

SITES 94.03.01, 2014.03.01 ET 93.02.02 (MÉTABETCHOUAN–LAC-À-LA-CROIX ET SAINT-GÉDÉON) – SUIVI TECHNIQUE 2022

Réponses aux commentaires du ministère de l’Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP)

VERSION FINALE

DATE : JUILLET 2023

Référence à citer :

Rio Tinto. 2023. Sites 94.03.01, 2014.03.01 et 93.02.02 (Métabetchouan–Lac-à-la-Croix et Saint-Gédéon) – Suivi technique 2022. Réponses aux commentaires du ministère de l’Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). 31 pages.

Réponses préparées par :



Justin McKibbin, ing., M.Sc.
Chargé de projet chez Lasalle-NHC Inc.
N° OIQ : 5000352



Steve Renaud, ing., M.Sc.
Chargé de projet, associé chez Lasalle-NHC Inc.
N° OIQ : 121069

Révisé par:



Caroline Jolette, ing.
Conseillère sénior au PSBLSJ
N° OIQ : 128638

Série de commentaires du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) sur le Rapport de suivi technique 2022 des sites 94.03.01, 2014.03.01 et 93.02.02 – Métabetchouan-Lac-à-la-Croix (MLALC) et Saint-Gédéon-sur-le-Lac (SGSLL) par Rio Tinto

Au fil des ans, diverses interventions ont été réalisées aux sites 94.03.01, 2014.03.01 et 93.02.02 dans le cadre du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean (PSBLSJ) par Rio Tinto (RT). Le rapport de suivi technique présenté aborde les observations effectuées par RT et son consultant afin de caractériser l'évolution de la berge par rapport aux suivis antérieurs et d'évaluer l'efficacité des interventions réalisées.

Le présent document présente les commentaires du MELCCFP sur les résultats de suivi technique présentés et propose certaines pistes de réflexion pour la suite du PSBLSJ dans les secteurs concernés. Le ministère invite RT à formuler toute réponse qu'il juge pertinente à apporter à la lecture des éléments présentés dans ce document.

Réponse :

Tout d'abord, il est important de réitérer le souhait de Rio Tinto d'échanger avec les experts du ministère dans le cadre de l'analyse environnementale du dossier de mise en place d'un épi accompagné d'un rechargement de plage dans le secteur de Saint-Gédéons-sur-le-Lac. Les réponses aux commentaires du ministère ont été rédigées dans une perspective de faire évoluer les discussions autour du projet qui vise à maintenir une plage à Saint-Gédéon-sur-le-Lac tout en considérant l'ensablement de la Belle Rivière et réduire la fréquence des interventions à long terme dans ce secteur.

Notions générales sur les épis

À la lumière des commentaires énoncés par le ministère concernant l'efficacité des épis aménagés dans le cadre du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean (PSBLSJ), nous aimerions introduire un bref rappel des notions générales sur le fonctionnement de ce type d'ouvrages, ainsi que les enjeux techniques qui doivent être considérés lors de leur conception. Précisons que l'information présentée est extraite de la littérature portant sur les principes fondamentaux du génie côtier, dont un résumé plus complet est consigné à l'annexe 5 (Revue de littérature) du rapport d'étude d'impact sur l'environnement déposé en 2015 (WSP, 2015).

Les épis sont des structures attachées à la rive et généralement disposées de façon perpendiculaire au trait de côte. Leur principale fonction est de modifier la dynamique hydrosédimentaire en réduisant la dérive littorale, afin de favoriser la sédimentation du côté « amont » de l'épi. Ils sont souvent construits en groupe (champ d'épis), de façon à optimiser la sédimentation entre les ouvrages. Cette configuration permet alors de créer une rétention des sédiments à l'intérieur des compartiments formés entre les structures, ce qui stabilise la plage et minimise les pertes de matériaux. La conception adéquate d'un champ d'épis devrait permettre d'obtenir, minimalement, la largeur de plage requise pour résister aux tempêtes, tout en s'assurant de maintenir une dérive littorale suffisante à l'aval des structures, afin d'éviter la formation d'un déficit sédimentaire et le développement d'une zone d'érosion. À cet effet,

plusieurs paramètres peuvent être ajustés lors de la conception des ouvrages, dont la longueur, l'espacement et la perméabilité des structures, de manière à optimiser leur efficacité selon l'objectif recherché et le contexte hydrosédimentaire du secteur.

Les épis sont particulièrement efficaces lorsque le transport sédimentaire longitudinal est important et dominant dans une seule direction. Ces ouvrages permettent alors de réduire l'étalement des matériaux mobilisés et favorisent la formation d'un trait de côté plus stable.

L'aménagement d'épis provoque cependant une réduction de la dérive littorale, en raison de la modification de l'orientation du trait de côte, qui cherche à se positionner de façon perpendiculaire à la direction dominante des vagues. La dérive peut même être partiellement interrompue pendant la période où les sédiments s'accumulent derrière les structures. La réduction ou la coupure des apports sédimentaires peut alors mener à l'érosion de la côte à l'aval d'un épi individuel et/ou d'un champ d'épis, en particulier si la capacité de transport y demeure importante. La dérive littorale peut également être détournée vers le large, à l'extrémité des épis, rendant difficile le retour des sédiments sur le haut de la plage dans la zone non protégée en aval. Pour ces raisons, il est généralement recommandé d'étendre le système d'épis jusqu'à un point où le transport hydrosédimentaire net est nul (transport équivalant dans les deux directions). Autrement, si une telle prolongation n'est pas envisageable, d'autres ajustements peuvent être apportés au système d'épis pour minimiser les impacts sur les zones de plages non protégées adjacentes, tels que :

- Une réduction progressive de la longueur des structures, de manière à former une transition graduelle vers la zone non protégée;
- La mise en place de structures perméables ou submergées favorisant un transit partiel de la dérive littorale vers l'aval;
- Le prolongement du champ d'épis jusqu'à un secteur où la plage est plus large et peut tolérer un recul sans conséquences graves sur les milieux écologiques et humains.

Il convient malgré tout de souligner que ces bonnes pratiques demeurent des recommandations générales, qui doivent être adaptées en fonction du contexte hydrosédimentaire de chaque site d'intervention. Les ratios et les paramètres proposés reposent souvent sur des principes techniques simplifiés, des essais en laboratoire sur modèles réduits, ou un nombre limité de projets pilotes situés dans des secteurs où les conditions hydrosédimentaires ne sont pas forcément comparables aux sites d'interventions proposés. Il persiste alors un écart entre la théorie et la pratique. Ceci a notamment été mis en évidence au Centre de plein air Saint-Pierre (site 94.03.01) au fil des années.

