contrôlée par RTA-ÉÉ. L'objectif de cette gestion est d'optimiser la production d'énergie servant à alimenter les usines de RTA. Comme l'électricité ne peut pas s'emmagasiner et dans le but d'assurer une alimentation régulière en énergie, la gestion hydrique nécessite des ouvrages de rétention d'eau et des décisions sur les débits de turbinage et d'évacuation de crue qui vont affecter le niveau du lac. Les gestionnaires sont aussi obligés de s'adapter à diverses contraintes naturelles, comme les précipitations et les débits des rivières sur la portion non contrôlée du bassin versant. S'ajoutent les paramètres d'opération préconisés par le décret gouvernemental. Cette gestion complexe est à la source de controverses historiques. Il apparaît évident, compte tenu de ces controverses et des opinions exprimées, tant dans les médias que dans les consultations citoyennes, que RTA-ÉÉ ne peut pas faire l'économie de traiter ce sujet de manière plus transparente dans l'étude d'impact, et ce en tenant compte des principes de la gestion systémique préalablement mentionnés (cf. 4.1.2.1).

Il n'est pas du mandat de la Chaire de proposer un niveau précis puisqu'elle ne dispose pas des moyens ni des compétences pour évaluer et/ou modéliser tous les impacts positifs et négatifs des scénarios possibles. La Chaire est d'avis que RTA-ÉÉ devrait évaluer les impacts positifs et négatifs des différents modes de gestion du niveau du lac Saint-Jean sur les différentes dimensions du développement durable. Certaines évaluations devraient figurer dans l'étude d'impact environnemental qui sera déposée au MDDELCC. Cependant, il s'agit simplement d'une étape. En effet, il est probable que

dans les audiences publiques qui suivront le dépôt de l'étude d'impact environnemental, d'autres questions seront adressées au promoteur. Ce sujet restera une pomme de discorde tant qu'il ne sera pas abordé dans un esprit de dialogue permanent.

La revue de littérature effectuée dans le cadre de ce mandat (Annexe 1) a permis de recenser de nombreux exemples de gestion multi-usage de lacs/réservoirs au Québec (ex. : Lac Taureau dans Brochier, 2009), au Canada (ex. : Agrell et al., 1998) ou à travers le monde (ex. : Italie et Suisse dans Soncini-Sessa et al. 2000; États-Unis dans Larson et al., 2013; Finlande dans Lehtoranta et al., (2013), etc. Voir Annexe 1). Dans la majorité des cas, les auteurs font référence à l'utilisation de l'évaluation multicritère. Le multicritère doit être retenu comme cadre de référence afin d'inclure les différentes dimensions du développement durable pour évaluer les différents modes de gestion du niveau du lac avec les parties prenantes (cf. 4.1.3.4) en utilisant les bons outils qui sont à leur disposition (cf. 4.1.4.X – Outils du développement durable).

Selon l'analyse, l'évaluation des différents modes de gestion du lac Saint-Jean touche douze (12) objectifs dont cinq (5) « Agir ». Ces objectifs concernent onze (11) principes de la LQDD dont un (1) impliquant des objectifs « Agir »²⁰ (Tableau 13).

Tableau 13- Bonification prioritaire: Évaluer les différents modes de gestion du lac Saint-Jean

Dimensions	Thèmes	Objectifs	Priorité	
			Réagir	Agir
Éthique	Restauration et compensation	3.1; 4.1;		
	Originalité et innovation	4.2		
Sociale	Conditions de sécurité	2.1		
Économique	Possession et usages des biens et capitaux	1.1; 2.2;		
	Qualité des biens et services	3.2		
	Production et consommation responsable			
Gouvernance	Gestion du risque	6.1		6.1

- 4 dimensions
- 7 thèmes
- 8 objectifs
 - 1 « Agir »
- Principes de la LQDD concernés :
 - Santé et qualité de vie;
 - Équité et solidarité sociales;
 - Protection de l'environnement;
 - Efficacité économique;
 - Partenariat et coopération intergouvernementale;
 - **Prévention;**

²⁰ Ces principes sont en caractère gras dans les listes des « Principes de la LQDD concernés » qui accompagnent chacun des tableaux des bonifications prioritaires

- Préservation de la biodiversité;
 - Respect de la capacité de support des écosystèmes;
 - Production et consommation responsable;
 - Pollueur payeur;
 - Internalisation des coûts.
- Principes de la LQDD non-concernés :
 - Participation et engagement;
 - Accès au savoir;
 - Subsidiarité;
 - Précaution;
 - Protection du patrimoine culturel.

4.1.3 Considérer différentes variables pour les travaux de stabilisation

Les travaux de stabilisation représentent un troisième aspect central du PSBLSJ. Ils ont toujours été une préoccupation pour toutes les parties prenantes. Bien que les participants aux consultations citoyennes aient souligné les bons coups du promoteur dans ce domaine, il est apparu consensuel que RTA-ÉÉ se devait de rester ouvert aux propositions de bonifications sur cet enjeu.

Encore une fois, le rôle de la Chaire n'est pas de faire ressortir des éléments techniques précis à mettre en application systématiquement. Toutefois, il faut souligner l'importance de considérer, à des degrés variables et selon les contextes des travaux, les aspects suivants lors de la planification des travaux de stabilisation :

- l'innovation ;
- l'accessibilité ;
- l'esthétique ;
- les arts ;
- le paysage ;
- l'architecture.

Ces éléments pourraient faire l'objet d'une liste de contrôle ou alimenter une évaluation multicritère dans le processus de planification et de mise en œuvre des travaux sur une base annuelle ou quinquennale. Selon l'analyse, les travaux de stabilisation touchent vingt-et-un (21) objectifs dont deux (2) « Réagir » et quatre (4) « Agir ». Ces objectifs concernent douze (12) principes de la LQDD dont trois (3) impliquant des objectifs « Réagir et/ou Agir » et trois (3) des objectifs « Agir » (Tableau 14).

Tableau 14- Bonification prioritaire: Considérer différentes variables pour les travaux de stabilisation

Dimensions	Thèmes	Objectifs	Priorité	
			Réagir	Agir
Éthique	Lutte contre la pauvreté	1.2; 2.2; 2.3; 2.4; 2.6; 4.2	2.3	
	Solidarité			
	Originalité et innovation			
Écologique	Utilisation des ressources renouvelables	1.1; 1.3; 2.1; 6.3; 7.1	2.1	1.1; 1.3
	Utilisation des ressources non renouvelables			
	Utilisation du territoire			
	Polluant affectant globalement la biosphère			
Sociale	État de santé de la population	1.3; 1.4; 5.5		1.4
	Liberté individuelle et de responsabilité collective			
Économique	Qualité des biens et services	1.2; 2.1; 2.2; 3.1; 4.1; 4.3; 6.2		6.2
	Production et consommation responsable			
	Viabilité financière			

- 4 dimensions
- 12 thèmes
- 21 objectifs
 - 2 « Réagir »
 - 4 « Agir »
- Principes de la LQDD concernés :
 - **Santé et qualité de vie;**
 - **Équité et solidarité sociales;**
 - **Protection de l'environnement;**
 - **Efficacité économique;**
 - Participation et engagement;
 - Partenariat et coopération intergouvernementale;
 - **Préservation de la biodiversité;**
 - **Respect de la capacité de support des écosystèmes;**
 - Production et consommation responsable;
 - Pollueur payeur.
- Principes de la LQDD non-concernés :
 - Accès au savoir;
 - Subsidiarité;
 - Prévention;
 - Précaution;
 - Protection du patrimoine culturel;
 - Internalisation des coûts.

4.1.4 Favoriser l'utilisation d'outils du développement durable

La gamme d'outils du développement durable est extrêmement diversifiée, tout comme leur secteur d'application. En fonction du projet, du contexte, des objectifs visés, des enjeux, etc., différents outils peuvent correspondre aux besoins de l'utilisateur. Rares sont les outils, cadres ou démarches qui couvrent tous les aspects ou notions relatives au développement durable. Pour un promoteur et/ou les parties prenantes, l'important est de bien cibler les outils en fonction des besoins et des objectifs et d'utiliser ces derniers en complémentarité en gardant en tête que leur connaissance et leur compréhension sont des préalables à une utilisation efficiente et efficace.

Les outils du développement durable incluent à la fois la sensibilisation, les théories du changement de comportement, les processus participatifs par le dialogue, l'analyse de cycle de vie, l'évaluation multicritère, les certifications volontaires, les systèmes de gestion de développement durable, les politiques d'achats responsables, les grilles d'analyse de développement durable, les grilles et guides de prise en compte des seize principes de la LQDD, les normes (BNQ-21000, ISO-26000, etc.) et plus encore. Ce vaste étalage rend leur utilisation transversale et les liens sont nombreux avec toutes les bonifications prioritaires mentionnées dans cette section. Par exemple :

- L'exercice actuel d'analyse de développement durable fait partie des outils mentionnés. Il serait donc pertinent que le promoteur et/ou les parties prenantes poursuivent son utilisation par des évaluations périodiques y compris le suivi de la prise en compte des seize principes de la LQDD.
- RTA-ÉÉ a procédé à des consultations citoyennes à l'automne 2014, lesquelles faisaient de la place au processus participatif par le dialogue. Il serait encore une fois pertinent de répéter périodiquement l'exercice.
- L'éventuelle mise sur pied d'un comité élargi de suivi, appelé ici comité de gestion harmonisée, est un lieu où les outils de développement durable seront extrêmement bénéfiques à la réflexion multidimensionnelle.
- L'évaluation multicritère permettrait de bien intégrer les différentes dimensions pour réfléchir avec une vision systémique les différents modes de gestion du niveau du lac Saint-Jean. Ces outils sont d'ailleurs souvent privilégiés dans la littérature pour améliorer la gestion des réservoirs multi-usages ailleurs dans le monde.

Ces exemples sont non-exhaustifs, mais permettent d'illustrer le potentiel des différents outils du développement durable. Selon l'analyse, les outils du développement durable touchent quatorze (14) objectifs dont quatre (4) « Agir ». Ces objectifs concernent onze (11) principes de la LQDD dont six (6) impliquant des objectifs « Agir » (Tableau 15).

Tableau 15- Bonification prioritaire: Favoriser l'utilisation d'outils du développement durable

Dimensions	Thèmes	Objectifs	Priorité	
			Réagir	Agir
Sociale	Niveau d'éducation des populations	3.4		
Économique	Production et consommation responsable	3.1; 3.2; 4.1 4.3; 6.2		6.2
	Viabilité financière			
	Opportunités de partage de la richesse			
Gouvernance	Gestion et aide à la décision	1.1; 1.2; 1.3; 2.3; 2.4; 2.6; 4.3; 4.5		2.4; 2.6; 4.3
	Participation et démocratie			
	Intégration du projet			

- 3 dimensions
- 7 thèmes
- 14 objectifs
 - 4 « Agir »
- Principes de la LQDD concernés :
 - **Équité et solidarité sociales;**
 - Protection de l'environnement;
 - **Efficacité économique;**
 - **Participation et engagement;**
 - **Accès au savoir;**
 - **Subsidiarité;**
 - Partenariat et coopération intergouvernementale;
 - **Protection du patrimoine culturel;**
 - Production et consommation responsable;
 - Pollueur payeur;
 - Internalisation des coûts.
- Principes de la LQDD non-concernés :
 - Santé et qualité de vie;
 - Prévention;
 - Précaution;
 - Préservation de la biodiversité;
 - Respect de la capacité de support des écosystèmes.

4.1.5 Adopter une approche de coopération

Au-delà de constituer une bonification prioritaire, la coopération est une valeur transversale à considérer dans l'ensemble des actions et réflexions sur le PSBLSJ. Les différentes parties prenantes l'ont clairement manifesté au cours des consultations citoyennes : elles veulent être impliquées, considérées comme des partenaires dans les réflexions sur le PSBLSJ en particulier et sur l'harmonisation des usages en lien avec la gestion du lac Saint-Jean.

La coopération nécessitera de l'ouverture de la part de RTA-ÉE. Selon de nombreux témoignages lors des consultations citoyennes, il y a un bris de confiance entre RTA-ÉE et les parties prenantes. Cette situation de méfiance n'est pas favorable au dialogue.

La coopération est une valeur à privilégier pour favoriser la mise en place d'une relation harmonieuse entre les parties intéressées. Cette valeur s'accorde avec les enjeux de participation. Riffon (à publier) fait l'état de l'importance à accorder à la participation dans les enjeux de gouvernance territoriale. À ce titre, il mentionne que la coopération s'associe au partenariat où « Le processus est mené conjointement par l'ensemble des partenaires, qui ont chacun leur rôle et responsabilité. Les participants disposent d'un important pouvoir de décision, mais également de responsabilités importantes. » Bien entendu, tel que mentionné à la section 4.1.2.2 sur le « Comité de gestion harmonisée », il n'est pas du ressort des analystes de la Chaire d'identifier les rôles et responsabilités ou la répartition des pouvoirs. Toutefois, la Chaire veut souligner l'importance à accorder à la coopération à même les réflexions sur les autres bonifications prioritaires proposées dans cette analyse.

D'ailleurs, selon cette dernière, la coopération touche dix-neuf (19) objectifs dont dix (10) « Agir ». Ces objectifs concernent onze (11) principes de la LQDD dont huit (8) impliquant des objectifs « Agir » (Tableau 16).

Tableau 16- Bonification prioritaire: Adopter une approche de coopération

Dimensions	Thèmes	Objectifs	Priorité	
			Réagir	Agir
Éthique	Restauration et compensation	3.1; 4.1; 5.1		5.1
	Originalité et innovation			
	Valeurs communes			
Sociale	Intégration des individus à la société	4.2; 5.4; 5.5; 6.1		6.1
	Liberté individuelle et de responsabilité collective			
	Reconnaissances des personnes et des investissements			
Gouvernance	Gestion et aide à la décision	1.2; 2.1; 2.2; 2.3; 2.4; 2.6; 3.1; 4.2; 4.3; 5.1; 5.2; 6.3		2.1; 2.2; 2.4; 2.6; 4.3; 5.1; 5.2; 6.3
	Participation et démocratie			
	Suivi et évaluation			
	Intégration du projet			
	Subsidiarité			
	Gestion du risque			

- 4 dimensions
- 12 thèmes
- 19 objectifs
 - 10 « Agir »
- Principes de la LQDD concernés :
 - **Santé et qualité de vie;**
 - **Équité et solidarité sociales;**
 - Protection de l'environnement;
 - **Participation et engagement;**
 - **Accès au savoir;**
 - **Subsidiarité;**
 - **Partenariat et coopération intergouvernementale;**
 - **Protection du patrimoine culturel;**
 - Préservation de la biodiversité;
 - Respect de la capacité de support des écosystèmes;
 - **Pollueur payeur.**
- Principes de la LQDD non-concernés :
 - Efficacité économique;
 - Prévention;
 - Précaution;
 - Production et consommation responsable;
 - Internalisation des coûts.

4.1.6 Anticiper les changements climatiques

Les changements climatiques sont une problématique environnementale qui affecte et affectera le climat planétaire au cours des prochains siècles et s'amplifiera au cours des prochaines décennies en raison de l'incapacité mondiale de réagir pour réduire l'impact des activités anthropiques. Ils sont principalement causés par l'augmentation de la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. La combustion de carburants fossiles comme source d'énergie représente environ 83% de l'énergie primaire utilisée sur la planète et les gaz à effet de serre (CO₂, CH₄, N₂O) résultant de cette combustion sont responsables de plus de 75% de cette accumulation. Les mesures pour limiter ces émissions étant complexes et difficiles à mettre en œuvre à l'échelle internationale, il est peu probable que l'augmentation de température au 21^e siècle soit de moins de 2 degrés Celsius à l'échelle planétaire (Villeneuve, 2013), ce qui devrait se traduire par des augmentations de l'ordre de 5 à 6 degrés dans le bassin versant du lac Saint-Jean (Ouranos, 2014). Cette augmentation de température affectera non seulement les moyennes mensuelles de température, mais aussi la durée des saisons, la prise des glaces, les vents et les précipitations. Ces facteurs affecteront les paramètres de gestion du lac Saint-Jean à moyen et long terme. Pour RTA-ÉÉ, cela représente un défi²¹, mais pour les riverains, les nouveaux paramètres climatiques pourront aussi se traduire par des impacts qui risquent d'exacerber les tensions et les attentes par rapport à la gestion du lac.

Il existe trois façons responsables d'agir aujourd'hui face aux changements climatiques (Villeneuve, 2013):

1. Réduire à la source les émissions de GES ;
2. Atténuer les effets des émissions passées ou inévitables (ex. : compensation);
3. S'adapter face aux changements climatiques.

Comme le détaille le rapport du groupe de travail 2 du GIEC, les changements climatiques présentent plusieurs risques pour les infrastructures et impacteront les phénomènes naturels influençant la gestion hydrique: les phénomènes météorologiques extrêmes et l'augmentation des précipitations pourraient menacer et endommager l'intégrité des ouvrages hydrauliques (digues, déversoirs de crue, bassins de rétention).

La figure 13, tirée du dernier rapport du groupe de travail 2 du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat, montre comment s'articule l'adaptation aux changements climatiques. Encore une fois, il s'agit d'une responsabilité partagée, dans laquelle RTA-ÉÉ peut avoir une action déterminante, mais qui ne se limite pas au pouvoir de l'entreprise. L'analyse a montré que l'adaptation aux changements climatiques était un point sensible, eu égard à l'importance qui y a été

²¹ RTA est partenaire du consortium OURANOS sur les impacts et l'adaptation aux changements climatiques depuis 2010.

accordée par le comité de pondération et le peu d'actions qui ont pu être évaluées par les analystes de la Chaire. Il s'agit donc d'un point auquel il convient d'apporter la plus grande attention.

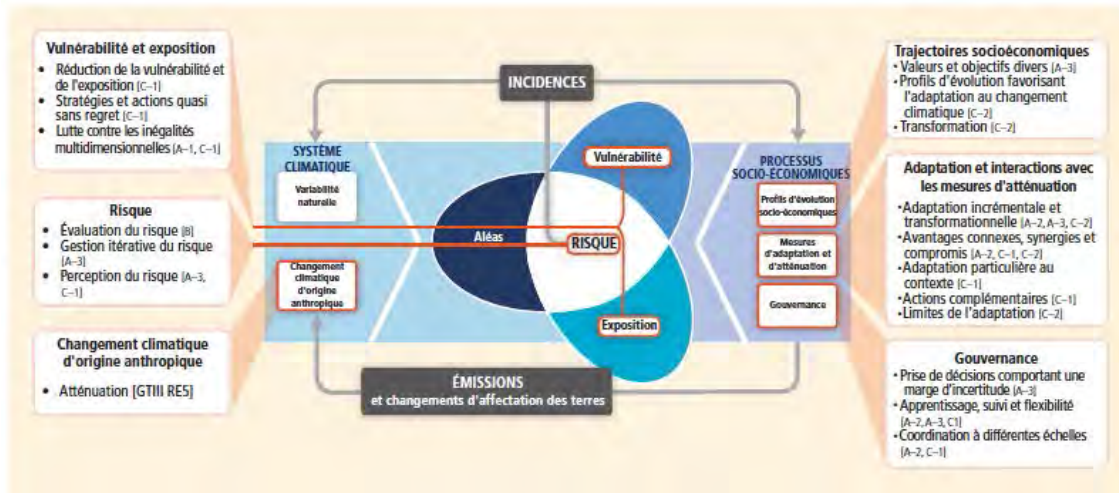


Figure 13 - Les solutions pour l'adaptation aux changements climatiques et leurs relations (figure 8 du résumé à l'intention des décideurs du GT2 du GIEC 2014)

De plus, la réflexion sur les changements climatiques implique plusieurs des bonifications prioritaires précédemment mentionnées principalement au niveau de la gestion et des travaux de stabilisation. En ce sens, les réflexions de RTA-ÉÉ et des parties prenantes devraient viser les trois niveaux d'engagement potentiel (réduction, compensation et adaptation). Par exemple, le promoteur pourrait utiliser la modélisation pour tenir compte des impacts des changements climatiques (principe de précaution).

Finalement, l'action face aux changements climatiques devrait demeurer une préoccupation importante à plusieurs échelles : locale, provinciale, nationale et internationale. Elle concerne à la fois la grande entreprise et les citoyens.

Selon l'analyse, les changements climatiques touchent dix (10) objectifs dont deux (2) « Réagir » et deux (2) « Agir ». Ces objectifs concernent neuf (9) principes de la LQDD dont deux (2) impliquant des objectifs « Réagir et/ou Agir » et deux (2) des objectifs « Agir » (Tableau 17).

Tableau 17- Bonification prioritaire: Anticiper les changements climatiques

Dimensions	Thèmes	Objectifs	Priorité	
			Réagir	Agir
Éthique	Originalité et innovation	4.1		
Écologique	Utilisation des ressources renouvelables	1.1; 2.1; 3.1; 3.2; 4.1; 7.1 ; 7.4	2.1; 7.4	1.1
	Utilisation des ressources non renouvelables			
	Utilisation de l'énergie			
	Extrants de l'activité humaine			
	Polluant affectant globalement la biosphère			
Économique	Production et consommation responsable	3.2		
Gouvernance	Gestion du risque	6.2		6.2

- 4 dimensions
- 8 thèmes
- 10 objectifs
 - 2 « Réagir »
 - 2 « Agir »
- Principes de la LQDD concernés :
 - **Protection de l'environnement;**
 - Efficacité économique;
 - Partenariat et coopération intergouvernementale;
 - **Précaution;**
 - **Préservation de la biodiversité;**
 - **Respect de la capacité de support des écosystèmes;**
 - Production et consommation responsable;
 - Pollueur payeur;
 - Internalisation des coûts.
- Principes de la LQDD non-concernés :
 - Santé et qualité de vie;
 - Équité et solidarité sociales;
 - Participation et engagement;
 - Accès au savoir;
 - Subsidiarité;
 - Prévention;
 - Protection du patrimoine culturel.

4.1.7 Favoriser l'accès aux savoirs

Dernière bonification prioritaire, l'accès aux savoirs inclut à la fois les aspects science, recherche, développement, innovation ainsi que les savoirs des différentes parties prenantes incluant les savoirs traditionnels. L'accès aux savoirs concerne toutes les parties prenantes et s'applique à la plupart des bonifications prioritaires et recommandations formulées dans cette section (communication, gestion, travaux de stabilisation, outils du développement durable, coopération, changements climatiques).

L'accès aux savoirs, leur appropriation et leur articulation permettent de prendre des décisions mieux éclairées. Par exemple, les prises de décisions appliquant la gestion systémique nécessiteront une panoplie de savoirs de natures différentes : économique, écologique, sociale, légale, traditionnelle, symbolique, éthique, etc. L'innovation dans les travaux de stabilisation nécessitera aussi cette ouverture sur les nouveaux savoirs.

Dans son histoire, le PSBLSJ a permis de faire émerger de nouvelles connaissances et doit continuer de le faire. Mais RTA-ÉÉ doit aussi se tenir à jour sur l'évolution des travaux universitaires et techniques qui concernent les multiples aspects mentionnés dans les pistes de bonification précédemment évoquées. Par exemple, des études sur le régime sédimentaire dominé par les vents plutôt que par les apports fluviaux peuvent aider à reconsidérer la pertinence de certains types de travaux de stabilisation. Cela s'applique aussi à des études sur les modes de gestion impliquant de multiples acteurs. Comme promoteur du PSBLSJ et gestionnaire des niveaux du lac, RTA-ÉÉ pourra mieux nourrir sa communication et travailler avec les parties prenantes s'il peut situer son action dans l'évolution des connaissances et valoriser sa contribution à cette évolution. En ce sens, la Chaire incite RTA-ÉÉ à participer à des colloques scientifiques sur la gestion des lacs-réservoirs ou d'autres manifestations scientifiques pertinentes.

Voilà pourquoi, selon l'analyse, l'accès aux savoirs touche dix-neuf (19) objectifs dont un (1) « Réagir » et trois (3) « Agir ». Ces objectifs concernent douze (12) principes de la LQDD dont un (1) impliquant des objectifs « Réagir et/ou Agir » et trois (3) des objectifs « Agir » (Tableau 18).

Tableau 18- Bonification prioritaire: Favoriser l'accès aux savoirs

Dimensions	Thèmes	Objectifs	Priorité	
			Réagir	Agir
Éthique	Lutte contre la pauvreté	1.3; 2.4; 3.1; 4.1; 4.3		4.3
	Solidarité			
	Restauration et compensation			
	Originalité et innovation			
Écologique	Utilisation des ressources renouvelables	1.2; 2.2; 4.1; 4.3; 4.4; 5.1; 5.3; 7.4	7.4	5.3;
	Utilisation des ressources non renouvelables			
	Extrants de l'activité humaine			
	Biodiversité			
	Polluant affectant globalement la biosphère			
Sociale	État de santé de la population	1.3; 7.2		
	Culture			
Économique	Qualité des biens et services	2.1; 4.1		
	Viabilité financière			
Gouvernance	Intégration du projet	4.4; 6.2		6.2
	Gestion du risque			

- 5 dimensions
- 15 thèmes
- 19 objectifs
 - 1 « Réagir »
 - 3 « Agir »
- Principes de la LQDD concernés :
 - Santé et qualité de vie;
 - Équité et solidarité sociales;
 - **Protection de l'environnement;**
 - Efficacité économique;
 - Participation et engagement;
 - Accès au savoir;
 - Subsidiarité;
 - **Partenariat et coopération intergouvernementale;**
 - **Précaution;**
 - **Protection du patrimoine culturel;**
 - Préservation de la biodiversité;
 - Respect de la capacité de support des écosystèmes.
- Principes de la LQDD non-concernés :
 - Prévention;
 - Production et consommation responsable;
 - Pollueur payeur;
 - Internalisation des coûts.

4.2 Recommandations

Tout comme les bonifications prioritaires de la section précédente, les recommandations s'articulent à partir des pistes de bonifications recensées dans la GADD. À la différence des bonifications prioritaires, les recommandations ne s'adressent pas d'abord au promoteur du PSBLSJ, RTA-ÉÉ. Toutefois, s'il est pertinent que celles-ci soient appliquées pour améliorer la performance de la gestion systémique du lac Saint-Jean, on ne peut pas en imputer la responsabilité au promoteur.

Comme il a été mentionné précédemment, il y a une volonté consensuelle chez les parties prenantes pour être impliquées davantage dans une forme de gestion harmonisée qui reste à définir. Cette coopération, tel que mentionné précédemment, vient avec des responsabilités. Certaines de ces responsabilités devront être définies en partenariat avec RTA-ÉÉ. D'un autre côté, les différentes parties prenantes peuvent se mobiliser, sans ou avec RTA-ÉÉ, pour réfléchir sur des actions structurantes en lien avec les objectifs et principes de développement durable traités dans cette analyse. En ce sens, les recommandations les ciblant visent un objectif de responsabilisation.

Cette section présente deux recommandations qui s'adressent, au premier degré, aux personnes ou groupes de personnes qui occupent le territoire affecté par le PSBLSJ. La troisième recommandation vise plutôt le législateur.

4.2.1 Co-construire un engagement éthique du riverain

RTA-ÉÉ possède un code de l'environnement pour encadrer ses travaux. Toutefois, l'entreprise n'est pas la seule à pouvoir mettre en œuvre des actions structurantes porteuses des principes du développement durable. Il s'agit d'une responsabilité partagée par tous les acteurs qui peuvent avoir des impacts sur la qualité des berges, la qualité de l'eau et sur la qualité de vie des riverains. Tout au long des différentes phases du processus actuel, il est revenu régulièrement dans les propos que les riverains pouvaient s'organiser entre eux pour se donner des lignes de conduite sur les actions à entreprendre ou celles à éviter dans le contexte du PSBLSJ et du développement durable.

Dans ce contexte, la Chaire encourage les riverains à s'organiser pour se responsabiliser par rapport aux enjeux sur lesquels ils ont un pouvoir d'action direct (ex. : l'aménagement des terrains, les loisirs motorisés, l'entretien des fosses septiques, etc.). Bien que cette recommandation s'adresse directement aux riverains, cette prise en charge peut être facilitée par RTA-ÉÉ dans la mesure où les premiers acteurs visés auront progressé dans leurs réflexions. Ainsi, des espaces de dialogue pourraient éventuellement déboucher sur l'adoption d'un ou de documents dans lesquels sont répertoriés des valeurs, des enjeux, des modes d'opération, des bonnes pratiques, etc. en lien avec les responsabilités individuelles et collectives des riverains. Il s'agirait là

d'un guide par les riverains, pour les riverains. Cette prise en charge changerait la nature du dialogue avec la compagnie, la communication se développant entre parties prenantes ayant chacune pris leurs responsabilités.

Cette recommandation, selon l'analyse, touche six (6) objectifs dont quatre (4) « Agir ». Ces objectifs concernent neuf (9) principes de la LQDD dont cinq (5) impliquant des objectifs « Agir » (Tableau 19).

Tableau 19- Recommandation: Co-construire un engagement éthique du riverain

Dimensions	Thèmes	Objectifs	Priorité	
			Réagir	Agir
Éthique	Solidarité	2.1		2.1
Écologique	Utilisation du territoire	6.1		
Sociale	Niveau d'éducation des populations	3.4		
Gouvernance	Participation et démocratie	2.2; 5;1; 5.2		2.2; 5;1;
	Subsidiarité			5.2

- 4 dimensions
- 5 thèmes
- 6 objectifs
 - 4 « Agir »
- Principes de la LQDD concernés :
 - **Équité et solidarité sociales;**
 - Protection de l'environnement;
 - **Participation et engagement;**
 - Accès au savoir;
 - **Subsidiarité;**
 - **Partenariat et coopération intergouvernementale;**
 - Préservation de la biodiversité;
 - Respect de la capacité de support des écosystèmes;
 - **Pollueur payeur.**
- Principes de la LQDD non-concernés :
 - Santé et qualité de vie;
 - Efficacité économique;
 - Prévention;
 - Précaution;
 - Protection du patrimoine culturel;
 - Production et consommation responsable;
 - Internalisation des coûts.

4.2.2 Développer le pouvoir d'agir des parties prenantes

Le développement du pouvoir d'agir des parties prenantes touche toutes les actions qui peuvent favoriser l'*empowerment*, la capacitation, l'autonomisation, la responsabilisation et l'émancipation des parties prenantes. Selon di Castri (2002), il s'agit d'une des conditions gagnantes du développement durable. Ce pouvoir d'agir se veut constructif dans l'atteinte des objectifs, valeurs et principes de développement durable sous-jacents à cette analyse.

Le développement durable ne se construit ni dans la recherche de la confrontation ou dans les rapports de forces. Il faut plutôt favoriser l'accès, pour tous les acteurs, à des connaissances de toutes sortes (techniques, scientifiques, légales, etc.) pour favoriser des échanges constructifs. L'état d'esprit recommandé revient à la valeur de coopération (cf. 4.1.5) où la notion de responsabilité est clairement énoncée.

Il existe plusieurs comités de riverains sur le pourtour du lac Saint-Jean. Des regroupements permettraient de cumuler des savoirs et/ou des compétences qui profiteraient au plus grand nombre une fois partagés. De manière analogue aux comités de bassins versants, il pourrait être intéressant que les riverains se regroupent en comité pour gérer des enjeux qui leur sont communs dans une perspective systémique basée sur l'unité ou les sous-unités géographiques ou hydrographiques dans lesquelles se déroulent leurs activités.

Le développement du pouvoir d'agir des parties prenantes peut prendre plusieurs formes. L'objectif est de rassembler les idées, les expériences à la recherche d'actions porteuses pour les parties prenantes, dans le respect des orientations générales du PSBLSJ et des bonnes pratiques en matière de développement durable.

Cette recommandation, selon l'analyse, touche sept (7) objectifs dont quatre (4) « Agir ». Ces objectifs concernent sept (7) principes de la LQDD dont trois (3) impliquant des objectifs « Agir » (Tableau 20).

Tableau 20- Recommandation: Développer le pouvoir d'agir des parties prenantes

Dimensions	Thèmes	Objectifs	Priorité	
			Réagir	Agir
Éthique	Solidarité	2.1		2.1
Sociale	Liberté individuelle et de responsabilité collective	5.1		
Économique	Conditions de travail	7.2		
Gouvernance	Participation et démocratie	2.2; 2.3; 2.4; 2.6		2.2; 2.4; 2.6

- 4 dimensions
- 4 thèmes
- 7 objectifs
 - 4 « Agir »
- Principes de la LQDD concernés :
 - Santé et qualité de vie;
 - **Équité et solidarité sociales;**
 - Efficacité économique;
 - **Participation et engagement;**
 - Accès au savoir;
 - **Partenariat et coopération intergouvernementale;**
 - Production et consommation responsable.
- Principes de la LQDD non-concernés :
 - Protection de l'environnement;
 - Subsidiarité;
 - Prévention;
 - Précaution;
 - Protection du patrimoine culturel;
 - Préservation de la biodiversité;
 - Respect de la capacité de support des écosystèmes;
 - Pollueur payeur;
 - Internalisation des coûts.

4.2.3 Contribuer à faire la lumière sur les droits, devoirs et pouvoirs des parties prenantes

Il existe beaucoup de confusion sur les questions légales au sujet du PSBLSJ (Bourque Regards croisés, 2014; BAPE, 1985). L'historique remonte à près de cent ans et depuis, un enchevêtrement de nouvelles lois, règlements et décrets se superposent les uns aux autres ajoutant à chaque fois des couches susceptibles d'entretenir la confusion.

Lors des consultations citoyennes (Transfert Environnement et Société, 2014), plusieurs questionnements et/ou demandes ont été soulevés en lien avec cette question (partager l'entente de 1922, relation entre la Loi sur la qualité de l'environnement et les droits d'eau, et autres).

Les trois MRC du Lac-Saint-Jean, Maria-Chapdelaine, du Domaine-du-Roy et Lac-Saint-Jean-Est ont annoncé en janvier 2015 la création d'un comité des parties prenantes pour le suivi de la gestion durable du lac Saint-Jean. Dans leur communiqué de presse (Comité de suivi de la gestion durable du lac Saint-Jean, 2015), ils expriment le souhait « que RTA bonifie son étude d'impact en ajoutant certaines études complémentaires ». Parmi ces éléments se retrouve la formulation suivante qui va dans le même sens que

cette recommandation: « Contribuer à faire la lumière sur les droits, devoirs et pouvoirs de RTA et des riverains ».

Le verbe « contribuer » prend tout son sens ici puisque l'éclairage sur les droits, devoirs et pouvoirs des parties prenantes est du ressort du législateur. RTA-ÉÉ peut demander à ce dernier d'apporter des éclaircissements aux parties prenantes, mais ne possède pas la légitimité de le faire pour lui. Il est fort probable, en effet, que de telles explications venant du promoteur seraient reçues avec suspicion.

Il est apparu à l'analyse qu'il y avait de nombreuses zones d'ombre et d'importantes confusions en ce qui concerne les droits des parties prenantes. Cela relève d'un contexte historique et de droits acquis par l'occupation du territoire ou de droits concédés en vertu d'un régime législatif d'une autre époque.

La Chaire considère donc qu'il est indispensable que le Gouvernement du Québec fasse la lumière sur la confusion que peut provoquer l'enchevêtrement de plusieurs lois, politiques, stratégies dont l'accumulation rend difficile l'interprétation du contexte légal de l'application des décrets sur le PSBLSJ. Notons parmi ceux-ci :

- La Loi sur la qualité de l'environnement (Chapitre 2-Q) ;
- La Loi sur le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (Chapitre M-30.001) ;
- La Loi sur le développement durable (Chapitre D-8.1.1) ;
- La Stratégie gouvernementale de développement durable ;
- La Loi sur le ministère des Ressources naturelles et de la Faune (Chapitre M-25.2) ;
- La Loi sur le ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (Chapitre M-22.1) ;
- La Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et visant à renforcer leur protection (Chapitre C-6.2) ;
- La Loi pour assurer l'occupation et la vitalité des territoires (Chapitre O-1.3) ;
- La Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (Chapitre Q-2, r. 35)
- L'Article 46.1 de la Charte (québécoise) des droits et libertés de la personne²² ;
- La Loi sur les compétences municipales (Chapitre C-47.1) ;

À ce titre, M. Denis Bourque, professeur en droit à l'Université du Québec à Chicoutimi, mentionnait dans une communication personnelle (2014) que « L'État québécois a conféré des droits importants (notamment en matière de planification et d'aménagement du territoire) et ces droits devraient « s'aménager » et « cohabiter » avec ceux conférés à RTA. Cependant, pour « cohabiter », encore faudrait-il connaître la nature, l'étendue et la portée des droits conférés à RTA. Et il appartient à l'État québécois, fiduciaire de la

²² Toute personne a droit, dans la mesure et suivant les normes prévues par la loi, de vivre dans un environnement sain et respectueux de la biodiversité.

ressource naturelle eau, de faire ce travail d'identification des droits conférés à RTA et d'articulation de ces droits avec ceux qu'il a conférés aux autres entités qu'il a créées. ».

La recommandation concernant la contribution sur la lumière sur les droits, devoirs, pouvoirs des parties prenantes, selon l'analyse, touche six (6) objectifs dont deux (2) « Agir ». Ces objectifs concernent sept (7) principes de la LQDD dont quatre (4) impliquant des objectifs « Agir » (Tableau 21).

Tableau 21 - Recommandation : Contribuer à faire la lumière sur les droits, devoirs et pouvoirs des parties prenantes

Dimensions	Thèmes	Objectifs	Priorité	
			Réagir	Agir
Éthique	Lutte contre la pauvreté	1.2; 2.2		
	Solidarité			
Sociale	Liberté individuelle et de responsabilité collective	5.2		5.2
Gouvernance	Participation et démocratie	2.5; 2.6;		2.6
	Intégration du projet	4.1		

- 3 dimensions
- 5 thèmes
- 6 objectifs
 - 2 « Agir »
- Principes de la LQDD concernés :
 - **Santé et qualité de vie;**
 - **Équité et solidarité sociales;**
 - **Participation et engagement;**
 - Accès au savoir;
 - Subsidiarité;
 - **Partenariat et coopération intergouvernementale;**
 - Protection du patrimoine culturel.
- Principes de la LQDD non-concernés :
 - Protection de l'environnement;
 - Efficacité économique;
 - Prévention;
 - Précaution;
 - Préservation de la biodiversité;
 - Respect de la capacité de support des écosystèmes;
 - Production et consommation responsable;
 - Pollueur payeur;
 - Internalisation des coûts.

4.3 Limites de l'étude

Il convient d'emblée de rappeler que l'analyse de développement durable n'est pas prescriptive. Elle vise à éclairer la prise de décision en fonction de la prise en considération de multiples objectifs et d'intrants de diverses parties prenantes. La suite du processus appartient au mandataire et aux autres acteurs interpellés par les pistes de bonification et les recommandations issues de l'analyse.

La présente analyse a été réalisée avec la version 2011²³ de la grille d'analyse de développement durable de la Chaire en éco-conseil avec la participation d'un comité de parties prenantes pour la pondération des objectifs et en sollicitant la participation du public par divers moyens. Cette participation aurait pu être plus importante, par exemple en faisant participer les parties prenantes à l'évaluation des 101 objectifs ou encore en organisant des ateliers avec des groupes de parties prenantes pour clarifier des enjeux ou faire des analyses sommaires. En effet, plusieurs groupes ou citoyens qui auraient pu être intéressés à l'exercice se sont dits découragés par la complexité de l'exercice alors qu'ils avaient essayé de s'y attaquer sans aide. En revanche, d'autres groupes ont complété des grilles qui ont été déposées auprès de la Chaire et prises en considération dans la présente analyse. Plusieurs membres du comité de pondération ont aussi manifesté de l'intérêt pour participer à l'évaluation, ce qui leur a été refusé par souci d'efficacité dans les délais impartis à l'étude.

La portée de l'analyse aurait pu, de l'avis de plusieurs, recouvrir les aspects économiques liés à la gestion des niveaux du lac Saint-Jean. La Chaire et le comité de pondération, après avoir considéré la question, ont concentré leur réflexion sur le PSBLSJ et ses impacts. Considérer le turbinage aurait logiquement mené à élargir les frontières de l'analyse aux opérations régionales de RTA au complet en incluant les alumineries. Cela aurait détourné l'étude du PSBLSJ lui-même, car il est une activité marginale des opérations de RTA. Malheureusement, une fois établies pour les besoins de l'analyse, les frontières ne sont pas variables.

Lors de la pondération, trois objectifs n'ont pas fait l'unanimité. Des rapports minoritaires expliquant les divergences entre les membres ont été produits et peuvent être trouvés à l'annexe 4. Une analyse de sensibilité a été effectuée pour comprendre comment les résultats de l'analyse auraient pu être modifiés si la pondération minoritaire avait été adoptée par l'ensemble du comité. Hormis pour l'un des objectifs, ces divergences n'auraient pas eu d'impact sur les conclusions de l'étude. L'analyse de sensibilité qu'on peut trouver à l'annexe 10 montre que la pondération minoritaire de l'objectif 4.1 « s'assurer de la rentabilité du projet » serait passée de la catégorie « enjeu à long terme » à « réagir ». Cela aurait affecté la performance du thème, mais pas la performance de la dimension économique.

²³ Une nouvelle version de la grille a été développée en 2014. Elle repose sur les mêmes bases, mais comporte dorénavant 6 dimensions, 35 thèmes et 110 objectifs.

Cette analyse doit être considérée comme un point de départ pour la mise en œuvre d'un processus d'amélioration continue du PSBLSJ. Des objectifs, cibles et indicateurs de performance pourront être déterminés en vertu des choix qui seront faits par RTA-ÉE et des décisions des autorités gouvernementales qui figureront au décret.

Conclusion

Le présent rapport a pour but de présenter les résultats de l'analyse de développement durable du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean à l'aide de la grille d'analyse de la Chaire en éco-conseil.

Une analyse de développement durable n'est pas une fin en soi. C'est un outil qui doit être intégré dans une démarche plus globale. Une fois l'analyse de développement durable complétée, il est pertinent d'y donner suite en proposant des pistes de bonification pour les objectifs les plus critiques révélés par l'analyse (Villeneuve & Riffon, 2011).

Une analyse de développement durable est un exercice qui s'intègre dans un processus d'amélioration continue. Dans le cas présent, l'analyse du PSBLSJ, l'application de la grille, s'est faite après 30 années de réalisation qui se sont échelonnées sur trois décrets. Les résultats de l'analyse devraient permettre d'alimenter les réflexions de RTA-ÉÉ et des différentes parties prenantes sur les enjeux et les améliorations potentielles pour s'assurer que le PSBLSJ s'inscrit dans le développement durable.

Ce rapport saura nourrir l'étude d'impact environnemental que RTA-ÉÉ prépare en conformité avec les directives du ministère du Développement durable, de l'Environnement et Lutte contre les changements climatiques. Il permettra entre autres de démontrer l'intégration des 16 principes de la loi sur le développement durable dans le projet. Il pourra aussi servir à informer les parties prenantes sur les enjeux qu'ils ont soulevés en préparation aux processus d'audiences publiques sur l'environnement.

Les résultats de l'analyse de développement durable nous indiquent que le PSBLSJ considère l'ensemble des dimensions du développement durable dans son programme. La performance globale du PSBLSJ montre un équilibre entre les dimensions. La pondération du comité fait ressortir à quel point plusieurs des objectifs de la GADD revêtent une importance indispensable. Cette analyse de développement durable aura permis de faire ressortir les forces du programme ainsi que les pistes de bonification prioritaires de manière argumentée et documentée.

Le harnachement du lac Saint-Jean pour la production d'électricité servant à alimenter des usines de production d'aluminium destiné au marché mondial a profondément marqué l'histoire régionale. Il s'est fait en vertu de l'attribution de droits à un acteur privé qui en a assumé les responsabilités et récolté les bénéfices depuis près d'un siècle. Pendant cette période, la société a évolué tout comme ses attentes en termes de développement. Cela s'est exprimé de manière forte lors des audiences publiques du BAPE sur le Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean en 1984. L'émergence du concept de développement durable à la même époque a contribué à cette évolution. La participation de la compagnie Alcan à diverses concertations régionales comme le projet de Région-laboratoire du développement durable au début des années 1990 et au congrès Nikan sur les applications territoriales du

développement durable en 1997 sont une illustration du contexte dans lequel les deux premières phases du PSBLSJ se sont réalisées. Plus récemment (depuis 2011) l'entreprise RTA a recommencé²⁴ à publier un rapport de développement durable. Ces éléments créent des attentes et suscitent une demande de cohérence de la part des parties prenantes. En s'engageant dans une analyse de développement durable pour préparer son étude d'impact environnemental pour l'établissement éventuel d'un nouveau décret du PSBLSJ, l'entreprise maintient le cap. Toutefois, pour s'assurer que ces efforts soient couronnés de succès, il serait important que l'entreprise prenne en considération les paradigmes qui sont sous-jacents aux interventions des parties prenantes. Les pistes de bonification prioritaires identifiées dans cette étude permettent d'élargir la perspective au-delà des simples solutions technico-scientifiques.

²⁴ Entre 2002 et 2006, Alcan avait publié des rapports de développement durable, pratique qui a été arrêtée avec le changement de propriété de l'entreprise lors de son achat par Rio Tinto.

Bibliographie

Affolder, N., Allen, K. & Paruk, S. (2012). *Independent Environmental Oversight : A Report for the Giant Mine Remediation Environmental Assessment*

Alcan Aluminium Limitée. (1996). *Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean - Rapport Synthèse 1986-1996*.

Alcan. (2007). *Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean – Rétrospective 1996-2006*.

Bédard, J-T. (1985). *Le combat d'Onésime Tremblay* (film documentaire). Production: ONF.

Bensalah, N., Villeneuve, C., Côté, H., & Ferrand, D. (2012). *L'industrie minière et le développement durable*.

Bourque, D. (2014). *Contribution à l'évaluation de la composante Gouvernance de la grille d'analyse de développement durable de la Chaire en éco-conseil. Programme de stabilisation des berges du Lac Saint-Jean*. Communication personnelle.

Bourque, D. (2014). *Regards croisés sur la protection de l'environnement*. Conférence prononcée lors du colloque du Département des sciences économiques et administratives de l'Université du Québec à Chicoutimi.

Bureau d'audiences publiques sur l'environnement. (2010). *Plan d'action de développement durable 2008-2013 – Un engagement collectif pour le présent et l'avenir*.

Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, (1985). *Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean*

Burton, J. (2001). *La gestion intégrée des ressources en eau par bassin. Manuel de formation*. Institut de l'énergie et de l'environnement de la francophonie.

Comité de suivi de la gestion durable du lac Saint-Jean, 2015. *Consultations citoyennes de Rio Tinto Alcan – Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean*.

Commission mondiale sur l'environnement et le développement (CMED). (1988). *Notre avenir à tous*. Les Éditions du Fleuve.

Deschesnes, P. (2012), *L'approche concertée : pour une gouvernance vers une économie verte*, in Villeneuve, Claude (dir), Forêts et humains, une communauté de destins, pièges et opportunités de l'économie verte pour un développement durable et l'éradication de la pauvreté, IFDD, collection « Points de repère » #21.

Di Castri, F. (2005). *Les conditions gagnantes du développement durable*, in Villeneuve, Claude (dir); *Le développement durable, quels progrès, quels outils, quelle formation?* IFDD collection Actes.

Dufour, J. (1997). *NIKAN... : les territoires de développement durable, héritage et enjeu pour demain : actes du Congrès NIKAN*. Chicoutimi : Université du Québec à Chicoutimi.

Gagnon, C. (1994). *La recomposition des territoires. Développement local viable : récit et pratiques d'acteurs sociaux dans une région québécoise*. Les classiques des sciences sociales; <http://classiques.uqac.ca/>

GIEC (2014). *Summary for policymakers*. In *Climate Change 2014 : Impacts, adaptation, and vulnerability*, Cambridge University Press.

Girard, C., Perron N. (1989). *L'histoire du Saguenay-Lac Saint-Jean*, Institut québécois de recherche sur la culture.

Gouvernements du Québec. (1995). *Décret Numéro 1662-95. Concernant la modification du décret 819-86 relatif à la délivrance d'un certificat d'autorisation pour la réalisation du programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean*.

Goyette Noël, M.-P. (2013). *La protection des écosystèmes touchés par la gestion des ouvrages de retenue des eaux*. Maîtrise en environnement, Université de Sherbrooke, 209 p.

Hurford, A. P., Huskova, I. and Harou, J. J. (2014). *Using many-objective trade-off analysis to help dams promote economic development, protect the poor and enhance ecological health*, *Environmental Science & Policy*, Volume 38, April 2014, pp. 72–86.

Huybens, N. (2009). *Penser dans la complexité la controverse socio-environnementale sur la forêt boréale du Québec pour la pratique de l'éco-conseil*. Thèse de Doctorat, Université du Québec à Chicoutimi.

Ministère du Développement durable, Environnement, Faune et Parcs. (2012). *Plan d'action de développement durable 2008-2015*.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et Lutte contre les changements climatiques. (2014). *Directive pour le programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2016-2026 par Rio Tinto Alcan*. Dossier 3211-02-001. Direction générale de l'évaluation environnementale et stratégique

Ouranos, (2014). *Vers l'adaptation : synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec*, disponible en ligne à <http://www.ouranos.ca/fr/synthese2014/default.php>.

Riffon, O. (À publier). *Représentation du développement durable et participation des acteurs : analyse des démarches de développement durable en milieu municipal au*

Québec. Thèse présentée comme exigence partielle du doctorat en développement régional, UQAC.

Rio Tinto Alcan. (2014a). *Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2016-2026. Avis de projet*. Présenté à la direction générale de l'évaluation environnementale.

Rio Tinto Alcan (2014b). *Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean – Rapport de suivi 2013*.

Rio Tinto Alcan. (2014c). *Programme de stabilisation des berges. Se donner une vision d'avenir*. Présentation Powerpoint.

Rogers, G. O., Saginor, J. & Jithitikulchai, T. (2014). *Dynamics of lake-level fluctuations and economic activity*, J. of Environmental Planning and Management, volume 57, no 10, pp. 1497-1514.

Segers, I, (2014). *Dialogue, éthique et développement durable, pour la pratique de l'éco-conseil*. Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi.

Segers, I., Tremblay D., Villeneuve, C., Côté, H., Dessureault, P.-L., (2014). *Rapport préliminaire d'analyse de développement durable du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean*. Document réalisé pour Rio Tinto Alcan division Énergie Électrique.

Transfert Environnement et Société (2014). Rapport synthèse de la consultation citoyenne. Programme de stabilisation des berges et mode de gestion du lac Saint-Jean. Décembre 2014.

Tremblay, Mgr Victor (1979). *La tragédie du lac Saint-Jean*. Publication de la Société historique du Saguenay ; no 36.

Villeneuve, C. (2013), *Est-il trop tard? Le point sur les changements climatiques*, éditions Multimondes.

Villeneuve, C., Riffon. O, Tremblay D. (2014). *Comment réaliser une analyse de développement durable? Guide d'utilisation de la grille d'analyse de développement durable adaptée par la Francophonie*.

Villeneuve, C. et Riffon, O. (2013). 32 questions pour une réflexion plus large sur le développement durable : grille d'analyse de la Chaire en éco-conseil. Département des sciences fondamentales, Université du Québec à Chicoutimi.

Villeneuve, C. et Riffon, O. (2011a). *Comment réaliser une analyse de développement durable? Grille d'analyse de la Chaire de recherche en éco-conseil*. Département des sciences fondamentales, Université du Québec à Chicoutimi.

Villeneuve, C. et Riffon, O. (2011b). *Comment réaliser une analyse de développement durable? Guide d'utilisation de la grille d'analyse de la Chaire de recherche en éco-conseil*. Département des sciences fondamentales, Université du Québec à Chicoutimi.

ANNEXE 1

Revue de littérature

REVUE DE LITTÉRATURE

Chaire en éco-conseil, 2014

Dans l'ordre présenté sur Synapse

1) François, B. (2013). Gestion optimale d'un réservoir hydraulique multiusages et changement climatique. Modèles, projections et incertitudes, thèse, U. de Grenoble.

Pouvoir évaluer l'impact du changement climatique sur la ressource en eau, et les systèmes de gestion qui lui sont associés, est une préoccupation majeure de nos sociétés. Une telle évaluation nécessite la mise en place d'une chaîne de simulation qui permet, sur la base d'expériences climatiques futures, i) d'estimer à l'échelle régionale l'évolution possible de la ressource et de sa variabilité, ii) de simuler le comportement des systèmes utilisés pour leur gestion pour iii) estimer les éventuelles modifications de performance.

Cette thèse vise à tester la possibilité de mettre en place une chaîne de simulation de ce type pour un système de gestion réel et à identifier quelles sont les composantes à considérer dans ce cas. Pour ce faire, nous chercherons en particulier à apporter des éléments de réponse aux questions suivantes :

- Quelles représentations peut-on faire d'un système de gestion opérationnel pour une application en climat modifié ?
- Quels éléments d'évaluation peuvent permettre d'estimer l'impact du changement climatique sur ce système de gestion ?
- Quelles sont les sources d'incertitudes influençant cette évaluation ? Quelles sont les contributions relatives à l'incertitude totale des différentes méthodes et modèles utilisés ?

Nous considérerons plus précisément le système de gestion du barrage de Serre-Ponçon, alimenté par le haut bassin versant de la Durance. Ce barrage, géré par EDF, est l'un des plus grands barrages artificiels européens. Il est multi-usages (irrigation, soutien d'étiage production d'hydroélectricité, tourisme).

Dans un premier temps, nous présenterons le contexte du système de gestion actuel. Nous mettrons ensuite en place un modèle de gestion du barrage visant à reproduire - de façon réaliste du point de vue du gestionnaire actuel (EDF), mais simplifiée pour pouvoir être appliquée sous scénarios futurs - la gestion actuelle du barrage. Nous développerons pour cela i) des modèles permettant d'estimer les différentes demandes en eau et ii) un modèle d'optimisation de la gestion sous contraintes. Ce modèle permettra de simuler la gestion du système au pas de temps journalier sur plusieurs décennies du climat récent, ou de climats futurs modifiés.

Nous proposerons ensuite un ensemble d'indicateurs qui permettent de fournir une estimation de la performance d'un tel système à partir des sorties du modèle de gestion obtenues par simulation pour différentes périodes de 30 ans.

Nous explorerons la façon dont la performance estimée dépend du modèle choisi pour la représentation du système de gestion actuel, et plus précisément de la façon dont la stratégie utilisée pour l'optimisation de la gestion est élaborée. A ce titre, nous proposerons trois modèles de gestion basés sur trois types de stratégies, obtenues pour des degrés différents de prévisibilité des apports et sollicitations futurs à la retenue.

Pour ces simulations, les modèles d'impacts nécessitent des scénarios de forçages météorologiques à l'échelle de bassin versant (e.g. modèle hydrologique, modèle d'usages de l'eau, modèle de gestion de la ressource). Ces scénarios peuvent être obtenus par des méthodes de descente d'échelle statistique (MDES), sur la base des simulations grande échelle des modèles climatiques globaux (GCM).

Nous évaluerons enfin les incertitudes liées aux deux types de modèles (GCM & MDES) et estimerons leurs contributions relatives à l'incertitude globale. Nous utiliserons pour cela les scénarios issus de différentes chaînes de simulation GCM/MDES produits sur la période 1860-2100 dans le cadre du projet RIWER2030. Nous montrerons que ces deux sources d'incertitudes sont du même ordre de grandeur sur l'estimation des modifications de performance.

2) Brochier, L. (2009). La gestion du réservoir Taureau : analyse et propositions, thèse, UQAM.

Ce mémoire vise à reconsidérer la gestion des ressources en eau qui s'opère actuellement sur le bassin versant de la rivière Matawin à travers la gestion des volumes d'eau du réservoir Taureau. Celle-ci, malgré les conséquences écologiques et l'évolution du cadre législatif québécois sur la question de la gestion de l'eau n'a jamais fait l'objet d'une réévaluation. La création du réservoir Taureau en 1930, et dont l'objectif immédiat est de fournir pendant la saison hivernale des volumes d'eau aux centrales situées en aval sur la rivière Saint-Maurice afin de répondre à la demande énergétique, a fortement modifié le régime hydrologique de la rivière, se caractérisant par une inversion de son régime. De plus, depuis quelques années, les rives du réservoir connaissent un développement des infrastructures récréotouristiques, transformant ainsi le lieu en un espace de plus en plus attrayant pour les villégiateurs et touristes. En ce sens, le maintien de l'objectif premier de production énergétique peut apparaître comme un facteur limitant pour le secteur récréotouristique et pour l'intégrité écologique du cours d'eau.

Le développement des connaissances en sciences de l'eau et plus précisément l'importance fondamentale de la variabilité du régime hydrologique dans l'espace et dans le temps amène à porter un nouveau regard sur les cours d'eau et leur écologie. L'aménagement des bassins versants, par la création de réservoirs, modifie cette variabilité naturelle des écoulements et par conséquent altère, à des degrés divers, l'intégrité écologique des cours d'eau. Mais face à la popularité envers les questions environnementales, l'introduction de nouveaux outils comme la gestion intégrée par bassin versant propose une nouvelle approche de gestion de l'eau non plus basée sur une démarche unique et sectorielle, mais plutôt concertée et inclusive prenant en compte, selon des critères écosystémiques, les multiples utilisations des ressources en eau. Le concept du développement durable, de par sa définition, devrait ainsi remplir parfaitement ses objectifs. C'est dans ce contexte que certaines recommandations pourront être proposées; entre autres une remontée des niveaux d'eau du réservoir plus précoce en hiver ou encore de consacrer directement une partie de la crue printanière. Cela modifiant ainsi les principes de gestion tels qu'ils sont établis pour le moment.

3) Nutz, A. (2013). La déglaciation du bassin du Lac Saint-Jean (Wisconsinien/Holocène, Québec, Canada) : enregistrement d'une régression forcée glacio-isostatique et de l'hydrodynamique d'un système fermé contrôlé par le vent. École doctorale des sciences de la terre et de l'environnement, Université de Strasbourg, 316 p.

Dans ce travail de thèse, certaines étendues d'eaux continentales regroupant plusieurs types de système de dépôt comme les lacs, mers intérieures et lagunes ont été regroupées au sein d'un nouveau groupe de système sédimentaire. En effet, une observation des littoraux d'un très grand nombre de ces systèmes permet l'identification de structures sédimentaires communes étonnamment bien développées (plages et flèches littorales sableuses) qui indiquent des processus hydro- sédimentaires élémentaires identiques, issus d'un forçage primordial, le vent. Mentionnés sous l'appellation de Wind-driven Water Body (WWB), ces bassins montrent des caractéristiques physiographiques communes exprimées par l'intermédiaire de l'indice IWWB > 1000 traduisant des profondeurs très faibles au regard de leur extension dans la direction du vent dominant.

Afin de caractériser l'évolution et l'enregistrement sédimentaire d'un exemple de WWB, une étude sédimentologique intégrée du bassin quaternaire du Lac Saint-Jean (Québec, Canada) a été menée depuis la structure sédimentaire jusqu'aux architectures kilométriques à partir d'une approche intégrant géologie de terrain et imagerie géophysique très haute résolution (CHIRP 2D). Cette étude a permis de contraindre la dynamique propre au système WWB et ses interactions avec les forçages locaux, principalement issus de l'héritage de la déglaciation dans le cas du bassin du Lac Saint-Jean.

A l'échelle du cortège sédimentaire, l'influence de cet héritage est prépondérante. Le régime glaciaire à paraglaciare de la sédimentation et le rebond glacio-isostatique ont contrôlé au premier ordre, à la fois la succession lithologique et les architectures grandes échelles du bassin pour générer un Cortège de Régression Forcée (CRF) atypique. Il inclut une partie basale composée de dépôts glaciogéniques (cônes d'épandages juxta-glaciaires sous-aquatiques) disséminés au sein du bassin, scellés par des silts argileux glaciomarins grano-décroissants enregistrant le retrait du front glaciaire. Vers le haut, ces silts glaciomarins passent à des silts prodeltaïques associés latéralement au développement de cortèges fluviaux progradants à trajectoires descendantes, issus de la chute du niveau de base. Au-dessus, des dépôts éoliens marquent localement l'émersion. Les cortèges progradants montrent plusieurs évolutions, notamment en termes de nature des systèmes fluviaux et d'architectures des systèmes deltaïques, qui sont maintenant directement associées aux effets de la déglaciation et considérées comme des critères de reconnaissance des CRF fini-glaciaires.

Au sein de ce cortège de régression forcée, se surimprimant à cette évolution glaciaire et paraglaciare, une dynamique de système WWB s'est progressivement affirmée à partir de 8,5 cal. ka BP. La diminution de l'influence fluviale a progressivement permis au vent de devenir un forçage majeur dans le système. Il a conduit à la mise en place d'une dynamique littorale importante occasionnellement associée à une circulation interne générant des courants de fonds lors d'épisodes de vents forts. Les morphostructures sédimentaires associées sont des profils de plage haute énergie parfois accompagnés par la mise en place de constructions de type infralittorale prograding wedge, des terrasses d'érosion lacustres, des flèches clastiques littorales, des érosions en domaine profond, des structures de type sediment drifts et la mise en place d'une plateforme progradante profonde (sedimentary shelf). Plus généralement, l'ensemble de ces structures est maintenant considéré comme potentiellement commune au système WWB. L'évolution sédimentaire du bassin du Lac Saint-Jean confirme aussi que la mise en place d'un système WWB se traduit par une évolution croissante de son indice IWWB. Il apparaît que le passage d'un bassin non-WWB (IWWB < 1000) vers un bassin WWB (IWWB > 1300) passe par une phase de transition où le système est défini comme un proto-WWB (IWWB 1100-1300).

Finalement, l'analyse sédimentologique du bassin du Lac Saint-Jean a permis de dégager un grand nombre d'interprétations locales dont ont découlé plusieurs interprétations plus générales ayant attrait (1) à l'évolution des systèmes WWB et (2) aux séquences de déglaciation en domaine précédemment englacé. De plus, ce travail représente une contribution à l'échelle régionale, d'une part pour les modalités de la dernière déglaciation du Sud-Est du Québec et d'autre part pour la paléogéographie du Lac Saint-Jean. Le graben du Saguenay et les basses-terres du Lac Saint-Jean semblent avoir constitué un axe préférentiel de retrait rapide pendant la déglaciation, introduisant une complexité locale au schéma général de la déglaciation du Sud du Québec.

- 4) Roy, R., Turcotte, R. (2012). Impact des changements climatiques sur l'hydrologie (Q) au Québec. Présentation de la collaboration (cQ)², Symposium Ouranos, 19 novembre 2012, Montréal, format Powerpoint.
- 5) Guay, C. (2012). Impact des changements climatiques sur l'hydrologie au Québec, Présentation de la collaboration (cQ)², Symposium Ouranos, 19 novembre 2012, Montréal, format Powerpoint.
- 6) Ricard, S., Lachance-Cloutier, S. et Turcotte, R. (2012). Impact des changements climatiques sur l'hydrologie au Québec, Présentation de la collaboration (cQ)², Symposium Ouranos, 19 novembre 2012, Montréal, format Powerpoint.
- 7) Samson, C. (2013), Baie de Beauport : un brise-lames novateur à l'essai, *Le Soleil*, samedi 20 avril 2013, p. 29.
- 8) Astrade, L. (1998). La gestion des barrages-réservoirs au Québec : exemples d'enjeux environnementaux, *Annales de Géographie*, t. 107, no 604, pp. 590-609.

En raison de leur nombre et de leurs impacts, les réservoirs et les ouvrages de retenue occupent au Québec une place prépondérante dans les rapports entre l'homme et l'environnement. Ce texte constitue une synthèse de trois problèmes distincts observés dans des milieux représentatifs et permet de comprendre quelques-uns des enjeux environnementaux auxquels est confronté le Québec dans la gestion de ses barrages-réservoirs. Les données recueillies avant et après la mise en eau des réservoirs du complexe La Grande (Baie de James) témoignent de la modification de la qualité de l'eau. La décomposition des matières organiques submergées a entraîné une hausse des teneurs en mercure dans la chair des poissons. Au Lac Saint-Jean, l'érosion des berges est apparue dès les premières années de la mise en service des barrages. Depuis 1926, le rivage a reculé en moyenne de 14 m sous l'effet principal des modifications successives du niveau du lac. Enfin, le bilan de l'inondation catastrophique de juillet 1996 au Saguenay-Lac Saint-Jean montre la remise en question récente des moyens de gestion des barrages et des réservoirs du Québec.

- 9) Choquette, C., Guilhermont, E., Goyette Noël, M.-P. (2010). La gestion du niveau d'eau des barrages-réservoirs au Québec : aspects juridiques et environnementaux, *Les Cahiers de droit*, vol. 51, no 304, sept.-déc. 2010, pp. 827-857.

Du fait de leur nombre et de leur impact sur l'environnement, les barrages-réservoirs ont façonné considérablement le paysage hydrique du Québec. Puisqu'ils ont créé de vastes bassins d'eau en amont et asséché les berges en aval, plusieurs écosystèmes et des populations entières ont dû, par le passé, s'adapter au changement et doivent, aujourd'hui encore, composer avec la gestion des niveaux d'eau faite par les propriétaires de ces barrages. Dommages à l'environnement ou à la propriété des riverains, ou les deux à la fois, les répercussions de la gestion des niveaux d'eau sont souvent graves et irréversibles. La gestion intégrée et écosystémique de la ressource « eau », telle qu'elle est préconisée par le gouvernement du Québec, y est rarement appliquée. Toutefois, certains recours juridiques existent pour protéger l'environnement directement ou pour y venir en aide indirectement en interdisant les dommages à la propriété riveraine. Les recours, abordés dans l'article qui suit, incluent la responsabilité pour faute, les régimes particuliers et autonomes de responsabilité ainsi que la responsabilité sans faute.

10) Ganoulis, J. (2001). La gestion de l'eau à l'aube du 3ème millénaire: Vers un paradigme scientifique nouveau [Tribune libre / Article bilingue] Water resources management at the turn of the millennium: towards a new scientific paradigm [Tribune libre], *Revue des sciences de l'eau / J. of Water Science*, vol. 14, no 2, pp. 213-230.

L'objectif de cette tribune est d'analyser la nouvelle approche concernant la gestion des ressources en eau qui a été adoptée par la communauté scientifique au seuil de ce nouveau millénaire. Après une révision de cette nouvelle approche, une méthodologie scientifique est proposée permettant d'exprimer le nouveau concept, qui est plutôt général et descriptif, en termes analytiques et quantitatifs, de façon qu'il soit appliqué dans des cas pratiques.

Depuis quelques dizaines d'années déjà, il a été bien établi que la nouvelle approche va dans le sens de la gestion durable. Ceci veut dire qu'elle intègre des préoccupations sociales et environnementales aux critères traditionnels de performance technique et d'efficacité économique. La question qui se pose maintenant est comment le concept complexe de la durabilité, qui jusqu'à présent a été exprimé seulement de façon générale et qualitative, pourrait être formulé en termes analytiques et quantitatifs d'une méthodologie scientifique.

Sur le plan méthodologique, la modification des critères dont on doit tenir compte dans un cadre cohérent d'hypothèses et de raisonnements, suggèrent une évolution vers un paradigme scientifique nouveau. Le cadre général de ce paradigme que nous proposons est celui de l'analyse quantitative du risque à plusieurs dimensions.

Traditionnellement, l'objectif général de la gestion de l'eau, était la satisfaction de la demande dans diverses utilisations, comme l'agriculture, l'eau potable et l'industrie, en utilisant les ressources en eau disponibles de manière techniquement fiable et économiquement efficace. Dans cette approche, des solutions structuralistes et le plus souvent technocratiques, ont été proposées et réalisées dans plusieurs pays du monde. La construction de barrages et de réservoirs d'eau, la modification des lits des rivières et la dérivation des cours d'eau ont eu cependant, dans de nombreux cas, de sérieux impacts négatifs sur l'environnement et les conditions sociales. De plus, le gaspillage dans l'utilisation de cette ressource précieuse et la pollution galopante provenant de tous les secteurs d'utilisation de l'eau ont mis en question ce mode de gestion. Le concept de la gestion durable des ressources en eau a été évoqué, tout d'abord en 1972 à Stockholm, pendant la Conférence Mondiale des Nations Unies, puis à Rio, en 1992, avec l'Agenda 21.

La nouvelle philosophie est basée sur la gestion intégrée de l'eau à l'échelle du bassin versant. Elle met l'accent sur la protection de l'environnement, la participation active des collectivités locales, la gestion de la demande, les aspects institutionnels, et le rôle de l'éducation continue tout le long de la vie de tous les utilisateurs d'eau.

Sur le plan méthodologique, la gestion intégrée de l'eau reste encore un problème ouvert où plusieurs approches cherchent à définir un paradigme cohérent. Dans cette tribune, nous en proposons un que nous appelons " le paradigme 4E " : Epistémique, Economique, Environnemental, Equitable. Il est basé sur l'analyse quantitative du risque à plusieurs dimensions : scientifique, économique, environnementale et sociale. Ce paradigme utilise soit la théorie des probabilités soit la logique du flou (ou les deux à la fois) afin d'évaluer et d'intégrer les risques technico - économiques et socio-environnementaux dans une perspective de gestion durable des ressources en eau.

- 11) Agrell, P.J., Lence, B. J. and Stam, A. (1998). An Interactive Multicriteria Decision Model for Multipurpose Reservoir Management: the Shellmouth Reservoir, *J. of Multi-Criteria Decision Analysis*, volume 7, pp. 61-86.**

Reservoir management is inherently multicriterial, since any release decision involves implicit trade-offs between various conflicting objectives. The release decision reflects concerns such as flood protection, generation of hydroelectric power, dilution of wastewater and heated effluent, supply of municipal, agricultural and industrial water, maintenance of environmental standards and satisfaction of recreational needs. This paper presents a framework for analysing trade-offs between several decision criteria and includes the dilution of heated effluents from downstream thermoelectric power generation in an optimization model for reservoir management. The model is formulated and analysed in an interactive multicriteria decision-making (MCDM) modelling framework. Rather than providing specific target levels or ad hoc constants in a goal-programming framework as proposed elsewhere, this multicriteria framework suggests a systematic way of evaluating trade-offs by progressive preference assessment. The MCDM model, based on a Chebyshev metric and a contracted cone approach, is learning-oriented and permits a natural exploration of the decision space while maintaining non-dominated decisions. A detailed case study of the Shellmouth Reservoir in Manitoba, Canada serves as an illustration of the model. ©1998 John Wiley & Sons, Ltd.

- 12) MacGillivray, B.H., Hamilton, P. D., Strutt, J. E. & Pollard, S. J. T. (2006). Risk Analysis Strategies in the Water Utility Sector: An Inventory of Applications for Better and More Credible Decision Making, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, vol. 36, no 2, pp. 85-139.**

Financial pressures, regulatory reform, and sectoral restructuring are requiring water utilities to move from technically inclined, risk-averse management approaches toward more commercial, business-oriented practices. Risk analysis strategies and techniques traditionally applied to public health protection are now seeing broader application for asset management, assessing competition risks, and potential threats to the security of supplies. Water utility managers have to consider these risks alongside one another, employ a range of techniques, and devise business plans that prioritize resources on the basis of risk. We present a comprehensive review of risk analysis and management strategies for application in the water utility sector at the strategic, program, and operational levels of decision making.

- 13) Soncini-Sessa, R., Canuti, D., Colorni, A., Villa, L., Vitali, B., Weber, E., Losa, F. B., Laniado, E. & Rizzoli, A. (2000). The Case of Lake Verbano (Italy-Switzerland), *Water International*, vol. 25, no 3, pp. 334-346.**

Lake Verbano, located in Northern Italy on the Swiss-Italian border, is a natural lake used as multipurpose reservoir. Its management aims at the satisfaction of downstream water supply for hydropower generation and irrigation, and at the control of floods, both on the lake shores and on the outflowing river. Since these objectives are conflicting, this paper explores a methodology aimed at solving the conflict, both by a structural modification of the lake outlet and by a modification of the control scheme.

- 14) Mitchell, B., Priddle, C., Shrubsole, D., Veale, B. & Walters D. (2014). Integrated water resource management: lessons from conservation authorities in Ontario, Canada, *International J. of Water Resources Development*, vol. 30, no 3, pp. 460-474.**

The lessons and opportunities of integrated water resource management in Ontario are described by focusing attention on conservation authorities: watershed-based agencies formed between 1946 and 1979. Six foundational principles of the programme are explained: the watershed as the management unit; local initiative; provincial–municipal partnership; a healthy environment for a

healthy economy; a comprehensive approach; and cooperation and coordination. Illustrative examples from the Grand River and Halton Region conservation authorities provide the basis for conclusions. The six principles have served the integrated water resource management programme well. In addition, the ability to make difficult budgetary decisions and adapt to changing public need has contributed to the conservation authorities' success.

15) Balomenos, E. P., Panias, D. & Paspaliaris, I (2011). Energy and Exergy Analysis of the Primary Aluminum Production Processes: A review on Current and Future Sustainability, *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review: An International Journal*, vol. 32, no 2, pp. 69-89.

The common industrial practice for primary aluminum production consists of the Bayer process for the production of alumina followed by the Hall–Heroult process for the production of aluminum. Both processes were developed at the end of the 19th century and despite continuous optimization, their basic thermodynamic inefficiencies and environmental issues remain till today unchanged. As a result, primary aluminum production industry is the world's larger industrial consumer of energy, is ranked among the most CO₂ intensive industries, and is associated with the generation of enormous quantities of solid wastes. In this paper a detail energy and exergy analysis of the primary production of aluminum is presented and alternative sustainable processes are reviewed.

16) Neher, C. J., Duffield, J. W. & Patterson, D. A. (2013). Modeling the influence of water levels on recreational use at lakes Mead and Powell, *Lake and Reservoir Management*, vol. 29, no 4, pp. 233-246.

The Colorado River is one of the most highly developed watersheds in the United States and has relatively unique long-term datasets for both recreational visitation and water levels from Lake Mead and Lake Powell, the 2 largest reservoirs in the United States. Previous efforts to model the relationship of recreation and reservoir water levels have primarily relied on survey-based estimates of visitor response to past actual or future hypothetical water levels. We provide the first major reservoir-recreation study based entirely on long-term observed data that also include observed economic impacts. Models of volume and visitation had significant estimated parameters for lake volume explanatory variables, with an R² of 0.97 for the Lake Powell model and 0.71 for Lake Mead. These models predicted that 100,000 additional acre-feet of water over a year are associated with 5280 additional recreational visits to Lake Powell and 13,490 visits to Lake Mead. A second model of Lake Powell volume and local area tourist spending also had a highly significant volume parameter, with an R² of 0.91. This model predicted that a 100,000 acre-foot increase in Lake Powell volume over a year is associated with \$374,000 in additional visitor spending in tourism-related sectors in Coconino County, Arizona. The Lake Powell volume-visitation and volume-spending models imply the average visitor to Lake Powell spends \$71 in lodging, restaurant and bar, and amusement/recreation sectors in Coconino County. This estimate is generally consistent with independent estimates of visitor spending derived from prior National Park Service visitor surveys.

17) Hanson, T. R., Hatch, L. U. and Clonts, H. C. (2002). Reservoir water level impacts on recreation, property, and non user values, *J. of the American Water Resources Association*, vol. 38, no 4, Aug. 2002, pp. 1007-1018.

Wise interbasin management of Southeastern U.S. water resources is important for future development. Alabama-Coosa-Tallapoosa and Apalachicola-Flint-Chattahoochee River basins' water usage has evolved from power generation to multiple uses. Recreation and housing have become increasingly valuable components. Changing use patterns imply changing resource values. This study focused on six Alabama reservoirs, using contingent valuation questions in on-site, telephone, and mail surveys to estimate impacts on lakefront property values, recreational

expenditures, and preservation values for scenarios of permanent changes to reservoir water quantity. As summer full-pool duration decreased, lakefront property value decreased, and as duration increased, property values increased, but at a lesser rate. Similar findings occurred for winter drawdown alternatives. Permanent one-foot reductions in summer full-pool water levels resulted in a 4 to 15 percent decrease in lakefront property values. Recreational expenditures decreased 4 to 30 percent for each one-foot lowering of reservoir water levels. Current nonusers of the six reservoirs showed strong preferences for protecting study reservoirs with willingness to pay values of \$47 per household or approximately \$29 million for the entire six-reservoir watershed basin area. Resource management based on historic use patterns may be inappropriate and more frequent and comprehensive valuation of reservoir resources is needed.

18) Larson, K. L., Wiek, A., Keeler, L. W. (2013). A comprehensive sustainability appraisal of water governance in Phoenix, AZ, *J. of Environmental Management*, vol. 116, pp. 58-71.

In Phoenix, Arizona and other metropolitan areas, water governance challenges include variable climate conditions, growing demands, and continued groundwater overdraft. Based on an actor-oriented examination of who does what with water and why, along with how people interact with hydro-ecological systems and man-made infrastructure, we present a sustainability appraisal of water governance for the Phoenix region. Broadly applicable to other areas, our systems approach to sustainable water governance overcomes prevailing limitations to research and management by: employing a comprehensive and integrative perspective on water systems; highlighting the activities, intentions, and rules that govern various actors, along with the values and goals driving decisions; and, establishing a holistic set of principles for social-ecological system integrity and interconnectivity, resource efficiency and maintenance, livelihood sufficiency and opportunity, civility and democratic governance, intra- and inter-generational equity, and finally, precaution and adaptive capacity. This study also contributes to reforming and innovating governance regimes by illuminating how these principles are being met, or not, in the study area. What is most needed in metropolitan Phoenix is enhanced attention to ecosystem functions and resource maintenance as well as social equity and public engagement in water governance. Overall, key recommendations entail: addressing interconnections across hydrologic units and sub-systems (e.g., land and water), increasing decentralized initiatives for multiple purposes (e.g., ecological and societal benefits of green infrastructure), incorporating justice goals into decisions (e.g., fair allocations and involvement), and building capacity through collaborations and social learning with diverse interests (e.g., scientists, policymakers, and the broader public).

19) Daugherty, D. J., Buckmeier, D. L. & Kokkanti, P. K. (2011). Sensitivity of Recreational Access to Reservoir Water Level Variation: An Approach to Identify Future Access Needs in Reservoirs, *North American J. of Fisheries Management*, vol. 31, pp. 63-69.

Reservoirs support popular sport fisheries and other forms of water recreation. However, access to these systems is often sensitive to variation in water level. Increasing water demands due to population growth and the effects of climate change suggest that maintaining adequate recreational access to reservoirs will become increasingly difficult. Knowledge of the effects of water level variation on boat and shoreline access is required to identify future needs and to aid in prioritizing improvement efforts that promote participation in fishing and aquatic recreation. To address this need, we developed a geographical information systems-based approach to quantify the effects of reservoir water level variation on recreational access and applied the technique to three Colorado River reservoirs in Texas: Lake Buchanan, Lake Travis, and Lyndon B. Johnson Reservoir. The data were used to identify reservoir-specific water levels (m below full pool) at which the availability of access was adversely affected. For the three reservoirs, 33–39% of boat access sites were dewatered with 1–3-m reductions in water level, over 50% of access sites were unusable with an additional 1–2-m loss of water level (i.e., 2–4-m reductions), and over 75% of access sites were lost with 4–8-m reductions in water level. The effect of water level reductions

was less for shoreline access than for boat access. Historic water levels in each reservoir were then compared with a regional water availability model to estimate future trends in access for each reservoir. Reservoirs exhibited contrasting trends in future accessibility, ranging from a 92–500% decrease in access for Lake Buchanan to a 5–31% increase for Lake Travis. The techniques developed in this study will assist fisheries managers in working with water authorities and policy makers to minimize, mitigate, or prevent negative effects on recreational access and will aid in identifying and prioritizing reservoirs that require future access improvements.

20) Bottero, M. (2013). Sustainability assessment of large dams: the case of a hydropower plant in Bulgaria, Willingness to pay for water level regulation in Lake Pielinen, Finland, *Management of Environmental Quality: An International Journal*, vol. 24, no 2, pp 178-198.

Purpose – The increase in issues pertaining to the strategic assessment of territorial transformation has made it necessary to find new methods and tools that are able to consider the several factors at stake. The purpose of this paper is to examine the full range of impacts produced by a project in a territorial context and propose a real application concerning the construction of a new hydropower plant in Bulgaria.

Design/methodology/approach – Making use of checklists, network chains and specific impact matrixes, the paper tries to evaluate the overall environmental compatibility of the project.

Findings – The performed analysis highlights a final compatibility that in most cases is satisfactory, where the most critical states concern the disturbance to the fauna species living in the area and, above all, the impacts of the project on the landscape.

Practical implications – The work puts in evidence the necessity of further investigations for the definition of mitigation measures that are able to reduce the most relevant effects of the project, especially the visual impact of the dams.

Social implications – A part from the environmental issues, a key-role in the general feasibility of large dam projects is played by the analysis of the social impacts. The paper puts in evidence the importance of considering in the evaluation, the effects of the hydropower plant on the community.

Originality/value – The general theme has an interdisciplinary nature and requires several issues to be considered: technical, economic, social and environmental aspects. The paper provides a comprehensive assessment framework in order to implement such an interdisciplinary approach.

Références supplémentaires

Année 2014

21) Asadzadeh, M., Razavi, S., Tolson, B.A., Fay, D. (2014). Pre-emption strategies for efficient multi-objective optimization: Application to the development of Lake Superior regulation plan, *Environmental Modelling & Software*, Volume 54, April 2014, pp. 128–141.

A wide variety of environmental management problems are solved with a computationally intensive simulation-optimization framework. In this study, the “model pre-emption” strategy is introduced for increasing the efficiency of solving such multi-objective optimization problems. This strategy makes the optimization algorithm avoid the full evaluation of predictably inferior solutions, is applicable to many optimization algorithms, and does not impact the optimization results. Multi-objective pre-emption is used to optimize a new regulation plan for Lake Superior. The new plan is designed to mitigate extreme water levels and increase the total regulation benefits. The rule curve parameters defining the plan are obtained from a multi-objective, multi-scenario optimization problem. Results show that model pre-emption drastically increases the efficiency by up to 75%. The optimized regulation plan outperforms the current plan under the

historical scenario. Notably, the optimized plan successfully handles an extremely dry scenario in which the current plan fails to maintain reasonable lake levels.

22) Hurford, A. P., Huskova, I. and Harou, J. J. (2014). Using many-objective trade-off analysis to help dams promote economic development, protect the poor and enhance ecological health, *Environmental Science & Policy*, Volume 38, April 2014, pp. 72–86.

Allocating water to different uses implies trading off the benefits perceived by different sectors. This paper demonstrates how visualising the trade-offs implied by the best performing water management options helps balance water use benefits and find sustainable solutions. The approach consists of linking a water resources model that can simulate many management policies and track diverse measures of system performance, to a many-objective evolutionary optimisation algorithm. This generates the set of Pareto-optimal management alternatives for several simultaneous objectives. The relative performance of these efficient management alternatives is then visualised as trade-off curves or surfaces using visual analytic plots. Visually assessing trade-offs between benefits helps select policies that achieve a decision-maker-selected balance between different metrics of system performance. We apply this approach to a multi-reservoir water resource system in Brazil's semi-arid Jaguaribe basin where current water allocation procedures favour sectors with greater political power and technical knowledge. The case study identifies promising reservoir operating policies by exploring trade-offs between economic, ecological and livelihood benefits as well as traditional hydropower generation, irrigation and water supply. Results show optimised policies can increase allocations to downstream uses while increasing median land availability for the poorest farmers by 25%.

23) Kumar, D., Katoch, S. S. (2014). Sustainability indicators for run of the river (RoR) hydropower projects in hydro rich regions of India, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 35, July 2014, pp. 101–108.

Any hydropower project whether mega, large or small is to be weighed for sustainability at the time of its inception. Without proper sustainability assessment, the project may face many problems during its construction or/and operational phase(s). Legally also, this aspect has been made mandatory in many countries across the globe to check the feasibility of the project from sustainability point of view beforehand. This study intends to emphasise sustainability of run of the river (RoR) hydropower projects in hydro rich regions of India where these types of projects are being undertaken on a large scale. In addition, this study has compiled a list of sustainability indicators which may be of use for policy makers and designers while planning RoR projects in hydro rich regions of India and similar regions throughout the world.

24) Ribas, J. R. (2014). An Assessment of Conflicting Intentions in the Use of Multipurpose Water Reservoirs, *Water Resources Management*, September 2014, Volume 28, Issue 12, pp. 3989-4000.

This study describes the combination of qualitative methods and a MCDA technique, to rank a set of alternatives for the water use of Corumba IV reservoir, a multipurpose water resource located in the center-east of Brazil. The model specification presented in this paper was set up with six relevant benefits to the ecosystem and five water uses, identified through an in-depth interview with stakeholders. The relative importance of the benefits and the performance of water uses were measured by the Saaty nine-point scale. The imprecision of subjective judgment was partially compensated by using a fuzzy analytical hierarchy process (FAHP). These groups include the Corumba IV power plant staff, in charge of an environmental mitigation program, federal government officials in charge of formulating and enforcing policies, community leaders and municipal authorities. The hierarchies of the set of benefits for these groups show evidence of convergence; however, statistical tests suggest the existence of conflicts among them regarding their preference for water use. This study clarifies the extent of such perceptions, making it possible to adopt better public policies practices for water management.

- 25) Rogers, G. O., Saginor, J. & Jithitikulchai, T. (2014). Dynamics of lake-level fluctuations and economic activity, *Journal of Environmental Planning and Management*, Volume 57, Issue 10, 2014 pp. 1497-1514.**

This paper examines the relationship between lake level and economic activity in the context of population growth, regional economic conditions, and the seasonal nature of economic activity. Quarterly economic activity in four economic entities (i.e. three municipalities and the county) is examined in a multivariate time series analysis that accounts for the change in population, context of regional unemployment and seasonal variation. The results of the multivariate time series analysis demonstrate that lake level has a negative curvilinear relationship with economic activity. This relationship is limited to the retail trade sector in the nearest municipality, which also has the least diversified economy. Tests show that prior lake levels can forecast retail trade in this limited case, which indicates lake level is causally prior to retail trade.

- 26) Rosso, M., Bottero, M., Pomarico, S., La Ferlita, S., Comino, E. (2014). Integrating multicriteria evaluation and stakeholders analysis for assessing hydropower projects, *Energy Policy*, Volume 67, April 2014, pp. 870–881.**

The use of hydroelectric potential and the protection of the river ecosystem are two contrasting aspects that arise in the management of the same resource, generating conflicts between different stakeholders. The purpose of the paper is to develop a multi-level decision-making tool, able to support energy planning, with specific reference to the construction of hydropower plants in mountain areas. Starting from a real-world problem concerning the basin of the Sesia Valley (Italy), an evaluation framework based on the combined use of Multicriteria Evaluation and Stakeholders Analysis is proposed in the study. The results of the work show that the methodology is able to grant participated decisions through a multi-stakeholders traceable and transparent assessment process, to highlight the important elements of the decision problem and to support the definition of future design guidelines.

- 27) Zorica Srdjevic, Bojan Srdjevic Modelling Multicriteria Decision Making Process for Sharing Benefits from the Reservoir at Serbia-Romania Border, *Water Resources Management*, September 2014, Volume 28, Issue 12, pp. 4001-4018.**

The Djerdap I is a hydro-electric power plant built as a concrete dam across the transboundary waters of the Danube between Serbia and Romania. Aside from its purposes as a hydro-electric plant, the reservoir provides an outlet for outdoor recreation, tourism, fishing, irrigation, and serves as a water supply all while providing river transport for both trade and passenger vessels. As it is transboundary, the system is used by the two involved countries on an equal-share agreement with consistent collaboration between Serbia and Romania being required to maintain operations. However, with increasing interest in the potential for the Djerdap I to act as a venue for international transport and trade between EU countries and countries surrounding the Black Sea it is important to reinforce and facilitate future group decision-making efforts between the two countries to ensure optimal and timely consensus in operating the system. In regards to that, we propose to create a decision-making framework around a well-known multi-criteria decision-making method—the Analytic Hierarchy Process (AHP)—and to encourage the interest groups from both sides to adopt the framework. Included are the descriptions of how the participation of different interest groups can be modeled in the search for the optimal water distribution between key consumptive and non-consumptive water uses. An integrative approach is proposed to preserve the active participation of interest groups at both national and bilateral (Serbia-Romania) levels. In order to expand the national group decision-making context towards a bilateral (pan-group) context where representatives of two national ‘groups’ participate in deriving a common solution for the involved countries, a method for aggregating individual decisions is given. The obtained results show that the proposed approach can bridge the gap between researchers and

policy makers if scientific competence and the insights of practitioners about the problem are combined within the unique decision-making paradigm.

28) Wang, B., Nistor, I., Murty, T., Wei, Y.-M., Efficiency assessment of hydroelectric power plants in Canada: A multi criteria decision making approach, *Energy Economics*, Volume 46, November 2014, pp. 112–121.

Hydropower plays a major role in the Canadian electricity generation industry. Few attempts have been made, however, to assess the efficiency of hydropower generation in Canada. This paper analyzes the overall efficiency of hydropower generation in Canada from comprehensive viewpoints of electricity generating capability, its profitability, as well as environmental benefits and social responsibility using the TOPSIS (the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) method. The factors that influence the efficiency of the hydropower generation are also presented to help to the sustainable hydropower production in Canada. The most important results of this study concern (1) the pivotal roles of energy saving and of the social responsibility in the overall efficiency of hydropower corporates and (2) the lower hydropower generation efficiency of some of the most important economic regions in Canada. Other results reveal that the overall efficiency of hydropower generation in Canada experienced an improvement in 2012, following a downtrend from 2005 to 2011. Amidst these influencing factors, energy saving and social responsibility are key factors in the overall efficiency scores while management (defined herein by the number of employees and hydropower stations of a corporation) has only a slightly negative impact on the overall efficiency score.

Année 2013

29) Goyette Noël, M.-P. (2013). La protection des écosystèmes touchés par la gestion des ouvrages de retenue des eaux, maîtrise en environnement, Université de Sherbrooke, 209 p.

Ce mémoire a pour objectif de déterminer si la protection des écosystèmes est prise en compte dans l'encadrement juridique des ouvrages de retenue des eaux au Québec. Il s'agit d'une analyse de droit comparé qui s'inscrit dans un cadre multidisciplinaire où le droit côtoie les sciences de l'environnement. La première section présente d'abord les différentes obligations exigées par le gouvernement provincial liées à la construction et au maintien des barrages et se penche ensuite sur la responsabilité juridique de leurs propriétaires quant aux dommages causés par la présence de ces ouvrages.

Afin de mettre en perspective la réalité québécoise et ainsi mieux la comprendre, la seconde section aborde les lois fédérales américaines pertinentes à la certification des barrages. La troisième section analyse la problématique soulevée par ce mémoire à travers les principes du développement durable et de la gestion intégrée et concertée des ressources en eau. Cette analyse a permis de faire ce constat : le cadre juridique actuel de la gestion des barrages est loin de répondre à ces principes. Ce mémoire propose neuf recommandations, divisées en deux sujets: l'imposition de conditions à l'exploitation des barrages respectant une approche écosystémique et l'amélioration du processus d'attribution des autorisations afin qu'il prenne en compte la gestion intégrée et concertée des ressources en eau et les principes du développement durable.

30) Morimoto, R. (2013). Incorporating socio-environmental considerations into project assessment models using multi-criteria analysis: A case study of Sri Lankan hydropower projects, *Energy Policy*, Volume 59, August 2013, pp. 643–653.

Before commissioning any energy projects, conducting robust assessments of different options in terms of their economic and socio-environmental impacts is important for successful project implementation. Yet, there is currently a lack of tools that simultaneously assess sustainability impacts; instead, they are often investigated separately, which gives decision makers somehow

disintegrated information. Thus the main objective of this study is to examine how to incorporate socio-environmental considerations into project assessment models. The multi-criteria analysis is applied to the case study of Sri Lankan hydropower projects as an illustrative example. The estimated quantitative relationship between economic, environmental and social impacts of hydropower development is presented in this study. Such estimation, using sustainability indicators of hydropower projects, enables us to understand marginal trade-offs among economic, environmental and social objectives of hydropower development. Hence, this would provide an overview of potential impacts of different scenarios that are designed to be implemented and indicate an optimum mix of hydropower generation.

31) Vučijak, B., Kupusović, T., Midžić-Kurtagić, S., Čerić, A. (2013). Applicability of multicriteria decision aid to sustainable hydropower, *Applied Energy*, Volume 101, January 2013, pp. 261–267.

EU directives RESD (2001/77/EC) and WFD (2000/60/EC) can be considered as partially conflicting. Achieving a good qualitative and quantitative status of waters, what presumes “non-deterioration principle” of the existing ecological status in line with WFD, is conflicting with the construction of new hydropower plants that are promoting renewable energies, what is in line with RESD. Several projects have been developed in order to minimize conflicts between the two Directives, often providing a list of key criteria to be taken into consideration when deciding on the impact minimization of new ones or certification to existing plants. One example is CH2OICE, aiming at developing a technically and economically feasible certification procedure for hydropower generation facilities of high environmental standard. This paper aims to evaluate applicability of multicriteria decision aid to decision makers during the design process, decisions on site selection and plant technical and operational parameters, based on both economic and environmental criteria selected.

Année 2012 et moins

32) Vantanan, A. and Marttunen M. (2005). Public involvement in multi-objective water level regulation development projects – evaluating the applicability of public involvement methods, *Environmental Impact Assessment Review*, vol. 25, pp. 281-304

Public involvement is a process that involves the public in the decision making of an organization, for example a municipality or a corporation. It has developed into a widely accepted and recommended policy in environment altering projects. The EU Water Framework Directive (WFD) took force in 2000 and stresses the importance of public involvement in composing river basin management plans. Therefore, the need to develop public involvement methods for different situations and circumstances is evident. This paper describes how various public involvement methods have been applied in a development project involving the most heavily regulated natural lake in Finland. The objective of the project was to assess the positive and negative impacts of regulation and to find possibilities for alleviating the adverse impacts on recreational use and the aquatic ecosystem. An exceptional effort was made towards public involvement, which was closely connected to planning and decision making. The applied methods were 1) steering group work, 2) survey, 3) dialogue, 4) theme interviews, 5) public meeting and 6) workshops. The information gathered using these methods was utilized in different stages of the project, e.g., in identifying the regulation impacts, comparing alternatives and compiling the recommendations for regulation development. After describing our case and the results from the applied public involvement methods, we will discuss our experiences and the feedback from the public. We will also critically evaluate our own success in coping with public involvement challenges. In addition to that, we present general recommendations for dealing with these problematic issues based on our experiences, which provide new insights for applying various public involvement methods in multi-objective decision making projects.

33) Loucks, D. P. (2006), Modeling and managing the interactions between hydrology, ecology and economics, *J. of Hydrology*, vol. 328, pp. 408-416.

This paper outlines a seven-step planning process being implemented on two large river basin studies currently underway in North America. One study involves the management of lake levels and flows in Lake Ontario and the St. Lawrence River on the border between Canada and the US. The International Joint Commission that oversees all water management issues between these two countries supports this study. The other involves the Greater Everglades region in south Florida in the US. In both studies multiple agencies and multiple stakeholders are involved in an attempt to find better ways of meeting multiple economic, environmental and ecological objectives. Both studies were motivated by the desire to find ways of improving the habitat of ecosystems within their basins and at the same time providing no less, or if possible greater, economic and social benefits that are derived from reliable water supplies, flows, levels, and flood protection. The seven-step planning process attempts to provide a very transparent and fully participatory approach toward reaching a common vision among all agencies and stakeholders as to how their hydrological system can be adaptively managed to better meet current and future objectives. This paper presents the seven steps and focuses on how all the values of various objectives are being defined and considered, together, in an attempt to define what water management policy works best and to an agreement on just what is 'best'.

34) Sutela, T. and Vehanen, T. (2008), Effects of water-level regulation on the nearshore fish community in boreal lakes, *Hydrobiologia*, vol. 613, pp. 13-20.

The fish community in the littoral areas of eight regulated lakes and five reference lakes in Finland was sampled by electrofishing. No significant effect of winter drawdown on species richness was recorded across lakes. Total fish density for stony bottoms of the regulated and reference lakes averaged 19.3 and 32.7 individuals per 100 m², respectively, but this difference was not statistically significant. The combined proportion of littoral fish species, including minnow (*Phoxinus phoxinus*), bullhead (*Cottus gobio*), alpine bullhead (*Cottus poecilopus*), nine-spined stickleback (*Pungitius pungitius*), and stone loach (*Barbatula barbatula*), supplemented with zoobenthos feeders ruffe (*Gymnocephalus cernuus*) and young burbot (*Lota lota*), was much lower in the regulated lakes than in the reference lakes. Besides winter drawdown, other variables, such as nutrient level and lake size, affected the fish community.

35) Heller, P., Bollaert, E. F. R. & Schleiss, A. (2010). Comprehensive system analysis of a multipurpose run-of-river power plant with holistic qualitative assessment, *International J. of River Basin Management*, vol. 8, no 3-4, pp. 295-304.

Alpine rivers have been channelized by significant river training works in the past two centuries and are now disconnected from their natural environment. In addition, their flow regime is often affected by hydropower plant operation. Also the risk of flood damages is increasing continuously due to urbanization requiring additional flood protection measures. Nevertheless, such trained rivers still have high potential for renewable energy production.

Furthermore, there is often a need for biotope restoration and creation of leisure infrastructures. New hydraulic schemes on such rivers have a chance to obtain public acceptance only if they are designed as multipurpose projects, which can alone ensure high synergies between different goals. Multipurpose projects are complex systems and have to be assessed with an appropriate global approach. Based on a network thinking approach, this article presents a global qualitative system analysis specially adapted for a typical multipurpose run-of-river power plant for the six project themes involved: (1) hydraulic scheme and river flow regime, (2) energy, (3) economy, (4) leisure activities, (5) groundwater and (6) ecology. The qualitative network thinking method developed by Gomez and Probst for business strategies is, for the first time, applied and enhanced for the assessment of such a multipurpose hydraulic scheme. Each theme, i.e. purpose of the project, is analysed separately, followed by a comprehensive study of the six themes combined together. Based on a network representation of the global system, three groups of factors are distinguished describing the sizes, the operations and the goals of the project. The

size factors characterize the main geometrical aspects of the hydraulic structures, which can define the best layout of the project. The operation factors allow the optimization of the management of the reservoir. Finally, the objective factors characterize the synergies obtained by the multipurpose project. The developed methodology is illustrated with a case study of a multipurpose hydroelectric run-of-river power plant.

36) Beck, M. W., Claassen, A. H. & Hundt, P. J. (2012). Environmental and livelihood impacts of dams: common lessons across development gradients that challenge sustainability, *International Journal of River Basin Management*, volume 10, no 1, pp. 73-92.

The economic benefits of dams have been assumed to outweigh the costs, thus providing rationale for construction of dams around the world. However, the development of these structures can be accompanied by negative biophysical, socio-economic, and geopolitical impacts; often through the loss of ecosystem services provided by fully functioning aquatic systems. Moreover, impacts of dams can be involuntarily imposed on marginalized peoples whose livelihoods are dependent on riverine resources. In this review, we examine the impacts of dam projects in regions of the world that are at different stages of development, using the USA, China, and Southeast Asia to represent a development gradient from developed to developing, respectively. Case studies for each region illustrate the environmental and livelihood impacts of dams in each region, while also providing a basis to better understand how environmental degradation is directly related to economic growth. We conclude that a distinct temporal component related to development mediates the relationship between policies and governance mechanisms and the mitigation of environmental and social costs of dams. The role of affected individuals to influence the political will behind dam projects and the importance of environmental advocacy is emphasized as a fundamental approach towards more sustainable development.

37) Oni, S. K., Dillon, P. J., Metcalfe, R. A. and Futter, M. N. (2012). Dynamic modelling of the impact of climate change and power flow management options using STELLA: application to the Steephill Falls reservoir, Ontario, Canada, *Canadian Water Resources Journal*, vol. 37, no 2 (Summer 2012), p. 125.

Le présent article décrit un cadre de modélisation dynamique pour l'évaluation de l'incidence du changement climatique et des options de gestion de l'écoulement pour un réservoir de centrale hydroélectrique. Le modèle réside dans le couplage du modèle HBV (Hydrologiska Byrans Vattenbalansavdelning) de ruissellement pluvial avec un modèle générique de calcul de la propagation de crues dans un réservoir. L'efficacité du modèle a été testée à la centrale Steephill Falls sur la rivière Magpie dans le Nord de l'Ontario. A la fois l'impact du changement climatique et les futures demandes en énergie ont été évalués. A l'aide d'une méthode de réduction d'échelle statistique, le climat futur d'après les scénarios d'émissions A1B et A2 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GEIC) a été projeté à partir de la troisième génération du modèle couple climatique global (MCCG3) du Canada. Les deux scénarios laissent entrevoir une importante tendance croissante de la température de l'air ($P < 0,001$) correspondant à une hausse de 1,7 C d'ici le milieu du siècle et à une hausse de 2,9 C à 3,7 C d'ici la fin du siècle comparativement à la période de référence (de 1970 à 2000). Le modèle a obtenu un bon rendement pour ce qui est de simuler les dynamiques saisonnières interannuelles du réservoir. Une hausse d'origine climatique plausible de l'écoulement dans le réservoir pourrait être contrebalancée par le prélèvement accru causé par des demandes croissantes en énergie et par les utilisateurs d'eau, ce qui entraînerait de plus fortes pressions en vue de l'ajustement de la courbe des niveaux optimaux du réservoir, si celle-ci est trop basse, et des normes de débits réservés en aval, ou une combinaison des deux.

38) Spain, W. S. (2012). A multi-phase, mixed-method regional analysis of lake and reservoir based recreational opportunities in Utah, Dissertation (Ph. D.), Utah State University, 239 p.

Managing and planning for human use at lakes and reservoirs creates challenges for land and water management agencies in Utah and the country as a whole. In spite of increased attention and research, management problems such as conflicts, accidents, and site impacts continue to occur. These problems have been exasperated by an 800% increase in the number of registered boats statewide over the past 50 years. As such, developing new strategies to address the broad array of management challenges could be beneficial to the recreation management of lakes and reservoirs. This study, conducted in collaboration with Utah State Parks, considers the role of spatial scale in regards to managing these water bodies in Utah. Understanding the role of spatial scale has been beneficial to the field of ecology. However, it has rarely been considered in regards to managing outdoor recreation areas. Consistent with studies in ecology, data was collected at various spatial scales. Additionally, two distinct groups of respondents participated: (1) park managers and their staff, and (2) visitors (individuals who own boats registered in Utah). Overall, consistent with ecology, the results suggest that considering larger spatial scales change what factors are the most important and also what management actions are the most appropriate. In short, managers need to consider the implications for their on site actions to adjacent water bodies and to the state at large. In addition, the results suggest implementing a regional approach is more complicated and inclusive than just the provision of recreation. The organizational capacity of the managing agencies, along with their ability to cooperate with other governmental and private organizations, is also important. However, considering larger spatial scales also increases an agency's options to address various challenges. As such, recommendations on how a regional approach would be implemented in Utah are included. Finally, this dissertation provides a model for how future regional analyses should be conducted.

ANNEXE 2

Réponses de RTA-ÉE aux questions

Questions évaluation – jour 1

1. RTA réalise son programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean dans le cadre de décrets gouvernementaux, de lois et règlements et de pratiques généralement établies. Comme la conformité réglementaire limite l'évaluation à 60%, serait-il possible pour favoriser l'évaluation préliminaire, de faire la liste des pratiques que RTA estime au-delà des exigences normales (par exemple l'inventaire des poissons fourrages) avec une brève explication de ce qui motive cette évaluation?

- Gestion du lac à 16.5 maximale à l'année depuis 1991 même si les décrets 1986, 1996 et 2006 autorisent 17.5 pi.
- Les rechargements planifiés sont parfois devancés même si la largeur minimale de plage n'est pas atteinte.
- Huile biologique pour équipements travaillant proche de l'eau.
- RTA a élaboré un Code d'éthique sur l'environnement pour le PSB.
- Études sur l'éperlan avec l'UQAC.
- Travaux au Parc de la Pointe-Taillon pour protection des milieux humides.
- Travaux de rechargement de plage à l'extérieur des zones de plages identifiées dans le décret (ex. : Chemin Bouchard Chambord).
- Participation à la mise en valeur de plusieurs marais.
- Aménagement de certains épis (ex. : trottoir en bois, clôtures, etc.).
- Implication, collaboration et partage d'expertise et de connaissances avec divers organismes (CLAP, OBV, Suivi du Canal du Cheval rivière Mistassini, petit marais de St-Gédéon).
- Accommodation des périodes de travaux et accès aux zones des travaux en fonction des demandes des riverains (même si RTA est propriétaire du terrain)
- Dons de terrains aux municipalités
- Droits de passage accordés aux municipalités

2 - Est-il possible d'avoir un tableau comparatif de l'arpentage du printemps 2014 vs celui de novembre 2013 ?

- Voir tableau récapitulatif en annexe 1. Par rapport à la programmation initiale, l'arpentage du printemps 2014 a révélé que les secteurs suivants devaient être ajoutés :

3 – Peut-on lister pour les 30 dernières années les évènements (ponctuels et valeurs moyennes) climatiques exceptionnels (dépassant 2 sigmas) ?

- Ces résultats ont été présentés aux consultations citoyennes. L'analyse des vents et les variations hydriques ont été présentées lors des consultations citoyennes et sont disponibles sur consultationberges.com.

4- RTA a-t-elle une politique de santé mentale et d'aide aux employés du PSB? Est-ce que cette politique s'applique aux sous-traitants? Est-il possible de déposer cette politique sur Synapse? (Éthique 1.1)?

- Rio Tinto a une politique de santé intégrée à son code de conduite mondial *Notre Approche de l'entreprise* et RTA-ÉE l'applique via son standard sur la santé de son programme SSE certifiée OHSAS 18001
- Le programme de santé spécifique de l'établissement fait partie intégrante du programme de prévention. Son objectif est de prévenir toute atteinte à la santé, à la sécurité, à l'intégrité physique des travailleurs et il vise à se conformer aux exigences réglementaires. Le programme de santé spécifique de RTA- ÉÉ répond à la Loi sur la santé et la sécurité du travail (LSST) du Québec.

5- Est-ce que le PSB est soumis aux politiques générales de RTA concernant l'aide aux démunis dans la communauté? Est- il possible de déposer cette politique sur Synapse? (Éthique 1.2)

- RTA a une politique d'engagement dans la communauté qu'elle applique avec vigueur et qui cible souvent les plus démunis. De nombreux employés sont engagés dans les campagnes de levées de fonds. Par exemple en 2013, RTA , Québec a fait les dons suivants :
- Fondation pour l'enfance et la jeunesse : 500\$
- Partageons notre Noël : 2 000\$
- Croix-Rouge Canadienne Québec : 60 000\$
- Popotte Mobile de la Baie : 1 000\$
- Fabrique St-François-Xavier de Chicoutimi : 250\$
- Fabrique Saint-Dominique (un Noël pas comme les autres): 500\$

6- Est-ce que les employés du PSB s'impliquent dans une cause visant l'extérieur de la communauté régionale? (Éthique 1.3)

- Levée de fonds et participation au Grand Défi Pierre Lavoie (depuis 2008)
- Levée de fonds et participation au Relais pour La vie
- Programme de dons en continu via prélèvement à la source (sur les payes) pour Centraide/Croix-Rouge
- Levée de fonds nationale et participation « the Inside ride » 2013-2014 pour les enfants atteints de cancer

7- (Éthique 2.1) La compagnie dispose probablement de politiques internes de formation, de conseils personnalisés pour ses employés Q- RTA peut-elle fournir ces politiques? Est-ce que certaines sont destinées à améliorer l'autonomie des riverains, par ex. dans la protection de leurs avoirs au-delà du programme de stabilisation? Si oui, fournir l'information.

RTA possède une politique de formation interne. Cependant aucune n'est destinée pour améliorer l'autonomie des riverains mais le PSB a, au fil des années, entrepris des initiatives diverses visant à autonomiser les riverains. Par exemple :

- Concours sur l'aménagement des bandes riveraines
- Informations diverses (ex. : protection des bandes riveraines) via le Berge en Bref
- Participation financières aux projets de l'OBV Saguenay sur la caractérisation des berges et sensibilisation des riverains.
- Rencontres ponctuelles d'information concernant les droits de propriétés

8- Est-ce que RTA favorise l'accès aux plages publiques pour les non-riverains? (Éthique 2.2.)

- Oui et certains des terrains sont réservés aux municipalités pour des projets de ce type. Aussi le PSB (via la Société Immobilière Alcan Limitée- SIAL) a régulièrement refusé des demandes de changements d'usage afin de préserver certains accès publics.

9-Est-ce que la compagnie favorise l'accès aux bénéfices du LSJ à un plus large public que les riverains. Si oui, fournir l'information. (Éthique 2.3)

Oui; quelques exemples :

- Le projet de la plage publique de Métabetchouan;
- le PSB (via SIAL) a accordé un bail de 20 ans à la marina de St-Félicien pour l'obtention d'une aide gouvernementale pour réaliser son projet d'agrandissement;
- la cession des terrains pour la création du Parc de la Pointe Taillon.

10- RTA semble apporter une importance particulière aux autochtones. Est-ce que RTA pourrait décrire les points spécifiques pour la reconnaissance des apports des autochtones? (Éthique 2.4)

- RTA maintien un comité permanent avec la communauté de Mashteuiatsh;
- le PSB a soutenu un vaste programme d'inventaires archéologiques dirigés par l'UQAC et visant plusieurs sites autochtones;
- les entreprises de Mashteuiatsh sont régulièrement invitées à soumissionner aux processus d'appel d'offres. Par exemple la firme Nutshimit participe actuellement à l'étude d'impact sur l'environnement.

11- Si RTA participe à des projets de réhabilitation des écosystèmes, est-ce que c'est à l'initiative d'autres organismes comme Canards Illimités ou si l'entreprise a un plan de réhabilitation? Si c'est le cas, fournir ce plan. (Éthique 3.1)

La division Énergie Électrique a élaboré en 2011 un plan d'action sur la biodiversité (PAB) en lien avec son système de gestion environnementale certifié ISO 14001 et conforme aux objectifs environnementaux du groupe Rio Tinto. Ce plan vise à :

- Exercer un impact positif net (NPI) sur les habitats supportant la biodiversité;
- exercer un NPI sur les autres éléments de biodiversité de grande valeur (ceux qui ne seraient pas adéquatement considérés autrement, par exemple une population d'une espèce d'intérêt);
- éliminer les risques de niveau « critique » et « élevé » posés à la biodiversité par les activités de l'entreprise;
- identifier des possibilités de conservation pouvant générer de la valeur pour l'entreprise.

Cela étant dit ÉÉ travaille aussi à des projets de réhabilitation d'écosystème. Par exemple elle planifie actuellement avec la ville d'Alma un projet de mise en valeur du marais de la centrale Isle Maligne et travaille avec la Sépaq à la préservation des marais du Parc de la Pointe-Taillon. Le PAB contient cependant de l'information de nature confidentielle et ce document n'est donc pas accessible au grand public.

Enfin RTA (via SIAL) a cédé en 1994 la majorité des terrains nécessaire à la protection du petit marais de St-Gédéon

12- L'entreprise peut-elle fournir la liste des subventions de R&D générées par le projet? (Éthique 4.3)

- Au début du programme, vers 1987-1988 une étude sur modèle réduit de concert avec l'université Laval a fait l'objet de subventions R&D. Sur plusieurs années et jusqu'à récemment les recherches effectuées dans le cadre de la ouananiche et de l'éperlan arc-en-ciel avec le CLAP et l'UQAC ont aussi fait l'objet de subvention de recherche. Dans la phase récente du PSB, il y a l'étude et la mise à l'essai géotubes (2008 – 2010) et les techniques de génie végétal qui ont fait l'objet de demandes en R&D. Cependant une liste formelle recensant toutes les initiatives et les subventions R&D ne semble pas exister.

13- Par rapport aux recommandations du BAPE de 1986 concernant l'efficacité de la production d'électricité pour la production d'aluminium, quelles ont été les actions réalisées par le promoteur et celles ayant été effectuées en plus? (écologique 1.1)

Depuis 1980, la division Énergie électrique a investi plus de 1,2 milliard de dollars dans ses différentes installations régionales d'Énergie électrique afin d'assurer à long terme l'approvisionnement énergétique fiable et la sécurité de ses ouvrages.

- À la fin du programme, en avril 2008, l'ensemble de ces investissements aura permis, entre autres de réfectionner partiellement (ou mécaniquement) 39 des 43 Groupe Turbine Alternateur (GTA) et de faire passer la capacité moyenne annuelle de production de 1928.7 MW (1980) à 2042.7 MW (2008);
- ajout de capacité de production de 225 MW avec la 13e machine Shipshaw (250 M\$); ce qui nous a amené à une capacité moyenne annuelle de 2080 MW (fin 2012).
- Par rapport aux conditions qui prévalaient en 1986, il faut noter les investissements en production d'aluminium; démarrage des usines de production d'aluminium de Laterrière (1989), Alma (2000) , AP-60 (2013)
- l'amélioration de la gestion de l'eau (indice hydrique) est aussi un volet important d'optimisation. Depuis 1992 un indicateur sur l'efficacité de la transformation énergétique a été développé. Cet indicateur est le ratio de la génération réelle sur la génération maximale qu'il aurait été possible de faire avec les apports d'eau observés. Par génération maximale, on entend la génération obtenue par une connaissance parfaite de l'avenir et avec tous les équipements de génération disponibles. Au début de cette mesure [1992-1995] la performance annuelle était de l'ordre de 96.15 %. Depuis 2007, la performance moyenne est stable à près de 99.1%, soit une augmentation de près de 3% par rapport au milieu des années 1990.

Dans le rapport du BAPE de 1986 les éléments suivants d'amélioration étaient spécifiquement listés :

1. Roue d'eau : 43 MW.
 - dans les faits, RTA l'amélioration spécifique aux roues d'eau réfection mécanique (sans 13^e turbine de Shipshaw) a été de 79 MW (1980 à 2008)
2. Turbo-générateur : 20MW
 - dans les faits la 13^e turbine de Shipshaw représente un gain moyen de 27 MW-an
3. Amélioration du transport d'énergie : 30 MW,
 - Avec la construction de l'aluminerie d'Alma, RTA ne pouvait plus suffire à ses besoins énergétiques. Entre 1999 et 2007, RTA a ajouté une nouvelle interconnexion avec Hydro-Québec (poste Saguenay et poste Portage) et 7 systèmes d'excitation statique avec stabilisateur de puissance, qui a augmenté la capacité d'importation d'énergie de HQ vers RTA d'environ 500 MW.
4. Creusage de la gorge à l'exutoire du Lac : 23MW
 - Non complété. Projet trop complexe techniquement et aussi fort complexe (et discutable) en terme d'autorisation environnementale

14- Quand une structure doit être défaire, y a-t-il recyclage des matériaux? Que fait-on avec les matières désuètes? (Écologique, 2.2)

Oui il y a recyclage et réutilisation. Par exemple les pierres de l'épi de Métabetchouan, démantelé en 2008, ont été recyclées dans une nouvelle structure. Autrement comme pour toutes les autres usines de RTA. Énergie électrique et le PSB appliquent l'approche 3R-V. Par exemple chez ÉÉ en 2013, c'est plus de 170 tonnes de matériaux divers (métal, bois, porcelaine d'isolateur, PVM, équipements de protection individuelle, etc.) qui ont été détournées de l'enfouissement.

Questions – Jour 2 de l'évaluation

RTA-Berges

15. Est-ce que RTA a déjà fait des évaluations sur les impacts cumulés sur le programme de stabilisation des berges ou une évaluation environnementale stratégique sur la gestion des niveaux du lac? (Écologique 4.3)
- Oui, 3 rapports synthèse (86-91) (86-96) et (96-2006) ont été produits.
 - L'inventaire de reconnaissance des milieux humides est effectué aux 3 ans
16. Est-ce que RTA a participé à la mise en valeur des espèces à valeur symbolique (pour les Innus, pour les riverains, etc.)? (Écologique 5.3)
- a. La cession du Parc de la Pointe-Taillon pour en faire un parc de conservation a favorisé cela. De plus RTA a participé à la protection de plusieurs marais.
 - b. Collaboration avec la Corporation L'Activité Pêche (CLAP) et support financier de plusieurs études pour mieux documenter des espèces à valeur symbolique tels la ouananiche et le doré.
 - c. Un inventaire préalable aux travaux est toujours effectué afin de protéger les espèces à valeur symbolique et les espèces rares.
17. Est-ce que RTA a une vision des impacts sur les sols incluant les bancs d'emprunts? (Écologique, 6.1)
- Contre l'érosion est un élément intrinsèque au PSB. Pour les bancs d'emprunts, RTA doit, en fonction des éléments identifiés dans l'étude d'impact de 1986, utiliser les bancs d'emprunts pouvant répondre aux critères de granulométrie prévus. Ces éléments seront révisés dans la nouvelle étude d'impact.
18. Est-ce qu'il y a d'autres études sur les impacts des changements climatiques sur le lac que celle faite par Ouranos sur les débits de la Péribonka et si oui peuvent-elles être déposées? (Écologique, 7.4)
- a. Un doctorat a été complété par une étudiante de l'ETS (Marie Mainville) pour le bassin de la Péribonka. RTA y a contribué au niveau technique pour les données relatives à la gestion hydrique. Cette thèse a été déposée à l'ETS. Autrement RTA utilise toujours les services d'Ouranos pour les études sur les changements climatiques.

19. Est-ce que RTA a contribué au projet de passerelle et d'interprétation du Rigolet ou tout autre projet autour du lac visant à favoriser le contact entre la population et la nature? (Social 1.4)
- a. RTA a participé au projet du Rigolet (ex : panneaux d'interprétation, location du terrain pour fins d'accès public).
 - b. RTA a aussi participé au projet du petit marais de St-Gédéon, au projet de mise en valeur de la rivière Ticouapé et au marais du golf à St-Prime.
 - c. L'aménagement de certains épis vise aussi à favoriser le contact avec le lac.
 - d. Construction d'épis en éventail dans le Parc Régional des Grandes-Rivières.
 - e. Le PSB siège sur le CA du comité d'aménagement de la Petite Décharge.
 - f. Aménagement de certaines de nos installations pour le passage de la Véloroute des Bleuets (ex. : déversoirs 4 et 7 de la Centrale Isle Maligne).
20. Y a-t-il des rapports d'incidents/accidents concernant les 27 années du programme de stabilisation des berges? (Social 2.2)
- a. Depuis la mise en place de notre système de gestion SSE au tournant des années 2000, tous les incidents sont consignés dans notre système. Si les incidents sont significatifs, des enquêtes sont menées et des actions correctives doivent être mises en place. Auparavant les rapports d'incidents étaient également répertoriés. Des exemples de rapport peuvent être fournis si nécessaire.
21. Est-ce que des interventions spécifiques sont faites en matière d'éducation à la sécurité pour les riverains et les utilisateurs? (Social 2.3)
- a. Des communications spécifiques sont régulièrement envoyées aux riverains en fonction de problématiques particulières (ex. : éléments de sécurité pour certains aménagements/ périodes de travaux /accès).
 - b. Des communiqués de presse et message radio sont aussi régulièrement faits pour des problématiques plus globales (ex. : gestion des crues).
22. Est-ce que RTA a un programme de bourses d'études dédié à la population régionale? (Social .2)
- a. RTA octroie des bourses aux différents Cégep de la région (ententes avec la Fondation du Cégep de Chicoutimi et la Fondation Asselin du Cégep de Jonquière, Cégeps de St-Félicien et Alma) et à l'UQAC (1M\$ en 2011 destiné à des bourses d'études au cours des années suivantes).

23. Est-ce que RTA a une politique de rotation des fournisseurs ou procède-t-elle uniquement par appel d'offres? (Social 4.1)
- a. RTA procède en grande partie par appel d'offres afin de respecter sa politique d'approbation interne.
24. Est-ce que RTA a une politique d'achat responsable qui s'applique au programme de stabilisation des berges? (Économique 3.1)
- Toutes les usines de Rio Tinto Alcan, y compris le PSB, suivent les principes d'approvisionnement de Rio Tinto. Voir http://www.procurement.riotinto.com/documents/Rio_Tinto_Principes_d_approvisionnement_FR.pdf
 - Une série d'éléments en matière de développement durable et des droits de la personne sont énoncés dans ces principes telles l'excellence et la gestion des risques en matière environnementale, la réduction des déchets, l'engagement à travailler avec des fournisseurs locaux et autochtones pour qu'ils aient des occasions pour approvisionner nos établissements.
 - Dans le courant de l'année 2015, RTA-Québec vise à arrimer ces principes d'approvisionnement avec les spécificités locales afin de développer une politique d'achat responsable propre à nos opérations au Québec.

Questions – Jour 3 de l'évaluation

RTA-Berges

25. Quelles sont les accréditations qualité (ex. : ISO 9000) concernant le programme de stabilisation des berges? (Économique 5.2)

- Le PSB n'a pas d'accréditation qualité comme telle. Cependant pour la conception de tous ses travaux de stabilisation des Berges, le PSB s'adjoint des des firmes spécialisées qui sont accréditées ISO 9000-9001.
- Certaines usines sont certifiées ISO 9001 pour la qualité de produits spécifiques et certaines de ses usines produisent des matériaux certifiés LEED (ex : billettes d'Arvida).
- RTA est accréditée ISO 14001 (Organisation internationale de normalisation) pour toutes ses usines. Le PSB faisant partie d'Énergie électrique, il est donc accrédité. D'ailleurs, Énergie électrique a été auditée par une tierce partie (DNV) à l'automne 2014 et aucune non-conformité majeure n'a été soulevée en matière de SSE. Les établissements nouvellement acquis ou mis en service ont deux ans pour obtenir la certification ISO 14001.

26. Y a-t-il déjà eu des projets d'amélioration continue (de type ceintures noires et vertes) affectés spécifiquement au programme de stabilisation des berges? (Gouvernance 1.3)

- Il y a eu un projet d'amélioration continue qui a mené à l'achat du véhicule hybride pour le PSB mais autrement aucun autre projet spécifique de type ceinture noire ou verte n'a été réalisé.

27. Au-delà des commandites de RTA, le programme de stabilisation des berges peut-il donner la liste des actions de partenariat et identifier les partenaires, les conditions et les objectifs des projets? (Gouvernance 2.1)

- Partenariat comité technique avec Parc de la Pointe-Taillon
- Projet de valorisation du Petit Marais de la Centrale Isle Maligne
- Partenaire de la Corporation L'Activité Pêche (CLAP)
- Partenaire de l'OBV Lac St-Jean
- Partenaire de la Véloroute des Bleuets
- Partenaire de la protection des milieux humides du Lac St-Jean
- Partenaire de l'UQAC pour les recherches archéologiques

- Partenaire de la Société d'histoire du Lac-St-Jean
- Etc.
- L'objectif du PSB est de contrer l'érosion en tenant compte des aspects techniques, environnementaux, sociaux et économiques et donc dans cette optique RTA se doit d'entretenir de nombreux partenariats pour rencontrer cet objectif.

28. Y a-t-il eu des avis d'infraction émis par le ministère de l'Environnement dans l'historique du programme de stabilisation des berges? (Gouvernance 4.1)

- a. De l'avis de notre conseillère principale environnement, RTA Amérique du Nord, et des chargés de projet qui se sont succédé depuis 1986, le PSB n'a jamais reçu d'avis d'infraction de la part du ministère de l'environnement.

Questions posées par les résidents du Lac Saint-Jean

RTA-Berges

1. Quelles seraient les pertes annuelles estimées en moyenne, en MW, par Rio Tinto Alcan, si le lac Saint-Jean était abaissé à la cote maximale de 15.5 pieds, une fois la production de la centrale hydraulique de Chute-à-Caron abandonnée? N.B. Rio Tinto Alcan a déjà annoncé que la production électrique de la centrale de Chute-à-Caron sera abandonnée d'ici une douzaine d'années environ. Seulement les évacuateurs y seront conservés. (de M. Éric Scullion, 5 juin 2014)
 - La production d'énergie est un avantage compétitif pour Rio Tinto Alcan. Ces chiffres sont donc de nature concurrentielle.

2. Est-ce que les dates de prises des glaces sur les berges sont disponibles pour les dernières années? Y a-t-il une tendance à observer? (De M. Jocelyn Caron, 3 juillet 2014)
 - Les dates de prises des glaces ne sont pas répertoriées comme telles. Ce qui est répertorié est la sommation du nombre de degré-jour en deça de 0 oC. Par exemple, quand la température moyenne de l'air pour une journée X est de -1 oC, cela correspond à 1 deg-jour. Si la température moyenne d'une journée Y est de -10 oC, cela correspond à 10 deg-jour. Les températures moyennes historiques aux stations de Roberval et Mistook qui permettent de calculer des deg-jour sont disponibles sur le site de Environnement Canada. Quelques corrélations sommaires avec des images satellites ont permis d'établir que le couvert de glace complet correspond à environ 200 deg-jour et que la prise de glace des rives correspond à environ 70 deg-jour. Dans les études techniques reliées à l'étude d'impact en cours, RTA vise à préciser cette corrélation entre les images satellites historiques et ce nombre de degré-jour.

ANNEXE 3

Guide d'utilisation de la GADD



Comment réaliser une analyse de développement durable?

Guide d'utilisation de la grille d'analyse de la Chaire de recherche et d'intervention en éco-conseil

Claude Villeneuve

Olivier Riffon

Chaire de recherche et d'intervention en éco-conseil

Département des Sciences Fondamentales

Université du Québec à Chicoutimi

Septembre 2011

AVERTISSEMENTS

- Dans ce document, la forme masculine sera utilisée de manière à éviter d'alourdir le texte.
- Le contenu de ce texte, bien qu'appartenant à ses auteurs, s'est alimenté du travail de nombreux bénévoles et étudiants universitaires, dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean (Québec, Canada), à Strasbourg (France) et ailleurs dans le monde. Il ne saurait être question d'en restreindre la circulation. On pourra donc se le procurer en entier sur le réseau Internet à l'adresse <http://ecoconseil.uqac.ca/>.
- Toute personne qui désire utiliser la méthode d'analyse décrite dans ce texte pourra le faire à la condition de citer la source :

Villeneuve, C. et Riffon, O. (2011). Comment réaliser une analyse de développement durable? Guide d'utilisation de la grille d'analyse de la Chaire de recherche en éco-conseil. Département des sciences fondamentales, Université du Québec à Chicoutimi.

- Nous serons très heureux de recevoir les commentaires des utilisateurs de cette méthode et les suggestions qui pourraient être faites pour l'améliorer ou améliorer le présent guide en s'adressant à : olivier_riffon@uqac.ca

<i>Introduction : Qu'est-ce qu'un développement durable</i>	<i>1</i>
<i>1 — Pourquoi cette grille d'analyse</i>	<i>3</i>
<i>2 — Avant d'utiliser cette grille d'analyse</i>	<i>5</i>
<i>2.1 — Quand utiliser la grille</i>	<i>5</i>
<i>2.2 — Prémisses à l'analyse</i>	<i>7</i>
2.2.1 — Définition de la portée de l'analyse	7
2.2.2 — L'analyse des besoins	7
2.2.3 — L'acquisition de connaissances	7
<i>3 — Méthodologie pour l'utilisation de la grille d'analyse</i>	<i>8</i>
<i>3.1 — Analyse sommaire</i>	<i>8</i>
<i>3.2 — Analyse détaillée</i>	<i>9</i>
<i>3.3 — Obligation de considérer l'ensemble des objectifs</i>	<i>9</i>
<i>4 — Résultats de l'analyse</i>	<i>10</i>
<i>5 — Les suites de l'analyse</i>	<i>11</i>
<i>Conclusion</i>	<i>12</i>
<i>Bibliographie</i>	<i>13</i>
<i>Fiche 1 : Comment réaliser une analyse détaillée</i>	<i>15</i>
<i>Fiche 2 : Interpréter les résultats de l'analyse</i>	<i>18</i>
<i>Fiche 3 : Détails du calcul des résultats globaux (dimensions et thèmes)</i>	<i>21</i>
<i>Fiche 4 : Exemples de pistes de bonifications</i>	<i>22</i>
<i>Fiche 5 : Exemples d'indicateurs élaborés à partir des objectifs</i>	<i>23</i>
<i>Fiche 6 : Utilisations qui ont été faites avec la grille</i>	<i>24</i>
<i>Fiche 7 : Historique des représentations graphiques du développement durable</i>	<i>25</i>
<i>Fiche 8 : Historique de la grille d'analyse de la chaire en éco-conseil</i>	<i>27</i>
<i>Fiche 9 : Adéquation des thèmes et des objectifs avec les principes issus de la Loi québécoise sur le développement durable</i>	<i>29</i>

Introduction : Qu'est-ce qu'un développement durable

L'humain a la capacité de se projeter dans le futur, d'anticiper certains événements, certains besoins. Depuis des centaines de milliers d'années, cette capacité à anticiper les événements et à résoudre des problèmes nous a permis d'évoluer, d'adapter nos comportements et nos outils pour mieux vivre dans la nature.

De tout temps, dans toutes les époques et toutes les cultures, à des degrés divers, les humains se sont intéressés à leur futur. Ainsi, le questionnement sur la durabilité des activités humaines ne date pas d'hier. Toutefois, depuis l'industrialisation de nos sociétés, trois éléments ont entraîné une pression accrue sur les ressources renouvelables et non renouvelables, allant jusqu'à menacer certains écosystèmes, voire certaines populations :

- une croissance démographique;
- une augmentation de l'espérance de vie;
- une augmentation de la consommation par personne.

Cette pression sur les ressources oblige l'humanité à concevoir son développement autrement. C'est pourquoi le concept du développement durable a fait une avancée importante au niveau international, au niveau local et dans les organisations.

Mais qu'est-ce qu'un développement durable?

La définition la plus universelle de la notion du développement durable est celle issue du rapport de la Commission Brundtland : «*Un développement qui permette de répondre aux besoins de la génération actuelle sans remettre en cause la capacité des générations futures à répondre aux leurs.*» (CMED¹, 1988). Ce rapport souligne que deux concepts sont inhérents à cette notion : le concept de besoins, et plus particulièrement des besoins essentiels des plus démunis, à qui il convient d'accorder la plus grande priorité; l'idée des limitations que l'état de nos techniques et de notre organisation sociale impose sur la capacité de l'environnement à répondre aux besoins actuels et à venir ».

Bien qu'elle fasse consensus, cette définition peut paraître vague et elle est difficile à mettre en application concrètement dans une organisation. Elle ne précise pas quels sont les besoins à rencontrer, ni la portée de son application dans les organisations et dans la société. Elle donne malgré tout une bonne base pour l'action, car elle contient des pistes sur ce qu'il faudrait faire pour assurer la mise en œuvre d'un développement plus durable :

¹ Commission Mondiale sur l'environnement et le développement.

- Se préoccuper des besoins fondamentaux d'abord (logement, éducation, nourriture), ce qui signifie aussi réduire la précarité des populations marginalisées;
- Ne pas prendre à la nature plus que ce qu'elle peut donner et éviter d'y rejeter plus de déchets qu'elle ne peut en absorber;
- Répartir équitablement les bénéfices du progrès scientifique, technique et social;
- Agir avec précaution et garder des marges de manœuvre pour les générations futures;
- Assurer une gestion optimale de ressources pour qu'elles profitent au plus grand nombre.

Le développement durable est un concept complexe, englobant, qui évolue avec le temps. Il ne peut pas être conçu de manière seulement technique, économique ou matérielle. Il faut un concept plus riche et plus large. Il faut imaginer un développement qui :

- Intègre des dimensions intellectuelles, affectives, morales et éthiques;
- Considère plusieurs échelles d'action, du local au global;
- Inclut des objectifs à court et à long terme;
- Cherche à maximiser les avantages locaux et à minimiser les impacts négatifs locaux, régionaux et globaux;
- Se soucie de culture et d'équité.

Ainsi, ce qui était considéré comme du développement durable il y a cinquante ans ne l'est plus nécessairement aujourd'hui. Et ce qui l'est aujourd'hui ne le sera pas nécessairement dans le futur. Di Castri (1998) rappelle à cet effet que : « La seule chose qui soit durable dans l'histoire du vivant, c'est le changement et l'adaptation ».

Les problèmes et les solutions de développement durable sont donc complexes. Toutefois, nous faisons le choix de cette complexité consciemment, en décidant d'inclure une multitude d'avis différents et d'échanger les idées pour prendre de meilleures décisions. C'est pourquoi il faut chercher un dialogue constant entre les acteurs du développement. Voilà ce que nous vous demandons de garder à l'esprit, en arrière-plan, lors de l'utilisation de cette grille d'analyse.

1 — Pourquoi cette grille d'analyse

Pour orienter une démarche ou un projet de développement durable, pour bonifier ses lacunes ou pour en caractériser l'avancement, il faut des outils appropriés. Trois éléments militent particulièrement en faveur d'outils permettant une mise en œuvre opérationnelle du développement durable :

- Le développement durable pensé uniquement comme idéologie n'est pas garant d'une démarche pragmatique et responsable sur le terrain pour répondre aux besoins légitimes des communautés au présent. (Di Castri, 2002²);
- Le terme a été galvaudé au point où il est essentiel de développer des outils qui permettent de savoir, par une démarche rigoureuse, si un projet respecte certains principes de base du développement durable;
- La notion de développement durable est malgré tout devenue incontournable, et la première étape pour le mettre en œuvre réside dans la volonté de faire les choses autrement et l'acceptation du questionnement qui s'impose, questionnement qui doit être balisé.

La grille d'analyse de développement durable de la chaire en éco-conseil vise à répondre à ces trois constats. Il s'agit d'un outil de questionnement selon cinq dimensions (écologique, sociale, économique, éthique, de gouvernance) qui permet d'évaluer dans quelle mesure un projet ou une démarche d'une organisation favorise l'amélioration des conditions humaines par son action sur le réel. Elle permet à ceux qui l'appliquent de se situer et de proposer des pistes de bonification à un projet ou à une démarche, dans une perspective d'amélioration continue. L'analyse peut aussi servir à fixer des objectifs, à identifier des indicateurs, à éclairer la prise de décision ou à trouver des compromis favorisant l'acceptabilité sociale d'un projet.

Cette grille d'analyse est constituée de principes, de thèmes et d'objectifs inspirés de l'analyse des textes des grandes conférences et conventions internationales (Stratégie mondiale de la Conservation, Commission Brundtland, Stratégie pour l'avenir de la Vie, Agenda 21, etc.). Les objectifs proposés pour chaque dimension servent à composer un indice qualitatif de la capacité d'un projet à satisfaire aux conditions du développement durable. Cette démarche a l'avantage de rejoindre à la fois les préoccupations globales et les évaluations d'impacts de type plus local, limitées dans l'espace et dans le temps.

La grille est composée de cinq tableaux (se référer à la grille d'analyse³). Chaque tableau propose un principe et des thèmes. Ces thèmes se déclinent en objectifs qui peuvent être pondérés et évalués en fonction de l'application (action, projet, démarche, etc.). Pour

² Di Castri, F. (2002). *Les conditions gagnantes du développement durable*. Actes du colloque de Dakar, Francophonie et développement durable, quels enjeux, quelles priorités, IEPF.

³ La grille peut être téléchargée sur le site de la Chaire de recherche et d'intervention en Éco-Conseil : <http://dsf.uqac.ca/eco-conseil>

chaque objectif, des explications, des justifications et des exemples sont repris directement dans le fichier électronique de la grille pour en faciliter l'usage (le triangle rouge situé dans le coin supérieur droit des cases permet d'accéder à ces précisions).

Chacune des dimensions considérées dans la grille correspond à ces principes spécifiques et vise à répondre à des besoins précis :

- La dimension écologique est entendue comme le maintien de conditions écologiques à l'intérieur desquelles les espèces et les écosystèmes peuvent continuer leur évolution en maintenant le niveau des services écologiques qu'ils rendent à l'humanité;
- La dimension économique vise à maintenir et améliorer les mécanismes qui permettent aux sociétés humaines de satisfaire leurs besoins par des échanges de leurs avantages comparatifs;
- la dimension sociale vise l'amélioration de la qualité de vie et la cohésion des sociétés;
- La dimension éthique vise l'équité entre les individus et les peuples, le partage des richesses et la création de marges de manœuvre pour les générations à venir;
- La dimension de gouvernance vise l'engagement, la participation et la responsabilisation du plus grand nombre d'acteurs pour la prise en charge des projets de développement durable.

Ces cinq dimensions sont étroitement imbriquées et les décisions prises dans le but d'en favoriser une peuvent imposer une charge sur une autre.

Enfin, la grille permet deux modes d'utilisation, l'analyse sommaire et l'analyse détaillée. Le choix d'un ou l'autre dépend de la nature du projet et des objectifs de l'analyse. Des outils de représentation graphique ainsi qu'une méthodologie de rédaction d'un rapport des résultats de l'analyse sont aussi proposés.

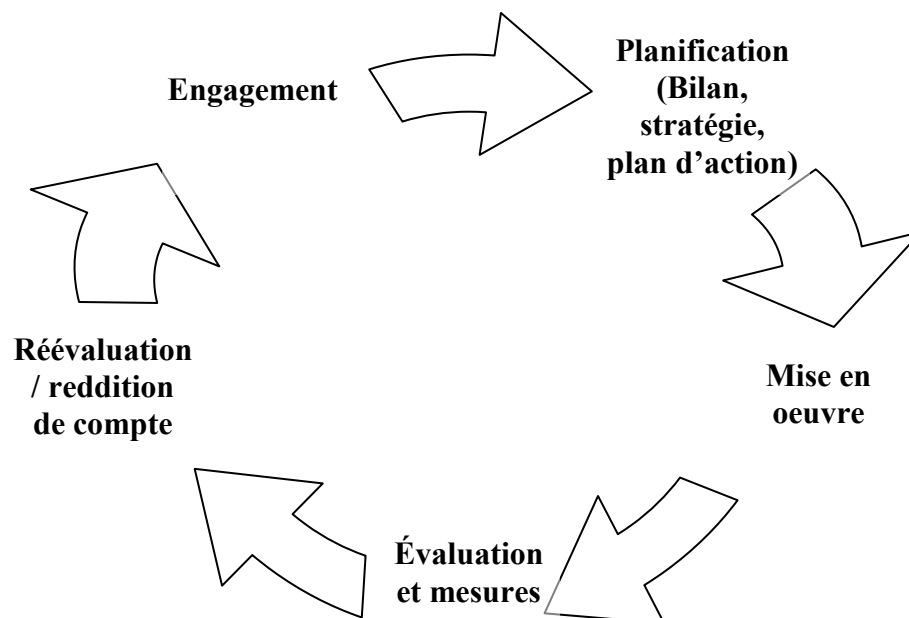
2 — Avant d'utiliser cette grille d'analyse

2.1 — Quand utiliser la grille

L'utilisation de la grille d'analyse de développement durable devrait idéalement être considérée comme un processus d'amélioration continue. **Pour un projet**, une telle approche implique de faire une évaluation sur une base régulière afin de valider qu'il évolue dans le sens désiré :

- En avant-projet, l'analyse permet de vérifier si l'acquisition des connaissances et l'analyse des besoins sont suffisantes, elle permet de vérifier quels sont les éléments qui sont sous-représentés ou manquants;
- Durant la mise en œuvre du projet, l'analyse permet de vérifier la pertinence de la planification, d'orienter les actions, de rechercher des compromis et de formuler des pistes de bonification prioritaires;
- L'analyse d'un projet à posteriori permet de valider l'ensemble des orientations prises. Il s'agit d'un retour sur les actions établies, car certaines de celles-ci pourraient présenter des effets contre-intuitifs. Elle peut viser l'acquisition de connaissance pour améliorer les projets futurs.

Dans le cadre **d'une démarche organisationnelle**, la grille d'analyse de développement durable peut également être utilisée dans une perspective d'amélioration continue, à toutes les étapes du cycle de gestion, tel que précisé dans le graphique suivant.



- Lors de l'engagement, l'analyse permet d'identifier les objectifs et les principes prioritaires qui vont guider la démarche. L'analyse permet d'identifier les grands enjeux et besoins auxquels la démarche devra répondre. L'analyse peut servir de prémisse à l'élaboration d'une politique de développement durable dans l'organisation.
- L'étape suivante est la planification, qui se subdivise en trois sous-étapes : le bilan, la planification stratégique et le plan d'action. La planification implique un questionnement sur le positionnement de l'organisation dans son environnement.
 - Le bilan de l'organisation peut être réalisé en effectuant une analyse de développement durable sur l'ensemble des activités de l'organisation, pour identifier les bons coups et les lacunes.
 - La planification stratégique permet d'identifier les enjeux, orientations et objectifs en matière de DD, qui peuvent être identifiés et priorisés grâce à la grille d'analyse.
 - Le plan d'action de DD concrétise la stratégie et permet l'élaboration d'indicateurs et de cible. La grille d'analyse peut permettre de vérifier si les actions, prises isolément ou conjointement, permettent d'atteindre les objectifs de développement durable de l'organisation.
- La mise en œuvre implique la réalisation des actions et, dans plusieurs cas, la recherche de compromis, lesquels peuvent être éclairés par les résultats d'une analyse de développement durable.
- La phase d'évaluation et de mesure implique le suivi des indicateurs et la recherche de mesures de bonification. La grille d'analyse peut servir à élaborer ces indicateurs et à prioriser certaines pistes de bonification.
- La phase de reddition de comptes implique une communication sur l'atteinte des objectifs. Les outils de représentation de la grille d'analyse de développement durable permettent de communiquer les résultats de l'évaluation de la démarche ou des projets.
- La réévaluation implique un retour sur l'expérience et la réflexion sur la poursuite du projet. Une évaluation globale de la démarche avec la grille d'analyse permet de constater le chemin parcouru et de se donner de nouvelles priorités.

2.2 — Prémises à l'analyse

Au-delà de la recherche rigoureuse ayant mené à la conception de la grille d'analyse de la Chaire en éco-conseil, il faut se rappeler qu'il ne suffit pas d'avoir de bons outils pour analyser un projet ou une démarche de développement durable. Ces outils doivent être utilisés de façon rigoureuse, en portant une attention particulière à trois éléments : la portée de l'analyse, l'analyse des besoins et l'acquisition des connaissances.

2.2.1 — Définition de la portée de l'analyse

Pour mesurer l'avancée du développement durable, il est important de déterminer d'abord la portée de l'analyse. Il s'agit d'identifier les limites du processus ou du projet pour limiter la quantité d'information à acquérir. Les difficultés rencontrées dans l'analyse de développement durable viennent souvent du fait que l'équipe d'analystes n'a pas bien défini, de façon consensuelle, la portée de l'analyse. L'utilisation de la grille nécessite un questionnement préalable sur l'application qui doit en être faite, ainsi que sur les objectifs de l'analyse. Plusieurs exemples d'application sont présentés à la fiche 6.

2.2.2 — L'analyse des besoins

Le second questionnement préalable à l'analyse concerne les besoins auxquels le projet ou la démarche doit répondre. Il existe une multitude d'enjeux et d'objectifs de développement durable qui peuvent être visés. Il existe de même de nombreux indicateurs, plus ou moins pertinents, selon les besoins auxquels la démarche doit répondre. De même, une démarche de développement durable peut permettre d'identifier les compromis nécessaires pour satisfaire les besoins les plus fondamentaux du plus grand nombre de personnes avant de satisfaire les besoins accessoires ou les préférences de quelques-uns. L'analyse de besoins est primordiale pour bien saisir la nature des compromis que devront faire les parties prenantes qui s'engagent dans une démarche ou dans un projet de développement durable.

2.2.3 — L'acquisition de connaissances

Enfin, la dernière étape préalable à l'analyse concerne la compréhension la plus approfondie possible du problème ou de la situation qui motive ce projet ou cette démarche. Cette compréhension passe par la recherche des connaissances nécessaires au bon déroulement du processus. Ces connaissances peuvent toucher les dimensions techniques, légales, morales, sociales, économiques, environnementales, etc. En effet, l'ensemble de ces dimensions influence la durabilité du projet et son acceptabilité sociale. L'absence de connaissances suffisantes dans l'un ou l'autre domaine peut mettre en péril le projet. Par ailleurs, le manque de connaissances suffisantes, réel ou perçu, est souvent invoqué comme argument ultime pour justifier le statu quo. L'étendue des connaissances acquises ne peut naturellement être totale. Il faut plutôt savoir poser les bonnes questions et les laisser ouvertes si des réponses satisfaisantes n'ont pas été trouvées. L'ensemble de ces questions ouvertes guidera le choix d'indicateurs de suivi et les hypothèses à vérifier au cours de la réalisation du projet ou de la démarche.

3 — Méthodologie pour l'utilisation de la grille d'analyse

La grille permet deux modes d'utilisation, l'analyse sommaire et l'analyse détaillée. Le choix d'un mode ou d'un autre dépend de la nature du projet et des objectifs de l'analyse. Selon que l'analyse sera sommaire ou détaillée, la portée des connaissances requises peut être très différente. L'analyse sommaire sert en premier lieu pour le diagnostic des points forts et des carences du projet. L'analyse détaillée est un processus qui accompagne le projet tout au long de sa réalisation.

3.1 — Analyse sommaire

Il est possible de procéder à une analyse sommaire en évaluant de façon qualitative la performance d'un projet ou d'une démarche en regard des différents objectifs du développement durable proposés dans la grille. Ces objectifs ne sont pas pondérés, ni évalués de façon quantitative. Le but d'une analyse sommaire est de vérifier l'orientation globale d'un projet en fonction des principes du développement durable.

Pour effectuer une analyse sommaire, il suffit d'évaluation la réponse du projet ou de la démarche aux objectifs de développement durable suggérés dans la grille.

Pour chaque objectif, on peut soulever les actions actuelles ou planifiées qui répondent à cet objectif.

Il est souhaitable de proposer du même coup des pistes de bonification pour chaque objectif jugé pertinent où le projet performe peu.

Une analyse sommaire permet d'entamer une réflexion sur l'importance de chaque aspect et d'identifier des façons de bonifier le projet en détectant ses lacunes. L'analyse sommaire est le point de départ d'un processus d'amélioration et de consultation. Parmi les avantages de l'analyse sommaire, on peut noter que cette dernière :

- permet de détecter des éléments absents;
- favorise un processus de questionnement plus large;
- permet d'identifier les bons coups et d'indiquer au promoteur s'il est sur la bonne voie;
- est peu coûteuse en temps et en ressources;
- peut se réaliser sans le promoteur ou sans ressource professionnelle;
- permet de comparer rapidement des variantes pour la satisfaction d'un besoin.

Toutefois, c'est une analyse plus superficielle que l'analyse détaillée, elle ne permet pas d'apprécier précisément la performance du projet, elle ne permet pas la hiérarchisation des pistes de bonifications, ni le suivi dans le temps de l'évolution du projet ou de la démarche.

3.2 — Analyse détaillée

L'analyse détaillée diffère de l'analyse sommaire par sa profondeur, le nombre d'intervenants impliqués et le nombre d'itérations qui permettent de cerner les enjeux plus fins. Elle exige une pondération quantitative de chacun des objectifs, préalablement à leur évaluation, quantitative également.

La pondération permet de calibrer la grille en fonction de la pertinence et de l'importance de chacun des objectifs pour un projet spécifique. Par exemple, le maintien de la biodiversité est plus important à considérer dans un projet industriel situé en zone riveraine que dans un projet de construction d'une école. À terme, ce mode d'analyse permet de hiérarchiser les actions à prioriser, en fonction de l'importance et de la performance de chaque objectif. Cependant, cette analyse détaillée nécessite de préférence l'implication d'un éco-conseiller qui, par sa formation, connaît les pièges à éviter. La démarche complète (explication de la pondération et de l'évaluation) relative à l'analyse détaillée est présentée dans la fiche 1.

Parmi les avantages de l'analyse détaillée, cette dernière permet:

- d'effectuer un questionnement plus en profondeur;
- d'établir des priorités;
- d'établir des indicateurs;
- d'évaluer la progression dans un processus d'amélioration continue, la pondération variant habituellement très peu dans le temps;
- d'élargir les représentations;
- de construire un tétraèdre et de le voir évoluer dans le temps;
- de procéder à une éducation des parties prenantes sur les enjeux du développement durable.

Toutefois, l'analyse détaillée présente certains inconvénients. C'est un processus long qui peut demander un investissement important et ultimement, une telle analyse peut remettre en question le bien-fondé d'un projet.

3.3 — Obligation de considérer l'ensemble des objectifs

Une des particularités de cette grille d'analyse est qu'elle oblige la considération de l'ensemble des objectifs. Même si plusieurs objectifs peuvent sembler éloignés de l'application analysée, les utilisateurs ne peuvent en éliminer aucun, car chacun des éléments proposés peut impliquer des enjeux de durabilité. Cela a pour but d'éviter que des parties prenantes soient exclues du questionnement. La démarche d'analyse doit ainsi conserver son caractère global.

4 — Résultats de l'analyse

À la suite d'une analyse détaillée, des représentations graphiques de la performance du projet ou de la démarche seront obtenues. Les images, les figures géométriques ou les équations mathématiques sont en effet des abstractions qui permettent à l'humain d'appréhender une réalité complexe et de construire des métaphores pour communiquer. Dans les deux dernières décennies, plusieurs tentatives ont été faites pour illustrer le concept d'un développement durable. L'historique de ces tentatives et des explications supplémentaires se retrouvent dans la fiche 7.

L'outil principal utilisé pour représenter visuellement les résultats de l'analyse est le tétraèdre, qui présente sous forme d'un diagramme radar l'évaluation en pourcentage des dimensions éthique, écologique, sociale et économique (moyenne pondérée de l'ensemble des objectifs de chaque dimension, selon le calcul présenté dans la fiche 3). Le tétraèdre est accompagné d'un indice de gouvernance, en pourcentage, résultant de la moyenne pondérée de l'ensemble des objectifs de cette dernière dimension.

Enfin, cinq diagrammes radars sont présentés (un pour chacune des dimensions). Ces diagrammes présentent la moyenne pondérée de l'évaluation des objectifs pour chacun des thèmes d'une dimension. Avec ces graphiques en main, il est possible d'apprécier les éléments suivants :

- La performance générale du projet ou de la démarche;
- L'équilibre entre les dimensions du développement durable;
- La performance de chaque dimension;
- La performance de chaque thème.

De plus, une méthodologie est proposée pour la rédaction d'un rapport où les priorités d'actions sont hiérarchisées en fonction de l'importance et de la pertinence du projet ou de la démarche pour chaque objectif. Ce rapport permet d'apprécier plus particulièrement :

- La performance de chaque thème
- La performance pour chaque objectif
- La performance d'ensemble des objectifs pondérés 1, 2 et 3

La fiche 2 présente des informations complémentaires pour exploiter à son plein potentiel les résultats de l'analyse, sous la forme d'un guide pour la rédaction d'un rapport d'analyse.

5 — Les suites de l'analyse

La grille d'analyse de la chaire en éco-conseil est d'abord un outil de questionnement. Elle vise à élargir la réflexion des acteurs et à stimuler la discussion sur un projet ou une démarche en y intégrant de nouveaux enjeux de développement durable. Au-delà du questionnement, il s'agit également d'un outil d'aide à la décision en même temps qu'un outil d'évaluation et de planification de projet. Les résultats obtenus lors de l'analyse illustrent les préoccupations à considérer pour s'assurer d'un développement durable. Il est important de rappeler qu'une analyse de développement durable peut même mener à la remettre en question la pertinence d'un projet particulier, par exemple parce qu'il ne répond pas correctement aux besoins identifiés.

Une analyse de développement durable n'est pas une fin en soi. C'est un outil qui doit être intégré dans une démarche plus globale. Une fois l'analyse de développement durable complétée, il est pertinent d'y donner suite en proposant des pistes de bonifications pour les objectifs les plus critiques révélés par l'analyse. La fiche 4 présente une série d'exemples de pistes de bonification pour un projet fictif d'implantation d'un système de recyclage dans une institution.

Par la suite, il est pertinent de déterminer des éléments qui peuvent se mesurer (indicateurs), pour permettre aux parties prenantes de s'entendre sur des cibles d'amélioration d'un résultat pour un objectif en particulier. Par exemple, si l'objectif réduire les émissions de gaz à effet de serre est évalué initialement à 10 %, qu'est-ce qui permettrait de dire qu'il sera éventuellement évalué à 60 %, à 80 %, à 100 %. Pour y arriver, il est pertinent d'élaborer des indicateurs, associés aux objectifs de la grille. La fiche 5 présente une série d'exemples d'indicateurs pour le même projet fictif d'implantation d'un système de recyclage dans une institution.

Les pistes de bonification, les indicateurs et les cibles élaborés suite à une l'analyse permettent de faire un suivi et une évaluation plus rigoureuse des améliorations apportées au projet où à la démarche. Cette façon de faire permet de déterminer rapidement les carences dans la mise en œuvre de certaines pistes d'amélioration, et de mettre en œuvre des actions correctives.

Conclusion

Le développement durable invite à un changement de paradigme qui était souhaité par la Commission Brundtland en 1987. S'il s'est produit depuis un changement de paradigme dans le monde, ce n'est certainement pas celui qui était décrit dans « Notre avenir à tous⁴ ». La population mondiale s'est accrue d'un milliard de nouveaux habitants que nous avons le devoir de nourrir, de soigner et d'éduquer pour respecter le premier des principes du développement durable. Pendant ce temps, les forêts tropicales ont continué à régresser, le CO₂ a continué d'augmenter dans l'atmosphère, la couche d'ozone ne s'est pas rétablie et les disparités entre les pays riches et pauvres ont continué d'augmenter. Sommes-nous plus loin que jamais du développement durable?

C'est possible. Cependant, diverses initiatives ont vu le jour sur le terrain un peu partout dans le monde. L'humanité apprend à apprivoiser la complexité des problématiques du développement durable. Les rapports produits par la Commission du développement durable des Nations Unies dans le processus du sommet Rio+10 nous montrent le chemin parcouru depuis la conférence de Rio⁵, mais surtout l'énorme tâche à accomplir.

Il reste du pain sur la planche avant que les promoteurs, tant institutionnels que privés, sachent intégrer l'ensemble des questionnements que suggère le développement durable dans la conception, la réalisation et le suivi de projets. Plusieurs de ces éléments, bien que légitimes, sont souvent considérés comme des externalités. Il faut faire valoir que les réponses à ces questions représentent une aide précieuse à la prise de décisions éclairées, permettant d'orienter notre développement vers une plus grande viabilité.

Dans les groupes travaillant sur des projets ou des démarches de développement durable, des tiraillements peuvent survenir compte tenu des différents intérêts de chaque membre. La grille peut alors servir à réorienter les intérêts de tous vers ceux qui permettent d'atteindre une meilleure performance en termes de développement durable. Cet outil peut alors rallier les différents acteurs vers des orientations communes, partagées par tous.

Les objectifs du développement durable évoluent. Ils doivent être modulés en fonction de la réalité propre à un milieu, en fonction des valeurs d'une société et de son état de développement. Cet outil d'analyse est donc perfectible. C'est à l'usage, dans des contextes différents et par des personnes connaissant bien leur milieu que nous verrons s'il permet d'atteindre les objectifs pour lesquels il fut élaboré.

Les considérations économiques, écologiques, éthiques, sociales et de gouvernance sont prises en compte dans l'analyse. La grille aide à faire des compromis entre l'atteinte des objectifs dans chacune des dimensions. En conséquence, s'interroger ainsi conduit à poser des actions pour favoriser la durabilité dans toutes ses dimensions.

⁴ Commission mondiale sur l'environnement et le développement (CMED), (1988). *Notre avenir à tous*. Les Éditions du Fleuve, 432 pages.

⁵ www.johannesburgsummit.org

Bibliographie

- Commission mondiale sur l'environnement et le développement (CMED), (1988). *Notre avenir à tous*. Les Éditions du Fleuve, 432 pages.
- Di Castri, Francesco, (1998), *La fascination de l'an 2000*, préface de Qui a peur de l'an 2000 ? Éditions Multimondes, UNESCO, IEPF, 305 pages.
- Di Castri, Francesco, (2002). Les conditions gagnantes du développement durable, Actes du colloque de Dakar, Francophonie et développement durable, quels enjeux, quelles priorités, IEPF
- Gendron, Corinne, (2005). Le développement durable entre durabilité et développement, Actes du colloque Le Développement durable, quels progrès, quels outils, quelle formation, Chaire en Éco-Conseil et IEPF sous presse.
- Jacobs, P. et Sadler B., (1990). *Développement durable et évaluation environnementale; perspectives de planification d'un avenir commun*, Conseil canadien de la recherche sur l'évaluation environnementale(CCREE), 204 p.
- Région Laboratoire du Développement Durable, (1996). *Document de présentation des projets de développement durable de la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean*, ÉcoSommet.
- Revérêt, J.P., et Gendron, C., (2002). Le développement durable, entre développement et environnement, Liaison Énergie-Francophonie, 55-56-57 :33-37
- Sadler, B., (1990). *Sustainable development, northern realities and the design and implementation of regional conservation strategies*, In *Achieving Sustainable Development through Northern Conservation Strategies*, Calgary : Calgary University Press.
- Villeneuve, C. et Rodier, L., (1990). *Vers un réchauffement global, l'effet de serre expliqué*. Multimondes et Environnement Jeunesse, 143 pages.
- Villeneuve, C., (1992). Le développement viable, une approche expérimentale, IN VIVO, vol. 12, no 4.
- Villeneuve, C., (1998a). *Le comité de suivi, une solution à la permanence des consultations publiques*, in : Évaluation d'impacts et participation publique; tendances dans le monde francophone, Comptes-Rendus du 3^e Colloque international des spécialistes francophones en évaluation d'impacts; Secrétariat francophone de l'Association internationale pour l'évaluation d'impacts(AIÉA-IAIA), Montréal, Québec, Canada, 25 au 28 mai 1998; Collection Environnement de l'Université de Montréal, Hors-Série Numéro 1, p. 169 à 174.

Villeneuve, C., (1998b). *Qui a peur de l'an 2 000 ?*, Éditions MULTIMONDES, UNESCO, IEPF, 305 pages. Préface de Francesco di Castri.

Villeneuve, C., (1998c). Discours d'ouverture du congrès NIKAN, Actes du congrès NIKAN, GRIR, Université du Québec à Chicoutimi.

Fiche 1 : Comment réaliser une analyse détaillée

L'analyse détaillée implique une pondération des objectifs préalables à leur évaluation et à la recherche de pistes de bonification. Ce mode d'analyse permet de hiérarchiser en pourcentage les actions à prioriser. Voici comment procéder pour réaliser chaque étape.

Pondération des objectifs

Il convient au départ de pondérer de chaque objectif en fonction de son importance dans le cadre du projet ou de la démarche. À l'usage, on se rend compte que la pondération se révèle un premier exercice de discussion et de consensus dans un groupe d'analystes provenant de différents horizons. En s'entendant sur l'importance relative de divers objectifs par rapport à un projet ou à une situation particulière, les analystes prennent connaissance des valeurs, des a priori et du vocabulaire des autres.

L'équipe d'analystes doit déterminer l'importance de chaque objectif pour le projet ou la démarche à l'aide d'une pondération. Pour chacun des objectifs, il faut se poser la question suivante :

Cet objectif est-il indispensable, nécessaire ou souhaitable pour le succès de ce type de projet?

Les valeurs numériques de 1 à 3 sont utilisées pour déterminer l'importance à accorder à cet objectif pour le projet en question :

- 1 correspond à un objectif souhaitable pour la réalisation du projet : l'atteinte de cet objectif n'est pas jugée importante, ou il est non prioritaire.
- 2 correspond à un objectif nécessaire à la réalisation du projet : l'atteinte de cet objectif est nécessaire au succès du projet ou de la démarche.
- 3 correspond à un objectif indispensable à la réalisation d'un projet : l'atteinte de cet objectif est jugée indispensable au développement du projet, à sa réalisation, ou même à la survie du projet ou de l'organisation.

Il est important de mentionner que la valeur 0 ne peut pas être accordée lors de la pondération, car chacun des objectifs de la grille est pertinent lors de l'application du développement durable. Par conséquent, tous les objectifs sont soumis à l'évaluation et à la bonification.

La pondération sert à calibrer la grille. En effet, on n'analysera pas sur les mêmes bases un projet de garderie et un projet industriel. En revanche, des projets de même nature (éducatifs, industriels, de production d'énergie, etc.) devraient avoir une pondération semblable différenciée seulement par des aspects locaux.

Par exemple, dans un projet d'implantation d'une garderie, il est probable que l'objectif « évaluer le potentiel de remplacement des ressources non renouvelables » ou encore de « valoriser les espèces à caractère symbolique » ne se verra pas pondérer de manière très forte. On leur accordera une cote de 1, c'est-à-dire qu'il est souhaitable qu'on prenne attention à ces dimensions, mais ce n'est ni nécessaire, ni indispensable. En revanche, les objectifs « donner au plus grand nombre la possibilité d'utiliser des biens individuels et collectifs » et « assurer l'éducation de base à la sécurité » sont indispensables et devraient être pondérés à 3.

Ainsi, pour les analystes, on saura tout de suite qu'il est indispensable que le projet ait explicitement des mesures visant à atteindre ces objectifs. Dans le cas des objectifs souhaitables, on pourra proposer comme piste de bonification, en fin de course, de nommer la garderie « Les petits carcajous » en prévoyant des activités éducatives sur ce thème et cela pourra correspondre à un petit plus pour mettre en valeur cette espèce « symbolique ».

L'évaluation des objectifs

Une fois pondéré, chaque objectif doit être évalué en répondant à la question suivante :

Comment le projet répond-il à cet objectif?

Les valeurs numériques de 0 à 100 % sont utilisées pour déterminer la performance du projet par rapport à un objectif donné. Le tableau suivant présente un guide pour cette évaluation.

0 % à 10 % : Un objectif dont le projet n'a pas tenu compte.

10 % à 25 % : Un objectif sur lequel le projet a des effets positifs indirects, qui ne sont pas liés à la qualité du projet.

25 à 40 % : Un objectif pour lequel le projet répond faiblement (selon le niveau des mesures prises).

40 à 60 % : Le projet répond moyennement à l'objectif, sans se démarquer d'autres projets semblables, mais en y accordant tout de même une certaine attention.

60 % à 75 % : Un objectif pris en compte, mais auquel on peut suggérer des améliorations.

80 % à 90 % : Le projet se démarque par ses innovations et par l'ampleur de la prise en compte de cet objectif dans les choix effectués.

90 % à 100 % : Le projet ou la démarche est un modèle d'innovation relativement à cet objectif.

Les analystes peuvent procéder en établissant une moyenne de leurs notes respectives ou encore s'entendre sur une note commune en fonction de leurs discussions. Cette dernière façon de faire est préférable, car elle oblige à partager les points de vue et peut mieux éclairer certaines dimensions du projet. Une troisième façon de faire est de procéder à des évaluations individuelles et de discuter seulement des évaluations divergentes.

Il faut garder en tête que malgré le recours à des évaluations quantitatives, la pondération et l'évaluation des objectifs relativement à un projet ou à une démarche demeurent des exercices hautement subjectifs, ou qui favorise plutôt l'intersubjectivité.

La bonification et les commentaires

Les commentaires des analystes et les pistes de bonification imaginés et proposés pendant l'analyse doivent être inscrits en bref dans les cases appropriées de la grille d'analyse.

Des fiches de commentaires pourront être complétées pour chaque objectif où le projet devrait être bonifié, selon l'avis des analystes. À chaque objectif devrait correspondre une fiche distincte. Chacune de ces fiches devrait comporter quatre sections. Les éléments des trois dernières sections doivent faire l'objet d'une réflexion de la part de l'équipe d'analystes lors de l'évaluation des objectifs :

- l'identification du projet et de l'objectif;
- l'identification des actions envisagées par le promoteur pour répondre à l'objectif correspondant;
- les effets négatifs que ces actions pourraient avoir sur d'autres objectifs de la grille;
- des suggestions de mesures de bonification (si nécessaire en cas de faible évaluation) ou des commentaires à propos de cet objectif.

Fiche 2 : Interpréter les résultats de l'analyse

Un rapport d'analyse devrait habituellement être produit à chaque utilisation de la grille. Ce rapport vise principalement à déterminer les objectifs sur lesquels la priorité devrait être mise afin d'améliorer la performance du projet en terme de développement durable, mais également à souligner les bons coups du projet ou de l'organisation. Voici les éléments qui pourraient être soulignés dans un rapport suite à une analyse détaillée.

Équilibre du projet et performance générale : tétraèdre, indice de gouvernance et diagrammes radars

Le rapport devrait donner une appréciation générale du projet en termes de développement durable. Le tétraèdre, l'indice de gouvernance et les diagrammes radars sont des outils de représentation graphique qui présentent visuellement les notes globales obtenues pour chaque dimension (5) et pour chaque thème (32). Toutes les notes sont calculées automatiquement par le tableur (le détail des équations est présenté dans la fiche 3). Chaque note est un indicateur de la performance du projet pour une des dimensions ou pour un thème du développement durable. Cet indicateur n'a pas de valeur scientifique, mais il sert à comparer la performance entre les dimensions, entre les thèmes et entre les projets ou démarches. Voici une appréciation qualitative des notes pouvant être obtenues pour une dimension ou pour un projet.

Entre 80 % et 100 % :	Dimension ou thème fortement considéré dans le projet;
Entre 60 % et 80 % :	Dimension ou thème présent dans le projet;
Entre 40 % et 60 % :	Dimension ou thème faiblement considéré dans le projet;
Entre 20 % et 40 % :	Dimension ou thème insuffisamment considéré dans le projet;
Moins de 20 % :	Dimension ou thème absent du projet.

Un projet de développement durable devrait également respecter l'équilibre dans la satisfaction des besoins selon les 4 dimensions. Un projet dont une des dimensions atteint moins de 40 % a peu de chance de réussir dans la voie du développement durable. Ce projet devrait donc être retravaillé.

L'utilisation de la grille permet ainsi d'identifier facilement les forces et les faiblesses générales d'un projet ou d'une démarche, à travers la performance par dimension et par thème illustrée par les outils de représentation graphique, et de mettre en place un processus de bonification.

Les enjeux prioritaires

Les enjeux prioritaires pour une organisation sont les thèmes pour lesquels la moyenne des pondérations des objectifs associés est égale ou supérieure à 2,3. Cette moyenne des pondérations est calculée automatiquement par le tableur, pour chaque thème, dans le tableau correspondant à la page résultats.

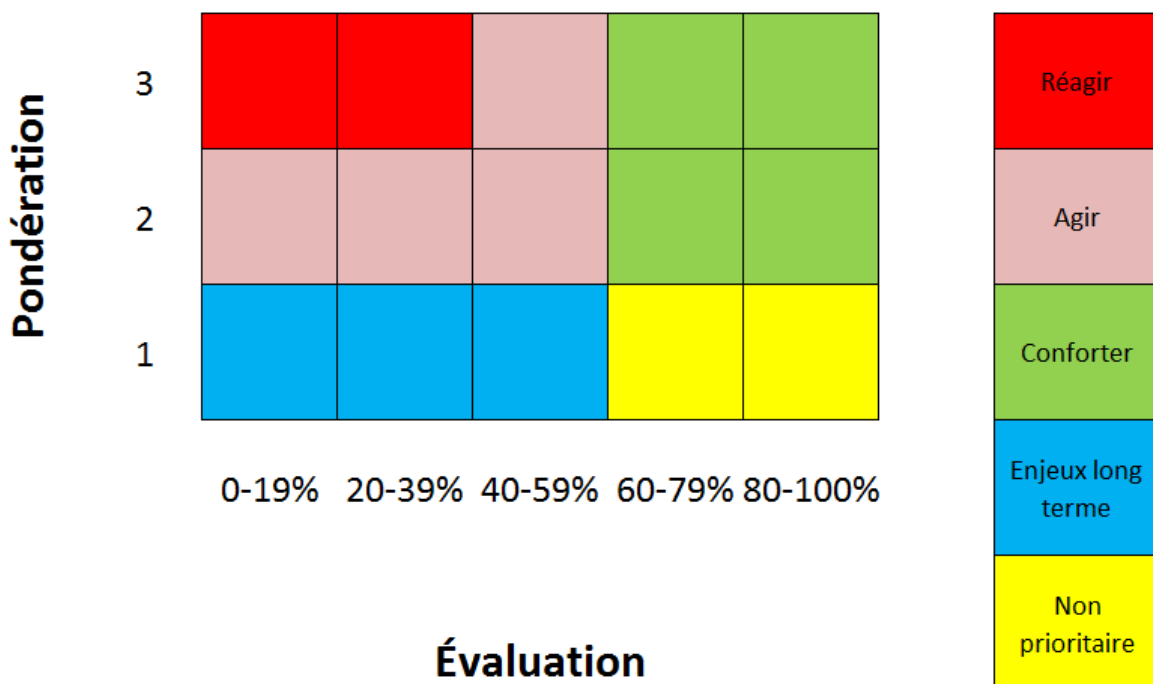
Les bons coups, et les moins bons

Dans un rapport d'analyse, il est pertinent de souligner les meilleurs coups du projet, ainsi que les moins bons.

- Les bons coups sont les actions qui justifient qu'un objectif obtienne une évaluation supérieure à 85% (peu importe leur pondération).
- Les lacunes sont au niveau des objectifs qui ont obtenu une évaluation inférieure à 15% (pour les pondérations 2 et 3).

Les objectifs à prioriser : méthodologie de priorisation

Afin de mettre les efforts sur les pistes de bonification les plus pertinentes, il est nécessaire d'identifier les objectifs sur lesquels la priorité devrait être mise. De façon générale, plus un objectif est jugé important (pondération élevée) et peu performant (évaluation faible), plus il sera urgent d'agir et de mettre en œuvre des mesures d'amélioration pour cet objectif. La figure suivante présente une méthodologie de hiérarchisation des objectifs à bonifier.



- Les objectifs prioritaires, ceux sur lesquels l'organisation ou le comité de projet devrait réagir, sont les objectifs pondérés à 3 dont l'évaluation sera inférieure à 40 %.
- Il faut agir sur les objectifs pondérés à 3 pour lesquels l'évaluation est de 40 à 60 %, ainsi que sur les objectifs pondérés à 2 pour lesquels l'évaluation est inférieure à 60 %.
- Il faut conforter les objectifs pondérés à 2 ou 3 dont l'évaluation est supérieure à 60 %.
- Les objectifs pondérés à 1 dont l'évaluation est inférieure à 60 % sont des objectifs dont l'organisation ou le comité de projet devraient tenir compte à long terme.
- Les objectifs pondérés à 1 dont l'évaluation est supérieure à 60 % sont non prioritaires.

Dans chaque tableau des objectifs, une colonne permet de préciser s'il faut réagir, agir ou conforter un objectif, s'il s'agit d'un objectif à long terme ou non prioritaire. Cette hiérarchisation peut être faite seulement par objectif. Elle perd son sens pour les valeurs cumulées (pondération et évaluation) des thèmes ou des dimensions. Les diagrammes radar permettent toutefois de juger de la priorité d'action sur les thèmes et dimensions.

Pistes de bonification à prioriser

Le rapport devrait enfin présenter une liste des pistes de bonifications suggérées à considérer en priorité. Ces pistes sont celles qui ont été proposées pour les objectifs sur lesquels l'organisation devrait réagir ou agir.

Note importante

Malgré les pistes proposées dans cette méthodologie d'interprétation de l'analyse, il est toutefois essentiel que les analystes effectuent leur propre interprétation des résultats. Les utilisateurs de la grille ne devraient pas uniquement se fier à ces propositions d'analyse. Il faut garder en tête que des éléments contextuels peuvent influencer fortement les priorités réelles d'une organisation ou d'un comité de gestion de projet.

De plus, chaque projet est évalué en fonction de sa propre pondération, c'est sa progression et non sa position initiale qui importe. Cette démarche permet d'éviter les pièges de la comparaison ou de la notation dans l'absolu d'un projet par rapport à un autre. En effet, même si un projet de jardin communautaire peut être analysé à travers la grille aussi bien qu'un projet industriel, il serait injuste et inapproprié de comparer leur performance entre eux.

Cependant, avec certaines précautions, il est possible de comparer des projets de même nature si la pondération de chacun des objectifs est semblable. Dans le meilleur des cas, la grille permet de comparer un projet avec lui-même, au cours de son évolution. Elle constitue ainsi la base d'un tableau de bord où l'on peut sélectionner des indicateurs pertinents pour le suivi d'un projet ou afin de tester des hypothèses.

Fiche 3 : Détails du calcul des résultats globaux (dimensions et thèmes)

Une fois tous les objectifs de la grille évalués, le tableur Excel calcule automatiquement la note que mérite le projet ou la démarche pour chaque objectif.

La note de chaque objectif est obtenue en multipliant la valeur de l'évaluation par la valeur de la pondération. Ensuite, il faut multiplier la pondération par 100 pour connaître la note maximale qu'aurait pu obtenir l'objectif (selon sa pondération). Par exemple, si l'on a pondéré un objectif à une importance de 2, et qu'il a été évalué à 40 %, la note obtenue sera de 80 (c.-à-d. $2 * 40$) sur une note maximale de 200 (c.-à-d. $2 * 100$), pour une note de 80/200. Il suffit ensuite de répéter ce calcul pour chaque objectif.

Exemples

- Un objectif pondéré 1 qui aurait une évaluation de 40 aura une note de 40 sur une possibilité de 100
- Un objectif pondéré 2 qui aurait une évaluation de 70 aura une note de 140 sur une possibilité de 200
- Un objectif pondéré 3 qui aurait une évaluation de 20 aura une note de 60 sur une possibilité de 300

Le résultat global d'une dimension (ou d'un thème) est la moyenne pondérée des notes de l'ensemble des objectifs de cette dimension (ou thème) du développement durable.

Pour obtenir la moyenne pondérée, il faut faire la somme des notes de tous les objectifs, divisée par la somme des maximums pouvant être atteints pour tous les objectifs.

En prenant pour exemple les trois objectifs de l'encadré précédent, nous obtenons

Une note globale de 240 ($40+140+60$)

Sur un maximum possible de 600 ($100+200+300$)

Ce qui donne un résultat (moyenne pondérée) de 40 % ($240/600$)

C'est de cette façon que sont calculés les résultats globaux des 5 dimensions du développement durable, ainsi que les résultats des 33 thèmes. Ces résultats sont par la suite illustrés par le tétraèdre, par l'indice de gouvernance et par les cinq diagrammes radars.

Fiche 4 : Exemples de pistes de bonifications

Voici des exemples de pistes de bonifications pour certains objectifs de la grille, pour une analyse sur un projet d'implantation d'un système de recyclage en milieu institutionnel.

Mettre en place des actions ciblant les plus démunis dans la collectivité :

- Remettre les économies des frais d'enfouissement et les revenus de la consigne à des organismes sociaux
- Offrir des contrats à des entreprises de réinsertion

Chercher à développer des partenariats

- Mettre en réseau d'autres institutions pour rentabiliser certains services de collecte

Potentiel d'innovation

- Faire un suivi sérieux des commentaires des différents utilisateurs
- Prévoir l'installation d'îlots pour la collecte d'autres déchets plus problématiques (les piles, cartouches d'encre, etc.)

Planifier une utilisation judicieuse des ressources renouvelables

- Sensibiliser à la réduction à la source pour le papier

Évaluer la possibilité de remplacement

- Éliminer la vente de bouteilles d'eau
- Éliminer les pellicules de plastique et les contenants de styromousse à la cafétéria

Augmenter le sentiment d'appartenance

- Communiquer les résultats en matière de matières de récupération

Donner au plus grand nombre la possibilité d'utiliser des biens individuels ou collectifs

- Implanter le système dans tous les pavillons de l'organisation
- Avoir les îlots à l'extérieur, accessibles aux passants et aux visiteurs

S'assurer de la durabilité du produit

- Réévaluer les critères de construction des prochains îlots pour qu'ils soient plus solides

Favoriser le partage des compétences

- Afficher sur Internet le processus d'implantation du système et son fonctionnement au bénéfice d'autres organisations

Fiche 5 : Exemples d'indicateurs élaborés à partir des objectifs

Voici des exemples d'indicateurs pour certains objectifs de la grille, pour une analyse sur un projet d'implantation d'un système de recyclage en milieu institutionnel, en lien avec les pistes de bonification proposées dans la fiche 4.

Mettre en place des actions ciblant les plus démunis dans la collectivité :

- Montants remis annuellement à des organismes à vocation sociale
- % de la valeur des contrats allant à des entreprises d'économie sociale

Chercher à développer des partenariats

- Nombre de partenaires dans le réseau de collecte des matières compostables

Potentiel d'innovation

- Nombre d'innovations issues des commentaires des utilisateurs
- % des matières dangereuses détournées de l'enfouissement

Planifier une utilisation judicieuse des ressources renouvelables

- Nombre d'action de sensibilisation à la réduction à la source

Évaluer la possibilité de remplacement

- % des matières jugées non recyclables par rapport à l'ensemble des matières résiduelles produites

Augmenter le sentiment d'appartenance

- Taux de notoriété du système de recyclage dans l'organisation
- Nombre d'action de communication des résultats (performance du système)

Donner au plus grand nombre la possibilité d'utiliser des biens individuels ou collectifs

- Nombre d'îlots disponibles dans les différents pavillons de l'organisation

S'assurer de la durabilité du produit

- Nombre de bris annuels pouvant être réparés
- Nombre de bris annuels nécessitant un remplacement de l'îlot

Favoriser le partage des compétences

- Nombre de visiteurs sur le site internet expliquant la démarche d'implantation
- Nombre d'organisation ayant demandé de l'information sur l'implantation du système via le site internet

Fiche 6 : Utilisations qui ont été faites avec la grille

La grille d'analyse présentée ici est le résultat de multiples travaux réalisés depuis une vingtaine d'années sous la direction de Claude Villeneuve. Cette grille a déjà été utilisée dans diverses phases de projets, de la conception jusqu'à l'analyse de projets complétés. Si elle a été développée pour être appliquée d'abord à des projets, la grille peut également s'appliquer à des politiques, à des programmes, à des idées, et même à d'autres outils d'analyse. Elle permet enfin l'évaluation dans une démarche d'amélioration continue.

Elle a été testée dans de nombreux contextes et elle donne des résultats qui répondent aux attentes des utilisateurs désireux de s'engager dans une démarche de développement durable. Voici une liste de contextes dans lesquels la grille a été utilisée :

Analyses sommaires réalisées par l'équipe de la chaire en éco-conseil

- Projet Le Massif;
- Gestion des déchets aux Îles de la Madeleine;
- Comparaison des outils de compensation carbonique;
- Centre des sciences de Montréal;
- Assemblée nationale;
- Rapport annuel de Cascades;
- Plan de transport de la Ville de Montréal.

Analyses détaillées réalisées par la chaire en éco-conseil

- Ashuapmusuan Assi;
- Récupère-Sol;
- Grand défi Pierre Lavoie;
- Comparaison des voies de traitement des sols contaminés.

Utilisations faites par des étudiants dans le cadre de la formation en éco-conseil

- Analyses sommaires et détaillées d'études d'impacts sur l'environnement relatives à des projets majeurs;
- Analyse sommaire sur le contenu de livre traitant du développement durable;
- Analyses détaillées partielles sur un projet d'implantation d'un système de recyclage dans une institution;
- Analyses détaillées ou sommaires dans le cadre de projets réalisés pour des commanditaires;
- À cela s'ajoutent de multiples utilisations dans le cadre des stages professionnels.

Fiche 7 : Historique des représentations graphiques du développement durable

À la fin des années 1980, Barry Sadler publiait le modèle des cercles représentant les besoins sociaux, environnementaux et économiques à l'intersection desquels l'on retrouvait le développement durable (Sadler, 1990 et Jacobs et Sadler, 1991). Ce modèle a par la suite inspiré le modèle du triangle (Villeneuve, 1990) qui a lui-même servi de base au modèle du tétraèdre présenté plus loin. Jean-Pierre Revérêt, dans le cadre d'une conférence aux économistes du Québec en 2004 et par la suite Corinne Gendron ont proposé le modèle hiérarchisé suivant :

« ... le développement durable repose sur un agencement hiérarchisé de ses trois pôles environnemental, économique et social, à travers lequel le développement respecte l'intégrité de l'environnement en préservant les grandes régulations écologiques (climat, biodiversité, eau, etc.), contribue effectivement au mieux-être des personnes et des sociétés, et instrumentalise l'économie à cette fin. Bref, l'intégrité écologique est une condition, l'économie un moyen, et le développement social et individuel une fin du développement durable, alors que l'équité en est à la fois une condition, un moyen et une fin. La mise en œuvre du développement durable suppose par ailleurs un système de gouvernance qui assure la participation de tous aux processus de décision et permet l'expression d'une éthique du futur grâce à laquelle sont prises en compte les générations à venir. » (Gendron, 2005)

À partir de 1991, la Région Laboratoire du Développement durable s'est appliquée à définir un cadre d'analyse pour qualifier les projets de développement durable qui lui étaient présentés. C'est ainsi que le mandat fut donné au secrétariat du développement durable, puis au comité d'analyse de projets de développer un modèle applicable et une grille d'analyse efficace à cet effet. Le tétraèdre (Villeneuve, 1992) a été proposé et utilisé par la suite dans différents dossiers.

Claude Villeneuve a appliqué cette démarche et en a publié les résultats au cours de deux mandats au Bureau d'audiences publiques sur l'environnement du Québec, dans divers mandats dont l'analyse de la politique forestière du Québec, dans le domaine de l'efficacité énergétique, ainsi que dans la conception du rapport de la Table de consultation sur l'énergie du ministre des Ressources naturelles du gouvernement du Québec⁶.

Le tétraèdre ainsi développé est une représentation d'une évaluation qualitative de développement durable d'un projet. Il reprend le score obtenu par un projet pour chacun des pôles de la grille d'analyse et les présente sans en faire l'agrégation. L'utilisation d'une

⁶— Table de consultation du débat public sur l'énergie, 1996, Pour un Québec efficace, Gouvernement du Québec Ministère des Ressources Naturelles du Québec, 150 pages

figure de tétraèdre dans le tétraèdre peut être plus intéressante. En utilisant le logiciel EXCEL™ de Microsoft, la fonction permettant de faire un graphique en radar peut faciliter la visualisation de l'équilibre des pôles. On pose dans le graphique les scores obtenus directement par la grille. Cela donne une représentation barycentrique qui est facilement interprétable et sur laquelle on peut poser aussi bien un état mesuré qu'un état projeté.

La méthode présente un graphique où le tétraèdre extérieur représente l'idéal à atteindre. On reconnaîtra le projet de développement durable par son adéquation avec la marge extérieure du tétraèdre. Ainsi, un tétraèdre de petite taille aux angles aigus représente un déséquilibre. Dans cette représentation, un projet faible à tout point de vue présente une figure petite, loin de l'idéal de « plénitude ». Les pôles sur lesquels on doit travailler en priorité sont ceux qui sont les plus éloignés de l'objectif.

La représentation d'un tétraèdre est cependant arbitraire et dépend des personnes qui ont participé à l'évaluation, de leur connaissance du projet et de leurs compétences particulières. L'analyse effectuée par plusieurs groupes différents peut donner des figures différentes. Dans tous les cas, elle a l'avantage de favoriser la mise en commun de points de vue et l'examen d'un ensemble de critères qui n'auraient pas nécessairement été pris en considération par des méthodes d'analyse traditionnelles. Le processus de bonification consiste à identifier des éléments à intégrer au projet ou des compromis nécessaires pour permettre de mieux atteindre les objectifs dans les pôles qui s'avèrent les plus faibles. Lorsque ces compromis ou ces ajouts ont été identifiés, ils doivent être validés et présentés au promoteur et l'on peut créer une nouvelle figure si celui-ci consent à les intégrer dans le projet. Ce processus doit être soumis à des réévaluations périodiques de manière à préciser le degré d'atteinte des objectifs pour chacun des types de besoins.

On remarque que plus un projet est à un stade préliminaire de son avancement, plus il est facile d'obtenir un tétraèdre équilibré. C'est pourquoi il faut revenir à la grille d'analyse au cours du processus et représenter les projets en fonction de leur avancement.

Le tétraèdre est une représentation qui peut être utilisée à quatre fins dans une démarche de développement durable :

- comme outil de clarification des besoins et de recherche de compromis;
- comme outil d'analyse et de bonification d'un projet ou d'une politique;
- comme modèle de conception d'un projet ou d'une politique de développement;
- comme outil de médiation.

Dans chacune de ces utilisations, la représentation sert de support explicatif. Dans tous les cas, il est utile de combiner au tétraèdre la grille d'analyse pour s'assurer que la satisfaction des besoins de la génération actuelle ne risque pas de remettre en question la satisfaction des besoins des générations à venir.

Fiche 8 : Historique de la grille d'analyse de la chaire en éco-conseil

L'outil actuel est le fruit du travail de nombreux professionnels, bénévoles et étudiants universitaires, dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean (Québec, Canada), à Strasbourg (France) et ailleurs dans le monde.

Voici quelques points de repère importants dans l'évolution de cet outil d'analyse, dont l'historique est intimement lié à l'histoire de la chaire de recherche et d'intervention en éco-conseil et des multiples formations qui en découle.

1988 : Questionnement sur l'application de l'idée du développement durable dans un contexte expérimental géographiquement défini. À la suite de l'analyse du Rapport Brundtland dans un cadre universitaire, on propose de faire du Saguenay Lac-Saint-Jean une région laboratoire pour l'application du développement durable, ce qui implique de déterminer les éléments qui caractérisent cette région et son évolution dans le processus du développement, de manière à poser des hypothèses sur ce qui pourrait l'amener vers un développement plus durable.

1991 : Première université d'été internationale francophone sur le développement durable. Questionnement sur les indicateurs qui permettent de comparer deux régions pour qualifier le degré de durabilité de leur développement. Première démarche d'analyse par projets.

1992 : Ajout de la dimension « équité et justice » dans le modèle du développement durable de la Région laboratoire.

1993 : Troisième université d'été internationale francophone sur le développement durable. Première proto-grille : « les bonnes questions ». Le modèle à quatre pôles et le concept de région laboratoire sont présentés à l'UNESCO à Paris (programme MAB).

1994 : Première version de la grille d'analyse de projets testée à l'Institut éco-conseil de Strasbourg.

1995 : La grille est testée dans l'analyse de 196 projets issus de la région du Saguenay Lac-Saint-Jean pour l'éco-sommet tenu à Montréal.

1997 : Ajout des dimensions autochtones et de la pondération dans la grille. Présentation de la grille au Congrès international Nikan sur les applications territoriales du développement durable.

1998 : Publication du modèle à quatre pôles dans « Qui a peur de l'an 2000? ».

- 1999 : Publication de la première version officielle de la grille et utilisation dans les cours à la maîtrise en environnement de l'Université de Sherbrooke.
- 2000 : Analyse de conception du Centre de conservation de la biodiversité boréale.
- 2001 : Démarrage de la formation des éco-conseillers à l'UQAC. La grille est adaptée pour l'enseignement.
- 2002 : Colloque international de Dakar sur le développement durable, des ajouts concernant la dimension culturelle sont faits à la grille.
- 2003 : Nouvelle version de la grille pour la formation de la promo 3 des éco-conseillers à Chicoutimi. Création de la Chaire en Éco-Conseil, dont les travaux nécessitent l'utilisation de la grille et l'enrichissent par l'expérience.
- 2004 : Utilisation de la grille dans les projets de la Chaire. Adaptation pour la grille d'analyse du réseau Villes et villages en santé et pour la grille d'analyse du développement durable des collectivités du gouvernement du Canada.
- 2005 : Projet ACFAS ØØ conçu avec la grille. Colloque international : « Le développement durable : quels progrès, quels outils, quelle formation? ».
- 2006 : Nouvelle version de la grille avec modifications mineures (calculs automatisés, etc.).
- 2007 : Mise à jour importante du guide d'utilisation et modification du visuel de la grille. Test d'une version simplifiée dans le cadre des Rendez-vous du développement durable à l'Université de Sherbrooke.
- 2008 : Création du programme court de deuxième cycle en développement durable appliqué et du cours 1ECC808, utilisant la grille d'analyse comme outil de référence.
- 2009 : Publication d'un article sur la grille d'analyse dans l'encyclopédie 4D.
- 2010 : Analyse comparative de trois outils (dont la grille de la Chaire) pour vérifier la cohérence de la politique de gestion des sols contaminés du Québec.
- 2011 : Mise à jour importante de la grille, incluant l'ajout de l'indice de gouvernance et la méthodologie de rédaction du rapport automatisé. Mise à jour du guide d'utilisation. Début de la période de test de la nouvelle version par le grand public.

D'autres développements restent à venir...

Fiche 9 : Adéquation des thèmes et des objectifs avec les principes issus de la Loi québécoise sur le développement durable

Le gouvernement du Québec s'est doté en 2006 d'une Loi sur le développement durable, qui a été adoptée à l'unanimité par l'Assemblée nationale. La loi s'applique dans un premier temps à l'ensemble de l'administration publique, soit les sociétés d'État, les ministères et les organismes d'État, soit plus de 150 ministères, organismes et entreprises du gouvernement du Québec. La loi pourra éventuellement s'appliquer également aux organismes municipaux, aux organismes scolaires et aux établissements de santé et de services sociaux.

La loi impose un nouveau cadre de gestion à l'échelle de l'Administration. Elle prévoit que les organisations assujetties doivent adopter des plans d'action de développement durable qui toucheront leurs politiques, leurs programmes et leurs activités. Ces plans d'action feront l'objet d'un suivi et d'une reddition de comptes.

La loi propose 16 principes de développement durable qui doivent être pris en compte afin de mieux intégrer la recherche d'un développement durable dans ses sphères d'intervention. Ces principes sont inspirés de ceux qui ont été adoptés par les Nations Unies au Sommet de Rio en 1992. La prise en compte de l'ensemble des principes s'applique normalement à toutes les actions de l'administration publique.

Le tableau qui suit présente des éléments d'adéquation entre les principes de la loi québécoise sur le développement durable et les thèmes et objectifs présents dans la grille. Cette juxtaposition est présentée afin de guider les professionnels responsables de l'application de la loi qui souhaite utiliser la grille comme outil d'analyse et d'évaluation.

Principes de la loi :

- | | |
|--|--|
| A. Santé et qualité de vie | I. Prévention |
| B. Équité et solidarité sociales | J. Précaution |
| C. Protection de l'environnement | K. Protection du patrimoine culturel |
| D. Efficacité économique | L. Préservation de la biodiversité |
| E. Participation et engagement | M. Respect de la capacité de support des écosystèmes |
| F. Accès au savoir | N. Production et consommation responsables |
| G. Subsidiarité | O. Pollueur payeur |
| H. Partenariat et coopération intergouvernementale | P. Internalisation des coûts |

Principe de la Loi québécoise sur le développement durable	Thèmes et objectifs de la grille d'analyse de la Chaire en éco-conseil directement touchés
A. Santé et qualité de vie	Éthique : Thème 1 Sociale : Thèmes 1, 2, 4, 5 et 6
B. Équité et solidarité sociales	Éthique : Thèmes 2 et 3 Sociale : Thème 5 Économique : Thèmes 1 et 6 Gouvernance : Thème 4, Objectif 6.3
C. Protection de l'environnement	Éthique : Thème 3 Écologique : Thèmes 1 à 7 Sociale : Objectifs 1.3 et 1.4 Économique : Thème 3
D. Efficacité économique	Économique : Thèmes 1 à 7
E. Participation et engagement	Éthique : Thème 5 Sociale : Thèmes 4, 5 et 6 Gouvernance : Thèmes 2, 4 et 5
F. Accès au savoir	Sociale : Thème 3 Économique : Objectif 7.2 Gouvernance : Thèmes 4
G. Subsidiarité	Gouvernance : Thèmes 4 et 5
H. Partenariat et coopération intergouvernementale	Éthique : Thèmes 4 et 5 Gouvernance : Thème 2
I. Prévention	Gouvernance : Objectif 6.1
J. Précaution	Gouvernance : Objectif 6.2
K. Protection du patrimoine culturel	Sociale : Thème 7 Gouvernance : Thème 4
L. Préservation de la biodiversité	Éthique : Thème 3 Écologique : Thèmes 1, 4, 5, 6 et 7
M. Respect de la capacité de support des écosystèmes	Éthique : Thème 3 Écologique : Thèmes 1, 2, 4, 5 et 6
N. Production et consommation responsables	Économique : Thèmes 3 et 7
O. Pollueur payeur	Économique : Thème 3, Gouvernance : Objectif 5.2
P. Internalisation des coûts	Économique : Objectifs 3.2

ANNEXE 4

Rapports minoritaires

Rapport minoritaire Éric Scullion

4.1 Dimension économique – viabilité financière

Cet objectif a été celui qui a suscité le plus de discussions dans le groupe concernant sa pertinence intrinsèque. Il a même généré un questionnement, une certaine dissension parmi les éco-conseillers.

La viabilité financière est définitivement essentielle dans le cas du projet d'un promoteur. Mais dans le cadre du PSB, il est impossible de soustraire RTA l'entreprise, pour pondérer l'objectif 4.1. Le PSB ne peut pas être rentable économiquement (que des dépenses, pas de revenus) sans considérer la valeur économique des MW, produite par RTA, en fonction de l'élévation du Lac Saint-Jean.

La rentabilité du PSB se calcule par les MW produits par RTA, tout en apaisant les craintes et le mécontentement des riverains, causés par l'érosion et le haut niveau des eaux du Lac Saint-Jean. Est-ce que RTA pourrait garder sa gestion actuelle du Lac sans le PSB ? Quel tollé cela provoquerait !

Imaginons une gestion à la cote maximale de 17.5 pieds, pour une production maximum de MW et l'événement météo du 23 et 24 novembre 2013 sans PSB; les dégâts seraient désastreux, voire catastrophiques.

Il est impossible de pondérer cet objectif sans considérer les MW produits et la gestion du niveau du Lac Saint-Jean.

À mon avis, le mandat défini et confié à la Chaire en éco-conseil par RTA est trop restrictif. Les **frontières** établies par RTA sont clairement incompatibles pour pondérer plusieurs objectifs.

Extrait du communiqué émit par la Chaire en éco-conseil le 12 mai 2014 :

La première étape d'analyse du projet, initié par Rio Tinto Alcan – division Énergie électrique, consistait à pondérer chacun des 101 objectifs de la GADD en se référant chaque fois aux « frontières » spatiales et temporelles établies pour celui-ci.

Le libellé de l'objectif 4.1 en est la démonstration indubitable. Les frontières étaient impossibles à respecter pour cet objectif et les longues minutes de discussion du groupe en font foi.

Selon moi, l'objectif 4.1 démontre que l'outil, qu'est la GADD, a des limites. Même madame Caroline Jollette de RTA, était incapable de pondérer cet objectif sans considérer RTA l'entreprise, dans son entité.

Nous avons pondéré les conséquences, les effets du PSB, sans pouvoir aborder véritablement les **causes** qui sont à l'origine de la création, par décret, du PSB. Comment pondérer la résultante d'un problème d'érosion sans pouvoir en considérer les causes ? Scientifiquement, objectivement, un outil comme la GADD **aurait dû et devrait** pouvoir le faire... En somme, le vrai débat de l'érosion du Lac Saint-Jean est un débat de production de MW.

Recharger les 45 km de plages du Lac Saint-Jean et ce, perpétuellement, ou empierrier de plus en plus le pourtour de cette mer intérieure, est-ce du développement durable ou du développement insoutenable pour les générations futures. Dans 50, 100 ans, comment les géomorphologues, les hydrologues, les biologistes qualifieront-ils les impacts réels du PSB sur notre le Lac Saint-Jean ? Le principe de précaution devrait également s'appliquer dans le cas de la production de MW.

RTA produit en moyenne, annuellement, 2000 MW avec ses installations hydrauliques. En abaissant son niveau à 15.5 pieds, cela signifierait des pertes potentielles de combien de MW annuellement ? Et permettrait-il de diminuer le rythme et l'intensité des interventions du PSB ?

Les effets manifestes des changements climatiques ne sont plus des balivernes de scientifiques alarmistes. Depuis les 3 dernières années, combien de fois RTA a-t-elle eu à utiliser l'adjectif *historique* pour décrire des crues, des vents, des précipitations et dire que les manifestations des changements climatiques ne font que débiter...

Bien à vous,

Éric Scullion

N.B. Je devais faire un rapport minoritaire pour l'objectif 3.2. J'ai relu l'objectif et je rejoins le consensus du groupe. Donc, je ne ferai pas de rapport minoritaire pour cet objectif.

Rapports minoritaires – Caroline Jolette, chargée de projet au Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean de Rio Tinto Alcan

Dimension écologique

Objectif 6.3 – Contribuer au maintien de la diversité de paysages – pondération : 2, nécessaire

Bien que je considère important le maintien de la diversité de paysages aux abords du lac Saint-Jean, en mon sens, cet objectif est nécessaire d'être rencontré donc équivalent à une pondération de 2 à défaut d'être indispensable (3). L'équipe du programme de stabilisation des berges doit continuer de valoriser l'intégration architecturale et paysagère des ouvrages, mais selon moi, l'efficacité technique de ceux-ci à contrer l'érosion et leurs impacts sur l'environnement et l'habitat du poisson doivent demeurer la priorité des critères de conception.

Dimension économique

Objectif 4.1 – S'assurer de la rentabilité du projet – pondération : 3, indispensable

Dans la définition de cet objectif, on mentionnait de tenir compte entre autres des coûts d'opération dont les coûts de maintenance, d'entretien et d'exploitation par rapport aux coûts globaux en faisant la promotion d'une utilisation efficace des fonds. En tant que chargée de projet, je considère que cette notion ne peut être mise de côté et doit absolument être intégrée dans la planification et la réalisation des interventions de protection de berges afin de garantir la pérennité du projet. Si les coûts d'entretien devenaient trop importants comparativement aux revenus, le promoteur aurait à se repositionner afin de continuer à viser la rentabilité économique du projet.

Rapport minoritaire de M. Jeanpierr Fortin ing.

Dimension écologique	
3.2 Favoriser les vecteurs d'énergie aux moindres impacts	Pendant la construction n'est pas un facteur de moindre importante après les travaux terminé je ne vois pas de facteur de résilience ayant un impact
7.2 Réduire les émissions de substances appauvrissant la couche d'ozone	Aucune substances n'as été relevé dans le projet qui nous permet de devoir se questionné sur un effet d'appauvrissement de la couche d'ozone
Dimension sociale	
2.3 Assurer l'éducation de base à la sécurité	Pas le role du promoteur du projet de faire éducation à la sécurité (cependant les ouvrages doivent être concu sécuritaire) affiche barricade garde corps etc si requis
Dimension économique	
1.3 S'assurer d'une juste valeur d'échange pour le travail des personnes	Pas le role du promoteur (cadre légal et convention collective de la construction y suffisent)

Rapport minoritaire David Cleary

Dimension Gouvernance

Objectif 4.1: Considérer le contexte légal

Quoi: Prendre en compte le contexte juridique, la réglementation et le contentieux dans la conception et la réalisation du projet

Comment: En s'informant du contexte légal, en visant la conformité réglementaire et même au-delà. En considérant les possibilités d'évolution du contexte légal.

Cet objectif est inhérent au projet et adaptable en fonction des pressions sociales et de la compagnie elle est donc nécessaire à mon avis et non pas indispensable.

David Cleary, biologiste. M. Sc.

Conseiller en gestion de la Faune et de l'Environnement Ka ashu uauihtamatshesht uashka assikie ka ilniimikanilitsh tshekualu Secteur aménagement du territoire Ueuetshitashunilu kie uauitishiunilu tshitassinahstsh Patrimoine, culture et territoire Tshiash ilniun ilnu aitun kie assiluka atusseshtika

Rapport minoritaire Thérèse carrier

"Dimension éthique

Solidarité

2.2 Compte tenu de l'homogénéité de notre population et que les recours ne manquent pas pour ceux qui se sentent lésés. Objectif devient nécessaire.

2.3 Tous ne sont pas touchés au même point par l'enjeu de la stabilisation des berges. Nécessaire.

2.6 Objectif souhaitable : continuer de protéger les aires récréatives.

Dimension écologique

3.1 Ob. Souhaitable : RIO TINTO modifiera-t-elle ses plans énergétiques à plus ou moins court terme, préférant nous revendre son électricité.

3.2 Ob. Nécessaire : faire de meilleurs choix des soumissionnaires qui respectent les lois environnementales.

4.5 Ob. Souhaitable : il revient aux compagnies de voir à respecter les lois environnementales et faire l'objet de vérifications par les parties prenantes et les ministères impliqués.

7.2 Ob. Souhaitable : dans le cadre de la protection des berges peu ou pas de polluants pouvant affecter la couche d'ozone

7.3 Ob. Souhaitable : il en est de même pour les polluants organiques.

Dimension sociale

2.1 Ob. Nécessaire : pas essentiel à la réalisation des travaux.

2.2 Ob. Nécessaire : prévoir la sécurité par l'entremise des contractants et de la publicité lors des travaux

2.3 Ob. Souhaitable : pas en lien avec le projet de protection des berges. Divers organismes s'en chargent tels : la Croix-Rouge, la S.Q., les associations nautiques.

3.4 Ob. Nécessaire : mais non essentielle pour réaliser le projet. Conscientiser les usagers, les plaisanciers et les riverains demeurera éternellement nécessaire.

4.2 Ob. Nécessaire : à long terme.

5.2 Ob. Souhaitable : dans les dossiers d'intérêt public tous ceux qui veulent s'exprimer devraient pouvoir le faire. RIO TINTO nous offre cette possibilité par l'entremise de la Chaire éco-conseil.

5.3 Ob. Souhaitable : de moins en moins possible dû à la privatisation des terrains bordant le lac. Mais RIO TINTO détient encore des terrains qu'elle pourrait mettre à la disposition des municipalités pour rendre l'accès à plus de monde.

6.3 Ob. Indispensable : on est jamais assez valorisés pour les actions ou les projets réalisés avec succès, qu'ils soient grands ou petits.

Dimension économique

5.2 Ob. Souhaitable : plusieurs ministères sont déjà à l'œuvre pour la surveillance de ce projet et permettre de perpétuer les valeurs qui font l'objet de notre société.

6.2 Ob. Nécessaire : ce ne sera jamais possible que la redistribution soit égale pour tous. Nous avons tous des attentes différentes."

ANNEXE 5

**Les 16 principes de la loi québécoise sur le développement durable
(LQDD)**

Les principes

Santé et qualité de vie : Les personnes, la protection de leur santé et l'amélioration de leur qualité de vie sont au centre des préoccupations relatives au développement durable. Les personnes ont droit à une vie saine et productive, en harmonie avec la nature ;

Équité et solidarité sociale : Les actions de développement durable doivent être entreprises dans un souci d'équité intra et intergénérationnelle ainsi que d'éthique et de solidarité sociales ;

Protection de l'environnement : Pour parvenir à un développement durable, la protection de l'environnement doit faire partie intégrante du processus de développement ;

Efficacité économique : L'économie du Québec et de ses régions doit être performante, porteuse d'innovation et d'une prospérité économique favorable au progrès social et respectueuse de l'environnement ;

Participation et engagement : La participation et l'engagement des citoyens et des groupes qui les représentent sont nécessaires pour définir une vision concertée du développement et assurer sa durabilité sur les plans environnemental, social et économique ;

Accès au savoir : Les mesures favorisant l'éducation, l'accès à l'information et la recherche doivent être encouragées de manière à stimuler l'innovation ainsi qu'à améliorer la sensibilisation et la participation effective du public à la mise en œuvre du développement durable ;

Subsidiarité : Les pouvoirs et les responsabilités doivent être délégués au niveau approprié d'autorité. Une répartition adéquate des lieux de décision doit être recherchée, en ayant le souci de les rapprocher le plus possible des citoyens et des communautés concernés ;

Partenariat et coopération intergouvernementale : Les gouvernements doivent collaborer afin de rendre durable le développement sur les plans environnemental, social et économique. Les actions entreprises sur un territoire doivent prendre en considération leurs impacts à l'extérieur de celui-ci ;

Prévention : En présence d'un risque connu, des actions de prévention, d'atténuation et de correction doivent être mises en place, en priorité à la source ;

Précaution : Lorsqu'il y a un risque de dommage grave ou irréversible, l'absence de certitude scientifique complète ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir une dégradation de l'environnement ;

Protection du patrimoine culturel : Le patrimoine culturel, constitué de biens, de lieux, de paysages, de traditions et de savoirs, reflète l'identité d'une société. Il transmet les valeurs de celle-ci de génération en génération et sa conservation favorise le caractère durable du développement. Il importe d'assurer son identification, sa protection et sa mise en valeur, en tenant compte des composantes de rareté et de fragilité qui le caractérisent ;

Préservation de la biodiversité : La diversité biologique rend des services inestimables et doit être conservée pour le bénéfice des générations actuelles et futures. Le maintien des espèces, des écosystèmes et des processus naturels qui entretiennent la vie est essentiel pour assurer la qualité de vie des citoyens ;

Respect de la capacité de support des écosystèmes : Les activités humaines doivent être respectueuses de la capacité de support des écosystèmes et en assurer la pérennité ;

Production et consommation responsables : Des changements doivent être apportés dans les modes de production et de consommation en vue de rendre ces dernières plus viables et plus responsables sur les plans social et environnemental, entre autres par l'adoption d'une approche d'écoefficacité, qui évite le gaspillage et qui optimise l'utilisation des ressources ;

Pollueur payeur : Les personnes qui génèrent de la pollution ou dont les actions dégradent autrement l'environnement doivent assumer leur part des coûts des mesures de prévention, de réduction et de contrôle des atteintes à la qualité de l'environnement et de la lutte contre celles-ci ;

Internalisation des coûts : La valeur des biens et des services doit refléter l'ensemble des coûts qu'ils occasionnent à la société durant tout leur cycle de vie, depuis leur conception jusqu'à leur consommation et leur disposition finale.

ANNEXE 6

Description des objectifs de la GADD

Dimension éthique	Répondre aux besoins d'équité, de justice, de solidarité, de cohérence	<p>Quoi? Reconnaître un droit égal à tous à accéder à un niveau acceptable de qualité de vie, dans une perspective d'équité intergénérationnelle et intragénérationnelle.</p> <p>Pourquoi? Ce principe est un des grands éléments fondateurs du développement durable, il est sous-jacent à toutes les grandes déclarations au niveau international, il favorise la cohérence entre les actions et les valeurs. Une société qui présente moins d'inégalités et de pauvreté est une société plus cohésive et mieux capable de s'adapter.</p> <p>Comment? En appliquant des principes de respect, d'intégrité, de cohérence, de transparence, de responsabilité, de solidarité avec les générations actuelles et futures.</p>
Thème 1	Lutte à la pauvreté	<p>Quoi? Éliminer la pauvreté en s'occupant d'abord du sort des plus démunis, pour satisfaire aux besoins du plus grand nombre.</p> <p>Pourquoi? La pauvreté constitue un facteur majeur d'exclusion sociale et une cause d'iniquité. Les personnes en situation de pauvreté extrême n'ont pas de marge de manœuvre pour satisfaire à leurs besoins essentiels et pour éviter de dégrader leur environnement.</p> <p>Comment? En assurant aux plus démunis l'accès aux services essentiels (eau, énergie, transport, santé, éducation, logement, etc.) et en éliminant les conditions de vie indignes.</p>
Objectif 1.1	Mettre en place des actions ciblant les plus démunis à l'intérieur de l'organisation	<p>Quoi? Agir pour aider les personnes les plus défavorisées et vulnérables dans l'organisation (personnes à faible revenu, à statut précaire, avec des limitations d'emploi, etc.).</p> <p>Pourquoi? Pour réduire les inégalités entre les individus.</p> <p>Comment? En aidant ces personnes ou leur famille, par des programmes de soutien, des bourses, des prêts, une accessibilité accrue à certains services.</p>
Objectif 1.2	Mettre en place des actions ciblant les plus démunis dans la communauté	<p>Quoi? Agir pour soutenir les plus défavorisés dans la collectivité qui accueille l'organisation ou le projet.</p> <p>Pourquoi? Pour réduire les inégalités entre les individus à l'intérieur de la communauté dans laquelle</p>

		<p>l'organisation est implantée.</p> <p>Comment? En s'impliquant dans les organismes ou les campagnes locaux, en favorisant le bénévolat, en aidant les organisations caritatives sur le territoire.</p>
Objectif 1.3	Mettre en place des actions visant à réduire les inégalités à l'extérieur de la communauté	<p>Quoi? Agir pour aider les plus défavorisés à l'échelle globale, en particulier dans les pays en voie de développement.</p> <p>Pourquoi? Pour réduire les inégalités entre les individus et les peuples. Réduire la pauvreté absolue favorise le maintien des communautés et les échanges entre les cultures.</p> <p>Comment? En encourageant les projets de développement et de coopération dans les pays moins avancés. En supportant les projets qui valorisent les femmes, les jeunes, les autochtones ou qui visent la solidarité internationale, en favorisant les produits du commerce équitable.</p>
Thème 2	Solidarité	<p>Quoi? Agir de façon solidaire favorise l'engagement et l'assistance mutuels entre des personnes ou des groupes.</p> <p>Pourquoi? Ce sont des éléments qui permettent de surmonter des crises, et de progresser dans un climat de confiance mutuelle entre les individus et les peuples.</p> <p>Comment? En considérant les besoins particuliers ou contextuels des groupes touchés par le projet en en répartissant les avantages du projet de façon équitable.</p>
Objectif 2.1	Chercher à améliorer l'autonomie des personnes	<p>Quoi? Permettre aux personnes de développer des connaissances et des compétences qui favorisent leur autonomie. Les actions visant au développement de l'autonomie ne visent pas nécessairement la recherche de l'autarcie, mais permettent de disposer d'alternatives et favorisent l'adaptation.</p> <p>Pourquoi? Un individu ou une collectivité qui ne dépend pas d'un système extérieur pour la satisfaction de ses besoins est plus résistant et plus résilient aux fluctuations des conditions des marchés ou aux événements imprévus.</p>

		<p>Comment? En privilégiant la formation pour tous, la mise en valeur des connaissances traditionnelles et des innovations, la liberté des individus et l'appropriation par ceux-ci des moyens de prendre en main leur destinée.</p>
Objectif 2.2	Respecter les droits humains	<p>Quoi? Tout être humain possède des droits universels, inaliénables, reconnus par des conventions internationales qu'il convient de respecter et de faire respecter.</p> <p>Pourquoi? Les actions visant à restreindre l'exercice de droits fondamentaux risquent de générer des résistances et des révoltes qui entraînent des modes violents de résolution des problèmes.</p> <p>Comment? En s'assurant que les droits humains sont respectés et en favorisant l'engagement des partenaires à respecter ces droits fondamentaux.</p>
Objectif 2.3	Assurer une répartition des avantages dans l'ensemble de la population	<p>Quoi? Permettre à tous, et en particulier aux personnes exclues socialement ou économiquement d'avoir accès aux retombées du projet.</p> <p>Pourquoi? Pour faciliter le développement du sentiment d'appartenance et de respect mutuel entre les bénéficiaires.</p> <p>Comment? En favorisant l'usage collectif des biens et services ainsi que la répartition des diverses formes d'avantages directs et indirects d'un projet dans l'ensemble le plus large de personnes concernées.</p>
Objectif 2.4	Considérer et reconnaître l'apport des minorités	<p>Quoi? Considérer les besoins et l'apport des minorités dans la conception et la réalisation du projet. Les minorités varient selon le contexte (femmes, jeunes, démunis, handicapés, autochtones, minorités culturelles, analphabètes, marginalisés, etc.). Valoriser les apports de la diversité.</p> <p>Pourquoi? La diversité sociale peut être la source de connaissances, de savoir-faire et de valeurs dont peut bénéficier un projet. Un projet qui répond aux besoins des minorités permet des échanges fructueux dans un climat de confiance. La méconnaissance des minorités est un facteur d'exclusion et une source de malentendus entre les communautés.</p> <p>Comment? En adoptant une attitude d'ouverture, de respect des différences, d'entraide, de partage. En</p>

		s'ouvrant aux autres cultures.
Objectif 2.5	Viser l'équité	<p>Quoi? Viser, à tous les points de vue, l'équité intragénérationnelle (équité entre les genres, les ethnies, les classes sociales, etc.) ainsi que l'équité intergénérationnelle (envers les aînés et générations futures).</p> <p>Pourquoi? Pour favoriser l'égalité des chances entre les différents groupes de la population.</p> <p>Comment? En mettant en place des outils de communication, des groupes de prospective, des initiatives de solidarité et en investissant pour donner des marges de manœuvre pour l'adaptation.</p>
Objectif 2.6	Améliorer l'accessibilité	<p>Quoi? Favoriser l'accès équitable aux services, aux infrastructures, aux retombées du projet.</p> <p>Pourquoi? Dans une perspective d'équité, pour réduire les inégalités entre les individus sur le plan de l'accessibilité aux services.</p> <p>Comment? En considérant la proximité des services, les moyens de transport existants, la facilité d'accès pour les personnes à mobilité réduite, en adoptant une tarification sociale, en s'assurant de la qualité et de la durabilité des produits et leur adaptabilité aux besoins changeants des utilisateurs.</p>
Thème 3	Restauration et compensation	<p>Quoi? Favoriser la restauration des sites dégradés et la juste compensation pour les personnes touchées par les impacts négatifs d'un projet.</p> <p>Pourquoi? La valorisation de l'équité intergénérationnelle et intragénérationnelle incite à distribuer, dans le temps et dans l'espace, les impacts positifs et/ou négatifs des projets de manière à ne pas favoriser un groupe ou une génération aux dépens des autres.</p> <p>Comment? En prenant en charge la remise en état des milieux dégradés et en compensant lorsque c'est possible les atteintes à l'environnement et aux personnes.</p>
Objectif 3.1	Fixer des objectifs de restauration des	<p>Quoi? Fixer des objectifs de restauration de la capacité de support des systèmes entretenant la vie, en fonction des impacts que les activités ou le projet risquent de générer sur les écosystèmes et sur les ressources.</p>

	écosystèmes	<p>Pourquoi? Les gens qui souffrent actuellement de la dégradation de l'environnement et les générations à venir ont besoin que ceux qui en ont les moyens contribuent dès maintenant à la restauration de la biosphère, de manière à permettre qu'ils satisfassent à leurs besoins les plus fondamentaux à long terme.</p> <p>Comment? En incluant des objectifs de restauration dans les processus de planification des activités, en particulier pour des organisations dont les activités ont par le passé généré des impacts qui ont réduit la capacité de support de la biosphère.</p>
Objectif 3.2	Prévoir la réhabilitation des sites dès l'étape de conception des projets	<p>Quoi? Identifier les travaux et investissements qui seront nécessaires pour remettre en état les sites sollicités par le projet.</p> <p>Pourquoi? Dans une perspective d'équité intergénérationnelle, pour ne pas léguer aux générations futures des sites dégradés qui devront être pris en charge.</p> <p>Comment? En identifiant les impacts et les besoins de réhabilitation qui en résulteront, en intégrant le coût de démolition, de remise en état des lieux et de requalification des aménagements connexes dans la planification.</p>
Objectif 3.3	Offrir des compensations aux populations touchées par les impacts	<p>Quoi? Pour les populations qui seront affectées négativement par les impacts (environnementaux, sociaux ou économiques), prévoir des mécanismes de compensation ou d'indemnisation.</p> <p>Pourquoi? La valorisation de l'équité intragénérationnelle incite à distribuer équitablement les impacts positifs et de réduire à la source les impacts négatifs de nos actions.</p> <p>Comment? En identifiant les préjudices (financiers, matériels, psychologiques) causés à certaines catégories sociales et à la qualité de l'environnement. En tenant compte des nuisances, de la perte de jouissance, de la dégradation ou de la dévalorisation des biens, des dommages collatéraux et des effets cumulés. En corrigeant certaines situations, en indemnisant les populations exposées, en offrant des solutions de compensation.</p>
Thème 4	Originalité et innovation	<p>Quoi? Recherches des solutions originales et de nouvelles façons de faire.</p> <p>Pourquoi? Pour élargir le potentiel d'adaptabilité, pour offrir plus de choix aux individus actuels et à venir</p>

		<p>pour satisfaire à leurs besoins.</p> <p>Comment? En valorisant la créativité, en stimulant l’imaginaire, en supportant la recherche et le développement, en valorisant les idées innovantes.</p>
Objectif 4.1	Diversifier les options	<p>Quoi? Augmenter le nombre de choix possible, explorer de nouvelles options qui permettront de réduire la pression sur des ressources existantes ou d’utiliser de nouvelles ressources pour satisfaire aux besoins humains.</p> <p>Pourquoi? Favoriser des actions différentes aide à mieux faire face aux changements, à mieux s’adapter aux changements.</p> <p>Comment? En stimulant la créativité, en pensant en termes de multifonctionnalité, en développant de nouveaux secteurs d’activités, en diversifiant l’économie, en favorisant l’émergence d’idées originales.</p>
Objectif 4.2	Favoriser le potentiel d’innovation	<p>Quoi? Favoriser les idées et les projets novateurs ou exploratoires.</p> <p>Pourquoi? Le potentiel d’innovation est un facteur qui peut être déterminant pour effectuer des changements technologiques et favoriser une meilleure utilisation des ressources et une meilleure satisfaction des besoins humains.</p> <p>Comment? En encourageant le droit à l’initiative, à l’invention et à l’expérimentation, en travaillant en équipe et en réseau, en reconnaissant les points de vue divergents, en créant un mécanisme de cueillette d’idées ou de suggestions.</p>
Objectif 4.3	Favoriser la recherche et le développement	<p>Quoi? Investir et supporter la recherche et le développement au niveau scientifique et technologique.</p> <p>Pourquoi? La recherche/développement permet d’explorer et d’identifier des éléments qui peuvent dégager des marges de manœuvre pour les générations futures.</p> <p>Comment? En investissant en recherche et développement pour développer de nouvelles connaissances et de nouveaux outils, en diffusant l’information scientifique et technique, en intégrant des réseaux de chercheurs ou</p>

		d'un groupe de recherche.
Thème 5	Valeurs communes	<p>Quoi? La prise en compte de la dimension éthique du développement durable passe par l'application de grands principes de diversification, de responsabilité, d'imputabilité, de solidarité avec les générations actuelles et futures, etc.</p> <p>Pourquoi? Développer un comportement éthique, c'est d'abord identifier ces valeurs dans l'organisation pour œuvrer ensuite en cohérence avec ces valeurs.</p> <p>Comment? En identifiant les valeurs importantes de l'organisation afin d'être cohérent avec ces valeurs dans les décisions et les actions quotidiennes.</p>
Objectif 5.1	Favoriser l'émergence et le partage de valeurs communes	<p>Quoi? Se questionner, collectivement, pour identifier les valeurs communes dans l'organisation et favoriser l'adhésion du plus grand nombre à ces valeurs.</p> <p>Pourquoi? Identifier les valeurs importantes de l'organisation permet de se doter d'une base de travail commune, il s'agit d'un préalable afin d'être cohérent avec ces valeurs dans les décisions et les actions quotidiennes.</p> <p>Comment? En décodant les discours, en favorisant l'expression des valeurs, en identifiant les valeurs communes et en favorisant l'adhésion du groupe à ces valeurs, en inscrivant ces valeurs dans les documents d'orientation, les politiques, les codes d'éthique et de déontologie.</p>
Objectif 5.2	Assurer la cohérence entre les actions et les valeurs d'une organisation	<p>Quoi? Faire preuve de cohérence avec les valeurs propres à l'organisation et aux individus dans les actions quotidiennes.</p> <p>Pourquoi? L'éthique n'est jamais que déclarée : elle est mise en action. Les enjeux éthiques du développement durable évoluent et se concrétisent dans l'action.</p> <p>Comment? En se questionnant continuellement sur les meilleures décisions à prendre dans les circonstances qui permettent d'atteindre ces valeurs importantes.</p>

Dimension écologique	Répondre aux besoins de qualité du milieu et de pérennité des ressources	<p>Quoi? Préserver ou améliorer la qualité de l'environnement physique et biologique (sols, eau, forêts, air, biodiversité).</p> <p>Pourquoi? L'humanité est un produit de la biosphère et elle dépend de l'ensemble des autres organismes vivants pour son existence propre. Hors de la biosphère, il n'est pas possible d'envisager une existence humaine. Toutes les interventions qui menacent les processus d'équilibre de la biosphère sont donc incompatibles avec la notion même de développement durable.</p> <p>Comment? En identifiant, en contrôlant et en minimisant les impacts liés à l'extraction et à l'utilisation des ressources naturelles, à la production de déchets, à la pollution résultant de leur disposition inadéquate et aux conséquences des activités, produits et services sur l'habitat naturel.</p>
Thème 1	Utilisation prioritaire des ressources renouvelables sous le seuil de leur renouvelabilité	<p>Quoi? Favoriser en priorité l'utilisation des ressources renouvelables et les conditions de leur remplacement.</p> <p>Pourquoi? Pour que les écosystèmes et les réserves minérales soient maintenus, de façon à satisfaire à très long terme les besoins des humains.</p> <p>Comment? En faisant des choix techniques qui favorisent les ressources renouvelables et en adoptant des modes de gestions prudents.</p>
Objectif 1.1	Utiliser en priorité les ressources renouvelables	<p>Quoi? Favoriser l'utilisation responsable de l'eau, des sols, de la faune et de la flore et des produits qui peuvent en être tirés pour la satisfaction des besoins humains, de l'énergie renouvelable, et des paysages.</p> <p>Pourquoi? Lorsque cela est possible, il est préférable d'utiliser de préférence les ressources renouvelables plutôt que les ressources non renouvelables dont l'épuisement ultime est par définition inévitable.</p> <p>Comment? En favorisant par exemple le bois dans les constructions plutôt que l'acier et le béton, les produits issus de la transformation de végétaux plutôt que de celle des ressources fossiles, etc.</p>
Objectif 1.2	Qualifier l'importance pour le maintien de la vie	<p>Quoi? Savoir identifier les ressources qui sont essentielles au maintien de la vie (eau, végétaux, phosphore, etc.) ou qui entrent dans le cycle biologique d'autres espèces (pour gérer avec plus de prudence la base des</p>

		<p>pyramides alimentaires).</p> <p>Pourquoi? Certaines ressources sont indispensables aux organismes vivants ou constituent un facteur limitant dans certains écosystèmes.</p> <p>Comment? De façon générale, en améliorant la connaissance des écosystèmes, en caractérisant les cycles biologiques, en gérant ces ressources de façon plus prudente.</p>
Objectif 1.3	Planifier une utilisation judicieuse des ressources renouvelables	<p>Quoi? S'assurer que l'utilisation des ressources renouvelables se fait sous le seuil de renouvelabilité naturelle ou investir dans des moyens permettant d'améliorer la productivité du système.</p> <p>Pourquoi? Pour que les processus physiques et biologiques qui entretiennent la vie soient maintenus dans les écosystèmes touchés et pour éviter l'effondrement des stocks. Une bonne planification permet de suivre l'évolution des écosystèmes et de se fixer des seuils de prélèvement compatibles avec leur capacité de support.</p> <p>Comment? En utilisant efficacement les ressources renouvelables sur l'ensemble de leur cycle de vie, en réduisant l'utilisation d'eau, de papier, de bois, etc. En favorisant le recyclage et la réutilisation des ressources renouvelables. En déterminant le ratio productivité vs utilisation afin de maintenir le taux d'exploitation sous ce seuil, en gardant des marges de manœuvre permettant d'éviter de dépasser de façon régionale ou globale ce taux. En évaluant régulièrement l'abondance et l'état de santé des populations ou des flux de ressources exploités.</p>
Thème 2	Utilisation judicieuse des ressources non renouvelables	<p>Quoi? Utiliser ces ressources en tenant compte du caractère non renouvelable.</p> <p>Pourquoi? Pour permettre aux générations futures de continuer à assurer la satisfaction de leurs besoins, même dans l'optique d'un épuisement éventuel de ces ressources.</p> <p>Comment? En réduisant l'utilisation des ressources non renouvelables, en les utilisant de façon judicieuse et optimale, en examinant les possibilités de remplacement par d'autres ressources en cas d'épuisement anticipé.</p>
Objectif 2.1	Évaluer la possibilité de	Quoi? Examiner la disponibilité d'une alternative à l'utilisation des ressources non renouvelables

	remplacement	<p>Pourquoi? Pour permettre aux générations futures de continuer à assurer la satisfaction de leurs besoins, même dans l'optique d'un épuisement éventuel de ces ressources.</p> <p>Comment? En évaluant toute possibilité de substitution des ressources non renouvelables. En mettant en place des mécanismes pour que le remplacement de la ressource utilisée puisse se faire quand celle-ci sera épuisée, ou avant. En ajustant la vitesse d'exploitation à la vitesse d'épuisement.</p>
Objectif 2.2	Favoriser le recyclage	<p>Quoi? Favoriser la réutilisation et le recyclage des ressources non renouvelables aussi souvent que possible.</p> <p>Pourquoi? Pour diminuer la vitesse d'épuisement des ressources, ainsi que les impacts liés à leur extraction et à leur purification.</p> <p>Comment? En valorisant les matières résiduelles produites par un tri adéquat, en réduisant les contenants et emballages non recyclables, en réutilisant ceux qui peuvent l'être. En se préoccupant du recyclage des produits fabriqués en fin de vie par l'écoconception.</p>
Thème 3	Utilisation judicieuse de l'énergie	<p>Quoi? Favoriser un approvisionnement suffisant en énergie tout en minimisant les impacts de la production, de la distribution et de la consommation d'énergie.</p> <p>Pourquoi? L'approvisionnement en énergie est indispensable à tous les niveaux de la société pour la satisfaction de besoins aussi essentiels que la cuisson, l'éclairage ou le chauffage, mais toute production d'énergie aura des conséquences environnementales, sociales et économiques, qui doivent être maîtrisées.</p> <p>Comment? En utilisant l'énergie de façon efficace et en privilégiant les formes d'énergie aux moindres impacts, en considérant les besoins et le contexte.</p>
Objectif 3.1	Planifier une utilisation judicieuse de l'énergie	<p>Quoi? Utiliser l'énergie dans une perspective d'efficacité (consommation minimale d'énergie primaire pour un service optimal).</p> <p>Pourquoi? Pour assurer à chacun la disponibilité d'une quantité suffisante d'énergie pour satisfaire à ses besoins.</p>

		<p>Comment? En utilisant la bonne forme d'énergie au bon endroit, réduisant les pertes, en visant une plus grande efficacité énergétique, en réduisant la consommation d'énergie (énergie stationnaire et liée au transport). En récupérant les rejets thermiques pour les réutiliser.</p>
Objectif 3.2	Favoriser les vecteurs d'énergie aux moindres impacts	<p>Quoi? Selon l'utilisation prévue, favoriser les formes d'énergie qui ont le moins d'impacts négatifs.</p> <p>Pourquoi? Certains vecteurs d'énergie ont des impacts plus importants sur l'environnement ou sur les communautés, d'autres sont voués à l'épuisement, dont les combustibles fossiles. Le transport d'énergie sur de grandes distances provoque également des impacts environnementaux, sociaux et économiques.</p> <p>Comment? En augmentant la part d'énergie renouvelable et la part d'énergie locales dans la consommation globale.</p>
Thème 4	Maintien des extrants de l'activité humaine sous la capacité du support du milieu	<p>Quoi? Éviter de rejeter des quantités de pollutions ou de déchets plus grandes que ce que les écosystèmes sont en mesure d'absorber.</p> <p>Pourquoi? Par leur capacité de détoxification, les milieux naturels peuvent absorber une partie des extrants des activités humaines, mais ces derniers doivent être maintenus en deçà de la capacité de support des écosystèmes.</p> <p>Comment? En développant une connaissance des dynamiques écologiques, de la nature des extrants et de leurs impacts, tout en visant la réduction des rejets.</p>
Objectif 4.1	Développer une connaissance de la capacité de support	<p>Quoi? Développer les connaissances suffisantes pour caractériser la capacité de support des milieux naturels.</p> <p>Pourquoi? Avant d'exercer une pression d'exploitation sur un milieu ou d'y déverser des extrants de l'activité humaine, il convient de détenir des connaissances suffisantes de cette capacité.</p> <p>Comment? En procédant à l'acquisition de connaissances, même sur les milieux non exploités ou non affectés. En identifiant les processus chimiques, biologiques ou physiques d'un écosystème, sa capacité d'adaptation, son potentiel de production, ses possibilités de régulation, ses fonctions d'équilibres écologiques. En diffusant</p>

		les connaissances et les actions sur les écosystèmes. En respectant les lois, règlements, normes et conventions concernant le respect de la capacité de support des écosystèmes.
Objectif 4.2	Minimiser les extrants	<p>Quoi? Réduire les extrants sous toutes leurs formes (substances polluantes, substances nutritives, pollutions microbiologiques, etc.) dans l'air, l'eau et les sols.</p> <p>Pourquoi? La réduction des extrants de l'activité humaine permet de diminuer les impacts négatifs qui pourraient résulter de leur disposition dans des milieux naturels et d'améliorer l'efficacité dans l'usage des ressources et de l'énergie.</p> <p>Comment? En limitant les intrants, en améliorant l'efficacité de la transformation, en valorisant les résidus de chaque étape de production, en réutilisant les eaux usées. En adoptant un plan de réduction des rejets de polluants et contaminants. En favorisant la réduction de la consommation, la réutilisation d'objets ou de ressources, le recyclage et le compostage des matières organiques.</p>
Objectif 4.3	Minimiser les impacts	<p>Quoi? Prévenir et limiter les impacts négatifs des extrants.</p> <p>Pourquoi? Il est possible de minimiser les impacts des extrants de l'activité humaine sur les écosystèmes, ce qui permet d'y pratiquer plus d'activités et d'en tirer plus de ressources permettant de satisfaire des besoins humains tout en restant sous le seuil de leur capacité de support.</p> <p>Comment? En favorisant l'utilisation de produits moins toxiques (biologiques et biodégradables), en réduisant l'utilisation ou la toxicité des substances chimiques employées, en appliquant des mesures d'atténuation appropriées.</p>
Objectif 4.4	Mesurer les impacts des extrants sur les milieux	<p>Quoi? Évaluer les impacts négatifs des extrants.</p> <p>Pourquoi? Malgré les efforts pour réduire les extrants et leurs impacts, les décisions et les activités des organisations ont un impact sur l'environnement naturel. Un suivi permet d'accumuler des connaissances qui aident à éviter des erreurs ou à mieux juger des interventions possibles.</p> <p>Comment? En faisant l'inventaire des émissions de produits polluants et contaminants, en évaluant les effets</p>

		de ces émissions sur l'environnement grâce à un monitoring portant en particulier sur les indicateurs biophysiques les plus susceptibles d'être modifiés.
Objectif 4.5	Assurer une saine gestion des déchets dangereux	<p>Quoi? Utiliser, gérer, entreposer et éliminer les matières dangereuses de façon responsable et sécuritaire.</p> <p>Pourquoi? Certaines substances comportent des risques particuliers (mutagènes, cancérigènes, bioaccumulables, etc.) et elles doivent être correctement utilisées et éliminées pour diminuer ces risques sur l'environnement et sur les personnes.</p> <p>Comment? En respectant les normes et la réglementation en vigueur pour l'utilisation, l'entreposage et l'élimination des déchets dangereux. En gérant de façon responsable les déchets qui ne sont pas régis (piles, matériel électronique, tubes fluorescents), en s'assurant de leur disposition de façon responsable.</p>
Thème 5	Maintien de la biodiversité	<p>Quoi? La biodiversité inclut la diversité des individus, des espèces, des écosystèmes et des processus naturels, pour les espèces végétales et animales. Elle résulte des processus évolutifs et ne peut être remplacée. Il faut la connaître et protéger les conditions de son maintien.</p> <p>Pourquoi? La diversité des formes biologiques constitue un facteur de stabilité et de flexibilité adaptative pour les organismes vivants. Elle constitue un moyen de répondre à des besoins d'ordre de richesses génétiques, alimentaires ou esthétiques pour l'humain. Le maintien des espèces, des écosystèmes et des processus naturels qui entretiennent la vie est essentiel pour assurer la qualité de vie des générations actuelles et futures.</p> <p>Comment? En mettant en place des mesures de suivi des indices de biodiversité. En améliorant les habitats des espèces rares et menacées, en favorisant la protection préventive des habitats des espèces courantes, en accroissant les surfaces proches de l'état naturel. En respectant les traités et conventions sur la biodiversité.</p>
Objectif 5.1	Développer des connaissances sur la biodiversité	<p>Quoi? Déterminer les espèces présentes et effectuer le suivi des espèces indicatrices de la qualité du milieu.</p> <p>Pourquoi? Les espèces ou les populations spécifiques à un milieu, peu importe leur abondance, constituent des indicateurs des changements environnementaux et représentent une source de connaissances sur les mécanismes d'évolution des êtres vivants.</p>

		<p>Comment? En évaluant de façon périodique l'abondance et l'état de santé des populations.</p>
Objectif 5.2	Protéger les espèces rares ou menacées	<p>Quoi? Identifier la présence d'espèces rares ou menacées et mettre en œuvre des moyens pour assurer leur protection</p> <p>Pourquoi? Les espèces rares ou menacées constituent des indicateurs des changements présents ou passés et témoignent de la fragilité des milieux. Leur disparition étant un phénomène irréversible, elle constitue une perte d'opportunités pour les générations futures.</p> <p>Comment? En évaluant de façon périodique l'abondance et l'état de santé des populations. En réduisant les prélèvements d'espèces animales et végétales sur le déclin ou la dégradation de leur habitat.</p>
Objectif 5.3	Valoriser les espèces à valeur symbolique	<p>Quoi? Valoriser les espèces ayant une valeur symbolique pour les cultures autochtones ou encore désignées comme emblématiques par les communautés</p> <p>Pourquoi? Certaines espèces ont le pouvoir d'attirer l'attention du public et de fournir des exemples de conservation.</p> <p>Comment? En identifiant ces espèces avec la participation des communautés, en les mettant en valeur au moyen de projets ou d'actions concrètes.</p>
Thème 6	Utilisation optimale du territoire	<p>Quoi? L'utilisation optimale du territoire concerne à la fois la disponibilité de surfaces de sol et les usages qui en sont faits.</p> <p>Pourquoi? La grandeur du territoire exploitable sur la planète est limitée, malgré une population humaine sans cesse croissante. Il convient d'optimiser l'utilisation du territoire afin de subvenir aux besoins du plus grand nombre en évitant d'empiéter sur les zones d'habitat essentielles au maintien de la biodiversité.</p> <p>Comment? En préservant la qualité des sols et en gérant les usages du territoire de façon intégrée et optimale prenant en compte la conservation des habitats et des milieux fragiles.</p>

Objectif 6.1	Limiter les impacts sur les sols	<p>Quoi? Réduire les actions susceptibles de dégrader la qualité des sols et leur capacité à rendre des services écologiques.</p> <p>Pourquoi? Les sols rendent une multitude de services écologiques (absorption et filtration de l'eau, support de croissance, habitat, etc.), mais ce sont des ressources qui se renouvellent très lentement et qui doivent être préservées.</p> <p>Comment? En limitant l'imperméabilisation, l'érosion, la pollution et la compaction des sols.</p>
Objectif 6.2	Optimiser l'utilisation du territoire	<p>Quoi? Favoriser une répartition optimale de la population sur le territoire</p> <p>Pourquoi? Une répartition optimale de la population implique des concentrations d'humains en accord avec la capacité de support des écosystèmes locaux.</p> <p>Comment? En favorisant la densification de l'habitat urbain là où la ville est gérée de façon adéquate, en favorisant les formes urbaines et les formes d'habitats moins consommatrices d'espace, en favorisant la mixité fonctionnelle et la mixité géographique. En diminuant la consommation de terrains naturels, en évaluant la valeur agronomique des sols pour réduire la consommation de terres arables. En considérant la continuité des corridors biologiques et en limitant le morcellement des espaces naturels et ruraux. En revitalisant les zones sensibles et fragilisées.</p>
Objectif 6.3	Contribuer au maintien de la diversité de paysages	<p>Quoi? Restaurer, préserver ou favoriser la diversité des paysages naturels et humains.</p> <p>Pourquoi? La diversité des paysages, y compris ceux modelés par l'activité humaine, constitue un facteur de maintien de la biodiversité.</p> <p>Comment? En identifiant les unités naturelles et paysagères, en évaluant leur valeur patrimoniale, en déterminant les sites d'intérêt, en diversifiant leurs modes de gestion. En établissant des plans d'aménagement du territoire en fonction des paysages sensibles, en valorisant l'intégration architecturale et paysagère.</p>
Thème 7	Réduction les polluant affectant globalement la	Quoi? Certains polluants ont des impacts à l'échelle planétaire, peu importe le lieu où ils sont émis. C'est le cas entre autres des gaz à effet de serre, des substances affectant la couche d'ozone et des polluants

	biosphère	<p>organiques persistants.</p> <p>Pourquoi? Les problèmes de changements de l'environnement planétaire peuvent avoir des impacts importants sur le maintien de la qualité de vie de l'humanité dans l'espace et dans le temps.</p> <p>Comment? En réduisant les émissions de polluants dont il est reconnu qu'ils affectent globalement la biosphère par des activités de rationalisation, d'interdiction d'usage, de substitution, de destruction ou d'absorption.</p>
Objectif 7.1	Réduire les quantités nettes de gaz à effet de serre émis ou présents en excès dans l'atmosphère	<p>Quoi? Réduire les émissions atmosphériques des gaz responsables de l'effet de serre anthropique, dont le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O), les hydrofluorocarbones (HFC), les perfluorocarbures (PFC) et l'hexafluorure de soufre (SF₆).</p> <p>Pourquoi? Leur accumulation dans l'atmosphère accélère le phénomène des changements climatiques, qui a plusieurs impacts importants à l'échelle planétaire.</p> <p>Comment? En minimisant les émissions de gaz à effet de serre à la source par la réduction ou la substitution ou en les captant pour les séquestrer dans un autre compartiment de l'écosphère (végétaux, formations géologiques, etc.).</p>
Objectif 7.2	Réduire les émissions de substances appauvrissant la couche d'ozone	<p>Quoi? Réduire les émissions atmosphériques des substances affectant la couche d'ozone (souvent regroupées sous l'appellation générique d'hydrocarbures halogénés, qui contiennent du chlore, du fluor, du brome, du carbone et de l'hydrogène dans des proportions variables).</p> <p>Pourquoi? L'augmentation des radiations ultraviolettes liées à l'amincissement de la couche d'ozone provoque une augmentation des mutations chez les organismes vivants et est associée avec la raréfaction de plusieurs espèces animales sensibles et à des problèmes de santé humaine comme les cancers de la peau et les cataractes.</p> <p>Comment? En réduisant l'utilisation de ces substances, en limitant les pertes et les fuites et en favorisant leur substitution pour des substances moins nocives. En respectant les engagements internationaux concernant le bannissement de ces substances.</p>

<p>Objectif 7.3</p>	<p>Réduire les polluants organiques persistants</p>	<p>Quoi? Réduire les émissions de polluants organiques persistants (dont les dioxines et furannes, mais également de nombreuses autres substances), qui sont caractérisés par leur toxicité et leur potentiel de bioaccumulation.</p> <p>Pourquoi? Les rejets de polluants organiques persistants constituent un héritage empoisonné pour les générations futures en raison de leur propension à la bioaccumulation et à la bioamplification.</p> <p>Comment? En évitant de les produire et de les libérer dans l'environnement, en les détruisant de façon sécuritaire lorsque cela est faisable.</p>
<p>Objectif 7.4</p>	<p>Prévoir des mesures d'adaptations aux changements globaux</p>	<p>Quoi? Prévoir des actions adaptées aux situations résultant des changements globaux anticipés, dont les changements climatiques.</p> <p>Pourquoi? Malgré tous les efforts qui seront déployés pour réduire les émissions de ces substances dans la biosphère, l'inertie du système fait que des changements globaux sont inévitables et qu'ils affecteront les humains des prochaines générations.</p> <p>Comment? En évaluant les impacts des changements globaux, en anticipant l'évolution des besoins en fonction de nouvelles réalités ou de nouvelles exigences. En se donnant des mesures pour réduire la vulnérabilité des populations et des activités économiques sur les territoires potentiellement affectés.</p>

Dimension sociale	Répondre aux besoins sociaux et aux aspirations individuelles	<p>Quoi? Assurer pour chaque être humain une vie saine et lui fournir des conditions qui permettront l'atteinte d'un sentiment d'harmonie personnelle.</p> <p>Pourquoi? La poursuite d'objectifs sociaux favorise l'épanouissement et la recherche d'un équilibre physique, mental et social chez les individus et dans les collectivités.</p> <p>Comment? En favorisant la santé et la sécurité, le juste équilibre entre la liberté et la responsabilité, et l'atteinte d'une plus grande autonomie des individus et des groupes.</p>
Thème 1	Recherche d'un état de santé optimal de la population	<p>Quoi? L'état de santé optimal se définit comme le meilleur que peut atteindre une personne à un moment de son existence compte tenu des limitations propres à son potentiel génétique et à ses handicaps physiques ou mentaux.</p> <p>Pourquoi? Pour améliorer la qualité de vie et permettre aux personnes de répondre de façon autonome à leurs propres besoins dans la collectivité.</p> <p>Comment? En débordant du cadre individu-maladie-intervention pour aller vers une approche de responsabilisation, de dépistage et de prévention.</p>
Objectif 1.1	Améliorer ou maintenir l'état de santé de la population	<p>Quoi? Viser une diminution de la demande de soins curatifs pour un groupe d'âge spécifique.</p> <p>Pourquoi? Pour améliorer la qualité de vie, le bien-être psychosocial, l'espérance de vie en termes de qualité et de durée et pour permettre aux personnes de répondre de façon autonome à leurs propres besoins.</p> <p>Comment? En réduisant l'émergence de pathologies spécifiques, individuelles ou collectives. En agissant sur les comportements et sur les modes de vie, en réduire l'exposition aux risques naturels et technologiques, en renforçant la qualité sanitaire.</p>
Objectifs 1.2	Privilégier les actions préventives de santé	<p>Quoi? Engager et privilégier des actions d'éducation à la prévention ou de dépistage permettant de prévenir l'apparition de certaines pathologies.</p> <p>Pourquoi? Pour diminuer le besoin de soins curatifs et améliorer la capacité de la collectivité à financer les</p>

		<p>soins qui sont nécessaires sans imposer une charge excessive aux générations à venir. La santé préventive permet d'éviter les soins curatifs et la perte de jouissance de la vie qui résulte de l'apparition d'une pathologie évitable.</p> <p>Comment? En agissant sur les comportements et sur l'environnement socioéconomique, en favorisant l'adoption de saines habitudes de vie (alimentation, mobilité, etc.), en offrant des incitations au mieux-vivre, en facilitant l'accès à des services et soins de santé et de bien-être.</p>
Objectif 1.3	Réduire les nuisances	<p>Quoi? Limiter les facteurs constituant des nuisances ou nuisant à la qualité de vie ou à la santé (pollution visuelle, esthétique, lumineuse, sonore, vibrations, poussières, ondes, etc.).</p> <p>Pourquoi? Certaines nuisances peuvent avoir des impacts sur le bien-être, sur la santé et sur la sécurité des citoyens vivant à proximité, en particulier pour des expositions sur le long terme.</p> <p>Comment? En limitant la pollution lumineuse, visuelle, olfactive. En diminuant les émissions de poussières fines en suspension. En réduisant les nuisances sonores et en préservant les zones calmes. En requalifiant les espaces soumis à une forte pression.</p>
Objectif 1.4	Favoriser le contact entre les populations et la nature	<p>Quoi? Augmenter les occasions de contacts entre les humains et les milieux naturels.</p> <p>Pourquoi? Le contact entre les humains et la nature, donc le contact avec les autres espèces, répond à un besoin fondamental pour notre bien-être.</p> <p>Comment? En créant des espaces verts, naturels ou aménagés. En facilitant l'accès à des milieux naturels.</p>
Thème 2	Recherche de conditions de sécurité	<p>Quoi? Limiter les facteurs susceptibles de représenter des dangers pour la personne (criminalité, accidents, conditions de travail, habitation, milieu de vie, mobilité, alimentation, loisirs, etc.).</p> <p>Pourquoi? La sécurité et le sentiment de sécurité sont nécessaires au bien-être, à la liberté d'action des individus et au maintien de leur intégrité physique.</p> <p>Comment? En agissant sur les comportements et sur les environnements, en privilégiant les actions qui</p>

		favorisent l'intégrité physique et psychologique des humains et qui visent à ne pas faire subir un risque déraisonnable à ceux-ci.
Objectif 2.1	Créer un sentiment de sécurité collective et individuelle	<p>Quoi? Fournir des conditions permettant d'assurer un sentiment de sécurité collective et individuelle</p> <p>Pourquoi? Le sentiment de sécurité permet de favoriser l'expression des opinions et la réalisation de soi à travers des activités valorisantes.</p> <p>Comment? En considérant les exigences liées à la sécurité publique. En remplaçant les équipements hors service, mobiliers détériorés ou vétustes qui diminuent le sentiment de sécurité, en favorisant la propreté. En améliorant la sécurité routière.</p>
Objectif 2.2	Assurer une sécurité effective	<p>Quoi? Mettre en place des mécanismes préventifs permettant une sécurité effective. Ces mécanismes préventifs sont incitatifs ou dissuasifs, obligatoire ou volontaire, en fonction du niveau de risque estimé.</p> <p>Pourquoi? L'augmentation de la sécurité permet d'éviter des incidents ou des accidents qui peuvent avoir des conséquences néfastes sur la santé, sur la qualité de vie, sur le bien-être individuel et collectif.</p> <p>Comment? En optimisant la qualité des aménagements physiques de travail, en diminuant les accidents professionnels. En diminuant la criminalité, les accidents du trafic, les accidents de ménage. En améliorant la sécurité d'approvisionnement (énergie, eau, etc.), les services en cas d'urgence, la protection contre les catastrophes naturelles. En réduisant le risque d'accidents majeurs. En élaborant des programmes d'aide aux employés connaissant des difficultés personnelles.</p>
Objectif 2.3	Assurer l'éducation de base à la sécurité	<p>Quoi? Favoriser une responsabilisation des individus par rapport à leur propre intégrité physique.</p> <p>Pourquoi? La prise en charge de leur sécurité par les individus permet de diminuer les besoins de réglementation, de sanctions et de contrôle en plus d'améliorer leur sentiment de liberté individuelle.</p> <p>Comment? En créant des formations, des campagnes de sensibilisation, en diffusant des exemples de bonnes pratiques.</p>

<p>Thème 3</p>	<p>Amélioration du niveau d'éducation des populations</p>	<p>Quoi? Faciliter l'accès à différents types de formation, notamment pour permettre aux individus d'atteindre le niveau de formation et de compétence qu'ils désirent.</p> <p>Pourquoi? L'éducation vise à rendre les gens plus autonomes, à stimuler l'innovation et la productivité, ainsi qu'à améliorer la sensibilisation et la participation du public à la mise en œuvre du développement durable.</p> <p>Comment? En favorisant la continuité et la croissance dans le cheminement du besoin d'éducation : l'accès, l'éducation de base, l'éducation supérieure et la formation continue.</p>
<p>Objectif 3.1</p>	<p>Assurer une éducation de base fonctionnelle à tous</p>	<p>Quoi? Assurer à tous les individus un niveau minimal d'éducation fonctionnelle (y compris l'alphabetisation).</p> <p>Pourquoi? Une éducation de base favorise la réalisation et l'accomplissement des individus en société.</p> <p>Comment? En améliorant l'offre de formation dans le domaine de l'école obligatoire et de l'école non obligatoire, en améliorant l'offre de places d'apprentissage et de formation. En faisant la promotion de l'éducation et en donnant aux individus les moyens d'acquérir une éducation de base.</p>
<p>Objectif 3.2</p>	<p>Favoriser l'accès de chacun à son niveau d'éducation désiré</p>	<p>Quoi? Faciliter l'accès au niveau d'éducation souhaité par un individu (y compris les formations professionnelles et les études de haut niveau).</p> <p>Pourquoi? Ce niveau d'éducation reflète le besoin identifié par et pour l'individu à un moment de son existence, afin d'atteindre les objectifs qu'il s'est donnés.</p> <p>Comment? En améliorant l'offre de formation dans le domaine de formation professionnelle ou de haut niveau, en améliorant l'offre de places d'apprentissage et de formation. En donnant aux individus les moyens d'acquérir le niveau d'éducation souhaité.</p>
<p>Objectif 3.3</p>	<p>Permettre l'accès à une éducation et à une formation continues</p>	<p>Quoi? Faciliter l'accès à des programmes de formation continue, de requalification ou de développement de compétences.</p> <p>Pourquoi? Pour favoriser l'évolution personnelle des individus et leur permettre de maintenir leurs compétences à jour.</p>

		<p>Comment? En améliorant l'offre de formation des adultes et de formation non professionnelle. En développant des plans et des programmes de formation continue. En permettant aux employés de contribuer à l'amélioration de leur poste ou de leurs tâches, en leur donnant l'opportunité de changer de postes et d'obtenir des promotions.</p>
Objectif 3.4	Œuvrer à l'alphabétisation écologique des personnes	<p>Quoi? Développer la capacité des personnes à intégrer les dimensions environnementales relatives à toute activité humaine dans le processus de prise de décision au niveau individuel et collectif.</p> <p>Pourquoi? L'alphabétisation écologique suppose les capacités de comprendre, de critiquer et d'agir pour un développement durable.</p> <p>Comment? En développant la pensée critique et la pensée complexe. En développant des compétences relatives à l'environnement, en éduquant aux principes et actions favorables au développement durable.</p>
Thème 4	Intégration des individus à la société	<p>Quoi? L'intégration des individus à la société réfère à toute forme d'occupation valorisante (dont un emploi rémunéré ou pas).</p> <p>Pourquoi? Une occupation valorisante favorise l'épanouissement personnel d'un individu et son engagement envers la communauté.</p> <p>Comment? En laissant la liberté à l'individu d'accorder une valeur à une occupation selon une échelle personnelle. En multipliant les possibilités de choix d'occupations pour les individus. En favorisant l'investissement personnel à long terme et l'engagement citoyen.</p>
Objectif 4.1	Favoriser l'accès à une occupation pour chacun	<p>Quoi? Favoriser l'intégration des individus dans une occupation rémunérée.</p> <p>Pourquoi? Pour permettre aux personnes de satisfaire leurs besoins matériels et favoriser leur intégration à la société.</p> <p>Comment? En offrant aux personnes une occupation à leur mesure, leur permettant d'avoir un niveau de vie acceptable, tout en respectant leurs autres priorités, comme les études ou la famille. En favorisant l'accès à</p>

		l'emploi et l'insertion économique des populations précarisées (personnes âgées, chômeurs, immigrants, malades et handicapés, marginaux, jeunes au comportement problématique, etc.).
Objectif 4.2	Favoriser l'investissement personnel à long terme	<p>Quoi? Offrir la possibilité d'un investissement et d'un engagement personnel à long terme dans une activité.</p> <p>Pourquoi? L'individu qui investit dans le long terme dispose d'occasions pour se réaliser pleinement et pour tenter de faire sa marque dans sa collectivité ou son entreprise, ce qui favorise son accomplissement personnel.</p> <p>Comment? En offrant une certaine stabilité d'emploi aux employés ou aux bénévoles, en favorisant le travail à temps plein pour les personnes qui le désirent.</p>
Thème 5	Liberté individuelle et responsabilité collective	<p>Quoi? Développer l'équilibre entre le sentiment de liberté individuelle et la responsabilité de l'individu à l'égard de la collectivité.</p> <p>Pourquoi? Pour que des individus se réalisent pleinement et puissent fonctionner harmonieusement en société, ils doivent établir un équilibre entre ces deux pôles.</p> <p>Comment? En favorisant l'expression et le respect des différences, en créant des conditions favorables à la cohésion sociale.</p>
Objectif 5.1	Permettre le développement de la confiance en soi	<p>Quoi? Favoriser les conditions qui permettent aux individus de développer un sentiment de confiance en soi, d'estime personnelle.</p> <p>Pourquoi? La confiance en soi incite au dépassement personnel et à l'entrepreneuriat, favorise l'ouverture et la communication entre les êtres humains. C'est un préalable à l'implication des individus dans la collectivité.</p> <p>Comment? En valorisant les connaissances, les compétences et les réalisations des individus, en supportant les initiatives individuelles, en offrant du support au développement personnel.</p>
Objectif 5.2	Favoriser la liberté d'action,	Quoi? Favoriser, pour les individus, la liberté d'exprimer leurs opinions et leurs croyances, la liberté de

	l'expression individuelle et le pluralisme des croyances	<p>mouvement, la liberté d'expression artistique</p> <p>Pourquoi? Le sentiment de liberté est un élément clé de la définition de la qualité de vie pour la plupart des êtres humains. L'acceptation, l'expression et la valorisation de la diversité permettent de développer la tolérance, le respect et l'ouverture aux autres au sein des sociétés.</p> <p>Comment? En valorisant la pluralité et la démocratie, en permettant que de saines discussions puissent avoir lieu entre les personnes et des groupes. En favorisant l'expression des diversités culturelles.</p>
Objectif 5.3	Favoriser l'accès aux loisirs et à la détente	<p>Quoi? Faciliter et valoriser l'accès du plus grand nombre aux occasions de loisirs et de détente.</p> <p>Pourquoi? Pour favoriser le développement culturel, la santé physique et l'accomplissement personnel.</p> <p>Comment? En faisant la promotion, en soutenant et en rendant accessibles des activités culturelles, artistiques, de loisirs et sportives pour toutes les catégories sociales. En améliorant les espaces de détente de proximité, les espaces verts, les zones piétonnes, les zones à trafic ralenti, les zones de rencontre.</p>
Objectif 5.4	Favoriser la connectivité	<p>Quoi? Favoriser les échanges d'informations et le dialogue entre les individus, au sein d'une collectivité et entre les collectivités, entre les cultures, au niveau national et international.</p> <p>Pourquoi? Pour permettre aux citoyens, groupes et organisations de sentir qu'ils font partie intégrante d'un groupe, de la communauté.</p> <p>Comment? En mettant le plus de gens possible en relations les uns avec les autres. En encourageant le dialogue social, en créant des lieux et des occasions de rencontre, en renfonçant la convivialité et en favorisant la mixité sociale. En s'opposant à toutes les formes d'incivilité, de violence ou de ségrégation sociale.</p>
Objectif 5.5	Favoriser la cohésion sociale	<p>Quoi? Créer un climat de vie sain et agréable, favorisant la cohésion sociale, dans l'organisation ou dans la collectivité</p> <p>Pourquoi? La cohésion sociale augmente la résistance et la résilience des individus, des organisations et des collectivités face aux changements ou aux perturbations. Elle participe à créer une communauté de soutien aux</p>

		<p>personnes plus démunies. Elle favorise un climat de vie riche et agréable.</p> <p>Comment? En renforçant les valeurs de respect, de solidarité, d'ouverture. En développant des réseaux de soutien, d'entraide et d'intégration. En valorisant les relations harmonieuses, les bonnes interactions et l'apprentissage du vivre ensemble. En créant des lieux d'échange et de dialogue, en concevant des mécanismes de résolution de conflit. En créant et en réalisant des actions collectives.</p>
Thème 6	Reconnaissance des personnes et des investissements	<p>Quoi? Favoriser l'accomplissement personnel et collectif par une reconnaissance et une valorisation des réalisations.</p> <p>Pourquoi? La reconnaissance des accomplissements peut augmenter le sentiment d'appartenance à un groupe, susciter l'émulation, participer à l'amélioration des pratiques et inciter les individus à s'engager dans des activités d'investissement et de développement personnel.</p> <p>Comment? En valorisant l'investissement personnel, la participation et l'effort accompli au service des autres et dans le dépassement de soi par des moyens appropriés.</p>
Objectif 6.1	Augmenter le sentiment d'appartenance	<p>Quoi? Développer chez les personnes un sentiment d'appartenance à un groupe,</p> <p>Pourquoi? Le sentiment d'appartenance à un groupe, à une région ou à un territoire peut être un outil de responsabilisation des individus et les inciter à s'engager dans des activités d'investissement plutôt que de consommation destructive.</p> <p>Comment? En organisation des activités de groupe, en développement des projets collectifs. En favorisant l'investissement, en reconnaissant publiquement les réalisations personnelles et collectives.</p>
Objectif 6.2	Valoriser l'accomplissement personnel	<p>Quoi? Favoriser la reconnaissance des accomplissements des individus dans l'atteinte d'objectifs personnels ou collectifs.</p> <p>Pourquoi? Aide à créer une émulation qui peut motiver le développement personnel et inspirer les générations futures.</p>

		Comment? En donnant aux individus l'occasion de s'accomplir et d'être reconnus dans leurs accomplissements par divers moyens de reconnaissance.
Objectif 6.3	Valoriser l'atteinte d'objectifs de performance	<p>Quoi? Mettre en valeur les accomplissements des individus, des organisations ou des collectivités.</p> <p>Pourquoi? Lorsque des individus ou des groupes atteignent des objectifs qu'ils se sont fixés en utilisant les moyens acceptables pour y parvenir, la valorisation de ce succès peut susciter l'émulation et participer à l'amélioration des pratiques.</p> <p>Comment? En identifiant des objectifs et des moyens pour les atteindre. En faisant reconnaître les initiatives fructueuses, en diffusant les façons de faire efficaces.</p>
Thème 7	Culture	<p>Quoi? La culture inclut les traits identitaires des collectivités, les traditions ou savoirs particuliers, les expressions culturelles, les équipements culturels, les activités culturelles, de loisir, l'offre culturelle, les pratiques et biens reconnus comme devant être préservés.</p> <p>Pourquoi? La culture est un des éléments qui singularisent la société, et donnent des particularités à un même projet, dans différentes régions du monde.</p> <p>Comment? En identifiant les traits culturels, en les préservant, en les mettant en valeur et en adaptant les interventions aux caractéristiques culturelles des collectivités où elles sont menées.</p>
Objectif 7.1	Conserver et valoriser le patrimoine culturel	<p>Quoi? Conserver et mettre en valeur le patrimoine culturel (constitué de biens, de lieux, de paysages, de traditions, de savoirs, etc.) et favoriser l'expression culturelle.</p> <p>Pourquoi? Le patrimoine culturel reflète l'identité d'une société. Il transmet les valeurs de celle-ci de génération en génération et sa conservation favorise le caractère durable du développement.</p> <p>Comment? En identifiant, en protégeant, en mettant en valeur les traits culturels, en tenant compte de leur rareté et de leur fragilité. En réhabilitant les sites naturels, les sites culturels, en revitalisant le patrimoine bâti. En intégrant les savoirs traditionnels ou locaux aux projets. En améliorant l'offre culturelle (cinéma, théâtre, musées, etc.), en encourageant l'expression artistique et la créativité. En faisant la promotion de la culture des minorités. En facilitant l'accès aux sites patrimoniaux et aux activités culturelles.</p>

Objectif 7.2	Valoriser les cultures autochtones	<p>Quoi? Valoriser les cultures autochtones (elles sont le résultat d'une longue interaction avec les systèmes naturels) et favoriser leur identification au territoire.</p> <p>Pourquoi? Les cultures autochtones sont associées à un usage immémorial du territoire et de ses ressources pour la satisfaction des besoins humains. Leurs connaissances et leurs cultures peuvent ouvrir de nouvelles perspectives pour les modes d'exploitation et pour l'usage pérenne des ressources.</p> <p>Comment? En favorisant l'expression des éléments distincts des cultures autochtones, en faisant connaître les utilisations traditionnelles des ressources, les racines des langues et des coutumes autochtones, en reconnaissant leur spiritualité et leur relation au territoire et à ses ressources.</p>
Objectif 7.3	Assurer l'intégration culturelle des projets	<p>Quoi? S'assurer que les projets qui sont conçus et réalisés sont cohérents avec les traits culturels des collectivités dans lesquelles ils sont implantés.</p> <p>Pourquoi? Pour favoriser une plus grande viabilité des projets, par une meilleure intégration et une plus grande acceptation par les collectivités. Pour favoriser l'émergence de solutions originales, créatives et adaptées au contexte.</p> <p>Comment? En considérant et en respectant l'histoire et les modes de vie des habitants du quartier, du village, de la ville, de la région, du pays. En tenant compte des usages, des manifestations et des événements locaux. En adoptant une approche concertée permettant le dialogue avec les citoyens et les groupes communautaires, ainsi que leur participation dans la prise de décision et la réalisation des projets.</p>

Dimension économique	Répondre aux besoins matériels	<p>Quoi? Assurer à chaque individu les moyens nécessaires pour répondre à ses besoins.</p> <p>Pourquoi? Pour s'assurer que chaque être humain puisse avoir à sa disposition suffisamment de biens matériels pour s'assurer une vie saine.</p> <p>Comment? En utilisant les divers mécanismes économiques trouvés par l'inventivité humaine (troc, commerce, marché du travail, bourses, etc.).</p>
Thème 1	Possession et usages des biens et des capitaux	<p>Quoi? Offrir aux individus et aux collectivités la possibilité d'obtenir l'usage de biens et de capitaux.</p> <p>Pourquoi? L'humanité continue de s'accroître et les besoins matériels de chacun ne sont pas comblés.</p> <p>Comment? En produisant et en rendant accessibles le plus grand nombre de biens utiles, en développant et en entretenant des infrastructures locales (transports, télécommunication, énergie, eau, etc.).</p>
Objectif 1.1	Offrir la possibilité d'accumuler des biens et des capitaux	<p>Quoi? Permettre l'accumulation de biens (ressources transformées ou non qu'une communauté ou un individu considère comme sa propriété et qui contribue à sa sécurité) et de capitaux (valeurs d'échange).</p> <p>Pourquoi? Pour éviter les fluctuations d'abondance de certaines ressources.</p> <p>Comment? En permettant à des réserves d'être constituées pour éviter les effets néfastes des fluctuations, en permettant l'accumulation de richesse ou en limitant l'endettement.</p>
Objectif 1.2	Permettre au plus grand nombre d'utiliser des biens individuels ou collectifs	<p>Quoi? Donner au plus grand nombre la possibilité d'utiliser des biens de façon exclusive ou collective.</p> <p>Pourquoi? L'accès aux biens contribue à la qualité de vie par la sécurité qu'il apporte de pouvoir satisfaire ses besoins matériels.</p> <p>Comment? En favorisant la réappropriation des biens collectifs, l'accessibilité aux bâtiments, aux infrastructures, aux équipements, etc.</p>

Objectif 1.3	S'assurer d'une juste valeur d'échange pour le travail des personnes	<p>Quoi? S'assurer que la valeur d'échange (salaire ou autre forme de rétribution) soit en proportion avec la capacité de répondre aux besoins matériels de la personne.</p> <p>Pourquoi? Toute personne qui contribue par son activité à la création de richesse devrait recevoir des valeurs d'échange suffisantes pour lui permettre de répondre à ses besoins matériels, spirituels, sociaux, etc.</p> <p>Comment? En adoptant des politiques salariales. En améliorant les conditions de travail, en offrant des avantages sociaux, en augmentant le pouvoir d'achat.</p>
Thème 2	Qualité des biens et services	<p>Quoi? Favoriser la production et l'accès à des biens et services de la plus grande qualité possible.</p> <p>Pourquoi? Un bien ou un service de qualité satisfait mieux et de façon plus durable les besoins pour lesquels il est destiné.</p> <p>Comment? En recherchant la qualité, la durabilité et en évitant le gaspillage des ressources dans la satisfaction des besoins matériels.</p>
Objectif 2.1	S'assurer de l'adéquation entre le produit et le besoin	<p>Quoi? S'assurer que le bien, le service ou le projet réponde de la façon la plus adéquate possible, de manière qualitative et quantitative, à la demande.</p> <p>Pourquoi? Les biens et services doivent être développés afin de répondre à un besoin réel des personnes ciblées, plutôt que par anticipation de la demande ou dans une optique de « faire consommer ».</p> <p>Comment? En identifiant clairement les besoins. En améliorant le taux d'utilisation des biens, infrastructures ou services déjà existants. En adoptant une approche prudente et critique face aux projets justifiés par l'anticipation d'une croissance de la demande.</p>
Objectif 2.2	S'assurer de la durabilité du produit	<p>Quoi? Viser l'augmentation de la qualité et de la durabilité des biens et services produits.</p> <p>Pourquoi? Plus un produit sera utilisé souvent et longtemps pour satisfaire à un besoin, plus les impacts que sa fabrication a causés sur les ressources et sur la qualité du milieu auront été justifiés.</p>

		<p>Comment? En concevant, produisant et rendant accessibles des biens et des services de qualité, en prolongeant la durée de vie des produits, en garantissant leur qualité (garantie, politique de retour). En proscrivant les produits jetables, sauf lorsque la santé humaine exige leur utilisation.</p>
Thème 3	Production et consommation responsable	<p>Quoi? Introduire des changements dans les modes de production et de consommation en vue de rendre ces derniers plus viables et plus responsables sur les plans social et environnemental.</p> <p>Pourquoi? Pour éviter le gaspillage, optimiser l'utilisation des ressources et maximiser les retombées positives du développement économique.</p> <p>Comment? En adoptant des approches d'écoefficiente et d'écodesign, basées sur le cycle de vie. En développant des approches économiques responsables et solidaires. En favorisant le développement de l'économie sociale. En favorisant les circuits courts allant des sites de production, aux centres de distribution, aux lieux de consommation.</p>
Objectif 3.1	Favoriser l'achat et la consommation responsables	<p>Quoi? Inciter les consommateurs et les utilisateurs des biens et des services à consommer de façon responsable en favorisant l'achat et l'utilisation de matériaux, de produits et de services respectueux des personnes et de l'environnement.</p> <p>Pourquoi? Pour minimiser les impacts négatifs (sociaux, environnementaux et économiques) liés à la production des biens et services requis pour la réalisation du projet. L'amélioration des pratiques de consommation est une responsabilité partagée par les consommateurs et les producteurs, chacun ayant leurs obligations.</p> <p>Comment? En offrant une information complète sur les produits et services, en prévoyant des mécanismes de recours et de rétroaction pour les consommateurs. En adoptant des lignes de conduite éthique en matière d'information, de marketing et de publicité. En faisant la promotion d'une consommation responsable. En adoptant des pratiques ou des politiques d'achats responsables. En analysant les besoins pour une réduction de la consommation. En favorisant les produits et services locaux ou issus du commerce équitable. En envisageant l'utilisation de biens ou services moins dommageables. En déterminant les produits ou services pour lesquels une analyse du cycle de vie devrait être réalisée.</p>

Objectif 3.2	Internaliser les externalités dans les coûts	<p>Quoi? S'assurer que la valeur des biens et des services reflète l'ensemble des coûts qu'ils occasionnent à la société durant tout leur cycle de vie, de leur conception jusqu'à leur consommation et leur disposition finale.</p> <p>Pourquoi? Les personnes dont les actions génèrent de la pollution, dégradent l'environnement ou affectent négativement les communautés doivent assumer leur part des coûts des mesures de prévention, de réduction et de contrôle des impacts.</p> <p>Comment? En intégrant dans les analyses coûts/bénéfices des paramètres environnementaux et sociosanitaires. En analysant l'ampleur, au cours du cycle de vie, des coûts générés par des externalités de production des biens et des services devant être assumés collectivement. En adoptant des mesures de compensation d'externalités (compensation carbone) et en internalisant ces coûts.</p>
Thème 4	Viabilité financière	<p>Quoi? Rechercher la rentabilité dans une perspective de viabilité financière du projet.</p> <p>Pourquoi? La viabilité économique est souvent une condition importante pour la réalisation et la pérennité d'un projet.</p> <p>Comment? En développant une connaissance des besoins et des marchés, en assurant l'équilibre financier du projet et en limitant les risques financiers.</p>
Objectif 4.1	S'assurer de la rentabilité du projet	<p>Quoi? S'assurer que le projet atteigne un certain niveau de rentabilité.</p> <p>Pourquoi? La rentabilité économique est souvent garante de la réalisation et de la pérennité d'un projet.</p> <p>Comment? En évaluant les coûts globaux, incluant les coûts d'investissement (études, travaux, fonciers), d'opération (maintenance, entretien, exploitation) et de fin de vie du projet, en analysant les avantages et les bénéfices escomptés pour le projet, en effectuant des analyses coûts/bénéfices et en évaluant le retour sur investissement selon différents scénarios. En évaluant les possibilités d'évitement des coûts. En faisant la promotion d'une utilisation efficace des fonds.</p>
Objectif 4.2	Rechercher l'optimisation du processus	<p>Quoi? Utiliser les ressources (matériaux, personnes, temps) à leur plein potentiel.</p>

		<p>Pourquoi? Un processus optimisé permet d'utiliser moins de matériaux et génère moins de déchets tout en offrant un coût plus proche de la réalité au consommateur. La valorisation de l'efficacité limite le gaspillage des ressources.</p> <p>Comment? En maximisant l'utilisation des ressources, en valorisant les résidus de production. En faisant gagner du temps, en diminuant les distances ou la durée de trajets.</p>
Objectif 4.3	limiter les risques financiers	<p>Quoi? Évaluer et limiter les risques financiers associés à la réalisation du projet.</p> <p>Pourquoi? Pour éviter des impacts économiques négatifs pour les générations actuelles et futures.</p> <p>Comment? En effectuant une analyse rigoureuse du marché, en analysant les effets concurrentiels d'autres activités. En adaptant le projet aux capacités financières actuelles du promoteur. En proposant un bilan financier équilibré, tant pour les fonds publics que privés. En évaluant les risques financiers encourus, en les limitant et en les partageant. En utilisant les bons outils financiers, en respectant les normes comptables et financières. En favorisant la sécurité des biens, en améliorant les garanties de ressources financières.</p>
Thème 5	Création de la richesse	<p>Quoi? L'activité humaine permet d'améliorer la valeur des ressources et des biens qu'elle contribue à transformer.</p> <p>Pourquoi? Cette augmentation de valeur devrait se concrétiser par la valeur ajoutée que permettent les échanges économiques.</p> <p>Comment? En s'assurant que la transformation des ressources et des écosystèmes s'accompagne d'une augmentation de leur valeur.</p>
Objectif 5.1	S'assurer que l'activité humaine génère une valeur d'échange	<p>Quoi? S'assurer que la valeur du produit est en adéquation avec la valeur ajoutée par l'activité humaine.</p> <p>Pourquoi? Toute activité humaine devrait pouvoir être valorisée en fonction de la valeur du produit qu'elle contribue à transformer.</p> <p>Comment? En s'assurant que les produits et services soient offerts à un prix juste, qui permet l'amélioration</p>

		des conditions de production et en assure la pérennité.
Objectif 5.2	S'assurer d'une saine gestion des valeurs et des personnes	<p>Quoi? S'assurer d'une gestion sécuritaire, fiable et profitable des valeurs, des personnes, des infrastructures et des capitaux</p> <p>Pourquoi? Les personnes doivent être protégées et soutenues par un système institutionnel qui leur permet de contribuer au mieux à la satisfaction de leurs besoins propres et à ceux du plus grand nombre de personnes possible.</p> <p>Comment? En confiant les valeurs à des institutions capables d'en assurer la conservation et l'optimisation dans l'optique de les faire fructifier pour les générations à venir.</p>
Thème 6	Opportunités de partage de la richesse	<p>Quoi? Assurer une juste redistribution de l'augmentation des richesses, avantages et aménités pour le plus grand nombre.</p> <p>Pourquoi? Pour augmenter la solidarité et diminuer les disparités entre les individus. La participation du plus grand nombre à la richesse augmente les flux économiques et permet la satisfaction des besoins matériels d'une plus grande quantité de personnes.</p> <p>Comment? En optimisant les retombées économiques des projets tout en s'assurant de mettre en œuvre des mécanismes de redistribution efficaces.</p>
Objectif 6.1	Optimiser les retombées économiques du projet	<p>Quoi? Ouvrir un maximum d'opportunités de partage et favoriser les retombées sur le plan de la création de richesse le plus près possible de la région d'exploitation des ressources,</p> <p>Pourquoi? Pour augmenter la solidarité et diminuer les disparités entre les individus.</p> <p>Comment? En favorisant la création et le maintien d'emplois. En évaluant les attentes et les besoins du territoire, en favorisant l'installation et le maintien des commerces et services de proximité, en limitant l'impact du projet sur le marché concurrentiel des entreprises locales existantes, en visant la complémentarité des activités, filières, circuits et commerces. En proposant des retombées positives et une accessibilité économique pour la population locale. En évaluant les effets sur le prix du foncier et de l'immobilier. En</p>

		ciblant des localisations stratégiques de projets dans des régions sensibles pour contribuer au dynamisme économique de la collectivité. En favorisant l'adaptation de la main d'œuvre aux défis techniques (formation continue et spécialisée).
Objectif 6.2	S'assurer du mécanisme de redistribution	<p>Quoi? Assurer une juste redistribution de l'augmentation des richesses et avantages du projet pour le plus grand nombre.</p> <p>Pourquoi? Pour éviter qu'un certain nombre d'individus se trouvent dans le dénuement, alors que d'autres s'enrichissent de façon disproportionnée.</p> <p>Comment? En diminuant les disparités de revenus par divers mécanismes de redevances, de contributions à l'investissement pour le futur, de taxes et d'impôts. En maintenant un équilibre entre la rémunération du capital et celle du travail. En redistribuant les avantages du projet aux concitoyens, à la localité, à la région, selon des principes établis et reconnus. En versant des redevances aux populations locales dans le cas où les marchés de consommation sont éloignés des zones de production et que la transformation secondaire n'est pas rentable sur place.</p>
Objectif 6.3	Favoriser l'accès au capital	<p>Quoi? Maintenir la rémunération du capital dans des limites acceptables.</p> <p>Pourquoi? Ne pas limiter l'accession de la majorité aux moyens de créer de la richesse.</p> <p>Comment? En favorisant les taux d'intérêt légèrement plus élevés que le taux d'inflation, en facilitant l'accès au microcrédit pour les populations n'ayant pas accès au crédit usuel.</p>
Thème 7	Conditions de travail	<p>Quoi? Les conditions de travail incluent la rémunération, les avantages sociaux, l'ambiance sur les lieux de travail et les opportunités de développement de compétences.</p> <p>Pourquoi? Des conditions de travail de qualité favorisent l'accomplissement, l'engagement et la motivation des employés, tout en favorisant la rétention de la main d'œuvre.</p> <p>Comment? En favorisant l'acquisition et le développement de compétence et en améliorant le climat de travail.</p>

Objectif 7.1	Améliorer les conditions de travail	<p>Quoi? Maintenir ou créer des emplois de qualité, offrir un milieu de travail valorisant et de saines conditions de travail.</p> <p>Pourquoi? Pour que les travailleurs puissent évoluer dans un climat de travail agréable, pour favoriser la rétention de la main d'œuvre, ainsi que favoriser une participation accrue des employés.</p> <p>Comment? En offrant des avantages sociaux (horaires, congés, assurances, remboursements, soutien au bénévolat, conciliation travail-famille-étude, régimes de retraite). En oeuvrant à la création d'une ambiance de travail agréable, harmonieuse, respectueuse. En adoptant des politiques sur le climat de travail (contre le harcèlement par exemple).</p>
Objectif 7.2	Favoriser le maintien, le développement et le partage des compétences	<p>Quoi? Maintenir, valoriser et partager les connaissances et les compétences humaines acquises par l'exercice d'une activité.</p> <p>Pourquoi? Pour qu'un plus grand nombre de personnes soit outillé pour satisfaire à leurs besoins matériels de la façon la plus autonome possible. Pour favoriser la transmission des savoir-faire aux générations futures.</p> <p>Comment? En préparant la main d'œuvre à occuper les emplois par des mécanismes adéquats de formation. En permettant le développement des compétences des personnes (bénévolat, stage, formation continue, etc.). En développant et en mettant en valeur les compétences professionnelles, en favorisant la diffusion de savoirs, de savoir-faire, d'expériences et de pratiques. En organisant des activités de mentorat, en prônant des mises à la retraite progressives.</p>

<p>Dimension gouvernance</p>	<p>Répondre à des besoins de participation, de démocratie, d'intégration et de transparence</p>	<p>Quoi? Assurer une saine gestion des projets et des risques associés et favoriser la participation du plus grand nombre.</p> <p>Pourquoi? Pour démontrer un engagement clair envers le développement durable et pour favoriser la mise en œuvre d'une démarche cohérente, pertinente et transparente.</p> <p>Comment? En intégrant des principes de saine gestion, d'engagement, de participation, de reddition de comptes, de transparence, de prise en considération des intérêts des individus et des collectivités, en assurant une saine gestion des risques.</p>
<p>Thème 1</p>	<p>Gestion et aide à la décision</p>	<p>Quoi? Il existe plusieurs outils et processus de gestion qui permettent à l'organisation de prendre des décisions, de concevoir des projets et de les mettre en œuvre.</p> <p>Pourquoi? L'utilisation de processus de gestion et d'aide à la décision améliore la prise en compte des principes du développement durable, ils favorisent l'atteinte des orientations et des objectifs organisationnels en matière de développement durable.</p> <p>Comment? En optimisant et en adaptant les modes de gestions et de prises de décisions pour y inclure les enjeux et les principes de développement durable.</p>
<p>Objectif 1.1</p>	<p>Optimiser l'utilisation des outils et des processus de gestion</p>	<p>Quoi? Assurer une saine gestion des projets ou des démarches de développement durable par l'utilisation des outils appropriés.</p> <p>Pourquoi? L'utilisation des outils et processus de gestion peut favoriser la flexibilité, le suivi et l'adaptation des projets ou de la démarche, tout en validant régulièrement que le projet évolue dans le sens désiré.</p> <p>Comment? En adoptant une politique de développement durable, en mettant en place un système de gestion, en adaptant les processus de gestion en place pour tenir compte du développement durable, en incluant les enjeux de développement durable dans la planification stratégique, en se fixant des objectifs et un plan d'action, en se donnant des échéances et en se dotant d'un processus de reddition de comptes.</p>

Objectif 1.2	Améliorer les processus de décision	<p>Quoi? Faciliter et améliorer les processus de prise de décision dans le cadre du développement durable.</p> <p>Pourquoi? Pour améliorer la capacité de prendre des décisions plus adaptées, intégrant toutes les dimensions du développement durable.</p> <p>Comment? En utilisant des outils d'aide à la décision multicritère, en favorisant une démarche transversale et transdisciplinaire de prise de décision. En éclairant les choix des décideurs préalablement à la prise de décision. En faisant preuve de transparence quant aux choix qui doivent être faits et aux éléments sur lesquels reposent ces choix.</p>
Objectif 1.3	Viser l'amélioration continue	<p>Quoi? Mettre en place une stratégie d'amélioration continue.</p> <p>Pourquoi? Un processus d'amélioration continue permet une gestion flexible et évolutive, qui permet à l'organisation ou au projet de s'adapter aux contextes changeants. Cette façon de faire aide à comprendre les processus et à s'approprier les objectifs du développement durable.</p> <p>Comment? En améliorant les modes d'action et les outils de gestion. En corrigeant le projet au fur et à mesure que le projet évolue. En capitalisant sur les retours d'expériences et les enseignements tirés pour faire évoluer les pratiques.</p>
Thème 2	Participation et démocratie	<p>Quoi? Reconnaître et encourager la participation de tous les acteurs de la société au processus de décision et associer les citoyens aux projets qui les concernent.</p> <p>Pourquoi? Fondée sur l'efficience des décisions prises par les individus, la participation et l'engagement des citoyens et des groupes qui les représentent sont nécessaires pour définir une vision concertée du développement.</p> <p>Comment? En mobilisant les différents outils de participation pour informer, consulter et concerter. En assurant la qualité de la participation par la clarté des règles, la transparence et la flexibilité des processus, la représentativité et l'utilisation de nouvelles technologies. En faisant un suivi de la participation et des prises de décision afin de favoriser la transparence du processus.</p>

Objectif 2.1	Chercher à développer des partenariats	<p>Quoi? Favoriser l'établissement de partenariat tout au long de la réalisation du projet.</p> <p>Pourquoi? Car chacun des partenaires de l'association y gagne quelque chose, les faiblesses de l'un peuvent être compensées par les forces de l'autre et le projet peut être mieux supporté dans les périodes difficiles. La recherche de partenariat oblige le promoteur à préciser ses objectifs et à en exposer la pertinence, ce qui amène habituellement des pistes de bonification et permet d'éviter des erreurs coûteuses.</p> <p>Comment? En identifiant les partenaires potentiels, en évaluant la complémentarité des compétences et des forces, en proposant des partenariats durables et équitables.</p>
Objectif 2.2	Favoriser l'engagement et la mobilisation	<p>Quoi? La première étape d'une démarche de développement durable est d'accepter de faire les choses autrement, de s'engager à mettre en œuvre des actions concrètes. Cet engagement devrait émaner du plus grand nombre de parties prenantes (toute personne ou tout groupe qui influence ou est influencé par l'organisation ou par le projet).</p> <p>Pourquoi? Un engagement fort et concret des parties prenantes facilite leur mobilisation pour la réalisation du projet, l'existence d'une volonté forte de le mener à terme est gage d'une plus grande durabilité.</p> <p>Comment? En annonçant publiquement l'engagement des décideurs, responsables, et des parties prenantes. En mettant en place des actions qui visent à mobiliser des individus ou des groupes, à favoriser leur engagement. En engageant les responsables du projet à apporter des changements positifs. En partageant les préoccupations de développement durable avec les partenaires. En assurant la coordination politique, technique et financière du projet, en garantissant un portage politique fort et pérenne.</p>
Objectif 2.3	Instaurer une vision partagée	<p>Quoi? Créer et partager une vision commune du projet dans une perspective de développement durable.</p> <p>Pourquoi? Pour préciser les positions, les intérêts et les attentes réciproques, pour créer un consensus sur les objectifs à atteindre.</p> <p>Comment? En créant des espaces de dialogue avec les parties prenantes. En introduisant la perspective du long terme dans les réflexions, en effectuant des ateliers de vision sur l'avenir du projet. En validant les diagnostics avec tous les acteurs, en identifiant les besoins communs et les projets mobilisateurs. En</p>

		débatant de projets possibles à partir d'un plan global de référence partagé et accepté.
Objectif 2.4	Favoriser la participation des parties prenantes	<p>Quoi? Favoriser la participation et l'implication des parties prenantes, des acteurs intéressés ou influents, tant pour le design du projet que pour sa mise en œuvre.</p> <p>Pourquoi? Pour améliorer les décisions prises (faire de meilleurs choix et des choix acceptables), pour améliorer les processus de prise de décision et faire évoluer les représentations des acteurs par l'apprentissage mutuel.</p> <p>Comment? En identifiant les parties prenantes influentes et en les intégrant dans les instances techniques et décisionnelles. En proposant des lieux de concertation, en facilitant le dialogue et l'expression, en créant un processus d'écoute en continu. En mettant à disposition une information crédible et transparente et en offrant des moyens d'expertise aux parties prenantes. En prenant en compte les avis émis, en optimisant les échanges et le partage des visions, opinions et points de vue.</p>
Objectif 2.5	Assurer une information transparente par des mécanismes de communication appropriés	<p>Quoi? Utiliser des mécanismes de communication pertinents pour optimiser les échanges avec les parties prenantes et favoriser la diffusion de l'information relative au projet, aux actions et aux décisions.</p> <p>Pourquoi? L'accès à une information de qualité (pertinente, compréhensible et complète) améliore la collaboration entre les personnes et les groupes, facilite le partage de l'information et des connaissances et aide à prendre des décisions plus adaptées aux besoins et au contexte.</p> <p>Comment? En adaptant les mécanismes de communication existants, en créant de nouveaux mécanismes d'animation et de concertation. En prévoyant des méthodes d'expression et de résolution des conflits. En optimisant le potentiel des technologies de l'information et des communications. En diffusant les coordonnées d'un contact à l'intention des personnes qui veulent poser des questions ou émettre des commentaires. En respectant le droit des individus à la vie privée.</p>
Objectif 2.6	Favoriser la démocratie	<p>Quoi? Valoriser la démocratie et favoriser des décisions prises par toutes les personnes touchées.</p> <p>Pourquoi? Parmi l'ensemble des systèmes politiques essayés par les populations humaines dans l'histoire, la démocratie semble celui qui permet le mieux de conserver un équilibre dynamique et une stabilité politique</p>

		<p>propice au développement humain à long terme.</p> <p>Comment? En incitant, en préparant et en supportant les personnes dans l'exercice de la citoyenneté active. En renseignant les citoyens sur leurs droits et responsabilités. En augmentant la capacité d'agir et de participer des personnes et des groupes, en favorisant l'émergence de projets citoyens.</p>
Thème 3	Suivi et évaluation	<p>Quoi? Le suivi et l'évaluation de l'évolution d'un projet ou d'une démarche permettent de vérifier que l'organisation progresse toujours selon les orientations, objectifs et cibles qu'elle s'est donnés.</p> <p>Pourquoi? Pour évaluer en toute transparence la qualité de la démarche et des actions mises en place, pour publiciser les éléments novateurs d'une démarche ou d'un projet,</p> <p>Comment? En mettant en place des mécanismes de suivi et d'évaluation en continu et en effectuant une reddition de compte fréquente et transparente.</p>
Objectif 3.1	Mettre en place des mesures de suivi et d'évaluation	<p>Quoi? Mettre en place des mécanismes permettant l'évaluation en continu de l'évolution du projet, des actions ou de la démarche.</p> <p>Pourquoi? Pour identifier les succès et les obstacles rencontrés, pour témoigner de l'atteinte ou non des cibles fixées, pour identifier les actions n'ont pas fonctionné et en trouver les raisons.</p> <p>Comment? En développant des plans de suivi pour les différentes étapes du projet. En se dotant d'objectifs, d'indicateurs de suivi pertinents, d'un tableau de bord de gestion. En mesurant régulièrement ces indicateurs, en mesurant les améliorations et les dysfonctionnements. En veillant à la participation des parties prenantes dans les processus d'évaluation et d'amélioration.</p>
Objectif 3.2	Rendre des comptes de façon transparente	<p>Quoi? Communiquer de façon transparente les résultats de la démarche ou du projet.</p> <p>Pourquoi? Pour favoriser les réactions rapides en cas de dysfonctionnement et pour mettre en œuvre des mesures de correction ou de bonification, pour répondre à un objectif de transparence.</p> <p>Comment? En déterminant préalablement les mécanismes de reddition de comptes. En produisant les bilans</p>

		appropriés (bilan de développement durable, de responsabilité sociale, rapport annuel, etc.) et en les diffusant de façon transparente auprès des parties intéressées. En offrant des informations sur les aspects reliés à la santé, à la sécurité, à l'environnement. En faisant des évaluations honnêtes de l'efficacité des actions. En évaluant la pertinence d'une certification ou d'une homologation.
Thème 4	Intégration du projet	<p>Quoi? Les organisations devraient porter une attention particulière à l'intégration de leurs projets ou de leurs activités dans la collectivité où ils s'implantent.</p> <p>Pourquoi? Une bonne intégration et une cohérence des actions sont garantes de l'acceptabilité et de la durabilité des projets et des activités.</p> <p>Comment? En respectant les caractéristiques de la collectivité (besoins, enjeux), en favorisant l'acceptabilité sociale. En respectant le cadre règlementaire local et national, en concevant des projets adaptés et adaptables.</p>
Objectif 4.1	Considérer le contexte légal	<p>Quoi? Prendre en compte le contexte juridique, règlementaire et contentieux dans la conception et la réalisation du projet.</p> <p>Pourquoi? La conformité règlementaire est souvent une condition sine qua non de la réalisation d'un projet.</p> <p>Comment? En s'informant sur le contexte légal là où le projet sera implanté. En visant la conformité règlementaire et même au-delà. En considérant les possibilités d'évolution du contexte légal.</p>
Objectif 4.2	Inclure des enjeux locaux	<p>Quoi? Connaître les caractéristiques des groupes sociaux et leurs centres d'intérêt et définir un projet qui considère leurs enjeux de développement.</p> <p>Pourquoi? Chaque collectivité a ses propres enjeux de développement selon leur contexte, l'inclusion de ces enjeux dans le développement du projet augmente sa pertinence et sa viabilité.</p> <p>Comment? En proposant des échanges avec la collectivité, en écoutant attentivement les habitants. En considérant les besoins et des attentes des habitants et en les prenant en compte dans la conception du projet. En s'assurant que le projet apporte un enrichissement à la collectivité, en favorisant le développement</p>

		du territoire, la vitalité économique, la création d'emplois. En investissant dans le développement local (investissement social, dons, bénévolat).
Objectif 4.3	Assurer la cohérence et l'intégration	<p>Quoi? Agir de façon globale et intersectorielle en tenant compte simultanément des dimensions économiques, sociales et environnementales, au niveau local et global.</p> <p>Pourquoi? Les projets ont souvent une double portée (locale et globale), ils s'inscrivent dans un maillage institutionnel à plusieurs niveaux et ils affectent à la fois l'environnement, l'économie, la culture, etc.</p> <p>Comment? En participant aux différents mécanismes de concertation sur le développement (local, régional, national). En s'assurant de la cohérence du projet avec les documents de planification locale et avec les orientations territoriales. En vérifiant la capacité des infrastructures et équipements existants, en calibrant les objectifs du projet à la réalité locale, en proposant des mesures proportionnées et en s'assurant de leur faisabilité. En améliorant la collaboration et la mise en valeur des forces régionales.</p>
Objectif 4.4	Assurer le réalisme et l'adaptabilité du projet	<p>Quoi? S'assurer du réalisme et de la faisabilité du projet, mettre en place des mesures qui permettent l'adaptabilité du projet</p> <p>Pourquoi? Pour augmenter la viabilité du projet et son acceptation, pour que le projet puisse évoluer dans le temps et dans l'espace, face aux changements de besoins et de contexte.</p> <p>Comment? En tenant compte de l'état de l'art, des normes, des prescriptions techniques en vigueur. En considérant les obstacles potentiels. En s'assurant d'avoir les ressources et l'expertise nécessaires à la réalisation du projet. En adoptant une démarche de projet flexible et réversible, en modulant le projet, en prévoyant des solutions alternatives anticipant les évolutions probables. En considérant des projets futurs dans le montage initial (modernisations, aménagements connexes, extension ou redimensionnement, renforcement des capacités).</p>
Objectif 4.5	S'assurer de l'acceptabilité sociale du projet	<p>Quoi? S'assurer que le projet est accepté par la collectivité locale qui va l'accueillir.</p> <p>Pourquoi? L'acceptabilité sociale est liée à la perception de la validité et de l'équité du projet, à sa légitimité aux yeux des acteurs. L'acceptabilité d'un projet lui confère une plus grande durabilité politique et sociale.</p>

		<p>Comment? En prévoyant des mécanismes de concertation en amont du projet, en anticipant les conflits d'usage et les points de blocage. En tenant compte des stratégies d'acteurs et des attentes de la population, en se préoccupant des craintes et des inquiétudes de la population. En favorisant l'appropriation du projet et l'adhésion par la population. En prévoyant une stratégie de communication et d'information en continu. En optimisant les retombées locales du projet.</p>
Thème 5	Subsidiarité	<p>Quoi? Accorder un pouvoir d'action et de décision aux personnes et aux collectivités les plus concernées par un problème.</p> <p>Pourquoi? Pour trouver les solutions les plus adaptées, le plus près de l'endroit où les problèmes se posent et avec les personnes et les collectivités directement touchées par ces problèmes.</p> <p>Comment? En articulant les niveaux de décision, en respectant le principe de subsidiarité, en mutualisant les moyens d'action et en favorisant une responsabilisation des acteurs.</p>
Objectif 5.1	Rapprocher la prise de décision des acteurs concernés	<p>Quoi? Donner le pouvoir de décision à ceux qui sont le plus près des conséquences de ces décisions, tout en le rapprochant le plus possible des citoyens et des communautés locales.</p> <p>Pourquoi? Pour assurer une participation accrue à la prise de décision et pour favoriser les solutions les plus adaptées aux réalités locales.</p> <p>Comment? En répartissant adéquatement les lieux de décision, en déléguant les pouvoirs et les responsabilités au niveau approprié d'autorité. En améliorant l'articulation des échelles spatiales et économiques. En favorisant l'engagement, la collaboration et la coopération des partenaires suprarégionaux.</p>
Objectif 5.2	Favoriser la responsabilisation des acteurs	<p>Quoi? Confier aux acteurs des responsabilités pour lesquelles ils sont imputables.</p> <p>Pourquoi? Pour faire en sorte que chaque personne, organisation ou collectivité prenne conscience de sa responsabilité d'agir davantage dans le sens du développement durable.</p> <p>Comment? En définissant et en diffusant clairement les rôles et les responsabilités des parties prenantes et</p>

		<p>en formalisant leur engagement. En s'assurant d'un partage équitable des responsabilités entre les parties prenantes selon les capacités de chacune, en s'assurant qu'elles disposent des moyens nécessaires pour les assumer. En faisant la promotion d'une gestion axée sur l'autonomie et la transparence. En encourageant les conduites exemplaires et les comportements responsables, en respectant la déontologie professionnelle.</p>
Thème 6	Gestion du risque	<p>Quoi? Un risque est une évaluation quantifiée du caractère critique d'un événement indésirable. Il se mesure par la combinaison de la probabilité et de la gravité du dommage.</p> <p>Pourquoi? La bonne gestion des risques permet de réduire les probabilités et les conséquences néfastes des activités humaines et des aléas naturels.</p> <p>Comment? En identifiant les risques prévisibles. En appliquant les principes de prévention, de précaution et d'équité en matière de gestion des risques.</p>
Objectif 6.1	Appliquer le principe de prévention	<p>Quoi? Privilégier une approche préventive plutôt que curative : en présence d'un risque connu, des actions de prévention, d'atténuation et de correction doivent être mises en place, en priorité à la source.</p> <p>Pourquoi? Pour intervenir en amont et instaurer des mesures visant à limiter ou à diminuer les éventuels impacts négatifs d'un projet sur le plan social, économique ou écologique</p> <p>Comment? En considérant les risques économiques, sociaux et environnementaux. En évaluant le niveau et la nature des risques, ainsi que les groupes et individus concernés. En mettant en œuvre des mesures d'atténuation pour réduire ou contrôler les activités à risque. En élaborant un programme de surveillance de l'évolution des risques.</p>
Objectif 6.2	Appliquer le principe de précaution	<p>Quoi? Adopter une approche de précaution lorsqu'il y a un risque de dommage grave ou irréversible.</p> <p>Pourquoi? L'absence de certitude scientifique complète ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir une dégradation de l'environnement.</p> <p>Comment? En considérant l'émergence possible de nouveaux risques et le potentiel de dommages. En évaluant la pertinence de mesures de précautions élaborées ou mises en œuvre, en définissant les</p>

		comportements possibles devant l'incertitude du risque envisagé. En évaluant les possibilités de réversibilité de l'action en cas de dommage grave, en identifiant les responsables de dommages potentiels.
Objectif 6.3	Favoriser une répartition équitable des risques	<p>Quoi? Réduire les inégalités face aux risques en traitant en priorité les populations exposées.</p> <p>Pourquoi? Pour s'assurer que les risques environnementaux, économiques et sociaux des actions soient distribués équitablement entre les groupes ou les populations.</p> <p>Comment? En caractérisant les facteurs de risque pour les populations touchées. En déterminant les groupes vulnérables par le risque connu. En informant et sensibilisant les acteurs concernés. En évaluant la pertinence d'agir sur certains facteurs de risque ou de maintenir les activités existantes. En créant des plans d'urgence et des processus de gestion de crise. En améliorant la capacité de prise en charge collective du risque et en formant les habitants et les responsables à réagir face à une situation de crise.</p>

ANNEXE 7

Grille d'analyse de développement durable du PSBLSJ complétée

DIMENSION ÉTHIQUE : Répondre aux besoins d'équité, de justice, de solidarité, de cohérence											
Thèmes Objectifs	Pond.	Éval 1 (%)	Éval 2 (%)	Actions actuelles et futures	Pistes de bonification	Priorité	Indice de qualité de l'évaluation				
							Corrélation	Statut	Fiabilité	Qualité de l'évaluation	Besoin en démunis
1 Lutte contre la pauvreté											
1.1 Mettre en place des actions ciblant les plus démunis à l'intérieur de l'organisation	1	60	60	Rio Tinto a une politique de santé intégrée à son code de conduite mondial et RTA-ÉE l'applique via son programme SSE certifiée OHSAS 18001	Appliquer la politique aux sous-traitants. Politique d'embauche incluant une discrimination positive pour les autochtones	Non prioritaire	1	1	1	Très bien	Faible
1.2 Mettre en place des actions ciblant les plus démunis dans la communauté	1	50	50	RTA a une politique d'engagement dans la communauté	En conformité avec la politique sur les relations communautaires de RTA et les programmes communautaires RTA) appliquer des actions ciblant les plus démunis en lien direct avec le PSB. Adapter à la population vieillissante la communication sur la gestion du risque ainsi que sur les droits, les devoirs et les pouvoirs de RTA et des riverains. Pour maximiser la sécurité des enfants et des personnes âgées, s'assurer de maintenir des voies d'accès et de sorties facilement accessibles lors des rechargements de plage. Prêter une attention particulière aux plages publiques et maintenir leur gratuité. Contrer la privatisation du tour du LSJ Développer un système de transport collectif pour maximiser l'accès aux plages publiques du LSJ y compris pour les résidents du Saguenay	Enjeux long terme	1	1	3	Bien	Faible
1.3 Mettre en place des actions visant à réduire les inégalités à l'extérieur de la communauté	1	34	34	Fonds RTA Canada (programme de don)	Qu'une équipe du PSB participe, finance, le tour du LSJ pour le Burkina Faso. Formaliser et faire valider les bonnes pratiques par la communauté scientifique, les communiquer, les diffuser et les exporter	Enjeux long terme	1	1	3	Bien	Faible
Totaux thème 1 :											
	3	48%	48%								
2 Solidarité											
2.1 Chercher à améliorer l'autonomie des personnes	2	50	50	Information et consultation de tous les intervenants (ministère, MRC, municipalités, associations de riverains, riverains et population en général) Sensibilisation Organisation de corvées pour aider les personnes moins autonomes et les résidents âgés	Accompagner les associations de riverains à la sensibilisation de leur membres Co-construire un code d'éthique du riverain Développer les compétences des riverains à l'entretien de leur bande riveraine (éco-riverain). Bonifier les mécanismes existants (ex: achats de plantes, etc).	Agir	1	2	3	Bien	Moyennement élevé
2.2 Respecter les droits humains	3	64	64	Droit d'accès à l'eau, droit à la pêche, droit à un environnement sain. Respect du code d'éthique de l'environnement Potentiel d'adoption de bonnes pratiques par les partenaires et sous-traitants	Demander au gouvernement d'harmoniser la réglementation entre les droit attribués par la convention de 1922 avec le contexte légal actuel. Communiquer les droits, les devoirs et pouvoirs de RTA et des riverains Maintenir la qualité de l'environnement et la qualité des paysages	Conforter	1	2	2	Bien	Moyennement élevé
2.3 Assurer une répartition des avantages dans l'ensemble de la population	3	38	30	Le PSB en tant que tel. Priorisation des interventions en fonction des besoins humains le PSB (via SIAL) a accordé un bail de 20 ans à la marina de St-Félicien pour l'obtention d'une aide gouvernementale pour réaliser son projet d'agrandissement	Favoriser l'accès au lac pour les riverains et les non-riverains Maximiser les espaces publics et la protection de ceux-ci	Réagir	1	1	1	Très bien	Faible
2.4 Considérer et reconnaître l'apport des minorités	2	60	60	RTA maintien un comité permanent avec la communauté de Mashteuatsh; Le PSB a soutenu un vaste programme d'inventaires archéologiques dirigés par l'UQAC et visant plusieurs sites autochtones; Les entreprises de Mashteuatsh sont régulièrement invitées à soumissionner aux processus d'appel d'offres.	Identifier, considérer et appliquer les savoirs et les connaissances des communautés autochtones Assurer des accès au lac pour les handicapés.	Conforter	1	1	2	Très bien	Faible
2.5 Viser l'équité	3	63	63	Information et consultation de tous les intervenants (ministère, MRC, municipalités, associations de riverains, riverains et population en général) Équité procédurale documentée dans les rapports de suivi annuel	Favoriser un traitement équitable entre les locataires et les propriétaires Diversifier les médias de communication	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
2.6 Améliorer l'accessibilité	3	75	67	Accessibilité de l'information et des services liés au PSB/LSJ Promenade de bois sur les épis Travaux de rechargement de plage à l'extérieur des zones de plages identifiées Dons de terrains aux municipalités Droits de passage accordés aux municipalités Le PSB a refusé des demandes de changements d'usage afin de préserver certains accès publics.	Diversifier les modes de communication Ouvrir des accès sur le lac à des fins publiques de récréation Adopter des solutions, des pratiques et des infrastructures innovantes à la stabilisation des berges limitant au minimum l'accès au lac (éviter l'empiétement). S'assurer de l'accessibilité universelle et sécuritaire Favoriser l'accès au support technique du PSB. Diversifier les types d'interventions de stabilisation sans miser uniquement sur les infrastructures.	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
Totaux thème 2 :											
	16	59%	56%								
3 Restauration et compensation											

3.1	Fixer des objectifs de restauration des écosystèmes	3	72	66	<p>Suivi des écosystèmes Code d'éthique de l'environnement Protection de milieux humides</p> <p>La division Énergie Électrique a élaboré en 2011 un plan d'action sur la biodiversité (PAB) en lien avec son système de gestion environnementale certifié ISO 14001 et conforme aux objectifs environnementaux du groupe Rio Tinto qui vise: Exercer un impact positif net (NPI) sur les habitats supportant la biodiversité; Exercer un NPI sur les autres éléments de biodiversité de grande valeur (ceux qui ne seraient pas adéquatement considérés autrement, par exemple une population d'une espèce d'intérêt); Éliminer les risques de niveau « critique » et « élevé » posés à la biodiversité par les activités de l'entreprise; Identifier des possibilités de conservation pouvant générer de la valeur pour l'entreprise.</p>	<p>Fixer des objectifs de restauration par écosystème Évaluer les différents modes de gestion du niveau du lac à l'automne Engager un(e) biologiste à temps plein Appliquer une gestion écosystémique au LSJ avec les parties prenantes impliquées.</p>	Conforter	1	2	2	Bien	Moyennement élevé
3.2	Prévoir la réhabilitation des sites dès l'étape de conception des projets	3	68	68	<p>Le PSB est un projet de réhabilitation Code d'éthique de l'environnement Aucune plage n'a été rechargée avec du gravier (diamètre variant entre 0 et 40 mm) même si ce type de matériau était prévu au décret de 1986 (décret 978-2006)</p>		Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
3.3	Offrir des compensations aux populations touchées par les impacts	3	60	60	<p>Information et consultation de tous les intervenants (ministère, MRC, municipalités, associations de riverains, riverains et population en général) Travaux riverains aux nuisances Compensations versées aux MRC pour modification des chemins pour transport de roches, carrières</p>	<p>S'attaquer aux sources d'érosion Diversifier les sources de compensation pour qu'elles ne soient pas uniquement monétaire. Améliorer la communication concernant les dommages et le suivi des travaux.</p>	Conforter	1	1	2	Très bien	Faible
Totaux thème 3 :		9	67%	65%								
4 Originalité et innovation												
4.1	Diversifier les options	3	71	71	<p>Conformité réglementaire technique et scientifique RTA est conforme, voir à l'avant-garde des technologies existantes.</p>	<p>Repenser les mécanismes de participation et de concertation pour développer une vision et une gestion écosystémique du lac Faire de la recherche et de la modélisation sur la dominante d'érosion (éolienne ou hydrique) et sur l'influence des interventions actuelles et souhaitables Considérer l'effet des vagues dans la gestion du niveau du lac Adapter la diversité des options à l'évolution des connaissances et des besoins Suivre et s'inspirer des bonnes pratiques d'ici et d'ailleurs Évaluer les différents modes de gestion du niveau du lac à l'automne Ajouter de l'art sur les épis.</p>	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
4.2	Favoriser le potentiel d'innovation	3	72	72	<p>Développement des connaissances concernant les brises lames Évolution technologique notable Génie biologique</p>	<p>Évaluer les différents modes de gestion du niveau du lac à l'automne Augmenter les innovations en génie-végétale Mettre à jour les infrastructures de stabilisation en fonction des innovations</p>	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
4.3	Favoriser la recherche et le développement	3	50	46	<p>Étude sur modèle réduit de concert avec l'université Laval (1987-1988) Recherche sur le poisson fourrage Étude et mise à l'essai de géotubes (2008 – 2010) et les techniques de génie végétal</p>	<p>Communiquer les efforts de recherche et développement Développer les connaissances sur la sédimentation. Établir des partenariats de recherche (Ex.: Chaire de recherche sur la gestion du LSJ) et intégrer les résultats dans le PSB. Faire la modélisation du lac et de son hydraulique (voir la thèse de Nutz) Considérer l'effet des vagues dans la gestion du niveau du lac Prendre des mesures systématiques sur des sites-échantillons Évaluer les différentes alternatives incluant celles qui nécessiteraient des changements de paradigmes (ex.: non-intervention avec compensation)</p>	Agir	1	1	1	Très bien	Faible
Totaux thème 4 :		9	64%	63%								
5 Valeurs communes												
5.1	Favoriser l'émergence et le partage de valeurs communes	3	49	49	<p>Les mécanismes de participation dans le milieu ont permis l'émergence de valeurs communes (protection du paysage, accessibilité, harmonisation des activités) Effort d'identification de RTA en lien avec son appartenance à la région</p>	<p>Développer une culture de la participation par le dialogue permettant l'identification et l'élaboration de valeurs communes Formaliser les valeurs Prendre conscience de l'importance des valeurs Co-construire et adopter une politique de cohabitation RTA/Riverains</p>	Agir	1	2	3	Bien	Moyennement élevé
5.2	Assurer la cohérence entre les actions et les valeurs d'une organisation	3	70	70	<p>Adoption de politiques Sensibilisation des partenaires Code d'éthique de l'environnement Articulation entre les valeurs de la compagnie et ses actions</p>	<p>Assurer une cohérence entre les actions et les valeurs communes (suite des bonifications de l'objectif 5.1)</p>	Conforter	1	1	2	Très bien	Faible
Totaux thème 5 :		6	60%	60%								
Totaux dimension éthique:		43	61%	59%								

DIMENSION ÉCOLOGIQUE: Répondre aux besoins de qualité du milieu et de pérennité des ressources											
Thèmes Objectifs	Pond.	Éval 1 (%)	Éval 2 (%)	Actions actuelles et futures	Pistes de bonification	Priorité	Indice de qualité de l'évaluation				
							Corrélation	Statut	Fiabilité	Qualité de l'évaluation	Besoin en données
1 Utilisation des ressources renouvelables											
1.1 Utiliser en priorité les ressources renouvelables	3	54	54	Utilisation d'huile hydraulique biodégradable Passerelle de bois Utilisation des plantes stabilisatrices	Adopter une politique de maximisation de l'utilisation du matériau bois Maximiser le génie végétal Inciter à l'utilisation des biocarburants et équipements électriques	Agir	1	2	2	Bien	Moyennement élevé
1.2 Qualifier l'importance pour le maintien de la vie	3	64	64	Inventaire des éléments sensibles de l'environnement touchés par les travaux et identification de mesures d'atténuation lorsque requis Surveillance environnementale Protection des milieux humides Recherche sur le poisson fourrage Protection des espaces sensibles de Pointe-Taillon	Identifier l'importance des ressources pour le maintien de l'équilibre et de la vie des écosystèmes Mieux connaître les impacts sur la faune et la flore	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
1.3 Planifier une utilisation judicieuse des ressources renouvelables	3	46	46	L'utilisation de l'eau, dans une perspective de production d'électricité est remarquablement bien gérée. Cependant, la ressource eau présente plusieurs autres services écologiques qui doivent être pris en compte, le PSB est un début de prise en compte.	Éviter le gaspillage, le bon matériau au bon endroit Améliorer la prise en considération de la nature multi-usage de l'eau, qui n'est pas uniquement destinée au turbinage.	Agir	1	1	1	Très bien	Faible
Totaux thème 1 :		9	55%	55%							
2 Utilisation des ressources non renouvelables											
2.1 Évaluer la possibilité de remplacement	3	39	39	Revégétalisation Génie végétale	Évaluer la capacité de remplacement par le matériau bois Évaluer la capacité à long terme des bancs d'emprunt Évaluer et inciter à l'utilisation des biocarburants dans la flotte de véhicule Trouver des alternatives aux recharges de plages et/ou trouver des solutions pour contrer l'érosion des plages	Réagir	1	2	3	Bien	Moyennement élevé
2.2 Favoriser le recyclage	3	80	70	Réutilisation des matériaux d'excavation Code d'éthique de l'environnement Réutilisation des pierres de l'épi de Métabetchouan, démantelé en 2008, dans une nouvelle structure. RTA-EE applique l'approche 3R-V.	Restauration ou valorisation des structures désuètes Faire la modélisation ou utiliser les modèles existant pour évaluer les déplacements sédimentaires (dû aux rechargements des plages notamment) à l'intérieur du lac	Conforter	1	2	3	Bien	Moyennement élevé
Totaux thème 2 :		6	60%	55%							
3 Utilisation de l'énergie											
3.1 Planifier une utilisation judicieuse de l'énergie	3	60	60	Planification des déplacements et de l'utilisation des machines Code d'éthique de l'environnement	Optimisation des machines et des déplacements Former les chauffeurs de camion sur l'éco-conduite Maximiser l'utilisation des véhicules à faible consommation d'essence ou électrique ou au biocarburant	Conforter	1	1	3	Bien	Moyennement élevé
3.2 Favoriser les vecteurs d'énergie aux moindres impacts	3	65	65	Utilisation des véhicules au biocarburant	Favoriser les véhicules électriques	Conforter	1	1	3	Bien	Moyennement élevé
Totaux thème 3 :		6	63%	63%							
4 Extrants de l'activité humaine											
4.1 Développer une connaissance de la capacité de support	3	80	80	Surveillance environnementale Recherche sur l'éperlan Subvention au centre écologique du LSJ pour la pêche expérimentale à des fins de connaissance sur l'état de conservation des milieux humides et des populations de poissons fourrages Caractérisation des écosystèmes	Continuer les recherches Augmenter les connaissances sur le système benthique et les impacts de la sédimentation des matériaux de recharge Ajuster les dispositifs en fonction des nouvelles connaissances sur l'impact des vents sur l'érosion et la sédimentation	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
4.2 Minimiser les extrants	3	80	80	Programme de réduction des déchets Code d'éthique de l'environnement	Pérenniser les bonnes pratiques Vérifier la toxicité du sable importé	Conforter	1	1	3	Bien	Moyennement élevé
4.3 Minimiser les impacts	3	74	74	Code d'éthique de l'environnement Le PSB en lui-même Lorsqu'il était techniquement possible de le faire, le perré conventionnel a été remplacé par une protection plus légère, soit un empiérement 25-150 mm	Demander au gouvernement de mettre sur pied une évaluation stratégique environnementale (prospective) concernant les enjeux du multi-usages du LSJ. Documenter les impacts cumulatifs (rétroactifs) du PSB Améliorer les connaissances sur l'érosion éolienne, l'érosion glaciaire et les glaces de dérive Mettre en place un comité conjoint de gestion du LSJ Augmenter les interventions visant la préservation des îles	Conforter	1	1	2	Très bien	Faible
4.4 Mesurer les impacts des extrants sur les milieux	3	73	73	Suivi hirondelles de rivage Suivi des travaux	Documenter les impacts cumulatifs (rétroactifs) du PSB	Conforter	1	1	2	Très bien	Faible
4.5 Assurer une saine gestion des déchets dangereux	3	80	80	Mesures visant à prévenir les déversements de contaminants, particulièrement les hydrocarbures Sensibilisation des entrepreneurs Entretiens préventifs des équipements Code d'éthique de l'environnement	Vérifier la toxicité du sable importé	Conforter	1	1	3	Bien	Moyennement élevé
Totaux thème 4 :		15	77%	77%							
5 Biodiversité											

5.1	Développer des connaissances sur la biodiversité	3	80	80	Surveillance environnementale Profils biophysiques d'habitats humides riverains du LSJ Inventaire des couvées de canards Suivi des communautés de poissons fourrages Suivi des toposéquences végétales Acquisition de connaissances sur les composantes des écosystèmes du LSJ Identification des éléments sensibles de l'environnement Aide financière de 40 000 \$ à la Corporation de l'activité pêche du lac Saint-Jean pour un projet de recherche de l'UQAC sur la capacité de support du lac Saint-Jean pour l'éperlan arc-en-ciel Installation d'échelles à poissons Acquisition de connaissances au plan faunique Études portant sur la caractérisation du PSB Étude sur le poisson fourrage	Maintenir et augmenter le potentiel floral et faunique Examiner les caractéristiques d'une gestion favorisant la faune et identifier les travaux qui nuisent le moins Inventorier les sites où se développent les plantes relictuelles pour que l'on puisse en tenir compte lors de l'étude des travaux de stabilisation Entreprendre des études, sous la direction du ministère qualifié, pour mieux connaître la dynamique faunique du lac et de ses tributaires	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
5.2	Protéger les espèces rares ou menacées	3	75	75	Interventions sur les berges menacées par l'érosion sur le territoire du Parc de la Pointe-Taillon Surveillance environnementale Protection de milieux humides Identification des plantes d'intérêt et protection intégrale	Accentuer la collaboration avec le parc de la Pointe-Taillon Favoriser les interventions visant à protéger l'Hudsonie Tomentosa Conserver les habitats ripariens restant Adopter une politique de préservation des littoraux	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
5.3	Valoriser les espèces à valeur symbolique	3	65	54	Cession du Parc de la Pointe-Taillon pour en faire un parc de conservation Protection de plusieurs marais. Collaboration avec la Corporation L'Activité Pêche (CLAP) et support financier de plusieurs études pour mieux documenter des espèces à valeur symbolique telles que l'ouananche et le doré. Inventaire préalable aux travaux est toujours effectué afin de protéger les espèces à valeur symbolique et les espèces rares.	Mettre les espèces à valeurs symboliques comme emblème sur le site internet Développer des partenariats avec le milieu visant une meilleure connaissance des plantes rares et les espèces à valeurs symboliques planter relictuelles, ouananche. Valoriser les actions citoyennes et/ou corporatives valorisant les espèces symboliques	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
Totaux thème 5 :		9	73%	70%								
6 Utilisation du territoire												
6.1	Limiter les impacts sur les sols	3	69	69	Adopter une politique de préservation des littoraux Enquêtes auprès des intervenants concernés afin de suivre l'évolution de l'utilisation du sol autour du LSJ, de ses tributaires et de son exutoire Code d'éthique de l'environnement Membrane géotextile pour éviter la compaction des sols Conformité au décret pour répondre aux critères de granulométrie	Inclure les bancs d'emprunt dans la préoccupation sur les sols Co-construire un code d'éthique du riverain Mettre en place un comité conjoint de gestion du LSJ	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
6.2	Optimiser l'utilisation du territoire	1	48	48	Le PSB vise à contrôler l'érosion Le PSB a refusé des demandes de changements d'usage afin de préserver certains accès publics		Enjeux long terme	1	1	3	Bien	Faible
6.3	Contribuer au maintien de la diversité de paysages	3	53	53	Végétalisation de talus pour favoriser la reprise d'un couvert végétal tout en assurant le niveau de protection adéquat Consultation du spécialiste de RTA en végétaux Fourniture de plants dans des secteurs de talus de sable Collaboration avec la ZIP Alma pour la renaturalisation de la bande riveraine Travaux de végétalisation pour l'esthétique en zone de villégiature	Adapter le type de rechargement pour favoriser le maintien de la qualité des plages Intégrer dans le paysage les ouvrages de stabilisation Travailler avec des architectes Exploiter le potentiel récréo-touristique de la région et mise en valeur du Lac et des ses tributaires Considérer tous les sites dans une perspective de gestion écosystémique Déterminer les travaux en considérant les particularités des sites Utiliser différents moyens connus et surveiller nouvelles technologies pour maintenir la diversité des paysages. Réfléchir à la façon de diversifier les types d'interventions pour varier l'aspect visuel	Agir	1	1	3	Bien	Moyennement élevé
Totaux thème 6 :		7	59%	59%								
7 Polluant affectant globalement la biosphère												
7.1	Réduire les quantités nettes de gaz à effet de serre émis ou présents en excès dans l'atmosphère	3	60	60	Conformité réglementaire Travaux de fin novembre jusqu'à la fin mars	Inclure des éléments sur l'éco-conduite dans le code d'éthique Électrification des transports Compenser les émissions de gaz à effet de serre (GES) Augmenter la grosseur des bennes afin de diminuer le nombre de voyages.	Conforter	1	1	2	Très bien	Faible
7.2	Réduire les émissions de substances appauvrissant la couche d'ozone	2	76	76	Conformité réglementaire Interdiction d'utiliser des aérosols pour marquer lors des projets Code d'éthique de l'environnement	Maintenir les efforts actuels et améliorer la conformité réglementaire.	Conforter	1	1	2	Très bien	Faible
7.3	Réduire les polluants organiques persistants	2	70	70	Conformité réglementaire Code d'éthique de l'environnement	A inclure dans le code d'éthique du riverain	Conforter	1	1	2	Très bien	Faible
7.4	Prévoir des mesures d'adaptations aux changements globaux	3	26	26	Étude réalisée par Ouranos sur la rivière Péribonka Un doctorat a été complété par une étudiante de l'ETS pour le bassin de la Péribonka (Potentiel d'adaptation aux changements climatiques de la gestion d'un système hydrique exploité pour la production hydroélectrique: étude de la rivière Péribonka (Québec, Canada))	Études exhaustives concernant l'évolution des crues, des vents, et des événements exceptionnels Prévoir des mesures d'adaptation aux changements climatiques	Réagir	1	1	1	Très bien	Faible
Totaux thème 7 :		10	55%	55%								
Totaux dimension écologique :		62	65%	64%								

DIMENSION SOCIALE : Répondre aux besoins sociaux et aux aspirations individuelles											
Thèmes Objectifs	Pond.	Éval 1 (%)	Éval 2 (%)	Actions actuelles et futures	Pistes de bonification	Priorité	Indice de qualité de l'évaluation				
							Corrélation	Statut	Fiabilité	Qualité de l'évaluation	Besoin en données
1 État de santé de la population											
1.1 Améliorer ou maintenir l'état de santé de la population	1	10	10	Code d'éthique de l'environnement		Enjeux long terme	1	2	1	Très bien	Faible
1.2 Privilégier les actions préventives de santé	1	10	10	Code d'éthique de l'environnement	Promouvoir les activités physiques	Enjeux long terme	1	2	1	Très bien	Faible
1.3 Réduire les nuisances	2	71	70	Code d'éthique de l'environnement Saisonnalité des travaux Consultation des riverains Réduction du bruit Accommodation des périodes de travaux et accès aux zones des travaux en fonction des demandes des riverains	Utiliser différents moyens connus et surveiller les nouvelles technologies afin de réduire les nuisances Évaluer les différents modes de gestion du niveau du lac	Conforter	1	2	1	Très bien	Faible
1.4 Favoriser le contact entre les populations et la nature	3	60	53	RTA a participé au projet du Rigolet (ex : panneaux d'interprétation, location du terrain pour fins d'accès public). RTA a aussi participé au projet du petit marais de St-Gédéon, au projet de mise en valeur de la rivière Ticouapé et au marais du golf à St-Prime. L'aménagement de certains épis vise aussi à favoriser le contact avec le lac. Construction d'épis en éventail dans le Parc Régional des Grandes-Rivières. Le PSB siège sur le CA du comité d'aménagement de la Petite Décharge. Aménagement de certaines de nos installations pour le passage de la Véloroute des Bleuets (ex : déversoirs 4 et 7 de la Centrale Isle Maligne).	Maximiser et optimiser les accès au LSJ et aux milieux humides Mettre en valeur les habitats Favoriser l'interprétation de la nature, installer des panneaux d'interprétation sur les ouvrages accessibles à pied, faire valoir les composantes naturelles du LSJ sur le site internet du PSB	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
Totaux thème 1 :	7	49%	46%								
2 Conditions de sécurité											
2.1 Créer un sentiment de sécurité collective et individuelle	3	75	68	Planification des ouvrages et des interventions Directives aux sous-traitants concernant l'application de la sécurité Gestion à 16,5 pi maximale depuis 1991 même si les décrets autorisent 17,5 pi.	Augmenter la communication Évaluer les différents modes de gestion du niveau du lac à l'automne	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
2.2 Assurer une sécurité effective	3	70	70	Obligation de respecter des règles de prévention des accidents et de déclarer tout incident Déclaration et suivi des incidents Santé/sécurité au travail. Les règles et obligations s'appliquent aussi aux sous-traitants		Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
2.3 Assurer l'éducation de base à la sécurité	3	80	76	Santé/sécurité au travail Des communications spécifiques sont régulièrement envoyées aux riverains en fonction de problématiques particulières (ex : éléments de sécurité pour certains aménagements/ périodes de travaux /accès). Communiqués de presse et message radio sont aussi régulièrement faits pour des problématiques plus globales (ex : gestion des crues).		Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
Totaux thème 2 :	9	75%	71%								
3 Niveau d'éducation des populations											
3.1 Assurer une éducation de base fonctionnelle à tous	1	4	4			Enjeux long terme	4	4	4	Faible	Élevé
3.2 Favoriser l'accès de chacun à son niveau d'éducation désiré	1	25	15	Programme de Bourses RTA		Enjeux long terme	1	2	1	Très bien	Faible
3.3 Permettre l'accès à une éducation et à une formation continues	1	69	69	Activité portes ouvertes Publications sur internet Programme de formation continue		Non prioritaire	1	1	1	Très bien	Faible
3.4 Œuvrer à l'alphabétisation écologique des personnes	2	61	61	Partenaire du livre sur le LSJ Sensibilisation des riverains sur les bandes riveraines	Accentuer les efforts de sensibilisation Appliquer une grille d'analyse multicritère et multiacteur pour le choix des végétaux Co-construire un code d'éthique du riverain Contribuer à faire connaître les composantes biophysiques du LSJ dans la population et les écoles	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
Totaux thème 3 :	5	44%	42%								
4 Intégration des individus à la société											
4.1 Favoriser l'accès à une occupation pour chacun	1	56	56	Création d'emplois et sous-traitance		Enjeux long terme	1	2	1	Très bien	Faible

4.2	Favoriser l'investissement personnel à long terme	3	71	71	Capacité de rétention des employés	Promouvoir la participation accrue des riverains pour permettre leur investissement à long terme. Accompagner la mise en place d'un comité intégré des associations de riverains	Conforter	1	2	3	Bien	Moyennement élevé
Totaux thème 4 :		4	67%	67%								
5 Liberté individuelle et de responsabilité collective												
5.1	Permettre le développement de la confiance en soi	1	11	11	Occasion donnée par le processus actuel d'analyse du développement durable.	Autonomiser (empowerment) les gens, leur donner le goût d'en faire plus. Nommer un riverain du mois et partager ses pratiques dans les médias appropriés	Enjeux long terme	1	2	2	Bien	Faible
5.2	Favoriser la liberté d'action, l'expression individuelle et le pluralisme des croyances	3	50	50	Favorise l'exercice des libertés individuelle en protégeant les berges et en conservant la qualité de loisir des riverains	Demander au gouvernement d'harmoniser la cohabitation entre les droits attribués par la convention de 1922 avec le contexte légal actuel. Communiquer les droits, les devoirs et pouvoirs de RTA et des riverains Faciliter la connectivité Développer un forum de discussion sur son site internet	Agir	1	1	3	Bien	Moyennement élevé
5.3	Favoriser l'accès aux loisirs et à la détente	3	74	74	Favorise l'exercice des libertés individuelle en protégeant les berges et en conservant la qualité de loisir des riverains Protéger les berges et les aires naturelles permet et encourage la pratique de loisirs diversifiés: baignade, villégiature, camping, chasse, pêche, navigation de plaisance, etc.	Maximiser et optimiser les accès au LSJ et aux milieux humides	Conforter	1	1	3	Bien	Moyennement élevé
5.4	Favoriser la connectivité	2	40	40	Mécanismes qui rendent les gens interdépendants	Accompagner la mise en place d'un comité intégré des associations de riverains Faciliter la connectivité Développer un forum de discussion sur son site internet Créer des lieux où les collectivités peuvent échanger. Accompagner la mise en place d'un comité intégré des associations de riverains Favoriser un esprit de collectivité	Agir	1	2	3	Bien	Moyennement élevé
5.5	Favoriser la cohésion sociale	2	66	66	Information et consultation de tous les intervenants (ministère, MRC, municipalités, associations de riverains, riverains et population en général)	S'assurer de l'équité dans les interventions Mettre en place un comité conjoint de gestion du LSJ Appliquer et développer des relations basées sur des valeurs de respect et d'ouverture Insuffler une mission sociale à un programme technique	Conforter	1	2	2	Bien	Moyennement élevé
Totaux thème 5 :		11	54%	54%								
6 Reconnaissance des personnes et des investissements												
6.1	Augmenter le sentiment d'appartenance	2	55	55	Information et consultation de tous les intervenants (ministère, MRC, municipalités, associations de riverains, riverains et population en général) Favoriser l'accès au Lac via le PSB augmente le sentiment d'appartenance	Valoriser et partager les bonnes pratiques individuelles via différents médias Inclure dans les communications l'histoire, les raisons et les types d'interventions. Co-construire une vision écosystémique du lac et la diffuser	Agir	1	2	2	Bien	Moyennement élevé
6.2	Valoriser l'accomplissement personnel	1	16	16		Valoriser et partager les bonnes pratiques individuelles via différents médias Accompagner la mise en place d'un comité intégré des associations de riverains	Enjeux long terme	4	4	4	Faible	Élevé
6.3	Valoriser l'atteinte d'objectifs de performance	2	78	78	Les rapports de suivi, de synthèse, et les autres documents témoignent de l'atteinte, ou non des objectifs de performance du PSB	Élargir les objectifs de performance en intégrant des indicateurs de développement durable Valoriser et partager les bonnes pratiques individuelles et collective via différents médias	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
Totaux thème 6 :		5	56%	56%								
7 Culture												
7.1	Conserver et valoriser le patrimoine culturel	3	71	71	Fouilles archéologiques Identification des sites archéologiques et mettre en place des mesures de protection	Participer à la mise en valeur des résultats des fouilles archéologiques	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
7.2	Valoriser les cultures autochtones	3	45	45	Fouilles archéologiques	Identifier, considérer et appliquer les savoirs et les connaissances des communautés autochtones Protéger et mettre en valeur la Pointe-Racine Restaurer le site de transmission culturelle Intégrer les autochtones dans les activités archéologiques Valoriser l'histoire de l'occupation du territoire par les autochtones	Agir	1	1	1	Très bien	Faible
7.3	Assurer l'intégration culturelle des projets	3	62	62	Information et consultation de tous les intervenants (ministère, MRC, municipalités, associations de riverains, riverains et population en général)	Accompagner la mise en place d'un comité intégré des associations de riverains	Conforter	1	2	2	Bien	Moyennement élevé
Totaux thème 7 :		9	59%	59%								
Totaux dimension sociale:		50	48%	46%								

DIMENSION ÉCONOMIQUE : Répondre aux besoins matériels												
Thèmes Objectifs	Pond.	Éval 1 (%)	Éval 2 (%)	Actions actuelles et futures	Pistes de bonification	Priorité	Indice de qualité de l'évaluation					
							Corrélation	Statut	Fiabilité	Qualité de l'évaluation	Besoin en données	
1 Possession et usages des biens et des capitaux												
1.1	Offrir la possibilité d'accumuler des biens et des capitaux	3	74	72	Maintien des valeurs des propriétés privées en diminuant les effets de l'érosion Création d'emplois Travaux de rechargement de plage à l'extérieur des zones de plages identifiées	Évaluer les différents modes de gestion du niveau du lac à l'automne	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
1.2	Permettre au plus grand nombre d'utiliser des biens individuels ou collectifs	3	65	65	Promenade en bois sur les épis Accès et descentes de bateaux Création d'accès publics au lac Rechargement des plages	Maximiser et optimiser les accès au LSJ et aux milieux humides Protéger le parc de la Pointe-Taillon pour les générations futures.	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
1.3	S'assurer d'une juste valeur d'échange pour le travail des personnes	3	72	72	Convention collective Politique salariale Retombées économiques directes et indirectes	Ajuster les budgets en fonction de la qualité des matériaux et du travail requis	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
Totaux thème 1 :		9	70%	70%								
2 Qualité des biens et services												
2.1	S'assurer de l'adéquation entre le produit et le besoin	3	70	70	Essais erreurs du PSB (plage suspendus, gabions) Accès en béton remplacé par des accès en bois	Avoir des budgets réservés concernant l'Innovation relative au processus de stabilisation des berges S'assurer que les travaux soit respectueux des usagers et des besoins	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
2.2	S'assurer de la durabilité du produit	3	61	61	Gestion à 16,5 pi maximale depuis 1991 même si les décrets autorisent 17,5 pi. Brise-lames pour éviter les rechargements annuels	Évaluer les différents modes de gestion du niveau du lac à l'automne Concilier les aspects esthétiques et fonctionnels des matériaux utilisés	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
Totaux thème 2 :		6	66%	66%								
3 Production et consommation responsable												
3.1	Favoriser l'achat et la consommation responsables	3	70	63	Fournisseurs locaux Achats locaux lorsque possible Abandon de technologies inefficaces comme le Terrafix et les Gabions RTA-ÉÉ suit les principes d'approvisionnement de Rio Tinto. Dans le courant de l'année 2015, RTA-Québec vise à arrimer leurs principes d'approvisionnement avec les spécificités locales afin de développer une politique d'achat responsable propre à nos opérations au Québec.	Étendre l'application de la politique d'achat responsable aux fournisseurs Utiliser les bons matériaux aux bons endroits en prenant en compte, dans une analyse multicritère, les besoins et les usages des générations futures. Faire l'inventaire et caractériser les bancs d'emprunts	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
3.2	Internaliser les externalités dans les coûts	3	85	78	Le PSB dans son ensemble est un programme d'internalisation des externalités Gestion à 16,5 pi maximale depuis 1991 même si les décrets autorisent 17,5 pi.	Évaluer les différents modes de gestion du niveau du lac à l'automne Demander au gouvernement de mettre sur pied une évaluation stratégique environnementale (prospective) concernant les enjeux du multi-usages du LSJ Faire une analyse coûts/bénéfices des paramètres socio-environnementaux Faire une analyse de cycle de vie Compenser les émissions de gaz à effet de serre (GES)	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
Totaux thème 3 :		6	78%	71%								
4 Viabilité financière												

4.1	S'assurer de la rentabilité du projet	1	15	15	Pas l'objectif du PSB (la rentabilité est un non-objectif)	Optimiser la gestion des ressources (humaines, naturelles renouvelables et non-renouvelables, économiques, etc) Utiliser les bons matériaux aux bons endroits en prenant en compte, dans une analyse multictière, les besoins et les usages des générations futures. Innovier en R&D pour avoir des matériaux plus durables et diminuer les coûts. Plus de projets pour le même coût global.	Enjeux long terme					#DIV/0!	#DIV/0!
4.2	Rechercher l'optimisation du processus	3	68	68	Optimisation, recyclage, valorisation des matériaux Code d'éthique de l'environnement	Optimiser la gestion des ressources (humaines, naturelles renouvelables et non-renouvelables, économiques, etc) Évaluer les différents modes de gestion du niveau du lac à l'automne	Conforter	1	2	3	Bien	Moyennement élevé	
4.3	Limiter les risques financiers	3	76	76		Investir dans les meilleures technologies disponibles Optimiser la gestion des ressources (humaines, naturelles renouvelables et non-renouvelables, économiques, etc) Utiliser les bons matériaux aux bons endroits en prenant en compte, dans une analyse multictière, les besoins et les usages des générations futures. Innovier en R&D pour avoir matériaux plus durables et diminuer les coûts.	Conforter	1	3	3	Bien	Moyennement élevé	
Totaux thème 4 :		7	64%	64%									
5 Création de la richesse													
5.1	S'assurer que l'activité humaine génère une valeur d'échange	3	74	74	Le PSB maintient et augmente la valeur d'échange des propriétés et l'attractivité du lac	(Mise en garde: l'embourgeoisement, l'équité dans l'acquisition de fonds de terres et de propriétés peuvent nuire à plusieurs autres objectifs) Continuer à prendre en considération l'augmentation de la valeur foncière Protéger la piste cyclable du parc de la Pointe-Taillon contre l'érosion	Conforter	1	2	3	Bien	Moyennement élevé	
5.2	S'assurer d'une saine gestion des valeurs et des personnes	3	75	75	Bonne gestion Suivi Accréditation ISO 14001	Assurer un bon entretien des installations	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible	
Totaux thème 5 :		6	75%	75%									
6 Opportunités de partage de la richesse													
6.1	Optimiser les retombées économiques du projet	3	71	71	En termes d'entretien et d'achats de matériaux, le PSB favorise l'achat local et les fournisseurs locaux, si possible.	Favoriser l'achat local et les fournisseurs locaux Améliorer les retombées locales directes	Conforter	1	2	3	Bien	Moyennement élevé	
6.2	S'assurer du mécanisme de redistribution	3	55	55	Évaluation des travaux prioritaires à effectuer en fonction des dommages et non des personnes	Développer une politique d'achats responsables incluant des considérations éthiques en vue de diversifier les retombées. Prioriser et augmenter les plages publiques de concert avec les municipalités afin de maximiser l'accès au lac et aux milieux humides	Agir	1	1	3	Bien	Moyennement élevé	
6.3	Favoriser l'accès au capital	1	15	15	En conservant la valeur foncière, le PSB favorise l'accès au crédit pour les propriétaires riverains	Attention à l'embourgeoisement du lac qui limite l'accès aux propriétés	Enjeux long terme	1	2	3	Bien	Faible	
Totaux thème 6 :		7	56%	56%									
7 Conditions de travail													
7.1	Améliorer les conditions de travail	3	76	76	Convention collective, Bonnes pratiques qui incluent les sous-traitants Conditions de travail sécuritaires. Emplois de qualité, bons salaires. Politique sur le climat de travail		Conforter	1	1	1	Très bien	Faible	
7.2	Favoriser le maintien, le développement et le partage des compétences	3	75	75	Partage les compétence et les bonnes pratiques avec la communauté.	Multiplier les interventions afin d'autonomiser les riverains	Conforter	1	2	3	Bien	Moyennement élevé	
Totaux thème 7 :		6	76%	76%									
Totaux dimension économique :		47	69%	68%									

DIMENSION GOUVERNANCE : Répondre à des besoins de participation, de démocratie, d'intégration et de transparence											
Thèmes Objectifs	Pond.	Eval 1 (%)	Eval 2 (%)	Actions actuelles et futures	Pistes de bonification	Priorité	Indice de qualité de l'évaluation				
							Corrélation	Statut	Fiabilité	Qualité de l'évaluation	Besoins données
1 Gestion et aide à la décision											
1.1 Optimiser l'utilisation des outils et des processus de gestion	3	75	75	Le PSB est affecté par plusieurs mécanismes de reddition de comptes et d'optimisation de la gestion (ISO 14001, politique de DD, méthode Toyota)	Mettre en place un comité conjoint de gestion Appliquer une gestion écosystémique au LSJ avec les parties prenantes impliquées. Appliquer un modèle de gestion de développement durable au PSB	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
1.2 Améliorer les processus de décision	3	60	60	Analyse de DD	Intégrer des outils multicritères pour l'analyse avec les parties prenantes Péreniser l'utilisation d'outils d'analyse de DD pour évaluer et analyser le PSB Mettre en place un comité conjoint de gestion Appliquer une gestion écosystémique au LSJ avec les parties prenantes impliquées.	Conforter	1	2	2	Bien	Moyennement élevé
1.3 Viser l'amélioration continue	3	62	62	Le PSB dispose de plusieurs mécanismes d'amélioration continue	Élargir les objectifs de performance en intégrant des indicateurs de développement durable	Conforter	1	2	3	Bien	Moyennement élevé
Totaux thème 1 :		9	66%	66%							
2 Participation et démocratie											
2.1 Chercher à développer des partenariats	3	57	57	Information et consultation de tous les intervenants (ministère, MRC, municipalités, associations de riverains, riverains et population en général)	Établir et augmenter les partenariats Solliciter la contribution des citoyens aux orientations à donner aux différents usages du lac Coopérer avec les différentes parties prenantes Diversifier les stratégies de partenariat en fonction des besoins	Agir	1	2	2	Bien	Moyennement élevé
2.2 Favoriser l'engagement et la mobilisation	3	56	56	La constitution d'un comité de pondération pour la grille formé de parties prenantes est un bon exemple.	Co-construire un code d'éthique du riverain Mettre en place un comité conjoint de gestion Appliquer une gestion écosystémique au LSJ avec les parties prenantes impliquées. Accompagner les associations de riverains à la sensibilisation de leur membres Solliciter la contribution des citoyens aux orientations à donner aux différents usages du lac Coopérer avec les différentes parties prenantes	Agir	1	2	2	Bien	Moyennement élevé
2.3 Instaurer une vision partagée	3	70	70	Consultation des riverains Mise en place du comité de pondération Consultation publique sur le rapport de DD	Donner un réel pouvoir d'influence aux riverains et à leurs représentants Mettre en place un comité conjoint de gestion Accompagner la mise en place d'un comité intégré des associations de riverains Appliquer une gestion écosystémique au LSJ avec les parties prenantes impliquées. Développer un document fixant la mission, vision, valeurs du PSB Accompagner les associations de riverains à la sensibilisation de leur membres Développer des mécanismes et des processus participatifs par le dialogue Développer et partager un vocabulaire commun	Conforter	1	1	2	Très bien	Faible
2.4 Favoriser la participation des parties prenantes	3	59	59	Information et consultation de tous les intervenants (ministère, MRC, municipalités, associations de riverains, riverains et population en général)	Solliciter la contribution des citoyens aux orientations à donner aux différents usages du lac Coopérer avec les différentes parties prenantes Diversifier les stratégies de partenariat en fonction des besoins Actualiser les processus de participation Donner un réel pouvoir d'influence aux riverains et à leurs représentants Mettre en place un comité conjoint de gestion Appliquer une gestion écosystémique au LSJ avec les parties prenantes impliquées. Accompagner les associations de riverains à la sensibilisation de leur membres Développer des mécanismes et des processus participatifs par le dialogue	Agir	1	2	2	Bien	Moyennement élevé
2.5 Assurer une information transparente par des mécanismes de communication appropriés	3	75	75	Berges en bref, site internet, ligne téléphonique, conférences, présentations, publication d'articles scientifiques, participation à des expositions populaires ou spécialisées, brochure d'information de vulgarisation, bulletin d'information À Prop-Eau	Demander au gouvernement d'harmoniser la cohabitation entre les droit attribués par la convention de 1922 avec le contexte légal actuel. Communiquer les droits, les devoirs et pouvoirs de RTA et des riverains Diversifier les médias de communication	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible

2.6	Favoriser la démocratie	3	56	56	<p>Analyse de DD avec parties prenantes est un exercice de démocratie participative Information et consultation de tous les intervenants (ministère, MRC, municipalités, associations de riverains, riverains et population en général)</p>	<p>Demander au gouvernement d'harmoniser la cohabitation entre les droit attribués par la convention de 1922 avec le contexte légal actuel. Communiquer les droits, les devoirs et pouvoirs de RTA et des riverains Diversifier les médias de communication Solliciter la contribution des citoyens aux orientations à donner aux différents usages du lac Coopérer avec les différentes parties prenantes Diversifier les stratégies de partenariat en fonction des besoins Actualiser les processus de participation Donner un réel pouvoir d'influence aux riverains et à leurs représentants Mettre en place un comité conjoint de gestion Appliquer une gestion écosystémique au LSJ avec les parties prenantes impliquées. Accompagner les associations de riverains à la sensibilisation de leur membres Développer des mécanismes et des processus participatifs par le dialogue</p>	Agir	1	2	2	Bien	Moyennement élevé
Totaux thème 2 :		18	62%	62%								
3 Suivi et évaluation												
3.1	Mettre en place des mesures de suivi et d'évaluation	3	79	79	<p>Conformité réglementaire et suivi des ouvrages, Enquêtes de satisfaction Retour périodique sur le suivi des plages</p>	<p>Mettre en place un comité conjoint de gestion du lac Appliquer une gestion écosystémique au LSJ avec les parties prenantes impliquées. Solliciter la contribution des citoyens aux orientations à donner aux différents usages du lac Coopérer avec les différentes parties prenantes Accompagner la mise en place d'un comité intégré des associations de riverain</p>	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
3.2	Rendre des comptes de façon transparente	3	75	75	À Prop-Eau, Berges en bref, rapport de suivi, site internet, suivi de la hauteur du lac	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible	
Totaux thème 3 :		6	77%	77%								
4 Intégration du projet												
4.1	Considérer le contexte légal	3	89	84	<p>Respect des règlements et des directives en matière d'environnement Intégration des composantes environnementales à toutes les étapes des travaux du PSB Gestion à 16,5 pi maximale depuis 1991 même si les décrets autorisent 17,5 pi. Le PSB n'a jamais reçu d'avis d'infraction de la part du ministère de l'environnement.</p>	<p>Demander au gouvernement d'harmoniser la cohabitation entre les droit attribués par la convention de 1922 avec le contexte légal actuel. Communiquer les droits, les devoirs et pouvoirs de RTA et des riverains</p>	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
4.2	Inclure des enjeux locaux	3	80	80	Le PSB est en enjeu local	<p>Coopérer avec les différentes parties prenantes Considérer les différents usages et enjeux et leur importance pour la région</p>	Conforter	1	2	3	Bien	Moyennement élevé
4.3	Assurer la cohérence et l'intégration	3	59	59	<p>Information et consultation de tous les intervenants (ministère, MRC, municipalités, associations de riverains, riverains et population en général)</p>	<p>Élargir les objectifs de performance en intégrant des indicateurs de développement durable Élargir ou répliquer le PSB à l'ensemble du bassin versant affecté par la gestion du niveau de l'eau (Ex: Shipshaw et Isle Maguire) Solliciter la contribution des citoyens aux orientations à donner aux différents usages du lac Coopérer avec les différentes parties prenantes Diversifier les stratégies de partenariat en fonction des besoins</p>	Agir	1	2	2	Bien	Moyennement élevé
4.4	Assurer le réalisme et l'adaptabilité du projet	3	70	70	<p>Respect des règlements et normes Accommodation des périodes de travaux et accès aux zones des travaux en fonction des demandes des riverains</p>	<p>Établir des partenariats de recherche (Ex.: Chaire de recherche sur la gestion du LSJ) et intégrer les résultats dans le PSB.</p>	Conforter	1	2	2	Bien	Moyennement élevé
4.5	S'assurer de l'acceptabilité sociale du projet	3	78	78	<p>Information et consultation de tous les intervenants (ministère, MRC, municipalités, associations de riverains, riverains et population en général) Sondages et enquêtes afin de mesurer et suivre l'évolution de l'opinion des riverains et de la population régionale sur divers volets du PSB</p>	<p>Mettre en œuvre et diffuser les résultats d'un processus d'analyse de l'acceptabilité sociale, en amont du BAPE</p>	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
Totaux thème 4 :		15	75%	74%								
5 Subsidiarité												
5.1	Rapprocher la prise de décision des acteurs concernés	3	51	51	<p>Consultations Comité de pondération formé par des parties prenantes</p>	<p>Actualiser les pratiques de prise de décision Mettre en place un comité conjoint de gestion Appliquer une gestion écosystémique au LSJ avec les parties prenantes impliquées. Co-construire un code d'éthique du riverain</p>	Agir	1	1	2	Très bien	Faible
5.2	Favoriser la responsabilisation des acteurs	3	50	50	Code d'éthique de l'environnement s'applique aux sous-traitants	<p>Co-construire un code d'éthique du riverain Mettre en place un comité conjoint de gestion Appliquer une gestion écosystémique au LSJ avec les parties prenantes impliquées.</p>	Agir	1	2	3	Bien	Moyennement élevé
Totaux thème 5 :		6	51%	51%								
6 Gestion du risque												
6.1	Appliquer le principe de prévention	3	60	52	Gestion à 16,5 pi maximale depuis 1991 même si les décrets autorisent 17,5 pi.	<p>Évaluer les différents modes de gestion du niveau du lac</p>	Conforter	1	1	1	Très bien	Faible
6.2	Appliquer le principe de précaution	3	48	48	Étude sur les aspects hydrologiques et sur le régime des crues de la rivière Pérignonka	<p>Préparer l'adaptation aux changements climatiques Mener des études pour déterminer les caractéristiques des mesures de protection et leur localisation</p>	Agir	1	1	1	Très bien	Faible
6.3	Favoriser une répartition équitable des risques	3	55	55	<p>Utilisation de la modélisation pour la gestion hydrique Suivi du niveau du lac</p>	<p>Associer les riverains à la gestion des risques Réfléchir à un processus d'intégration du Parc de la Pointe-Taillon dans le PSB</p>	Agir	1	2	2	Bien	Moyennement élevé
Totaux thème 6 :		9	54%	52%								
Totaux dimension gouvernance :		63	65%	64%								

ANNEXE 8

Indice de la qualité des données

Indice de la qualité des données

Si la pondération des objectifs repose sur l'intersubjectivité des membres d'une équipe d'analyse, l'évaluation, de son côté, se doit de reposer sur des faits, des réalisations, des actions en cours ou envisagées. Pour faire la meilleure évaluation possible, les données servant à l'évaluation devrait :

1. Provenir directement des PSPP (Corrélation) ;
2. Provenir d'actions complétées et mesurées (Statut) ;
3. Avoir été vérifiées et basées sur des mesures ou sur de la littérature grise (Fiabilité).

Or, en fonction de l'état d'avancement ou de l'étape d'élaboration des PSPP, il est possible que les données récoltées ne rencontrent pas toutes ces conditions.

Par exemple, si l'analyse touche une stratégie en amont de sa mise en œuvre, à l'étape de la conception, il sera impossible pour les analystes de baser leur évaluation sur des actions complétées. Ils devront considérer à ce moment-là des engagements. Or, rien ni personne ne peut garantir aux analystes le succès ou les impacts de la mise en œuvre de ces engagements. Cela peut fausser l'évaluation en amont d'où l'intérêt de répéter l'exercice une fois la stratégie appliquée et les actions mesurées.

L'indice de la qualité des données permet de coter trois éléments : la corrélation, le statut et la fiabilité. Pour chaque objectif, dans la GADD-F, les analystes doivent évaluer ces trois éléments en lien avec l'objectif en attribuant une valeur, de 1 à 4, correspondant à leur situation.

Corrélation : D'où proviennent les données utilisées pour évaluer l'objectif?

1	Très bien	Directement des PSPP
2	Bien	De PSPP similaires (mêmes besoins, mêmes technologies, même contexte, etc.)
3	Passable	De PSPP différents
4	Faible	De PSPP génériques

Statut : Quel est le degré de maturité de la source des données utilisées pour évaluer l'objectif?

1	Très bien	Des actions complétées et mesurées
2	Bien	Des actions en cours de mise en œuvre
3	Passable	Des actions identifiées dans la planification, actions à entreprendre
4	Faible	Des engagements ou des volontés exprimées par les porteurs des PSPP

Fiabilité : Quel est la fiabilité des données utilisées pour évaluer l'objectif?

1	Très bien	Les données qui servent à l'évaluation sont vérifiées et basées sur des mesures ou sur de la littérature grise (document produit par les différents paliers gouvernementaux, les universités, les entreprises ou l'industrie).
2	Bien	Les données qui servent à l'évaluation sont vérifiées et sont basées sur des hypothèses ou elles sont non vérifiées et basées sur des mesures.
3	Passable	Les données qui servent à l'évaluation sont non vérifiées et basées sur des hypothèses ou qualifiées par un expert.
4	Faible	Les données qui servent à l'évaluation sont des estimations sans avis d'expert.

Les cotations fournies par les réponses à ces trois questions génèrent automatiquement dans la GADD-F deux informations sur la qualité de l'évaluation des données :

- 1- La qualité des données : Pour chaque objectif, le logiciel génère une appréciation (Très bien, bien, passable ou faible) sur les bases de la moyenne des trois cotations.
- 2- Les besoins en données : Pour chaque objectif, le logiciel croise la qualité des données avec la pondération pour générer un indice de besoin en données (Figure 4). Plus un objectif est pondéré élevé, et moins la qualité des données est bonne, plus il sera nécessaire de recueillir des données en lien avec les trois critères mentionnés dans les questions.

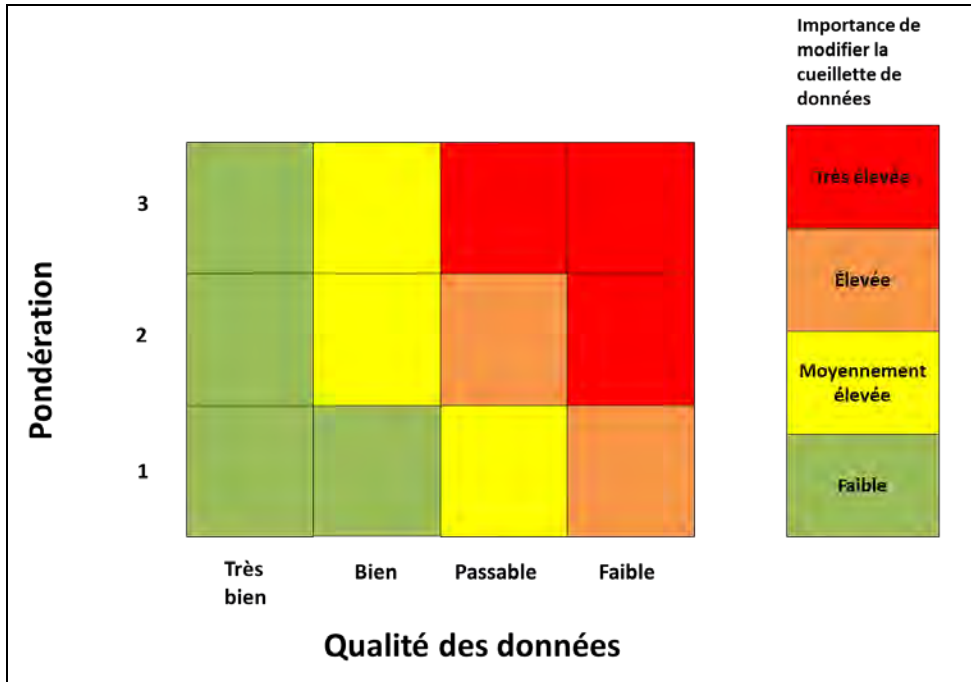


Figure 1 Besoin en données

Il est recommandé que les analystes fassent état des besoins en données dans le rapport d'analyse. Il est possible que ces besoins figurent parmi les pistes de bonification. L'indice de besoin en données a pour objectif de proposer une priorisation aux instances responsables pour améliorer les connaissances sur les différents enjeux du développement durable relevés dans la GADD-F et ce, en lien avec les besoins des PSPP.

ANNEXE 9

Compatibilité avec les seize (16) principes de la LQDD

Principe de la Loi québécoise sur le développement durable

Santé et Qualité de vie

DIMENSION ÉTHIQUE		
	Pond.	Évaluation (janv-15)
Thème 1: Lutte contre la pauvreté		
1.1 Mettre en place des actions ciblant les plus démunis à l'intérieur de l'organisation	1	60
1.2 Mettre en place des actions ciblant les plus démunis dans la communauté	1	50
1.3 Mettre en place des actions visant à réduire les inégalités à l'extérieur de la communauté	1	34
DIMENSION SOCIALE		
	Pond.	Évaluation (janv-15)
Thème 1: État de santé de la population		
1.1 Améliorer ou maintenir l'état de santé de la population	1	10
1.2 Privilégier les actions préventives de santé	1	10
1.3 Réduire les nuisances	2	71
1.4 Favoriser le contact entre les populations et la nature	3	60
Thème 2: Conditions de sécurité		
2.1 Créer un sentiment de sécurité collective et individuelle	3	75
2.2 Assurer une sécurité effective	3	70
2.3 Assurer l'éducation de base à la sécurité	3	80
Thème 4: Intégration des individus à la société		
4.1 Favoriser l'accès à une occupation pour chacun	1	56
4.2 Favoriser l'investissement personnel à long terme	3	71
Thème 5: Liberté individuelle et de responsabilité collective		
5.1 Permettre le développement de la confiance en soi	1	11
5.2 Favoriser la liberté d'action, l'expression individuelle et le pluralisme des croyances	3	50
5.3 Favoriser l'accès aux loisirs et à la détente	3	74
5.4 Favoriser la connectivité	2	40

5.5 Favoriser la cohésion sociale	2	66
Thème 6: Reconnaissance des personnes et des investissements		
6.1 Augmenter le sentiment d'appartenance	2	55
6.2 Valoriser l'accomplissement personnel	1	16
6.3 Valoriser l'atteinte d'objectifs de performance	2	78
Moyenne	2,0	59%

Principe de la Loi québécoise sur le développement durable

Équité et solidarités sociales

DIMENSION ÉTHIQUE		
	Pond.	Évaluation (janv-15)
Thème 2: Solidarité		
2.1 Chercher à améliorer l'autonomie des personnes	2	50
2.2 Respecter les droits humains	3	64
2.3 Assurer une répartition des avantages dans l'ensemble de la population	3	38
2.4 Considérer et reconnaître l'apport des minorités	2	60
2.5 Viser l'équité	3	63
2.6 Améliorer l'accessibilité	3	75
Thème 3: Restauration et compensation		
3.1 Fixer des objectifs de restauration des écosystèmes	3	72
3.2 Prévoir la réhabilitation des sites dès l'étape de conception des projets	3	68
3.3 Offrir des compensations aux populations touchées par les impacts	3	60
DIMENSION SOCIALE		
	Pond.	Évaluation (janv-15)
Thème 5: Liberté individuelle et de responsabilité collective		
5.1 Permettre le développement de la confiance en soi	1	11
5.2 Favoriser la liberté d'action, l'expression individuelle et le pluralisme des croyances	3	50
5.3 Favoriser l'accès aux loisirs et à la détente	3	74
5.4 Favoriser la connectivité	2	40
5.5 Favoriser la cohésion sociale	2	66
DIMENSION ECONOMIQUE		
	Pond.	Évaluation (janv-15)
Thème 1: Possessions et usages des biens et des capitaux		
1.1 Offrir la possibilité d'accumuler des biens et des capitaux	3	74

1.2 Permettre au plus grand nombre d'utiliser des biens individuels ou collectifs	3	65
1.3 S'assurer d'une juste valeur d'échange pour le travail des personnes	3	72
Thème 6: Opportunités et partage de la richesse		
6.1 Optimiser les retombées économiques du projet	3	71
6.2 S'assurer du mécanisme de redistribution	3	55
6.3 Favoriser l'accès au capital	1	15
DIMENSION GOUVERNANCE	Pond.	Évaluation (janv-15)
Thème 4: Intégration du projet		
4.1 Considérer le contexte légal	3	89
4.2 Inclure des enjeux locaux	3	80
4.3 Assurer la cohérence et l'intégration	3	59
4.4 Assurer le réalisme et l'adaptabilité du projet	3	70
4.5 S'assurer de l'acceptabilité sociale du projet	3	78
Thème 6: Gestion du risque		
6.3 Favoriser une répartition équitable des risques	3	55
Moyenne	2,7	66%

Principe de la Loi québécoise sur le développement durable

Protection de l'environnement

DIMENSION ÉTHIQUE		
Thème 3: Restauration et compensation	Pond.	Évaluation (janv-15)
3.1 Fixer des objectifs de restauration des écosystèmes	3	72
3.2 Prévoir la réhabilitation des sites dès l'étape de conception des projets	3	68
3.3 Offrir des compensations aux populations touchées par les impacts	3	60
DIMENSION ÉCOLOGIQUE		
Thème 1: Utilisation des ressources renouvelables	Pond.	Évaluation (janv-15)
1.1 Utiliser en priorité les ressources renouvelables	3	54
1.2 Qualifier l'importance pour le maintien de la vie	3	64
1.3 Planifier une utilisation judicieuse des ressources renouvelables	3	46
Thème 2: Utilisation des ressources non renouvelables		
2.1 Évaluer la possibilité de remplacement	3	39
2.2 Favoriser le recyclage	3	80
Thème 3 Utilisation de l'énergie		
3.1 Planifier une utilisation judicieuse de l'énergie	3	60
3.2 Favoriser les vecteurs d'énergie aux moindres impacts	3	65
Thème 4: Extrants de l'activité humaine		
4.1 Développer une connaissance de la capacité de support	3	80
4.2 Minimiser les extrants	3	80
4.3 Minimiser les impacts	3	74
4.4 Mesurer les impacts des extrants sur les milieux	3	73
4.5 Assurer une saine gestion des déchets dangereux	3	80
Thème 5: Biodiversité		

5.1 Développer des connaissances sur la biodiversité	3	80
5.2 Protéger les espèces rares ou menacées	3	75
5.3 Valoriser les espèces à valeur symbolique	3	65
Thème 6: Utilisation du territoire		
6.1 Limiter les impacts sur les sols	3	69
6.2 Optimiser l'utilisation du territoire	1	48
6.3 Contribuer au maintien de la diversité de paysages	3	53
Thème 7: Polluant affectant globalement la biosphère		
7.1 Réduire les quantités nettes de gaz à effet de serre émis ou présents en excès dans l'atmosphère	3	60
7.2 Réduire les émissions de substances appauvrissant la couche d'ozone	2	76
7.3 Réduire les polluants organiques persistants	2	70
7.4 Prévoir des mesures d'adaptations aux changements globaux	3	26
DIMENSION SOCIALE		
Thème 1: État de santé de la population	Pond.	Évaluation (janv-15)
1.3 Réduire les nuisances	2	71
1.4 Favoriser le contact entre les populations et la nature	3	60
DIMENSION ECONOMIQUE		
Thème 3: Production et consommation responsable	Pond.	Évaluation (janv-15)
3.1 Favoriser l'achat et la consommation responsables	3	70
3.2 Internaliser les externalités dans les coûts	3	85
Moyenne	2,8	66%

Principe de la Loi québécoise sur le développement durable

Efficacité économique

DIMENSION ÉCONOMIQUE	Pond.	Évaluation (janv.-15)
Thème 1: Possession et usages des biens et des capitaux		
1.1 Offrir la possibilité d'accumuler des biens et des capitaux	3	74
1.2 Permettre au plus grand nombre d'utiliser des biens individuels ou collectifs	3	65
1.3 S'assurer d'une juste valeur d'échange pour le travail des personnes	3	72
Thème 2: Qualité des biens et services		
2.1 S'assurer de l'adéquation entre le produit et le besoin	3	70
2.2 S'assurer de la durabilité du produit	3	61
Thème 3 Production et consommation responsable		
3.1 Favoriser l'achat et la consommation responsables	3	70
3.2 Internaliser les externalités dans les coûts	3	85
Thème 4: Viabilité financière		
4.1 S'assurer de la rentabilité du projet	1	15
4.2 Rechercher l'optimisation du processus	3	68
4.3 Limiter les risques financiers	3	76
Thème 5: Création de la richesse		
5.1 S'assurer que l'activité humaine génère une valeur d'échange	3	74
5.2 S'assurer d'une saine gestion des valeurs et des personnes	3	75
Thème 6: Opportunités de partage de la richesse		
6.1 Optimiser les retombées économiques du projet	3	71
6.2 S'assurer du mécanisme de redistribution	3	55
6.3 Favoriser l'accès au capital	1	15
Thème 7: Conditions de travail		
7.1 Améliorer les conditions de travail	3	76
7.2 Favoriser le maintien, le développement et le partage des compétences	3	75
Moyenne	2,8	69%

Principe de la Loi québécoise sur le développement durable

Participation et engagement

DIMENSION ÉTHIQUE		
Thème 5: Valeurs communes	Pond.	Évaluation (janv-15)
5.1 Favoriser l'émergence et le partage de valeurs communes	3	49
5.2 Assurer la cohérence entre les actions et les valeurs d'une organisation	3	70
DIMENSION SOCIALE		
Thème 4: Intégration des individus à la société	Pond.	Évaluation (janv-15)
4.1 Favoriser l'accès à une occupation pour chacun	1	56
4.2 Favoriser l'investissement personnel à long terme	3	71
Thème 5: Liberté individuelle et de responsabilité		
5.1 Permettre le développement de la confiance en soi	1	11
5.2 Favoriser la liberté d'action, l'expression individuelle et le pluralisme des croyances	3	50
5.3 Favoriser l'accès aux loisirs et à la détente	3	74
5.4 Favoriser la connectivité	2	40
5.5 Favoriser la cohésion sociale	2	66
Thème 6: Reconnaissance des personnes et des		
6.1 Augmenter le sentiment d'appartenance	2	55
6.2 Valoriser l'accomplissement personnel	1	16
6.3 Valoriser l'atteinte d'objectifs de performance	2	78
DIMENSION GOUVERNANCE		
Thème 2: Participation et démocratie	Pond.	Évaluation (janv-15)
2.1 Chercher à développer des partenariats	3	57
2.2 Favoriser l'engagement et la mobilisation	3	56
2.3 Instaurer une vision partagée	3	70
2.4 Favoriser la participation des parties prenantes	3	59

2.5 Assurer une information transparente par des mécanismes de communication appropriés	3	75
2.6 Favoriser la démocratie	3	56
Thème 4: Intégration du projet		
4.1 Considérer le contexte légal	3	89
4.2 Inclure des enjeux locaux	3	80
4.3 Assurer la cohérence et l'intégration	3	59
4.4 Assurer le réalisme et l'adaptabilité du projet	3	70
4.5 S'assurer de l'acceptabilité sociale du projet	3	78
Thème 5: Subsidiarité		
5.1 Rapprocher la prise de décision des acteurs concernés	3	51
5.2 Favoriser la responsabilisation des acteurs	3	50
Moyenne	2,6	62%

Principe de la Loi québécoise sur le développement durable

Accès au savoir

DIMENSION SOCIALE		
Thème 3: Niveau d'éducation des populations	Pond.	Évaluation (janv-15)
3.1 Assurer une éducation de base fonctionnelle à tous	1	4
3.2 Favoriser l'accès de chacun à son niveau d'éducation désiré	1	25
3.3 Permettre l'accès à une éducation et à une formation continues	1	69
3.4 Œuvrer à l'alphabétisation écologique des personnes	2	61
DIMENSION ECONOMIQUE		
Thème 7: Conditions de travail	Pond.	Évaluation (janv-15)
7.2 Favoriser le maintien, le développement et le partage des compétences	3	75
DIMENSION GOUVERNANCE		
Thème 4: Intégration du projet	Pond.	Évaluation (janv-15)
4.1 Considérer le contexte légal	3	89
4.2 Inclure des enjeux locaux	3	80
4.3 Assurer la cohérence et l'intégration	3	59
4.4 Assurer le réalisme et l'adaptabilité du projet	3	70
4.5 S'assurer de l'acceptabilité sociale du projet	3	78
Moyenne	2,3	68%

Principe de la Loi québécoise sur le développement durable

Subsidiarité

DIMENSION GOUVERNANCE	Pond.	Évaluation (janv-15)
Thème 4: Intégration du projet		
4.1 Considérer le contexte légal	3	89
4.2 Inclure des enjeux locaux	3	80
4.3 Assurer la cohérence et l'intégration	3	59
4.4 Assurer le réalisme et l'adaptabilité du projet	3	70
4.5 S'assurer de l'acceptabilité sociale du projet	3	78
Thème 5: Subsidiarité		
5.1 Rapprocher la prise de décision des acteurs concernés	3	51
5.2 Favoriser la responsabilisation des acteurs	3	50
Moyenne	3,0	68%

Principe de la Loi québécoise sur le développement durable

Partenariat et coopération intergouvernemental

DIMENSION ÉTHIQUE		
	Pond.	Évaluation (janv-15)
Thème 4: Originalité et innovation		
4.1 Diversifier les options	3	71
4.2 Favoriser le potentiel d'innovation	3	72
4.3 Favoriser la recherche et le développement	3	50
Thème 5: Valeurs communes		
5.1 Favoriser l'émergence et le partage de valeurs communes	3	49
5.2 Assurer la cohérence entre les actions et les valeurs d'une organisation	3	70
DIMENSION GOUVERNANCE		
	Pond.	Évaluation (janv-15)
Thème 2: Participation et démocratie		
2.1 Chercher à développer des partenariats	3	57
2.2 Favoriser l'engagement et la mobilisation	3	56
2.3 Instaurer une vision partagée	3	70
2.4 Favoriser la participation des parties prenantes	3	59
2.5 Assurer une information transparente par des mécanismes de communication appropriés	3	75
2.6 Favoriser la démocratie	3	56
Moyenne	3,0	62%

Principe de la Loi québécoise sur le développement durable

Prévention

DIMENSION GOUVERNANCE	Pond.	Évaluation (janv-15)
Thème 6: Gestion du risque		
6.1 Appliquer le principe de prévention	3	60
Moyenne	3,0	60%

Principe de la Loi québécoise sur le développement durable

Précaution

DIMENSION GOUVERNANCE	Pond.	Évaluation (janv-15)
Thème 6: Gestion du risque		
6.2 Appliquer le principe de précaution	3	48
Moyenne	3,0	48%

Principe de la Loi québécoise sur le développement durable

Protection du patrimoine culturel

DIMENSION SOCIALE		
Thème 7: Culture	Pond.	Évaluation (janv-15)
7.1 Conserver et valoriser le patrimoine culturel	3	71
7.2 Valoriser les cultures autochtones	3	45
7.3 Assurer l'intégration culturelle des projets	3	62
DIMENSION GOUVERNANCE		
Thème 4: Intégration du projet	Pond.	Évaluation (janv-15)
4.1 Considérer le contexte légal	3	89
4.2 Inclure des enjeux locaux	3	80
4.3 Assurer la cohérence et l'intégration	3	59
4.4 Assurer le réalisme et l'adaptabilité du projet	3	70
4.5 S'assurer de l'acceptabilité sociale du projet	3	78
Moyenne	3,0	69%

Principe de la Loi québécoise sur le développement durable

Préservation de la biodiversité

DIMENSION ÉTHIQUE		
	Pond.	Évaluation (janv-15)
Thème 3: Restauration et compensation		
3.1 Fixer des objectifs de restauration des écosystèmes	3	72
3.2 Prévoir la réhabilitation des sites dès l'étape de conception des projets	3	68
3.3 Offrir des compensations aux populations touchées par les impacts	3	60
DIMENSION ÉCOLOGIQUE		
	Pond.	Évaluation (janv-15)
Thème 1: Utilisation des ressources renouvelables		
1.1 Utiliser en priorité les ressources renouvelables	3	54
1.2 Qualifier l'importance pour le maintien de la vie	3	64
1.3 Planifier une utilisation judicieuse des ressources renouvelables	3	46
Thème 4: Extrants de l'activité humaine		
4.1 Développer une connaissance de la capacité de support	3	80
4.2 Minimiser les extrants	3	80
4.3 Minimiser les impacts	3	74
4.4 Mesurer les impacts des extrants sur les milieux	3	73
4.5 Assurer une saine gestion des déchets dangereux	3	80
Thème 5: Biodiversité		
5.1 Développer des connaissances sur la biodiversité	3	80
5.2 Protéger les espèces rares ou menacées	3	75
5.3 Valoriser les espèces à valeur symbolique	3	65
Thème 6: Utilisation du territoire		
6.1 Limiter les impacts sur les sols	3	69
6.2 Optimiser l'utilisation du territoire	1	48
6.3 Contribuer au maintien de la diversité de paysages	3	53

Thème 7: Polluant affectant globalement la biosphère

7.1 Réduire les quantités nettes de gaz à effet de serre émis ou présents en excès dans l'atmosphère	3	60
7.2 Réduire les émissions de substances appauvrissant la couche d'ozone	2	76
7.3 Réduire les polluants organiques persistants	2	70
7.4 Prévoir des mesures d'adaptations aux changements globaux	3	26
Moyenne	2,8	66%

Principe de la Loi québécoise sur le développement durable

Respect de la capacité de support des écosystèmes

DIMENSION ÉTHIQUE		
	Pond.	Évaluation (janv-15)
Thème 3: Restauration et compensation		
3.1 Fixer des objectifs de restauration des écosystèmes	3	72
3.2 Prévoir la réhabilitation des sites dès l'étape de conception des projets	3	68
3.3 Offrir des compensations aux populations touchées par les impacts	3	60
DIMENSION ÉCOLOGIQUE		
	Pond.	Évaluation (janv-15)
Thème 1: Utilisation des ressources renouvelables		
1.1 Utiliser en priorité les ressources renouvelables	3	54
1.2 Qualifier l'importance pour le maintien de la vie	3	64
1.3 Planifier une utilisation judicieuse des ressources renouvelables	3	46
Thème 2: Utilisation des ressources non renouvelables		
2.1 Évaluer la possibilité de remplacement	3	39
2.2 Favoriser le recyclage	3	80
Thème 4: Extrants de l'activité humaine		
4.1 Développer une connaissance de la capacité de support	3	80
4.2 Minimiser les extrants	3	80
4.3 Minimiser les impacts	3	74
4.4 Mesurer les impacts des extrants sur les milieux	3	73
4.5 Assurer une saine gestion des déchets dangereux	3	80
Thème 5: Biodiversité		
5.1 Développer des connaissances sur la biodiversité	3	80
5.2 Protéger les espèces rares ou menacées	3	75
5.3 Valoriser les espèces à valeur symbolique	3	65
Thème 6: Utilisation du territoire		

6.1 Limiter les impacts sur les sols	3	69
6.2 Optimiser l'utilisation du territoire	1	48
6.3 Contribuer au maintien de la diversité de paysages	3	53
7.3 Réduire les polluants organiques persistants	2	70
7.4 Prévoir des mesures d'adaptations aux changements globaux	3	26
Moyenne	2,9	65%

Principe de la Loi québécoise sur le développement durable

Production et consommation responsable

DIMENSION ECONOMIQUE	Pond.	Évaluation (janv-15)
Thème 3: Production et consommation responsable		
3.1 Favoriser l'achat et la consommation responsables	3	70
3.2 Internaliser les externalités dans les coûts	3	85
Thème : Conditions de travail		
7.1 Améliorer les conditions de travail	3	76
7.2 Favoriser le maintien, le développement et le partage des compétences	3	75
Moyenne	3,0	77%

Principe de la Loi québécoise sur le développement durable

Pollueur payeur

DIMENSION ECONOMIQUE		
Thème 3: Production et consommation responsable	Pond.	Évaluation (janv-15)
3.1 Favoriser l'achat et la consommation responsables	3	70
3.2 Internaliser les externalités dans les coûts	3	85
DIMENSION GOUVERNANCE		
Thème 5: Subsidiarité	Pond.	Évaluation (janv-15)
5.2 Favoriser la responsabilisation des acteurs	3	50
Moyenne	3,0	68%

Principe de la Loi québécoise sur le développement durable

Internalisation des coûts

DIMENSION ECONOMIQUE	Pond.	Évaluation (janv-15)
Thème 3: Production et consommation responsable		
3.2 Internaliser les externalités dans les coûts	3	85
Moyenne	3,0	85%

Évaluation de la prise en compte des principe de la Loi québécoise sur le développement durable

Principe	n moyenne	Évaluation moyenne	
Santé et qualité de vie	2,0	59%	Faiblement
Équilibre et solidarité sociale	2,7	66%	Présent
Protection de l'environnement	2,8	66%	Présent
Efficacité économique	2,8	69%	Présent
Participation et engagement	2,6	62%	Présent
Accès au savoir	2,3	68%	Présent
Subsidiarité	3,0	68%	Présent
Partenariat et coopération intergouvernementale	3,0	62%	Présent
Prévention	3,0	60%	Présent
Précaution	3,0	48%	Faiblement
Protection du patrimoine culturel	3,0	69%	Présent
Préservation de la biodiversité	2,8	66%	Présent
Respect de la capacité de support des écosystèmes	2,9	65%	Présent
Production et consommation responsables	3,0	77%	Présent
Pollueur payer	3,0	68%	Présent
Internalisation des coûts	3,0	85%	Fortement

ANNEXE 10

Analyse de sensibilité

Analyse de sensibilité

L'analyse de sensibilité consiste à vérifier l'impact des pondérations divergentes justifiées par des rapports minoritaires. Trois objectifs sur les 101 traités par le comité de pondération ont fait l'objet d'opinions divergentes.

Dimension économique – Thème 4 : Viabilité financière

Objectif 4.1 - S'assurer de la rentabilité du projet

Pondération majoritaire: 1

Deux rapports minoritaires – pondération 3

Évaluation : 15%

Actions actuelles et futures :

- Pas l'objectif du PSB (la rentabilité est un non-objectif)

Pistes de bonifications :

- Optimiser la gestion des ressources (humaines, naturelles renouvelables et non-renouvelables, économiques, etc.) ;
- Utiliser les bons matériaux aux bons endroits en prenant en compte, dans une analyse multicritère, les besoins et les usages des générations futures ;
- Innover en R&D pour avoir des matériaux plus durables et diminuer les coûts ;
- Plus de projets pour le même coût global.

Tableau 1- Application de la pondération des rapports minoritaires sur l'objectif 4.1 de la dimension économique

DIMENSION ÉCONOMIQUE : Répondre aux besoins matériels							
Thèmes Objectifs		Pond. Groupe	Éval (%)	Priorité - Groupe	Pond. Rapports minoritaires	Éval (%)	Priorité - Rapports minoritaires
4	Viabilité financière						
4.1	S'assurer de la rentabilité du projet	1	15	Enjeux long terme	3	15	Réagir
Évaluation moyenne du thème		64%			53%		
Évaluation moyenne de la dimension		69%			67%		
Principes de la LDD touchés							
Efficacité économique		69%			67%		

Interprétation : si la pondération préconisée par les rapports minoritaires avait été retenue par la majorité, l'objectif d'assurer la rentabilité serait devenu un enjeu prioritaire. Cependant, la compréhension mutuelle de cet objectif dans le périmètre défini

à l'origine (le PSBLSJ et non pas la production d'électricité à partir du réservoir) entraîne une possible confusion avec l'objectif de rentabilité de l'ensemble des opérations de RTA et la rentabilité du PSBLSJ.

Application de la pondération minoritaire au thème : Si la pondération minoritaire avait été adoptée, le thème aurait performé significativement moins et serait passé dans la catégorie faiblement présent.

Application de la pondération minoritaire à la dimension : L'application de la pondération minoritaire aurait eu un faible impact à la baisse sur la dimension sans la faire changer de catégorie

Dimension écologique – Thème 6 : Utilisation du territoire

Objectif 6.3 - Contribuer au maintien de la diversité de paysages

Pondération unanime : 3

Un rapport minoritaire – pondération 2

Évaluation : 53%

Actions actuelles et futures :

- Végétalisation de talus pour favoriser la reprise d'un couvert végétal tout en assurant le niveau de protection adéquat ;
- Consultation du spécialiste de RTA en végétaux ;
- Fourniture de plants dans des secteurs de talus de sable ;
- Collaboration avec la ZIP Alma pour la renaturalisation de la bande riveraine ;
- Travaux de végétalisation pour l'esthétique en zone de villégiature.