Enfin, il est important de rappeler que les projets de stabilisation en zones côtières ne sont généralement pas soumis qu'à des enjeux techniques, mais également à des enjeux environnementaux et sociaux, qui peuvent parfois être en conflit les uns avec les autres. Il arrive donc fréquemment que des compromis doivent être réalisés, ayant parfois des incidences sur l'efficacité résultante des aménagements, afin de répondre de manière optimale aux trois pôles du développement durable. C'est le cas au site du Centre de plein air Saint-Pierre. L'efficacité des interventions doit alors toujours être analysée en considérant le contexte global dans lequel chacune d'entre-elles a été réalisée.

Contexte hydrosédimentaire à l'embouchure de la Belle Rivière

Concernant la caractérisation plus spécifique du contexte hydrosédimentaire de la zone de suivi, nous jugeons opportun d'illustrer les patrons de transport sédimentaire dominants à l'embouchure de la Belle Rivière (Figure QC-1), afin de clarifier certaines notions abordées dans les commentaires énoncés ci-après. Nous tenons à rappeler que la caractérisation des directions et des intensités relatives de transport s'appuie sur les connaissances recueillies dans le secteur depuis de nombreuses années, notamment les résultats de suivis techniques effectués depuis 2019 (WSP, rapports de suivis 2020 à 2023), ainsi que les études de modélisations hydrodynamiques et hydrosédimentaires réalisées en 2022 (WSP, 2022a et 2022b).

Sur la figure présentée, il est important de distinguer le décalage entre les points de convergence des dérives littorales de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix et de Saint-Gédéon-sur-le-Lac à l'embouchure de la Belle Rivière. Les matériaux en provenance de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix, qui contournent l'extrémité de l'épi 9 (flèches bleues), s'accumulent dans la partie « aval » de l'embouchure, désignée comme le secteur du « canal de sortie » (Zone B). Les sédiments dérivent le long des barres infralittorales de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix et se déposent sur la rive gauche du canal de sortie ou dans les zones plus profondes de l'embouchure. Cette dynamique est notamment à l'origine de la migration du chenal d'écoulement contre l'extrémité de la digue submergée. Les matériaux sont ensuite évacués vers le large sous l'influence des courants fluviaux de la Belle Rivière, notamment lors de la crue printanière. Les modélisations hydrosédimentaires ont démontré qu'une faible capacité de transport permet la migration de matériaux vers Saint-Gédéon-sur-le-Lac, au large de la plage (flèches minces pointillées). Toutefois, ce ne sont que les sédiments fins (0,1 à 0,5 mm) qui peuvent traverser l'embouchure de la rivière, transportés en suspension dans la colonne d'eau. Les matériaux plus grossiers, transportés par charriage sur le fond, ne sont pas en mesure de franchir le chenal d'écoulement. Compte tenu de la nature des sédiments observés dans le secteur de Saint-Gédéon-sur-le-Lac, qui est largement dominé par le sable et le gravillon (1 à 20 mm), il est improbable que le transit de matériaux en provenance de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix puisse contribuer de façon significative à l'ensablement observé au niveau de la flèche de Saint-Gédéon-sur-le-Lac.

Les matériaux en provenance de Saint-Gédéon-sur-le-Lac (flèches orange) dérivent quant à eux le long de la plage, franchissent la crête de la digue submergée et s'accumulent en rive droite du chenal d'écoulement de la Belle Rivière, dans la partie « amont » de l'embouchure, désignée comme « zone d'ensablement de l'embouchure » (Zone A), et où les événements d'obstruction ont été observés en juillet 2021 et octobre 2022. Les accumulations constituent alors la source d'apports solides dominante à cette hauteur de l'embouchure et sont notamment à l'origine de la formation de la flèche de Saint-Gédéon-sur-le-Lac. Il arrive parfois que la dérive littorale dans ce secteur soit orientée en sens opposé et qu'elle transporte les sédiments vers l'extrémité nord-est de la plage (flèches minces), mais la direction dominante demeure orientée vers l'embouchure de la Belle Rivière (flèches épaisses).

Une dérive locale de sédiments est également présente le long de la flèche littorale qui relie l'épi 9 à l'embouchure de la Belle Rivière (secteur Métabetchouan-Lac-à-la-Croix, flèches vertes). Les matériaux sont érodés à proximité de l'épi 9 et dérivent vers le nord-est, pour s'accumuler à l'extrémité de la formation, sur la rive gauche du chenal d'écoulement. Les quantités transportées

demeurent malgré tout faibles et ne contribuent pas de façon significative à la problématique d'ensablement et d'obstruction du chenal d'écoulement à cette hauteur de l'embouchure de la Belle Rivière. L'érosion importante observée au cours des deux dernières années du côté de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix démontre également la faible affluence des sédiments le long de cette formation. Par ailleurs, les observations documentées dans le cadre des suivis techniques et les analyses effectuées dans le cadre des études de modélisation n'indiquent aucun lien entre la dérive de sédiments contournant l'extrémité de l'épi 9 et les apports solides observés sur la flèche littorale reliant l'épi 9 et l'embouchure de la Belle Rivière.

Enfin, les apports solides transportés par la rivière sont réputés être négligeables, en raison de la présence d'une zone lacustre en amont (Grand Marais), qui permet une décantation des particules les plus grossières. Cette dynamique ne permet pas alors l'acheminement de sable et de gravillon vers l'embouchure de la rivière. De plus, les observations documentées dans le cadre des suivis techniques démontrent que les accumulations dans la zone d'étude se produisent principalement pendant les saisons estivale et automnale. Or, la capacité de transport de la Belle Rivière pendant cette période est réduite, car les débits sont faibles et le niveau du lac Saint-Jean est élevé, ce qui ennoie l'embouchure et minimise les vitesses d'écoulement.