Pistes de bonification :

- Adapter le type de rechargement pour favoriser le maintien de la qualité des plages ;
- Intégrer dans le paysage les ouvrages de stabilisation ;
- Travailler avec des architectes ;
- Exploiter le potentiel récréo-touristique de la région et mise en valeur du Lac et de ses tributaires ;
- Considérer tous les sites dans une perspective de gestion écosystémique ;
- Déterminer les travaux en considérant les particularités des sites ;
- Utiliser différents moyens connus et surveiller les nouvelles technologies pour maintenir la diversité des paysages ;
- Réfléchir à la façon de diversifier les types d'interventions pour varier l'aspect visuel.

Tableau 2 Application de la pondération du rapport minoritaire sur l'objectif 6.3 de la dimension écologique

DIMENSION ÉCOLOGIQUE: Répondre aux besoins de qualité du milieu et de pérennité des ressources							
Thèmes Objectifs		Pond. Groupe	Éval (%)	Priorité - Groupe	Pond. Rapport minoritaire	Éval (%)	Priorité - Rapports minoritaires
6	Viabilité financière						
6.3	Contribuer au maintien de la diversité de paysages	3	53	Agir	2	53	Agir
Évaluation moyenne du thème		59%			60%		
Évaluation moyenne de la dimension		65%			65%		
Principes de la LDD touchés							
Protection de l'environnement		66%			66%		
Préservation de la biodiversité		66%			66%		
Respect de la capacité de support des écosystèmes		65%			65%		

Interprétation : L'adoption de la pondération minoritaire n'aurait pas eu d'influence sur l'analyse.

Dimension gouvernance – Thème 4 : Intégration du projet

Objectif 4.1 – Considérer le contexte légal

Pondération unanime : 3

Un rapport minoritaire – pondération 2

Évaluation : 89%

Actions actuelles et futures :

- Respect des règlements et des directives en matière d'environnement;
- Intégration des composantes environnementales à toutes les étapes des travaux du PSB;
- Gestion à 16,5 pi maximale depuis 1991 même si les décrets autorisent 17,5 pi;
- Le PSB n'a jamais reçu d'avis d'infraction de la part du ministère de l'environnement.

Pistes de bonification :

- Demander au gouvernement d'harmoniser la cohabitation entre les droits attribués par la convention de 1922 avec le contexte légal actuel;
- Communiquer les droits, les devoirs et pouvoirs de RTA et des riverains.

Tableau 3 Application de la pondération du rapport minoritaire sur l'objectif 4.1 de la dimension gouvernance

DIMENSION ÉCOLOGIQUE: Répondre aux besoins de qualité du milieu et de pérennité des ressources							
Thèmes Objectifs		Pond. Groupe	Éval (%)	Priorité - Groupe	Pond. Rapport minoritaire	Éval (%)	Priorité - Rapports minoritaires
4	Intégration du projet						
4.1	Considérer le contexte légal	3	89	Conforter	2	89	Conforter
Évaluation moyenne du thème		75%			74%		
Évaluation moyenne de la dimension		65%			65%		
Principes de la LDD touchés							
Équité et solidarité sociales		66%			65%		
Participation et engagement		62%			62%		
Accès au savoir		68%			67%		
Subsidiarité		68%			67%		
Protection du patrimoine culturel		69%			68%		

Interprétation : L'application de la pondération minoritaire n'aurait pas eu d'influence notable sur l'analyse.

Mode de gestion du lac Saint-Jean et enjeux des usagers

Mise en contexte

L'atelier de travail sur le mode de gestion du lac Saint-Jean et les enjeux des usagers liés aux niveaux du lac visait à bonifier les scénarios de gestion qui seront étudiés dans l'étude d'impact avec l'apport des membres du Comité technique. Les scénarios proposés se basent sur les résultats de la consultation citoyenne de l'automne 2014.

L'activité a permis de :

- Bonifier les enjeux liés au niveau du lac;
- Préciser les enjeux liés aux scénarios de gestion à étudier;
- Échanger sur les scénarios qui seront analysés;
- Identifier et proposer un scénario supplémentaire afin d'assurer la considération de tous les enjeux.

Chacun des scénarios sera analysé afin d'en identifier les impacts généraux, notamment sur l'érosion. La variante retenue par le promoteur sera analysée de façon détaillée dans l'étude d'impact.

➤ Enjeux liés au niveau du lac

Les ajouts formulés par les membres du Comité technique figurent **en gras** dans le tableau ci-dessous.

Riverains avec une plage RAP <ul style="list-style-type: none"> • Fonctionnement des prises d'eau personnelles • Utilisation des embarcations • Pêche • Utilisation et qualité de la plage commune • Érosion • Perte de végétation • Bris aux infrastructures 	Organismes œuvrant dans le domaine de l'environnement OE <ul style="list-style-type: none"> • Gestion du niveau dans une perspective de développement durable • Minimiser les dommages causés aux berges • Assurer la protection des habitats et des écosystèmes • Érosion (particulièrement au parc de la Pointe-Taillon)
Riverains sans plage RSP <ul style="list-style-type: none"> • Fonctionnement des prises d'eau personnelles • Utilisation des embarcations • Pêche • Utilisation de la plage • Érosion (bris aux infrastructures) • Accès au lac • Dommages causés aux berges 	Groupes dédiés à la faune et à la flore du lac Saint-Jean FF <ul style="list-style-type: none"> • Sauvegarde des milieux humides • Protection des habitats importants pour les oiseaux migrateurs • Variation suffisante et rapide du niveau pour éviter l'enneigement des nids (particulièrement du canard noir)
Pêcheurs P <ul style="list-style-type: none"> • Niveau du lac suffisamment élevé pour sortir les embarcations • Maintien des populations et des habitats de poissons, particulièrement le mené • Préserver les écosystèmes • Érosion (transport du sable, perte d'habitats, artificialisation) 	Pekuakamiulnuatsh Takuhikan PT <ul style="list-style-type: none"> • Fonctionnement de la prise d'eau de la communauté • Érosion de la rive et protection du mur de soutènement • Protection des espèces menacées et vulnérables (particulièrement l'aster d'Anticosti)
Marinas MA <ul style="list-style-type: none"> • Niveau du lac suffisamment élevé pour sortir les embarcations, dont les voiliers, du début de juin jusqu'à la mi-octobre • Niveau du lac suffisamment élevé pour naviguer au début de l'automne • Niveau du lac suffisamment élevé et stable pour une navigation sécuritaire 	Élus E <ul style="list-style-type: none"> • Favoriser l'activité économique régionale, notamment par le tourisme, la pêche, la villégiature et la plaisance • Contrer l'érosion et les impacts sur l'écosystème • Évaluer différentes variantes de gestion du lac en fonction des préoccupations des usagers • Favoriser une bonne gouvernance de la gestion du lac • Renforcer la collaboration entre RTA et les élus
Organismes récréotouristiques OR <ul style="list-style-type: none"> • Favoriser les activités récréotouristiques et leurs retombées régionales • Maintien du paysage, du lac et des plages comme produit d'appel touristique régional 	Rio Tinto Alcan RTA <ul style="list-style-type: none"> • Contrer l'érosion en tenant compte des aspects techniques, économiques, sociaux et environnementaux • Fournir une énergie fiable aux alumineries de Rio Tinto au Québec • Opération et entretien constant des différents équipements composant le réseau hydroélectrique, dans le respect des règles environnementales et de santé-sécurité visant à préserver l'environnement et l'intégrité physique de tous et chacun • Fournir une information opérationnelle • Maintenir des coûts compétitifs
Organismes socioéconomiques OS <ul style="list-style-type: none"> • Favoriser l'activité économique régionale, notamment par le tourisme, la pêche, la villégiature et la plaisance • Maximiser la création d'emplois • Conserver un accès public au lac 	

Voir les différents scénarios au verso.

➤ Scénarios proposés

L'atelier de travail a donné l'occasion aux membres d'échanger sur les préoccupations des différents groupes quant aux scénarios à analyser dans l'étude d'impact. L'objectif principal de l'atelier était de s'assurer que les scénarios étudiés dans l'étude d'impact couvrent l'ensemble des enjeux liés au niveau du lac tels que perçus par les parties prenantes.

Les principales préoccupations identifiées par les parties prenantes en lien avec les contraintes minimales et maximales de niveau du lac sont les suivantes :

Contrainte maximale :

- Minimiser l'érosion et les dommages aux berges
- Assurer la protection des milieux humides, des bandes riveraines et des écosystèmes
- Protéger les habitats importants pour les oiseaux migrateurs
- Maintenir la qualité du paysage et des plages

Contrainte minimale :

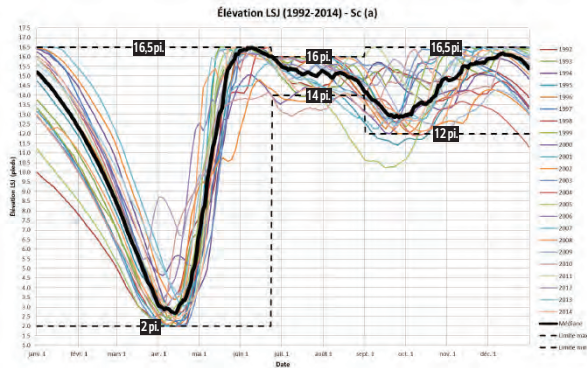
- Assurer les activités de plaisance pour la période de juin à septembre

- Assurer la protection des milieux humides, des bandes riveraines et des écosystèmes
- Protéger les habitats importants pour les oiseaux migrateurs
- Maintenir des longueurs de plage raisonnables dans les secteurs de villégiatures

L'atelier a également permis aux membres d'effectuer une proposition de scénario supplémentaire (scénario F) qui sera également analysé dans l'étude d'impact.

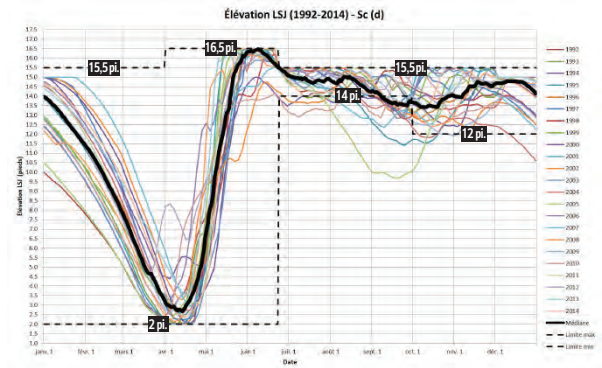
Niveau du lac Saint-Jean SCÉNARIO A – STATU QUO

Perte de production relative : 0



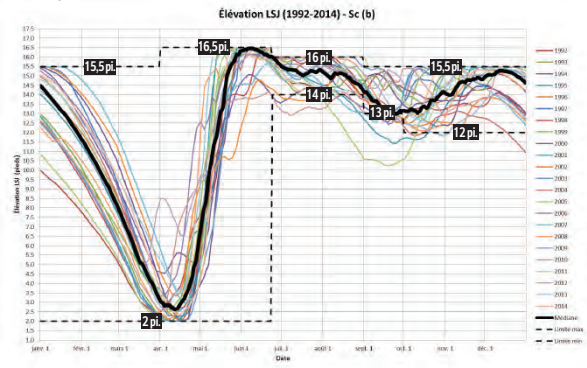
Niveau du lac Saint-Jean SCÉNARIO D

Perte de production relative : 2



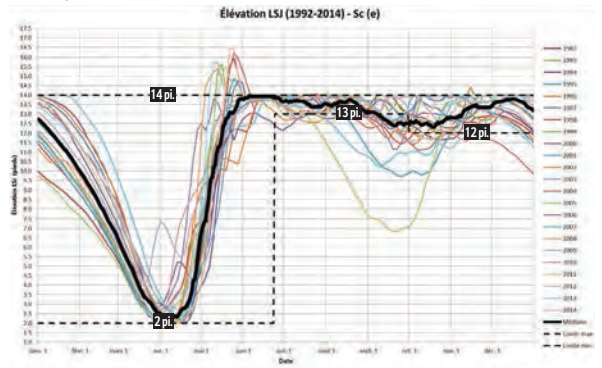
Niveau du lac Saint-Jean SCÉNARIO B

Perte de production relative : 1



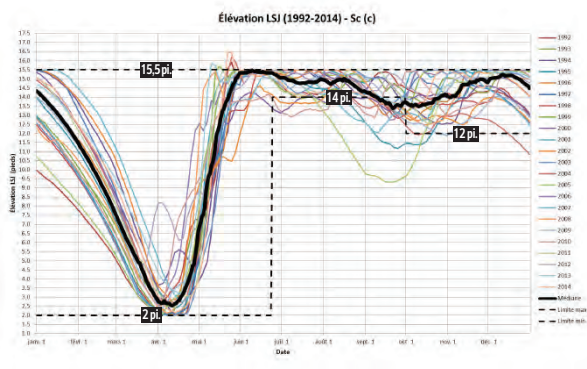
Niveau du lac Saint-Jean SCÉNARIO E

Perte de production relative : 10



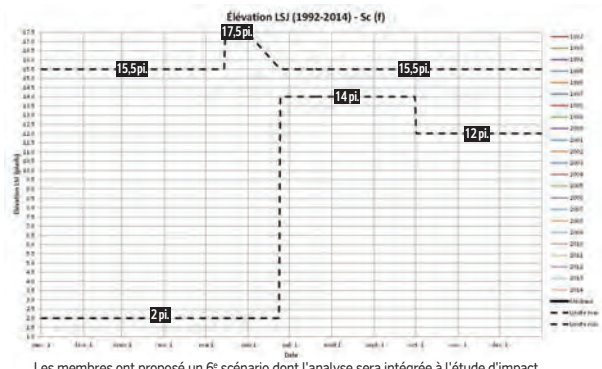
Niveau du lac Saint-Jean SCÉNARIO C

Perte de production relative : 4



Niveau du lac Saint-Jean SCÉNARIO F

Perte de production relative : À calculer



Les membres ont proposé un 6^e scénario dont l'analyse sera intégrée à l'étude d'impact.

Information complémentaire

Les apports naturels historiques ne permettent jamais d'atteindre un niveau de 17,5 pieds avant la mi-mai.

Le niveau du lac devrait être abaissé graduellement pour atteindre la contrainte de niveau maximale estivale de 15,5 pieds.

Atelier de pondération des composantes valorisées du milieu

Les composantes valorisées du milieu

Les composantes valorisées du milieu sont les composantes pour lesquelles les impacts seront évalués dans l'étude d'impact. Elles se déclinent en trois catégories :

- **Milieu physique** : composantes concernant l'air, l'eau et le sol
- **Milieu biologique** : composantes concernant la faune, la flore et les habitats
- **Milieu humain** : composantes concernant le contexte social et économique, l'aménagement du territoire, la démographie, etc.

Leur valeur est déterminée en fonction du projet et du contexte dans lequel il s'insère. Dans ce cas, la valeur accordée est associée aux enjeux et aux impacts potentiels du Programme de stabilisation des berges.

Objectifs de l'atelier

L'atelier de travail visait à évaluer les composantes valorisées du milieu pour identifier les plus importantes dans le contexte du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. Cette évaluation par le milieu permettra d'appuyer celle qui sera effectuée par les experts de WSP dans le cadre de la réalisation de l'étude d'impact.

Résultats

Le résultat de l'activité permet de dégager une priorisation des composantes pour les parties prenantes du milieu.

➤ Composantes de grande valeur

Milieu physique	Milieu biologique	Milieu humain
<ul style="list-style-type: none"> • Qualité des eaux • Qualité des sols • Berges • Transport des sédiments 	<ul style="list-style-type: none"> • Végétation et milieux humides • Faune aquatique et habitats • Faune avienne et habitats 	<ul style="list-style-type: none"> • Infrastructures et services • Activités récréatives • Qualité de vie

➤ Composantes de grande moyenne

Milieu physique	Milieu biologique	Milieu humain
<ul style="list-style-type: none"> • Qualité des sédiments 	<ul style="list-style-type: none"> • Benthos • Herpétofaune et habitats • Mammifères terrestres et habitats • Espèces à statut particulier 	<ul style="list-style-type: none"> • Aménagement du territoire • Sécurité • Population et économie • Utilisation autochtone • Paysage

➤ Composantes de faible valeur

Milieu physique	Milieu biologique	Milieu humain
<ul style="list-style-type: none"> • Qualité de l'air ambiant • Ambiance sonore 		<ul style="list-style-type: none"> • Patrimoine archéologique et culturel

➤ Milieu physique

Qualité de l'air ambiant :

Caractéristiques physico-chimiques de l'air (poussières, polluants atmosphériques, etc.)

Transport sédimentaire :

Transport des sédiments le long des berges (ex: sable, gravillon)

Qualité des eaux :

Caractéristiques physico-chimiques de l'eau (pH, turbidité, polluants, etc.)

Berges :

Vulnérabilité à l'érosion, longueur des plages, etc.

Qualité des sols :

Caractéristiques physico-chimiques des sols constituant les berges et les matériaux importés dans le cadre des travaux (sable et gravillon).

Qualité des sédiments :

Caractéristiques physico-chimiques des sédiments qui sont au fond du lac.

Ambiance sonore :

Caractéristiques du milieu sonore en conditions normales.

➤ Milieu biologique

Végétation et milieux humides :

Groupements végétaux terrestres, riverains et aquatiques.

Benthos :

Faune vivant au fond du lac et dans les sédiments.

Faune aquatique et habitats :

Populations de poissons et leurs habitats.

Herpétofaune et habitats :

Ensemble des amphibiens et reptiles ainsi que leurs habitats.

Faune avienne et habitats :

Sauvagine, rapaces, limicoles et autres oiseaux de même que leurs habitats.

Mammifères terrestres et habitats :

Ensemble des mammifères terrestres et mammifère semi-aquatiques (ex. Rat musqué) de même que leurs habitats.

Espèces à statut :

Populations fauniques et floristiques qui ont un statut de conservation particulier.

➤ Milieu humain

Infrastructures et services :

Infrastructures et services le long des berges et plages où des interventions seront réalisées (câbles électriques, prises d'eau, émissaire, etc.).

Aménagement du territoire :

Développement envisagé (résidentiel, commercial, industriel et institutionnel, tourisme et récréation, etc.) sur les sites où des interventions seront réalisées.

Sécurité :

Sécurité des riverains, des plaisanciers et des utilisateurs de toute forme (touristes, pêcheurs, etc).

Population et économie :

Potentiel de développement économique local et régional.

Activités récréatives :

Activités de récréation, comme la baignade, la navigation de plaisance, etc.

Qualité de vie :

Bien-être de la population en lien avec la qualité de l'eau et de l'air, l'ambiance sonore, l'utilisation du territoire, la sécurité physique et économique, la perception des risques et l'employabilité de la main-d'œuvre.

Utilisation autochtone :

Utilisation et droits de la communauté de Mashteuiatsh sur les berges du lac Saint Jean.

Paysage :

Qualité du paysage autour et sur le lac Saint-Jean.

Patrimoine archéologique et culturel :

Sites d'occupation connus, zones de potentiel archéologique et patrimoine culturel.

PROGRAMME DE
STABILISATION DES BERGES
DU LAC SAINT-JEAN 2017-2026

ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

ÉTUDES TECHNIQUES

REVUE DE LITTÉRATURE

SEPTEMBRE 2015



PROGRAMME DE STABILISATION DES
BERGES DU LAC SAINT-JEAN 2017-2026
ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT
ÉTUDES TECHNIQUES
REVUE DE LITTÉRATURE

Rio Tinto Alcan

Version finale

Projet n° : 141-21260-00
Date : Septembre 2015

RioTintoAlcan

—
WSP Canada Inc.

1175, boulevard Lebourgneuf, bureau 300
Québec (Québec) G2K 0B4

Téléphone : +1 418-780-0878
Télécopieur : +1 418-780-4182
www.wspgroup.com



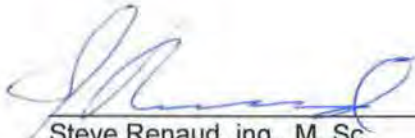
SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR



Justin McKibbon, ing., M. Sc.
N° OIQ : 5000352

RÉVISÉ PAR



Steve Renaud, ing., M. Sc.
N° OIQ : 121069

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.

ÉQUIPE DE RÉALISATION

RIO TINTO ALCAN / ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Chargée de projet	Caroline Jolette, ingénieure
Coordonnateur en environnement et conseiller principal en développement durable	Jean-Robert Wells, ingénieur, M. Sc.
Chargé de projet	Raymond Larouche

WSP CANADA INC. (WSP)

Directeur de projet	Martin Larose, biologist, B. Sc.
Chargé de projet	Luc Bouchard, biologiste, M. Sc.
Responsable du volet technique	Steve Renaud, ingénieur en génie côtier, M. Sc.
Ingénieurs de projet	Justin McKibbon, ing., M. Sc. A. Thomas Fortin-Chevalier, ing., M. Sc. A. Vincent Cormier, ing., M. Sc. A.
Relecteur	Jean Lavoie, géomorphologue
Édition	Nancy Paquet, adj. administrative

Référence à citer :

WSP. 2015. *Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2017-2026 - Étude d'impact sur l'environnement - Études techniques - Revue de littérature*. Rapport de WSP Canada Inc. à Rio Tinto Alcan. 63 p.

ÉNONCÉ DE RESPONSABILITÉ

Ce rapport a été préparé par WSP Canada Inc. (WSP) uniquement pour Rio Tinto Alcan (RTA). Tous les autres intervenants sont des tierces parties.

Ni WSP ni RTA ne déclarent, ne certifient ou ne garantissent à une tierce partie, que ce soit expressément ou implicitement :

- a) L'exactitude, l'intégralité ou encore l'utilité de,
- b) Les droits de propriétés intellectuelles, ou autres droits de propriété, de toute personne ou de toute partie, ou
- c) La qualité marchande, l'adaptation à un usage particulier,
- d) Tout renseignement, produit ou procédé divulgué, décrit ou recommandé dans ce rapport.

WSP et RTA déclinent toute responsabilité de quelque nature résultant de quelque façon de l'utilisation faite par une tierce partie de tout renseignement, produit ou procédé divulgué, décrit ou recommandé dans ce rapport. WSP et RTA déclinent toute responsabilité résultant de la confiance que toute tierce partie accorde à tout renseignement, énoncé ou recommandation contenu dans ce rapport. Si une tierce partie utilisait tout renseignement, produit ou procédé divulgué, décrit ou recommandé dans ce rapport, ou encore se fondait sur ceux-ci, il le ferait à ses risques et périls.

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION.....	1
2	INFLUENCE DU NIVEAU D'EAU SUR L'ÉROSION DES BERGES.....	3
3	TECHNIQUES DE STABILISATION ET DE PROTECTION DES PLAGES.....	5
3.1	RECHARGEMENT DE PLAGE.....	5
3.1.1	CONCEPT.....	5
3.1.1.1	ÉVOLUTION DU REMBLAI DE PLAGE AMÉNAGÉ.....	6
3.1.2	TYPES DE RECHARGEMENT DE PLAGE.....	11
3.1.3	ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIAUX.....	12
3.1.4	SOURCES D'APPROVISIONNEMENT DES MATÉRIAUX.....	13
3.1.5	TRAITEMENT DES MATÉRIAUX.....	18
3.2	ÉPIS.....	19
3.2.1	CONCEPT.....	19
3.2.2	VARIANTES D'AMÉNAGEMENT.....	21
3.3	BRISE-LAMES.....	24
3.3.1	CONCEPT.....	24
3.3.2	VARIANTES D'AMÉNAGEMENT.....	25
3.4	PLAGES PERCHÉES.....	29
3.4.1	CONCEPT.....	29
3.5	PROTECTIONS ENFOUIES ET SOUTÈNEMENT DES TALUS.....	30
3.5.1	CONCEPT.....	30
3.5.2	VARIANTES D'AMÉNAGEMENT.....	30
3.6	DRAINAGE DE PLAGE.....	32
3.6.1	CONCEPT.....	32
3.7	STABILISATION DUNAIRE.....	33
3.7.1	CONCEPT.....	33
3.7.2	VARIANTES D'AMÉNAGEMENT.....	33

4	TECHNIQUES DE PROTECTION DES BERGES.....	37
4.1	MURS CHASSE-MER ET MURS DE SOUTÈNEMENT.....	38
4.1.1	CONCEPT	38
4.1.2	VARIANTES D'AMÉNAGEMENT.....	38
4.2	REVÊTEMENTS.....	39
4.2.1	CONCEPT	39
4.2.2	VARIANTES D'AMÉNAGEMENT.....	39
4.3	VÉGÉTALISATION DES OUVRAGES, TECHNIQUES MIXTES ET PHYTOTECHNOLOGIES.....	42
4.3.1	CONCEPT	42
4.3.2	VARIANTES D'AMÉNAGEMENT.....	44
4.4	BERGES VIVANTES.....	52
4.4.1	CONCEPT	52
4.5	AMÉNAGEMENT DES ACCÈS AU LAC	54
5	OUTILS DE CONCEPTION	57
5.1	ÉQUATIONS EMPIRIQUES ET THÉORIQUES	57
5.1.1	PROFIL D'ÉQUILIBRE TRANSVERSAL DES PLAGES.....	57
5.1.2	PROFIL D'ÉQUILIBRE EN PLAN DES PLAGES (<i>CRENULATE SHAPED BAY</i>)57	
5.1.3	ÉVOLUTION EN PLAN DE LA LIGNE DE RIVE D'UNE RECHARGE	58
5.2	MODÈLES BIDIMENSIONNELS HYDROSÉDIMENTAIRES	58
5.3	MODÈLES UNIDIMENSIONNELS DE SIMULATION L'ÉVOLUTION DU TRAIT DE CÔTE	59
5.4	MODÈLES UNIDIMENSIONNELS DE SIMULATION DE L'ÉVOLUTION DES PROFILS DE PLAGES	60
6	CONCLUSION.....	61
7	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	73

TABLEAUX

TABLEAU 3-1.	SOMMAIRE DES TECHNIQUES DE STABILISATION DES PLAGES.....	7
TABLEAU 3-2.	PRINCIPAUX PARAMÈTRES QUI INFLUENCENT LA RÉPONSE DES PLAGES ET LE TRANSPORT LITTORAL À PROXIMITÉ DES ÉPIS (USACE 2008).....	20
TABLEAU 4-1.	SOMMAIRE DES TECHNIQUES DE PROTECTION ASSOCIÉES AUX SECTEURS DE BERGES.....	37
TABLEAU 6-1.	VARIANTES POSSIBLES POUR LA PROTECTION ET STABILISATION DES PLAGES – RECHARGEMENT DE PLAGE ET STRUCTURES CONNEXES.....	63
TABLEAU 6-2.	VARIANTES POSSIBLES POUR LA PROTECTION DES BERGES – AMÉNAGEMENT AVEC STRUCTURES ET INTÉGRATION DE LA VÉGÉTATION.....	69

FIGURES

FIGURE 3-1.	EXEMPLE DE RECHARGEMENT DE PLAGE (SOURCE : COASTAL CARE [WWW.COASTALCARE.ORG]).....	5
FIGURE 3-2.	A) VUE EN PLAN MONTRANT L'ÉTALEMENT DU SABLE ANTICIPÉ APRÈS LES TRAVAUX; B) SECTION TYPE MONTRANT LA SUCCESSION DES PROFILS DE PLAGE AVANT LA RECHARGE, IMMÉDIATEMENT APRÈS LES TRAVAUX ET AJUSTÉS SELON QUE DU SABLE GROSSIER OU FIN AIT ÉTÉ UTILISÉ (DEAN 2002).....	9
FIGURE 3-3	EFFET D'UNE DIFFÉRENCE DE DIAMÈTRE ENTRE LE MATÉRIAU NATUREL (D_N) ET DE LA RECHARGE (D_R) SUR LE PROFIL D'ÉQUILIBRE (ADAPTÉ DE DEAN, 2002).	10
FIGURE 3-4.	DIFFÉRENTS TYPES DE RECHARGE DE PLAGE (MARCHAND ET COLL. 2012).....	11
FIGURE 3-5.	EXEMPLES DE SYSTÈMES DE CONVOYEURS POUR ACHÉMINER LES SÉDIMENTS SUR LA PLAGE (SOURCE : COASTAL SYSTEMS INTERNATIONAL [WWW.COASTALSYSTEMSINT.COM] ET SAND TRANSFER SYSTEMS [WWW.SANDTRANSFERSYSTEMS.COM])	14
FIGURE 3-6.	EXEMPLE D'UN REPROFILAGE DU PROFIL DE PLAGE (COASTAL CONFERENCE, NEW SOUTH WHALE, AUSTRALIE, 2014).....	15

FIGURE 3-7.	EXEMPLES DE DRAGUES MÉCANIQUES : (A) DRAGUE RÉTROCAVEUSE (SOURCE : ECPLAZA [WWW.ECPLAZA.NET]); (B) DRAGUE À BENNE PRENEUSE (SOURCE : GROUPE Océan [WWW.GROUPOCEAN.COM])	16
FIGURE 3-8.	EXEMPLES DE DRAGUES HYDRAULIQUES : (A) DRAGUE SUCEUSE AUTOPORTEUSE (SOURCE : THE ART OF DREDGING [WWW.THEARTOFDREDGING.COM]); (B) DRAGUE DÉSAGRÉGATRICE AVEC SYSTÈME DE CONDUITES (SOURCE : CHURCHILL MARINE SERVICES [WWW.CHURCHILLMARINESERVICES.COM])	17
FIGURE 3-9.	EXEMPLE DE PETIT DRAGAGE À SUCCION ET À PELLE HYDRAULIQUE DE TYPE GRENOUILLE, AVEC SYSTÈME DE CONDUITES (SOURCE : ECO TECHNOLOGIES [WWW.ECOTEC.CA]).....	17
FIGURE 3-10.	EXEMPLE DE MACHINERIE DE DÉCOMPACTAGE (SOURCE : SANTIVA CHRONICLE [WWW.SANTIVACHRONICLE.COM]).....	19
FIGURE 3-11.	TRANSITION TYPE ENTRE UN CHAMP D'ÉPIS ET LA BERGE (USACE 2008)	20
FIGURE 3-12.	EXEMPLE D'ÉPIS CONVENTIONNELS (SOURCE : THE GEOGRAPHY DEPARTMENT [WWW.STACEY.PEAK-MEDIA.CO.UK] ET STANDING CONFERENCE ON PROBLEMS ASSOCIATED WITH THE COASTLINE [WWW.SCOPAC.ORG.UK/ROCK-GROYNES])	21
FIGURE 3-13.	EXEMPLE D'UN ÉPI PERMÉABLE (PIEUX DE BOIS RELIÉS PAR UNE MEMBRANE, ÎLE SAINT-QUENTIN, QUÉBEC).....	22
FIGURE 3-14.	EXEMPLE D'UN ÉPI EN ÉVENTAIL AMÉNAGÉ AU LAC SAINT-JEAN – SECTEUR PARC NATIONAL DE LA POINTE-TAILLON (ALCAN 2007).....	22
FIGURE 3-15.	EXEMPLE D'UN ÉPI EN GÉOTUBE (HOLMBERG TECHNOLOGIES INC.)	23
FIGURE 3-16.	SYSTÈME D'ÉPIS MALTAIS-SAVARD (COMITÉ ZIP DE LA RIVE NORD DE L'ESTUAIRE)	24
FIGURE 3-17.	EXEMPLE D'UN « TOMBOLO » ET D'UN « SALIENT » (USACE 2008)	25
FIGURE 3-18.	EXEMPLE DE BRISE-LAMES DÉTACHÉS CONVENTIONNELS (SOURCE : IMGBUDDY [WWW.IMGBUDDY.COM]).....	26
FIGURE 3-19.	EXEMPLE DE BRISE-LAMES EN GÉOTUBE (TENCATE 2013).....	26
FIGURE 3-20.	DIFFÉRENTS TYPES D'UNITÉS UTILISÉES COMME BRISE-LAMES SUBMÉRÉS : A) P.E.P. REEF SYSTEM (PRE-FABRICATED EROSION PREVENTION); B) REEF BALL TM 3) TURTLE BLOCKS II	27
FIGURE 3-21.	EXEMPLES DE BRISE-LAMES FLOTTANTS : (A) TYPE CAISSON; (B) TYPE CAISSON VÉGÉTALISÉ; (C) TYPE NARVAL; (D) TYPE « WAVEEATER »; (E) ET (F) TYPE « WHISPRWAVE »	28

FIGURE 3-22.	COUPE TYPE D'UNE PLAGE PERCHÉE (DEAN & DALRYMPLE 2002)	29
FIGURE 3-23.	EXEMPLES DE PROTECTIONS ENFOUIES : (A) PERRÉ DE SUPPORT; (B) GÉOTUBE; (C) GÉOSACS; (D) MATELAS MARINS/GABIONS; (E) MURS DE SOUTÈNEMENT; (F) MEMBRANES GÉOWEB; (G) ENVELOPPES EN FIBRES DE COCO	31
FIGURE 3-24.	CONCEPT DE DRAINAGE DE PLAGE (SOURCE : JEAN-FRANÇOIS RAPIN [WWW.JEANFRANCOISRAPIN.COM]).....	32
FIGURE 3-25.	PLANTATION AMÉNAGÉE SUR LE HAUT DE PLAGE	33
FIGURE 3-26.	PLANTATION PERPENDICULAIRE À LA DIRECTION DES VENTS DOMINANTS – LIVE SILTATION (OMNR 2014)	34
FIGURE 3-27.	EXEMPLES DE GANIVELLES	35
FIGURE 3-28.	SCHÉMA DU SYSTÈME <i>ROLODUNE</i> (CONSULTANT LAURIE GAUTHIER ENR. 2014).....	35
FIGURE 4-1.	EXEMPLE DE MURS CHASSE-MER ET MURS DE SOUTÈNEMENT : (A) PIERRES PLATES (SOURCE : BENNETT BROTHERS STONE [WWW.BENNETTBROSSTONE.COM/SEAWALLS]); (B) GABIONS (SOURCE : HESLYGABION [WWW.GABIONBARRIER.COM]).....	38
FIGURE 4-2.	EXEMPLE DE PERRÉS CONVENTIONNELS (SOURCE : USACE [WWW.ORN.USACE.ARMY.MIL])	39
FIGURE 4-3.	EXEMPLE D'ÉLÉMENTS PRÉFABRIQUÉS : (A) DOLOS ET (B) A-JACKS (SOURCE : CITY OF COLUMBUS, OHIO [WWW.COLUMBUS.GOV])	40
FIGURE 4-4.	EXEMPLE DE BILLOTS ANCRÉS (NOURI ET COLL. 2014)	41
FIGURE 4-5.	ANDIN DE CONIFÈRE (ADAPTÉ DE ADFG 1995)	41
FIGURE 4-6.	LIGNES DIRECTRICES POUR ÉVALUER LA VIABILITÉ DES PHYTOTECHNOLOGIES (TIP OF THE MITT WATERSHED COUNCIL 2007).....	43
FIGURE 4-7.	COUPE TYPE DE MUR DE SOUTÈNEMENT VÉGÉTALISÉ ENVIROLOK®.....	44
FIGURE 4-8.	EXEMPLE DE MUR DE SOUTÈNEMENT VÉGÉTALISÉ ENVIROLOK®.....	45
FIGURE 4-9.	SYSTÈME RACINAIRE DÉVELOPPÉ À L'INTÉRIEUR D'UN SAC ENVIROLOK®.....	45
FIGURE 4-10.	SACS ENVIROLOK® RECOUVERTS D'UNE GÉOGRID	45
FIGURE 4-11.	ENROCHEMENT DU PIED DE BERGE JUMELÉ À DES SACS ENVIROLOK® SUR LA PARTIE MOINS SOLlicitÉE (SOURCE : ENVIROLOK, LAC GENEVA).....	46
FIGURE 4-12.	EXEMPLE DU SYSTÈME TERRAMESH® (SOURCE : MACCAFERRI)	46
FIGURE 4-13.	CAISSONS VÉGÉTALISÉS (ADFG 1995)	47

FIGURE 4-14.	EXEMPLE D'ENROCHEMENTS VÉGÉTALISÉS À SAINT-SULPICE (SOURCE : WSP).....	48
FIGURE 4-15.	COUPES TYPES D'ENROCHEMENT VÉGÉTALISÉS : (A) TECHNIQUE MIXTES ; (B) VÉGÉTALISATION DE L'ENROCHEMENT (USDA 1996).....	48
FIGURE 4-16.	AMÉNAGEMENT D'UN LIT DE PLANÇONS (SOURCE : ENVIROLOK)	49
FIGURE 4-17.	AMÉNAGEMENT DE LITS DE PLANÇONS À TRAVERS UN ENROCHEMENT CONVENTIONNEL (SOURCE : TERRA EROSION)	49
FIGURE 4-18.	MISE EN PLACE DE FASCINES (A) EN BRANCHES ET (B) EN PIERRES	50
FIGURE 4-19.	MISE EN PLACE D'UNE FASCINE, JUMELÉE À UNE COUCHE DE PLANÇONS ET DES BRANCHES ANTI-SAPEMENT	51
FIGURE 4-20.	EXEMPLE DE BOUDINS ET DE GÉONATTES VÉGÉTALISÉS (AQUATERRA-SOLUTIONS)	51
FIGURE 4-21.	AMÉNAGEMENT DE BOUDINS COLONISÉS PAR DES VÉGÉTAUX ET DES MOLLUSQUES (DELSI 2011)	52
FIGURE 4-22.	REPRÉSENTATION D'UNE BERGE VIVANTE TYPE (2030PALETTE.ORG).....	52
FIGURE 4-23.	COUPE TYPE D'UN LIT DE PLANTATION AMÉNAGÉ DERRIÈRE UN BRISE-LAMES EN POCHE DE SABLES (SERVOLD ET COLL. 2014)	54
FIGURE 4-24.	BERGE VIVANTE AMÉNAGÉE À COLUMBIA RIVER (SOURCE : ENVIROLOK)	54
FIGURE 4-25.	EXEMPLE D'ESCALIERS (SOURCE : RENEGAR CONSTRUCTION [WWW.RENEGARCONSTRUCTION.COM])	55
FIGURE 4-26.	EXEMPLE DE DESCENTES POUR EMBARCATIONS (SOURCE : U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY [WWW.YOSEMITE.EPA.GOV])	55
FIGURE 5-1.	PARAMÈTRES DONT DÉPEND LE PROFIL D'ÉQUILIBRE EN PLAN DES PLAGES LE LONG D'UNE CÔTE COMPRENANT UN BRISE-LAMES DÉTACHÉ (SILVESTER ET HSU 1997)	58
FIGURE 5-2.	EXEMPLE DE MODÈLES BIDIMENSIONNELS HYDROSÉDIMENTAIRES (CMS) : A) PROPAGATION DES VAGUES; B) COURANTS	59
FIGURE 5-3.	EXEMPLE DE MODÈLES UNIDIMENSIONNELS POUR L'ÉVOLUTION DES PROFILS DE PLAGES (UNIBEST CL+) : A) MAILLAGE CURVILINÉAIRE; B) VISUALISATION DU TRANSPORT SÉDIMENTAIRE ET DES CHANGEMENTS AU TRAIT DE CÔTE	59
FIGURE 5-4.	ÉVOLUTION DU PROFIL DE PLAGE À LA SUITE D'UNE TEMPÊTE AVEC LE MODÈLE SBEACH.....	60

1 INTRODUCTION

WSP Canada Inc. (WSP) a été mandatée par Rio Tinto Alcan (RTA) afin de réaliser l'étude d'impact sur l'environnement du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean (PSBLSJ) 2017-2026. Cette étude inclut un volet technique constitué des éléments suivant : 1) une revue de littérature portant sur les techniques de stabilisation et de protection des berges et des plages; 2) une analyse de l'efficacité des travaux réalisés au lac Saint-Jean depuis 1986; 3) l'intégration de résultats de modélisations de l'érosion, et; 4) l'étude des sources d'approvisionnement en sable potentielles pour le rechargement des plages. Les résultats de ces travaux, combinés au processus d'étude d'impact sur l'environnement, permettront de définir un programme de stabilisation des berges 2017-2026. Le programme consiste essentiellement en un coffre à outils et en des règles de gestion qui visent à optimiser les interventions de protection des berges, tout en réduisant les impacts négatifs sur l'environnement et les riverains.

Cette revue de littérature présente un éventail des techniques développées principalement en Amérique et en Europe et utilisées partout dans le monde pour la stabilisation et la protection des berges en milieux côtiers, estuariens et lacustres. Les principales références consultées sont :

- Beach Management Manual (CIRIA 2010) – Europe
- Rock Manual (CIRIA 2007) – Europe
- Coastal Engineering Manual (U.S. Army Corps of Engineers 2008) – États-Unis
- Revues de l'American Shore and Beach Preservation Association – États-Unis
- Coastal Stabilization (Silvester et Hsu 1997) – États-Unis et Australie
- Lake Winnipeg : Shoreline Management Handbook (Manitoba Conservation 2001)

Les résidences et autres infrastructures installées le long des rives d'un lac, d'un réservoir ou de la mer sont sujettes à subir un jour ou l'autre de l'érosion ou de l'inondation, soit à la suite d'un événement extrême ou encore en raison de l'évolution graduelle du littoral. Afin de réagir à ces risques, différentes approches de gestion du littoral sont possibles :

1. le statu quo et le maintien d'une berge naturelle;
2. la prévention des risques et la relocalisation;
3. la révision du plan de gestion des eaux (réservoirs régularisés seulement);
4. les solutions structurales visant à empêcher l'érosion et la submersion.

Le choix de l'approche dépend de plusieurs facteurs, notamment du taux d'érosion à long terme anticipé, du coût des différentes alternatives, des impacts anticipés sur le littoral, de l'environnement et du milieu humain, ainsi que de la structure organisationnelle responsable de la gestion du littoral (Manitoba Conservation 2001). Dans le cas du statu quo, le milieu naturel et les processus côtiers sont jugés prioritaires, au détriment de la poursuite du recul de la berge et des risques de dommages aux infrastructures riveraines. Les infrastructures sont maintenues en place jusqu'à ce qu'elles subissent des dommages importants.

Lorsque ces dommages amènent une situation intenable, une approche par relocalisation ou par solutions réglementaires ou structurales est alors requise. Ces deux approches sont en quelque sorte en opposition par leurs objectifs; la première visant à protéger en priorité le milieu naturel et les processus côtiers (les eaux, la plage, la berge et les habitats côtiers) alors que la deuxième vise à protéger, en premier lieu, les usages et infrastructures riveraines. Cette opposition est la trame de fond de la plupart des projets de protection des rives, où les intérêts des riverains et de l'environnement diffèrent souvent. Le processus

d'étude d'impact est une opportunité pour favoriser le dialogue entre les intervenants et pour revoir les règles de gestion afin de favoriser l'atteinte d'un optimum économique, environnemental et social.

La révision du plan de gestion des eaux propose différents ajustements au plan de gestion des eaux retenues, généralement orientées vers un abaissement du niveau d'exploitation, pour réduire la vulnérabilité des berges à l'érosion et à la submersion. Cette approche globale doit cependant composer avec plusieurs enjeux de natures environnementale, sociale, ainsi qu'économique et fait rarement l'objet d'un consensus universel, puisqu'elle touche l'ensemble des intervenants du lac. Les autres approches sont généralement préférées en raison de la possibilité d'agir localement et de façon adaptée aux problématiques de chaque site.

Les interventions structurales incluent quant à elles une panoplie de techniques permettant de limiter l'érosion des plages et des berges. Les plus efficaces ont généralement un impact potentiel plus important sur le littoral et sur l'environnement (perturbations de la dynamique hydrosédimentaire, impact visuel, durcissement du trait de côte, réduction de l'accès au plan d'eau, impacts sur les secteurs adjacents, etc.). Les effets ne se limitent pas au secteur d'intervention, mais peuvent avoir d'importantes conséquences sur les secteurs avoisinants, non visés par les ouvrages de protection. En effet, une dégradation importante des milieux peut survenir au bout de quelques années ou dizaines d'années, pouvant aller jusqu'à la disparition des plages ou encore une dégradation des habitats, que ce soit en raison d'une érosion ou accrétion accrue. Enfin, toute solution structurale visant à protéger les berges a ses limites puisqu'il est toujours possible qu'un événement extrême survienne et détruise tous les efforts de stabilisation investis. Les plus grandes villes côtières du monde cherchent encore des solutions herculéennes pour réduire leur vulnérabilité aux tempêtes, par exemple la ville de New York à la suite de l'ouragan Sandy. La constatation des impacts négatifs des solutions structurales mises en place au fil des années et leur exacerbation anticipée en raison des changements climatiques (rehaussement du niveau des mers) ont mené à différents courants de pensée, les plus durs annonçant la fin des plages si les pratiques actuelles de protection côtière continuent d'être mises en œuvre (« The last Beach », de Pilkey et Cooper 2014). Les auteurs soutiennent entre autres que le rechargement de plage n'est pas une solution réaliste à long terme en raison des difficultés d'approvisionnement et de la récurrence des interventions, ce qui représente un enjeu économique considérable, en particulier dans un contexte de changements climatiques. Le retrait de la zone littorale, soit la relocalisation des hôtels et des résidences luxueuses se trouvant en bord de mer, serait à leur avis à préconiser afin d'assurer la pérennité du bien collectif que sont les plages naturelles.

Dans le contexte de la problématique d'érosion au lac Saint-Jean, les mêmes enjeux sont présents, mais à un degré moindre, particulièrement en raison de la régularisation des niveaux d'eau (pas de rehaussement significatif du niveau d'eau anticipé) et du régime de tempêtes moins sévère qu'en milieu océanique. Dans ces circonstances, les solutions structurales sont jugées toujours adéquates et des compromis semblent possibles afin de répondre aux enjeux environnementaux et sociaux. Toutefois, le terme « compromis » signifie qu'aucune solution n'est parfaite et qu'il demeurera toujours des risques, soit d'éventuels dommages aux propriétés riveraines, soit des perturbations aux habitats et aux utilisations des plages, berges et cours d'eau adjacents. La recherche de ce compromis est une tâche continue qui doit viser un équilibre entre les objectifs économiques, techniques, sociaux et environnementaux. Cela signifie également qu'il y a devoir de corriger les impacts négatifs éventuels, associés aux mesures de protection mises de l'avant, bien au-delà de la zone d'intervention.

La présente revue de littérature s'intéresse essentiellement à la révision du plan de gestion des eaux et aux techniques structurales visant à stabiliser le littoral et à réduire le risque d'érosion. Le premier chapitre présente un inventaire des plans d'eau ayant des caractéristiques similaires à celles du lac Saint-Jean et où l'impact d'une variation des niveaux d'eau sur l'érosion des berges a été documenté. Les chapitres 3 et 4 présentent respectivement les techniques envisageables pour stabiliser les secteurs de plages et de berges. Le chapitre 5 présente, en complément, une revue des outils de conception utilisés pour optimiser la géométrie et le positionnement des ouvrages de stabilisation ainsi que pour étudier les impacts potentiels sur le littoral et les secteurs avoisinants. Finalement, le chapitre 6 présente une conclusion quant à l'application potentielle de ces méthodes sur les berges et plages du lac Saint-Jean.

2 INFLUENCE DU NIVEAU D'EAU SUR L'ÉROSION DES BERGES

Le niveau d'eau est un élément souvent identifié comme étant un enjeu important dans les problématiques d'érosion. En milieux côtiers, les méthodes permettant d'atténuer l'impact des variations de niveaux d'eau demeurent malgré tout limitées. Cependant, dans les lacs et les réservoirs régularisés, l'enjeu est différent en raison du contrôle pouvant être exercé sur le niveau d'exploitation. Dans cette perspective, la revue de littérature a tenté de répertorier d'autres plans d'eau ayant des caractéristiques similaires à celles du lac Saint-Jean et où l'impact d'une variation des niveaux d'eau sur l'érosion des berges a été documenté. Certains des plans d'eau ciblés incluent : les Grands Lacs (Canada/États-Unis), le lac Winnipeg (Canada, Manitoba), le lac des Bois (Canada/États-Unis), le réservoir Taureau (Canada, Québec), le lac Sugar (Colombie-Britannique), le lac Meade (États-Unis), le lac Majeur (*Lago Verbano*, Italie/Suisse) et le lac de Serre-Ponçon (France).

Les recherches effectuées ont permis de brosser un portrait des attentes et du succès de cette mesure pour réduire l'érosion des berges :

- en réaction à l'érosion des plages et à la détérioration des berges engendrées par l'action des vagues, les riverains touchés par ces dommages ont tendance à percevoir la gestion du niveau d'exploitation du plan d'eau comme étant la cause principale des dégradations (Phillips et Rasid 1996);
- la diminution du niveau d'eau constitue bien souvent la solution privilégiée par ceux-ci afin de pallier aux problèmes d'érosion (Phillips et Rasid 1996);
- les causes expliquant l'érosion des berges sont toutefois nombreuses et l'élévation du niveau d'eau ne suffit pas à expliquer l'entièreté de ce processus (Dean 2002);
- seul un nombre restreint de cas ont été répertoriés (lacs Michigan et Érié), où l'impact d'une diminution des niveaux d'eau sur l'érosion des berges a été documenté. D'autre part, dans tous ces cas, l'abaissement du niveau d'eau observé était d'origine naturelle plutôt qu'une mesure volontaire prise afin de diminuer l'érosion des berges;
- une étude sur le lac Sugar (rivière Shuswap), réalisée pour le compte de BC Hydro en 2007, conclut qu'un abaissement de 20 cm du niveau normal maximal d'exploitation du réservoir réduirait visiblement les taux d'érosion des propriétés riveraines (Summit 2007). Or, les documents consultés sont incomplets et rien n'indique que BC Hydro a modifié son niveau normal maximal d'exploitation à la suite de cette étude.

Il est généralement admis que l'augmentation du niveau d'un lac ou d'un réservoir expose de nouvelles portions des berges à l'énergie érosive des vagues et s'accompagne généralement par un recul prononcé du trait de côte (Nordstrom & Jackson 2012). Toutefois, l'ampleur du phénomène d'érosion varie fortement en fonction de la morphologie et de la composition de la berge, ainsi que de son exposition aux vagues (climat de vague, relief ou pente de la plage, nature des sédiments). Dans le cas d'une plage caractérisée par une pente faible et un relief rehaussé, un abaissement du niveau d'eau peut provoquer le déferlement des vagues plus au large que pour une plage dont le relief remonte abruptement près des berges (Lorang *et al.* 1993).

L'éloignement de la zone de déferlement a donc pour effet de réduire l'énergie atteignant la rive, ce qui a tendance à ralentir le taux d'érosion de la berge généralement observée par les riverains. La nature des sédiments influence également l'impact de la variation des niveaux d'eau sur les berges. Le comportement

des matériaux granulaires (sable, gravier), souvent présents sur les plages, est généralement bien connu : une diminution du niveau d'eau s'accompagne normalement d'une réduction du taux d'érosion. Ce phénomène a d'ailleurs été observé par Kilibarda et Shillinglaw (2014) sur une plage de sable localisée à l'extrémité sud du lac Michigan. Les périodes pour lesquelles le niveau du lac était significativement plus élevé par rapport à son niveau moyen présentaient généralement un taux de recul du trait de côte plus important. Inversement, lorsque le niveau du lac était à un niveau inférieur au niveau moyen, le taux de recul du trait de côte était significativement plus faible que lorsque le niveau du lac était plus élevé.

Toutefois, dans le cas des matériaux cohésifs (silt, argile), typiques des zones de berges sans plage, les pressions interstitielles peuvent jouer un rôle prépondérant et la réaction des talus est plus difficile à anticiper. Bien que plusieurs études démontrent une corrélation similaire à celle des matériaux granulaires entre le niveau d'eau et le taux d'érosion (Brown *et al.* 2005; Fuller 2002), une diminution du niveau d'eau peut également provoquer une augmentation du gradient de pression dans la nappe phréatique, fragilisant ainsi le pied des talus et augmentant le risque de glissement. D'autre part, dans le cadre de ces travaux au lac Érié, Fuller (2002) note que l'érosion des berges par l'action des vagues sous le niveau d'eau peut demeurer significative et suggère que l'érosion au pied des talus survenant lorsque le niveau des lacs est bas peut fragiliser la stabilité des berges et accélérer leur recul lors du rehaussement du niveau d'eau.

Outre son influence sur les taux d'érosion, la variation des niveaux d'eau peut également avoir des impacts sur de nombreux autres facteurs environnementaux, sociaux et économiques. Par exemple, une diminution des niveaux d'eau peut provoquer l'assèchement de milieux humides, créer des entraves à la navigation et réduire la production hydroélectrique (lorsque ce type d'installation est présente), provoquer l'incision à l'embouchure des cours d'eau, générer du transport sédimentaire, etc. Les recherches effectuées dans le cadre de cette revue de littérature ont permis de constater qu'une réduction volontaire du niveau d'exploitation, bien qu'elle puisse être efficace pour réduire l'érosion des berges, ne semble pas être une mesure très largement employée et peu d'études démontrent son efficacité globale. En effet, en raison de la grande variabilité des milieux lacustres et de leur complexité, il est difficile d'établir des constats généraux sur l'impact de réduction du niveau d'eau, en particulier quand les variations sont faibles (quelques décimètres), et donc de déterminer si cette mesure vaut la peine d'être employée pour réduire l'érosion des berges. L'abaissement des niveaux d'exploitation d'un réservoir devrait être justifié par des études exhaustives de l'ensemble des impacts anticipés sur l'environnement et faire l'objet d'un suivi à la suite de sa mise en œuvre.

3 TECHNIQUES DE STABILISATION ET DE PROTECTION DES PLAGES

Les principaux objectifs de la stabilisation et de la protection des plages sont le maintien d'une largeur de plage suffisante pour 1) dissiper l'énergie des vagues de tempêtes et protéger les infrastructures situées derrière le trait de côte¹ et 2) permettre aux riverains de profiter de celles-ci, le tout en minimisant les volumes et la fréquence des recharges de plage, lorsque cette technique est mise en œuvre. Cette section présente différentes techniques reconnues pour atténuer l'érosion associée aux secteurs de plage : la recharge de plage seule ou avec des structures connexes comme les épis et les brise-lames, les plages perchées, les protections enfouies et les techniques intégrant l'emploi de végétation. Le Tableau 3-1 présente un sommaire de ces techniques, lesquelles sont détaillées dans les sous-sections suivantes.

3.1 RECHARGEMENT DE PLAGE

3.1.1 CONCEPT

Le rechargement de plage consiste à ajouter des matériaux (sable, gravillon, caillou, galet) le long de la plage pour en augmenter son volume et sa largeur, dans le but de créer une zone tampon qui dissipe l'énergie des vagues et limite ou empêche ces dernières d'atteindre le haut de talus et de causer des dommages (Figure 3-1). La plupart du temps, le rechargement de plage employée seule ne permet pas l'atteinte d'un équilibre sédimentaire de sorte que les matériaux ajoutés ne demeurent pas en place et doivent être remplacés à intervalles plus ou moins longs. En effet, le remblai de matériaux mis en place sur la plage forme souvent une protubérance par rapport au trait de côte qui s'effacera graduellement par diffusion ou étalement à la suite de l'action de la dérive littorale (transport longitudinal des sédiments) et des vagues de tempêtes de l'érosion normale (vers le fond du lac).

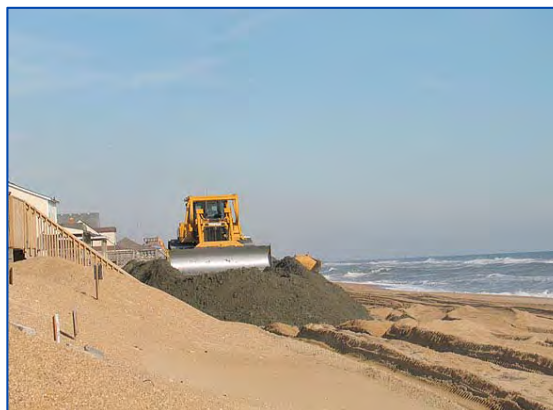


Figure 3-1. Exemple de rechargement de plage (source : Coastal Care [www.coastalcare.org])

¹ Dans le cas des côtes sans falaise (plages, dunes, flèches littorales et tombolos), le trait de côte correspond généralement à la limite de végétation herbacée.

En fonction de la tendance érosive du secteur et du niveau de protection souhaité, un compromis est requis entre la largeur du haut de plage (appelé également berme) et la fréquence des rechargements. Plus la largeur sera importante, plus les intervalles entre les rechargements seront longs. Toutefois, cette relation n'est pas linéaire puisqu'un remblai plus large s'étalera plus rapidement. La longueur d'intervention affecte également la performance des rechargements. Selon l'équation de diffusion, un rechargement deux fois plus long durera quatre fois plus longtemps (Dean 2002). En contrepartie, plus le rechargement sera volumineux, plus des sédiments seront introduits dans l'environnement et plus ils seront transportés par la dérive littorale à l'intérieur de la cellule hydrosédimentaire, ce qui peut provoquer des impacts sur les secteurs adjacents. Une évaluation technico-économique et environnementale des bénéfices associés à différentes largeurs et longueurs d'intervention est donc nécessaire afin de statuer sur les dimensions optimales pour un site donné.

Le succès d'un rechargement de plage dépend de plusieurs facteurs, en particulier de la présence de conditions d'érosion faibles à modérées et de la disponibilité de matériaux de rechargement de qualité adéquate (fuseau granulométrique respecté et absence de contaminants), à une distance permettant un transport acceptable d'un point de vue économique, social et environnemental. Une connaissance des sources d'approvisionnement potentielles, des taux d'érosion historiques et de la dynamique hydrosédimentaire est donc requise pour juger de la viabilité d'un programme de rechargement de plage. Une panoplie de modèles permet d'étudier le comportement des plages à la suite d'interventions, à court (tempête) et long terme (voir chapitre 5). Toutefois, dans certains cas, si l'approvisionnement en matériaux ne constitue pas un enjeu majeur, il est également possible d'étudier le comportement de la plage et de fixer les volumes de sable requis par essais et erreurs à l'aide d'interventions directes sur le site et d'un suivi des profils de plage.

Si l'efficacité du rechargement seul s'avère insuffisante, il est alors possible d'utiliser d'autres méthodes pour stabiliser la plage, soit en aménageant différents types de structures connexes (Tableau 3-1). Peu importe le type d'intervention retenu, cependant, il est recommandé de combiner l'aménagement de structures à un rechargement de plage. Le cas échéant, le rééquilibrage du milieu récepteur selon la nouvelle dynamique hydrosédimentaire s'effectuera aux dépens des matériaux naturels déjà en place, ce qui pourrait déplacer ou exacerber la problématique d'érosion dans les secteurs en aval des structures.

3.1.1.1 ÉVOLUTION DU REMBLAI DE PLAGE AMÉNAGÉ

De façon générale, l'évolution du remblai de plage mis en place subit des transformations en deux temps.

ÉVOLUTION À COURT TERME

D'abord, des changements morphologiques rapides sont observés (semaines, mois) à la suite des travaux de rechargement. Ces changements sont provoqués par l'action des vagues qui déplacent les matériaux vers les zones adjacentes et vers le large, jusqu'à l'atteinte d'un profil et d'une géométrie en équilibre. Les caractéristiques des matériaux de rechargement (granulométrie, degré de compaction, etc.) ainsi que la longueur et la largeur de la zone d'intervention sont les principaux paramètres qui dictent l'équilibre de la plage. La Figure 3-2 présente les deux phénomènes par lesquels le sable est ajusté selon les conditions prévalant au site. Pour réduire ces modifications initiales du remblai de plage, il serait possible d'imposer une mise en place selon un profil et une géométrie proche de l'état d'équilibre théorique. Or, pour des raisons économiques, la mise en place du sable est souvent réalisée de façon pratique, en s'assurant de mettre le volume adéquat de sable par mètre linéaire de plage pour que la largeur soit adéquate une fois à l'équilibre.

Tableau 3-1. Sommaire des techniques de stabilisation des plages

CLASSE	Méthodes non structurales	Méthodes avec recharge et structures connexes					Intégration de la végétation
TYPE	Recharges de plage (approv. terrestre et par dragage)	Épis	Brise-laves	Plages perchées (suspendues)	Protections enfouies et soutènement des talus	Drainage	Stabilisation dunaire
Géométrie / configuration	<ul style="list-style-type: none"> - Recharge du haut de plage - Recharge des barres infralittorales - Recharge de la dune 	<ul style="list-style-type: none"> - Rectiligne avec ou sans angle - En forme de "L" - En forme de "T" - Curviligne - Configuration simple ou champ d'épis 	<ul style="list-style-type: none"> - Détaché, rectiligne parallèle à la rive - Attaché à la rive de géométrie variable - Détaché et submergé (récif artificiel) - Configuration simple ou en série 	<ul style="list-style-type: none"> - Structure de retenue de forme - Parfois combinée à des épis submergés - RTA les nomme digues de prédéferlement 	<ul style="list-style-type: none"> - Enfouis sous la berme de plage - Parallèle au trait de côte - Vertical ou en pente - Recouvert de matériaux de plage (dune) 	<ul style="list-style-type: none"> - Drain parallèle à la plage - Pompage de la nappe phréatique en permanence - Nécessite granulométrie spécifique 	<ul style="list-style-type: none"> - Plantation (avec ou sans tapis de rétention) - Ganivelle
Attributs	<ul style="list-style-type: none"> - Granulométrie - Largeur de plage, pente, volume - Longueur d'intervention - Fréquence des recharges 	<ul style="list-style-type: none"> - Longueur et espacement - Perméabilité - Élévation (submergé ou immergé) - Angle par rapport aux trains de vagues - Recharge conjointe recommandée - Longueur d'intervention 	<ul style="list-style-type: none"> - Longueur et espacement - Perméabilité/transmission des vagues - Distance de la côte et longueur - Élévation (submergé ou immergé) - Angle par rapport aux trains de vagues - Recharge conjointe recommandée 	<ul style="list-style-type: none"> - Profondeur/élévation de la crête - Perméabilité/transmission des vagues - Combiné à une recharge de plage 	<ul style="list-style-type: none"> - Fréquence d'attaque des vagues - Réflexion - Débit de débordement - Système d'ancrage peut être requis 	<ul style="list-style-type: none"> - Puissance du système de pompage - Diamètre des conduites de drainage - Profondeur du système de drains - Longueur - Réutilisation des eaux pompées 	<ul style="list-style-type: none"> - Humidité du sol et fréquence d'inondation - Épaisseur de matériaux de plantation ; - Résistance à l'action des vagues et aux glaces - Hauteur et blocage de la vue pour les riverains
Illustration du concept							
Matériaux de construction	<ul style="list-style-type: none"> - Sable - Gravier/cailloux - Galets/pierres rondes - Combinaison de matériaux - Approvisionnement : dragage ou milieu terrestre 	<ul style="list-style-type: none"> - Pierres - Acier (murs de palplanches) - Poutres de bois - Béton - Géotubes 	<ul style="list-style-type: none"> - Pierres - Géotubes - Blocs de béton pré-fabriqués (dolos) - Bois 	<ul style="list-style-type: none"> - Pierres - Béton - Géotubes - Sable, gravier, galet (recharge de plage) 	<ul style="list-style-type: none"> - Pierres - Gabions de roches - Matelas articulés en béton - Géotubes - Géosacs - Blocs de béton - Tubes en matériaux biodégradables 	<ul style="list-style-type: none"> - Acier - Plastique 	<ul style="list-style-type: none"> - Végétation indigène ou non - Bois, arbres, souches - Fil de métal, produits synthétiques - Tissus en matériaux biodégradables

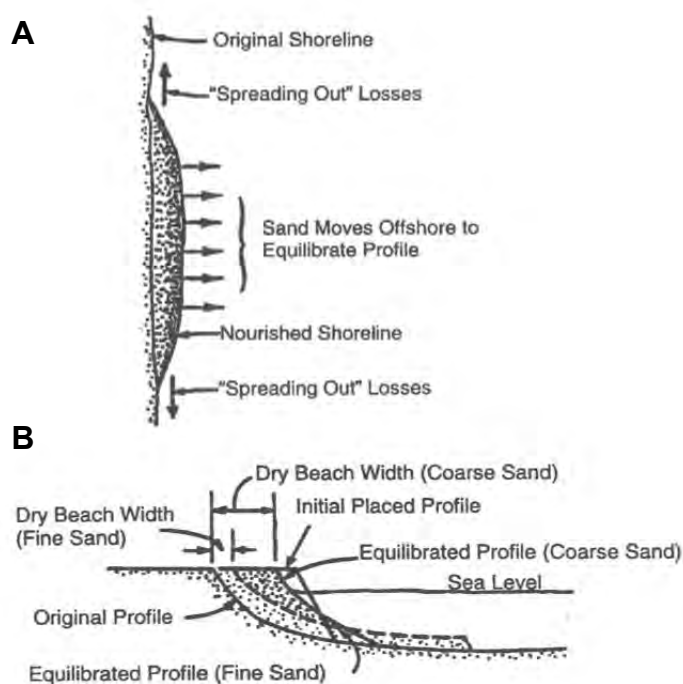


Figure 3-2. A) Vue en plan montrant l'étalement du sable anticipé après les travaux; B) Section type montrant la succession des profils de plage avant la recharge, immédiatement après les travaux et ajustés selon que du sable grossier ou fin ait été utilisé (Dean 2002)

La Figure 3-3 présente l'effet qu'exerce la granulométrie de la plage sur le profil d'équilibre théorique. Selon la taille des sédiments mis en place, la largeur de la plage à l'équilibre peut grandement varier pour un volume de recharge équivalent, ce qui doit être pris en compte dans la conception du projet. En général, plus les matériaux sont fins, plus le profil sera doux et, inversement, plus ils sont grossiers, plus le profil sera raide.

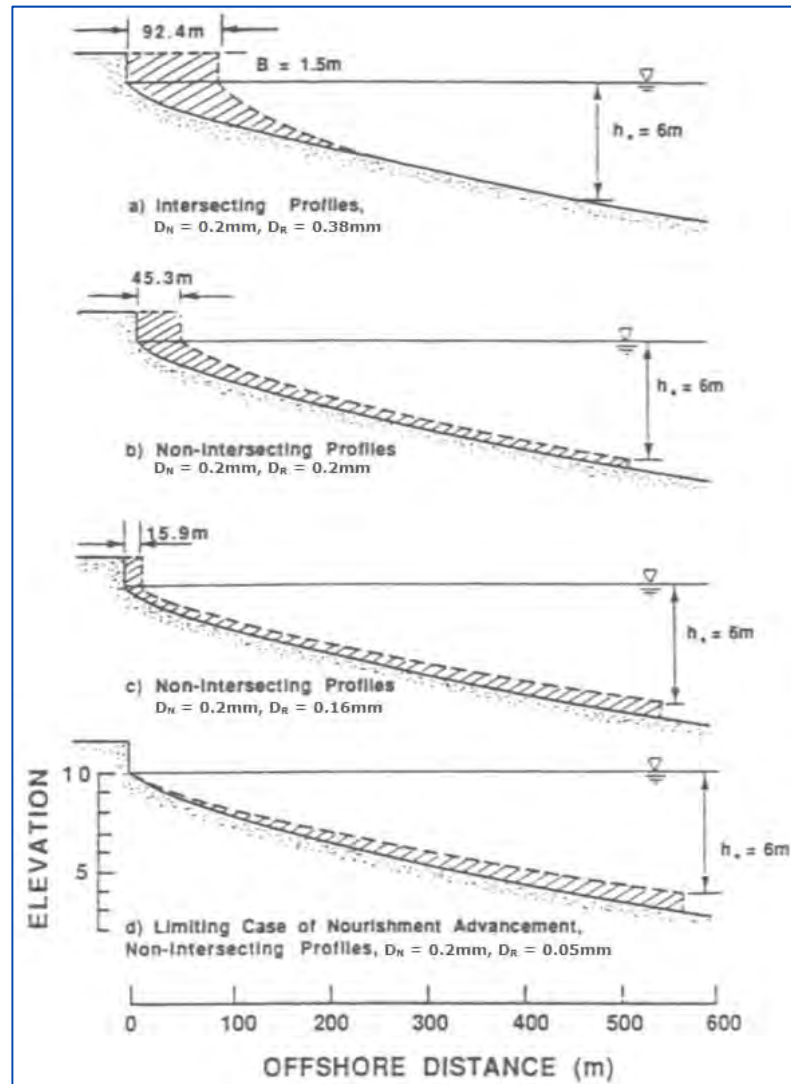


Figure 3-3 Effet d'une différence de diamètre entre le matériau naturel (D_N) et de la recharge (D_R) sur le profil d'équilibre (adapté de Dean, 2002).

Le recours à cette méthode de construction implique donc que la largeur de la plage immédiatement après les travaux est considérablement supérieure à la largeur visée par la conception, soit de deux à trois fois plus large (USACE 2008). Il est important que le public soit informé de ce recul normal et anticipé de la plage après les travaux, sans quoi il aura tendance à juger inefficaces les travaux réalisés.

ÉVOLUTION À LONG TERME

À plus long terme, l'évolution du profil et de la longueur du remblai de la plage est influencée par le régime de vagues et de niveaux d'eau. Le transport de sédiments le long de la plage (dérive littorale) est fonction de l'angle d'attaque des trains de vagues; la capacité de transport augmentant plus l'angle d'attaque est oblique à la côte. À l'inverse, plus l'angle d'attaque est perpendiculaire à la plage, plus le déplacement des sédiments se fera vers le large. Ainsi, la provenance des vagues a un impact direct sur les mécanismes de transport du sable.

En général, trois phénomènes doivent être pris en compte pour la conception d'un rechargement de plage : l'étalement par diffusion, la dérive littorale et l'attaque des vagues de tempêtes. Tout d'abord, le rechargement forme généralement une protubérance le long de la côte. Un phénomène d'étalement ou de diffusion aura donc lieu, lequel est indépendant du climat de vague. Par la suite, l'évolution du remblai de plage rechargé varie selon le climat moyen des vagues, qui déplacent jour après jour les sédiments le long du littoral, dans un sens et dans l'autre en fonction de l'angle d'attaque des vagues. Enfin, les tempêtes de fortes vagues, en particulier celles survenant à haut niveau d'eau, arrachent les sédiments situés dans la partie supérieure de la plage rarement atteinte par les vagues, puis les transportent vers le large où ils sont ensuite déplacés par la dérive littorale. Le bilan de ces processus mène à l'érosion de la plage. Le dimensionnement d'un rechargement doit donc prendre compte ces phénomènes afin d'atteindre les objectifs de durabilité et de fréquence de rechargement désirés.

3.1.2 TYPES DE RECHARGEMENT DE PLAGE

La méthode de rechargement la plus utilisée est celle qui prévoit l'ajout de matériaux en haut de plage dans la zone visible affectée par l'érosion (Figure 3-4c). Le niveau de protection côtière peut également être renforcé en ajoutant des matériaux à la dune (lorsqu'il y en a une), du côté terrestre ou du côté aquatique (Figure 3-4a et Figure 3-4b). D'autres alternatives incluent le rechargement des barres d'avant-plage (Figure 3-4d) ou encore la mise en place de sable en grande quantité en amont du secteur en érosion afin que la dérive littorale transporte graduellement ce sable au-devant de la zone vulnérable. Pour cette dernière, le rechargement est alors appelé « plage source » et les matériaux servent à alimenter le secteur en aval qui est en déficit sédimentaire. Le rechargement des barres au large joue, quant à elle, un rôle de brise-lames submergé dynamique qui se déforme, puis alimente graduellement le haut de la plage. Cette méthode est généralement accompagnée d'un rechargement en haut de plage afin de satisfaire le désir des riverains de voir leur plage s'élargir.

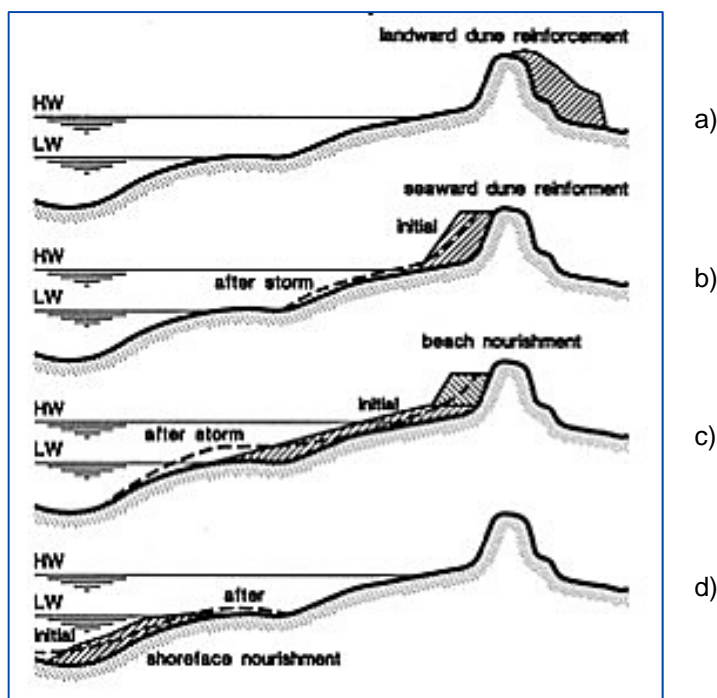


Figure 3-4. Différents types de recharge de plage (Marchand et coll. 2012)

RECHARGEMENT DE LA DUNE

Il se peut que la berme « naturelle » ou la largeur maximale acceptable pouvant être aménagée ne puisse pas à elle seule protéger la dune et les infrastructures riveraines, pour un niveau d'eau et une intensité de tempêtes donnés. La création d'une dune ou l'augmentation de son volume peut alors être envisagée pour atténuer les dommages de tempêtes (USACE 2008). Le volume de sable se trouvant dans la portion de la dune située au-dessus du niveau d'eau de conception est utilisé aux États-Unis comme paramètre pour caractériser le niveau de protection des résidences côtières. Lors de tempêtes, le sable de la dune glisse vers la plage et empêche les eaux d'inonder les terrains résidentiels. Cette technique est très souvent accompagnée d'une végétalisation de la dune, ou d'autres techniques similaires, afin de limiter l'érosion éolienne et capter le sable transporté par le vent, favorisant ainsi l'accrétion.

Malgré tout, plusieurs éléments rendent cette technique souvent impopulaire, notamment l'espace limité disponible pour aménager la dune entre les résidences et la plage, les risques de déplacement des lames de sable sur les terrains résidentiels et le blocage de la vue sur le plan d'eau.

RECHARGEMENT DE BARRES INFRA-LITTORALES AU LARGE

Les barres infralittorales sont des monticules de sédiments naturels qui se forment et se déplacent sous l'action des vagues. Ces barres agissent un peu comme des brise-lames submergés. Lorsque les barres sont hautes et volumineuses, les vagues déferlent sur celles-ci, ce qui protège la plage. À la suite de fortes tempêtes, il arrive toutefois que les barres soient fortement érodées, diminuant la protection de la plage. La création ou l'amplification du volume des barres peut donc être envisagée pour protéger la côte. Cette forme de rechargement est surtout utilisée dans les secteurs de forte énergie où le transport perpendiculaire vers le large est dominant. Cette approche a cependant été peu étudiée et il est donc difficile de la concevoir et d'anticiper son efficacité. En raison du fort marnage sur les lacs-réservoirs, cette technique est plus ou moins appropriée sur de tels plans d'eau puisque les barres seront trop fréquemment atteintes par les vagues à niveau bas.

3.1.3 ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIAUX

Il est important de souligner que les rechargements de plages font rarement l'unanimité comme solutions à l'érosion côtière. L'efficacité de cette technique est souvent mise en doute par ceux qui ne sont pas d'accord avec le principe de mettre des matériaux temporaires le long de la plage, en particulier lorsqu'ils sont payés à même les fonds publics. Les concepteurs de ces travaux argumenteront que les investissements en valent la peine puisqu'ils permettent d'empêcher ou de réduire les dommages aux infrastructures riveraines. Le rapport entre les investissements requis et la valeur des infrastructures à protéger devient un élément important à considérer.

En plus des considérations techniques, les enjeux environnementaux et sociaux peuvent également influencer la conception des rechargements de plages. Des compromis sur les différents paramètres des rechargements sont souvent requis afin de répondre à l'ensemble des enjeux associés au projet. Du point de vue environnemental, une plage peut servir de support à des habitats aquatiques (ex. poissons, tortues, benthos) et terrestres (ex. oiseaux, mammifères), lesquels varient selon le milieu où le rechargement est réalisé. Étant donné le déplacement prévisible des sédiments et les perturbations associées aux travaux récurrents, il est essentiel d'étudier les impacts environnementaux de tout programme de rechargement, tant sur les sites d'intervention que sur les sites adjacents. Les éléments vulnérables le long du littoral, les habitats benthiques, les cours d'eau, etc., qui peuvent être impactés par un ensevelissement de sédiments, doivent être identifiés avant le début des rechargements afin de dresser un état de référence et d'élaborer un programme de suivi approprié.

Du point de vue social, l'utilisation récréotouristique, le niveau de protection côtière requis et l'occupation riveraine peuvent également influencer les paramètres des rechargements, notamment la granulométrie

des matériaux ainsi que la longueur et la fréquence des interventions. Pour conserver l'attrait touristique et favoriser l'acceptabilité sociale de cette technique, des matériaux plus fins sont parfois préconisés, malgré le risque d'augmenter la fréquence d'intervention et la migration des matériaux vers les berges adjacentes. D'ailleurs, pour le PSBLSJ, le rechargement de plage de façon récurrente avec du sable est un compromis « social » consenti par le ministère de l'Environnement en 1986. Il s'agit de la seule place au Québec où cela est permis.

3.1.4 SOURCES D'APPROVISIONNEMENT DES MATÉRIAUX

BANCS D'EMPRUNT TERRESTRES

Les sources d'approvisionnement des matériaux de rechargement sont multiples. Ils peuvent provenir de bancs d'emprunt terrestres (sablères ou gravières), du site d'intervention lui-même ou de dépôts lacustres. En général, à travers le monde, en raison de la logistique plus simple et des coûts d'opération plus faibles, les bancs d'emprunt terrestres sont privilégiés lorsque des matériaux de qualité (granulométrie et absence de contaminants) sont disponibles en quantité suffisante. Ils doivent également être situés à une distance permettant un transport acceptable au point de vue économique, social et environnemental jusqu'au site d'intervention. Le transport des matériaux de rechargement est généralement effectué par camion et parfois par train. Une fois déposés sur la plage, les matériaux sont placés et nivelés par un boueur.

Cette technique permet l'utilisation d'une machinerie conventionnelle et facilement disponible (camion, boueur, pelle mécanique). Elle nécessite par contre la construction de chemins d'accès à la plage, ce qui peut nuire à la quiétude de l'environnement et des résidents à proximité, et l'exécution de plusieurs voyages pour apporter la quantité de matériaux requise. De plus, le passage récurrent de machinerie sur la berme compacte les matériaux de rechargement, ce qui peut mener à l'apparition d'escarpements plutôt qu'à l'étalement des matériaux lors de l'attaque des vagues.

Afin de limiter le camionnage sur les terrains résidentiels, il est possible d'utiliser une série de convoyeurs industriels pour acheminer le sable à la plage (Figure 3-5). On évite ainsi le passage à répétition des camions sur les terrains privés, toutefois au détriment de la productivité et des coûts de construction.



Figure 3-5. Exemples de systèmes de convoyeurs pour acheminer les sédiments sur la plage (source : Coastal Systems International [www.coastalsystemsint.com] et Sand Transfer Systems [www.sandtransfersystems.com])

REPROFILAGE DE LA PLAGE

Lorsque le haut de plage (berme) est fortement érodé à la suite d'une tempête et que le sable s'est déplacé plus bas dans le profil de plage, il est possible d'aller le chercher et de le remonter pour reconstruire la berme ou la dune (Figure 3-6). Cette mesure est jugée temporaire, car elle ne permet pas de récupérer la totalité du sable érodé, une partie importante étant perdue au large ou avec la dérive littorale. Elle peut néanmoins être particulièrement efficace pour les plages de galets qui sont moins mobiles ou encore comme mesure d'urgence à la suite d'une tempête, pour se prémunir contre les prochaines tempêtes qui pourraient subvenir avant la réalisation du prochain rechargement.



Figure 3-6. Exemple d'un reprofilage du profil de plage (Coastal Conference, New South Whale, Australie, 2014)

DRAGAGE À PARTIR DE DÉPÔTS LACUSTRES

Le dragage consiste à excaver des matériaux sous l'eau et à les acheminer jusqu'à la plage. Pour que cette méthode d'approvisionnement en sédiments soit intéressante, la qualité et la quantité du banc d'emprunt doivent être satisfaisantes, voire meilleures qu'aux bancs d'emprunt terrestres avoisinants, en plus d'être situé à une distance économique des sites d'interventions. Une caractérisation exhaustive des sédiments est donc requise pour s'assurer de rencontrer ces conditions avant de procéder au dragage. En plus des caractéristiques physiques des sédiments, une évaluation du degré de contamination des matériaux à draguer et une caractérisation des habitats aquatiques, incluant une évaluation des impacts sur ceux-ci, doivent également être réalisées. Enfin, de manière générale, à moins de coûts de transport terrestre importants, des travaux sur l'eau à partir de barges sont plus onéreux que des travaux terrestres. La logistique plus importante associée à ces travaux (climat de vagues, perturbation d'habitats aquatiques, etc.), les risques accrus de déversements de contaminants, telles les huiles et les graisses, et le nombre limité d'entrepreneurs spécialisés dans la réalisation de ce type de travaux sur l'eau expliquent en partie cette situation.

Cette technique peut toutefois permettre de minimiser l'apport de nouveaux matériaux au milieu, en particulier si les sédiments accumulés dans les zones d'accrétion avoisinantes sont réutilisés. Cette technique, lorsque possible, permet également d'atténuer les différentes problématiques associées à leur accumulation dans les cours d'eau et autres habitats présents en aval de la dérive littorale. Autrement, les sédiments peuvent provenir des dépôts lacustres anciens situés au large des zones en érosion.

Le dragage de sédiments provoque nécessairement une modification de la bathymétrie au site de prélèvement. Lorsque ce dernier se trouve trop proche de la côte, cette technique peut alors avoir un effet important sur le régime de vagues et sur le transport hydrosédimentaire, entraînant possiblement une augmentation des forces érosives sollicitant les berges (Bray et coll. 1997).

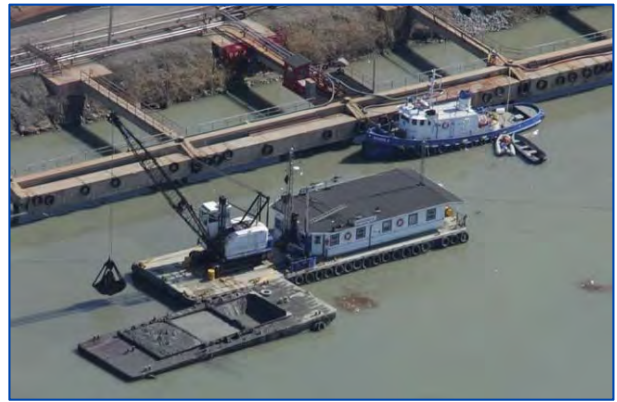
Plusieurs types d'équipement sont disponibles pour réaliser des travaux de dragage. Les trois principales classes de drague sont les équipements mécaniques, hydrauliques et les dragues spéciales (Environnement Canada 1992; Bray et coll. 1997; Dean 2002). Parmi ces catégories, il existe plusieurs variantes concernant les équipements connexes pour prélever et acheminer les matériaux jusqu'à la rive.

LES DRAGUES MÉCANIQUES

Les dragues mécaniques (Figure 3-7) sont conçues aussi bien pour les matériaux durs que meubles. Une force mécanique est appliquée sur le fond pour extraire les sédiments. Leur grand avantage est de ne pas désagréger les matériaux, leur permettant de conserver leur densité et réduisant la quantité d'eau transportée. Les équipements requis sont facilement disponibles et peuvent consister en une excavatrice posée sur une barge (drague rétrocaveuse). Ils peuvent également inclure les dragues à cuillère, ainsi qu'à benne preneuse; cette dernière étant plus fréquente au Québec. En contrepartie, les dragues mécaniques ont un plus faible rendement que les dragues hydrauliques ou spéciales, lequel décroît avec la profondeur d'eau. Des barges ou chalands sont également requis pour le transport des sédiments dragués jusqu'à la plage. Lorsque les sédiments sont fins et non cohésifs, la séquence de dragage, soit la pénétration mécanique du godet ou de la benne dans le fond et la lente remontée vers la surface, engendre une importante mise en suspension des particules.



(a)



(b)

Figure 3-7. Exemples de dragues mécaniques : (a) Drague rétrocaveuse (source : ECPlaza [www.ecplaza.net]); (b) Drague à benne preneuse (source : Groupe Océan [www.groupeocean.com])

LES DRAGUES HYDRAULIQUES

Les dragues hydrauliques fonctionnent en agitant les sédiments marins pour créer un mélange pouvant être pompé vers un réservoir situé sur la drague ou sur une barge, ou directement vers le site de recharge. Ce type de machinerie est idéal pour le prélèvement de matériaux granulaires fins, dans des eaux de profondeurs intermédiaires. Elle est cependant moins appropriée pour les matériaux rocheux ou très grossiers.

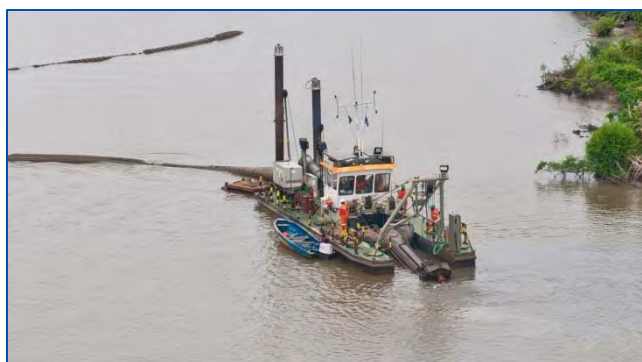
L'agitation peut être effectuée par l'injection de jets d'eau dans les sédiments à proximité du bec d'élinde (entrée de la conduite d'aspiration) ou par action mécanique à l'aide d'un désagrégateur lorsque la cohésion des matériaux est plus importante. Les avantages de cette technique incluent un rendement relativement élevé, un transport plus efficace et une plus faible mise en suspension des sédiments qu'avec une drague mécanique. La machinerie utilisée est cependant moins conventionnelle et plus complexe à opérer. D'autre part, la nature même du système de prélèvement provoque une dilution des matériaux et augmente la fraction d'eau transportée.

Les matériaux sont acheminés vers la rive par pompage via un système de conduites flottantes ou encore à partir d'une barge ou de la drague elle-même. La Figure 3-8 présente un exemple de drague suceuse autoportée, un équipement très rare dans l'est du Canada (une seule), et de drague désagrégatrice, également peu commune. Les équipements hydrauliques disponibles au Québec, utilisés par exemple pour

l'entretien de marina, sont plutôt similaires à ceux présentés à la Figure 3-9. Il est également possible que des entrepreneurs puissent élaborer des systèmes faits sur mesure pour accommoder de petits volumes.



(a)



(b)

Figure 3-8. Exemples de dragues hydrauliques : (a) Drague suceuse autoportée (source : The Art of Dredging [www.theartofdredging.com]); (b) Drague désagrégatrice avec système de conduites (source : Churchill Marine Services [www.churchillmarineservices.com])



Figure 3-9. Exemple de petit dragage à succion et à pelle hydraulique de type grenouille, avec système de conduites (source : ECO Technologies [www.ecotec.ca])

LES DRAGUES SPÉCIALES

Le développement des systèmes de dragage est en constante évolution afin de répondre aux conditions particulières de certains projets. Les enjeux régulièrement évoqués sont la profondeur à laquelle se trouvent les matériaux, les entraves à la navigation et l'espace de travail disponible, les caractéristiques particulières des sédiments prélevés et la complexité des systèmes d'opération (risques de blocage). La machinerie demeure néanmoins complexe et rare, est généralement expérimentale et est développée dans des contextes très différents des besoins de dragage au lac Saint-Jean (volumes relativement petits, bancs d'emprunt et zones de plages relativement étroites, etc.).

3.1.5 TRAITEMENT DES MATÉRIAUX

Les matériaux utilisés pour les rechargements de plages doivent respecter les fuseaux granulométriques et les critères d'esthétisme des lieux environnants afin de reproduire autant que possible les conditions naturelles de la plage. Dans le cas des bancs d'emprunt en milieu terrestre, différents traitements peuvent être réalisés sur place avant de les acheminer au site d'intervention. Le tamisage est une technique efficace pour contrôler la qualité granulométrique des matériaux de recharge. Cette approche utilise une succession de grilles ayant des ouvertures progressivement plus fines afin d'exclure les particules trop grossières et trop fines du mélange. Certaines classes granulométriques peuvent également être séparées afin d'ajuster les proportions du mélange final.

Lorsque les bancs d'emprunt possèdent une quantité importante de sédiments fins et cohésifs, le tamisage à lui seul peut ne pas suffire comme traitement pour réduire la teneur en particules fines du mélange. Des proportions importantes de particules fines peuvent mener à une plus forte turbidité le long de la plage ainsi qu'à une compaction du remblai de recharge. La compaction rend le remblai plus dur, ce qui provoque la formation d'escarpement plutôt qu'un profil de plage de pente régulière. Un lavage des matériaux peut alors être effectué. Cette approche utilise des jets d'eau pour rincer les granulats et éliminer les sédiments fins. Selon la quantité de matériaux fins contenus dans le mélange initial, plus d'un lavage peut être requis. Évidemment, cette technique exige plus de machinerie et de temps d'opération pour effectuer le traitement des matériaux, ce qui peut faire augmenter de façon significative le coût unitaire d'approvisionnement. D'autre part, l'efficacité de cette méthode dépend généralement des conditions météorologiques. Par exemple, en présence de températures trop froides, l'équipement peut geler et les sédiments humides peuvent s'agglomérer ensemble.

Le tamisage et le lavage demeurent des techniques de traitement de premier choix pour l'approvisionnement à partir de bancs d'emprunt terrestres, où les exploitants de carrières disposent habituellement de l'espace requis pour mobiliser l'équipement et pour entreposer les matériaux traités. Dans le cas des autres sources d'approvisionnement (reprofilage de plage et dragage à partir de dépôts lacustres), ces techniques sont plus difficiles à mettre en œuvre. Le contrôle de la qualité des sédiments repose alors sur une caractérisation plus exhaustive de la granulométrie des matériaux in situ et une sélection plus rigoureuse des zones de prélèvements, ainsi qu'un décompactage des matériaux de recharge, au besoin.

Dans l'éventualité où le coût de traitement des matériaux est trop élevé, une alternative pour contrôler la compaction des sédiments déposés sur les plages prévoit l'utilisation de machinerie de décompactage (Figure 3-10). Une fois la recharge complétée, un équipement spécialisé est employé pour remuer la couche de surface de la plage et désagréger les matériaux agglomérés. Cette technique nécessite toutefois l'absence d'obstacles enfouis (drains, câbles, empierrement, etc.). D'autre part, il s'agit principalement d'une méthode d'entretien qui ne change pas la nature des matériaux. Les particules fines demeurent dans les matériaux de recharge, qui risquent de se compacter à nouveau au fil du temps, selon l'utilisation de la plage et les sollicitations exercées par les vagues. Un passage récurrent de la machinerie est donc à prévoir.



Figure 3-10. Exemple de machinerie de décompactage (source : Santiva Chronicle [www.santivachronicle.com])

3.2 ÉPIS

3.2.1 CONCEPT

Lorsque les conditions hydrosédimentaires sont sévères et que les rechargements requis pour maintenir la largeur de plage et protéger la côte sont trop fréquents, des structures de rétention, par exemple les épis et les brise-lames, peuvent être aménagées pour favoriser le maintien du sable le long des secteurs à protéger.

Les épis sont des structures attachées à la rive et généralement disposées de façon perpendiculaire au trait de côte. Leur principale fonction étant d'emprisonner le sable, ils sont souvent construits en groupe (champ d'épis). Cette configuration permet de créer un amoncellement de sable à l'intérieur des compartiments formés entre les structures, ce qui stabilise la plage et minimise la perte de sable. La conception adéquate du champ d'épis devrait permettre d'obtenir une largeur minimale de plage requise pour résister aux tempêtes, tout en s'assurant de maintenir la dérive littorale à l'aval des structures. Il est important de noter que ces structures fixes mènent à la formation d'un nouveau trait de plage en équilibre avec les points de diffraction des vagues sur les structures. La position des structures par rapport à l'angle d'attaque des vagues est donc un paramètre important pour prédire le comportement d'un système d'épis.

Les épis sont particulièrement efficaces lorsque le transport sédimentaire longitudinal est important et est dominant dans une direction. Les épis permettent alors de réduire l'étalement des matériaux rechargés et favorisent la formation de géométrie de plage plus stable. Ces structures devraient être utilisées avec précaution lorsque le transport perpendiculaire à la rive est important ou lorsque le plan d'eau est caractérisé par d'importantes et fréquentes variations de niveau d'eau. Dans ce dernier cas, le transport au large des structures est possible lorsque les niveaux d'eau sont bas, alors que si la structure est submergée, les sédiments peuvent transiter par-dessus les ouvrages.

L'aménagement d'épis interrompt la dérive littorale, qui redevient effective seulement lorsque la plage est suffisamment large et atteint un nouvel équilibre. La coupure des apports en sédiments peut alors mener à l'érosion de la côte à l'aval du champ d'épis, en particulier si la dérive littorale y demeure importante. Pour cette raison, la bonne pratique prévoit une recharge de plage dès la construction des structures afin de remplir le système d'épis et de permettre au sable de continuer de transiter.

Malgré cette pratique, le champ d'épis amène généralement une diminution du transport sédimentaire et crée un déficit sédimentaire à l'aval du système, en particulier si la dérive littorale y est importante. De plus, la dérive littorale peut être détournée de manière importante vers le large, rendant difficile le retour des sédiments vers la rive. Pour ces raisons, il est recommandé d'étendre le système d'épis jusqu'à une zone où le transport hydrosédimentaire net est nul (transport équivalant dans les deux directions).

Le dimensionnement d'un champ d'épis est complexe étant donné le nombre élevé de paramètres qui influencent le comportement des épis (Tableau 3-2). Afin de maximiser les chances de succès d'une intervention comportant des épis, il est donc recommandé de procéder à des modélisations afin de mieux comprendre l'évolution potentielle de la plage et du trait de côte en conditions de tempêtes et sur plusieurs années.

Tableau 3-2. Principaux paramètres qui influencent la réponse des plages et le transport littoral à proximité des épis (USACE 2008)

ÉPIS	PLAGE ET SÉDIMENTS	VAGUES, VENT ET MARÉE
Longueur	Profondeur à l'extrémité de l'épi	Hauteur des vagues et fluctuation
Élévation	Profondeur de fermeture	Période des vagues et fluctuation
Porosité	Disponibilité de sédiments	Angle des vagues et fluctuation
Configuration (rectiligne, T, L, etc.)	Taille moyenne des grains et variation	Marnage
Orientation par rapport au trait de côte	Densité des sédiments	Vitesse du vent et fluctuation
Espacement	--	Direction du vent et fluctuation
Transition	--	Durée du vent et fluctuation

Note : Deux paramètres qui influencent l'efficacité des épis sont le ratio de transport longitudinal net et brut, ainsi que la présence, position et nombre de barres infralittorales.

Afin de réduire l'érosion à l'aval des champs d'épis, une transition doit être aménagée avec la berge, telle que présentée à la Figure 3-11. D'ordre général, un angle d'environ 6° doit être respecté. Ces paramètres doivent être confirmés selon les particularités du site étudié, par exemple par l'emploi de la modélisation.

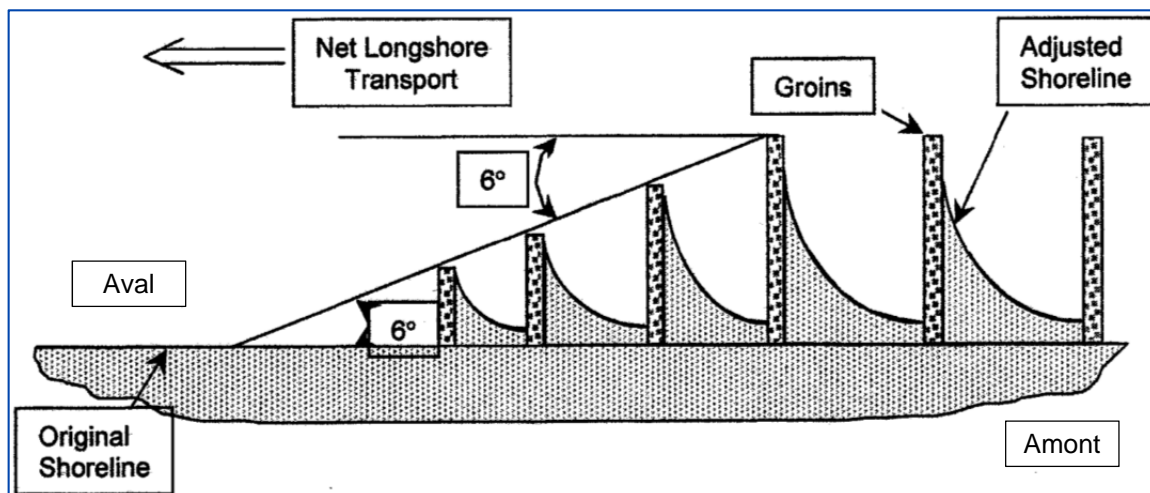


Figure 3-11. Transition type entre un champ d'épis et la berge (USACE 2008)

3.2.2 VARIANTES D'AMÉNAGEMENT

ÉPIS CONVENTIONNELS

Les épis les plus fréquemment aménagés sont de type « conventionnels » (Figure 3-12). Ces structures prennent une forme linéaire, en L ou en T. Ce sont généralement des ouvrages relativement longs et immergés, conçus de manière à freiner la dérive littorale des sédiments et confiner au maximum les matériaux de recharge entre les structures.

Les matériaux de construction les plus répandus sont la pierre ou le béton (dolos, blocs de béton de forme variable), mais peuvent également inclure les palplanches ou le bois. Des tabliers en bois ou en béton peuvent parfois être aménagés sur la crête des ouvrages afin de faciliter l'accès pour le public. Les épis en pierres et en dolos sont généralement considérés perméables, du moins en partie. La perméabilité des épis favorise la migration d'une partie des sédiments le long de la plage et réduit les risques de formation de courants de retour le long des épis lors de tempêtes, ce qui peut faire en sorte de chasser les sédiments vers le large.

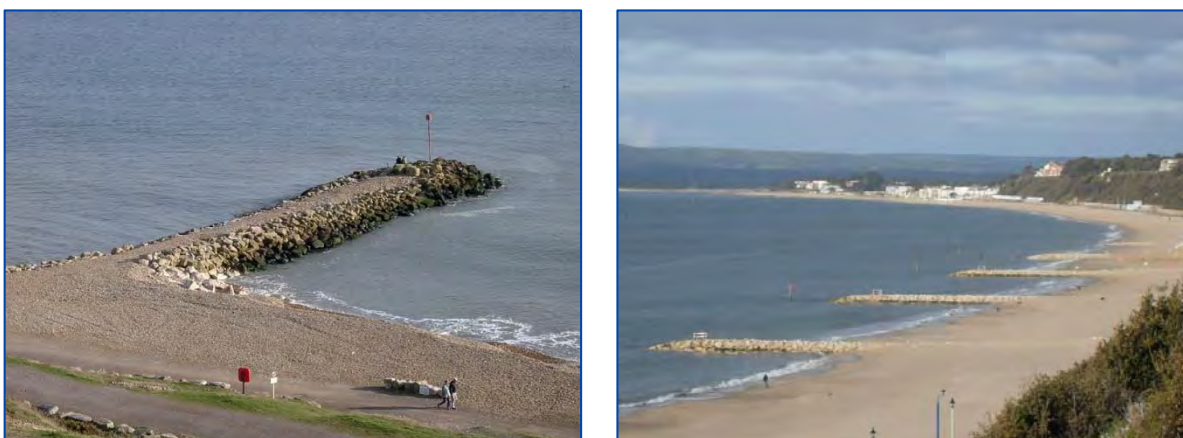


Figure 3-12. Exemple d'épis conventionnels (source : The Geography Department [www.stacey.peak-media.co.uk] et Standing Conference on Problems Associated with the Coastline [www.scopac.org.uk/rock-groynes])

ÉPIS PERMÉABLES

Pour favoriser le transport des sédiments malgré la présence de structures, uniformiser le trait de côte et réduire le risque de formation de courant de retour le long des épis, il est possible de concevoir des ouvertures dans les épis. Elles doivent être localisées dans la zone longeant la berme de la plage (*swash zone*) plutôt que dans la zone de déferlement (*surf zone*). Des structures prenant la forme de murs perméables ont notamment été développées afin de permettre un transport contrôlé des matériaux le long du champ d'épis. La Figure 3-13 présente une technique développée pour augmenter la perméabilité des épis.



Figure 3-13. Exemple d'un épi perméable (pieux de bois reliés par une membrane, Île Saint-Quentin, Québec)

ÉPIS COURTS ET EN ÉVENTAIL

Les épis courts et en forme d'éventail (Figure 3-14) permettent de favoriser une plus grande transmission de sédiments vers le côté aval des structures. Ces types d'ouvrages sont constitués d'un tronc relativement court et peuvent prendre une forme linéaire, en L ou en T. Les épis en éventail possèdent quant à eux un musoir très large et arrondi, donnant à l'ouvrage sa forme caractéristique.

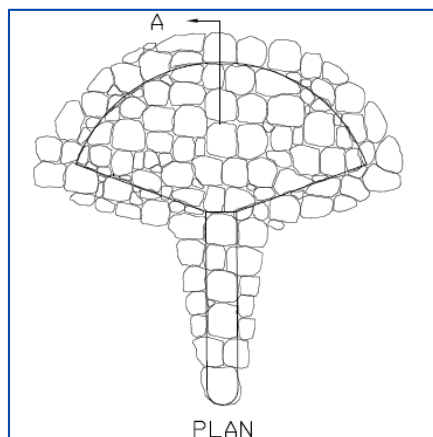


Figure 3-14. Exemple d'un épi en éventail aménagé au lac Saint-Jean – secteur Parc national de la Pointe-Taillon (ALCAN 2007)

ÉPIS SUBMERGÉS

Les épis submergés sont parfois utilisés afin de réduire la dérive littorale, toutefois sans la bloquer complètement. Différents matériaux peuvent être utilisés pour aménager ces structures, mais les plus fréquents sont la pierre et les géotubes. Un système d'épis en géotubes, tel que celui proposé par Holmberg Technologies (1999), prévoit la mise en place de membranes géotextiles remplies de sable ou

de béton sur le fond marin, à un angle perpendiculaire au trait de côte. L'extrémité au large demeure submergée. Parfois, un tube additionnel peut être placé perpendiculairement à l'extrémité, de manière à former une structure en L ou en T.

Cette technique permet de rehausser le niveau du fond, en retenant une partie des sédiments transportés par les courants littoraux, ce qui aide à dissiper l'énergie des vagues pendant les tempêtes. Les structures n'interceptent cependant pas tous les sédiments transportés, permettant de maintenir l'alimentation des secteurs situés en aval. La Figure 3-15 présente un croquis de ce type d'ouvrage.

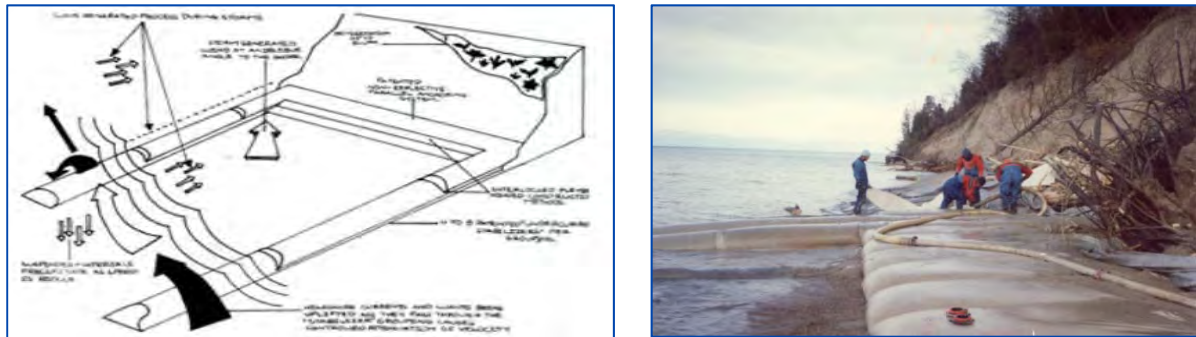


Figure 3-15. Exemple d'un épi en géotube (Holmberg Technologies Inc.)

Plus la profondeur d'eau est grande au-dessus de ces structures, plus il est difficile d'anticiper l'efficacité des ouvrages, puisque les vagues et les courants sont plus susceptibles de transporter les charges sédimentaires par-dessus les aménagements.

SYSTÈME D'ÉPIS MALTAIS-SAVARD

Le système d'épis Maltais-Savard (UQAR 2001) préconise, quant à lui, l'utilisation de matériaux naturels et biodégradables pour la construction des ouvrages. Ce système est constitué de pieux de bois plantés dans le sable, formant ainsi des cages dans lesquelles sont disposées, puis imbriquées, des têtes d'épinettes. Les structures semi-perméables permettent de retenir une partie des sédiments transportés par les courants littoraux. La Figure 3-16 présente un exemple de ce type d'aménagement. Ce système, employé à titre de projet pilote sur la Côte-Nord, ne semble pas avoir donné des résultats prometteurs, tant au niveau de son efficacité que de sa durabilité. Aucun système de ce type n'a d'ailleurs été construit depuis.

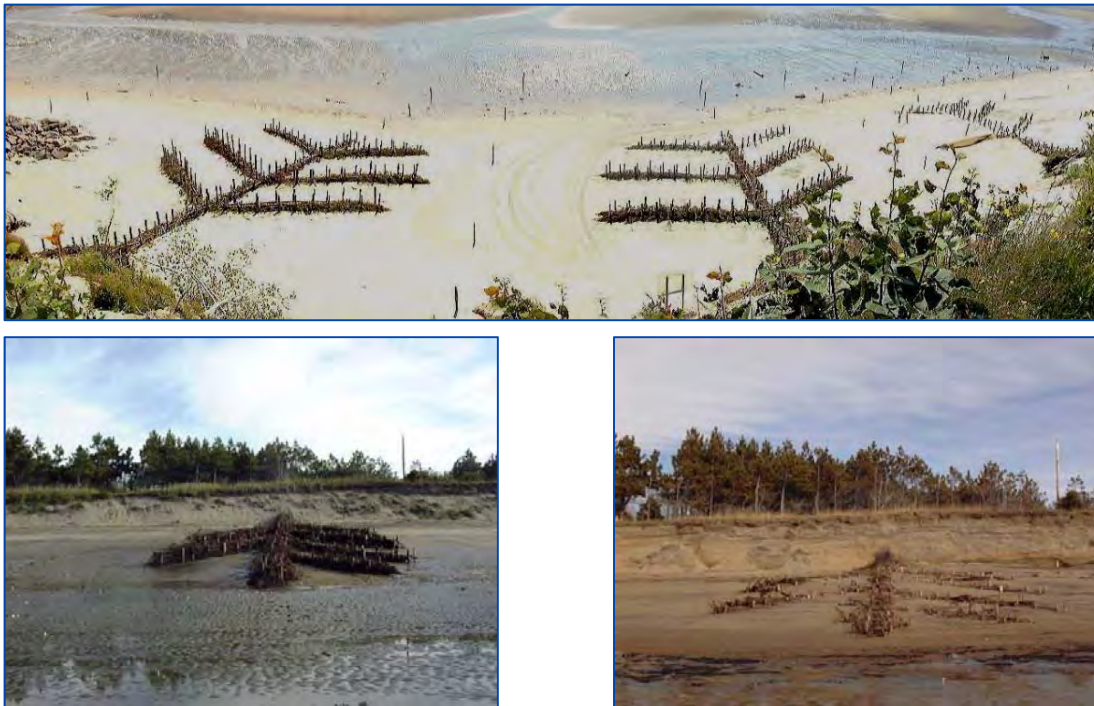


Figure 3-16. Système d'épis Maltais-Savard (Comité ZIP de la rive nord de l'Estuaire)

3.3 BRISE-LAMES

3.3.1 CONCEPT

Les brise-lames sont des structures aménagées parallèlement à la ligne de rivage afin de retenir les sédiments et de bloquer en partie l'énergie des vagues qui atteint la plage. Ils peuvent émerger ou non de l'eau, être attachés ou détachés de la rive et sont habituellement érigés au large de la zone de déferlement des vagues. Leurs largeurs, longueurs et espacements sont fixés de sorte à obtenir des géométries de plage plus ou moins bien définies. Les brise-lames détachés visent à diminuer l'énergie des vagues et l'intensité de la dérive littorale, ce qui favorise le dépôt de sédiments entre la rive et la structure. C'est cette accrétion qui permet une stabilisation des plages et de la ligne de rivage derrière les structures. La conception de ce type d'ouvrage mène souvent à considérer une série de brise-lames détachés suivant la longueur de rive à protéger.

L'utilisation de brise-lames à proximité de la berge a pour objectifs :

- d'augmenter la durée des recharges de plage;
- de protéger les berges des dommages potentiels causés par les tempêtes;
- de créer une large plage utilisable aux fins récréatives;
- de créer ou de stabiliser des zones humides.

Tout comme pour les épis, les bonnes pratiques de conception prévoient une recharge de plage significative dès la construction des brise-lames afin de compenser la perturbation de la dynamique sédimentaire. En effet, selon la configuration du champ de brise-lames, des accumulations plus ou moins

importantes de sable entre la rive et la structure se formeront. Selon le climat de vagues, la disponibilité de sédiments, la longueur et l'espacement des structures et leur distance de la berge, différentes géométries peuvent se former. On parle de « salient » lorsque le dépôt n'atteint pas le brise-lame et que le transport sédimentaire est maintenu en partie derrière les structures. Au contraire, on parle de « tombolo » lorsque le dépôt rejoint la structure et que les eaux ne peuvent plus circuler derrière la structure. La Figure 3-17 présente un exemple de chaque phénomène.

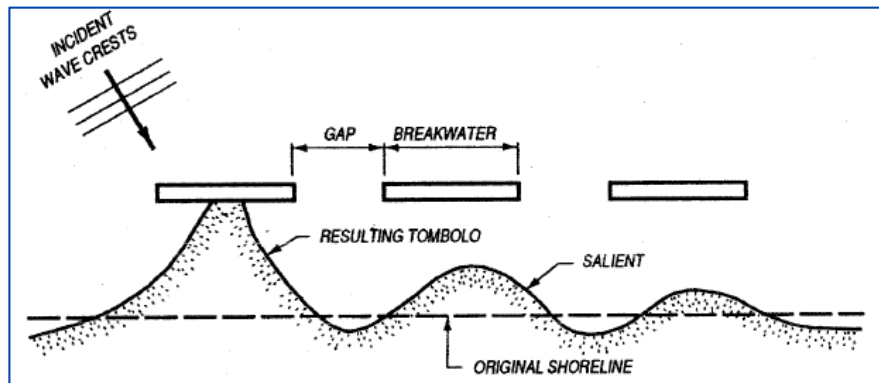


Figure 3-17. Exemple d'un « tombolo » et d'un « salient » (USACE 2008)

Le débordement des vagues au-dessus des brise-lames (*overtopping*) favorise la transmission d'une énergie résiduelle des vagues vers la côte. L'élévation de la structure et la perméabilité des matériaux de construction influenceront la quantité d'énergie dissipée au travers des structures et conséquemment la géométrie et l'évolution des berges.

La mise en place d'un champ de brise-lames mène généralement à une diminution du transport sédimentaire et crée un déficit sédimentaire à l'aval du système, en particulier si la dérive littorale y est importante. Pour cette raison, et comme pour les épis, il est recommandé d'étendre le système d'épis jusqu'à une zone où le transport hydrosédimentaire net est nul (transport équivalant dans les deux directions) et d'alimenter les zones adjacentes aux brise-lames.

Une analyse technique est nécessaire afin de déterminer les valeurs optimales de longueur des unités, des distances entre chacune d'elle et par rapport à la rive. Enfin, de manière générale, le volume de sable requis pour former les avancées de plage derrière des brise-lames est nettement plus important que pour remplir un champ d'épis de même longueur.

3.3.2 VARIANTES D'AMÉNAGEMENT

BRISE-LAMES CONVENTIONNELS

Les brise-lames conventionnels (Figure 3-18) sont généralement construits en pierre, dont le calibre varie en fonction du niveau de sollicitation des vagues. L'utilisation de ce matériau est souvent avantageuse financièrement étant donné la disponibilité des pierres et de l'équipement de construction requis. Les dolos sont aussi parfois envisagés comme matériau de remplacement lorsque des unités de très gros tonnage sont requises.



Figure 3-18. Exemple de brise-lames détachés conventionnels (source : ImgBuddy [www.imgbuddy.com]).

BRISE-LAMES EN GÉOTUBES

L'installation de structures en géotubes (Figure 3-19) est parfois plus rapide et moins dispendieuse que l'utilisation de pierres. D'autre part, ces structures sont également faciles à démanteler. Il est toutefois important que des tabliers anti-affouillement soient incorporés dans les aménagements avec géotubes afin de fournir un support et limiter l'affaissement des structures, particulièrement lorsque la capacité portante des sols est faible. Un suivi doit être effectué sur une base régulière pour s'assurer de l'intégrité des membranes.



Figure 3-19. Exemple de brise-lames en géotube (TenCate 2013)

BRISE-LAMES SUBMÉRÉS

Le brise-lame submergé, aussi appelé « récif artificiel », agit comme digue de prédéferlement. Différents manufacturiers proposent des unités aux formes et aux matériaux différents (Figure 3-20), dont certains permettent une cohabitation avec la faune aquatique. Parmi les comportements non souhaités pouvant survenir, notons l'apparition de tranchées d'affouillement, principalement entre les ouvrages et la berge ainsi que l'enfouissement ou l'ensablement des structures (USACE 2008; Stauble et Tabar 2003). L'enfouissement varie en fonction du matériau de la fondation et peut être mitigé par l'utilisation de matelas en géotextile.

La hauteur d'eau au-dessus des brise-lames est le paramètre principal pour analyser l'atténuation des vagues. La conception doit prendre en compte les niveaux d'eau d'automne, période où les tempêtes d'importance sont les plus susceptibles. En contrepartie, une structure trop rapprochée de la surface peut induire des modifications locales aux courants et à la dynamique sédimentaire. La revue effectuée par Stauble et Tabar (2003) sur l'influence de six brise-lames enfouis sur le trait de côte révèle qu'il est difficile de tirer des conclusions générales sans tenir compte des spécificités propres à chaque site.

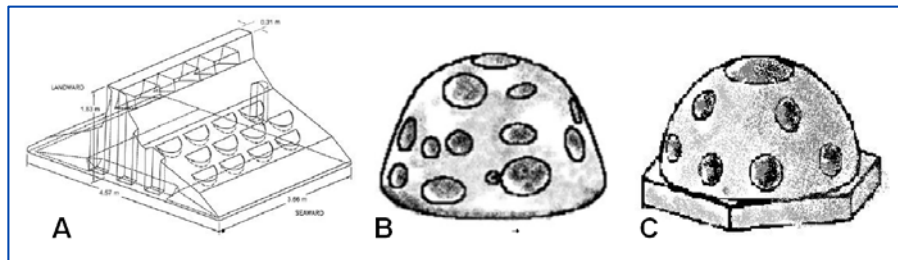


Figure 3-20. Différents types d'unités utilisées comme brise-lames submergés : A) P.E.P. Reef System (Pre-fabricated Erosion Prevention); B) Reef Ball TM 3) Turtle Blocks II

BRISE-LAMES FLOTTANTS

Les brise-lames flottants sont généralement efficaces dans les zones où le climat de vagues est faible à modéré. Leur fonctionnement est adéquat lorsque leur largeur est inférieure ou équivalente à la moitié de la longueur d'onde des vagues (Ruol 2013). Bien que majoritairement utilisés pour protéger les marinas ou les ports, ils sont occasionnellement mis en place pour protéger les berges de l'érosion. Ils sont particulièrement appréciés dans les cas suivants :

- impact visuel moindre lorsque variations importantes du niveau d'eau;
- la création de zones hétérogènes sur le fond marin n'est pas souhaitée (circulation de l'eau et de la faune aquatique);
- les sols en place ne permettent pas l'installation d'un brise-lames conventionnel;
- la profondeur d'eau excède 6 m;
- aucun empiètement sur le fond marin.

Ces structures ont cependant les inconvénients ci-dessous :

- doivent habituellement être retirés et entreposés durant l'hiver pour éviter tout dommage (bien que les unités flottantes peuvent parfois être gardées en place selon les emplacements et conditions hivernales);
- moins aptes à atténuer l'énergie de fortes vagues.

Il existe plusieurs types de brise-lames flottants, variant de caissons en bois ou en béton (végétalisés ou non) jusqu'à des chaînes de bouées avec des éléments de formes complexes. La Figure 3-21 présente quelques exemples recensés.

Finalement, bien que certains modèles particuliers d'estacades à débris ou pour la glace, utilisés sur les réservoirs hydroélectriques, sont semblables aux brise-lames flottants, ils n'ont pas été explicitement conçus pour atténuer les vagues et leur utilisation serait probablement une entreprise hasardeuse.

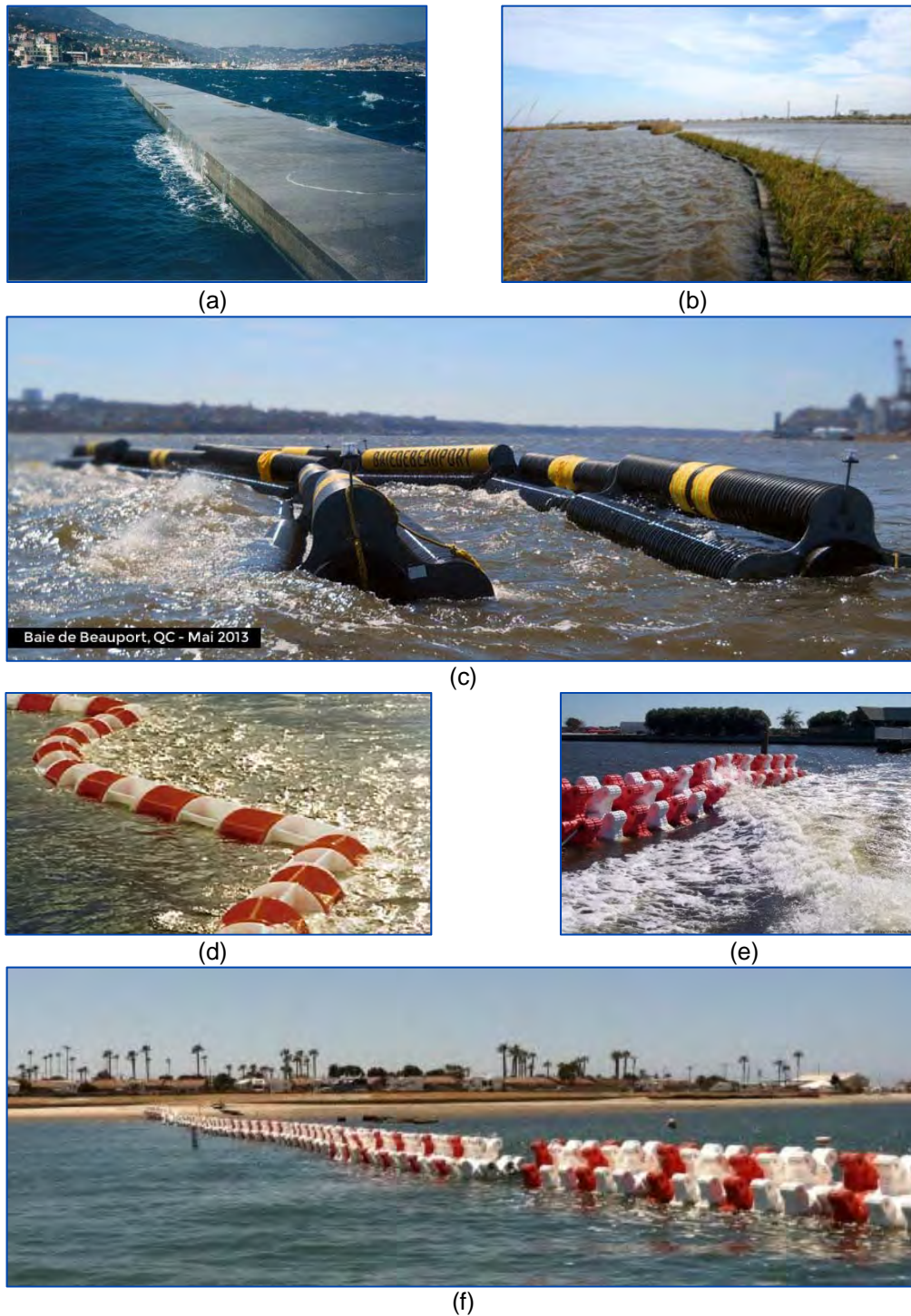


Figure 3-21. Exemples de brise-lames flottants : (a) Type caisson; (b) Type caisson végétalisé; (c) Type Narval; (d) Type « WaveEater »; (e) et (f) Type « WhisprWave »

3.4 PLAGES PERCHÉES

3.4.1 CONCEPT

Le principe de plage perchée (suspendue) consiste à effectuer une recharge de plage et à retenir le sable dans la portion supérieure du profil de la plage via la mise en place d'une structure d'appui située plus bas dans le profil de plage (Figure 3-22). Cette structure vient en quelque sorte bloquer le transport perpendiculaire à la plage, ce qui permet d'obtenir une plage plus large aux endroits où celle-ci est étroite ou abaissée, le plus souvent où la ligne de rivage est fixe.

Contrairement à un profil de plage classique où le sable est libre d'être transporté sur tout le profil jusqu'au large, le transport transversal, dans le cas d'une plage perchée, est irréversible lorsque le sable est transporté au-delà de la structure d'appui. Cette quantité de sable, qui risque d'être transportée au large principalement en conditions de tempêtes, constitue une perte nette. Le rehaussement de la crête de la structure de retenue n'est pas recommandé pour minimiser cette perte de sable afin de ne pas générer d'autres problèmes tels de forts courants ou un risque accru d'affouillement au pied de la structure d'appui.

Tout comme une recharge de plage classique, ce type d'aménagement requiert la disponibilité des matériaux de recharge dont la courbe granulométrique doit habituellement être équivalente aux matériaux déjà en place.

Une étude de faisabilité sur le concept de plage perchée a été conduite aux Pays-Bas, où il a été démontré que cette alternative engendre des coûts similaires à une série de recharges classiques, sur une durée de 30-40 ans (USACE 2008).

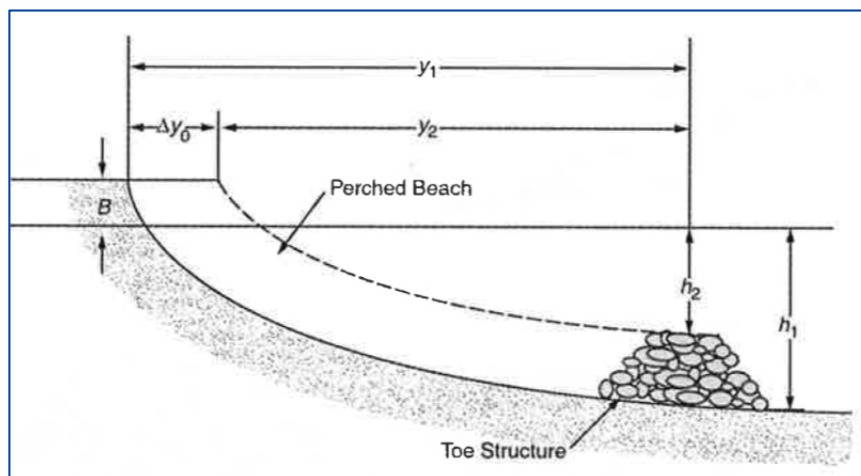


Figure 3-22. Coupe type d'une plage perchée (Dean & Dalrymple 2002)

3.5 PROTECTIONS ENFOUIES ET SOUTÈNEMENT DES TALUS

3.5.1 CONCEPT

Une alternative à jumeler les recharges de plages à des techniques plus dures permettant de fixer la ligne de rivage consiste à enfouir les aménagements de protection sous la plage, au pied de la dune ou sous la dune. Cette approche évite de nuire à l'esthétisme et l'attrait récréatif des lieux. Après l'occurrence d'une tempête ayant causé une érosion importante de la plage, les structures enfouies continuent d'assurer la protection des berges en attendant la réhabilitation et la recharge du site. Les mesures de protection utilisées incluent les perrés et les murs de soutènement.

Il est important de noter que cette technique ne permet pas d'influencer la rétention des matériaux granulaires sur la plage. Elle agit uniquement comme dernier rempart pour protéger les berges et les infrastructures qui s'y trouvent en cas d'érosion subite et sévère.

3.5.2 VARIANTES D'AMÉNAGEMENT

Les variantes potentielles liées à cette technique s'orientent principalement vers les types de matériaux utilisés pour les protections enfouies ou les murs de soutènement (Figure 3-23). Il existe plusieurs alternatives, telles que les perrés de support, les géotubes et les géosacs, les matelas marins et les gabions, les murs de soutènement (végétalisés ou non), les membranes géoweb, ainsi que les enveloppes en fibres de coco. Il est à noter que les fibres de coco demeurent néanmoins biodégradables. Une fois leur durée de vie terminée, leur contenu est sujet à se répandre sur les plages. Une attention particulière doit donc être portée au matériau de remplissage qui doit être compatible avec les sédiments du secteur.



(a)



(b)



(c)



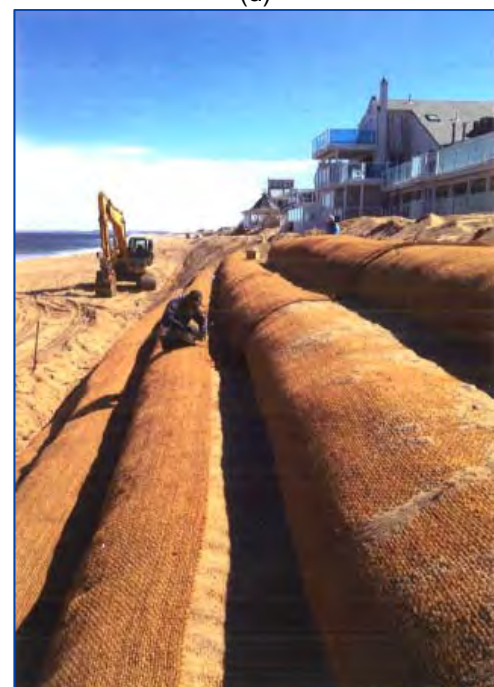
(d)



(e)



(f)



(g)

Figure 3-23. Exemples de protections enfouies : (a) Perré de support; (b) Géotube; (c) Géosacs; (d) Matelas marins/gabions; (e) Murs de soutènement; (f) Membranes géoweb; (g) Enveloppes en fibres de coco

3.6 DRAINAGE DE PLAGE

3.6.1 CONCEPT

Cette technique, qui consiste à abattre la nappe phréatique localement sous la plage parallèlement à la ligne de rivage (Figure 3-24), a été découverte au Danemark au début des années 1980. Le pompage en continu de la nappe phréatique favorise l'accrétion au-dessus de la zone drainée. Ces conditions augmentent la fraction de l'eau des vagues évacuée par percolation plutôt que par ruissellement le long de la plage, ce qui limite la perte de sédiments. Aussi, le fait que la surface de la plage soit maintenue dans des conditions non saturées limite la mise en suspension des grains de sable et augmente la friction entre les particules. Le sable mis en suspension dans la zone inférieure de déferlement est propulsé dans les zones médianes et supérieures, où il a davantage tendance à être déposé.

Selon ShoreGro (shoregro.com), la réussite de cette technique dépend grandement de la perméabilité du sable, qui doit être suffisante pour permettre le drainage de la plage. Les autres paramètres devant être analysés lors de l'évaluation de la faisabilité sont le climat de vagues, les variations du niveau d'eau, la pente de la plage, le profil bathymétrique le long de la côte ainsi que le transport littoral. Selon Lambert et coll. (2005), lorsqu'un système est en place, l'influence sur le niveau de la nappe dépend majoritairement de la période des vagues, plutôt que de leur hauteur.

Le CEM (2008) mentionne toutefois qu'un suivi indépendant et à long terme est nécessaire pour documenter davantage la performance de cette technique. Ce système pourrait être utilisé conjointement aux recharges dans le but d'augmenter la durée de ceux-ci.

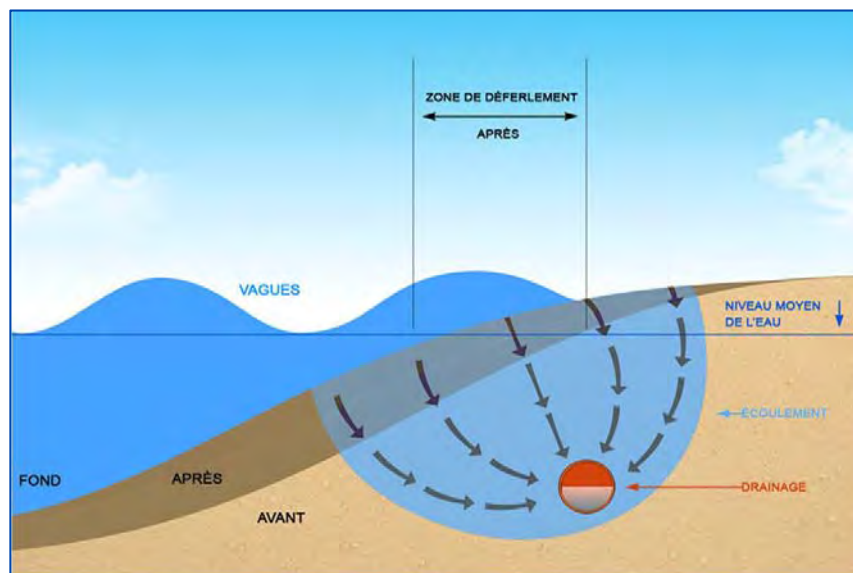


Figure 3-24. Concept de drainage de plage (source : Jean-François Rapin [www.jeanfrancoisrapin.com])

3.7 STABILISATION DUNAIRE

3.7.1 CONCEPT

La stabilisation dunaire est une approche servant principalement pour la protection contre le transport éolien. Les techniques développées visent la stabilisation des matériaux granulaires en haut de plage par la plantation de végétaux et la création d'une matrice racinaire, ou l'aménagement de structures permettant le dépôt des sédiments soulevés sur leur versant aval.

3.7.2 VARIANTES D'AMÉNAGEMENT

PLANTATION DE VÉGÉTAUX

Les végétaux peuvent être plantés de manière à couvrir l'étendue du site d'intervention (Figure 3-25), ou en rangée, perpendiculaires à la direction des vents dominants (Figure 3-26). Principalement réservées pour les sites à faible énergie et dont la pente de la berme varie entre faible et moyenne, les plantes s'implanteront seulement si les échanges sédimentaires sont très faibles ou inexistant. Usuellement, quelques plantes sont déjà présentes naturellement sur les sites favorables à cette technique.

À terme, l'obtention d'une végétation riveraine dense limite la perte sédimentaire lors de périodes de tempêtes. Les plantes demeurent toutefois vulnérables dans leur phase de croissance; un suivi et de l'entretien doivent être prévus durant cette période.



Figure 3-25. Plantation aménagée sur le haut de plage

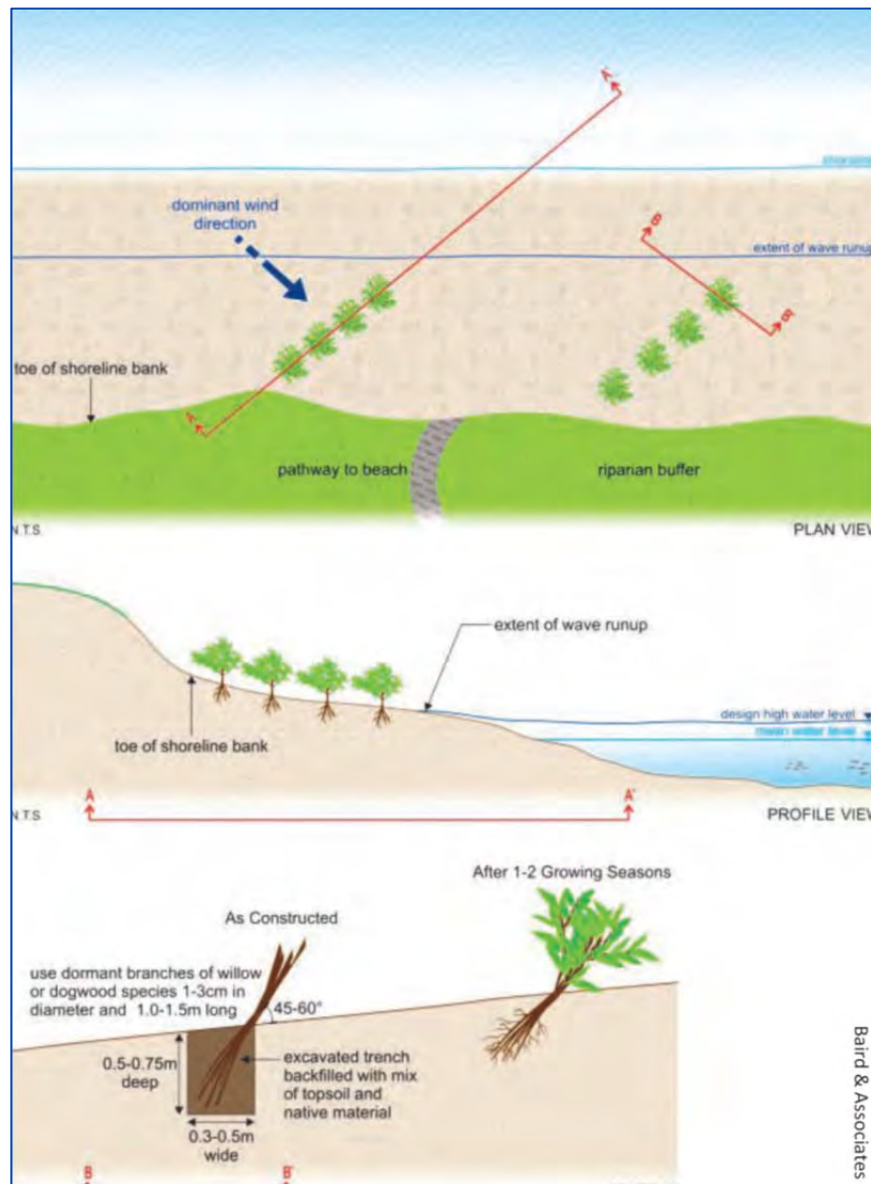


Figure 3-26. Plantation perpendiculaire à la direction des vents dominants – Live Siltation (OMNR 2014)

GANIVELLES

Les ganivelles (Figure 3-27) sont des barrières faites de lattes de bois disposées verticalement et liées ensemble avec du fil de fer. Ces structures perturbent les lignes de courants du vent, provoquant ainsi de la turbulence et menant au dépôt des sédiments mis en suspension du côté sous le vent des barrières.



Figure 3-27. Exemples de ganivelles

SYSTÈME ROLODUNE

Le système *Rolodune* (Figure 3-28), développé par Consultant Laurie Gauthier enr. (2014), consiste à ancrer à la plage, à l'aide de dalles de béton et de sangles, des tuyaux ondulés de PEHD (longueur 6 m, diamètre 750 mm) disposés en zigzag. Les tuyaux sont perforés, ce qui laisse entrer l'eau et diminue l'impact des vagues, en plus de permettre leur ensablement. La forme ronde permet à la vague de dévier sur la partie supérieure du tuyau, laissant derrière celui-ci sable et autres résidus.

Des sapins positionnés dans les tuyaux absorbent le martèlement des vagues et aident à la rétention du sable. Les sapins couchés parallèlement devant les tuyaux amortissent l'énergie des vagues et servent d'épis favorisant l'ensablement. Ceux positionnés à la base des talus sont voués à retenir les parcelles de talus érodés et favoriser l'implantation de la végétation.

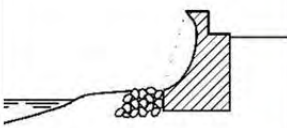
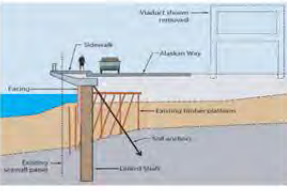





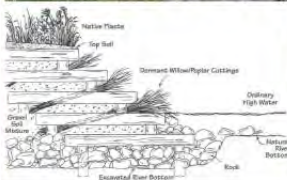
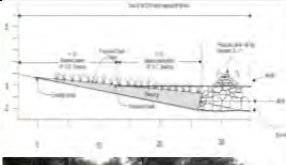




Figure 3-28. Schéma du système *Rolodune* (Consultant Laurie Gauthier enr. 2014)

4 TECHNIQUES DE PROTECTION DES BERGES

Cette section, à l'opposé de la section précédente qui traitait uniquement des techniques de stabilisation et de protection des plages, présente les différents types de techniques de protection reconnues pour mitiger l'érosion des berges : les murs chasse-mer et de soutènement, les revêtements et les techniques intégrant l'emploi de végétation. Le Tableau 4-1 présente un sommaire de ces de techniques, lesquelles sont détaillées dans les sous-sections suivantes.

Tableau 4-1. Sommaire des techniques de protection associées aux secteurs de berges

CLASSE	AMÉNAGEMENTS DE PROTECTION AVEC STRUCTURE		INTÉGRATION DE LA VÉGÉTATION	
	Murs chasse-mer et murs de soutènement	Revêtements	Végétalisation des ouvrages	Berges vivantes
Géométries / configuration	<ul style="list-style-type: none"> - Vertical - Courbe - Pente linéaire abrupte - Terrasses (paliers) 	<ul style="list-style-type: none"> - Pente linéaire - Terrasses (paliers) - Double-pente 	<ul style="list-style-type: none"> - Protection primaire : enrochement ou - Protection secondaire : végétation - Esthétisme et naturalisation des ouvrages 	<ul style="list-style-type: none"> - Berge aménagée et végétalisée - Berge sujette aux variations de niveaux - Connexion entre le plan d'eau et la berge (aménagement d'ouvertures dans la digue)
Attributs	<ul style="list-style-type: none"> - Déflecteur en crête - Trottoir en porte-à-faux en crête - Ancrage et tirants à l'arrière 	<ul style="list-style-type: none"> - Insertion de végétaux - Combinaison de matériaux 	<ul style="list-style-type: none"> - Végétalisation à même les ouvrages, sur la portion supérieure OU - Végétation devant les ouvrages 	<ul style="list-style-type: none"> - Digue partiellement immergée (selon énergie du secteur)
Illustration du concept	 <p>Curved concrete seawall</p> 	  	  	  
Matériaux de construction	<ul style="list-style-type: none"> - Béton - Poutrelles de bois - Acier (mur de palplanches) - Gabions de roches 	<ul style="list-style-type: none"> - Pierres - Gabions de roches - Matelas articulés en béton - Géotubes - Blocs de béton partiellement enfouis - Combinaison de matériaux 	<ul style="list-style-type: none"> - Pierres - Bois - Terre végétale, gravier, cailloux, galets - Combinaison de matériaux - Géotextiles biodégradables 	<ul style="list-style-type: none"> - Dignes (pierre, géotubes, géotextile, etc.) - Semis de plantes adaptées aux conditions - Filets et/ou géotextiles biodégradable - Sable et matière organique

4.1 MURS CHASSE-MER ET MURS DE SOUTÈNEMENT

4.1.1 CONCEPT

Les murs chasse-mer et murs de soutènement sont des structures verticales capables de résister à l'assaut des vagues de tempêtes et prévenir les inondations. En effet, ce type de structure est conçu de façon à ce que l'énergie des vagues ne franchisse pas la crête de l'ouvrage. L'avantage de cette technique est qu'elle permet de fixer la ligne de rivage et de minimiser l'empiètement sur le littoral. Elle est habituellement utilisée lorsque le talus ne peut pas être profilé avec une pente plus douce et où l'espace d'aménagement est restreint en raison des infrastructures avoisinantes en crête.

Toutefois, cette technique ne permet pas d'interrompre le processus d'érosion au pied de l'ouvrage puisque l'énergie des vagues n'est pas dissipée, mais réfléchi. Il en résulte la plupart du temps un affouillement au niveau de la fondation et un abaissement du profil de berge adjacent. La structure doit donc être profonde ou encore une protection supplémentaire doit être mise en place au pied de la structure. Aussi, les apports de sédiments provenant de l'érosion sont éliminés au droit des ouvrages et la structure interfère avec le transport sédimentaire, autant longitudinal que perpendiculaire à la côte. Pour ces raisons, ce type d'ouvrage peut engendrer un impact négatif sur le budget sédimentaire des secteurs adjacents, notamment si les aménagements sont situés en amont d'une plage et que le transport littoral est important. Dans de tels cas, des reculs importants pourraient être observés.

4.1.2 VARIANTES D'AMÉNAGEMENT

La configuration des murs peut varier selon les particularités des sites (hauteur des talus, nature des sols), les sollicitations (débordement des vagues, glaces) et la disponibilité des matériaux. Les murs peuvent être de différents types : mur poids, caisson, mur de soutènement avec ancrage, avec contrepoids ou contrefort. Les matériaux généralement utilisés demeurent le béton, le bois, l'acier et la pierre (Figure 4-1). Certains matériaux alternatifs peuvent inclure les gabions, les géotubes, les géosacs et les murs de soutènement végétalisés.



(a)



(b)

Figure 4-1. Exemple de murs chasse-mer et murs de soutènement : (a) Pierres plates (source : Bennett Brothers Stone [www.bennettbrosstone.com/Seawalls]); (b) Gabions (source : HeslyGabion [www.gabionbarrier.com])

4.2 REVÊTEMENTS

4.2.1 CONCEPT

Les revêtements sont des ouvrages en pente, souvent perméables, aménagés directement sur la berge à partir de matériaux denses et résistants à l'action des vagues et des processus physicochimiques (gel et dégel, etc.). Les revêtements sont généralement caractérisés par la succession d'une couche de carapace et d'une couche filtre (ou membrane géotextile), puis parfois accompagnés d'une protection au pied de la structure pour contrer l'affouillement.

Ce type de structures permet de réduire la réflexion des vagues en absorbant plus d'énergie que les murs chasse-mers. Ces ouvrages sont placés à des endroits où le reprofilage du talus (absence d'infrastructure en haut de talus) ou lorsqu'un certain empiètement sur le littoral est possible. La configuration des ouvrages varie selon les sites. Les pentes varient usuellement entre 1V : 1,5H et 1V : 3H. Les matériaux pouvant être utilisés sont la pierre, le béton (matelas articulés, blocs partiellement enfouis, dolos), les géotubes ou une combinaison de matériaux.

4.2.2 VARIANTES D'AMÉNAGEMENT

PERRÉS CONVENTIONNELS

Les perrés conventionnels (Figure 4-2) sont des aménagements où des pierres angulaires sont déposées sur une berge préalablement nivelée et recouverte d'une membrane géotextile et de couches filtres au besoin. Le calibre des pierres, soit le diamètre ou la masse médiane, est établi selon le niveau de sollicitation anticipé (hauteur de vagues et effet de la glace) et de sorte à assurer la stabilité (équilibre statique) de chaque unité de pierre formant le revêtement. Des éléments préfabriqués en béton, comme les dolos, sont parfois utilisés lorsque des unités de très gros tonnage sont requises (voir section suivante). Une clé d'enrochement est usuellement aménagée pour assurer la stabilité des ouvrages contre l'affouillement à la base des structures. Généralement des grosses pierres sont placées à la base des ouvrages.



Figure 4-2. Exemple de perrés conventionnels (source : USACE [www.orn.usace.army.mil])

ÉLÉMENTS PRÉFABRIQUÉS

Les éléments fabriqués (Figure 4-3), généralement constitués de béton, peuvent être utilisés comme alternative aux perrés, en particulier lorsque les carrières de rocs sont absentes ou qu'elles ne peuvent fournir des pierres de tonnages suffisants. Ceux-ci incluent les dolos (gros tonnages) et les éléments de type « A-Jacks » (petits tonnages). Les espaces interstitiels permettent de dissiper l'énergie des vagues. Les éléments peuvent être recouverts ou non de matériaux de rechargement.



Figure 4-3. Exemple d'éléments préfabriqués : (a) Dolos et (b) A-Jacks (source : City of Columbus, Ohio [www.columbus.gov])

PERRÉS SEMI-STATIQUES

Cette méthode consiste à déposer sur la berge une bande de pierres de calibre inférieur au perré conventionnel, selon une pente légèrement plus douce. Une certaine mobilité des unités de pierres et déformation du perré est également jugée adéquate lors de tempête, ce qui n'est pas le cas pour les perrés conventionnels. Dans le cadre du programme de stabilisation du lac St-Jean, des perrés composés de pierres de diamètre oscillant entre 25 et 150 mm semblent avoir donné de bons résultats (Figure 4-4). En raison du calibre et de la forme arrondie des pierres, ce type de protection vise principalement les zones moins exposées aux vagues, soit dans les baies ou dans les rivières. Lorsqu'applicable, elle offre les avantages de faciliter l'accès à l'eau pour les résidents et les animaux, de permettre aux embarcations d'accoster sur la berge et, dans quelques cas, à la végétation de s'implanter.

ADOUCCISSEMENT DES PENTES

Cette technique convient aux sites à sollicitation faible et pour lesquels l'espace est suffisant en haut de talus afin de permettre un reprofilage des berges selon des pentes relativement faibles (1V : 10H ou plus). Elle vise en quelque sorte la transformation des talus escarpés en estran à pente douce afin d'augmenter la surface sur laquelle les vagues dissipent graduellement leur énergie. Le terrain exposé est habituellement protégé par un revêtement de galets ou pierres de petit calibre. Des techniques végétales peuvent également être intégrées. Au besoin, des structures de protection au large (i.e. digues de prédéferlement) peuvent être érigées pour diminuer l'énergie atteignant le littoral. Cette technique conserve, dans une certaine mesure, l'aspect « dynamique » des processus hydrosédimentaires en permettant aux vagues de redistribuer les matériaux de la berge lors de tempête.

BILLOTS ANCRÉS

Cette technique consiste à déposer des billots sur la berge (incluant idéalement les souches) et de les ancrer solidement afin qu'ils demeurent stables lors d'événements extrêmes. L'enchevêtrement de billots

sert à absorber l'énergie des vagues et à retenir les matériaux de la berge. L'efficacité de ce système est toutefois très sensible à la qualité de sa mise en place. En outre, une membrane géotextile et une couche de support doivent être préalablement installées et le système d'ancrage doit être adapté aux particularités géotechniques des sols en place, sans quoi il peut mettre en péril la stabilité des talus ou des billots. Un suivi annuel doit être effectué pour réparer ou remplacer les installations, le cas échéant.



Figure 4-4. Exemple de billots ancrés (Nouri et coll. 2014)

ANDIN DE CONIFÈRES

Lorsque les berges sont sujettes à l'érosion particulièrement à leur base, la mise en place d'andins de conifères ancrés sous le talus permet de dissiper une partie de l'énergie des vagues en plus de retenir les sédiments (Figure 4-5). Parmi les avantages liés à ce type d'aménagement, notons sa facilité d'installation, son faible coût et la perturbation minimale sur la berge. Toutefois, puisque non vivant, cet aménagement n'est pas appelé à se solidifier avec le temps. Il doit donc être entretenu aux 1 à 3 ans (enlèvement des câbles déchaussés et visibles, ajouts de nouveaux arbres, etc.). De plus, lors de la mise en place, il est important de s'assurer que les câbles sont bien tendus, sans quoi les andins auront tendance à bouger ce qui pourrait déconsolider la base des talus. Les câbles sont généralement insérés dans le talus à l'aide d'une tige métallique qui, lorsqu'enfoncée manuellement ou à l'aide d'équipement hydraulique, pousse le bec de canard à la profondeur désirée.

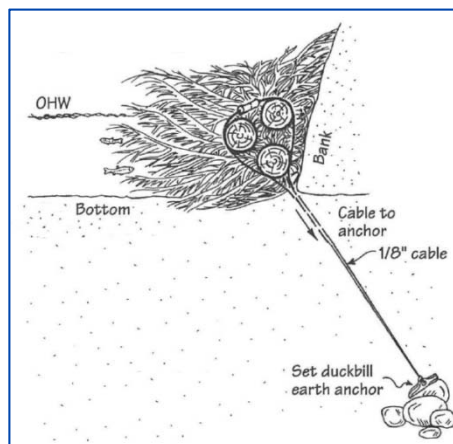


Figure 4-5. Andin de conifère (adapté de ADFG 1995)

4.3 VÉGÉTALISATION DES OUVRAGES, TECHNIQUES MIXTES ET PHYTOLOGIES

4.3.1 CONCEPT

Lorsque possible, l'incorporation de végétaux dans les ouvrages permet de minimiser les problèmes d'érosion en plus de recréer des zones vertes en bordure du plan d'eau. Les végétaux sont impliqués dans la régularisation des écoulements souterrains, la stabilisation des sols, la restauration des paysages, le maintien des habitats et l'esthétisme du littoral. Différentes techniques existent pour réduire l'érosion des rives qui diffèrent selon le rôle joué par les plantes, soit la végétalisation des ouvrages existants, les techniques mixtes et les phytotechnologies.

La végétalisation des ouvrages conventionnels existants, incluant les murs chasse mer et les revêtements, au-dessus de la limite de remontée des vagues ne bonifie pas la résistance à l'érosion. Dans de telles conditions, l'ajout de végétation est principalement d'ordre esthétique.

Les techniques mixtes, quant à elles, visent à incorporer des plantes à des techniques conventionnelles afin de favoriser, en plus des bienfaits sur le milieu naturel, l'atténuation des vagues et la rétention des matériaux de la fondation. En s'adaptant aux particularités des sites, elles permettent à la fois de protéger et de valoriser les berges. Dans le cas des milieux côtiers exposés aux fortes vagues et aux glaces, le recours aux techniques mixtes est possible quasi exclusivement si les plantes sont intégrées au sommet des ouvrages.

Les phytotechnologies (ou techniques de génie végétal) sont des techniques où seule la résistance des plantes est sollicitée. Elles sont effectives lorsque bien adaptées aux sites sur lesquelles elles sont implantées. La Figure 4-6 présente les paramètres à considérer pour juger de la viabilité de cette technique. Les côtes les plus sujettes à la réussite avec cette méthode sont celles dont le fetch est court, qui sont protégées du vent et enclavées dans une baie, où les sédiments sont de granulométrie petite et pour lesquelles le transport maritime est nul à moins de 1 kilomètre de la rive. Ce tableau indique clairement que l'implantation de végétation seule pour contrer l'érosion n'est pas possible sur la majorité des berges du lac St-Jean et ne constitue donc pas une solution viable.




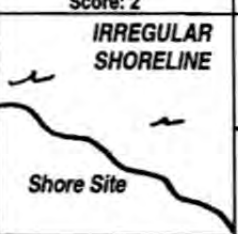

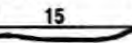
SHORE VARIABLES	DESCRIPTIVE CATEGORIES						RECORD SCORE HERE
	Score: 0	Score: 2	Score: 4	Score: 6	Score: 8	Score: 10	
FETCH - AVERAGE Average distance of open water, measured perpendicular to the shore and 45° to either side of perpendicular. 	LESS THAN 3.0 Km. (1.8 Mi.)	3.1 Km. (1.9 Mi.) TO 6.0 Km. (3.7 Mi.)	6.1 Km. (3.8 Mi.) TO 9.0 Km. (5.6 Mi.)	9.1 Km. (5.7 Mi.) TO 12.0 Km. (7.5 Mi.)	12.1 Km. (7.6 Mi.) TO 15.0 Km. (9.4 Mi.)	GREATER THAN 15.0 Km. (9.4 Mi.)	
FETCH - LONGEST Longest distance of open water measured perpendicular to the shore or 45° to either side of perpendicular. 	LESS THAN 4.0 Km. (2.5 Mi.)	4.1 Km. (2.6 Mi.) TO 8.0 Km. (5.0 Mi.)	8.1 Km. (5.1 Mi.) TO 12.0 Km. (7.5 Mi.)	12.1 Km. (7.6 Mi.) TO 16.0 Km. (10.0 Mi.)	16.1 Km. (10.1 Mi.) TO 20.0 Km. (12.6 Mi.)	GREATER THAN 20.0 Km. (12.6 Mi.)	
SHORELINE GEOMETRY General shape of the shoreline within 200 meters (680 feet) on either side of the site.	Score: 0 COVE 	Score: 2 IRREGULAR SHORELINE 	Score: 4 HEADLAND OR STRAIGHT SHORELINE 				
SHORELINE SLOPE Slope of the planting area (vertical to horizontal). 	Score: 0 GRADUAL 1 TO 15 OR LESS	Score: 4 STEEP MORE THAN 1 TO 15					
SEDIMENT Grain size of sediments.	Score: 0 SILT & CLAY	Score: 2 FINE SILT	Score: 4 MEDIUM SAND	Score: 6 COARSE SAND	Score: 8 GRAVEL		
BOAT TRAFFIC Proximity of site to navigation channels for large vessels or small recreational craft.	Score: 0 NO NAVIGATION CHANNEL WITHIN 1 KILOMETER (0.6 MILES)	Score: 8 NAVIGATION CHANNEL WITHIN 1 KILOMETER (0.6 MILES)		Score: 16 NAVIGATION CHANNEL WITHIN 100 METERS (330 FT)			
WIND The orientation of the site in relation to local winds.	Score: 0 SHELTERED FROM WIND	Score: 4 DOES NOT FACE INTO THE PREVAILING WINDS OR FREQUENT STORM WINDS	Score: 8 FACES INTO THE PREVAILING WINDS OR FREQUENT STORM WINDS				
CUMULATIVE WAVE CLIMATE SCORE (Total of row scores):							
SCORE = 1 to 10: Use sprigs at 3-foot spacings in 10-foot (minimum) zones. = 11 to 20: Use sprigs or 15-week seedlings at 1.5-foot spacings in 10-foot (minimum) zones. = 21 to 30: Use 5-7 month seedlings or plugs at 1.5-foot spacings in 20-foot (minimum) zones. = above 30: Do not plant.							Erosion Potential Increasing

Figure 4-6. Lignes directrices pour évaluer la viabilité des phytotechnologies (Tip of the Mitt Watershed Council 2007)

4.3.2 VARIANTES D'AMÉNAGEMENT

MURS DE SOUTÈNEMENT VÉGÉTALISÉS

Plusieurs compagnies offrent des technologies permettant d'aménager des murs de soutènement (Texel, Macaferri, Envirolok).

Système Envirolok

Les murs de soutènement végétalisés Envirolok[®] (Figure 4-7 et Figure 4-8) sont constitués de sacs en géotextiles non tissés remplis de terre végétale. Le matériau non biodégradable employé est conçu pour ne pas pourrir ou moisir, en plus de résister aux dommages potentiels liés aux insectes ou rongeurs. Les murs sont disposés en rangées puis liés ensemble de manière à former un revêtement structuré et stable. La façade est ensuite ensémençée avec des végétaux, qui poussent à travers les sacs en quelques semaines. Le développement des racines forme alors un système intègre et écologique de rétention du sol (Figure 4-9).

Les végétaux sont nécessaires pour bloquer les rayons UV, qui autrement occasionnent une dégradation accélérée des sacs (entre 3 et 5 ans). Dans des conditions favorables et lorsqu'aménagée selon les recommandations du fabricant, la membrane peut avoir une durée de vie de 75 à 200 ans. Pour augmenter la résistance du système contre l'action des glaces, une géo-grille peut être installée sur la face exposée des berges (Figure 4-10).

Dans les situations où l'énergie des vagues est trop importante, il est préférable d'installer le système au-dessus du niveau d'eau élevé maximum et de le jumeler à un enrochement conventionnel (Figure 4-11).

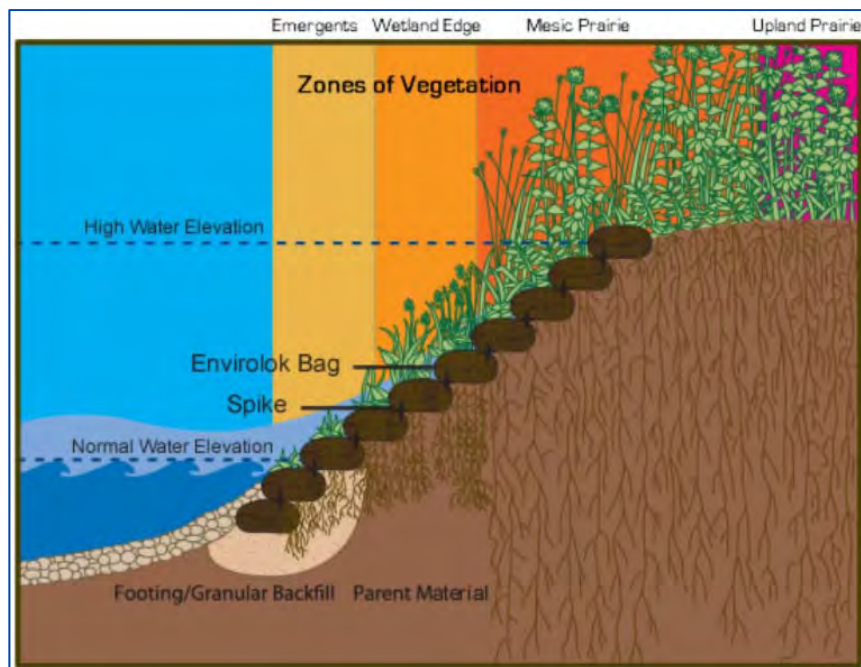


Figure 4-7. Coupe type de mur de soutènement végétalisé Envirolok[®]



Figure 4-8. Exemple de mur de soutènement végétalisé Envirolok®



Figure 4-9. Système racinaire développé à l'intérieur d'un sac Envirolok®



Figure 4-10. Sacs Envirolok® recouverts d'une géogrid



Figure 4-11. Enrochement du pied de berge jumelé à des sacs Envirolok® sur la partie moins sollicitée (source : Envirolok, lac Geneva)

Système Terramesh

Le système Terramesh® (Figure 4-12) de Maccaferri propose l'utilisation de paniers de broches trapézoïdales (face inclinée à 45° ou 60°) ou carrés, remplis d'un mélange de roches et de terre végétale et enveloppés d'une membrane à base de fibre de coco, dont la durée de vie est d'environ 5 ans. Des plançons sont plantés à même et entre les unités. La membrane permet la rétention du sol durant l'implantation de la végétation et n'est plus nécessaire une fois le sol compacté et le système racinaire bien développé. Le grillage procure une protection supplémentaire au matériau granulaire et permet l'aménagement sur des berges plus escarpées. La façade des unités est habituellement renforcée avec un deuxième treillis, selon la sollicitation de la berge, ce qui augmente la résistance du système aux glaces et aux vagues. Pour les sites où l'énergie est trop importante pour maintenir l'intégrité de ce système, il est recommandé de l'utiliser conjointement avec un enrochement conventionnel installé jusqu'à l'élévation du niveau d'eau élevé maximum.



Figure 4-12. Exemple du système Terramesh® (source : Maccaferri)

CAISSONS VÉGÉTALISÉS

Là où les pentes et la force érosive ne permettent pas d'utiliser uniquement des techniques végétales, le recours à un caisson végétalisé peut être envisagé (Figure 4-13). Le caisson peut être vertical ou oblique, ce dernier dissipant davantage l'énergie des vagues. Lors de la construction, il est important que les sols à nu soient protégés de l'érosion par une couche de pierres et une membrane. Avec le temps, le système racinaire des arbustes consolide le sol et limite la perte potentielle par érosion, à condition que le caisson ne soit pas trop sollicité par les vagues. À maturité, les arbustes couvrent la majorité de la structure. Ce type de structure demeure malgré tout particulièrement vulnérable à un lessivage graduel des matériaux mis en place à l'intérieur du caisson. L'énergie des vagues doit donc être faible afin d'assurer la pérennité de ces structures.

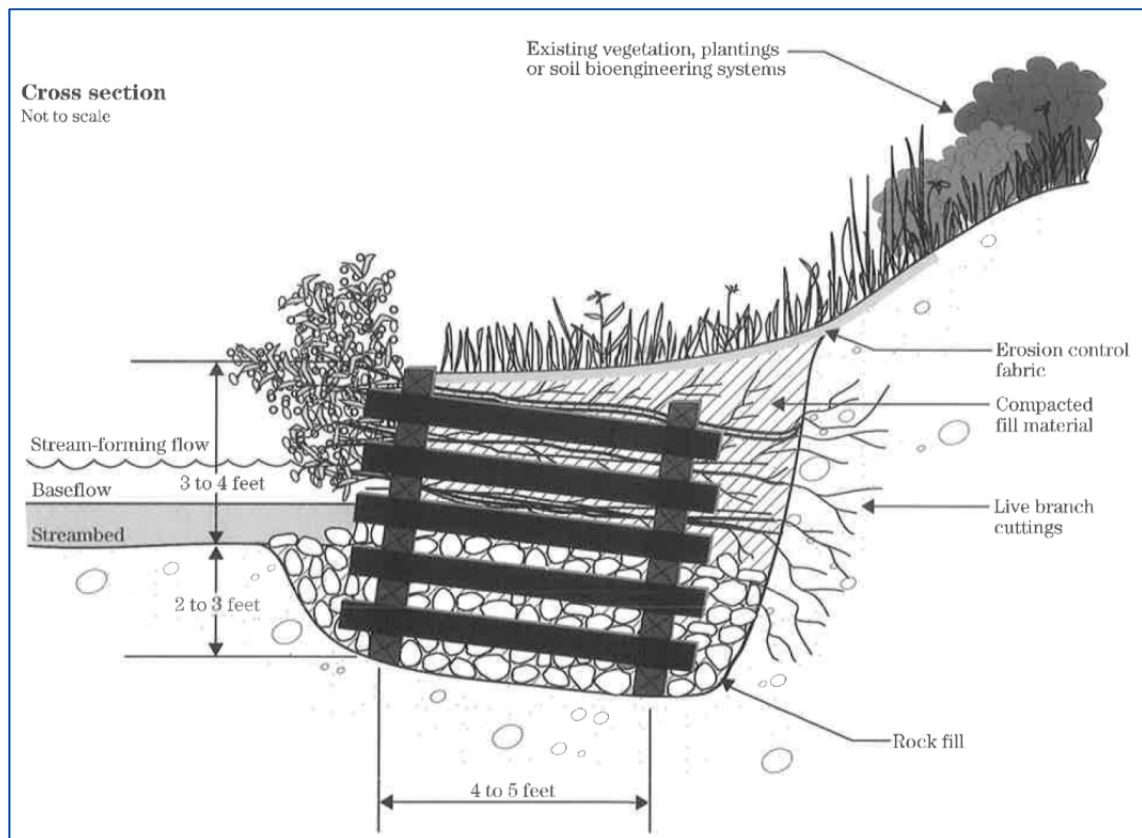


Figure 4-13. Caissons végétalisés (ADFG 1995)

ENROCHEMENTS VÉGÉTALISÉS

Les enrochements végétalisés consistent à intégrer des plantes dans les interstices des pierres à une élévation rarement sollicitée par les vagues. Des vignes de rivage (Figure 4-14) ou des arbustes tels des essences de cornouillers ou de saules sont appropriés. Des poches de sol peuvent être insérées entre certaines pierres afin de permettre l'implantation d'un système racinaire adéquat. De façon générale, ce type d'aménagement ne vise pas à bonifier la résistance des enrochements, mais diminue les impacts visuel et écologique. Une partie de l'énergie des vagues qui aurait franchi l'ouvrage peut néanmoins être absorbée par la végétation.

L'aménagement devient une technique « mixte » lorsque les tiges vivantes s'insèrent profondément à travers les pierres (Figure 4-15a). La résistance des plantes se combine à celle de l'enrochement pour stabiliser le talus. Une quantité adéquate de sol doit néanmoins être disponible immédiatement sous l'enrochement pour permettre au système racinaire de se développer. De plus, sous l'enrochement, un filtre granulaire devrait remplacer la membrane géotextile pour permettre aux racines de se connecter au matériau natif en place.

Il est également possible de végétaliser uniquement le talus au-dessus de l'enrochement (Figure 4-15b). Cette technique n'ajoute aucune valeur ajoutée à la résistance de l'enrochement, bien qu'elle prévienne l'érosion des matériaux meubles et le retrait éventuel du haut de talus. Une alternative à cette méthode consiste à installer des fagots sur la crête de la berge, afin de favoriser la croissance de végétation le long du littoral. Ceci crée une barrière visuelle sur les structures en plus d'accroître la stabilité au sommet des ouvrages.



Figure 4-14. Exemple d'enrochements végétalisés à Saint-Sulpice (source : WSP)

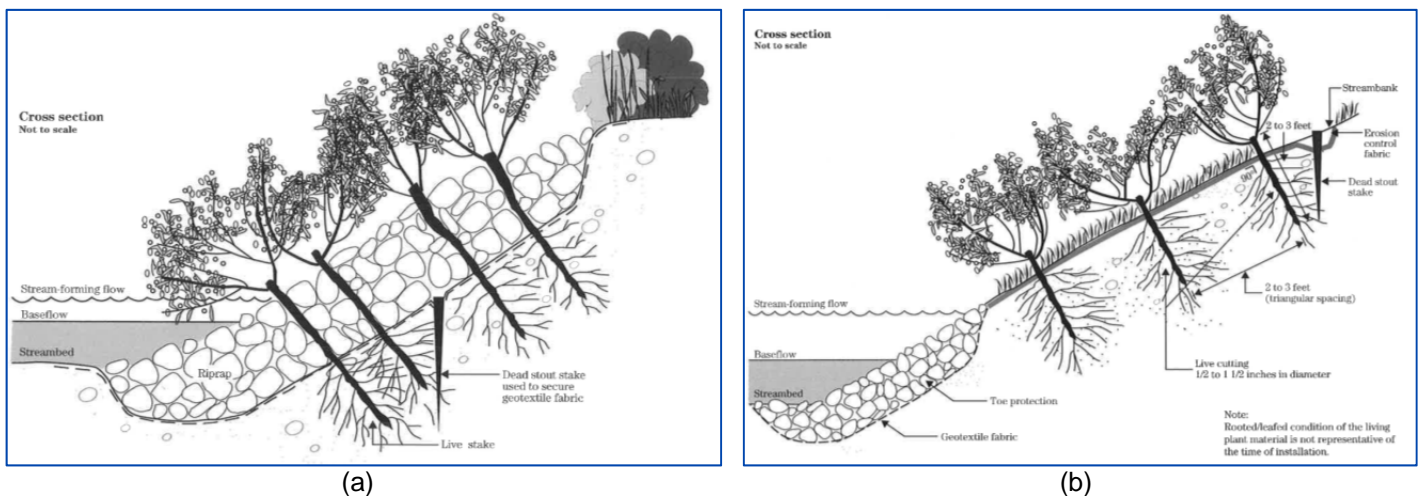


Figure 4-15. Coupes types d'enrochement végétalisés : (a) technique mixtes ; (b) végétalisation de l'enrochement (USDA 1996)

LITS DE PLANÇONS

Cette technique consiste à aménager les talus sujets à l'érosion en y incorporant des couches de plançons et des plantes à racines disposées en étages, perpendiculaires à la pente et séparées par des étages de remblai enveloppés par une membrane géotextile (Figure 4-16). Selon la littérature, cette méthode s'avère efficace pour les sites à énergie modérée pour lesquels les pentes sont inférieures ou égales à 2H : 1V. Il est important de bien compresser le sol entre chacune des couches de plançons, sans quoi le remblai pourrait s'affaisser légèrement après la mise en place.

Des techniques plus « dures » devraient être utilisées lorsque les berges sont grandement affectées par l'érosion. Dans de tels cas, le pied de la berge peut être solidifié à l'aide d'un enrochement conventionnel. Il est aussi possible d'incorporer des lits de plançons à même l'enrochement, ce qui vient consolider le matériau sous-jacent et offre une protection supplémentaire (Figure 4-17). Tel qu'illustré sur la figure, les plançons peuvent être insérés entre des feuilles de contreplaqué, ce qui préserve la qualité des végétaux lors de la pose et favorise l'irrigation des racines lorsqu'il pleut.



Figure 4-16. Aménagement d'un lit de plançons (source : Envirolok)



Figure 4-17. Aménagement de lits de plançons à travers un enrochement conventionnel (source : Terra Erosion)

FASCINES, COUCHE DE PLANÇONS ET BRANCHES ANTI-SAPEMENT

Des fascines, de branches ou de pierres, peuvent être aménagées dans les secteurs à faible énergie, où le maintien de la végétation est difficile. Les fascines en branches sont constituées d'un ballot de forme cylindrique, composé de branches arbustives capables de s'enraciner, installé au pied des berges sur un matelas de jute (Figure 4-18). Ils absorbent une partie de l'énergie des vagues en plus de favoriser l'implantation de végétation à la base des berges. Il est recommandé de les installer légèrement au-dessus du niveau de l'eau, afin que les plantes ne soient que rarement submergées, sans quoi elles risquent de mourir. Lorsque le niveau d'énergie du site est plus élevé, les fascines en pierres offrent une meilleure résistance et protègent davantage la berge.

Les fascines sont usuellement utilisées pour favoriser la végétalisation des berges en milieu fluvial. Dans le contexte du lac Saint-Jean, elles sont davantage appropriées pour les embouchures de rivières. Des tests bancs d'essai devraient être conduits sur les rives du lac pour cibler l'aménagement optimal en fonction des conditions érosives associées au lac.



Figure 4-18. Mise en place de fascines (a) en branches et (b) en pierres

Les fascines peuvent être jumelées à la mise en place d'une couche de plançons, de sorte à stabiliser et végétaliser le talus (Figure 4-19). Des branches anti-sapement peuvent également être incorporées sous les fascines pour réduire le risque d'affouillement. Cette méthode s'apparente aux lits de plançons, mais est constituée d'une seule rangée de végétation placée perpendiculairement à la berge. Les retailles de tiges vivantes peuvent être utilisées, ce qui réduit les dépenses. De plus, la reprise des tiges est généralement très bonne étant donné que leur base est dans un milieu continuellement humide.



Figure 4-19. Mise en place d'une fascine, jumelée à une couche de plançons et des branches anti-sapement

BOUDINS ET GÉONATTES VÉGÉTALISÉS

Dans les secteurs moins sollicités comme les embouchures de rivières, des boudins (biologs) ou des géonattes en coco végétalisés peuvent être aménagés sur les berges pour faciliter l'implantation d'essences présélectionnées (Figure 4-20). Il est recommandé que le substrat soit colonisé avec différentes essences, tant des végétaux que des mollusques, qui sont adaptées au milieu récepteur et à la région (DELSI 2011) (Figure 4-21). Certains fournisseurs s'assurent que les plants aient passé au moins une période de végétation, ce qui permet aux aménagements d'être efficaces rapidement. Des semis peuvent également être plantés derrière les andins pour végétaliser la berge. La période de mise en place ainsi que le type de semis sont deux paramètres importants à considérer.

Le but premier de ces aménagements est de retenir les sédiments et de végétaliser les berges. Ils peuvent être utilisés seuls ou conjointement avec des techniques standards lorsque l'énergie des secteurs est plus importante, tels des enrochements, gabions, murs, caissons, etc.



Figure 4-20. Exemple de boudins et de géonattes végétalisés (aquaterra-solutions)



Figure 4-21. Aménagement de boudins colonisés par des végétaux et des mollusques (DELSI 2011)

4.4 BERGES VIVANTES

4.4.1 CONCEPT

Le concept de berges vivantes (*living shorelines*), à l'image d'une berge naturelle, intègre plusieurs zones d'habitat à l'intérieur d'un même système (Figure 4-22). Il s'agit d'un aménagement qui allonge la bande riveraine en recréant une transition naturelle entre les écosystèmes terrestres et aquatiques. La section la plus éloignée de la rive est composée d'arbres et arbustes qui stabilisent la berge située au-dessus du niveau d'eau maximal et limite l'érosion liée au ruissellement. Dans la zone sujette aux variations des niveaux d'eau, des marais ou des plages sont aménagés pour réduire la profondeur et ainsi dissiper l'énergie résiduelle des vagues. Des plantes aquatiques sont plantées sous le niveau minimal afin de stabiliser les sédiments. De tels aménagements créent des habitats le long des rives.

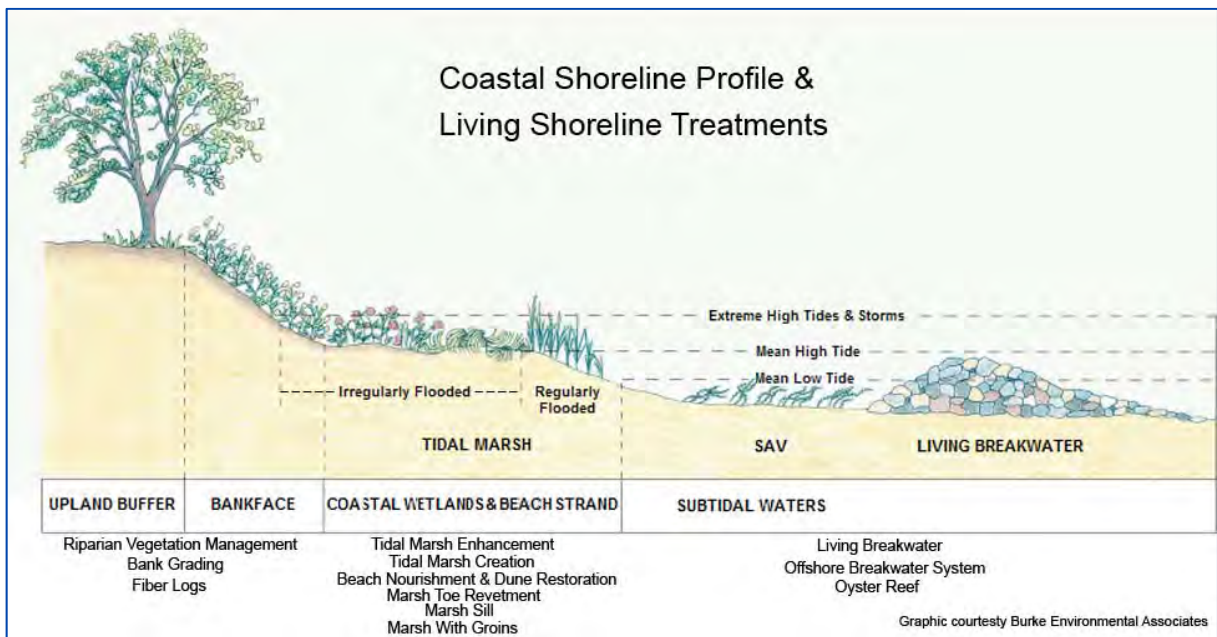


Figure 4-22. Représentation d'une berge vivante type (2030palette.org)

L'aménagement de berges vivantes est possible lorsque les conditions naturelles permettent une pente douce. Il ne devrait pas être considéré dans les cas suivants (MDE 2008) :

1. absence de berge naturelle adjacente;
2. proximité d'un chenal de navigation;
3. secteur à haute énergie;
4. berge inaccessible.

Dans les situations où l'énergie est trop importante pour l'implantation de la végétation seule, il est possible d'intégrer des structures de protection à une certaine distance des berges, tels des digues ou des brise-lames. Ces ouvrages brisent l'énergie des vagues avant que celles-ci ne parviennent sur la berge vivante, ce qui favorise la création de lagunes protégées. Dans ces cas, l'aménagement des structures de protection ne doit pas porter atteinte aux écosystèmes mis en place. Il est recommandé de maintenir des sections ouvertes dans les digues, qui permettent des échanges d'eau, de plantes et d'organismes entre les lagunes et les eaux peu profondes. Selon Abrahams (2006), la réduction efficace des vagues est maintenue lorsque les ouvertures entre les digues ou les brise-lames ne sont pas supérieures à la distance entre ceux-ci et la berge. Des ouvrages situés trop bas ne bloquent pas suffisamment l'énergie des vagues et ne permettent pas une implantation concluante de la végétation (Servold et coll. 2014). Des brise-lames flottants en billots de bois solidement ancrés peuvent affaiblir l'énergie des vagues et favoriser l'accumulation de sédiments fins dans les zones de plantation.

Abrahams (2006) indique que les variations des niveaux d'eau peuvent être utilisées pour favoriser l'implantation de certaines espèces désirées plutôt que d'autres, ou inversement comme moyen de contrôle pour inhiber ou éliminer certaines espèces. Les variations ne devraient pas excéder 0,6 à 2,0 m mensuellement et 2 à 5 m annuellement. Plus lentes sont les variations, plus hétérogènes sont les variétés de plantes et de stades de développement à travers les variétés. En plus de limiter la durée où les niveaux d'eau sont maintenus aux extrêmes, les pentes des zones sujettes aux variations des niveaux d'eau devraient être réduites afin d'en étaler la surface, ce qui facilite l'implantation de la végétation en créant des environnements dont la diversité est importante d'un point de vue hydrologique et biologique.

La Figure 4-23 présente la coupe type d'un brise-lame aménagé en poche de sable derrière lequel la berge a été végétalisée. L'implantation de la végétation et la stabilisation résultante du talus dépendent de la protection fournie par les structures de protection. Le substrat étant le facteur limitatif principal affectant le potentiel de colonisation des plantes, il est important de le protéger de l'action des vagues pour mitiger le soutirage de la matière organique et les risques de bris ou de déracinement des jeunes pousses et des plants adultes. Pour ce faire, des matériaux tels des filets ou géotextiles biodégradables peuvent être utilisés pour maintenir le substrat en place durant la phase de croissance de la végétation.

L'implantation d'une végétation arbustive sur le haut de berge permet de retenir le sol et de prévenir les pertes de matériaux par ruissellement ou via l'attaque probable de vagues lors des tempêtes (Figure 4-24).

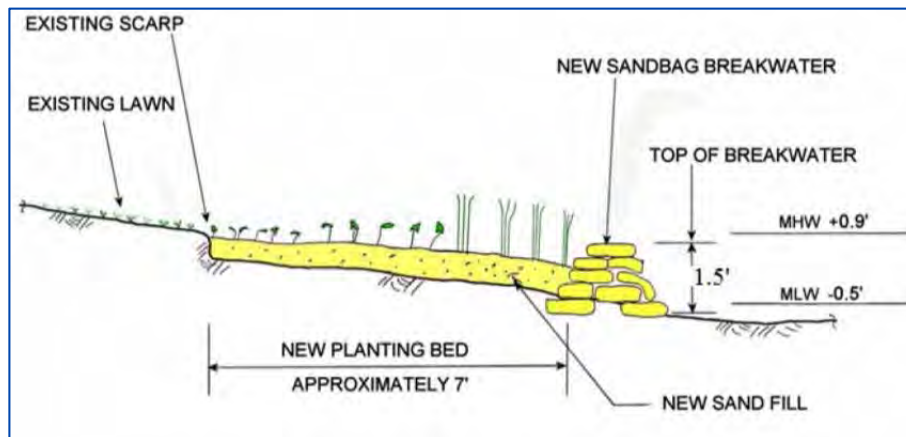


Figure 4-23. Coupe type d'un lit de plantation aménagé derrière un brise-lames en poche de sables (Servold et coll. 2014)



Figure 4-24. Berge vivante aménagée à Columbia River (source : Envirolok)

4.5 AMÉNAGEMENT DES ACCÈS AU LAC

La mise en place d'ouvrages de protection des plages et des berges mène généralement à une ségrégation entre les milieux terrestres et littoraux. Or, il arrive parfois qu'un lien souhaite être maintenu entre ces deux secteurs pour des raisons de villégiature ou environnementales (milieux humides). L'aménagement d'accès est préférable pour faire la gestion des usages et des usagers afin de concentrer le trafic et éviter que les passages ne s'effectuent à des endroits plus sensibles. La nature des accès mis en place varie selon leur fonction. Ils peuvent prendre la forme d'escaliers (Figure 4-25), de descentes pour

embarcations (Figure 4-26) ou d'aménagements spéciaux permettant d'assurer la continuité des milieux humides (émissaires de cours d'eau).

Dans le cas des escaliers et des descentes pour embarcations, les variantes potentielles liées à ces types d'accès s'orientent principalement vers les types de matériaux utilisés et l'envergure des aménagements. De façon générale, les pierres et le béton sont habituellement privilégiés. D'autre part, les structures en béton peuvent être préfabriquées ou construites sur place. Finalement, des aménagements de grande envergure peuvent parfois constituer des enjeux à l'égard de la stabilité des structures (soulèvement/affaissement, déformations indues à la suite d'un cycle de gel/dégel) et de l'empiètement sur les propriétés riveraines. Une envergure plus faible améliore généralement la pérennité des aménagements.

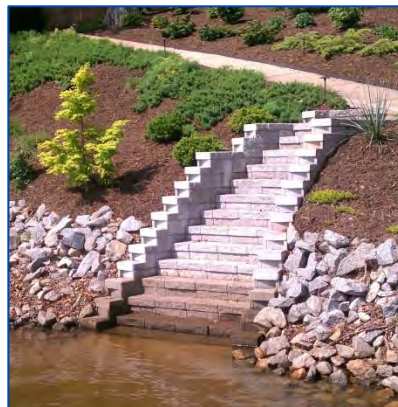


Figure 4-25. Exemple d'escaliers (source : Renegar construction [www.renegarconstruction.com])



Figure 4-26. Exemple de descentes pour embarcations (source : U.S. Environmental Protection Agency [www.yosemite.epa.gov])

Les aménagements spéciaux permettant d'assurer la pérennité des milieux humides doivent, quant à eux, être conçus et adaptés aux particularités de chaque site d'intervention et de la problématique observée. Ils ne peuvent pas être standardisés de la même manière que les escaliers et descentes pour embarcations. Les interventions réalisées peuvent inclure l'installation de ponceaux, la reconfiguration d'émissaires de cours d'eau, la reconstruction du lit principal et l'aménagement de structures (épis, brise-lames) permettant de modifier la dynamique hydrosédimentaire locale.

5 OUTILS DE CONCEPTION

La conception d'ouvrages de protection et la gestion des plages nécessitent une bonne connaissance de la dynamique hydrosédimentaire dans chaque secteur d'intervention. Plusieurs outils existent pour étudier ce phénomène. Ils permettent notamment de simuler la propagation des vagues et le transport de sédiments à proximité de la côte, de modéliser l'évolution morphologique des plages et d'évaluer l'impact et l'efficacité des mesures de protection mis en place.

Les outils peuvent être regroupés en trois grandes catégories : les équations empiriques et théoriques, les modèles bidimensionnels hydrosédimentaires et les modèles unidimensionnels pour l'évolution des profils de plages. Les sections suivantes présentent une brève description de chaque famille.

5.1 ÉQUATIONS EMPIRIQUES ET THÉORIQUES

5.1.1 PROFIL D'ÉQUILIBRE TRANSVERSAL DES PLAGES

Le profil d'une plage en équilibre peut être représenté par l'équation suivante (Dean 2002; USACE 2008, équation III-3-14) :

$$h = Ay^{2/3}$$

La variable h représente la profondeur d'eau à une distance y de la rive et le paramètre A est un paramètre d'échelle qui dépend principalement des caractéristiques granulométriques des sédiments formant la plage.

Cette équation est particulièrement utile pour évaluer le profil de plage futur qui sera engendré par la mise en place d'un sable d'une granulométrie spécifique, parfois différente de celle du sable naturel déjà en place. En le soustrayant du profil de plage actuel, il est ensuite possible d'évaluer les volumes requis pour l'établissement d'une largeur de plage désirée.

Il est important d'indiquer que cette équation est théorique et qu'il est donc possible, en présence de conditions hydrodynamiques particulières, qu'elle ne permette pas une prédiction suffisamment précise. Les principes derrière l'utilisation du concept de profil d'équilibre sont applicables principalement pour les plages de sable. Lorsque les matériaux qui la composent deviennent plus grossiers (gravier, cailloux, galets), cette équation devient plus limitée ou non applicable pour prédire l'allure du profil d'équilibre.

5.1.2 PROFIL D'ÉQUILIBRE EN PLAN DES PLAGES (*CRENULATE SHAPED BAY*)

L'équation proposée par Silvester et Hsu (1997) s'inspire de la forme des baies crénelées (*crenulate shaped bay*) et permet d'évaluer le profil d'équilibre en plan des plages derrière les brise-lames, les épis et celle de baies composées d'une plage en équilibre. Elle permet notamment de reproduire la géométrie anticipée de la côte, derrière les structures, en fonction de la diffraction du climat de vagues moyen. Cet outil est très utile pour évaluer la largeur de plage résultante entre les épis, ou la largeur de recharge requise derrière les brise-lames, afin de ne pas provoquer d'érosion dans les secteurs adjacents.

L'équation proposée fait intervenir les paramètres suivants :

$$\frac{R_{\theta}}{R_0} = C_0 + C_1 \left(\frac{\beta}{\theta_{SH}} \right) + C_2 \left(\frac{\beta}{\theta_{SH}} \right)^2$$

où : pour un brise-lames le long d'une côte rectiligne, les coefficients β , C_0 , C_1 et C_2 possèdent des valeurs de 40° , 0, 1,32 et -0,33, respectivement.

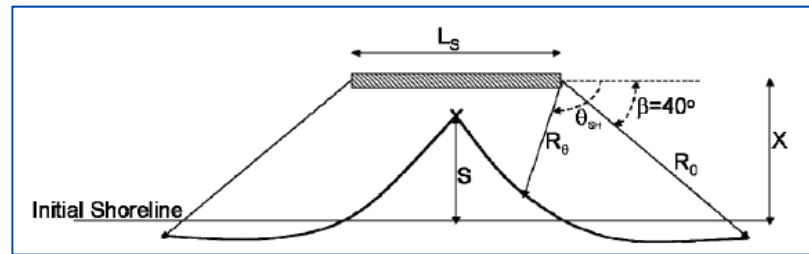


Figure 5-1. Paramètres dont dépend le profil d'équilibre en plan des plages le long d'une côte comprenant un brise-lames détaché (Silvester et Hsu 1997)

5.1.3 ÉVOLUTION EN PLAN DE LA LIGNE DE RIVE D'UNE RECHARGE

La théorie de Pelnard-Considère (Dean 2002) permet d'évaluer l'évolution de la diffusion en plan (ou l'étalement) d'une recharge de plage rectangulaire sur une côte rectiligne. Elle est basée sur le concept de diffusion et, en l'absence d'un taux d'érosion ambiant, la solution de l'équation prend la forme suivante :

$$y(x, t) = \frac{Y}{2} \left\{ \operatorname{erf} \left[\frac{l}{4\sqrt{Gt}} \left(\frac{2x}{l} + 1 \right) \right] - \operatorname{erf} \left[\frac{l}{4\sqrt{Gt}} \left(\frac{2x}{l} - 1 \right) \right] \right\}$$

Où :

Y : est la largeur initiale de la recharge

l : est la longueur de la recharge

G : est un paramètre de diffusion latérale

t : est le temps

x : est la position sur la plage par rapport au centre de la recharge

Pour un couplet de longueur et largeur de recharge de plage donné, l'équation permet d'estimer l'évolution de la géométrie de la recharge en fonction du temps. Cette relation permet d'évaluer de façon approximative la durée de vie de l'intervention.

5.2 MODÈLES BIDIMENSIONNELS HYDROSÉDIMENTAIRES

Les modèles bidimensionnels (en plan) hydrosédimentaires (CMS, DELFT3D, Mike 21, etc.) permettent d'étudier les processus de transformation des vagues à l'approche de la côte, le développement des courants et la dynamique sédimentaire. Ce sont généralement des suites de logiciels couplant des modèles de propagation des vagues avec des modèles de courants et de transport sédimentaire. Ils offrent une vaste représentation spatiale des conditions de vagues ainsi que la possibilité de simuler les courants et les transports littoraux générés par la dissipation de l'énergie des vagues déferlantes.

Les modèles de propagation permettent de simuler les phénomènes de réfraction, de diffraction, de diminution des profondeurs bathymétriques (*shoaling*), de frottement et de déferlement des vagues. Les modèles de courants permettent quant à eux de simuler les courants induits par la variation de niveaux d'eau et le déferlement des vagues, ainsi que le transport sédimentaire. Ces modèles sont généralement utilisés pour simuler de courtes périodes pour identifier les zones de forts courants, les couloirs et directions de transport des sédiments, ainsi qu'évaluer les variations de la bathymétrie à la suite de modification du littoral. La Figure 5-2 présente un exemple de résultats que fournit de type d'outil.

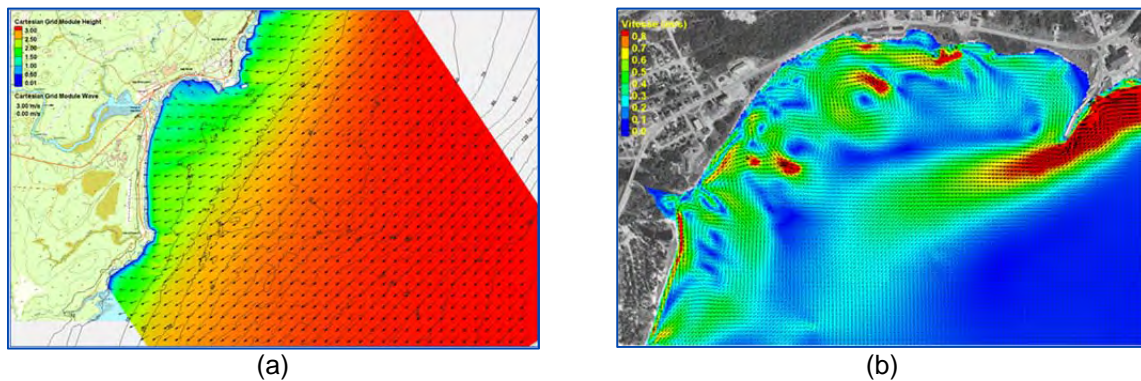


Figure 5-2. Exemple de modèles bidimensionnels hydrosédimentaires (CMS) : a) Propagation des vagues; b) Courants

5.3 MODÈLES UNIDIMENSIONNELS DE SIMULATION L'ÉVOLUTION DU TRAIT DE CÔTE

Les modèles unidimensionnels pour l'évolution du trait de côte (GENESIS, GENCADE, UNIBEST CL+, LITPACK) sont utilisés pour simuler le transport sédimentaire et l'évolution morphologique des plages sur de longues périodes de temps (années). Ils permettent de suivre la migration du trait de côte et de quantifier les volumes de matériaux transportés en réponse aux sollicitations des vagues et des niveaux d'eau. Ils permettent également de simuler l'évolution des plages au voisinage des ouvrages de protection, tels que des épis et des brise-lames, en plus de considérer les volumes de sable ajoutés lors des recharges de plage. La Figure 5-3 présente un exemple de résultats que fournit de type d'outil.

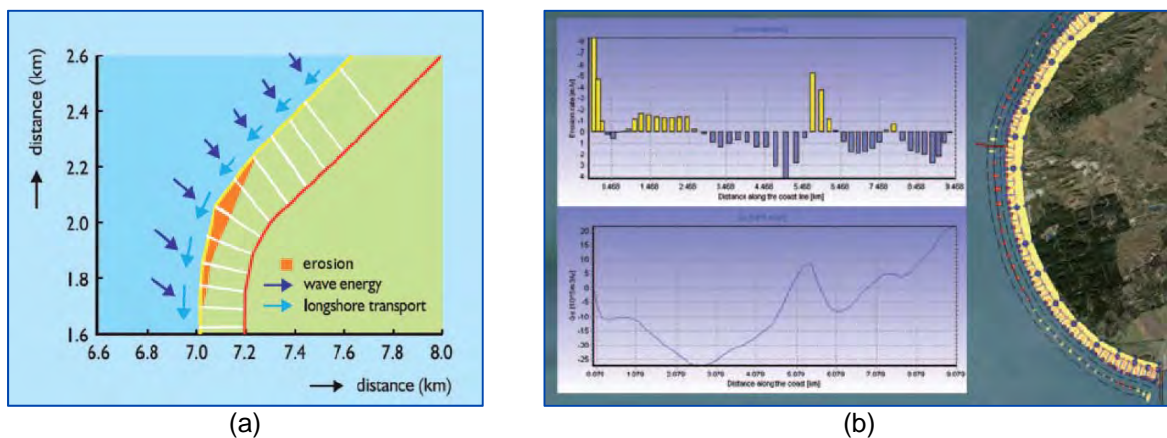


Figure 5-3. Exemple de modèles unidimensionnels pour l'évolution des profils de plages (UNIBEST CL+) : a) Maillage curvilinéaire; b) Visualisation du transport sédimentaire et des changements au trait de côte

5.4 MODÈLES UNIDIMENSIONNELS DE SIMULATION DE L'ÉVOLUTION DES PROFILS DE PLAGES

Finalement, les modèles unidimensionnels de simulation de l'évolution du profil de plage sont utilisés pour simuler l'érosion induite par le transport perpendiculaire à la côte durant un événement de tempête de quelques heures à quelques jours. Il est particulièrement bien adapté pour simuler et représenter la modification du profil de plage à la suite d'une tempête. Il est donc utilisé la plupart du temps pour la conception des ouvrages nécessitant une recharge de plage en fournissant au concepteur une estimation du volume de sable perdu à la suite d'une tempête dite de conception. Il peut être également employé pour établir les zones à risques d'érosion pour des tempêtes sévères et pour l'évaluation de la vulnérabilité de la plage pour des scénarios de gestion du niveau du lac. Plusieurs logiciels sont disponibles pour réaliser ce type de modélisation, tels que SBEACH (USACE), XBEACH et XBEACH-Gravel (Deltares), LITPACK (DHI). Selon la granulométrie des matériaux composant la plage, certains modèles peuvent être mieux adaptés.

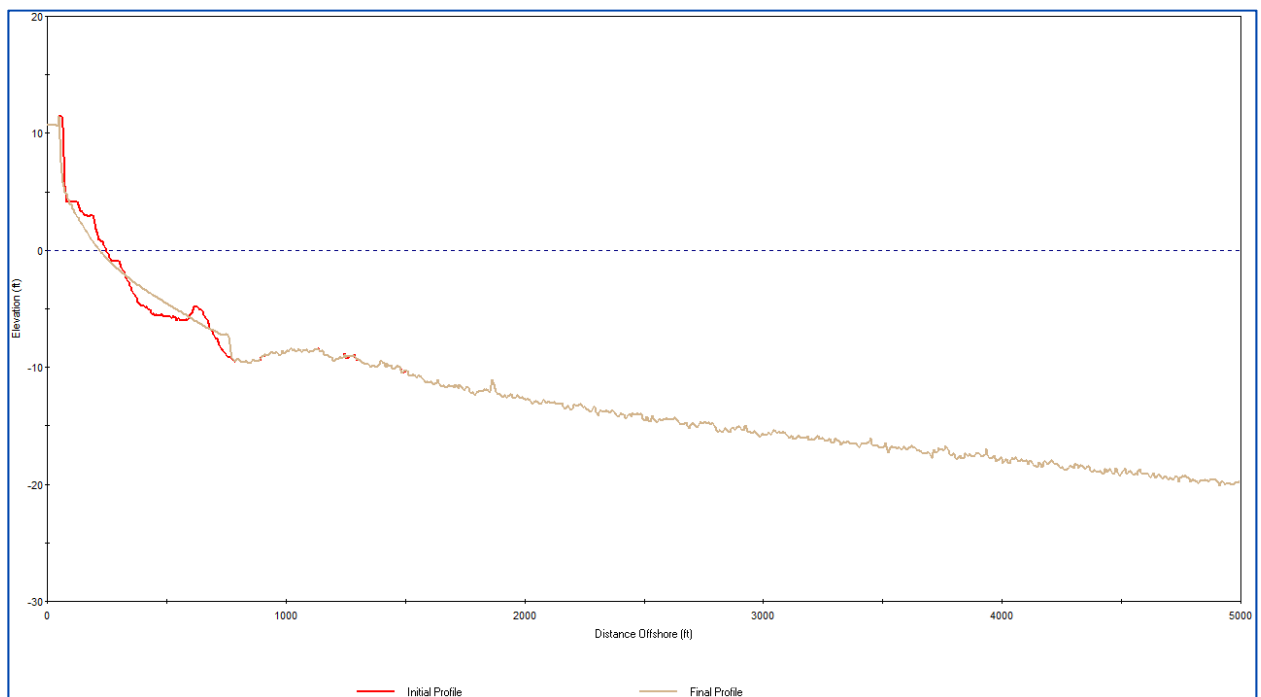


Figure 5-4. Évolution du profil de plage à la suite d'une tempête avec le modèle SBEACH

6 CONCLUSION

Ce document présente une revue des solutions structurales permettant de stabiliser le littoral et réduire le risque d'érosion. Les techniques répertoriées se regroupent en sept catégories pour la stabilisation et la protection des secteurs de plages (Tableau 3-1) et quatre catégories pour la protection des berges (Tableau 4-1). Pour chaque catégorie énumérée, plusieurs variantes sont présentées en fonction des types de matériaux utilisés, de la configuration des ouvrages ou des méthodes de construction préconisées.

Le système de classification proposé caractérise le concept derrière chaque catégorie et permet, à terme, d'y ordonner la vaste majorité des techniques de stabilisation ou de protection du littoral existantes ou émergentes. Cette approche permet alors de cibler rapidement le mécanisme de fonctionnement d'une technique de stabilisation et d'y dégager les avantages et les inconvénients.

Les techniques recensées dressent un portrait des approches employées pour stabiliser et protéger les plages et les berges de façon générale dans les milieux exposés aux sollicitations par les vagues. Dans le contexte spécifique du lac Saint-Jean, les caractéristiques du milieu physique, la gestion du réservoir, ainsi que les enjeux économiques et sociaux constituent parfois des contraintes à la mise en œuvre de certaines de ces techniques. Les Tableaux 6-1 et 6-2 présentent un sommaire des variantes pouvant être retenues pour la protection et la stabilisation des plages et des berges en périphérie du lac Saint-Jean.

De façon générale, il est possible de tirer les conclusions préliminaires suivantes, lesquelles seront analysées plus en détail lors de l'analyse de variantes :

- Dans la catégorie des recharges de plages, le rechargement de dunes est peu envisageable en raison de l'étroitesse des plages et du manque d'espace pour ce type d'aménagement. D'autre part, la nature des berges ne constitue pas un environnement propice à la formation naturelle de ce type de relief.
- Le rechargement de barres infralittorales peut également être écarté en raison du marnage saisonnier du lac, qui empêche la formation et le maintien de monticules de sédiments au pied des plages. Cette approche pose également certains risques au niveau de la sécurité pour la navigation de plaisance et rend plus difficiles les activités de suivis réalisées pour documenter l'évolution de ces formations.
- En ce qui concerne les épis, le système d'épis Maltais-Savard (UQAR 2001) ne semble pas être une alternative très prometteuse en raison, d'une part, de l'incertitude liée à son efficacité et, d'autre part, de l'espace important devant être consacré à ces aménagements sur la plage. Or, pour assurer l'acceptabilité sociale du programme de stabilisation, les berges du lac Saint-Jean doivent conserver autant que possible leur vocation récréotouristique.
- Dans le cas des brise-lames, certaines réserves peuvent être formulées à l'égard des aménagements moins conventionnels (flottants et submergés). Les brise-lames flottants sont principalement efficaces en présence de conditions de vagues faibles à modérées. Toutefois, cette efficacité décroît en présence de vagues fortes de tempêtes. Les ouvrages doivent également être retirés des eaux et entreposés pendant l'hiver.
- Les ouvrages submergés (incluant les plages perchées) constituent quant à eux des enjeux à l'égard de la sécurité nautique pour les plaisanciers qui naviguent sur le lac. Des balises doivent être mises en place afin de signaler la présence de ces structures sous l'eau.
- Finalement, le drainage de plage nécessite une infrastructure relativement élaborée pour le pompage des drains, qui nécessite une surveillance et un entretien régulier. Ce système demeure également vulnérable au gel des conduites. Il est donc difficile d'entrevoir un contexte qui rendrait cette technique envisageable au lac Saint-Jean.

- Dans les catégories dédiées à la protection des berges, l'utilisation d'éléments préfabriqués en béton comme matériaux de revêtements risque de ne pas être économiquement, socialement et environnementalement viable en raison de la disponibilité de pierres de calibre adéquat à proximité des sites d'intervention et du caractère essentiellement artificiel de telles structures.
- L'adoucissement des pentes par le retrait du trait de côte est également une solution peu envisageable compte tenu de l'importance accordée à la préservation des propriétés riveraines.

En terminant, les populations qui s'établissent en milieu riverain/côtier doivent accepter un certain risque inhérent d'être exposé à des événements de forte intensité. Dans un contexte de changements climatiques, la manifestation de tempêtes dont la récurrence est aujourd'hui qualifiée comme étant faible, pourrait devenir plus fréquente. Lorsque de tels événements surviennent, il est possible que la capacité des aménagements de protection et de stabilisation soit excédée. Conséquemment, des dommages aux infrastructures riveraines peuvent être encourus.

Tableau 6-1. Variantes possibles pour la protection et stabilisation des plages – rechargement de plage et structures connexes

No	Type d'ouvrage et matériau ¹	Utilisation dans le cadre du PSBLSJ (actuelle ou antérieure)	Recommandé au LSJ	Justification
1	Recharge de plage			
<i>Type d'ouvrage</i>				
1a	Recharge de la dune	Non	Non	→ Non applicable. Peu de dunes au LSJ, étroitesse des plages.
1b	Recharge du haut de plage (recharge de plage)	Oui	Oui	→ C'est ce qui est fait actuellement. → Permet le maintien des plages (important pour les riverains).
1c	Plage source	Non	Oui	→ Pourrait être proposé comme banc d'essai : possibilité de mettre des matériaux sur une plage source, et la dérive alimente le secteur aval. Peut créer des attentes des riverains devant la plage source qui ont temporairement une plage beaucoup plus large.
1d	Plage de galets	Non	Non	→ Efficace mais non socialement acceptable.
1e	Recharge des barres infralittorales	Non	Non	→ Risques au niveau de la sécurité pour la navigation de plaisance. → Approche peu étudiée en zone à fort marnage, donc difficile d'anticiper l'efficacité. De plus, le marnage fera en sorte que les barres seront attaquées par les vagues à bas niveau d'eau.
1f	Reprofilage de plage	Oui	Oui	→ Pour les situations d'urgence (suite à une tempête) et réalisable si suffisamment de matériaux disponibles. → Pour les sites avec peu de problématiques d'érosion, mais nécessitant une recharge occasionnelle. → Il ne s'agit pas d'une solution générale (applicable) à long terme.
<i>Matériau</i>				
-	Sable	Oui	Oui	→ Choix de la granulométrie selon les forces érosives observées. Matériau naturel (indigène) en place avant le PSBLSJ.
-	Gravier/cailloux (gravillon)	Oui	Oui	→ Choix de la granulométrie selon les forces érosives observées. Matériau naturel (indigène) en place avant le PSBLSJ.
-	Galets/pierres rondes	Non	Non	→ Les plages visées par le PSBLSJ sont à vocation récréotouristique et villégiature, donc ce choix de matériau est non approprié même si cette pratique réduisait la récurrence des travaux.
-	Combinaison de matériaux (sable et gravillon)	Oui	Oui	→ Choix de la granulométrie selon les forces érosives observées
-	Traitement des matériaux : tamisage dans sablière/gravière	Non	Oui	→ Problématique des matériaux en provenance de certaines sablières, au sud du LSJ : la plage devient compactée à cause de la présence de particules de schiste dans la matrice. À étudier et optimiser.
-	Traitement des matériaux : nettoyage des matériaux	Non	Oui	→ Il y a aussi le nettoyage des sédiments pour enlever les particules fines, mais l'opération est difficile, onéreuse et plus difficile à gérer (période propice, entreposage nécessaire, etc.).
-	Traitement des matériaux : décompactage sur plage, mise en place minimisant la compaction	Non	Oui	→ Décompactage de la plage à l'aide d'une machinerie appropriée. À étudier et optimiser.
<i>Approvisionnement de matériaux</i>				
-	Terrestre	Oui	Oui	→ Utilisation de bancs d'emprunt autorisés.
-	Dragage en lac (partir de la zone de marnage près de la rive)	Oui (avant 1977)	À l'étude	→ Dragage abandonné après 1977. → Par le passé on parlait de risques pour le public, associés à la présence de dénivelés résultant des prélèvements. Possibilité de fragiliser le profil de plage. → De tels travaux ne devraient être permis que dans des zones de forte accrétion et une attention particulière devrait être portée aux méthodes. → Les impacts écologiques sont aussi considérés comme importants.
-	Dragage en lac (emprunt subaquatique)	Non	À l'étude	→ Possible de prélever un peu plus loin. Toutefois, incertitude sur les quantités de matériaux disponibles à proximité des sites de rechargement et sur une granulométrie appropriée.
-	Zone d'accrétion en rive (emprunt en rive)	Non	Non	

Tableau6-1. Variantes possibles pour la protection et stabilisation des plages – rechargement de plage et structures connexes (suite)

No	Type d'ouvrage et matériau	Utilisation dans le cadre du PSBLSJ (actuelle ou antérieure)	Recommandé au LSJ	Justification
2	Épi			
<i>Type d'ouvrage</i>				
2a	Épi émergé	Oui	Oui	→ Technique habituelle. Particulièrement efficace quand la dérive littorale est dominante dans une direction. → Particulièrement efficace quand la dérive littorale est dominante dans une direction. → Autocompensation de l'habitat du poisson par la création de nouveaux habitats dans les interstices rocheux.
2b	Épi submergé	Oui (géotube)	Non	→ Les structures submergées sont moins efficaces au lac Saint-Jean à cause des marnages importants, rendant l'efficacité incertaine. Si les structures sont trop longues, il y a des risques au niveau de la sécurité pour la navigation de plaisance
2c	Épi Maltais-Savard	Non	Non	→ Ne permet pas l'utilisation de la plage. → Pas de bons résultats sur la Côte-Nord.
<i>Forme</i>				
-	Rectiligne avec ou sans angle (conventionnel)	Oui	Oui	→ Épis courts ou en éventail en place au lac Saint-Jean.
-	En forme de "T" ou "L" (conventionnels) ou curviligne	Oui	Oui	→ À adapter selon les conditions d'érosion et de dérive.
<i>Configuration</i>				
-	Simple	Oui	Oui	→ Rarement un seul épi, généralement en champ d'épis.
-	En champ	Oui	Oui	→ Technique habituelle.
<i>Matériau</i>				
-	Pierre (plate)	Oui	À l'étude	→ Esthétisme amélioré et acceptabilité sociale accrue. → Enjeux à l'égard de la sécurité, car les pierres plates favorisent l'utilisation par le public et les risques d'accident sont ainsi accrus. → Approvisionnement en pierres plates plus difficile.
-	Pierre (dynamitée)	Oui	Oui	→ Permet de bien choisir le gabarit de pierres, assurent la stabilité et pérennité des ouvrages.
-	Acier (murs palplanche)	Oui	Non	→ Déjà été fait par le passé, mais occasionne réflexion et courants de retour qui affectent la plage.
-	Poutre de bois	Oui	Non	→ Déjà été fait par le passé, mais occasionne réflexion et courants de retour qui affectent la plage.
-	Caisson en béton	Oui	Non	→ Déjà été fait par le passé, mais occasionne réflexion et courants de retour qui affectent la plage.
-	Blocs de béton préfabriqué (dolos)	Oui	Non	→ Trop coûteux et même performance que pierres.
-	Géotube	Oui	Oui	→ Peut être rempli par divers matériaux (sable, béton, etc.). → Intéressant notamment lorsque l'approvisionnement en pierres et roc au site à protéger est difficile (site peu accessible pour grosse machinerie).
3	Brise-lames			
<i>Type d'ouvrage</i>				
3a	Détaché, rectiligne parallèle à la rive	Oui	Oui	→ Particulièrement efficace quand il n'y a pas de dominance dans la dérive littorale. Peut parfois constituer un des éléments faisant partie du concept de « berge vivante ».
3b	Attaché à la rive (géométrie variable)	Non	Non	→ Affecte la qualité de la plage inutilement. Pas recommandé à moins de nécessité.
3c	Détaché et submergé (digue de pré-déferlement)	Non	Non	→ Peut être continu ou discontinu. Forme des plages perchées ou suspendues. Risques au niveau de la sécurité pour la navigation de plaisance (bouées requises).
3d	Flottant	Non	Non	→ Peu performant dans les secteurs énergétiques. Logistique complexe en raison de l'installation et du retrait des structures requis chaque année.
<i>Configuration</i>				
-	Simple	Oui	Oui	→ Rarement un seul, mais possible selon la configuration de la zone à protéger.
-	En série	Oui	Oui	→ Généralement en champ de brise-lames. Selon taille de la zone à protéger.
<i>Matériau</i>				
-	Pierres	Oui	Oui	
-	Géotubes	Oui	Oui	→ Déjà été fait par le passé en configuration submergée.
-	Blocs de béton préfabriqué (dolos)	Non	Non	→ Trop coûteux et même performance que pierres.
-	Bois	Non	Non	→ Pas d'intérêt, tant technique qu'économique.

Tableau6-1. Variantes possibles pour la protection et stabilisation des plages – rechargement de plage et structures connexes (suite)

No	Type d'ouvrage et matériau	Utilisation dans le cadre du PSBLSJ (actuelle ou antérieure)	Recommandé au LSJ	Justification
4	Protections enfouies et soutènement des talus			
<i>Type d'ouvrage</i>				
4a	Enfoui sous le haut de la plage	Oui	Oui	→ Pour empêcher les dommages aux propriétés dans les secteurs très vulnérables aux tempêtes. → Sert surtout pour éviter de nuire à l'esthétisme et l'attrait récréatif des lieux advenant une forte tempête.
4b	Recouvert par du sable pour former une dune	Non	Non	→ Non applicable (pas de dunes).
<i>Matériau</i>				
-	Pierres	Oui	Oui	
-	Gabions de roches	Oui	Non	→ Cette technique n'est pas assez durable dans le contexte des berges du lac Saint-Jean (testée).
-	Matelas articulés en béton	Non	Non	→ La pose de pierres, de par la disponibilité en région, demeure un choix plus approprié et moins cher.
-	Géotubes	Non	Oui	→ À évaluer lors de l'ingénierie de détail pour voir les avantages et inconvénients par rapport à la pierre
-	Géosacs	Non	Oui	→ À évaluer lors de l'ingénierie de détail pour voir les avantages et inconvénients par rapport à la pierre
-	Blocs de béton	Possiblement	Non	→ Trop coûteux et même performance que pierres
-	Tubes en matériaux biodégradables	Non	Oui	→ À évaluer lors de l'ingénierie de détail pour voir les avantages et inconvénients par rapport à la pierre
5	Drainage			
<i>Type d'ouvrage</i>				
5a	Drain parallèle à la berge et pompage de la nappe phréatique en permanence	Non	Non	→ Nécessite granulométrie spécifique. → La zone marnage est trop importante, donc technique non appropriée.
<i>Matériau</i>				
-	Acier	Non	Non	
-	Plastique	Non	Non	
6	Stabilisation du haut de plage avec végétation			
<i>Type d'ouvrage</i>				
6a	Plantation de végétaux	Non	Oui	→ Davantage pour les hauts de plage, pour contrer l'érosion éolienne. → Intérêt public pour les techniques de stabilisation qui combinent la végétation pour une meilleure intégration au paysage. → Application plutôt rare dans le PSBLSJ.
6b	Ganivelles	Oui	Oui	→ Davantage pour les hauts de plage, pour contrer l'érosion éolienne. Application plutôt rare dans le PSBLSJ.
<i>Matériau</i>				
-	Végétation indigène	?	Oui	
-	Végétation non indigène	?	Oui	→ Proscrire les espèces exotiques envahissantes (EEE).
-	Bois, arbres, souches	?	Oui	
-	Fil de métal, produits synthétiques	?	Non	
-	Tissus biodégradables	?	Oui	

Tableau 6-2. Variantes possibles pour la protection des berges – aménagement avec structures et intégration de la végétation

No	Type d'ouvrage et matériau ¹	Utilisation dans le cadre du PSBLSJ (actuelle ou antérieure)	Recommandé au LSJ	Justification
1	Murs (chasse-mer et de soutènement)			
<i>Type d'ouvrage</i>				
1a	Vertical	Oui	Oui	→ Technique de dernier recours, si aucune autre structure ne peut être mise en place et pas de possibilité d'aménager un perré. → Un mur réfléchit beaucoup l'énergie des vagues en comparaison d'un perré, provoquant un affouillement à son pied.
1b	Courbe	Non	Non	→ Pas de vagues suffisamment fortes pour justifier ce type de mur. Très coûteux et encore plus réfléchif.
1c	Avec déflecteur en crête	Oui	Non	→ Même effet que le mur en courbe. Seule différence est sur le type de construction.
1d	Terrasses (paliers)	Non	Non	→ Plus approprié de mettre en place un perré au lieu d'un mur en paliers.
<i>Matériau</i>				
-	Béton	Oui	Oui	
-	Poutrelles de bois	Oui	Oui	
-	Acier (mur de palplanches)	Non	Non	→ Ce matériau est coûteux et l'aspect esthétique est discutable.
-	Gabions de roches	Oui	Non	→ Des gabions ont été utilisés entre 1988 et 1991, mais cette technique s'est avérée peu adaptée aux conditions d'érosion observées. Cette technique s'est avérée peu durable dans le contexte du PSBLSJ (testée).
-	Pierres plates	Oui	Oui	→ Peut-être adéquat dans le cas des conditions de vagues modérées.
2	Revêtements (perrés)			
<i>Type d'ouvrage</i>				
2a	Pente linéaire et statique	Oui	Oui	→ Technique usuelle dans le cadre du PSBLSJ. Lorsque bien construits, les perrés dissipent une partie importante de l'énergie des vagues. → Les pierres composant le perré sont supposées être stables dans le temps pour des critères de conception donnés. → Les méthodes de conception de ce type d'ouvrage sont bien développées.
2b	Pente linéaire et semi-statique	Oui	Oui	→ Il est possible de concevoir des structures quasi-statiques, c'est-à-dire pour lesquelles des déformations sont tolérées lors de fortes tempêtes. → Concept généralement plus économique en raison de l'utilisation de pierres de plus petite taille. → La pente de l'ouvrage est généralement plus douce et est surtout intéressante pour des talus de faible hauteur. → La taille de pierre optimale, pour éviter des entretiens trop fréquents, est généralement obtenue par essais-erreurs.
2c	Terrasses (paliers)	Non	Oui	→ Selon conditions de terrain particulières ou lors de très fortes vagues. Les techniques 2a et 2b devraient être suffisantes dans le contexte du LSJ.
2d	Double-pente	Non	Oui	→ Selon conditions de terrain particulières ou lors de très fortes vagues. Les techniques 2a et 2b devraient être suffisantes dans le contexte du LSJ.
<i>Matériau</i>				
-	Pierres	Oui	Oui	→ Choix de roches sédimentaires ou cristallines. Généralement le plus économique, à moins de non-disponibilité à une distance raisonnable.
-	Matelas articulé en béton	Non	Non	→ Compte tenu de la disponibilité des pierres dans la région, c'est ce matériau qui sera toujours privilégié.
-	Géotubes	Non	Non	→ Reflète énergie plutôt que de la dissiper. De plus, les géotubes sont peu durables et facilement dégradables au soleil.
-	Billots ancrés (avec souches)	Non	Oui	→ Pour secteurs de faible énergie des vagues (baies, et proches des marais) là où le haut de plage n'est pas utilisé par les riverains. → Méthode qui nécessite beaucoup de manipulation pour la mise en place et la durabilité est plus faible que les protections en enrochement. → Nécessite des essais avant d'être déployé à grande échelle (pourrait être proposé comme banc d'essai).
-	Unités de béton (préfabriquées)	Oui	Non	→ Plus coûteux que les pierres et moins esthétique. Généralement utilisé pour les brise-lames quand le tonnage des unités requis ne peut être produit en carrière.
-	Combinaison de matériaux	Oui	Oui	→ Il arrive que des méthodes soient combinées lors de réfection d'ouvrage.

Tableau 6-2. Variantes possibles pour la protection des berges – aménagement avec structures et intégration de la végétation (suite)

No	Type d'ouvrage et matériau	Utilisation dans le cadre du PSBLSJ (actuelle ou antérieure)	Recommandé au LSJ	Justification
3	Végétalisation des ouvrages			
<i>Type d'ouvrage</i>				
3a	Revêtement végétalisé de la crête au pied du talus	Oui	Oui, avec restriction	<ul style="list-style-type: none"> → Différents types d'ouvrages existent, avec des composantes et géométries diverses (mur, revêtement, paliers). → Pas recommandé pour les secteurs donnant sur le lac en raison de l'énergie trop forte des vagues. → Pourrait être accepté dans les marais. → Intérêt public pour les techniques de stabilisation qui combinent la végétation pour une meilleure intégration au paysage.
3b	Protection primaire (enrochement) + protection secondaire (végétation)	Oui	Oui	<ul style="list-style-type: none"> → Végétation mise en place en crête d'ouvrage, car trop d'énergie (vagues, glaces, etc.) en deçà. → Le niveau d'énergie sur le pourtour du LSJ est trop élevé pour employer des végétaux seuls. → Intérêt public pour les techniques de stabilisation qui combinent la végétation pour une meilleure intégration au paysage.
<i>Matériau</i>				
-	Pierres	Oui	Oui	→ Enrochements végétalisés.
-	Bois	Non	Oui	<ul style="list-style-type: none"> → Caissons végétalisés. → Dans marais et sites de faible énergie (embouchure des cours d'eau non affectés par les vagues)
-	Gabions	Oui	Non	→ Terramesh, pour sites de très faible énergie.
-	Géotextiles biodégradables	Oui	Oui	<ul style="list-style-type: none"> → Boudins, géonattes, envirolok, etc. → Pour sites de très faible énergie.
-	Combinaison de matériaux	Oui	Oui	
4	Berges vivantes			
<i>Type d'ouvrage</i>				
4a	Berge vivante	Oui (marais Saint-Gédéon ?)	Oui	<ul style="list-style-type: none"> → Peut être utilisée uniquement dans les zones où l'énergie érosive est faible (baies peu exposées, marais). → Technique qui intègre plusieurs zones d'habitat à l'intérieur d'un même système. Il s'agit d'un aménagement qui allonge la bande riveraine en recréant une transition naturelle entre les écosystèmes terrestres et aquatiques. La section la plus éloignée de la rive est composée d'arbres et arbustes qui stabilisent la berge située au-dessus du niveau d'eau maximal et limite l'érosion liée au ruissellement. Dans la zone sujette aux variations des niveaux d'eau, des marais ou des plages sont aménagés à l'abri de brise-lames pour réduire la profondeur et ainsi dissiper l'énergie résiduelle des vagues. Des plantes aquatiques sont plantées sous le niveau minimal afin de stabiliser les sédiments. De tels aménagements créent des habitats le long des rives. → Intérêt public pour les techniques de stabilisation qui combinent la végétation pour une meilleure intégration au paysage. → Utilisable dans les marais et les secteurs de forces érosives faibles. → Pourrait être proposé comme banc d'essai.
<i>Matériau</i>				
-	Brise-lames (pierres, géotubes, géotextile, etc.)	Non	Oui	
-	Semis de plantes adaptées aux conditions	Non	Oui	
-	Filet ou géotextile biodégradables	Non	Oui	
-	Sable et matière organique	Non	Oui	

7 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABRAHAMS. 2006. *Sustainable Shorelines: the management and revegetation of drawdown zones*. Journal of Practical Ecology and Conservation. Vol 6 (1), p. 37-51.
- ADFG. 1995. *Streambank Revegetation and Protection: A Guide for Alaska*. Alberta Department of Fish and Game.
- ALCAN. 1996. *Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. Annexe 1 – Envergure et efficacité des travaux*. 120 p. et annexes.
- ALCAN. 2007. *Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. Rétrospective 1996-2006*. 108 p. et annexes.
- BAIRD. 2011. *Lake Huron Shoreline Management Plan Update*. W.F. Baird & Associates Coastal Engineers Ltd.
- BAKKER, W.T. et al. 1973. *Artificial seaweed Coastal and submarine-pipeline protection studies with stretched polypropylene foam strands*. La Houille Blanche, no 8, pp. 661-676.
- BRAY, R.N., BATES, A.D., & LAND, J.M. 1997. *Dredging: A handbook for engineers, Second edition*. Boston: Butterworth-Heinemann.
- CHEW. 2014. *Engineered Shoreline Protection*. American Shore and Beach Preservation Association's 2014 National Coastal Conference: "Promoting Healthy Coasts". 14-17 septembre 2014, Virginia Beach.
- CIRIA. 2007. *The Rock Manual: The use of rock in hydraulic engineering (2nd edition)*. C683, CIRIA London.
- CIRIA. 2010. *Beach management manual*. Second Edition. C685.
- CONSULTANT LAURIE GAUTHIER ENR. 2014. *Projet-Pilote « ROLODUNE ». Étude de faisabilité pour la stabilisation des berges sur le territoire de la Côte-Nord*. Développée par Consultant Laurie Gauthier enr. et présentée par la Corporation de développement de Pointe-Label. 20 p. et annexes.
- CONSULTANTS RSA. 1991. *Bilan à mi-programme de 1986 @ 1990 inclusivement du programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean*. 95 p.
- CONSULTANTS RSA. 1996. *Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean – Annexe 1 – Envergure et efficacité des travaux*. 120 p.
- DEAN, R.G. & DALRYMPLE, R.A. 2002. *Coastal Processes with Engineering Applications*. Cambridge University Press. 475 p.
- DEAN, R.G. 2002. *Beach Nourishment – Theory and Practice*. Advanced Series on Ocean Engineering – Volume 18. 399 p.
- DELSI. 2011. *Practitioner's Guide – Selfish-Based Living Shorelines for Salt Marsh Erosion Control and Environmental Enhancement in the Mid-Atlantic*. Delaware Estuary Living Shoreline Initiative.
- ENVIROLOK. *Murs de soutènement végétalisés*. <http://www.envirolok.com>. Page consultée le 7 janvier 2015.
- ENVIRONNEMENT CANADA. 1992. *Guide pour le choix et l'opération des équipements de dragage et des pratiques environnementales qui s'y rattache*. Division des technologies de restauration. Direction du développement technologique – Centre Saint-Laurent. 81 p.

- FULLER, J.A. 2002. *Bank recession and lakebed downcutting; response to changing water levels at Maumee Bay State Park, Ohio*. Journal of Great Lakes Research, 28(3), pp. 352-361.
- GAFFNEY et al. 2014. *Design and Performance of Breakwater for Environmental Restoration*. American Shore and Beach Preservation Association's 2014 National Coastal Conference: "Promoting Healthy Coasts". 17 septembre 2014, Virginia Beach.
- HOLMBERG TECHNOLOGIES. 1999. <http://www.erosion.com/index.asp>. Page consultée le 17 décembre 2014.
- ISMAIL, HADIBAH. 2003. *Value-added Shore Protection Structures for Enhancement of the Marine Ecosystem Services*. Technical Seminar on Shoreline Management.
- KILIBARDA, Z. & SHILLINGLAW, C. 2014. *A 70 year history of coastal dune migration and beach erosion along the southern shore of Lake Michigan*. Aeolian Research.
- LAMBERT et al. 2005. *Watertable monitoring on a beach equipped with dewatering system: relationship between watertable elevation and beach morphology, preliminary results*. 4th IAHR symposium on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics, October 4-7, Urbana Illinois, USA.
- LORANG, M.S., KOMAR, P.D. & STANFORD, J.A. 1993. *Lake level regulation and shoreline erosion on Flathead Lake, Montana: A response to the redistribution of annual wave energy*. Journal of Coastal Research, 9(2), pp. 494-508.
- MACCAFERRI. *Système Terramesh* ®. Dépliant promotionnel consulté le 15 janvier 2015.
- MANITOBA CONSERVATION. 2001. *Lake Winnipeg Shoreline Management Handbook*. 79 p. and appendices.
- MARCHAND, M., THRINH Thi Long, SAWARENDO. 2012. *Adaptive water management for Delta regions: Towards GREEN water defense in East Asia*. Delft, report 1205471.
- MARSAN, A. & ASSOCIÉES. 1983. *Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. Étude d'impact sur l'environnement et le milieu sociale. Rapport synthèse – Tome 1. Le milieu, le phénomène d'érosion et l'analyse de diverses options de gestion des niveaux du lac*. 261 p.
- MDE. 2008. *Shore Erosion Control Guidelines*. Maryland Department of the Environment, Water Management Administration. 2nd Edition.
- NORDSTROM, K.F. & JACKSON, N.L. 2012. *Physical processes and landforms on beaches in short fetch environments in estuaries, small lakes and reservoirs: A review*. Earth-Science Reviews, 111(1-2), pp. 232-247.
- NOURI Y. et SHEPISIS, V. 2014. *U.S. Development & Analysis of Bioengineering Alternative for Erosion Control*. ASBPA 2014 National Coastal Conference: "Promoting Healthy Coasts". 14-17 septembre 2014, Virginia Beach.
- ONTARIO MINISTRY OF NATURAL RESOURCES. 2014. *Working along the shore: A Professional's Guide to Healthy Shoreline Management for Lake Simcoe*. Durrerin Simco Land Stewardship Network.
- PHILLIPS, B.A.M. & RASID, H. 1996. *Impact of lake level regulation on shoreline erosion and shore property hazards: the binational case experience of Lake of the Woods*. GREAT LAKES GEOGRAPHER, 3, pp. 11-28.
- PILKEY, O.H. & COOPER, A.G. 2014. *The Last Beach*. Durham, NC: Duke University Press.
- RUOL, P. 2013. *Floating Breakwater*. Coastal Wiki. Page consultée le 12 décembre 2014. http://www.coastalwiki.org/wiki/Floating_breakwaters

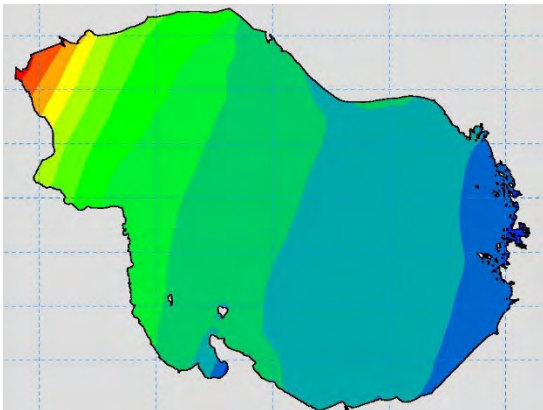
- SERVOLD et al. 2014. *Investigation of Design Elements Used to Develop Successful Living Shorelines in Alabama*. American Shore and Beach Preservation Association's 2014 National Coastal Conference: "Promoting Healthy Coasts". 14-17 septembre 2014, Virginia Beach.
- SHOREGRO. <http://www.shoregro.com>. Page consultée le 18 décembre 2014.
- SILVESTER, R. AND HSU, J.C.R. 1997. *Coastal stabilization: Advanced series on ocean engineering*, Vol. 14. Singapore: World Scientific.
- STATE OF NEW YORK. 2013. *Community Resilience Techniques – A compilation of approaches used to increase resilience*. Rapport technique.
- STAUBLE, D.K. et TABAR, J.R. 2003. *The Use of Submerged Narrow-Crested Breakwaters for Shoreline Erosion Control*. Journal of Coastal Research, Vol. 19, No. 3, 2003
- SUMMIT. 2007. *Shuswap River Project Water Use Plan. Sugar Lake Reservoir Shoreline Erosion Study (Year 1)*. Rapport de Summit Environmental Consultants Ltd. à BC Hydro and Power Authority. 18 p. et annexes.
- TENCATE. 2013. <http://www.tencate.com/amer/geosynthetics/solutions/marine-structures/applications.aspx>. Page consultée le 17 décembre 2014.
- TERRA EROSION CONTROL LTD. Projet Outfall 56, à Edmonton. <http://www.terraerosion.com/CityofEdmonton-Outfall56.htm>. Page consultée le 15 mai 2015.
- TMWC. 2007. *Understanding, Living with & Controlling Shoreline Erosion*. A Guidebook for Shoreline Property Owners. 3rd edition. Tip of the Mitt Watershed Council. 64 p. and appendices.
- UNESCO. <http://www.unesco.org/csi/act/cosalc/shore-ero.htm>. Page consultée le 18 décembre 2014.
- UQAR. 2001. http://www.uqar.ca/files/urq/2001/la_concertation_outils_a_la_recherche_et_au_developpement_-_nicolas_roy.pdf. Page consultée le 17 décembre 2014.
- USACE. 2008. *Coastal Engineering Manual*. U.S. Army Corps of Engineers.



PROGRAMME DE STABILISATION DES BERGES DU LAC ST-JEAN (2016-2026)

Étude et modélisation de l'érosion
des berges – Synthèse pour les trois sites
spécifiques (Dolbeau-Mistassini,
Métabetchouan, Saint-Henri-de-Taillon
Nord)

R0024-2



Préparé pour:

Rio Tinto Alcan

Rio Tinto Alcan



30 septembre 2015

No référence lasalle | NHC 08000118

**PROGRAMME DE STABILISATION DES BERGES DU LAC SAINT-JEAN
(2016-2026)
ÉTUDE ET MODÉLISATION DE L'ÉROSION DES BERGES**

**SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DE MODÉLISATION POUR LES SECTEURS
DE DOLBEAU-MISTASSINI, MÉTABETCHOUAN ET SAINT-HENRI-DE-
TAILLON NORD**

R.0024-2

Préparé pour:

Rio Tinto Alcan
Québec

Préparé par:

Lasalle | NHC
Montréal, Québec

30 septembre 2015

Préparé par:



Tristan Aubel, ing., M.Ing.
Ingénieur de projets, associé



Nicolas Gallant, ing. jr, M.Ing.

CLAUSE DE LIMITATION DE RESPONSABILITÉ.

Ce document a été préparé par Lasalle|NHC de façon conforme aux bonnes pratiques d'ingénierie et est destiné à l'usage exclusif de la firme **Rio Tinto Alcan** et de leurs représentants autorisés dans le cadre spécifique du projet **Programme des stabilisation des berges du lac Saint-Jean (2016-2026) - Étude et modélisation de l'érosion des berges**. Le contenu de ce document ne peut être appliqué ou utilisé, en tout ou en partie, par ou à l'avantage d'autres parties sans l'autorisation écrite de Lasalle|NHC. Aucune autre garantie, expresse ou tacite, n'est accordée.

Lasalle|NHC et ses directeurs, associés, employés et mandataires n'assument aucune responsabilité à l'utilisation ou au recours du présent document ou de son contenu par des parties autres que **Rio Tinto Alcan**.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES	I
LISTE DES FIGURES.....	II
LISTE DES TABLEAUX	II
1 INTRODUCTION.....	1
2 RÉSUMÉ DE L’APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE	2
3 CARACTÉRISATION DES SITES ET PROBLÉMATIQUES	4
3.1 Site de Dolbeau-Mistassini.....	4
3.1.1 Caractérisation du site – État de référence	4
3.1.2 Analyse des variantes proposées.....	7
3.1.3 Transport transversal.....	10
3.2 Site de Métabetchouan – Secteur principal.....	12
3.2.1 Caractérisation du site – état de référence	12
3.2.2 Analyse des variantes proposées.....	15
3.2.3 Transport transversal.....	18
3.3 Site de Saint-Henri Nord	19
3.3.1 Caractérisation du site – État de référence	19
3.3.2 Analyse des variantes proposées.....	23
3.3.3 Transport transversal.....	25
4 ANALYSE DES DIFFÉRENTS SCÉNARIOS DE GESTION DU NIVEAU D’EAU	27
5 ANALYSE DU PROLONGEMENT DE LA PÉRIODE D’EAU LIBRE ENGENDRÉ PAR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES	33
6 CONCLUSIONS.....	35

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Roses des vagues pour Dolbeau-Mistassini.....	4
Figure 2 : Identification des zones problématiques pour Dolbeau-Mistassini.....	6
Figure 3 : Efficacité des interventions proposées - Zones des bornes 100 et 40 de Dolbeau-Mistassini	8
Figure 4 : Évolution de la position du trait de côte des rechargements à la zone de la borne 60	10
Figure 5: Roses des vagues pour Métabetchouan – Secteur principal	12
Figure 6: Identification des zones problématiques pour Métabetchouan – Secteur principal.....	14
Figure 7: Efficacité des épis aménagés par Rio Tinto Alcan en 2014 à la zone de la borne 3	15
Figure 8: Performance des aménagements proposés par WSP à la zone de la borne 19.....	17
Figure 9 : Efficacité des ouvrages aménagés par Rio Tinto Alcan en 2012 dans la zone de la borne 35	18
Figure 10: Roses des vagues pour Saint-Henri Nord	20
Figure 11: Schématisation du site de Saint-Henri Nord aux bornes 17 et 27	20
Figure 12: Identification des zones problématiques pour Saint-Henri Nord	22
Figure 13: Efficacité des variantes proposées par WSP pour le secteur de la borne 15.....	23
Figure 14: Efficacité des variantes proposées par WSP pour la zone de la borne 26	24
Figure 15 : Scénarios alternatifs de gestion du niveau d'eau.....	27
Figure 16 : Comparaison entre les profils des 3 secteurs à l'étude	31

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Comparaison des variantes d'aménagements pour les zones des bornes 100 et 40.....	7
Tableau 2: Comparaison des variantes d'aménagements pour la zone de la borne 60	9
Tableau 3 : Volume érodé vers le large pour différents événements de tempête à des niveaux d'eau différents. Secteur de Dolbeau-Mistassini.....	11
Tableau 4: Comparaison des aménagements entre les variantes pour la zone de la borne 3	15
Tableau 5: Comparaison des variantes pour la zone de la borne 19	16
Tableau 6: Volume érodé vers le large pour différents événements de tempête à des niveaux d'eau différents. Secteur de Métabetchouan Est.....	19
Tableau 7 : Comparaison des variantes pour la zone de la borne 15	23
Tableau 8: Comparaison des aménagements entre les variantes pour la zone de la borne 26	24
Tableau 9: Volume érodé vers le large pour différents événements de tempête à des niveaux d'eau différents. Secteur de Saint-Henri Nord1	25
Tableau 10: Volume érodé vers le large pour différents événements de tempête à des niveaux d'eau différents. Secteur de Saint-Henri Nord2.....	26
Tableau 11 : Contraintes en termes de niveaux d'eau maximums	27
Tableau 12: Effet du scénario de gestion du niveau d'eau sur le transport longitudinal (23 ans).....	28
Tableau 13: Effet du scénario de gestion du niveau d'eau sur le transport transversal.....	30
Tableau 14 : Prolongement de la période d'eau libre.....	33
Tableau 15 : Effet du prolongement de la période d'eau libre – Transport longitudinal	34

1 INTRODUCTION

Rio Tinto Alcan procède actuellement à la réalisation de différentes études dans le but de poursuivre son Programme de Stabilisation des Berges du Lac Saint-Jean (PSBLSJ), lequel fait l'objet d'un décret émis initialement par le Gouvernement du Québec en 1986, qui a été reconduit en 1996 puis en 2006. Ce décret précise les paramètres du PSBLSJ et fixe le mode de gestion du niveau du lac Saint-Jean.

En vue de bien préparer les démarches qui mèneront à la définition de la prochaine entente, Rio Tinto Alcan souhaite mettre à jour les moyens d'étude et de modélisation mis en œuvre pour quantifier l'érosion des berges, évaluer les interventions potentielles pour la limiter ainsi que d'évaluer différents modes de gestion des niveaux du lac et leur impacts sur l'érosion.

Dans le cadre de ce programme, Lasalle|NHC a été mandaté pour réaliser les travaux de modélisation numérique visant à caractériser de manière détaillée les principaux secteurs de plage du lac et en particulier les sites soumis à une érosion récurrente.

Le présent rapport constitue une synthèse des résultats obtenus pour les trois sites spécifiques identifiés par Rio Tinto Alcan, soit Dolbeau-Mistassini, Métabetchouan, secteur principal, et Saint-Henri de Taillon Nord. La section 2 résume brièvement l'approche méthodologique adoptée. La section 3 présente une caractérisation des trois sites spécifiques d'après les résultats des simulations et des données disponibles. L'étude de variantes d'aménagement visant à atténuer l'érosion est également présentée dans ce chapitre. La quatrième section est consacrée à l'analyse de l'effet du niveau d'eau sur l'érosion des berges, notamment en analysant l'impact des scénarios de gestion du niveau d'eau proposés par Rio Tinto Alcan. Finalement, la dernière section traite de la répercussion des changements climatiques sur la problématique de l'érosion, par le biais de l'allongement de la période d'eau libre.

2 RÉSUMÉ DE L'APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

L'approche méthodologique générale de modélisation consiste en la mise en œuvre de trois types de modèles numériques permettant de calculer les différents paramètres entrant en jeu dans l'érosion des berges :

- Une approche bidimensionnelle globale pour obtenir les champs de niveaux d'eau (surcotes et décotes pour des épisodes de tempêtes) et de vagues sur l'ensemble du lac pour une période de 23 ans (modules HD et SW de la suite MIKE 21 développée par la firme danoise *DHI Water & Environment (DHI)*). Les résultats des simulations avec ces modèles ont servi d'intrant aux modèles de transports sédimentaires sous l'action des vagues;
- Une approche filaire (*one-line*) pour modéliser l'évolution à long terme de la position de la ligne de côte résultant du transport longitudinal induit par la série chronologique complète des vagues (modules LITLINE ou *CoastlineEvolution* de la suite LITPACK développée par la firme DHI). L'intégration d'ouvrages de contrôle du transport longitudinal a été évaluée à l'aide de ce modèle.
- Une approche unidimensionnelle pour modéliser le transport transversal conduisant à une modification morphologique du profil de plage sous l'action des vagues de tempête (module LITPROF de la suite LITPACK développée par la firme DHI). Ce type de modèle est généralement conçu pour simuler des événements de tempête à court terme (plusieurs jours, voire semaines). Les projections à plus long terme sont le résultat d'extrapolations.

Les modèles bidimensionnels ont été calibrés sur la base de mesures in-situ de vagues et de niveaux d'eau. Les modèles filaire et unidimensionnel ont été calibrés uniquement à l'aide des mesures d'arpentage annuel des plages (position de la ligne de côte par rapport aux bornes inamovibles).

L'analyse des vagues à l'approche de chacun des sites étudiés a permis dans un premier temps de caractériser l'énergie des vagues incidentes et la direction dominante du transport longitudinal de sédiments. La série chronologique complète des vagues sur la période de 23 ans (1992-2014) a servi de base à la modélisation du transport longitudinal.

Les données de vagues ont ensuite été traitées pour identifier les périodes de tempêtes couvrant une large gamme d'intensité (en termes d'énergie) de périodes de récurrence allant de 1 à 15 ans. Ces épisodes de tempête ont servi de base à l'analyse du transport transversal. La section 3.1.3 présente plus en détails certaines hypothèses de calcul sur l'exemple du site de Dolbeau-Mistassini.

Une série de simulations-types a permis de couvrir les aspects suivants :

- Établissement de l'état de référence (conditions passées);

- Évaluation de l'efficacité d'ouvrages existants et futurs pour contrôler l'érosion longitudinale;
- Évaluation de l'impact de l'allongement de la période d'eau libre défini dans le cadre des changements climatiques;
- Évaluation de l'impact des scénarios alternatifs de gestion du niveau d'eau.

3 CARACTÉRISATION DES SITES ET PROBLÉMATIQUES

3.1 Site de Dolbeau-Mistassini

3.1.1 Caractérisation du site – État de référence

La figure 1 illustre les roses des vagues aux deux extrémités du secteur modélisé de Dolbeau-Mistassini. À l'est du site, la direction sud-ouest apparaît dominante alors qu'à l'ouest du site, la direction sud-est est dominante. La composante longitudinale (orientée parallèlement à la côte) de l'énergie des vagues incidentes est estimée à 50% de l'énergie totale calculée sur la base de la série chronologique horaire des vagues à l'approche du site sur la période 1992-2014. Ce ratio traduit le fait que le secteur de Dolbeau-Mistassini est exposé à une large gamme de direction de vagues.

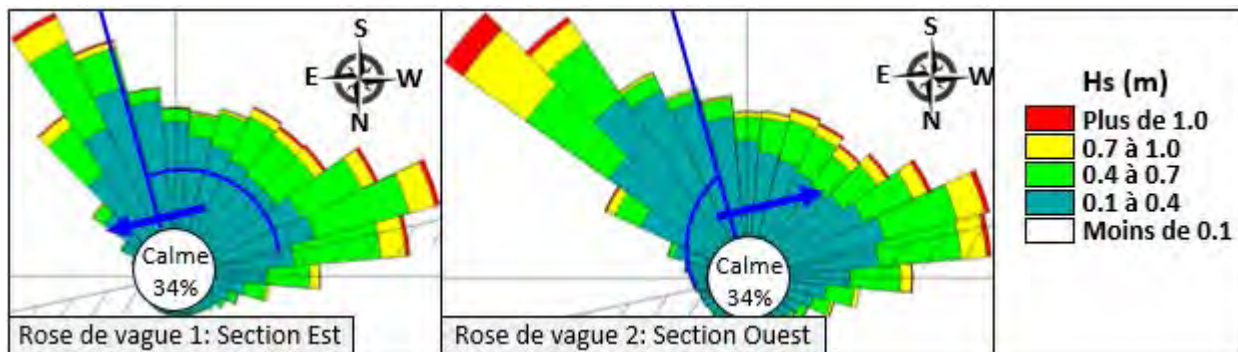


Figure 1 : Roses des vagues pour Dolbeau-Mistassini

Le graphique de la Figure 2, qui traduit les résultats de la simulation de l'état de référence, indique la direction du transport sédimentaire en tout point du secteur d'intérêt qui s'étend sur près de 9 km. Sur ce graphique, un transport littoral positif (axe des ordonnées de droite) indique un transport littoral vers la droite (ouest) alors qu'une valeur négative équivaut à un transport vers la gauche (est). De plus, une pente positive (ou gradient positif) de cette courbe de transport résulte en une érosion alors qu'une pente négative (ou gradient négatif) engendre une accrétion.

Selon les résultats de la simulation de l'état actuel, il est possible d'identifier trois sites particulièrement soumis à l'érosion pour Dolbeau-Mistassini : zone de la borne 100 (BI 99 à BI 108), zone de la borne 60 (BI 59 à BI 66) et zone de la borne 40 (BI 34 à BI 46). Ces trois sites sont caractérisés par un fort gradient positif du transport littoral conduisant donc à une érosion accrue. L'ensemble des données disponibles présentées à la figure 2, soit les images satellites, la fréquence des rechargements et l'arpentage des plages, mettent également en évidence la même tendance problématique à l'érosion dans les trois secteurs identifiés. Rappelons que le modèle a été calibré sur la base des données d'arpentage des plages.

Les secteurs des bornes 100 et 40 sont caractérisés par un transport unidirectionnel (vers l'ouest pour le secteur de la borne 100 et vers l'est pour le secteur de la borne 40) alors que le secteur de la borne 60

est caractérisé par un transport divergent au niveau de la borne 62, soit vers l'est à l'est de cette borne et vers l'ouest à l'ouest de cette borne (voir figure 2).

L'impact du transport longitudinal sur l'érosion au site de Dolbeau-Mistassini indique que les trois secteurs identifiés pourraient bénéficier d'intervention permettant de réduire l'érosion. Des variantes d'aménagement ont été proposées par la firme WSP, également en charge de l'étude d'impact sur l'environnement dans le cadre du PSBLSJ. Ces variantes d'aménagement ainsi que les résultats des simulations correspondantes sont présentés à la section suivante.

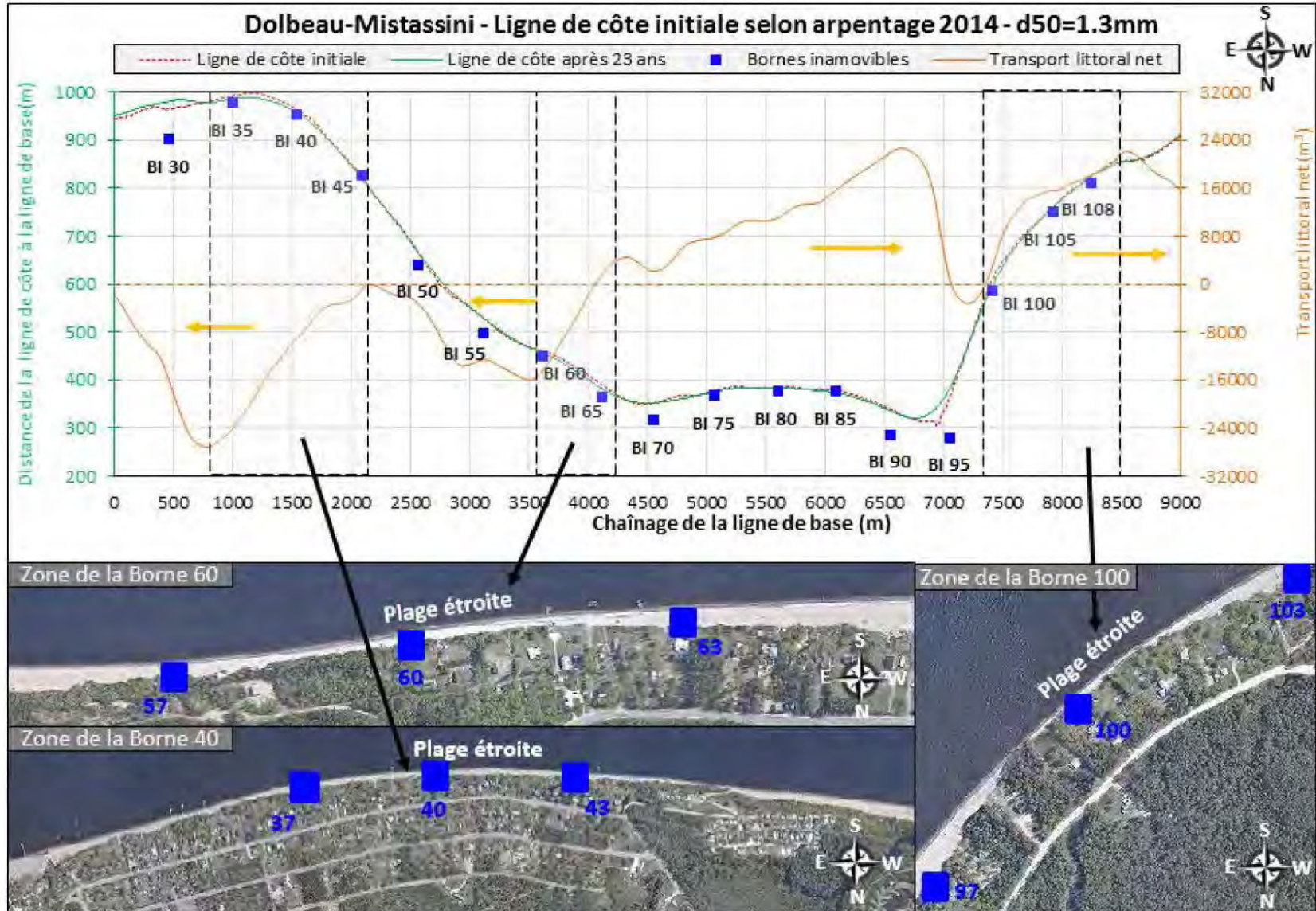


Figure 2 : Identification des zones problématiques pour Dolbeau-Mistassini

3.1.2 Analyse des variantes proposées

Zone de la borne 100 et zone de la borne 40

Les problématiques identifiées dans les secteurs des bornes inamovibles 100 et 40 sont relativement analogues et peuvent trouver des mesures de mitigation similaires. Ces mesures se traduisent par la mise en œuvre de champs d'épis ayant pour objectif de réduire le transport littoral responsable de l'érosion. Pour chacun de ces deux secteurs, deux variantes de champs d'épis proposées par WSP ont été simulées. Une troisième variante impliquant seulement un rechargement de 100 t/m sur 600 m a été comparée aux deux premières. Le tableau 1 présente brièvement les caractéristiques des variantes et résume les résultats obtenus en termes de volume érodé depuis la ligne de côte initiale.

Tableau 1: Comparaison des variantes d'aménagements pour les zones des bornes 100 et 40

Zone de la borne 100							
	Rechargement total (m ³)	Longueur cumulée des épis (m)	Longueur cumulée des brise-lames (m)	Nombre d'épis	Nombre de brise-lames	Volume érodé en 23 ans depuis la ligne de côte 2014 (m ³)	Écart par rapport à la référence
Référence	-	-	-	-	-	26 000	-
Variante 1	33 000	620	0	7	0	27 000	+4%
Variante 2	37 000	570	0	10	0	21 000	-19%
Variante 3	38 000	0	0	0	0	6 000	-77%
Zone de la borne 40							
	Rechargement total (m ³)	Longueur cumulée des épis (m)	Longueur cumulée des brise-lames (m)	Nombre d'épis	Nombre de brise-lames	Volume érodé en 23 ans depuis la ligne de côte 2014 (m ³)	Écart par rapport à la référence
Référence	-	-	-	-	-	28 000	-
Variante 1	35 000	620	0	7	0	17 000	-39%
Variante 2	44 000	570	0	10	0	15 000	-46%
Variante 3	38 000	0	0	0	0	6 000	-79%

Parmi les variantes d'épis proposées par WSP, celles présentant un plus grand nombre d'épis plus courts et davantage rapprochés (variante 2) offrent une meilleure protection du trait de côte. Ces épis, étant plus courts, permettent plus de transit, ce qui atténue l'ampleur des figures sédimentaires (érosion et accrétion). La figure 3 illustre la position de la ligne de côte au terme des 23 ans de simulation pour les deux secteurs d'intérêt.

À l'extrémité ouest du secteur de la borne 100, les résultats indiquent une érosion marquée typique de l'aval d'un champ d'épis soumis à un transport important. En effet le secteur situé à l'aval du champ d'épis étant toujours soumis à un transport relativement important (voir figure 2), le gradient de transport devient alors plus marqué puisque l'apport de matériaux de l'est est en grande partie bloqué par les épis. Ces derniers conduisent donc à déplacer l'érosion vers une zone a priori moins problématique.

Actuellement, dans le secteur de la borne 40, la zone en aval (à l'est) des épis proposés est une zone d'accrétion présentant un transport relativement faible (vers la borne 30). Ainsi, la présence des épis

conduit à une érosion moins marquée que dans le secteur de la borne 100. Cela explique en partie la réduction plus importante du volume érodé dans le secteur de la borne 40 par rapport au secteur de la borne 100.

Les résultats obtenus avec la variante de rechargement sans épis (variante 3) montrent que la ligne de côte peut être relativement bien protégée dans le secteur en érosion au terme de la période de référence de 23 ans. Contrairement aux champs d'épis, le régime de transport longitudinal n'est pratiquement pas influencé par le rechargement et il n'y a ainsi pas de zone d'érosion importante à l'une des extrémités du secteur d'intérêt. Toutefois, le rechargement simulé a été étalé sur 600 m centré autour du point le plus problématique de chacun des deux secteurs (soit vis-à-vis de la borne 101 dans un cas et vis-à-vis de la borne 38 dans l'autre), ce qui ne permet pas de protéger adéquatement les zones adjacentes de plage étroite, comme par exemple aux abords des bornes 106 ou 44 à 46. À volume égal, il pourrait être judicieux d'étaler le rechargement sur une plus grande distance. Soulignons finalement que ce type de variante offre un profil longitudinal de plage plus uniforme que les variantes présentant des épis.

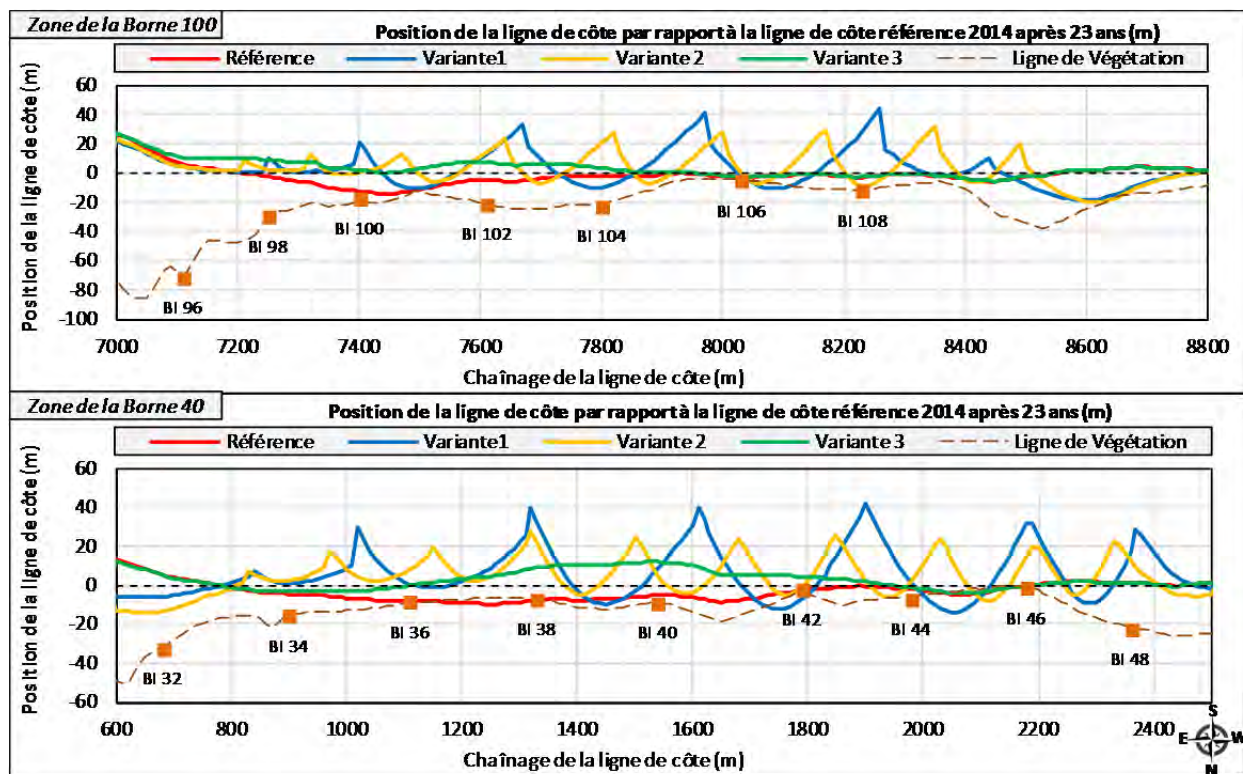


Figure 3 : Efficacité des interventions proposées - Zones des bornes 100 et 40 de Dolbeau-Mistassini

Zone de la borne 60

Ce secteur est caractérisé par un transport longitudinal divergent conduisant à une érosion notable. Dans ce cas, des variantes de rechargement impliquant différents volumes et différentes répartitions ont été simulées. Le tableau 2 présente brièvement ces variantes et résume les résultats des simulations.

Tableau 2: Comparaison des variantes d'aménagements pour la zone de la borne 60

	Rechargement total	Longueur cumulée des épis (m)	Longueur cumulée des brise-lames (m)	Nombre d'épis	Nombre de brise-lames	Volume érodé en 23 ans depuis la ligne de côte 2014 (m ³)	Écart par rapport à la référence
Référence	-	-	-	-	-	20 000	-
Variante 1	16 000 m ³ Sur 500 m	0	0	0	0	4 000	-80%
Variante 2	32 000 m ³ Sur 1000 m	0	0	0	0	≈0	-100%
Variante 3	16 000 m ³ Sur 250 m	0	0	0	0	5 000	-75%

Le tableau 2 montre que la variante 2 offre une protection supérieure de la plage. Cependant, son volume total de rechargement est le double des deux autres variantes. Ainsi, il devient intéressant d'effectuer une comparaison plus approfondie des variantes 1 et 3 puisque ces variantes possèdent le même volume de matériaux, mais étalé différemment.

Le graphique 1 de la figure 4 montre que le rechargement concentré sur la borne 62 (variante 3) offre une protection supérieure de la plage vis-à-vis de cette borne. En revanche, le taux de recul de la plage pour la variante 3 est non-linéaire, contrairement aux deux autres variantes : recul plus rapide en début de période pour se rapprocher du taux de recul de la variante 1 en fin de période. À long terme, il est donc plus judicieux d'étaler le rechargement sur une plus longue distance (variante 1). De plus, les résultats présentés au tableau 2 indiquent que la variante 1 conduit à de plus faibles volumes d'érosion. Cette érosion est principalement localisée aux extrémités du rechargement.

Les résultats des simulations montrent que les trois variantes offrent une protection de la plage pour une durée supérieure à 15 ans dans le cas d'une érosion longitudinale. Un rechargement étalé sur une plus longue distance offre un meilleur rendement dans le cas de la zone de la borne 60.

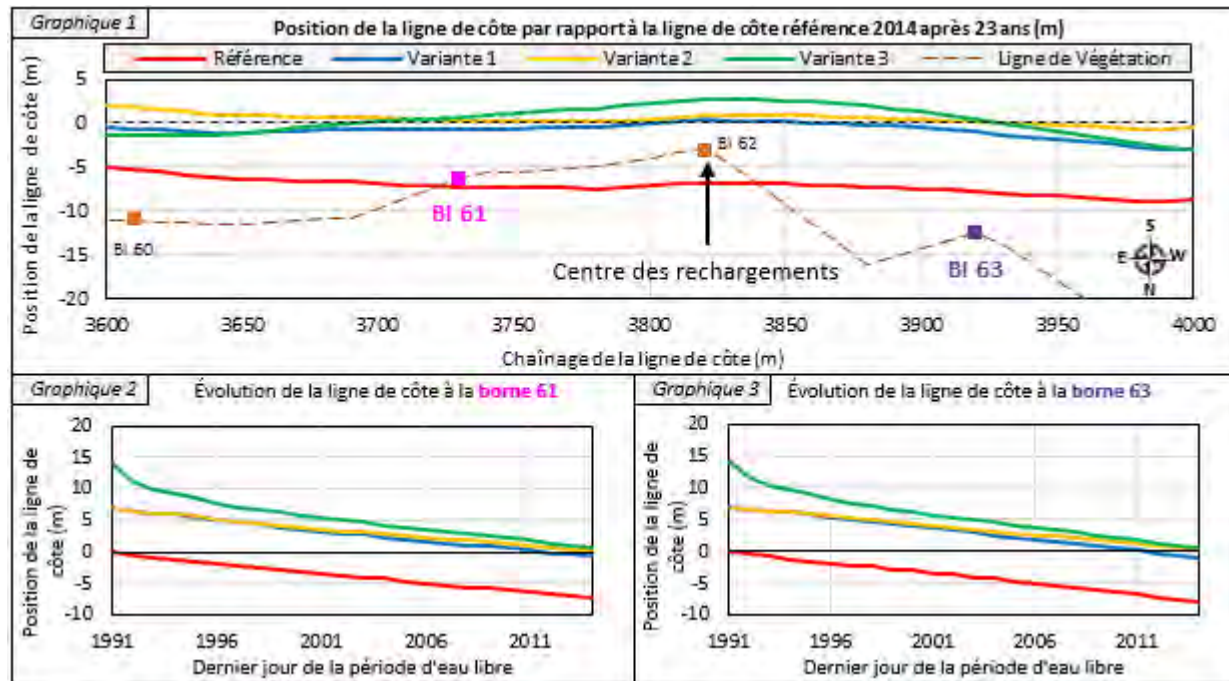


Figure 4 : Évolution de la position du trait de côte des rechargements à la zone de la borne 60

3.1.3 Transport transversal

Tel qu'indiqué à la section 2, les modèles utilisés dans le cadre de l'évaluation du transport transversal et de l'évolution morphologique du profil de plage sont généralement opérés sur la base de tempêtes. Ainsi, une série de 5 événements de vagues d'une durée de 72 heures, couvrant des périodes de retour allant de 1 à 15 ans, a été définie. Des simulations pour chacun de ces événements ont été effectuées sous différents niveaux d'eau afin d'établir les volumes érodés de la plage vers le large. Le tableau 3 indique les valeurs obtenues pour chaque cas simulé.

Les résultats montrent que l'érosion due au transport transversal devient significative au site de Dolbeau-Mistassini pour des niveaux d'eau supérieurs à 14 pieds (100,78 m). Cela peut effectivement s'expliquer par la configuration du profil typique du secteur qui est caractérisée par une pente relativement raide, de 6,5% en moyenne entre les élévations 101,55 m et 100,5 m, mais qui s'adoucit rapidement pour atteindre une moyenne de 0,5% jusqu'à une élévation de 98,3 m. La pente s'adoucit davantage en deçà de cette élévation (voir figure 16, section 4). Ainsi, les pentes sont telles que pour des niveaux d'eau inférieurs à 14 pieds, le transport n'est pas significatif, comme en atteste les valeurs portées au tableau 3.

Tableau 3 : Volume érodé vers le large pour différents événements de tempête à des niveaux d'eau différents. Secteur de Dolbeau-Mistassini.

	Volume érodé vers le large (m ³ /m)					
	Niveau d'eau en pieds					
Période de récurrence*	17.5	16.5	15.5	14.0	12.0	9.5
15	6.3	4.1	2.2	0.4	0.0	0.0
10	5.7	3.5	1.9	0.4	0.0	0.0
5	6.3	3.6	2.0	0.3	0.1	0.0
2	5.3	3.5	2.0	0.5	0.1	0.0
1	4.6	3.3	1.9	0.4	0.0	0.0

*Récurrence des événements de vagues de tempête à Dolbeau-Mistassini, basé sur l'énergie cumulée sur 72 heures

À partir des séries chronologiques des vagues (exprimées en termes d'énergie) et des niveaux d'eau, on a dénombré les événements de chaque intervalle de niveau d'énergie correspondant à chaque intervalle de niveau d'eau du tableau 3. Ensuite, le tableau 3, présentant les valeurs de volume brut érodé pour chaque intervalle de niveau d'énergie et pour chaque intervalle de niveau d'eau, a été utilisé pour calculer une valeur moyenne annuelle du potentiel d'érosion brut annuel.

Ce paramètre a été réduit sous la forme d'un indice adimensionnel défini comme le rapport entre le potentiel d'érosion brut annuel du site à l'étude et le potentiel d'érosion brut annuel obtenu au site de référence, soit le secteur principal de Métabetchouan, le plus exposé aux tempêtes dominantes, bien connu des riverains et suivi de près par Rio Tinto Alcan.

Il est important de noter que la base de calcul de l'indice d'érosion annuel se définit comme un potentiel d'érosion brut, typique des zones de plage les plus uniformes (présentant des caractéristiques répondant plus aux hypothèses de modélisation) plutôt qu'un volume résultant d'un bilan net à long terme uniformément applicable sur l'ensemble du tronçon de plage à l'étude. En effet, ce paramètre est basé sur le calcul du volume brut déplacé vers le large au cours d'événements significatifs de 72 heures incluant au moins une tempête, et ne tient pas compte des effets de reconstruction post-tempête, ni des périodes prolongées plus calmes ou du transport longitudinal qui pourraient avoir un effet sur le bilan total du profil, notamment au niveau de la formation de la barre sableuse au large. De plus, les effets locaux des structures en place ou des avancées de terre, comme dans les secteurs de Métabetchouan ou Saint-Henri Nord, ne sont pas pris en compte dans la modélisation du transport transversal. Cette valeur ne traduit donc pas directement le recul de plage qui pourrait être observé au terme d'une année ou à plus long terme.

À l'inverse, la méthode des profils d'équilibre, adoptée par WSP dans le rapport de l'étude d'impacts du PSBLSJ, pour évaluer les bilans sédimentaires nets à long terme se base sur la position de la ligne de côte et pose l'hypothèse d'un profil ne subissant pas de variation morphologique. Selon cette méthode, on considère que les variations saisonnières ont tendance à être distribuées sur l'ensemble du profil (tempête érosive et reconstruction post-tempête et en période calme prolongée) qui se déplace avec la

ligne de côte. Il est donc difficile de comparer ces bilans sédimentaires aux valeurs de potentiel d'érosion brut annuel obtenues ici.

Ainsi, plutôt que d'utiliser le paramètre de potentiel d'érosion brut dans l'absolu (qui pourrait paraître surestimé si appliqué uniformément sur l'ensemble des sites), il est plus intéressant de l'utiliser de manière relative, sous la forme d'un indice d'érosion, afin de comparer la propension à l'érosion d'un site par rapport aux autres et de comparer, pour un site donné, les différents scénarios de gestion du niveau d'eau du lac (voir chapitre 4).

Tel qu'indiqué aux sections 3.2.3 et 3.3.3, l'indice d'érosion annuel obtenu à Dolbeau-Mistassini est le plus faible des trois sites spécifiques étudiés. Avec une valeur de 0,26, il est environ 4 fois inférieur à la valeur obtenue à Métabetchouan, 2,5 fois inférieur à la valeur obtenue à Saint-Henri Nord1 et environ 3,5 fois inférieur à celle obtenue à Saint-Henri Nord2.

Soulignons ici qu'une analyse de sensibilité sur la granulométrie a montré une augmentation des volumes érodé relativement limitée, soit de l'ordre de 10% lorsque la granulométrie passe de $d_{50}=1,3$ mm à $d_{50}=0,5$ mm.

3.2 Site de Métabetchouan – Secteur principal

3.2.1 Caractérisation du site – état de référence

La figure 5 illustre les roses de vagues à l'approche du site de Métabetchouan dans l'axe des bornes inamovibles 35 et 19 de ce secteur. En première analyse, le transport dominant est dirigé vers le nord-est. Cette figure souligne également l'importance de la composante transversale des vagues par rapport à la composante littorale. En effet, la composante littorale de l'énergie des vagues est estimée à 14% de l'énergie totale calculée sur la base de la série chronologique des vagues sur la période 1992-2014. Ce ratio 3,5 fois inférieur à celui du secteur de Dolbeau-Mistassini présenté précédemment, traduit l'exposition directe du secteur aux vagues générées par les vents dominants du nord-ouest. Les vagues dominantes incidentes présentant une faible obliquité, réfractent peu avant d'atteindre la côte.

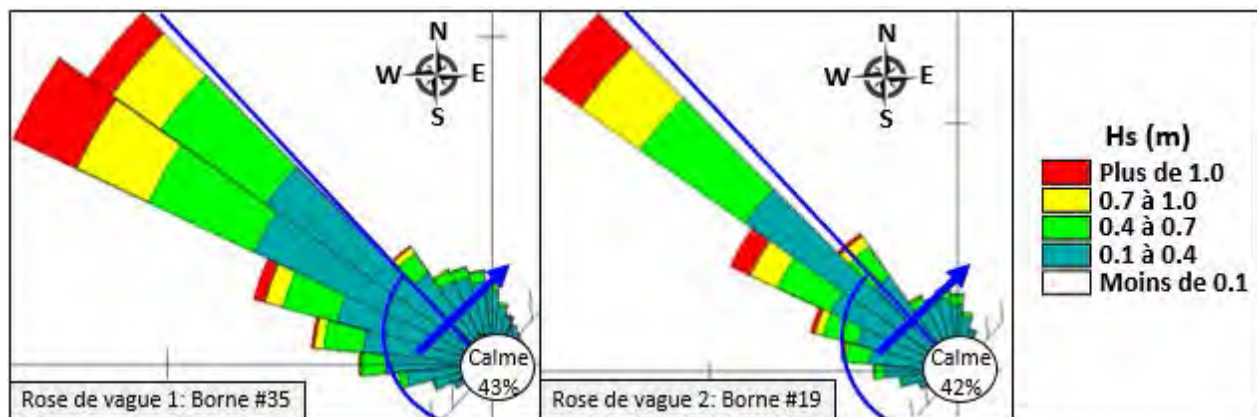


Figure 5: Roses des vagues pour Métabetchouan – Secteur principal

Le graphique de la Figure 6 illustre les résultats des simulations de l'état de référence (actuel) et de l'état sans aucun ouvrage (avant 1986). Le transport littoral net avant la construction de l'ensemble des épis est relativement faible pour la section au sud-ouest de la borne 35, notamment entre les bornes 37 et 48. À l'est de la borne 36, un gradient positif notable du transport longitudinal est obtenu, se traduisant par un secteur en érosion. Depuis la mise en place des épis, le transport net est pratiquement nul entre les bornes 32 et 49. Ainsi, dans cette zone, les mouvements de la ligne de côte semblent, en grande partie, être attribuables au transport transversal vers le large.

Soulignons que dans cette zone, l'implantation d'épis a été effectuée en plusieurs phases, dont la dernière a eu lieu en 2012 à l'est immédiat de la borne 34 (deux épis et un brise-lames). La section 3.2.2 (*zone de la borne 35*) présente l'impact de ces épis construits en 2012 sur les conditions érosives de la zone des bornes 35 et 36.

Pour le secteur de Métabetchouan, le transport longitudinal devient plus important à l'est de la borne 31. Deux sites en érosion peuvent alors être identifiés à l'aide des résultats du modèle numérique illustrés à la figure 6 : le secteur de la borne 3 (BI 3 jusqu'à l'embouchure de la Belle-Rivière) et le secteur de la borne 19 (BI 19 à BI 27). La problématique d'érosion de ces sites est également appuyée par les photos satellites, l'historique des rechargements ainsi que les tendances extraites des données d'arpentage des plages : la plage est étroite dans le secteur de la borne 19 et les rechargements sont fréquents dans le secteur de la borne 3.

De plus, une problématique d'accrétion aux abords de l'embouchure de la Belle-Rivière, à l'extrême est du site de Métabetchouan, est également observée. Les sédiments déposés dans l'embouchure de la Belle-Rivière proviennent de la dérive littorale du site et notamment de la zone d'érosion du secteur de la borne 3. L'étendue de la zone d'accrétion résultante à l'extrémité est du secteur semble toutefois sous-estimée par le modèle. En effet, à l'approche de l'embouchure de la Belle-Rivière, la bathymétrie présente des caractéristiques qui dépassent les limites du cadre des hypothèses de modélisation (hypothèse de quasi uniformité, isobathes parallèles, etc.).

Afin de contrer l'érosion dans le secteur de la borne 3 et de limiter l'apport de sédiments vers l'embouchure de la Belle-Rivière, trois épis ont été aménagés en 2014 par Rio Tinto Alcan. Les résultats des simulations présentés à la section 3.2.2 permettent d'analyser l'efficacité de cette solution. De plus, deux variantes d'aménagement sont présentées pour le site de la borne 19.

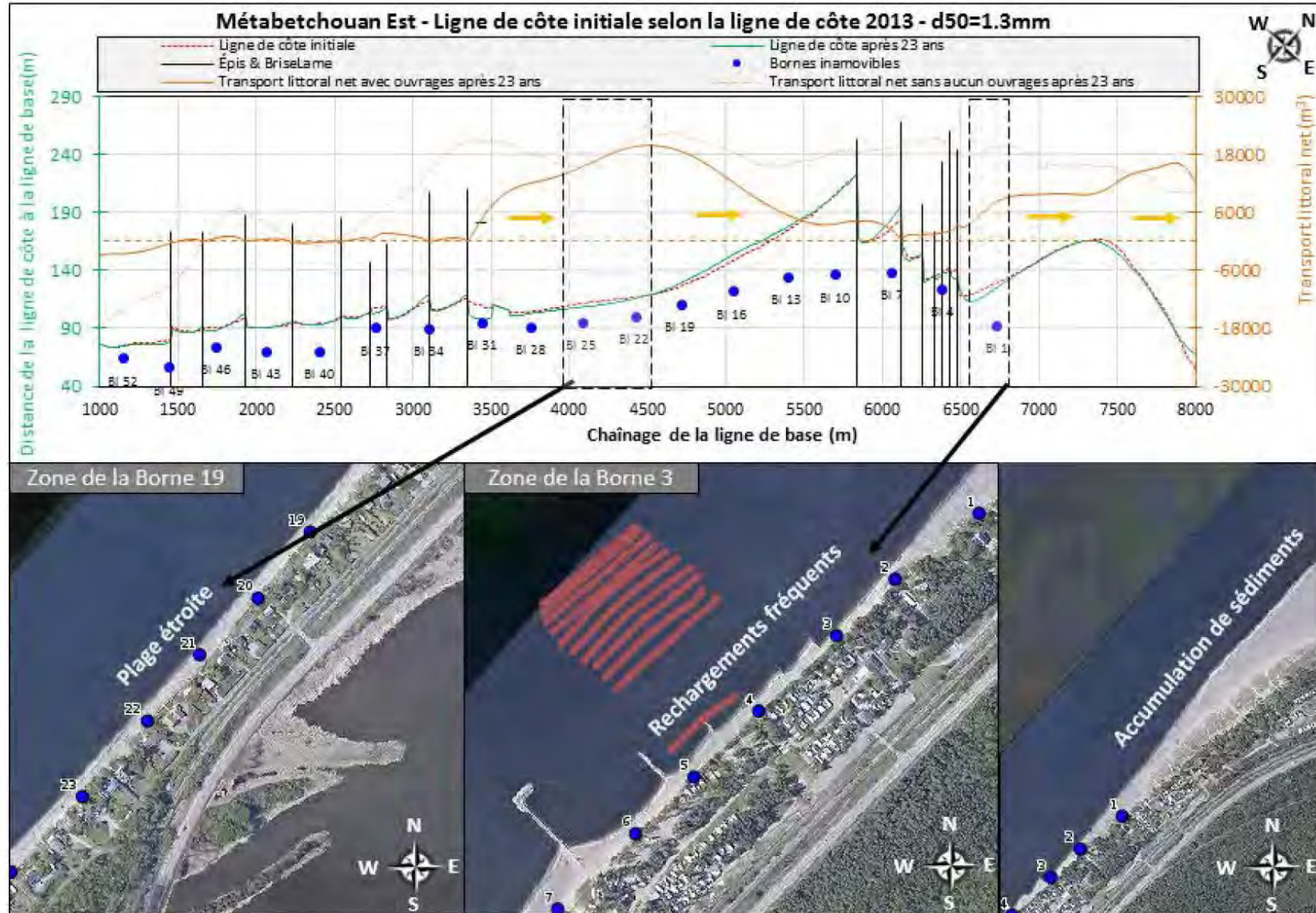


Figure 6: Identification des zones problématiques pour Métabetchouan – Secteur principal

3.2.2 Analyse des variantes proposées

Zone de la borne 3

Pour le secteur de la borne 3, il s'agit d'évaluer l'efficacité des ouvrages mis en place durant l'hiver 2014. Il s'agit de 3 épis dont 2 à proximité de la borne 1 et un troisième à l'extrémité nord-est du site, aux abords de l'embouchure de la Belle-Rivière.

Les résultats des simulations, présentés à la figure 7 et résumés au tableau 4, montrent que la mise en place des trois nouveaux épis p à l'hiver 2014 a corrigé la problématique d'érosion au niveau de la borne 2. L'érosion à l'aval du deuxième épi, à l'est de la borne 1, se produit dans une zone où la largeur de plage est importante et ne semble pas problématique à long terme.

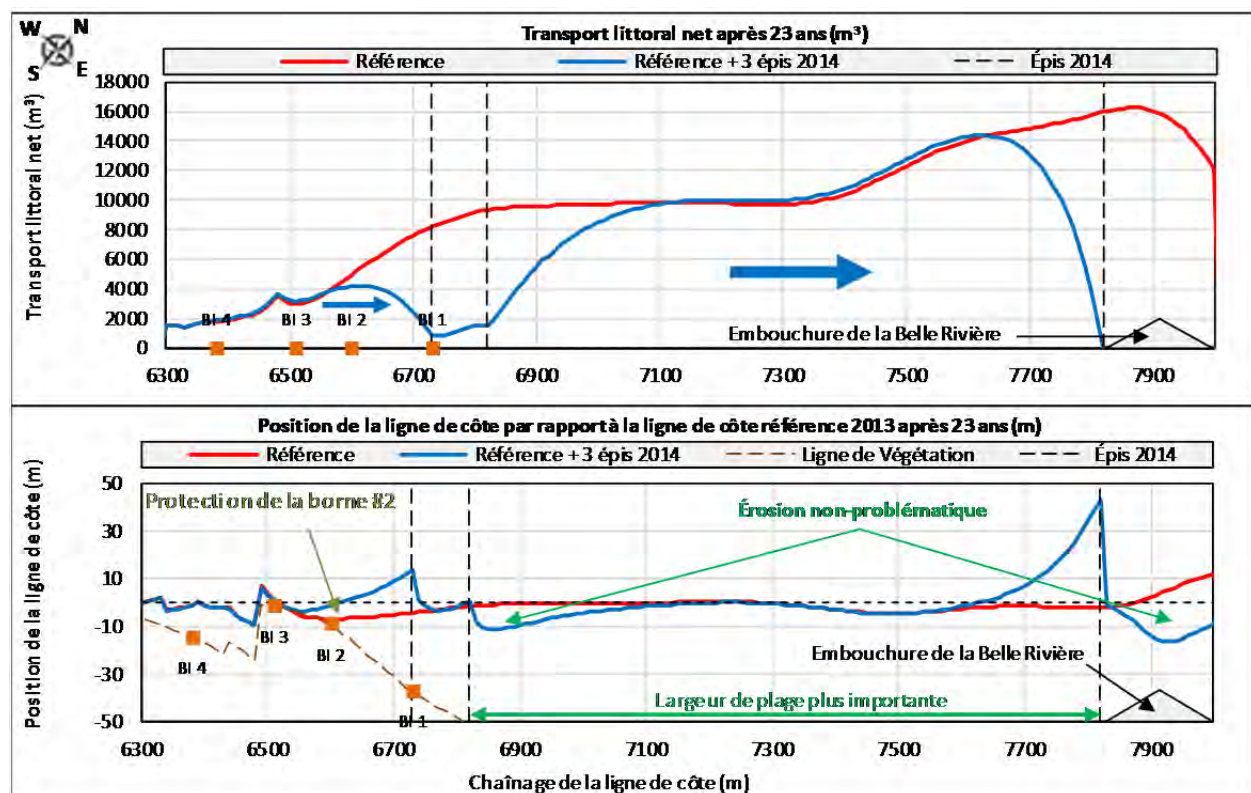


Figure 7: Efficacité des épis aménagés par Rio Tinto Alcan en 2014 à la zone de la borne 3

Tableau 4: Comparaison des aménagements entre les variantes pour la zone de la borne 3

	Rechargement total (m ³)	Longueur cumulée des épis (m)	Longueur cumulée des brise-lames (m)	Nombre d'épis	Nombre de brise-lames	Volume érodé en 23 ans depuis la ligne de côte 2014 (m ³)	Écart par rapport à la référence
Référence	-	-	-	-	-	13 000	-
Épis 2014	0	250	0	3	0	24 000	+ 85%

Le troisième épi, à l'extrémité nord-est du secteur, permet d'intercepter en grande partie le transport sédimentaire vers la droite (nord-est) du site. Cela permet de réduire l'apport de sédiments vers l'embouchure de la Belle-Rivière. L'érosion à l'aval de ce troisième épi contribue à augmenter significativement la valeur du volume érodé dans le secteur (voir tableau 4). Toutefois cette érosion se produit dans le banc de sable de Métabetchouan aux abords de l'embouchure de la Belle-Rivière et ne semble pas problématique à long terme. Il faut également noter que cette zone fait l'objet d'un projet de réaménagement où d'importants travaux devraient être réalisés afin de remanier la configuration de l'embouchure. La présence de l'épi pourra alors contribuer à minimiser, voire à éviter, l'ensablement de la nouvelle configuration.

Zone de la borne 19

Dans le cas de la zone de la borne 19, les variantes d'aménagement consistent en un rechargement seul d'une part et, d'autre part, en un champ d'épis combiné à un rechargement. Le tableau 5 résume les caractéristiques de ces variantes.

Tableau 5: Comparaison des variantes pour la zone de la borne 19

	Rechargement total (m ³)	Longueur cumulée des épis (m)	Longueur cumulée des brise-lames (m)	Nombre d'épis	Nombre de brise-lames	Volume érodé en 23 ans depuis la ligne de côte 2014 (m ³)	Écart par rapport à la référence
Référence	-	-	-	-	-	20 000	-
Variante 1	20 000	0	0	0	0	7 000	-65%
Variante 2	69 000	700	0	7	0	6 000	-70%

La figure 8 montre qu'un rechargement seul (variante 1) est suffisant pour protéger la plage sur une durée de 23 ans entre les bornes 21 et 29. Soulignons toutefois que les variations saisonnières dues au transport transversal vers le large ne sont pas prises en compte dans le modèle. L'érosion transversale pourrait alors réduire la durée effective de protection.

Bien qu'efficace car étant dans la zone où le transport longitudinal est le plus important, la mise en œuvre de la variante avec épis semble beaucoup plus lourde et pourrait être réduite en incluant une diminution progressive de la longueur des ouvrages à partir de la borne 20 vers le nord-est.

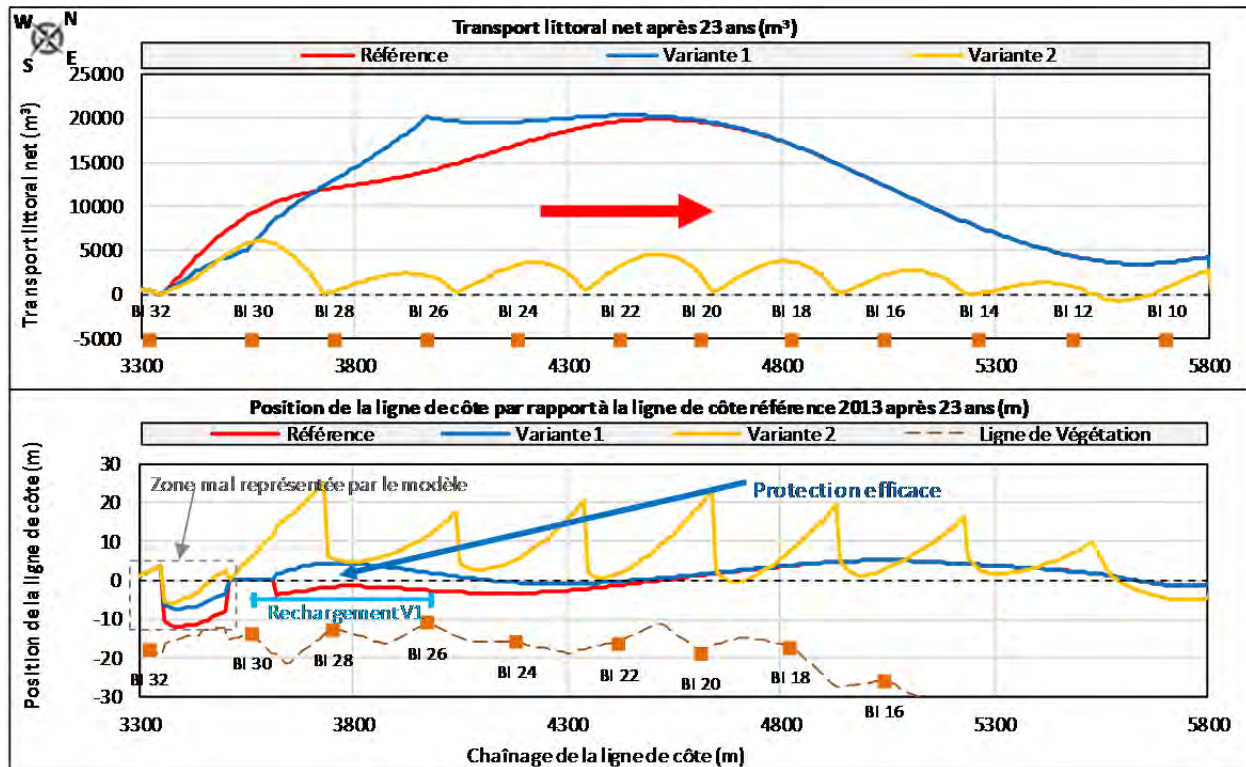


Figure 8: Performance des aménagements proposés par WSP à la zone de la borne 19

Zone de la borne 35

Pour la zone de la borne 35, il s'agit d'évaluer l'efficacité des ouvrages construits par Rio Tinto Alcan en 2012. Ces ouvrages incluent deux épis, un brise-lames et un perré. La figure 9 compare les résultats de la simulation du cas incluant ces ouvrages avec les résultats de la simulation exempte d'ouvrages.

En l'absence de ces structures, l'érosion conduit à un recul excessif de la ligne de côte au terme des 23 ans de simulation (au-delà des bornes inamovibles 36 et 35), ce qui explique la fréquence élevée des rechargements dans le secteur avant la mise en place des ouvrages.

La construction des épis en 2012 a permis de protéger la portion de plage étroite située dans l'axe de la borne 35 et plus à l'est. Au niveau de la borne 36, une amélioration significative a été obtenue. La largeur de plage est toutefois demeurée faible. Une intervention par rechargement à la borne 36 apparaît comme un complément intéressant aux épis.

Les résultats de la simulation suite à la construction des épis en 2012 indiquent que l'érosion, initialement maximale entre les bornes 35 et 36, a été déplacée vers la zone située entre les bornes 26 et 31, où la largeur de la plage est plus importante.

Il faut noter que la réponse du modèle à la présence du brise-lames à proximité des épis ne semble pas adéquate, notamment en sous-estimant l'effet d'accrétion derrière l'ouvrage. Le bilan dans la zone d'influence du brise-lames surestime donc l'érosion. L'obliquité restreinte des vagues incidentes

dominantes par rapport à l'ouvrage (voir rose des vagues 1 de la figure 5, section 3.2.1) conduit à une représentation erronée des courants locaux et donc à sous-estimer l'accumulation.

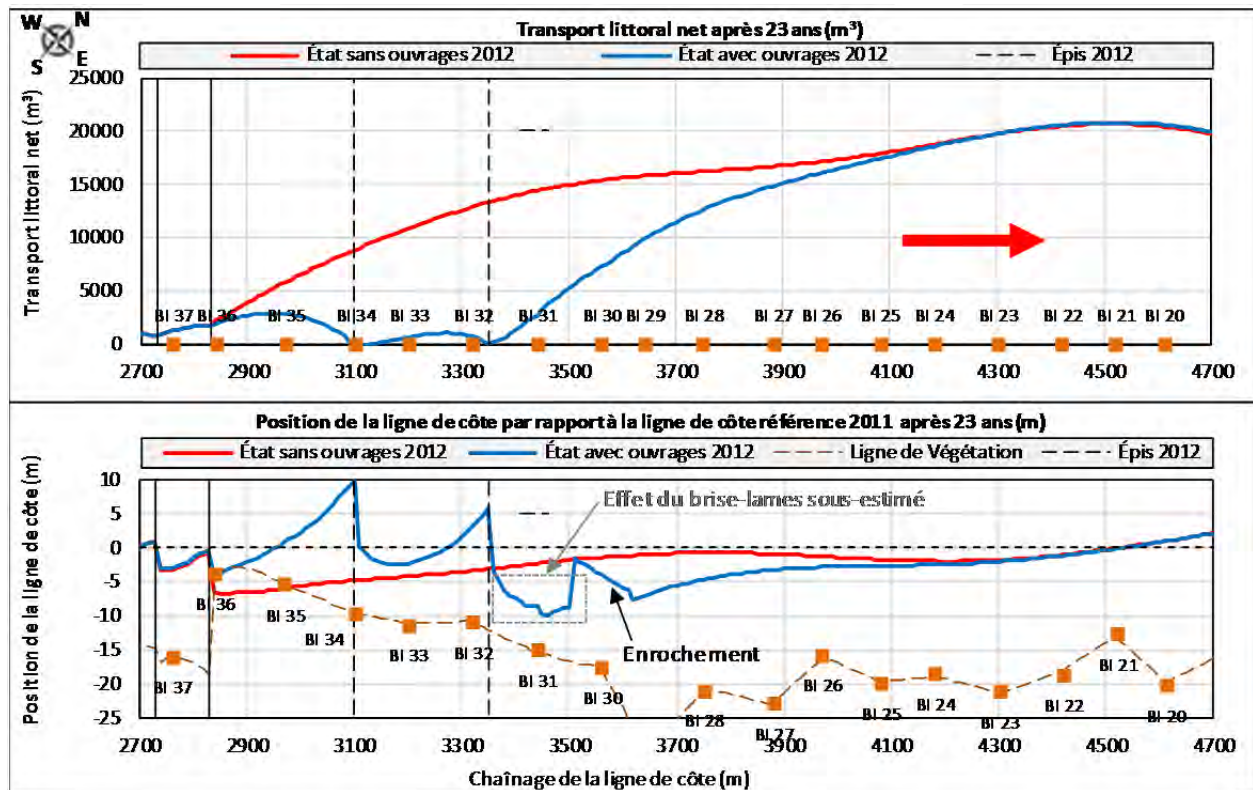


Figure 9 : Efficacité des ouvrages aménagés par Rio Tinto Alcan en 2012 dans la zone de la borne 35

Zone de la borne 48

Le secteur de la borne 48 a également été identifié comme étant problématique du fait de la faible largeur de plage; des variantes de rechargement et de brise-lames ont donc été proposées par la firme WSP. Les résultats de modélisation montrent toutefois que le transport longitudinal est faible dans ce secteur et que le transport transversal vers le large serait plutôt le principal moteur de l'érosion.

Dans un cas de transport transversal, les épis deviennent moins efficaces pour limiter l'érosion sédimentaire. Dans de telles circonstances, l'ajout de brise-lames serait plus approprié. Cependant, le modèle de transport longitudinal ne peut simuler l'effet de ces ouvrages en raison de la quantité trop importante de vagues ayant une direction quasi perpendiculaire à la ligne de côte. Une modélisation bidimensionnelle permettrait d'évaluer la transformation des vagues, la formation des courants et l'impact des brises-lames sur ces paramètres.

3.2.3 Transport transversal

En suivant la méthode résumée à la section 3.1.3 du site de Dolbeau-Mistassini, les volumes érodés par le processus de transport transversal ont été calculés pour 5 événements de récurrence de 1 an à 15 ans au site de Métabetchouan et pour 6 valeurs de niveau d'eau couvrant la gamme de niveaux du lac en eau

libre au cours de la période de 1992 à 2014. Le tableau 6 présente les valeurs obtenues pour chaque cas simulé.

Tableau 6: Volume érodé vers le large pour différents événements de tempête à des niveaux d'eau différents. Secteur de Métabetchouan Est.

	Volume érodé vers le large (m ³ /m)					
	Niveau d'eau en pieds					
Période de récurrence*	17.5	16.5	15.5	14.0	12.0	9.5
15	10.3	8.9	6.8	4.5	3.1	5.6
10	9.8	7.8	5.9	4.3	3.3	5.5
5	10.3	7.9	6.1	3.9	3.2	4.8
2	8.9	7.4	5.0	3.8	2.6	5.0
1	6.0	5.3	4.3	3.3	2.1	2.0

*Récurrence des événements de vagues de tempête à Métabetchouan, basé sur l'énergie cumulée sur 72 heures

Les résultats indiquent que l'intensité des vagues incidentes combinée à un profil typique du site présentant des pentes relativement raides (près de 10% entre 101,5 m et 100,5 m, près de 4% entre 100,5 et 99,5 m et près de 2% entre 99,5 m et 98,5 m) conduit à des volumes d'érosion significatifs sur toute la gamme de niveaux d'eau, contrairement au site de Dolbeau-Mistassini (section 3.1.3).

À l'aide des séries chronologiques de vagues et de niveaux d'eau ainsi que du tableau 6, le potentiel d'érosion brut et l'indice d'érosion ont été calculés. L'indice d'érosion s'élève ici à 1 (site de référence pour la période de référence), soit une valeur environ 4 fois supérieure à celle obtenue à Dolbeau-Mistassini. Cela traduit la forte exposition du site de Métabetchouan aux vagues de tempêtes (vents dominants du nord-ouest, fetch le plus long du lac, surcotes importantes et profil de plage relativement raide).

On renvoie à la section 3.1.3 pour plus de détails entourant l'indice d'érosion.

3.3 Site de Saint-Henri Nord

3.3.1 Caractérisation du site – État de référence

Le site de Saint-Henri Nord, présenté à la figure 10, est caractérisé par une bathymétrie complexe qui tend à dépasser les hypothèses de quasi-uniformité des modèles utilisés. Pour cette raison, il a été décidé de séparer ce site en deux sous-secteurs indépendants : Saint-Henri Nord 1 et Saint-Henri Nord 2.

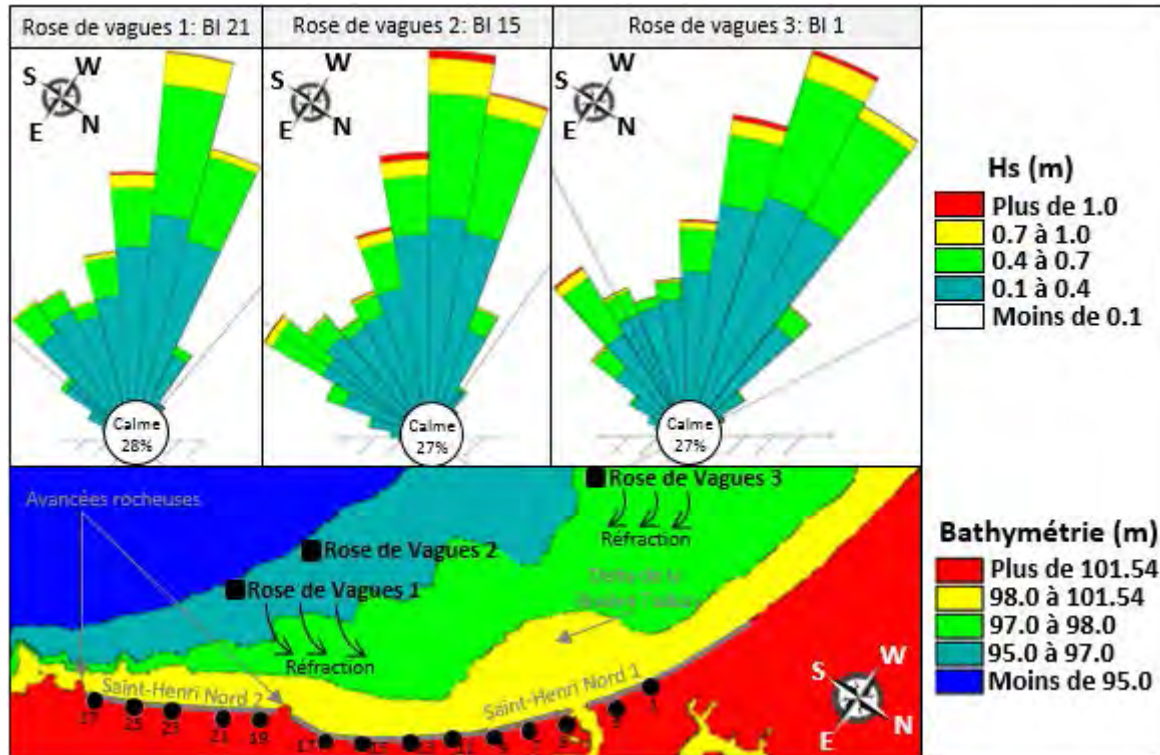


Figure 10: Roses des vagues pour Saint-Henri Nord

Dans le modèle, la présence d'avancées rocheuses a dû être schématisée par des épis puisque ceux-ci bloquent l'apport sédimentaire en provenance du sud-est. De même, les rochers au large de Saint-Henri Nord 2 ont été représentés par des brise-lames. Cette schématisation est illustrée à la figure 11.



Figure 11: Schématisation du site de Saint-Henri Nord aux bornes 17 et 27

Bien que les tendances obtenues avec ce modèle se comparent bien à celles extraites des données d'arpentage des plages, le degré de schématisation et les hypothèses intrinsèques au modèle conduisent à une limitation de la représentativité des phénomènes aux abords immédiats des bornes 17 et 27, soit aux pieds des avancées rocheuses. De plus, l'exutoire de la rivière Taillon, localisé au centre du secteur Saint-Henri Nord 1, provoque la formation d'une zone d'accumulation qui ne peut être complètement modélisée en détails du fait des hypothèses relatives à la définition de la bathymétrie.

Les roses de vagues présentées à la Figure 10 ont été extraites à partir du modèle global de génération de vagues (voir section 2). Ces vagues, imposées à la limite au large du modèle de transport longitudinal, sont réfractées en direction de l'embouchure de la rivière Taillon, tel qu'illustré à la Figure 10. La composante littorale de l'énergie des vagues, estimée à environ 25% de l'énergie totale calculée sur la base de la série chronologique horaire des vagues à l'approche du site, traduit une obliquité incidente modérée. À titre comparatif, cette valeur correspond à environ la moitié de celle obtenue au secteur de Dolbeau-Mistassini et à près du double de celle obtenue au secteur de Métabetchouan.

Les résultats des simulations présentés à la figure 12 indiquent que la direction dominante du transport sédimentaire est vers le nord-ouest pour l'ensemble du secteur de Saint-Henri Nord 2. Ces résultats mettent en évidence la problématique d'érosion au secteur de la borne 26 (BI 23 à BI 27), où le recul de plage récurrent contraint Rio Tinto Alcan à procéder à des rechargements fréquents.

Bien que le processus de transport longitudinal apparaisse à long terme comme un moteur important de l'érosion dans la zone de la borne 26, il faut également prendre en considération le transport transversal, qui vient aussi augmenter l'effet érosif lors des tempêtes, tel qu'observé en novembre 2013.

Sur la moitié nord-ouest du secteur Saint-Henri Nord 2 (entre les bornes 21 et 19), les résultats du modèle indiquent une certaine stabilité de la position de la ligne de côte, et même une accrétion vers la borne 19. Les photos satellites et l'arpentage des plages montrent également une accrétion au nord-ouest de la borne 19. Les sédiments responsables de cette accrétion proviennent fort probablement de la zone de la borne 26 compte tenu de la direction dominante du transport sédimentaire.

Les résultats des simulations du secteur de Saint-Henri Nord 1 indiquent que le transport sédimentaire a tendance à converger vers l'embouchure de la rivière Taillon située entre les bornes 3 et 5. La section de la plage entre les bornes 1 et 11 a tendance à sédimenter, alors qu'au sud-est de la borne 11, la plage est plutôt en érosion. Les résultats du modèle démontrent une érosion marquée dans le secteur de la borne 15. Malgré les nombreux rechargements, la position de la ligne de côte a tout de même tendance à reculer au cours du temps. Les sédiments érodés de cette zone s'accumulent par la suite au nord-ouest de la borne 11, dans la zone de l'embouchure de la rivière Taillon.

La section suivante présente des variantes d'aménagement proposées par la firme WSP afin de limiter la perte de sédiments par dérive littorale vers le nord-ouest dans les deux secteurs de Saint-Henri Nord.

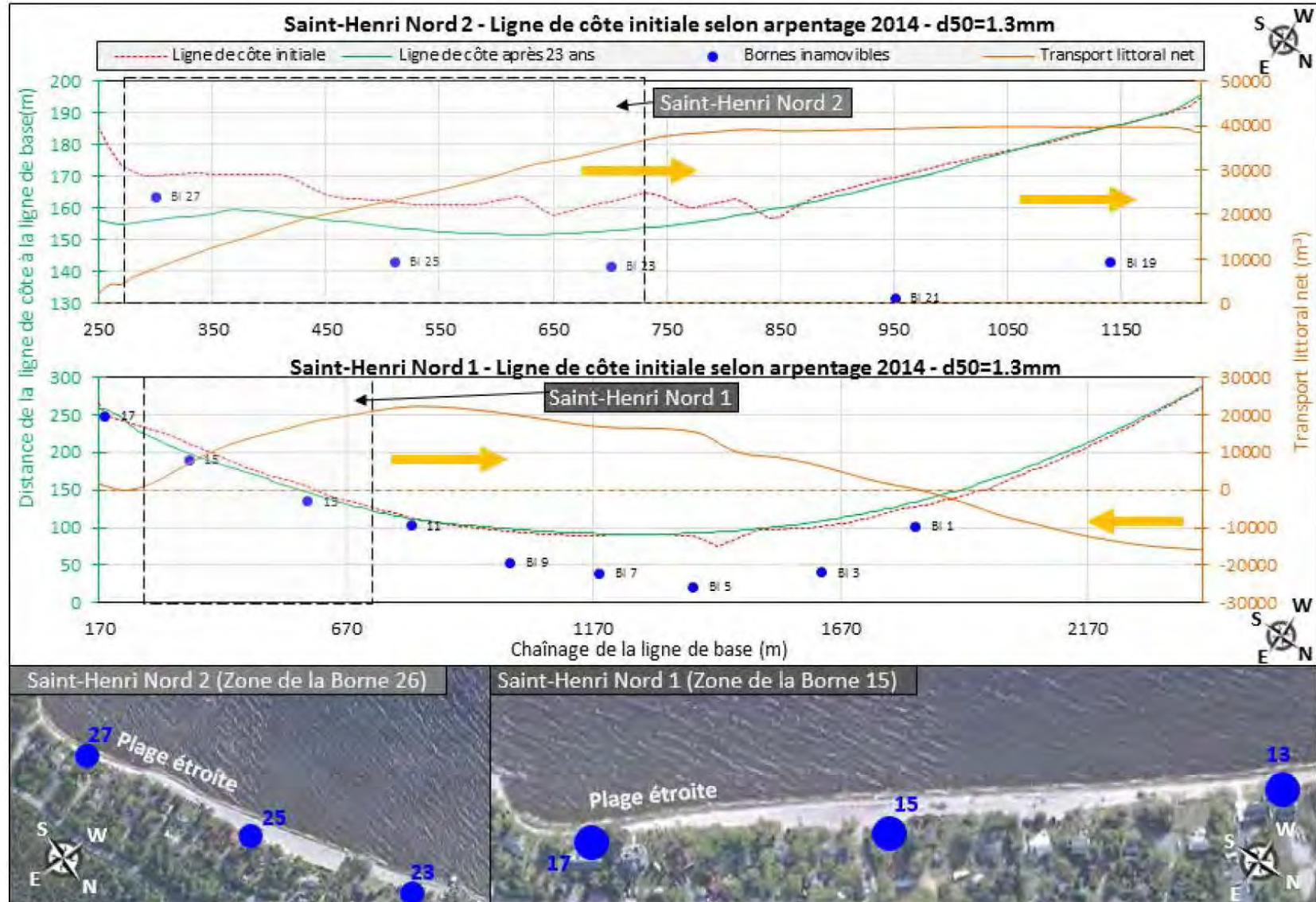


Figure 12: Identification des zones problématiques pour Saint-Henri Nord

3.3.2 Analyse des variantes proposées

Zone de la borne 15

Les interventions potentielles dans le secteur de la borne 15 se traduisent par l'aménagement de champs d'épis. Deux variantes de ce type ont été proposées par la firme WSP. Le tableau 7 présente brièvement les caractéristiques des variantes et résume les résultats obtenus en termes de volume érodé. La figure 13 présente les résultats sous forme graphique.

Tableau 7 : Comparaison des variantes pour la zone de la borne 15

	Rechargement total (m ³)	Longueur cumulée des épis (m)	Longueur cumulée des brise-lames (m)	Nombre d'épis	Nombre de brise-lames	Volume érodé en 23 ans depuis la ligne de côte 2014 (m ³)	Écart par rapport à la référence
Référence	-	-	-	-	-	23 000	-
Variante 1	30 000	240	0	3	0	13 000	-43%
Variante 2	30 000	180	75	2	1	13 000	-43%

Les résultats indiquent que l'érosion dans le secteur de la borne 15 peut être contrôlée efficacement à l'aide des variantes présentant des épis. Le transport sédimentaire vers la droite (nord-ouest) du site de Saint-Henri Nord 1 est fortement réduit ce qui, en contrepartie, conduit à une érosion entre les bornes 10 et 5. La largeur de la plage importante à cet endroit laisse toutefois une marge confortable à long terme.

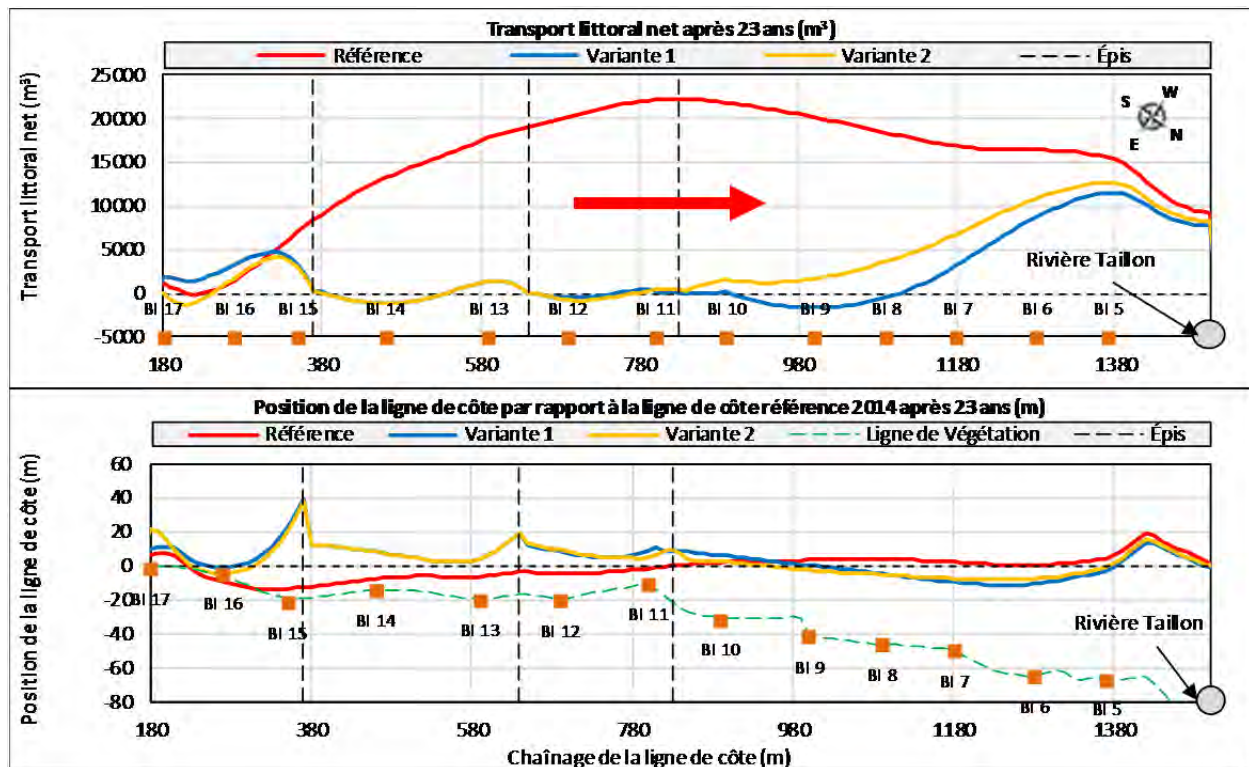


Figure 13: Efficacité des variantes proposées par WSP pour le secteur de la borne 15

Zone de la borne 26

Les interventions proposées dans la zone de la borne 26 consistent en un champ d'épis (variante 1) et une série de brise-lames (variante 2). Le tableau 8 présente brièvement les caractéristiques des variantes ainsi que les résultats obtenus suite aux simulations. Ces derniers sont également illustrés à la figure 14.

Tableau 8: Comparaison des aménagements entre les variantes pour la zone de la borne 26

	Rechargement total (m ³)	Longueur cumulée des épis (m)	Longueur cumulée des brise-lames (m)	Nombre d'épis	Nombre de brise-lames	Volume érodé en 23 ans depuis la ligne de côte 2014 (m ³)	Écart par rapport à la référence
Référence	-	-	-	-	-	40 000	-
Variante 1	19 000	180	0	2	0	33 000	-18%
Variante 2	19 000	0	150	0	2	26 000	-35%

La série de brise-lames (variante 2) semble peu efficace pour protéger la plage en face de la borne 27 alors que la variante 1 (champ d'épis) conduit à un patron d'érosion/accrétion analogue à ce qui a été obtenu dans le secteur de la borne 15. La zone en érosion identifiée au sud-est de la borne 23 est largement réduite. Le secteur nord-ouest offrant des largeurs de plage plus importantes subit quant à lui une érosion. Les résultats indiquent toutefois qu'au terme de 23 ans, il est possible de maintenir des largeurs de plages acceptables. La variante 1 semble donc être préférable.

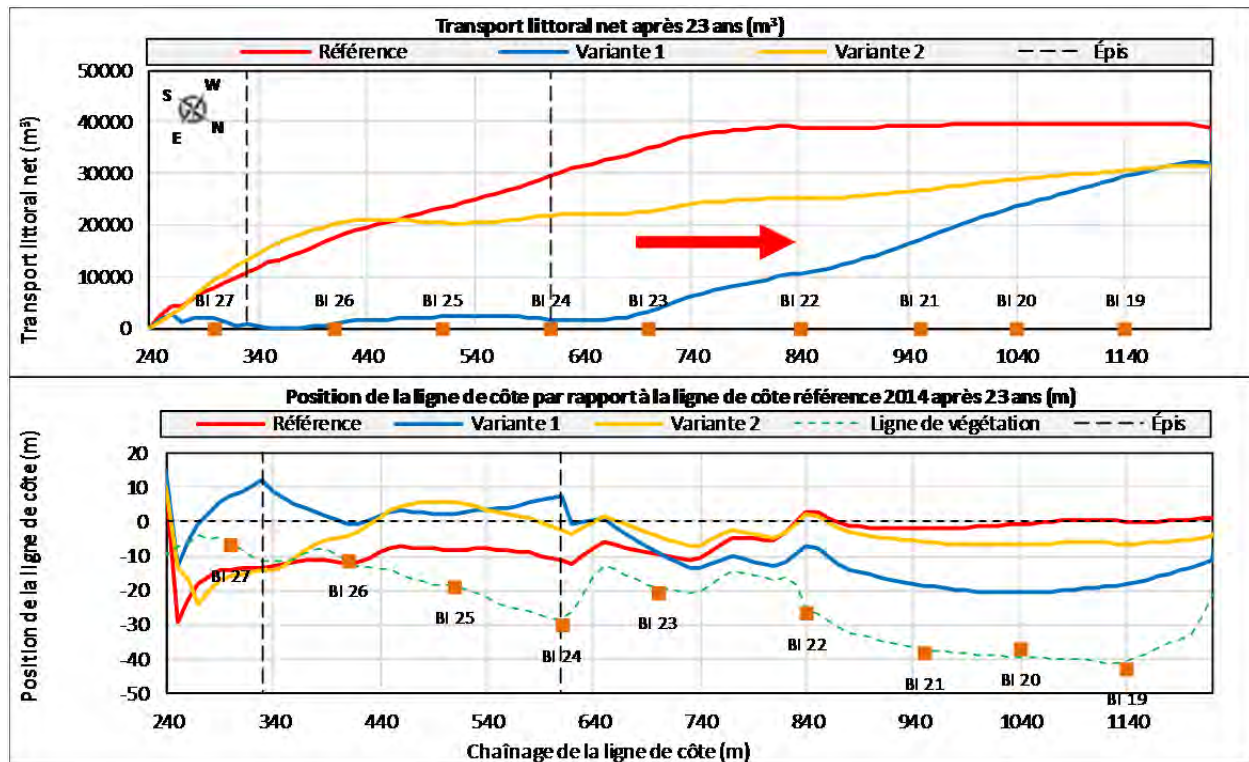


Figure 14: Efficacité des variantes proposées par WSP pour la zone de la borne 26

3.3.3 Transport transversal

En suivant la méthode résumée à la section 3.1.3 pour le site de Dolbeau-Mistassini, les volumes érodés par le processus de transport transversal ont été calculés pour 5 événements de récurrence de 1 an à 15 ans aux sites de Saint-Henri Nord 1 et Saint-Henri Nord 2 (voir figure 10 pour localisation) et pour 6 valeurs de niveau d'eau couvrant la gamme de niveaux du lac en eau libre au cours de la période de 1992 à 2014. Les tableaux 9 et 10 présentent les valeurs obtenues pour chaque cas simulé pour les secteurs de Saint-Henri Nord 1 et Saint-Henri Nord 2 respectivement.

Tableau 9: Volume érodé vers le large pour différents événements de tempête à des niveaux d'eau différents. Secteur de Saint-Henri Nord1

Période de récurrence*	Volume érodé vers le large (m ³ /m)					
	Niveau d'eau en pieds					
	17.5	16.5	15.5	14.0	12.0	9.5
15	7.1	4.8	3.8	2.4	0.2	1.7
10	6.1	4.5	3.1	2.0	0.1	1.5
5	6.5	5.0	3.7	1.9	0.3	1.4
2	5.8	4.7	2.9	1.5	0.1	1.5
1	4.4	3.7	2.8	1.5	0.1	1.1

*Récurrence des événements de vagues de tempête à Saint-Henri de Taillon, basé sur l'énergie cumulée sur 72 heures

Pour le secteur de Saint-Henri Nord1, les résultats indiquent que les volumes d'érosion tendent à décroître avec le niveau d'eau. Le volume d'érosion passe toutefois par un minimum lorsque le niveau d'eau est aux alentours de 12 pieds (100,17 m). En effet le profil typique (figure 16) présente une pente relativement raide, de 8% en moyenne entre 101,5 m et 100,5 m, propice à l'érosion lors de tempêtes. Celle-ci est suivie d'un plateau de pente inférieure à 1%, entre 100 m et 99 m, zone dans laquelle l'impact des tempêtes est moins prononcé, ce qui se traduit par une érosion limitée. En deçà du niveau de 99,0 m, la pente du profil augmente pour atteindre près de 4%, ce qui explique qu'à niveau très bas les volumes d'érosion augmentent à nouveau.

À l'aide des séries chronologiques de vagues et de niveaux d'eau ainsi que du tableau 9, l'indice d'érosion a été calculé pour les conditions historiques, donnant une valeur de 0,67. Cette valeur est de l'ordre de 2,5 fois celle obtenue au secteur de Dolbeau-Mistassini, et environ les deux-tiers de celle obtenue à Métabetchouan, ce qui traduit une exposition modérée du secteur de Saint-Henri Nord 1 à l'érosion transversale. On renvoie à la section 3.1.3 pour plus de détails entourant ce paramètre.

En ce qui concerne le secteur de Saint-Henri Nord2 (figure 10), au sud du secteur Saint-Henri Nord1, le profil utilisé présente une pente qui est dans l'ensemble plus raide que celle du secteur Saint-Henri Nord1, et qui conduit à des volumes d'érosion plus importants. En effet, tel qu'illustré à la figure 16, le profil est caractérisé par une pente moyenne de près de 10% entre les élévations 101,5 m et 100,5 m, suivi d'un court plateau puis d'une pente relativement raide d'environ 5% entre les élévations 100,3 m et 98,7 m. La pente est à nouveau interrompue par un plateau, voire une petite barre sableuse, pour

augmenter à nouveau à environ 5% jusqu'à l'élévation 97,8 m. Ensuite la pente diminue progressivement jusqu'à 0,2% à l'élévation 96,4 m.

La morphologie du profil de ce secteur apparaît alors plus propice à l'érosion en période de tempête, tel qu'indiqué au tableau 10, par rapport au secteur plus au nord. En effet, les volumes d'érosion calculés sont généralement plus élevés que pour le secteur Saint-Henri Nord1, notamment pour les niveaux d'eau inférieurs à 15,5 pi. De plus les résultats ne montrent pas de tendance claire en fonction du niveau d'eau considéré, ce qui indique que le fait d'abaisser le niveau d'eau a peu d'effet sur les volumes d'érosion. Une telle conclusion était également atteinte pour le site de Métabetchouan (section 3.2.3).

Tableau 10: Volume érodé vers le large pour différents événements de tempête à des niveaux d'eau différents. Secteur de Saint-Henri Nord2

	Volume érodé vers le large (m ³ /m)					
	Niveau d'eau en pieds					
Période de récurrence*	17.5	16.5	15.5	14	12	9.5
15	7.0	5.2	6.0	8.3	7.1	6.2
10	6.0	5.5	3.6	6.6	7.0	5.0
5	8.0	5.8	3.4	4.1	6.8	3.0
2	6.4	4.8	2.6	5.0	6.1	3.6
1	5.2	3.9	2.5	3.1	5.3	1.9

*Récurrence des événements de vagues de tempête à Saint-Henri de Taillon, basé sur l'énergie cumulée sur 72 heures

L'indice d'érosion annuel s'élève à 0,88 à Saint-Henri Nord2 (voir section 3.1.3 pour définition de ce paramètre), soit une valeur environ 30% plus élevée que dans le cas du secteur de Saint-Henri Nord1. Cette valeur est environ 15% inférieure à celle obtenue pour le secteur de Métabetchouan, ce qui indique que ce site est relativement exposé à l'érosion transversale induite par les tempêtes.

4 ANALYSE DES DIFFÉRENTS SCÉNARIOS DE GESTION DU NIVEAU D’EAU

Dans le cadre du PSBSLJ, Rio Tinto Alcan compte parmi ses objectifs la définition du meilleur scénario de gestion du niveau du lac. L’impact du niveau d’eau sur l’érosion revêtant un caractère important, des simulations du transport longitudinal et transversal ont été réalisées afin d’évaluer cet impact. Soulignons que le plan initial de simulations qui prévoyait de réaliser celles-ci en présence de la variante d’ouvrage de contrôle de l’érosion offrant les meilleures performances a été suivi. Ainsi les volumes indiqués reflètent la présence d’ouvrages dans les secteurs présentés aux sections précédentes.

Tableau 11 : Contraintes en termes de niveaux d’eau maximums

Nom	Contraintes niveaux (pi.) [Él. Pi = Él. (m)/0.3048 - 316.635]				
	PRINTEMPS	ÉTÉ	SEPTEMBRE	OCTOBRE À DÉCEMBRE	HIVER
	Max	Max	Max	Max	Max
A	16.50	16.00	16.50	16.50	16.50
B	16.50	16.00	15.50	15.50	15.50
C	15.50	15.50	15.50	15.50	15.50
D	16.50	15.50	15.50	15.50	15.00
E	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
F	17.50	16.00	15.50	15.50	15.50

Six scénarios alternatifs de gestion du niveau d’eau résultant de simulations réalisées par Rio Tinto Alcan ont été définis. Les principales contraintes en termes de niveau d’eau maximum sont résumées au tableau 11. La figure 15, quant à elle, présente le niveau d’eau médian sur la période d’eau libre considérée pour chaque scénario.

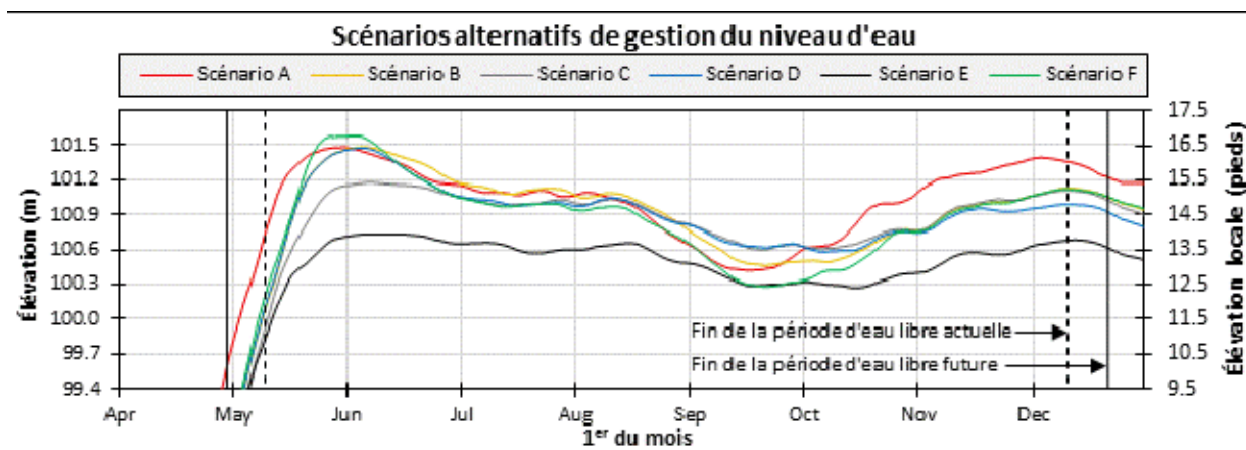


Figure 15 : Scénarios alternatifs de gestion du niveau d’eau

Les séries chronologiques de ces scénarios en présence de la période d'eau libre future (établie suite à l'analyse des changements climatiques) ont été intégrées au modèle pour les simulations. Deux aspects distincts ont été étudiés : le transport longitudinal et le transport transversal.

Le Tableau 12 illustre les résultats obtenus avec le module de transport longitudinal pour les scénarios de gestion A, B, C, E et F (le scénario D analogue au scénario C, n'a pas été modélisé). Les résultats indiquent de faibles variations du volume érodé. D'un scénario à l'autre l'écart relatif est en général de l'ordre de 10 à 15% pour les scénarios dont le niveau maximum est abaissé de 1 pi par rapport au scénario A, qui représente ici le statu quo en termes de gestion du niveau d'eau. Le scénario A est celui qui engendre généralement davantage d'érosion puisque le niveau d'eau maximum est le plus élevé durant l'automne (novembre et décembre en particulier), saison des tempêtes les plus fortes et les plus fréquentes.

Tableau 12: Effet du scénario de gestion du niveau d'eau sur le transport longitudinal (23 ans)

Dolbeau-Mistassini : Calcul sur 9300m de distance		
Scénario	Volume érodé en 23 ans depuis la ligne de côte 2014 (m ³)	Écart par rapport au Scénario A
Scénario A	105 000	-
Scénario B	92 000	-12%
Scénario C	91 000	-13%
Scénario E	58 000	-45%
Scénario F	91 000	-13%
Métabetchouan : Calcul sur 7000m de distance		
Scénario	Volume érodé en 23 ans depuis la ligne de côte 2014 (m ³)	Écart par rapport au Scénario A
Scénario A	58 000	-
Scénario B	58 000	≈ 0%
Scénario C	58 000	≈ 0%
Scénario E	65 000	+12%
Scénario F	58 000	≈ 0%
Saint-Henri Nord 1: Calcul sur 1700m de distance		
Scénario	Volume érodé en 23 ans depuis la ligne de côte 2014 (m ³)	Écart par rapport au Scénario A
Scénario A	14 000	-
Scénario B	12 000	-14%
Scénario C	12 000	-14%
Scénario E	8 000	-43%
Scénario F	13 000	-7%

En ce qui concerne le scénario E les résultats du modèle de transport longitudinal conduisent à des écarts plus marqués dans les secteurs dont le profil type présente une pente douce immédiatement au pied de la pente raide de la plage comme à Dolbeau-Mistassini (figure 16). En abaissant le niveau d'eau maximum à 14 pi, la majorité du transport sédimentaire se produit beaucoup plus au large qu'en présence d'un niveau d'eau plus élevé, ce qui tend à réduire significativement l'activité sédimentaire ayant un impact direct sur la plage et la ligne de côte. Un écart relatif de l'ordre de 40% a été obtenu dans ce type de secteur.

En revanche pour les sites présentant un profil typique plus raide, comme Métabetchouan, le transport sédimentaire longitudinal se produit pratiquement dans la même zone à niveau haut et à niveau bas, la limite au large étant tout de même légèrement plus éloignée à niveau bas. Dans ce cas l'effet des épis les plus courts, est plus limité. Les résultats indiquent une légère augmentation de l'ordre de 10% des volumes érodés. Cette variation demeure très faible et, compte tenu des hypothèses de modélisation, les valeurs de volume obtenues peuvent être considérées comme étant du même ordre de grandeur dans le secteur de Métabetchouan.

Les valeurs de volume du tableau 12 traduisent également le fait que le secteur de Dolbeau-Mistassini est relativement plus exposé au transport longitudinal que les deux autres secteurs.

Alors que les résultats des simulations de transport longitudinal à long terme mettent en évidence des impacts limités en fonction des niveaux d'eau, l'étude du transport transversal révèle une influence plus prononcée de la variation du niveau d'eau sur les volumes érodés. Le Tableau 13 présente les résultats obtenus sur la base des résultats des simulations réalisées avec le module de transport transversal, selon la méthode résumée à la section 3.1.3, pour l'ensemble des scénarios A, B, C, E et F.

Les résultats montrent en premier lieu que le scénario A conduit à des valeurs comparables à celles obtenues pour les conditions historiques présentées aux sections 3.1.3, 3.2.3 et 3.3.3, et mettent une fois de plus en évidence le fait que les secteurs de Métabetchouan et de Saint-Henri Nord2 sont potentiellement plus exposés aux processus d'érosion transversale que ceux de Saint-Henri Nord1 et de Dolbeau-Mistassini.

L'analyse des résultats fournis par le modèle met en évidence l'influence de la combinaison du niveau d'eau et des caractéristiques du profil de plage sur le transport transversal et la réponse de la plage envers les événements de tempête. De manière générale, un abaissement du niveau d'eau conduit à une réduction du potentiel d'érosion. Toutefois, la nature du profil en jeu a un impact important sur la variation du potentiel d'érosion.

Tableau 13: Effet du scénario de gestion du niveau d'eau sur le transport transversal

Dolbeau-Mistassini : Indice d'érosion (brut) – Moyenne annuelle		
Scénario	Valeurs absolues (m³/m) – Tous niveaux confondus	Écart par rapport au Scénario A
Scénario A	0.26	-
Scénario B	0.18	-32%
Scénario C	0.17	-37%
Scénario F	0.18	-30%
Scénario E	0.05	-80%
Métabetchouan Est : Indice d'érosion (brut) – Moyenne annuelle		
Scénario	Valeurs absolues (m³/m) – Tous niveaux confondus	Écart par rapport au Scénario A
Scénario A	1.13	-
Scénario B	0.88	-22%
Scénario C	0.88	-22%
Scénario F	0.88	-22%
Scénario E	0.67	-41%
Saint-Henri Nord1 : Indice d'érosion (brut) – Moyenne annuelle		
Scénario	Valeurs absolues (m³/m) – Tous niveaux confondus	Écart par rapport au Scénario A
Scénario A	0.75	-
Scénario B	0.54	-28%
Scénario C	0.54	-28%
Scénario F	0.54	-28%
Scénario E	0.25	-67%
Saint-Henri Nord2 : Indice d'érosion (brut) – Moyenne annuelle		
Scénario	Valeurs absolues (m³/m) – Tous niveaux confondus	Écart par rapport au Scénario A
Scénario A	1.04	-
Scénario B	0.96	-8%
Scénario C	0.96	-8%
Scénario F	1.00	-4%
Scénario E	1.00	-4%

Cette diminution de l'indice d'érosion annuel en fonction du niveau d'eau s'explique par la nature des pentes du profil et la notion de profil d'équilibre. Tel qu'illustré à la Figure 16, les profils présentent une section raide dans leur partie supérieure suivie d'une section en pente significativement plus douce vers le large. La notion de profil d'équilibre réfère à la morphologie moyenne que pourrait atteindre un profil à long terme. Ce type de profil donne lieu à une érosion minimale en période de tempête compensée par la reconstruction en période de temps calme. Ainsi, lorsque la pente du profil considéré est douce (de l'ordre de ou inférieure à la pente d'équilibre) dans la zone de déferlement, le comportement se rapproche de celui d'un profil d'équilibre, ce qui conduit à de faibles volumes d'érosion. Cela est généralement observé à niveau bas. À l'inverse, lorsque la pente du profil dans la zone d'action de vague est plus raide, l'érosion est importante. En d'autres termes, en présence de pentes plus douces (mais pas encore à l'équilibre) dans la zone d'action de vagues, le volume à éroder pour tendre vers le profil d'équilibre est moins important que pour une pente raide.

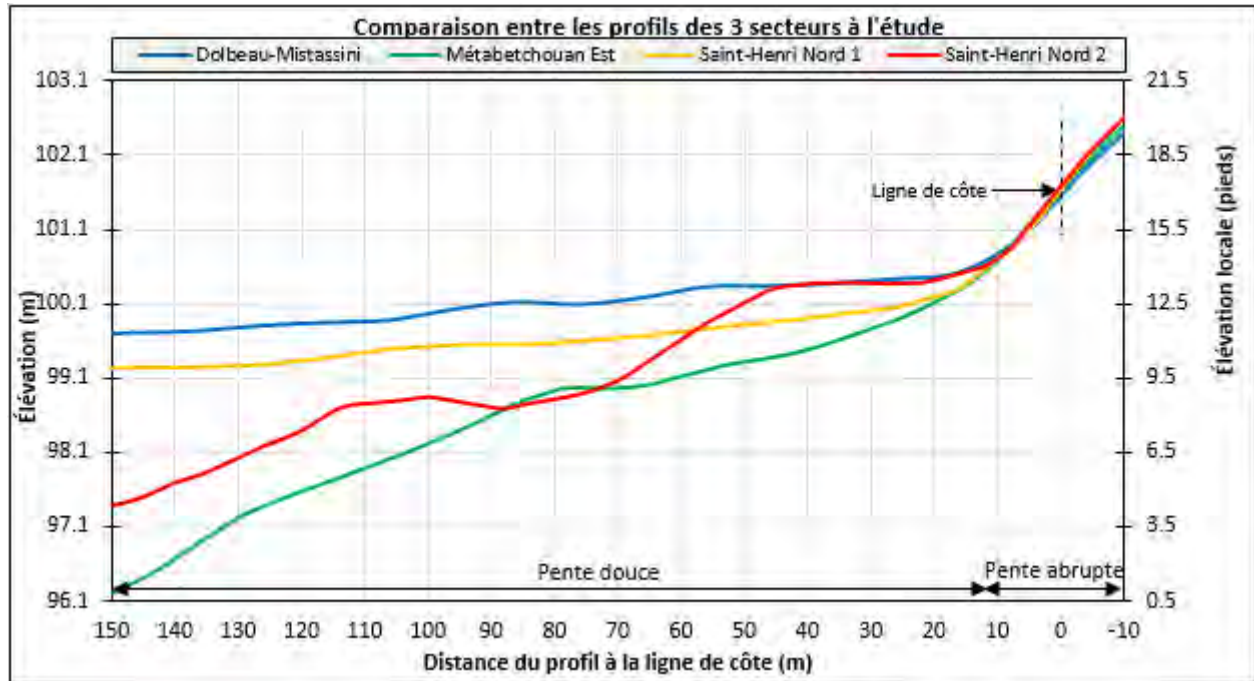


Figure 16 : Comparaison entre les profils des 3 secteurs à l'étude

Sur la Figure 16, qui illustre les profils types des trois sites d'intérêt, le changement de pente est moins prononcé pour le site de Métabetchouan que pour les secteurs de Saint-Henri Nord1 et Dolbeau-Mistassini. Le profil de Saint-Henri Nord2 présente des pentes relativement raides et comparables à celles de Métabetchouan. Pour cette raison, la diminution l'indice d'érosion annuel est plus faible à Métabetchouan et Saint-Henri Nord2. Les résultats présentés au Tableau 13 indiquent une diminution de l'ordre de 20% pour Métabetchouan et entre 4 et 8% pour Saint-Henri Nord2 dans le cas des scénarios B, C et F (maximum à 15,5 pi durant l'automne) par rapport au scénario A, alors que cette diminution est de l'ordre de 30 à 35% aux deux autres sites.

Les résultats obtenus pour le scénario E, contraint par un niveau maximum de 14 pi (100,78 m), montrent une réduction de l'indice d'érosion de l'ordre de 70 à 80% pour les sites de Saint-Henri Nord1 et Dolbeau-Mistassini, alors que le secteur de Métabetchouan présente une réduction de l'ordre de 40% avec des volumes érodés demeurant supérieurs à ceux obtenus pour les deux autres sites avec le scénario A. Le secteur Saint-Henri Nord2 est quant à lui caractérisé par une réduction de seulement 4% de l'indice d'érosion. Ainsi, les sites de Métabetchouan et Saint-Henri Nord2 apparaissent comme étant les plus exposés à niveau bas.

L'abaissement du niveau d'eau peut donc devenir avantageux dans un cas où un changement de pente est marqué entre la section supérieure et la section inférieure du profil, alors que dans les secteurs caractérisés par des profils présentant une pente plus raide au pied de la plage, l'abaissement du niveau d'eau ne conduit pas à un gain aussi clair.

À titre indicatif, à niveau haut, l'influence de la pente généralement douce trouvée dans le secteur de Dolbeau-Mistassini est réduite, car la pente se raidit près du rivage, et ne conduit plus à une dissipation importante des vagues à l'approche de la plage, ce qui tend à faire augmenter significativement l'érosion (de l'ordre de 45%). En revanche, pour le secteur de Métabetchouan, la variation de l'influence de la section en pente plus douce est plus limitée puisque le changement de pente est moins marqué, ce qui mène à une plus faible augmentation des volumes érodés (environ 10%). À partir d'un certain niveau d'eau, la morphologie du fond peut être vue comme une pente uniforme conduisant à un volume d'érosion similaire pour deux niveaux d'eau différents.

5 ANALYSE DU PROLONGEMENT DE LA PÉRIODE D'EAU LIBRE ENGENDRÉ PAR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Une analyse de sensibilité a été effectuée sur la durée de la période d'eau libre. Pour ce faire, l'état de référence modélisé en utilisant la période d'eau libre historique (1992 à 2014) a été comparé à la même séquence de vagues et de niveaux d'eau étendue à la période d'eau libre future obtenue à l'aide des résultats de simulations de modèles climatiques. Le prolongement de cette période d'eau libre est estimé en moyenne à 17 jours par année : 7 jours au printemps et 10 jours en automne. Le tableau 14 présente le nombre moyen annuel de jours durant lequel le lac est en eau libre pour les conditions historiques de 1992 à 2014 et pour les conditions futures de 2015 à 2037.

Tableau 14 : Prolongement de la période d'eau libre

Période d'eau libre	Nombre moyen de jours par année
Historique	219
Future	236

Le Tableau 15 présente les résultats obtenus suite aux simulations du transport longitudinal avec la période d'eau libre prolongée. Ces résultats indiquent qu'un allongement de la période d'eau libre engendre une augmentation relativement limitée du volume érodé, soit un peu moins de 10%. Cet accroissement, exprimé en écart relatif, est comparable à l'augmentation relative de l'énergie totale cumulée des vagues incidentes consécutive à l'allongement de la période d'eau libre. Soulignons que les effets des changements climatiques¹ sont plus marqués en automne en raison du niveau d'eau élevé du lac Saint-Jean et de la fréquence plus élevée des tempêtes en cette saison.

En ce qui concerne le transport transversal, la comparaison des valeurs annuelles obtenues pour la période d'eau libre prolongée avec celles obtenues pour les conditions historiques (période d'eau libre actuelle) indique une augmentation moyenne de l'ordre de 5% pour Métabetchouan et Saint-Henri-de-Taillon Nord, et une variation pratiquement négligeable pour Dolbeau-Mistassini. Pour ce dernier secteur, le prolongement de la période d'eau libre au printemps n'a pas d'effet puisqu'il coïncide avec des niveaux d'eau très bas. À l'automne, malgré des niveaux hauts, le nombre de tempêtes pouvant affecter ce secteur n'augmente pas de manière suffisante pour induire une augmentation notable de l'érosion. L'effet de l'allongement de la période d'eau libre demeure dans l'ensemble très limité.

¹ Précisons que l'incidence des changements climatiques sur les vents et l'occurrence des tempêtes n'a pas été prise en compte. Seul l'effet sur la température, et donc sur la prise et le départ des glaces, a été considéré. La séquence de vent utilisée pour générer les vagues en conditions futures est la même que pour les conditions historiques, si ce n'est qu'elle est prolongée en fonction de la durée de la période d'eau libre.

Tableau 15 : Effet du prolongement de la période d'eau libre – Transport longitudinal

Dolbeau-Mistassini : Calcul sur 9300m de distance		
Période d'eau libre	Volume érodé en 23 ans depuis la ligne de côte 2014 (m³)	Écart par rapport à l'historique
Historique	98 000	-
Future	105 000	+7%
Métabetchouan Est : Calcul sur 7000m de distance		
Période d'eau libre	Volume érodé en 23 ans depuis la ligne de côte 2014 (m³)	Écart par rapport à l'historique
Historique	48 000	-
Future	52 000	+8%
Saint-Henri Nord : Calcul sur 1700m de distance		
Période d'eau libre	Volume érodé en 23 ans depuis la ligne de côte 2014 (m³)	Écart par rapport à l'historique
Historique	23 000	-
Future	25 000	+9%

6 CONCLUSIONS

Les trois secteurs de plage spécifiques identifiés par Rio Tinto Alcan, soit les plages de Dolbeau-Mistassini, Métabetchouan (secteur principal) et Saint-Henri-de-Taillon Nord, ont fait l'objet de modélisation numérique des conditions de transport sédimentaire longitudinal à long terme et de transport sédimentaire transversal vers le large basé sur des tempêtes de différentes périodes de récurrence.

Les résultats des simulations ont permis de caractériser les conditions érosives pour différents cas de figure et l'analyse des résultats a conduit aux conclusions suivantes :

Dans un premier temps, l'analyse des séries chronologiques des vagues a permis de caractériser la distribution des vagues en calculant la composante longitudinale de l'énergie. Cette dernière représente environ 50% de l'énergie totale incidente pour le site de Dolbeau-Mistassini, environ 15% pour Métabetchouan, et environ 25% pour Saint-Henri Nord. Pour Métabetchouan, la faible valeur obtenue traduit bien le fait que le littoral est quasiment perpendiculaire à la direction dominante des vents, soit la direction nord-ouest, et que la réfraction et la dissipation des vagues avant d'atteindre la côte sont relativement limitées.

Les résultats des simulations du transport longitudinal sur une période de référence de 23 ans (vagues générées par les vents enregistrés à la station de Mistook entre 1992 et 2014) ont permis d'identifier les sous-secteurs en érosion pour les trois sites d'intérêt : à Dolbeau-Mistassini, les secteurs des bornes 40, 60 et 100 présentent une érosion marquée, à Métabetchouan les secteurs de bornes 3, 19 et 35 se démarquent et à Saint-Henri Nord les secteurs des bornes 15 et 26 apparaissent comme problématiques.

Afin d'atténuer, voire d'éliminer, l'érosion due au transport longitudinal, des variantes d'aménagements d'ouvrages de contrôle ou de scénarios de rechargement ont été simulées. Les conclusions présentées ci-après rendent compte uniquement de la comparaison des variantes entre elles et de leur efficacité quant à corriger la problématique identifiée à chaque secteur :

- Dolbeau-Mistassini : Les résultats montrent que la mise en place de champs d'épis dans les secteurs des bornes 40 et 100 permet de protéger les tronçons de plage en érosion. Parmi les variantes testées, la variante présentant des épis plus courts (45 à 60 m), mais plus nombreux et plus rapprochés, s'est révélée être la plus performante. Des simulations avec un rechargement sans épis dans ces deux secteurs montrent qu'il est possible de protéger localement la ligne de côte à long terme de cette façon. Cette avenue pourrait donc s'avérer moins coûteuse que la mise en place d'épis. Quant au secteur de la borne 60, les résultats montrent qu'à volume donné, un rechargement plus étalé offre de meilleures performances;
- Métabetchouan, zone de la borne 3 : les résultats des simulations indiquent que les épis construits durant l'hiver 2014 dans le secteur de la borne 3 permettent une protection de la plage en érosion. Le troisième épi contribue à réduire considérablement l'apport de sédiments vers l'embouchure de la Belle-Rivière, auparavant soumise à un ensablement notable.

- Métabetchouan, zone de la borne 19 : dans le secteur de la borne 19, les variantes de rechargement suffiraient à protéger le tronçon de plage contre l'érosion longitudinale. La variante présentant des épis, elle-même accompagnée de rechargements, est également efficace mais semble plus complexe à mettre en œuvre;
- Métabetchouan, zone de la borne 35 : les résultats des simulations indiquent que les épis construits en 2012 dans le secteur de la borne 35 permettent une protection de la plage en érosion vis-à-vis de celle-ci et plus à l'est. À la borne 36, la situation connaît une amélioration mais cette zone demeure exposée.
- Saint-Henri Nord : les résultats montrent que les deux secteurs en érosion peuvent être adéquatement protégés à l'aide d'épis permettant une forte réduction de la dérive littorale vers le nord-ouest;

Les trois secteurs ont aussi été caractérisés du point de vue du transport transversal. Les résultats conduisent à établir et confirmer que les secteurs de Métabetchouan et Saint-Henri Nord2 apparaissent comme les plus exposés à ce processus de transport avec un indice d'érosion de l'ordre de 4 fois celui obtenu à Dolbeau-Mistassini et près de 1,5 fois celui obtenu à Saint-Henri Nord1.

Les scénarios de gestion du niveau d'eau élaborés par Rio Tinto Alcan ont été intégrés aux simulations afin d'évaluer l'impact sur les conditions érosives en chacun des sites. Les résultats pour le transport longitudinal montrent que d'une manière générale l'incidence d'un abaissement de 1 pied du niveau maximal du lac n'a qu'un effet limité sur les volumes érodés : une réduction de 10 à 15% par rapport au scénario A (statu quo) a été obtenue.

L'impact du niveau d'eau est plus prononcé dans le cas du transport transversal vers le large. Dans les secteurs caractérisés par des profils présentant rapidement une pente très douce (inférieure à 1%) au pied de la plage, les résultats de simulation indiquent, une diminution importante de l'indice d'érosion annuel à niveau bas par rapport au cas du scénario A (statu quo). Ainsi les secteurs de Dolbeau-Mistassini et Saint-Henri Nord1 subissent une réduction de l'ordre de 30 à 35% de l'indice d'érosion annuel pour un abaissement de 1 pied du niveau maximum, alors qu'il est plutôt question d'environ 20% à Métabetchouan, et de 8% à Saint-Henri Nord2. La différence est encore plus prononcée en abaissant de 2,5 pieds.

Ces résultats permettent de conclure qu'un abaissement du niveau d'eau peut sembler plus avantageux dans les secteurs où le profil typique présente rapidement une pente très douce (<1% typiquement) au pied de la pente plus raide de la plage, comme à Dolbeau-Mistassini notamment. En revanche, dans des secteurs comme Métabetchouan ou Saint-Henri Nord2 (dans la zone de la borne 26), un abaissement du niveau conduit à une variation plus modérée de l'érosion.

Finalement, l'effet de l'allongement de la période d'eau libre a pu être évalué. Pour une période d'eau libre allongée de 7 jours au printemps et de 10 jours à l'automne, les résultats indiquent une augmentation moyenne inférieure à 10% du volume érodé. Ces valeurs correspondent typiquement à l'ordre de grandeur de l'augmentation de l'énergie totale cumulée au terme des 23 ans de la période de

référence avec une période d'eau libre prolongée. Les variations obtenues demeurent toutefois relativement limitées et ne conduisent pas à des impacts majeurs sur l'érosion.

RIO TINTO ALCAN

ÉTUDE TECHNIQUE DU PROGRAMME DE STABILISATION DES BERGES DU LAC SAINT-JEAN

ANALYSE DE L'EFFICACITÉ DU
PROGRAMME

SEPTEMBRE 2015



ÉTUDE TECHNIQUE DU PROGRAMME DE STABILISATION DES BERGES DU LAC SAINT-JEAN

ANALYSE DE L'EFFICACITÉ DU PROGRAMME

Rio Tinto Alcan

Version finale

Projet n° : 141-21260-00
Date : Septembre 2015

RioTintoAlcan

—
WSP Canada Inc.
1175, boulevard Lebourgneuf, bureau 300
Québec (Québec) G2K 0B4

Téléphone : +1 418-780-0878
Télécopieur : +1 418-780-4182
www.wspgroup.com



SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR



Justin McKibbon, ing., M. Sc.
N° OIQ : 5000352

RÉVISÉ PAR



Steve Renaud, ing., M. Sc.
N° OIQ : 121069

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.

ÉQUIPE DE RÉALISATION

RIO TINTO ALCAN

Chargée de projet	Caroline Jollette, ingénieure
Coordonnateur en environnement et conseiller principal en développement durable	Jean-Robert Wells, ingénieur, M. Sc.
Chargé de projet	Raymond Larouche

WSP CANADA INC. (WSP)

Directeur de projet	Martin Larose, biol.
Chargé de projet	Luc Bouchard, biol.
Responsable du volet technique	Steve Renaud, ing., M. Sc.
Ingénieurs de projet	Justin McKibbon, ing., M. Sc. A. Thomas Fortin-Chevalier, ing., M. Sc. A. Vincent Métivier, ing., M. Sc. Vincent Cormier, ing. jr, M. Sc.
Édition	Nancy Paquet, adj. administrative

Référence à citer :

WSP. 2015. *Étude technique du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean – Analyse de l'efficacité du programme*. Rapport de WSP Canada Inc. à Rio Tinto Alcan. 208 p. + annexe.

ÉNONCÉ DE RESPONSABILITÉ

Ce rapport a été préparé par WSP Canada Inc. (WSP) uniquement pour Rio Tinto Alcan. Tous les autres intervenants sont des tierces parties.

Ni WSP ni Rio Tinto Alcan ne déclarent, ne certifient ou ne garantissent à une tierce partie, que ce soit expressément ou implicitement :

- a) l'exactitude, l'intégralité ou encore l'utilité de,
- b) les droits de propriétés intellectuelles, ou autres droits de propriété, de toute personne ou de toute partie, ou
- c) la qualité marchande, l'adaptation à un usage particulier,
- d) tout renseignement, produit ou procédé divulgué, décrit ou recommandé dans ce rapport.

WSP et Rio Tinto Alcan déclinent toute responsabilité de quelque nature résultant de quelque façon de l'utilisation faite par une tierce partie de tout renseignement, produit ou procédé divulgué, décrit ou recommandé dans ce rapport. WSP et Rio Tinto Alcan déclinent toute responsabilité résultant de la confiance que toute tierce partie accorde à tout renseignement, énoncé ou recommandation contenus dans ce rapport. Si une tierce partie utilisait tout renseignement, produit ou procédé divulgué, décrit ou recommandé dans ce rapport, ou encore se fondait sur ceux-ci, il le ferait à ses risques et périls.

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION.....	1
2	MÉTHODOLOGIE.....	3
2.1	DONNÉES DISPONIBLES.....	3
2.2	CRITÈRES D'ÉVALUATION.....	4
2.2.1	SECTEURS DE PLAGE	4
2.2.2	SECTEURS DE BERGE.....	6
2.3	PLAN DU RAPPORT	7
3	ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX.....	11
3.1	SECTEUR DE SAINT-GÉDÉON.....	11
3.1.1	CARACTÉRISATION DU SECTEUR	11
3.1.2	ENVERGURE DES TRAVAUX.....	17
3.1.2.1	SECTEURS DE PLAGE	17
3.1.2.2	SECTEURS DE BERGE	18
3.1.2.3	ENVERGURE DE L'ENSEMBLE DES TRAVAUX.....	19
3.1.3	CONDITIONS ÉROSIVES.....	20
3.1.3.1	CLIMAT DE VAGUES.....	20
3.1.4	DÉRIVE LITTORALE.....	21
3.1.5	LARGEURS DE PLAGE	21
3.1.6	ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX (APPROCHE GLOBALE) ...	22
3.1.6.1	PLAGE SECONDAIRE (BORNES 1 À 4).....	22
3.1.6.2	PLAGE PRINCIPALE (BORNES 9 À 34).....	24
3.1.6.3	SECTEURS DE BERGE	27
3.2	SECTEUR MÉTABETCHOUAN-LAC-À-LA-CROIX	28
3.2.1	CARACTÉRISATION DU SECTEUR	28
3.2.2	ENVERGURE DES TRAVAUX.....	35
3.2.2.1	SECTEURS DE PLAGE	35
3.2.2.2	SECTEURS DE BERGE	37
3.2.2.3	SECTEUR DU GRAND-MARAIS.....	38
3.2.2.4	ENVERGURE DE L'ENSEMBLE DES TRAVAUX.....	39
3.2.3	CONDITIONS ÉROSIVES.....	40
3.2.3.1	CLIMAT DE VAGUE	40
3.2.3.2	FORCES ÉROSIVES.....	41
3.2.4	DÉRIVE LITTORALE.....	42
3.2.5	LARGEURS DE PLAGE	42
3.2.5.1	PLAGE PRINCIPALE (63 BORNES).....	42
3.2.5.2	PLAGE SECONDAIRE (10 BORNES).....	44

3.2.6	ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX (APPROCHE GLOBALE) ...	45
3.2.6.1	PLAGE PRINCIPALE (63 BORNES)	45
3.2.6.2	SECTEURS DE BERGE	53
3.2.7	ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX (APPROCHE EXPLICITE) .	53
3.2.7.1	TRANSPORT LONGITUDINAL	53
3.2.7.2	TRANSPORT TRANSVERSAL.....	53
3.2.7.3	ÉVALUATION PRÉLIMINAIRE DES SOLUTIONS	57
3.3	SECTEUR CHAMBORD (PLAGES DU DOMAINE DU MARAIS ET DU CAMPING BLANCHET).....	62
3.3.1	CARACTÉRISATION DU SECTEUR	62
3.3.2	ENVERGURE DES TRAVAUX.....	67
3.3.3	CONDITIONS ÉROSIVES.....	67
3.3.3.1	CLIMAT DE VAGUES	67
3.3.4	DÉRIVE LITTORALE	67
3.3.5	LARGEURS DE PLAGE	68
3.3.6	ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX (APPROCHE GLOBALE) ...	70
3.4	SECTEUR CHAMBORD (PLAGE DE LA BAIE DU REPOS).....	73
3.4.1	CARACTÉRISATION DU SECTEUR	73
3.4.2	ENVERGURE DES TRAVAUX.....	79
3.4.3	CONDITIONS ÉROSIVES.....	79
3.4.3.1	CLIMAT DE VAGUES	79
3.4.4	DÉRIVE LITTORALE	79
3.4.5	LARGEURS DE PLAGE	80
3.4.6	ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX (APPROCHE GLOBALE) ...	81
3.5	SECTEUR MASHTEUIATSH	83
3.5.1	CARACTÉRISATION DU SECTEUR	83
3.5.2	ENVERGURE DES TRAVAUX.....	84
3.5.2.1	SECTEUR DE PLAGE	84
3.5.2.2	SECTEUR DE BERGES	89
3.5.2.3	ENVERGURE DE L'ENSEMBLE DES TRAVAUX.....	90
3.5.3	CONDITIONS ÉROSIVES.....	91
3.5.3.1	CLIMAT DE VAGUES	91
3.5.4	DÉRIVE LITTORALE	92
3.5.5	LARGEURS DE PLAGE	92
3.5.6	ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX (APPROCHE GLOBALE) ...	93
3.5.6.1	SECTEUR DE PLAGE	93
3.5.6.2	SECTEUR DE BERGES	98
3.6	SECTEUR SAINT-FÉLICIEN (SAINT-MÉTHODE).....	99
3.6.1	CARACTÉRISATION DU SECTEUR	99
3.6.2	ENVERGURE DES TRAVAUX.....	107
3.6.2.1	SECTEUR DE PLAGE	107
3.6.2.2	SECTEURS DE BERGE	108
3.6.2.3	ENVERGURE DE L'ENSEMBLE DES TRAVAUX.....	109

3.6.3	CONDITIONS ÉROSIVES.....	110
3.6.3.1	CLIMAT DE VAGUES.....	110
3.6.4	DÉRIVE LITTORALE.....	110
3.6.5	LARGEURS DE PLAGE.....	110
3.6.6	ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX (APPROCHE GLOBALE).....	112
3.6.6.1	SECTEUR DE PLAGE.....	112
3.6.6.2	SECTEURS DE BERGES.....	120
3.7	SECTEUR DOLBEAU-MISTASSINI.....	121
3.7.1	CARACTÉRISATION DU SECTEUR.....	121
3.7.2	ENVERGURE DES TRAVAUX.....	129
3.7.2.1	SECTEUR DE PLAGE.....	129
3.7.2.2	SECTEURS DE BERGES.....	130
3.7.2.3	ENVERGURE DE L'ENSEMBLE DES TRAVAUX.....	130
3.7.3	CONDITIONS ÉROSIVES.....	131
3.7.3.1	CLIMAT DE VAGUES.....	131
3.7.3.2	FORCES ÉROSIVES.....	132
3.7.4	DÉRIVE LITTORALE.....	134
3.7.5	LARGEURS DE PLAGE.....	135
3.7.6	ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX (APPROCHE GLOBALE).....	136
3.7.6.1	SECTEUR DE PLAGE.....	136
3.7.6.2	SECTEURS DE BERGE.....	146
3.7.7	ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX (APPROCHE EXPLICITE).....	146
3.7.7.1	TRANSPORT LONGITUDINAL.....	146
3.7.7.2	TRANSPORT TRANSVERSAL.....	147
3.7.7.3	ÉVALUATION PRÉLIMINAIRE DES SOLUTIONS.....	151
3.8	SECTEUR SAINT-HENRI-DE-TAILLON.....	157
3.8.1	CARACTÉRISATION DU SECTEUR.....	157
3.8.2	ENVERGURE DES TRAVAUX.....	165
3.8.2.1	SECTEURS DE PLAGE.....	165
3.8.2.2	SECTEURS DE BERGE.....	166
3.8.2.3	ENVERGURE DE L'ENSEMBLE DES TRAVAUX.....	166
3.8.3	CONDITIONS ÉROSIVES.....	168
3.8.3.1	CLIMAT DE VAGUES.....	168
3.8.4	DÉRIVE LITTORALE.....	168
3.8.5	LARGEURS DE PLAGE.....	168
3.8.5.1	ZONE DE PLAGES AU NORD (39 BORNES).....	168
3.8.5.2	ZONE DE PLAGES AU SUD (24 BORNES).....	174
3.8.6	ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX (APPROCHE GLOBALE).....	176
3.8.6.1	ZONE DE PLAGES AU NORD (39 BORNES).....	176
3.8.6.2	ZONE DE PLAGES AU SUD (24 BORNES).....	183
3.8.6.3	SECTEURS DE BERGE.....	184
3.8.7	ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX (APPROCHE EXPLICITE).....	185
3.8.7.1	TRANSPORT LONGITUDINAL.....	185
3.8.7.2	TRANSPORT TRANSVERSAL.....	185
3.8.7.3	ÉVALUATION PRÉLIMINAIRE DE SOLUTIONS.....	191

4	SYNTHÈSE ET RECOMMANDATIONS.....	195
4.1	SECTEURS DE PLAGE.....	195
4.1.1	PERFORMANCE GÉNÉRALE DU PSBLSJ	195
4.1.2	RECHARGEMENTS.....	197
4.1.3	ÉPIS.....	200
4.1.4	BRISE-LAMES.....	202
4.2	SECTEURS DE BERGES.....	203
4.2.1	PERFORMANCE GÉNÉRALE DU PSBLSJ	203
4.2.2	EMPIERREMENTS 25-150 MM	204
4.2.3	GABIONS.....	205
4.2.4	TECHNIQUES VÉGÉTALES ET MIXTES.....	205
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	207

TABLEAUX

TABLEAU 2-1.	CRITÈRES CONSIDÉRÉS POUR ÉVALUER L'EFFICACITÉ DU PSBLSJ DANS LES SECTEURS DE PLAGE	6
TABLEAU 2-2.	CRITÈRES CONSIDÉRÉS POUR ÉVALUER L'EFFICACITÉ DU PSBLSJ DANS LES SECTEURS DE BERGE	7
TABLEAU 3-1.	SAINT-GÉDÉON – ENVERGURE DES TRAVAUX DANS LES SECTEURS DE PLAGE	17
TABLEAU 3-2.	SAINT-GÉDÉON – ENVERGURE DES TRAVAUX DANS LES SECTEURS DE BERGE	18
TABLEAU 3-3.	SAINT-GÉDÉON – ENVERGURE DES TRAVAUX DANS L'ENSEMBLE DU SECTEUR	20
TABLEAU 3-4.	SAINT-GÉDÉON – STATISTIQUES DES LARGEURS DE PLAGE (BORNES 9 À 34)	21
TABLEAU 3-5.	SAINT-GÉDÉON – BILAN DES LARGEURS DE PLAGE DANS LES SECTEURS SENSIBLES (PLAGE SECONDAIRE – BORNES 1 À 4)	23
TABLEAU 3-6.	SAINT-GÉDÉON – BILAN DES LARGEURS DE PLAGE DANS LES SECTEURS SENSIBLES (PLAGE PRINCIPALE – BORNES 9 À 34)	25
TABLEAU 3-7.	MÉTABETCHOUAN–LAC-À-LA-CROIX – ENVERGURE DES TRAVAUX DANS LES SECTEURS DE PLAGE	35
TABLEAU 3-8.	MÉTABETCHOUAN–LAC-À-LA-CROIX – ENVERGURE DES TRAVAUX DANS LES SECTEURS DE BERGE	37
TABLEAU 3-9.	MÉTABETCHOUAN–LAC-À-LA-CROIX – ENVERGURE DES TRAVAUX DANS LE SECTEUR DU GRAND-MARAIS	38
TABLEAU 3-10.	MÉTABETCHOUAN–LAC-À-LA-CROIX – ENVERGURE DES TRAVAUX DANS L'ENSEMBLE DU SECTEUR	39
TABLEAU 3-11.	MÉTABETCHOUAN–LAC-À-LA-CROIX – CARACTÉRISTIQUE DES PRINCIPALES TEMPÊTES AYANT ATTEINT LA CÔTE ENTRE 1992 ET 2014 (EXTRAIT DE LASALLE-NHC 2015).....	42
TABLEAU 3-12.	MÉTABETCHOUAN–LAC-À-LA-CROIX – STATISTIQUES DES LARGEURS DE PLAGE (PLAGE PRINCIPALE)	43
TABLEAU 3-13.	MÉTABETCHOUAN–LAC-À-LA-CROIX – STATISTIQUES DES LARGEURS DE PLAGE (PLAGE SECONDAIRE).....	44
TABLEAU 3-14.	MÉTABETCHOUAN–LAC-À-LA-CROIX – BILAN DES LARGEURS DE PLAGE DANS LES SECTEURS SENSIBLES	47
TABLEAU 3-15.	CHAMBORD (DOMAINE DU MARAIS ET CAMPING BLANCHET) – ENVERGURE DES TRAVAUX DANS LE SECTEUR DE LA PLAGE	67
TABLEAU 3-16.	CHAMBORD (DOMAINE DU MARAIS ET CAMPING BLANCHET) – STATISTIQUES DES LARGEURS DE PLAGE.....	69

TABLEAU 3-17.	CHAMBORD (DOMAINE DU MARAIS ET CAMPING BLANCHET) – BILAN DES LARGEURS DE PLAGE DANS LES SECTEURS SENSIBLES	71
TABLEAU 3-18.	CHAMBORD (BAIE DU REPOS) – ENVERGURE DES TRAVAUX DANS LE SECTEUR DE LA PLAGE	79
TABLEAU 3-19.	CHAMBORD (BAIE DU REPOS) – STATISTIQUES DES LARGEURS DE PLAGE	80
TABLEAU 3-20.	CHAMBORD (BAIE DU REPOS) – BILAN DES LARGEURS DE PLAGE DANS LES SECTEURS PROBLÉMATIQUES	82
TABLEAU 3-21.	MASHTEUIATSH – ENVERGURE DES TRAVAUX DANS LE SECTEUR DE LA PLAGE	89
TABLEAU 3-22.	MASHTEUIATSH – ENVERGURE DES TRAVAUX DANS LE SECTEUR DE BERGES	90
TABLEAU 3-23.	MASHTEUIATSH – ENVERGURE DES TRAVAUX DANS L'ENSEMBLE DU SECTEUR	91
TABLEAU 3-24.	MASHTEUIATSH – STATISTIQUES DES LARGEURS DE PLAGE ...	92
TABLEAU 3-25.	MASHTEUIATSH – BILAN DES LARGEURS DE PLAGE DANS LES SECTEURS SENSIBLES.....	94
TABLEAU 3-26.	SAINT-FÉLICIEN (SAINT-MÉTHODE) – ENVERGURE DES TRAVAUX DANS LE SECTEUR DE LA PLAGE	107
TABLEAU 3-27.	SAINT-FÉLICIEN (SAINT-MÉTHODE) – ENVERGURE DES TRAVAUX DANS LES SECTEURS DE BERGE	108
TABLEAU 3-28.	SAINT-FÉLICIEN (SAINT-MÉTHODE) – ENVERGURE DES TRAVAUX DANS L'ENSEMBLE DU SECTEUR	109
TABLEAU 3-29.	SAINT-FÉLICIEN (SAINT-MÉTHODE) – STATISTIQUES DES LARGEURS DE PLAGE	111
TABLEAU 3-30.	SAINT-FÉLICIEN (SAINT-MÉTHODE) – BILAN DES LARGEURS DE PLAGE DANS LES SECTEURS SENSIBLES	113
TABLEAU 3-31.	DOLBEAU-MISTASSINI – ENVERGURE DES TRAVAUX DANS LE SECTEUR DE LA PLAGE	129
TABLEAU 3-32.	DOLBEAU-MISTASSINI – ENVERGURE DES TRAVAUX DANS LES SECTEURS DE BERGE	130
TABLEAU 3-33.	DOLBEAU-MISTASSINI – ENVERGURE DES TRAVAUX DANS L'ENSEMBLE DU SECTEUR	131
TABLEAU 3-34.	DOLBEAU-MISTASSINI – STATISTIQUES DES LARGEURS DE PLAGE	135
TABLEAU 3-35.	DOLBEAU-MISTASSINI – BILAN DES LARGEURS DE PLAGE DANS LES SECTEURS SENSIBLES.....	138
TABLEAU 3-36.	SAINT-HENRI-DE-TAILLON – ENVERGURE DES TRAVAUX DANS LES SECTEURS DE PLAGE.....	165
TABLEAU 3-37.	SAINT-HENRI-DE-TAILLON – ENVERGURE DES TRAVAUX DANS LES SECTEURS DE BERGE	166

TABLEAU 3-38.	SAINT-HENRI-DE-TAILLON – ENVERGURE DES TRAVAUX DANS L'ENSEMBLE DU SECTEUR	167
TABLEAU 3-39.	SAINT-HENRI-DE-TAILLON – STATISTIQUES DES LARGEURS DE PLAGE (ZONE DE PLAGES NORD – PLAGE N1 – BORNES 1 À 17).....	169
TABLEAU 3-40.	SAINT-HENRI-DE-TAILLON – STATISTIQUES DES LARGEURS DE PLAGE (ZONE DE PLAGES AU NORD – PLAGE N2 – BORNES 19 À 27)	170
TABLEAU 3-41.	SAINT-HENRI-DE-TAILLON – STATISTIQUES DES LARGEURS DE PLAGE (ZONE DE PLAGES AU NORD – PLAGE N3 – BORNES 28 À 34)	171
TABLEAU 3-42.	SAINT-HENRI-DE-TAILLON – STATISTIQUES DES LARGEURS DE PLAGE (ZONE DE PLAGES AU NORD – PLAGE N4 – BORNES 35 À 38)	173
TABLEAU 3-43.	SAINT-HENRI-DE-TAILLON – STATISTIQUES DES LARGEURS DE PLAGE (ZONE DE PLAGES AU SUD – PLAGE S1 – BORNES 1 À 17)	174
TABLEAU 3-44.	SAINT-HENRI-DE-TAILLON – STATISTIQUES DES LARGEURS DE PLAGE (ZONE DE PLAGES AU SUD – PLAGE S2 – BORNES 18 À 23)	175
TABLEAU 3-45.	SAINT-HENRI-DE-TAILLON – BILAN DES LARGEURS DE PLAGE DANS LES SECTEURS SENSIBLES (ZONE DE PLAGES AU NORD)	178
TABLEAU 3-46.	SAINT-HENRI-DE-TAILLON – BILAN DES LARGEURS DE PLAGE DANS LES SECTEURS SENSIBLES (ZONE DE PLAGES AU SUD).....	184
TABLEAU 4-1.	ENVERGURE GLOBALE DES TRAVAUX DE RECHARGEMENTS ¹	195
TABLEAU 4-2.	LONGUEUR TOTALE (KM) DES TRAVAUX DE PROTECTION RÉALISÉS SUR LES BERGES ¹	204

FIGURES

FIGURE 3-1.	SAINT-GÉDÉON – PROFILS TRANSVERSAUX : (A) SECTEURS DE PLAGE ET (B) SECTEURS DE BERGE	15
FIGURE 3-2.	SAINT-GÉDÉON – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE MINIMALES, MOYENNES ET MAXIMALES (BORNES 9 À 34).....	22
FIGURE 3-3.	SAINT-GÉDÉON – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE (BORNES 3 ET 4).....	23
FIGURE 3-4.	SAINT-GÉDÉON – ÉVOLUTION DE LA LARGEUR MOYENNE DE PLAGE ET DE LA QUANTITÉ DE MATÉRIAUX DÉPOSÉS (BORNES 9 À 34)	25

FIGURE 3-5.	SAINT-GÉDÉON – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE (BORNES 30 À 32)	27
FIGURE 3-6.	MÉTABETCHOUAN–LAC-À-LA-CROIX – PROFILS TRANSVERSAUX : (A) SECTEURS DE PLAGE ET (B) SECTEURS DE BERGE	33
FIGURE 3-7.	MÉTABETCHOUAN–LAC-À-LA-CROIX – ROSES DES VAGUES LE LONG DE LA PLAGE PRINCIPALE (EXTRAIT DE LASALLE-NHC 2015)	40
FIGURE 3-8.	MÉTABETCHOUAN–LAC-À-LA-CROIX – COMPOSANTE LITTORALE DU FLUX D'ÉNERGIE DES VAGUES QUI ATTEignent LA CÔTE (EXTRAIT DE LASALLE-NHC 2015)	41
FIGURE 3-9.	MÉTABETCHOUAN–LAC-À-LA-CROIX – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE MINIMALE, MOYENNE ET MAXIMALE (PLAGE PRINCIPALE)	44
FIGURE 3-10.	MÉTABETCHOUAN–LAC-À-LA-CROIX – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE MINIMALE, MOYENNE ET MAXIMALE (PLAGE SECONDAIRE)	45
FIGURE 3-11.	MÉTABETCHOUAN–LAC-À-LA-CROIX – ÉVOLUTION DE LA LARGEUR MOYENNE DE PLAGE ET DE LA QUANTITÉ DE MATÉRIAUX DÉPOSÉS (PLAGE PRINCIPALE).....	46
FIGURE 3-12.	MÉTABETCHOUAN–LAC-À-LA-CROIX – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE (BORNES 3 À 5)	49
FIGURE 3-13.	MÉTABETCHOUAN–LAC-À-LA-CROIX – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE (BORNES 19 À 21)	50
FIGURE 3-14.	MÉTABETCHOUAN–LAC-À-LA-CROIX – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE (BORNES 35 ET 36).....	51
FIGURE 3-15.	MÉTABETCHOUAN–LAC-À-LA-CROIX – ÉVOLUTION DE LA LARGEUR DE PLAGE (BORNE 48)	52
FIGURE 3-16.	MÉTABETCHOUAN–LAC-À-LA-CROIX – RÉSULTATS DE MODÉLISATION DU TRANSPORT SÉDIMENTAIRE ET DE L'ÉVOLUTION DU TRAIT DE CÔTE DE 1990 À 2013, EN L'ABSENCE D'INTERVENTIONS AU COURS DE LA MÊME PÉRIODE (EXTRAIT DE LASALLE 2015 SIM1)	55
FIGURE 3-17.	MÉTABETCHOUAN–LAC-À-LA-CROIX (SITE 94.03.01) – ÉVOLUTION RELATIVE DE LA POSITION DE LA LIGNE DE CÔTE ET VARIATION DU VOLUME DE LA PLAGE APRÈS 23 ANS (PAR RAPPORT AUX CONDITIONS DE 2014), POUR L'ÉTAT DE RÉFÉRENCE ET LES VARIANTES D'AMÉNAGEMENT PROPOSÉES	58
FIGURE 3-18.	MÉTABETCHOUAN–LAC-À-LA-CROIX (SITE 2002.03.01) – ÉVOLUTION RELATIVE DE LA POSITION DE LA LIGNE DE CÔTE ET VARIATION DU VOLUME DE LA PLAGE APRÈS 23 ANS (PAR RAPPORT AUX CONDITIONS DE 2014), POUR L'ÉTAT DE RÉFÉRENCE ET LES VARIANTES D'AMÉNAGEMENT PROPOSÉES	60

FIGURE 3-19.	MÉTABETCHOUAN–LAC-À-LA-CROIX (SITE 91.03.03) – ÉVOLUTION RELATIVE DE LA POSITION DE LA LIGNE DE CÔTE ET VARIATION DU VOLUME DE LA PLAGE APRÈS 23 ANS (PAR RAPPORT AUX CONDITIONS DE 2014), POUR L'ÉTAT DE RÉFÉRENCE ET LES VARIANTES D'AMÉNAGEMENT PROPOSÉES	61
FIGURE 3-20.	CHAMBORD (DOMAINE DU MARAIS ET CAMPING BLANCHET) – PROFILS TRANSVERSAUX (SECTEUR DE PLAGE)	65
FIGURE 3-21.	CHAMBORD (DOMAINE DU MARAIS ET CAMPING BLANCHET) – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE MINIMALE, MOYENNE ET MAXIMALE.....	69
FIGURE 3-22.	CHAMBORD (DOMAINE DU MARAIS ET CAMPING BLANCHET) – ÉVOLUTION DE LA LARGEUR MOYENNE DE LA PLAGE ET DE LA QUANTITÉ DE MATÉRIAUX DÉPOSÉS.....	70
FIGURE 3-23.	CHAMBORD (DOMAINE DU MARAIS ET CAMPING BLANCHET) – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE (BORNES 4 À 14).....	72
FIGURE 3-24.	CHAMBORD (DOMAINE DU MARAIS ET CAMPING BLANCHET) – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE (BORNES 15 À 24).....	72
FIGURE 3-25.	CHAMBORD (BAIE DU REPOS) – PROFILS TRANSVERSAUX (SECTEUR PLAGE).....	77
FIGURE 3-26.	CHAMBORD (BAIE DU REPOS) – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE MINIMALE, MOYENNE ET MAXIMALE	81
FIGURE 3-27.	CHAMBORD (BAIE DU REPOS) – ÉVOLUTION DE LA LARGEUR MOYENNE DE LA PLAGE ET DE LA QUANTITÉ DE MATÉRIAUX DÉPOSÉS.....	81
FIGURE 3-28.	CHAMBORD (BAIE DU REPOS) – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE (BORNES 1 À 4)	83
FIGURE 3-29.	MASHTEUIATSH – PROFILS TRANSVERSAUX : (A) SECTEUR DE PLAGE ET (B) SECTEUR DE BERGES	87
FIGURE 3-30.	MASHTEUIATSH – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE MINIMALE, MOYENNE ET MAXIMALE	93
FIGURE 3-31.	MASHTEUIATSH – ÉVOLUTION DE LA LARGEUR MOYENNE DE PLAGE ET DE LA QUANTITÉ DE MATÉRIAUX DÉPOSÉS	94
FIGURE 3-32.	MASHTEUIATSH – ÉVOLUTION DE LA LARGEUR DE PLAGE (BORNE 4)	96
FIGURE 3-33.	MASHTEUIATSH – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE (BORNES 32 ET 33)	97
FIGURE 3-34.	MASHTEUIATSH – LOCALISATION DU MUR DE GABION AYANT FAIT L'OBJET DE TRAVAUX D'ENTRETIEN.....	98
FIGURE 3-35.	SAINT-FÉLICIEN (SAINT MÉTHODE) – PROFILS TRANSVERSAUX : (A) SECTEUR DE PLAGE ET (B) SECTEURS DE BERGE.....	105
FIGURE 3-36.	SAINT-FÉLICIEN (SAINT-MÉTHODE) – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE MINIMALE, MOYENNE ET MAXIMALE	111

FIGURE 3-37.	SAINT-FÉLICIEN (SAINT-MÉTHODE) – ÉVOLUTION DE LA LARGEUR MOYENNE DE PLAGE ET DE LA QUANTITÉ DE MATÉRIAUX DÉPOSÉS.....	112
FIGURE 3-38.	SAINT-FÉLICIEN (SAINT-MÉTHODE) – ÉVOLUTION DE LA LARGEUR DE PLAGE (BORNE 60)	114
FIGURE 3-39.	SAINT-FÉLICIEN (SAINT-MÉTHODE) – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE (BORNES 55 ET 56).....	115
FIGURE 3-40.	SAINT-FÉLICIEN (SAINT-MÉTHODE) – ÉVOLUTION DE LA LARGEUR DE PLAGE (BORNE 52)	116
FIGURE 3-41.	SAINT-FÉLICIEN (SAINT-MÉTHODE) – ÉVOLUTION DE LA LARGEUR DE PLAGE (BORNE 49)	117
FIGURE 3-42.	SAINT-FÉLICIEN (SAINT-MÉTHODE) – ÉVOLUTION DE LA LARGEUR DE PLAGE (BORNE 45)	118
FIGURE 3-43.	SAINT-FÉLICIEN (SAINT-MÉTHODE) – ÉVOLUTION DE LA LARGEUR DE PLAGE (BORNE 31)	119
FIGURE 3-44.	SAINT-FÉLICIEN (SAINT-MÉTHODE) – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE (BORNES 15 À 20).....	120
FIGURE 3-45.	SAINT-FÉLICIEN (SAINT-MÉTHODE) – LOCALISATION D'UN PERRÉ AYANT FAIT L'OBJET DE TRAVAUX D'ENTRETIEN	121
FIGURE 3-46.	DOLBEAU-MISTASSINI – PROFILS TRANSVERSAUX : (A) SECTEUR DE PLAGE ET (B) SECTEURS DE BERGE	127
FIGURE 3-47.	DOLBEAU-MISTASSINI – ROSES DES VAGUES (EXTRAIT DE LASALLE-NHC 2015)	132
FIGURE 3-48.	DOLBEAU-MISTASSINI – COMPOSANTE LONGITUDINALE DU FLUX D'ÉNERGIE DES VAGUES (EXTRAIT DE LASALLE-NHC 2015)	133
FIGURE 3-49.	DOLBEAU-MISTASSINI – ANALYSE FRÉQUENTIELLE DE LA COMPOSANTE LONGITUDINALE DU FLUX D'ÉNERGIE DES VAGUES (EXTRAIT DE LASALLE-NHC 2015).....	134
FIGURE 3-50.	DOLBEAU-MISTASSINI – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE MINIMALE, MOYENNE ET MAXIMALE	136
FIGURE 3-51.	DOLBEAU-MISTASSINI – ÉVOLUTION DE LA LARGEUR MOYENNE DE PLAGE ET DE LA QUANTITÉ DE MATÉRIAUX DÉPOSÉS.....	137
FIGURE 3-52.	DOLBEAU-MISTASSINI – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE (BORNES 99 À 101)	140
FIGURE 3-53.	DOLBEAU-MISTASSINI – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE (BORNES 85 ET 86).....	141
FIGURE 3-54.	DOLBEAU-MISTASSINI – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE (BORNES 74 À 80)	142
FIGURE 3-55.	DOLBEAU-MISTASSINI – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE (BORNES 58 À 62)	143

FIGURE 3-56.	DOLBEAU-MISTASSINI – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE (BORNES 36 À 40)	144
FIGURE 3-57.	DOLBEAU-MISTASSINI – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE (BORNES 42 À 46)	144
FIGURE 3-58.	DOLBEAU-MISTASSINI – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE (BORNES 6 ET 7)	146
FIGURE 3-59.	DOLBEAU-MISTASSINI – RÉSULTATS DE MODÉLISATION DU TRANSPORT SÉDIMENTAIRE ET DE L'ÉVOLUTION DU TRAIT DE CÔTE DE 1986 À 2009, EN ABSENCE D'INTERVENTIONS AU COURS DE LA MÊME PÉRIODE (EXTRAIT DE LASALLE 2015 SIM1)	149
FIGURE 3-60.	DOLBEAU-MISTASSINI (SITE 95.11.03) – ÉVOLUTION RELATIVE DE LA POSITION DE LA LIGNE DE CÔTE ET VARIATION DU VOLUME DE LA PLAGE APRÈS 23 ANS (PAR RAPPORT AUX CONDITIONS DE 2014), POUR L'ÉTAT DE RÉFÉRENCE ET LES VARIANTES D'AMÉNAGEMENT PROPOSÉES	153
FIGURE 3-61.	DOLBEAU-MISTASSINI (SITE 94.11.02) – ÉVOLUTION RELATIVE DE LA POSITION DE LA LIGNE DE CÔTE ET VARIATION DU VOLUME DE LA PLAGE APRÈS 23 ANS (PAR RAPPORT AUX CONDITIONS DE 2014), POUR L'ÉTAT DE RÉFÉRENCE ET LES VARIANTES D'AMÉNAGEMENT PROPOSÉES	155
FIGURE 3-62.	DOLBEAU-MISTASSINI (SITE 95.11.02) – ÉVOLUTION RELATIVE DE LA POSITION DE LA LIGNE DE CÔTE ET VARIATION DU VOLUME DE LA PLAGE APRÈS 23 ANS (PAR RAPPORT AUX CONDITIONS DE 2014), POUR L'ÉTAT DE RÉFÉRENCE ET LES VARIANTES D'AMÉNAGEMENT PROPOSÉES	157
FIGURE 3-63.	SAINT-HENRI-DE-TAILLON – PROFILS TRANSVERSAUX : (A) SECTEURS DE PLAGE ET (B) SECTEURS DE BERGE	163
FIGURE 3-64.	SAINT-HENRI-DE-TAILLON – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE MINIMALE, MOYENNE ET MAXIMALE (ZONE DE PLAGES AU NORD – PLAGE N1 – BORNES 1 À 17)	169
FIGURE 3-65.	SAINT-HENRI-DE-TAILLON – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE MINIMALE, MOYENNE ET MAXIMALE (ZONE DE PLAGES AU NORD – PLAGE N2 – BORNES 19 À 27)	171
FIGURE 3-66.	SAINT-HENRI-DE-TAILLON – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE MINIMALE, MOYENNE ET MAXIMALE (ZONE DE PLAGES AU NORD – PLAGE N3 – BORNES 28 À 34)	172
FIGURE 3-67.	SAINT-HENRI-DE-TAILLON – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE MINIMALE, MOYENNE ET MAXIMALE (ZONE DE PLAGES AU NORD – PLAGE N4 – BORNES 35 À 38)	173
FIGURE 3-68.	SAINT-HENRI-DE-TAILLON – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE MINIMUM, MOYENNE ET MAXIMUM (ZONE DE PLAGES AU SUD – PLAGE S1 – BORNES 1 À 17)	175

FIGURE 3-69.	SAINT-HENRI-DE-TAILLON – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE MINIMALE, MOYENNE ET MAXIMALE (ZONE DE PLAGES AU SUD – PLAGE S2 – BORNES 18 À 23).....	176
FIGURE 3-70.	SAINT-HENRI-DE-TAILLON – ÉVOLUTION DE LA LARGEUR MOYENNE DES PLAGES ET DE LA QUANTITÉ DE MATÉRIAUX DÉPOSÉS (ZONE DE PLAGES AU NORD)	177
FIGURE 3-71.	SAINT-HENRI-DE-TAILLON – ÉVOLUTION DE LA LARGEUR DE PLAGE (BORNE 11).....	180
FIGURE 3-72.	SAINT-HENRI-DE-TAILLON – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE (BORNES 26 ET 27).....	181
FIGURE 3-73.	SAINT-HENRI-DE-TAILLON – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE (BORNES 33 ET 34).....	182
FIGURE 3-74.	SAINT-HENRI-DE-TAILLON – ÉVOLUTION DES LARGEURS DE PLAGE (BORNES 35 ET 36).....	183
FIGURE 3-75.	SAINT-HENRI-DE-TAILLON – ÉVOLUTION DE LA LARGEUR MOYENNE DES PLAGES ET DE LA QUANTITÉ DE MATÉRIAUX DÉPOSÉS (ZONE DE PLAGES AU SUD)	183
FIGURE 3-76.	SAINT-HENRI-DE-TAILLON (PLAGE N1 – BORNES 1 À 17) – RÉSULTATS DE MODÉLISATION DU TRANSPORT SÉDIMENTAIRE ET DE L'ÉVOLUTION DU TRAIT DE CÔTE DE 1986 À 2009, EN ABSENCE D'INTERVENTIONS AU COURS DE LA MÊME PÉRIODE (EXTRAIT DE LASALLE 2015 SIM1).....	187
FIGURE 3-77.	SAINT-HENRI-DE-TAILLON (PLAGE N2 – BORNES 18 À 27) – RÉSULTATS DE MODÉLISATION DU TRANSPORT SÉDIMENTAIRE ET DE L'ÉVOLUTION DU TRAIT DE CÔTE DE 1986 À 2009, EN ABSENCE D'INTERVENTIONS AU COURS DE LA MÊME PÉRIODE (EXTRAIT DE LASALLE 2015 SIM1).....	189
FIGURE 3-78.	SAINT-HENRI-DE-TAILLON (SITE 88.15.01) – ÉVOLUTION RELATIVE DE LA POSITION DE LA LIGNE DE CÔTE ET VARIATION DU VOLUME DE LA PLAGE APRÈS 23 ANS (PAR RAPPORT AUX CONDITIONS DE 2014), POUR L'ÉTAT DE RÉFÉRENCE ET LES VARIANTES D'AMÉNAGEMENT PROPOSÉES.....	192
FIGURE 3-79.	SAINT-HENRI-DE-TAILLON (SITE 94.15.01) – ÉVOLUTION RELATIVE DE LA POSITION DE LA LIGNE DE CÔTE ET VARIATION DU VOLUME DE LA PLAGE APRÈS 23 ANS (PAR RAPPORT AUX CONDITIONS DE 2014), POUR L'ÉTAT DE RÉFÉRENCE ET LES VARIANTES D'AMÉNAGEMENT PROPOSÉES.....	194

CARTES

CARTE 3-1.	SAINT-GÉDÉON – LOCALISATION DES PROFILS TRANSVERSAUX.....	13
CARTE 3-2.	MÉTABETCHOUAN–LAC-À-LA-CROIX – LOCALISATION DES PROFILS TRANSVERSAUX	29
CARTE 3-3.	CHAMBORD (DOMAINE DU MARAIS ET CAMPING BLANCHET) – LOCALISATION DES PROFILS TRANSVERSAUX	63
CARTE 3-4.	CHAMBORD (BAIE DU REPOS) – LOCALISATION DES PROFILS TRANSVERSAUX.....	75
CARTE 3-5.	MASHTEUIATSH – LOCALISATION DES PROFILS TRANSVERSAUX.....	85
CARTE 3-6.	SAINT-FÉLICIEN (SAINT-MÉTHODE) – LOCALISATION DES PROFILS TRANSVERSAUX	101
CARTE 3-7.	DOLBEAU-MISTASSINI – LOCALISATION DES PROFILS TRANSVERSAUX.....	123
CARTE 3-8.	SAINT-HENRI-DE-TAILLON – LOCALISATION DES PROFILS TRANSVERSAUX.....	159

ANNEXES

ANNEXE A	CARTES DE LOCALISATION DES INTERVENTIONS 1986-2015
----------	--

1 INTRODUCTION

En mars 1981, Alcan déposait au ministre de l'Environnement du Québec un programme visant la stabilisation des berges du lac Saint-Jean. Il était la continuité des travaux déjà effectués par Alcan dans le passé. À la suite d'une vaste étude d'impact réalisée par Alcan entre 1981 et 1984 et après la tenue d'audiences publiques en janvier 1985, le Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean (PSBLSJ) a fait l'objet d'un décret d'une durée de 10 ans entre Alcan et le gouvernement du Québec.