Il est essentiel de comprendre comment le décalage des dérives sédimentaires affecte les accumulations observées dans les différentes zones de l'embouchure et dans quelles mesures les apports solides provenant de part et d'autre de la Belle Rivière contribuent à l'ensablement et l'obstruction du chenal d'écoulement observés depuis 2021. Les précisions et les nuances apportées permettent ainsi de faire un diagnostic juste de la problématique et de reconnaître les mécanismes sur lesquels il est pertinent d'agir pour mettre en place une solution efficace et pérenne, qui répond aux enjeux et aux préoccupations de toutes les parties prenantes impliquées dans le projet.

Référence :

WSP. 2015. *Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2017-2026 – Étude d'impact sur l'environnement. Annexe 5 – Études techniques, Revue de littérature*. 75 pages.

WSP. 2022a. Ensablement de l'embouchure de la Belle Rivière (site 93.02.02) – Diagnostic et étude de faisabilité. Rapport final de WSP Canada Inc. à Rio Tinto – Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. 63 p. et annexes.

WSP. 2022b. *Saint-Gédéon-sur-le-Lac (site 93.02.02) - Construction d'un épi et rechargement – Rapport de conception*. Rapport final de WSP Canada Inc. à Rio Tinto – Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. 36 p. et annexes.

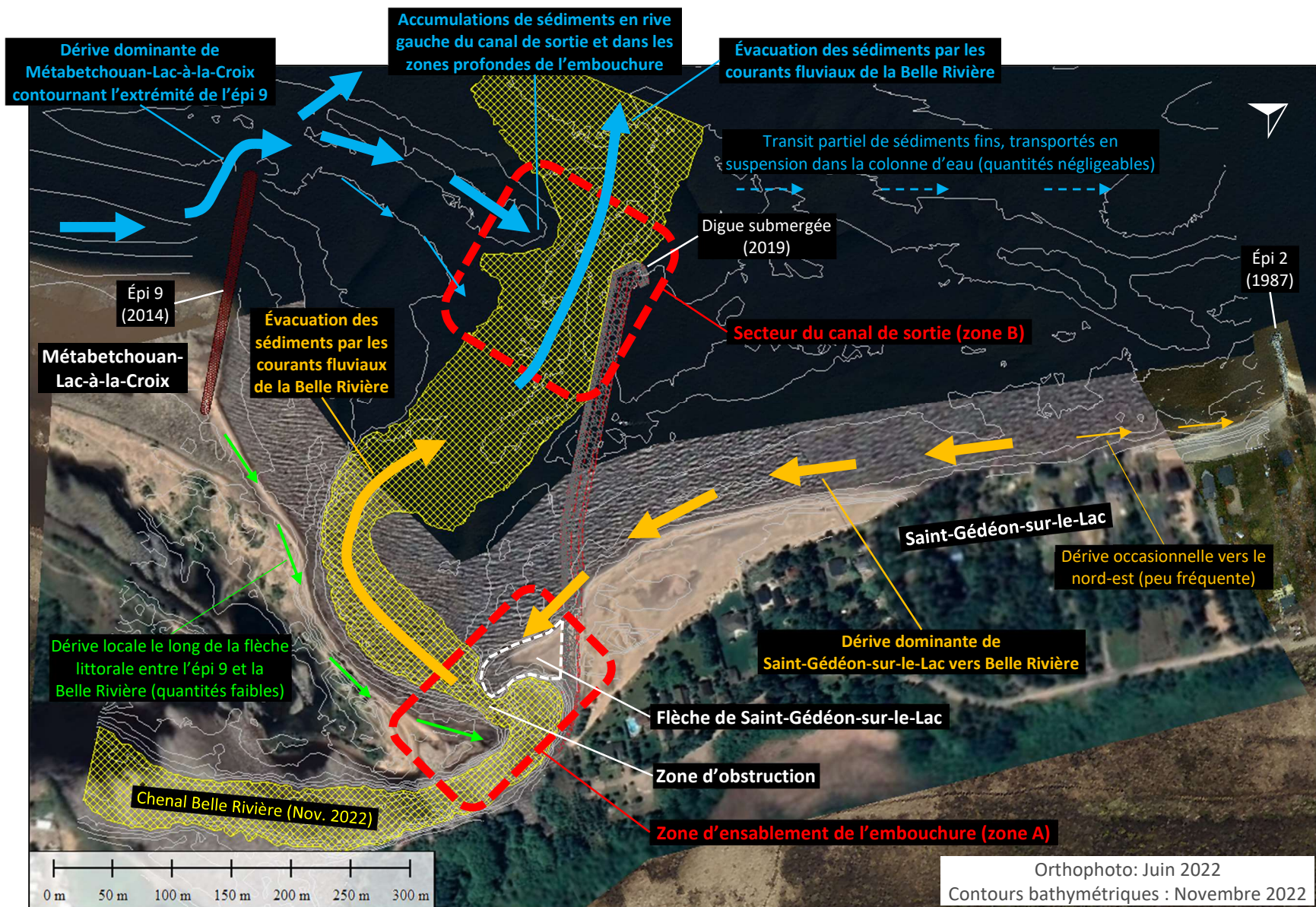


Figure QC-1 Dynamique hydrosédimentaire à l'embouchure de la Belle Rivière.

Site 95.03.01 : épis 5 à 7, incluant les géotubes

1. Dans son rapport, RT énonce :

- p.23¹ : « les structures n'ont pas réussi à démontrer la pleine efficacité escomptée. La plage attenante au nord-est a subi une augmentation de son taux d'érosion et l'envergure des interventions de rechargement requis dans le secteur n'a pas diminué de façon significative. »
- p.24 : « Les suivis démontrent quant à eux que la problématique d'érosion peut être régie de façon efficace avec une fréquence de rechargements acceptable (5 à 7 ans). »
- p.107 : « L'érosion a emporté 4 490 tonnes de sédiments entre l'épi 5 et l'épi en géotubes 2, ce qui correspond à environ 83 % du rechargement réalisé sur ce tronçon à l'hiver 2022. »

Ces énoncés dans le rapport portent à croire que les travaux réalisés depuis 1987 (rechargements de plage successifs et implantation de structures rigides, notamment) afin d'atténuer les problématiques d'érosion et d'accumulation dans ce secteur ne répondent pas de manière optimale aux enjeux découlant du contexte hydrosédimentaire du site à l'étude. L'énoncé de la page 107 du rapport indique d'ailleurs que les interventions des dernières années ont permis une rétention de seulement 17% des sédiments sur le site de recharge en 2022; les autres 83% ayant vraisemblablement été transportés vers SGSLL situé au Nord-Est. Ainsi, si d'autres interventions sont jugées requises dans ce secteur dans l'avenir, il est recommandé à RT d'évaluer d'autres options d'intervention appuyées sur les données les plus récentes du régime hydrosédimentaire local ou de revoir à la hausse la granulométrie des matériaux de rechargement afin de permettre une meilleure rétention des matériaux aux sites visés.

Réponse :

D'abord, il convient de rappeler certaines nuances importantes concernant les résultats de suivi et il est nécessaire de remettre dans leur contexte les énoncés sélectionnés par le ministère pour appuyer son argumentation :

p.23 : « les structures n'ont pas réussi à démontrer la pleine efficacité escomptée. La plage attenante au nord-est a subi une augmentation de son taux d'érosion et l'envergure des interventions de rechargement requis dans le secteur n'a pas diminué de façon significative. »

Dans l'énoncé qui précède, les « structures » faisaient référence aux épis en géotubes et non à toutes les structures de rétention présentes dans le secteur. L'efficacité escomptée des épis en géotubes était de « réduire la fréquence des rechargements réalisés au nord-est de l'épi 5, tout en minimisant l'impact des ouvrages sur le tronçon de plage situé au nord-est », sur

¹ La pagination indiquée dans le présent document est celle associée au document PDF (sur 228) et non à celle indiquée en bas de page du rapport.

lequel des structures étaient non envisageables en raison du contexte social. Il convient de souligner que les épis en géotubes constituent des structures submergées, dont l'utilisation correspond à une des approches recommandées pour minimiser les impacts sur les zones de plage non protégées adjacentes (voir préambule « *Notions générales sur les épis* »). L'intention était donc de mettre en place une solution qui n'aurait pas un effet trop marqué au nord-est, afin de minimiser le risque de déplacement de la zone d'érosion. Cet objectif ambitieux s'appuyait sur des retours d'expériences présentés par le manufacturier des géotubes et observés dans des secteurs qui ne se trouvaient pas au lac Saint-Jean, où il est aujourd'hui possible de constater que les conditions hydrosédimentaires n'étaient pas pleinement comparables à ceux devant le Centre plein air Saint-Pierre.

En ce sens, les suivis démontrent que l'objectif initial avec l'implantation des géotubes n'a pas été atteint, car les interventions de rechargements se sont poursuivies quasi-annuellement suivant la mise en place des épis en géotubes, soit en 2009, 2011, 2012, 2014 et 2015 (Tableau 1.1), et le taux d'érosion moyen pour l'ensemble du secteur des géotubes (profils 2+152, 2+095 et 2+049) n'a pas diminué de façon significative (réduction de seulement 7 % entre 2007 et 2013 (Tableau 5.6)). Le taux d'érosion au nord-est des épis en géotubes a par ailleurs augmenté de -6,9 t/m/an (période 1993-2007) à -43,5 t/m/an (période 2007-2013) (Tableau 5.6 et Figure QC-2).

Les résultats d'analyse démontrent néanmoins que les ouvrages ont permis de réduire de 76 % les taux d'érosion entre l'épi 5 et l'épi en géotubes 2, et qu'au nord-est des ouvrages, le taux de transport y demeurait environ 50 % plus faible que celui observé suivant l'implantation de l'épi 5, un épi conventionnel en enrochement (p. 112 et Figure QC-2). En ce sens, l'efficacité des épis en géotubes était donc conforme à ce qui peut être attendu pour ce type d'ouvrage, soit une stabilisation des matériaux sur le haut de la plage au sud-ouest et entre les structures, tout en permettant un transit partiel de la dérive littorale vers le nord-est. Toutefois, en l'absence d'apports sédimentaires naturels des secteurs adjacents, captés par les épis en enrochements situés au sud-ouest (épis 2 à 5), les matériaux érodés lors des tempêtes n'étaient pas remplacés et le déficit sédimentaire a été conservé. Les rechargements devaient donc se poursuivre pour remplacer les sédiments perdus.

L'utilisation de structures de rétention du sable, comme les épis et les brise-lames, a fait ses preuves comme mesure efficace pour stabiliser les plages. Les épis 3 et 7 sont de bons exemples où il n'y a plus d'érosion et d'intervention de rechargement. Lors de leur implantation, un système d'épis continu dans toute cette zone aurait été préférable, mais n'a pu être réalisé en raison du manque d'acceptation sociale à l'époque. Le compromis retenu pour concilier les enjeux techniques et sociaux de l'époque a alors mené à l'aménagement des épis 4, 5 et 6, l'épi en éventail, ainsi que les épis en géotubes.

Il convient de souligner qu'une étude de faisabilité est en cours par Lasalle|NHC pour le remplacement planifié des épis en géotubes, actuellement endommagés, dans laquelle une reconfiguration des ouvrages entre les épis 2 et 7 est analysée.