En décembre 1995, le gouvernement du Québec consentait à prolonger l'entente existante pour une deuxième période de 10 ans, soit de 1996 à 2006. Cette prolongation faisait suite aux recommandations d'un comité formé de représentants d'organismes du milieu et mis en place par le ministre de l'Environnement de l'époque. Le programme a été reconduit pour une troisième fois de 2006 à 2016, selon les mêmes modalités que la décennie précédente, à la suite d'une recommandation des trois municipalités régionales de comtés (MRC) situées au lac Saint-Jean.

Rio Tinto Alcan désire poursuivre le PSBLSJ pour la période 2017-2026. Le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) a exprimé son avis, à savoir que le PSBLSJ devrait être soumis à nouveau à la procédure d'évaluation des impacts sur l'environnement et le milieu social. Pour Rio Tinto Alcan, le renouvellement du programme est justifié afin de maintenir la vocation récréotouristique du lac Saint-Jean tout en tenant compte de ses besoins liés à ses activités économiques dans la région, de même que pour concilier les intérêts de tous les utilisateurs et intervenants concernés (riverains, plaisanciers, pêcheurs, ministères, MRC, municipalités et autres), cela dans le respect des principes du développement durable.

Cette étude d'impact sur l'environnement inclut un volet technique constitué des éléments suivant : 1) une revue de littérature portant sur les techniques de stabilisation et de protection des berges ainsi que des plages; 2) une analyse de l'efficacité des travaux réalisés au lac Saint-Jean depuis 1986; 3) l'intégration de résultats de modélisations de l'érosion et 4) l'étude des sources d'approvisionnement en sédiments potentielles pour le rechargement des plages. Les résultats de ces travaux, combinés au processus d'étude d'impact sur l'environnement, permettront de définir un PSBLSJ 2017-2026. Le PSBLSJ consiste essentiellement en un coffre à outils et en des règles de gestion qui visent à optimiser les interventions de protection des berges, tout en réduisant les impacts négatifs sur l'environnement et les riverains.

La revue de littérature a été présentée dans un rapport distinct (WSP 2015). Le document actuel se consacre alors à l'évaluation de l'efficacité des travaux et l'intégration des résultats de modélisation des conditions érosives. L'étude sur les sources d'approvisionnement a quant à elle été réalisée en parallèle avec cette évaluation et fait l'objet d'un rapport indépendant.

L'évaluation de l'efficacité des travaux a pour objectif de dresser un portrait de la performance générale des interventions depuis 1986, basé sur l'historique des travaux et les suivis réalisés. Cette analyse permet d'identifier les problématiques observées au niveau technique et de formuler des recommandations pour les adresser. La stratégie préconisée dans le cadre de cette étude a été d'analyser en profondeur les interventions réalisées dans les huit secteurs suivants :

1. Saint-Gédéon
2. Métabetchouan–Lac-à-la-Croix
3. Chambord (sous-secteur du domaine du Marais)
4. Chambord (sous-secteur de la baie du Repos)

5. Mashteuiatsh
6. Saint-Félicien (sous-secteur de Saint-Méthode)
7. Dolbeau-Mistassini
8. Saint-Henri-de-Taillon

C'est dans ces secteurs que se concentre la majorité des interventions réalisées au cours des trois dernières décennies, lesquels couvrent 97 km du littoral du lac Saint-Jean. Les autres régions sont abordées de manière plus générale dans l'étude d'impact sur l'environnement, en référant ceux énumérés ci-haut, pour présenter différentes méthodes de stabilisation des berges avec différents degrés d'efficacité.

Le protocole d'évaluation de l'efficacité des travaux varie selon la nature du littoral, qui est divisé en secteurs de plage et secteurs de berge. Les secteurs de plage couvrent environ 43 km, alors que les secteurs de berge s'étendent sur près de 54 km.

Ce rapport présente la méthodologie employée, l'évaluation de l'efficacité des travaux dans chaque secteur énuméré précédemment et les synthèses et recommandations.

2 MÉTHODOLOGIE

2.1 DONNÉES DISPONIBLES

La caractérisation des secteurs étudiés et l'évaluation de l'efficacité des interventions réalisées dans le cadre du PSBLSJ s'appuient sur une interprétation des données provenant des sources suivantes :

- base de données géographiques Geotopus;
- relevés topographiques et bathymétriques 2014;
- photographies aériennes;
- climats de vagues et séries temporelles des forces érosives pour la période d'eaux libres entre 1992 et 2014;
- documents techniques fournis par Rio Tinto Alcan.

La base de données géographiques Geotopus est un outil développé par le Groupe Nippour et utilisé par Rio Tinto Alcan pour centraliser, diffuser et partager l'information de nature spatiale à l'échelle du lac Saint-Jean. Elle archive notamment les données suivantes :

- Position des bornes inamovibles :
 - ces repères, installés lors de l'entrée en vigueur du PSBLSJ dans les secteurs de plage faisant l'objet d'un suivi particulier, ont été positionnés le long de la limite de végétation ou du bas de talus de 1986. Ils constituent la limite de référence par rapport à laquelle sont mesurées les largeurs de plage.
- Arpentage annuel au niveau 101,54 m (16,5 pieds) :
 - ces arpentages sont réalisés chaque automne depuis 1986 et ont pour objectif de caractériser la largeur des plages. Les suivis réalisés pendant les périodes 1987-1989, 1991-1995 et 2014 n'étaient toutefois pas disponibles au moment de réaliser cette étude.
- Travaux et interventions annuelles :
 - cette couche permet de repérer l'ensemble des interventions réalisées dans le cadre du PSBLSJ, pour la période 1986-2014. Elle présente également plusieurs types d'informations additionnelles, tels que la nature des travaux (rechargements, perrés, etc.), l'année de leur réalisation, la longueur des aménagements et les taux de rechargements.

L'évaluation de l'efficacité du PSBLSJ se limite aux interventions contenues dans cette base de données et exclut tous les travaux réalisés avant 1986 ou par des intervenants autres que Rio Tinto Alcan.

Des relevés topographiques et bathymétriques réalisés en 2014 permettent quant à eux de caractériser les profils transversaux du rivage jusqu'à une profondeur approximative de 98 m. Cet exercice comprenait un arpentage de sections transversales à tous les 250 m (25 m dans les secteurs des plages publiques de Saint-Gédéon, du banc de sable de Métabetchouan–Lac-à-la-Croix et des secteurs des plages de Mashteuiatsh) avec des instruments GPS et une couverture Lidar des berges. Un traitement de ces données a permis de générer un modèle numérique de terrain couvrant la périphérie du lac et de ses tributaires.

Des photographies aériennes sont utilisées pour analyser l'évolution morphologique des berges et déceler la présence de reliefs particuliers à proximité de la côte. La base de données Geotopus constitue à cet

égard la principale source pour ce type d'information, avec des photographies datant de 1926, 1937-1938, 1947, 1964, 1981, 1986, 1995, 2005, 2007 et 2012. D'autres sources de données sont également considérées, notamment Google Earth.

Les documents techniques fournis par Rio Tinto Alcan constituent une source de données additionnelle pour caractériser les secteurs et analyser les problématiques rencontrées. Ces documents incluent :

- l'étude d'impact sur l'environnement et le milieu social réalisé en 1983 – 3 tomes et annexes (Marsan 1983);
- le bilan de mi-programme produit en 1990 (RSA 1991);
- l'annexe 1 (Envergure et efficacité des travaux) du rapport synthèse 1986-1996 (Alcan 1996);
- la rétrospective 1996-2006 (Alcan 2007);
- les suivis techniques divers réalisés lors d'interventions (1986-2005);
- les rapports de suivis annuels (2007-2013).

Les responsables du PSBLSJ ont également fait part de leurs observations et de leurs expériences au fil des décennies, permettant de mettre en lumière les difficultés techniques rencontrées lors de la mise en œuvre des différentes méthodes de stabilisation ou les problématiques potentielles qui ont limité certaines interventions.

Finalement, une étude de modélisation de l'érosion est également réalisée par le groupe Lasalle-NHC en parallèle avec l'étude d'impact sur l'environnement. Le mandat inclut une caractérisation des climats de vagues, des forces érosives, du transport sédimentaire et des déplacements anticipés du trait de côte. De plus, différents scénarios sont considérés à l'égard des changements climatiques, du mode de gestion des niveaux d'eau du lac Saint-Jean et des structures aménagées pour améliorer la stabilité des plages. Les principaux résultats d'analyses sont intégrés à l'étude en cours afin de dresser un portrait général de l'efficacité des interventions, d'identifier les secteurs démontrant une sensibilité accrue à l'érosion et de proposer des pistes de solutions. Trois secteurs bénéficient quant à eux d'une analyse approfondie (dite explicite), où les solutions proposées sont modélisées et étudiées plus en détail, afin d'évaluer leur efficacité et les impacts potentiels anticipés dans les secteurs adjacents. Les détails des modélisations sont présentés dans un rapport distinct (Lasalle-NHC 2015b).

2.2 CRITÈRES D'ÉVALUATION

L'efficacité technique du PSBLSJ est évaluée selon des critères de performance pouvant être regroupés en deux catégories : une première pour les secteurs de plage et une seconde pour les secteurs de berge. Ces critères, de nature essentiellement technique, permettent de réaliser une évaluation préliminaire des sites sensibles à l'érosion. Afin de décider si des ajustements sont requis ou si le statu quo est acceptable, une analyse plus large doit être réalisée et inclure des critères environnementaux, économiques et sociaux, propres à chaque site.

2.2.1 SECTEURS DE PLAGE

Dans les secteurs de plage, l'objectif général du PSBLSJ vise le maintien d'une qualité de plage satisfaisante à l'égard des besoins récréotouristiques et de protection des infrastructures riveraines, tout en préservant autant que possible la quiétude des résidents. L'efficacité du PSBLSJ est donc évaluée selon les paramètres suivants :

- la largeur de plage maintenue;

- la fréquence des rechargements;
- l'envergure des volumes de rechargements;
- la performance et la conception des structures fixes (épis, brise-lames, géotubes);
- les impacts sur les zones adjacentes;
- la résistance aux tempêtes et aux conditions érosives associées.

Tel que défini dans l'entente liée au décret de 1986 entre le gouvernement du Québec et Alcan Aluminium Ltée (maintenant Rio Tinto Alcan), une largeur de plage inférieure à 8 m sur plus de 30 % de sa longueur ou 100 m (le moindre des deux) a été utilisée pour justifier une intervention de la part de Rio Tinto Alcan pour les 45 km de secteurs de plage reconnus dans cette entente. Les largeurs de plage ont été définies comme étant les distances séparant les bornes inamovibles de la courbe d'élévation 101,54 m (16,5 pieds). Ces bornes ont été installées au début du PSBLSJ dans les secteurs faisant l'objet d'un suivi. Des campagnes d'arpentage réalisées annuellement à ce niveau ont permis d'effectuer un suivi régulier de ce paramètre. Le critère de 8 m est alors retenu pour évaluer l'efficacité du PSBLSJ à maintenir des largeurs de plage adéquates. À noter, cependant, que d'autres paramètres sont également analysés pour juger de la nécessité d'intervenir, notamment le taux de recul observé et la capacité de la plage à se reconstruire. Rio Tinto Alcan essaie autant que possible de ne pas intervenir si la plage est en mesure de se rétablir d'elle-même. Le cas échéant, les activités de suivis se poursuivent et une intervention n'est réalisée que si une détérioration importante de la plage est observée.

La fréquence des rechargements est quant à elle généralement établie de manière à obtenir un équilibre entre les enjeux environnementaux, sociaux et économiques liés à chaque secteur. Lorsque la quantité de matériaux requis et l'accès au site d'intervention ne présentent pas de problématiques particulières, des récurrences minimales de 5 à 7 ans sont généralement jugées comme étant acceptables (DEAN 2002; BASCO 2011). Cependant, si la quantité de matériaux requis est très importante, comme cela peut être le cas dans des secteurs très dynamiques, alors que le site d'intervention demeure facile d'accès, des récurrences plus faibles peuvent être envisagées. Inversement, lorsque l'accès au site constitue un enjeu majeur, une récurrence plus élevée peut être visée. Dans le cadre de la présente analyse, l'évaluation de la fréquence des rechargements considère qu'une récurrence de 5 ans constitue un minimum acceptable, alors qu'une récurrence de 7 ans ou plus est optimale.

En ce qui concerne l'envergure des volumes de rechargements, la quantité de matériaux requis dépend du taux d'érosion anticipé, déterminé à partir de modèles numériques ou d'observations historiques, et de la fréquence de rechargements visée. L'évaluation de ce paramètre porte alors sur les taux de rechargements requis (tonnes/mètre) et leur capacité à maintenir ou non la largeur de plage minimale pour la fréquence d'intervention désirée. L'analyse traite également de l'évolution des volumes déposés, à savoir s'il y a eu une augmentation, une diminution ou aucun changement au fil des décennies.

Lorsque des structures fixes sont aménagées pour retenir les sédiments, l'analyse de l'efficacité vise à déterminer si ces interventions ont eu un impact sur les paramètres discutés précédemment. La performance de ces ouvrages est évaluée selon leur capacité à améliorer la situation existante, à augmenter les largeurs de plage (minimiser les taux d'érosion) et à réduire la fréquence d'interventions ou les volumes de matériaux déposés. La conception des structures est également analysée selon les critères énoncés dans le *Coastal Engineering Manual* (USACE 2008). Il s'agit notamment d'évaluer, d'une part, si le bon type d'ouvrage a été utilisé selon les conditions hydrodynamiques observées et, d'une autre part, si la configuration (longueur, espacement) est adéquate. À titre d'exemple, dans le cas des épis, le *Coastal Engineering Manual* propose que l'espacement entre les structures se situe entre deux et trois fois la longueur des ouvrages.

Le rechargement de plage et l'aménagement de structures perturbent généralement la dynamique hydrosédimentaire, non seulement à une échelle locale, mais régionale également. Un déséquilibre de ce processus naturel peut mener à des impacts inattendus dans les secteurs adjacents aux sites d'intervention. Ces impacts incluent notamment les effets de bouts ou l'ensablement de cours d'eau. L'évaluation de l'efficacité porte alors une attention particulière à l'envergure de ce type d'impacts et, le cas échéant, à la nécessité de prolonger les zones d'intervention avec l'ajout de rechargements ou de structures.

Finalement, la force des tempêtes et des conditions érosives complète le portrait de l'efficacité des interventions. Il est important de bien comprendre le contexte dans lequel se sont produits les dommages ou les reculs de la plage. De façon générale, les ouvrages construits dans le cadre du PSBLSJ sont conçus pour un niveau de gestion de 101,54 m (16,5 pieds) et pour résister à des tempêtes de récurrences 20 ans. En présence de conditions plus sévères, l'efficacité des interventions peut être réduite. Cette analyse permet également de proposer des solutions adaptées aux particularités de chaque secteur. Le tableau 2-1 présente un résumé des critères considérés pour évaluer l'efficacité du PSBLSJ dans les secteurs de plage.

Tableau 2-1. Critères considérés pour évaluer l'efficacité du PSBLSJ dans les secteurs de plage

PARAMÈTRE	CRITÈRE
Largeurs de plage	Supérieures à 8 m sur plus de 100 m ou 30 % de la longueur de la plage
Fréquence des rechargements	- 5 à 7 ans : acceptable - 7 ans et plus : optimale
Envergure des rechargements	- Taux de rechargement vs capacité à maintenir la fréquence de rechargements visée - Évolution des volumes déposés (augmentation, diminution ou aucun changement)
Performance et conception des structures rigides	- Impacts sur largeurs de plage et fréquence/envergure des rechargements (augmentation, diminution ou aucun changement) - Respect des critères de conception du <i>Coastal Engineering Manual</i> (longueur, espacement)
Impacts sur les zones adjacentes	- Envergure des impacts - Nécessité de prolonger les zones d'interventions
Résistance aux tempêtes et aux conditions érosives	Caractérisation des conditions hydrodynamiques (conditions exceptionnelles ou échec des techniques de stabilisation?)

2.2.2 SECTEURS DE BERGE

Dans les secteurs de berge, l'objectif du PSBLSJ vise principalement la protection du rivage contre l'érosion et les reculs excessifs. En raison de suivis moins réguliers et systématiques que dans les secteurs de plage, l'évaluation de l'efficacité du PSBLSJ se limite à une analyse des paramètres suivants :

- les impacts sur les zones adjacentes;
- l'importance et la fréquence de l'entretien des aménagements, si requis;
- la résistance aux tempêtes et aux conditions érosives.

Comme dans les secteurs de plage, un durcissement des berges peut déstabiliser la dynamique hydrosédimentaire locale et mener à des impacts inattendus dans les secteurs adjacents aux sites d'intervention. Ces impacts peuvent notamment inclure une augmentation de l'érosion dans les secteurs

situés en aval de la dérive littorale, où se manifestent alors des effets de bouts. Un abaissement du fond du lac au pied des structures peut également subvenir en raison d'un affouillement provoqué par la réflexion des vagues sur celles-ci. Une revue et une analyse de la séquence des interventions permettent de déceler l'occurrence de ce type de phénomène.

La nécessité de travaux d'entretien sur des interventions réalisées plus tôt dans le cadre du PSBLSJ peut également constituer un indicateur de la performance des aménagements. Ce type de travaux peut facilement être identifié par une analyse de la séquence des interventions. Une revue des rapports d'inspection disponibles, le cas échéant, permet ensuite d'étudier et de comprendre les causes de la dégradation initiale.

Encore une fois, l'évaluation de l'efficacité des mesures de protection doit toujours tenir compte de la force des tempêtes et des conditions érosives afin de comprendre le contexte dans lequel se sont produits les dommages observés. Cette mise en perspective permet d'évaluer si les conditions érosives ont excédé les critères de conception des ouvrages. Une meilleure compréhension des sollicitations auxquels sont exposés les aménagements peut également permettre d'évaluer si les travaux de réfection sont adéquats ou, le cas échéant, de proposer d'autres solutions adaptées. Le tableau 2-2 présente un résumé des critères considérés pour évaluer l'efficacité du PSBLSJ dans les secteurs de berges.

Tableau 2-2. Critères considérés pour évaluer l'efficacité du PSBLSJ dans les secteurs de berge

PARAMÈTRE	CRITÈRE
Impacts sur les zones adjacentes	<ul style="list-style-type: none"> - Envergure des impacts - Nécessité de prolonger les zones d'interventions
Entretien des aménagements	<ul style="list-style-type: none"> - Envergure des travaux de réfection - Causes des détériorations initiales
Résistance aux tempêtes et aux conditions érosives	Caractérisation des conditions hydrodynamiques (conditions exceptionnelles ou échec des techniques de stabilisation?)

2.3 PLAN DU RAPPORT

Ce rapport est structuré de manière à présenter, pour chaque secteur, une caractérisation générale du site, l'historique et l'envergure des travaux réalisés, une rétrospective des conditions érosives historiques, une description de la dérive littorale, ainsi que les statistiques générales des largeurs de plage. Une analyse globale de ces paramètres permet ensuite d'évaluer l'efficacité des interventions selon les critères énumérés à la section 2.2, de cibler les secteurs problématiques principaux, de proposer des variantes de solutions et d'analyser sommairement leurs avantages et les enjeux, ainsi que ceux liés au statu quo. Trois secteurs (Métabetchouan–Lac-à-la-Croix, Dolbeau-Mistassini et Saint-Henri-de-Taillon) ont fait l'objet d'une analyse plus détaillée, intégrant les résultats de la modélisation de l'évolution des berges en conditions historiques, avec et sans ouvrages, ainsi que futures, avec l'aménagement d'ouvrages proposés. Cette analyse a pour objectif d'approfondir la compréhension de la dynamique hydrosédimentaire locale et de raffiner les solutions proposées.

Les secteurs énumérés ont été sélectionnés, car ils ont fait l'objet de plusieurs interventions réalisées par Rio Tinto Alcan dans le cadre du PSBLSJ. De plus, ils fournissent un portrait relativement complet des différentes problématiques observées sur l'ensemble des secteurs en périphérie du lac Saint-Jean. Enfin, leur localisation géographique permet de caractériser, à l'échelle globale du lac, les sollicitations exercées par des tempêtes de diverses provenances.

Le secteur de Métabetchouan–Lac-à-la-Croix possède plusieurs structures de rétention des sédiments (épis, brise-lames et géotubes) et est principalement exposé aux tempêtes en provenance du nord-ouest. Celui de Dolbeau-Mistassini ne possède quant à lui aucune structure de rétention des sédiments et est principalement exposé aux tempêtes en provenance du sud et du sud-est. Finalement, le secteur de Saint-Henri-de-Taillon est caractérisé par de petites plages isolées, dont certaines ont fait l'objet de très peu ou d'aucune intervention, et est principalement exposé aux tempêtes en provenance de l'ouest et du sud-ouest. Une compréhension approfondie de la dynamique hydrosédimentaire dans ces secteurs peut alors permettre d'anticiper le comportement du littoral dans les autres régions du lac Saint-Jean.

Plus spécifiquement, les éléments énumérés au paragraphe précédent intègrent les paramètres suivants :

→ Caractérisation générale du site :

La caractérisation générale du site présente d'abord la localisation du site à l'échelle du lac Saint-Jean. Des cartes régionales fournissent ensuite une vue d'ensemble du secteur et présentent les interventions réalisées dans le cadre du PSBLSJ. D'autre part, ces cartes permettent d'identifier les secteurs de plage, par le biais de bornes inamovibles installées le long du littoral, et de les distinguer des secteurs de berge.

La caractérisation du site inclut également une description des éléments distinctifs du secteur (anses, cours d'eau, marais, etc.), de l'orientation du trait de côte, de la granulométrie des sédiments sur la berge, sur la grève et dans la zone de marnage, ainsi que des profils transversaux.

→ Historique et envergure des travaux :

L'historique et l'envergure des travaux présentent un bilan annuel, décennal et global des interventions réalisées dans les secteurs de plage et de berge, individuellement. Ce bilan inclut notamment la longueur totale des travaux, la longueur des travaux d'entretien et la quantité de matériaux déposés (rechargements seulement). D'autre part, un bilan décennal et global des travaux, par type d'intervention, est également présenté.

→ Rétrospective des conditions érosives :

La rétrospective des conditions érosives provient des résultats de la modélisation numérique et a pour objectif de dresser un portrait général des sollicitations affectant le secteur et de leurs impacts sur le trait de côte. Elle inclut notamment une caractérisation du climat de vagues (roses des vagues) et des forces érosives observées depuis 1992. Les conditions érosives entre 1986 et 1991, inclusivement, sont exclues de la synthèse en raison de contraintes liées à la modélisation et à la reconstitution des climats de vagues (Lasalle-NHC 2015a).

L'intensité des sollicitations exercées par les vagues sur les plages est évaluée en tenant compte de la variation des niveaux d'eau dans le lac et des surcotes. Ces paramètres jouent un rôle prépondérant dans les processus d'érosion, alors que des valeurs élevées peuvent permettre aux vagues de déferler proche de la côte, ce qui peut provoquer des reculs importants du trait de côte et des pertes de terrains pour les riverains. En contrepartie, des valeurs plus basses peuvent éloigner la zone de déferlement des secteurs sensibles de la côte et réduire l'énergie atteignant le haut de plage. De plus amples détails sur la méthodologie employée pour quantifier ces sollicitations sont présentés dans le rapport de modélisation (Lasalle -NHC 2015).

La transformation du trait de côte est un processus pouvant se produire sur des échelles de temps variables. Les déplacements observés lors d'événements de tempêtes peuvent être tout aussi importants, ou même plus importants, que ceux observés à plus long terme. Dans le cadre de cette étude, trois paramètres sont alors considérés pour caractériser la gamme complète de sollicitations susceptibles d'avoir influencé le comportement observé du trait de côte :

- L'évolution à long terme de la composante littorale du flux d'énergie est un premier indicateur qui permet d'identifier l'orientation dominante du transport parallèle à la côte, de cibler les événements les plus importants et de cibler les inversions de direction marquantes.
- L'énergie cumulative annuelle permet quant à elle de cerner les années où les conditions ont été, dans leur ensemble, plus agitées que la normale.
- Finalement, les valeurs maximales annuelles du flux d'énergie cumulé sur une période de 72 heures permettent de caractériser plus en détail les événements se produisant sur de courtes périodes de temps (tempêtes) et où un transport transversal (perpendiculaire à la côte) peut provoquer d'importants reculs du trait de côte.

→ Description de la dérive littorale :

La description de la dérive littorale illustre et discute de l'orientation et de l'envergure du transport sédimentaire longitudinal et transversal. La description est faite à partir de l'interprétation du climat de vagues, de l'orientation de la côte et de photographies aériennes. Les modélisations de l'évolution du trait de côte, lorsque disponibles, permettent quant à elles de préciser les directions et les taux de transport longitudinal.

→ Statistiques générales des largeurs de plage :

Les statistiques générales des largeurs de plage présentent un bilan annuel des largeurs minimales, moyennes et maximales. Elles indiquent également les endroits où les largeurs extrêmes sont observées.

→ Évaluation globale de l'efficacité :

À la lumière des informations présentées aux sections précédentes, la performance globale des interventions réalisées dans le cadre du PSBLSJ est évaluée selon les critères énumérés à la section 2.2 de ce document. Pour certains sites, des bilans sédimentaires ont été réalisés, lesquels consistent essentiellement à comparer les volumes de matériaux de rechargement déposés et la variation du volume de la plage entre 1992 et 2014. En raison de l'absence de données bathymétriques complètes datant de 1986 et qui pourraient être comparées aux données collectées en 2014, l'estimation réalisée est basée sur une méthode simplifiée, qui considère que la géométrie du profil de la plage est demeurée similaire entre 1992 et 2014. Avec cette hypothèse, il est donc possible d'estimer la variation du volume de la plage à partir de la position du trait de côte (arpentage des plages à l'élévation 16,5 pieds). Les résultats doivent néanmoins être interprétés avec précaution, alors qu'une incertitude significative persiste à l'égard des valeurs obtenues. L'exercice ne fournit qu'un ordre de grandeur des variations de volumes observés.

De manière plus particulière, des secteurs sensibles à l'érosion ont également été identifiés selon les conditions suivantes :

- Secteurs de plage : la largeur de plage est fréquemment inférieure à 8 m ou le nombre de rechargements est plus élevé qu'ailleurs dans le secteur.
- Secteurs de berge : des interventions réalisées dans le cadre du PSBLSJ ont fait l'objet de travaux d'entretien ou des impacts sur les zones adjacentes ont été observés (effets de bouts).
- Toutes autres problématiques particulières d'importance identifiées lors de discussions avec les gestionnaires du PSBLSJ.

Une analyse sommaire de la relation entre les interventions réalisées, les conditions érosives historiques et les caractéristiques générales du site permet ensuite d'identifier provisoirement les causes possibles derrière chaque problématique et de proposer des solutions potentielles. Les

avantages et les enjeux liés à chacune de ces solutions, ainsi que ceux liés au statu quo, sont ensuite analysés.

→ Évaluation explicite de l'efficacité :

L'évaluation explicite a pour objectif d'étudier plus en détail l'influence des interventions sur le littoral et sur l'érosion, notamment à l'aide de la modélisation des processus hydrosédimentaires (Lasalle-NHC 2015b). Cette approche est réalisée pour les secteurs de Métabetchouan–Lac-à-la-Croix, Dolbeau-Mistassini et Saint-Henri-de-Taillon. Les principales conclusions sont intégrées à l'étude en cours. Les détails des modélisations sont quant à eux présentés dans un rapport distinct (Lasalle-NHC 2015b).

Des modélisations du transport littoral pour la période 1992 à 2014 ont été réalisées en considérant la configuration actuelle du littoral, en l'absence d'ouvrages de rétention (épis, brise-lames, etc.) ainsi que pour des variantes d'aménagement potentielles visant à réduire l'érosion dans les secteurs sensibles. Les résultats de ces modélisations, combinées à l'analyse de l'efficacité globale, permettent de mieux comprendre les mécanismes d'érosion et l'influence des interventions au fil des ans, ainsi que d'évaluer l'efficacité anticipée de solutions proposées. Ces nouveaux outils pourront être utilisés dans le cadre de la mise en œuvre du PSBSJ 2017-2026 afin d'étudier plus en détail les impacts anticipés de propositions d'interventions sur le maintien de largeurs de plage acceptables et sur la diminution de la fréquence des rechargements.

3 ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX

3.1 SECTEUR DE SAINT-GÉDÉON

3.1.1 CARACTÉRISATION DU SECTEUR

Le secteur de Saint-Gédéon est situé sur la rive sud-est du lac Saint-Jean, entre la Petite Décharge et la Belle-Rivière. Une vue d'ensemble de la région et des interventions réalisées depuis 1986 est présentée à l'annexe A. La côte s'étend sur environ 24 km et est caractérisée par trois régions distinctes.

La première, au nord, s'étend de la Petite Décharge jusqu'à l'embouchure du ruisseau Grandmont (environ 17 km) et est caractérisée par une berge très irrégulière, constituée de buttes d'anorthosite alternant avec du sable, des dépôts graveleux et de l'argile (Marsan 1983b). La côte est généralement orientée selon un axe nord-sud. De nombreuses anses sont présentes le long du littoral et plusieurs d'entre elles renferment de petites plages. Plusieurs îles sont également présentes au large.

L'extrémité sud de cette région est caractérisée par une courte zone de plage située entre les embouchures des ruisseaux Boudreault et Grandmont. Cette plage possède une longueur approximative de 1 km, dont une partie a fait l'objet d'un suivi régulier dans le cadre de l'arpentage annuel des plages.

La deuxième région distinctive s'étend sur environ 3 km, entre l'embouchure du ruisseau Grandmont et celle de la Belle-Rivière. Le littoral à cet endroit est plus rectiligne et est caractérisé par une seconde plage faisant partie du suivi d'arpentage annuel. Il s'agit là de la plage principale du secteur de Saint-Gédéon. L'orientation de la côte change légèrement et suit plutôt un axe nord-est sud-ouest.

Les sédiments présents dans les deux secteurs de plage sont constitués de sable et de gravier provenant en grande partie des interventions de rechargements réalisées avant et pendant la mise en œuvre du PSBLSJ. D'autres sources d'apports de moindre envergure incluent également le transport solide provenant des ruisseaux Boudreault et Grandmont, de la Belle-Rivière, ainsi que de l'érosion des berges (Marsan 1983b). Ces apports demeurent malgré tout marginaux par rapport aux quantités de matériaux déposés lors des rechargements.

La dernière région distinctive couvre quant à elle la rive est de la Belle-Rivière et du Grand-Marais (environ 4 km). Le littoral dans ce secteur est caractérisé par des berges et une zone de marnage de nature argileuse. Aucune grève n'est présente (Marsan 1983b).

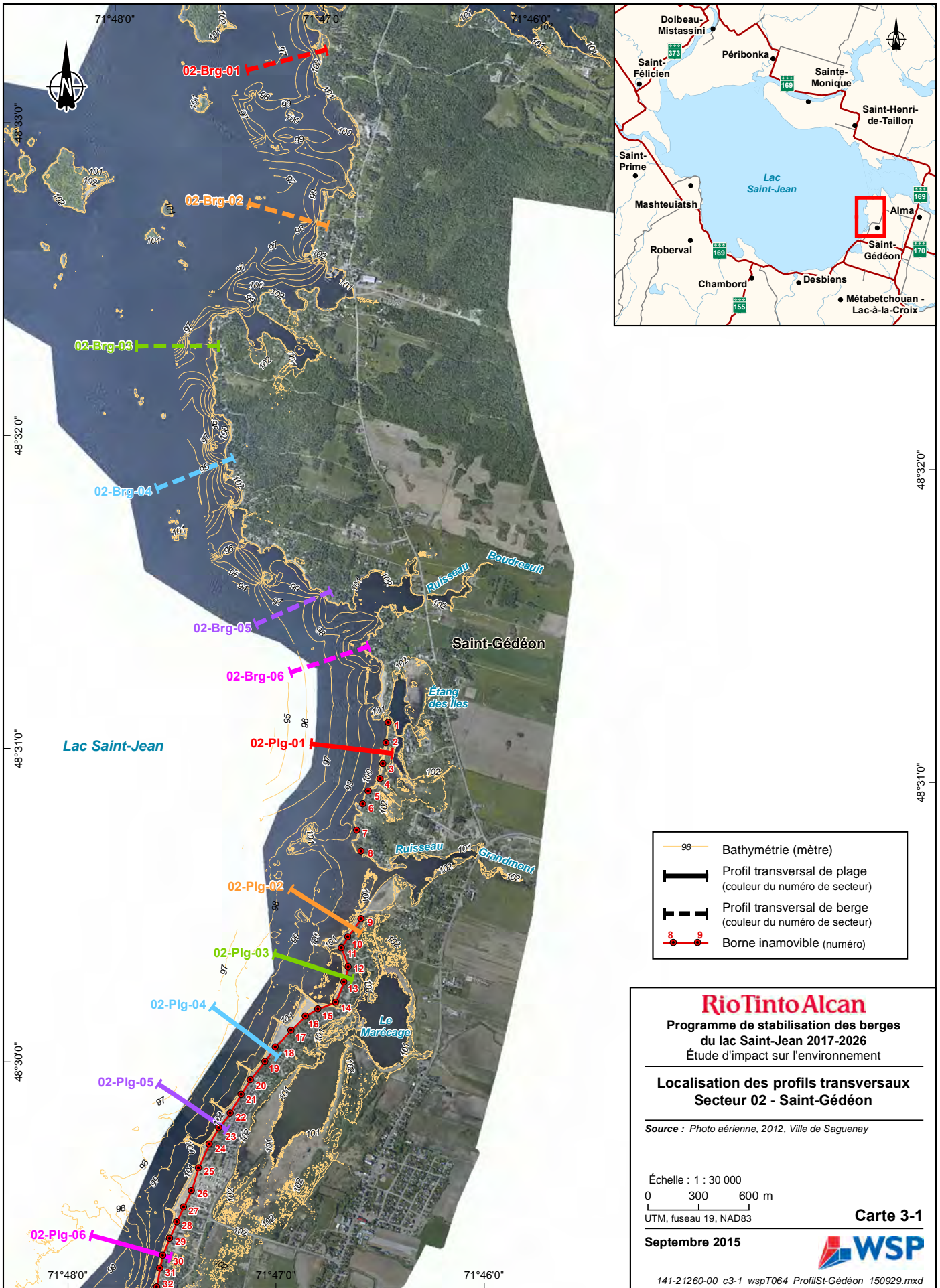
La carte 3-1 et la figure 3-1 présentent un échantillon des profils transversaux pour l'ensemble du secteur. De façon générale, dans les secteurs de berge sans plage, le haut du talus se situe autour de l'élévation 105 m (profils 02-Brg-03, 02-Brg-04 et 02-Brg-05). Les profils 02-Brg-02 et 02-Brg-06 témoignent cependant d'un relief légèrement plus élevé, avec un haut de talus à l'élévation 108 m, alors qu'au droit du profil 02-Brg-01 la topographie est plus douce. Le haut de talus à cet endroit se situe plutôt à une élévation de 103 m. La pente des berges varie selon la nature des matériaux en place, mais demeure relativement raide dans l'ensemble de la région et peut atteindre près de 40 % dans les secteurs d'anorthosite (profils 02-Brg-02 et 02-Brg-06). Le pied des talus se situe quant à lui entre les élévations 98 et 100 m. Une grève est parfois présente à une élévation approximative de 100 m et peut atteindre une largeur de près de 150 m (profils 02-Brg-03 et 02-Brg-06). Au-delà du pied de talus, la pente infralittorale demeure relativement douce et généralement inférieure à 1 %. Les profils 02-Brg-03 et 02-Brg-04 présentent cependant des changements d'élévations brusques sur de courtes distances, avec des pentes d'environ

10 % entre les élévations 96 et 100 m et 20 % entre les élévations 95 et 98 m respectivement. Au large, l'élévation du fond marin se situe entre 92 et 96 m (Lasalle-NHC 2015a).

Dans les secteurs de plage, le relief est généralement plus bas. La crête du talus se situe entre les élévations 102 et 104 m. L'estran est quant à lui caractérisé par une pente plutôt raide (environ 10 %) entre les élévations 100 et 102 m. En dessous de ce niveau, le fond marin poursuit sa descente selon une pente infralittorale relativement douce et inférieure à 1 %. Le profil 02-Plg-06 présente cependant un relief légèrement différent des autres, avec une pente infralittorale un peu plus raide (environ 2 %) entre les élévations 99 et 100,5 m, suivi d'une dépression située à environ 100 m de la rive et où le fond marin atteint une élévation de 97,5 m. Cette dépression est formée par le chenal de la Belle-Rivière, qui longe la côte sur près de 500 m depuis son embouchure avant de se diriger vers le large. Au large, l'élévation du fond marin se situe entre 84 et 92 m (Lasalle-NHC 2015a).

Avant la mise en œuvre du PSBLSJ, les secteurs de plage ont fait l'objet de plusieurs rechargements à partir de sédiments prélevés par dragage entre les années 1967 et 1977, puis transportés par voies terrestres de 1978 à 1981. La plage principale, située entre le ruisseau Grandmont et la Belle-Rivière, est le secteur où la plupart de ces interventions ont été réalisées alors qu'un seul rechargement de ce type a été effectué sur la plage secondaire située au nord, entre les ruisseaux Boudreault et Grandmont. D'autre part, selon la base de données Geotop, des travaux d'empierrement ont également été réalisés à certains endroits dans les secteurs de berge sans plage dans les années 1930, 1970 et 1980.

Depuis la mise en œuvre du PSBLSJ, la protection des berges s'est poursuivie avec l'aménagement de murs, de perrés, de gabions, d'empierrement 25-150 mm et de techniques mixtes. Les secteurs de plage ont quant à eux continué à faire l'objet de rechargements de sable et de gravillon. L'approvisionnement en matériaux s'est toutefois effectué à partir de bancs d'emprunt terrestres. Plusieurs structures de rétention des sédiments (épis et brise-lames) ont également été aménagées.



98 Bathymétrie (mètre)

— Profil transversal de plage (couleur du numéro de secteur)

- - - Profil transversal de berge (couleur du numéro de secteur)

8-9 Borne inamovible (numéro)

RioTinto Alcan

**Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026**
Étude d'impact sur l'environnement

**Localisation des profils transversaux
Secteur 02 - Saint-Gédéon**

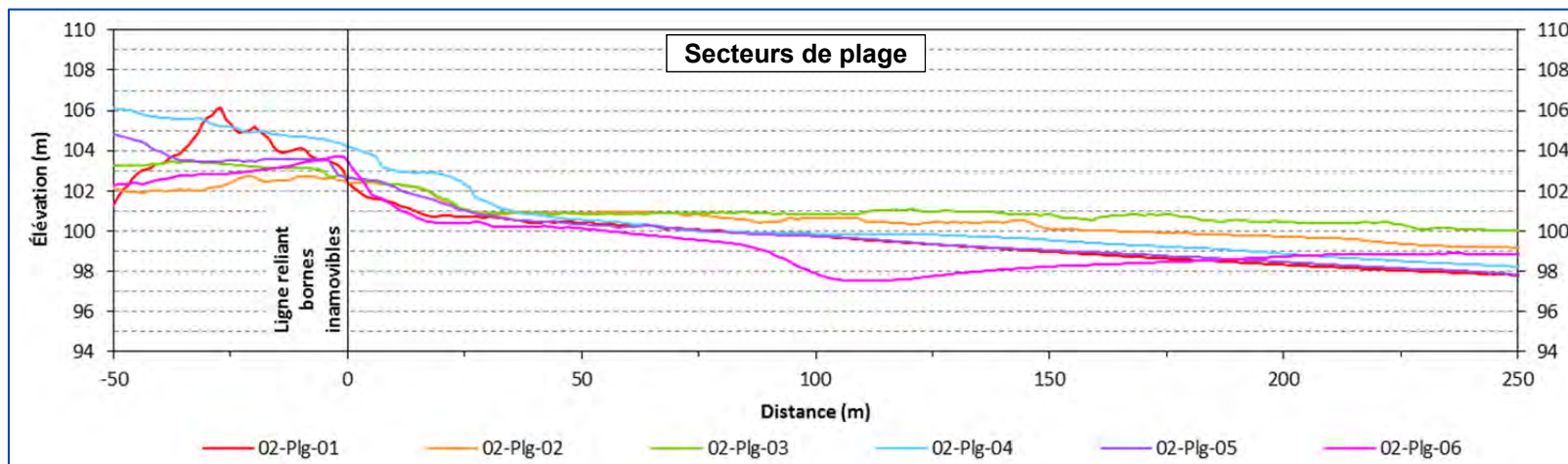
Source : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay

Échelle : 1 : 30 000
0 300 600 m
UTM, fuseau 19, NAD83

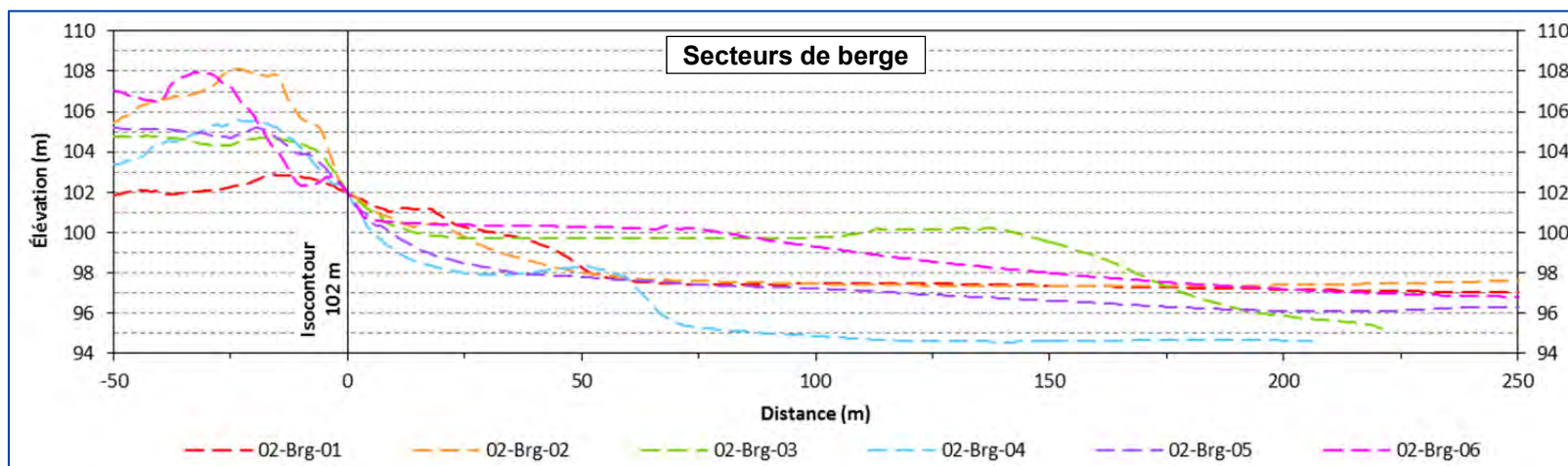
Carte 3-1

Septembre 2015

141-21260-00_c3-1_wspT064_ProfilSt-Gédéon_150929.mxd



(a)



(b)

Figure 3-1. Saint-Gédéon – Profils transversaux : (a) secteurs de plage et (b) secteurs de berge

3.1.2 ENVERGURE DES TRAVAUX

3.1.2.1 SECTEURS DE PLAGE

Le tableau 3-1 présente l'envergure des travaux réalisés dans les deux secteurs de plage. Un peu plus de la moitié de l'ensemble des travaux réalisés a été effectuée lors de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ (1986-1995). La plage principale, située entre les bornes 9 à 34, a fait l'objet de la plupart des interventions, avec la construction de plusieurs épis, l'aménagement d'un perré de support et la réalisation d'un grand nombre de rechargements. Une longueur nette d'environ 1,9 km de la plage a fait l'objet de rechargements, soit près de 60 % de sa longueur totale (3,2 km). Un volume approximatif de 160 000 tonnes de matériaux y a été déposé.

Les travaux exécutés dans le secteur de la plage secondaire, située entre les ruisseaux Boudreault et Grandmont, se sont quant à eux principalement concentrés dans la partie nord (au nord de la borne 1), où des brise-lames détachés et des gabions ont été construits et plusieurs rechargements ont été réalisés. La partie sud de cette plage (bornes 1 à 4) a pour sa part été moins perturbée. Seuls deux petits épis et un perré y ont été aménagés. Un rechargement y a également été réalisé en 2014. La longueur nette de plage rechargée se chiffre à environ 0,4 km, soit approximativement 50 % de sa longueur totale (0,8 km). Le volume de matériaux déposé s'élève à près de 31 000 tonnes.

Tableau 3-1. Saint-Gédéon – Envergure des travaux dans les secteurs de plage

ANNÉE	TYPE D'INTERVENTION	LONGUEUR TOTALE DES TRAVAUX (m)	LONGUEUR DES TRAVAUX D'ENTRETIEN (m)	QUANTITÉ DE MATÉRIAUX DÉPOSÉS (tonnes)
1986	Rechargement de sable	705	0	40 900
	Rechargement de gravillon	178	0	4 800
1987	Épis (6)	1 x 195 m; 1 x 140 m; 1 x 132 m; 1 x 133 m; 1 x 121 m; 1 x 82 m		
	Brise-lames (2) ¹		2 x 83 m	
1988	Perré neuf (pied protection 6 épis)	1 160	1 160	N/A
	Rechargement de sable	120	0	8 500
1989	Gabion ¹	27	0	N/A
	Accès à l'eau (9 escaliers) ¹		9 x 1 m	
1990	Perré neuf ¹	152	0	N/A
	Gabion ¹	76	27	N/A
	Rechargement de gravillon	402 ²	0	19 500 ²
1992	Épis (2) ¹		2 x 20 m	
	Rechargement de sable	120	120	9 600
1993	Rechargement de gravillon	380	0	21 200
1994	Rechargement de sable	130	130	9 800
	Rechargement de gravillon ¹	120	82	5 400
1995	Épi (1)		1 x 35 m	
	Rechargement de sable	86	86	4 400

ANNÉE	TYPE D'INTERVENTION	LONGUEUR TOTALE DES TRAVAUX (m)	LONGUEUR DES TRAVAUX D'ENTRETIEN (m)	QUANTITÉ DE MATÉRIAUX DÉPOSÉS (tonnes)
1997	Rechargement de gravillon	200	185	11 300
1998	Épi (1)		1 x 35 m	
	Rechargement de gravillon	159 ³	159 ³	4 500 ³
2000	Rechargement de sable ¹	32	32	800
2003	Rechargement de sable	138	138	5 500
2004	Épi (1)		1 x 50 m	
2005	Perré entretien-réfection (musoirs 5 épis)	100	100	N/A
2006	Rechargement de sable ¹	30	30	800
2009	Rechargement de gravillon	247	200	6 000
2011	Perré neuf	60	60	N/A
	Rechargement de gravillon	252	247	11 200
2012	Rechargement de gravillon	485	252	13 600
<i>Total</i> <i>(excluant épis, brise-lames, entretien épis et accès)</i>	1986-1995	2 496 ⁴	445 ⁴ (18 %)	124 100 ⁴
	1996-2005	529 ⁵	514 ⁵ (97 %)	22 100 ⁵
	2006-2013	1 074 ⁶	789 ⁶ (73 %)	31 600 ⁶
	1986-2013	4 099 ⁷	1 722 ⁷ (42 %)	177 800 ⁷

¹ Intervention réalisée sur la plage secondaire.

² Inclut 142 m total (10 200 tonnes) et 0 m entretien sur la plage secondaire.

³ Inclut 82 m total et entretien (3 100 tonnes) sur la plage secondaire.

⁴ Inclut 517 m total (15 600 tonnes) et 83 m entretien sur la plage secondaire.

⁵ Inclut 114 m total et entretien (3 900 tonnes) sur la plage secondaire.

⁶ Inclut 30 m total et entretien (800 tonnes) sur la plage secondaire.

⁷ Inclut 661 m total (20 300 tonnes) et 253 m entretien sur la plage secondaire.

3.1.2.2 SECTEURS DE BERGE

Le tableau 3-2 présente l'envergure des travaux réalisés sur les berges dans la partie nord du secteur ainsi que sur la rive est de la Belle-Rivière et du Grand-Marais. Les interventions incluent la mise en place de perrés, de gabions, de murs, d'empierrements 25-150 mm et l'utilisation de techniques mixtes. Deux accès à l'eau ont également été aménagés.

L'envergure des travaux démontre une diminution progressive des longueurs d'interventions au cours des trois décennies de mise en œuvre du PSBLSJ. Peu de travaux d'entretien ont quant à eux été réalisés, à l'exception de quelques tronçons de perré neuf (longueur combinée de 12 m), aménagés en 1995 et réhabilités en 1999.

Tableau 3-2. Saint-Gédéon – Envergure des travaux dans les secteurs de berge

ANNÉE	TYPE D'INTERVENTION	LONGUEUR TOTALE DES TRAVAUX (m)	LONGUEUR DES TRAVAUX D'ENTRETIEN (m)
1987	Perré neuf	750	0
1988	Perré neuf	85	0
	Gabion	110	0
	Rechargement de sable	30	0
	Rechargement de gravillon	100	0

ANNÉE	TYPE D'INTERVENTION	LONGUEUR TOTALE DES TRAVAUX (m)	LONGUEUR DES TRAVAUX D'ENTRETIEN (m)
1989	Perré neuf	549	0
	Empierrement 25-150 mm	643	0
1990	Mur de béton	122	0
	Mur de bois	21	0
	Perré neuf	95	0
1991	Empierrement 25-150 mm	29	0
	Gabion	200	0
1993	Perré neuf	106	0
1995	Accès à l'eau (2 descentes)		2 x 4,5 m
	Perré neuf	19	0
1999	Perré entretien-réfection	70	12
2002	Perré entretien-réfection	111	0
	Perré avec tech. végét. (mixtes)	60	0
<i>Total (excluant accès à l'eau)</i>	<i>1986-1995</i>	<i>2 859</i>	<i>0 (0 %)</i>
	<i>1996-2005</i>	<i>241</i>	<i>12 (5 %)</i>
	<i>2006-2013</i>	<i>0</i>	<i>0 (N/A)</i>
	<i>1986-2013</i>	<i>3 100</i>	<i>12 (0,4 %)</i>

3.1.2.3 ENVERGURE DE L'ENSEMBLE DES TRAVAUX

Le tableau 3-3 présente l'envergure des travaux réalisés dans l'ensemble du secteur, par type d'intervention. Il est possible de constater que l'envergure globale des travaux réalisés pendant les périodes 1996-2005 et 2006-2013 (incluant les travaux d'entretien) a été d'environ 14 % et 20 %, respectivement, de celle observée lors de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ. La longueur nette de berges protégées a quant à elle été de 4,9 km pour la période 1986-1995. Cette valeur a ensuite cru d'environ 0,2 km en 1996-2005, puis de 0,3 km en 2006-2013.

Depuis 1986, les travaux de rechargements ont été le type d'intervention le plus fréquent réalisé dans l'ensemble du secteur (longueur totale de 3,9 km). L'envergure des rechargements de sable a diminué progressivement au cours des trois décennies de mise en œuvre du PSBLSJ, alors que celle des rechargements de gravillon est demeurée relativement constante, outre une période d'envergure plus faible entre 1996 et 2005. Les taux de rechargements moyens ont été d'environ 60 t/m pour le sable et 40 t/m pour le gravillon.

L'aménagement de perrés a été la deuxième technique de protection ayant la plus grande envergure, avec une longueur d'intervention totale d'environ 2,0 km, suivi par la mise en place de structures de rétention des sédiments (épis, brise-lames et géotubes), avec 13 ouvrages totalisant une longueur combinée de 1,1 km. Les empierrements 25-150 mm, les murs et gabions, ainsi que les techniques mixtes (en ordre d'importance) ont ensuite été employés pour protéger une longueur de berges additionnelle de 0,6 km. Finalement, 18 m de berges ont été protégés par le biais de 11 accès à l'eau.

Tableau 3-3. Saint-Gédéon – Envergure des travaux dans l'ensemble du secteur

TYPE DE TRAVAUX	PÉRIODE 1986-1995		PÉRIODE 1996-2005		PÉRIODE 2006-2013		PÉRIODE 1986-2013	
	LONG. TOT. (m)	ENTR. (m)	LONG. TOT. (m)	ENTR. (m)	LONG. TOT. (m)	ENTR. (m)	LONG. TOT. (m)	ENTR. (m)
Rechargement de sable	1 191 (73 800 t)	336 (23 800 t)	170 (6 300 t)	170 (6 300 t)	30 (800 t)	30 (800 t)	1 391 (80 900 t)	536 (30 900 t)
Rechargement de gravillon	1 180 (54 500 t)	82 (1 400 t)	359 (15 800 t)	344 (14 900 t)	984 (30 800 t)	699 (23 000 t)	2 523 (101 100 t)	1 125 (39 300 t)
Épis, brise-lames et géotubes	2 104 ¹ (11) ³	1 060 ¹ (6) ³	185 ² (2) ³	100 ² (5) ³	0	0	2 289 (13) ³	1 160 (6) ³
Perré	1 756	0	181	12	60	60	1 997	72
Empierrement 25-150 mm	672	0	0	0	0	0	672	0
Accès à l'eau	18 (11) ³	0	0	0	0	0	18 (11) ³	0
Gabions et autres	556	27	0	0	0	0	556	27
Techniques végétales	0	0	0	0	0	0	0	0
Techniques mixtes	0	0	60	0	0	0	60	0
Total (excluant épis, brise-lames et géotubes)	5 373	445 (8 %)	770	526 (68 %)	1 074	789 (73 %)	7 217	1 760 (24 %)

¹ Inclut 1 160 m de perré neuf (pied protection 6 épis).

² Inclut 100 m de perré entretien-réfection (musoirs 5 épis).

³ Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre d'ouvrages mis en place.

3.1.3 CONDITIONS ÉROSIVES

3.1.3.1 CLIMAT DE VAGUES

Le climat de vagues auquel est exposé le secteur est majoritairement caractérisé par des vagues en provenance de l'ouest-nord-ouest (Lasalle-NHC 2015). Les radiales selon cette direction, soit la distance sur laquelle peut souffler le vent en ligne droite au-dessus du plan d'eau, atteignent d'ailleurs plus de 40 km.

Une légère variation du climat est malgré tout observée d'une extrémité à l'autre de la plage principale. L'extrémité nord-est est caractérisée par une fréquence plus élevée de vagues en provenance de l'azimut 290°, alors que l'extrémité sud-ouest est plutôt caractérisée une fréquence dominante de vagues en provenance de l'azimut 300°.

La présence d'îles dans la partie nord du secteur risque quant à elle d'influencer la propagation des vagues dans cette région. Le climat de vagues à proximité de la côte pourrait donc d'être plus variable d'un endroit à l'autre.

3.1.4 DÉRIVE LITTORALE

Dans le secteur de la plage principale, la dérive littorale est divergente. Entre les bornes 15 et 23, elle est orientée vers le nord-est, alors qu'entre les bornes 24 et 34, elle se dirige vers le sud-ouest (Lasalle-NHC 2015). Le secteur situé à proximité du point de divergence est quant à lui susceptible d'être influencé par une dérive alternante.

La plage secondaire est quant à elle ceinturée par des avancées rocheuses. La dérive littorale risque alors d'être faible. Les photographies aériennes disponibles fournissent peu d'indices sur la direction potentielle du transport et les modélisations ne couvrent pas cette région. Toutefois, selon les observations réalisées par les responsables du PSBLSJ, le transport transversal semble être dominant à cet endroit.

3.1.5 LARGEURS DE PLAGE

L'analyse des largeurs de plage se limite à la plage principale, située entre les bornes 9 à 34. La plage secondaire, située entre les ruisseaux Boudreault et Grandmont, est exclue, car les suivis d'arpentage ne couvrent qu'une partie restreinte du secteur concerné (environ 0,2 km sur une longueur totale de 0,8 km). L'extrémité nord ne dispose d'aucune borne inamovible pouvant être utilisée comme repère pour mesurer les largeurs de plage, alors que les suivis réalisés dans la portion sud ne couvrent que le tronçon de plage situé entre les bornes 2 et 4.

Le tableau 3-4 et la figure 3-2 présentent les statistiques générales des largeurs mesurées sur la plage principale. Au cours de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ (1986 à 1996), la largeur moyenne de plage a augmenté de 22 à 29 m. La largeur maximale est quant à elle passée de 50 à 60 m, alors que la largeur minimale s'est accrue d'environ 5 m, passant de 6 à 11 m.

À compter de 1996, la largeur moyenne s'est maintenue entre 28 et 31 m. La largeur maximale a quant à elle varié entre 52 et 66 m jusqu'en 2010, où une croissance importante s'est ensuite amorcée, pour atteindre un sommet de 92 m en 2012. Cet indicateur est ensuite redescendu à 86 m en 2013. La largeur minimale a quant à elle poursuivi sa croissance jusqu'en 1998, où elle a atteint 17 m, puis a subi un recul systématique par la suite. En 2013, elle ne se chiffrait qu'à 5 m.

Les largeurs minimales se sont principalement manifestées dans la partie sud de la plage (bornes 30 à 32), avec une brève période entre 1998 et 2003 où les parties centrale et nord se sont avérées plus sensibles (bornes 11, 14 et 23). Les largeurs maximales ont quant à elles été observées principalement dans la partie centre-nord (bornes 16 et 17) et, dans une moindre mesure, dans la partie centre-sud (bornes 26 et 27), jusqu'en 2009, après quoi l'extrémité sud (borne 33) a été le point de largeur dominante.

La croissance continue de la largeur maximale indique que l'équilibre de la largeur moyenne semble se faire aux dépens d'une diminution équivalente de la largeur ailleurs sur la plage. Un déplacement des matériaux du nord vers le sud semble d'ailleurs s'effectuer à l'extrémité sud de la plage, où les largeurs minimales et maximales sont observées à seulement quelques bornes d'intervalle.

Tableau 3-4. Saint-Gédéon – Statistiques des largeurs de plage (bornes 9 à 34)

ANNÉE	LARGEUR MINIMALE (m)	LARGEUR MOYENNE (m)	LARGEUR MAXIMALE (m)
1986	4,9 (32) ¹	21,8	49,7 (17) ¹
1990	7,4 (9)	25,7	56,1 (16)
1996	10,8 (30)	29,3	59,6 (16)
1997	11,8 (30)	29,7	63,0 (27)

ANNÉE	LARGEUR MINIMALE (m)	LARGEUR MOYENNE (m)	LARGEUR MAXIMALE (m)
1998	16,8 (23)	31,1	59,3 (27)
1999	15,5 (23)	30,1	59,3 (16)
2000	14,2 (23)	28,6	51,9 (27)
2001	13,5 (11)	31,4	63,1 (16)
2002	14,5 (30)	30,6	61,8 (27)
2003	10,3 (14)	30,9	65,3 (16)
2004	8,5 (30)	30,4	66,1 (16)
2005	10,2 (30)	30,6	62,8 (16)
2006	7,9 (30)	28,4	59,2 (16)
2007	11,2 (30)	29,2	58,2 (16)
2008	7,1 (30)	29,0	60,1 (16)
2009	5,6 (32)	27,8	60,9 (16)
2010	6,5 (31)	30,5	70,9 (33)
2011	3,1 (31)	29,8	76,5 (33)
2012	3,1 (31)	28,2	91,9 (33)
2013	4,5 (30)	29,8	88,5 (33)

¹ Les valeurs entre parenthèses indiquent le numéro de la borne inamovible à laquelle est observée la largeur de plage extrême.

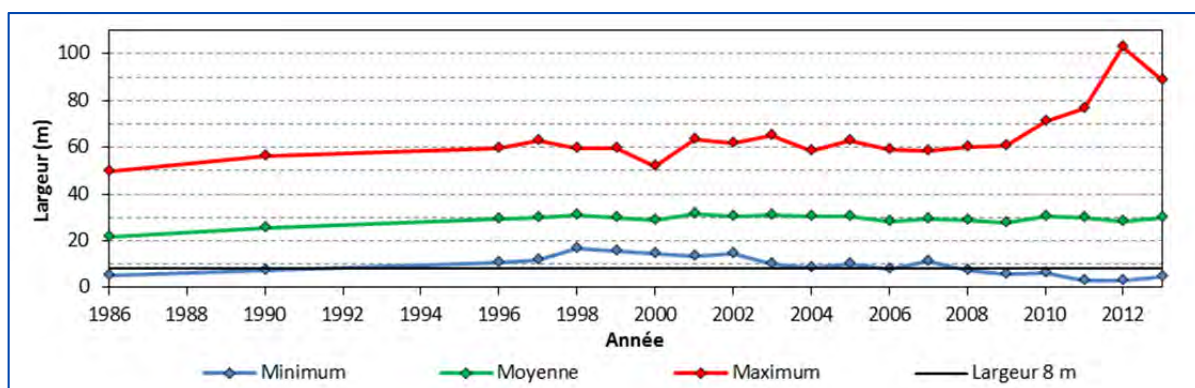


Figure 3-2. Saint-Gédéon – Évolution des largeurs de plage minimales, moyennes et maximales (bornes 9 à 34)

3.1.6 ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX (APPROCHE GLOBALE)

3.1.6.1 PLAGE SECONDAIRE (BORNES 1 À 4)

La plage secondaire, située entre les ruisseaux Boudreault et Grandmont, a fait l'objet de plusieurs interventions, principalement dans sa partie nord. Deux brise-lames y ont notamment été aménagés et plusieurs rechargements de gravillon ont été réalisés. Certains tronçons de rive ont également été protégés via la mise en place de gabions. Les dernières interventions réalisées à cet endroit remontent toutefois à 2006.

Les interventions réalisées dans la partie sud incluent quant à elles la construction d'un perré en 1990 et de deux petits épis en 1992. Un rechargement a également été réalisé dans ce secteur en 2014.

Malgré l'envergure de tous ces travaux, les suivis d'arpentage annuel n'ont couvert qu'une partie restreinte de la plage, entre les bornes 2 et 4. L'information disponible est donc insuffisante pour dresser un portrait global de l'efficacité des interventions. Pour répondre à cet objectif, il est recommandé de prolonger les suivis d'arpentage de manière à couvrir l'ensemble de la plage et d'implanter des bornes inamovibles supplémentaires dans la partie nord du secteur.

Les suivis réalisés indiquent néanmoins que des largeurs de plage inférieures à 8 m ont été observées sur plus d'une année devant les bornes 3 et 4 (Tableau 3-5). Par contre, la position du trait de côte est demeurée relativement stable et aucun recul significatif n'a été observé par rapport à 1986 (Figure 3-3).

Le maintien d'une plage étroite et l'absence d'accumulation importante à la suite de l'aménagement des épis suggèrent que la zone d'influence de ces ouvrages est demeurée relativement courte et que le secteur n'a pas bénéficié d'un apport significatif en sédiments. Le rechargement réalisé en 2014 entre les bornes 2 et 4 devrait avoir permis de combler ce déficit, mais il demeure trop tôt pour évaluer la performance de cette intervention. La poursuite des suivis permettra de caractériser l'évolution de la plage au cours des prochaines années.

Tableau 3-5. Saint-Gédéon – Bilan des largeurs de plage dans les secteurs sensibles (plage secondaire – bornes 1 à 4)

BORNE	NOMBRE D'ANNÉES AVEC LARGEUR DE PLAGE INFÉRIEURE À 8 m
3	17 (19) ¹
4	3 (19)

¹ Les nombres indiqués entre parenthèses indiquent le nombre total d'années où des suivis ont été réalisés (excluant l'année 1986 qui précède la mise en place de la plupart des rechargements dans ce secteur).

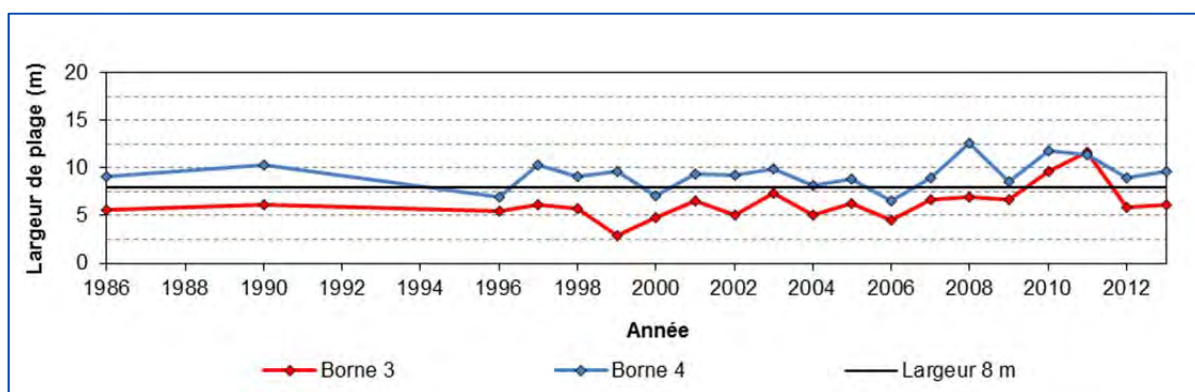


Figure 3-3. Saint-Gédéon – Évolution des largeurs de plage (bornes 3 et 4)

ÉPIS ET BRISE-LAMES

Le secteur compte quatre structures de rétention des sédiments, soit deux épis et deux brise-lames. Les brise-lames ont été construits en 1988 dans la partie nord de la plage (site 88.02.02) et possèdent une longueur approximative de 80 m.

L'efficacité de ces structures s'avère difficile à évaluer, puisque le site se trouve en dehors des secteurs de plage faisant l'objet d'un suivi régulier. Les données permettant de caractériser l'évolution du trait de côte sont donc limitées. Une analyse des photographies aériennes de 1995, 2005 et 2012 indique cependant que la zone d'accumulation observée derrière les ouvrages semble être demeurée relativement stable pendant cette période.

D'autre part, la plage est ceinturée par des avancées rocheuses. La dérive littorale risque alors d'être faible. L'érosion serait donc le résultat d'un transport transversal et, dans ces conditions, l'aménagement de brise-lames a été particulièrement adapté à ce site.

L'absence de rechargements lors de la construction des structures est toutefois susceptible d'avoir laissé les extrémités de la plage vulnérables à l'érosion. Plusieurs rechargements ont d'ailleurs été réalisés au nord et des gabions ont été aménagés au sud. Suite à ces interventions, par contre, les aménagements se sont bien comportés.

Des petits épis en forme de « T » (20 m) ont quant à eux été aménagés dans la partie sud de la plage (site 92.02.01) en 1992. Les suivis réalisés dans ce secteur indiquent cependant que l'efficacité des aménagements aurait été relativement faible, alors qu'aucune accumulation importante n'a été observée à proximité des structures à la suite de leur construction et que la plage est demeurée étroite. Toutefois, le secteur ne semble pas bénéficier d'un apport naturel en sédiments significatif. Ces conditions limitent alors la quantité de matériaux que peuvent capter les ouvrages. Le rechargement réalisé en 2014 aura néanmoins permis d'augmenter la quantité de matériaux disponible pour le transport et la poursuite des suivis devrait permettre de mieux caractériser l'efficacité des structures au cours des prochaines années.

3.1.6.2 PLAGES PRINCIPALES (BORNES 9 À 34)

La Figure 3-4 présente l'évolution de la largeur moyenne de la plage principale avec la quantité de matériaux déposés depuis 1986. Le graphique indique que les matériaux déposés lors de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ ont principalement servi à accroître la largeur moyenne de la plage. À compter de 1996, par contre, les volumes de rechargements ont plutôt été destinés à maintenir cet accroissement. D'autre part, la période 1999-2008 a été caractérisée par des quantités de matériaux déposés relativement faibles, alors que depuis 2009, les rechargements réalisés ont été plus volumineux. Toutefois, cette augmentation des volumes ne semble pas avoir eu d'impact significatif sur la largeur moyenne de la plage.

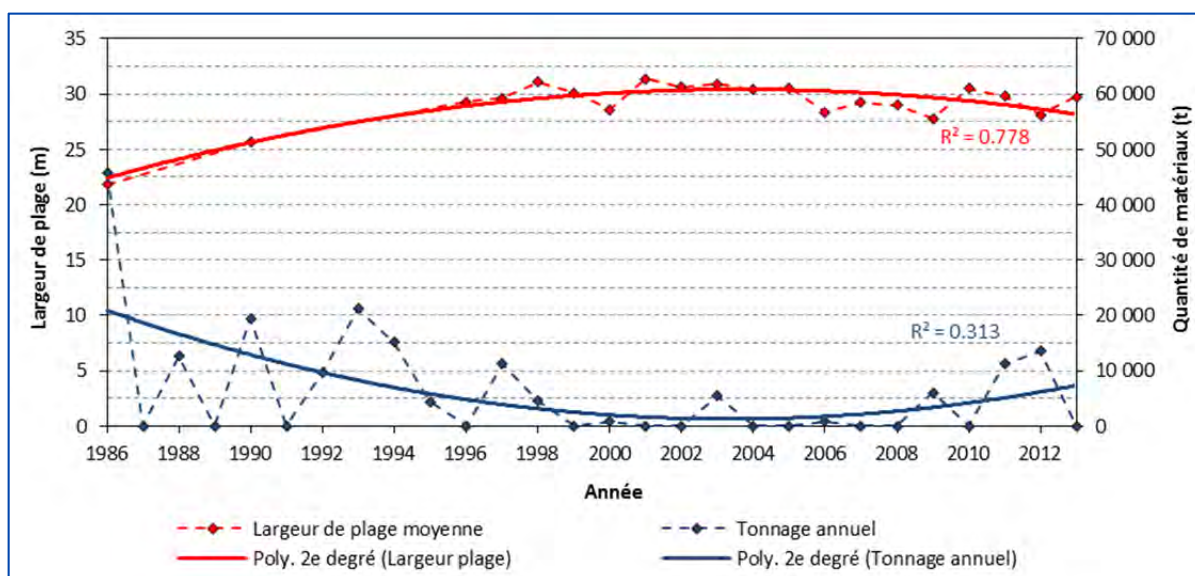


Figure 3-4. Saint-Gédéon – Évolution de la largeur moyenne de plage et de la quantité de matériaux déposés (bornes 9 à 34)

Globalement, la performance des interventions réalisées dans ce secteur a répondu de façon satisfaisante aux critères d'évaluation considérés. Les travaux ont permis de maintenir une largeur moyenne de plage supérieure au seuil minimum de 8 m et la plupart de la plage n'a fait l'objet d'aucune ou d'une seule intervention. Un court tronçon d'environ 120 m, situé entre les bornes 24 et 25, a néanmoins fait l'objet d'interventions plus fréquentes entre 1988 et 1995, jusqu'à la mise en place d'un épi à cet endroit. Pendant cette période, la récurrence des rechargements a varié de 3 à 4 ans, ce qui est inférieur au seuil de 5 ans jugé acceptable.

D'autre part, depuis 2009, l'extrémité sud de la plage (bornes 30 à 32) a démontré une sensibilité accrue à l'érosion et a nécessité un plus grand nombre d'interventions (cinq rechargements au cours des six dernières années). De plus, l'arpentage annuel indique que des largeurs inférieures à 8 m ont été observées sur plus d'une année devant les bornes 30 et 31 (Tableau 3-6). Une description des travaux réalisés dans ce secteur, ainsi qu'une analyse de leur efficacité et des solutions potentielles aux problématiques observées sont présentées aux sections suivantes de ce document.

L'historique des travaux démontre quant à lui que la quantité moyenne de matériaux mis en place lors des rechargements a été la plus faible lors de la deuxième décennie de mise en œuvre du PSBLSJ. De 1986 à 1995, le volume moyen s'élevait à un peu plus de 18 000 tonnes/année, alors que de 1996 à 2005, il était plutôt de 6 000 tonnes/année. Depuis 2006, il se chiffre à environ 8 000 tonnes/année.

Tableau 3-6. Saint-Gédéon – Bilan des largeurs de plage dans les secteurs sensibles (plage principale – bornes 9 à 34)

BORNE	NOMBRE D'ANNÉES AVEC LARGEUR DE PLAGE INFÉRIEURE À 8 m
30	5 (19)
31	3 (19)

¹ Les nombres indiqués entre parenthèses indiquent le nombre total d'années où des suivis ont été réalisés (excluant l'année 1986 qui précède la mise en place de la plupart des rechargements dans ce secteur).

ÉPIS

Un total de neuf épis ont été construits dans ce secteur, soit six en 1987, un en 1995, un en 1998 et un en 2004. La longueur des structures varie entre 35 et 195 m.

De façon générale, l'efficacité des aménagements a été très bonne, dans la mesure où peu de rechargements ont été réalisés entre les ouvrages après leur construction et les largeurs de plage sont demeurées relativement stables. D'autre part, aucune zone d'érosion significative n'a été observée dans les secteurs adjacents.

De façon plus spécifique, l'image aérienne présentée sur la carte des interventions historiques (annexe A) révèle que certains épis ont permis de retenir une importante quantité de sédiments sur la plage. C'est notamment le cas des structures aménagées dans les parties centre-nord (épis 6 et 7) et centre-sud (épi 2).

Les volumes de matériaux accumulés entre les structures plus au centre (épis 1 et 3 à 5) sont quant à eux demeurés relativement faibles par rapport à la longueur des ouvrages. Une symétrie des accumulations observée de part et d'autre de certains aménagements suggère également que la direction de la dérive littorale pourrait être alternante dans ces secteurs. Ce type d'environnement ne constitue généralement pas des conditions permettant de développer la pleine efficacité des épis, qui performant habituellement mieux lorsque la dérive littorale possède une direction dominante.

Finalement, d'importants travaux de protection ont été réalisés au pied des structures l'année suivant leur construction. Le musoir des épis 2 à 7 a également fait l'objet de travaux de réfection en 2005. Les interventions semblent avoir réussi à stabiliser les structures et aucun dommage n'a été répertorié depuis leur réhabilitation.

BILAN SÉDIMENTAIRE

Les suivis d'arpentage réalisés entre 1992 et 2014 suggèrent que le volume du tronçon de plage situé entre les bornes 15 et 34 (plage principale) a augmenté d'environ 47 000 m³. L'historique des interventions indique quant à lui que le volume de matériaux de rechargement déposés pendant cette période se chiffre à près de 48 000 m³. Les matériaux de rechargement mis en place à cet endroit seraient donc demeurés en grande partie à l'intérieure de la zone d'analyse et se seraient essentiellement redistribués.

SITE 93.02.02 (BORNES 30 À 32)

Le tronçon de plage situé entre les bornes 30 et 32 subit une érosion systématique et un recul des largeurs de plage est observé devant ces repères depuis 2000 (Figure 3-5). Le secteur a également fait l'objet de plusieurs rechargements (7 en 22 ans), dont les plus récents ont déposé près de 62 000 tonnes de matériaux en 6 ans (2009 à 2015), avec un taux moyen d'environ 40 t/m. Finalement, le haut de plage a été stabilisé en 2011 et 2015, sur une distance totale de 340 m, via l'aménagement d'un perré de support.

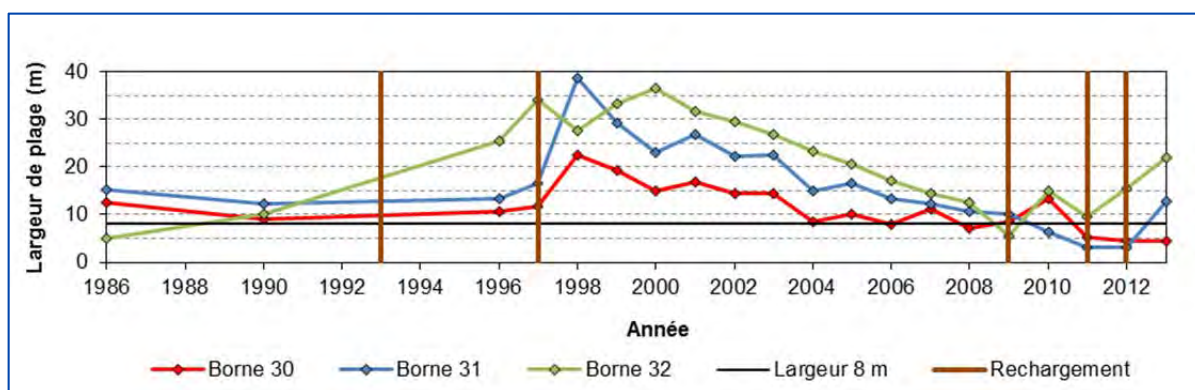


Figure 3-5. Saint-Gédéon – Évolution des largeurs de plage (bornes 30 à 32)

La dynamique hydrosédimentaire dans ce secteur est très complexe en raison de la présence de l'embouchure de la Belle-Rivière. Une étude complémentaire est d'ailleurs en cours pour analyser davantage les déplacements pouvant se produire dans la région et évaluer l'efficacité de différentes solutions potentiellement envisagées pour stabiliser le rivage.

En attendant les conclusions de cette étude, les données présentement disponibles indiquent, d'une part, qu'une dérive littorale vers le sud semble provoquer un déplacement important de sédiments vers la borne 33. Une accumulation est d'ailleurs clairement visible devant ce repère sur l'image aérienne présentée sur la carte 3-1. D'autre part, la présence du chenal d'écoulement de la Belle-Rivière à proximité de la côte maintient une pente infralittorale relativement raide au pied de la plage (voir profil 02-Plg-06, Figure 3-1), ce qui pourrait favoriser un déplacement transversal des sédiments. Les matériaux risquent ensuite d'être emportés vers le large via les courants littoraux dans le chenal. Finalement, plus au large, la dérive littorale semble s'inverser et se diriger vers le nord. D'importantes quantités de sédiments en provenance du secteur de Métabetchouan–Lac-à-la-Croix sont alors transportées. Cette dérive pourrait d'ailleurs avoir provoqué le déplacement du chenal de la Belle-Rivière vers le nord.

Tout indique que la présence du chenal d'écoulement constitue un enjeu majeur à l'égard de la stabilité de la plage dans le secteur concerné. Les solutions préconisées pour stabiliser le rivage risquent alors de devoir envisager son déplacement. Elles devront également être coordonnées avec toute mesure déployée du côté de Métabetchouan–Lac-à-la-Croix pour ralentir la dérive de sédiments vers le nord. Dans le cadre de la présente évaluation, il est recommandé d'attendre les conclusions de l'étude complémentaire avant de proposer une quelconque mesure corrective pour ce secteur.

3.1.6.3 SECTEURS DE BERGE

Environ 6 % (1 km sur 18 km) des secteurs de berge ont fait l'objet de travaux de stabilisation depuis 1986 (Tableau 3-2). La majorité des interventions ont été réalisées lors de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ et les aménagements n'ont nécessité aucun entretien significatif. D'autre part, aucun impact sur les zones adjacentes aux sites d'interventions n'a été observé. La performance des aménagements répond alors de façon satisfaisante aux critères d'évaluation.

TRAVAUX DE VÉGÉTALISATION

Deux endroits ont fait l'objet de travaux de végétalisation au site 87.02.04. Dans un premier temps, une plantation arbustive et herbacée a été réalisée sur une distance d'environ 30 m le long de la crête d'un épi. Un premier essai réalisé en 1987 s'est avéré infructueux, mais une replantation réalisée en 1992, avec des espèces mieux adaptées aux sols secs, a eu plus de succès. Les suivis réalisés en 1995 et 2004 (Anctil et

Bouchard 2005) indiquent que l'intervention était stable et que la couverture d'herbacées se portait bien. La croissance de la végétation arbustive a cependant été plus faible en raison d'un dessèchement des extrémités des branches, causé par l'exposition au vent et au gel.

Le deuxième secteur a quant à lui fait l'objet d'une plantation d'herbacée (*Ammophila breviligulata*), en 1988, sur une distance d'environ 25 m le long du haut de la plage, afin de capter le sable transporté par les forces éoliennes. Les rapports de suivi (Anctil et Bouchard 2005) indiquent que cette intervention a très bien performé. D'autres espèces environnantes se sont même implantées au fil des années.

3.2 SECTEUR MÉTABETCHOUAN–LAC-À-LA-CROIX

3.2.1 CARACTÉRISATION DU SECTEUR

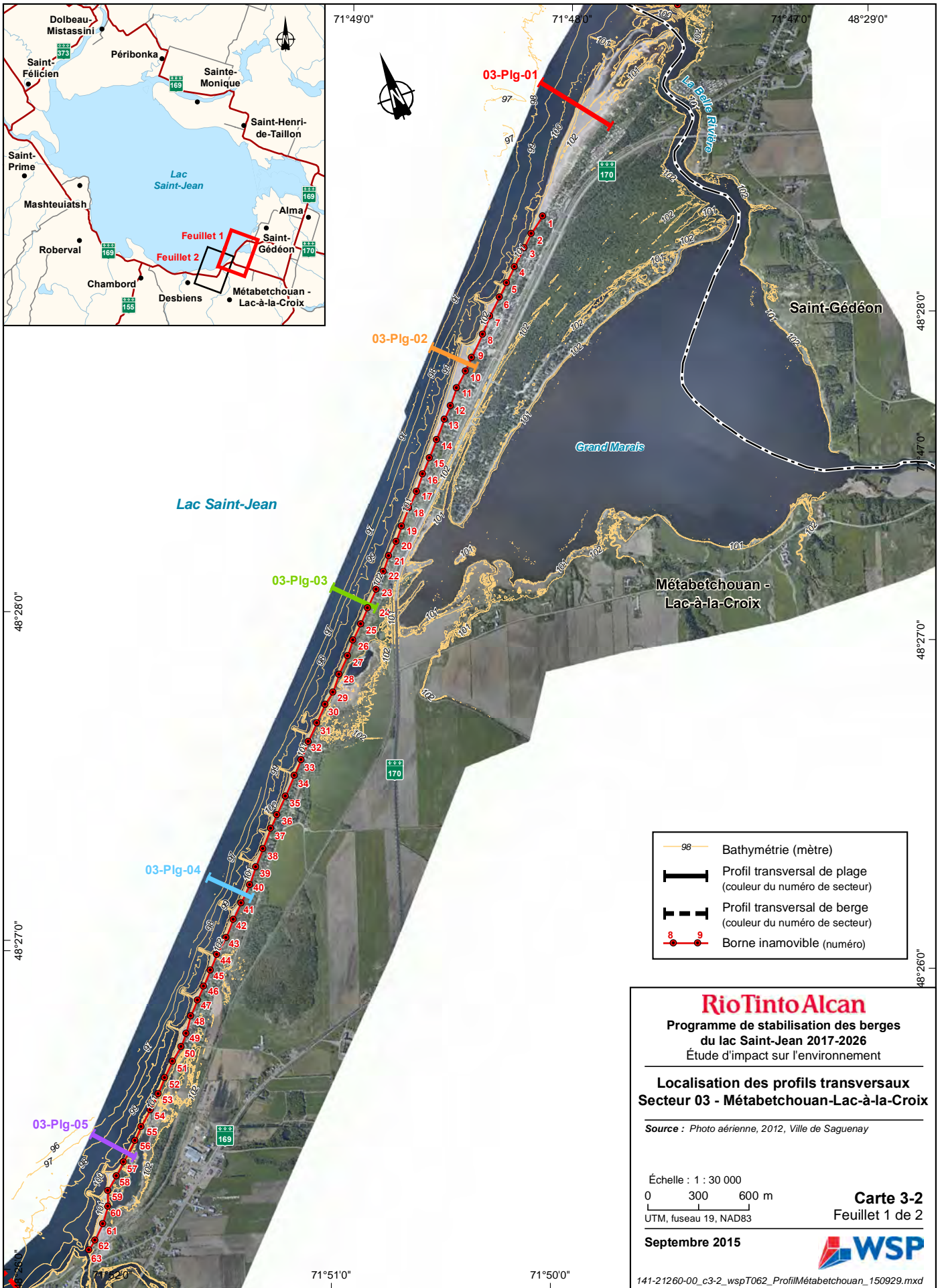
Le secteur de Métabetchouan–Lac-à-la-Croix est situé sur la rive sud-est du lac Saint-Jean et s'étend sur environ 13 km. Une vue d'ensemble de la région et des interventions réalisées depuis 1986 est présentée à l'annexe A. La côte est généralement orientée selon un axe nord-est–sud-ouest et est majoritairement caractérisée par deux plages faisant partie du programme de suivi annuel (longueur totale d'environ 9 km). La plus importante d'entre elles (plage principale) est située entre les embouchures de la Belle-Rivière et de la rivière Couchepaganiche et s'étend sur environ 8 km. Cette zone inclut un cordon de sable d'une longueur approximative de 4 km, qui protège un marais intérieur (Grand-Marais) formé par l'élargissement de la Belle-Rivière. Une petite plage (plage secondaire) d'environ 1 km se trouve également à l'ouest de la rivière Couchepaganiche et sépare deux tronçons de berges sans plage (longueur d'environ 1 km et 3 km respectivement). Un quai (quai de Métabetchouan), construit avant la mise en œuvre du PSBLSJ, est situé à l'extrémité est de cette plage.





Les sédiments présents dans les secteurs de plage sont constitués de sable et de gravier provenant en grande partie des interventions de rechargements réalisées avant et pendant la mise en œuvre du PSBLSJ. D'autres sources d'apports de moindre envergure incluent le transport solide provenant de la Belle-Rivière et de la rivière Couchepaganiche, ainsi que de l'érosion des berges (Marsan 1983b). Ces apports demeurent malgré tout marginaux par rapport aux quantités de matériaux déposés lors des rechargements.

La couronne nord du Grand-Marais est quant à elle caractérisée par des berges de nature sablonneuse et une grève de gravier. Au sud et à l'est, les berges sont plutôt de nature argileuse et aucune grève n'est présente. La zone de marnage sur l'ensemble du marais est quant à elle constituée d'argile (Marsan 1983b).

À l'ouest de la rivière Couchepaganiche, le littoral est plus irrégulier et est caractérisé par des berges généralement sablonneuses, avec quelques zones de falaises en argile et en gravier dans la partie est (Marsan 1983b).

La Carte 3-2 et la Figure 3-6 présentent un échantillon des profils transversaux dans l'ensemble du secteur. L'extrémité est de la plage principale (profils 03-Plg-01 à 03-Plg-03) est caractérisée par une crête de talus relativement haute, avec une élévation entre 107 à 108 m, alors que plus à l'ouest (profils 03-Plg-04 à 03-Plg-06), le haut du talus se situe plutôt entre les élévations 102 et 103 m. Dans certaines zones d'accrétion, la plage peut atteindre une largeur de 50 à 100 m entre les niveaux 102 et 103 m (profils 03-Plg-01 et 03-Plg-02). En dessous de 102 m, l'estran est caractérisé par une pente plutôt raide (environ 10 %) jusqu'à l'élévation 100 m. La pente infralittorale s'adoucit ensuite à environ 2 %. Au large, l'élévation du fond marin se situe entre 84 et 92 m (Lasalle-NHC 2015a).



-  Bathymétrie (mètre)
-  Profil transversal de plage (couleur du numéro de secteur)
-  Profil transversal de berge (couleur du numéro de secteur)
-  Borne inamovible (numéro)

RioTinto Alcan
Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
 Étude d'impact sur l'environnement

Localisation des profils transversaux
Secteur 03 - Métabetchouan-Lac-à-la-Croix

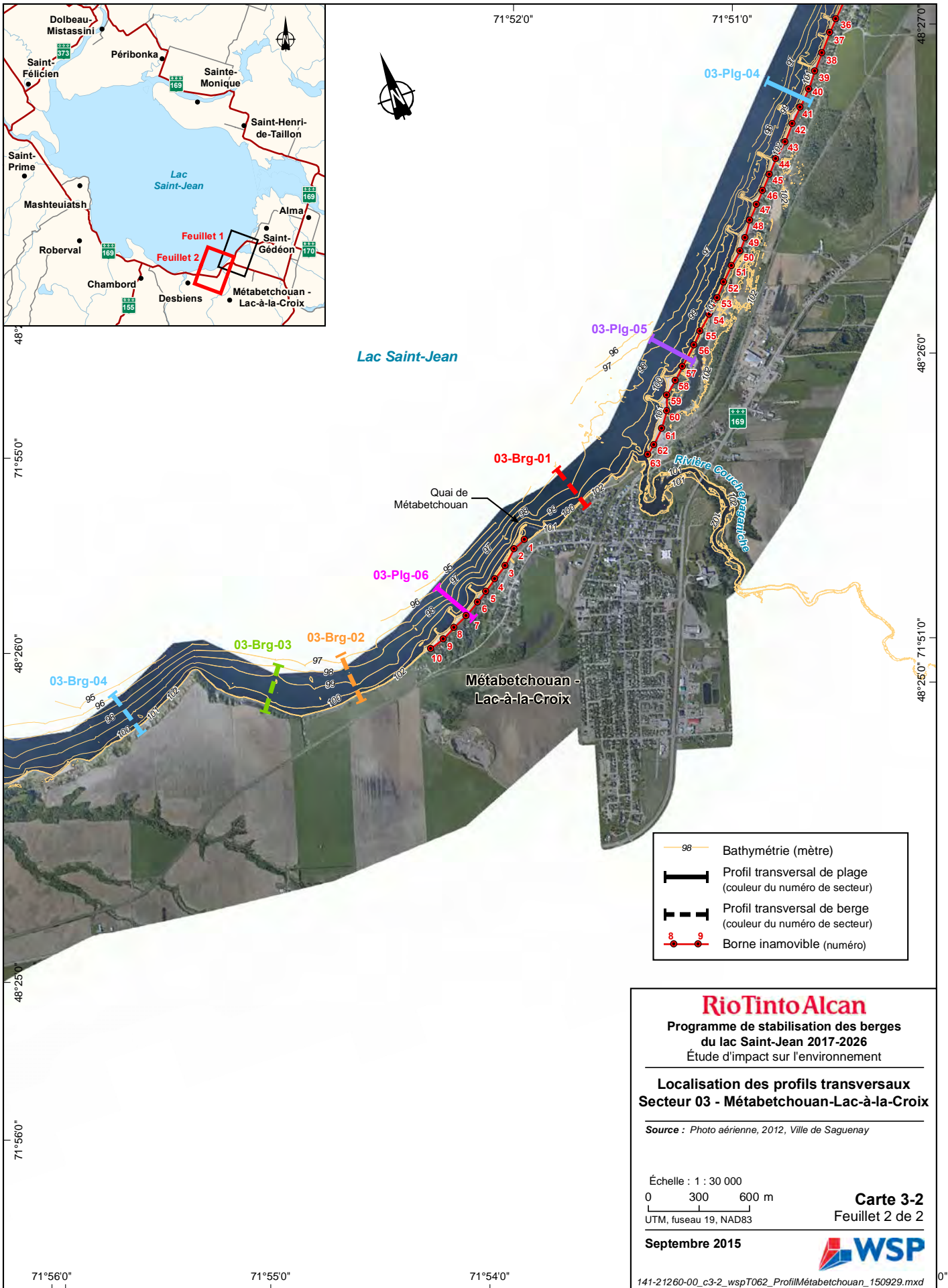
Source : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay

Échelle : 1 : 30 000
 0 300 600 m
 UTM, fuseau 19, NAD83

Carte 3-2
 Feuille 1 de 2

Septembre 2015





RioTinto Alcan

**Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026**
Étude d'impact sur l'environnement

**Localisation des profils transversaux
Secteur 03 - Métabetchouan-Lac-à-la-Croix**

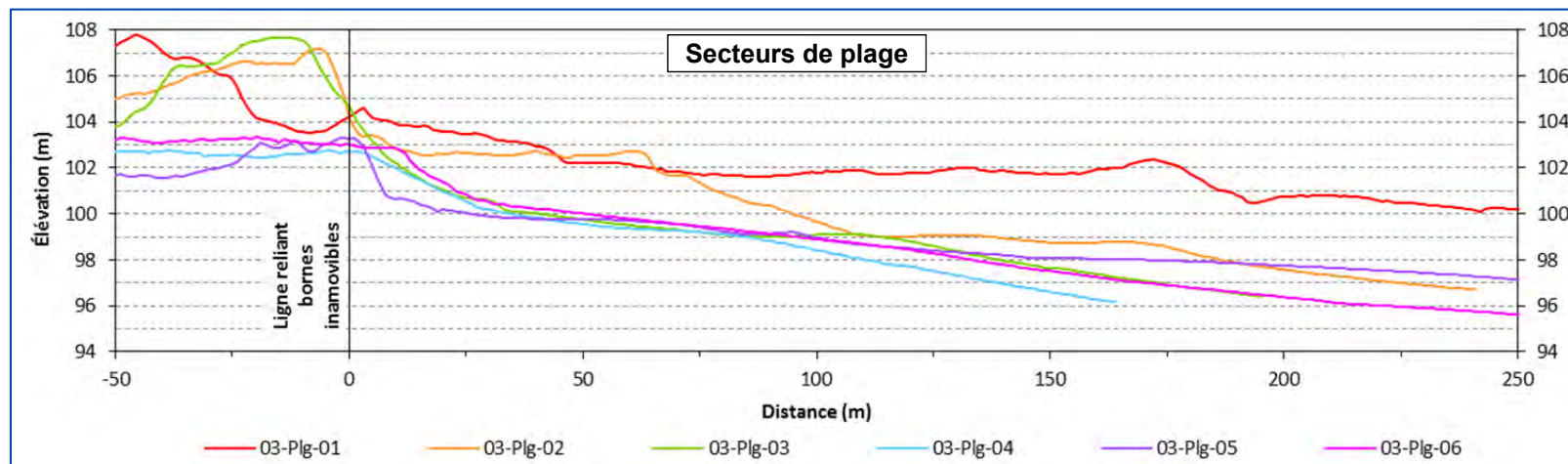
Source : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay

Échelle : 1 : 30 000
0 300 600 m
UTM, fuseau 19, NAD83

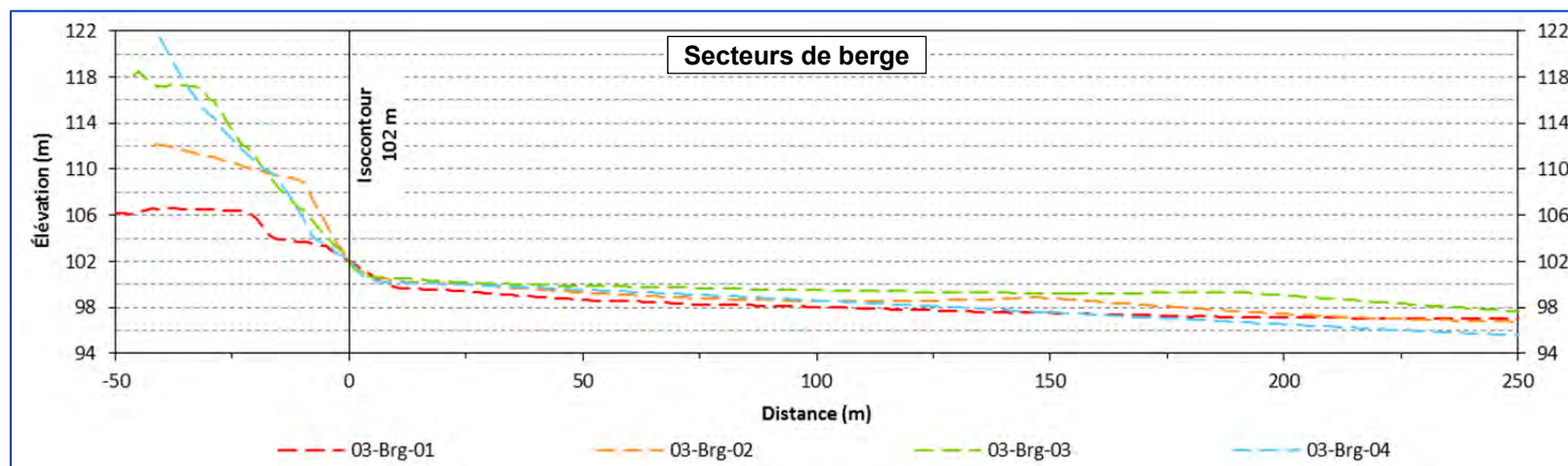
Septembre 2015

Carte 3-2
Feuillet 2 de 2

141-21260-00_c3-2_wspT062_ProfilMétabetchouan_150929.mxd



(a)



(b)

Figure 3-6. Métabetchouan–Lac-à-la-Croix – Profils transversaux : (a) secteurs de plage et (b) secteurs de berge

Les secteurs de berge sont quant à eux caractérisés par une pente très forte au-dessus de l'élévation 100 m (25 à 50 %). Aucune grève n'est présente. À proximité de la rivière Couchepaganiche (profil 03-Brg-01), le haut de talus se situe à un niveau d'environ 106 m. Le relief s'élève ensuite progressivement en se déplaçant vers l'ouest et atteint une élévation supérieure à 120 m à certains endroits (profil 03-Brg-04). Pour l'ensemble des profils, la pente infralittorale demeure relativement douce (environ 2 %). Au large, le fond marin ne présente pas de relief distinctif et s'approfondit graduellement jusqu'à une élévation approximative de 50 m à environ 10 km de la rive (Lasalle-NHC 2015a).

Avant la mise en œuvre du PSBLSJ, le secteur a fait l'objet de plusieurs rechargements à partir de sédiments prélevés par dragage entre les années 1967 et 1977, puis transportés par voies terrestres de 1978 à 1981, notamment dans les parties centrale et est de la plage principale, ainsi que sur la couronne nord du Grand-Marais. D'autre part, selon la base de données Geotop, des travaux d'empierrement ont également été réalisés à plusieurs endroits dans les années 1940 et 1950.

Depuis la mise en œuvre du PSBLSJ, les rechargements de sable et de gravillon se sont poursuivis. L'approvisionnement en matériaux s'est toutefois effectué à partir de bancs d'emprunt terrestres. Plusieurs structures de rétention des sédiments ont également été aménagées (épis, brise-lames et géotubes) et la construction de perrés a continué dans les secteurs de berge. Des techniques mixtes ont quant à elles été employées à l'extrémité ouest du secteur ainsi que sur deux courts tronçons de la plage principale. Finalement, certaines sections de la couronne sud du Grand-Marais ont été stabilisées à l'aide d'empierrements 25-150 mm et de techniques végétales.

3.2.2 ENVERGURE DES TRAVAUX

3.2.2.1 SECTEURS DE PLAGE

Le Tableau 3-7 présente l'envergure des travaux réalisés dans les deux secteurs de plage à l'étude. Un nombre particulièrement élevé d'interventions y ont été réalisées depuis 1986 et environ la moitié d'entre elles ont été effectuées lors de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ (1986-1995). Le secteur du banc de sable de Métabetchouan (plage principale) a fait l'objet de la grande majorité de ces interventions, avec la construction de plusieurs structures de rétention des sédiments (épis, brise-lames et géotubes), de perrés et de techniques mixtes. Une longueur nette d'environ 4,2 km de la plage a également fait l'objet de rechargements, soit un peu plus de 50 % de sa longueur totale (8,0 km). Le volume de matériaux déposé s'élève à près de 640 000 tonnes.

Les travaux exécutés dans le secteur de la plage située à l'ouest de la rivière Couchepaganiche (plage secondaire) ont quant à eux inclus la mise en place de structures de rétention des sédiments (épis et brise-lames) et la réalisation de rechargements. Les interventions ont presque toutes été effectuées entre 1987 et 1991, à l'exception d'un rechargement réalisé en 2014. La quasi-totalité de la plage a fait l'objet de rechargements (longueur nette de 0,7 km sur une longueur totale de 0,8 km). Le volume de matériaux déposé s'élève à environ 78 000 tonnes.

Tableau 3-7. Métabetchouan–Lac-à-la-Croix – Envergure des travaux dans les secteurs de plage

ANNÉE	TYPE D'INTERVENTION	LONGUEUR TOTALE DES TRAVAUX (m)	LONGUEUR DES TRAVAUX D'ENTRETIEN (m)	QUANTITÉ DE MATÉRIAUX DÉPOSÉS (tonnes)
1986	Rechargement de gravillon	312	0	15 300
1987	Rechargement de sable	758	303	22 700
	Rechargement de gravillon	1 603 ¹	0	63 800 ¹

ANNÉE	TYPE D'INTERVENTION	LONGUEUR TOTALE DES TRAVAUX (m)	LONGUEUR DES TRAVAUX D'ENTRETIEN (m)	QUANTITÉ DE MATÉRIAUX DÉPOSÉS (tonnes)
1988	Épi (1)		1 x 71 m	
	Rechargement de sable	225	225	15 700
	Rechargement de gravillon	873	873	24 000
1989	Épi (2)		1 x 79 m; 1 x 78 m	
	Brise-lames (1)		1 x 30 m	
	Rechargement de gravillon	95 ²	95 ²	2 300 ²
1991	Épis (8)		1 x 116 m; 1 x 102 m; 1 x 40 (prolongement); 1 x 109 m; 1 x 112 m; 1 x 130 m; 2 x 110 m	
	Brise-lames (1)		1 x 84 m	
	Perré neuf	570	0	N/A
	Rechargement de sable Rechargement de gravillon	275 1 104 ³	0 622 ³	20 400 64 400 ³
1992	Rechargement de sable	195	195	12 100
	Rechargement de gravillon	375	70	11 200
1993	Rechargement de sable	305	0	25 300
1994	Épis (3)		1 x 62 m; 1 x 40 m; 1 x 24 m	
	Épis (2)		2 x 100 m	
1995	Perré entretien-réfection	15	15	N/A
	Rechargement de sable	458	458	27 100
	Rechargement de gravillon	1 441	897	70 400
1996	Rechargement de sable	160	160	10 800
1998	Rechargement de sable	461	461	25 100
1999	Perré neuf	40	0	N/A
	Rechargement de sable	160	160	8 000
	Rechargement de gravillon	544	544	29 900
2000	Rechargement de sable	515	515	23 800
	Rechargement de gravillon	283	283	2 000
2001	Rechargement de sable	160	160	12 300
2002	Géotube (1)		1 x 30 m	
	Perré avec tech. végét. (mixtes)	120	0	N/A
	Rechargement de sable Rechargement de gravillon	515 544	350 544	23 100 32 100
2003	Rechargement de sable	428	428	22 900
2004	Épi (1)		1 x 40 m	
	Rechargement de sable	665	665	34 000
2005	Rechargement de sable	160	160	9 200
2006	Rechargement de sable	660	660	25 100
2007	Rechargement de sable	380	380	15 600
2008	Géotubes (3)		1 x 70 m; 2 x 100 m	
	Rechargement de sable	190	190	5 400
2009	Rechargement de sable	330	330	15 300
2010	Géotubes (4)		2 x 45 m; 2 x 50 m	

ANNÉE	TYPE D'INTERVENTION	LONGUEUR TOTALE DES TRAVAUX (m)	LONGUEUR DES TRAVAUX D'ENTRETIEN (m)	QUANTITÉ DE MATÉRIAUX DÉPOSÉS (tonnes)
2011	Rechargement de sable	190	190	5 500
	Rechargement de sable	693	298	29 000
2012	Épis (2)		2 x 100 m	
	Brise-lames (1)		1 x 50 m	
	Perré avec tech. végét. (mixtes)	100	100	N/A
2014	Rechargement de sable	80	60	4 800
	Rechargement de sable	200	200	ND
Total (excluant épis, brise-lames et géotubes)	1986-1995	8 604 ⁴	3 753 ⁴ (41 %)	374 700 ⁴
	1996-2005	4 755	4 430 (93 %)	233 200
	2006-2014	2 823	2 408 (85 %)	100 700
	1986-2014	16 182 ⁴	10 591 ⁴ (64 %)	708 600 ⁴

¹ Inclut 730 m (38 700 tonnes) sur la plage secondaire.

² Inclut 95 m (2 300 tonnes) sur la plage secondaire.

³ Inclut 392 m (28 200 tonnes) sur la plage secondaire.

⁴ Inclut 1 217 m total (69 200 tonnes) et 487 m entretien sur la plage secondaire.

3.2.2.2 SECTEURS DE BERGE

Le Tableau 3-8 présente l'envergure des travaux réalisés dans les secteurs de berges situés à l'ouest de la rivière Couchepaganiche. Les interventions se limitent à la mise en place de perrés et l'utilisation de techniques mixtes. Deux épis et 14 accès à l'eau ont également été aménagés.

L'envergure des travaux démontre une diminution marquée des longueurs d'interventions au cours des trois décennies de mise en œuvre du PSBLSJ, avec 2,8 km de rives protégées entre 1986 et 1995 et 0,3 km entre 1996 et 2005, alors qu'aucune intervention n'a été réalisée entre 2006 et 2013. D'autre part, outre la réfection de quelques perrés aménagés avant la mise en œuvre du PSBLSJ, aucun travail d'entretien n'a été requis.

Tableau 3-8. Métabetchouan–Lac-à-la-Croix – Envergure des travaux dans les secteurs de berge

ANNÉE	TYPE D'INTERVENTION	LONGUEUR TOTALE DES TRAVAUX (m)	LONGUEUR DES TRAVAUX D'ENTRETIEN (m)
1987	Accès à l'eau (2 descentes)		1 x 6 m; 1 x 8 m
	Perré neuf	945	0
1988	Perré neuf	930	0
	Épis (2)		2 x 15 m
1989	Perré neuf	442	0
	Accès à l'eau (1 escalier)		1 x 1 m
1991	Perré neuf	134	0
	Accès à l'eau (9 escaliers)		9 x 0,9 m
1994	Accès à l'eau (2 descentes)		1 x 3 m; 1 x 4 m
	Perré entretien-réfection	158	0

ANNÉE	TYPE D'INTERVENTION	LONGUEUR TOTALE DES TRAVAUX (m)	LONGUEUR DES TRAVAUX D'ENTRETIEN (m)
1995	Perré neuf	155	0
2001	Perré entretien-réfection	235	0
2004	Perré avec tech. végét. (mixtes)	113	0
<i>Total</i> (excluant épis et accès à l'eau)	1986-1995	2 764	0 (0 %)
	1996-2005	348	0 (0 %)
	2006-2014	0	0 (0 %)
	1986-2014	3 112	0 (0 %)

3.2.2.3 SECTEUR DU GRAND-MARAIS

Le Tableau 3-9 présente l'envergure des travaux réalisés dans le secteur du Grand-Marais. La plage située au nord a fait l'objet de rechargements de gravillon sur sa longueur totale (environ 2,4 km). Le volume de matériaux déposés se chiffre à environ 66 000 tonnes.

Les berges situées au sud ont quant à elles été stabilisées par le biais d'empierrements 25-150 mm et de techniques végétales. Un accès à l'eau a également été aménagé. L'envergure des travaux démontre une diminution progressive des longueurs d'interventions, avec 1,1 km de rives protégées entre 1986 et 1995 et 0,4 km entre 1996 et 2005, alors qu'aucune intervention n'a été réalisée entre 2006 et 2013. Les travaux d'entretien se sont quant à eux limités à la réhabilitation d'un aménagement avec technique végétale de 130 m de longueur, réalisé en 1998, qui a été renforcé avec la mise en place d'un empierrement 25-150 mm en 2003.

Tableau 3-9. Métabetchouan–Lac-à-la-Croix – Envergure des travaux dans le secteur du Grand-Marais

ANNÉE	TYPE D'INTERVENTION	LONGUEUR TOTALE DES TRAVAUX (m)	LONGUEUR DES TRAVAUX D'ENTRETIEN (m)	QUANTITÉ DE MATÉRIAUX DÉPOSÉS (tonnes)
1990	Empierrement 25-150 mm	1 125	0	N/A
1991	Rechargement de gravillon	1 550	0	38 500
1992	Rechargement de gravillon	895	0	17 900
1998	Empierrement 25-150 mm	200	0	N/A
	Techniques végétales	205	0	N/A
2003	Accès à l'eau (1 descente)		1 x 4 m	
	Empierrement 25-150 mm	131	131	N/A
	Rechargement de gravillon	320	320	7 100
2011	Rechargement de gravillon	100	100	2 800
<i>Total</i> (excluant accès à l'eau)	1986-1995	3 570	0 (0 %)	56 400
	1996-2005	856	451 (53 %)	7 100
	2006-2014	100	100 (100 %)	2 800
	1986-2014	4 526	551 (12 %)	66 300

3.2.2.4 ENVERGURE DE L'ENSEMBLE DES TRAVAUX

Le Tableau 3-10 présente l'envergure des travaux réalisés dans l'ensemble du secteur, par type d'intervention. Il est possible de constater que l'envergure globale des travaux réalisés pendant les périodes 1996-2005 et 2006-2013 (incluant les travaux d'entretien) a été d'environ 40 % et 20 %, respectivement, de celle observée lors de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ. La longueur nette de berges protégées a quant à elle été de 11,2 km pour la période 1986-1995. Cette valeur a ensuite cru d'environ 1,1 km entre 1996 et 2005, puis de 0,4 km entre 2006 et 2013.

Depuis 1986, les travaux de rechargement ont été le type d'intervention le plus fréquent réalisé dans l'ensemble du secteur (longueur totale de 18,2 km). L'envergure des rechargements de sable est demeurée relativement constante au cours des trois décennies de mise en œuvre du PSBLSJ, alors que celle des rechargements de gravillon a diminué progressivement. Les taux de rechargements moyens ont été d'environ 50 t/m pour le sable et 40 t/m pour le gravillon.

Outre les rechargements, la mise en place de perrés a été la technique de protection la plus utilisée, avec une longueur d'intervention totale d'environ 3,6 km, suivi par les structures de rétention (épis, brise-lames et géotubes), avec 32 ouvrages totalisant une longueur combinée de 2,3 km. Les empierrements 25-150 mm ainsi que les techniques mixtes et végétales (en ordre d'importance) ont ensuite été employés pour protéger une longueur de berges additionnelle de 2,0 km. Finalement, 15 accès à l'eau ont été aménagés.

Tableau 3-10. Métabetchouan–Lac-à-la-Croix – Envergure des travaux dans l'ensemble du secteur

TYPE DE TRAVAUX	PÉRIODE 1986-1995		PÉRIODE 1996-2005		PÉRIODE 2006-2014		PÉRIODE 1986-2014	
	LONG. TOT. (m)	ENTR. (m)	LONG. TOT. (m)	ENTR. (m)	LONG. TOT. (m)	ENTR. (m)	LONG. TOT. (m)	ENTR. (m)
Rechargement de sable	2 216 (123 300 t)	1 181 (57 300 t)	3 224 (169 200 t)	3 059 (167 600 t)	2 723 (100 700 t)	2 308 (82 000 t)	8 163 (393 200 t)	6 548 (306 900 t)
Rechargement de gravillon	8 239 (307 800 t)	2 557 (113 600 t)	1 691 (71 100 t)	1 691 (71 100 t)	100 (2 800 t)	100 (2 800 t)	10 030 (381 700 t)	4 348 (187 500 t)
Épis, brise-lames et géotubes	1 527 (20) ¹	40 (1) ¹	70 (2) ¹	0	710 (10) ¹	0	2 307 (32) ¹	40 (1) ¹
Perré	3 358	15	275	0	0	0	3 633	15
Empierrement 25-150 mm	1 125	0	331	131	0	0	1 456	131
Accès à l'eau	30 (14) ¹	0	4 (1) ¹	0	0	0	34 (15) ¹	0
Gabions et autres	0	0	0	0	0	0	0	0
Techniques végétales	0	0	205	0	0	0	205	0
Techniques mixtes	0	0	233	0	100	100	333	100
<i>Total (excluant épis, brise-lames et géotubes)</i>	14 968	3 753 (25 %)	5 963	4 881 (82 %)	2 923	2 508 (86 %)	23 854	11 142 (47 %)

¹ Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre d'ouvrages mis en place.

3.2.3 CONDITIONS ÉROSIVES

3.2.3.1 CLIMAT DE VAGUE

Le climat de vague auquel est exposé le secteur est majoritairement caractérisé par des vagues en provenance de l'ouest-nord-ouest et du nord-ouest (Figure 3-7). Les radiales sur lequel le vent souffle selon cette direction atteignent d'ailleurs plus de 40 km.

Une légère variation du climat de vague est observée d'une extrémité à l'autre de la plage principale. L'extrémité nord-est est caractérisée par une fréquence plus élevée de vagues en provenance de l'azimut 300° (ouest-nord-ouest), alors que l'extrémité ouest est plutôt caractérisée une fréquence dominante de vagues en provenance de l'azimut 320° (nord-ouest). Ces variations s'expliquent en bonne partie par la réfraction des vagues sur un haut-fond situé à environ à 2 km de la côte, dans la portion centrale de la zone étudiée (Lasalle-NHC 2015a).

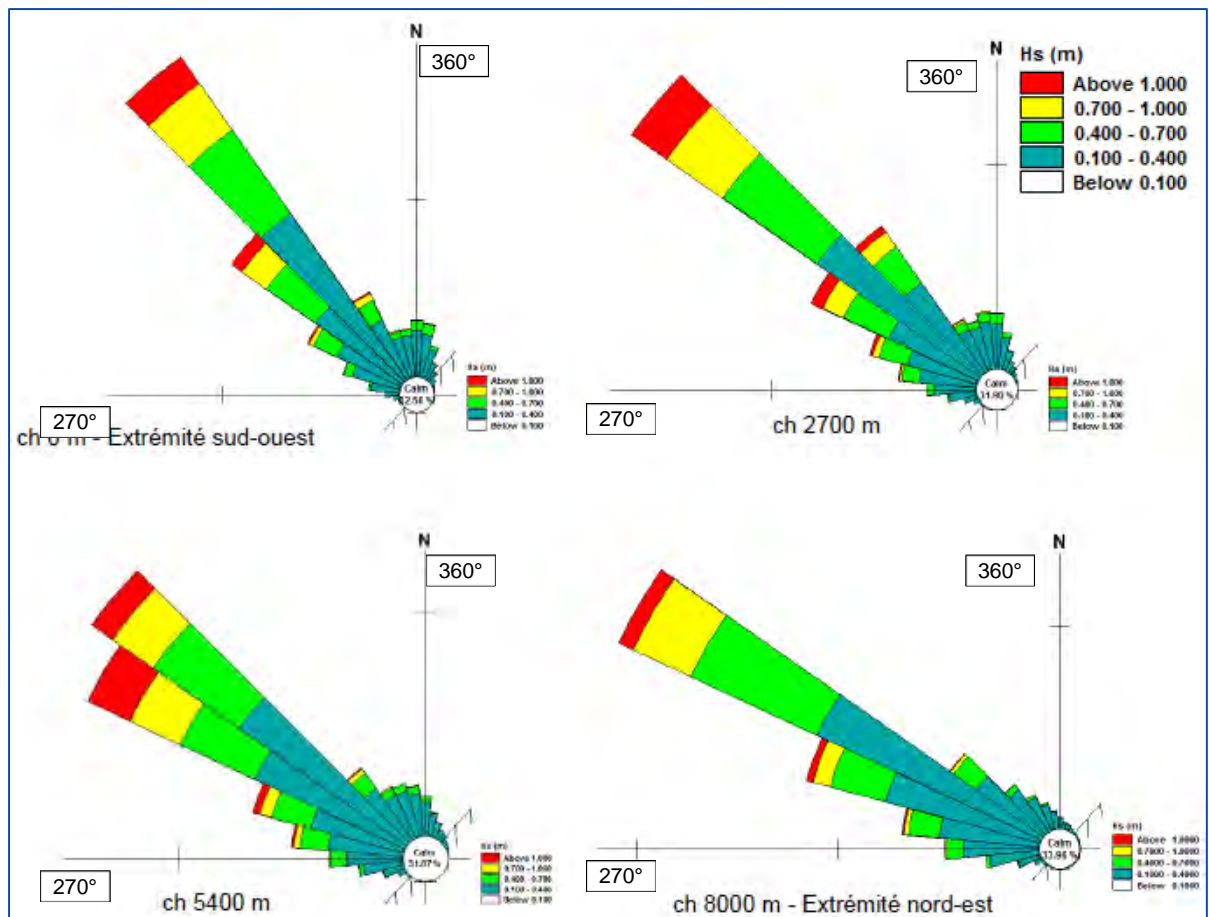


Figure 3-7. Métabetchouan-Lac-à-la-Croix – Roses des vagues le long de la plage principale (extrait de Lasalle-NHC 2015)

3.2.3.2 FORCES ÉROSIVES

L'historique du flux d'énergie littorale atteignant la côte de 1992 à 2014 indique que l'orientation dominante est vers le nord-est et que les intensités les plus fortes sont généralement observées pendant la période automnale (Figure 3-8). Les années où cette composante a atteint des pointes horaires relativement élevées incluent 1992, 1995, 1999, 2002 et 2005. Une énergie littorale plus forte que la normale orientée vers le sud-ouest, soit à l'inverse de la dérive dominante, a quant à elle été observée pendant les périodes printanières des années 1993, 1996 et 2008.

Sur une base cumulative annuelle, les années 1992, 1999 et 2013 se distinguent parmi celles où le flux d'énergie littorale a été le plus important (Lasalle-NHC 2015), soit des niveaux d'énergie avec des récurrences de 9 à 40 ans respectivement. Cette composante ne représente cependant qu'une fraction de l'énergie totale atteignant la côte et demeure cinq à six fois inférieure à la composante transversale (Lasalle-NHC 2015b).

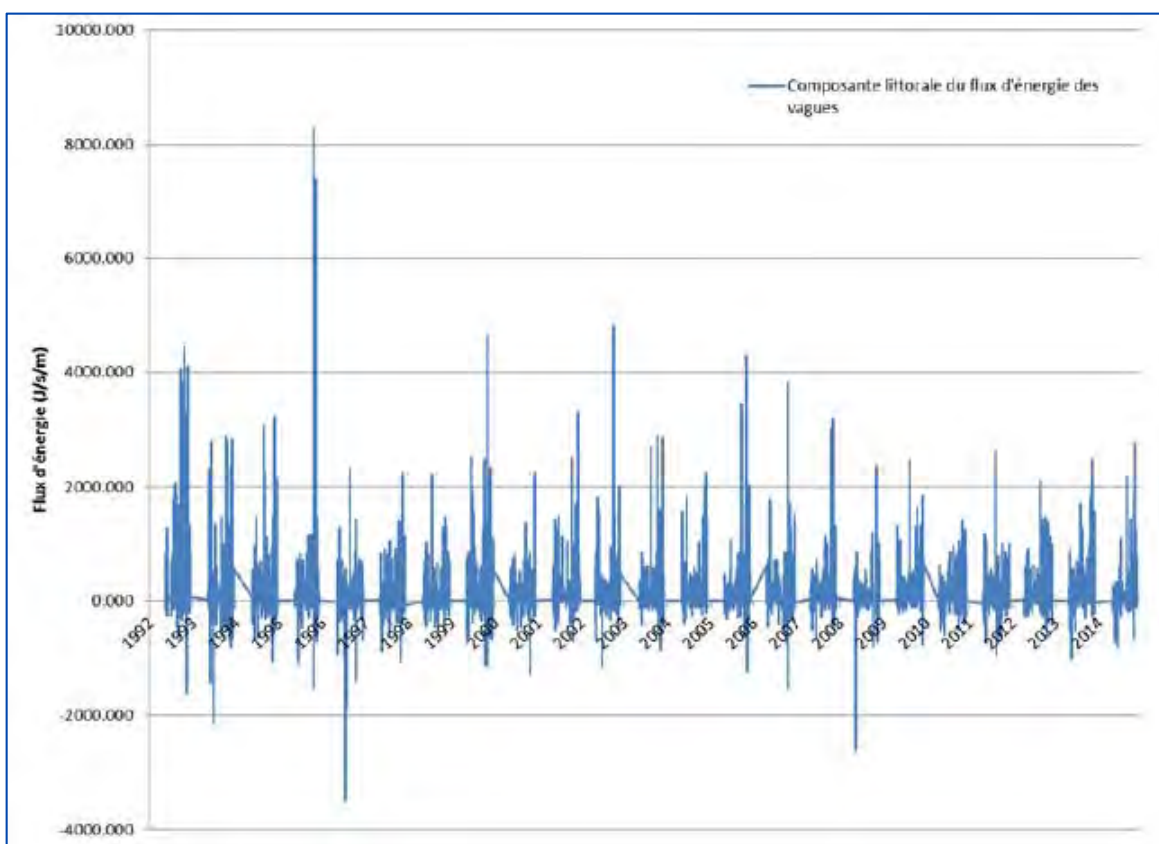


Figure 3-8. Métabetchouan–Lac-à-la-Croix – Composante littorale du flux d'énergie des vagues qui atteignent la côte (extrait de Lasalle-NHC 2015)

Afin d'identifier les plus fortes tempêtes qui ont façonné le littoral, une analyse du flux d'énergie maximal pondéré en fonction de la profondeur d'eau au pied de la plage et cumulé sur une période de 72 heures a été réalisée (Lasalle-NHC 2015). Les résultats suggèrent que des tempêtes importantes ont été observées en 1994, 1995 et 2013. L'événement survenu fin novembre 2013 est d'ailleurs parmi l'un des plus importants observé dans le secteur, avec une récurrence de 15 ans (Tableau 3-11).

Tableau 3-11. Métabetchouan–Lac-à-la-Croix – Caractéristique des principales tempêtes ayant atteint la côte entre 1992 et 2014 (extrait de Lasalle-NHC 2015)

Début de la période de 72 heures	Fin de la période de 72 heures	Période de récurrence (année)	Niveau d'eau max atteint tenant compte des surcotes sur la période de 72 h (m)
2011-10-25 16:00	2011-10-28 16:00	1	101.03
2005-11-06 17:00	2005-11-09 17:00	2	101.44
1992-09-28 04:00	1992-10-01 04:00	5	101.59
1994-11-21 21:00	1994-11-24 21:00	9	101.55
2013-11-22 21:00	2013-11-25 21:00	15	101.60

3.2.4 DÉRIVE LITTORALE

Dans le secteur de la plage principale, la dérive littorale est divergente dans le secteur des épis 1 à 5, soit dans le secteur la borne 42 (Lasalle-NHC 2015). Entre l'embouchure de la Belle-Rivière et la borne 36, elle s'oriente vers le nord-est, alors qu'entre la borne 48 et l'embouchure de la rivière Couchepaganiche, elle se dirige plutôt vers le sud-ouest. La zone de transition entre les bornes 36 et 48 est quant à elle caractérisée par une dérive littorale alternante, sans direction dominante claire.

Les deux champs d'épis présents à l'est et au centre-ouest de la plage réduisent localement l'intensité de la dérive littorale. Toutefois, celle-ci demeure forte dans les secteurs adjacents à l'est des aménagements, ce qui rend ces tronçons de plage vulnérables à l'érosion (Lasalle-NHC 2015). Enfin, la dérive subit une réduction importante au voisinage de la Belle-Rivière, ce qui explique l'accrétion constante observée à cet endroit.

Dans le secteur de la plage secondaire, une symétrie des accumulations observées de part et d'autre des aménagements (épis) suggère que la dérive littorale pourrait être alternante, sans direction dominante claire. Les modélisations du transport littoral ne couvrent pas cette région et il n'est pas possible de préciser davantage les directions et les taux de transport à cet endroit.

3.2.5 LARGEURS DE PLAGE

3.2.5.1 PLAGE PRINCIPALE (63 BORNES)

Le Tableau 3-12 et la Figure 3-9 présentent les statistiques générales des largeurs mesurées sur la plage principale. Il est important de souligner que ces indicateurs ne tiennent pas compte d'un tronçon de plage d'environ 1,1 km situé à l'extrémité est du secteur (à l'est de la borne 1), car aucune borne inamovible n'est présente à cet endroit. Certains suivis d'arpentage annuels démontrent malgré tout que les largeurs de plage sur ce tronçon demeurent considérables et que la côte subit une accrétion systématique.

Un second tronçon de rive d'environ 0,6 km, situé entre les bornes 52 et 57, est également exclu de l'analyse statistique, car les suivis d'arpentage réalisés depuis 1996 n'ont pas couvert cette zone. Le littoral à cet endroit est d'ailleurs caractérisé par une berge protégée par un revêtement en enrochement et une plage très mince, voire absente.

Finalement, les largeurs de plage mesurées devant la borne 63 sont aussi écartées de l'exercice, car les relevés effectués au droit de ce repère sont sporadiques. Le site est toutefois situé dans la zone terminale

ouest de la plage et les relevés effectués à cet endroit représentent mal la largeur réelle de la plage dans ce secteur.

Au cours de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ (1986 à 1996), la largeur moyenne de plage a augmenté de 16 à 22 m. La largeur maximale est quant à elle passée de 49 à 53 m, alors que la largeur minimale s'est accrue d'environ 8 m, passant de 2 à 10 m.

À compter de 1996 et jusqu'à ce jour, la largeur moyenne s'est maintenue entre 21 et 24 m. La largeur maximale n'a quant à elle cessé de croître, excédant 80 m en 2013, alors que la largeur minimale s'est maintenue au-dessus de 5 m, sauf en 2013 où une largeur de moins de 2 m a été observée. Les largeurs minimales ont été mesurées dans la partie centrale de la plage (bornes 19, 21, 35 et 36), alors que les largeurs maximales ont été mesurées plus à l'est (borne 9). Les largeurs de plage les plus importantes ont toutefois été observées, sans être mesurées, à l'extrémité est de la plage, qui est en accretion depuis le début du PSBLSJ.

Tableau 3-12. Métabetchouan–Lac-à-la-Croix – Statistiques des largeurs de plage (plage principale)

ANNÉE	LARGEUR MINIMALE (m)	LARGEUR MOYENNE (m)	LARGEUR MAXIMALE (m)
1986	2,3 (44) ¹	16,2	49,4 (1) ¹
1990	2,1 (47)	18,2	50,8 (1)
1996	9,8 (21)	22,3	52,5 (9)
1997	8,0 (21)	23,7	57,9 (1)
1998	7,8 (59)	21,4	55,4 (9)
1999	8,9 (21)	21,5	57,7 (9)
2000	9,0 (21)	22,6	58,8 (9)
2001	8,7 (21)	23,7	64,9 (9)
2002	6,6 (19)	20,7	61,8 (9)
2003	8,2 (38)	23,5	63,9 (9)
2004	8,0 (48)	23,2	68,9 (9)
2005	6,3 (21)	23,9	69,6 (9)
2006	5,7 (36)	24,0	75,2 (9)
2007	8,0 (36)	23,9	72,6 (9)
2008	7,4 (36)	23,5	73,4 (9)
2009	7,1 (35)	22,4	74,5 (9)
2010	7,3 (35)	23,8	74,8 (9)
2011	5,4 (35)	24,3	77,7 (9)
2012	9,5 (36)	23,2	77,0 (9)
2013	1,6 (3)	23,5	81,4 (9)

¹ Les valeurs entre parenthèses indiquent le numéro de la borne inamovible à laquelle est observée la largeur de plage extrême.

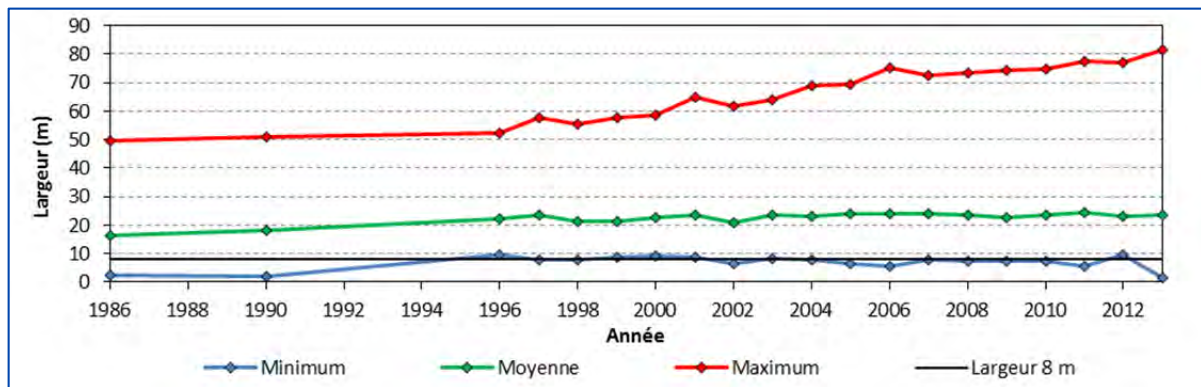


Figure 3-9. Métabetchouan–Lac-à-la-Croix – Évolution des largeurs de plage minimale, moyenne et maximale (plage principale)

3.2.5.2 PLAGES SECONDAIRE (10 BORNES)

Le Tableau 3-13 et la Figure 3-10 présentent quant à eux les statistiques générales des largeurs mesurées sur la plage secondaire. Il est possible de constater que les largeurs ont augmenté de façon significative lors de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ. La largeur moyenne a augmenté de 14 m à 26 m, alors que la largeur maximale est passée de 33 à 39 m. La largeur minimale s'est quant à elle accrue d'environ 9 m, passant de 1 à 10 m.

À compter de 1996, la largeur moyenne s'est maintenue entre 23 et 28 m. La largeur maximale a quant à elle variée entre 35 et 44 m, alors que la largeur minimale a oscillé entre 10 et 19 m. Les largeurs minimales se sont principalement manifestées à l'extrémité ouest de la plage (borne 10) jusqu'en 2001, puis dans la partie centrale (borne 4) à compter de 2002, alors que les largeurs maximales ont principalement été observées à l'extrémité est (borne 1).

La stabilité relative des trois indicateurs, combinée à l'absence d'interventions réalisées dans ce secteur depuis 1992, suggère l'atteinte possible d'un équilibre hydrosédimentaire à cet endroit. Les faibles variations interannuelles pourraient quant à elles être attribuées à la fluctuation naturelle des conditions érosives et des courants littoraux. L'équilibre observé dépend en partie du plan de gestion des niveaux d'eau mis en œuvre au lac Saint-Jean depuis 1990. Une modification de ce plan pourrait perturber la dynamique hydrosédimentaire et déstabiliser la plage.

Tableau 3-13. Métabetchouan–Lac-à-la-Croix – Statistiques des largeurs de plage (plage secondaire)

ANNÉE	LARGEUR MINIMALE (m)	LARGEUR MOYENNE (m)	LARGEUR MAXIMALE (m)
1986	1,2 (10) ¹	14,2	32,5 (1) ¹
1990	3,3 (10)	18,7	37,8 (1)
1996	9,7 (10)	25,5	38,8 (1)
1997	15,8 (10)	27,6	43,6 (1)
1998	13,8 (10)	25,3	41,8 (1)
1999	13,6 (10)	26,2	39,7 (1)
2000	18,2 (4)	25,8	36,8 (1)
2001	18,5 (10)	27,2	41,4 (1)
2002	11,3 (4)	24,2	36,5 (5)
2003	15,5 (4)	25,3	39,3 (1)

ANNÉE	LARGEUR MINIMALE (m)	LARGEUR MOYENNE (m)	LARGEUR MAXIMALE (m)
2004	14,2 (4)	25,0	35,6 (1)
2005	16,7 (4)	24,8	35,8 (1)
2006	16,7 (4)	25,9	38,0 (1)
2007	13,4 (4)	23,5	34,9 (9)
2008	13,9 (4)	24,5	38,7 (1)
2009	13,0 (4)	23,6	37,2 (1)
2010	11,7 (4)	24,3	38,1 (9)
2011	16,4 (4)	26,2	40,2 (1)
2012	16,3 (4)	25,6	40,3 (1)
2013	13,6 (4)	23,9	37,8 (1)

¹ Les valeurs entre parenthèses indiquent le numéro de la borne inamovible à laquelle est observée la largeur de plage extrême.

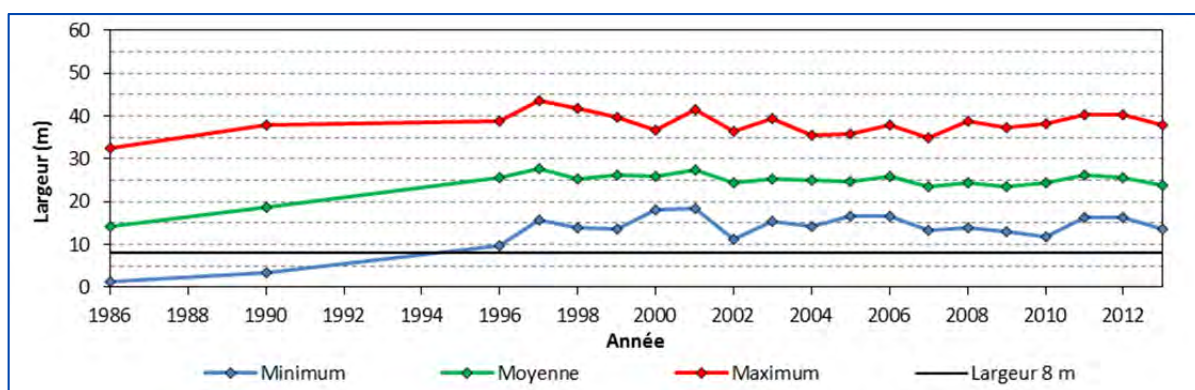


Figure 3-10. Métabetchouan-Lac-à-la-Croix – Évolution des largeurs de plage minimale, moyenne et maximale (plage secondaire)

3.2.6 ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX (APPROCHE GLOBALE)

3.2.6.1 PLAGE PRINCIPALE (63 BORNES)

L'évaluation de l'efficacité des travaux dans les secteurs de plage se limite à un examen de la plage principale, puisque l'envergure des travaux réalisés sur la plage secondaire et l'analyse des largeurs de plage démontrent que ce secteur n'a fait l'objet d'aucune problématique particulière. Aucune intervention n'a été réalisée à cet endroit entre 1991 et 2014 et les largeurs de plage sont demeurées supérieures au seuil minimum de 8 m partout à compter de 1996. L'aménagement des structures de rétention entre 1989 et 1991 (épis et brise-ames) semble avoir réussi à stabiliser de façon satisfaisante le trait de côte.

La plage située sur la couronne nord du Grand-Marais est également exclue de l'évaluation de l'efficacité, car ce secteur a fait l'objet d'un faible nombre d'interventions et ne semble pas démontrer de problématique particulière. Outre les rechargements de grande envergure réalisés en 1991 et 1992, seuls quelques secteurs ont ensuite fait l'objet de rechargements d'entretien en 2003 et 2011. D'autre part, aucun suivi annuel des largeurs de plage n'a été effectué à cet endroit. Il n'est donc pas possible de caractériser les déplacements du trait de côte et d'évaluer l'impact des rechargements. Le secteur demeure néanmoins soumis à de très faibles sollicitations de la taille relativement petite du marais, ce qui limite la hauteur maximale atteinte les vagues générées par le vent.

Le secteur de la plage principale fait à la fois l'objet d'une évaluation globale et explicite de l'efficacité des travaux. L'approche globale dresse un portrait général de l'efficacité des interventions, basé sur l'évolution des largeurs moyennes de la plage et des quantités de matériaux de rechargements déposés. Les secteurs démontrant une sensibilité accrue à l'érosion sont également identifiés et une description sommaire de la problématique observée à ces endroits, des interventions réalisées et des pistes de solutions recommandées est présentée. Une discussion approfondie de l'efficacité anticipée des interventions, basée sur les résultats de modélisation (Lasalle-NHC 2015b), est quant à elle présentée à la section 3.2.7 du document, dédiée à l'approche explicite.

La Figure 3-11 présente l'évolution de la largeur moyenne de la plage principale avec la quantité de matériaux déposés depuis 1986. Le graphique indique que les matériaux déposés lors de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ ont principalement servi à accroître la largeur moyenne de la plage. À compter de 1996, par contre, les volumes de rechargements ont plutôt été destinés à maintenir cet accroissement.

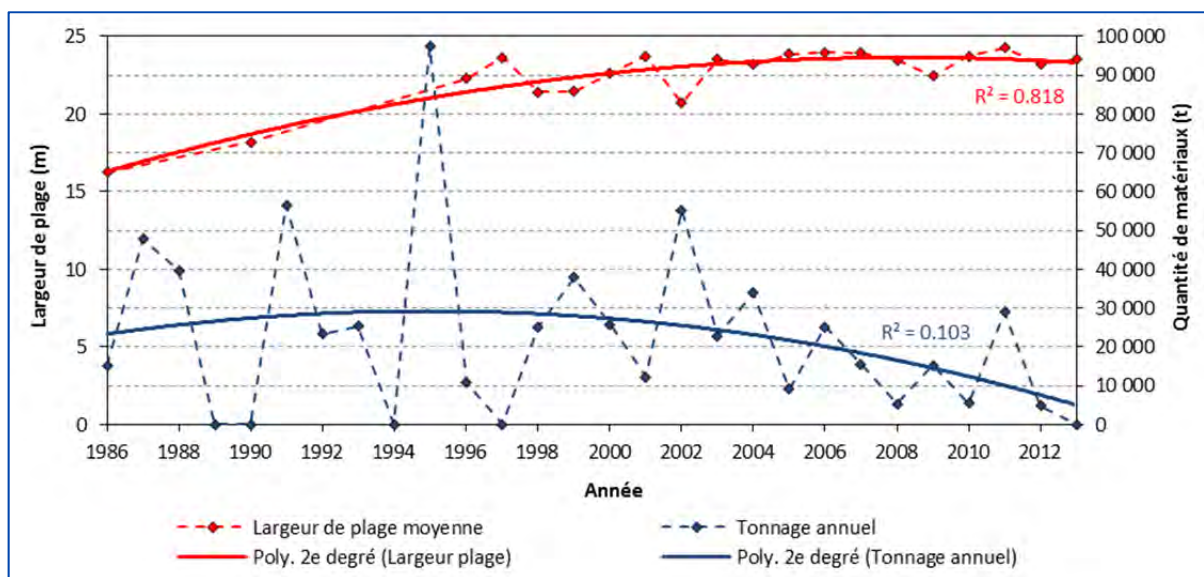


Figure 3-11. Métabetchouan-Lac-à-la-Croix – Évolution de la largeur moyenne de plage et de la quantité de matériaux déposés (plage principale)

Globalement, la performance des interventions peut être qualifiée comme étant satisfaisante, alors que ces dernières ont permis de circonscrire les problématiques d'érosion les plus importantes d'un secteur hautement dynamique dans deux zones restreintes. Les travaux ont d'autre part permis de maintenir une largeur moyenne de plage supérieure à 8 m. Quelques lacunes par rapport aux critères d'évaluation considérés ont malgré tout été observées, dont la récurrence de certains rechargements qui s'est avérée inférieure au seuil jugé acceptable, voire optimal (5 à 7 ans). Les rechargements les plus fréquents pour un même secteur ont été réalisés selon une récurrence de moins de 1 an (bornes 3 à 5).

Une analyse détaillée des largeurs de plage et de la séquence des interventions révèle également une sensibilité accrue à l'érosion à différents endroits le long de la plage. L'arpentage annuel indique d'une part que des largeurs de plage inférieures à 8 m ont été observées sur plus d'une année devant les bornes inamovibles consignées au Tableau 3-14, alors qu'un nombre particulièrement élevé de rechargements ont été réalisées entre les bornes 3 à 5 (19 interventions en 21 ans) et 35 à 36 (14 interventions en 27 ans). En contrepartie, l'extrémité est de la plage, au-delà de la borne 1, a subi une accretion importante. L'accumulation de sédiments a eu pour conséquence l'obstruction partielle de l'embouchure de la

Belle-Rivière et le déplacement de son chenal d'écoulement vers le nord. Ce chenal longe maintenant le pied de la plage sur plus de 500 m dans le secteur de Saint-Gédéon et contribue aux problématiques d'érosion observées à cet endroit (voir section 3.1.6.2). Une description des travaux réalisés dans chacun des secteurs identifiés ainsi qu'une analyse de leur efficacité et des solutions potentielles aux problématiques observées sont présentées aux sections suivantes de ce document.

La répartition des rechargements n'a cependant pas été régulière sur l'ensemble de la plage. Plusieurs endroits n'ont fait l'objet d'aucune intervention, alors que d'autres ont été la cible d'un petit nombre de rechargements (récurrences variant entre 3 et 8 ans). D'autre part, aucune intervention n'a été réalisée après 2006 ailleurs qu'entre les bornes 3 à 5 et 35 à 36.

L'historique des travaux démontre quant à lui une diminution progressive de la quantité moyenne de matériaux mis en place lors des rechargements. De 1986 à 1995, le volume moyen s'élevait à environ 44 000 tonnes/année, alors que de 1996 à 2005, il était plutôt de 26 000 tonnes/année. Depuis 2006, il se chiffre à environ 14 000 tonnes/année.

Tableau 3-14. Métabetchouan–Lac-à-la-Croix – Bilan des largeurs de plage dans les secteurs sensibles

BORNE	NOMBRE D'ANNÉES AVEC LARGEUR DE PLAGE INFÉRIEURE À 8 m
3	2 (19) ¹
21	3 (20)
35	5 (20)
36	6 (20)
48	3 (19)

¹ Les nombres indiqués entre parenthèses indiquent le nombre total d'années où des suivis ont été réalisés.

ÉPIS, BRISE-LAMES ET GÉOTUBES

Le secteur dénombre plusieurs structures de rétention des sédiments (épis, brise-lames et géotubes), répartis selon trois zones. La première d'entre elles regroupe les ouvrages situés entre l'embouchure de la Belle-Rivière et la borne 9. Celle-ci compte cinq épis, soit deux construits en 1991 et trois en 1994, ainsi qu'un aménagement de géotubes mis en place en 2008 et étendu en 2010. La longueur des épis varie entre 25 et 115 m, alors que celle des géotubes est d'environ 100 m. Trois épis supplémentaires, de 60 à 200 m de longueur, ont également été aménagés en 2014 à l'extrémité nord-est de cette zone. L'efficacité de ces nouveaux ouvrages demeure cependant indéterminée étant donné leur construction récente.

La deuxième zone de structures compte quant à elle neuf épis, construits entre 1989 et 2012, ainsi qu'un brise-lames également construit en 2012. Ces ouvrages sont situés dans la partie centre-ouest de la plage, entre les bornes 31 et 49. La longueur de la plupart des épis est d'environ 100 m. Deux plus petites structures ont néanmoins des longueurs de 40 et 70 m. Le brise-lames possède quant à lui une longueur de 50 m. D'autre part, un géotube de 30 m a été construit en 2002 entre les deux zones de structures, à proximité de la borne 20. Cet ouvrage a cependant été retiré en 2009, en raison d'une dégradation trop importante.

Finalement, la dernière zone de structures se trouve à l'extrémité ouest de la plage, entre les bornes 58 et 60, et est constituée d'un épis de 130 m et d'un brise-lames d'environ 80 m.

De façon générale, l'efficacité de l'ensemble de ces structures a été adéquate, dans la mesure où la fréquence des rechargements réalisés entre les ouvrages a été réduite à la suite de leur construction et les largeurs de plage sont demeurées relativement stables. D'importantes zones d'érosion ont cependant été

observées en aval des deux premiers champs d'épis (bornes 3 à 5 et 35 à 36) et ont nécessité la réalisation de plusieurs rechargements. L'importance de l'érosion suggère que les structures auraient perturbé la dynamique hydrosédimentaire de la région en captant les matériaux transportés par la dérive littorale et en privant les secteurs situés en aval des apports de la dérive. Il est également possible que les épis aient fait diverger une partie significative des sédiments vers le large et que ceux-ci remontent très lentement vers la côte à mesure qu'ils progressent vers le nord-est. Les épis auraient donc provoqué un déficit sédimentaire à des endroits où la capacité de transport demeurait élevée, ce qui a mené à des taux d'érosion plus élevés. Pour éviter cette répercussion, il aurait été nécessaire de prolonger les champs d'épis de manière à couvrir la totalité de la zone où le transport est élevé. Cette approche était d'ailleurs prévue lors de l'intervention initiale, mais n'a pu être réalisée en raison de contraintes particulières dans les secteurs adjacents.

Parmi les ouvrages de rétention les plus efficaces, l'épi 3, situé à proximité de la borne 9 (site 91.03.02), est celui qui a capté le plus de sédiments et dont la longueur d'influence a été la plus importante. L'image aérienne présentée sur la carte des interventions historiques (annexe A) révèle une importante accumulation de sédiments au sud-ouest de cet ouvrage, alors que sa zone d'influence s'étend sur plus de 1 km. L'aménagement situé à l'extrémité sud-ouest de la plage (site 91.03.04) démontre également une très bonne efficacité, alors que l'épi et le brise-lames semblent avoir réussi à retenir les sédiments sans engendrer d'impact négatif sur les secteurs adjacents à la zone d'intervention.

Le champ d'épis situé dans la partie centre-ouest de la plage, entre les bornes 31 et 49, a quant à lui eu une efficacité plus nuancée. Les épis ont réussi à stabiliser le trait de côte de façon adéquate, mais la quantité de matériaux captée entre les structures demeure plutôt faible par rapport à la longueur des ouvrages. Cette sous-performance pourrait avoir été causée par des apports de sédiments naturellement faibles dans la région ou encore par la présence d'un transport transversal plus important qu'ailleurs.

Finalement, l'efficacité des épis en géotubes mis en place en 2002 devant la borne 20, ainsi qu'en 2008 et 2010 dans la partie nord-est de la plage (bornes 3 et 4), demeure faible. Aucun gain significatif des largeurs de plage n'a été observé à proximité des structures. L'aménagement situé dans la partie est de la plage semble également avoir contribué au recul du trait de côte observé dans le secteur adjacent, devant la borne 3. Ces ouvrages ont néanmoins permis de réduire légèrement la fréquence d'intervention ainsi que les volumes de matériaux déposés.

La sous-performance de ces ouvrages pourrait avoir été causée par des conditions d'érosion trop sévères au site d'aménagement. Les géotubes, ainsi que toutes les autres structures faisant partie de la famille des épis submergés, sont généralement plus performants lorsque la dérive littorale demeure relativement faible. Leur principal avantage est une perturbation réduite de la dynamique hydrosédimentaire, ainsi qu'une transmission améliorée de sédiments de chaque côté des ouvrages en raison de la hauteur variable des structures, qui plongent sous l'eau à leur extrémité.

BILAN SÉDIMENTAIRE

La comparaison des suivis d'arpentage réalisés en 1992 et en 2014 suggère que le volume du tronçon de plage situé entre les bornes 1 et 52 (longueur totale d'environ 5 600 m) a augmenté d'environ 120 000 m³. Pour la même période, l'historique des interventions indique quant à lui que le volume de matériaux de rechargements déposés pendant cette période se chiffre à près de 290 000 m³. Près de 60 % (170 000 m³) des sédiments mis en place à cet endroit auraient donc été transportés en dehors de la zone d'analyse. Il est possible que ces matériaux aient migré vers l'extrémité est de la plage, ou encore vers le large.

La perte de matériaux correspond à un taux d'érosion moyen d'environ 1,3 m³/m/an pour l'ensemble du tronçon de plage considéré. Localement, par contre, il est possible qu'un taux plus élevé ait été observé.

SITE 97.03.01 (BELLE-RIVIÈRE)

L'extrémité nord-est de la plage, entre l'embouchure de la Belle-Rivière et la borne 1, a subi une accrétion importante depuis 1986 malgré l'absence d'intervention dans ce secteur. L'élargissement de la plage a plutôt été provoqué par une accumulation de matériaux transportés par la dérive littorale. La progression de cette zone de dépôt a eu pour conséquence l'obstruction partielle de l'embouchure de la Belle-Rivière et le déplacement de son chenal d'écoulement vers le nord. Pour freiner l'évolution de cette zone vers le nord-est, un épi a été construit en 2014 à l'extrémité de la plage.

Une étude complémentaire est en cours afin d'analyser plus en détail la dynamique hydrosédimentaire de la région, ainsi que les causes derrière l'accumulation observée sur ce tronçon de plage. Une analyse des photographies aériennes historiques suggère néanmoins que le phénomène se serait amorcé entre 1926 et 1947 (Roche 2013), soit bien avant la mise en œuvre du PSBLSJ. Il demeure malgré tout probable que la dérive des sédiments déposés sur la plage lors des rechargements réalisés dans le cadre du PSBLSJ ait contribué à accélérer l'accumulation de matériaux observée dans ce secteur.

Une analyse approfondie de l'efficacité anticipée de l'épi construit en 2014, basée sur les résultats de simulations du scénario avec ouvrages (évaluation explicite), est présentée à la section 3.2.7.

SITE 94.03.01 (BORNES 3 À 5)

Le tronçon de plage situé entre les bornes 3 et 5 a fait l'objet d'un nombre important de rechargements (19 en 21 ans) au cours de la période de mise en œuvre du PSBLSJ. Depuis 2006, plus de 61 000 tonnes de matériaux y ont notamment été déposées, selon un taux moyen d'environ 55 t/m. D'autre part, plusieurs structures de rétention des sédiments ont été aménagées dans le secteur, dont trois épis en 1994 et une série de géotubes en 2008 et 2010. Deux épis supplémentaires ont également été construits en 2014 au nord-est de la zone concernée, à proximité de la borne 1.

Malgré ces interventions, la plage est demeurée relativement étroite et des largeurs inférieures à 8 m ont été observées devant la borne 3 en 2011 et 2013 (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). L'efficacité des épis en géotubes demeure faible alors qu'aucun gain significatif des largeurs de plage n'a été observé au sud-ouest des structures, devant les bornes 4 et 5, après leur mise en place en 2008. En contrepartie, le recul du trait de côte mesuré devant la borne 3 semble avoir été exacerbé à compter de 2009. Une légère réduction de la fréquence d'intervention a malgré tout été observée et les volumes de rechargements ont été réduits. Ce résultat pourrait avoir motivé le prolongement des aménagements en 2010 et l'ajout de géotubes supplémentaires à l'extrémité des ouvrages, parallèle à la côte. Le recul du trait de côte devant la borne 3 s'est toutefois poursuivi et l'absence de gains au niveau des largeurs de plage suggère que les matériaux de rechargements ont été emportés par la dérive littorale.

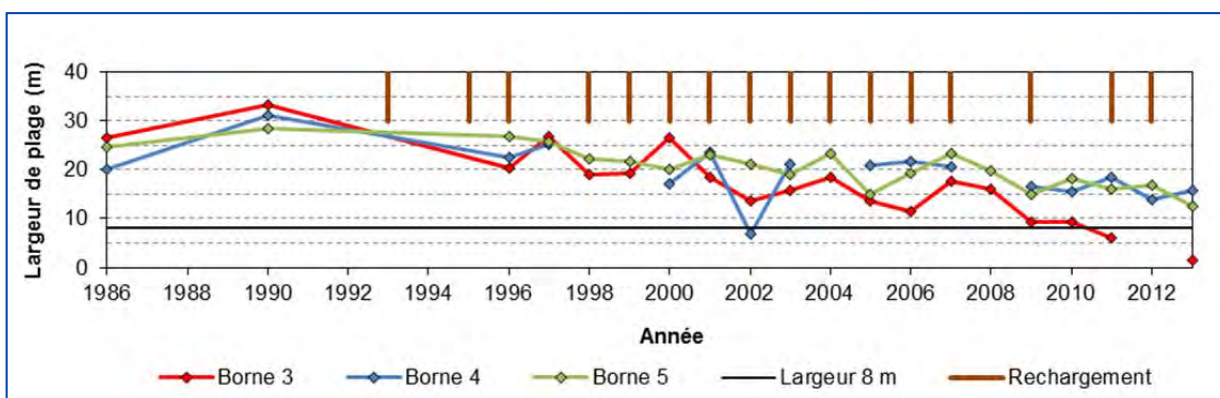


Figure 3-12. Métabetchouan–Lac-à-la-Croix – Évolution des largeurs de plage (bornes 3 à 5)

La problématique d'érosion observée dans le secteur nord-est est probablement liée à un déficit d'apports sédimentaires provoqué par la présence de deux longs épis situés au sud-ouest (épis 2 et 3). Ces ouvrages ont perturbé la dynamique hydrosédimentaire de la région en captant ou en déviant une grande quantité de matériaux, ce qui a privé les secteurs en aval d'apports solides. Le déficit sédimentaire combiné à une capacité de transport élevée a mené à une augmentation des processus d'érosion. Le recul persistant du trait de côte indique d'autre part que les volumes de rechargements mis en place ont été insuffisants pour alimenter la dérive littorale.

Les épis construits récemment à proximité de la borne 1 devraient aider à réduire la dérive littorale, à retenir les sédiments sur le tronçon de plage concerné et à stabiliser le trait de côte. Il demeure cependant trop tôt pour évaluer l'efficacité réelle de ces ouvrages. Des rechargements additionnels pourraient être requis à court terme afin de remplir la zone d'influence des épis et de permettre à la plage d'atteindre un état d'équilibre.

Une analyse approfondie de l'efficacité anticipée de ces structures, basée sur les résultats de simulations du scénario avec ouvrages (évaluation explicite), est présentée à la section 3.2.7.

SITE 2002.03.01 (BORNES 19 À 21)

Le tronçon de plage situé entre les bornes 19 et 21 a subi un recul prononcé du trait de côte en 2002. Des largeurs de plage inférieures à 8 m ont également été observées devant la borne 21 en 1997, 2002 et 2005 (Figure 3-13). L'envergure des interventions réalisées dans ce secteur s'est toutefois limitée à la mise en place d'un géotube, d'un rechargement de sable (1 600 tonnes à 10 t/m) et l'aménagement d'une technique mixte (perré et végétation) en 2002.

Les travaux ont permis de rétablir rapidement les largeurs de plage à leur niveau de 2001 et de protéger le haut de la berge dans l'éventualité où un recul similaire à celui de 2002 serait observé à nouveau. L'efficacité du géotube demeure cependant incertaine alors qu'aucun gain significatif des largeurs de plage n'a été observé au sud-ouest de la structure lorsqu'elle était présente (bornes 20 et 21). Rappelons que cet ouvrage a été retiré en 2009 en raison d'une dégradation trop importante.

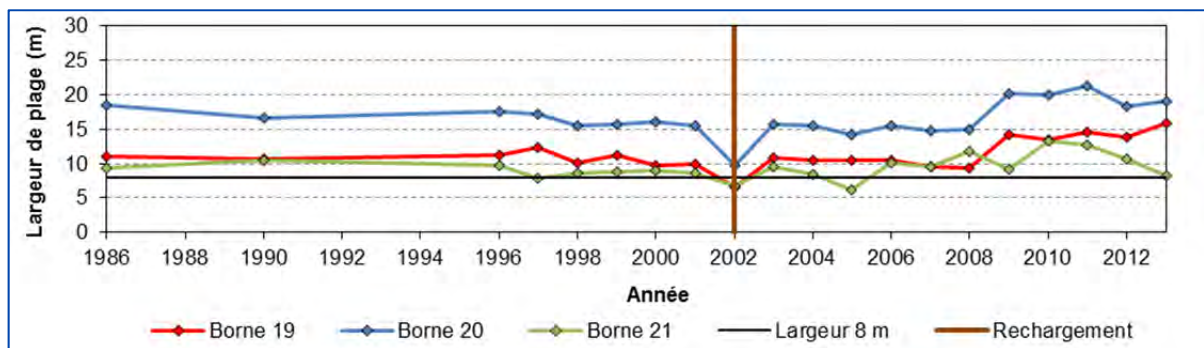


Figure 3-13. Métabetchouan-Lac-à-la-Croix – Évolution des largeurs de plage (bornes 19 à 21)

Le secteur se trouve dans une région où la dérive littorale est forte et la capacité de transport demeure élevée. La faible variation des largeurs de plage suggère cependant que le site se trouve à un endroit où les sédiments sont en transit vers l'est. En effet, il est probable que les matériaux des rechargements réalisés plus au sud-ouest (sites 95.03.04 et 92.03.02) transitent par le secteur. D'autre part, l'augmentation des largeurs observées devant les bornes 19 et 20 depuis 2009 suggère que le site se trouve à la limite amont de la zone d'influence de l'épi 3, situé environ 1,2 km plus au nord-est (site 91.03.02).

Un enjeu pour ce secteur provient des impacts potentiels d'interventions réalisées à plus de 1 km à au sud-ouest (site 92.03.02), où deux épis et un brise-lames ont été construits en 2012. L'objectif principal de ces aménagements était de stabiliser le trait de côte au sud-ouest et de réduire la fréquence des rechargements réalisés entre les bornes 35 et 36 (voir section suivante). Toutefois, en retenant les matériaux, ces ouvrages pourraient avoir également pour conséquence de réduire l'apport de sédiments dont bénéficiait le secteur concerné. La capacité de transport, demeurant probablement élevée en aval, risque alors d'éroder les matériaux disponibles sur la plage et de provoquer un recul du trait de côte dans un secteur déjà sensible à l'érosion (la largeur de plage est près de 8 m devant la borne 21).

SITE 92.03.02 (BORNES 35 À 36)

Le tronçon de plage situé entre les bornes 35 et 36 a fait l'objet d'un nombre important de rechargements au cours de la période de mise en œuvre du PSBLSJ (14 en 27 ans). Depuis 2006, plus de 52 000 tonnes de matériaux y ont notamment été déposées, selon un taux moyen d'environ 40 t/m, à l'extrémité nord-est du champ d'épis mis en place progressivement de 1991 à 2004. D'autre part, de nouveaux épis et un brise-lames ont été aménagés au nord-est en 2012.

Malgré ces interventions, la plage est demeurée relativement étroite et des largeurs inférieures à 8 m ont été observées devant les bornes 35 et 36 à plusieurs reprises depuis 2006 (Figure 3-14). Ce recul important du trait de côte est difficile à expliquer, alors qu'aucune intervention de grande envergure n'a été réalisée depuis. Le seul changement observé au cours de cette période a été une diminution des volumes de rechargements et une augmentation de leur fréquence de réalisation.

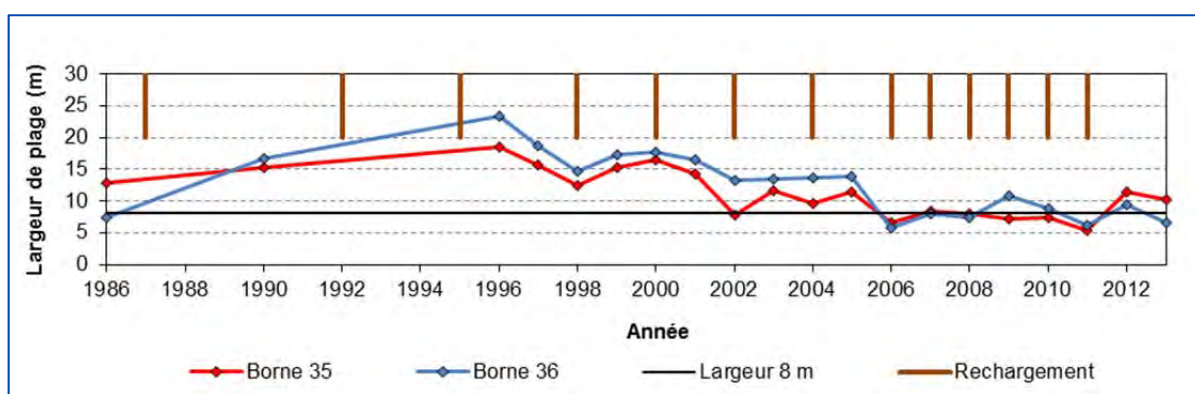


Figure 3-14. Métabetchouan-Lac-à-la-Croix – Évolution des largeurs de plage (bornes 35 et 36)

La problématique d'érosion observée dans le secteur nord-est est probablement liée à un déficit d'apport sédimentaire, provoqué par la présence d'un important champ d'épis au sud-ouest (épis 1 à 7), ainsi qu'à la présence d'une capacité de transport sédimentaire élevée. Ces ouvrages ont perturbé la dynamique hydrosédimentaire de la région en captant les sédiments et en privant le secteur en aval d'apports solides. L'absence de gains au niveau des largeurs de plage suggère que les matériaux de rechargements placés au nord-est du champ d'épis ont été emportés rapidement vers le nord-est.

Les structures construites en 2012 entre les bornes 31 et 34 devraient permettre de retenir les sédiments sur le tronçon de plage concerné et de stabiliser le trait de côte. Il demeure cependant trop tôt pour évaluer l'efficacité réelle de ces ouvrages. Des rechargements additionnels pourraient être requis à court terme afin de remplir la zone d'influence des épis et de permettre à la plage d'atteindre un état d'équilibre. D'autre part, les aménagements pourraient avoir des impacts négatifs sur le tronçon de plage situé plus au nord-est en le privant d'apports sédimentaires (voir secteur précédent).

Une analyse approfondie de l'efficacité future de ces structures et des impacts potentiels anticipés en aval, basée sur les résultats de simulations du scénario avec ouvrages (évaluation explicite), est présentée à la section 3.2.7.

SITE 91.03.03 (BORNE 48)

Le tronçon de plage situé devant la borne 48 a fait l'objet de deux rechargements (1991 et 2004) au cours de la période de mise en œuvre du PSBLSJ. Le taux de rechargement lors de chaque intervention a été d'environ 50 t/m. D'autre part, des épis ont été aménagés de chaque côté du secteur en 1991.

Malgré ces interventions, la plage est demeurée relativement étroite et des largeurs inférieures à 8 m ont été observées devant la borne 48 en 1990, 2002 et 2004 (Figure 3-15). Un recul systématique du trait de côte a également été mesuré depuis 2006. Ce recul demeure malgré tout relativement lent, de sorte que des rechargements peuvent être réalisés selon une récurrence supérieure à 7 ans pour maintenir une largeur minimale de 8 m, ce qui constitue une fréquence d'intervention optimale selon les critères d'évaluation considérés. Dans ces conditions, la poursuite de cette technique demeure acceptable.

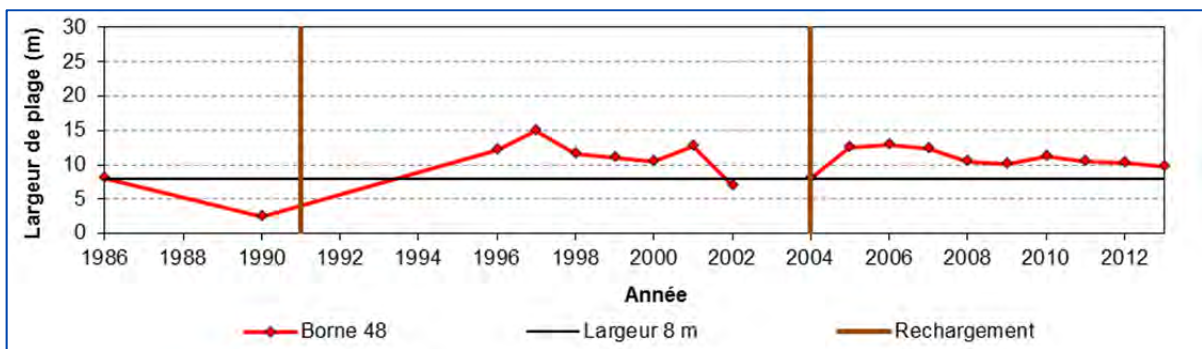


Figure 3-15. Métabetchouan–Lac-à-la-Croix – Évolution de la largeur de plage (borne 48)

L'érosion observée suggère que les épis existants ne parviennent pas à retenir tous les sédiments déposés sur la plage. Les facteurs pouvant affecter l'efficacité de ce type d'ouvrage incluent un ratio espacement/longueur trop élevé, une dérive littorale alternante ou un transport transversal important.

La distance qui sépare les épis 1 et 2 est évaluée à environ 200 m, alors que les structures possèdent une longueur approximative de 100 m. Le ratio espacement/longueur se chiffre donc à près de 2,0, ce qui demeure à l'intérieur de la plage suggérée par le *Coastal Engineering Manual* (USACE 2008), qui propose une valeur entre 2 et 3. Malgré le respect de ce critère de conception, une solution potentielle pour stabiliser davantage le trait de côte qui pourrait être étudié est l'ajout d'un épi intermédiaire entre les ouvrages existants afin de réduire davantage le ratio espacement/ longueur.

Dans le cas où l'inefficacité des épis était due à une dominance du transport transversal dans le secteur, l'aménagement de brise-lames détachés pourrait être envisagé comme solution alternative pour stabiliser le trait de côte.

L'efficacité future de ces solutions et des impacts potentiels anticipés devraient être étudiés notamment à partir de la modélisation. Les simulations de certaines variantes ont été réalisées dans le cadre de l'évaluation explicite et sont présentées à la section 3.2.7.

3.2.6.2 SECTEURS DE BERGE

Environ 75 % (3 km sur 4 km) des secteurs de berge ont fait l'objet de travaux de stabilisation depuis 1986 (Tableau 3-8). La majorité des interventions ont été réalisées lors de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ et les aménagements n'ont nécessité aucun entretien. D'autre part, aucun impact sur les zones adjacentes aux sites d'intervention n'a été observé. La performance des aménagements répond alors de façon satisfaisante aux critères d'évaluation.

TRAVAUX DE VÉGÉTALISATION

La crête d'un perré construit au site 91.03.04 a fait l'objet d'une première intervention de végétalisation en 1991, sur près de 600 m. Une replantation a ensuite été effectuée en 1995, dans un secteur restreint, en raison de dommages occasionnés par les activités récréotouristiques (marche, passage de VTT). Les suivis réalisés en 1995 et 2004 (Ancil et Bouchard 2005) indiquent que les espèces environnantes ont envahi la zone d'intervention. Le couvert végétal démontre néanmoins une bonne croissance et une forte vitalité.

3.2.7 ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX (APPROCHE EXPLICITE)

3.2.7.1 TRANSPORT LONGITUDINAL

La modélisation du transport longitudinal et de l'évolution du trait de côte fournit des résultats intéressants pour juger de l'efficacité des interventions réalisées par Rio Tinto Alcan depuis 1986. Sans aucun travaux, environ 3,9 km de plage auraient subi un recul par rapport à la position du trait de côte observé en 1986 (Figure 3-16), soit près de 50 % de la longueur totale de la plage (8,0 km). D'autre part, l'érosion observée dans certains secteurs, par exemple entre les bornes 21 à 25, 32 à 40 et 45 à 59, aurait pu être très importante, avec des reculs variant entre 10 et 15 m après 23 ans.

Une accumulation de matériaux se serait quant à elle produite naturellement dans certains secteurs et la longueur des zones en accrétion aurait totalisé environ 1,6 km. La position du trait de côte dans les secteurs restants (environ 2,5 km) serait pour sa part demeurée relativement stable.

La ligne de côte mesurée en 2013 indique que le PSBLSJ a eu un effet bénéfique sur la largeur des plages, alors que celles-ci étaient généralement supérieures ou égales à celles observées en 1986. La longueur des zones en érosion ne totalisait que de 1,5 km, soit environ 40 % de celle anticipée en l'absence d'intervention, et celle des zones en accrétion s'élevait à environ 5,0 km, soit plus de trois fois la longueur anticipée sans travaux.

Après 23 ans, seulement quatre courts secteurs, totalisant environ 1,2 km, ont subi des reculs supérieurs à ce qui aurait été observé en l'absence d'intervention de la part de Rio Tinto Alcan. La mise en place d'épis, de brise-lames, de perrés et la réalisation de rechargements a quant à elle permis d'éviter un recul du trait de côte dans trois secteurs particulièrement vulnérables à l'érosion (bornes 21 à 25, 32 à 40 et 45 à 49), totalisant plus de 2,1 km. Toutefois, tel que mentionné dans l'analyse des sites sensibles à l'érosion, la mise en place d'ouvrages de rétention des sédiments est susceptible d'avoir mené à un déplacement de certaines problématiques d'érosion, particulièrement dans la partie est de la plage (bornes 1 à 6), ainsi qu'à proximité des bornes 30 et 36, où les reculs observés ont été plus importants que ceux modélisés après 23 ans.

3.2.7.2 TRANSPORT TRANSVERSAL

La modélisation du transport transversal permet principalement de caractériser la vulnérabilité à l'érosion de la plage sur de courtes périodes, par exemple lors de tempêtes. Pendant ces événements, le transport transversal peut être significatif et provoquer, localement, des déplacements importants du trait de côte.

Les simulations permettent donc d'évaluer la déformation que peuvent subir les profils de plage, ainsi que la quantité de matériaux perdue. Il est également possible d'étudier l'influence de la variation du niveau d'eau sur l'intensité de l'érosion.

Il est toutefois important de souligner que les simulations fournissent seulement un portrait des déplacements susceptibles de se produire dans les secteurs les plus sollicités et ne sont pas nécessairement représentatives des conditions observées sur l'ensemble d'un site. D'autre part, elles n'indiquent que les déformations anticipées lors du passage de la première tempête affectant le profil de plage considéré. Si des déformations importantes surviennent et modifient de façon significative le profil, les taux d'érosion observés subséquentment peuvent varier, même lors du passage de tempêtes d'intensités comparables. L'érosion transversale demeure donc très sensible aux conditions antécédentes observées sur la plage, ainsi qu'à la forme des profils.

Les résultats ne sont également valides que sur de courtes périodes d'observation. Dans le cadre des modélisations réalisées par Lasalle, une période de 72 heures a été considérée (Lasalle-NHC 2015). À plus long terme (semaines, mois, années), les plages ont généralement tendance à se reconstruire partiellement sous l'influence des vagues plus faibles, qui remontent les sédiments vers le haut du profil, faisant varier les taux d'érosion observés.

Enfin, les modèles de transport transversal s'appuient généralement sur plusieurs hypothèses et font parfois des simplifications pouvant influencer les résultats de calculs, ainsi que leur fiabilité à l'égard des conditions observées sur le terrain. Les modèles négligent notamment les gradients de transport longitudinal, qui peuvent contribuer aux apports de matériaux vis-à-vis les profils, réduisant ainsi les déformations subites et influençant le bilan sédimentaire final.

Nonobstant ces mises en garde, ces modèles demeurent utiles pour établir un ordre de grandeur des taux d'érosion potentiels et des reculs que peut subir une plage lors d'événements extrêmes. Leur utilisation est généralement réservée pour évaluer la largeur minimale que doit posséder une plage afin de résister aux tempêtes de conception et éviter qu'un recul excessif du trait de côte ne cause des dommages à la berge et aux infrastructures situées derrière.

Dans le secteur de Métabetchouan–Lac-à-la-Croix, les résultats de simulation indiquent que la composante transversale du transport est très importante lors de tempêtes, en raison de la pente relativement raide des profils de plage (Lasalle-NHC 2015). Les volumes d'érosion anticipés lorsque le niveau d'eau se situe à une élévation de 101,54 m (16,5 pieds) varient entre 5,3 et 8,9 m³/m pour des tempêtes de récurrences 1 à 15 ans respectivement. Ce scénario correspond à l'élévation maximale auquel se limite actuellement le niveau d'exploitation du lac Saint-Jean en périodes printanières et automnales.

Une augmentation du niveau d'eau à 101,84 m (17,5 pieds) pourrait quant à elle faire augmenter les volumes d'érosion transversale de 15 à 30 %. En contrepartie, une réduction du niveau d'eau à 101,23 m (15,5 pieds) pourrait faire diminuer ces volumes d'environ 25 %. Enfin, cette diminution serait de près de 50 % si le niveau d'eau était abaissé à 100,78 m (14 pieds).

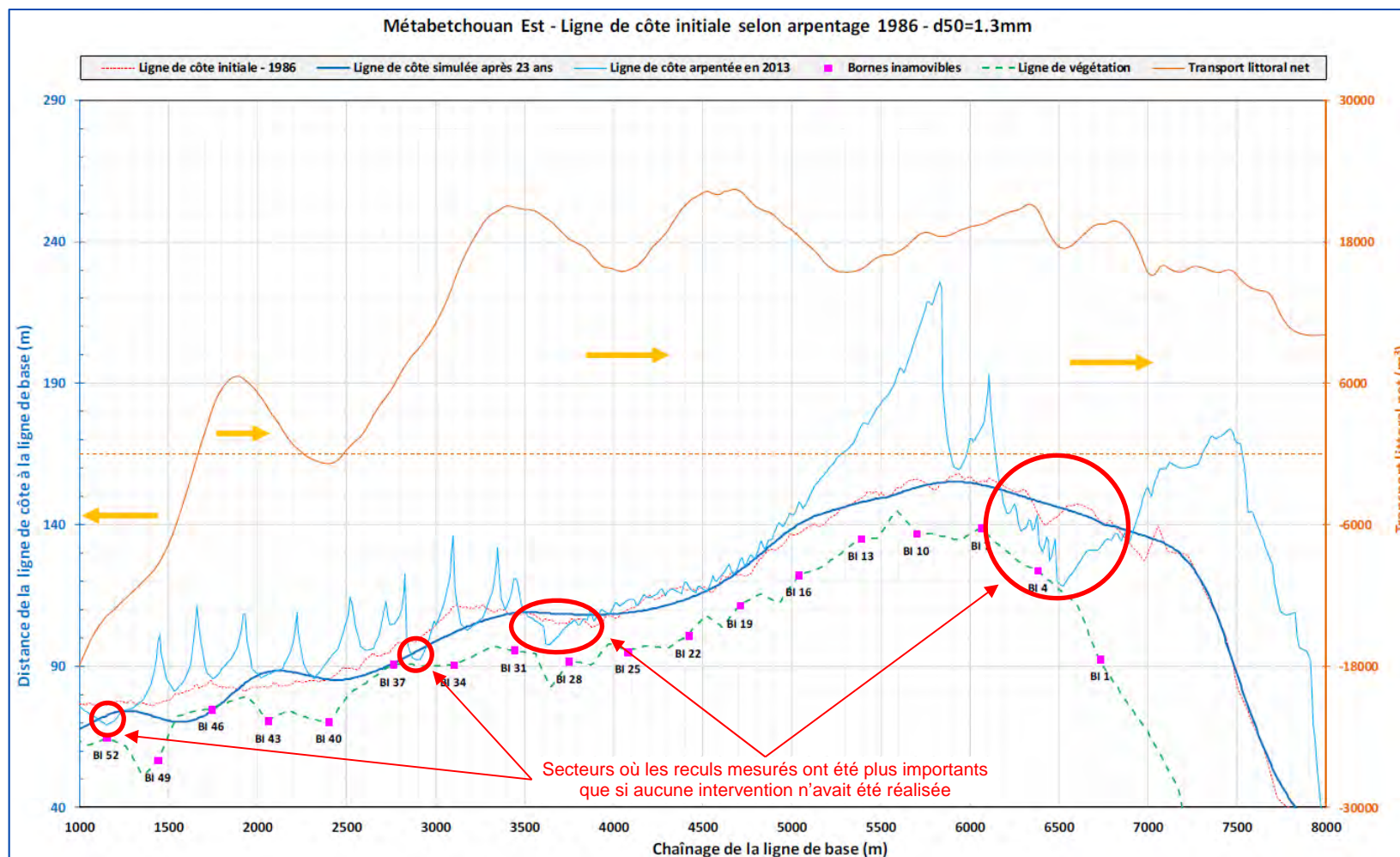


Figure 3-16. Métabetchouan–Lac-à-la-Croix – Résultats de modélisation du transport sédimentaire et de l'évolution du trait de côte de 1990 à 2013, en l'absence d'interventions au cours de la même période (extrait de Lasalle 2015 Sim1)

3.2.7.3 ÉVALUATION PRÉLIMINAIRE DES SOLUTIONS

SITE 97.03.01 (BELLE-RIVIÈRE)

Tel qu'indiqué à la section précédente, l'accrétion importante observée à l'embouchure de la Belle-Rivière a mené au déplacement graduel du chenal principal vers le pied de la plage sur la rive opposée, soit du côté de Saint-Gédéon. Ces conditions hydrodynamiques sévères font en sorte qu'il est difficile de stabiliser la plage et rendent fréquents les rechargements requis pour assurer une largeur de plage adéquate. Afin de limiter les apports en sédiments vers l'embouchure, Rio Tinto Alcan a fait construire en 2014 un épi (n° 9) qui devrait capter une quantité importante du transit sédimentaire.

Des modélisations ont été réalisées afin de mieux décrire les conditions hydrodynamiques qui déplacent les sédiments dans l'embouchure de la Belle-Rivière et mènent à la problématique observée à Saint-Gédéon. Un rapport distinct traite de cette problématique (Lasalle-NHC 2015).

SITE 94.03.01 (BORNES 3 À 5)

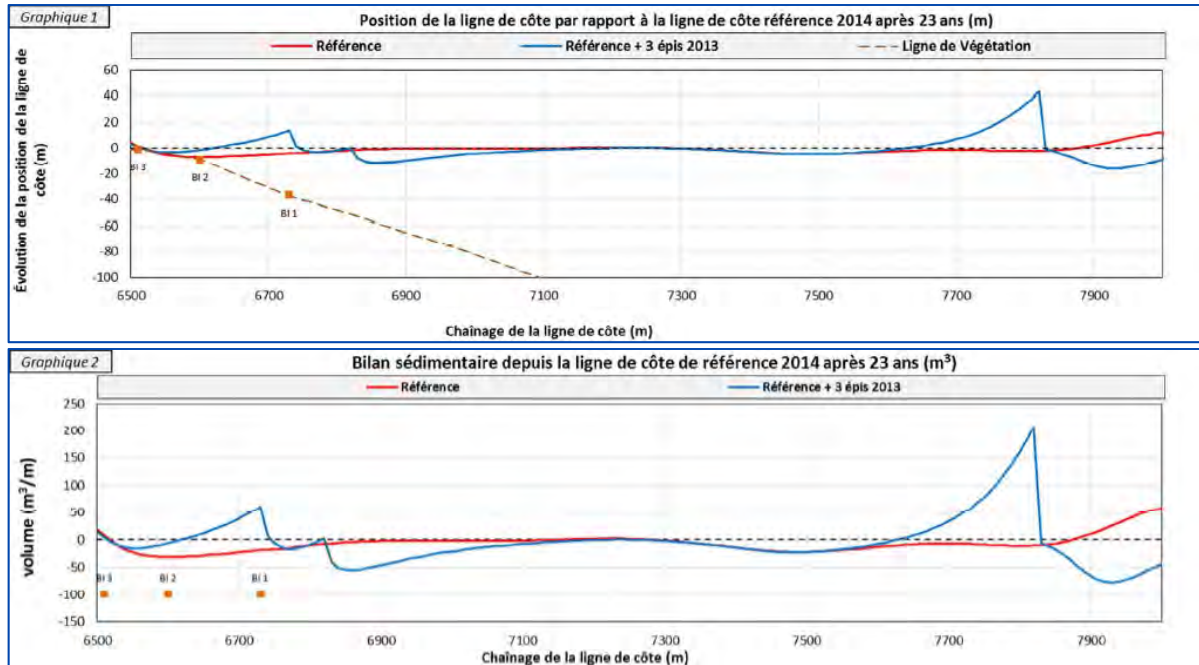
Le secteur situé entre les bornes 3 et 5 est sensible à l'érosion depuis plusieurs années, de sorte que des épis en géotubes ont été mis en place en 2008, puis ajustés en 2010. Malgré ces interventions, la plage est demeurée relativement étroite, avec des largeurs inférieures à 8 m devant la borne 3 en 2011 et 2013. Pour tenter d'endiguer la perte de matériaux, deux épis supplémentaires (n° 7 et 8) ont été construits à l'est de la borne 1 en 2014. Un autre épi (n° 9) a également été aménagé à l'extrémité est du banc de sable afin de capter les matériaux en transit et réduire les apports solides vers l'embouchure de la Belle-Rivière. Une modélisation du transport sédimentaire et de l'évolution du trait de côte a été réalisée afin d'évaluer l'effet à long terme de l'ajout de ces structures (Lasalle-NHC 2015b). Pour ce faire, le trait de côte a été modélisé avec et sans les ouvrages afin de pouvoir comparer et évaluer leurs effets.