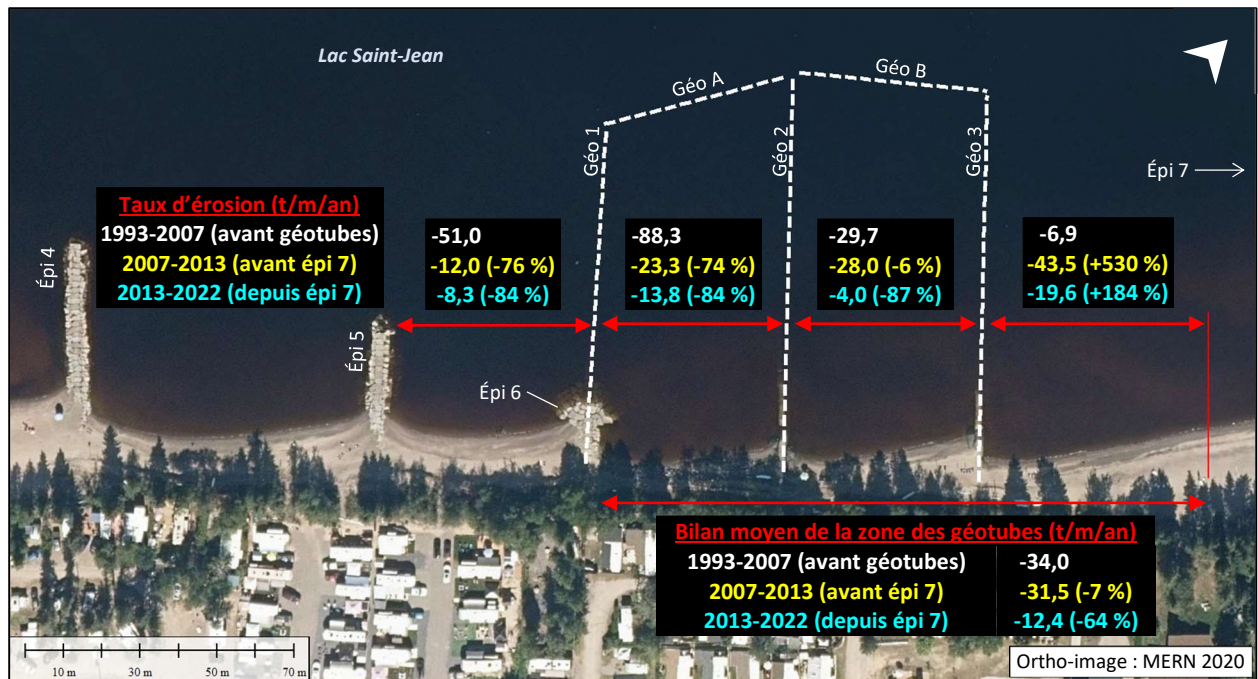


Figure QC-2 Bilans sédimentaires dans le secteur des épis en géotubes pour trois périodes d'intérêt (extrait du Tableau 5.6 du rapport de suivi).

p.24 : « Les suivis démontrent quant à eux que la problématique d'érosion peut être régie de façon efficace avec une fréquence de rechargements acceptable (5 à 7 ans). »

Tel que spécifié au début du paragraphe d'où cet énoncé est extrait, il s'agit d'un résultat observé depuis la construction, en 2014, des épis en enrochement 7 et 8 au nord-est des épis en géotubes (site 2014.03.01). Aucune intervention de rechargement n'a été requise entre 2015 et 2022 (7 ans) dans le secteur des épis en géotubes. Il est important de ne pas confondre cette observation avec le taux d'érosion et la fréquence quasi annuelle des rechargements qui prévalaient avant 2014.

p.107 : « L'érosion a emporté 4 490 tonnes de sédiments entre l'épi 5 et l'épi en géotubes 2, ce qui correspond à environ 83 % du rechargement réalisé sur ce tronçon à l'hiver 2022. »

Il convient de souligner que l'érosion de 4 490 tonnes correspond au bilan sédimentaire combiné des profils transversaux 2+210, 2+186 et 2+152 (Carte 5.1), qui sont représentatifs du tronçon de plage située entre l'épi 5 et l'épi en géotube 2. L'effacement de 83 % du rechargement se limite alors uniquement à ce tronçon du littoral, qui ne correspond qu'à environ la moitié de la longueur d'intervention complète du rechargement. La partie nord-est du rechargement est quant à elle demeurée largement intacte. Tel que spécifié dans le reste du paragraphe d'où l'énoncé est extrait, « les matériaux érodés se seraient déposés

dans le secteur adjacent au nord-est, qui affiche une quantité d'accumulation presque équivalente entre l'épi en géotubes 2 et l'épi 7, soit 4 310 tonnes ». Ce bilan correspond aux accumulations combinées des profils transversaux 2+095, 2+049, 1+973 et 1+870 (Carte 5.1).

Il est donc erroné d'affirmer que « les interventions des dernières années ont permis une rétention de seulement 17% des sédiments sur le site de recharge en 2022; les autres 83% ayant vraisemblablement été transportés vers SGSLL situé au Nord-Est ». Au contraire, le suivi démontre que les matériaux demeurent présents dans la zone située au sud-ouest de l'épi 7, conformément à l'objectif de la structure.

Ces énoncés dans le rapport portent à croire que les travaux réalisés depuis 1987 (rechargements de plage successifs et implantation de structures rigides, notamment) afin d'atténuer les problématiques d'érosion et d'accumulation dans ce secteur ne répondent pas de manière optimale aux enjeux découlant du contexte hydrosédimentaire du site à l'étude.

Les travaux réalisés dans le secteur à l'étude ont toujours été effectués de manière à répondre aux trois pôles du développement durable, et visaient à contrer l'érosion des berges en tenant compte des aspects techniques, économiques, sociaux et environnementaux (voir la mission du Programme). Il arrive cependant que ces enjeux soient en conflit les uns aux autres, ce qui nécessite des compromis au niveau de la planification des interventions côtières. Les enjeux peuvent également se transformer au fil du temps en fonction des connaissances techniques qui s'améliorent, de la réglementation environnementale qui change et de l'acceptabilité sociale qui évolue. Il nous apparaît donc inopportun de porter un jugement sur la capacité des travaux à ne pas répondre « *de manière optimale aux enjeux découlant du contexte hydrosédimentaire du site à l'étude* », sans considérer le contexte global dans lequel chaque intervention a été réalisée. À cet effet, la section 1 du rapport synthétise bien la progression des interventions, les problématiques qu'elles visaient et les mesures mises en place pour atténuer leurs impacts.

Individuellement, les interventions ont toutes eu une efficacité conforme à ce qui pouvait être attendu d'elles. Les épis 2 à 8 et les épis en géotubes ont réussi à stabiliser la plage attenante au sud-ouest des structures, tandis que les rechargements dans les zones non protégées au nord-est des structures ont permis de protéger la berge naturelle contre une régression excessive du haut de la plage (nonobstant quelques tempêtes exceptionnelles). Dans leur ensemble, par contre, il demeure vrai que l'aménagement de nouvelles structures s'est toujours accompagné d'un déplacement de la zone d'érosion vers le nord-est, ce qui était prévisible et attendu. Ce n'est que depuis l'aménagement des épis 7 et 8, en 2014, que le secteur semble converger vers une stabilisation plus durable, avec une diminution de la fréquence des interventions de rechargement. Bien que certaines améliorations soient encore possibles, nous sommes d'avis que l'ensemble des interventions réalisées jusqu'à présent demeurent pertinentes et contribuent à une stabilisation durable de la plage devant le Centre de plein air Saint-Pierre et les propriétés adjacentes.

L'étude présentement en cours par Lasalle|NHC, pour le remplacement planifié des épis en géotubes, permettra par ailleurs de mettre à jour le schéma de protection du secteur selon les données les plus récentes du régime hydrosédimentaire local et d'optimiser les interventions préconisées, tout en considérant les autres pôles du développement durable.