Les modélisations indiquent que les épis n° 7 et 8 seraient efficaces pour réduire l'érosion et stabiliser le trait de côte dans le secteur situé à l'ouest, entre les bornes 1 et 3. Au-delà de la borne 3 par contre, l'influence des ouvrages est prévue diminuer progressivement. D'autre part, en l'absence d'interventions supplémentaires (rechargements), l'augmentation des largeurs de plage devrait être restreinte, alors qu'aucun avancement significatif du trait de côte par rapport à celui observé en 2014 n'est anticipé. À court terme, des rechargements additionnels pourraient donc être requis afin de remplir la zone d'influence des épis et de permettre la formation et l'équilibrage du nouveau trait de côte. L'envergure de ces interventions devrait cependant diminuer progressivement, alors que les matériaux déposés seront captés au fur et à mesure par les ouvrages et maintenus sur leur lieu de dépôt.

Une érosion accrue est quant à elle anticipée sur une distance d'environ 300 m située à l'est des aménagements (Figure 3-17). Un recul approximatif de 15 m, après 23 ans, est d'ailleurs attendu immédiatement en aval des épis. La plage à cet endroit demeure néanmoins relativement large (environ 50 m) et devrait être en mesure, à court terme, de tolérer une érosion de cette envergure. À plus long terme, par contre, il est possible que des rechargements additionnels soient requis, alors que la position réelle du trait de côte pourrait diverger de celle modélisée, compte tenu de l'incertitude qui persiste à l'égard des conditions érosives et du transport sédimentaire. La mise en place d'épis supplémentaires pourrait quant à elle être envisagée afin de réduire l'érosion observée et de déplacer la zone de recul vers l'est, où la plage est progressivement plus large. Les longueurs des structures devraient cependant être graduellement plus courtes afin d'assurer une transition vers le tronçon de plage non protégé. Des analyses supplémentaires (par modélisation) seraient requises afin d'optimiser les caractéristiques de ces ouvrages (longueur, espacement).

Enfin, l'épi n° 9, situé à l'extrémité de la plage, devrait pour sa part avoir un impact important sur le littoral, alors qu'il est prévu empêcher le recul du trait de côte sur environ 200 m sur son flanc ouest. Du côté est

par contre, les résultats de modélisation indiquent qu'une forte érosion pourrait être observée devant l'embouchure de la Belle-Rivière, ce qui était en partie l'effet recherché par la mise en place de l'ouvrage. Le taux de recul calculé à cet endroit pourrait toutefois être sensiblement différent de ce que donne la modélisation. En effet, au voisinage de la rivière, le transport hydrosédimentaire devient complexe et ne peut être bien représenté par le modèle unidimensionnel utilisé (voir secteur 97.03.01).



Note : La ligne pointillée représente le trait de côte en 2014 (Lasalle-NHC 2015).

Figure 3-17. Métabetchouan–Lac-à-la-Croix (site 94.03.01) – Évolution relative de la position de la ligne de côte et variation du volume de la plage après 23 ans (par rapport aux conditions de 2014), pour l'état de référence et les variantes d'aménagement proposées

SITE 2002.03.01 (BORNES 19 À 21)

Le tronçon de plage situé entre les bornes 19 et 21 a subi un recul prononcé du trait de côte en 2002. Des largeurs de plage inférieures à 8 m ont également été observées devant la borne 21 en 1997, 2002 et 2005 (Figure 3-13).

Un enjeu pour ce secteur provient des impacts potentiels d'interventions réalisées à plus de 1 km à l'ouest (site 92.03.02), où deux épis et un brise-lames ont été construits en 2012. L'objectif principal de ces aménagements était de stabiliser le trait de côte à l'ouest et de réduire la fréquence des rechargements réalisés entre les bornes 35 et 36.

Toutefois, en retenant les matériaux, ces ouvrages pourraient avoir également pour conséquence de réduire l'apport de sédiments dont bénéficiait le secteur concerné. La capacité de transport, demeurant probablement élevée en aval, risque alors d'éroder les matériaux disponibles sur la plage et de provoquer un recul du trait de côte dans un secteur déjà sensible à l'érosion. D'ailleurs, sans aucun rechargement, la longueur anticipée de plage en érosion après 23 ans serait d'environ 1 330 m entre les bornes 9 et 32.

Pour éviter cette répercussion, deux solutions potentielles ont été simulées : la réalisation d'un important rechargement en aval du champ d'épi (variante 1), ainsi que l'ajout d'épis pour couvrir toute la zone entre

l'épi 9 et la zone d'influence de l'épi 3 (bornes 11 à 31). La variante 1 consiste à mettre 30 000 tonnes de sable sur une distance de 400 m entre les bornes 26 à 30, soit un taux de rechargement de 75 t/m. La variante 2 implique la mise en place de sept épis de 100 m de longueur, espacés de 300 m, en plus d'un rechargement entre les épis avec un taux variable de 30 à 60 t/m. Au début de la modélisation, la variante 2 contient 108 000 tonnes de plus de sédiments qu'en conditions de référence et 78 000 tonnes de plus que la variante 1.

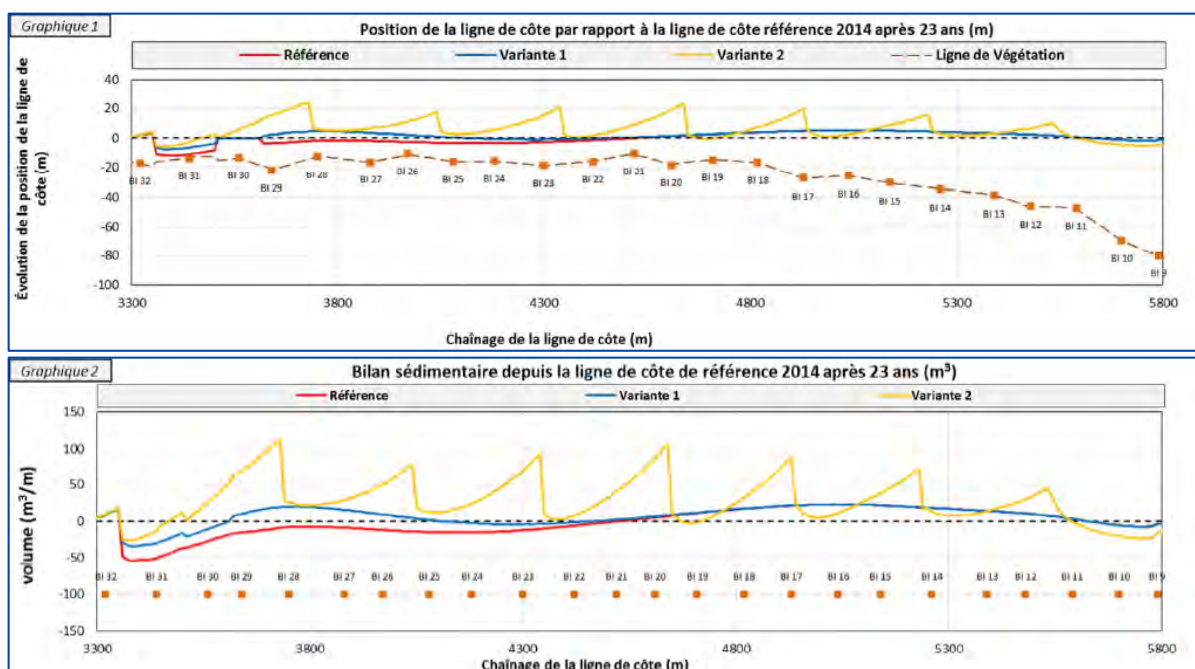
La Figure 3-18 illustre la position de la ligne de côte après 23 ans pour le cas de référence (conditions actuelles sans aucun rechargement) ainsi que pour les variantes d'aménagements proposées.

Les résultats pour la variante 1 indiquent qu'après 23 ans, une bonne partie du volume de rechargement serait toujours en place entre les bornes 26 et 30. La largeur de la plage demeurerait quant à elle comparable à celle de 2014 et le rechargement permettrait de réduire globalement l'érosion entre les bornes 20 à 32. La longueur de plage en érosion serait notamment réduite de 570 m, soit une diminution d'environ 43 % par rapport à la longueur anticipée sans aucune intervention (cas de référence). Le volume de sédiments manquant après 23 ans indique pour sa part qu'un peu moins de 14 000 t (variante 1 – 6 840 m³; Lasalle-NHC 2015b) seraient nécessaires dans les zones érodées pour maintenir le trait de côte de 2014. En ajoutant le volume de rechargement initial, la quantité de matériaux requise totaliserait 44 000 t, ce qui est comparable au déficit obtenu pour le cas de référence, qui est de l'ordre de 40 000 t (19 950 m³; Lasalle-NHC 2015b). Il n'y aurait donc aucune économie à l'égard des volumes de rechargements requis.

Le registre des travaux démontre néanmoins que des rechargements d'environ 60 t/m ont été réalisés en 1995, 1999 et 2002 entre les bornes 26 à 31, puis un perré en 2012, ce qui signifie que les rechargements s'effacent plus rapidement que ne l'indique le modèle. En fait, la durabilité du rechargement ne peut pas être analysée uniquement avec les résultats de transport longitudinal. En effet, des tempêtes ponctuelles peuvent aussi éroder le littoral et mener à des besoins en rechargement. Toutefois, les principales tempêtes qui ont frappé le secteur depuis 1992, établies sur la base du calcul des forces érosives (section 3.2.3), n'ont pas nécessairement mené à des interventions sur le littoral. Ces constats montrent la difficulté du modèle à reproduire la réalité et doivent donc être utilisés avec précaution. Ce type de modélisation permet d'analyser des tendances et comparer des variantes, mais il n'est qu'un outil parmi d'autres pour prendre des décisions. Les observations et expériences passées, ainsi que de la modélisation du transport transversal, sont autant d'éléments à prendre en compte pour décider du type d'intervention à implanter. L'hydrodynamique bidimensionnelle peut également être requise pour bien saisir tous les processus.

En comparaison, la variante 2 modifie de manière importante le littoral et permet d'accroître la largeur de plage en général et de réduire, après 23 ans, la longueur de la zone en érosion de 970 m, soit une diminution d'environ 70 % par rapport cas de référence. Un recul d'environ 5 m pourrait toutefois être observé à l'est de la borne 11. La plage dans ce secteur demeure néanmoins plutôt large (plus de 50 m) et pourrait être en mesure de tolérer une érosion de cette envergure à court et moyens termes. Le volume de sédiments manquant après 23 ans indique pour sa part qu'un peu moins de 11 500 t (variante 2 – 5 760 m³; Lasalle-NHC 2015b) seraient nécessaires dans les zones érodées pour maintenir le trait de côte de 2014. En ajoutant le volume de rechargement initial, la quantité de matériaux requise totaliserait près de 120 000 t, ce qui est environ trois fois supérieur au déficit obtenu pour le cas de référence (40 000 t).

En résumé, bien que la mise en place d'épis semble être une approche prometteuse pour réduire la problématique d'érosion et stabiliser le trait de côte, l'investissement requis pour la construction des ouvrages et la mise en place des quantités de sédiments requises demeure très élevé. Dans ces conditions, le maintien du statu quo et la poursuite des rechargements seraient plutôt la solution à préconiser pour l'instant.



Note : La ligne pointillée représente le trait de côte en 2014 (Lasalle-NHC 2015).

Figure 3-18. Métabetchouan–Lac-à-la-Croix (site 2002.03.01) – Évolution relative de la position de la ligne de côte et variation du volume de la plage après 23 ans (par rapport aux conditions de 2014), pour l'état de référence et les variantes d'aménagement proposées

SITE 92.03.02 (BORNES 35 À 36)

Le tronçon de plage situé entre les bornes 35 et 36 a fait l'objet d'un nombre important de rechargements au cours de la période de mise en œuvre du PSBLSJ (14 en 27 ans). Depuis 2006, plus de 52 000 tonnes de matériaux y ont notamment été déposées, selon un taux moyen d'environ 40 t/m. Un champ d'épis a été mis en place progressivement de 1991 à 2004 à l'ouest de ce secteur. De nouveaux épis (n^{os} 8 et 9) et un brise-lames ont quant à eux été aménagés à l'est en 2012.

Les modélisations de l'évolution de la côte montrent que les travaux les plus récents ont permis de stabiliser en partie la plage dans le secteur des bornes 32 à 36. Toutefois, en l'absence d'interventions supplémentaires, le secteur plus à l'est (bornes 20 à 30) demeure vulnérable à l'érosion en raison de la réduction des apports solides (voir section précédente : site 2002.03.01). Après 23 ans, un tronçon de plage d'environ 1 330 m pourrait subir un recul par rapport au trait de côte observée en 2014. Le recul maximal pourrait quant à lui être d'environ 5 m à proximité de la borne 29.

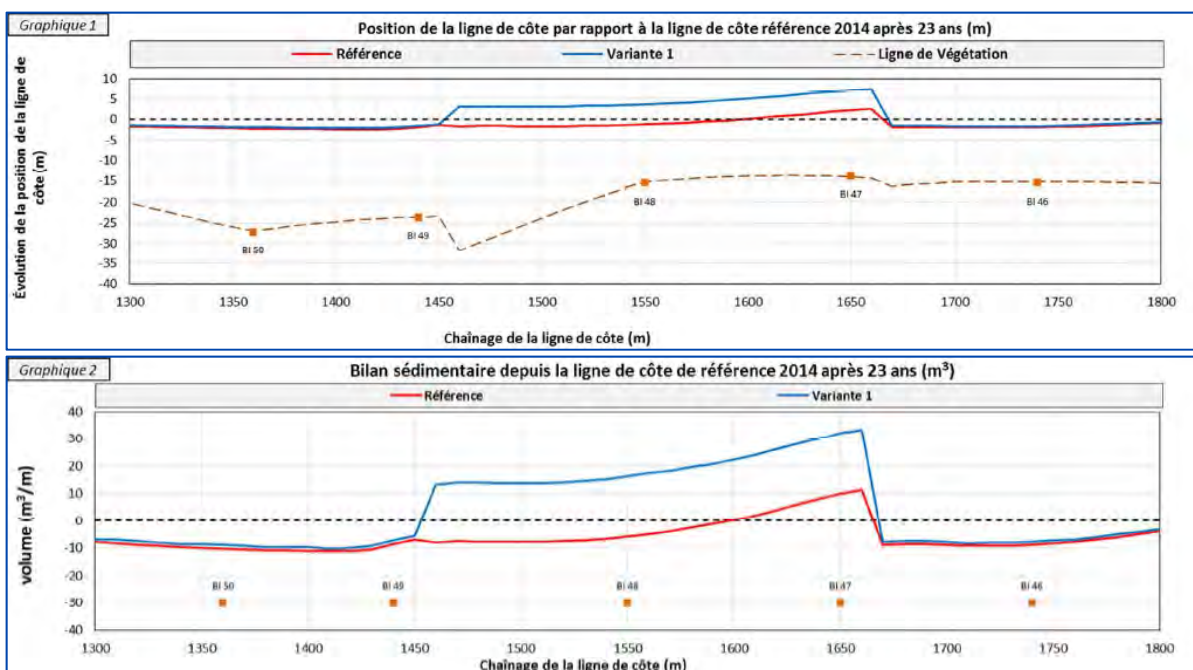
Les suivis réalisés dans le cadre du PSBLSJ indiquent d'autre part une érosion accélérée de la plage dans ce secteur. Un rechargement a notamment dû être réalisé à cet endroit en 2015 et, selon les observations faites par les responsables du PSBLSJ, d'autres interventions seront requises à court terme. Les variantes potentielles permettant d'adresser cette problématique ont été présentées dans la section précédente de ce rapport. La poursuite des rechargements semble être l'approche à préconiser.

SITE 91.03.03 (BORNE 48)

Le tronçon de plage situé devant la borne 48 a fait l'objet de deux rechargements (1991 et 2004) au cours de la période de mise en œuvre du PSBLSJ. Le taux de rechargement lors de chaque intervention a été d'environ 50 t/m. D'autre part, des épis ont été aménagés de chaque côté du secteur en 1991.

Pour ce secteur, le statu quo est recommandé en raison de l'absence de taux d'érosion élevé. Afin d'évaluer la durée de vie d'un rechargement de sable, un scénario comportant un rechargement de 8 000 t, soit 40 t/m sur 200 m, a été simulé à l'aide du modèle de transport longitudinal (Figure 3-19). Les résultats indiquent que ce rechargement est en théorie capable de résister à environ 20 ans d'érosion due au transport longitudinal. Toutefois, à cette érosion doit s'ajouter l'effet des tempêtes et du transport transversal, ce qui peut expliquer que les deux rechargements précédents ont été réalisés il y a 11 et 24 ans, soit à une fréquence d'un peu plus de 10 ans.

D'autre part, le modèle prédit un déplacement des sédiments et une accumulation derrière l'épi situé au droit de la borne 47. Or, les relevés annuels d'arpentage de plage n'indiquent pas un tel phénomène. Le sable tend plutôt à s'étendre de part et d'autre sur chacun des épis aux bornes 47 et 49. Cette différence pourrait s'expliquer par une dominance du transport transversal sur le transport longitudinal.



Note : La ligne pointillée représente le trait de côte en 2014 (Lasalle-NHC 2015).

Figure 3-19. Métabetchouan–Lac-à-la-Croix (site 91.03.03) – Évolution relative de la position de la ligne de côte et variation du volume de la plage après 23 ans (par rapport aux conditions de 2014), pour l'état de référence et les variantes d'aménagement proposées

3.3 SECTEUR CHAMBORD (PLAGES DU DOMAINE DU MARAIS ET DU CAMPING BLANCHET)

3.3.1 CARACTÉRISATION DU SECTEUR

Les plages du Domaine du Marais et du Camping Blanchet forment un sous-secteur de la région de Chambord situé immédiatement à l'ouest de la rivière Métabetchouane, sur la rive sud-ouest du lac Saint-Jean. Une vue d'ensemble de la région et des interventions réalisées depuis 1986 est présentée à l'annexe A. La côte est caractérisée par une plage d'environ 2 km faisant partie du Programme de suivi annuel et orientée selon un axe nord-est-sud-ouest. Les analyses présentées dans ce chapitre se limitent à une étude des interventions et des suivis réalisés uniquement sur ces plages.

Les sédiments présents à cet endroit sont constitués de sable et de gravier provenant en grande partie des interventions de rechargements réalisées avant et pendant la mise en œuvre du PSBLSJ (Marsan 1983b). Avant 1986, les matériaux déposés étaient majoritairement composés de gravier, alors que le sable a été privilégié par la suite. La rivière Métabetchouane ne contribue quant à elle probablement pas de façon significative aux apports en sédiments vers la plage. Le transport solide est plutôt susceptible d'être emporté vers le large et vers l'est.

La Carte 3-3 et la figure 3-20 présentent un échantillon des profils transversaux dans la région. De façon générale, la forme des profils varie peu. La crête du talus se situe entre les élévations 102 et 103 m, alors que l'estran est caractérisé par une pente plutôt raide (environ 10 %) entre les élévations 100 et 102 m. Un replat de 20 à 50 m de largeur est ensuite observé entre les élévations 99,5 et 100 m (pente d'environ 1 %). En dessous de ce niveau, la pente infralittorale varie entre 2 et 4 % jusqu'aux élévations 94 à 96 m. Au large, l'élévation du fond marin se situe entre 92 et 96 m (Lasalle-NHC 2015a).

Avant la mise en œuvre du PSBLSJ, le secteur a fait l'objet de plusieurs rechargements à partir de sédiments prélevés par dragage entre les années 1969 et 1979, principalement dans la partie centrale de la plage. De plus, selon la base de données Geotopus, des travaux d'empierrement ont également été réalisés dans les années 1940 et 1970 à chaque extrémité du secteur.

Depuis la mise en œuvre du PSBLSJ, les rechargements se sont poursuivis avec du sable. L'approvisionnement en matériaux s'est toutefois effectué à partir de bancs d'emprunt terrestres. Un mur de gabion a également été aménagé sur le haut de la plage dans la partie ouest du secteur. Aucune structure de rétention des sédiments (épi, brise-lames) n'a toutefois été construite.



71°59'0"



Rio Tinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Localisation des profils transversaux Secteur 05 - Chambord (Domaine du marais et camping Blanchet)

Source : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay

Échelle : 1 : 20 000

0 200 400 m

UTM, fuseau 19, NAD83

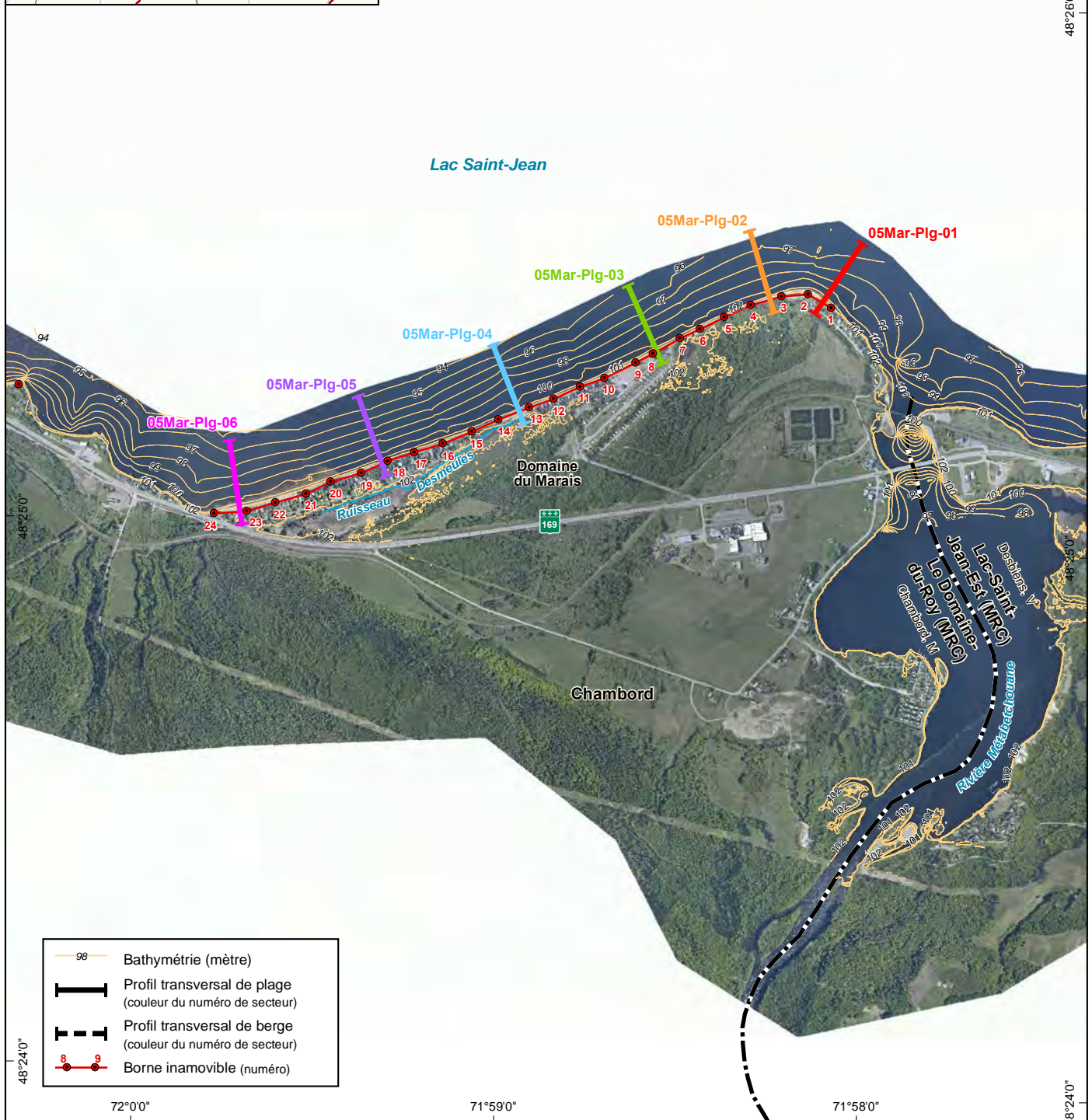
Carte 3-3

Septembre 2015



141-21260-00_c3-3_wspT065_ProfilDomaineMarais_150929.mxd

48°26'0"



- Bathymétrie (mètre)
- Profil transversal de plage (couleur du numéro de secteur)
- Profil transversal de berge (couleur du numéro de secteur)
- Borne inamovible (numéro)

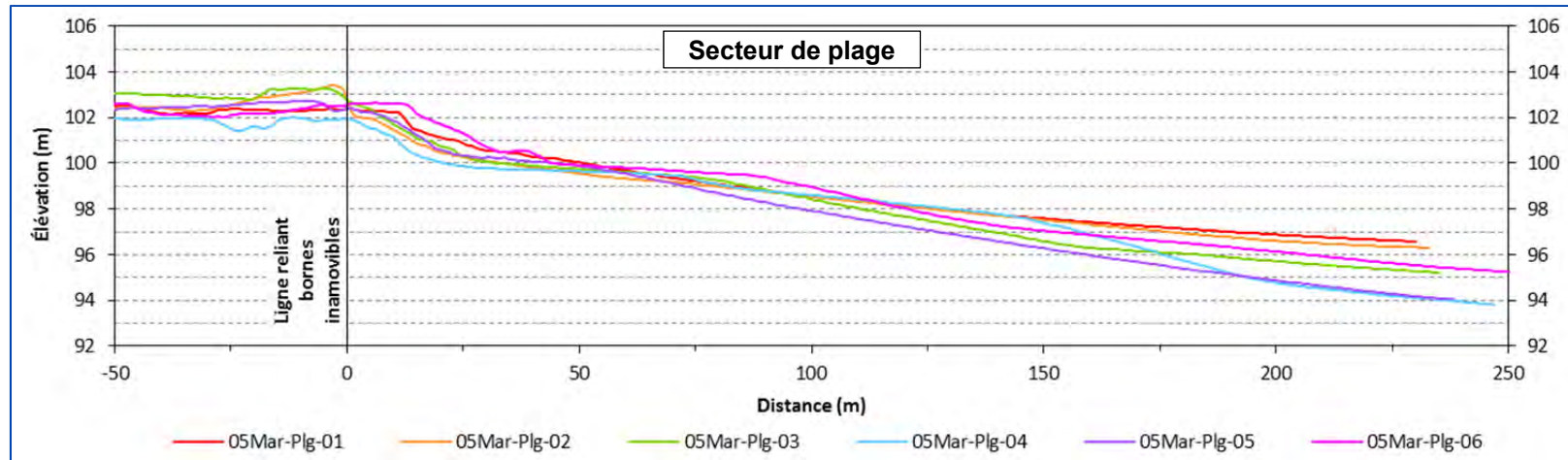


Figure 3-20. Chambord (Domaine du Marais et Camping Blanchet) – Profils transversaux (secteur de plage)

3.3.2 ENVERGURE DES TRAVAUX

Le Tableau 3-15 présente l'envergure des travaux réalisés dans le secteur. Environ la moitié de l'ensemble de ces travaux ont été effectués lors de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ (1986-1995). Les interventions se sont principalement limitées à la mise en place de rechargements de sable. Un mur en gabion a également été aménagé en 1991 sur le haut de la plage, à l'extrémité ouest du secteur. Aucune intervention n'a été réalisée dans ce secteur entre 2004 et 2013. Deux rechargements y ont toutefois été réalisés en 2014.

La longueur nette de plage rechargée est évaluée à environ 1,4 km, soit près de 75 % de sa longueur totale (2,0 km). Le volume de matériaux déposé s'élève quant à lui à un peu plus de 300 000 tonnes. Globalement, le taux de rechargement moyen a été d'environ 55 t/m.

Tableau 3-15. Chambord (Domaine du Marais et Camping Blanchet) – Envergure des travaux dans le secteur de la plage

ANNÉE	TYPE D'INTERVENTION	LONGUEUR TOTALE DES TRAVAUX (m)	LONGUEUR DES TRAVAUX D'ENTRETIEN (m)	QUANTITÉ DE MATÉRIAUX DÉPOSÉS (tonnes)
1987	Rechargement de sable	650	0	32 500
1991	Gabion	609	609	N/A
1994	Rechargement de sable	1 384	650	78 100
1999	Rechargement de sable	934	934	56 000
2000	Rechargement de sable	450	450	22 500
2004	Rechargement de sable	934	934	56 000
<i>Total</i>	<i>1986-1995</i>	<i>2 643</i>	<i>1 259 (48 %)</i>	<i>110 600</i>
	<i>1996-2005</i>	<i>2 318</i>	<i>2 318 (100 %)</i>	<i>134 500</i>
	<i>2006-2013</i>	<i>0</i>	<i>0 (N/A)</i>	<i>0</i>
	<i>1986-2013</i>	<i>4 961</i>	<i>3 577 (72 %)</i>	<i>245 100</i>

3.3.3 CONDITIONS ÉROSIVES

3.3.3.1 CLIMAT DE VAGUES

Le climat de vagues auquel est exposé le secteur présente une distribution légèrement bimodale. Les vagues les plus fréquentes et les plus hautes proviennent de deux régions différentes : d'abord le nord-ouest et le nord-nord-ouest, puis ensuite l'est-nord-est (Lasalle-NHC 2015). Les radiales selon ces directions varient entre 20 et 40 km.

3.3.4 DÉRIVE LITTORALE

Selon les observations faites au fil des années, mais également sur la base du climat de vagues, la dérive littorale le long de la plage du Domaine du Marais semble être orientée vers l'est, soit vers l'embouchure de la rivière Métabetchouan. Le transport littoral demeure malgré tout plutôt faible et il est possible que la composante transversale du transport exerce une influence importante sur la dérive des matériaux.

3.3.5 LARGEURS DE PLAGE

Le Tableau 3-16 et la Figure 3-21 présentent les statistiques générales des largeurs mesurées sur la plage. Il est important de souligner que ces indicateurs ne tiennent pas compte des largeurs mesurées devant la borne 1, car ce repère est situé en dehors de la zone de plages et les relevés n'y ont pas été effectués de façon régulière. Les largeurs mesurées devant la borne 24 sont également exclues, car cette dernière est située dans la zone terminale ouest de la plage, qui est caractérisée par des largeurs naturellement étroites. Les relevés effectués à cet endroit représentent mal la largeur réelle de la plage dans ce secteur.

Au cours de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ (1986 à 1996), la largeur moyenne de la plage a augmenté de 10 à 13 m. La largeur maximale est quant à elle passée de 21 à 27 m, alors que la largeur minimum s'est accrue d'environ 2 m, passant de 3 à 5 m.

À compter de 1996, les largeurs de plage sont demeurées relativement stables, avec une valeur moyenne entre 11 et 17 m, une valeur maximale entre 23 et 35 m et une valeur minimale entre 3 et 9 m. Depuis 2007, par contre, un recul est observé, alors que les indicateurs de largeurs moyenne et maximum ont perdu 6 et 11 m, respectivement. La largeur minimum a quant à elle diminuée de 3 m.

Lors des premières décennies du PSBLSJ, les largeurs minimales se sont manifestées principalement dans la partie centre-ouest de la plage (bornes 14 et 18), alors qu'à compter de 2004, la zone problématique s'est déplacée plus à l'est (borne 4). Toutefois, depuis 2012, les largeurs minimales ont été observées à nouveau devant la borne 18. Les largeurs maximales ont quant à elles presque toujours été observées à l'extrémité ouest de la plage (borne 23).

Tableau 3-16. Chambord (Domaine du Marais et Camping Blanchet) – Statistiques des largeurs de plage

ANNÉE	LARGEUR MINIMALE (m)	LARGEUR MOYENNE (m)	LARGEUR MAXIMALE (m)
1986	2,9 (20) ¹	10,4	20,8 (23) ¹
1990	2,2 (18)	9,6	22,4 (23)
1996	4,5 (14)	13,3	27,2 (23)
1997	6,2 (14)	13,7	27,4 (23)
1998	4,6 (18)	12,7	26,1 (23)
1999	3,0 (18)	10,8	23,2 (23)
2000	5,0 (14)	14,6	34,4 (23)
2001	9,2 (14)	16,7	31,5 (23)
2002	6,5 (18)	13,7	25,8 (21)
2003	4,9 (18)	12,6	26,6 (23)
2004	3,6 (18)	12,4	25,7 (23)
2005	4,8 (4)	14,2	32,0 (23)
2006	5,0 (4)	14,6	34,1 (23)
2007	5,0 (4)	15,9	34,8 (23)
2008	5,7 (4)	14,4	31,9 (23)
2009	4,5 (4)	13,2	30,3 (23)
2010	4,2 (4)	14,0	31,4 (23)
2011	4,5 (4)	12,4	29,8 (23)
2012	4,7 (18)	12,4	27,0 (23)
2013	2,3 (18)	9,5	23,8 (23)

¹ Les valeurs entre parenthèses indiquent le numéro de la borne inamovible à laquelle est observée la largeur de plage extrême.

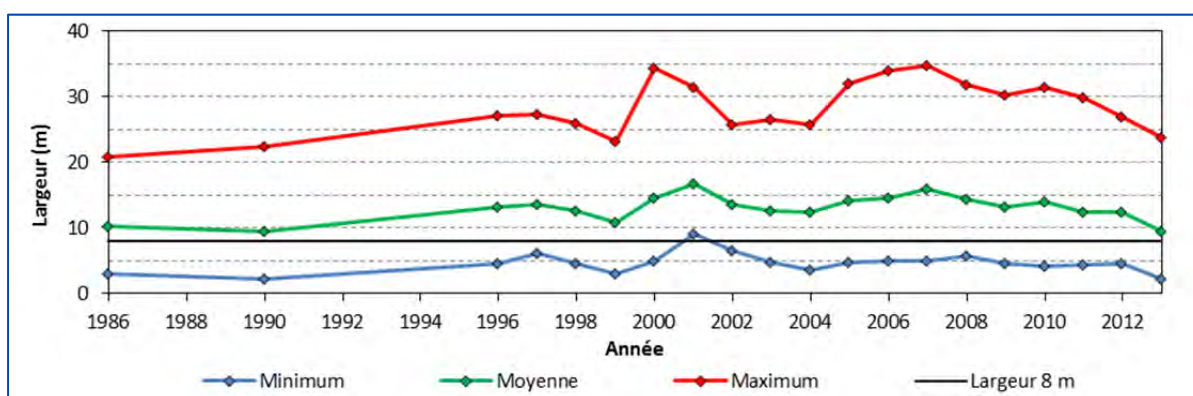


Figure 3-21. Chambord (Domaine du Marais et Camping Blanchet) – Évolution des largeurs de plage minimale, moyenne et maximale

3.3.6 ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX (APPROCHE GLOBALE)

La Figure 3-22 présente l'évolution de la largeur moyenne de la plage avec la quantité de matériaux déposés depuis 1986. Le graphique indique que les matériaux déposés lors de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ ont principalement servi à accroître la largeur moyenne de la plage. À compter de 1996, par contre, les volumes de rechargements ont plutôt été destinés à maintenir cet accroissement. Le recul de la largeur moyenne observé depuis 2007 pourrait quant à lui être lié à l'absence d'interventions après 2004.

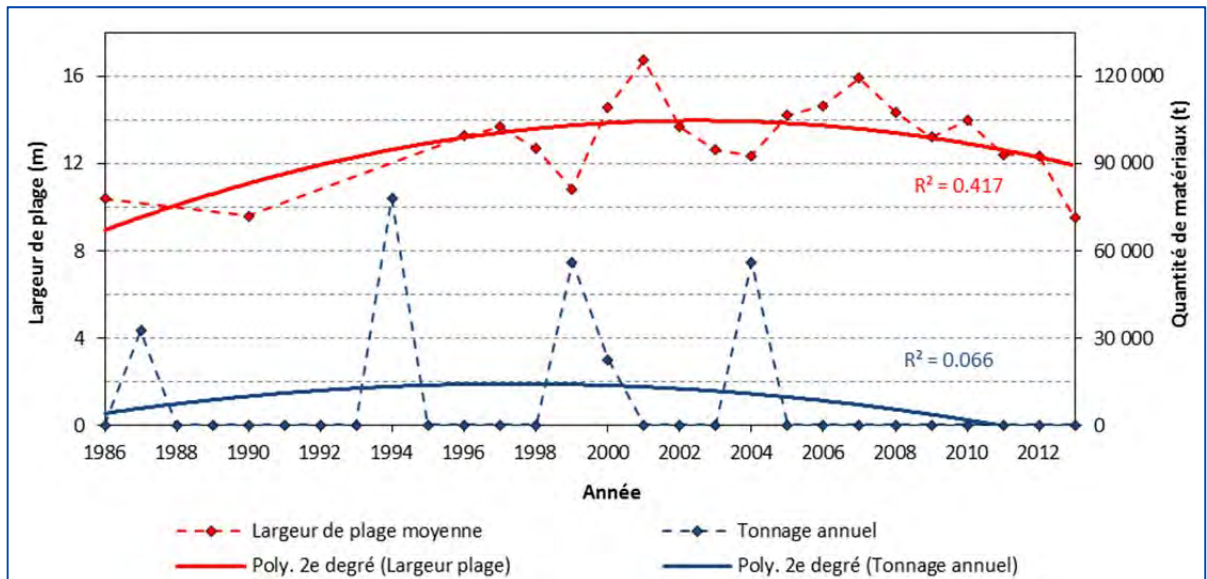


Figure 3-22. Chambord (Domaine du Marais et Camping Blanchet) – Évolution de la largeur moyenne de la plage et de la quantité de matériaux déposés

Globalement, la performance des interventions réalisées dans ce secteur répond de façon convenable aux critères d'évaluations. Les travaux ont permis de maintenir une largeur moyenne de plage supérieure au seuil minimum de 8 m, alors que la fréquence des rechargements se chiffre à environ 5 ans (acceptable). Une période de 10 ans s'est quant à elle écoulée entre les rechargements réalisés en 2004 et 2014. D'autre part, près de 1 km de rivage, soit environ 40 % de la longueur totale de la plage (2,3 km), n'a jamais fait l'objet d'intervention.

La Figure 3-22 indique malgré tout qu'un potentiel d'érosion élevé persiste dans le secteur. Un recul de la largeur moyenne est d'ailleurs observé depuis 2007, avec un retrait prononcé en 2013, et cet indicateur s'approche à nouveau du seuil minimum de 8 m. Une analyse détaillée de l'arpentage annuel démontre quant à elle que des largeurs de plage inférieures à 8 m ont été observées sur plus d'une année devant les bornes consignées au Tableau 3-17.

Tableau 3-17. Chambord (Domaine du Marais et Camping Blanchet) – Bilan des largeurs de plage dans les secteurs sensibles

BORNE	NOMBRE D'ANNÉES AVEC LARGEUR DE PLAGE INFÉRIEURE À 8 m
4	13 (19) ¹
5	10 (19)
7	10 (19)
11	3 (19)
14	15 (19)
15	3 (19)
17	8 (19)
18	11 (19)
20	3 (19)
24	9 (19)

¹ Les nombres indiqués entre parenthèses indiquent le nombre total d'années où des suivis ont été réalisés (excluant l'année 1986, qui précède la mise en place de la plupart des rechargements dans ce secteur).

Les repères affichant les plus grands nombres d'années avec des largeurs inférieures à 8 m sont majoritairement situés dans la partie est de la plage et dans les secteurs n'ayant fait l'objet d'aucune intervention dans le cadre du PSBLSJ (bornes 4, 5, 7 et 14). Le trait de côte à ces endroits est malgré tout demeuré relativement stable pendant toute la période de suivis (Figure 3-23). La faible variation des largeurs de plage suggère que cette région aurait bénéficié d'un apport de sédiments en provenance de l'ouest.

La partie ouest de la plage (bornes 17 à 24) semble quant à elle être plus vulnérable à l'érosion, alors que des reculs importants du trait de côte ont été observés après chaque rechargement (Figure 3-24). Ces retraits suggèrent que le secteur souffre d'un déficit d'apports sédimentaires chronique, probablement lié à la présence d'un tronçon de berges peu érodable situé immédiatement à l'ouest. La transition d'une berge peu érodable vers une berge plus facilement érodable (plage) crée naturellement une zone de sensibilité accrue à l'érosion, alors la dérive littorale atteint le secteur de plage avec un taux de transport effectif inférieur à la capacité de transport totale. Le déficit est donc comblé en emportant les matériaux disponibles sur la plage. L'aménagement d'un perré sur la berge a quant à lui eu pour effet de réduire davantage le taux de transport effectif, en empêchant la migration de matériaux entre la berge et le littoral, et pourrait avoir exacerbé la problématique d'érosion dans le secteur de plage concerné.

Malgré cette problématique, la pérennité des rechargements demeure satisfaisante selon les critères d'évaluation considérés, avec une récurrence d'intervention d'environ 5 ans. Le rechargement réalisé en 2004 semble également avoir bénéficié d'une pérennité accrue, alors que les reculs subséquents du trait de côte ont été beaucoup plus lents. Les raisons permettant d'expliquer ce comportement ne sont cependant pas immédiatement apparentes, alors qu'aucune modification significative ne semble avoir été apportée au protocole de rechargement (même taux, même longueur d'intervention). Des conditions érosives plus clémentes pourraient donc avoir influencé la pérennité de cette intervention particulière.

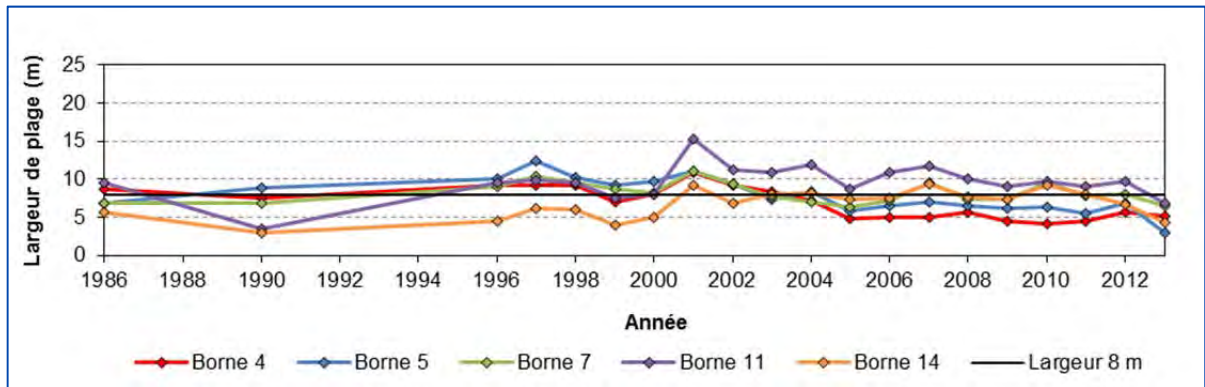


Figure 3-23. Chambord (Domaine du Marais et Camping Blanchet) – Évolution des largeurs de plage (bornes 4 à 14)

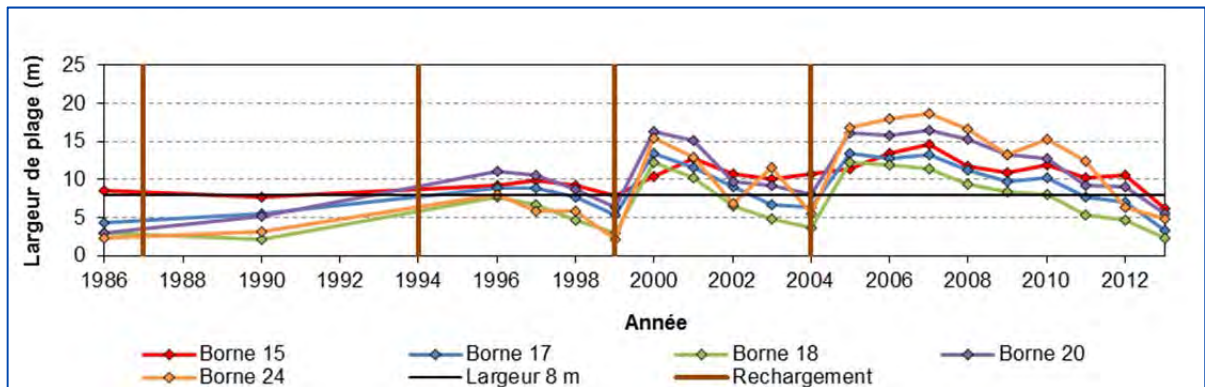


Figure 3-24. Chambord (Domaine du Marais et Camping Blanchet) – Évolution des largeurs de plage (bornes 15 à 24)

La poursuite des rechargements demeure la technique de premier choix pour maintenir des largeurs de plage adéquates. L'aménagement de structures de rétention des sédiments (épis, brise-lames) est déconseillé, car les ouvrages risquent de perturber davantage la dynamique hydrosédimentaire de la région et de provoquer d'importants problèmes d'érosion en aval. Pour éviter cette conséquence, il serait nécessaire de prolonger les aménagements sur la totalité de la plage de manière à couvrir l'ensemble de la zone de transport. Cette approche exigerait alors d'importants investissements et des études complémentaires afin de bien analyser l'efficacité des solutions proposées et les impacts potentiels anticipés.

Une augmentation du taux de rechargements à l'extrémité ouest de la plage pourrait être envisagée, mais l'impact d'une intervention de la sorte sur la pérennité du rechargement demeure difficile à évaluer. Des études complémentaires (par modélisation) seraient requises afin d'analyser les avantages et les inconvénients liés à la poursuite d'une telle approche.

3.4 SECTEUR CHAMBORD (PLAGE DE LA BAIE DU REPOS)

3.4.1 CARACTÉRISATION DU SECTEUR

La baie du Repos est un deuxième sous-secteur de la région de Chambord situé sur la rive sud-ouest du lac Saint-Jean. Une vue d'ensemble de la région et des interventions réalisées depuis 1986 est présentée à l'annexe A. La baie est ceinturée par une plage d'une longueur approximative de 0,8 km, dont 0,6 km font l'objet d'un suivi régulier dans le cadre du Programme d'arpentage annuel. Un tronçon d'environ 0,2 km, situé à l'extrémité nord du secteur, est quant à lui exclu de ce Programme. La côte est orientée selon un axe nord-ouest–sud-est. Les analyses présentées dans ce chapitre se limitent à une étude des interventions et des suivis réalisés sur la plage seulement.

De façon générale, les sédiments présents dans le secteur de la pointe de Chambord sont principalement de nature schisteuse et argileuse (Marsan, 1983b). Toutefois, dans le secteur de la baie du Repos, ils sont plutôt constitués de sable et de gravier provenant des interventions de rechargements réalisées avant et pendant la mise en œuvre du PSBLSJ. Aucun cours d'eau pouvant contribuer de façon significative à un apport de sédiments supplémentaire n'est quant à lui présent.

La Carte 3-4 et la figure 3-25 présentent un échantillon des profils transversaux dans la région. De façon générale, la forme des profils varie peu. La crête du talus se situe à une élévation approximative de 102 m, alors que l'estran est caractérisé par une pente plutôt raide (environ 10 %) entre les élévations 100 et 102 m. En dessous de ce niveau, la pente infralittorale varie entre 1 et 2 % jusqu'à l'élévation 98 m. Au large, l'élévation du fond marin se situe entre 92 et 96 m (Lasalle-NHC 2015a).

Avant la mise en œuvre du PSBLSJ, la plage a fait l'objet de plusieurs rechargements à partir de sédiments prélevés par dragage entre les années 1969 et 1977. De plus, selon la base de données Geotopus, des travaux d'empierrement ont également été réalisés dans les années 1930 et 1940 dans la partie centrale du secteur ainsi que sur les berges adjacentes à la plage.

Depuis la mise en œuvre du PSBLSJ, les rechargements de gravillon se sont poursuivis. L'approvisionnement en matériaux s'est toutefois effectué à partir de bancs d'emprunt terrestres. Un court tronçon de perré a également été aménagé sur le haut de la plage dans la partie centrale du secteur, alors qu'un épi a été construit à l'extrémité nord. Les perrés existants de chaque côté de la plage ont quant à eux fait l'objet de travaux d'entretien.



Rio Tinto Alcan
 Programme de stabilisation des berges
 du lac Saint-Jean 2017-2026
 Étude d'impact sur l'environnement

**Localisation des profils transversaux
 Secteur 05 - Chambord
 (Baie du repos)**

Source : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay

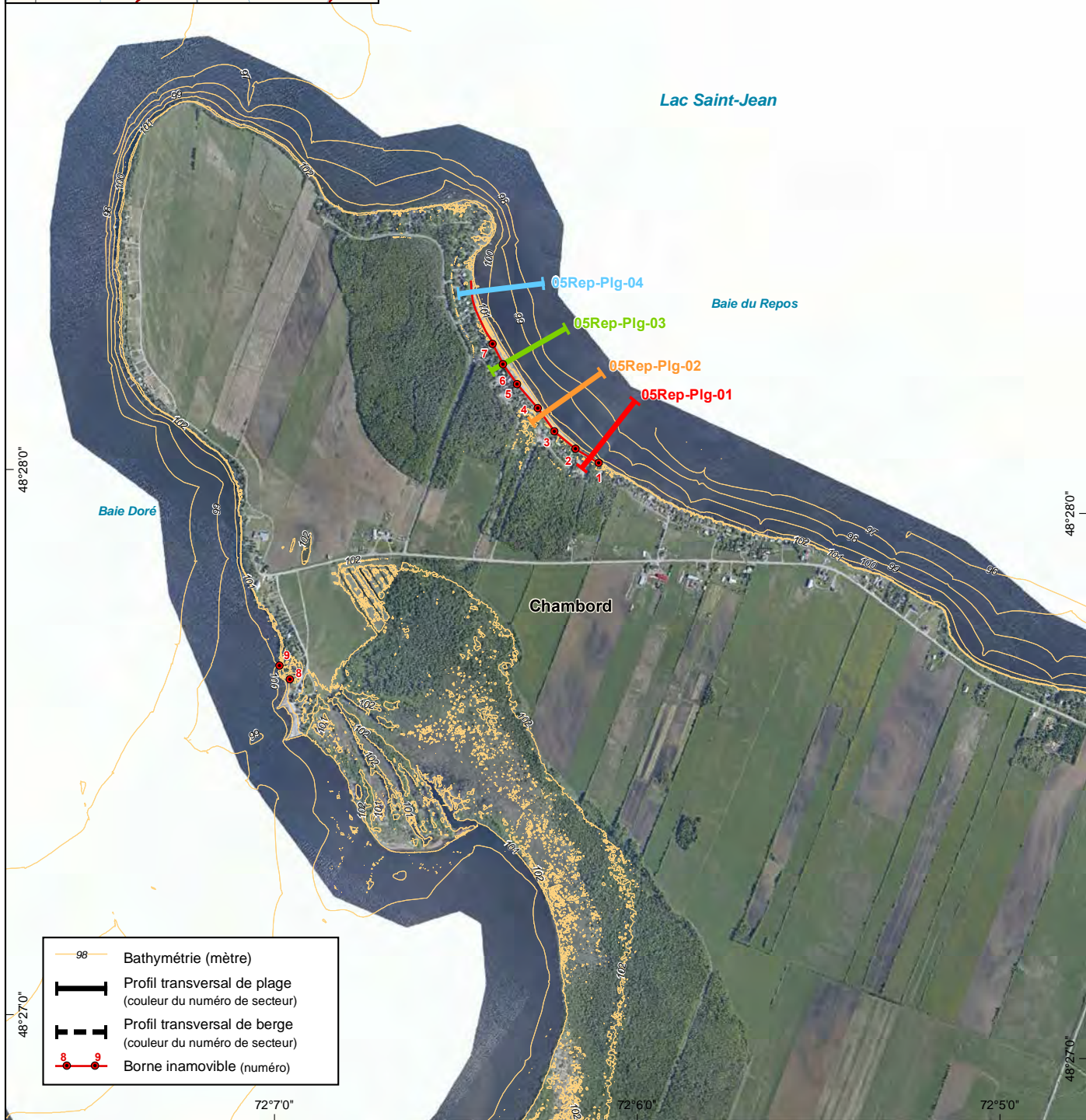
Échelle : 1 : 20 000
 0 200 400 m
 UTM, fuseau 19, NAD83

Septembre 2015

Carte 3-4

WSP

141-21260-00_c3-4_wspT066_ProfilBaieRepos_150929.mxd



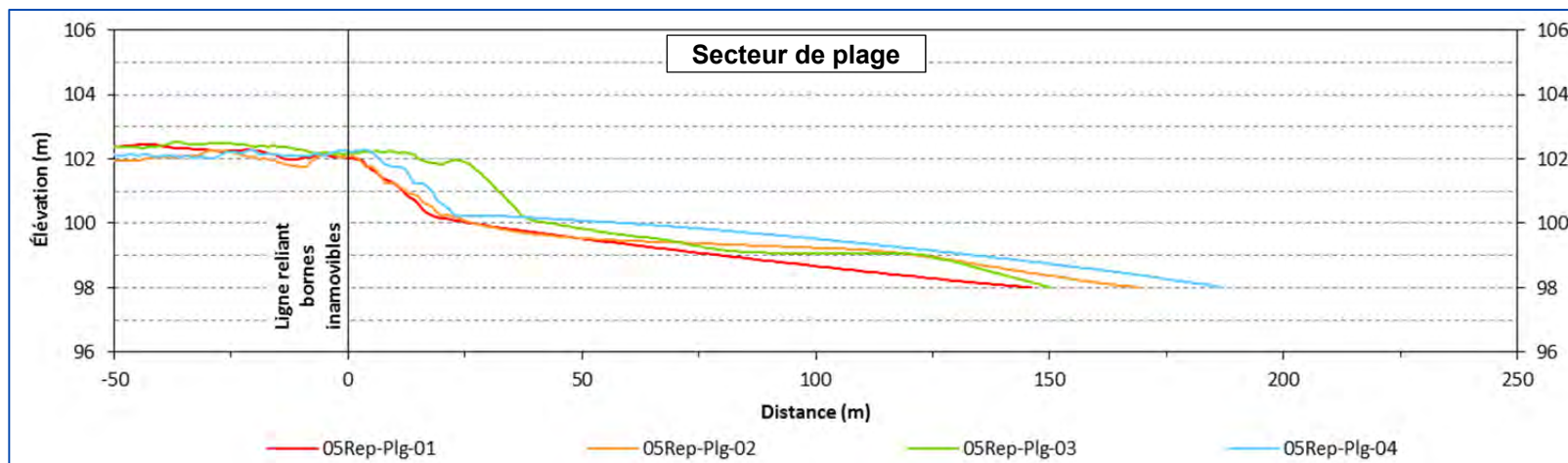


Figure 3-25. Chambord (baie du Repos) – Profils transversaux (secteur plage)

3.4.2 ENVERGURE DES TRAVAUX

Le Tableau 3-18 présente l'envergure des travaux réalisés dans le secteur. Environ la moitié de l'ensemble de ces travaux ont été effectués lors de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ (1986-1995). Les interventions se sont principalement limitées à la mise en place de rechargements de gravillon. Un tronçon de rive de 10 m a également été protégé en 1989 via l'aménagement d'un perré sur le haut de la plage et un petit épi de 5 m a été aménagé en 2007 à l'extrémité nord de la plage.

La longueur nette de plage rechargée est évaluée à environ 0,5 km, soit un peu plus de 60 % de sa longueur totale (0,8 km). Le volume de matériaux déposé s'élève quant à lui à près de 67 000 tonnes. Globalement, le taux de rechargement moyen a été d'environ 60 t/m.

Tableau 3-18. Chambord (baie du Repos) – Envergure des travaux dans le secteur de la plage

ANNÉE	TYPE D'INTERVENTION	LONGUEUR TOTALE DES TRAVAUX (m)	LONGUEUR DES TRAVAUX D'ENTRETIEN (m)	QUANTITÉ DE MATÉRIAUX DÉPOSÉS (tonnes)
1989	Perré neuf	10	10	N/A
	Rechargement de gravillon	531	0	37 200
1996	Rechargement de gravillon	350	350	17 500
2006	Rechargement de gravillon	150	150	6 000
2007	Épi (1)		1 x 5 m	
	<i>1986-1995</i>	<i>541</i>	<i>10 (2 %)</i>	<i>37 200</i>
<i>Total (excluant épi)</i>	<i>1996-2005</i>	<i>350</i>	<i>350 (100 %)</i>	<i>17 500</i>
	<i>2006-2013</i>	<i>150</i>	<i>150 (100 %)</i>	<i>6 000</i>
	<i>1986-2013</i>	<i>1 041</i>	<i>510 (49 %)</i>	<i>60 700</i>

3.4.3 CONDITIONS ÉROSIVES

3.4.3.1 CLIMAT DE VAGUES

Le climat de vagues au large du secteur présente une distribution bimodale. Les vagues les plus fréquentes et les plus hautes proviennent de deux régions différentes : d'abord le nord-nord-ouest et le nord, puis ensuite l'est-nord-est et l'est (Lasalle-NHC 2015). Les radiales selon chacune de ces directions varient entre 20 et 30 km. La présence de l'île de la Traverse au nord de la pointe de Chambord influence cependant la propagation des vagues en provenance des secteurs nord-ouest à nord et protège, dans une certaine mesure, la baie du Repos des sollicitations les plus fortes issues de ces directions. La baie demeure malgré tout très exposée aux vagues en provenance des secteurs est.

3.4.4 DÉRIVE LITTORALE

Selon les observations faites au fil des années, mais également sur la base du climat de vagues, la dérive littorale le long de la plage de la baie du Repos semble être orientée vers le nord.

3.4.5 LARGEURS DE PLAGE

Le Tableau 3-19 et la Figure 3-26 présentent les statistiques générales des largeurs mesurées sur la plage. Il est important de souligner que ces indicateurs ne tiennent pas compte des largeurs mesurées devant la borne 1, car ce repère est situé dans la zone terminale sud de la plage et les relevés n'y ont pas été effectués de façon régulière.

Les largeurs de plage ont augmenté de façon significative lors de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ (1986 à 1996). La largeur moyenne a notamment augmenté de 6 à 15 m, alors que la largeur maximale a presque doublé, passant de 13 à 24 m. La largeur minimale s'est quant à elle accrue d'environ 7 m, passant de -1 à 6 m.

À compter de 1996, les largeurs de plage sont demeurées plus stables, avec une valeur moyenne entre 14 et 21 m, une valeur maximale entre 21 et 29 m et une valeur minimale entre 1 et 16 m. Les largeurs minimales se sont principalement manifestées dans la partie centrale de la plage (borne 4) jusqu'en 2007, après quoi la zone problématique s'est déplacée plus au sud (borne 2). Les largeurs maximales ont quant à elle toujours été observées devant la borne 6.

Tableau 3-19. Chambord (baie du Repos) – Statistiques des largeurs de plage

ANNÉE	LARGEUR MINIMALE (m)	LARGEUR MOYENNE (m)	LARGEUR MAXIMALE (m)
1986	-1,0 (4) ¹	5,7	12,7 (6) ¹
1990	n/d	n/d	n/d
1996	5,9 (4)	14,8	23,5 (6)
1997	15,5 (4)	21,2	25,6 (6)
1998	14,3 (2)	20,0	24,7 (6)
1999	14,8 (4)	21,1	25,3 (6)
2000	7,4 (4)	16,5	23,1 (6)
2001	11,5 (4)	17,8	22,9 (6)
2002	8,3 (4)	16,7	22,8 (6)
2003	7,6 (4)	14,6	20,5 (6)
2004	6,3 (4)	14,4	21,2 (6)
2005	8,4 (2)	16,1	21,5 (6)
2006	0,8 (2)	16,2	24,9 (6)
2007	11,6 (4)	17,6	24,5 (6)
2008	8,6 (2)	17,6	25,2 (6)
2009	4,1 (2)	16,9	26,4 (6)
2010	9,9 (2)	19,5	28,5 (6)
2011	10,0 (2)	20,0	28,9 (6)
2012	4,1 (2)	17,7	28,8 (6)
2013	5,5 (2)	16,9	26,9 (6)

¹ Les valeurs entre parenthèses indiquent le numéro de la borne inamovible à laquelle est observée la largeur de plage extrême.

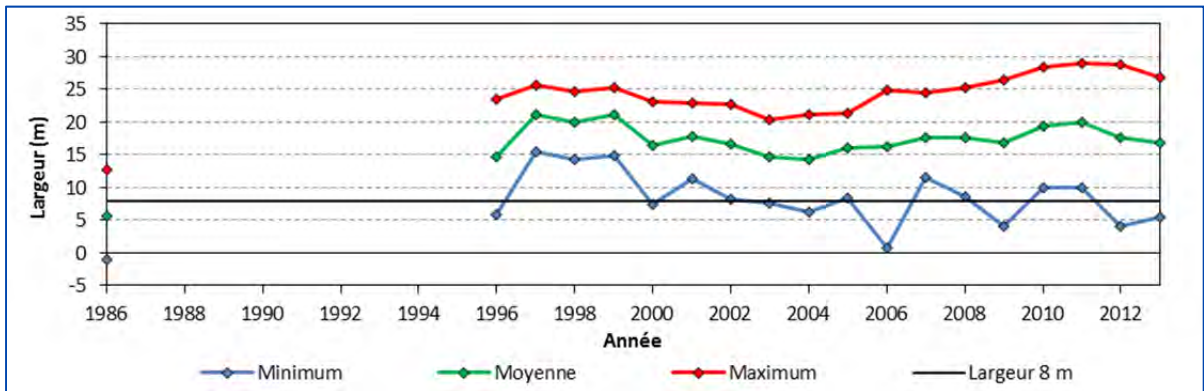


Figure 3-26. Chambord (baie du Repos) – Évolution des largeurs de plage minimale, moyenne et maximale

3.4.6 ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX (APPROCHE GLOBALE)

La Figure 3-27 présente l'évolution de la largeur moyenne de la plage avec la quantité de matériaux déposés depuis 1986. Le graphique indique que les matériaux déposés lors de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ ont principalement servi à accroître la largeur moyenne de la plage. À compter de 1996, par contre, les volumes de rechargements ont plutôt été destinés à maintenir cet accroissement.

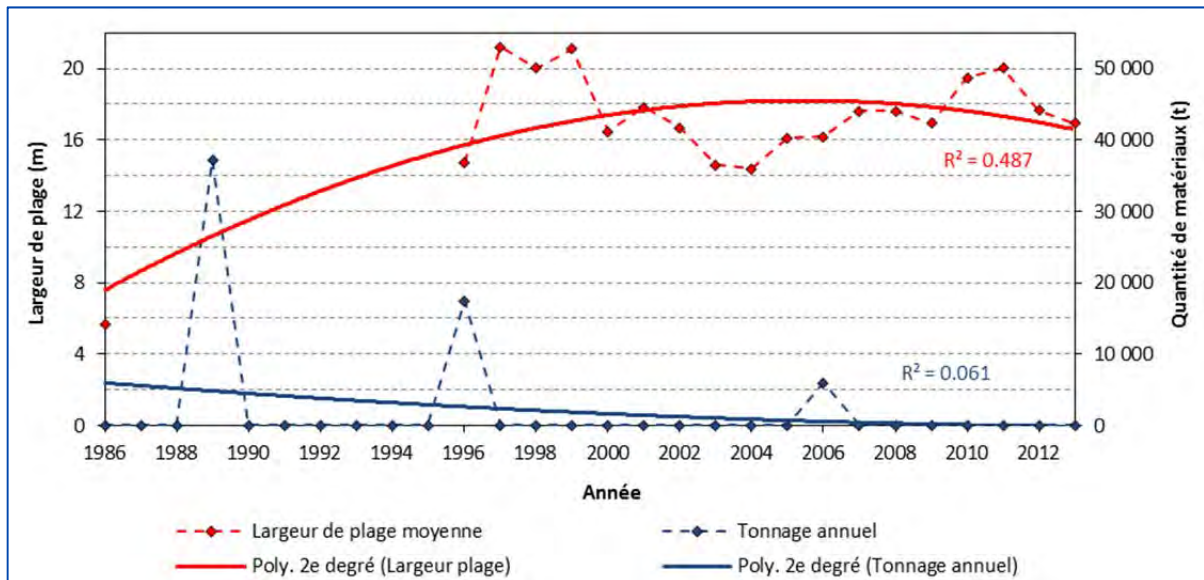


Figure 3-27. Chambord (baie du Repos) – Évolution de la largeur moyenne de la plage et de la quantité de matériaux déposés

Globalement, la performance des interventions réalisées dans ce secteur répond de façon satisfaisante aux critères d'évaluations. Les travaux ont permis de maintenir une largeur moyenne de plage supérieure au seuil minimum de 8 m, alors que la fréquence des rechargements se chiffre à environ 10 ans, ce qui excède le seuil de récurrence optimal (7 ans). L'historique des travaux démontre quant à lui une diminution progressive de la quantité de matériaux mis en place lors des rechargements. Le portrait demeure malgré tout partiel, puisqu'un tronçon d'environ 0,2 km situé à l'extrémité nord de la plage (≈25 % de la longueur totale de la plage) n'a pas été suivi de façon régulière dans le cadre du Programme d'arpentage annuel. Pour obtenir une vision plus complète, il est recommandé de prolonger les suivis d'arpentage de manière à couvrir l'ensemble de la plage et d'implanter des bornes inamovibles supplémentaires dans la partie nord du secteur.

Les suivis réalisés (Figure 3-27) indiquent néanmoins qu'un léger potentiel d'érosion persiste dans le secteur, alors qu'un recul du trait de côte est généralement observé quelques années après chaque rechargement (Figure 3-28 : bornes 2 et 3). La perte de matériaux demeure malgré tout relativement faible et semble être très sensible à l'influence des forces érosives et des courants littoraux. Une accrétion naturelle a même parfois été observée, par exemple en 2010, lorsque la largeur moyenne de plage a augmenté de 3 m alors qu'aucun rechargement n'a été réalisé. Ce gain s'est toutefois effacé entre 2011 et 2012. Il demeure probable que des rechargements supplémentaires soient éventuellement requis pour maintenir des largeurs de plage adéquates.

Une analyse détaillée de l'arpentage annuel démontre que des largeurs de plage inférieures à 8 m ont été observées sur plus d'une année devant les bornes consignées au Tableau 3-20. Ces repères se situent tous dans la partie sud de la plage. Les reculs mesurés entre les bornes 1 et 3 suggèrent que cette zone souffre d'un déficit d'apports sédimentaires chronique, qui pourrait être lié à la présence d'un tronçon de berges peu érodable situé immédiatement au sud. Un phénomène similaire à celui observé à l'extrémité ouest du Domaine du Marais (voir section 3.3.6) se produit alors, dans la mesure où un déséquilibre entre le taux de transport effectif et la capacité de transport totale a provoqué une augmentation des processus d'érosion. La dérive littorale a donc emporté les matériaux disponibles sur la plage. L'aménagement d'un perré dans le secteur de berges pourrait avoir exacerbé la problématique d'érosion en réduisant la migration de matériaux entre la berge et le littoral et en augmentant le déséquilibre hydrosédimentaire.

Malgré cette problématique, la pérennité des rechargements demeure satisfaisante. La poursuite ces interventions constitue alors la technique de premier choix pour maintenir des largeurs de plage adéquates. L'aménagement de structures de rétention des sédiments ne semble pas être une approche intéressante compte tenu de la faible fréquence d'intervention.

Tableau 3-20. Chambord (baie du Repos) – Bilan des largeurs de plage dans les secteurs problématiques

BORNE	NOMBRE D'ANNÉES AVEC LARGEUR DE PLAGE INFÉRIEURE À 8 m
1	11 (12) ¹
2	5 (18)
4	4 (18)

¹ Les nombres indiqués entre parenthèses indiquent le nombre total d'années où des suivis ont été réalisés (excluant les années 1986, qui précède la mise en place de la plupart des rechargements dans ce secteur, et 1990, pour laquelle les largeurs de plage n'étaient pas disponibles).

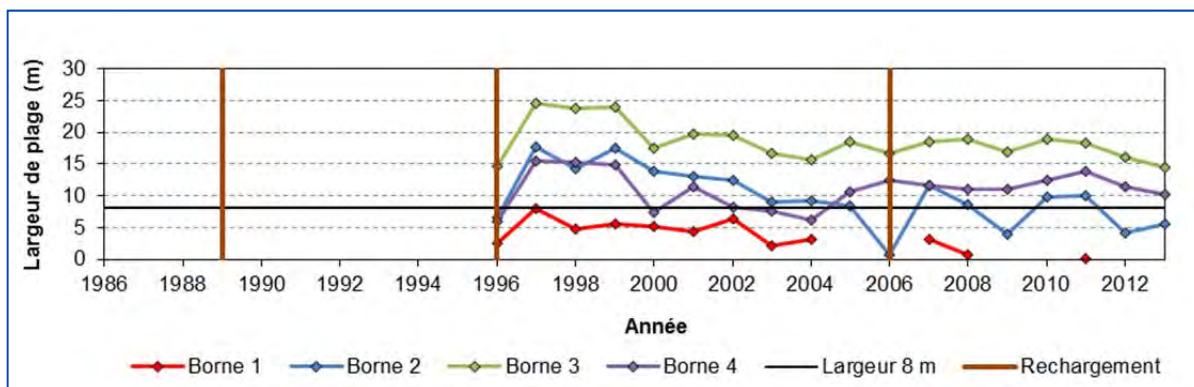


Figure 3-28. Chambord (baie du Repos) – Évolution des largeurs de plage (bornes 1 à 4)

ÉPI

Le petit épi (5 m) construit à l'extrémité nord de la plage a été mis en place à la demande des riverains afin de limiter le transport de sédiments devant leurs propriétés situées au nord. Selon les observations réalisées par les responsables du PSBLSJ, l'efficacité de la structure à l'égard de cet objectif a été très bonne. La quantité de sédiments captés du côté sud de l'ouvrage est toutefois demeurée relativement faible et ne semble pas avoir influencé de façon significative les largeurs de plage dans la partie sud du secteur.

3.5 SECTEUR MASHTEUATSH

3.5.1 CARACTÉRISATION DU SECTEUR

Le secteur de Mashteuiatsh est situé sur la rive ouest du lac Saint-Jean, près de l'embouchure de la rivière Ashuapmushuan. Une vue d'ensemble de la région et des interventions réalisées depuis 1986 est présentée à l'annexe A. Le trait de côte ceinture une avancée connue sous le nom de la pointe Bleue. De part et d'autre de cette avancée, la rive est orientée selon des axes nord-sud et est-ouest, respectivement.

Le secteur s'étend sur environ 9 km. Au sud de la pointe Bleue, la côte est caractérisée par un littoral moyennement accidenté. Deux petites anses sont présentes à l'extrémité sud de cette zone. Les berges sont constituées de sables, de sédiments graveleux, d'argile et de calcaire. Quelques falaises sont également présentes le long des caps et des avancées de la côte (Marsan 1983b).

À l'ouest de la pointe Bleue, la côte est principalement caractérisée par une plage d'environ 3,5 km faisant partie du Programme de suivi annuel. Les sédiments présents sur ce tronçon de rive sont constitués de sables et de gravillon provenant majoritairement des interventions de rechargements réalisées avant et pendant la mise en œuvre du PSBLSJ. La rivière Ashuapmushuan peut également être identifiée comme source potentielle d'apport en sédiments. L'absence d'accumulations significatives et l'érosion persistante observée à certains endroits sur la côte laissent toutefois croire que l'influence de cette source d'apports demeure marginale. Il est probable qu'une grande partie des matériaux se déposent plutôt en amont et au large du secteur de Mashteuiatsh.

La carte 3-5 et la figure 3-29 présentent un échantillon des profils transversaux pour l'ensemble du secteur. De façon générale, au sud de la pointe Bleue, le haut du talus se situe entre les élévations 102 et 104 m. Les profils 07-Brg-03 à 07-Brg-06 sont ensuite caractérisés par une berge à pente raide (20 à

35 %) jusqu'à un niveau de 100,5 m, alors que celle au droit des profils 07-Brg-01 et 07-Brg-02 est légèrement plus douce (5 et 13 %, respectivement). Le profil 07-Brg-01 présente également un replat d'environ 40 m au niveau 100,5 m. En dessous de cette élévation, le fond continue de s'abaisser selon une pente plus faible, mais qui demeure malgré tout relativement raide (environ 7 %). La pente infralittorale est cependant plus douce au droit des profils 07-Brg-02 et 07-Brg-03 (1 à 2 %), ce qui témoigne d'un fond marin moins escarpé dans les deux anses. Au large, l'élévation du fond marin se situe entre 76 et 88 m (Lasalle-NHC 2015a).

Dans le secteur de la plage, la forme des profils varie peu. La crête du talus se situe entre les élévations 102 et 103 m, alors que l'estran est caractérisé par une pente plutôt raide entre les élévations 100 et 102 m (environ 7 %). Le relief s'adoucit ensuite graduellement et forme un plateau aux élévations 98 à 99 m (pente inférieure à 1 %). Étant situé sur la plateforme deltaïque des rivières Ashuapmushuan, Mistassini et Péribonka, ce plateau couvre une grande superficie au large.

Avant la mise en œuvre du PSBLSJ, le secteur ceinturant la pointe Bleue a fait l'objet de travaux de protection contre l'érosion via la construction d'un mur de pierres cimentées. La municipalité de Mashteuiatsh était cependant le maître d'œuvre pour cet aménagement. La plage a pour sa part fait l'objet de plusieurs rechargements à partir de sédiments prélevés par dragage entre les années 1968 et 1978, principalement dans sa partie est. Deux épis ont également été construits (Marsan 1983b).

Depuis la mise en œuvre du PSBLSJ, les interventions réalisées dans le secteur de berges ont inclue la mise en place de perrés, d'empierrements 25-150 mm, de gabions et l'utilisation de techniques végétales et mixtes. La plage a quant à elle continué à faire l'objet de rechargements de sable et de gravillon. L'approvisionnement en matériaux s'est toutefois effectué à partir de bancs d'emprunt terrestres. Plusieurs structures de rétention des sédiments (épis) ont également été aménagées dans les parties centrale et est du secteur.

3.5.2 ENVERGURE DES TRAVAUX

3.5.2.1 SECTEUR DE PLAGE

Le Tableau 3-21 présente l'envergure des travaux réalisés dans le secteur de la plage. Environ les deux tiers de l'ensemble des travaux réalisés ont été effectués lors de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ (1986-1995). Les interventions se sont principalement limitées à la mise en place de rechargements de sable ou de gravillon. Quelques structures de rétention des sédiments (épis) ont également été aménagées. La longueur nette de plage rechargée est évaluée à environ 3,0 km, soit approximativement 85 % de sa longueur totale (3,5 km). Le volume de matériaux déposé s'élève à plus de 275 000 tonnes.



72°16'0"

72°15'0"



Rio Tinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026

Étude d'impact sur l'environnement

Localisation des profils transversaux Secteur 07 - Mashteuiatsh

Source : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay

Échelle : 1 : 30 000

0 300 600 m

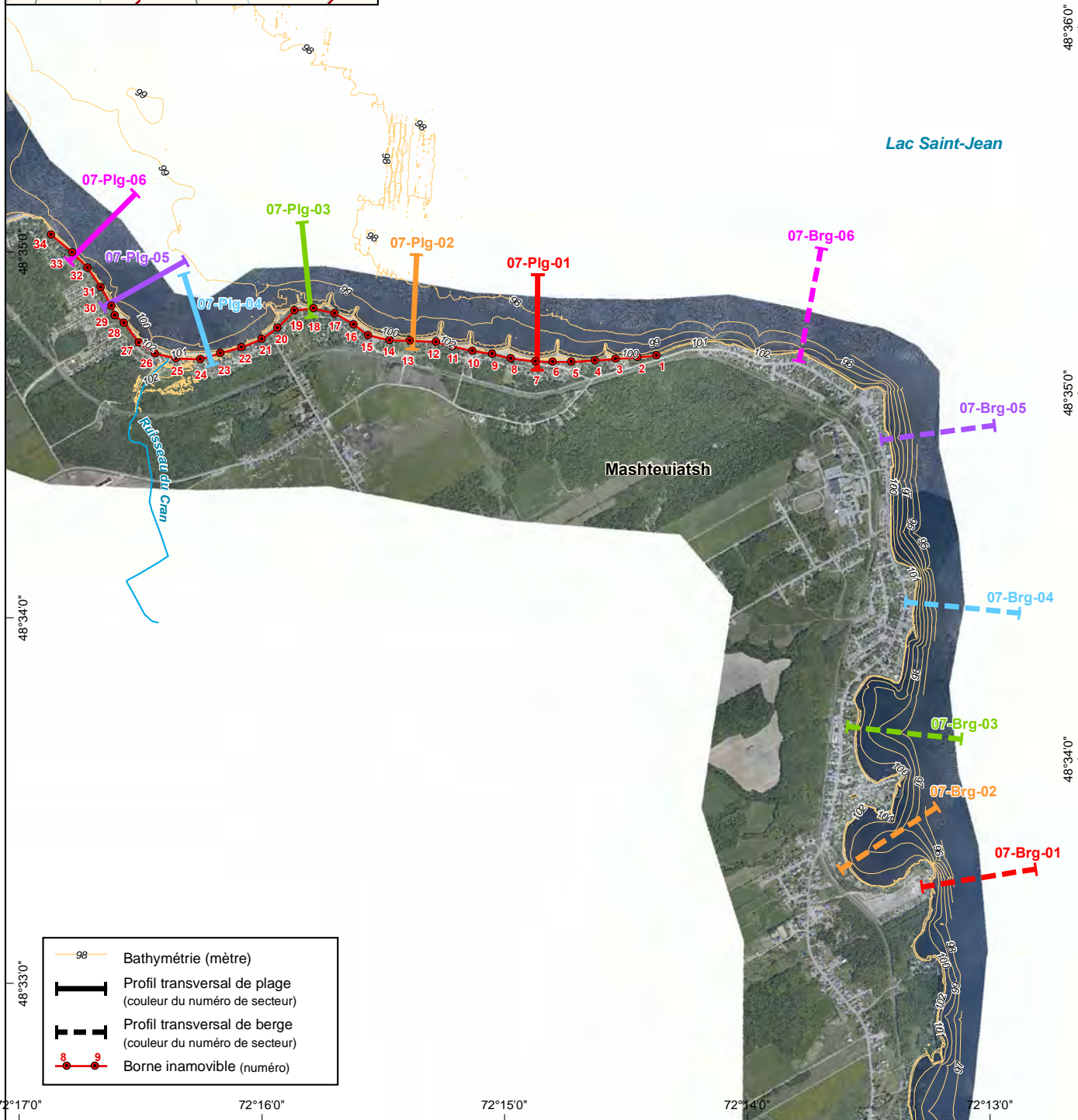
UTM, fuseau 19, NAD83

Carte 3-5

Septembre 2015



141-21260-00_c3-5_wspT061_ProfilMashteuiatsh_150929.mxd



48°36'0"

48°35'0"

48°34'0"

48°33'0"

72°17'0"

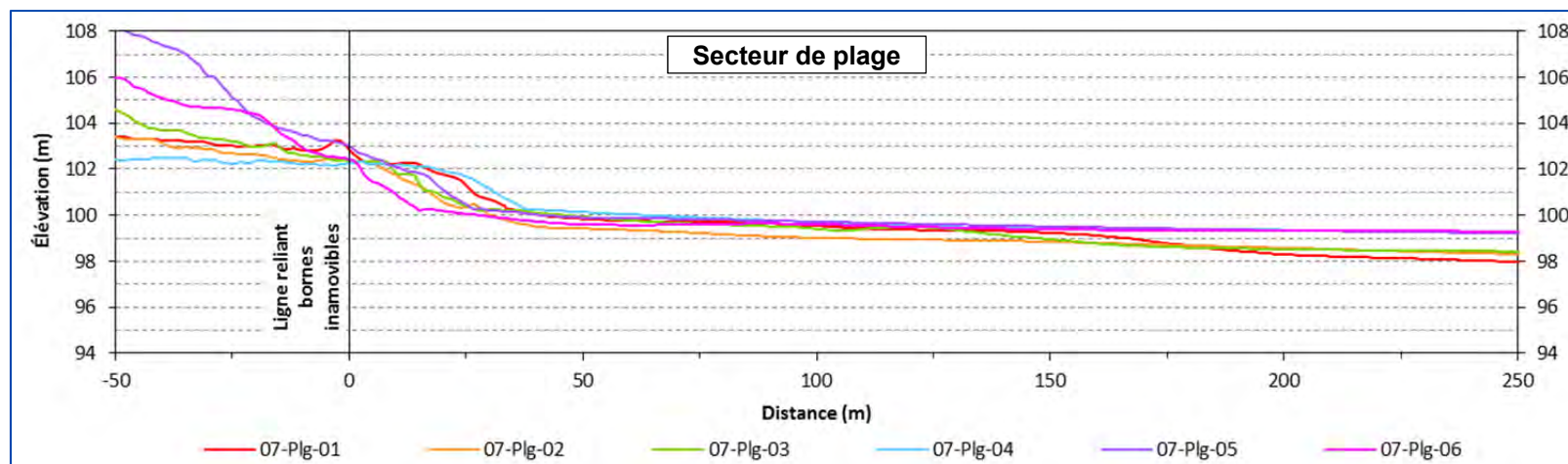
72°16'0"

72°15'0"

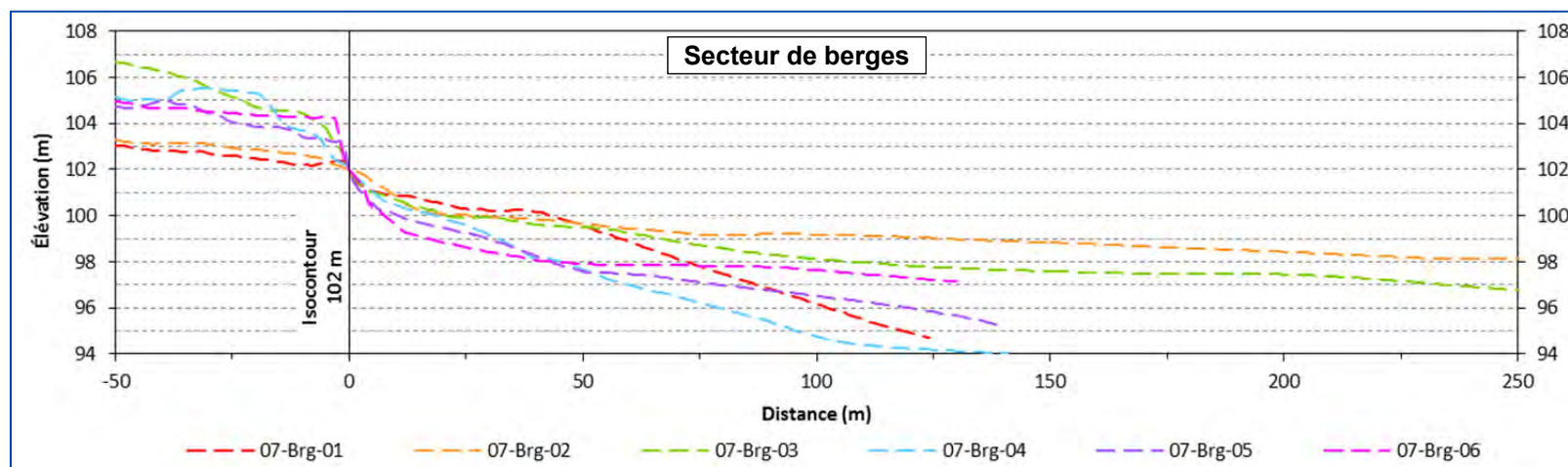
72°14'0"

72°13'0"

- Bathymétrie (mètre)
- Profil transversal de plage (couleur du numéro de secteur)
- Profil transversal de berge (couleur du numéro de secteur)
- Borne inamovible (numéro)



(a)



(b)

Figure 3-29. Mashteuiatsh – Profils transversaux : (a) secteur de plage et (b) secteur de berges

Tableau 3-21. Mashteuiatsh – Envergure des travaux dans le secteur de la plage

ANNÉE	TYPE D'INTERVENTION	LONGUEUR TOTALE DES TRAVAUX (m)	LONGUEUR DES TRAVAUX D'ENTRETIEN (m)	QUANTITÉ DE MATÉRIAUX DÉPOSÉS (tonnes)
1986	Rechargement de gravillon	340	0	14 600
1988	Rechargement de sable	550	0	34 800
1989	Épis (2)		1 x 75 m; 1 x 95 m	
1990	Rechargement de gravillon	604 ¹	0	31 600
	Épis (7)		3 x 93 m; 3 x 64 m; 1 x 78 m	
1991	Rechargement de sable	369	0	26 900
	Rechargement de gravillon	406	0	17 700
1994	Rechargement de gravillon	865	150	45 200
1995	Rechargement de sable	468	468	20 200
1997	Rechargement de gravillon	444 ²	444 ²	21 700
2000	Rechargement de sable	70	70	3 300
	Rechargement de gravillon	370	370	15 300
2006	Rechargement de sable	407	407	17 700
2007	Rechargement de sable	215	215	9 300
	Rechargement de gravillon	60	60	2 700
2008	Rechargement de sable	295 ³	295 ³	1 500
2014	Rechargement de gravillon	260 ⁴	260 ⁴	13 300
	1986-1995	3 602	618 (17 %)	191 000
Total	1996-2005	884^{1,2}	884^{1,2} (100 %)	40 300
(excluant épis)	2006-2014	1 237³	1 237³ (100 %)	44 500
	1986-2014	5 723⁵	2 739⁵ (48 %)	275 800

¹ Inclut 264 m (12 900 tonnes) dans le secteur Saint-Prime.

² Inclut 264 m (12 900 tonnes) dans le secteur Saint-Prime.

³ Inclut 175 m (900 tonnes) dans le secteur Saint-Prime.

⁴ Intervention réalisée dans le secteur Saint-Prime.

⁵ Inclut 963 m (40 000 tonnes) dans le secteur Saint-Prime.

3.5.2.2 SECTEUR DE BERGES

Le Tableau 3-22 présente l'envergure des travaux réalisés sur les berges, dans le secteur de la pointe Bleue ainsi qu'au sud de cette avancée. Les interventions incluent la mise en place de perrés, d'empierrements 25-150 mm, de gabions et l'utilisation de techniques végétales et mixtes. Un épi et huit accès à l'eau ont également été aménagés.

L'envergure des travaux démontre une diminution des longueurs d'interventions au cours des trois décennies de mise en œuvre du PSBLSJ, avec 0,9 km de rives protégées entre 1986 et 1995, 0,7 km entre 1996 et 2005, puis 0,2 km entre 2006 et 2013. Peu de travaux d'entretien ont été réalisés, à l'exception d'un secteur particulier où un mur de gabion de 230 m de longueur, aménagé en 1990, a subi d'importantes réparations et a été végétalisé en 2010.

Tableau 3-22. Mashteuiatsh – Envergure des travaux dans le secteur de berges

ANNÉE	TYPE D'INTERVENTION	LONGUEUR TOTALE DES TRAVAUX (m)	LONGUEUR DES TRAVAUX D'ENTRETIEN (m)
1990	Accès à l'eau (2 descentes)		1 x 11 m; 1 x 9 m
	Gabion	270	0
	Perré neuf	202	0
1991	Gabion	77	0
	Perré de pierres plates	47	0
1992	Accès à l'eau (2 descentes)		2 x 8 m
	Perré neuf	335	0
1996	Perré neuf	320	0
1997	Perré neuf	130	0
1998	Perré avec tech. végét. (mixtes)	130	0
2003	Accès à l'eau (1 escalier)		1 x 1 m
	Perré neuf	35	0
	Perré avec tech. végét. (mixtes)	60	0
2008	Accès à l'eau (1 descente)		1 x 5 m
	Mini perré	57	0
	Mini perré + tech. végét. (mixtes)	36	0
2010	Épi (1)		1 x 45 m
	Accès à l'eau (2 descentes)		2 x 6 m
	Perré neuf	75	0
	Techniques végétales	231	231
Total <i>(excluant épis et accès à l'eau)</i>	1986-1995	931	0 (0 %)
	1996-2005	675	0 (0 %)
	2006-2014	399	231 (58 %)
	1986-2014	2 005	231 (12 %)

3.5.2.3 ENVERGURE DE L'ENSEMBLE DES TRAVAUX

Le Tableau 3-23 présente l'envergure des travaux réalisés dans l'ensemble du secteur, par type d'intervention. L'envergure globale des travaux réalisés pendant les périodes 1996-2005 et 2006-2014 (incluant les travaux d'entretien) a été d'environ 19 % et 26 %, respectivement, de celle de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ. La longueur nette de berges protégées a quant à elle été de 4,0 km pour la période 1986-1995. Cette valeur a ensuite cru de 0,7 km en 1996-2005, puis de 0,2 km en 2006-2014.

Depuis 1986, les travaux de rechargements ont été le type d'intervention le plus fréquent réalisé dans l'ensemble du secteur (longueur totale de 5,5 km). L'envergure des rechargements de sable est demeurée relativement constante au cours des trois décennies de mise en œuvre du PSBLSJ, outre une période plus faible entre 1996 et 2005, alors que celle des rechargements de gravillon a diminué progressivement. Les taux de rechargements moyens ont été d'environ 50 t/m pour les deux types de matériaux.

La mise en place de perrés a été la deuxième technique de protection la plus utilisée, avec une longueur d'intervention totale d'environ 1,2 km, suivi par les structures de rétention (épis, brise-lames et géotubes), avec 10 ouvrages totalisant une longueur combinée de 0,8 km. Les gabions, les techniques végétales et les techniques mixtes (en ordre d'importance) ont ensuite été employés pour protéger une longueur de berges additionnelle de 0,6 km. Finalement, 54 m de berges ont été protégés par le biais d'accès à l'eau.

Tableau 3-23. Mashteuiatsh – Envergure des travaux dans l'ensemble du secteur

TYPE DE TRAVAUX	PÉRIODE 1986-1995		PÉRIODE 1996-2005		PÉRIODE 2006-2014		PÉRIODE 1986-2014	
	LONG. TOT. (m)	ENTR. (m)	LONG. TOT. (m)	ENTR. (m)	LONG. TOT. (m)	ENTR. (m)	LONG. TOT. (m)	ENTR. (m)
Rechargement de sable	1 387 (81 900 t)	468 (20 200 t)	70 (3 300 t)	70 (3 300 t)	917 ³ (28 500 t)	917 ³ (28 500 t)	2 374 ³ (113 700 t)	1 455 ³ (52 000 t)
Rechargement de gravillon	2 215 ¹ (109 100 t)	150 (8 300 t)	814 ² (37 000 t)	814 ² (37 000 t)	320 ⁴ (16 000 t)	320 ⁴ (16 000 t)	3 349 ^{1,2,4} (132 100 t)	1 284 ^{1,2,4} (61 300 t)
Épis et brise-lames	719 (9) ⁵	0	0	0	45 (1) ⁵	0	764 (10) ⁵	0
Perré	584	0	485	0	132	0	1 201	0
Empierrement 25-150 mm	0	0	0	0	0	0	0	0
Accès à l'eau	36 (4) ⁵	0	1 (1) ⁵	0	17 (3) ⁵	0	54 (8) ⁵	0
Gabions et autres	347	0	0	0	0	0	347	0
Techniques végétales	0	0	0	0	231	231	231	231
Techniques mixtes	0	0	190	0	36	0	226	0
Total (excluant épis et brise-lames)	4 569	618 (14 %)	1 560	884 (57 %)	1 653	1 468 (89 %)	7 782	2 970 (38 %)

¹ Inclut 264 m (12 900 tonnes) dans le secteur Saint-Prime.

² Inclut 264 m (12 900 tonnes) dans le secteur Saint-Prime.

³ Inclut 175 m (900 tonnes) dans le secteur Saint-Prime.

⁴ Inclut 260 m (13 300 tonnes) dans le secteur Saint-Prime.

⁵ Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre d'ouvrages mis en place.

3.5.3 CONDITIONS ÉROSIVES

3.5.3.1 CLIMAT DE VAGUES

Le régime de vagues auquel est exposé le secteur de Mashteuiatsh varie selon l'orientation du trait de côte. Au sud de la pointe Bleue, la côte est ouverte principalement aux directions nord à sud (radiales variant entre 20 et 30 km), alors qu'à l'ouest de l'avancée, elle est plutôt exposée aux directions nord-ouest à est (radiales variant entre 5 et 20 km).

Les vagues en provenance de l'est sont les plus fréquentes, suivies ensuite des vagues en provenance du secteur nord-nord-ouest. D'autre part, l'intensité des vagues au sud de la pointe Bleue est généralement supérieure à celle observée à l'ouest de l'avancée. Cet écart peut être attribué aux plus

grandes profondeurs d'eau au large de cette zone. Les berges situées au sud de la pointe Bleue sont moins exposées aux vagues en provenance de l'ouest, alors que le secteur de la plage se trouve plutôt à l'abri des vagues en provenance du sud.

3.5.4 DÉRIVE LITTORALE

Une analyse de l'image aérienne présentée sur la carte des interventions historiques (annexe A) indique qu'une fraction importante du transport longitudinal pourrait s'effectuer en direction ouest sur une grande partie de la plage, notamment entre les bornes 1 à 6, 13 à 22 et 32 à 34. Des zones d'accumulation sont d'ailleurs visibles sur les flancs est de plusieurs épis situés dans ces secteurs, ce qui tend à indiquer que ces façades se trouvent du côté amont de la dérive littorale.

L'accumulation quasi symétrique de sédiments de part et d'autre des épis situés entre les bornes 6 à 13 suggère quant à elle qu'il n'y aurait pas de dominance claire dans l'orientation de la dérive littorale le long de ce tronçon. Les patrons d'accumulations très variables observés le long de plage laissent croire à de grandes variations de l'intensité de la capacité de transport ou encore à de nombreux changements de direction.

3.5.5 LARGEURS DE PLAGE

Le Tableau 3-24 et la Figure 3-30 présentent les statistiques générales des largeurs de plage. Au cours de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ (1986 à 1996), la largeur moyenne de plage a augmenté de 8 à 22 m. La largeur maximale est quant à elle passée de 19 à 38 m, alors que la largeur minimum s'est accrue d'environ 8 m, passant de -4 à +4 m.

À compter de 1996, la largeur moyenne s'est maintenue entre 21 et 24 m. La largeur maximale a quant à elle variée entre 36 et 53 m, alors que la largeur minimum a oscillé entre 0,6 et 10 m. Les largeurs minimales se sont principalement manifestées aux extrémités est et ouest de la plage (bornes 2, 4 et 32), alors que les largeurs maximales ont été observées à proximité des bornes 24 et 25 jusqu'en 2004, puis à proximité de la borne 8 à compter de 2005.

Les indicateurs de largeurs moyenne et maximum semblent malgré tout avoir atteint un sommet entre 2006 et 2008 et un léger recul est observé depuis. La largeur moyenne a notamment reculé de 2,6 m, alors que la largeur maximale a perdu 12,8 m.

Tableau 3-24. Mashteuiatsh – Statistiques des largeurs de plage

ANNÉE	LARGEUR MINIMALE (m)	LARGEUR MOYENNE (m)	LARGEUR MAXIMALE (m)
1986	-3,7 (32) ¹	7,7	19,1 (15) ¹
1990	3,7 (23)	14,6	30,2 (6)
1996	4,4 (32)	22,3	38,0 (12)
1997	4,4 (32)	21,5	38,4 (24)
1998	6,8 (2)	21,5	36,2 (25)
1999	8,9 (4)	22,0	38,2 (24)
2000	6,8 (2)	20,8	38,5 (24)
2001	10,3 (1)	23,6	40,9 (24)
2002	5,2 (2)	22,4	42,0 (20)
2003	7,9 (2)	21,7	39,5 (24)
2004	7,0 (2)	21,1	39,6 (24)
2005	4,6 (4)	22,1	49,4 (8)

ANNÉE	LARGEUR MINIMALE (m)	LARGEUR MOYENNE (m)	LARGEUR MAXIMALE (m)
2006	0,6 (2)	23,0	52,7 (8)
2007	1,7 (2)	22,8	48,8 (8)
2008	4,1 (2)	23,7	42,7 (8)
2009	3,0 (2)	23,1	48,2 (8)
2010	2,4 (2)	23,7	43,0 (8)
2011	3,3 (2)	22,7	40,3 (8)
2012	3,3 (32)	21,8	42,3 (8)
2013	3,7 (32)	21,1	39,9 (6)

¹ Les valeurs entre parenthèses indiquent le numéro de la borne inamovible à laquelle est observée la largeur de plage extrême.

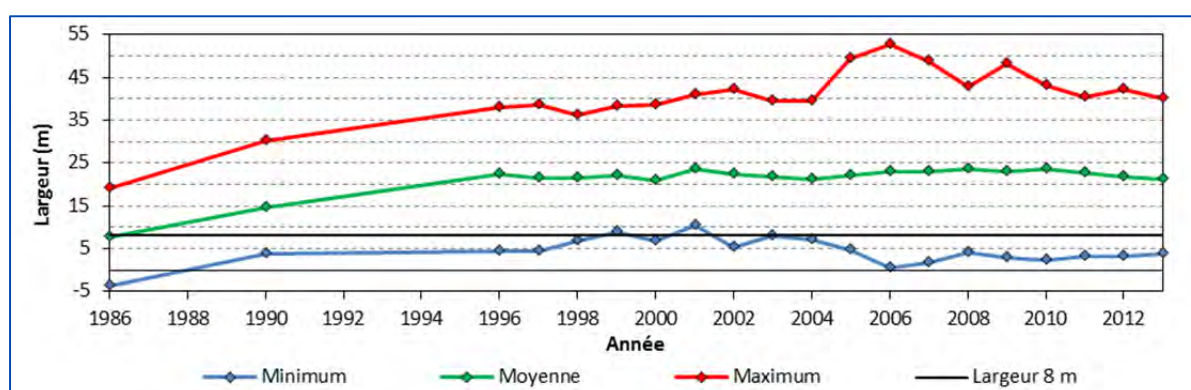


Figure 3-30. Mashteuiatsh – Évolution des largeurs de plage minimale, moyenne et maximale

3.5.6 ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX (APPROCHE GLOBALE)

3.5.6.1 SECTEUR DE PLAGE

La Figure 3-31 présente l'évolution de la largeur moyenne de plage et de la quantité de matériaux déposés depuis 1986. Le graphique indique que les matériaux déposés lors de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ ont principalement servi à accroître la largeur moyenne de la plage. À compter de 1996, par contre, les volumes de rechargements ont plutôt été destinés à maintenir cet accroissement. Un léger recul de la largeur moyenne de plage a cependant été observé à compter de 2010.

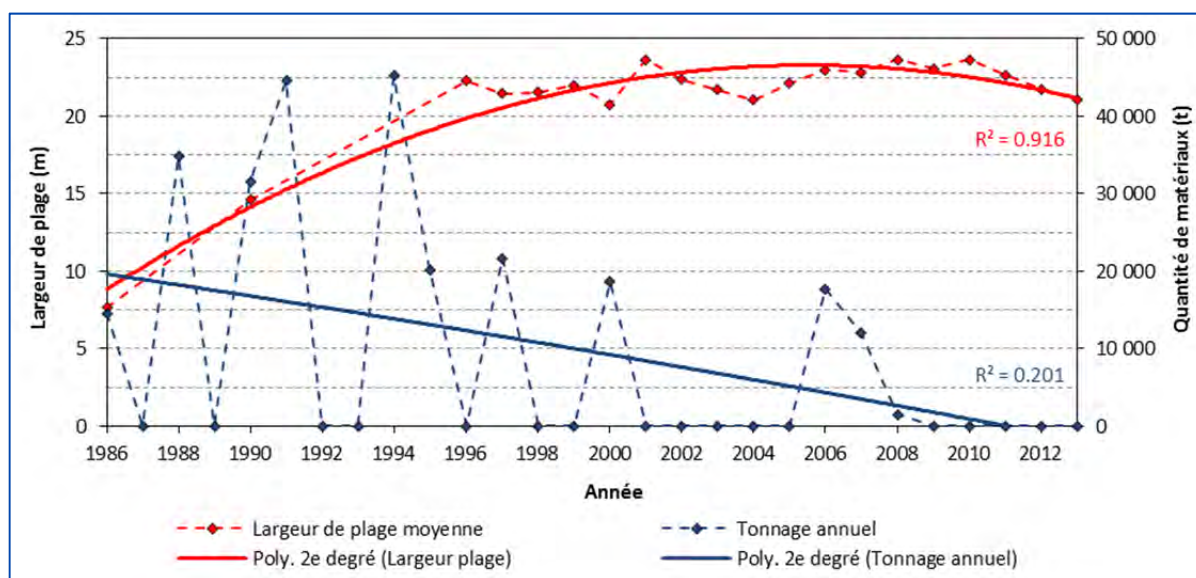


Figure 3-31. Mashteuiatsh – Évolution de la largeur moyenne de plage et de la quantité de matériaux déposés

Globalement, la performance des interventions réalisées dans ce secteur répond de façon satisfaisante aux critères d'évaluations. La largeur moyenne de plage est largement supérieure au seuil minimum de 8 m, alors que la fréquence des rechargements semble, depuis 2000, tendre vers une récurrence approximative de 6 ans. Une grande partie du rivage n'a quant à elle fait l'objet que d'un ou deux rechargements.

L'historique des travaux démontre quant à lui une diminution progressive de la quantité moyenne de matériaux mis en place lors des rechargements. De 1986 à 1995, le volume moyen s'élevait à environ 32 000 tonnes/année, alors que de 1996 à 2005, il était plutôt de 20 000 tonnes/année. Depuis 2006, il se chiffre à environ 10 000 tonnes/année.

Une analyse détaillée des largeurs de plage et de la séquence des interventions révèle cependant une sensibilité accrue à l'érosion à quelques endroits sur la plage. D'une part, l'arpentage annuel démontre que des largeurs de plage inférieures à 8 m ont été observées sur plus d'une année devant les bornes consignées au Tableau 3-25. D'autre part, un nombre élevé de rechargements ont été réalisés sur le tronçon de plage situé entre les bornes 4 et 8 (quatre interventions en 18 ans). Une description des travaux réalisés dans chacun de ces secteurs, ainsi qu'une analyse de leur efficacité et des solutions potentielles aux problématiques observées sont présentées aux sections suivantes de ce document.

Tableau 3-25. Mashteuiatsh – Bilan des largeurs de plage dans les secteurs sensibles

BORNE	NOMBRE D'ANNÉES AVEC LARGEUR DE PLAGE INFÉRIEURE À 8 m
2	14 (18) ¹
4	3 (17)
32	8 (18)
33	3 (18)

¹ Les nombres indiqués entre parenthèses indiquent le nombre total d'années où des suivis ont été réalisés (excluant les années 1986 et 1990, qui précèdent la mise en place de la plupart des rechargements dans ce secteur).

ÉPIS

Neuf épis ont été construits dans le secteur en 1989 (deux épis) et 1991 (sept épis). Ces structures sont réparties en deux groupes situés dans les parties centrale et est de la plage. Leur longueur varie entre 64 et 95 m.

De façon générale, l'efficacité de la plupart des aménagements a été satisfaisante, dans la mesure où peu de rechargements ont été réalisés entre les ouvrages après leur construction et les largeurs de plages sont demeurées relativement stables. D'autre part, aucune zone d'érosion significative n'a été observée dans les secteurs adjacents.

L'image aérienne présentée sur la carte des interventions historiques (annexe A) révèle cependant que les quantités de sédiments accumulées dans les zones d'influence respectives des structures sont demeurées relativement faibles par rapport à la longueur des ouvrages. Une symétrie des accumulations est également observée de part et d'autre de certains aménagements, ce qui suggère que la direction de la dérive littorale pourrait être alternante dans ces secteurs. Ce type d'environnement ne constitue généralement pas des conditions permettant de développer la pleine efficacité des épis, qui performant habituellement mieux lorsque la dérive littorale possède une direction dominante.

Finalement, une légère sous-performance des structures situées à l'extrémité est de la plage (épis 1 à 3) a été observée, alors que les aménagements ne semblent pas avoir réussi à stabiliser adéquatement le trait de côte. Un nombre plus élevé de rechargements ont été réalisés entre ces ouvrages et la plage est demeurée particulièrement étroite à proximité de la borne 4. Ce résultat pourrait être lié à un espacement trop grand entre les structures. La récurrence de rechargement est cependant demeurée acceptable selon les critères d'évaluation considérés et aucune intervention n'a été réalisée à cet endroit après 2006.

BILAN SÉDIMENTAIRE

La comparaison des suivis d'arpentage réalisés en 1992 et en 2014 suggère que le volume de la plage (longueur totale d'environ 3 500 m) a augmenté d'environ 51 000 m³. L'historique des interventions indique quant à lui que le volume de matériaux de rechargements déposés pendant cette période se chiffre à près de 70 000 m³. Ceci indique en théorie qu'un peu plus de 25 % (19 000 m³) des volumes de rechargement mis en place à cet endroit auraient donc été transportés en dehors de la zone d'analyse.

La perte de matériaux correspond à un taux d'érosion moyen d'environ 0,2 m³/m/an pour l'ensemble du tronçon de plage considéré. Localement, par contre, il est possible qu'un taux plus élevé ait été observé.

L'écart entre le gain volumétrique de la plage et le volume de matériaux de rechargement déposés demeure malgré tout relativement faible et du même ordre de grandeur que la précision de la méthode de calcul. Il est donc jugé difficile de conclure sur d'éventuelles pertes de sédiments par rapport aux volumes mis en place.

SITE 88.07.02 (BORNES 4 À 8)

Le tronçon de plage situé entre les bornes 4 et 8 a fait l'objet de quatre rechargements en 18 ans dans le cadre du PSBLSJ. Trois épis ont également été aménagés dans ce secteur, dont deux en 1989 et un en 1991. L'impact de ces ouvrages sur la pérennité des rechargements demeure difficile à évaluer en raison de leur mise en place très tôt au début du PSBLSJ. La récurrence d'intervention après leur construction a toutefois varié entre 5 et 6 ans. Plus de 53 000 tonnes de matériaux ont été déposées

pendant cette période (1995 à 2006), selon un taux de rechargement moyen d'environ 40 t/m. Depuis 2006, par contre, aucune intervention n'a été réalisée à cet endroit.

L'image aérienne présentée sur la carte des interventions historiques (annexe A) indique que les épis ont permis de retenir certaines quantités de sédiments sur la plage et de stabiliser le trait de côte. Ils ont également permis d'augmenter la largeur de la plage dans le secteur de la borne 3. Le tronçon de plage situé devant la borne 4 est cependant demeuré relativement étroit (Figure 3-32) et des largeurs inférieures à 8 m y ont été observées à quelques reprises (1998, 2005 et 2009). La pérennité des rechargements (5 à 6 ans) demeure néanmoins acceptable selon les critères d'évaluation considérés. La poursuite de ces interventions constitue alors une approche intéressante pour maintenir des largeurs de plage adéquates. Dans l'éventualité où une stabilisation accrue de la berge serait souhaitée, par contre, l'aménagement de structures de rétention des sédiments (épis, brise-lames) supplémentaires, ou la modification des structures existantes, serait requis.

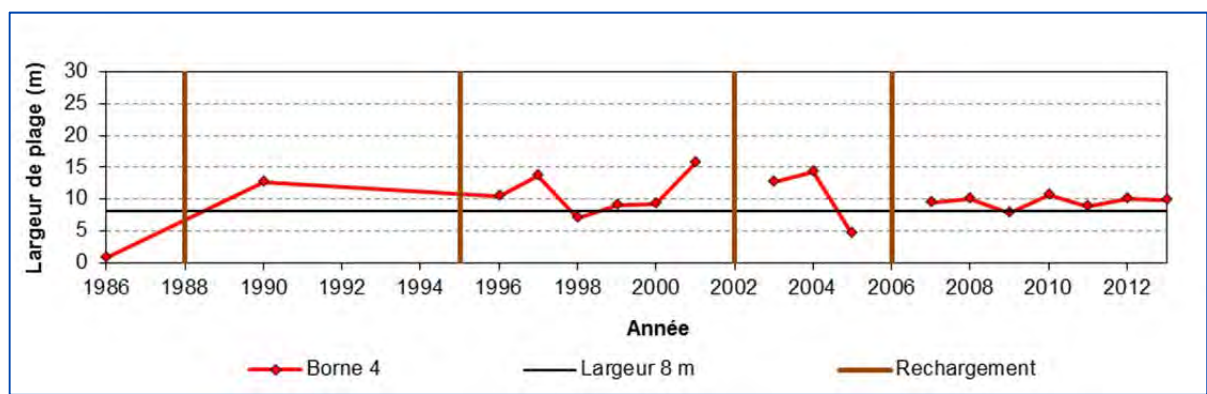


Figure 3-32. Mashteuiatsh – Évolution de la largeur de plage (borne 4)

L'érosion observée suggère que les épis existants ne parviennent pas à retenir tous les sédiments déposés sur la plage. Les facteurs qui peuvent affecter l'efficacité de ce type d'ouvrage incluent un ratio espacement/longueur trop élevé, un transport transversal important ou un déficit d'apports sédimentaires.

La distance qui sépare les épis 1, 2 et 3 est évaluée à environ 250 m, alors que les structures possèdent une longueur approximative de 90 m. Le ratio espacement/longueur se chiffre donc à près de 2,8, ce qui demeure à l'intérieur de la plage recommandée par le *Coastal Engineering Manual* (USACE 2008), qui propose une valeur entre 2 et 3. Malgré le respect de ce critère de conception, une solution potentielle pour stabiliser davantage le trait de côte pourrait être d'envisager une réduction du ratio en aménageant un épi intermédiaire entre chaque ouvrage existant.

Dans l'éventualité où une caractérisation plus exhaustive de la dérive littorale (ex. par modélisation) démontrerait une composante de transport sédimentaire transversale importante, des structures adaptées à ce type de dynamique pourraient être envisagées. Cette approche pourrait alors inclure l'aménagement de brise-lames détachés ou la modification de l'extrémité des épis existants pour en faire des structures en forme de L ou de T. Ces géométries permettent généralement de réduire les courants de retour le long des structures, lesquels peuvent éroder une partie importante de sédiments entre les épis sous certaines conditions de tempêtes.

Finalement, la sous-performance des épis pourrait être liée à un déficit d'apports sédimentaires provoqué par la présence d'un tronçon de berges peu érodable situé immédiatement à l'est. Un déséquilibre entre le taux de transport effectif et la capacité de transport totale est généralement

observé dans ce type de transition et la dérive littorale cherche à combler le déficit en emportant les matériaux disponibles sur la plage. L'épi situé à proximité de la borne 3 (épi 2) capte quant à lui les matériaux en transit et prive le secteur en aval d'apport solide. Un raccourcissement de cette structure pourrait donc favoriser une plus grande migration de sédiments vers l'ouest.

SITES 90.07.03 ET 90.08.01 (BORNES 31 À 33)

Le tronçon de plage situé entre les bornes 31 et 33 a fait l'objet de quatre rechargements (1990, 1997, 2008 et 2015) dans le cadre du PSBLSJ. Les deux premières interventions, ainsi que la dernière, ont été réalisées avec du gravillon, selon un taux de rechargement approximatif de 50 t/m. Du sable a quant à lui été mis en place lors de la troisième intervention, avec un taux de rechargement beaucoup plus faible de 5 t/m.

Malgré ces interventions, le trait de côte a subi un recul systématique après chaque rechargement (Figure 3-33). Des largeurs de plages ont également été observées devant les bornes 32 et 33 à plusieurs reprises.

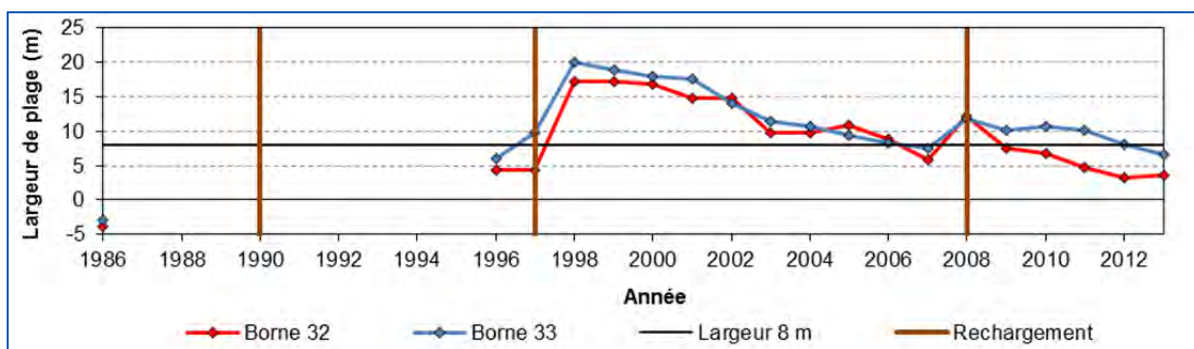


Figure 3-33. Mashteuiatsh – Évolution des largeurs de plage (bornes 32 et 33)

La problématique d'érosion observée dans ce secteur pourrait être liée la présence d'un point de divergence de la dérive littorale situé à proximité des bornes 31 et 32. Les apports sédimentaires pourraient donc être naturellement faibles, ce qui contribue à maintenir un déficit de matériaux sur le tronçon de plage concerné. Ce déficit aurait alors augmenté les processus d'érosion et les sédiments disponibles sur la plage auraient été emportés par la dérive littorale.

Une analyse de photographies aériennes prises au printemps 2012 (source : Google Earth 2015) révèle quant à elle la présence de barres infralittorales environ 75 m au large de la côte. Ces barres pourraient exercer une influence sur le niveau de sollicitation observé sur la plage. Lorsque présentes, il est possible qu'elles provoquent le déferlement des vagues plus au large et réduisent l'énergie atteignant la côte. Cependant, en présence de conditions hydrodynamiques particulières, elles pourraient se déplacer ou s'effacer temporairement. Ceci rend alors la côte plus vulnérable à l'attaque des vagues. Les périodes d'érosion prononcée observées dans le secteur pourraient donc être liées à un comportement cyclique de réduction du volume de ces barres.

La pérennité des rechargements (7 ans entre 1990 et 1997) a néanmoins été optimale selon les critères d'évaluation considérés. La poursuite de ces interventions constitue alors une approche acceptable pour maintenir une qualité de plage satisfaisante. Une alternative pour améliorer la durée des rechargements pourrait quant à elle inclure une augmentation de la longueur de la zone d'intervention, ou l'utilisation d'un taux de rechargement plus élevé.

L'aménagement de structures de rétention des sédiments (épis, brise-lames) pourrait également être envisagé pour retenir les sédiments plus longtemps sur leur lieu de dépôt. Les ouvrages devraient cependant être construits de manière à couvrir l'ensemble de la zone de transport, ou assurer une transition graduelle entre la zone de structures et le tronçon de plage non protégé, afin d'éviter de créer des zones d'érosion dans les secteurs adjacents. Des études complémentaires devraient cependant être réalisées afin d'analyser l'efficacité de ces solutions, ainsi que leurs impacts potentiels anticipés.

3.5.6.2 SECTEUR DE BERGES

Un peu plus de 30 % (1,8 km sur 5,8 km) du secteur de berges a fait l'objet de travaux de stabilisation depuis 1986 (Tableau 3-22). L'envergure des travaux démontre une tendance à la baisse des longueurs d'interventions entre 1986 et 2013 et la séquence des interventions ne révèle quant à elle pas d'impacts sur les zones adjacentes aux sites d'interventions. D'autre part, peu de travaux d'entretien ont été requis, outre la réhabilitation d'un mur en gabion (longueur de 0,2 km). Une description des travaux réalisés à cet endroit est présentée à la section suivante de ce document.

SITE 90.07.02

Le secteur concerné ceinture une avancée locale du trait de côte, située au sud de la pointe Bleue (Figure 3-34). Un mur en gabion de 230 m a été aménagé sur ce tronçon de berges en 1990. L'ouvrage a cependant subi des dommages au cours des années subséquentes, particulièrement à sa base, et des réparations ont dû être effectuées en 2010. Les activités réalisées dans le cadre de cette deuxième intervention incluaient des réparations locales aux paniers métalliques, la mise en place d'un perré à la base de la structure et l'aménagement de végétaux en crête. Un épi de 45 m a également été construit par d'autres pour protéger une rampe de mise à l'eau.

La période de 20 ans entre la construction et la réfection de l'aménagement, combinée à l'absence d'événements exceptionnels précédant les travaux de réhabilitation, semble indiquer que la dégradation de l'ouvrage a été progressive. Elle résulte probablement d'un niveau de sollicitation trop élevé pour ce type de structure, généralement mal adapté et peu résistant à l'action des glaces. Les travaux d'enrochement réalisés en 2010 devraient cependant avoir réussi à stabiliser l'ouvrage et augmenter sa résistance. Aucun dommage à la structure n'a été répertorié depuis la réhabilitation.

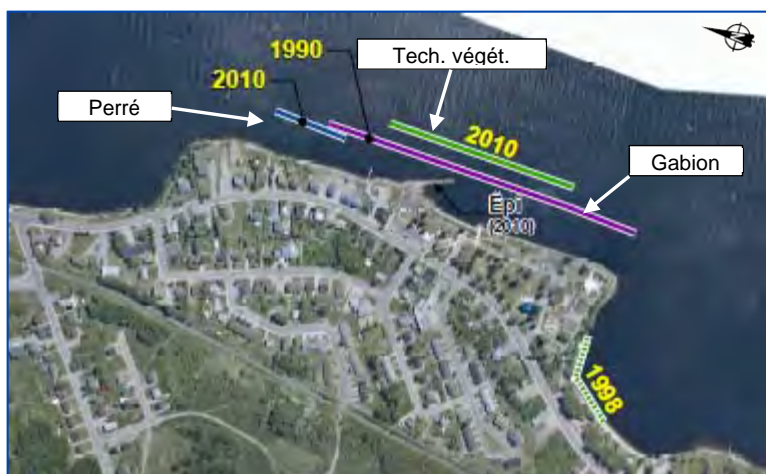


Figure 3-34. Mashteuiatsh – Localisation du mur de gabion ayant fait l'objet de travaux d'entretien

3.6 SECTEUR SAINT-FÉLICIEN (SAINT-MÉTHODE)

3.6.1 CARACTÉRISATION DU SECTEUR

Le secteur de Saint-Méthode est situé sur la rive nord-ouest du lac Saint-Jean et fait partie de la région de Saint-Félicien. Le domaine à l'étude forme une pointe entre les embouchures des rivières Ashuapmushuan et Ticouapé et s'étend sur environ 16 km. Une vue d'ensemble de la région et des interventions réalisées depuis 1986 est présentée à l'annexe A. Les analyses présentées dans ce chapitre se limitent à une étude des interventions et des suivis réalisés uniquement sur cette pointe et excluent les régions situées plus en amont dans les rivières Ashuapmushuan et Mistassini.

La côte est généralement orientée selon un axe nord-sud et est principalement caractérisée par une plage faisant partie du Programme de suivi annuel (longueur d'environ 7 km). Deux zones de berges se situent également de part et d'autre de cette plage. La zone située au sud couvre un tronçon d'environ 4 km le long de la rivière Ashuapmushuan, alors que celle située au nord chevauche une région littorale du lac Saint-Jean, entre la plage et le ruisseau Girard (environ 3 km), ainsi qu'un tronçon d'environ 2 km longeant la rivière Ticouapé.

Les sédiments présents dans la zone de plages étaient initialement de nature sablonneuse avant la mise en œuvre du PSBLSJ (Marsan 1983b). Du gravillon a ensuite été déposé lors des rechargements réalisés à compter de 1986. Les rivières Ticouapé et Mistassini peuvent également contribuer à l'apport de sédiments. Toutefois, l'absence d'accumulations significatives et l'érosion persistante observée à certains endroits sur la côte laissent croire que l'influence de ces sources d'apports demeure marginale. Il est probable qu'une grande partie des matériaux se déposent plus au large.

Le secteur sans plage situé dans la rivière Ashuapmushuan est quant à lui caractérisé par des matériaux de nature sablonneuse, alors que de l'argile et du sable sont présents dans le secteur de la rivière Ticouapé (Marsan 1983b).

La Carte 3-6 et la 3-35 présentent un échantillon des profils transversaux pour l'ensemble de la région. De façon générale, la berge demeure relativement basse, avec un haut de talus situé entre les élévations 103 et 104 m. Un relief légèrement plus élevé est observé dans les secteurs amont des rivières (profils 10-Brg-01, 10-Brg-02 et 10-Brg-05), où la berge atteint une élévation entre 105 et 106 m. La pente des berges et de l'estran demeure forte partout. Elle est évaluée à environ 10 % dans la zone de plages et 30 % dans les zones de berges. Le secteur de la rivière Ashuapmushuan (profils 10-Brg-01 à 10-Brg-03) est d'ailleurs caractérisé par un rivage particulièrement escarpé.

Le littoral dans la zone de plages demeure malgré tout peu profond et un plateau est observé à une élévation approximative de 100 m. Ce plateau se prolonge généralement à une distance d'environ 100 à 150 m au pied de la plage, mais peut parfois atteindre une distance de plus de 300 m (profil 10-Plg-05). En dessous de cette élévation, la pente infralittorale demeure faible et généralement inférieure à 1 %. Étant situé sur la plateforme deltaïque des rivières Ashuapmushuan, Mistassini et Péribonka, le fond marin au large se maintient à une élévation de 97 à 98 m.

Dans le secteur de la rivière Ashuapmushuan, la forme des profils est plus hétérogène. L'élévation du pied de talus varie entre 96 et 100 m. Le profil 10-Brg-03 semble également indiquer la présence d'un chenal d'écoulement à proximité du rivage. Plus au nord (profils 10-Brg-04 et 10-Brg-05), le fond marin est moins profond et la pente infralittorale demeure très faible (moins de 0,5 %).

Avant la mise en œuvre du PSBLSJ, l'extrémité sud de la plage a fait l'objet de plusieurs rechargements à partir de sédiments prélevés par dragage entre les années 1969 et 1981. D'autre part,

selon la base de données Geotopus, des travaux d'empierrement ont été réalisés dans les années 1930 et 1980 sur les rives des rivières Ashuapmushuan et Ticouapé.

Depuis la mise en œuvre du PSBLSJ, les rechargements se sont poursuivis. L'approvisionnement en matériaux s'est toutefois effectué à partir de bancs d'emprunt terrestres. Plusieurs structures de rétention des sédiments (épis et brise-lames) ont également été aménagées. La protection des berges dans les secteurs sans plage s'est quant à elle poursuivie avec la mise en place de perrés et d'empierrement 25-150 mm.



Rio Tinto Alcan
 Programme de stabilisation des berges
 du lac Saint-Jean 2017-2026
 Étude d'impact sur l'environnement

**Localisation des profils transversaux
 Secteur 10 - Saint-Félicien
 (Saint-Méthode)**

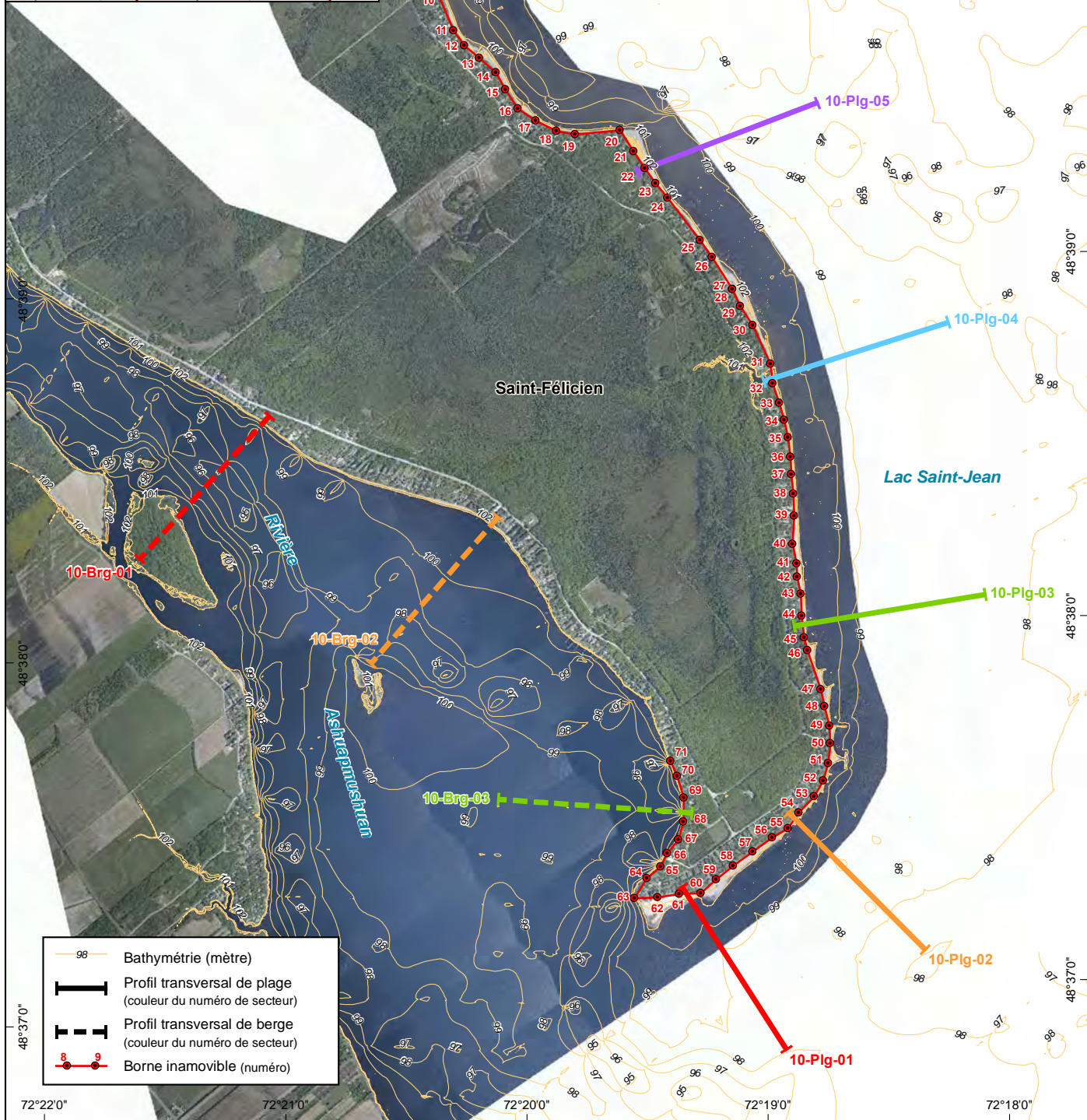
Source : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay

Échelle : 1 : 30 000
 0 300 600 m
 UTM, fuseau 19, NAD83

Carte 3-6
 Feuille 1 de 2

Septembre 2015

141-21260-00_c3-6_wspT067_ProfilSt-Methode_150929.mxd



	Bathymétrie (mètre)
	Profil transversal de plage (couleur du numéro de secteur)
	Profil transversal de berge (couleur du numéro de secteur)
	Borne inamovible (numéro)



Rio Tinto Alcan
 Programme de stabilisation des berges
 du lac Saint-Jean 2017-2026
 Étude d'impact sur l'environnement

**Localisation des profils transversaux
 Secteur 10 - Saint-Félicien
 (Saint-Méthode)**

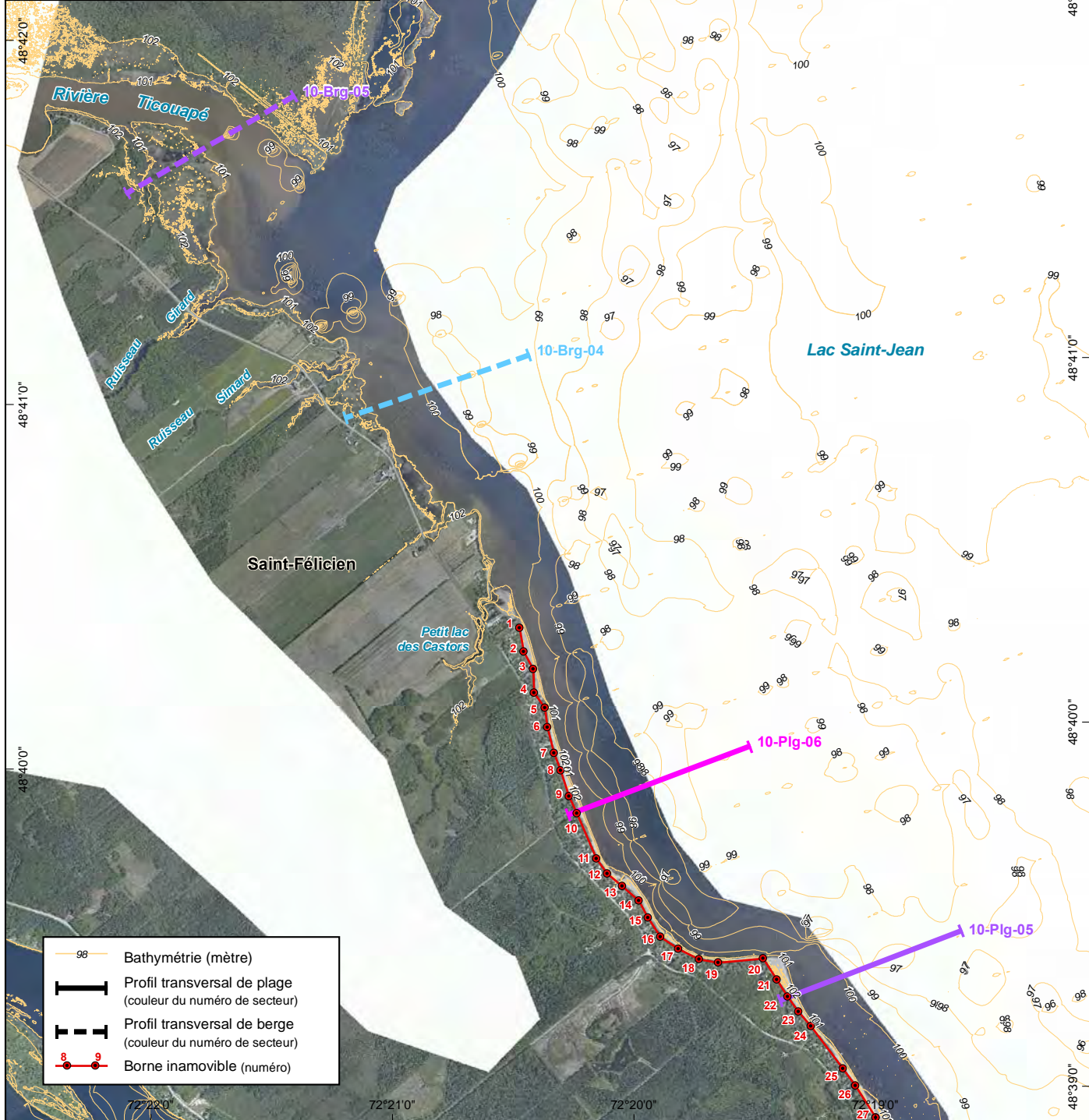
Source : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay

Échelle : 1 : 30 000
 0 300 600 m
 UTM, fuseau 19, NAD83

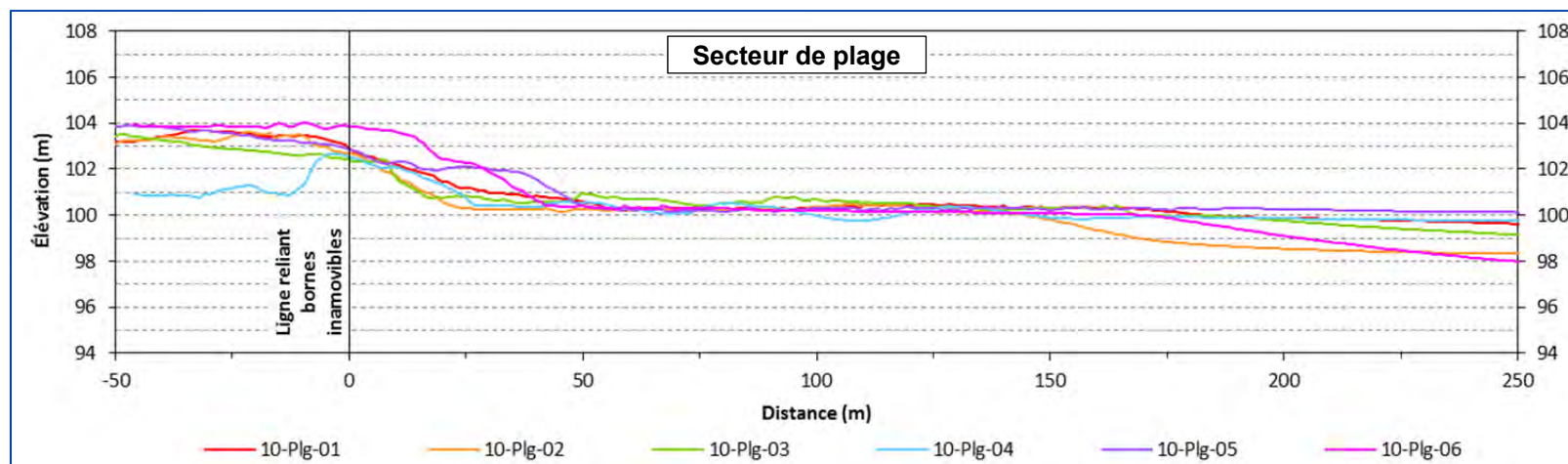
Carte 3-6
 Feuille 2 de 2

Septembre 2015

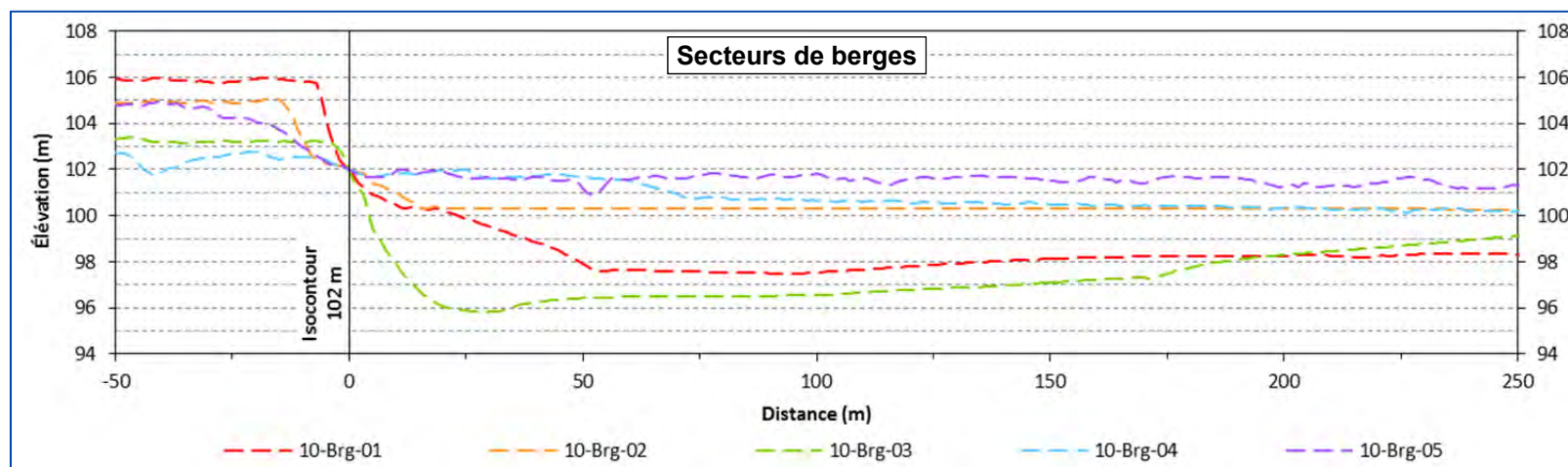
141-21260-00_c3-6_wspT067_ProfilSt-Methode_150929.mxd



- Bathymétrie (mètre)
- Profil transversal de plage
(couleur du numéro de secteur)
- Profil transversal de berge
(couleur du numéro de secteur)
- Borne inamovible (numéro)



(a)



(b)

Figure 3-35. Saint-Félicien (Saint Méthode) – Profils transversaux : (a) secteur de plage et (b) secteurs de berge

3.6.2 ENVERGURE DES TRAVAUX

3.6.2.1 SECTEUR DE PLAGE

Le Tableau 3-26 présente l'envergure des travaux réalisés dans le secteur de la plage. Environ le trois quarts de ces travaux ont été effectués lors de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ (1986-1995). Les interventions ont toutes été constituées de rechargements de gravillon. Plusieurs structures de rétention des sédiments (épîs et brise-lames) ont également été aménagées dans la partie sud de la plage. Finalement, quelques secteurs situés à l'extrémité nord ont fait l'objet d'une protection du haut de plage via la mise en place de perrés et d'accès à l'eau. La plage a été rechargée sur sa quasi-totalité (longueur nette de 7,2 km) et le volume de matériaux déposé s'élève à environ 459 000 tonnes.

Tableau 3-26. Saint-Félicien (Saint-Méthode) – Envergure des travaux dans le secteur de la plage

ANNÉE	TYPE D'INTERVENTION	LONGUEUR TOTALE DES TRAVAUX (m)	LONGUEUR DES TRAVAUX D'ENTRETIEN (m)	QUANTITÉ DE MATÉRIAUX DÉPOSÉS (tonnes)
1988	Rechargement de gravillon	1 930	0	112 400
1989	Rechargement de gravillon	1 389	0	41 000
1990	Épîs (4)		1 x 88 m; 1 x 72 m; 2 x 54 m	
	Brise-lames (1)		1 x 90 m	
	Rechargement de gravillon	2 014	0	75 400
1991	Rechargement de gravillon	1 590	0	51 900
1993	Rechargement de gravillon	920	920	55 200
1994	Épî (1)		1 x 10 m	
	Rechargement de gravillon	80	80	1 000
1995	Accès à l'eau (1 descente)		1 x 4 m	
	Perré neuf	56	56	N/A
	Rechargement de gravillon	500	500	22 500
1998	Perré neuf	40	40	N/A
	Rechargement de gravillon	420	420	8 000
1999	Épîs (6)		2 x 20 m; 1 x 15 m; 3 x 12 m	
	Rechargement de gravillon	425	225	18 400
2002	Accès à l'eau (1 descente)		1 x 4 m	
	Perré neuf	24	24	N/A
	Rechargement de gravillon	470	470	16 600
2005	Brise-lames (1)		1 x 5 m	
	Rechargement de gravillon	320	320	14 200
2006	Rechargement de gravillon	620	425	21 200
2008	Rechargement de gravillon	251	251	15 000
2011	Rechargement de gravillon	180	180	6 000
Total <i>(excluant épîs, brise-lames et accès à l'eau)</i>	1986-1995	8 479	1 556 (18 %)	359 400
	1996-2005	1 699	1 499 (88 %)	57 200
	2006-2013	1 051	856 (81 %)	42 200
	1986-2013	11 229	3 991 (35 %)	458 800

3.6.2.2 SECTEURS DE BERGE

Le Tableau 3-27 présente l'envergure des travaux réalisés sur les berges sans plage. Les interventions incluent la mise en place de perrés, d'empierrements 25-150 mm, de rechargement de gravillon et l'utilisation de techniques mixtes. Soixante accès à l'eau ont également été aménagés.

Un effort de stabilisation considérable a été déployé dans la rivière Ashuampushuan, alors que 3,7 km de rives ont fait l'objet d'interventions. C'est également à cet endroit que la plupart des accès à l'eau ont été aménagés. L'envergure des travaux réalisés dans le secteur nord a quant à elle été plus faible, alors que 1,2 km de berges ont été durcis.

L'envergure globale des travaux démontre une diminution progressive des longueurs d'intervention au cours des trois décennies de mise en œuvre du PSBLSJ. La longueur nette de rives protégées a été de 4,8 km entre 1986 et 1995 et n'a augmenté que de 0,2 km entre 1996 et 2005. Elle est ensuite demeurée inchangée au cours de la dernière période de référence (2006-2013), alors que les quelques interventions effectuées ont été consacrées à des travaux d'entretien. Les travaux d'entretien se sont limités à la réhabilitation d'un perré d'environ 400 m situé à l'extrémité sud de la pointe Saint-Méthode, entre les bornes 66 et 71.

Tableau 3-27. Saint-Félicien (Saint-Méthode) – Envergure des travaux dans les secteurs de berge

ANNÉE	TYPE D'INTERVENTION	LONGUEUR TOTALE DES TRAVAUX (m)	LONGUEUR DES TRAVAUX D'ENTRETIEN (m)
1986	Accès à l'eau (12 descentes)		12 x 6 m
	Perré neuf	450	0
1988	Perré neuf	58	0
1989	Accès à l'eau (30 descentes)		26 x 5 m; 2 x 4 m; 2 x 3 m
	Perré neuf	492	0
1990	Accès à l'eau (1 descente)		1 x 8 m
	Perré neuf	265	0
1991	Accès à l'eau (6 descentes)		1 x 11 m; 4 x 5 m; 1 x 3 m
	Perré neuf	496	0
	Empierrement 25-150 mm	565	0
1993	Accès à l'eau (1 descente)		1 x 13 m
	Rechargement de gravillon (50 500 t)	1 121	0
1994	Accès à l'eau (5 descentes)		3 x 5 m; 2 x 4 m
	Perré entretien-réfection	441	0
1995	Accès à l'eau (1 descente)		1 x 8 m
	Empierrement 25-150 mm	930	0
1997	Accès à l'eau (2 descentes)		2 x 4 m
	Perré neuf	82	0
	Perré entretien-réfection	435	378
	Empierrement 25-150 mm	20	0
2012	Perré avec tech. végét. (mixtes)	26	26
Total (excluant accès à l'eau)	1986-1995	4 818	0 (0 %)
	1996-2005	537	378 (70 %)
	2006-2013	26	26 (100 %)
	1986-2013	5 381	404 (8 %)

3.6.2.3 ENVERGURE DE L'ENSEMBLE DES TRAVAUX

Le Tableau 3-28 présente l'envergure des travaux réalisés dans l'ensemble du secteur, par type d'intervention. Il est possible de constater que l'envergure globale des travaux réalisés pendant les périodes 1996-2005 et 2006-2013 (incluant les travaux d'entretien) a été d'environ 17 % et 8 %, respectivement, de celle observée lors de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ. La longueur nette de berges protégées a quant à elle été de 12,0 km pour la période 1986-1995. Cette valeur a ensuite cru d'environ 0,4 km en 1996-2005, puis de 0,2 km en 2006-2013.

Depuis 1986, les travaux de rechargements ont été le type d'intervention le plus fréquent réalisé dans l'ensemble du secteur (longueur totale de 12,2 km). Le gravillon a été le seul type de matériaux utilisé et l'envergure des rechargements a diminué progressivement au cours des trois décennies de mise en œuvre du PSBLSJ. Le taux de rechargement moyen a été d'environ 40 t/m.

Outre les rechargements, la mise en place de perrés a été la technique de protection la plus utilisée, avec une longueur d'intervention totale d'environ 2,8 km, suivi par les empierrements 25-150 mm (1,5 km). L'aménagement de structures de rétention des sédiments (épis, brise-lames et géotubes) dénombre quant à elle 13 ouvrages totalisant une longueur combinée de 0,5 km, alors que les accès à l'eau comptent 60 ouvrages, pour une longueur combinée d'un peu plus de 0,3 km. Finalement, 26 m de berges ont été protégés par le biais d'une technique mixte.

Tableau 3-28. Saint-Félicien (Saint-Méthode) – Envergure des travaux dans l'ensemble du secteur

TYPE DE TRAVAUX	PÉRIODE 1986-1995		PÉRIODE 1996-2005		PÉRIODE 2006-2013		PÉRIODE 1986-2013	
	LONG. TOT. (m)	ENTR. (m)	LONG. TOT. (m)	ENTR. (m)	LONG. TOT. (m)	ENTR. (m)	LONG. TOT. (m)	ENTR. (m)
Rechargement de sable	0	0	0	0	0	0	0	0
Rechargement de gravillon	9 544 (409 900 t)	1 500 (78 700 t)	1 635 (57 200 t)	1 435 (50 100 t)	1 051 (42 200 t)	856 (36 300 t)	12 230 (509 300 t)	3 791 (165 100 t)
Épis, brise-lames et géotubes	368 (6) ¹	0	96 (7) ¹	0	0	0	464 (13) ¹	0
Perré	2 258	56	581	442	0	0	2 839	498
Empierrement 25-150 mm	1 495	0	20	0	0	0	1 515	0
Accès à l'eau	306 (57) ¹	0	12 (3) ¹	0	0	0	318 (60) ¹	0
Gabions et autres	0	0	0	0	0	0	0	0
Techniques végétales	0	0	0	0	0	0	0	0
Techniques mixtes	0	0	0	0	26	26	26	26
Total (excluant épis, brise-lames et géotubes)	13 603	1 559 (11 %)	2 248	1 877 (83 %)	1 077	882 (82 %)	16 928	4 315 (25 %)

¹ Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre d'ouvrages mis en place.

3.6.3 CONDITIONS ÉROSIVES

3.6.3.1 CLIMAT DE VAGUES

Le climat de vagues auquel est exposé le secteur est majoritairement caractérisé par des vagues en provenance de l'est et de l'est-sud-est (Lasalle-NHC 2015). Les radiales selon cette direction atteignent d'ailleurs environ 40 km.

3.6.4 DÉRIVE LITTORALE

Une dérive littorale divergente est observée dans la partie sud de la plage. Le secteur situé entre les bornes 52 et 63 est caractérisé par une dérive orientée vers l'ouest, alors qu'entre les bornes 20 et 50, le transport s'effectue plutôt vers le nord. La zone de transition entre les bornes 50 et 52 est quant à elle susceptible d'être soumise à composante transversale dominante du transport. Le trait de côte à cet endroit est d'ailleurs orienté selon un axe perpendiculaire à la direction de provenance des vagues les plus fréquentes.

Dans la partie nord de la plage (bornes 1 à 20), les courants fluviaux provenant de la rivière Mistassini, et se dirigeant vers le sud, s'opposent aux courants littoraux générés par les vagues, et se dirigeant vers le nord. Ce déséquilibre affecte le déplacement des sédiments à divers degrés le long de la plage et le transport net de matériaux varie selon les conditions hydrodynamiques qui prévalent.

3.6.5 LARGEURS DE PLAGE

Le Tableau 3-29 et la Figure 3-36 présentent les statistiques générales des largeurs mesurées sur la plage. Il est important de souligner que ces indicateurs ne tiennent pas compte d'un tronçon de rive d'environ 0,8 km situé entre les bornes 63 et 73, alors qu'aucune plage n'est présente devant ces repères.

Au cours de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ (1986 à 1996), la largeur moyenne de plage a augmenté de 10 à 25 m. La largeur maximale est quant à elle passée de 54 à 74 m, alors que la largeur minimum n'a pas changé de façon significative. Un léger recul a même été observé.

À compter de 1996, la largeur moyenne s'est maintenue entre 23 et 27 m. La largeur maximale a quant à elle poursuivi une légère croissance, pour atteindre un sommet de 92 m en 2010. Cet indicateur est ensuite replié à 83 m en 2013. Une chute brusque et soudaine a été observée en 2003 et 2004, mais cette variation pourrait être attribuée à des irrégularités dans le protocole de suivi plutôt qu'un recul véritable du trait de côte. En effet, la largeur de plage devant la borne 62 n'était pas disponible pour l'année 2003 et la forme du trait de côte relevée en 2004 demeure anormale et incertaine. La largeur minimum a quant à elle oscillé entre 0,2 et 6 m jusqu'en 2008, après quoi elle a subi une légère croissance et s'est maintenue entre 3 et 8 m.

Les largeurs minimales se sont généralement manifestées dans les parties centre et sud de la plage. Le déplacement fréquent du point de largeur minimum a été provoqué par de petites variations observées à des endroits où les largeurs de plage sont très similaires. Les largeurs maximales ont quant à elles principalement été observées dans la zone d'accumulation observée devant la borne 62.

Tableau 3-29. Saint-Félicien (Saint-Méthode) – Statistiques des largeurs de plage

ANNÉE	LARGEUR MINIMALE (m)	LARGEUR MOYENNE (m)	LARGEUR MAXIMALE (m)
1986	0,8 (27) ¹	10,3	53,8 (62) ¹
1990	n/d	n/d	n/d
1996	0,2 (52)	24,6	73,6 (62)
1997	5,9 (52)	26,1	74,1 (62)
1998	1,9 (52)	24,5	77,9 (62)
1999	1,5 (55)	24,7	73,5 (62)
2000	5,8 (31)	26,6	78,6 (62)
2001	3,0 (60)	26,9	84,3 (62)
2002	2,6 (60)	25,5	81,5 (62)
2003	2,1 (60)	23,5	50,1 (29)
2004	4,3 (31)	23,8	49,7 (62)
2005	3,7 (31)	25,6	84,0 (62)
2006	3,9 (31)	26,2	81,2 (62)
2007	2,0 (60)	25,8	82,7 (62)
2008	0,4 (60)	25,1	83,0 (62)
2009	6,2 (49)	25,7	80,7 (62)
2010	7,9 (52)	27,0	91,5 (62)
2011	2,8 (55)	26,8	88,4 (62)
2012	6,4 (45)	27,4	86,1 (62)
2013	5,1 (31)	26,4	82,9 (62)

¹ Les valeurs entre parenthèses indiquent le numéro de la borne inamovible à laquelle est observée la largeur de plage extrême.

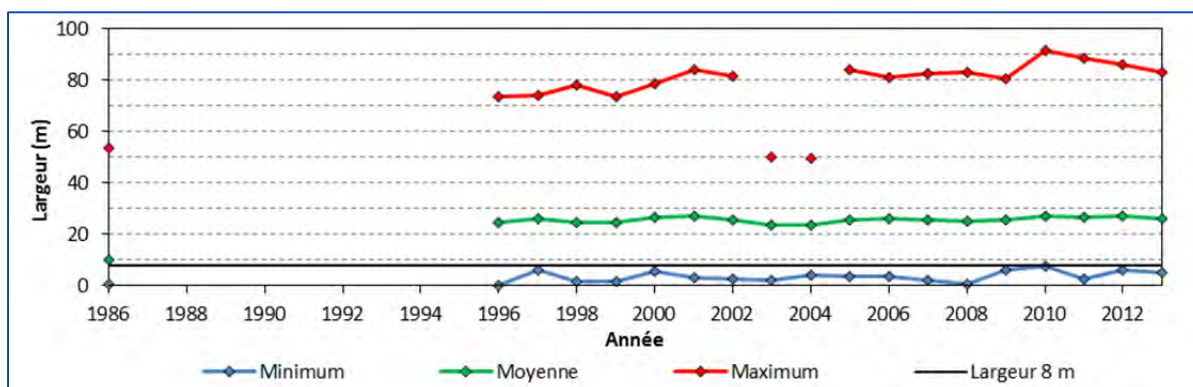


Figure 3-36. Saint-Félicien (Saint-Méthode) – Évolution des largeurs de plage minimale, moyenne et maximale

3.6.6 ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX (APPROCHE GLOBALE)

3.6.6.1 SECTEUR DE PLAGE

La Figure 3-37 présente l'évolution de la largeur moyenne de la plage avec la quantité de matériaux déposés depuis 1986. Le graphique indique que les matériaux déposés lors de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ ont principalement servi à accroître la largeur moyenne de la plage. À compter de 1996, par contre, les volumes de rechargements ont plutôt été destinés à maintenir cet accroissement.

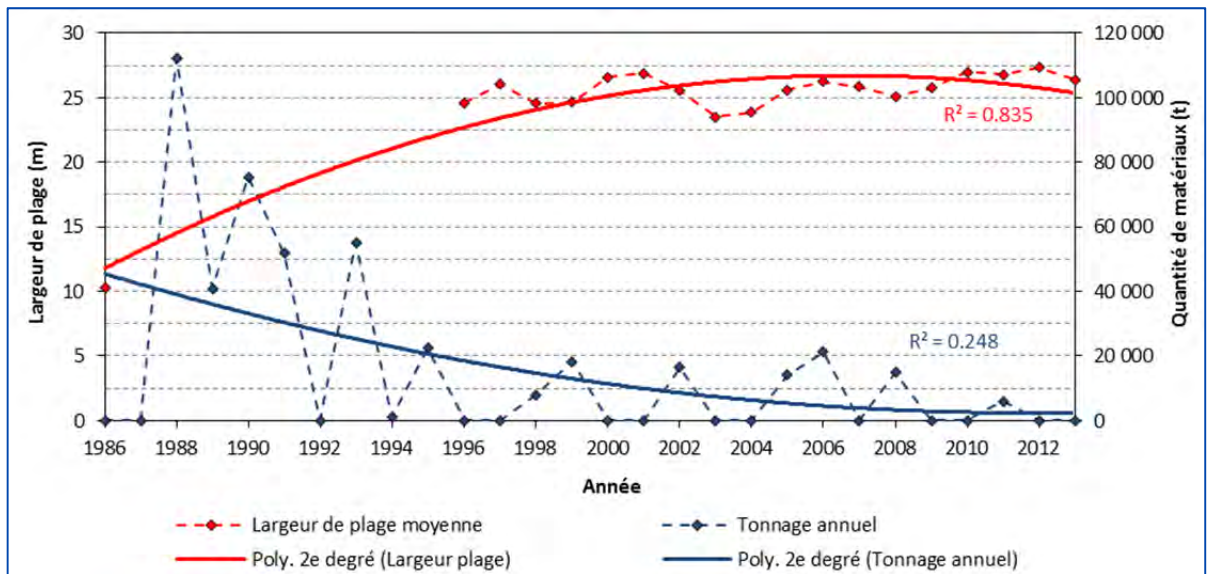


Figure 3-37. Saint-Félicien (Saint-Méthode) – Évolution de la largeur moyenne de plage et de la quantité de matériaux déposés

Globalement, la performance des interventions réalisées dans ce secteur répond de façon raisonnable aux critères d'évaluations. Les travaux ont permis de maintenir une largeur moyenne de plage supérieure au seuil minimum de 8 m, mais la récurrence de certains rechargements a été inférieure au seuil jugé acceptable, voire optimal (5 à 7 ans). Les rechargements les plus fréquents ont été réalisés selon une récurrence de 3 ans (bornes 30 à 31).

Une analyse détaillée des largeurs de plage et de la séquence des interventions révèle quant à elle une sensibilité accrue à l'érosion à quelques endroits sur la plage. D'une part, l'arpentage annuel démontre que des largeurs inférieures à 8 m ont été observées sur plus d'une année devant les bornes consignées au Tableau 3-30. D'autre part, un nombre élevé de rechargements ont été réalisés sur les tronçons de plage situés entre les bornes 13 à 18 (six interventions en 25 ans), 30 à 31 (six interventions en 26 ans), ainsi que 54 à 56 (six interventions en 24 ans). Une description des travaux réalisés dans chacun de ces secteurs, ainsi qu'une analyse de leur efficacité et des solutions potentielles aux problématiques observées sont présentées aux sections suivantes de ce document.

La répartition des rechargements n'a cependant pas été régulière sur l'ensemble de la plage et une grande partie du rivage n'a fait l'objet que d'une ou deux interventions depuis 1986. L'historique des travaux démontre quant à lui une diminution progressive de la quantité moyenne de matériaux mis en place lors des rechargements. De 1986 à 1995, le volume moyen s'élevait à plus de

51 000 tonnes/année, alors qu'il était plutôt de 14 000 tonnes/année pendant les deux périodes de référence suivantes (1996-2006 et 2006-2013).

Tableau 3-30. Saint-Félicien (Saint-Méthode) – Bilan des largeurs de plage dans les secteurs sensibles

BORNE	NOMBRE D'ANNÉES AVEC LARGEUR DE PLAGE INFÉRIEURE À 8 m
20	2 (18) ¹
31	10 (17)
45	2 (18)
49	4 (18)
52	8 (18)
55	12 (17)
56	2 (18)
60	8 (15)

¹ Les nombres indiqués entre parenthèses indiquent le nombre total d'années où des suivis ont été réalisés (excluant les années 1986, qui précède la mise en place de la plupart des rechargements dans ce secteur, et 1990, pour laquelle les largeurs de plage n'étaient pas disponibles).

ÉPIS ET BRISE-LAMES

Le secteur dénombre 13 structures de rétention des sédiments, soit 11 épis et deux brise-lames. Ces ouvrages sont tous localisés dans la partie sud de la plage, entre les bornes 45 et 56.

Les structures situées entre les bornes 45 et 51, construites en 1990 (quatre épis et un brise-lames), ont été parmi les plus efficaces, dans la mesure où peu de rechargements ont été réalisés entre les ouvrages après leur construction et les largeurs de plages sont demeurées relativement stables. L'image aérienne présentée sur la carte des interventions historiques (annexe A) révèle également d'importantes accumulations de sédiments dans leurs zones d'influence respectives. D'autre part, les aménagements ne semblent pas avoir provoqué de zones d'érosion significatives dans les secteurs adjacents, outre que sur un court tronçon de plage situé au nord de l'épi 4 (borne 45). Le recul du trait de côte à cet endroit est malgré tout demeuré relativement lent et n'a pas nécessité une fréquence de rechargements particulièrement élevée.

Une légère sous-performance de l'épi 1 (borne 49) est toutefois constatée, alors que la quantité de matériaux captée par cet aménagement demeure relativement faible par rapport à la longueur de l'ouvrage. Ce résultat pourrait être lié à une composante transversale du transport de sédiments encore élevé à cet endroit.

Le petit brise-lames (5 m) construit en 2005 dans ce même secteur (borne 49) semble quant à lui avoir été peu efficace, alors qu'aucun gain significatif des largeurs de plage n'a été observé derrière l'aménagement. La longueur de l'ouvrage pourrait être à l'origine de cette sous-performance, alors que sa zone d'influence est demeurée trop courte pour affecter la position du trait de côte.

Les structures situées entre les bornes 51 et 56, construites en 1994 (un épi) et 1999 (six épis), ont quant à elles eu une efficacité plus nuancée. Ces aménagements plus courts ont permis de réaliser certains gains au niveau des largeurs de plage et de réduire la fréquence d'intervention entre les ouvrages, notamment entre les bornes 54 et 56, mais ne semblent pas avoir réussi à maintenir une pérennité de rechargements aussi satisfaisante que dans la zone de structures plus au nord. La quantité de matériaux retenue entre les bornes 51 et 53 est également demeurée relativement petite.

Des apports de sédiments faibles à la tête du champ d'épis (bornes 51-52), ou une composante transversale de transport de sédiment élevé pourraient être à l'origine de cette perte continue de matériaux. Une augmentation de la longueur des structures pourrait possiblement permettre de retenir une plus grande quantité de sédiments sur la plage. Des études complémentaires devraient être réalisées afin de vérifier cette hypothèse et d'analyser l'efficacité de solutions potentielles alternatives.

SITE 91.10.02-2 (BORNE 60)

Le tronçon de plage situé à proximité de la borne 60 est très particulier en raison de la forme que prend le trait de côte à cet endroit. Des barres d'accrétion se sont formées et semblent se déplacer progressivement vers l'ouest. Ces formations provoquent des variations importantes des largeurs de plage et des largeurs inférieures à 8 m ont été observées devant la borne 60 jusqu'en 2008 (Figure 3-38). Malgré tout, le secteur n'a fait l'objet que d'un seul rechargement dans le cadre du PSBLSJ.

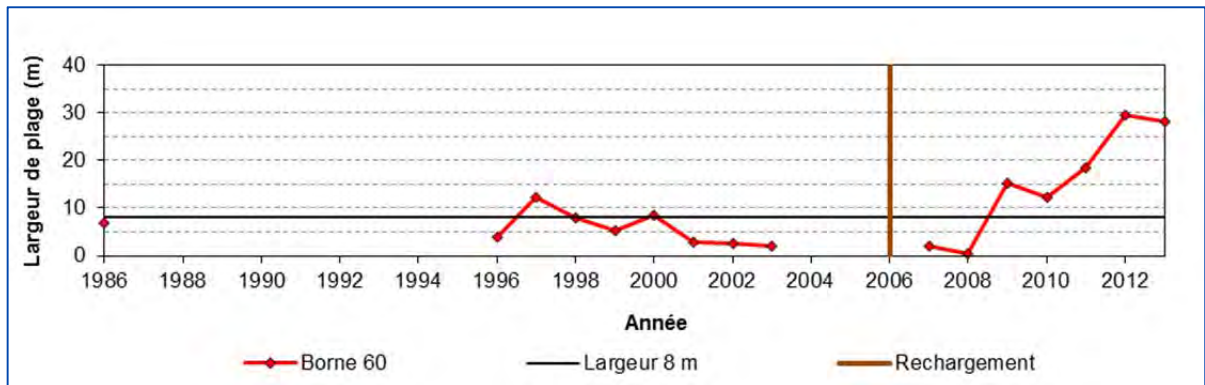


Figure 3-38. Saint-Félicien (Saint-Méthode) – Évolution de la largeur de plage (borne 60)

La dynamique hydrosédimentaire dans ce secteur est très complexe en raison de la convergence de courants littoraux, générés par les vagues, et de courants fluviaux, en provenance de la rivière Ashuapmushuan. Des zones de turbulence et de contre-courants pourraient être à l'origine de la formation et du déplacement des barres d'accrétion. Ces formations pourraient également avoir bénéficié d'un apport en sédiments en provenance des rechargements réalisés plus à l'est (bornes 54 à 56). Une étude complémentaire devrait être réalisée afin d'analyser plus en détail ce phénomène et de proposer des solutions adaptées pour contrôler l'érosion.

En attendant les conclusions de cette étude, les interventions réalisées dans ce secteur devraient se limiter au remodelage des barres et au rechargement périodique de la plage. Il est toutefois probable que l'efficacité d'une telle approche demeure faible et de courte durée, puisque les barres d'accrétion risquent de se reformer plus ou moins rapidement.

SITE 91.10.02-2 (BORNES 54 À 57)

Le tronçon de plage situé entre les bornes 54 et 56 a fait l'objet de six rechargements en 24 ans dans le cadre du PSBLSJ. Six petits épis ont également été aménagés dans ce secteur en 1994 (un épi), 1999 (trois épis) et 2015 (deux épis). Avant l'aménagement de ces structures, la récurrence des interventions se chiffrait à 4 ans. Plus de 26 000 tonnes de matériaux ont été déposées entre 1991 et 1999, selon un taux de rechargement moyen de 45 t/m. Après la construction des épis, la récurrence des rechargements a varié entre 4 et 7 ans. Le volume de matériaux déposés lors de la dernière

période de référence (2006-2016) s'est quant à lui élevé à plus de 17 000 tonnes, avec un taux de rechargement moyen d'environ 40 t/m. Les épis semblent alors avoir contribué à réduire légèrement la sensibilité à l'érosion du secteur.

Malgré ces interventions, la plage est demeurée relativement étroite devant la borne 55 (Figure 3-39). Des largeurs inférieures à 8 m ont d'ailleurs été mesurées presque systématiquement devant ce repère tout au long de la période de suivi. Un recul important du trait de côte a également été observé devant la borne 56 entre 2000 et 2006.

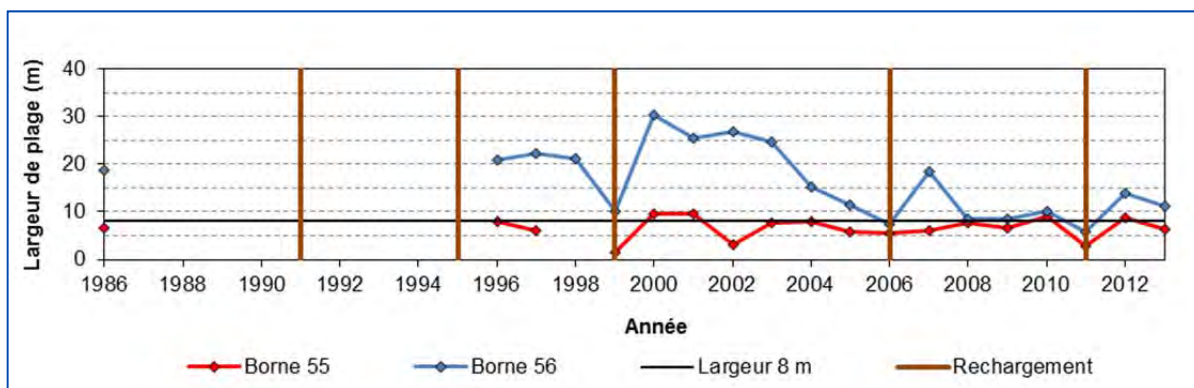


Figure 3-39. Saint-Félicien (Saint-Méthode) – Évolution des largeurs de plage (bornes 55 et 56)

La problématique d'érosion dans ce secteur semble être caractérisée par deux phénomènes distincts. Entre les épis (borne 55), la quantité de matériaux retenus sur la plage serait insuffisante pour maintenir des largeurs supérieures à 8 m. Une longueur de structures trop petite, ou un transport transversal important pourrait être à l'origine de cette situation.

À l'ouest des épis (borne 56), un déficit d'apports sédimentaires serait quant à lui responsable du recul du trait de côte observé. Les aménagements auraient perturbé la migration de matériaux le long de la plage et privé le secteur en aval d'apports solides. Les matériaux présents sur la plage auraient donc été emportés par la dérive littorale.

La pérennité des rechargements depuis 1999 (4 à 7 ans) a néanmoins été raisonnablement bonne. Les deux petits épis ajoutés récemment à l'ouest des aménagements existants devraient quant à eux aider à retenir davantage de matériaux sur la plage et à stabiliser le trait de côte. La poursuite des rechargements pourrait donc être envisagée pour maintenir une qualité de plage satisfaisante.

Dans l'éventualité où une perte de matériaux persiste dans le secteur, le prolongement des structures existantes, ou la modification de leur extrémité pour en faire des épis en T pourraient être envisagés. Des études complémentaires devraient cependant être réalisées au préalable afin d'analyser l'efficacité des solutions proposées et les impacts potentiels anticipés dans les secteurs adjacents.

SITE 91.10.02-2 (BORNES 51 À 53)

Le tronçon de plage situé entre les bornes 51 et 53 a fait l'objet de deux rechargements (1999 et 2006) dans le cadre du PSBLSJ, avec un taux de rechargement moyen d'environ 45 t/m. D'autre part, trois petits épis ont été aménagés dans ce secteur en 1999.

Les suivis d'arpentage suggèrent que ces ouvrages auraient contribué à stabiliser le trait de côte à cet endroit, alors les largeurs de plage relevées devant la borne 52 ont subi une légère augmentation à compter de 1999 (Figure 3-40). La plage est malgré tout demeurée relativement étroite et des largeurs inférieures à 8 m ont été observées devant ce repère à quelques reprises par la suite (2003, 2005 et 2010).

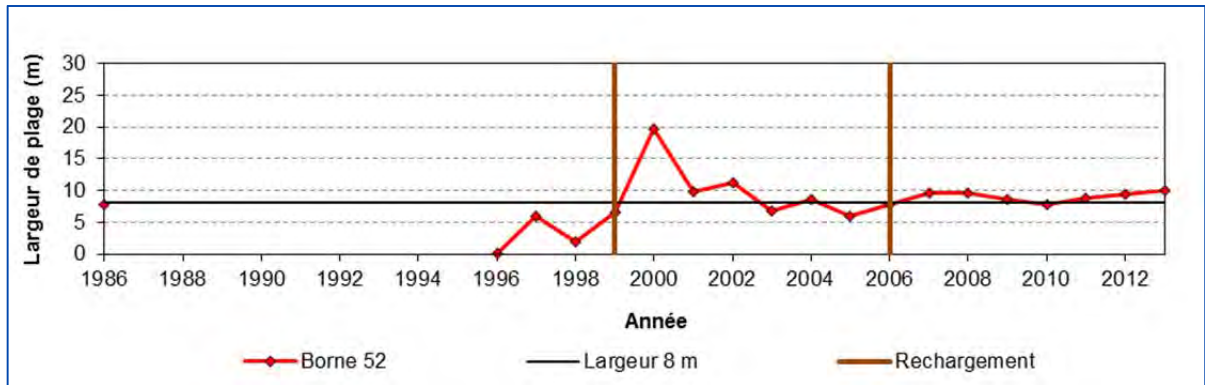


Figure 3-40. Saint-Félicien (Saint-Méthode) – Évolution de la largeur de plage (borne 52)

La problématique d'érosion dans ce secteur pourrait être liée à une composante transversale de transport sédimentaire dominante. Le brise-lames situé immédiatement au nord semble d'ailleurs suggérer que ce type de transport demeure important dans la région, alors qu'il a été très efficace pour accumuler des sédiments derrière lui. La performance de ce type d'ouvrage est généralement optimale lorsque le transport transversal est dominant.

Un déficit d'apports sédimentaires pourrait également avoir contribué à maintenir des largeurs de plage étroite. Le secteur concerné semble être situé à la tête d'un point de divergence de la dérive littorale. Les apports sédimentaires pourraient donc être naturellement faibles. Le déficit aurait alors été comblé en emportant les matériaux disponibles sur la plage.

La pérennité des rechargements (7 ans) est néanmoins demeurée optimale selon les critères d'évaluation considérés. La poursuite de ces interventions pourrait donc être envisagée pour maintenir une qualité de plage satisfaisante.

Une alternative pour stabiliser davantage le trait de côte pourrait quant à elle envisager une modification de l'extrémité des structures existantes afin d'en faire des épis en T. Le cas échéant, un brise-lames similaire à celui situé immédiatement au nord pourrait être aménagé. Des études complémentaires devraient cependant être réalisées au préalable afin d'analyser l'efficacité des solutions proposées et les impacts potentiels anticipés dans les secteurs adjacents.

SITE 90.10.01 (BORNE 49)

Le tronçon de plage situé devant la borne 49 a fait l'objet de quatre rechargements (1988, 1990, 2005 et 2014) dans le cadre du PSBLSJ. Les taux de rechargements ont varié entre 35 et 55 t/m pour l'ensemble des interventions. D'autre part, des épis ont été aménagés de chaque côté du secteur en 1990 et un petit brise-lames a été construit au large en 2005.

Malgré ces interventions, la plage est demeurée relativement étroite et des largeurs inférieures à 8 m ont été observées devant la borne 49 à quelques reprises (Figure 3-41). D'autre part, le trait de côte

semble avoir été plutôt sensible aux variations interannuelles des forces érosives, alors que des déplacements importants (avancements et reculs) ont été observés entre les périodes de rechargements. Sa position semble néanmoins avoir été relativement stable, alors qu'aucune tendance à long terme ne semble se dégager, et aucun recul significatif n'a été observé par rapport à 1986.

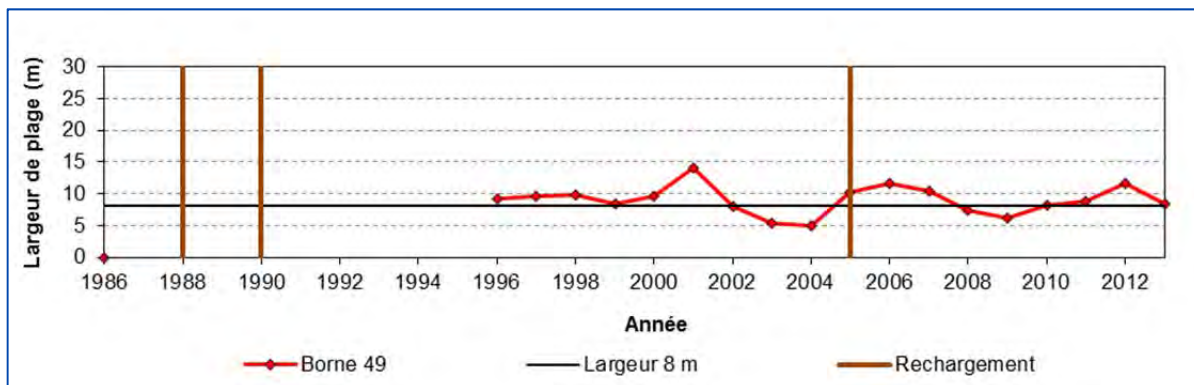


Figure 3-41. Saint-Félicien (Saint-Méthode) – Évolution de la largeur de plage (borne 49)

Les variations de largeurs de plage pourraient être liées à une influence réduite des structures de rétention des sédiments dans le secteur concerné. La pérennité des rechargements (plus de 7 ans) est néanmoins demeurée optimale selon les critères d'évaluation considérés. La poursuite de ces interventions constitue alors une approche de premier choix pour maintenir une qualité de plage satisfaisante.

Une alternative pour stabiliser davantage le trait de côte pourrait quant à elle envisager le prolongement du petit brise-lames existant. Des études complémentaires devraient cependant être réalisées au préalable afin d'analyser l'efficacité de cette proposition.

SITE 90.10.01 (BORNE 45)

Le tronçon de plage situé devant la borne 45 a fait l'objet de trois rechargements (1991, 2005 et 2014) dans le cadre du PSBLSJ. Le taux de rechargement a été d'environ 40 t/m pour l'ensemble des interventions. D'autre part, un épi a été aménagé au sud du secteur en 1990.

Malgré ces interventions, un recul de la plage a été observé après chaque rechargement (Figure 3-42). Des largeurs inférieures à 8 m ont même été observées devant ce repère en 2012 et 2013. D'autre part, il est intéressant de remarquer que le recul du trait de côte suite au rechargement réalisé en 1991 semble avoir été beaucoup plus lent que celui observé après l'intervention de 2005. Malheureusement, les raisons permettant d'expliquer ce comportement ne sont pas immédiatement apparentes, alors que l'envergure des deux rechargements a été similaire. Des variations interannuelles des forces érosives pourraient donc être à l'origine de cette variation du taux de recul.

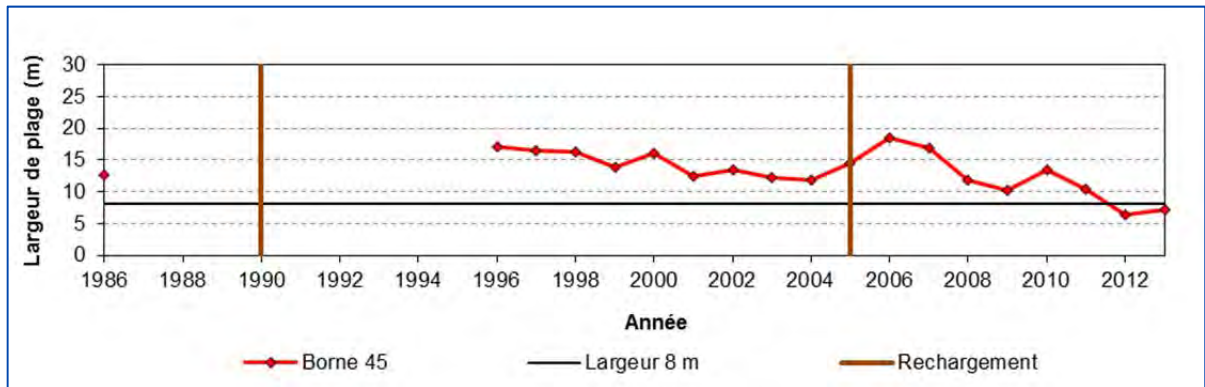


Figure 3-42. Saint-Félicien (Saint-Méthode) – Évolution de la largeur de plage (borne 45)

La problématique d'érosion observée dans le secteur est probablement liée à un déficit d'apport sédimentaire provoqué par la présence du champ d'épis au sud. Ces ouvrages ont perturbé la dynamique hydrosédimentaire de la région en captant les sédiments et en privant le secteur en aval d'apports solides. Les matériaux présents sur la plage ont donc été emportés par la dérive littorale. Le recul persistant du trait de côte indique que les matériaux de rechargements ne sont pas demeurés en place et ont plutôt été emportés vers le nord.

La pérennité des rechargements (plus de 7 ans) est néanmoins demeurée optimale selon les critères d'évaluation considérés. La poursuite de ces interventions constitue alors une approche de premier choix pour maintenir une qualité de plage satisfaisante.

Une alternative pour réduire le déficit sédimentaire et améliorer la migration des matériaux le long de la plage pourrait quant à elle envisager l'aménagement d'une transition plus graduelle entre la zone de structure et le tronçon de plage non protégé. Cet objectif pourrait être atteint en réduisant la longueur l'épi 4 existant (borne 45) ou en aménageant un petit ouvrage supplémentaire au nord de la borne 45. Des études complémentaires devraient cependant être réalisées au préalable afin d'analyser l'efficacité des solutions proposées et les impacts potentiels anticipés dans les secteurs adjacents.

SITE 91.10.02-1 (BORNES 30 À 31)

Le tronçon de plage situé entre les bornes 30 et 31 a fait l'objet de six rechargements en 26 ans dans le cadre du PSBLSJ. Les interventions les plus fréquentes ont été réalisées entre les années 2002 et 2008 (trois rechargements), où la récurrence de rechargements a été de 3 ans. Près de 24 000 tonnes de matériaux ont été déposées pendant cette période, selon un taux moyen d'environ 50 t/m.

Malgré ces interventions, un recul systématique du trait de côte a été observé devant la borne 31 après chaque rechargement (Figure 3-43). Des largeurs inférieures à 8 m ont également été observées à plusieurs reprises devant ce repère à compter de 2000.

Il est intéressant de remarquer que les largeurs de plage mesurées à la suite du rechargement réalisé en 2008 ont été plus importantes que celles observées après les interventions de 2002 et 2005. La pérennité de l'intervention a également été plus grande, alors qu'une période de 6 ans s'est écoulée avant que les largeurs de plage ne reviennent à des valeurs comparables à celles observées 3 ans après les premières interventions. Ce résultat pourrait être lié à une longueur de rechargement plus grande (250 m contre 120 m) et un taux de rechargement plus élevé (60 t/m contre 40 t/m). Cette

approche aurait permis, entre autres, de retarder l'étalement du rechargement par diffusion dans la zone de sensibilité accrue.

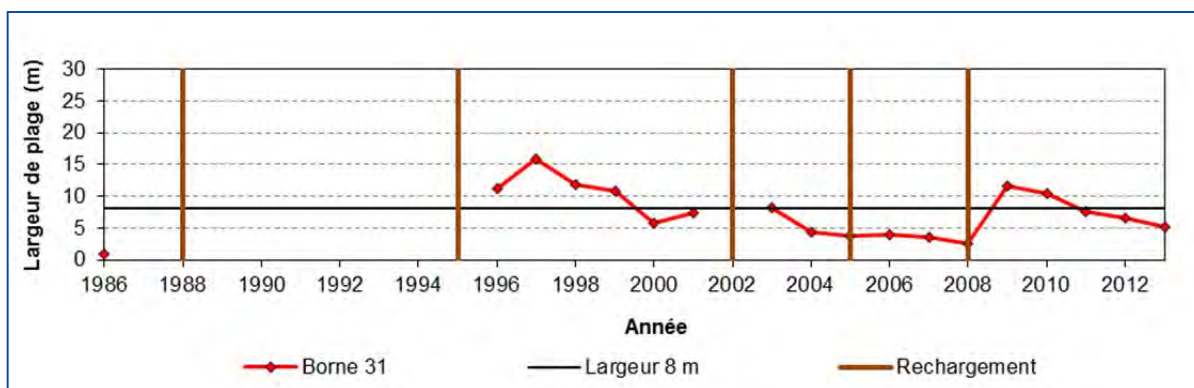


Figure 3-43. Saint-Félicien (Saint-Méthode) – Évolution de la largeur de plage (borne 31)

La problématique d'érosion observée dans ce secteur pourrait être liée à un déséquilibre naturel de la dynamique hydrosédimentaire provoqué par une augmentation rapide de la capacité de transport. Ce déséquilibre serait alors responsable d'un déficit sédimentaire sur le tronçon de plage concerné, alors que le volume de sédiments qui quitte pourrait être plus grand que celui qui entre. Le recul persistant du trait de côte suggère que les matériaux de rechargements ne sont pas demeurés en place et ont plutôt été emportés rapidement par la dérive littorale.

La pérennité des rechargements demeure inférieure au seuil jugé acceptable selon les critères d'évaluation considérés. Même après l'intervention de 2008, la largeur de plage n'a été supérieure à 8 m que pendant 3 ans. La poursuite de cette approche est néanmoins recommandée pour maintenir une qualité de plage satisfaisante. Des alternatives pour améliorer la performance des rechargements pourraient toutefois inclure une augmentation de la longueur de la zone d'intervention ou l'utilisation d'un taux de rechargement plus élevé. La présence d'un cours d'eau à proximité du secteur concerné et le risque d'obstruer de son embouchure limite cependant l'envergure maximale des interventions. Des études complémentaires devraient être réalisées afin d'analyser les solutions potentielles, ainsi que leurs impacts anticipés sur les secteurs adjacents.

La mise en place de structures de rétention des sédiments (épis) est quant à elle déconseillée, en raison de la perturbation anticipée de la dynamique hydrosédimentaire de la région et du risque de provoquer d'importants problèmes d'érosion dans les secteurs adjacents. Pour atténuer cette conséquence, il serait nécessaire de prolonger les aménagements sur une distance beaucoup plus grande que la longueur d'intervention actuellement visée par les rechargements. Les investissements requis seraient donc importants.

SITE 93.10.02 (BORNES 13 À 20)

Le tronçon de plage situé entre les bornes 13 et 18 a fait l'objet de six rechargements en 25 ans dans le cadre du PSBLSJ. Les interventions les plus fréquentes ont été réalisées entre les années 1998 et 2006 (trois rechargements), où la récurrence de rechargements a été de 4 ans. Près de 15 000 tonnes de matériaux ont été déposées pendant cette période, selon un taux moyen d'environ 20 t/m.

Malgré ces interventions, un recul systématique du trait de côte a été observé devant les bornes 15 et 17 après chaque rechargement (Figure 3-44). Un recul a également été observé devant les bornes

19 et 20, mais aucun rechargement n'a été réalisé devant ces repères après 1989. Des largeurs inférieures à 8 m ont quant à elles été mesurées devant la borne 20 en 2008 et 2009.

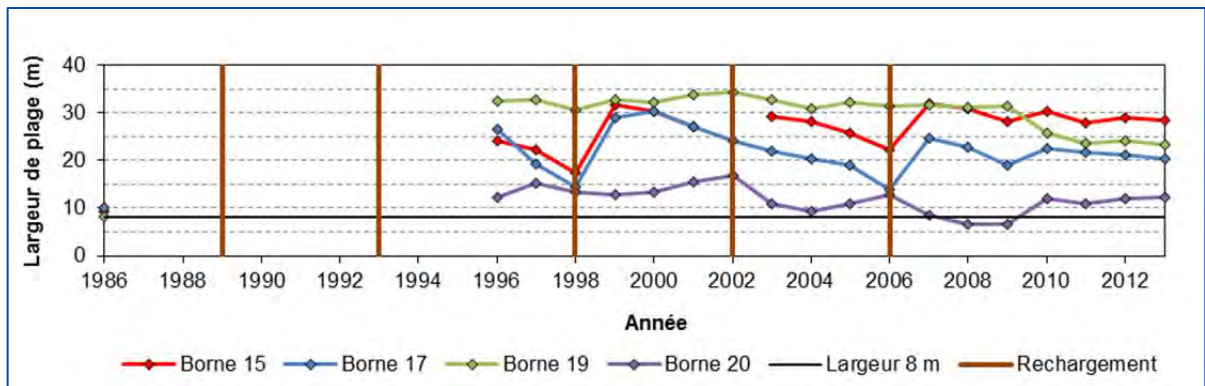


Figure 3-44. Saint-Félicien (Saint-Méthode) – Évolution des largeurs de plage (bornes 15 à 20)

La dynamique hydrosédimentaire dans ce secteur est relativement complexe en raison de la présence d'un chenal d'écoulement de la rivière Mistassini à proximité du rivage. Cette formation est susceptible de maintenir une pente infralittorale relativement raide au pied de la plage, ce qui pourrait favoriser un déplacement transversal des sédiments. Les matériaux risquent ensuite d'être emportés vers le large via les courants dans le chenal.

Une solution pour stabiliser davantage le trait de côte pourrait être d'envisager l'aménagement de structures de rétention de sédiments (épis) entre les bornes 13 et 20. Des études complémentaires devraient toutefois être réalisées au préalable afin d'analyser plus en détail les déplacements pouvant se produire dans la région et d'évaluer l'efficacité de différentes solutions potentielles, ainsi que leurs impacts anticipés dans les secteurs adjacents. En attendant les conclusions d'une telle étude, il est recommandé de poursuivre les rechargements aux besoins.

3.6.6.2 SECTEURS DE BERGES

Un peu plus de 50 % (5 km sur 9 km) des secteurs de berges ont fait l'objet de travaux de stabilisation depuis 1986 (Tableau 3-27). L'envergure des travaux démontre une tendance à la baisse des longueurs d'interventions entre 1986 et 2013 et la séquence des interventions ne pas d'impacts significatifs sur les zones adjacentes aux sites d'interventions. D'autre part, peu de travaux d'entretien ont été requis, outre la réhabilitation d'un perré (longueur de 0,4 km) situé à l'extrémité sud de la pointe Saint-Méthode. Une description des travaux réalisés à cet endroit est présentée à la section suivante de ce document.

SITE 86.10.01

Le secteur concerné se trouve sur la rive gauche de la rivière Ashuapmushuan, dans la partie aval de son embouchure (Figure 3-45). Dès 1983, cet endroit avait été identifié comme étant très sensible à l'érosion en raison de l'influence des courants de la rivière. Un recul important avait d'ailleurs été observé entre 1964 et 1981 (Marsan 1983b).

Un perré de 450 m, incluant plusieurs accès à l'eau (descentes de Terrafix), a été aménagé sur ce tronçon de berges en 1986. Une réhabilitation exhaustive de l'ouvrage a ensuite été réalisée en 1997. Aucun dommage à l'aménagement n'a été répertorié depuis.

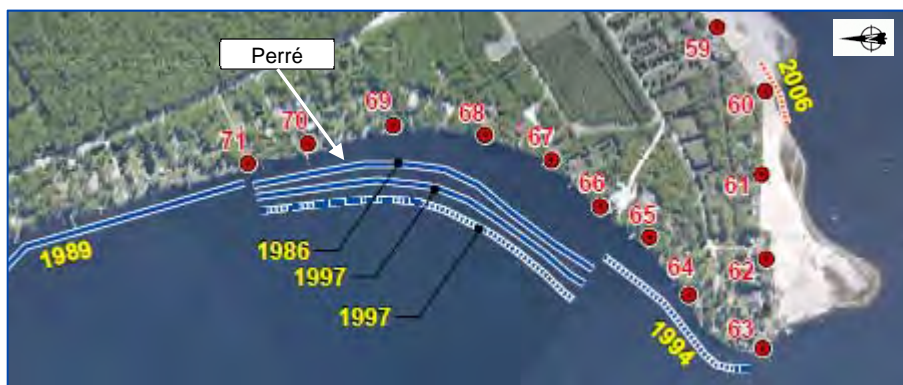


Figure 3-45. Saint-Félicien (Saint-Méthode) – Localisation d'un perré ayant fait l'objet de travaux d'entretien

3.7 SECTEUR DOLBEAU-MISTASSINI

3.7.1 CARACTÉRISATION DU SECTEUR

Le secteur de Dolbeau-Mistassini est situé sur la rive nord du lac Saint-Jean, entre les embouchures des rivières Mistassini et Péribonka, et s'étend sur environ 16 km. Une vue d'ensemble de la région et des interventions réalisées depuis 1986 est présentée à l'annexe A. La côte est généralement orientée selon un axe est-ouest et est principalement caractérisée par une longue plage faisant partie du Programme de suivi annuel (longueur d'environ 11 km). Deux tronçons de berges sans plage se trouvent quant à eux à chaque extrémité du secteur (longueur combinée d'environ 5 km); celui à l'est étant situé dans la Petite rivière Péribonka (environ 2 km). Le littoral est également caractérisé par la présence de plusieurs embouchures de cours d'eau, dont ceux des ruisseaux Ptarmigan et Savard.

Les sédiments présents dans la zone de plage étaient initialement de nature sablonneuse avant la mise en œuvre du PSBLSJ (Marsan 1983b). Du gravillon et du sable ont ensuite été déposés lors des rechargements réalisés à compter de 1986. Les rivières Mistassini et Péribonka peuvent également être identifiées comme sources potentielles d'apport en sédiments. Toutefois, l'absence d'accumulations significatives et l'érosion persistante observée à certains endroits sur la côte laissent croire que l'influence de ces sources d'apports demeure marginale. Il est probable qu'une grande partie des matériaux se déposent plus au large.

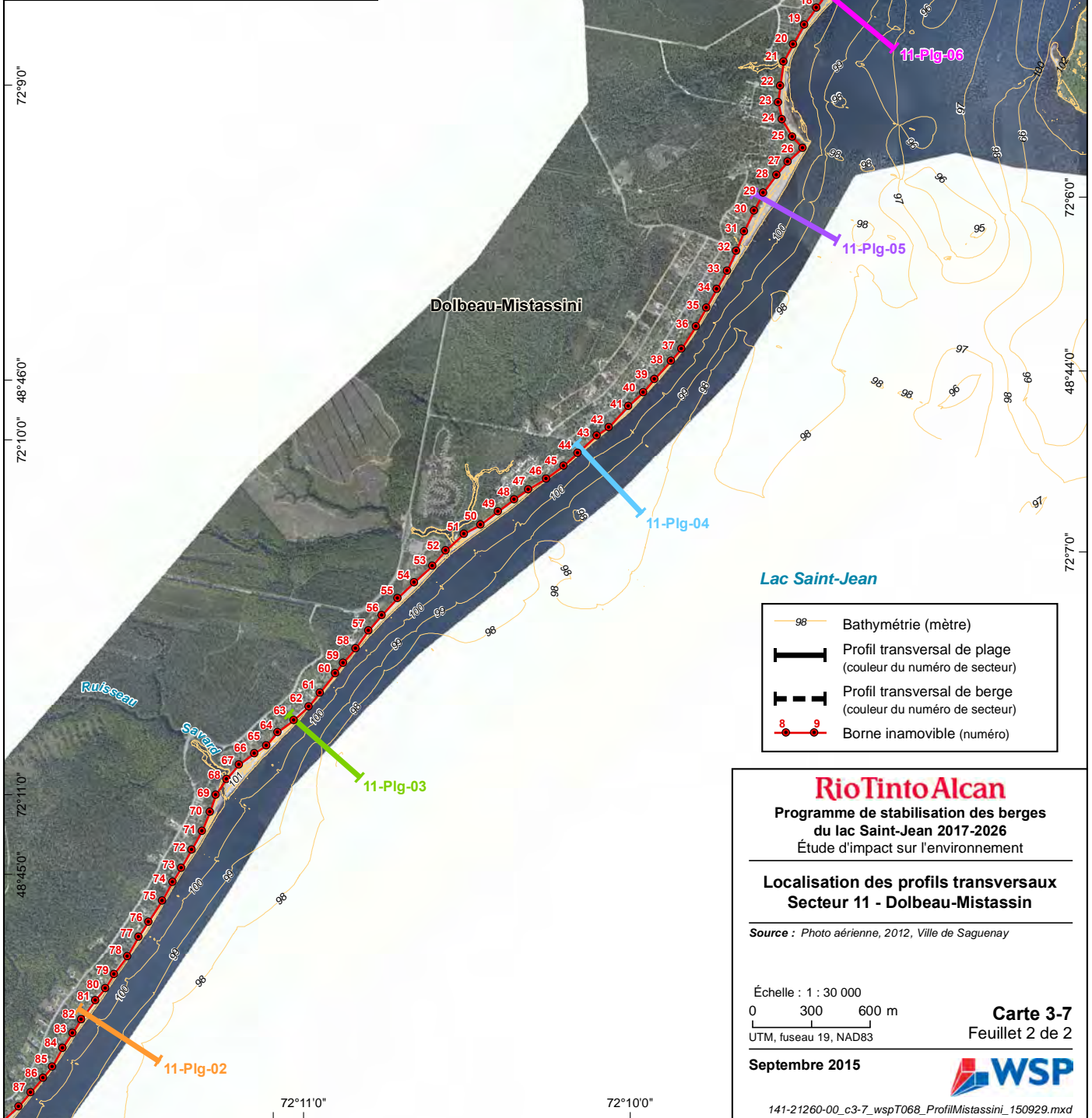
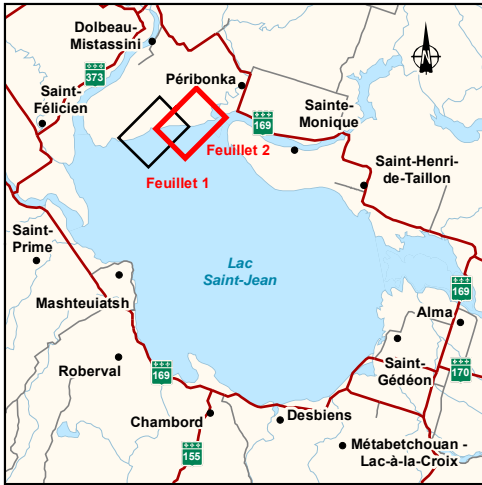
Les secteurs sans plage sont quant à eux caractérisés par des matériaux de nature sablonneuse. Des dépôts marécageux sont également présents dans la partie ouest de la région (Marsan 1983b).

La Carte 3-7 et la figure 3-46 présentent un échantillon des profils transversaux pour l'ensemble de la région. L'extrémité ouest du secteur (profils 11-Plg-01, 11-Plg-02, 11-Brg-01 et 11-Brg-02) est caractérisée par une crête de talus relativement basse, avec une élévation entre 102 et 104 m, alors que plus à l'est (profils 11-Plg-03 à 11-Plg-06 et 11-Brg-03), le haut de talus se situe plutôt entre les élévations 110 et 112 m. La plage possède une largeur variant entre 5 et 30 m, mais ces valeurs peuvent atteindre plus de 70 m entre les niveaux 102 et 103 m dans certaines zones d'accrétion (profil 11-Plg-05). En dessous de 102 m, l'estran est caractérisé par une pente plutôt raide (environ 10 %) jusqu'à l'élévation 100 m. Le relief s'adoucit ensuite graduellement et forme un plateau aux élévations 97 à 99 m (pente inférieure à 1 %). Étant situé sur la plateforme deltaïque des rivières Ashuapmushuan, Mistassini et Péribonka, ce plateau couvre une grande superficie au large.

Dans le secteur de la Petite rivière Péribonka, le profil 11-Brg-03 indique que la berge possède une pente très raide (environ 50 %) et qu'un chenal d'écoulement relativement profond (élévation 95 m) se trouve à proximité du pied du talus.

Avant la mise en œuvre du PSBLSJ, le secteur a fait l'objet de plusieurs rechargements à partir de sédiments prélevés par dragage entre les années 1970 et 1979, principalement dans les parties centrale et est de la plage. De plus, selon la base de données Geotopus, des travaux d'empierrement ont également été réalisés à quelques endroits dans les années 1930 et 1970.

Depuis la mise en œuvre du PSBLSJ, les rechargements de sable et de gravillon se sont poursuivis. L'approvisionnement en matériaux s'est toutefois effectué à partir de bancs d'emprunt terrestres. Une technique mixte a également été aménagée à l'extrémité ouest de la plage et les sorties de plusieurs cours d'eau ont nécessité des entretiens réguliers. D'autre part, deux structures de rétention des sédiments (épis) ont été aménagées dans la zone sans plage à l'extrémité ouest du secteur et la construction de perrés s'est poursuivie dans la Petite rivière Péribonka.



Lac Saint-Jean

- Bathymétrie (mètre)
- Profil transversal de plage (couleur du numéro de secteur)
- Profil transversal de berge (couleur du numéro de secteur)
- Borne inamovible (numéro)

Rio Tinto Alcan
 Programme de stabilisation des berges
 du lac Saint-Jean 2017-2026
 Étude d'impact sur l'environnement

**Localisation des profils transversaux
 Secteur 11 - Dolbeau-Mistassini**

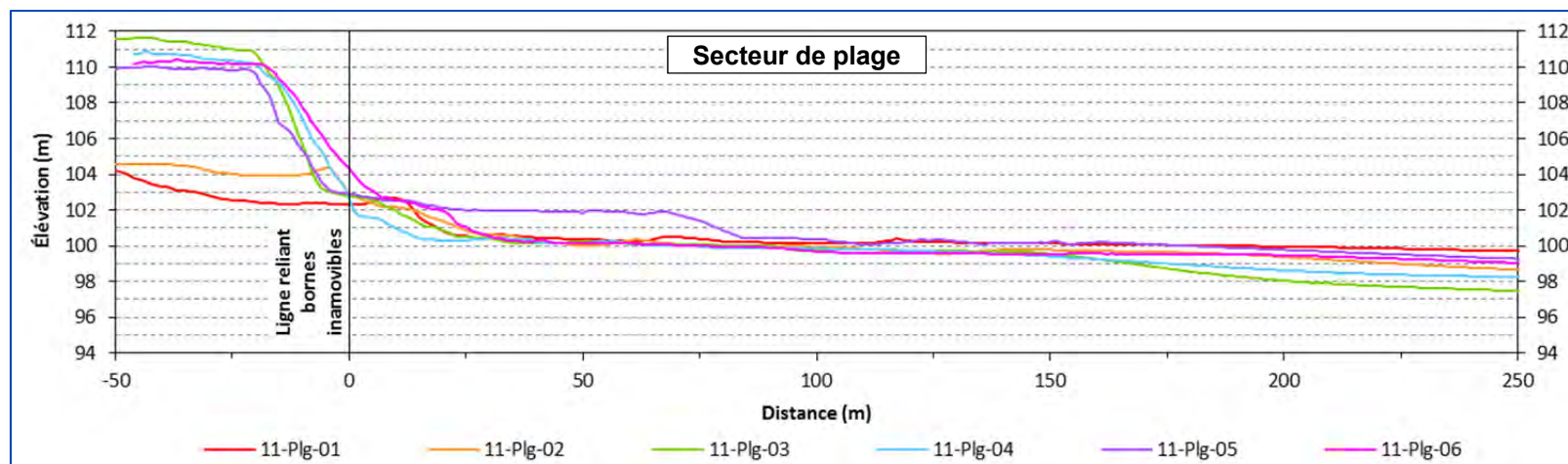
Source : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay

Échelle : 1 : 30 000
 0 300 600 m
 UTM, fuseau 19, NAD83

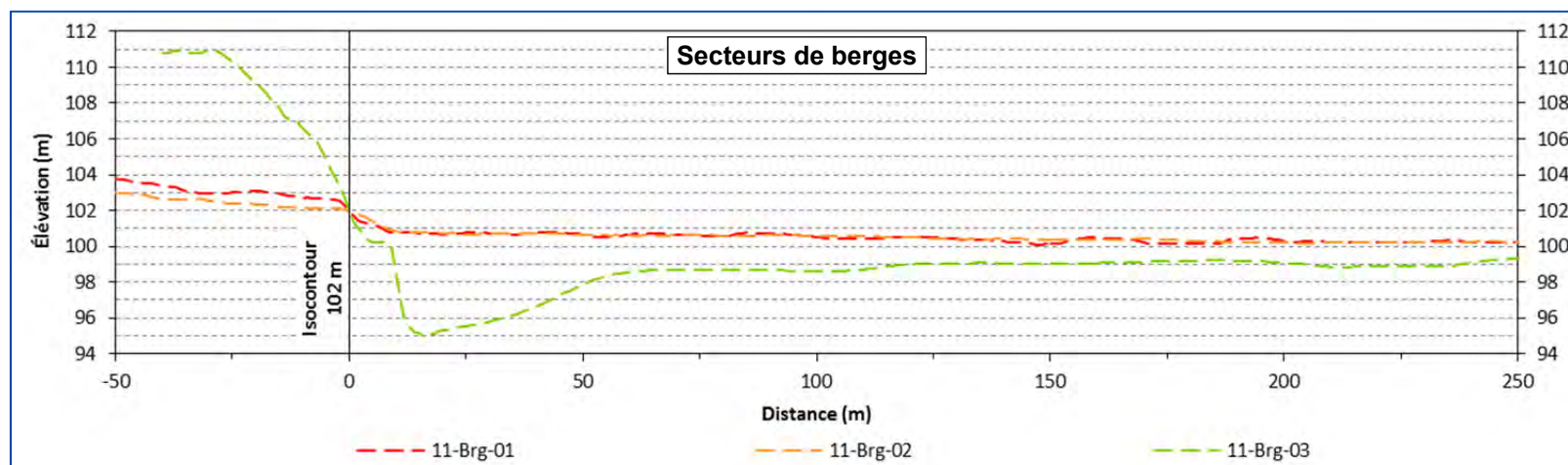
Carte 3-7
 Feuille 2 de 2

Septembre 2015

141-21260-00_c3-7_wspT068_ProfilMistassini_150929.mxd



(a)



(b)

Figure 3-46. Dolbeau-Mistassini – Profils transversaux : (a) secteur de plage et (b) secteurs de berge

3.7.2 ENVERGURE DES TRAVAUX

3.7.2.1 SECTEUR DE PLAGE

Le Tableau 3-31 présente l'envergure des travaux réalisés dans le secteur de la plage. Un peu plus de la moitié de ces travaux ont été effectués lors de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ (1986-1995). Les interventions se sont principalement limitées à la mise en place de rechargements de sable et de gravillon. Un perré neuf a également été aménagé à la sortie du ruisseau Ptarmigan en 1991 et une technique mixte (perré + végétation) a été employée en 2007 pour protéger le haut de plage sur un tronçon d'environ 55 m. La longueur nette de plage rechargée se chiffre à environ 6,6 km, soit approximativement 60 % de sa longueur totale (11 km). Le volume de matériaux déposé s'élève à près de 683 000 tonnes.

Tableau 3-31. Dolbeau-Mistassini – Envergure des travaux dans le secteur de la plage

ANNÉE	TYPE D'INTERVENTION	LONGUEUR TOTALE DES TRAVAUX (m)	LONGUEUR DES TRAVAUX D'ENTRETIEN (m)	QUANTITÉ DE MATÉRIAUX DÉPOSÉS (tonnes)
1986	Rechargement de gravillon	1 030	0	32 100
1987	Rechargement de sable	1 677	380	98 400
	Rechargement de gravillon	1 035	0	35 100
1988	Rechargement de sable	700	0	33 600
	Rechargement de gravillon	815	0	25 800
1991	Perré neuf	42	0	N/A
	Rechargement de gravillon	1 490	210	62 400
1992	Rechargement de gravillon	698	240	26 700
1994	Rechargement de sable	500	500	25 000
	Rechargement de gravillon	270	270	13 500
1995	Rechargement de sable	890	890	53 400
	Rechargement de gravillon	385	385	21 300
1997	Rechargement de gravillon	410	410	20 600
1998	Rechargement de gravillon	226	226	6 800
1999	Rechargement de gravillon	250	250	12 900
2000	Rechargement de sable	500	500	20 800
	Rechargement de gravillon	110	110	6 600
2002	Rechargement de sable	1 130	1 130	41 100
	Rechargement de gravillon	525	525	25 800
2004	Rechargement de gravillon	100	100	3 200
2006	Rechargement de sable	455	455	21 400
	Rechargement de gravillon	250	250	12 500
2007	Perré avec tech. végét. (mixte)	55	55	N/A
	Rechargement de gravillon	245	245	11 000
2009	Rechargement de gravillon	900	900	28 300
2010	Rechargement de gravillon	890	890	30 400
2011	Rechargement de gravillon	180	180	5 600
2012	Rechargement de gravillon	230	230	8 700
Total	1986-1995	9 532	2 875 (30 %)	427 300
	1996-2005	3 251	3 251 (100 %)	137 800
	2006-2013	3 205	3 205 (100 %)	117 900
	1986-2013	15 988	9 331 (51 %)	683 000

3.7.2.2 SECTEURS DE BERGES

Le Tableau 3-32 présente l'envergure des travaux réalisés dans les secteurs de berges. Les interventions s'en sont tenues à la mise en place de perrés conventionnels et en pierres plates, ainsi que l'aménagement de deux épis et 16 accès à l'eau.

Les travaux de plus grande envergure ont été réalisés lors de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ, en 1995 et 1996, avec la stabilisation de 1,8 km de rives dans le secteur de la Petite rivière Péribonka. Un tronçon de 45 m de ces aménagements a ensuite fait l'objet d'entretien en 2008. Par ailleurs, deux épis en éventails ont été construits cette même année à l'ouest de la plage.

Tableau 3-32. Dolbeau-Mistassini – Envergure des travaux dans les secteurs de berge

ANNÉE	TYPE D'INTERVENTION	LONGUEUR TOTALE DES TRAVAUX (m)	LONGUEUR DES TRAVAUX D'ENTRETIEN (m)
1995	Accès à l'eau (2 escaliers)		2 x 0,9 m
	Accès à l'eau (1 descente)		1 x 5 m
	Perré neuf	745	0
1996	Accès à l'eau (13 escaliers)		6 x 0,9 m; 6 x 1,6 m; 1 x 2,5 m
	Perré entretien-réfection	70	0
	Perré de pierres plates	446	0
2008	Épis (2)		1 x 20 m; 1 x 26 m
	Perré entretien-réfection	45	45
Total <i>(excluant épis et accès à l'eau)</i>	1986-1995	1 261	0 (0 %)
	1996-2005	0	0 (0 %)
	2006-2013	45	45 (100 %)
	1986-2013	1 306	45 (3 %)

3.7.2.3 ENVERGURE DE L'ENSEMBLE DES TRAVAUX

Le Tableau 3-33 présente l'envergure des travaux réalisés dans l'ensemble du secteur, par type d'intervention. Il est possible de constater que l'envergure globale des travaux réalisés pendant les périodes 1996-2005 et 2006-2013 (incluant les travaux d'entretien) représente environ 33 % de celle observée lors de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ. La longueur nette de berges protégées n'a augmenté que de 0,5 km entre les périodes 1986-1995 et 1996-2005, passant de 7,4 km à 7,9 km, puis est demeurée inchangée en 2006-2013.

Depuis 1986, les travaux de rechargements ont été le type d'intervention le plus fréquent réalisé dans l'ensemble du secteur (longueur totale de 15,9 km). De façon générale, l'envergure des rechargements pour chaque type de matériaux a diminué progressivement au cours des trois décennies de mise en œuvre du PSBLSJ. Les rechargements de gravillon ont toutefois été légèrement plus importants en 2005-2013 que lors de la période de référence précédente. Les taux de rechargements moyens ont été d'environ 50 t/m pour le sable et 40 t/m pour le gravillon.

Outre les rechargements, la mise en place de perrés a été la technique de protection la plus utilisée, avec une longueur d'intervention totale d'environ 1,3 km, suivi par les techniques mixtes (55 m). Deux (2) structures de rétention (épis) ont également été aménagées (longueur combinée de 46 m) et 24 m de berges ont été protégés par le biais de 16 accès à l'eau.

Au Tableau 3-33 s'ajoutent les travaux de réaménagement des embouchures des ruisseaux Savard et Ptarmigan. Ces interventions visaient principalement la sécurisation des abords des cours d'eau et la reconfiguration des sorties afin de permettre aux ruisseaux de conserver leurs lits principaux pendant toute la période d'utilisation du lac Saint-Jean. Les travaux incluaient généralement le dragage récurant (petits volumes) des sédiments accumulés devant les embouchures.

Tableau 3-33. Dolbeau-Mistassini – Envergure des travaux dans l'ensemble du secteur

TYPE DE TRAVAUX	PÉRIODE 1986-1995		PÉRIODE 1996-2005		PÉRIODE 2006-2013		PÉRIODE 1986-2013	
	LONG. TOT. (m)	ENTR. (m)	LONG. TOT. (m)	ENTR. (m)	LONG. TOT. (m)	ENTR. (m)	LONG. TOT. (m)	ENTR. (m)
Rechargement de sable	3 767 (210 400 t)	1 770 (105 700 t)	1 630 (61 900 t)	1 630 (61 900 t)	455 (21 400 t)	455 (21 400 t)	5 852 (293 700 t)	3 855 (189 000 t)
Rechargement de gravillon	5 723 (216 900 t)	1 105 (49 600 t)	1 621 (75 900 t)	1 621 (75 900 t)	2 695 (96 500 t)	2 695 (96 500 t)	10 039 (389 300 t)	5 421 (222 000 t)
Épis, brise-lames et géotubes	0	0	0	0	46 (2) ¹	0	46 (2) ¹	0
Perré	787	0	516	0	45	45	1 348	45
Empierrement 25-150 mm	0	0	0	0	0	0	0	0
Accès à l'eau	7 (3) ¹	0	18 (13) ¹	0	0	0	24 (16) ¹	0
Gabions et autres	0	0	0	0	0	0	0	0
Techniques végétales	0	0	0	0	0	0	0	0
Techniques mixtes	0	0	0	0	55	55	55	55
Total (excluant épis, brise-lames et géotubes)	10 284	2 875 (28 %)	3 785	3 251 (86 %)	3 250	3 250 (100 %)	17 318	9 376 (54 %)

¹ Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre d'ouvrages mis en place.

3.7.3 CONDITIONS ÉROSIVES

3.7.3.1 CLIMAT DE VAGUES

Le climat de vagues auquel est exposé le secteur présente une distribution bimodale (Figure 3-47). Les vagues les plus fréquentes et les plus hautes proviennent de deux régions différentes : d'abord du sud-est, puis ensuite de l'ouest-sud-ouest (Lasalle-NHC 2015b). Les radiales selon chacune de ces directions sont d'environ 40 km et 15 km, respectivement.

Une légère variation du climat de vagues est observée d'une extrémité à l'autre de la plage. Les vagues en provenance du sud-est exercent une influence beaucoup plus dominante à l'extrémité ouest de la plage, alors que le climat observé à l'extrémité est est plus équilibré entre les secteurs sud-sud-est et ouest-sud-ouest. Une rotation des directions les plus fréquentes est également constatée. Les azimuts 130° (sud-est) et 260° (ouest) sont les plus prépondérants de leurs secteurs respectifs à

l'extrémité ouest, alors que les azimuts 150° (sud-sud-est) et 250° (ouest-sud-ouest) dominent à l'extrémité est.

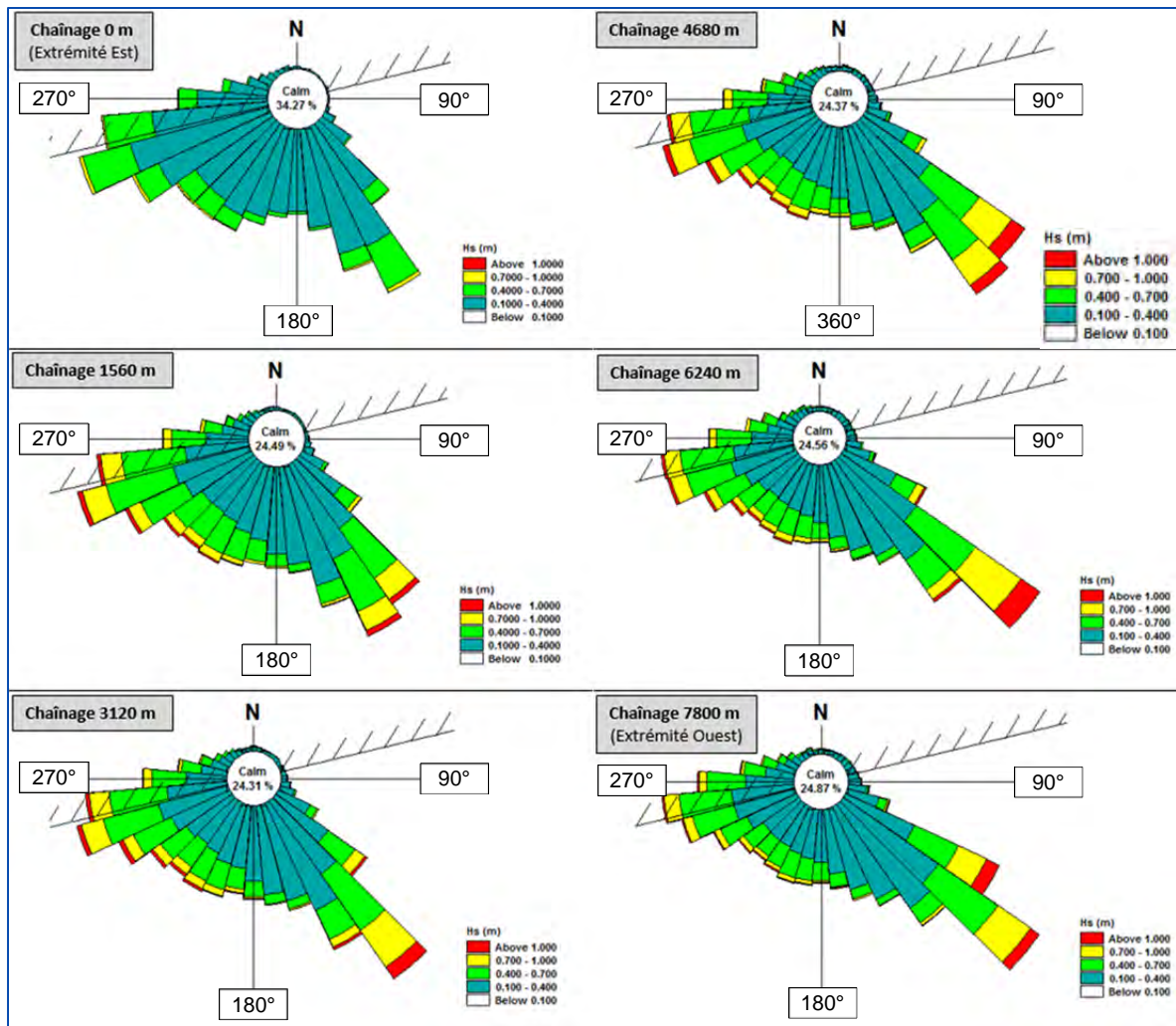


Figure 3-47. Dolbeau-Mistassini – Roses des vagues (extrait de Lasalle-NHC 2015)

3.7.3.2 FORCES ÉROSIVES

L'évolution à long terme du flux d'énergie indique que la composante littorale possède des intensités comparables selon les orientations est et ouest, avec une légère dominance de la direction ouest (Figure 3-48). Les intensités les plus fortes se manifestent généralement pendant la période automnale. Les années où le flux d'énergie en direction ouest a atteint des valeurs relativement élevées incluent 1992, 1995, 1997, 2006 et 2007. En direction est, l'énergie littorale a été plus forte que la normale en 1992, 1995 et 2002. Finalement, la période 2008-2014 a été caractérisée par une intensité légèrement plus faible du flux d'énergie littorale.

Sur une base cumulative annuelle, les années 1992, 1995 et 2006 se distinguent parmi celles où le flux d'énergie littorale a été le plus important (Figure 3-49), avec des récurrences de 9 à 40 ans, respectivement. Cette composante ne représente cependant qu'environ la moitié de l'énergie totale

atteignant la côte, alors que la composante transversale possède une intensité comparable. Sur une échelle de temps plus courte, le flux d'énergie maximal annuel cumulé sur une période de 72 heures suggère, pour sa part, que des tempêtes importantes ont été observées en 1992, 1995, 1997, 2006 et 2008 (Lasalle-NHC 2015).

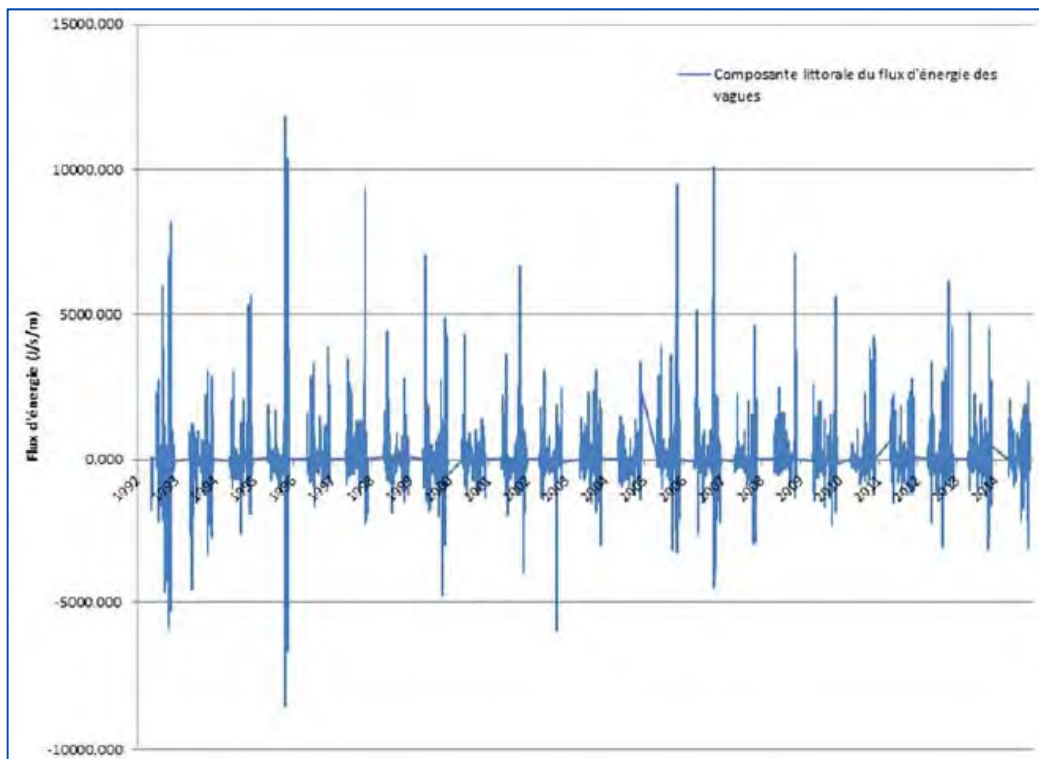


Figure 3-48. Dolbeau-Mistassini – Composante longitudinale du flux d'énergie des vagues (extrait de Lasalle-NHC 2015)

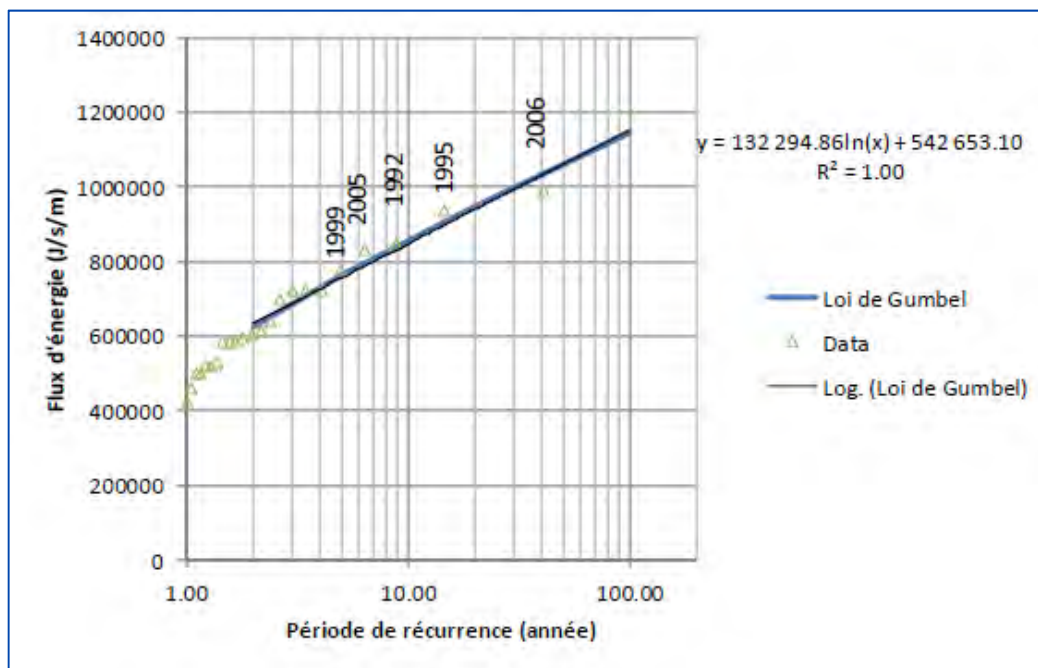


Figure 3-49. Dolbeau-Mistassini – Analyse fréquentielle de la composante longitudinale du flux d'énergie des vagues (extrait de Lasalle-NHC 2015)

3.7.4 DÉRIVE LITTORALE

Le transport littoral net varie de façon significative le long de la plage et un point de divergence est observé entre les bornes 63 et 64 (Lasalle-NHC 2015). À l'ouest de ce secteur, la dérive littorale est orientée vers l'ouest. Le taux de transport augmente progressivement de la borne 67 à 90, ainsi que de la borne 97 à 108. Une diminution importante est cependant observée à proximité de l'embouchure du ruisseau Ptarmigan, entre les bornes 90 et 97.

La dérive littorale se dirige quant à elle vers l'est entre les bornes 30 et 63. Le taux de transport augmente rapidement de la borne 63 à 59, puis demeure relativement constant jusqu'à la borne 53. Une diminution importante est ensuite observée entre les bornes 53 et 47. Finalement, à l'est de ce secteur, le taux de transport augmente à nouveau, pour atteindre un sommet devant la borne 34.

Les endroits où les taux de transport sont les plus élevés sont situés dans des secteurs où le trait de côte est légèrement plus avancé vers le large que les secteurs adjacents et forme une sorte de protubérance. Il est donc normal que ces régions soient plus vulnérables à l'érosion.

Les modélisations ne couvrent pas l'extrémité est de la plage (bornes 1 à 30), car la dynamique hydrosédimentaire dans cette région est trop complexe. La variation rapide de l'orientation du trait de côte, la présence de chenaux d'écoulement à proximité du rivage, ainsi que la convergence de courants littoraux, générés par les vagues, et de courants fluviaux, en provenance des rivières Péribonka et Petite Péribonka, sont tous des éléments susceptibles de créer des zones de turbulence et de contre-courants qui peuvent influencer le déplacement des sédiments sur ce tronçon de plage. Une étude complémentaire est en cours pour étudier plus en détail cette dynamique. Les zones d'accumulations observées à proximité des structures sur l'image aérienne présentée sur la carte des interventions historiques (annexe A) suggèrent néanmoins que la dérive des matériaux se poursuit vers l'est.

L'évolution du trait de côte entre 1986 et 2014 semble quant à elle avoir provoqué une réduction généralisée de l'intensité du taux de transport. Cet effet est particulièrement visible dans les secteurs où l'intensité demeure forte (Lasalle-NHC 2015b).

3.7.5 LARGEURS DE PLAGE

Le Tableau 3-34 et la Figure 3-50 présentent les statistiques générales des largeurs mesurées sur la plage. Il est possible de constater qu'au cours de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ (1986 à 1996), la largeur moyenne de plage a augmenté de 15 à 21 m. La largeur maximale est quant à elle passée de 42 à 71 m, alors que la largeur minimum s'est accrue d'environ 4 m, passant de 2 à 6 m.

À compter de 1996, la largeur moyenne a poursuivi sa croissance de 21 à 24 m. La largeur maximale s'est quant à elle maintenue entre 70 et 74 m, mis à part pour les années 2012 et 2013 où elle a excédée 76 m, alors que la largeur minimum a subi un léger recul en 1998 pour ensuite osciller entre 0,2 et 5 m.

Les largeurs minimales se sont généralement manifestées dans les secteurs où la côte forme une légère avancée vers le lac, soit à proximité des bornes 46, 62, 78, 85, 101 et 106. Le déplacement fréquent du point de largeur minimum a été provoqué par de petites variations observées à des endroits où les largeurs de plage sont très similaires. Les largeurs maximales ont quant à elles principalement été observées dans les zones d'accumulation présentes devant les bornes 29 et 91.

Tableau 3-34. Dolbeau-Mistassini – Statistiques des largeurs de plage

ANNÉE	LARGEUR MINIMALE (m)	LARGEUR MOYENNE (m)	LARGEUR MAXIMALE (m)
1986	2,1 (85) ¹	15,1	42,2 (29) ¹
1990	n/d	n/d	n/d
1996	6,1 (61)	21,4	71,1 (91)
1997	7,1 (62)	22,5	73,5 (91)
1998	3,9 (61)	21,7	71,5 (91)
1999	3,1 (62)	22,3	70,5 (91)
2000	3,2 (85)	23,6	72,4 (91)
2001	3,6 (46)	23,7	71,7 (91)
2002	0,3 (46)	21,8	70,2 (91)
2003	4,9 (106)	23,1	70,9 (91)
2004	4,5 (106)	23,1	70,9 (91)
2005	3,0 (85)	24,0	72,1 (91)
2006	2,9 (62)	23,2	71,4 (91)
2007	3,6 (101)	23,7	71,6 (29)
2008	2,7 (77)	23,8	71,7 (91)
2009	0,2 (78)	22,5	70,9 (29)
2010	2,1 (78)	24,4	72,5 (29)
2011	2,2 (46)	24,4	73,3 (29)
2012	3,5 (101)	25,4	77,5 (95)

ANNÉE	LARGEUR MINIMALE (m)	LARGEUR MOYENNE (m)	LARGEUR MAXIMALE (m)
2013	0,4 (46)	24,4	76,0 (29)

¹ Les valeurs entre parenthèses indiquent le numéro de la borne inamovible à laquelle est observée la largeur de plage extrême.

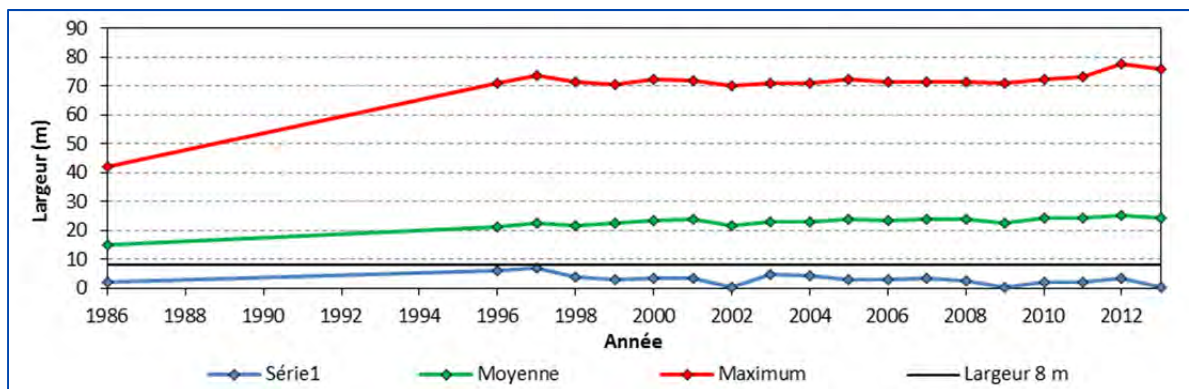


Figure 3-50. Dolbeau-Mistassini – Évolution des largeurs de plage minimale, moyenne et maximale

3.7.6 ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX (APPROCHE GLOBALE)

3.7.6.1 SECTEUR DE PLAGE

Le secteur de plage fait à la fois l'objet d'une évaluation globale et explicite de l'efficacité des travaux. L'approche globale dresse un portrait général de l'efficacité des interventions, basé sur l'évolution des largeurs moyennes et des quantités de matériaux de rechargements déposés. Les secteurs démontrant une sensibilité accrue à l'érosion sont également identifiés et une description sommaire de la problématique observée à ces endroits, des interventions réalisées et des pistes de solutions recommandées est présentée. Une discussion approfondie de l'efficacité anticipée des interventions, basée sur les résultats de modélisation (Lasalle-NHC 2015b), est quant à elle présentée à la section 3.7.7 du document dédiée à l'approche explicite.

La Figure 3-51 présente l'évolution de la largeur moyenne de la plage avec la quantité de matériaux déposés depuis 1986. Le graphique indique que les matériaux déposés lors de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ ont principalement servi à accroître la largeur moyenne de la plage. À compter de 1996, par contre, les volumes de rechargements ont plutôt été destinés à maintenir cet accroissement. Une légère augmentation des largeurs s'est malgré tout poursuivie.

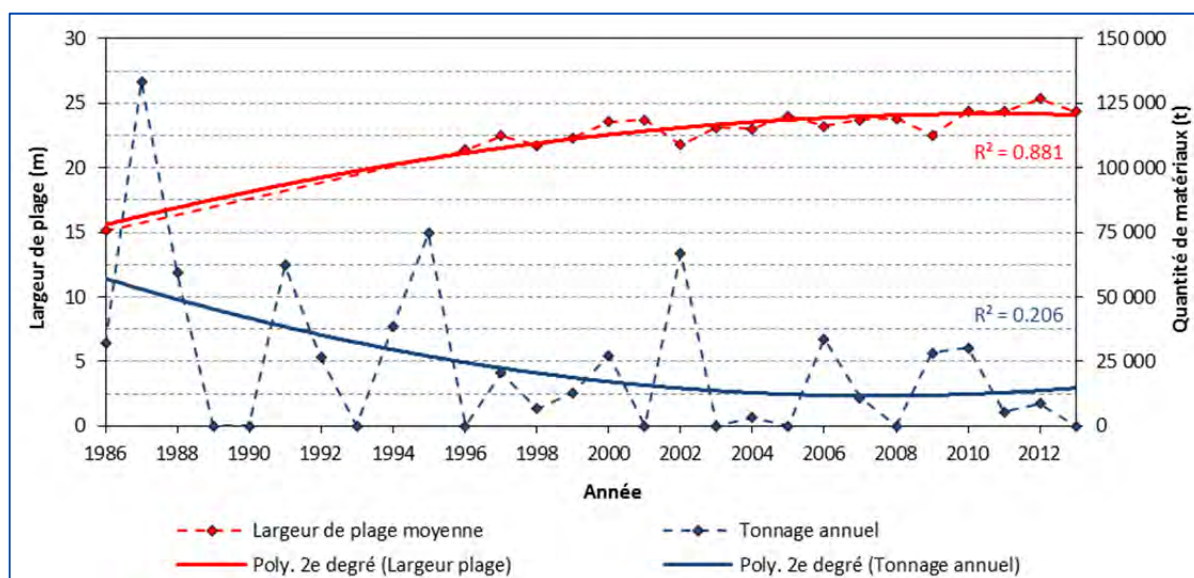


Figure 3-51. Dolbeau-Mistassini – Évolution de la largeur moyenne de plage et de la quantité de matériaux déposés

Globalement, la performance des interventions réalisées dans ce secteur répond de façon raisonnable aux critères d'évaluations. Les travaux ont permis de maintenir une largeur moyenne de plage supérieure au seuil minimum de 8 m, mais la récurrence de certains rechargements a été inférieure au seuil jugé acceptable, voire optimal (5 à 7 ans). Les rechargements les plus fréquents pour un même secteur ont été réalisés selon une récurrence de 3 ans (bornes 59 à 61).

Une analyse détaillée des largeurs de plage et de la séquence des interventions révèle quant à elle une sensibilité accrue à l'érosion à quelques endroits sur la plage. D'une part, l'arpentage annuel indique que des largeurs de plage inférieures à 8 m ont été observées sur plus d'une année devant les bornes consignées au Tableau 3-35. D'autre part, un nombre élevé de rechargements ont été réalisés sur les tronçons de plage situés entre les bornes 1 à 11 (huit interventions en 27 ans), 35 à 44 (cinq interventions en 27 ans), 59 à 61 (sept interventions en 27 ans), 84 à 88 (cinq interventions en 26 ans), ainsi que 99 à 101 (six interventions en 26 ans). Une description des travaux réalisés dans chacun de ces secteurs, ainsi qu'une analyse de leur efficacité et des solutions potentielles aux problématiques observées sont présentées aux sections suivantes de ce document.

La répartition des rechargements n'a cependant pas été régulière sur l'ensemble de la plage et une grande partie du rivage n'a fait l'objet d'aucune intervention, ou d'un très faible nombre d'interventions (deux ou moins).

L'historique des travaux démontre quant à lui une diminution progressive de la quantité moyenne de matériaux mis en place lors des rechargements. De 1986 à 1995, le volume moyen s'élevait à environ 61 000 tonnes/année, alors que de 1996 à 2005, il était plutôt de 23 000 tonnes/année. Depuis 2006, il se chiffre à environ 20 000 tonnes/année.

Tableau 3-35. Dolbeau-Mistassini – Bilan des largeurs de plage dans les secteurs sensibles

BORNE	NOMBRE D'ANNÉES AVEC LARGEUR DE PLAGE INFÉRIEURE À 8 m
6	3 (18) ¹
7	2 (18)
36	2 (18)
37	8 (18)
38	4 (18)
40	5 (18)
42	12 (18)
44	7 (18)
45	14 (18)
46	17 (18)
58	12 (18)
61	14 (18)
62	16 (18)
74	2 (18)
75	4 (18)
78	9 (18)
79	3 (17)
80	2 (18)
85	13 (18)
86	10 (18)
101	5 (18)
105	4 (18)
106	15 (18)

¹ Les nombres indiqués entre parenthèses indiquent le nombre total d'années où des suivis ont été réalisés (excluant les années 1986, qui précède la mise en place de la plupart des rechargements dans ce secteur, et 1990, pour laquelle les largeurs de plage n'étaient pas disponibles).

ÉPIS

Le secteur compte deux structures de rétention des sédiments (épis en éventails) ayant été aménagées dans le cadre du PSBLSJ. Ces ouvrages ont été construits en 2008 et se trouvent tous les deux dans la zone de berges située à l'ouest de la plage (site 2008.11.01). Leur longueur demeure relativement petite et se chiffre à 20 et 26 m, respectivement.

L'efficacité des structures s'avère difficile à évaluer, puisque leur site d'aménagement se trouve en dehors du secteur de plage faisant l'objet d'un suivi régulier. Les données permettant de caractériser l'évolution du trait de côte à proximité des ouvrages sont donc limitées. L'image aérienne présentée sur la carte des interventions historiques (annexe A) indique cependant que les ouvrages semblent avoir favorisé l'accumulation de sédiments dans leurs zones d'influence respectives. Les suivis visuels réalisés périodiquement ont également conclu que la performance des épis était satisfaisante (ALCAN, 2011). L'accumulation de matériaux à l'est de l'un des épis pourrait toutefois avoir provoqué le déplacement de l'émissaire d'un cours d'eau, le contraignant à migrer à proximité du rivage et à longer

la berge sur environ 80 m, depuis son embouchure jusqu'à l'épi. Des travaux correctifs réalisés en 2011 ont toutefois permis de reconfigurer et de solidifier la sortie de ce ruisseau.

ÉMISSAIRES DE COURS D'EAU

La dérive des matériaux de rechargements a créé des zones d'accumulation devant plusieurs cours d'eau. Cette dynamique a généralement eu pour conséquence le déplacement des embouchures et la migration des chenaux d'écoulements vers le rivage. Les cours d'eau ayant subi ce type d'impact incluent notamment les ruisseaux Ptarmigan et Savard.

Diverses mesures correctives ont été mises en œuvre pour sécuriser les abords et reconfigurer les sorties. Une première approche incluait le réaménagement des exutoires et la mise en place d'un lit de pierres permettant de faciliter l'évacuation de l'eau lors des crues printanières. Cette technique a généralement eu de bons résultats dans des cours d'eau à faibles débits.

Une deuxième approche incluait quant à elle le dragage récurant (petits volumes) des sédiments accumulés devant les embouchures. Cette technique a également démontré des résultats satisfaisants, dans les petits cours d'eau comme dans ceux de plus grande envergure, mais nécessitait une fréquence d'intervention plus élevée. L'impact de ces interventions était toutefois relativement fiable en raison de la petite taille de la zone de travaux et la courte durée des opérations.

BILAN SÉDIMENTAIRE

La comparaison des suivis d'arpentage réalisés en 1992 et en 2014 indique que le volume du tronçon de plage situé entre les bornes 26 et 108 (longueur totale de 8 500 m) a augmenté d'environ 58 000 m³. L'historique des interventions démontre quant à lui que le volume de matériaux de rechargements déposés pendant cette période se chiffre à près de 220 000 m³. Environ 75 % (162 000 m³) des sédiments mis en place dans ce secteur auraient donc été transportés en dehors de la zone d'analyse.

La perte de matériaux correspond à un taux d'érosion moyen d'environ 0,8 m³/m/an pour l'ensemble du tronçon de plage considéré. Localement, par contre, il est possible qu'un taux plus élevé ait été observé.

L'écart important entre ces deux volumes indique clairement que les matériaux déposés sur les plages de Mistassini ont tendance à ne pas rester en place. Les secteurs probables de perte de sédiments sont, en ordre d'importance, les deux extrémités du domaine, en raison des dérives littorales dominantes qui divergent, les incisions dans la plage au droit des cours d'eau importants, par exemple les ruisseaux Ptarmigan et Savard, et enfin possiblement le transport transversal. L'absence de zones d'accrétion importante dans le tronçon de plage analysée est aussi un indicateur que les matériaux de rechargement sont exportés hors du domaine.

SITE 95.11.03 (BORNES 99 À 101)

Le tronçon de plage situé entre les bornes 99 et 101 a fait l'objet de six rechargements en 26 ans dans le cadre du PSBLSJ. La récurrence des interventions a varié entre 4 et 7 ans. Elle s'est toutefois maintenue à 5 ans à compter de 2002. Le volume de matériaux déposés lors de la dernière période de référence (2006-2016) s'est élevé à près de 20 000 tonnes et le taux de rechargement moyen a été d'environ 40 t/m.

Malgré ces interventions, un recul systématique du trait de côte a été observé devant les bornes 100 et 101 après chaque rechargement (Figure 3-52). Des largeurs inférieures à 8 m ont même été observées à plusieurs reprises devant la borne 101 (2002, 2006, 2007, 2011 et 2012).

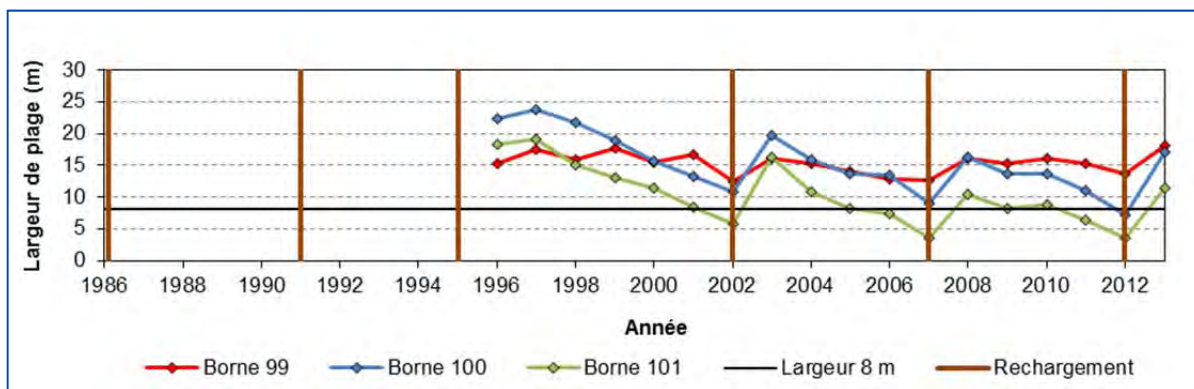


Figure 3-52. Dolbeau-Mistassini – Évolution des largeurs de plage (bornes 99 à 101)

La problématique d'érosion observée dans ce secteur est probablement liée à la configuration géographique du trait de côte à cet endroit, qui forme une légère avancée vers le large par rapport aux secteurs adjacents. Cette protubérance provoque alors une augmentation rapide de la capacité de transport et mène à un déséquilibre naturel de la dynamique hydrosédimentaire locale. Les résultats de modélisation indiquent d'ailleurs une croissance importante du transport littoral net en se dirigeant vers l'ouest (Lasalle-NHC 2015b). Le déséquilibre créé alors un déficit sédimentaire sur le tronçon de plage concerné, alors que le volume de sédiments qui quitte est plus grand que celui qui entre. Le recul persistant du trait de côte suggère que les matériaux de rechargements ne sont pas demeurés en place et ont plutôt été emportés rapidement par la dérive littorale.

La pérennité des rechargements depuis 2002 (5 ans) demeure néanmoins acceptable selon les critères d'évaluation considérés. La poursuite de ces interventions constitue alors une approche intéressante pour maintenir des largeurs de plage adéquates. Une alternative potentielle pour réduire davantage la fréquence d'intervention pourrait quant à elle inclure une augmentation de la longueur de la zone d'intervention, ou l'utilisation d'un taux de rechargement plus élevé.

L'aménagement de structures de rétention des sédiments (épis, brise-lames) pourrait également être envisagé pour retenir les sédiments plus longtemps sur leur lieu de dépôt et ralentir leur migration vers l'ouest. Les ouvrages devraient cependant être construits de manière à couvrir l'ensemble de la zone de transport, ou assurer une transition graduelle entre la zone de structures et le tronçon de plage non protégé, afin d'éviter de créer des zones d'érosion dans les secteurs adjacents. Une analyse approfondie de l'efficacité des solutions proposées et des impacts potentiels anticipés en aval (évaluation explicite) est présentée à la section 3.7.7.

SITE 94.11.01 (BORNES 84 À 88)

Le tronçon de plage situé entre les bornes 84 et 88 a fait l'objet de cinq rechargements en 26 ans dans le cadre du PSBLSJ. La récurrence des interventions a été d'environ 6 ans. Le volume de matériaux déposés lors de la dernière période de référence (2006-2016) s'est élevé à environ 40 000 tonnes, avec un taux de rechargement approximatif de 50 t/m.

Malgré ces interventions, un recul systématique du trait de côte a été observé devant les bornes 85 et 86 après chaque rechargement (Figure 3-53). Des largeurs inférieures à 8 m ont également été observées à plusieurs reprises devant ces repères (1998 à 1999, 2002 à 2007 et 2009 à 2013).

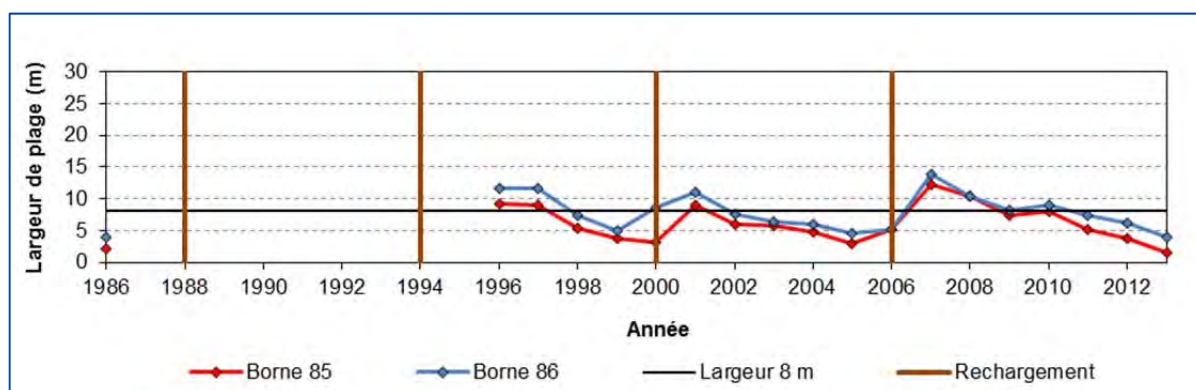


Figure 3-53. Dolbeau-Mistassini – Évolution des largeurs de plage (bornes 85 et 86)

La problématique d'érosion observée dans cette région est similaire à celle du secteur précédent (bornes 99 à 101), dans la mesure où un avancement local du trait de côte provoque une augmentation rapide de la capacité de transport et mène à un déséquilibre naturel de la dynamique hydrosédimentaire, créant un déficit de matériaux sur le tronçon de plage concerné. Les résultats de modélisation indiquent qu'une croissance importante du transport littoral net se produit également à cet endroit (Lasalle-NHC 2015b). Le recul persistant du trait de côte suggère quant à lui que les matériaux de rechargements ne sont pas demeurés en place et ont plutôt été emportés rapidement par la dérive littorale.

La pérennité des rechargements (6 ans) a néanmoins été acceptable selon les critères d'évaluation considérés. La poursuite de ces interventions constitue alors une approche intéressante pour maintenir une qualité de plage satisfaisante. Une alternative potentielle pour réduire davantage la fréquence d'intervention pourrait quant à elle inclure une augmentation de la longueur de la zone d'intervention, ou l'utilisation d'un taux de rechargement plus élevé.

Contrairement au secteur précédent, par contre, la mise en place de structures de rétention des sédiments (épis) est déconseillée. D'une part, cette approche est difficile à justifier compte tenu de la récurrence satisfaisante des rechargements historiques. D'autre part, les aménagements risquent de perturber la dynamique hydrosédimentaire de la région et de provoquer d'importants problèmes d'érosion dans les secteurs adjacents. Pour atténuer cette conséquence, il serait nécessaire de prolonger les aménagements sur une distance beaucoup plus grande que la longueur d'intervention actuellement visée par les rechargements. Les investissements requis seraient donc importants et des études complémentaires seraient exigées afin de bien analyser l'efficacité des solutions proposées et les impacts potentiels anticipés.

SITE 91.11.02 (BORNES 74 À 80)

Le tronçon de plage situé entre les bornes 75 et 80 n'a fait l'objet que de trois rechargements en 23 ans dans le cadre du PSBLSJ, mais un recul systématique du trait de côte a été observé après chaque rechargement (Figure 3-54). Des largeurs de plage inférieures à 8 m ont également été observées à certains endroits à compter de 2005 (bornes 74 à 75 et 78 à 80).

Il est toutefois intéressant de remarquer que le recul du trait de côte suite au rechargement réalisé en 1991 semble avoir été beaucoup plus lent que celui observé après l'intervention de 2010. Ce résultat pourrait être lié à une longueur de rechargement plus grande (1 280 m contre 640 m) et un taux de rechargement plus élevé (44 t/m contre 28 t/m). Cette approche aurait permis, entre autres, de retarder l'étalement du rechargement par diffusion dans la zone de sensibilité accrue.

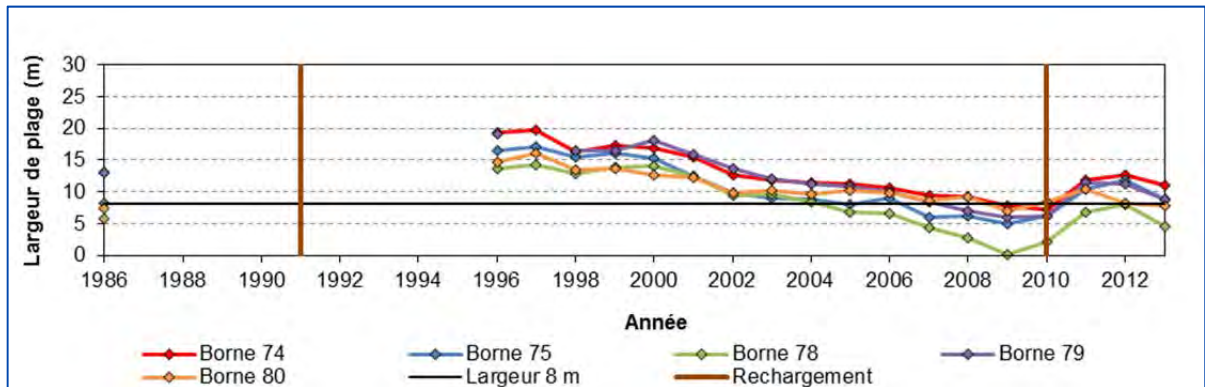


Figure 3-54. Dolbeau-Mistassini – Évolution des largeurs de plage (bornes 74 à 80)

La problématique d'érosion observée dans cette région demeure liée à un déséquilibre naturel de la dynamique hydrosédimentaire, provoqué par une augmentation graduelle de la capacité de transport. Les résultats de modélisation indiquent encore une fois que le transport littoral net s'intensifie en se dirigeant vers l'ouest (Lasalle-NHC 2015b). L'avancement du trait de côte à cet endroit est cependant plus faible et la croissance de la capacité de transport est moins rapide que dans les secteurs précédents (bornes 99 à 101 et 84 à 88), ce qui réduit le taux d'érosion effectif.

La pérennité du premier rechargement est jugée comme étant optimale selon les critères d'évaluation considérés, alors qu'une période de 14 ans s'est écoulée avant que les premières largeurs de plage inférieures à 8 m ne soient observées. La poursuite de cette technique constitue alors une approche acceptable pour maintenir une qualité de plage satisfaisante. L'envergure des rechargements devrait cependant être plus importante que celle du rechargement réalisé en 2010 afin de maintenir une récurrence d'intervention acceptable. Des études complémentaires devraient également être réalisées afin de bien analyser l'envergure des rechargements requis, ainsi que les impacts potentiels anticipés sur les secteurs adjacents.

La mise en place de structures de rétention des sédiments (épis) demeure cependant déconseillée, en raison de la perturbation anticipée de la dynamique hydrosédimentaire de la région. Il est probable qu'il soit nécessaire de prolonger la zone d'aménagement sur une distance beaucoup plus grande que la longueur d'intervention actuellement visée par les rechargements afin de limiter les répercussions sur les secteurs adjacents. Les investissements requis seraient donc très importants.

SITE 94.11.02 (BORNES 58 À 62)

Le tronçon de plage situé entre les bornes 59 et 61 a fait l'objet de sept rechargements en 27 ans dans le cadre du PSBLSJ. La récurrence des interventions a varié entre 3 et 7 ans. Elle s'est toutefois maintenue à 4 ans à compter de 2002. Le volume de matériaux déposés lors de la dernière période de référence (2006-2016) s'est élevé à environ 42 000 tonnes, avec un taux de rechargement approximatif de 50 t/m.

Malgré ces interventions, la plage est demeurée relativement étroite devant les bornes 58, 61 et 62 (Figure 3-55). Les largeurs mesurées devant ces repères ont d'ailleurs régulièrement été inférieures à 8 m. Un recul systématique du trait de côte a également été observé après chaque rechargement.

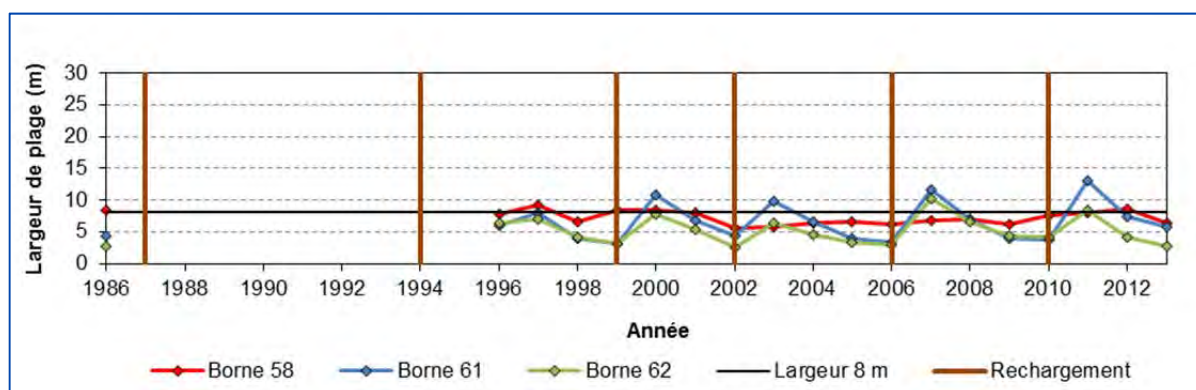


Figure 3-55. Dolbeau-Mistassini – Évolution des largeurs de plage (bornes 58 à 62)

Encore une fois, la problématique d'érosion observée dans cette région est susceptible d'être liée à un déséquilibre naturel de la dynamique hydrosédimentaire provoqué par un avancement local du trait de côte et une augmentation rapide de la capacité de transport. Les résultats de modélisation indiquent qu'une croissance importante du transport littoral net se produit à nouveau à cet endroit (Lasalle-NHC 2015b). Le recul persistant du trait de côte suggère quant à lui que les matériaux de rechargements ne sont pas demeurés en place et ont plutôt été emportés rapidement par la dérive littorale.

La pérennité des rechargements (4 ans) a été inférieure au seuil jugé acceptable selon les critères d'évaluation considérés. La poursuite de cette approche est néanmoins recommandée pour maintenir une qualité de plage satisfaisante. Des alternatives pour réduire la fréquence d'intervention pourraient toutefois inclure une augmentation de la longueur de la zone d'intervention ou l'utilisation d'un taux de rechargement plus élevé. Une analyse approfondie de l'efficacité de ces propositions et des impacts potentiels anticipés en aval (évaluation explicite) est présentée à la section 3.7.7.

La mise en place de structures de rétention des sédiments (épis) demeure déconseillée pour ce secteur, en raison de la perturbation anticipée de la dynamique hydrosédimentaire de la région et du risque de provoquer d'importants problèmes d'érosion dans les secteurs adjacents. Pour atténuer cette conséquence, il serait nécessaire de prolonger les aménagements sur une distance beaucoup plus grande que la longueur d'intervention actuellement visée par les rechargements. Les investissements requis seraient donc importants et des études complémentaires seraient exigées afin de bien analyser l'efficacité des solutions proposées et les impacts potentiels anticipés.

SITE 95.11.02 (BORNES 36 À 46)

Le tronçon de plage situé entre les bornes 35 et 44 a fait l'objet de cinq rechargements en 27 ans dans le cadre du PSBLSJ. La récurrence des interventions a quant à elle varié entre 5 et 8 ans. Le volume de matériaux déposés lors de la dernière période de référence (2006-2016) s'est élevé à un peu plus de 76 000 tonnes, avec un taux de rechargement approximatif de 35 t/m.

Malgré ces interventions, un recul systématique du trait de côte a été observé après chaque rechargement (Figure 3-56 et Figure 3-57). Des largeurs de plage inférieures à 8 m ont également été observées à plusieurs endroits (bornes 36 à 38, 40, 42 et 44 à 46).

Il est intéressant de remarquer que les largeurs de plage mesurées suite au rechargement réalisé en 1995 ont été plus importantes que celles observées après les interventions de 2002 et 2009. Ce résultat pourrait être lié à l'utilisation d'un taux de rechargement plus élevé (60 t/m contre 30 t/m). Cette approche a cependant eu une influence marginale sur la pérennité de l'intervention, alors que les

largeurs de plages après 7 ans se sont avérées similaires à celles observées avec un taux de rechargements plus faible.

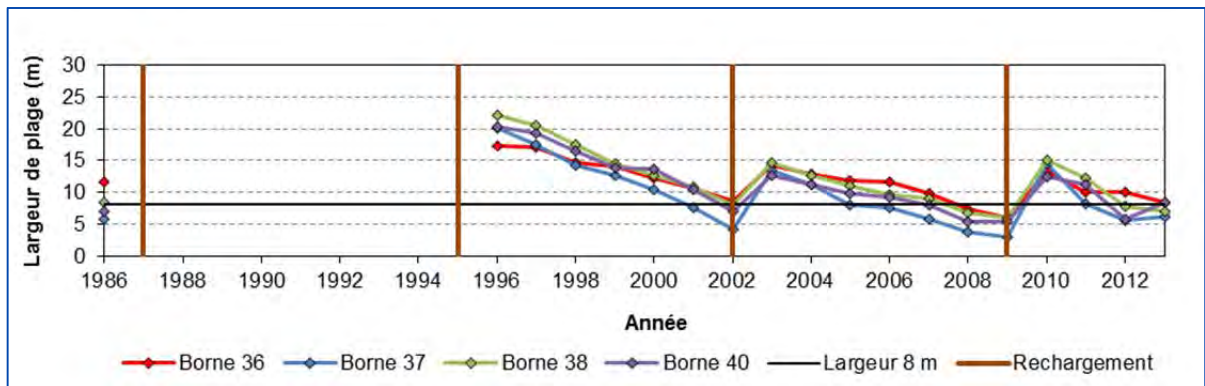


Figure 3-56. Dolbeau-Mistassini – Évolution des largeurs de plage (bornes 36 à 40)

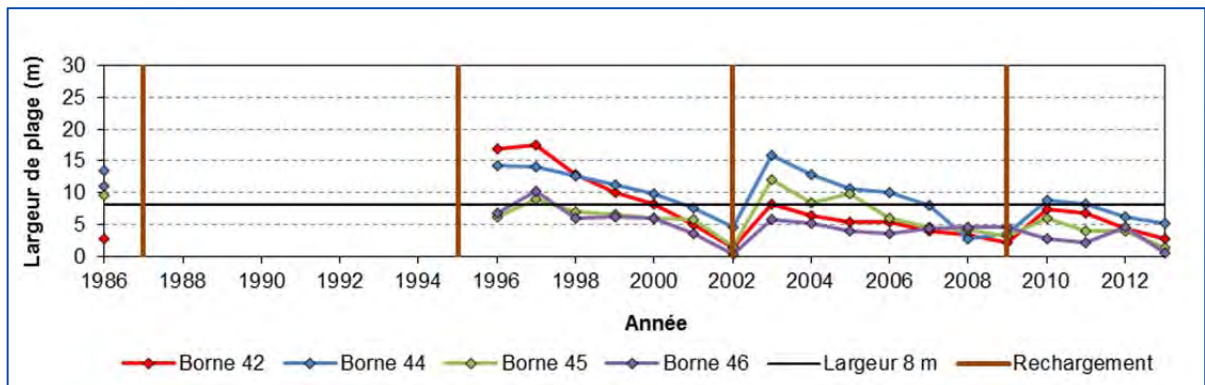


Figure 3-57. Dolbeau-Mistassini – Évolution des largeurs de plage (bornes 42 à 46)

De façon similaire aux autres secteurs, une augmentation rapide de la capacité de transport, provoquée par un avancement local du trait de côte, est probablement à l'origine de la problématique d'érosion observée. Ce phénomène cause un déséquilibre naturel de la dynamique hydrosédimentaire et crée un déficit de matériaux sur le tronçon de plage concerné. Les résultats de modélisation appuient cette hypothèse, alors qu'une croissance importante du transport littoral net est observée en se dirigeant vers l'est (Lasalle-NHC 2015b). Le recul persistant du trait de côte suggère que les matériaux de rechargements ne sont pas demeurés en place et ont plutôt été emportés rapidement par la dérive littorale.

La pérennité des rechargements (5 ans et plus) demeure néanmoins acceptable selon les critères d'évaluation considérés. La poursuite de ces interventions constitue alors une approche intéressante pour maintenir une qualité de plage satisfaisante. Une alternative potentielle pour réduire davantage la fréquence d'intervention pourrait quant à elle inclure une augmentation de la longueur de la zone d'intervention.

D'autre part, contrairement aux secteurs précédents, l'aménagement de structures de rétention des sédiments (épis, brise-lames) pourrait également être envisagé à cet endroit, afin de retenir les sédiments plus longtemps sur leur lieu de dépôt et ralentir leur migration vers l'est. Étant donné l'envergure importante des interventions réalisées dans ce secteur jusqu'à présent, il est possible que

le tronçon de plage affecté par la mise en place de structures soit d'une longueur comparable à celle de la région faisant actuellement l'objet des rechargements. La zone de structures devra cependant être suffisamment longue afin d'assurer une couverture satisfaisante de la région où le transport est élevé, ou assurer une transition graduelle vers le tronçon de plage non protégé, et éviter de créer des zones d'érosion dans les secteurs adjacents.

L'impact à long terme de cette approche pourrait néanmoins s'avérer plus avantageux que la poursuite du statu quo s'il était démontré que des économies pourraient être réalisées à l'égard des volumes de rechargements requis. Cette hypothèse devrait cependant être validée à l'aide d'analyses approfondies par modélisation. L'efficacité des solutions proposées et des impacts potentiels anticipés en aval (évaluation explicite) est d'ailleurs présentée à la section 3.7.7.

SITES 92.11.01 ET 88.11.01 (BORNES 1 À 11)

Le tronçon de plage situé entre les bornes 1 et 11 a fait l'objet de huit rechargements en 27 ans dans le cadre du PSBLSJ. Les interventions les plus fréquentes ont été réalisées entre les années 1988 et 1998 (quatre rechargements), où la récurrence de rechargement a varié entre 4 et 6 ans. Plus de 62 000 tonnes de matériaux ont été déposées pendant cette période, selon un taux moyen d'environ 40 t/m. À compter de 1998, par contre, la récurrence d'intervention a été plus grande et a varié entre 6 et 19 ans. Le volume de matériaux déposés lors de la dernière période de référence (2006-2016) s'est élevé à environ 26 000 tonnes et le taux de rechargement moyen a diminué à environ 35 t/m.

Le secteur est très particulier en raison de la forme que prend le trait de côte à cet endroit. Des barres d'accrétion se sont formées le long de la plage et semblent se déplacer progressivement vers l'est. Ces formations provoquent des variations importantes des largeurs de plage et des largeurs inférieures à 8 m ont été observées devant la borne 6, de 1998 à 2000, ainsi que devant la borne 7, en 2011 et 2013 (Figure 3-58).

La dynamique hydrosédimentaire dans ce secteur est très complexe en raison de chenaux d'écoulement situés à proximité du rivage, combinés à la convergence de courants littoraux, générés par les vagues, et de courants fluviaux, en provenance des rivières Péribonka et Petite Péribonka. Des zones de turbulence et de contre-courants pourraient être à l'origine de la formation et du déplacement des barres d'accrétion. Une étude complémentaire est présentement en cours afin d'analyser plus en détail ce phénomène et de proposer des solutions adaptées pour contrôler l'érosion.

En attendant les conclusions de cette étude, les interventions réalisées dans ce secteur devraient se limiter au remodelage des barres et au rechargement périodique de la plage. Il est toutefois probable que l'efficacité d'une telle approche demeure faible et de courte durée, puisque les barres d'accrétion risquent de se reformer plus ou moins rapidement.

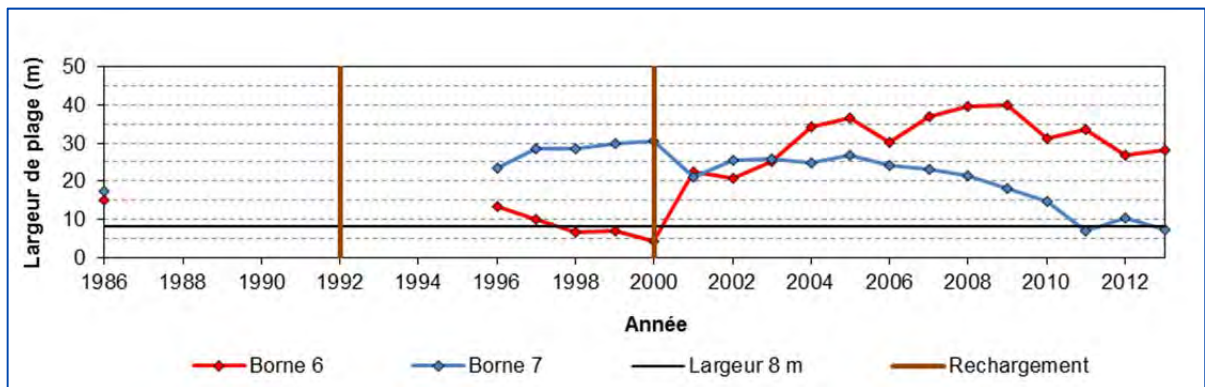


Figure 3-58. Dolbeau-Mistassini – Évolution des largeurs de plage (bornes 6 et 7)

3.7.6.2 SECTEURS DE BERGE

Un peu plus de 20 % (1 km sur 5 km) des secteurs de berge ont fait l'objet de travaux de stabilisation depuis 1986 (Tableau 3-32). La majorité des interventions ont été réalisées entre 1995 et 1996 et les aménagements n'ont nécessité aucun entretien significatif. Toutefois, selon les suivis réalisés par les responsables du PSBLSJ, un perré construit en 1995 dans la Petite rivière Péribonka (site 95.11.01) démontre aujourd'hui des signes d'affouillement à sa base. Des travaux d'entretien seront donc requis à court terme afin de stabiliser la structure.

Outre cet aménagement de protection, la performance des aménagements répond de façon satisfaisante aux critères d'évaluation.

3.7.7 ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX (APPROCHE EXPLICITE)

3.7.7.1 TRANSPORT LONGITUDINAL

La modélisation du transport longitudinal et de l'évolution du trait de côte démontre qu'en l'absence de rechargements réalisés par Rio Tinto Alcan, environ 4,0 km de plage auraient subi un recul par rapport à la position du trait de côte observé en 1986 (Figure 3-59), soit un peu plus de 50 % de la longueur totale du tronçon de plage considéré lors des simulations (7,5 km). D'autre part, l'érosion observée dans certains secteurs, comme entre les bornes 33 à 40, 59 à 66, 71 à 77, 84 à 89 et 99 à 103, aurait pu être très importante, avec des reculs variant entre 10 et 20 m après 23 ans.

Une accumulation de matériaux se serait malgré tout naturellement produite devant les exutoires des cours d'eau, notamment au droit des ruisseaux Ptarmigan et Savard. Les zones d'accrétion auraient totalisé environ 1,5 km. La position du trait de côte dans les secteurs restants (environ 2,0 km) serait quant à elle demeurée relativement stable.

La ligne de côte mesurée en 2009 témoigne de l'efficacité du PSBLSJ, alors que les largeurs de plage étaient généralement toutes supérieures ou égales à celles observées en 1986. Aucun recul significatif du trait de côte n'a été mesuré et la longueur totale des zones en accrétion a plus que doublé, se chiffrant à près de 3,6 km. L'ajout de matériaux de rechargements est toutefois susceptible d'avoir amplifié l'accumulation de sédiments dans ces zones, surtout dans les secteurs situés à l'est des

embouchures de ruisseaux, alors que le trait de côte observé est plus avancé que celui modélisé après 23 ans.

Les modélisations « avec ouvrages (état de référence) » (Lasalle-NHC 2015b) et « sans ouvrages » mènent à des résultats similaires, alors qu'aucun ouvrage de rétention n'a été aménagé sur la plage dans le cadre du PSBLSJ. Les deux scénarios de modélisation diffèrent cependant par rapport à la ligne de côte initiale considérée au début des simulations. La ligne de côte mesurée en 1986 est utilisée pour le scénario « sans ouvrages », alors que celle mesurée en 2014 est retenue pour le scénario « avec ouvrages ». Les résultats de modélisation « avec ouvrages » fournissent alors un aperçu de l'évolution future du trait de côte, si aucun rechargement n'était effectué.

Un des effets de cette variation dans la position initiale du trait de côte semble être une réduction généralisée de l'intensité du taux de transport. Ce phénomène est particulièrement visible dans les secteurs où l'intensité demeure forte (ex. devant les bornes 33, 59, et 90). L'accumulation de matériaux devant les exutoires des cours d'eau est toutefois susceptible de se poursuivre, principalement devant le ruisseau Ptarmigan. L'érosion devrait quant à elle se poursuivre dans les secteurs sensibles énumérés précédemment, avec des reculs anticipés de 10 à 15 m. Ce résultat suggère alors que des rechargements supplémentaires seront requis à ces endroits pour prévenir les reculs excessifs.

3.7.7.2 TRANSPORT TRANSVERSAL

Les résultats de simulation indiquent que lorsque le niveau d'eau est à une élévation de 101,54 m (16,5 pieds), les volumes d'érosion transversale varient entre 3,3 et 4,1 m³/m (Lasalle-NHC 2015) pour des tempêtes de récurrences 1 à 15 ans, respectivement. Une augmentation du niveau d'eau à 101,84 m (17,5 pieds) pourrait faire augmenter ces volumes de 50 à 75 %. En contrepartie, une réduction du niveau d'eau à 101,23 m (15,5 pieds) pourrait faire diminuer les volumes d'érosion d'environ 45 %. Enfin, une diminution de près de 90 % serait anticipée si le niveau d'eau était abaissé à 100,78 m (14 pieds). En dessous 14 pieds, l'érosion transversale devient négligeable en raison de la pente très douce des profils de plage.

Il est important de rappeler que les résultats de simulations fournissent seulement un portrait des déplacements susceptibles de se produire sur de courtes périodes, dans les secteurs les plus sollicités et où le profil de plage est similaire à celui considéré dans les modèles. Les résultats ne sont pas toujours représentatifs des conditions observées sur l'ensemble d'un site. De plus, les taux d'érosion peuvent varier en fonction des conditions antécédentes observées sur la plage, des déformations subites par le profil et de la durée des tempêtes. Enfin, sur de longues périodes, d'autres processus hydrosédimentaires actifs le long du littoral peuvent exercer une influence sur les taux d'érosion observés.

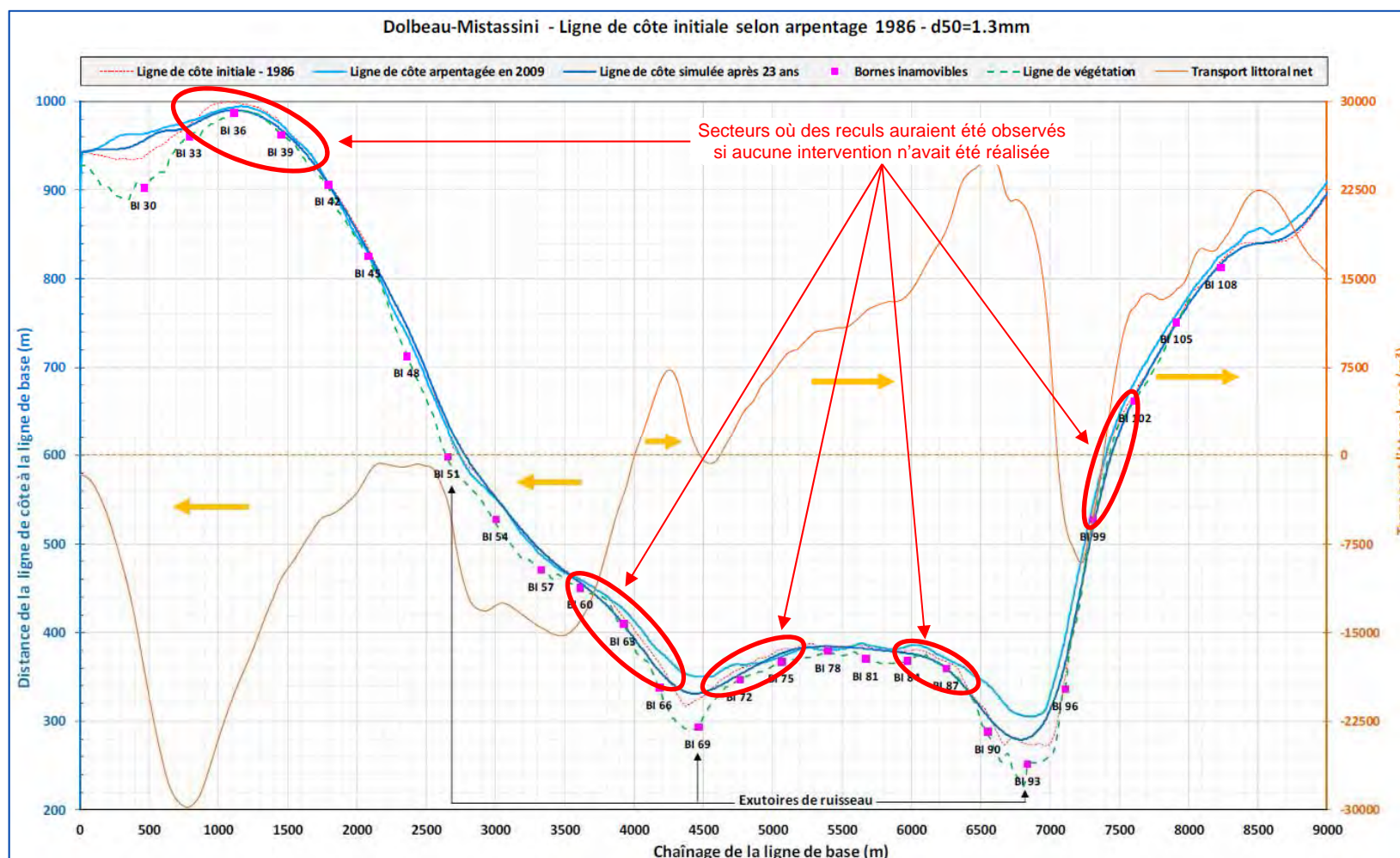


Figure 3-59. Dolbeau-Mistassini – Résultats de modélisation du transport sédimentaire et de l'évolution du trait de côte de 1986 à 2009, en absence d'interventions au cours de la même période (extrait de Lasalle 2015 Sim1)

3.7.7.3 ÉVALUATION PRÉLIMINAIRE DES SOLUTIONS

L'évaluation préliminaire des solutions se limite à une analyse de trois zones de sensibilité accrue à l'érosion, soit les sites 95.11.03 (bornes 99 à 101), 94.11.02 (bornes 58 à 62) et 95.11.02 (bornes 36 à 46). Les sites 94.11.01 (bornes 84 à 88) et 91.11.02 (bornes 74 à 80) sont exclus, alors que l'évaluation globale de l'efficacité des travaux démontre que la pérennité des rechargements à ces endroits demeure acceptable, voire optimale, et déconseille la mise en place de structures de rétention des sédiments. Le maintien du statu quo est donc recommandé pour y conserver une qualité de plage adéquate. Enfin, les sites 92.11.01 et 88.11.01 (bornes 1 à 11) est également exclu de l'évaluation, alors que la complexité de la dynamique hydrosédimentaire à cet endroit nécessite une analyse approfondie, à l'aide de modèles plus élaborés (modèles 2D ou 3D, par exemple). Une étude complémentaire est d'ailleurs en cours pour étudier plus en détail les phénomènes en jeu et ces conclusions font l'objet d'un rapport distinct (Lasalle 2015, Modélisation 2D).

SITE 95.11.03 (BORNES 99 À 101)

Le tronçon de plage situé entre les bornes 99 et 101 a fait l'objet de plusieurs rechargements dans le cadre du PSBLSJ. Un recul systématique du trait de côte a malgré tout été observé après chaque intervention et des largeurs de plage inférieures à 8 m ont été observées à plusieurs reprises devant la borne 101 entre 2002 et 2012 (Figure 3-52).

Les résultats de modélisation suggèrent que la problématique d'érosion observée dans ce secteur serait liée à un déséquilibre naturel de la dynamique hydrosédimentaire, provoqué par une augmentation rapide de la capacité de transport. Sans aucun rechargement, la longueur anticipée de plage en érosion après 23 ans serait d'environ 1 350 m. Ce cas de référence demeure néanmoins peu représentatif du comportement réel du trait de côte, alors qu'en pratique la migration des matériaux de rechargement déposés entre les bornes 99 et 101 est susceptible d'alimenter les secteurs situés à l'ouest, limitant ainsi l'érosion observée à ces endroits.

Afin d'améliorer la pérennité des rechargements et d'augmenter les largeurs de plage maintenues dans la zone de sensibilité accrue, deux variantes d'aménagements ont été proposées : la mise en place de quatre épis d'une longueur de 100 m et espacés de 300 m (variante 1), ainsi que la mise en place de sept épis d'une longueur de 60 m et espacés de 180 m (variante 2). Dans chaque cas, deux épis de plus petite dimension ont été ajoutés aux extrémités des aménagements (longueur de 60 m pour la variante 1 et 45 m pour la variante 2) afin de favoriser une transition graduelle entre la zone de structures et le secteur de plage non protégé.

La longueur des zones d'intervention proposées était beaucoup plus grande (environ 1 300 m) que celle du tronçon de plage actuellement visé par les rechargements (environ 250 m), car il était important que les champs d'épis couvrent la totalité de la région où le transport était élevé afin de limiter les impacts sur les secteurs adjacents et éviter le déplacement de la problématique d'érosion. Une évaluation préliminaire de cette longueur a été réalisée sur la base des résultats de simulations en conditions « sans ouvrages ». La longueur finale est toutefois habituellement déterminée par le biais d'un processus itératif et fait normalement l'objet d'ajustements lors des simulations préliminaires en conditions « avec ouvrages ».

Toutes les simulations « avec ouvrages » ont été réalisées en considérant la mise en place de rechargements entre les épis lors de leur construction. Cette pratique permet normalement de remplir la zone d'influence des structures, de former le nouveau trait de côte et d'empêcher la coupure complète de la dérive littorale en aval. La variante 1 nécessitait la mise en place de 54 000 tonnes de matériaux, alors que près de 61 000 tonnes étaient requises pour la variante 2.

La Figure 3-60 illustre la position de la ligne de côte après 23 ans pour le cas de référence (conditions actuelles sans aucun rechargement) ainsi que pour les variantes d'aménagements proposées.

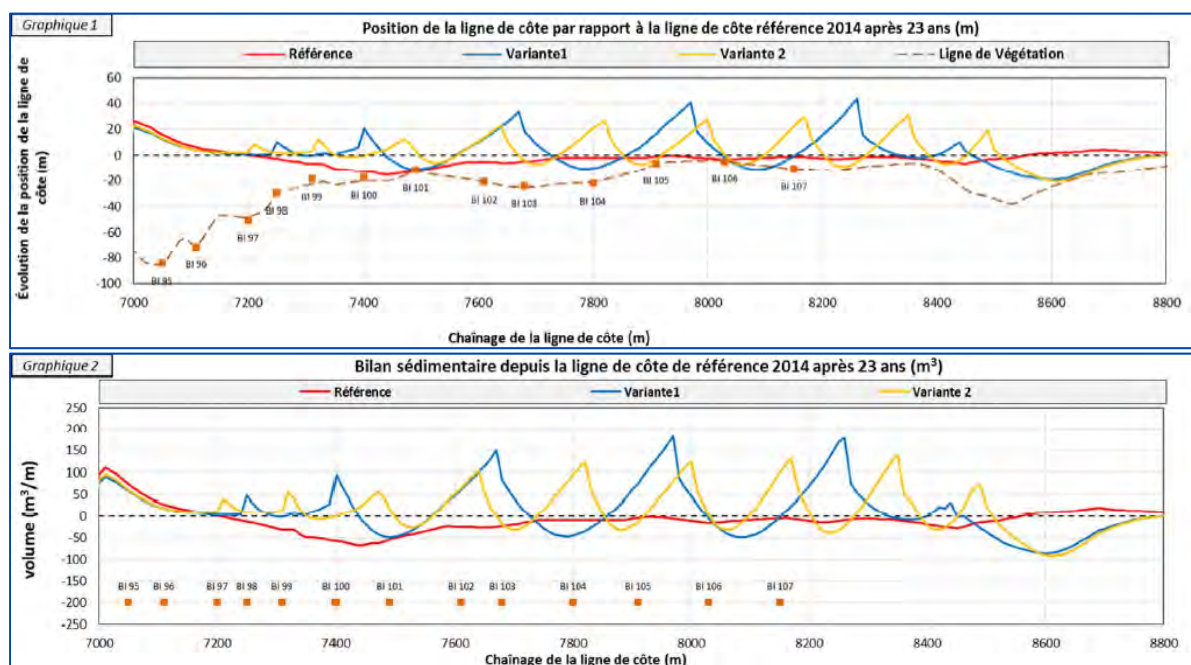
Les résultats indiquent que la mise en place des épis favoriserait l'accumulation de sédiments à proximité des ouvrages. La variante 1 permettrait de réduire la longueur de plage en érosion de 550 m, soit une diminution d'environ 40 % par rapport à la longueur anticipée sans aucune intervention (cas de référence), alors que la variante 2 permettrait une réduction de 640 m, soit une diminution de 47 % par rapport à la longueur anticipée sans aucune intervention. La mise en place d'épis plus courts, mais plus rapprochés semble alors être l'alternative offrant la meilleure performance.

Les tronçons de plage situés à la mi-distance entre les structures pourraient toutefois subir un recul du trait de côte comparable (variante 2), ou même supérieur (variante 1), à celui qui serait observé en l'absence d'intervention. L'évolution de la ligne de côte devant les bornes 101, 104 et 107 ne prévoit d'autre part aucun plafonnement de ces reculs au cours de la période de simulation. Des rechargements supplémentaires seraient donc éventuellement requis pour compenser la perte continue de matériaux.

Des reculs importants (environ 20 m) seraient également anticipés à l'extrémité ouest du secteur, ce qui indique que les champs d'épis proposés ne couvrent pas la totalité de la zone où le transport est élevé. Il serait donc nécessaire de prolonger davantage la zone de structures vers l'ouest. Sinon, plusieurs rechargements seraient requis pour combler la perte de matériaux en aval des ouvrages.

Les quantités de sédiments manquants après 23 ans indiquent pour leur part que des volumes de 54 000 t (variante 1 – 27 200 m³, Lasalle-NHC, 2015b) et 43 000 t (variante 2 – 21 300 m³; Lasalle-NHC 2015b), respectivement, seraient nécessaires dans les zones érodées pour maintenir le trait de côte de 2014. En ajoutant les volumes de rechargement initiaux à ces valeurs, les quantités de matériaux requises totaliseraient 108 000 et 104 000 t, respectivement, soit plus du double du déficit obtenu pour le cas de référence, qui est de l'ordre de 51 300 t (26 650 m³; Lasalle-NHC 2015b). Les variantes ne procureraient alors aucune économie à l'égard des volumes de rechargements requis.

En résumé, la mise en place d'épis dans ce secteur de plage ne semble pas être une approche intéressante pour améliorer la pérennité des rechargements entre les bornes 99 et 101. D'une part, la longueur de la zone d'intervention requise serait très importante et en excès de 1 300 m, alors que le tronçon de plage actuellement visé par les rechargements est d'environ 250 m. D'autre part, les variantes d'aménagements nécessiteraient des volumes de rechargements deux fois plus élevés pour maintenir le trait de côte de 2014 que si aucune intervention n'était réalisée. Cette approche est donc déconseillée et il est plutôt recommandé de maintenir le statu quo à cet endroit.



Note : La ligne pointillée représente le trait de côte en 2014 (Lasalle-NHC 2015).

Figure 3-60. Dolbeau-Mistassini (site 95.11.03) – Évolution relative de la position de la ligne de côte et variation du volume de la plage après 23 ans (par rapport aux conditions de 2014), pour l'état de référence et les variantes d'aménagement proposées

SITE 94.11.02 (BORNES 58 À 62)

Le tronçon de plage situé entre les bornes 59 et 61 a fait l'objet de plusieurs rechargements dans le cadre du PSBLSJ. Malgré ces interventions, la plage est demeurée relativement étroite devant les bornes 58, 61 et 62 (Figure 3-55) et les largeurs mesurées devant ces repères ont été régulièrement inférieures à 8 m. Un recul systématique du trait de côte a également été observé après chaque rechargement.

De façon similaire au secteur précédent (site 95.11.03), les résultats de modélisation suggèrent que la problématique d'érosion observée dans cette région serait liée à un déséquilibre naturel de la dynamique hydrosédimentaire, provoqué par une augmentation rapide de la capacité de transport. Sans aucun rechargement, la longueur anticipée de plage en érosion après 23 ans serait d'environ 890 m. Encore une fois, cependant, ce cas de référence n'est pas fidèlement représentatif du comportement réel anticipé du trait de côte, alors qu'en pratique des rechargements seraient réalisés au cours de la période de simulation afin de prévenir les reculs excessifs. La migration des matériaux déposés serait alors susceptible d'alimenter les secteurs adjacents, limitant ainsi l'érosion observée à ces endroits.

Afin d'améliorer la pérennité des rechargements et d'augmenter les largeurs de plage maintenues dans la zone sensible à l'érosion, trois variantes de rechargements ont été proposées : doubler la longueur de la zone d'intervention de 250 m à 500 m (variante 1), quadrupler la longueur de la zone d'intervention de 250 m à 1 000 m (variante 2), puis doubler le taux de rechargement de 50 t/m à 100 t/m, tout en conservant la longueur de la zone d'intervention actuelle de 250 m (variante 3). Les variantes 1 et 3 nécessitaient chacune la mise en place de 25 000 tonnes de matériaux, alors que

50 000 tonnes étaient requises pour la variante 2. La mise en place de structures de rétention des sédiments (épis) était déconseillée pour ce secteur, car la zone d'intérêt se trouve dans la partie centrale de la plage et la présence d'ouvrages risquait de perturber de façon significative la dynamique hydrosédimentaire de la région. Des impacts négatifs seraient donc anticipés dans les secteurs adjacents et une zone de structures significativement plus longue que le tronçon de plage faisant actuellement l'objet de rechargements aurait été requise.

La Note : *La ligne pointillée représente le trait de côte en 2014 (Lasalle-NHC 2015).*

Figure 3-61 illustre la position de la ligne de côte après 23 ans pour le cas de référence (conditions actuelles sans aucun rechargement) ainsi que pour les variantes de rechargements proposées.

Les résultats indiquent que la mise en place d'un rechargement plus long permet d'améliorer la pérennité de l'intervention. La variante 2 est d'ailleurs l'option démontrant la meilleure performance à cet égard et permet de réduire la longueur de plage en érosion de 770 m, soit une diminution d'environ 85 % par rapport à la longueur anticipée sans aucune intervention (cas de référence). La variante 3 est la prochaine option la plus efficace, en permettant une réduction la longueur de plage en érosion de 300 m, soit une diminution de 34 % par rapport à la longueur anticipée sans aucune intervention. La variante 1 clôture quant à elle le palmarès, avec une réduction de 170 m, ou 19 %, de la longueur de plage en érosion.

Les quantités de sédiments manquants après 23 ans indiquent pour leur part que des volumes de 8 600 t (variante 1 – 4 320 m³; Lasalle-NHC 2015b), 480 t (variante 2 – 240 m³; Lasalle-NHC 2015b) et 10 600 t (variante 3 – 5 310 m³; Lasalle-NHC 2015b), respectivement, seraient nécessaires dans les zones érodées pour maintenir le trait de côte de 2014. En ajoutant les volumes de rechargements initiaux à ces valeurs, les quantités de matériaux requises totaliseraient 33 600, 55 500 et 35 600 t, respectivement. En comparaison, le déficit obtenu pour le cas de référence est de l'ordre de 40 900 t (20 470 m³; Lasalle-NHC 2015b). La variante 2 ne procurerait alors aucune économie à l'égard des volumes de matériaux requis. Les variantes 1 et 3 pourraient toutefois réduire d'environ 5 000 à 7 000 t les besoins en sédiments après 23 ans. Ces volumes correspondent à moins de la moitié de la quantité de matériaux déposés à cet endroit lors du rechargement réalisé en 2014.

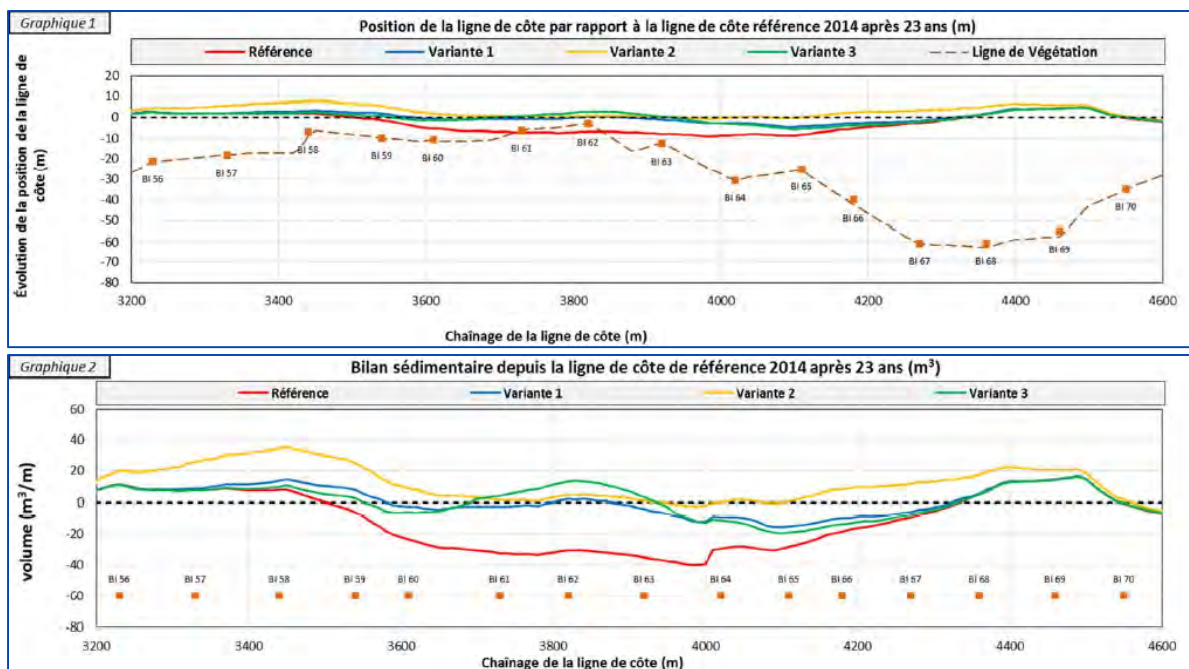
Il est important de souligner, cependant, que malgré les conclusions auxquelles mènent les résultats de simulations, des incertitudes persistent, alors que les analyses négligent les effets de diffusion et d'étalement des rechargements. Ces effets caractérisent l'effacement graduel de la protubérance que forment les rechargements sous l'action des vagues, qui déplacent les matériaux vers les secteurs adjacents et vers le large. Ils s'ajoutent aux autres processus naturels d'érosion et peuvent être plus ou moins importants selon la taille relative de la zone d'intervention. De façon générale, par contre, les effets de diffusion et d'étalement s'atténuent lorsque la longueur de la zone de rechargement augmente (DEAN 2002). La durabilité de la variante 3 pourrait donc avoir été surestimée par les modèles.

D'autre part, les simulations ne tiennent pas compte des effets de tempêtes ponctuelles, qui peuvent elles aussi éroder le littoral et accélérer les reculs observés.

En résumé, les résultats de modélisation semblent suggérer qu'une augmentation de la longueur d'intervention pourrait améliorer la pérennité des rechargements dans ce secteur. Toutefois, les variantes proposées ne permettraient pas de réduire de façon significative les volumes de rechargement requis pour maintenir le trait de côte de 2014. Une incertitude persiste également à l'égard de la durabilité des rechargements sous les effets de diffusion et d'étalement.

Avant d'augmenter la longueur de la zone de rechargement, par contre, il serait important d'analyser au préalable les impacts qu'une telle approche pourrait avoir sur les enjeux économiques (quantités de

matériaux plus élevées pour chaque intervention), sociaux (zone d'intervention plus longue) et environnementaux (migration d'une plus grande quantité de sédiments – perturbation d'habitats, ensablement de cours d'eau). Des études complémentaires seraient requises pour évaluer plus précisément ces répercussions. Le cas échéant, des bancs d'essai pourraient être réalisés et un programme de suivi mis en place afin d'évaluer la performance des interventions.



Note : La ligne pointillée représente le trait de côte en 2014 (Lasalle-NHC 2015).

Figure 3-61. Dolbeau-Mistassini (site 94.11.02) – Évolution relative de la position de la ligne de côte et variation du volume de la plage après 23 ans (par rapport aux conditions de 2014), pour l'état de référence et les variantes d'aménagement proposées

SITE 95.11.02 (BORNES 36 À 46)

Le tronçon de plage situé entre les bornes 35 et 44 est le troisième secteur de sensibilité accrue à l'érosion ayant fait l'objet d'une évaluation préliminaire des solutions. Le nombre de rechargements réalisés à cet endroit a été légèrement plus faible que dans les secteurs précédents, mais l'envergure des interventions qui ont été réalisées était particulièrement importante. D'autre part, des largeurs de plage inférieures à 8 m ont fréquemment été observées à différents endroits entre les bornes 36 et 46 (figures 3-56 et 3-57).

Les résultats de modélisation suggèrent encore une fois que la problématique d'érosion observée dans ce secteur serait liée à un déséquilibre naturel de la dynamique hydrosédimentaire, provoqué par une augmentation rapide de la capacité de transport. Sans aucun rechargement, la longueur anticipée de plage en érosion après 23 ans serait d'environ 1 460 m. En pratique, par contre la migration des matériaux de rechargement déposés entre les bornes 35 et 44 est susceptible d'alimenter les secteurs situés à l'est, limitant ainsi l'érosion observée à ces endroits.

Afin d'améliorer la pérennité des rechargements et d'augmenter les largeurs de plage maintenues dans la zone de sensibilité accrue, deux variantes d'aménagements ont été proposées : la mise en place de

cinq épis d'une longueur de 100 m et espacés de 300 m (variante 1), ainsi que la mise en place de huit épis d'une longueur de 60 m et espacés de 180 m (variante 2). Dans chaque cas, deux épis de plus petite dimension ont été ajoutés aux extrémités des aménagements (longueur de 60 m pour la variante 1 et 45 m pour la variante 2) afin de favoriser une transition graduelle entre la zone de structures et le secteur de plage non protégé.

La longueur des zones d'intervention proposées était plus grande (environ 1 500 m) que celle du tronçon de plage actuellement visé par les rechargements (environ 1 000 m), car il était important que les champs d'épis couvrent la totalité de la région où le transport était élevé afin de limiter les impacts sur les secteurs adjacents et éviter le déplacement de la problématique d'érosion. Une évaluation préliminaire de cette longueur a été réalisée sur la base des résultats de simulations en conditions « sans ouvrages ». La longueur finale est toutefois habituellement déterminée par le biais d'un processus itératif et fait normalement l'objet d'ajustements lors des simulations préliminaires en conditions « avec ouvrages ».

Toutes les simulations « avec ouvrages » ont été réalisées en considérant la mise en place de rechargements entre les épis lors de leur construction. Cette pratique permet normalement de remplir la zone d'influence des structures, de former le nouveau trait de côte et d'empêcher la coupure complète de la dérive littorale en aval. Les quantités de matériaux requises étaient de 55 000 t pour la variante 1 et de 56 000 t pour la variante 2.

La Note : *La ligne pointillée représente le trait de côte en 2014 (Lasalle-NHC 2015).*

Figure 3-62 illustre la position de la ligne de côte après 23 ans pour le cas de référence (conditions actuelles sans aucun rechargement) ainsi que pour les variantes d'aménagements proposées.

Les résultats indiquent que la mise en place des épis favoriserait l'accumulation de sédiments à proximité des ouvrages et permettrait de stabiliser le trait de côte principalement dans la partie est du secteur (bornes 34 à 38). Les largeurs de plage à cet endroit seraient supérieures ou égales à celles observées en 2014. La variante 1 permettrait de réduire la longueur de plage en érosion de 710 m, soit une diminution d'environ 50 % par rapport à la longueur anticipée sans aucune intervention (cas de référence), alors que la variante 2 permettrait une réduction de 770 m, soit une diminution de 53 % par rapport à la longueur anticipée sans aucune intervention. La mise en place d'épis plus courts, mais plus rapprochés semble alors être l'alternative offrant la meilleure performance.

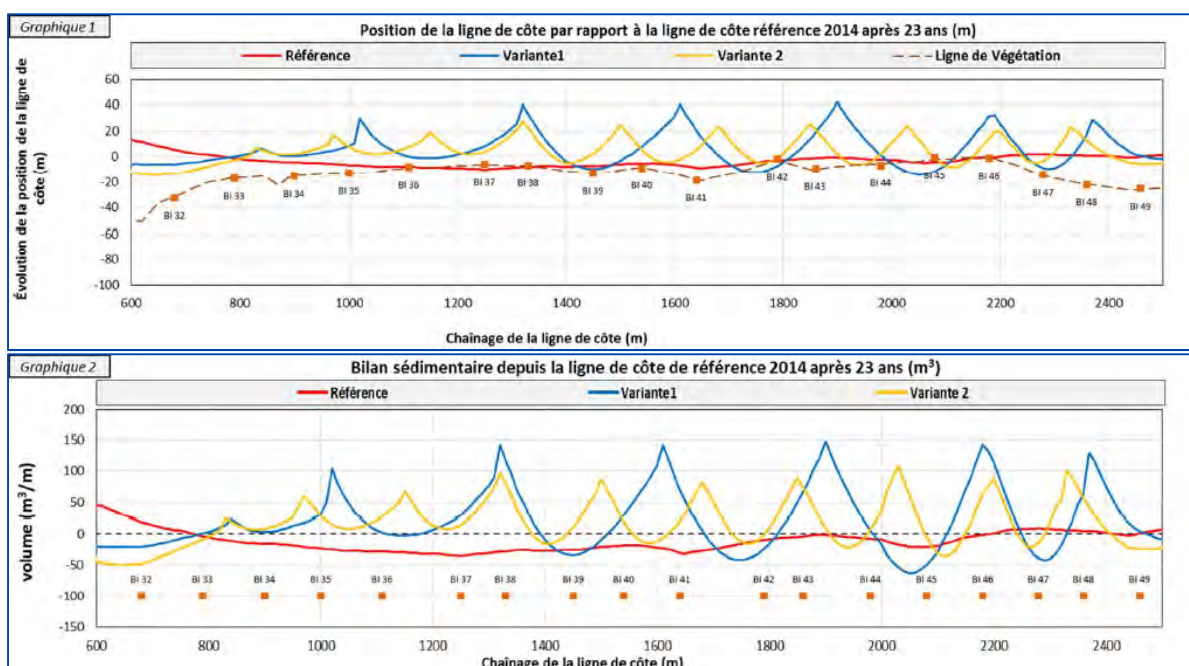
Dans la partie ouest de l'aménagement (bornes 39 à 49), par contre, les reculs anticipés à la mi-distance entre les structures pourraient s'avérer comparables (variante 2), ou même supérieurs (variante 1), à ceux qui seraient observés en l'absence d'intervention (cas de référence). Des rechargements supplémentaires pourraient donc être requis à ces endroits.

Des reculs importants (5 à 15 m) seraient également anticipés à l'extrémité est du secteur (borne 32), ce qui indique que les champs d'épis proposés ne couvrent pas la totalité de la zone où le transport est élevé, ou bien que la transition entre la zone de structures et le tronçon de plage non protégé n'est pas suffisamment graduelle. Il serait donc nécessaire de prolonger davantage la zone de structures vers l'est ou de réduire progressivement la longueur des épis. Sinon, plusieurs rechargements seraient requis pour combler la perte de matériaux en aval des ouvrages.

Les quantités de sédiments manquants après 23 ans indiquent pour leur part que des volumes de 31 000 t (variante 1 – 17 250 m³; Lasalle-NHC 2015b) et 26 000 t (variante 2 – 14 490 m³; Lasalle-NHC 2015b), respectivement, seraient nécessaires dans les zones érodées pour maintenir le trait de côte de 2014. En ajoutant les volumes de rechargements initiaux à ces valeurs, les quantités de matériaux requises totaliseraient 86 000 et 82 000 t, respectivement, soit environ 70 % de plus que le déficit

obtenu pour le cas de référence, qui est de l'ordre de 50 000 t (27 740 m³; Lasalle-NHC 2015b). Les variantes ne procureraient alors aucune économie à l'égard des volumes de rechargements requis.

En résumé, la mise en place d'épis dans ce secteur de plage ne semble pas être une approche intéressante pour améliorer la pérennité des rechargements entre les bornes 34 et 41. D'une part, cette approche provoquerait d'importants problèmes d'érosion à l'est des aménagements et n'augmenterait pas de façon significative la stabilité du trait de côte sur les tronçons de plage situés à la mi-distance entre les structures dans la partie ouest du secteur. D'autre part, les variantes d'aménagements nécessiteraient des volumes de rechargements plus élevés pour maintenir le trait de côte de 2014 que si aucune intervention n'était réalisée. Cette approche est donc déconseillée et il est plutôt recommandé de maintenir le statu quo à cet endroit.



Note : La ligne pointillée représente le trait de côte en 2014 (Lasalle-NHC 2015).

Figure 3-62. Dolbeau-Mistassini (site 95.11.02) – Évolution relative de la position de la ligne de côte et variation du volume de la plage après 23 ans (par rapport aux conditions de 2014), pour l'état de référence et les variantes d'aménagement proposées

3.8 SECTEUR SAINT-HENRI-DE-TAILLON

3.8.1 CARACTÉRISATION DU SECTEUR

Le secteur de Saint-Henri-de-Taillon est situé sur la rive est du lac Saint-Jean, entre la pointe Taillon et la Grande-Décharge, et s'étend sur environ 16 km. Une vue d'ensemble de la région et des interventions réalisées depuis 1986 est présentée à l'annexe A. La côte est généralement orientée selon un axe nord-ouest-sud-est et est caractérisée par deux zones de plages faisant l'objet d'un suivi d'arpentage annuel (longueur combinée d'environ 6 km), séparées par les baies de la Pipe et Belley (périphérie littorale d'environ 6 km). Au nord, des avancements rocheux séparent la première zone de plages en quatre tronçons individuels, alors qu'au sud, deux tronçons de plages sont observés. Des zones de berges sans plage sont également présentes à chaque extrémité du secteur (longueur combinée d'environ 4 km).

Les sédiments présents dans les zones de plages sont constitués majoritairement de sable d'origine naturelle, ainsi que provenant des interventions de rechargements réalisées avant et pendant la mise en œuvre du PSBLSJ (Marsan 1983b). L'extrémité nord du secteur est également susceptible d'être alimentée partiellement par une dérive de matériaux en provenance de la pointe Taillon. Il est malgré tout peu probable que cette dérive transite au-delà du premier tronçon de plage présent dans cette région (borne 17). La rivière Taillon et les affluents se jetant dans les baies de la Pipe et Belley, qui traversent des zones d'argiles le long de leurs parcours, peuvent quant à eux contribuer à un apport de sédiments plus fins. L'absence d'accumulations significatives et l'érosion persistante observée à certains endroits laissent cependant croire que l'influence de ces sources d'apports demeure marginale. Il est probable qu'une grande partie des matériaux se déposent plus au large.

Le littoral dans les secteurs sans plage est quant à lui plus irrégulier. Des matériaux de nature sablonneuse sont présents à l'extrémité nord de la région, alors que les parties centrale et sud sont plutôt caractérisées par des buttes d'anorthosite. Les berges en périphérie des baies de la Pipe et Belley sont constituées d'argile et d'anorthosite, respectivement. Un cordon de sable et une presqu'île d'anorthosite séparent les deux anses (Marsan 1983b).

La Carte 3-8 et la figure 3-63 présentent un échantillon des profils transversaux pour l'ensemble de la région. De façon générale, l'élévation de la crête du talus varie entre 102 et 106 m. Au nord, la berge est basse et possède une pente faible. Le relief s'élève ensuite graduellement vers le sud et la pente s'accroît. Quelques secteurs plus élevés (108 à 110 m) sont présents au nord de l'embouchure de la baie de la Pipe (profils 15-Brg-03 et 15-Plg-04), ainsi qu'à l'extrémité sud de la région (profil 15-Plg-06). En dessous de l'élévation 102 m, la forme des profils est plus similaire.

Dans les secteurs de plages, l'estran est caractérisé par une pente plutôt raide (environ 10 %) entre les élévations 100 et 102 m. La pente infralittorale est quant à elle plus douce et varie entre 0,5 et 1 % jusqu'aux élévations 98 à 99 m. Le fond marin à proximité de la berge demeure relativement peu profond et ne descend sous l'élévation 99 m qu'à une distance de 150 à 200 m du rivage. D'autre part, le profil 15-Plg-01 indique la présence d'une zone de dépôt devant l'embouchure de la rivière Taillon. La pente infralittorale à cet endroit est plus douce et le fond marin n'atteint une élévation de 99 m qu'à 300 m de la rive.

Les secteurs sans plage sont quant à eux caractérisés par un pied de talus entre les niveaux 100 et 101 m. La pente infralittorale est relativement douce (environ 1 %) dans la partie nord (profils 15-Brg-01 et 15-Brg-02) et plus raide (environ 2 %) dans la partie centrale (profils 15-Brg-03 et 15-Brg-04). Des pentes très douces (environ 0,2 %) sont quant à elles observées dans la baie de la Pipe (profil 15-Brg-05) et dans la Grande Décharge (profil 15-Brg-06). Au large, l'élévation du fond marin se situe entre 92 et 96 m (Lasalle-NHC 2015a).

Avant la mise en œuvre du PSBLSJ, le secteur a fait l'objet de plusieurs rechargements à partir de sédiments prélevés par dragage entre les années 1966 et 1979. De plus, selon la base de données Geotop, des travaux d'empierrement ont également été réalisés dans les années 1950 et 1970 à certains endroits dans la zone de plages au nord, ainsi qu'à l'extrémité sud de la région.

Depuis la mise en œuvre du PSBLSJ, les rechargements de sable se sont poursuivis. L'approvisionnement en matériaux s'est toutefois effectué à partir de bancs d'emprunt terrestres. Des perrés ont également été aménagés à chaque extrémité de la région et certaines sections de berges dans la baie de la Pipe ont été stabilisées à l'aide d'empierrements 25-150 mm et de techniques mixtes. D'autre part, deux structures de rétention des sédiments (brise-lames) ont été aménagées; une première dans la zone sans plage à l'extrémité nord du secteur et une seconde sur le tronçon de plage situé immédiatement au nord de l'embouchure de la baie de la Pipe (bornes 36 à 37).



71°52'0"



Rio Tinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026

Étude d'impact sur l'environnement

Localisation des profils transversaux Secteur 15 - Saint-Henri-de-Taillon

Source : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay

Échelle : 1 : 30 000

0 300 600 m

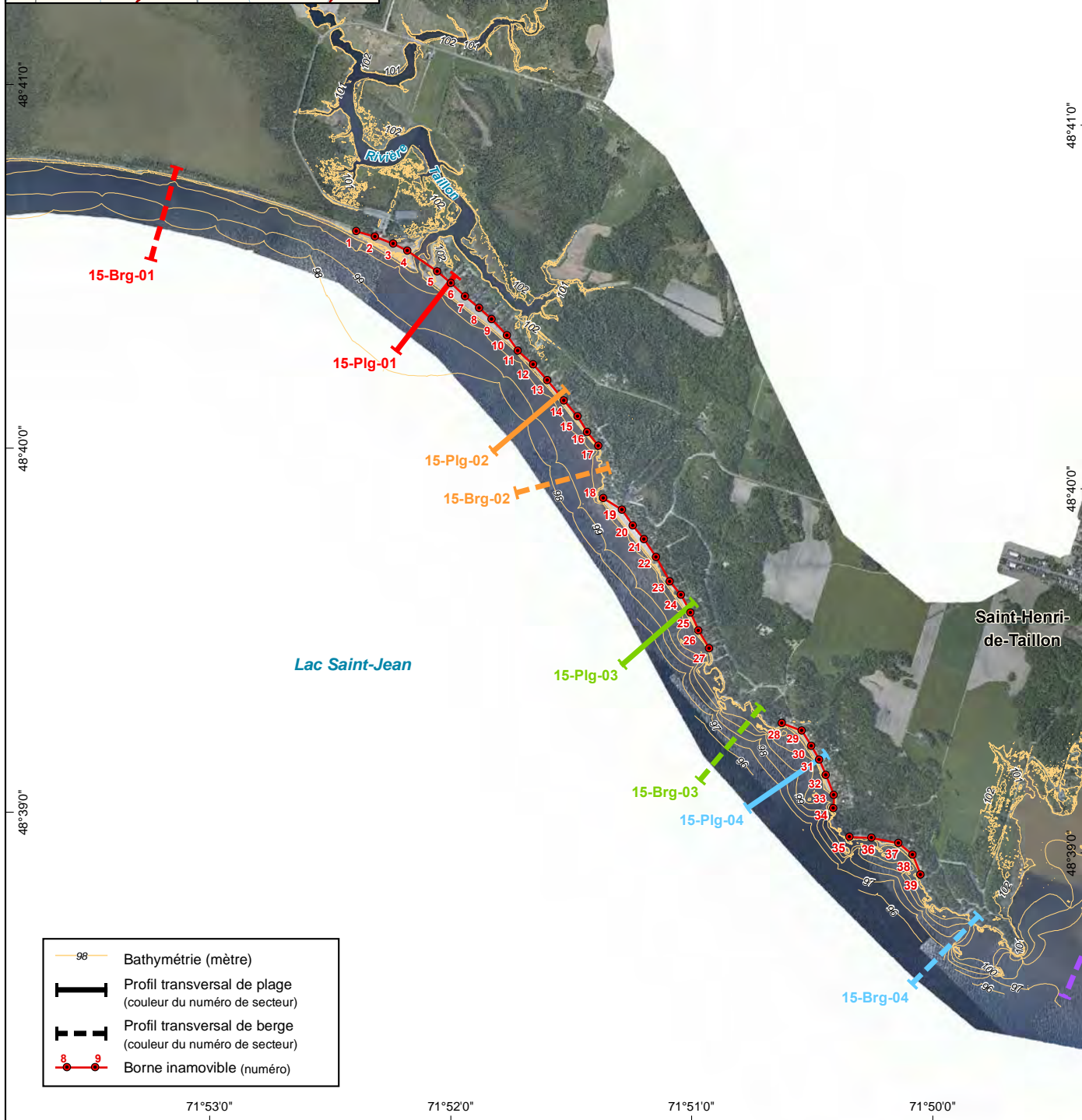
UTM, fuseau 19, NAD83

Carte 3-8
Feuille 1 de 2

Septembre 2015



141-21260-00_c3-8_wspT063_ProfilSt-Henri_150929.mxd



- Bathymétrie (mètre)
- Profil transversal de plage (couleur du numéro de secteur)
- Profil transversal de berge (couleur du numéro de secteur)
- Borne inamovible (numéro)



RioTinto Alcan
 Programme de stabilisation des berges
 du lac Saint-Jean 2017-2026
 Étude d'impact sur l'environnement

**Localisation des profils transversaux
 Secteur 15 - Saint-Henri-de-Taillon**

Source : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay

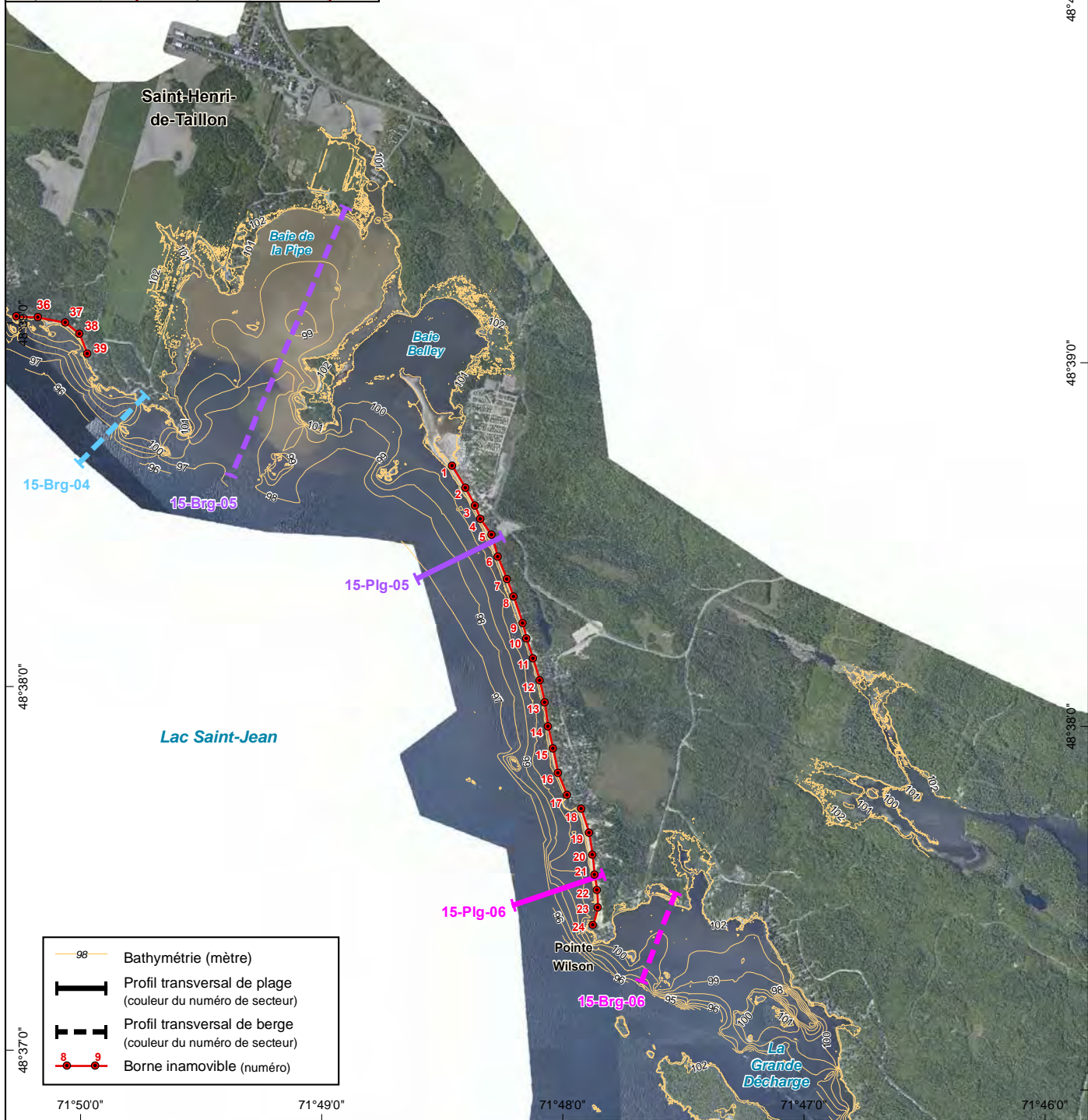
Échelle : 1 : 30 000
 0 300 600 m
 UTM, fuseau 19, NAD83

Carte 3-8
 Feuille 2 de 2

Septembre 2015



141-21260-00_c3-8_wspT063_ProfilSt-Henri_150929.mxd



48°40'0"

48°39'0"

48°38'0"

48°37'0"

48°38'0"

48°37'0"

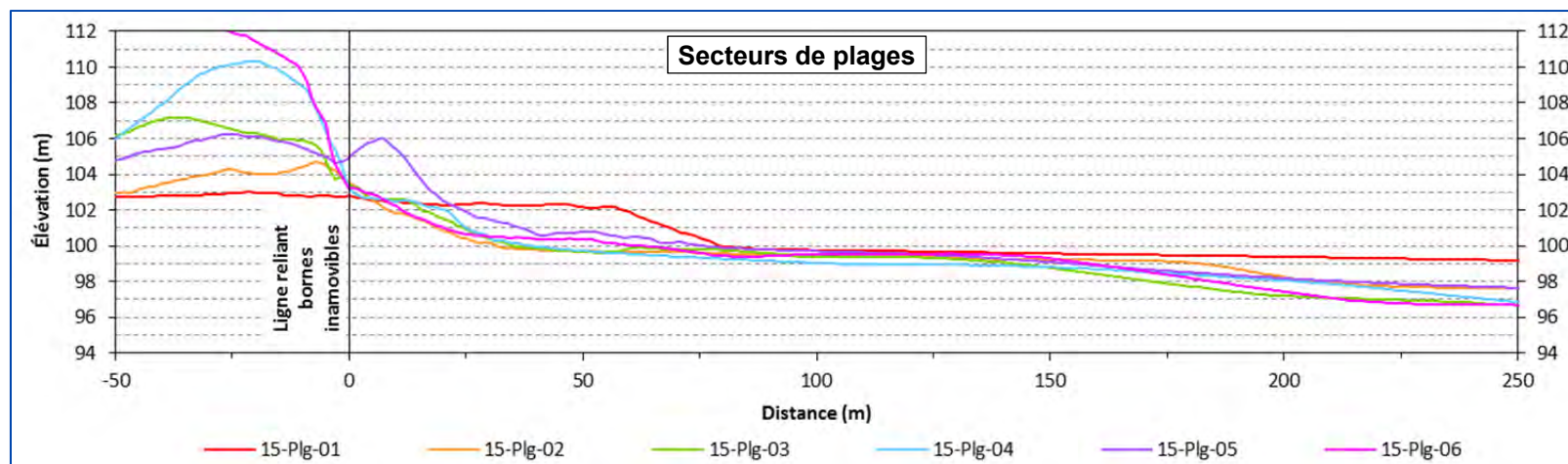
71°50'0"

71°49'0"

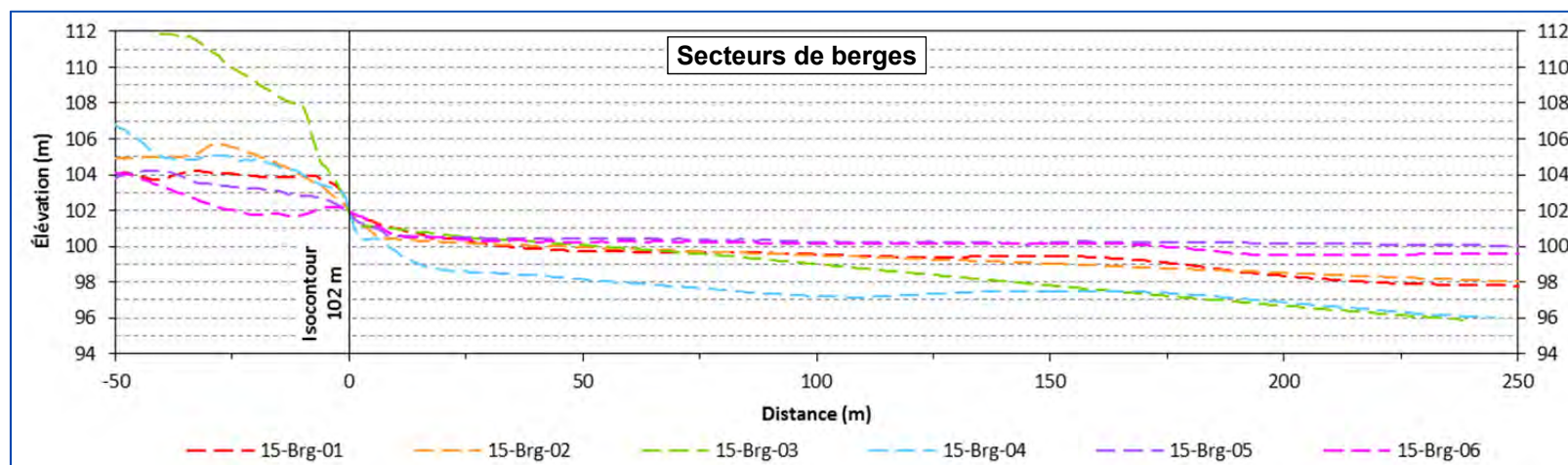
71°48'0"

71°47'0"

71°46'0"



(a)



(b)

Figure 3-63. Saint-Henri-de-Taillon – Profils transversaux : (a) secteurs de plage et (b) secteurs de berge

3.8.2 ENVERGURE DES TRAVAUX

3.8.2.1 SECTEURS DE PLAGE

Le Tableau 3-36 présente l'envergure des travaux réalisés dans les deux secteurs de plage. Environ 60 % de l'ensemble de ces travaux ont été effectués lors de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ (1986-1995). La zone au nord des baies de la Pipe et Belley a fait l'objet de la grande majorité des interventions, qui se sont principalement limitées à la mise en place de rechargements de sable. Un brise-lames a également été aménagé sur le tronçon de plage situé immédiatement au nord de l'embouchure de la baie de la Pipe (bornes 36 à 37). La longueur nette de plage rechargée est évaluée à environ 2,2 km, soit approximativement 60 % de sa longueur totale (3,6 km). Le volume de matériaux déposé s'élève à près de 244 000 tonnes.

Au sud des baies de la Pipe et Belley, seuls deux rechargements ont été réalisés en 1991 et 1998 sur un court tronçon de plage. La longueur nette de ce tronçon est évaluée à 0,4 km, soit environ 17 % de sa longueur totale de plages dans cette zone (2,4 km). Le volume de matériaux déposé s'élève à un peu plus de 48 000 tonnes.

Tableau 3-36. Saint-Henri-de-Taillon – Envergure des travaux dans les secteurs de plage

ANNÉE	TYPE D'INTERVENTION	LONGUEUR TOTALE DES TRAVAUX (m)	LONGUEUR DES TRAVAUX D'ENTRETIEN (m)	QUANTITÉ DE MATÉRIAUX DÉPOSÉS (tonnes)
1987	Rechargement de sable	400	0	24 800
1988	Brise-lames (1)		1 x 27 m	
	Rechargement de sable	760	0	60 800
1989	Rechargement de sable	575	0	42 600
1991	Rechargement de sable	415 ¹	0	26 700 ¹
1994	Rechargement de sable	340	340	22 000
1995	Rechargement de sable	342	0	17 100
1996	Rechargement de sable	214	214	11 600
1998	Rechargement de sable	435 ²	360 ²	22 100 ²
1999	Rechargement de sable	360	360	24 500
2002	Rechargement de sable	230	230	9 200
2004	Rechargement de sable	40	40	1 500
2007	Rechargement de sable	280	280	15 600
2012	Rechargement de sable	378	378	13 700
Total (excluant brise-lames)	1986-1995	2 832¹	340 (12 %)	194 000¹
	1996-2005	1 279²	1 204² (94 %)	68 900²
	2006-2013	658	658 (100 %)	29 300
	1986-2013	4 769³	2 202³ (46 %)	292 200³

¹ Inclut 415 m (26 700 tonnes) sur la zone de plages au sud de la baie Belley.

² Inclut 360 m (21 600 tonnes) sur la zone de plages au sud de la baie Belley.

³ Inclut 775 m total (48 300 tonnes) et 360 m entretien sur la zone de plages au sud de la baie Belley.

3.8.2.2 SECTEURS DE BERGE

Le Tableau 3-37 présente l'envergure des travaux réalisés dans les secteurs de berges, incluant ceux en périphérie des baies de la Pipe et Belley. Les interventions ont inclus la mise en place de perrés, d'empierrements 25-150 mm et de techniques végétales, la réparation de perrés construits avant la mise en œuvre du PSBLSJ, ainsi que l'aménagement d'un brise-lames et de 15 accès à l'eau. Un rechargement de sable de 3 000 tonnes a également été réalisé derrière le brise-lames lors de sa construction.

Les travaux de plus grande envergure ont été réalisés lors de la deuxième décennie de mise en œuvre du PSBLSJ, en 1996, 1997 et 2001, avec la stabilisation de près de 1,0 km de rives, incluant 0,8 km dans la baie de la Pipe. Avant cette période, seul un tronçon de 0,4 km situé à l'extrémité nord de la région a été stabilisé via l'aménagement d'un perré neuf. Les aménagements n'ont nécessité aucun travaux d'entretien et aucune intervention n'a été réalisée après 2001.

Tableau 3-37. Saint-Henri-de-Taillon – Envergure des travaux dans les secteurs de berge

ANNÉE	TYPE D'INTERVENTION	LONGUEUR TOTALE DES TRAVAUX (m)	LONGUEUR DES TRAVAUX D'ENTRETIEN (m)
1991	Perré neuf	365	0
1996	Empierrement 25-150 mm	210	0
	Brise-lames (1)		1 x 5 m
	Accès à l'eau (1 escalier)		1 x 1 m
	Accès à l'eau (3 descentes)		3 x 4 m
1997	Rechargement de sable (3 000 t)	130	0
	Perré neuf	190	0
	Perré entretien-réfection	81	0
	Empierrement 25-150 mm	10	0
	Accès à l'eau (11 descentes)		11 x 4 m
2001	Perré neuf	152	0
	Empierrement 25-150 mm	79	0
	Empierre. 25-150 mm + tech. végét. (mixtes)	322	0
	1986-1995	365	0 (0 %)
	1996-2005	964	0 (0 %)
	2006-2013	0	0 (0 %)
	1986-2013	1 329	0 (0 %)
Total (excluant brise-lames et accès à l'eau)			

3.8.2.3 ENVERGURE DE L'ENSEMBLE DES TRAVAUX

Le Tableau 3-38 présente l'envergure des travaux réalisés dans l'ensemble du secteur, par type d'intervention. Il est possible de constater que l'envergure globale des travaux réalisés pendant la période 1996-2005 (incluant les travaux d'entretien) a été comparable à celle observée lors de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ, malgré une diminution d'environ 50 % de l'envergure des rechargements de sable. Cette réduction a été compensée en grande partie par les travaux de protection de la côte réalisés dans les secteurs de berge. L'envergure globale des

interventions a néanmoins chuté d'environ 80 % lors de la troisième période référence (2006-2013). La longueur nette de berges protégées a quant à elle augmenté de 1,3 km entre les périodes 1986-1995 et 1996-2005, passant de 2,9 km à 4,2 km, puis est demeurée inchangée en 2006-2013.

Depuis 1986, les travaux de rechargements ont été le type d'intervention le plus fréquent réalisé dans l'ensemble du secteur (longueur totale de 4,9 km). Le sable a été le seul type de matériaux utilisé et l'envergure des rechargements a diminué progressivement au cours des trois décennies de mise en œuvre du PSBLSJ. Le taux de rechargement moyen a été d'environ 60 t/m.

Outre les rechargements, la mise en place de perrés a été la technique de protection la plus utilisée, avec une longueur d'intervention totale d'environ 0,8 km, suivi par les techniques mixtes (0,3 km) et les empierrements 25-150 mm (0,3 km). Deux structures de rétention (brise-lames) ont également été aménagées (longueur combinée de 32 m) et 57 m de berges ont été protégés par le biais de 15 accès à l'eau.

Tableau 3-38. Saint-Henri-de-Taillon – Envergure des travaux dans l'ensemble du secteur

TYPE DE TRAVAUX	PÉRIODE 1986-1995		PÉRIODE 1996-2005		PÉRIODE 2006-2013		PÉRIODE 1986-2013	
	LONG. TOT. (m)	ENTR. (m)	LONG. TOT. (m)	ENTR. (m)	LONG. TOT. (m)	ENTR. (m)	LONG. TOT. (m)	ENTR. (m)
Rechargement de sable	2 832 (194 000 t)	340 (22 000 t)	1 409 (71 900 t)	1 204 (68 400 t)	658 (29 300 t)	658 (29 300 t)	4 899 (295 200 t)	2 202 (119 700 t)
Rechargement de gravillon	0	0	0	0	0	0	0	0
Épis, brise-lames et géotubes	27 (1) ¹	0	5 (1) ¹	0	0	0	32 (2) ¹	0
Perré	365	0	423	0	0	0	788	0
Empierrement 25-150 mm	0	0	299	0	0	0	299	0
Accès à l'eau	0	0	57 (15) ¹	0	0	0	57 (15) ¹	0
Gabions et autres	0	0	0	0	0	0	0	0
Techniques végétales	0	0	0	0	0	0	0	0
Techniques mixtes	0	0	322	0	0	0	322	0
Total (excluant épis, brise-lames et géotubes)	3 197	340 (11 %)	2 510	1 204 (48 %)	658	658 (100 %)	6 365	2 202 (35 %)

¹ Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre d'ouvrages mis en place.

3.8.3 CONDITIONS ÉROSIVES

3.8.3.1 CLIMAT DE VAGUES

Le climat de vagues auquel est exposé le secteur est majoritairement caractérisé par des vagues en provenance du sud-ouest et de l'ouest-sud-ouest (Lasalle-NHC 2015b). Les radiales selon ces directions varient d'ailleurs entre 25 et 35 km.

Une légère variation du climat de vagues est observée d'une extrémité à l'autre du secteur. L'extrémité nord est caractérisée par une fréquence plus élevée de vagues en provenance de l'azimut 220° (sud-ouest), alors que l'extrémité sud est plutôt caractérisée une fréquence dominante de vagues en provenance de l'azimut 250° (ouest-sud-ouest).

3.8.4 DÉRIVE LITTORALE

Une analyse de l'image aérienne présentée sur la carte des interventions historiques (annexe A) indique que les plages situées au nord des baies de la Pipe et Belley sont majoritairement influencées par une dérive littorale orientée vers le nord. Au nord de la rivière Taillon, cependant, la direction de transport s'oriente plutôt vers le sud. Les sédiments semblent alors converger vers l'embouchure de la rivière Taillon.

Dans la partie sud du secteur, la direction du transport sédimentaire est plus difficile à caractériser, alors qu'aucune zone d'accumulation significative n'est observée. Selon les observations des responsables du PSBLSJ, la dérive est alternante. Il est également possible que la composante transversale de la dérive soit importante à cet endroit.

3.8.5 LARGEURS DE PLAGE

3.8.5.1 ZONE DE PLAGES AU NORD (39 BORNES)

La zone de plages située au nord des baies de la Pipe et Belley est composée de quatre plages individuelles. Les tableaux 3-39 à 3-42 et les figures 3-64 à 3-67 présentent les statistiques générales des largeurs mesurées sur chacune de ces plages. Il est important de souligner que ces indicateurs ne tiennent pas compte des largeurs de plage mesurées devant les bornes 18 et 39, car les relevés n'ont pas été effectués de façon régulière au droit de ces repères. Ces sites sont toutefois situés aux extrémités de leur tronçon de plage respectif et demeurent peu représentatifs de la largeur réelle des plages dans ces secteurs.

PLAGE N1 – BORNES 1 À 17

Au cours de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ (1986 à 1996), la largeur moyenne de plage entre les bornes 1 et 17 a augmenté de 24 à 29 m. La largeur maximale a quant à elle légèrement reculé de 52 à 49 m, alors que la largeur minimum s'est accrue d'environ 8 m, passant de 2 à 10 m.

Les largeurs moyenne et maximale ont poursuivi leurs croissances après 1996, pour atteindre 34 m et 70 m, respectivement, en 2013. La largeur minimum a quant à elle oscillé entre 5 et 11 m. Les largeurs minimales se sont principalement manifestées dans la partie centre-sud de la plage (borne 11), alors que les largeurs maximales ont plutôt été observées au nord (borne 4). Une incertitude persiste malgré tout à l'égard de la position exacte de la borne 11 dans la base de données Geotopus, alors que, selon les suivis réalisés par les responsables du PSBLSJ, le secteur où ont été observées le plus fréquemment les largeurs minimales se situe plutôt devant la borne 17.

La croissance continue des largeurs moyenne et maximale indique que le secteur peine à trouver un équilibre et qu'un déplacement continu de matériaux favorise une accrétion à proximité de l'embouchure de la rivière Taillon.

Tableau 3-39. Saint-Henri-de-Taillon – Statistiques des largeurs de plage (zone de plages nord – plage N1 – bornes 1 à 17)

ANNÉE	LARGEUR MINIMUM (m)	LARGEUR MOYENNE (m)	LARGEUR MAXIMUM (m)
1986	2,1 (11) ¹	23,5	51,5 (4) ¹
1990	9,9 (11)	29,3	48,6 (4)
1996	8,7 (11)	31,3	59,6 (4)
1997	11,0 (11)	32,8	61,5 (4)
1998	8,9 (11)	30,6	60,9 (4)
1999	8,1 (11)	31,3	60,6 (4)
2000	6,3 (11)	29,5	54,7 (4)
2001	10,2 (11)	32,7	63,6 (4)
2002	7,7 (11)	30,5	61,2 (4)
2003	6,2 (11)	31,6	62,5 (4)
2004	5,6 (11)	30,7	62,7 (4)
2005	6,3 (11)	32,3	68,0 (4)
2006	7,5 (11)	31,5	66,7 (4)
2007	7,5 (11)	33,2	69,8 (4)
2008	7,9 (11)	33,6	63,5 (4)
2009	7,4 (11)	33,4	64,9 (4)
2010	7,1 (11)	35,1	65,1 (4)
2011	6,7 (11)	34,0	67,0 (4)
2012	4,6 (11)	32,0	68,7 (4)
2013	5,8 (11)	34,3	70,7 (4)

¹ Les valeurs entre parenthèses indiquent le numéro de la borne inamovible à laquelle est observée la largeur de plage extrême.

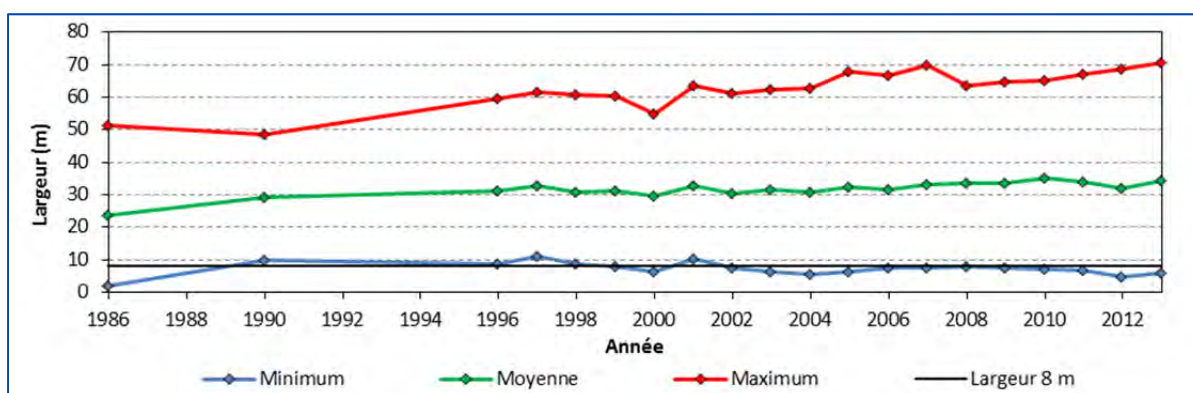


Figure 3-64. Saint-Henri-de-Taillon – Évolution des largeurs de plage minimale, moyenne et maximale (zone de plages au nord – plage N1 – bornes 1 à 17)

PLAGE N2 – BORNES 19 À 27

Les largeurs de plage entre les bornes 19 et 27 sont demeurées relativement stables jusqu'en 2006. De 1986 à 1996, la largeur moyenne s'est légèrement accrue de 17 à 20 m, pour ensuite se stabiliser autour d'une valeur moyenne de 23 m. La largeur maximale a quant à elle variée entre 30 et 33 m, alors que la largeur minimum a oscillé entre 4 et 21 m.

À compter de 2007, une augmentation graduelle des largeurs moyenne et maximale a été observée. Ces indicateurs ont atteint des valeurs de 26 m et 42 m en 2013, respectivement. La largeur minimale a quant à elle oscillé entre 6 et 15 m. Les largeurs minimales se sont principalement manifestées à l'extrémité sud de la plage (bornes 26 et 27), alors que les largeurs maximales ont d'abord été observées dans la partie centrale (borne 24), puis se sont déplacées plus au nord (bornes 19 et 21) à compter de 2005.

De façon similaire au tronçon de plage précédant, la croissance des largeurs moyenne et maximale indique un léger déséquilibre de la dynamique hydrosédimentaire dans ce secteur, alors qu'un déplacement de matériaux semble s'effectuer du sud vers le nord (borne 26 vers borne 19).

Tableau 3-40. Saint-Henri-de-Taillon – Statistiques des largeurs de plage (zone de plages au nord – plage N2 – bornes 19 à 27)

ANNÉE	LARGEUR MINIMALE (m)	LARGEUR MOYENNE (m)	LARGEUR MAXIMALE (m)
1986	3,8 (27) ¹	17,1	30,3 (24) ¹
1990	14,9 (27)	19,2	30,5 (24)
1996	6,2 (27)	20,3	32,5 (24)
1997	20,8 (23)	25,2	31,7 (24)
1998	11,5 (27)	21,8	33,3 (24)
1999	12,6 (27)	22,5	32,4 (24)
2000	16,0 (23)	23,2	29,7 (24)
2001	16,8 (27)	25,0	33,0 (24)
2002	14,3 (26)	22,9	30,9 (24)
2003	15,4 (23)	24,3	30,8 (24)
2004	15,6 (26)	22,6	31,2 (24)
2005	16,2 (27)	24,6	32,2 (21)
2006	14,3 (27)	22,9	31,9 (21)
2007	10,4 (27)	24,8	34,0 (21)
2008	13,6 (26)	26,1	38,4 (19)
2009	12,5 (27)	26,3	37,0 (19)
2010	15,8 (26)	27,7	38,7 (21)
2011	12,1 (27)	26,7	37,8 (21)
2012	6,2 (27)	24,1	38,7 (19)
2013	10,2 (27)	26,4	42,2 (19)

¹ Les valeurs entre parenthèses indiquent le numéro de la borne inamovible à laquelle est observée la largeur de plage extrême.

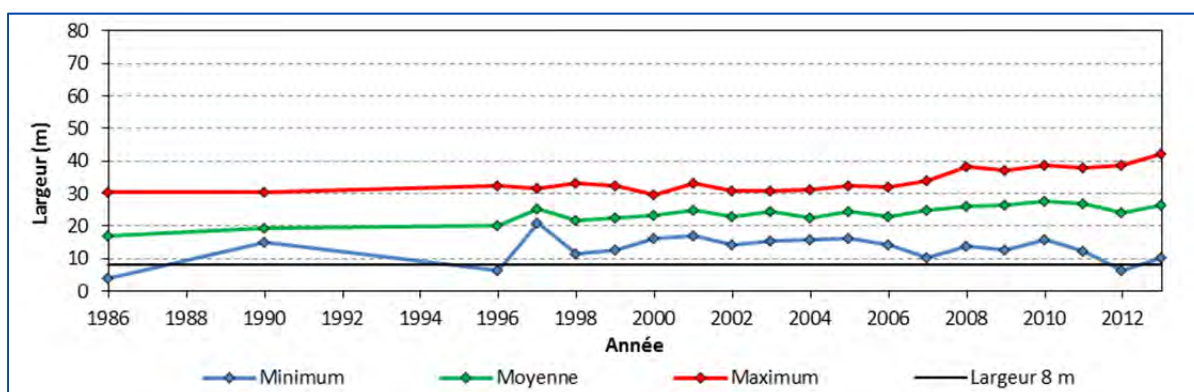


Figure 3-65. Saint-Henri-de-Taillon – Évolution des largeurs de plage minimale, moyenne et maximale (zone de plages au nord – plage N2 – bornes 19 à 27)

PLAGE N3 – BORNES 28 À 34

Les largeurs de plage entre les bornes 28 et 34 ont augmenté de façon significative entre 1986 et 1990. La largeur moyenne a notamment triplé, passant de 11 à 33 m, alors que la largeur maximale s'est accrue de 24 m et la largeur minimale a augmenté de près de 10 m.

Depuis, par contre, un recul systématique est observé. La largeur moyenne s'est réduite de près de la moitié et la largeur maximale a reculé d'environ 12 m. La largeur minimale s'est quant à elle maintenue entre 10 et 18 m. Les largeurs minimales se sont principalement manifestées à l'extrémité sud de la plage (bornes 33 et 34), alors que les largeurs maximales ont été observées plus au nord (borne 29).

La diminution des largeurs moyenne et maximale indique que l'ensemble du secteur semble subir une érosion systématique.

Tableau 3-41. Saint-Henri-de-Taillon – Statistiques des largeurs de plage (zone de plages au nord – plage N3 – bornes 28 à 34)

ANNÉE	LARGEUR MINIMALE (m)	LARGEUR MOYENNE (m)	LARGEUR MAXIMALE (m)
1986	5,7 (33) ¹	11,3	17,3 (29) ¹
1990	15,2 (34)	32,5	40,5 (31)
1996	13,6 (34)	27,0	41,2 (29)
1997	14,8 (34)	27,5	35,4 (31)
1998	10,9 (34)	25,8	37,6 (29)
1999	12,4 (34)	27,8	38,9 (29)
2000	15,1 (33)	25,4	30,9 (32)
2001	12,3 (34)	25,5	36,4 (29)
2002	16,3 (28)	25,6	31,9 (31)
2003	14,5 (34)	22,7	28,6 (32)
2004	11,7 (34)	20,9	27,4 (32)
2005	13,9 (34)	21,7	29,5 (29)
2006	18,0 (33)	22,8	26,8 (31)

ANNÉE	LARGEUR MINIMALE (m)	LARGEUR MOYENNE (m)	LARGEUR MAXIMALE (m)
2007	13,5 (34)	22,0	29,9 (29)
2008	13,0 (34)	22,5	35,2 (29)
2009	10,2 (34)	21,6	28,8 (29)
2010	16,8 (34)	23,1	30,9 (32)
2011	14,1 (34)	21,3	28,1 (29)
2012	12,4 (34)	19,8	27,4 (29)
2013	9,8 (33)	18,0	28,9 (29)

¹ Les valeurs entre parenthèses indiquent le numéro de la borne inamovible à laquelle est observée la largeur de plage extrême.

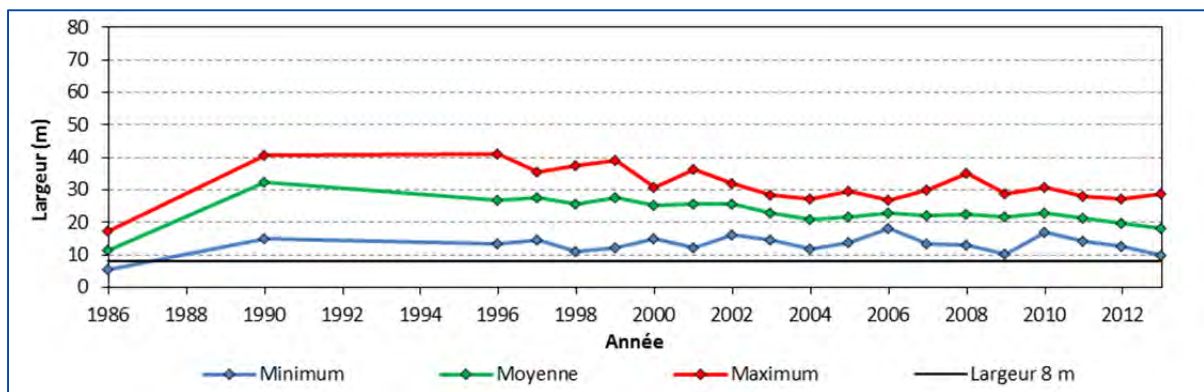


Figure 3-66. Saint-Henri-de-Taillon – Évolution des largeurs de plage minimale, moyenne et maximale (zone de plages au nord – plage N3 – bornes 28 à 34)

PLAGE N4 – BORNES 35 À 38

Les largeurs de plage dans ce secteur ont été parmi les plus stables de l'ensemble des quatre secteurs identifiés dans cette zone. Une légère augmentation a malgré tout été observée au cours de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ (1986 à 1996). La largeur moyenne est passée de 12 à 17 m, alors que la largeur maximale s'est avancée de 20 à 27 m. La largeur minimum s'est quant à elle accrue d'environ 5 m, passant de 3 à 8 m.

À compter de 1996, la tendance semble toutefois s'être inversée et un léger recul est observé. En 2013, la largeur moyenne avait perdu environ 4 m, alors que la largeur maximale avait reculé de près de 7 m. La largeur minimum s'est quant à elle maintenue entre 2 et 9 m. Les largeurs minimales se sont principalement manifestées à proximité de la borne 36, alors que les largeurs maximales ont été observées plus près de la borne 38.

Tableau 3-42. Saint-Henri-de-Taillon – Statistiques des largeurs de plage (zone de plages au nord – plage N4 – bornes 35 à 38)

ANNÉE	LARGEUR MINIMUM (m)	LARGEUR MOYENNE (m)	LARGEUR MAXIMUM (m)
1986	2,5 (36) ¹	12,3	20,0 (38) ¹
1990	3,1 (36)	9,4	15,1 (38)
1996	8,0 (36)	17,4	26,8 (38)
1997	5,8 (36)	16,6	27,6 (38)
1998	3,9 (36)	16,0	26,4 (38)
1999	9,2 (36)	17,2	26,2 (38)
2000	7,0 (36)	14,1	22,1 (38)
2001	5,8 (36)	16,4	25,6 (38)
2002	4,7 (36)	13,0	23,6 (38)
2003	7,0 (35)	13,5	23,7 (38)
2004	3,8 (36)	12,1	21,9 (38)
2005	2,4 (36)	12,2	21,1 (38)
2006	5,2 (36)	13,9	22,7 (38)
2007	5,7 (36)	15,3	23,2 (38)
2008	6,1 (36)	16,7	22,9 (38)
2009	5,3 (36)	15,0	22,7 (38)
2010	5,1 (36)	15,3	24,1 (38)
2011	4,7 (36)	16,2	23,1 (38)
2012	5,9 (36)	13,0	20,5 (38)
2013	4,6 (36)	13,7	20,5 (38)

¹ Les valeurs entre parenthèses indiquent le numéro de la borne inamovible à laquelle est observée la largeur de plage extrême.

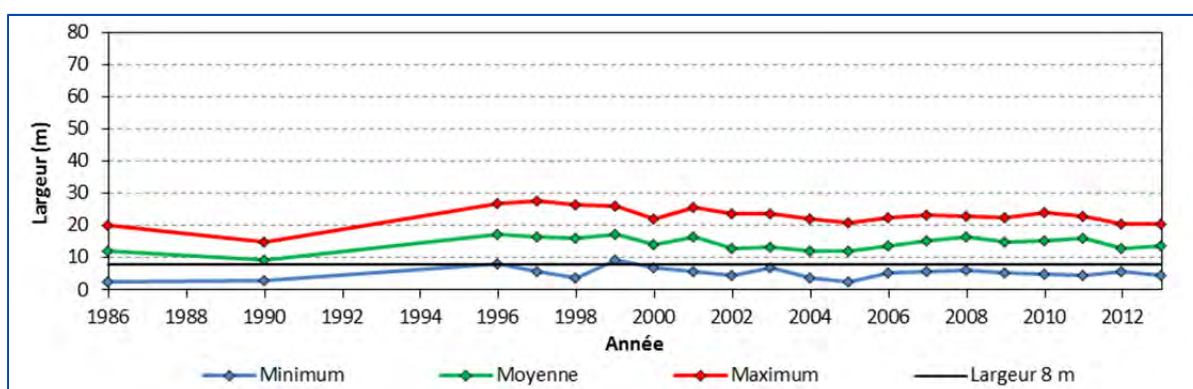


Figure 3-67. Saint-Henri-de-Taillon – Évolution des largeurs de plage minimale, moyenne et maximale (zone de plages au nord – plage N4 – bornes 35 à 38)

3.8.5.2 ZONE DE PLAGES AU SUD (24 BORNES)

La zone de plages située au sud des baies de la Pipe et Belley est composée de deux plages individuelles. Les tableaux et 3-44 et les figures 3-68 et 3-69 présentent les statistiques générales des largeurs mesurées sur chacune de ces plages. Il est important de souligner que ces indicateurs ne tiennent pas compte des largeurs de plage mesurées devant la borne 24, car les relevés n'ont pas été effectués de façon régulière au droit de ce repère. Ce site est toutefois situé à l'extrémité sud du secteur et demeure peu représentatif de la largeur réelle de la plage à cet endroit.

PLAGE S1 – BORNES 1 À 17

De façon générale, les largeurs de plage entre les bornes 1 et 17 sont demeurées relativement stables depuis 1986. La largeur moyenne s'est maintenue à près de 14 m, alors que la largeur maximale a varié entre 25 et 32 m. La largeur minimale a quant à elle oscillé entre 1 et 9 m.

Deux périodes se sont malgré tout distinguées par des largeurs de plage légèrement plus élevées. Lors de la première période, de 1997 à 2002, la largeur moyenne a atteint 17 m, alors que la largeur maximum s'est maintenue entre 28 et 32 m et la largeur minimale a oscillé entre 4 et 7 m. De 2007 à 2011, les augmentations observées ont été légèrement plus faibles, alors que la largeur moyenne n'a atteint que 16 m et la largeur maximum s'est maintenue entre 27 et 30 m. La largeur minimum a quant à elle oscillé entre 5 et 9 m.

Les largeurs minimales se sont principalement manifestées dans la partie centre-sud de la plage (bornes 10 à 14), alors que les largeurs maximales ont été observées plus au nord (borne 5).

Tableau 3-43. Saint-Henri-de-Taillon – Statistiques des largeurs de plage (zone de plages au sud – plage S1 – bornes 1 à 17)

ANNÉE	LARGEUR MINIMUM (m)	LARGEUR MOYENNE (m)	LARGEUR MAXIMUM (m)
1986	5,8 (14) ¹	13,7	25,6 (5) ¹
1990	1,1 (14)	12,2	26,1 (5)
1996	2,6 (14)	11,8	25,1 (5)
1997	7,4 (16)	15,6	31,8 (5)
1998	6,9 (14)	14,3	29,4 (5)
1999	5,6 (14)	17,1	32,2 (2)
2000	4,1 (14)	14,4	28,1 (5)
2001	6,8 (14)	17,1	31,2 (5)
2002	6,9 (13)	15,2	26,5 (5)
2003	3,8 (14)	13,4	27,8 (5)
2004	4,4 (14)	12,7	26,5 (5)
2005	5,5 (14)	13,0	26,4 (5)
2006	4,7 (11)	12,8	25,7 (5)
2007	8,8 (10)	15,9	30,3 (5)
2008	7,2 (10)	14,1	27,0 (5)
2009	4,6 (10)	13,6	27,2 (5)
2010	8,9 (10)	15,8	29,4 (5)
2011	8,2 (11)	16,0	29,9 (5)
2012	3,9 (14)	12,8	26,4 (5)
2013	2,3 (14)	12,1	25,9 (5)

¹ Les valeurs entre parenthèses indiquent le numéro de la borne inamovible à laquelle est observée la largeur de plage extrême.

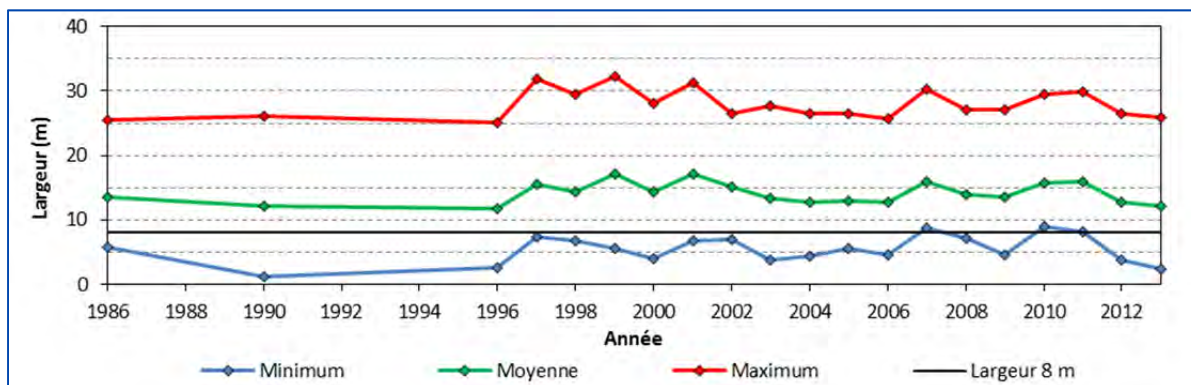


Figure 3-68. Saint-Henri-de-Taillon – Évolution des largeurs de plage minimum, moyenne et maximum (zone de plages au sud – plage S1 – bornes 1 à 17)

PLAGE S2 – BORNES 18 À 23

Les largeurs de plage entre les bornes 18 et 23 semblent avoir subi un recul depuis 1986. Les indicateurs de largeurs moyenne et maximum indiquent d'autre part que la transition se serait produite relativement rapidement entre 2001 et 2002. Avant cette période, la largeur moyenne se maintenait aux environs de 19 m, alors que la largeur maximum variait entre 22 et 27 m. La largeur minimum oscillait quant à elle entre 5 et 13 m.

À compter de 2002, la largeur moyenne a reculé d'environ 2 m, pour s'établir à 17 m. La largeur maximum a elle aussi diminué d'une envergure comparable et s'est maintenue entre 20 et 25 m. La largeur minimum a toutefois été moins affectée et est demeurée entre 5 et 13 m. Les largeurs minimales se sont principalement manifestées à l'extrémité sud de la plage (borne 23), alors que les largeurs maximales ont été observées plus au nord (bornes 18 à 20).

Tableau 3-44. Saint-Henri-de-Taillon – Statistiques des largeurs de plage (zone de plages au sud – plage S2 – bornes 18 à 23)

ANNÉE	LARGEUR MINIMUM (m)	LARGEUR MOYENNE (m)	LARGEUR MAXIMUM (m)
1986	12,8 (23) ¹	20,7	24,2 (19) ¹
1990	12,0 (23)	18,3	22,3 (20)
1996	6,6 (23)	18,6	27,1 (18)
1997	9,2 (23)	18,8	25,8 (19)
1998	6,8 (23)	17,5	23,9 (19)
1999	5,4 (23)	18,2	25,8 (19)
2000	9,5 (23)	17,6	22,5 (19)
2001	10,4 (23)	19,6	25,9 (19)
2002	6,5 (23)	16,1	22,2 (19)
2003	10,1 (23)	16,4	22,8 (20)
2004	10,5 (23)	15,8	20,4 (20)
2005	8,2 (23)	16,6	21,4 (19)
2006	9,1 (23)	16,4	21,2 (20)

ANNÉE	LARGEUR MINIMUM (m)	LARGEUR MOYENNE (m)	LARGEUR MAXIMUM (m)
2007	9,4 (23)	17,0	22,4 (18)
2008	8,1 (23)	16,9	21,9 (20)
2009	8,1 (23)	17,2	22,4 (19)
2010	12,7 (23)	20,0	25,1 (20)
2011	11,8 (23)	18,4	23,1 (20)
2012	9,4 (23)	16,1	21,2 (20)
2013	4,5 (23)	16,0	21,5 (18)

¹ Les valeurs entre parenthèses indiquent le numéro de la borne inamovible à laquelle est observée la largeur de plage extrême.

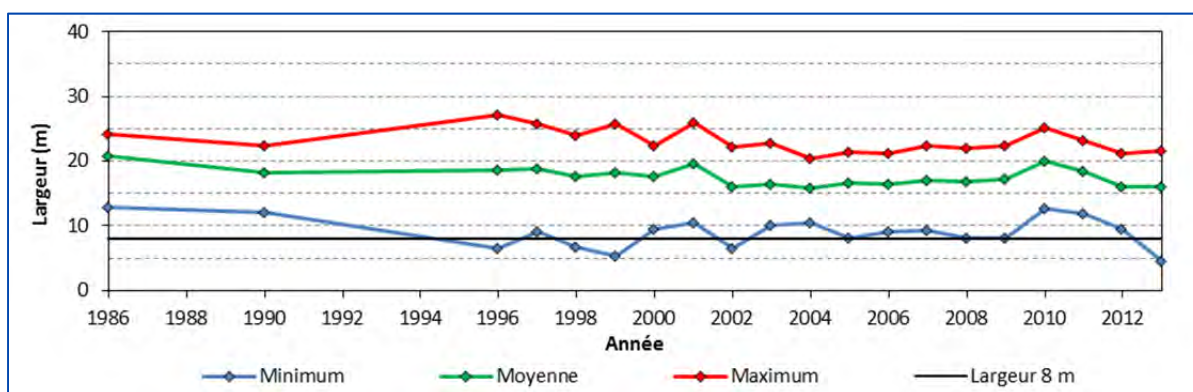


Figure 3-69. Saint-Henri-de-Taillon – Évolution des largeurs de plage minimale, moyenne et maximale (zone de plages au sud – plage S2 – bornes 18 à 23)

3.8.6 ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX (APPROCHE GLOBALE)

Les secteurs de plages font à la fois l'objet d'une évaluation globale et explicite de l'efficacité des travaux. L'approche globale dresse un portrait général de l'efficacité des interventions, basé sur l'évolution des largeurs moyennes et des quantités de matériaux de rechargements déposés. Les secteurs démontrant une sensibilité accrue à l'érosion sont également identifiés et une description sommaire de la problématique observée à ces endroits, des interventions réalisées et des pistes de solutions recommandées est présentée. Une discussion approfondie de l'efficacité anticipée des interventions, basée sur les résultats de modélisation (Lasalle-NHC 2015b), est quant à elle présentée à la section 3.8.7 du document, dédiée à l'approche explicite.

3.8.6.1 ZONE DE PLAGES AU NORD (39 BORNES)

La Figure 3-70 présente l'évolution de la largeur moyenne des plages dans la zone nord avec la quantité de matériaux déposés depuis 1986. Le graphique indique que les matériaux déposés lors de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ ont principalement servi à accroître la largeur moyenne des plages. À compter de 1996, par contre, les volumes de rechargements ont plutôt été destinés à maintenir cet accroissement.

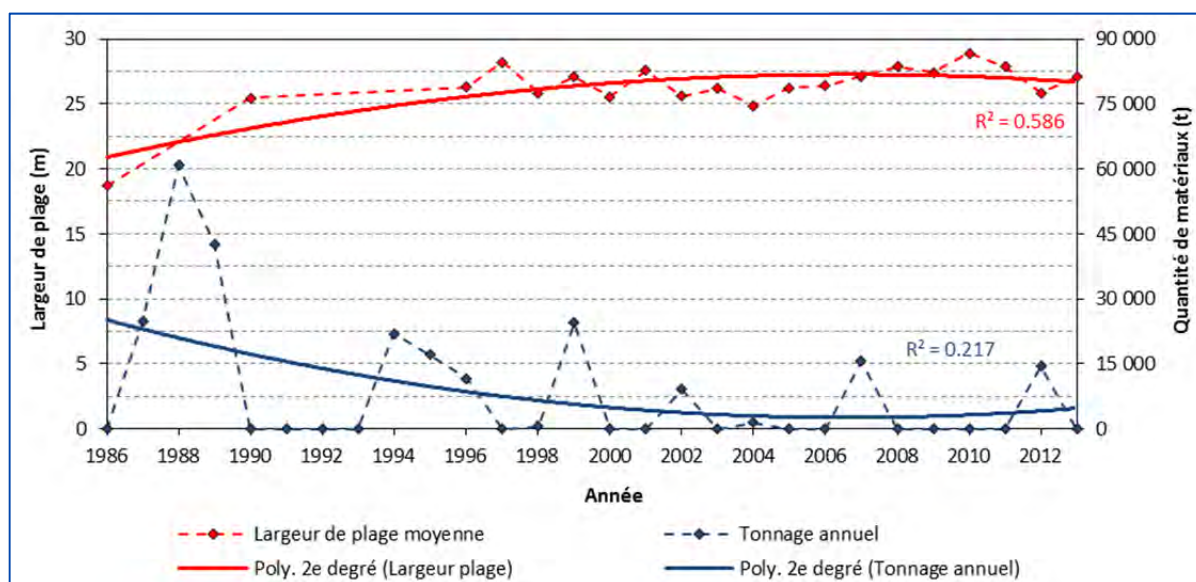


Figure 3-70. Saint-Henri-de-Taillon – Évolution de la largeur moyenne des plages et de la quantité de matériaux déposés (zone de plages au nord)

Globalement, la performance des interventions réalisées dans ce secteur répond de façon raisonnable aux critères d'évaluations. Les travaux ont permis de maintenir une largeur moyenne de plage supérieure au seuil minimum de 8 m, mais la récurrence de certains rechargements a été inférieure au seuil jugé acceptable, voire optimal (5 à 7 ans). Les rechargements les plus fréquents ont été réalisés selon une récurrence de 2 ans (bornes 26 et 27). Les récurrences les plus faibles ont malgré tout été observées lors de la deuxième décennie de mise en œuvre du PSBLSJ et, depuis 2002, la fréquence des rechargements semble tendre vers une récurrence moyenne d'environ 5 ans.

Une analyse détaillée des largeurs de plage et de la séquence des interventions révèle quant à elle une sensibilité accrue à l'érosion à quelques endroits sur les plages. L'arpentage annuel indique d'une part que des largeurs de plage inférieures à 8 m ont été observées sur plus d'une année devant les bornes inamovibles consignées au Tableau 3-45. Le recul systématique du trait de côte observé depuis 1990 dans le secteur des bornes 28 à 34 (Figure 3-66) indique également que des largeurs de plage inférieures à 8 m pourraient s'y manifester dans un avenir rapproché. Un nombre élevé de rechargements ont quant à eux été réalisés sur les tronçons de plage situés entre les bornes 15 à 17 (sept interventions en 27 ans), ainsi que 26 à 27 (huit interventions en 28 ans). Une description des travaux réalisés dans chacun de ces secteurs, ainsi qu'une analyse de leur efficacité et des solutions potentielles aux problématiques observées sont présentées aux sections suivantes de ce document.

La répartition des rechargements n'a cependant pas été régulière sur l'ensemble des plages et une grande partie du rivage n'a fait l'objet d'aucune ou d'une seule intervention. L'historique des travaux démontre quant à lui une diminution progressive de la quantité totale de sédiments mis en place pendant chaque décennie du PSBLSJ (Tableau 3-36).

Tableau 3-45. Saint-Henri-de-Taillon – Bilan des largeurs de plage dans les secteurs sensibles (zone de plages au nord)

BORNE	NOMBRE D'ANNÉES AVEC LARGEUR DE PLAGE INFÉRIEURE À 8 m
11	13 (19) ¹
27	2 (19)
35	4 (18)
36	18 (19)

¹ Les nombres indiqués entre parenthèses indiquent le nombre total d'années où des suivis ont été réalisés (excluant l'année 1986, qui précède la mise en place de la plupart des rechargements dans ce secteur).

BRISE-LAMES

Le secteur compte deux structures de rétention des sédiments (brise-lames) ayant été aménagées dans le cadre du PSBLSJ. La première est un petit ouvrage de 5 m construit en 1997 à l'extrémité nord de la région (site 97.15.01). Un rechargement de sable de 3 000 tonnes sur 130 m a également été réalisé derrière la structure lors de sa construction. Le brise-lames avait pour objectif d'assurer la transition entre une zone de perré et une zone de berges non protégées.

L'efficacité de cette structure s'avère difficile à évaluer, puisque le site se trouve en dehors des secteurs de plages faisant l'objet d'un suivi régulier. Les données permettant de caractériser l'évolution du trait de côte sont donc limitées. Une analyse des photographies aériennes de 2005 et 2012 indique cependant que la zone d'accumulation observée derrière l'ouvrage semble être demeurée relativement stable pendant cette période. D'autre part, le trait de côte sur les tronçons de berges adjacents ne semble pas avoir subi de déplacements importants. L'efficacité de la structure paraît donc satisfaisante. La grève est toutefois demeurée beaucoup plus étroite à l'est du brise-lames qu'à l'ouest. Des suivis devraient donc être réalisés afin de vérifier qu'aucun recul du trait de côte ne s'y produit.

La deuxième structure a quant à elle été aménagée en 1988 sur le tronçon de plage situé immédiatement au nord de l'embouchure de la baie de la Pipe, entre les bornes 36 et 37 (site 95.15.02). L'ouvrage de 27 m semble avoir favorisé l'accumulation de sédiments derrière lui et la formation d'un tombolo. L'impact sur le trait de côte a été le plus prononcé après la mise en place d'un rechargement de sable à l'est de la structure en 1995. Selon les témoignages des responsables du PSBLSJ, avant la formation du tombolo, le secteur ne bénéficiait de presque aucune plage. Une protection en gabion, installée antérieurement, était même visible. L'aménagement aurait donc eu un effet positif sur la qualité de la plage à cet endroit.

Le tombolo est toutefois susceptible d'avoir perturbé la dynamique hydrosédimentaire du secteur en bloquant la migration de matériaux de l'est vers l'ouest derrière le brise-lames. La réduction des apports solides pourrait donc avoir augmenté la sensibilité à l'érosion de la partie ouest (bornes 35 à 36) de la plage. Des largeurs de plage plutôt étroites (≈5 m) ont d'ailleurs été observées devant la borne 36 tout au long des suivis d'arpentage annuels.

Malgré cet effet, le bénéfice net du brise-lames sur la plage de ce secteur demeure positif. L'efficacité de la structure est donc considérée être satisfaisante.

BILAN SÉDIMENTAIRE

Certaines incertitudes ont été identifiées à l'égard de la localisation exacte des lignes d'arpentage relevées en 1992 dans le secteur des plages situées au nord des baies de la Pipe et Belley. Les bilans sédimentaires ont donc été réalisés en considérant la période 1990-2014.

Plage N1 (bornes 1 à 17)

Les suivis d'arpentage réalisés entre 1990 et 2014 suggèrent que le volume de la plage située entre les bornes 1 et 17 (longueur totale d'environ 1 700 m) a augmenté d'environ 39 000 m³. L'historique des interventions indique quant à lui que le volume de matériaux de rechargements déposés pendant cette même période se chiffre à près de 30 000 m³. Une source d'apports externe et naturelle semble donc avoir contribué à l'accumulation de sédiments observée devant l'embouchure de la rivière Taillon. Les matériaux pourraient provenir de la rivière elle-même ainsi que de la dérive littorale depuis la pointe Taillon, dont une grande partie de la côte est en érosion. Malgré ces apports, le secteur sud de la plage a été rechargé de façon fréquente. Il est donc probable que la dérive sédimentaire n'atteigne pas la zone sensible à l'érosion.

Plage N2 (bornes 18 à 27)

Les suivis d'arpentage réalisés entre 1990 et 2014 suggèrent que le volume de la plage située entre les bornes 18 et 27 (longueur totale d'environ 950 m) a augmenté d'environ 25 000 m³. L'historique des interventions indique quant à lui que le volume de matériaux de rechargements déposés pendant cette période se chiffre à un peu plus de 33 000 m³. Environ 25 % (8 000 m³) des sédiments mis en place à cet endroit auraient donc été transportés en dehors de la zone d'analyse.

La perte de matériaux correspond à un taux d'érosion moyen d'environ 0,4 m³/m/an pour l'ensemble du tronçon de plage considéré. Localement, par contre, il est possible qu'un taux plus élevé ait été observé.

Plage N3 (bornes 28 à 34)

Les suivis d'arpentage réalisés entre 1990 et 2014 suggèrent que le volume de la plage située entre les bornes 28 et 34 (longueur totale d'environ 540 m) a diminué d'environ 29 000 m³, alors qu'aucune intervention n'a été réalisée pendant cette période. La perte de matériaux correspond alors à un taux d'érosion moyen d'environ 2,2 m³/m/an pour l'ensemble du tronçon de plage considéré.

Cette valeur pourrait toutefois avoir été surestimée, alors qu'un rechargement réalisé à cet endroit en 1989 n'avait qu'un volume d'environ 23 700 m³. La largeur de plage mesurée en 2014 demeurerait quant à elle supérieure à celle observée avant l'intervention de rechargement. Une partie du volume déposé serait donc encore sur place et la quantité de matériaux réellement perdue serait inférieure à 23 700 m³.

Plage N4 (bornes 35 à 39)

Les suivis d'arpentage réalisés entre 1990 et 2014 suggèrent que le volume de la plage située entre les bornes 35 et 39 (longueur totale d'environ 450 m) a augmenté d'environ 8 300 m³. L'historique des interventions indique quant à lui que le volume de matériaux de rechargements déposés pendant cette période se chiffre à près de 9 500 m³. Environ 13 % (1 200 m³) des sédiments mis en place à cet endroit auraient donc été transportés en dehors de la zone d'analyse.

La perte de matériaux correspond à un taux d'érosion moyen d'environ 0,1 m³/m/an pour l'ensemble du tronçon de plage considéré. Localement, par contre, il est possible qu'un taux plus élevé ait été observé.

SITE 88.15.01 (BORNES 11 À 17)

Le tronçon de plage situé entre les bornes 15 et 17 a fait l'objet de sept rechargements en 27 ans dans le cadre du PSBLSJ. La récurrence moyenne des interventions a varié entre 3 et 5 ans. Depuis 2006, un peu plus de 27 000 tonnes de matériaux y ont été déposées, selon un taux moyen d'environ 50 t/m.

Malgré ces interventions, la plage est demeurée relativement étroite entre les bornes 11 et 17. Des largeurs inférieures à 8 m ont même été observées de façon systématique devant la borne 11 depuis 2002 (Figure 3-71).

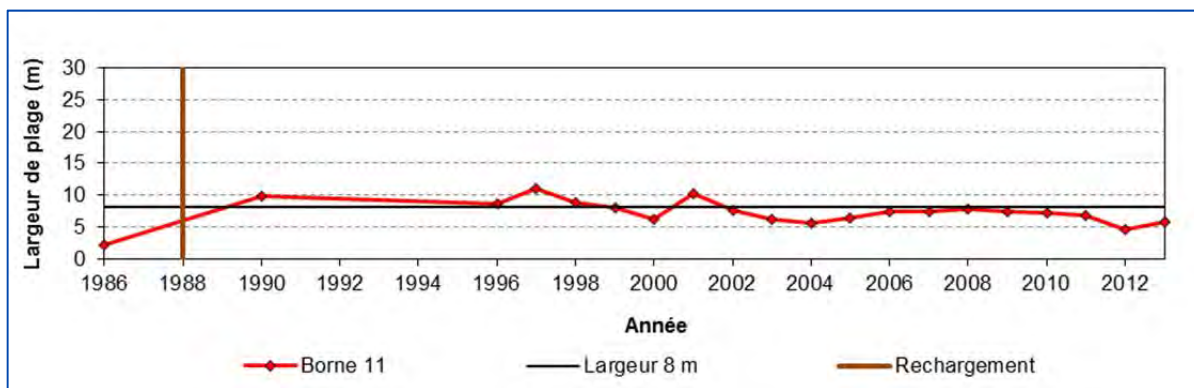


Figure 3-71. Saint-Henri-de-Taillon – Évolution de la largeur de plage (borne 11)

La problématique d'érosion observée dans le secteur est probablement liée à un déficit d'apports sédimentaires provoqué par la présence d'une avancée rocheuse au sud de la plage (bornes 17 à 18). Cette formation crée une discontinuité dans la dynamique hydrosédimentaire de la région et bloque la migration de matériaux du sud vers le nord, privant ainsi le secteur concerné d'apports solides. L'absence de gains au niveau des largeurs de plage, malgré les nombreux rechargements réalisés à cet endroit, suggère que les matériaux déposés ne sont pas demeurés en place et ont plutôt été emportés rapidement vers le nord, où ils se sont ensuite accumulés devant l'embouchure de la rivière Taillon.

Les rechargements sont demeurés relativement fréquents à cet endroit et certains ont eu une pérennité inférieure aux critères d'évaluation considérés (3 ans). Les récurrences d'intervention les plus faibles pourraient toutefois être associées au passage de tempêtes importantes, par exemple en 2013. En présence de conditions érosives moins sévères, la pérennité des rechargements a été d'environ 5 ans, ce qui demeure acceptable. La poursuite de ces interventions constitue alors une approche convenable pour maintenir des largeurs de plage adéquates. Utilisée seule, par contre, cette technique ne permettrait pas d'adresser la problématique d'accumulation observée dans la partie nord de la plage. Les largeurs continueraient de s'accroître devant les bornes 1 à 9 et un entretien récurrent (dragage local) pourrait être requis à l'embouchure de la rivière Taillon pour éviter son obstruction.

L'aménagement de structures de rétention des sédiments (épis) pourrait être une alternative envisagée pour retenir les sédiments plus longtemps sur leur lieu de dépôt et ralentir leur migration vers le nord. Les ouvrages devraient cependant être construits de manière à couvrir l'ensemble de la zone de transport, ou assurer une transition graduelle entre la zone de structures et le tronçon de plage non protégé, afin d'éviter de créer des zones d'érosion dans les secteurs adjacents. Une analyse approfondie de l'efficacité des solutions proposées et des impacts potentiels anticipés en aval (évaluation explicite) est présentée à la section 3.8.7.

SITE 94.15.01 (BORNES 24 À 27)

Le tronçon de plage situé entre les bornes 26 et 27 a fait l'objet de huit rechargements en 28 ans dans le cadre du PSBLSJ. Les interventions les plus fréquentes ont été réalisées entre les années 1994 et 2002 (quatre rechargements), où la récurrence de rechargement a varié entre 2 et 3 ans. Plus de

46 000 tonnes de matériaux ont été déposées pendant cette période, selon un taux moyen d'environ 55 t/m. Entre 2002 et 2012, par contre, la récurrence d'intervention a augmenté à 5 ans. La période plus courte entre les interventions de 2012 et 2015 pourrait quant à elle avoir été influencée par les conditions érosives importantes observées en 2013. Le volume de matériaux déposés lors de la dernière période de référence (2006-2016) s'est élevé à un peu moins de 24 000 tonnes et le taux de rechargement moyen a diminué à environ 45 t/m.

Malgré ces interventions, la plage est demeurée relativement sensible à l'érosion et des variations importantes de largeurs ont été observées devant les bornes 26 et 27 (Figure 3-72). Des largeurs inférieures à 8 m se sont également manifestées devant la borne 27 en 1996 et 2012.

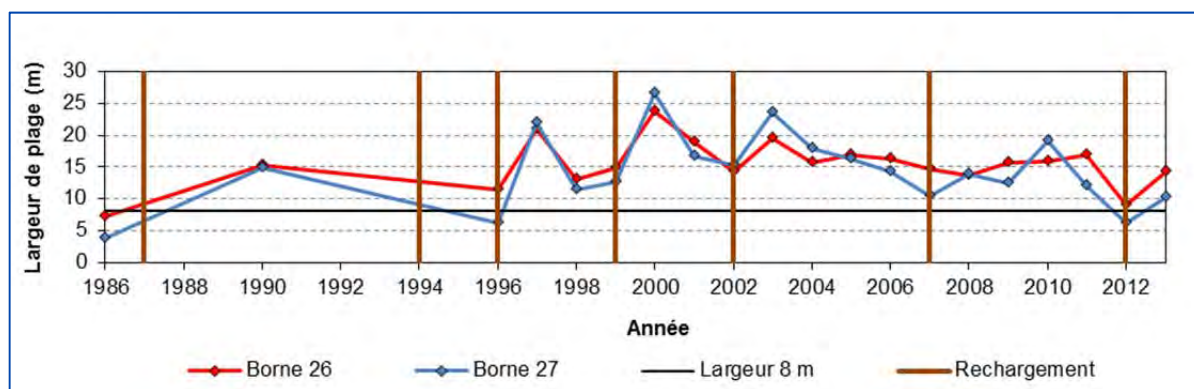


Figure 3-72. Saint-Henri-de-Taillon – Évolution des largeurs de plage (bornes 26 et 27)

La problématique d'érosion observée dans la région est similaire à celle du secteur précédent (bornes 11 à 17), dans la mesure où elle est probablement liée à un déficit d'apports sédimentaires provoqué par la présence d'une avancée rocheuse au sud de la plage (bornes 27 à 28). Le recul persistant du trait de côte après chaque rechargement suggère que les matériaux déposés ne sont pas demeurés en place et ont plutôt été emportés vers le nord, où ils se sont ensuite accumulés sur le tronçon de plage situé entre les bornes 18 et 22.

Malgré la pérennité plus faible du rechargement réalisé en 2012 (3 ans), l'historique des travaux depuis 2002 suggère qu'en présence de conditions érosives normales, la récurrence d'intervention s'établit à environ 5 ans, ce qui demeure acceptable selon les critères d'évaluation considérés. La poursuite de ces interventions constitue alors une approche intéressante pour maintenir des largeurs de plage adéquates.

L'aménagement de structures de rétention des sédiments (épis, brise-lames) pourrait toutefois être une alternative envisagée pour retenir les sédiments plus longtemps sur leur lieu de dépôt et ralentir leur migration vers le nord. Les ouvrages devraient cependant être construits de manière à couvrir l'ensemble de la zone de transport, ou assurer une transition graduelle entre la zone de structures et le tronçon de plage non protégé, afin d'éviter de créer des zones d'érosion dans les secteurs adjacents. Une analyse approfondie de l'efficacité des solutions proposées et des impacts potentiels anticipés en aval (évaluation explicite) est présentée à la section 3.8.7.

SITE 89.15.02 (BORNES 28 À 34)

Le secteur situé entre les bornes 28 et 34 a fait l'objet d'un rechargement en 1989, pendant lequel plus de 40 000 tonnes de sable ont été déposées. Cette intervention a permis d'augmenter de façon

significative les largeurs de plage (Figure 3-66). Depuis, par contre, un recul systématique du trait de côte est observé et l'arpentage annuel indique que des largeurs de plage inférieures à 8 m pourraient se manifester à nouveau dans un avenir rapproché. Les secteurs les plus vulnérables semblent être situés à l'extrémité sud de la plage, entre les bornes 33 et 34 (Figure 3-73).