Concernant la suggestion de « *revoir à la hausse la granulométrie des matériaux de rechargement* », nous aimerions sensibiliser le Ministère aux éléments suivants :

- Le matériau le plus grossier présentement autorisé dans le cadre du décret gouvernemental régissant le Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean est le gravillon 0-20 mm. Ce matériau est régulièrement utilisé pour des rechargements effectués ailleurs à Métabetchouan-Lac-à-la-Croix, ainsi qu'à Saint-Gédéon-sur-le-Lac, et les retours d'expériences démontrent qu'il demeure sensible à l'érosion par les vagues. Notamment, le suivi des rechargements à Saint-Gédéon-sur-le-Lac le confirme puisque le gravillon sédimente et forme une flèche dans la portion étroite de l'embouchure de la Belle Rivière. Pour une durabilité accrue ayant un impact mesurable sur la fréquence des rechargements, des matériaux encore plus grossiers seraient requis, possiblement d'un calibre équivalent au galet (25-150 mm), ce qui n'est pas autorisé dans le cadre du décret actuel dans les zones de plage. La capacité d'approvisionnement pour ce type de matériaux à partir des bancs d'emprunt régionaux demeure par ailleurs inconnue et n'est pas forcément garantie;
- L'utilisation de matériaux grossiers n'est pas sans conséquence sur les milieux écologique et humain. Le changement de granulométrie a pour effet de dénaturer la plage, altérant ainsi le milieu naturel, et s'accompagne habituellement d'une acceptabilité sociale réduite. À cet effet, plusieurs chercheurs recommandent de conserver, autant que possible, une granulométrie similaire au substrat naturel pour les matériaux de rechargement afin de limiter les impacts sur le milieu;
- L'utilisation de matériaux grossiers réduit la quantité de sédiments mobilisés par la dérive littorale, ce qui peut provoquer un déficit d'apports solides et favoriser le développement d'une zone d'érosion dans le secteur adjacent non protégé;
- De par leur nature, les matériaux de rechargements demeurent mobiles, même s'ils sont plus grossiers. La sédimentation de ces matériaux peut alors provoquer des accumulations non désirées à des endroits plus sensibles du milieu et ainsi déséquilibrer les processus naturels, comme aux embouchures de cours d'eau, par exemple.

Dans ce contexte, nous demeurons d'avis qu'une solution durable, impliquant un ajustement judicieux des structures existantes et/ou la mise en place de nouvelles structures, permettrait d'atteindre une stabilisation pérenne de la plage dans une perspective de développement durable, tout en minimisant les différents impacts, sans modifier la granulométrie des matériaux.

Site 2014.03.01 : épis 7 à 9 (aménagés en 2014)

2. Dans son rapport, RT énonce :

- p.8 : « En 2022, des accumulations ont été observées dans tous les sous-secteurs; Les matériaux proviendraient du transit naturel de sédiments qui dérivent le long du banc de sable de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix et qui se déposent dans la zone de plage sous l'effet des vagues. »
- p.24 : « L'épi construit en 2014 à l'extrémité nord-est du banc de sable de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix (site 2014.03.01 – épi 9) devait capter une partie des matériaux dérivant du sud-ouest, évitant ainsi qu'ils ne soient transportés vers l'embouchure. »
- p.118 : « L'épi 9 devait quant à lui permettre le développement d'un état d'équilibre le long de la plage au sud-ouest et éviter que la dérive des sédiments ne migre devant l'embouchure de la Belle Rivière, où ils exerçaient une pression sur le chenal d'écoulement et provoquaient sa déviation devant la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac. »

Les résultats du suivi technique réalisé en 2022 indiquent que la dérive littorale dans le secteur est importante, notamment en regard aux matériaux de recharge des sites adjacents du banc de sable de MLALC qui sont érodés annuellement. Ces matériaux en provenance du Sud-Ouest ne semblent pas être retenus adéquatement par les épis #7-8-9 construits à cet effet afin d'éviter une dérive sédimentaire vers le chenal de la Belle Rivière. Les résultats du présent suivi indiquent toutefois que les sédiments non retenus par l'épi #9 s'accumulent dans le chenal de la Belle Rivière ou dans sa périphérie et exercent une pression sur ce dernier, provoquant sa dérivation devant la digue submergée. Dans l'état actuel des choses, le courant de dérive littoral est si important qu'il ne permet pas la conciliation de l'engraissement des plages à MLALC sans qu'il y ait d'ensablement de l'embouchure de la Belle Rivière. L'accroissement des plages de MLALC peut donc se traduire en instabilité de la plage de SGSL (bloquée en partie par la digue submergée), ou en ensablement de l'embouchure de la Belle Rivière. Ainsi, si d'autres interventions sont jugées requises dans ce secteur dans l'avenir, il est recommandé à RT d'évaluer d'autres options d'interventions appuyées sur les données les plus récentes du régime hydrosédimentaire local ou de revoir à la hausse la granulométrie des matériaux de rechargement afin de permettre une meilleure rétention des matériaux aux sites visés.

Réponse :

À notre avis, le ministère dresse un portrait simplifié des éléments affectant l'ensablement de l'embouchure de la Belle Rivière et l'instabilité de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac, ce qui mène à des conclusions incomplètes. Il nous apparaît important d'apporter les précisions suivantes :

« la dérive littorale dans le secteur est importante, notamment en regard aux matériaux de recharge des sites adjacents du banc de sable de MLALC qui sont érodés annuellement. »

Le secteur de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix est un banc de sable et de gravillon de plusieurs kilomètres de long. La formation constitue un important réservoir naturel de sédiments pouvant être mobilisés par la dérive littorale. Les matériaux de rechargements déposés périodiquement dans le secteur et qui s'érodent progressivement ne constituent alors qu'une fraction du volume total de sédiments déplacés. Même sans rechargements, une dérive naturelle de sédiments vers l'embouchure de la Belle Rivière serait présente. D'ailleurs, l'étude réalisée par Roche (2013, annexe 3, plan 2) démontre bien la dérive progressive de l'embouchure de la Belle Rivière vers le nord avant même l'entrée en vigueur du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean et le début des interventions de rechargements dans le secteur de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix.