Malgré tout, les suivis historiques démontrent que la perte de matériaux est relativement lente et que la pérennité des rechargements est élevée. L'absence d'interventions pendant près de 25 ans indique que l'approche par rechargement demeure efficace pour contrôler le recul de la plage. D'autre part, la faible fréquence d'intervention ne justifie pas l'aménagement de structures de rétention des sédiments (épis, brise-lames, géotubes).

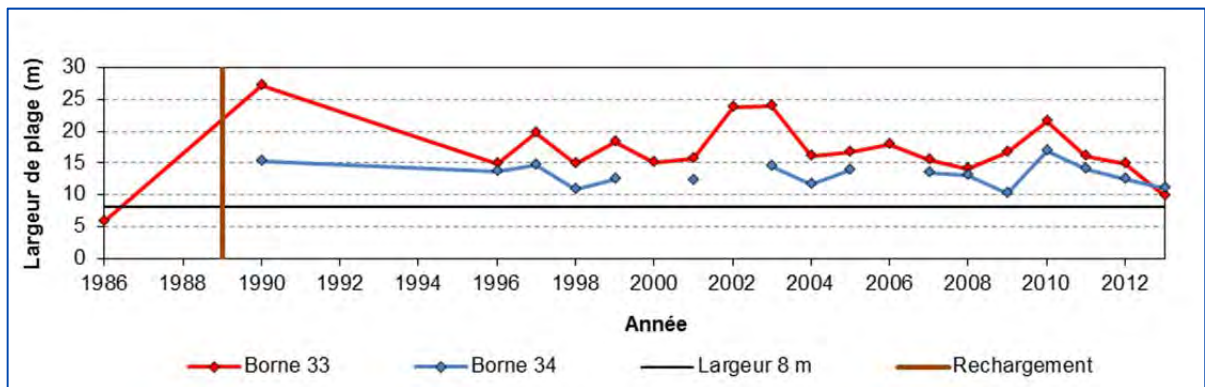


Figure 3-73. Saint-Henri-de-Taillon – Évolution des largeurs de plage (bornes 33 et 34)

SITE 95.15.02 (BORNES 35 À 36)

Le tronçon de plage situé entre les bornes 35 et 36 se trouve à l'ouest d'un brise-lames aménagé en 1988. Cette structure a provoqué l'accumulation de sédiments derrière elle, créant ainsi un tombolo (cordon de sable entre la plage et l'ouvrage). Cette formation a eu pour effet de perturber la dérive littorale et a possiblement été responsable d'une réduction des apports solides vers le secteur concerné. Le déficit d'apports sédimentaire a alors occasionné un potentiel d'érosion plus élevé, ce qui a restreint les largeurs de plage maintenues devant les bornes 35 et 36. Les suivis réalisés indiquent d'ailleurs que des largeurs inférieures à 8 m ont été observées sur plus d'une année devant ces repères (Tableau 3-45). La position du trait de côte est malgré tout demeurée relativement stable pendant la période de suivi et aucun recul significatif n'a été observé par rapport à 1986 (Figure 3-74).

La mise en place d'un rechargement à cet endroit pourrait être envisagée afin d'accroître la largeur de plage dans la zone étroite. Des études complémentaires pourraient quant à elles être réalisées afin de valider l'efficacité du brise-lames et analyser les solutions potentielles permettant d'améliorer la migration de sédiments derrière l'ouvrage.

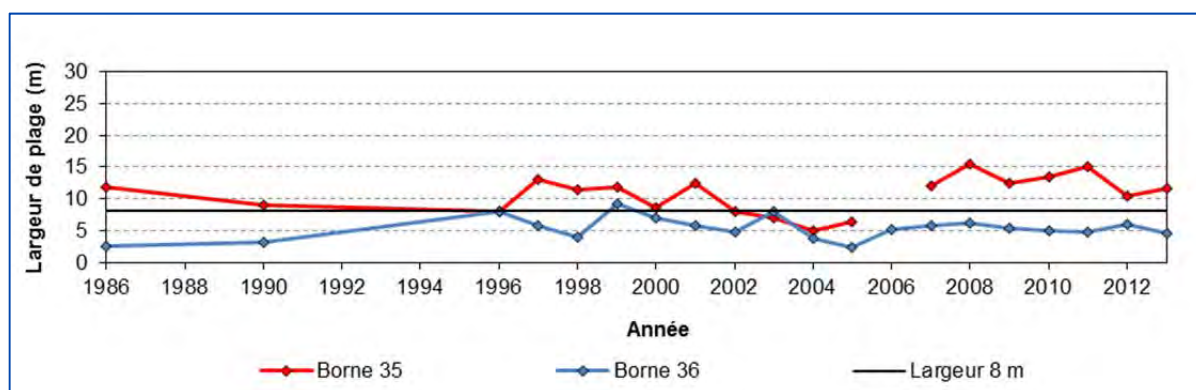


Figure 3-74. Saint-Henri-de-Taillon – Évolution des largeurs de plage (bornes 35 et 36)

3.8.6.2 ZONE DE PLAGES AU SUD (24 BORNES)

La Figure 3-75 présente l'évolution de la largeur moyenne des plages dans la zone sud avec la quantité de matériaux déposés depuis 1986. Ce secteur n'a fait l'objet que de deux rechargements, en 1991 et 1998, sur un tronçon de plage d'environ 0,4 km situé à l'extrémité nord de la région (bornes 1 à 3). Le graphique indique que ces interventions ont eu très peu d'effet sur la largeur moyenne des plages, qui est demeurée entre 13 et 20 m depuis la mise en œuvre du PSBLSJ.

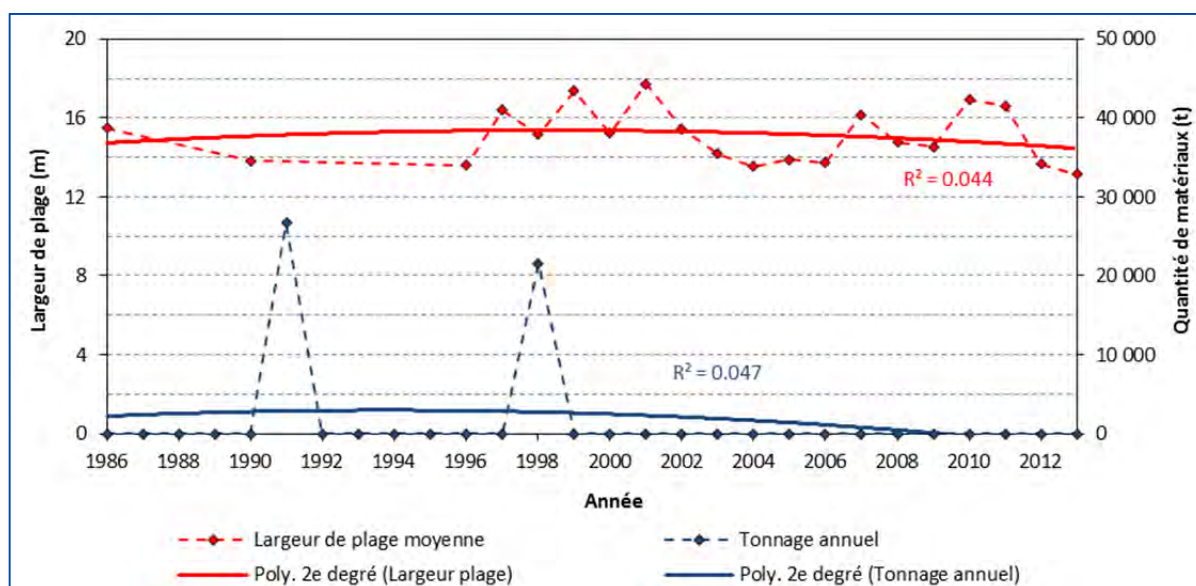


Figure 3-75. Saint-Henri-de-Taillon – Évolution de la largeur moyenne des plages et de la quantité de matériaux déposés (zone de plages au sud)

Localement, la performance des interventions répond de façon satisfaisante aux critères d'évaluation, dans la mesure où les largeurs de plage devant les bornes 1 à 3 se sont maintenues au-dessus du seuil minimum de 8 m et une période de 7 ans sépare les deux rechargements (récurrence optimale).

À plus grande échelle, par contre, l'arpentage annuel révèle que des largeurs de plage inférieures à 8 m ont été observées sur plus d'une année devant les bornes consignées au Tableau 3-46. La position du trait de côte est toutefois demeurée relativement stable depuis 1986 (Figure 3-68 et 3-64), ce qui suggère qu'il existe un certain équilibre hydrosédimentaire dans le secteur.

La mise en place de rechargements dans les zones étroites (plages Wilson et Saint-Cœur-de-Marie) constitue l'approche de premier choix pour augmenter les largeurs de plage au-dessus du seuil minimum de 8 m. Des études complémentaires devraient cependant être réalisées au préalable afin de vérifier la pérennité de ces interventions, l'envergure des rechargements requis, les impacts potentiels anticipés et la nécessité de combiner cette technique avec la mise en place de structures de rétention des sédiments (épis, brise-lames et géotubes).

Tableau 3-46. Saint-Henri-de-Taillon – Bilan des largeurs de plage dans les secteurs sensibles (zone de plages au sud)

BORNE	NOMBRE D'ANNÉES AVEC LARGEUR DE PLAGE INFÉRIEURE À 8 m
4	2 (19) ¹
10	10 (19)
11	8 (19)
12	2 (19)
13	6 (19)
14	13 (18)
16	5 (18)
23	5 (19)

¹ Les nombres indiqués entre parenthèses indiquent le nombre total d'années où des suivis ont été réalisés (excluant l'année 1986, qui précède la mise en place des rechargements dans ce secteur).

BILAN SÉDIMENTAIRE

Les suivis d'arpentage réalisés entre 1992 et 2014 suggèrent que le volume de la plage située au sud des baies de la Pipe et Belley (longueur totale d'environ 2 500 m) a diminué d'environ 78 000 m³. L'historique des interventions pour la même période indique quant à lui que le volume de matériaux de rechargements déposés pendant cette période se chiffre à environ 12 000 m³. Il est probable que les matériaux se sont retrouvés en grande partie le long de la pointe qui s'avance vers l'ouest dans la baie Belley.

La perte de matériaux correspond à un taux d'érosion moyen d'environ 1,6 m³/m/an pour l'ensemble du tronçon de plage considéré. Localement, par contre, il est possible qu'un taux plus élevé ait été observé.

3.8.6.3 SECTEURS DE BERGE

Un peu plus de 10 % (1 km sur 10 km) des secteurs de berge ont fait l'objet de travaux de stabilisation depuis 1986 (Tableau 3-37). La majorité des interventions ont été réalisées entre 1996 et 2001 et les aménagements n'ont nécessité aucun entretien. D'autre part, aucun impact sur les zones adjacentes aux sites d'interventions n'a été observé. La performance des aménagements répond alors de façon satisfaisante aux critères d'évaluation.

3.8.7 ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES TRAVAUX (APPROCHE EXPLICITE)

3.8.7.1 TRANSPORT LONGITUDINAL

La modélisation du transport longitudinal et de l'évolution du trait de côte s'est limitée à une analyse des plages N1 (bornes 1 à 17) et N2 (bornes 18 à 27) du secteur situé au nord des baies de la Pipe et Belley. L'évolution du trait de côte sur chaque tronçon s'est avérée similaire, dans la mesure où, en l'absence de rechargements réalisés par Rio Tinto Alcan, les parties sud-est des plages auraient subi une érosion, alors qu'une accrétion aurait été observée dans les parties nord-ouest.

Sur la plage N1, un tronçon d'environ 0,7 km aurait subi un recul par rapport à la position du trait de côte observée en 1986 (Figure 3-76), soit environ de 40 % de la longueur totale de plage considérée (1,7 km). D'autre part, des reculs atteignant près de 20 m, après 23 ans, auraient pu être observés à proximité de la borne 16.

Les accumulations les plus importantes se seraient quant à elles manifestées à proximité de l'embouchure de la rivière Taillon, sur une distance de plus de 1 km. L'avancement maximal du trait de côte à cet endroit aurait pu atteindre près de 10 m.

En ce qui concerne la plage N2, la zone d'érosion se serait étendue sur environ 0,5 km (Figure 3-77), soit environ 55 % de la longueur totale de plage considérée (0,9 km). Après 23 ans, les reculs observés entre les bornes 23 et 27 auraient varié entre 10 et 20 m par rapport à la position du trait de côte observée en 1986. Les matériaux érodés se seraient ensuite déplacés vers le nord-ouest, où des accumulations pouvant atteindre 15 m auraient été observées entre les bornes 18 et 22.

Les lignes de côte mesurées en 2009 sur chaque plage indiquent pour leur part que les interventions réalisées dans le cadre du PSBLSJ ont permis de maintenir des largeurs de plage supérieures ou égales à celles observées en 1986. La migration des matériaux de rechargement a néanmoins provoqué des accumulations légèrement plus importantes dans les zones d'accrétion naturelles que celles anticipées en absence d'intervention. Ces surplus auraient notamment augmenté l'avancement du trait de côte d'environ 10 m devant l'embouchure de la rivière Taillon et d'environ 5 m dans la partie nord-ouest de la plage N2 (bornes 18 à 22).

3.8.7.2 TRANSPORT TRANSVERSAL

Les résultats de simulation indiquent que lorsque le niveau d'eau est à une élévation de 101,54 m (16,5 pieds), les volumes d'érosion transversale varient entre 3,7 et 4,8 m³/m (Lasalle-NHC 2015) pour des tempêtes de récurrences 1 à 15 ans, respectivement. Une augmentation du niveau d'eau à 101,84 m (17,5 pieds) pourrait faire augmenter ces volumes de 20 à 50 %. En contrepartie, une réduction du niveau d'eau à 101,23 m (15,5 pieds) pourrait faire diminuer les volumes d'érosion d'environ 30 %. Enfin, une diminution de près de 60 % serait anticipée si le niveau d'eau était abaissé à 100,78 m (14 pieds). La composante transversale du transport sédimentaire atteint ensuite un minimum lorsque le niveau d'eau est à l'élévation 101,17 m (12 pieds).

Il est important de rappeler que les résultats de simulations fournissent seulement un portrait des déplacements susceptibles de se produire sur de courtes périodes, dans les secteurs les plus sollicités et où le profil de plage est similaire à celui considéré dans les modèles. Les résultats ne sont pas toujours représentatifs des conditions observées sur l'ensemble d'un site. De plus, les taux d'érosion peuvent varier en fonction des conditions antécédentes observées sur la plage, des déformations subites par le profil et de la durée des tempêtes. Enfin, sur de longues périodes, d'autres processus hydrosédimentaires actifs le long du littoral peuvent exercer une influence sur les taux d'érosion observés.

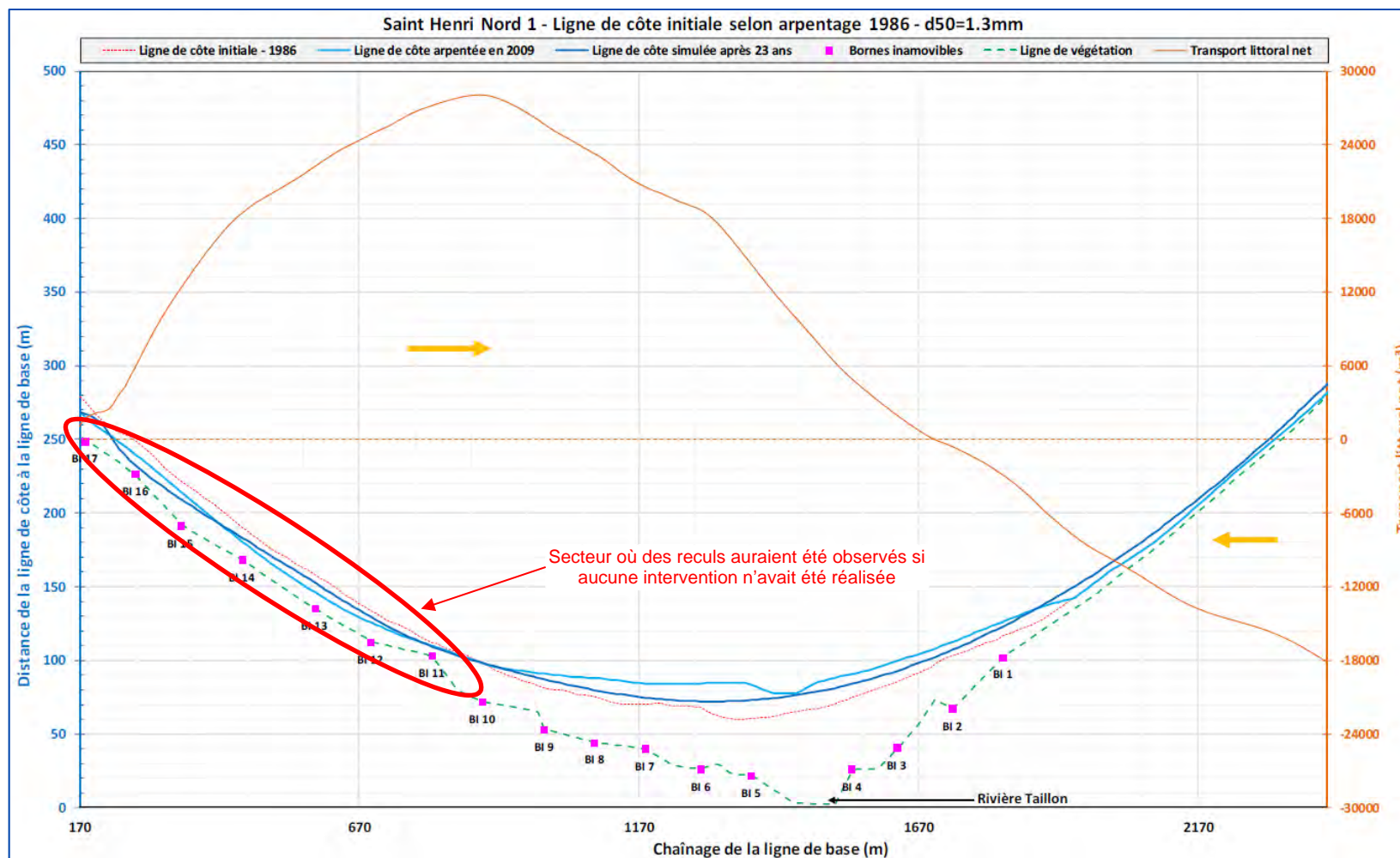


Figure 3-76. Saint-Henri-de-Taillon (plage N1 – bornes 1 à 17) – Résultats de modélisation du transport sédimentaire et de l'évolution du trait de côte de 1986 à 2009, en absence d'interventions au cours de la même période (extrait de Lasalle 2015 Sim1)

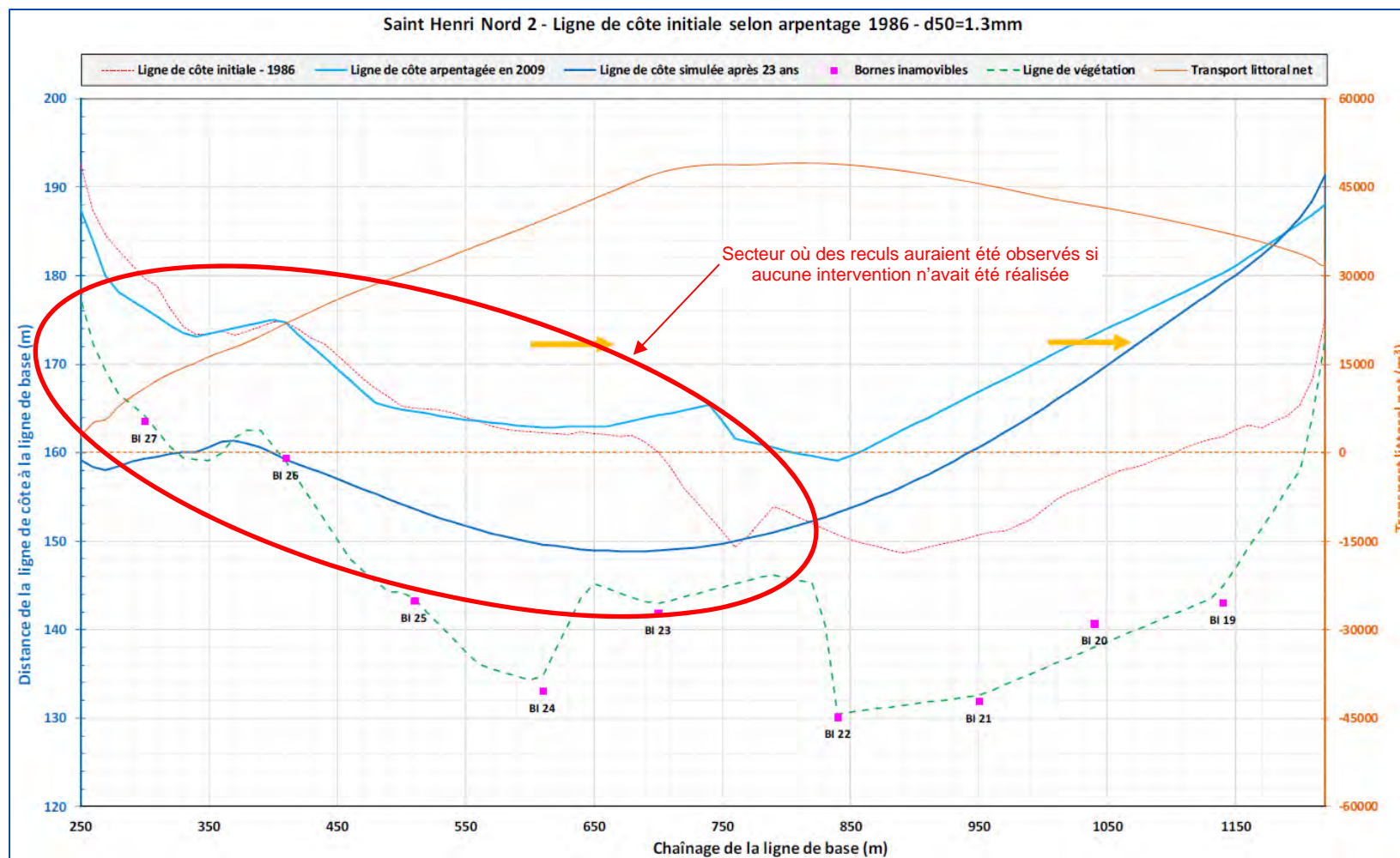


Figure 3-77. Saint-Henri-de-Taillon (plage N2 – bornes 18 à 27) – Résultats de modélisation du transport sédimentaire et de l'évolution du trait de côte de 1986 à 2009, en absence d'interventions au cours de la même période (extrait de Lasalle 2015 Sim1)

3.8.7.3 ÉVALUATION PRÉLIMINAIRE DE SOLUTIONS

L'évaluation préliminaire des solutions se limite à une analyse de deux zones de sensibilité accrue à l'érosion, soit les sites 88.15.01 (bornes 11 à 17) et 94.15.01 (bornes 24 à 27) de la zone de plages située au nord des baies de la Pipe et Belley. Les sites 89.15.02 (bornes 28 à 34), 95.15.02 (bornes 35 à 36), ainsi que la zone de plages située au sud des baies de la Pipe et Belley sont exclus, alors que l'évaluation globale de l'efficacité des travaux conclut que la pérennité des rechargements réalisés à ces endroits demeure acceptable et déconseille la mise en place de structures de rétention des sédiments. Le maintien du statu quo est donc recommandé pour y conserver une qualité de plage adéquate.

SITE 88.15.01 (BORNES 11 À 17)

Le tronçon de plage situé entre les bornes 11 et 17 est caractérisé par une plage relativement étroite. Des largeurs inférieures à 8 m ont été fréquemment observées devant la borne 11 depuis 2002 (Figure 3-71). D'autre part, plusieurs rechargements ont été réalisés entre les bornes 15 et 17 dans le cadre du PSBLSJ.

La problématique d'érosion observée dans ce secteur est susceptible d'être liée à un déficit d'apports sédimentaires, provoqué par la présence d'une avancée rocheuse au sud de la plage, qui crée une discontinuité dans la dynamique hydrosédimentaire de la région et qui bloque la migration de matériaux du sud vers le nord. Sans aucun rechargement, la longueur anticipée de plage en érosion après 23 ans serait d'environ 610 m.

Afin d'améliorer la pérennité des rechargements et stabiliser la plage dans la zone de sensibilité accrue à l'érosion, deux variantes d'aménagements ont été proposées. Chacune inclut la mise en place de trois ouvrages de rétention des sédiments, dont deux épis d'une longueur de 90 m et espacés de 270 m. Les variantes se distinguent ensuite par le type de structure proposée pour le troisième ouvrage situé au nord des deux épis. La variante 1 prévoit l'ajout d'un épi plus court, de 60 m, avec un espacement de 180 m, afin de favoriser une transition graduelle entre la zone de structures et le secteur de plage non protégé. La variante 2 propose quant à elle la mise en place d'un brise-lames détaché d'une longueur de 75 m et positionné à environ 60 m de la rive. Pour chaque variante, les simulations ont été réalisées en considérant la mise en place de rechargements entre, ou derrière, les structures lors de leur construction. Cette pratique permet normalement de remplir la zone d'influence des ouvrages, de former le nouveau trait de côte et d'empêcher la coupure complète de la dérive littorale en aval. Les deux variantes nécessitaient la mise en place de 49 000 tonnes de matériaux.

La Figure 3-78 illustre la position de la ligne de côte après 23 ans pour le cas de référence (conditions actuelles sans aucun rechargement) ainsi que pour les variantes d'aménagements proposées.

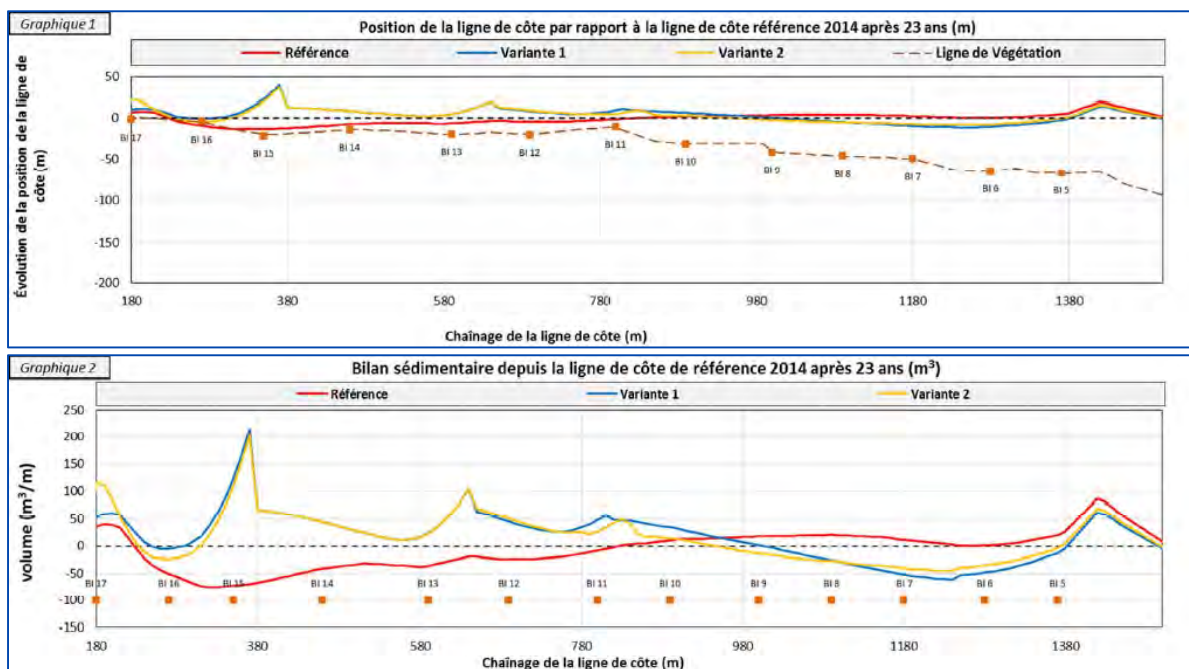
Les résultats de simulations pour les deux variantes sont très similaires et indiquent que la mise en place des structures favoriserait la rétention de sédiments dans la partie sud de la plage. La variante 1 (épi) semble cependant permettre de retenir une plus grande quantité de sédiments dans les zones sensibles à l'érosion, tandis que la variante 2 (brise-lames) favorise une transition plus graduelle entre la zone de structures et le secteur de plage non protégé.

Malgré les améliorations anticipées dans la partie sud de la plage, les variantes d'aménagements pourraient avoir des impacts négatifs plus au nord (bornes 5 à 9), où la plage bénéficie actuellement d'une dérive des matériaux en provenance du sud. Une réduction des apports solides pourrait alors provoquer un recul du trait de côte à cet endroit, pouvant atteindre 10 m après 23 ans. La plage dans ce secteur demeure néanmoins plutôt large (environ 60 m) et pourrait être en mesure de tolérer une érosion de cette envergure à court et moyens termes.

Le bilan global des résultats, pour le tronçon de plage situé entre les bornes 5 et 17, démontre que la variante 1 (épi) permettrait de réduire la longueur de plage en érosion de 180 m, soit une diminution d'environ 30 % par rapport à la longueur anticipée sans aucune intervention (cas de référence). La variante 2 (brise-lames) permettrait quant à elle une réduction de 100 m, soit une diminution de 16 % par rapport à la longueur anticipée sans aucune intervention.

Les quantités de sédiments manquants après 23 ans indiquent pour leur part que des volumes de 24 000 t (variante 1 – 13 330 m³; Lasalle-NHC 2015b) et 23 000 t (variante 2 : 12 750 m³; Lasalle-NHC 2015b), respectivement, seraient nécessaires dans les zones érodées pour maintenir le trait de côte de 2014. En ajoutant les volumes de rechargements initiaux, les quantités de matériaux requises totaliseraient 73 000 et 72 000 t, respectivement, soit près du double du déficit obtenu pour le cas de référence, qui est de l'ordre de 41 000 t (22 570 m³; Lasalle-NHC 2015b). Les variantes ne procureraient alors aucune économie à l'égard des volumes de rechargements requis.

En résumé, la mise en place de structures (épis ou brise-lames) à l'extrémité sud de la plage semble être une approche prometteuse pour améliorer la pérennité des rechargements. Elle demeure toutefois peu intéressante en raison de l'importante quantité de matériaux de rechargement requise pour maintenir le trait de côte de 2014. Le maintien du statu quo est donc recommandé pour ce secteur.



Note : La ligne pointillée représente le trait de côte en 2014 (Lasalle-NHC, 2015).

Figure 3-78. Saint-Henri-de-Taillon (site 88.15.01) – Évolution relative de la position de la ligne de côte et variation du volume de la plage après 23 ans (par rapport aux conditions de 2014), pour l'état de référence et les variantes d'aménagement proposées

SITE 94.15.01 (BORNES 24 À 27)

Le tronçon de plage situé entre les bornes 26 et 27 a fait l'objet de plusieurs rechargements dans le cadre du PSBLSJ. Malgré ces interventions, des variations importantes des largeurs de plage ont été

observées devant ces repères (Figure 3-72) et des largeurs inférieures à 8 m ont été mesurées devant la borne 27 à quelques reprises.

De façon similaire au secteur précédent, la problématique d'érosion observée à cet endroit est susceptible d'être liée à un déficit d'apports sédimentaire, provoqué par la présence d'une avancée rocheuse au sud de la plage qui bloque la migration de matériaux. Sans aucun rechargement, la longueur anticipée de plage accusant un recul par rapport au trait de côte relevé en 2014 serait d'environ 790 m.

Afin d'améliorer la pérennité des rechargements et stabiliser la plage dans la zone de sensibilité accrue à l'érosion, deux variantes d'aménagements ont été proposées : la mise en place de deux épis d'une longueur de 90 m et espacés de 270 m (variante 1), ainsi que la mise en place de deux brise-lames détachés d'une longueur de 75 m chacun, positionnés à environ 60 m de la rive et espacés de 150 m (variante 2). Dans chaque cas, les simulations ont été réalisées en considérant la mise en place de rechargements entre, ou derrière, les structures lors de leur construction. Cette pratique permet normalement de remplir la zone d'influence des ouvrages, de former le nouveau trait de côte et d'empêcher la coupure complète de la dérive littorale en aval. Les deux variantes nécessitaient la mise en place de 17 000 tonnes de matériaux.

La Figure 3-79 illustre la position de la ligne de côte après 23 ans pour le cas de référence (conditions actuelles sans aucun rechargement) ainsi que pour les variantes d'aménagements proposées.

Les résultats de simulations indiquent que les variantes d'aménagements pourraient s'avérer efficaces pour retenir des quantités plus ou moins importantes de sédiments sur la partie sud de la plage (bornes 24 à 27). De plus, les épis (variante 1) seraient la technique la plus performante à cet égard, alors que les largeurs de plage sur la quasi-totalité du tronçon concerné demeureraient supérieures ou égales à celles observées en 2014. Les résultats indiquent malgré tout un recul du trait de côte sur un tronçon d'environ 20 m situé à l'extrémité sud de la plage. Ce déplacement est toutefois jugé peu probable et pourrait résulter d'une instabilité numérique du modèle de transport à proximité de sa frontière.

Les brise-lames (variante 2) seraient pour leurs parts principalement efficaces pour retenir les sédiments devant la borne 25. L'extrémité sud de la plage (bornes 26 à 27) demeurerait toutefois vulnérable à l'érosion, avec des reculs anticipés comparables à ceux du cas de référence.

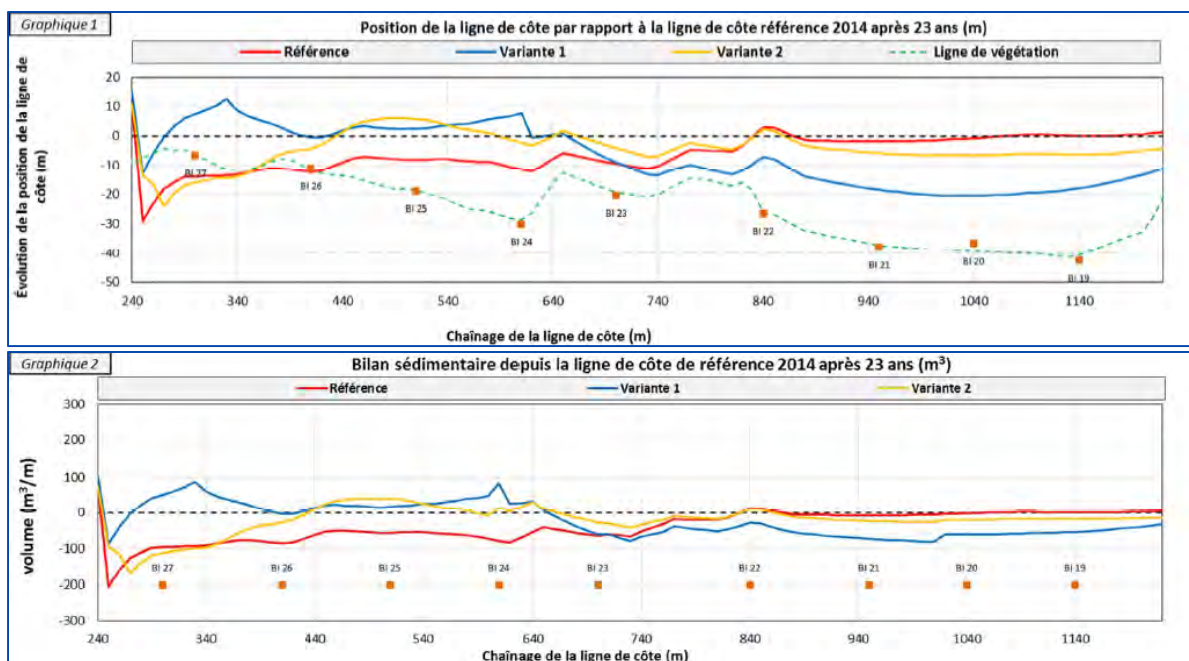
Malgré les améliorations anticipées dans la partie sud de la plage, les variantes d'aménagements pourraient avoir des impacts négatifs plus au nord (bornes 18 à 22), où la plage bénéficie actuellement d'une dérive des matériaux en provenance du sud. Une réduction des apports solides pourrait alors provoquer un recul du trait de côte à cet endroit. La variante 1 (épis) aurait l'impact le plus significatif, avec des reculs pouvant atteindre 20 m devant la borne 20, après 23 ans. La variante 2 (brise-lames) aurait quant à elle un impact plus atténué, avec un recul maximal de seulement 8 m.

À court et moyen termes, ce tronçon de plage pourrait avoir une largeur suffisante pour tolérer une érosion de cette envergure. Toutefois, des rechargements supplémentaires seraient éventuellement requis, alors que l'évolution de la ligne de côte devant la borne 21 ne prévoit aucune atténuation des taux de reculs. De plus, le recul progressif de la plage pourrait accroître la vulnérabilité des riverains aux dommages en cas de tempête sévère.

Le bilan global des résultats, pour l'ensemble de la plage (bornes 18 à 27), démontre que la variante 1 (épis) permettrait de réduire la longueur de plage en érosion de 170 m, soit une diminution d'environ 20 % par rapport à la longueur anticipée sans aucune intervention (cas de référence). La variante 2 (brise-lames) permettrait quant à elle une réduction de 50 m, soit une diminution de 6 % par rapport à la longueur anticipée sans aucune intervention.

Les quantités de sédiments manquants après 23 ans indiquent pour leur part que des volumes de 59 000 t (variante 1 – 32 860 m³; Lasalle-NHC 2015b) et 47 000 t (variante 2 : 25 900 m³; Lasalle-NHC 2015b), respectivement, seraient nécessaires dans les zones érodées pour maintenir le trait de côte de 2014. En ajoutant les volumes de rechargements initiaux, les quantités de matériaux requises totaliseraient 76 000 et 64 000 t, respectivement. Le déficit obtenu pour le cas de référence est quant à lui de l'ordre de 73 000 t (40 290 m³; Lasalle-NHC 2015b). La variante 1 ne procurerait donc aucune économie à l'égard des volumes de rechargements requis, tandis que la variante 2 pourrait réduire d'environ 9 000 t les besoins en sédiments après 23 ans. Ce volume correspond approximativement au volume du rechargement réalisé à l'extrémité sud de la plage en 2015.

En résumé, la mise en place de structures (épis ou brise-lames) à l'extrémité sud de la plage semble être une approche peu intéressante pour améliorer la pérennité des rechargements, en raison des impacts négatifs anticipés plus au nord. D'autre part, les aménagements ne permettraient pas de réduire de façon significative les volumes de rechargement requis pour maintenir le trait de côte de 2014. Le maintien du statu quo est donc recommandé pour ce secteur.



Note : La ligne pointillée représente le trait de côte en 2014 (Lasalle-NHC 2015).

Figure 3-79. Saint-Henri-de-Taillon (site 94.15.01) – Évolution relative de la position de la ligne de côte et variation du volume de la plage après 23 ans (par rapport aux conditions de 2014), pour l'état de référence et les variantes d'aménagement proposées

4 SYNTHÈSE ET RECOMMANDATIONS

4.1 SECTEURS DE PLAGE

4.1.1 PERFORMANCE GÉNÉRALE DU PSBLSJ

Près de 70 % des plages considérées dans le cadre de cette étude ont fait l'objet d'un rechargement de sable ou de gravillon (longueur nette de 29 km sur 43 km) depuis 1986. Le Tableau 4-1 présente l'envergure globale des rechargements réalisés dans le cadre du PSBLSJ. Une diminution progressive des volumes et des longueurs d'interventions a été observée au cours de chaque période de référence. Les volumes de rechargements ont notamment été réduits de 60 % et de 50 %, respectivement, alors que la diminution relative des longueurs d'interventions a été de 60 %, puis de 30 %.

Tableau 4-1. Envergure globale des travaux de rechargements¹

TYPE DE TRAVAUX	PÉRIODE 1986-1995		PÉRIODE 1996-2005		PÉRIODE 2006-2013		PÉRIODE 1986-2013	
	LONG. TOT. (km)	VOL. TOT. (x 1 000 t)	LONG. TOT. (km)	VOL. TOT. (x 1 000 t)	LONG. TOT. (km)	VOL. TOT. (x 1 000 t)	LONG. TOT. (km)	VOL. TOT. (x 1 000 t)
Rechargement de sable	13,4	790	9,0	460	4,8	180	27,2	1 430
Rechargement de gravillon	23,8	1 020	5,8	250	4,9	180	34,5	1 450
Total	37,2	1 810	14,8	710	9,7	360	61,7	2 880
Variation relative	N/A	N/A	-22,4 (-60 %)	-1 100 (-61 %)	-5,1 (-34 %)	-350 (-50 %)	N/A	N/A

¹ Inclut les interventions d'entretien.

Les analyses par secteurs présentées aux sections précédentes indiquent quant à elles que la performance générale du PSBLSJ a été très bonne. Les largeurs moyennes de plages se sont maintenues au-dessus de 8 m et sont demeurées relativement stables lors des deux dernières décennies de mise en œuvre du PSBLSJ. D'autre part, sur les 29 km de plages ayant fait l'objet de rechargements, plus de 27 km ont subi des interventions dont la récurrence a été acceptable ou optimale (5 ans ou plus). Les rechargements sont également susceptibles d'avoir contribué à maintenir une qualité de plage adéquate dans les secteurs adjacents, qui n'ont parfois fait l'objet d'aucune, ou d'un faible nombre, d'interventions, grâce à la dérive des matériaux.

D'autre part, de manière générale et sur la base de l'expérience des trois dernières décennies, le critère d'intervention établi par Rio Tinto Alcan, qui indique qu'une analyse du besoin en rechargement devrait être réalisée lorsqu'une plage possède une largeur inférieure à 8 m sur une distance de 100 m ou 30 % de sa longueur totale, semble adéquat. En effet, ce critère permet de planifier, si requis, des interventions pour limiter le recul au cours de l'année suivant les observations. Parfois, des paramètres supplémentaires sont également pris en compte pour juger de la nécessité d'intervenir, notamment le taux de recul observé et la capacité de la plage à se reconstruire. En somme, Rio Tinto Alcan essaie autant que possible de ne pas intervenir si la plage est en mesure de se rétablir d'elle-même.

La modélisation du transport sédimentaire longitudinal et de l'évolution du trait de côte réalisée dans les secteurs de Métabetchouan–Lac-à-la-Croix, Dolbeau-Mistassini et Saint-Henri-de-Taillon démontre néanmoins qu'en l'absence complète d'interventions, d'importants tronçons de plages (parfois plus de

50 % de la longueur totale des plages) auraient subi des reculs par rapport à la position du trait de côte observé en 1986. L'érosion observée dans certains secteurs aurait également été potentiellement très importante, avec des reculs pouvant atteindre près de 20 m après 23 ans. Les plages à ces endroits seraient alors rapidement disparues.

La mise en œuvre du PSBLSJ a donc permis d'améliorer la qualité des plages, de maintenir des largeurs généralement supérieures ou égales à celles observées en 1986 et de prévenir les reculs excessifs du trait de côte, protégeant ainsi les infrastructures riveraines. Les résultats de modélisation démontrent d'autre part que la longueur totale des zones en érosion a été réduite, alors que celle des zones en accrétion a augmenté. Dans le futur, la poursuite des interventions est nécessaire afin de maintenir la qualité de plage acquise depuis le début du PSBLSJ.

La mise en place d'épis, de brise-lames et de perrés a quant à elle permis de réduire le nombre d'interventions, tout en évitant un recul du trait de côte, dans certaines zones particulièrement vulnérables à l'érosion, notamment dans le secteur de Métabetchouan–Lac-à-la-Croix. Ces ouvrages constituent des mesures de protection efficaces pour ralentir la perte de matériaux et réduire les volumes de rechargements. Il est toutefois important de bien étudier leur influence sur le milieu récepteur (ex. par modélisation) afin de déterminer la zone que doivent couvrir les champs d'épis ou de brise-lames et prévoir les mesures nécessaires pour minimiser les impacts sur les secteurs adjacents. Cette approche doit également s'intégrer au contexte environnemental, social et économique plus large et propre à chaque secteur. Il est donc possible qu'elle ne constitue pas toujours la solution la plus appropriée, même si elle demeure prometteuse du point de vue du contrôle de l'érosion. À certains endroits (ex. secteur de Dolbeau-Mistassini), l'aménagement de structures risque de perturber sévèrement la dynamique hydrosédimentaire de la région et nécessiter des zones d'intervention beaucoup plus longues que celles visées par des rechargements seuls. L'impact sur le milieu environnant pourrait donc être très important.

Malgré le bilan satisfaisant du PSBLSJ, quelques problématiques d'érosion locale ont été observées et se sont manifestées par des largeurs de plage étroites, parfois inférieures à 8 m, ou une fréquence d'intervention plutôt élevée. Parmi les secteurs les plus sensibles, qui ont fait l'objet des plus grands nombres de rechargements, deux tronçons de plage se distinguent dans le secteur de Métabetchouan–Lac-à-la-Croix (sites 94.03.01 et 92.03.02), situés en aval (au nord-est) de champs d'épis. Il est probable que les difficultés rencontrées à ces endroits aient été influencées par l'aménagement des structures de rétention, qui ont en partie déplacé le problème d'érosion en aval de la dérive sédimentaire. En effet, lorsqu'un champ d'épis ou de brise-lames est interrompu dans un secteur où la capacité de transport demeure élevée, les structures ont pour effet de capter ou de faire dévier la dérive littorale, ce qui entraîne un déficit sédimentaire dans les secteurs adjacents.

D'autres secteurs où les rechargements ont été relativement fréquents incluent les sites 93.02.02 (Saint-Gédéon), 91.10.02-1 (Saint-Félicien – Saint-Méthode), 95.11.03, 94.11.02, 92.11.01 et 88.11.01 (Dolbeau-Mistassini), ainsi que 88.15.01 et 94.15.01 (Saint-Henri-de-Taillon). Les problématiques observées à ces endroits sont de diverses natures et incluent : la migration de chenaux d'écoulement à proximité du pied de la plage, les variations rapides de la capacité de transport littoral, ainsi que la présence de déficits sédimentaires provoqués par la transition entre une berge peu érodable et une plage de matériaux meubles.

En résumé, les techniques employées par Rio Tinto Alcan pour maintenir les plages du lac Saint-Jean sont diverses et adéquates. L'amélioration de l'efficacité des interventions réside essentiellement dans l'amélioration de la compréhension des processus hydrosédimentaires propres à chaque site, de façon à ce que les interventions donnent les résultats attendus. Le suivi des plages et des interventions, ainsi que la modélisation, sont des éléments clés pour étudier la dynamique hydrosédimentaire. Il n'en demeure pas moins que ces processus demeurent complexes en raison des nombreux paramètres en jeu, de la variabilité des conditions d'érosion et de l'influence potentielle des interventions sur de longs

secteurs. Les outils d'analyse permettent d'affiner les interventions afin de minimiser l'érosion des plages, mais ne peuvent l'empêcher.

À cet effet, les processus hydrosédimentaires continueront à exercer des pressions sur les berges du lac Saint-Jean. La poursuite du PSBLSJ est donc nécessaire afin de gérer les pertes de matériaux et réduire les dégâts liés aux événements extrêmes. Les termes « gérer » et « réduire » sont utilisés ici afin de souligner qu'il est pratiquement impossible de mettre un terme à l'érosion et de se prémunir contre la totalité des événements extrêmes. Techniquement, une telle approche nécessiterait la mise en place de mesures de protection rigides et démesurées sur la périphérie complète du lac Saint-Jean. Cette stratégie serait toutefois dévastatrice d'un point de vue environnemental, social et économique, alors qu'elle provoquerait la destruction des écosystèmes côtiers ainsi que la perte des plages, sans compter les investissements colossaux requis. La performance du PSBLSJ doit donc être perçue dans le contexte plus large du budget sédimentaire du lac Saint-Jean, alors qu'un compromis doit être visé entre les enjeux environnementaux et d'utilisation. Une intensification des mesures de protection ne fera que retarder l'ajustement sédimentaire causé par la hausse et la stabilisation des niveaux (Savard 2015).

4.1.2 RECHARGEMENTS

Entre 1986 et 2013, la longueur nette de plage rechargée avec du sable s'est élevée à un peu plus de 9 km. Le gravillon a quant à lui été utilisé pour recharger près de 20 km de plage supplémentaires. Malgré cette différence, les quantités de matériaux déposées pour chaque type de matériaux ont été comparables, soit environ 1 450 000 tonnes. Cette similarité dans les quantités de matériaux employées s'explique en partie par un taux de rechargement plus important (moyenne de 50 t/m pour le sable, contre 40 t/m pour le gravillon). Un autre facteur pouvant avoir contribué à ce résultat pourrait également inclure une durabilité plus faible des rechargements de sable en raison de la plus petite taille des grains et, possiblement, à des conditions érosives plus sévères dans les secteurs faisant l'objet de ce type de rechargement. Or, historiquement, le choix du type de rechargement a été dicté par la nature des matériaux composant la berge, les conditions d'exposition du secteur (conditions érosives), ainsi que l'utilisation et la fréquentation publique des plages. Au-delà de la durabilité des rechargements, le sable est généralement privilégié en raison de son aspect, son confort et de la pente plus douce qu'il offre.

Les analyses des différents secteurs montrent que ces interventions, en absence de structures de rétention, ont eu une durabilité de 2 à 10 ans. Malgré la fréquence de rechargement élevée à certains endroits, la dérive des matériaux est susceptible d'avoir alimenté les tronçons de plage adjacents, minimisant ainsi les interventions requises dans ces secteurs. À quelques endroits (Saint-Félicien au site 91.10.02-1, Mistassini aux sites 91.11.02 et 95.11.02), l'historique des travaux révèle que des rechargements plus longs et plus volumineux ont permis d'obtenir une meilleure pérennité des interventions. Une augmentation de la longueur d'intervention semble d'autre part avoir été plus efficace qu'une augmentation du taux de rechargement. Une telle approche n'est toutefois pas toujours applicable pour diverses raisons (présence de cours d'eau, changement de type de côte ou autres contraintes environnementales).

PROBLÉMATIQUES GÉNÉRALES LIÉES AUX RECHARGEMENTS

Certaines problématiques d'ordre général sont parfois liées aux rechargements et incluent notamment l'obstruction des embouchures de cours d'eau avoisinant provoquée par la dérive des matériaux, la formation de talus escarpés dans les matériaux de rechargement et la dispersion de panaches de turbidité, provoquée par la présence de particules fines.

La dérive des matériaux est une conséquence incontournable des rechargements et donc, de cause à effet, peut provoquer l'obstruction et la migration des embouchures de cours d'eau située dans la

direction aval de la dérive. De tels impacts ont d'ailleurs été observés à plusieurs endroits à la suite d'interventions par Rio Tinto Alcan, notamment à l'embouchure de la Belle-Rivière, à Saint-Gédéon, et des ruisseaux Ptarmigan et Savard, dans le secteur de Mistassini. Pour ces cas, le chenal principal a migré jusqu'en bordure des propriétés riveraines, érodant la plage attenante à celles-ci et causant des désagréments aux riverains (pente de plage abrupte, érosion accrue lors de tempête, etc.). Notons que ce phénomène est en partie naturel. Toutefois, l'ajout de sédiments le long du littoral amplifie le phénomène.

Les techniques envisageables pour résoudre cette problématique incluent le dragage récurrent (pour petits volumes) des sédiments accumulés devant les embouchures ou encore l'aménagement de structures (épis) permettant de capter les matériaux transportés et de favoriser des conditions d'autonettoyage de l'embouchure. La première approche est généralement celle dont l'impact sur le milieu environnant est le plus faible, car l'envergure des travaux demeure relativement petite et la période sur laquelle ils s'échelonnent est plutôt courte. Dans le cas de cours d'eau dont le potentiel faunique est faible, cette technique provoque particulièrement peu de perturbation.

L'aménagement de structures peut quant à elle sembler être une approche plus durable. Celle-ci risque toutefois de perturber de façon importante la dynamique hydrosédimentaire de la région et peut provoquer des problèmes d'érosion dans les secteurs situés en aval, en raison d'une réduction des apports solides. Les structures doivent être également construites de sorte à résister aux crues, aux surcotes de tempêtes et au déplacement des chenaux. La conception est donc difficile à réaliser et nécessite des études approfondies afin d'aménager des structures efficaces et pérennes. Cette solution devrait être employée en dernier recours.

Au cours des premiers semaines et mois suivant des rechargements, ou encore à la suite d'une tempête, il arrive également que des talus abrupts, voire verticaux, de plus de 1 m de haut se forment sur la plage. Ce phénomène est en grande partie relié à la nature des matériaux de rechargement. En effet, lorsque ceux-ci ont une granulométrie étalée contenant des quantités significatives de particules fines, une compaction et une consolidation importante sont observées, ce qui empêche les matériaux de prendre une pente douce et favorable à l'accès des riverains. L'agglomération des particules serait en partie reliée au compactage mécanique lors de la mise en place des matériaux, mais pourrait également être, dans certains cas, d'origine chimique et due à la présence d'hydrate de carbonate de silicate comme agent de cimentation (CIRIA 2010). Les particules fines présentes dans les matériaux sont également mises en transport par les vagues, générant de la turbidité qui peut perturber la vie aquatique. Au lac Saint-Jean, les matériaux sur la périphérie sud ont généralement une teneur en schiste élevée. Ce type de substrat a tendance à se désagréger lors de son remaniement ainsi que sous l'action des vagues, ce qui augmente la proportion de particules fines que contiennent les matériaux de rechargement. Une teneur plus forte en particules fines rend alors le mélange plus sensible à la compaction et est susceptible de créer des panaches de turbidité lorsque remué par les vagues.

Les solutions permettant d'adresser ces problèmes incluent un meilleur contrôle de la qualité des matériaux de rechargement et le décompactage des matériaux après leur mise en place ou lorsque des talus abrupts se forment. Le contrôle de la qualité des matériaux porte sur plusieurs paramètres tels que la granulométrie (taille des grains et étalement), durabilité (fragmentation, arrondissement) et la minéralogie des grains (CIRIA 2010). Le matériau optimal d'une plage possède un fuseau granulométrique étroit (peu étalée), avec des grains de taille médiane similaire à la plage existante et durable. Or, pour un secteur d'intervention donné, les sites d'approvisionnement en sable et gravillon peuvent être limités. Une étude portant sur les aspects économiques et sociaux devrait donc être réalisée pour comparer les différentes sources potentielles d'approvisionnement et tenir compte des contraintes d'exploitation, des accès/disponibilité des routes environnantes, des villes et villages traversés lors du transport et des coûts de transport.

De façon générale, le contrôle de la qualité et le traitement des sédiments présentent certains défis techniques et logistiques. Selon la nature des matériaux prélevés dans les bancs d'emprunt, une réduction de la teneur en particules fines peut nécessiter un tamisage plus rigoureux et, possiblement, un lavage des sédiments à l'aide de jets d'eau. L'efficacité de cette méthode peut varier selon les conditions météorologiques. Par exemple, en période de températures trop froides, l'équipement peut geler et les sédiments humides peuvent s'agglomérer ensemble rendant impossible le traitement. Finalement, les matériaux traités doivent habituellement être entreposés en attendant leur transport vers les sites de rechargement. La logistique de production, d'entreposage et de mise en place doit alors être coordonnée avec les exploitants de carrière et peut parfois s'avérer complexe. Ce traitement est donc susceptible de faire augmenter le coût unitaire d'approvisionnement.

En ce qui concerne la mise en place des sédiments, un devis de rechargement qui limite le passage répété de la machinerie sur les matériaux fraîchement déposés devrait être employé. La mise en place des matériaux devrait être effectuée en partant du secteur le plus éloigné, puis en revenant progressivement vers le point d'accès à la plage. Cette approche est d'ailleurs utilisée par Rio Tinto Alcan depuis le début des années 1990. Une méthode alternative pourrait quant à elle envisager l'utilisation de convoyeurs pour acheminer les sédiments sur la plage (WSP 2015). Toutefois, cette approche a généralement tendance à réduire la productivité et à augmenter le coût des travaux.

Le décompactage des matériaux de rechargements prévoit quant à lui l'utilisation d'une machinerie spécialisée une fois le rechargement terminé afin de remuer la couche superficielle de la plage et désagréger les matériaux agglomérés (CIRIA 2010). Cette technique ne peut toutefois être envisagée dans les secteurs où une couche de sable est déposée sur une matrice de gravillon. D'autre part, puisque dans certains cas, la nature des matériaux disponibles ne permet pas d'obtenir une granulométrie optimale, il demeure requis d'entretenir la plage dans les semaines, mois et même années suivants les travaux de rechargement. Les talus abrupts qui se forment à la suite des travaux ou d'une tempête doivent être défaits et la pente de la plage adoucie. De tels travaux d'entretien sont fréquents et font partie intégrante de tous projets de rechargement de plage. Cette technique est d'ailleurs mise en pratique par Rio Tinto Alcan, puisque les travaux de rechargements se font généralement en deux phases : la mise en place des matériaux au cours de l'automne et un nivellement de la plage au printemps suivant, avant le début de la saison estivale.

Enfin, il est très difficile d'éliminer l'émission de toute turbidité lors de travaux de rechargement, qu'importe la source d'approvisionnement. Les plages naturelles en sont généralement exemptes en raison d'un long processus de tri exercé par les vagues. Or, les sources d'approvisionnement terrestres et lacustres contiennent la plupart du temps des proportions significatives de sédiments fins, qui ne peuvent être retirées que partiellement par tamisage. Dans le cas du schiste, des particules fines sont générées par la fragmentation des grains, ce qui ne fait que complexifier la problématique. Ceci fait en sorte qu'il faut s'attendre à l'émission de panaches de turbidité essentiellement lors des travaux et parfois lors de l'attaque des vagues qui remanient les matériaux. Les impacts de ceux-ci sont d'abord esthétiques, mais peuvent également perturber temporairement les activités fauniques.

Il est jugé essentiel de tenir en compte, lors des demandes d'autorisation environnementales, des besoins ultérieurs de reprofilage des plages, avant le début des saisons de villégiatures ou lors de la formation de talus abrupts après une tempête, ainsi que d'entretien des embouchures de cours d'eau. Ces travaux devraient être autorisés en même temps que les travaux de rechargements puisqu'ils en découlent directement.

SOURCES D'APPROVISIONNEMENT

Les matériaux de rechargements peuvent provenir de bancs d'emprunt terrestres (sablères ou gravières), des sites d'interventions eux-mêmes (zones d'accrétion) ou de dépôts lacustres. Une étude complémentaire est en cours afin d'évaluer la pérennité des bancs d'emprunt disponibles dans la

région du lac Saint-Jean et le potentiel de sources d'approvisionnement alternatives (zones d'accrétion et dépôts lacustres).

4.1.3 ÉPIS

ÉPIS EN ENROCHEMENT

La plupart des épis construits dans le cadre du PSBLSJ ont été mis en place dans les secteurs de Saint-Gédéon, Métabetchouan–Lac-à-la-Croix, Mashteuiatsh, ainsi que l'extrémité sud de la pointe Saint-Méthode (Saint-Félicien). Quelques petites structures ont également été mises en place dans les secteurs de Chambord (baie du Repos) et de Dolbeau-Mistassini. Au total, 56 ouvrages ont été recensés dans les secteurs analysés dans le cadre de cette étude.

Près de 75 % des structures aménagées depuis 1986 ont été construites lors de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ. Les ouvrages étaient plutôt de grande taille, avec des longueurs variant entre 50 et 100 m. À compter de 1996, par contre, la dimension des structures a été réduite et la longueur est demeurée inférieure à 50 m. Seuls les épis construits dans le secteur de Métabetchouan–Lac-à-la-Croix en 2012 et 2014 ont excédé cette dimension.

De façon générale, l'efficacité de l'ensemble des aménagements a été satisfaisante, dans la mesure où une stabilité accrue des largeurs de plages a été observée entre les ouvrages à la suite de leur construction ainsi qu'une diminution de la fréquence des rechargements. Certains aménagements ont également permis de retenir une quantité importante de sédiments sur la plage. La performance de l'épi 3, situé dans la partie est du secteur de Métabetchouan–Lac-à-la-Croix (site 94.03.01), a d'ailleurs été particulièrement marquante, alors que la zone d'influence de cet ouvrage s'étend sur plus de 1 km.

Les épis possèdent habituellement une efficacité optimale lorsque la dérive littorale est importante et que le transport transversal est faible. En présence de conditions moins favorables (dérive alternante et/ou transport transversal important) par contre, la quantité de sédiments retenus sur la plage peut être plus faible et peut mener à une perte graduelle des matériaux. Ce type d'environnement pourrait être à l'origine de la performance réduite des ouvrages situés dans la partie centre-ouest du secteur de Métabetchouan–Lac-à-la-Croix (sites 95.03.02 et 91.03.03), ainsi que de ceux situés à l'extrémité est du secteur de Mashteuiatsh (sites 89.07.02 et 91.07.03) et à l'extrémité sud du secteur de Saint-Félicien (Saint-Méthode, site 91.10.02-2).

Dans des conditions plus favorables, même si l'efficacité des épis demeure élevée, leur utilisation peut mener à des perturbations négatives de la dérive littorale si la zone d'intervention est interrompue au milieu d'un secteur où la capacité de transport littorale demeure élevée. Les aménagements risquent alors de tout simplement déplacer la problématique d'érosion. Un tel comportement a d'ailleurs été observé à l'est des champs d'épis situés dans le secteur de Métabetchouan–Lac-à-la-Croix (sites 94.03.01 et 92.03.02), où d'importantes zones d'érosion se sont formées après la mise en place des structures et où plusieurs interventions d'entretien ont été réalisées. Un phénomène similaire, mais d'envergure beaucoup plus faible a également été observé au nord des aménagements situés dans le secteur de Saint-Félicien (Saint-Méthode, site 90.10.01).

Il est donc très important que la construction de ce type de structure soit précédée d'une étude détaillée de la dynamique hydrosédimentaire de la région afin de bien définir la zone que doit couvrir un éventuel champ d'épis. La modélisation de l'évolution du trait de côte avec un modèle de transport longitudinal est préférable afin d'analyser les impacts de différentes variantes d'aménagement et d'optimiser les ouvrages (espacement, longueur, etc.). La longueur des épis devrait également être progressivement réduite à l'extrémité aval des aménagements afin d'assurer une transition graduelle entre la zone de structure et le tronçon de plage non protégé. D'autre part, lors de la construction des épis, des rechargements devraient être réalisés entre les structures afin de remplir la zone d'influence des

ouvrages, de former le nouveau trait de côte et d'empêcher la coupure complète de la dérive littorale en aval.

Les aménagements devraient également être réalisés en commençant par les structures situées à l'extrémité aval (selon l'orientation de la dérive littorale) afin de minimiser la perturbation du littoral. Dans l'éventualité où l'ensemble des ouvrages ne peut être construit lors d'une même année, et/ou que les épis sont construits de l'amont vers l'aval, d'importants rechargements devraient être prévus en aval de la zone d'intervention afin d'atténuer les impacts potentiels des ouvrages.

Les problématiques de nature structurale rencontrées au niveau des épis incluent l'affouillement au pied des ouvrages, la dégradation des musoirs et la détérioration des passerelles aménagées sur la crête de certains épis. La plupart de ces difficultés ont été observées dans les secteurs de Saint-Gédéon et de Métabetchouan–Lac-à-la-Croix.

Pour améliorer la résistance à l'affouillement, une couche de pierres de plus petit calibre a été déposée au pied des structures. La robustesse des musoirs a quant à elle été augmentée en modifiant la conception des ouvrages de manière à placer les pierres de plus grosses dimensions à l'extrémité des épis. Finalement, la construction de passerelles sur la crête des structures est une pratique qui a été éliminée en raison de l'entretien que nécessitent ces aménagements et des risques envers la sécurité publique.

Le déplacement de quelques pierres demeure malgré tout une problématique persistante qui fait partie du processus normal de vieillissement de ce type de structures. Ces dégradations peuvent être provoquées par l'action des glaces ou d'autres débris flottants, ou encore le passage de tempêtes particulièrement sévères. Des programmes d'entretien et de travaux correctifs devraient alors être prévus. Il est à noter que les épis en pierres dynamitées sont généralement privilégiés, lorsque des pierres de taille adéquate sont disponibles à proximité, en raison de leur capacité à absorber une partie de l'énergie des vagues et de leur plus faible coût de construction. En ce sens, il est recommandé de poursuivre l'utilisation d'épis en pierres comme structures de rétention lorsque le transport longitudinal est dominant.

GÉOTUBES

Au total, huit géotubes ont été recensés dans les secteurs analysés au cours de cette étude et sont tous situés dans le secteur de Métabetchouan–Lac-à-la-Croix (section 3.2.6.1).

Un premier ouvrage de 30 m a été aménagé dans la partie centrale de la plage en 2002 (site 2002.03.01). Une série de sept autres géotubes ont ensuite été mis en place dans la partie est du secteur (site 94.03.01). Trois ouvrages (longueurs variant entre 70 et 100 m) y ont d'abord été déposés perpendiculairement à la plage en 2008. Par la suite, en 2010, deux géotubes supplémentaires de 45 m ont été superposés aux structures existantes et deux autres géotubes de 50 m ont été ajoutés à l'extrémité de l'aménagement, parallèlement à la côte. Après ces ajouts, les épis ont créé une forme en « T » qui permet ainsi de mieux retenir les sédiments.

Malgré ces ajustements graduels, l'efficacité de ces structures demeure relativement faible, alors qu'aucun gain significatif des largeurs de plage n'a été observé à proximité des ouvrages. L'aménagement situé dans la partie est de la plage semble même avoir contribué au recul du trait de côte dans le secteur adjacent, devant la borne 3. Ils auraient néanmoins permis de réduire légèrement la fréquence d'intervention ainsi que les volumes de matériaux déposés à cet endroit.

Les géotubes, ainsi que toutes les autres structures faisant partie de la famille des épis submergés, possèdent généralement une performance optimale lorsque la dérive littorale demeure relativement faible. Leur principal avantage est une perturbation réduite de la dynamique hydrosédimentaire, ainsi

qu'une transmission améliorée des sédiments transitant d'un côté à l'autre des ouvrages, en raison de la hauteur variable des structures, qui plongent sous l'eau à leur extrémité. Ceci n'est pas le cas pour les épis en pierres, qui demeurent émergés de l'eau sur toute leur longueur. La sous-performance des géotubes dans le secteur de Métabetchouan–Lac-à-la-Croix pourrait avoir été causée par des conditions d'érosion trop sévères.

L'utilisation de géotubes est généralement préconisée lorsque des pierres de calibre adéquat ne sont pas disponibles à proximité et que les coûts de transport des matériaux sont excessifs. L'emploi d'éléments en béton préfabriqué, remplaçant les pierres, est quant à lui encore plus dispendieux et généralement réservé pour les grands projets portuaires, où la pierre de qualité est absente ou impossible à produire en carrière. Les géotubes peuvent devenir intéressants en absence de pierres de qualité, notamment dans des secteurs isolés, puisqu'ils peuvent être facilement transportés, puis remplis avec des matériaux disponibles sur place (sable, gravier, etc.) ou parfois avec du béton (technique Holmberg).

Les désavantages associés à ce type d'ouvrage incluent cependant un esthétisme égrillé et une dégradation des membranes par les rayons solaires, ce qui réduit la pérennité des aménagements et provoque des déchirements par où peuvent s'échapper les matériaux de remplissage. D'autre part, les algues qui se développent sur membranes créent souvent des surfaces très glissantes, ce qui pose un risque envers le public qui se promène sur les structures.

Dans le contexte du lac Saint-Jean, l'approvisionnement en pierres constitue rarement un enjeu significatif. Ceci rend alors l'utilisation de géotubes peu avantageuse, autrement que dans les secteurs éloignés et difficiles d'accès (ex. sur des îles).

4.1.4 BRISE-LAMES

Les brise-lames ont été utilisés à moins grande échelle dans le cadre du PSBLSJ. Seulement neuf structures ont été recensées dans les secteurs analysés au cours de cette étude. Les ouvrages sont répartis dans les secteurs de Saint-Gédéon, Métabetchouan–Lac-à-la-Croix, Saint-Félicien (Saint-Méthode) et Saint-Henri-de-Taillon.

De façon similaire aux épis, la plupart des brise-lames ont été aménagés lors de la première décennie de mise en œuvre du PSBLSJ. Seulement trois ouvrages ont été construits après 1995, dont deux étaient de très petite taille (5 m). Outre ces petites structures, la longueur des brise-lames varie entre 30 et 90 m.

En général, l'efficacité des brise-lames mis en place a été satisfaisante, dans la mesure où les ouvrages ont favorisé l'accumulation et la rétention de sédiments derrière eux. Les petites structures (5 m) ont cependant eu une efficacité plus nuancée. Le brise-lames situé dans le secteur de Saint-Henri-de-Taillon (site 97.15.01) a bien performé, alors que celui aménagé dans le secteur de Saint-Félicien en 2005 (Saint-Méthode, site 90.10.01) a eu une efficacité plus incertaine, puisqu'aucun gain significatif des largeurs de plage n'a été observé derrière l'aménagement. La distance séparant les structures du rivage (environ 10 m à Saint-Henri-de-Taillon et 30 m à Saint-Méthode) pourrait avoir joué un rôle dans cet écart de performance.

Les brise-lames possèdent habituellement une efficacité optimale lorsque la composante transversale du transport sédimentaire est dominante. Afin d'éviter la formation d'un tombolo (cordon de sable émergé reliant la plage et le brise-lames), les ouvrages peuvent être éloignés de la côte ou encore l'élévation de leur crête peut être réduite afin de permettre un plus grand franchissement des vagues. Le maintien d'un espace submergé entre la plage et la structure permet de minimiser la perturbation de la dynamique hydrosédimentaire et de maintenir un transit de matériaux le long de la plage. Dans le

cas contraire, une interruption de la dérive littorale peut survenir, ce qui peut provoquer un déficit d'apports sédimentaires dans les secteurs situés en aval. Un tel comportement semble d'ailleurs avoir été observé à proximité du brise-lames situé au nord de la baie de la Pipe, dans le secteur de Saint-Henri-de-Taillon (site 95.15.02), où des largeurs de plage étroites (environ 5 m) ont été mesurées à l'ouest de l'aménagement à plusieurs reprises lors des suivis d'arpentage.

Il est donc très important que la construction de ce type de structure soit précédée d'une étude détaillée de la dynamique hydrosédimentaire de la région afin d'analyser les impacts de différentes variantes d'aménagement et d'optimiser la conception des ouvrages (espacement, longueur, etc.). La conception, mais également la modélisation adéquate, de ces aménagements demeure toutefois plus complexe que pour les épis.

D'autres désavantages associés aux brise-lames incluent des volumes de matériaux et des coûts de construction généralement plus élevés que pour des épis, alors que l'ensemble des ouvrages se situe dans des zones de profondeurs d'eau plus élevées. D'importants rechargements doivent également être réalisés au moment de la construction afin de remplir la zone d'influence des structures et de minimiser les impacts sur le trait de côte naturel. En absence de rechargements complémentaires, une érosion rapide de la plage peut se produire au voisinage de la structure alors que le littoral tend à s'équilibrer avec les nouveaux patrons de diffraction des vagues. Un tel comportement a d'ailleurs été observé derrière les ouvrages situés dans les secteurs de Saint-Gédéon (site 88.02.02) et de Métabetchouan–Lac-à-la-Croix (site 92.03.02), où des brise-lames ont été aménagés sans l'ajout immédiat de sédiments. Une dégradation de la plage derrière les structures a été observée peu de temps après leur mise en place et des rechargements ont dû être réalisés dans les années qui ont suivi.

Les dommages observés aux brise-lames sont généralement similaires à ceux observés pour les épis. Le déplacement de quelques pierres demeure probable et fait partie du processus normal de vieillissement de ce type de structures. Ces dégradations peuvent être provoquées par l'action des glaces ou d'autres débris flottants, ou encore le passage de tempêtes particulièrement sévères. Des programmes d'entretien et de travaux correctifs devraient être prévus. Enfin, comme pour l'ensemble des structures en pierres, des dommages plus importants peuvent subvenir si la taille des pierres utilisées est insuffisante.

4.2 SECTEURS DE BERGES

4.2.1 PERFORMANCE GÉNÉRALE DU PSBLSJ

Environ 30 % des secteurs de berges considérées dans le cadre de cette étude ont fait l'objet de travaux de protection au cours des trois dernières décennies (longueur nette de 17 km sur 54 km). Le Tableau 4-2 présente l'envergure globale des interventions réalisées dans le cadre du PSBLSJ. Des diminutions de 70 et 80 % des longueurs d'interventions ont été observées entre de chaque période de référence.

Tableau 4-2. Longueur totale (km) des travaux de protection réalisés sur les berges¹

TYPE DE TRAVAUX	PÉRIODE 1986-1995	PÉRIODE 1996-2005	PÉRIODE 2006-2013	PÉRIODE 1986-2013
Perrés	9,8	2,4	0,2	12,4
Empierrements 25-150 mm	2,6	0,7	0,1	3,4
Gabions et autres	1,5	0	0	1,5
Techniques végétales	0	0,2	0,2	0,4
Techniques mixtes	0	0,8	0,2	1,0
Total	13,9	4,1	0,7	18,7
Variation relative	N/A	-9,8 (-70 %)	-3,4 (-83 %)	N/A

¹ Inclut les interventions d'entretien.

Les perrés ont été la technique de protection la plus utilisée et représentent environ 66 % de l'ensemble des travaux effectués. Ces interventions visaient majoritairement la réhabilitation de perrés aménagés avant 1986 et qui avait atteint la fin de leur vie utile. Les empierrements 25-150 mm ont quant à eux été la deuxième technique de protection la plus répandue (18 %), suivie ensuite des gabions et autres structures (8 %). Finalement, les techniques végétales et mixtes clôturent les techniques de stabilisation avec une envergure relative de 8 % de l'ensemble des travaux réalisés.

De façon générale, la performance des aménagements a été satisfaisante, alors que très peu de travaux d'entretien ont été requis. Seuls deux secteurs situés dans les régions de Mashteuiatsh et de Saint-Félicien (Saint-Méthode) ont fait l'objet d'une réhabilitation d'envergure importante. Dans le premier cas (Mashteuiatsh, site 90.07.02), un mur de gabion a été réparé, puis solidifié via la mise en place d'un perré à la base de la structure. Dans le deuxième cas (Saint-Méthode, site 86.10.01), un perré a fait l'objet d'une réhabilitation complète moins de 10 ans après sa construction.

D'ordre général, la problématique la plus fréquente observée avec les aménagements de protection réalisés sur les berges (perrés, empierrements, gabions, accès à l'eau) a été un abaissement de la zone de marnage au pied des structures. Un tel comportement demeure toutefois très fréquent en milieu côtier, alors que la réflexion des vagues devant les ouvrages rigides provoque un affouillement à la base des structures. Au lac Saint-Jean, une conséquence associée à l'abaissement du fond marin a été l'apparition en surface des pierres de clés des perrés. Ces dégradations n'auraient cependant pas provoqué de problèmes structuraux significatifs. Au contraire, les clés à la base des empierrements visent justement à se prémunir contre l'affouillement, qui atteint habituellement un maximum après un certain temps.

4.2.2 EMPIERREMENTS 25-150 MM

Les empierrements 25-150 mm constituent une technique intermédiaire entre les rechargements et les perrés. Ce type de revêtement forme une sorte de « berme dynamique », qui résiste aux sollicitations plus faibles et se déforme légèrement lors de conditions plus fortes. La taille des pierres, de 25 à 150 mm a été déterminée par essais et erreurs et par le suivi du comportement des ouvrages.

Au lac Saint-Jean, cette technique a principalement été utilisée dans les secteurs à faible énergie (baies, marais). Selon les observations, la performance des revêtements s'est avérée très satisfaisante.

L'avantage de ces aménagements est une résistance à l'érosion comparable aux perrés, mais avec une envergure de travaux et des coûts de construction généralement inférieurs. En effet, l'ouvrage est

en général moins imposant, facilite l'accès à l'eau et perturbe moins le littoral. La conception de ces structures est toutefois complexe et des tailles de pierres trop petites peuvent mener à des entretiens fréquents, ainsi qu'un étalement des matériaux dans la zone infralittorale. L'emploi de cette technique devrait donc inclure un suivi de la stabilité des matériaux ainsi que la possibilité d'ajuster le calibre des pierres lors d'entretien.

4.2.3 GABIONS

Les gabions sont des aménagements généralement mal adaptés aux milieux côtiers et riverains. Ces ouvrages possèdent habituellement une durée de vie relativement courte en raison d'une fragilité élevée aux glaces et autres débris flottants, ainsi qu'une érosion prématurée des cages métalliques provoquée par le déplacement des pierres de remplissages sous l'action des vagues.

Au lac Saint-Jean, cette technique de protection n'est plus utilisée depuis 1996, en raison de ces problématiques.

4.2.4 TECHNIQUES VÉGÉTALES ET MIXTES

La végétalisation des ouvrages et les techniques mixtes offrent plusieurs avantages à l'égard de la valorisation des berges, alors qu'elles permettent de créer des zones vivantes et stratégiques capables d'absorber une partie de l'énergie des vagues, de stabiliser les sols, de restaurer les paysages, de maintenir les habitats et d'embellir les abords. Au niveau de la protection contre l'érosion, par contre, ces techniques demeurent relativement sensibles aux sollicitations par les vagues et leur utilisation devrait être restreinte aux secteurs de faible énergie. Lorsque combinées avec des ouvrages plus rigides, comme les perrés (techniques mixtes), l'aménagement de végétaux devrait être réalisé à une élévation supérieure à celle régulièrement sollicitée par les vagues.

Au lac Saint-Jean, ces techniques de protection ont été utilisées à principalement dans les secteurs d'Alma et de Delisle (berges de la Grande décharge), ainsi que de Péribonka (berges de la rivière Péribonka). Quelques interventions ont également été réalisées dans les secteurs de Saint-Gédéon, Métabetchouan–Lac-à-la-Croix, Saint-Prime et Saint-Félicien. Les aménagements situés dans secteurs traités dans le cadre de cette étude (Saint-Gédéon et Métabetchouan–Lac-à-la-Croix) incluaient la plantation d'herbacées en haut de plage (site 87.02.04), ainsi que la végétalisation d'une partie des crêtes d'un épi (site 87.02.04) et d'un perré (site 91.03.04). Les interventions ont été réalisées à une élévation limitant leur exposition aux vagues. De façon générale, leur performance a été satisfaisante, avec une bonne croissance et une forte vitalité du couvert végétal. Quelques dégradations d'origines anthropiques (activités récréotouristiques) et naturelles (dessèchement par le vent et le gel) ont cependant été répertoriées. Deux secteurs ont fait l'objet d'une replantation partielle en raison d'une sélection d'espèces mal adaptée au site d'intervention (site 87.02.04 – épi) et des dommages subis par le passage répété de marcheurs et de VTT (site 91.03.04). Les nouveaux végétaux ont néanmoins réussi à bien coloniser les secteurs affectés et aucun correctif n'a été requis par la suite.

Ailleurs, les végétaux ont surtout été aménagés sur la crête de perrés. La longueur des zones d'interventions a varié de 50 à 1 600 m. De façon générale, la performance des aménagements situés dans les secteurs de Saint-Prime et de Saint-Félicien a été très bonne. Les plantes ont bénéficié d'une croissance luxuriante. Quelques dégradations de nature anthropique (désherbage mécanique) ont malgré tout été observées, mais n'ont pas eu de conséquences significatives (Anctil & Bouchard 2005, 2006).

Dans les secteurs de Péribonka, de Delisle et d'Alma, la performance des aménagements a été plus faible, à l'exception de quelques sites d'intervention. La colonisation par les espèces environnantes a été plus lente et plusieurs endroits ont subi des dégradations provoquées par le désherbage, les

sècheresses, les insectes, ainsi qu'une qualité de sol parfois inadéquate. La densité et la vitalité des couverts végétaux ont souvent été caractérisées comme étant moyenne ou faible lors des suivis réalisés (Ancil & Bouchard 2005, 2006). Dans le secteur de Delisle, le piétinement par le bétail et l'exposition au vent ont également été répertoriés comme sources de dégradation.

Les mesures proposées pour améliorer la performance de ces interventions pourraient inclure une sensibilisation accrue des riverains sur le rôle et les bénéfices que procurent les bandes riveraines, ainsi que la mise en place de clôtures pour éloigner le bétail des talus sensibles. Afin d'accroître l'acceptabilité sociale des aménagements, des espèces de plantes ayant une faible croissance verticale pourraient être privilégiées pour limiter l'obstruction de la vue que possèdent les riverains sur le lac.

L'utilisation d'essences environnantes devrait également être préconisée afin de maximiser les chances de colonisation des végétaux et éviter les entretiens trop fréquents. Le cas échéant, des espèces à large spectre pourraient être utilisées afin de favoriser la croissance des plantes dans une gamme étendue de conditions environnementales. Les végétaux utilisés pour les aménagements devraient avoir une grande tolérance à différents niveaux d'humidité, d'intensité lumineuse, ainsi que différents types de sols (lourds, sablonneux, etc.). Quelques exemples d'arbustes à large spectre, ayant une croissance rapide et une valeur ornementale élevée inclus : le chèvrefeuille du Canada (*Lonicera canadensis*), la symphorine blanche (*symphoricarpos albus*) et la viorne cassinoïde (*viburnum cassinoides*). Chaque site d'intervention devrait toutefois faire l'objet d'une inspection par un spécialiste qualifié afin de sélectionner les espèces les mieux adaptées aux conditions du secteur, ainsi qu'optimiser la configuration et les caractéristiques des aménagements.

Enfin, il existe plusieurs techniques permettant d'incorporer les végétaux dans les mesures de protection des berges conventionnelles. Les plus fréquents incluent : la végétalisation de murs de soutènement, de caissons en bois ou d'enrochements, la mise en place de lits, de fascines ou de couches de plançons, ainsi que l'utilisation de branches anti-sapement, de boudins et de géonattes végétalisées. La revue de littérature technique présente plusieurs exemples à cet égard, incluant les avantages et les inconvénients de chacun, ainsi que quelques coupes types. Ces mesures pourraient être mises en place au lac Saint-Jean dans le cadre de bancs d'essai afin d'évaluer et d'optimiser leur efficacité.

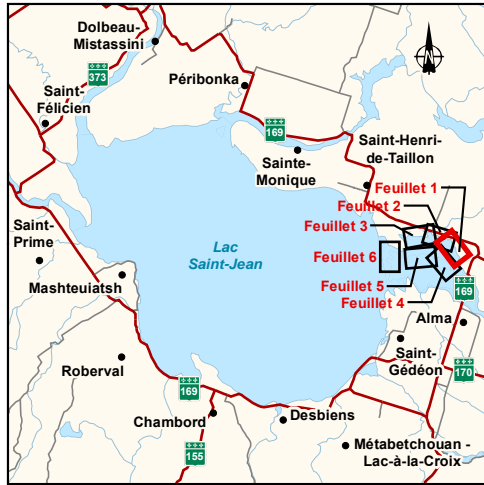
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALCAN. 1996. *Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. Annexe 1 – Envergure et efficacité des travaux 1986-1996*. 120 p. et annexes.
- ALCAN. 2007. *Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. Rétrospective 1996-2006*. 107 p. et annexes.
- ALCAN. 2011. *Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. Rapport de suivi 2010*. 37 p. et annexes.
- ANCTIL, C. & BOUCHARD, P-E. 2005. *Rapport de suivi d'observations de treize sites de protection des berges réalisés entre 1988 et 1995 autour du lac Saint-Jean*. 69 p.
- ANCTIL, C. & BOUCHARD, P-E. 2006. *Rapport de suivi d'observations de trois sites de protection des berges réalisés entre 2005 autour du lac Saint-Jean*. 54 p. et annexes
- BASCO, D. 2011. *Notes de cours*.
- CIRIA. 2010. *Beach Management Manual (second edition)*, Environment Agency, ISBN: 978-0-86017-682-4-3.
- DEAN, R.G. 2002. *Beach Nourishment – Theory and Practice*. Advanced Series on Ocean Engineering – Volume 18. 399 pages.
- GOOGLE EARTH. 2005. Consulté en juin 2015.
- Lasalle-NHC. 2015a. *Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean (2016-2026). Étude et modélisation de l'érosion des berges. Rapport d'étape 1 – Version préliminaire*. Rapport préparé par Lasalle-NHC pour Rio Tinto Alcan. 97 p. et annexes.
- Lasalle-NHC. 2015b. *Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean (2016-2026). Étude et modélisation de l'érosion des berges. Synthèse des résultats de modélisation pour les secteurs de Métabetchouan Est, Dolbeau-Mistassini et Saint-Henri-de-Taillon Nord – Version préliminaire*. Rapport préparé par Lasalle-NHC pour Rio Tinto Alcan. 30 p.
- MARSAN, A. & ASSOCIÉES. 1983a. *Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social. Rapport synthèse – Tome 1. Le milieu, le phénomène d'érosion et l'analyse de diverses options de gestion des niveaux du lac*. 262 p.
- MARSAN, A. & ASSOCIÉES. 1983b. *Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social. Rapport synthèse – Tome 2. Moyens complémentaires de stabilisation et applications aux zones homogènes*. 248 p. et annexes.
- MARSAN, A. & ASSOCIÉES. 1983c. *Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social. Annexe 3 – Hydrologie et sédimentologie*. 67 p. et annexes.
- ROCHE, 2013. *Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. Sites 91.03.02/ 94.03.01/87.02.04 – Analyse de la problématique de l'embouchure de la rivière Belle-Rivière et des berges adjacentes. Rapport final*. Rapport de Roche Itée Groupe-conseil à Rio Tinto Alcan. 22 p. et annexes.
- RSA. 1991. *Bilan à mi-programme de 1986 @ 1990 inclusivement du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean*. Rapport des Consultants RSA à la Société d'électrolyse et de chimie Alcan Itée. 95 p. et annexes.
- SAVARD, J.-P. 2015. *Dynamique des berges du lac Saint-Jean*. Présentation par M. Jean-Pierre Savard au comité technique du PSBLSJ.

- USACE. 2008. *Coastal Engineering Manual*. U.S. Army Corps of Engineers.
- WSP. 2015. *Étude technique du Programme de stabilisation des berges au Lac Saint-Jean – Revue de littérature*. Rapport de WSP Canada Inc. à Rio Tinto Alcan. 59 p.

Annexe A

CARTES DE LOCALISATION DES INTERVENTIONS 1986-2015



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Alma

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuille 1 de 6

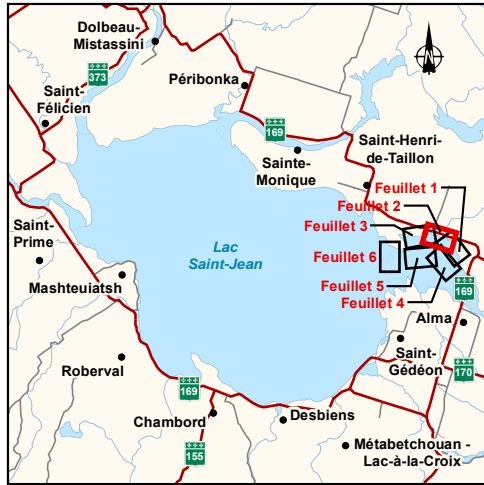
Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT023_IntSecAlma_150930.mxd



Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
Mouvement du littoral			Perré neuf
	Sens de la dérive		Perré entretien - réfection
Limites			Perré de pierres plates
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Empierrement 25-150 mm
	Municipalité		Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Alma

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

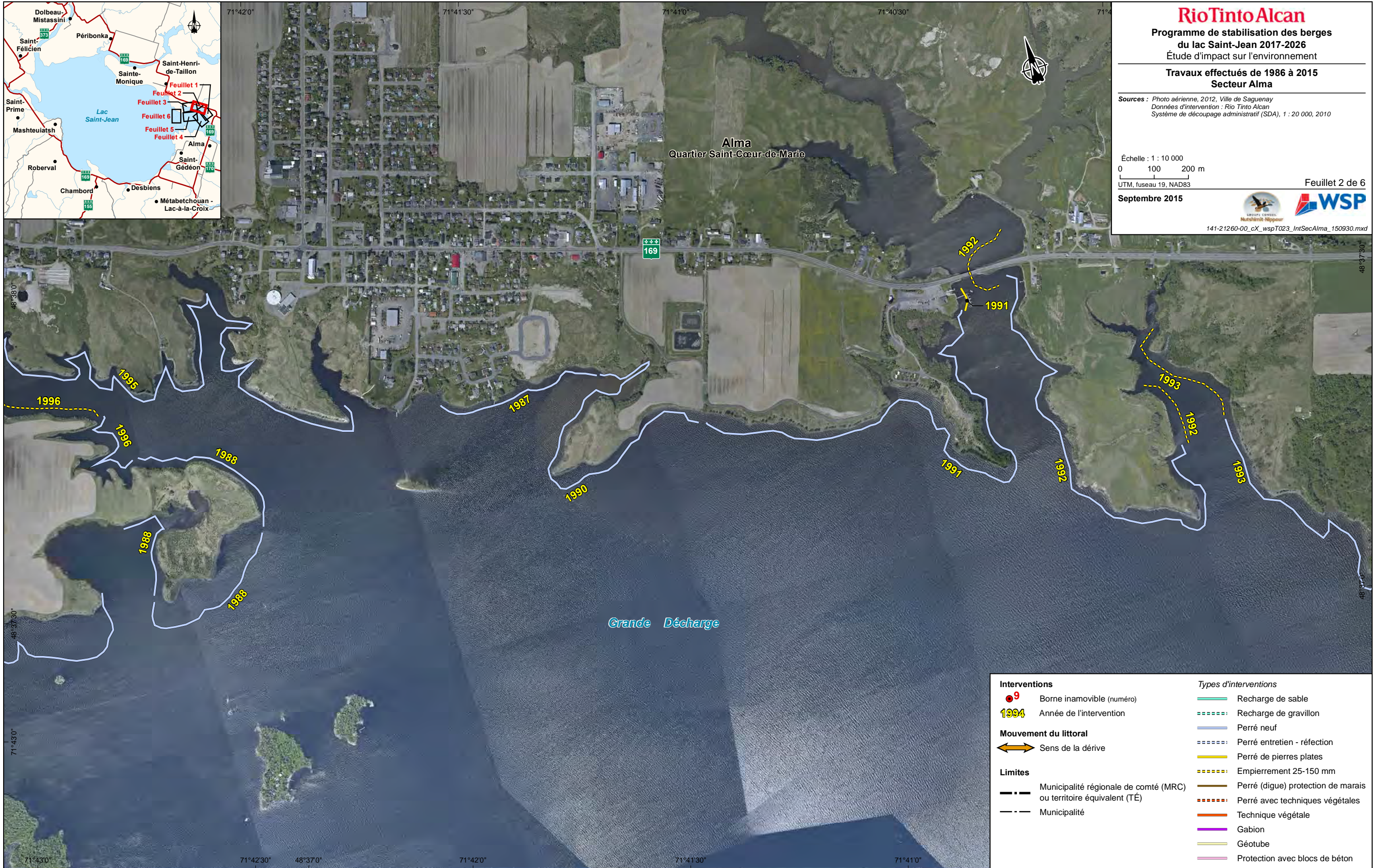
Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuille 2 de 6

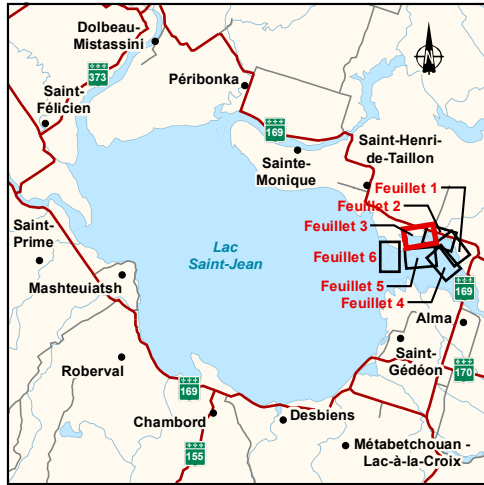
Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT023_IntSecAlma_150930.mxd



Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
Mouvement du littoral			Perré neuf
	Sens de la dérive		Perré entretien - réfection
Limites			Perré de pierres plates
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Empierrement 25-150 mm
	Municipalité		Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Alma

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuille 3 de 6

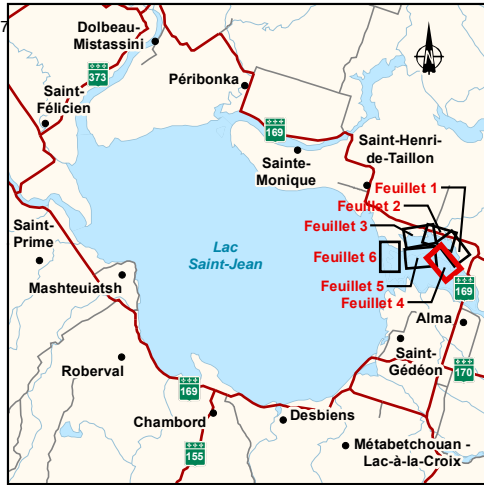
Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT023_IntSecAlma_150930.mxd



Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
Mouvement du littoral			Perré neuf
	Sens de la dérive		Perré entretien - réfection
Limites			Perré de pierres plates
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Empierrement 25-150 mm
	Municipalité		Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Alma

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuille 4 de 6

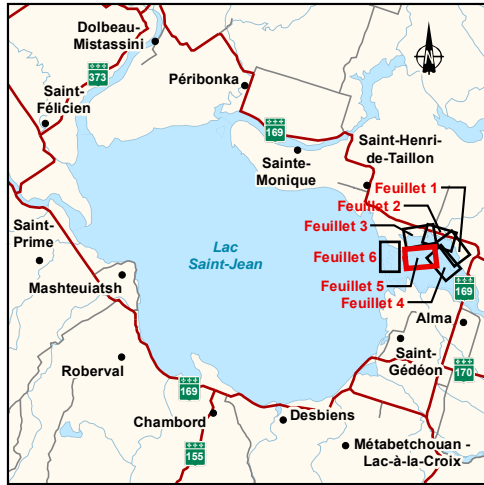
Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT023_IntSecAlma_150930.mxd



Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
Mouvement du littoral			Perré neuf
	Sens de la dérive		Perré entretien - réfection
Limites			Perré de pierres plates
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Empierrement 25-150 mm
	Municipalité		Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

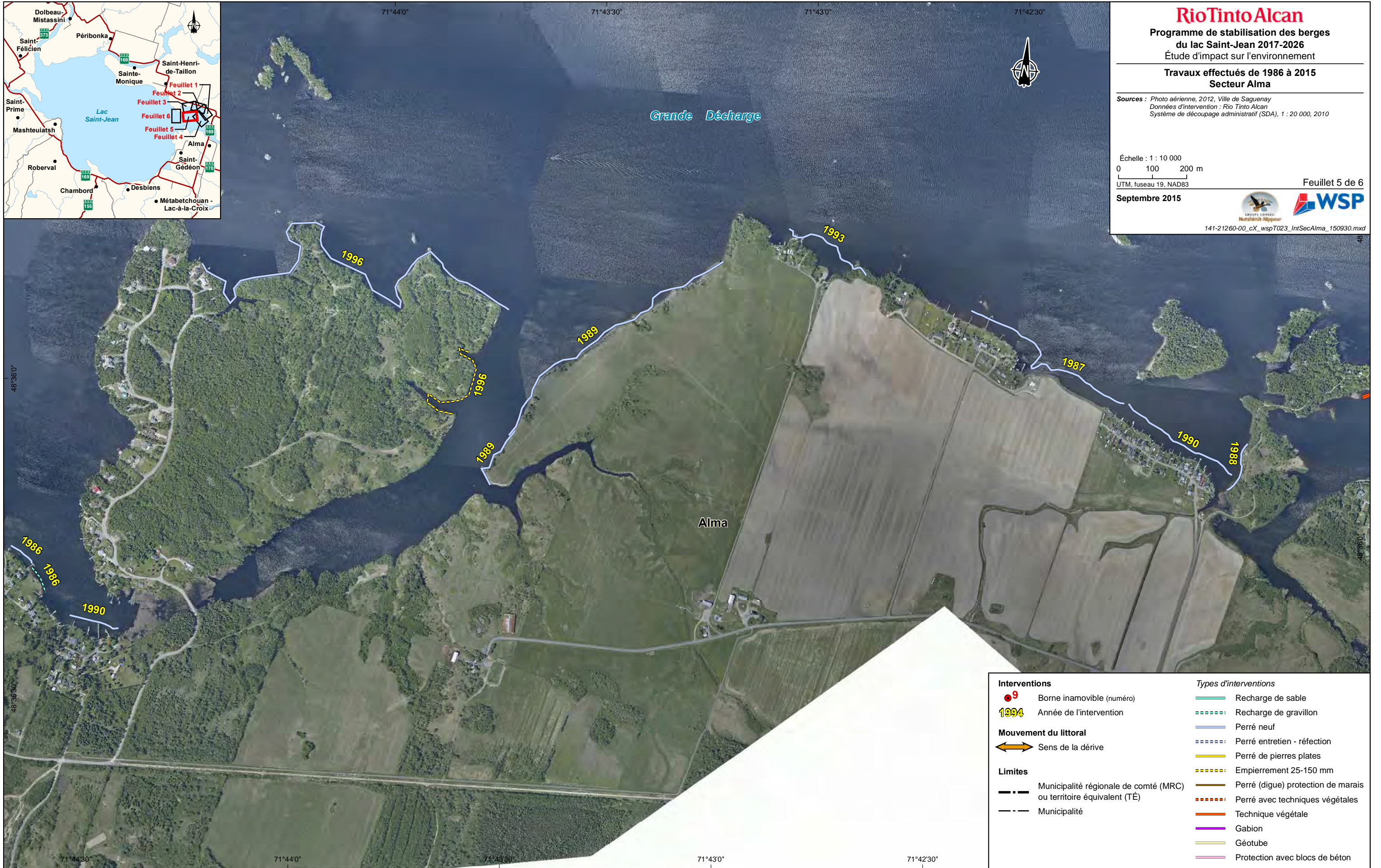
Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Alma

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

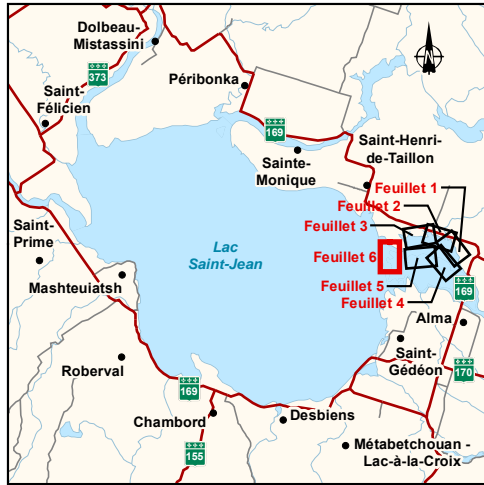
Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuillet 5 de 6

Septembre 2015



Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
Mouvement du littoral			Perré neuf
	Sens de la dérive		Perré entretien - réfection
Limites			Perré de pierres plates
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Empierrement 25-150 mm
	Municipalité		Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Alma

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

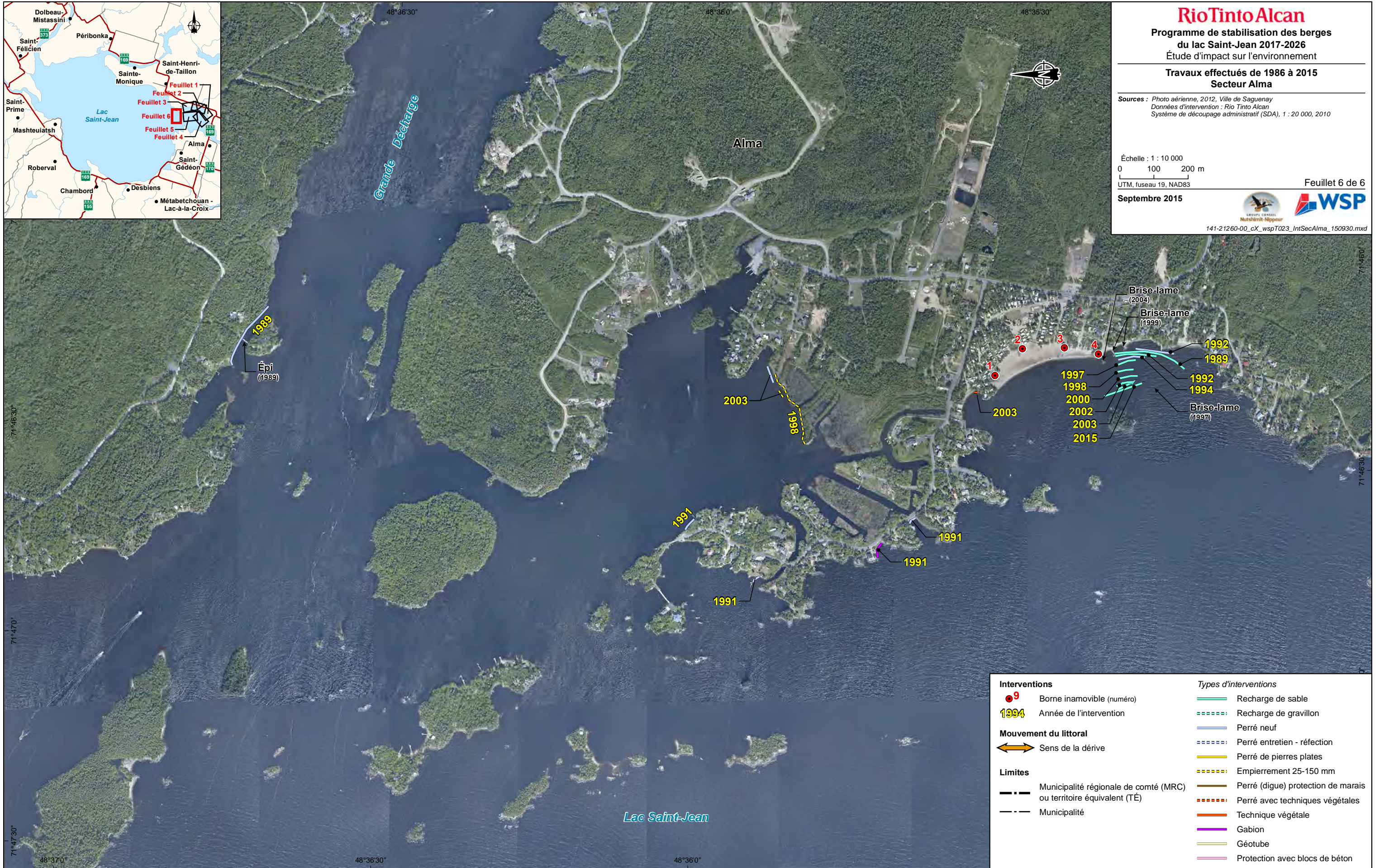
Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuillet 6 de 6

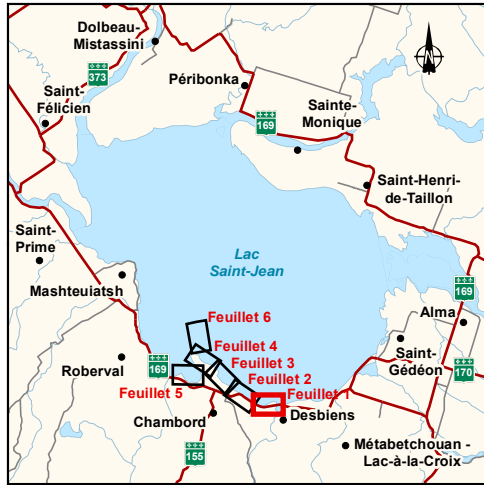
Septembre 2015



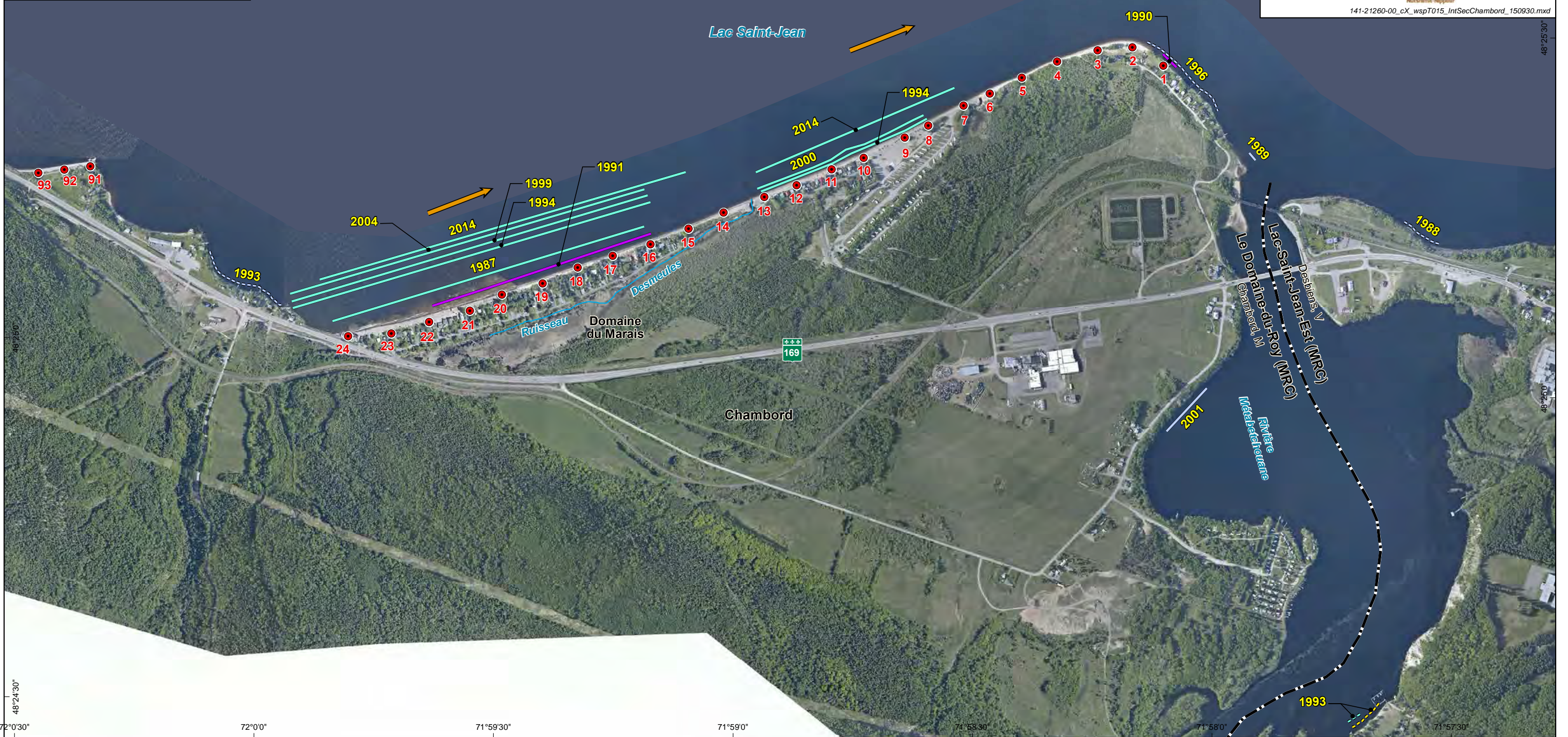
141-21260-00_cX_wspT023_IntSecAlma_150930.mxd



Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
Mouvement du littoral			Perré neuf
	Sens de la dérive		Perré entretien - réfection
Limites			Perré de pierres plates
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Empierrement 25-150 mm
	Municipalité		Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton



Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
1994	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
	Mouvement du littoral Sens de la dérive		Perré neuf
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Perré entretien - réfection
	Municipalité		Perré de pierres plates
			Empierrement 25-150 mm
			Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Chambord

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

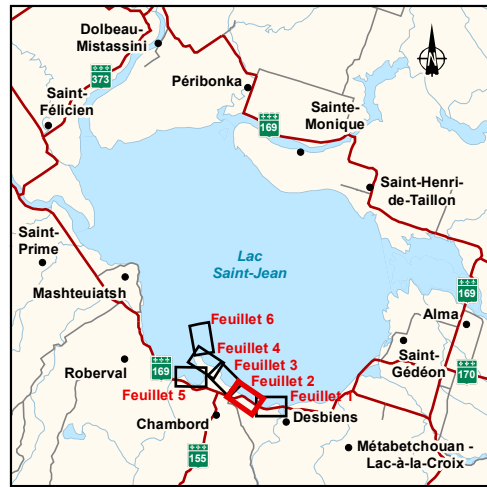
Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuillet 1 de 6

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT015_IntSecChambord_150930.mxd



Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
1994	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
	Mouvement du littoral Sens de la dérive		Perré neuf
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Perré entretien - réfection
	Municipalité		Perré de pierres plates
			Empierrement 25-150 mm
			Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton

72°10" 48°26'0" 72°0'30"



RioTinto Alcan
Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
 Étude d'impact sur l'environnement
Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Chambord

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
 Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
 Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

Échelle : 1 : 10 000
 0 100 200 m
 UTM, fuseau 19, NAD83

Septembre 2015

141-21260-00_cX_wspT015_IntSecChambord_150930.mxd

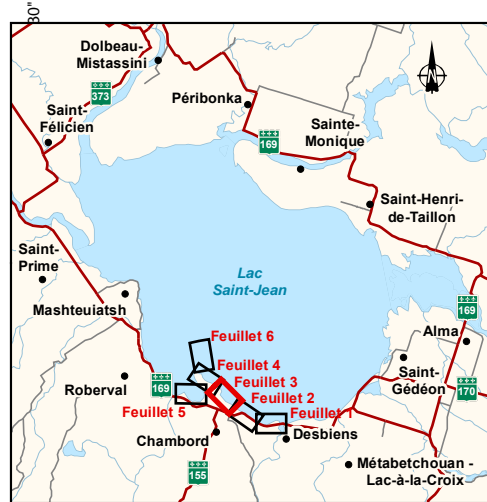
Lac Saint-Jean



48°26'30"
72°30"
48°26'0"
72°33'0"

48°26'0"
72°0'30"

72°3'30" 48°25'30" 72°3'0" 72°2'30" 72°2'0" 72°1'30" 72°1'0"



Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
1994	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
Mouvement du littoral			Perré neuf
	Sens de la dérive		Perré entretien - réfection
Limites			Perré de pierres plates
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Empierrement 25-150 mm
	Municipalité		Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton

Lac Saint-Jean

RioTinto Alcan
Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2017-2026
 Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Chambord

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
 Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
 Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

Échelle : 1 : 10 000
 0 100 200 m
 UTM, fuseau 19, NAD83

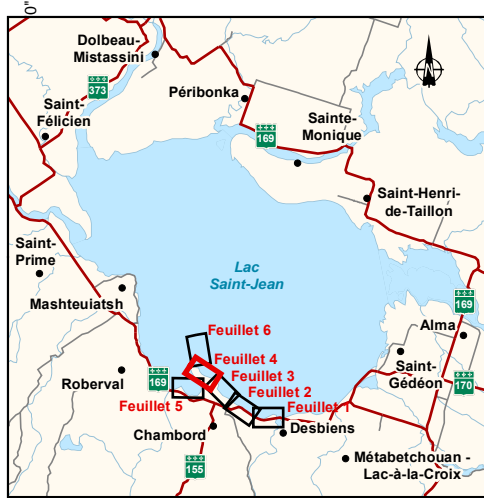
Feuillet 3 de 6

Septembre 2015

141-21260-00_cX_wspT015_IntSecChambord_150930.mxd



72°50' 72°30' 48°27'30" 48°26'30" 72°40' 72°30'



Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
1994	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
	Sens de la dérive		Perré neuf
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Perré entretien - réfection
	Municipalité		Perré de pierres plates
			Empierrement 25-150 mm
			Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Chambord

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

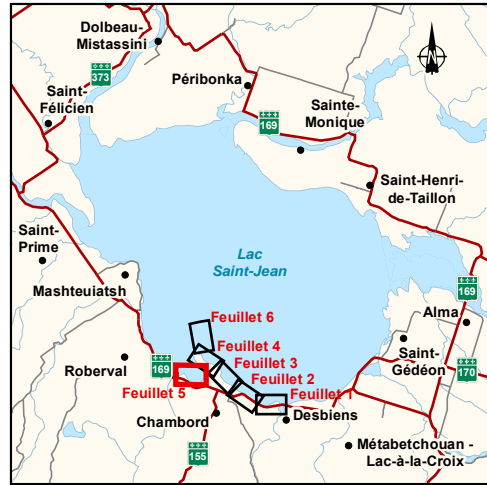
Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuillet 4 de 6

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT015_IntSecChambord_150930.mxd



Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
1994	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
	Mouvement du littoral Sens de la dérive		Perré neuf
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Perré entretien - réfection
	Municipalité		Perré de pierres plates
			Empierrement 25-150 mm
			Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Chambord

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

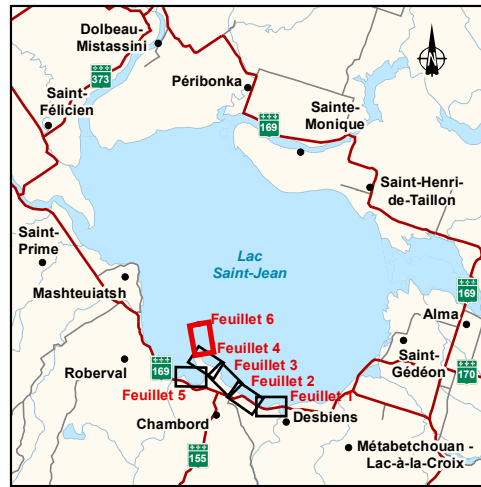
Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuillet 5 de 6

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT015_IntSecChambord_150930.mxd



Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
	Sens de la dérive		Perré neuf
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Perré entretien - réfection
	Municipalité		Perré de pierres plates
			Empierrement 25-150 mm
			Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton

48°30'0"

48°29'30"



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Chambord

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuillet 6 de 6

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT015_IntSecChambord_150930.mxd



Île à Dumais

Lac Saint-Jean

72°7'0"

72°7'30"

72°8'0"

48°30'30"

48°30'0"

48°29'30"

48°29'0"

72°6'0"

72°6'30"

72°7'0"



71°58'0"

71°57'30"

71°57'0"

71°56'30"



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Desbiens

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuille 1 de 1

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT022_IntSecDesbiens_150930.mxd



48°24'30"

71°58'0"

71°57'30"

71°57'0"

71°56'30"

71°56'0"

48°25'30"

Interventions		Types d'interventions	
● 9	Borne inamovible (numéro)	—	Recharge de sable
1994	Année de l'intervention	- - - - -	Recharge de gravillon
↔	Sens de la dérive	—	Perré neuf
—	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)	- - - - -	Perré entretien - réfection
—	Municipalité	—	Perré de pierres plates
		- - - - -	Empierrement 25-150 mm
		—	Perré (digue) protection de marais
		- - - - -	Perré avec techniques végétales
		—	Technique végétale
		—	Gabion
		—	Géotube
		—	Protection avec blocs de béton



72°13'0" 48°35'0" 48°34'30" 72°12'30" 48°34'0"



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Mashteuiatsh

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuillet 1 de 2

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT012_IntSecMashteuiatsh_150930.mxd



Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
	Sens de la dérive		Perré neuf
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Perré entretien - réfection
	Municipalité		Perré de pierres plates
			Empierrement 25-150 mm
			Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton



72°17'0" 72°16'30" 72°16'0" 72°15'30"



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Mashteuiatsh

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuille 2 de 2

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT012_IntSecMashteuiatsh_150930.mxd



Interventions		Types d'interventions	
● 9	Borne inamovible (numéro)	—	Recharge de sable
1994	Année de l'intervention	- - - - -	Recharge de gravillon
Mouvement du littoral		—	Perré neuf
↔	Sens de la dérive	- - - - -	Perré entretien - réfection
Limites		—	Perré de pierres plates
- - - - -	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)	- - - - -	Empierrement 25-150 mm
- - - - -	Municipalité	—	Perré (digue) protection de marais
		- - - - -	Perré avec techniques végétales
		—	Technique végétale
		—	Gabion
		—	Géotube
		—	Protection avec blocs de béton

72°17'30" 72°17'0" 72°16'30" 72°16'0" 72°15'30"



48°44'30" 72°14'30" 72°14'0" 72°13'30" 72°13'0"



RioTinto Alcan
Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
 Étude d'impact sur l'environnement
Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Dolbeau-Mistassini

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
 Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
 Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

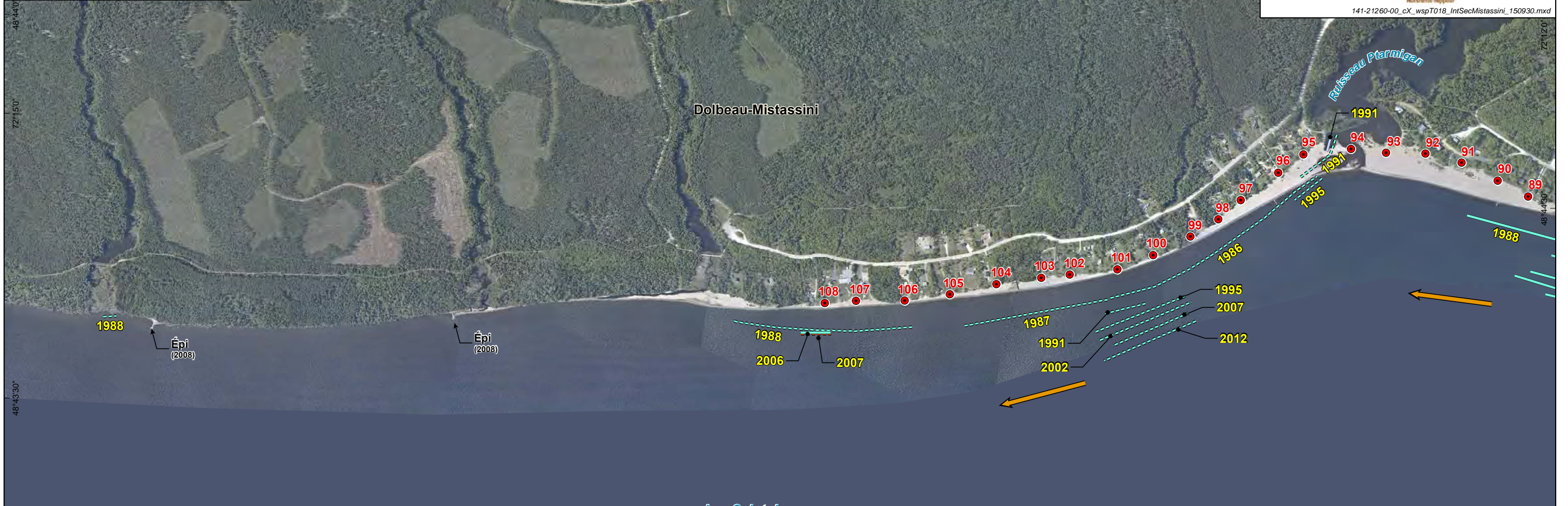
Échelle : 1 : 10 000
 0 100 200 m
 UTM, fuseau 19, NAD83

Feuille 1 de 4

Septembre 2015



141-21260-00_cx_wspT018_IntSecMistassini_150930.mxd



48°43'30"

72°14'30" 72°14'0" 72°13'30" 72°13'0" 48°43'30" 72°12'30"

Lac Saint-Jean

Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
1994	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
	Sens de la dérive		Perré neuf
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Perré entretien - réfection
	Municipalité		Perré de pierres plates
			Empierrement 25-150 mm
			Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton



72°12'0" 72°11'30" 72°11'0" 72°10'30"

Rio Tinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Dolbeau-Mistassini

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuillet 2 de 4

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT018_IntSecMistassini_150930.mxd

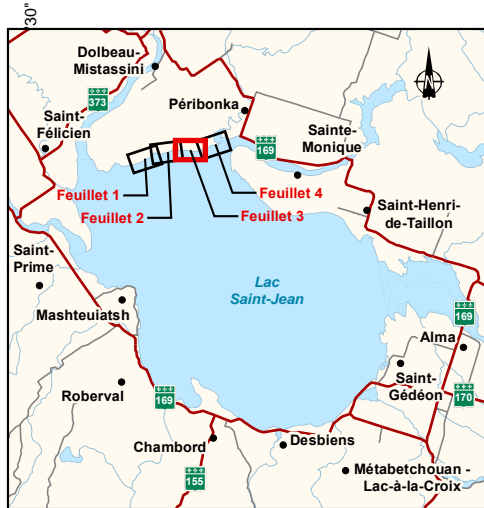


Interventions		Types d'interventions	
● 9	Borne inamovible (numéro)	—	Recharge de sable
1994	Année de l'intervention	- - - - -	Recharge de gravillon
↔	Sens de la dérive	—	Perré neuf
- - - - -	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)	- - - - -	Perré entretien - réfection
- - - - -	Municipalité	—	Perré de pierres plates
		- - - - -	Empierrement 25-150 mm
		—	Perré (digue) protection de marais
		- - - - -	Perré avec techniques végétales
		—	Technique végétale
		—	Gabion
		—	Géotube
		—	Protection avec blocs de béton

72°12'30" 72°12'0" 72°11'30" 72°11'0" 72°10'30"

48°44'0"

48°44'30"



72°9'30" 72°9'0" 72°8'30" 72°8'0"



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Dolbeau-Mistassini

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

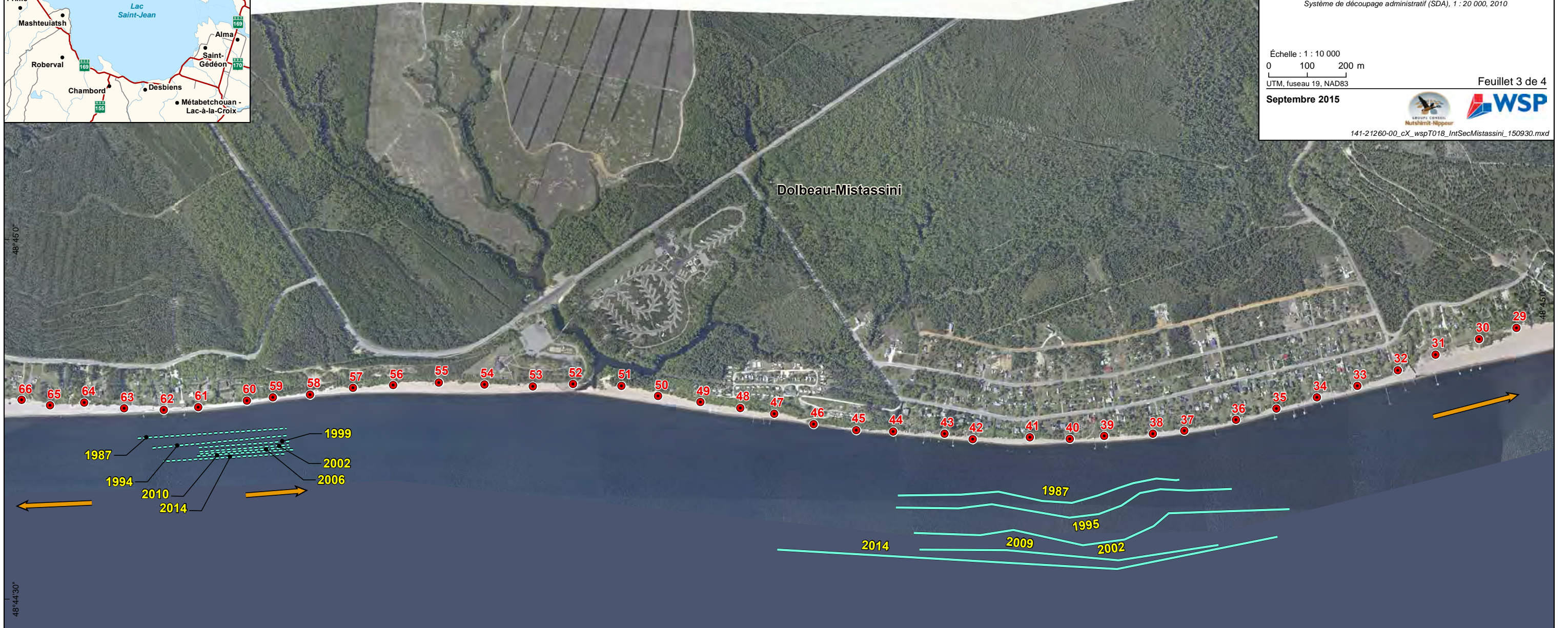
Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuille 3 de 4

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT018_IntSecMistassini_150930.mxd

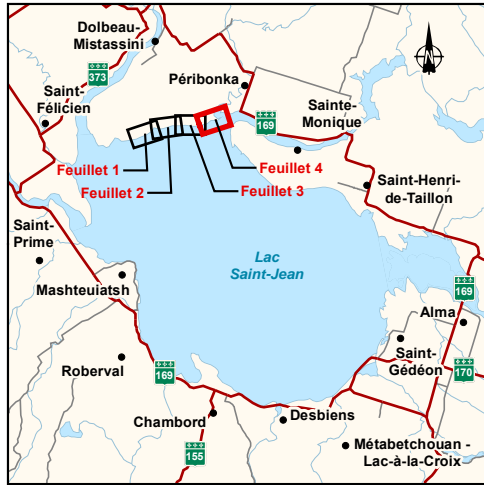


48°44'30"

Lac Saint-Jean

72°10'0" 72°9'30" 72°9'0" 72°8'30" 72°8'0"

Interventions		Types d'interventions	
● 9	Borne inamovible (numéro)	—	Recharge de sable
1994	Année de l'intervention	- - - - -	Recharge de gravillon
Mouvement du littoral		—	Perré neuf
↔	Sens de la dérive	- - - - -	Perré entretien - réfection
Limites		—	Perré de pierres plates
- - - - -	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)	- - - - -	Empierrement 25-150 mm
- - - - -	Municipalité	—	Perré (digue) protection de marais
		- - - - -	Perré avec techniques végétales
		—	Technique végétale
		—	Gabion
		—	Géotube
		—	Protection avec blocs de béton



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Dolbeau-Mistassini

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuillet 4 de 4

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT018_IntSecMistassini_150930.mxd



Interventions		Types d'interventions	
● 9	Borne inamovible (numéro)	—	Recharge de sable
1994	Année de l'intervention	- - - - -	Recharge de gravillon
Mouvement du littoral		—	Perré neuf
↔	Sens de la dérive	- - - - -	Perré entretien - réfection
Limites		—	Perré de pierres plates
—	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)	- - - - -	Empierrement 25-150 mm
—	Municipalité	—	Perré (digue) protection de marais
		- - - - -	Perré avec techniques végétales
		—	Technique végétale
		—	Gabion
		—	Géotube
		—	Protection avec blocs de béton



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Péribonka

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuillet 1 de 6

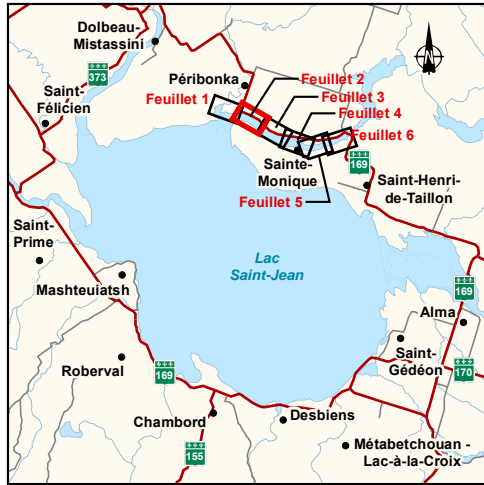
Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT019_IntSecPéribonka_150630.mxd



Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
Mouvement du littoral			Perré neuf
	Sens de la dérive		Perré entretien - réfection
Limites			Perré de pierres plates
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Empierrement 25-150 mm
	Municipalité		Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Péribonka

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

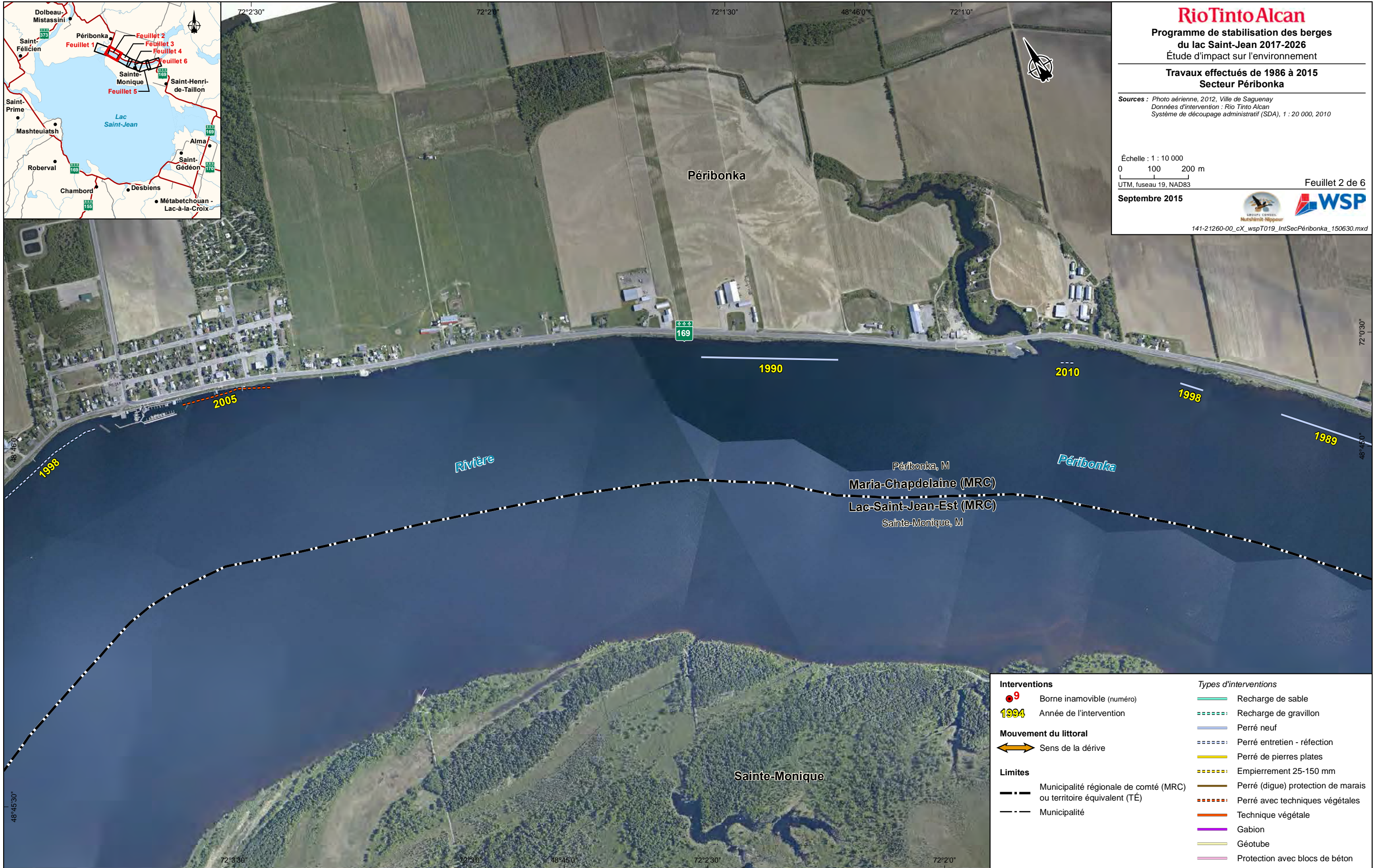
Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuillet 2 de 6

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT019_IntSecPéribonka_150630.mxd



Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
	Sens de la dérive		Perré neuf
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Perré entretien - réfection
	Municipalité		Perré de pierres plates
			Empierrement 25-150 mm
			Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton



48°45'30" 71°59'30" 71°59'0" 71°58'30" 48°45'0"

RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Péribonka

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

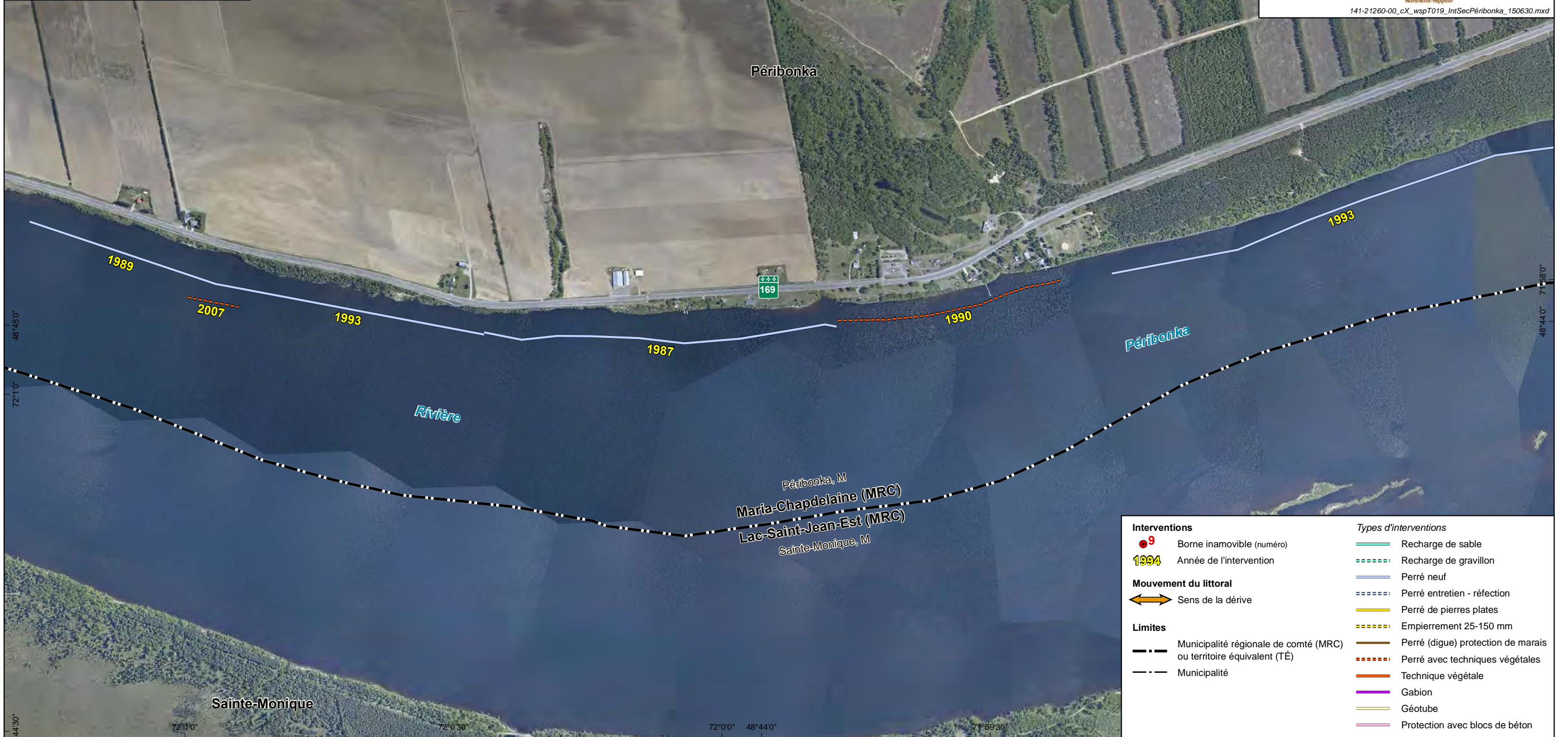
Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuille 3 de 6

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT019_IntSecPéribonka_150630.mxd



48°45'0" 72°1'0" 48°44'0" 71°59'0" 71°58'0"

Péribonka

Rivière Péribonka

Péribonka, M
Maria-Chapdelaine (MRC)
Lac-Saint-Jean-Est (MRC)
Sainte-Monique, M

Sainte-Monique

Interventions		Types d'interventions	
● 9	Borne inamovible (numéro)	—	Recharge de sable
1994	Année de l'intervention	- - - - -	Recharge de gravillon
↔	Sens de la dérive	—	Perré neuf
—	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)	- - - - -	Perré entretien - réfection
—	Municipalité	—	Perré de pierres plates
		- - - - -	Empierrement 25-150 mm
		—	Perré (digue) protection de marais
		- - - - -	Perré avec techniques végétales
		—	Technique végétale
		—	Gabion
		—	Géotube
		—	Protection avec blocs de béton



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Péribonka

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuillet 4 de 6

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT019_IntSecPéribonka_150630.mxd



Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
Mouvement du littoral			Perré neuf
	Sens de la dérive		Perré entretien - réfection
Limites			Perré de pierres plates
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Empierrement 25-150 mm
	Municipalité		Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Pérignonka

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuillet 5 de 6

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT019_IntSecPérignonka_150630.mxd



Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
Mouvement du littoral			Perré neuf
	Sens de la dérive		Perré entretien - réfection
Limites			Perré de pierres plates
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Empierrement 25-150 mm
	Municipalité		Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Péribonka

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuillet 6 de 6

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT019_IntSecPéribonka_150630.mxd



Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
Mouvement du littoral			Perré neuf
	Sens de la dérive		Perré entretien - réfection
Limites			Perré de pierres plates
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Empierrement 25-150 mm
	Municipalité		Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton



48°29'0" 72°11'0" 48°28'30" 72°10'30" 48°28'0" 72°10'30"



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Roberval

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuille 1 de 4

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT021_IntSecRoberval_150930.mxd

Lac Saint-Jean



72°12'0"

72°10'30"

72°12'30"

72°11'0"

48°29'0"

72°13'0"

72°13'0"

48°28'0"

72°12'30"

48°27'30"

Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
1994	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
Mouvement du littoral			Perré neuf
	Sens de la dérive		Perré entretien - réfection
Limites			Perré de pierres plates
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Empierrement 25-150 mm
	Municipalité		Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton



48°30'30"

48°30'0"

RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Roberval

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuille 2 de 4

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT021_IntSecRoberval_150930.mxd

Lac Saint-Jean



Interventions

- Borne inamovible (numéro)
- Année de l'intervention

Mouvement du littoral

- Sens de la dérive

Limites

- Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)
- Municipalité

Types d'interventions

- Recharge de sable
- Recharge de gravillon
- Perré neuf
- Perré entretien - réfection
- Perré de pierres plates
- Empierrement 25-150 mm
- Perré (digue) protection de marais
- Perré avec techniques végétales
- Technique végétale
- Gabion
- Géotube
- Protection avec blocs de béton

48°31'0"

48°30'30"

48°30'0"

48°29'30"

72°13'0"

72°13'30"

72°14'0"

72°14'30"

72°12'30"

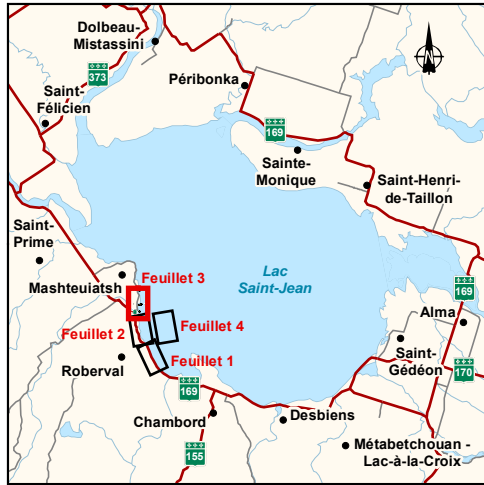
72°13'0"

72°13'30"

72°14'0"

Roberval

169



48°32'30"

48°32'0"

48°31'30"

RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Roberval

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuillet 3 de 4

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT021_IntSecRoberval_150930.mxd



Interventions		Types d'interventions	
● 9	Borne inamovible (numéro)	—	Recharge de sable
1994	Année de l'intervention	- - - - -	Recharge de gravillon
↔	Mouvement du littoral	—	Perré neuf
↔	Sens de la dérive	- - - - -	Perré entretien - réfection
—	Limites	—	Perré de pierres plates
- - - - -	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)	- - - - -	Empierrement 25-150 mm
- - - - -	Municipalité	—	Perré (digue) protection de marais
		- - - - -	Perré avec techniques végétales
		—	Technique végétale
		—	Gabion
		—	Géotube
		—	Protection avec blocs de béton



48°31'0"

48°30'30"

48°30'0"



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Roberval

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuillet 4 de 4

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT021_IntSecRoberval_150930.mxd

Lac Saint-Jean



72°10'30"

72°11'0"

72°11'30"

72°10'0"

72°10'30"

48°31'0"

48°30'30"

48°30'0"

Interventions

- Borne inamovible (numéro)
- 1994** Année de l'intervention

Mouvement du littoral

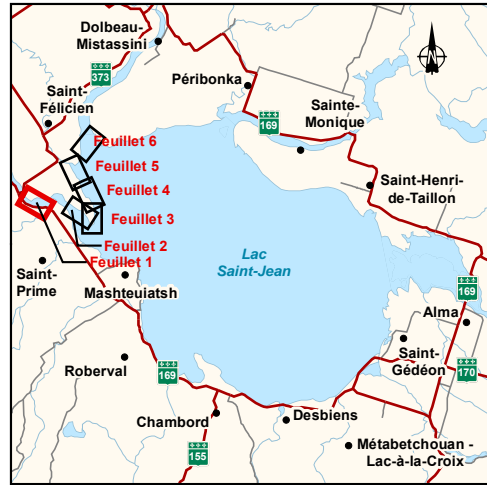
- Sens de la dérive

Limites

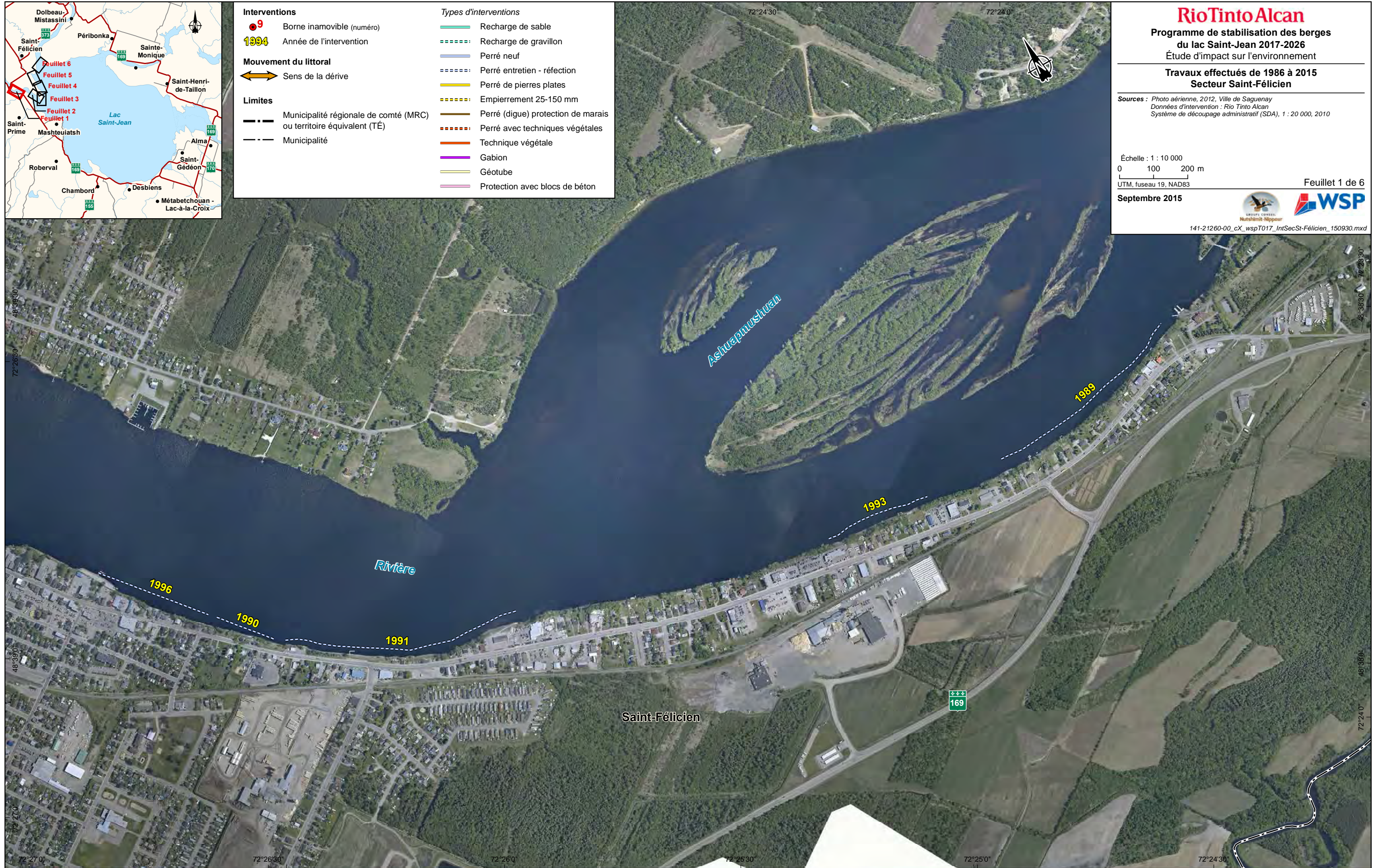
- Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)
- Municipalité

Types d'interventions

- Recharge de sable
- Recharge de gravillon
- Perré neuf
- Perré entretien - réfection
- Perré de pierres plates
- Empierrement 25-150 mm
- Perré (digue) protection de marais
- Perré avec techniques végétales
- Technique végétale
- Gabion
- Géotube
- Protection avec blocs de béton



Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
1994	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
Mouvement du littoral			Perré neuf
	Sens de la dérive		Perré entretien - réfection
Limites			Perré de pierres plates
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Empierrement 25-150 mm
	Municipalité		Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Saint-Félicien

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

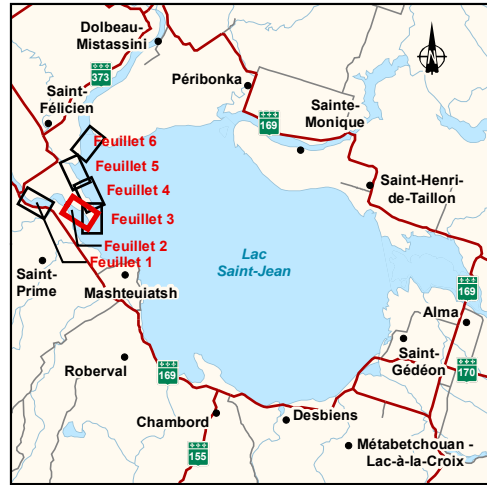
Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuillet 1 de 6

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT017_IntSecSt-Félicien_150930.mxd



Interventions		Types d'interventions	
● 9	Borne inamovible (numéro)	—	Recharge de sable
1994	Année de l'intervention	- - - - -	Recharge de gravillon
Mouvement du littoral		—	Perré neuf
← →	Sens de la dérive	- - - - -	Perré entretien - réfection
Limites		—	Perré de pierres plates
—	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)	- - - - -	Empierrement 25-150 mm
- - - - -	Municipalité	—	Perré (digue) protection de marais
		- - - - -	Perré avec techniques végétales
		—	Technique végétale
		—	Gabion
		—	Géotube
		—	Protection avec blocs de béton

RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Saint-Félicien

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

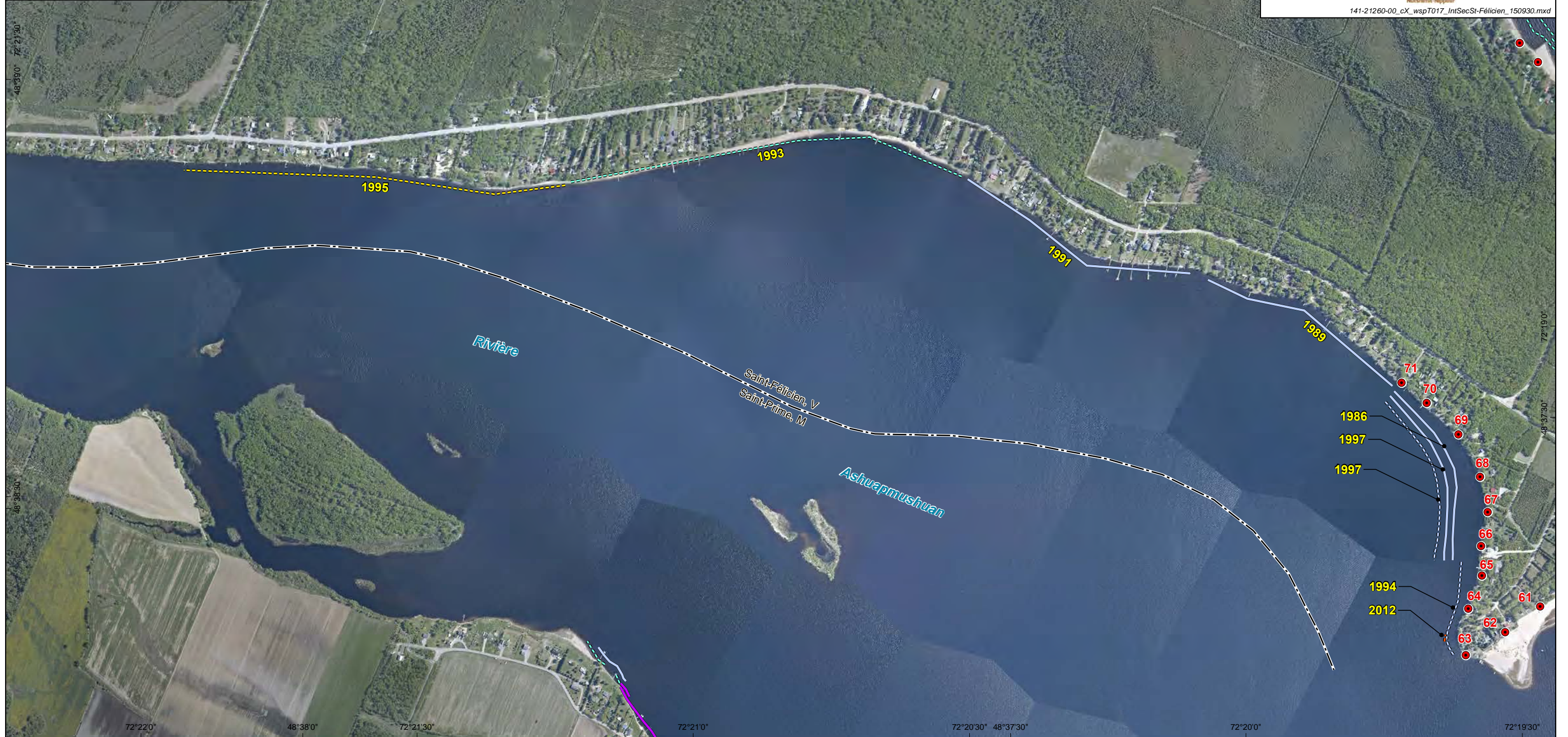
Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuillet 2 de 6

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT017_IntSecSt-Félicien_150930.mxd





Interventions		Types d'interventions	
● 9	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
1994	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
Mouvement du littoral			Perré neuf
	Sens de la dérive		Perré entretien - réfection
Limites			Perré de pierres plates
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Empierrement 25-150 mm
	Municipalité		Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Saint-Félicien

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuillet 3 de 6

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT017_IntSecSt-Félicien_150930.mxd



Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
1994	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
	Mouvement du littoral		Perré neuf
	Sens de la dérive		Perré entretien - réfection
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Perré de pierres plates
	Municipalité		Empierrement 25-150 mm
			Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton



RioTinto Alcan
Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
 Étude d'impact sur l'environnement
Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Saint-Félicien

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
 Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
 Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

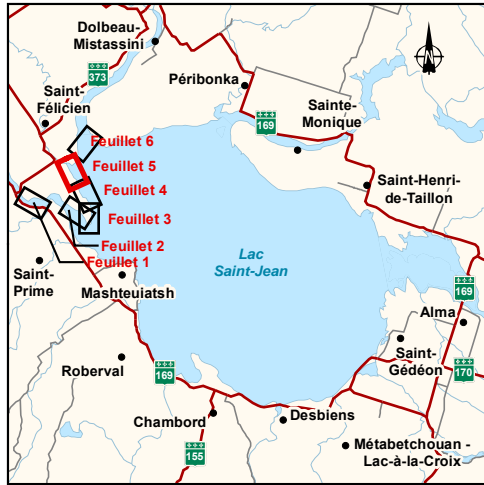
Échelle : 1 : 10 000
 0 100 200 m
 UTM, fuseau 19, NAD83

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT017_IntSecSt-Félicien_150930.mxd





Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
1994	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
	Mouvement du littoral Sens de la dérive		Perré neuf
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Perré entretien - réfection
	Municipalité		Perré de pierres plates
			Empierrement 25-150 mm
			Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton

48°41'30" 72°20'0" 48°41'0"



RioTinto Alcan
 Programme de stabilisation des berges
 du lac Saint-Jean 2017-2026
 Étude d'impact sur l'environnement
 Travaux effectués de 1986 à 2015
 Secteur Saint-Félicien

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
 Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
 Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

Échelle : 1 : 10 000
 0 100 200 m
 UTM, fuseau 19, NAD83

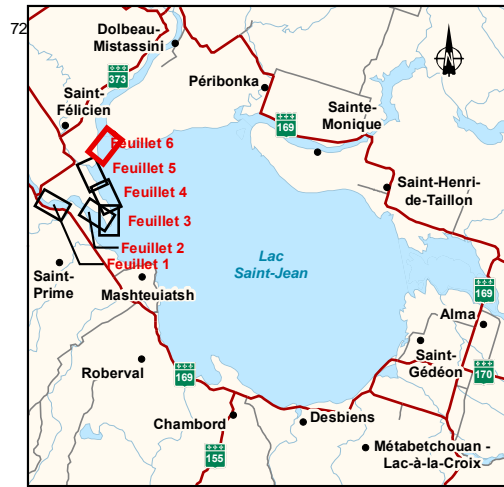
Feuillet 5 de 6

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT017_IntSecSt-Félicien_150930.mxd





Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
1994	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
Mouvement du littoral			Perré neuf
	Sens de la dérive		Perré entretien - réfection
Limites			Perré de pierres plates
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Empierrement 25-150 mm
	Municipalité		Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton

RioTinto Alcan
Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2017-2026
 Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Saint-Félicien

*Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
 Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
 Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010*

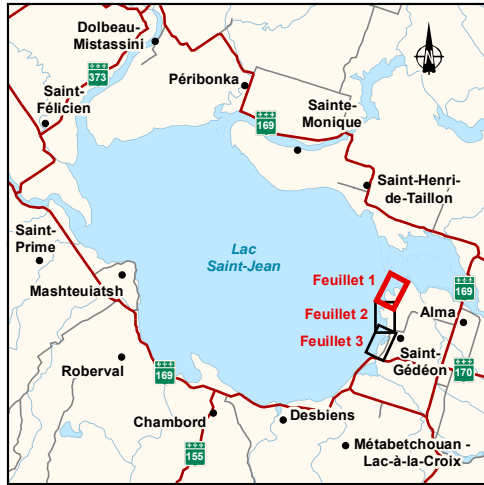
Échelle : 1 : 10 000
 0 100 200 m
 UTM, fuseau 19, NAD83

Feuille 6 de 6

Septembre 2015

141-21260-00_cX_wspT017_IntSecSt-Félicien_150930.mxd





RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Saint-Gédéon

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

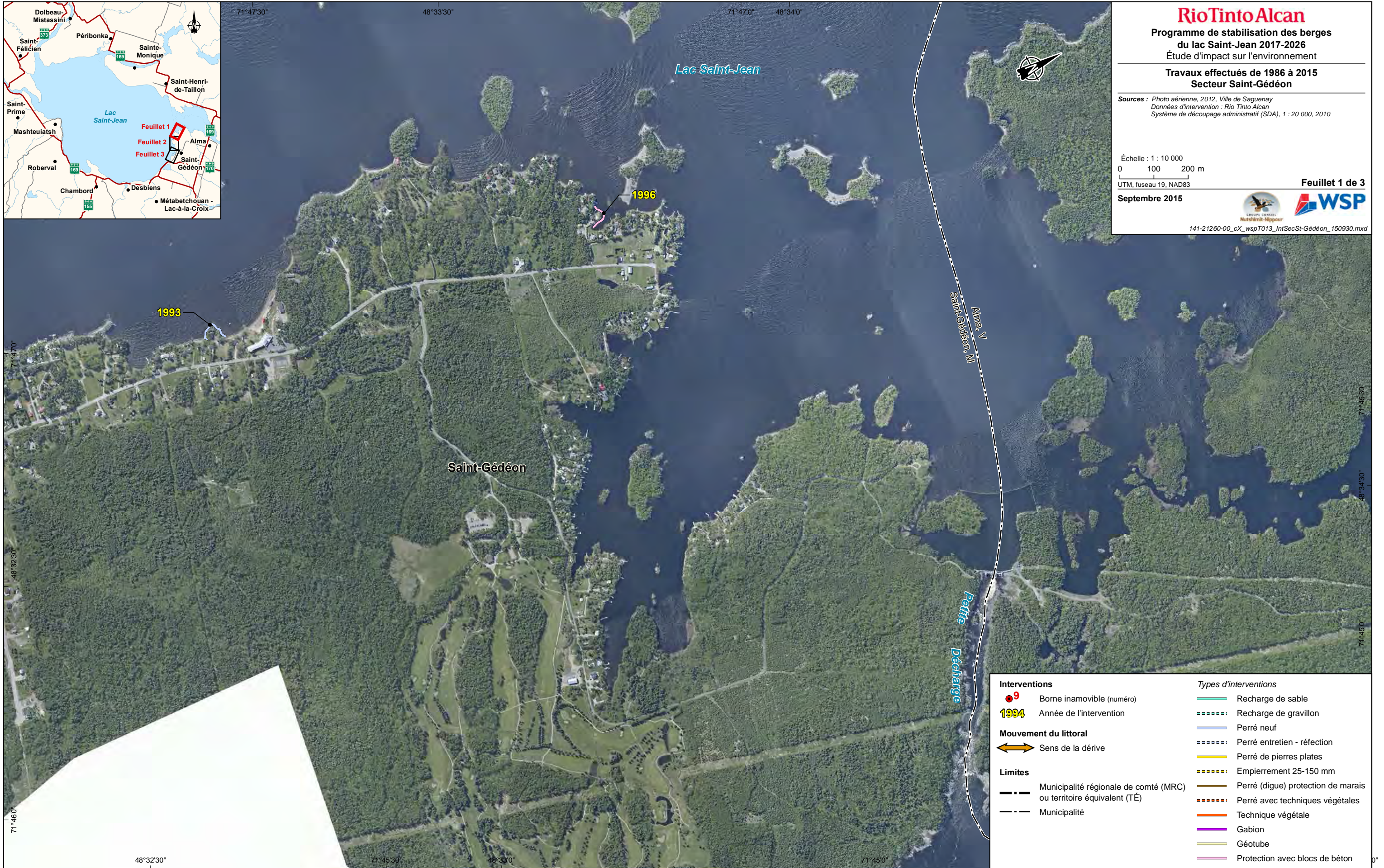
Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuillet 1 de 3

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT013_IntSecSt-Gédéon_150930.mxd



Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
1994	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
Mouvement du littoral			Perré neuf
	Sens de la dérive		Perré entretien - réfection
Limites			Perré de pierres plates
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Empierrement 25-150 mm
	Municipalité		Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton



48°31'0" 48°31'30" 48°32'0"

RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Saint-Gédéon

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuillet 2 de 3

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT013_IntSecSt-Gédéon_150930.mxd

71°47'0"

71°46'30"

71°46'0"

71°45'30"

71°47'0"

71°46'30"

71°46'0"

71°45'30"

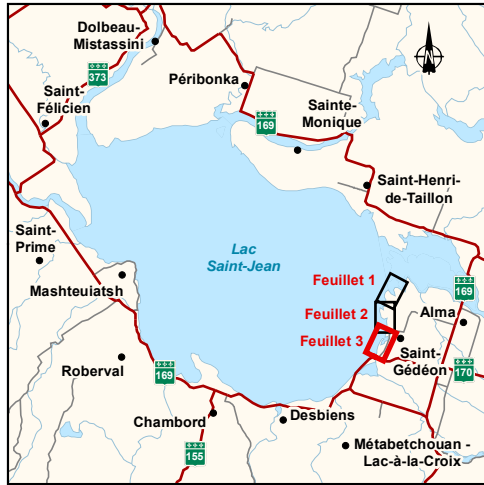


48°31'0"

48°31'30"

48°32'0"

Interventions		Types d'interventions	
● 9	Borne inamovible (numéro)	—	Recharge de sable
1994	Année de l'intervention	- - - - -	Recharge de gravillon
↔	Mouvement du littoral	—	Perré neuf
	Sens de la dérive	- - - - -	Perré entretien - réfection
—	Limites	—	Perré de pierres plates
- - - - -	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)	- - - - -	Empierrement 25-150 mm
- - - - -	Municipalité	—	Perré (digue) protection de marais
		- - - - -	Perré avec techniques végétales
		—	Technique végétale
		—	Gabion
		—	Géotube
		—	Protection avec blocs de béton



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Saint-Gédéon

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuillet 3 de 3

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT013_IntSecSt-Gédéon_150930.mxd



Interventions		Types d'interventions	
● 9	Borne inamovible (numéro)	—	Recharge de sable
1994	Année de l'intervention	- - - - -	Recharge de gravillon
Mouvement du littoral		—	Perré neuf
↔	Sens de la dérive	- - - - -	Perré entretien - réfection
Limites		—	Perré de pierres plates
—	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)	- - - - -	Empierrement 25-150 mm
—	Municipalité	—	Perré (digue) protection de marais
		- - - - -	Perré avec techniques végétales
		—	Technique végétale
		—	Gabion
		—	Géotube
		—	Protection avec blocs de béton



Rio Tinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Saint-Henri-de-Taillon

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

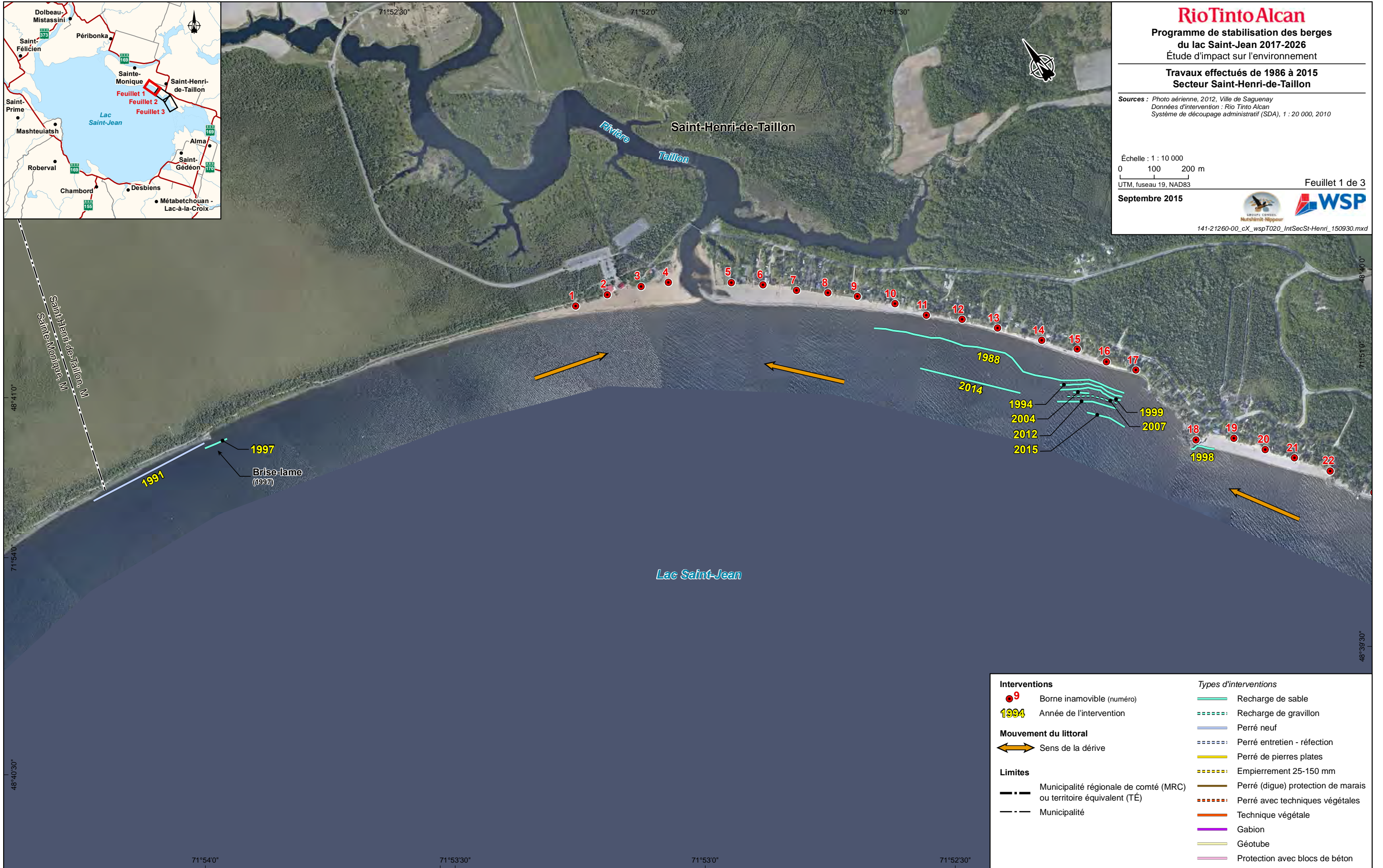
Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuille 1 de 3

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT020_IntSecSt-Henri_150930.mxd



Interventions		Types d'interventions	
● 9	Borne inamovible (numéro)	—	Recharge de sable
1994	Année de l'intervention	- - - - -	Recharge de gravillon
↔	Sens de la dérive	—	Perré neuf
- - - - -	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)	- - - - -	Perré entretien - réfection
- - - - -	Municipalité	—	Perré de pierres plates
		- - - - -	Empierrement 25-150 mm
		—	Perré (digue) protection de marais
		- - - - -	Perré avec techniques végétales
		—	Technique végétale
		—	Gabion
		—	Géotube
		—	Protection avec blocs de béton



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Saint-Henri-de-Taillon

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

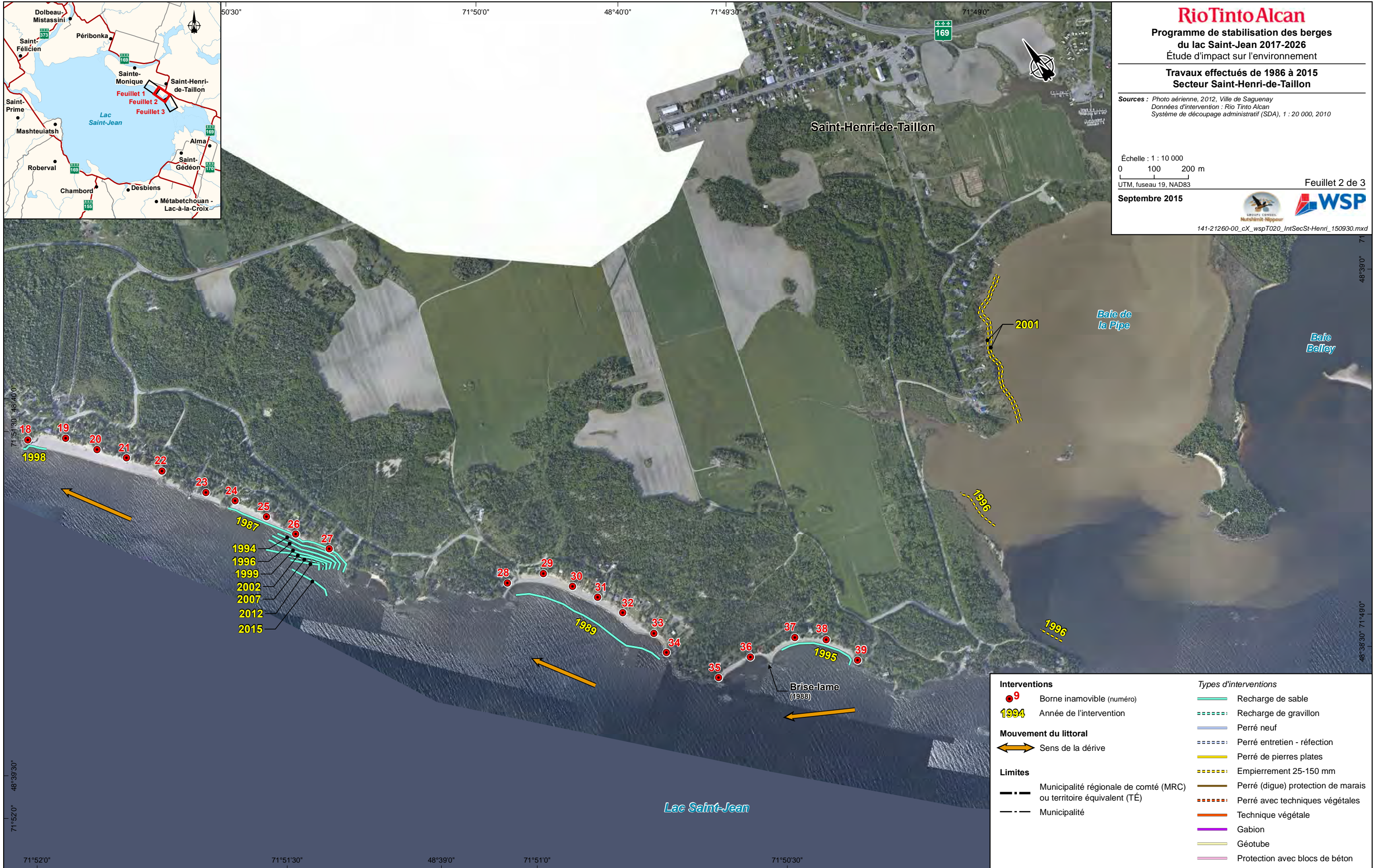
Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuillet 2 de 3

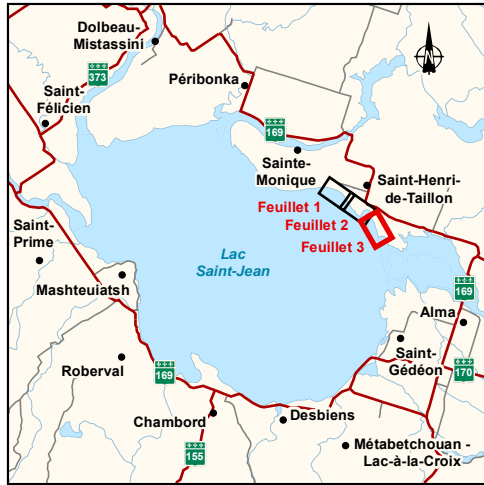
Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT020_IntSecSt-Henri_150930.mxd



Interventions		Types d'interventions	
● 9	Borne inamovible (numéro)	—	Recharge de sable
1994	Année de l'intervention	- - - - -	Recharge de gravillon
↔	Sens de la dérive	—	Perré neuf
—	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)	- - - - -	Perré entretien - réfection
—	Municipalité	—	Perré de pierres plates
		- - - - -	Empierrement 25-150 mm
		—	Perré (digue) protection de marais
		- - - - -	Perré avec techniques végétales
		—	Technique végétale
		—	Gabion
		—	Géotube
		—	Protection avec blocs de béton



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Saint-Henri-de-Taillon

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuillet 3 de 3

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT020_IntSecSt-Henri_150930.mxd



Interventions		Types d'interventions	
● 9	Borne inamovible (numéro)	—	Recharge de sable
1994	Année de l'intervention	- - - - -	Recharge de gravillon
Mouvement du littoral		—	Perré neuf
↔	Sens de la dérive	- - - - -	Perré entretien - réfection
Limites		—	Perré de pierres plates
- - - - -	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)	- - - - -	Empierrement 25-150 mm
- - - - -	Municipalité	—	Perré (digue) protection de marais
		- - - - -	Perré avec techniques végétales
		—	Technique végétale
		—	Gabion
		—	Géotube
		—	Protection avec blocs de béton



72°18'30" 72°18'0" 48°36'0" 72°17'30"

RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Saint-Prime

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuille 1 de 2

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT016_IntSecSt-Prime_150930.mxd



Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
	Sens de la dérive		Perré neuf
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Perré entretien - réfection
	Municipalité		Perré de pierres plates
			Empierrement 25-150 mm
			Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Saint-Prime

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

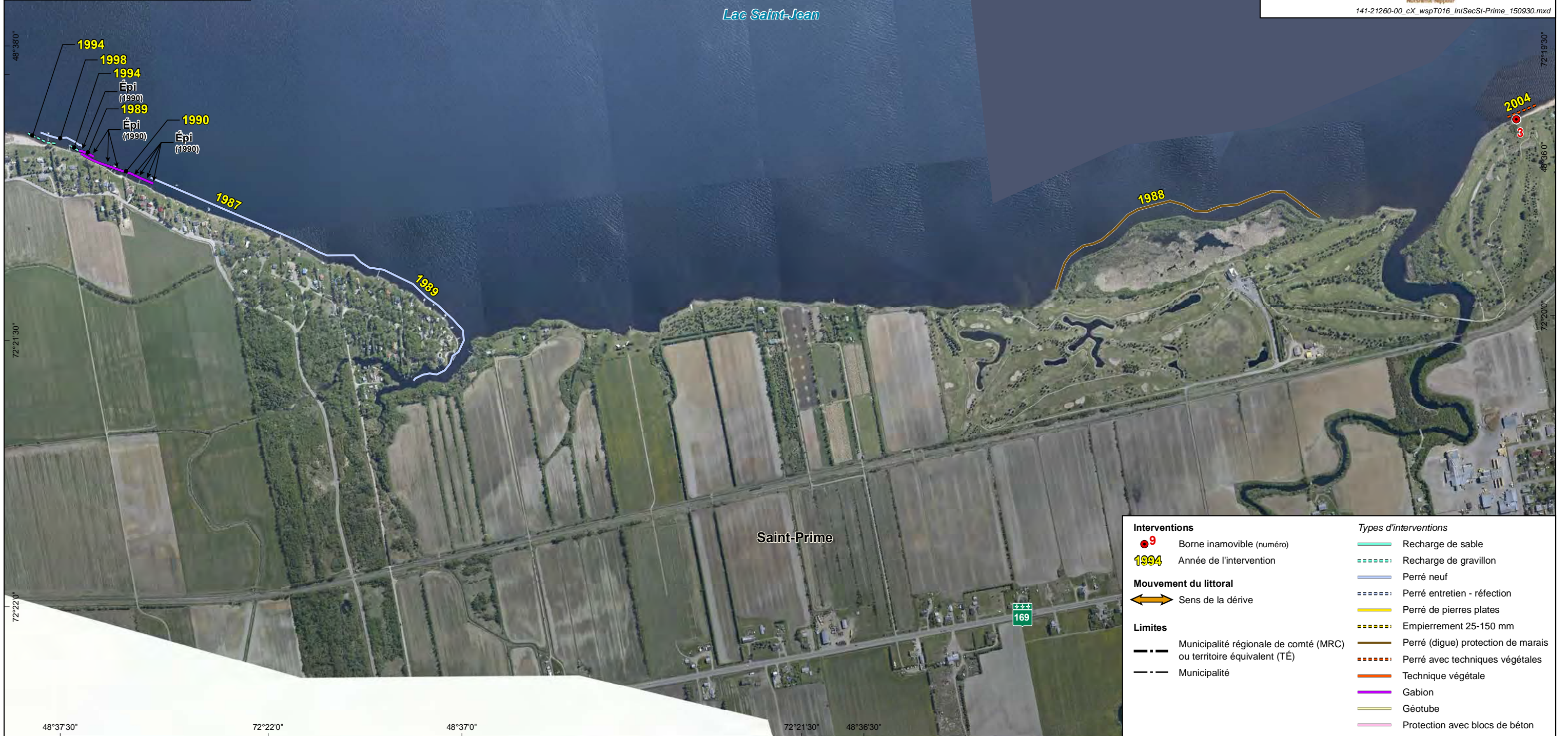
Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuille 2 de 2

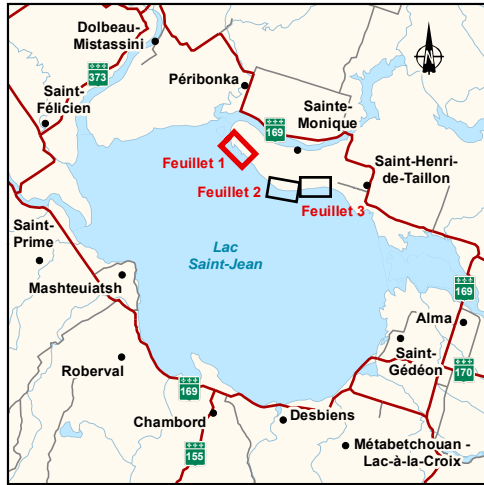
Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT016_IntSecSt-Prime_150930.mxd



Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
Mouvement du littoral			Perré neuf
	Sens de la dérive		Perré entretien - réfection
Limites			Perré de pierres plates
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Empierrement 25-150 mm
	Municipalité		Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Sainte-Monique

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

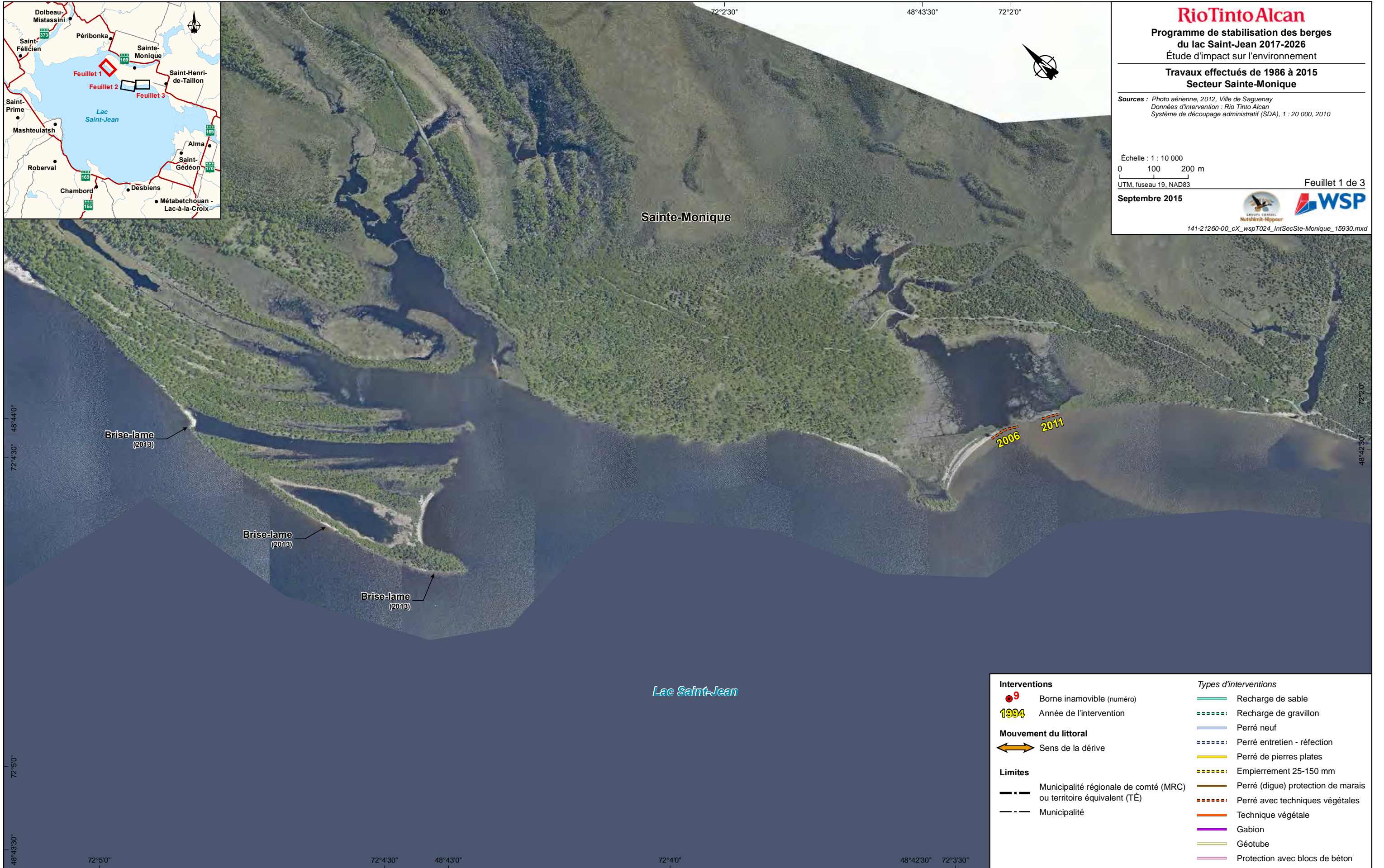
Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuillet 1 de 3

Septembre 2015

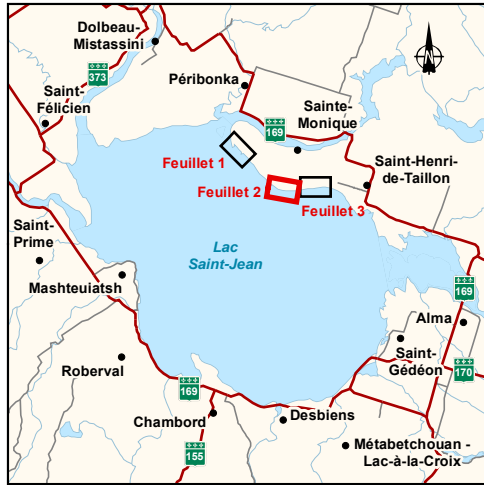


141-21260-00_cX_wspT024_IntSecSte-Monique_15930.mxd



Lac Saint-Jean

Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
Mouvement du littoral			Perré neuf
	Sens de la dérive		Perré entretien - réfection
Limites			Perré de pierres plates
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Empierrement 25-150 mm
	Municipalité		Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton



RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Sainte-Monique

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

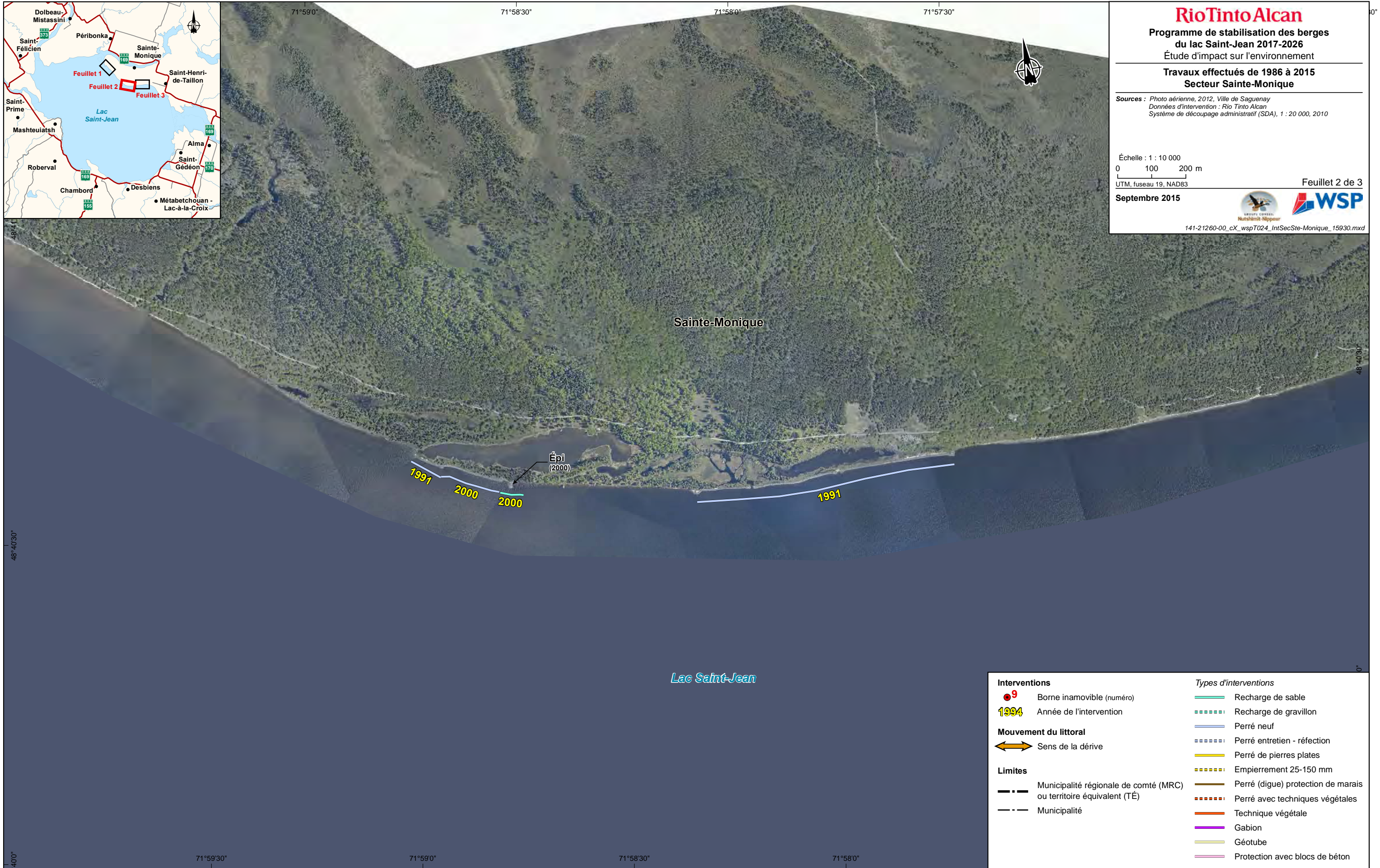
Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuille 2 de 3

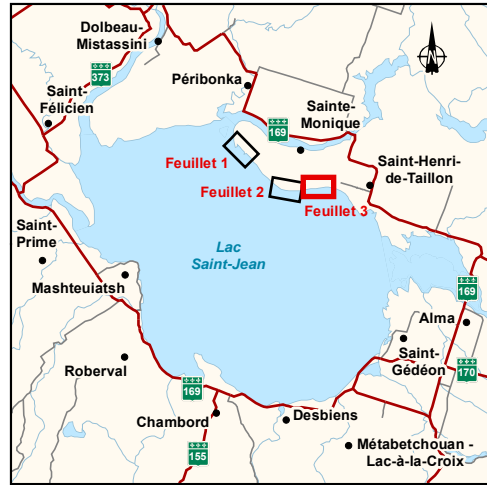
Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT024_IntSecSte-Monique_15930.mxd



Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
1994	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
Mouvement du littoral			Perré neuf
	Sens de la dérive		Perré entretien - réfection
Limites			Perré de pierres plates
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Empierrement 25-150 mm
	Municipalité		Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton



71°55'30" 71°55'0" 71°54'30" 71°54'0"



RioTinto Alcan

**Programme de stabilisation des berges
du lac Saint-Jean 2017-2026**
Étude d'impact sur l'environnement

Travaux effectués de 1986 à 2015
Secteur Sainte-Monique

Sources : Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

Échelle : 1 : 10 000
0 100 200 m
UTM, fuseau 19, NAD83

Feuille 3 de 3

Septembre 2015



141-21260-00_cX_wspT024_IntSecSte-Monique_15930.mxd



48°41'0" 48°40'30"

48°41'0" 48°40'30"

71°56'0" 71°55'30" 71°55'0" 71°54'30"

Interventions		Types d'interventions	
	Borne inamovible (numéro)		Recharge de sable
	Année de l'intervention		Recharge de gravillon
Mouvement du littoral			Perré neuf
	Sens de la dérive		Perré entretien - réfection
Limites			Perré de pierres plates
	Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)		Empierrement 25-150 mm
	Municipalité		Perré (digue) protection de marais
			Perré avec techniques végétales
			Technique végétale
			Gabion
			Géotube
			Protection avec blocs de béton