La photographie aérienne de 1986 ci-dessous illustre également bien, par la présence des flèches littorales, que la dérive littorale est importante. Déjà à ce moment, le chenal de la Belle Rivière était orienté du côté de Saint-Gédéon-sur-le-Lac.

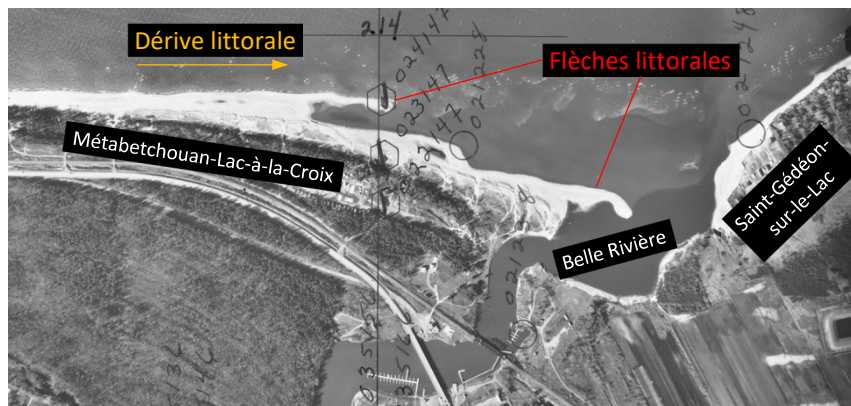
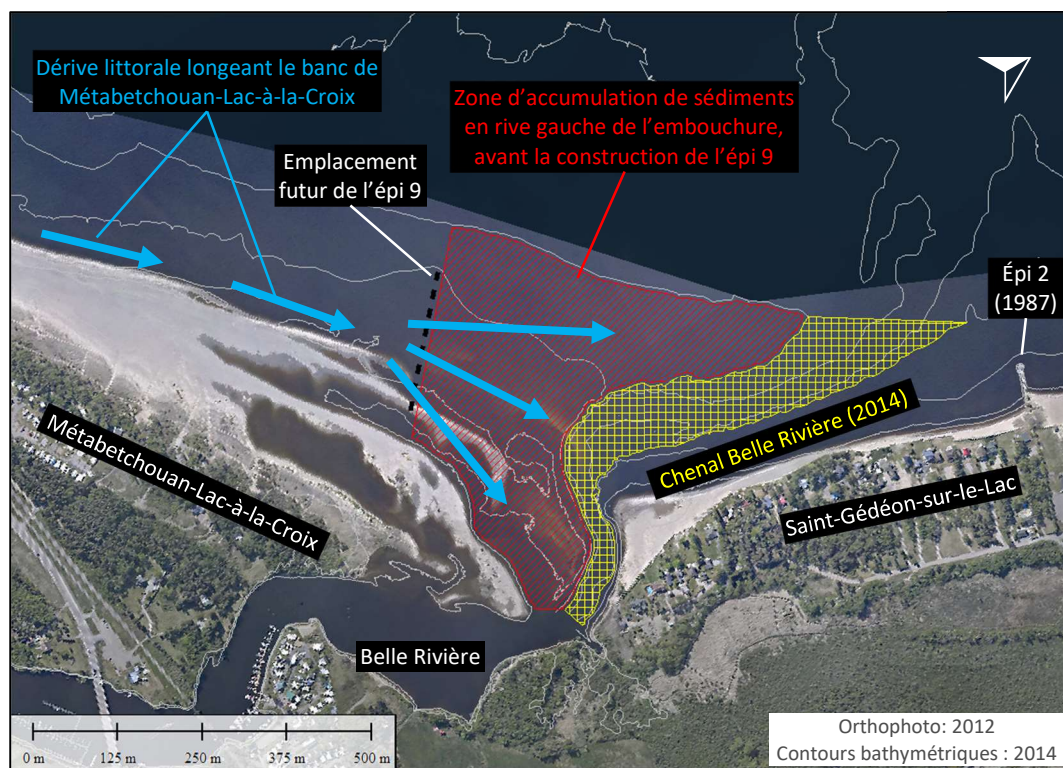


Figure QC-3 Photographie aérienne de l'embouchure de la Belle Rivière en 1986.

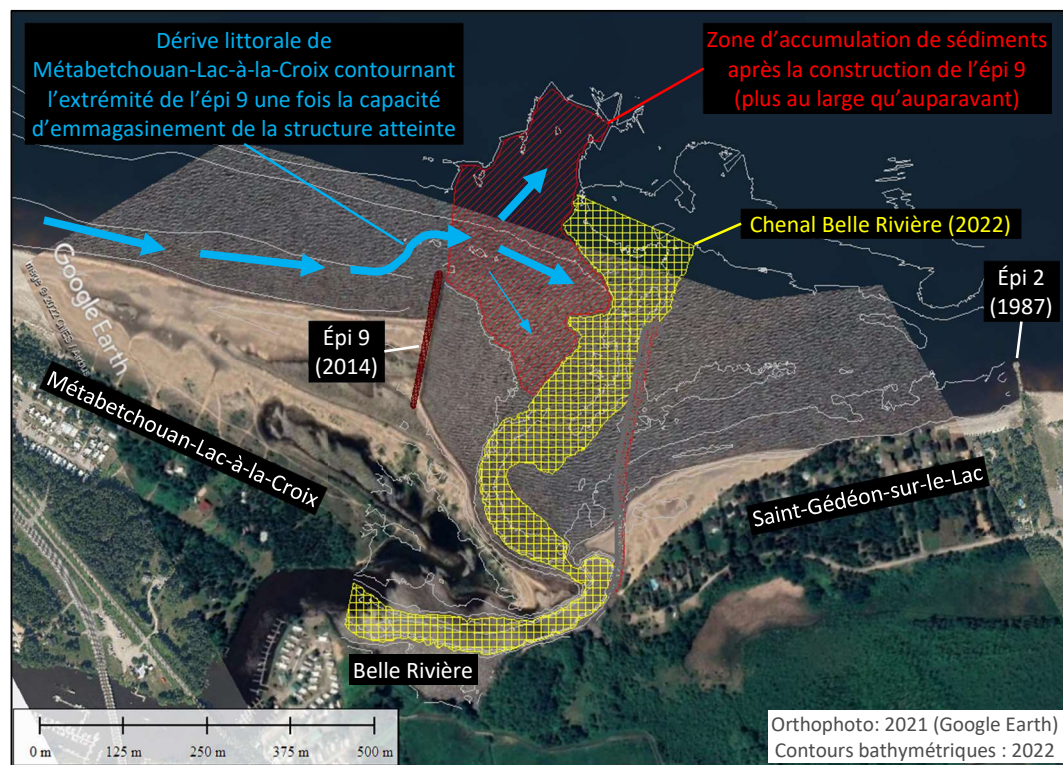
« Ces matériaux en provenance du Sud-Ouest ne semblent pas être retenus adéquatement par les épis #7-8-9 construits à cet effet afin d'éviter une dérive sédimentaire vers le chenal de la Belle Rivière. »

Les structures ciblées n'ont pas été conçues de manière à retenir la totalité de la dérive littorale. Les épis 7 et 8, notamment, devaient plutôt retenir uniquement le volume nécessaire pour assurer la stabilisation du haut de la plage au sud-ouest et entre les ouvrages. Si les années suivant la mise en place des structures sont effectivement caractérisées par une phase « d'accumulation » de sédiments, le régime hydrosédimentaire local doit éventuellement converger vers un état d'équilibre, où la capacité d'emménagement des épis est atteinte et les apports solides recommencent à contourner l'extrémité des ouvrages. Comme précisé en introduction, il est généralement de bonne pratique d'éviter une interception complète de la dérive littorale afin d'assurer une continuité des apports sédimentaires dans les secteurs adjacents non protégés, minimisant ainsi le risque que se développent des zones d'érosion.

Dans le cas de l'épi 9, il convient d'apporter certaines nuances à l'égard de l'objectif de la structure. L'ouvrage devait non seulement favoriser le développement d'un état d'équilibre du trait de côte au sud-ouest et éviter un recul excessif de la plage au nord-est de l'épi 8, mais aussi capter une partie importante de la dérive des sédiments, qui contribuait le plus aux accumulations en rive gauche de l'embouchure de la Belle Rivière et qui était responsable de la déviation du chenal d'écoulement vers Saint-Gédéon-sur-le-Lac (voir Figure QC-4). Il s'agissait en fait de la première phase du projet de redressement de l'embouchure complété en 2019. Les sédiments non retenus par l'ouvrage et qui contournaient son extrémité étaient quant à eux redirigés plus au large, dans des endroits moins névralgiques pour l'ensablement et la déviation du canal de sortie de la rivière. Les résultats des suivis techniques démontrent à cet effet que l'épi 9 a une efficacité conforme à l'objectif de départ.



(a)



(b)

Figure QC-4 Zone d'accumulation de sédiments en rive gauche de l'embouchure de la Belle Rivière avant la construction de l'épi 9 (a) et après la construction de l'épi 9 (b).

« Les résultats du présent suivi indiquent toutefois que les sédiments non retenus par l'épi #9 s'accumulent dans le chenal de la Belle Rivière ou dans sa périphérie et exercent une pression sur ce dernier, provoquant sa dérivation devant la digue submergée. »

En lien avec l'énoncé de la page 118 identifié par le ministère et qui indique que l'épi 9 devait « éviter que la dérive des sédiments ne migre devant l'embouchure de la Belle Rivière », nous convenons qu'une précision s'impose, dans la mesure où la zone à l'embouchure de la Belle Rivière sous-entendue dans cet énoncé visait principalement le secteur où les accumulations exerçaient une pression sur la rive gauche du chenal d'écoulement, le faisant ainsi dévier vers la rive de Saint-Gédéon-sur-le-Lac. Il s'agit donc de la partie plus « amont » de l'embouchure (voir Figure QC-4a).

Le contournement de l'extrémité de l'épi 9 par la dérive littorale et l'accumulation de sédiments devant l'embouchure de la Belle Rivière, mais plus au large, demeurerait une dynamique attendue. L'évolution documentée dans le rapport de suivi 2022 est donc normale et ne constitue pas un enjeu pour l'obstruction de la Belle Rivière à la hauteur de la flèche de Saint-Gédéon-sur-le-Lac (Figure QC-1, zone A) ni l'érosion de la plage attenante. Les accumulations observées se produisent plus au large qu'auparavant et dans des endroits moins névralgiques pour l'ensablement et la déviation du canal de sortie de la rivière. Par ailleurs, tel que spécifié dans le rapport de suivi, la digue submergée construite en 2019 a été conçue en tenant compte d'une éventuelle migration du chenal d'écoulement contre la structure et semble bien résister aux conditions hydrosédimentaires observées jusqu'à présent. L'ouvrage protège le pied de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac contre un éventuel retour du chenal d'écoulement de la Belle Rivière à proximité du rivage.

« L'accroissement des plages de MLALC peut donc se traduire en instabilité de la plage de SGSLL (bloquée en partie par la digue submergée), ou en ensablement de l'embouchure de la Belle Rivière. »

Avant d'adresser ce commentaire, nous tenons à réitérer la distinction importante qui doit être faite entre les différents sous-secteurs identifiés à l'embouchure de la Belle Rivière (voir Figure QC-1). La zone « d'ensablement de l'embouchure » désigne le secteur plus en amont de l'embouchure (zone A), où se trouve la flèche de sable alimentée par l'érosion de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac. La dynamique hydrosédimentaire dans ce secteur est largement dominée par la dérive littorale en provenance de Saint-Gédéon-sur-le-Lac et franchissant la crête de la digue submergée. Le secteur « canal de sortie » désigne quant à lui la zone la plus au large de l'embouchure (zone B). La dynamique hydrosédimentaire à cet endroit est plutôt dominée par la dérive littorale en provenance de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix, laquelle contourne l'extrémité de l'épi 9.

Les observations documentées dans les rapports de suivis techniques et dans les études de modélisation ne présentent aucun indice qui indiquerait que les matériaux en provenance de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix contribuent à une instabilité de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac ou à l'ensablement de l'embouchure de la Belle Rivière, à la hauteur de la flèche

de Saint-Gédéon-sur-le-Lac (Figure QC-1, zone A). Tel que précisé dans les rapports d'études et dans les réponses aux commentaires précédents, les matériaux en provenance de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix se déposent au large de la Belle Rivière et en rive gauche du canal de sortie (Figure QC-1, zone B). Bien que les accumulations aient provoqué un déplacement du chenal d'écoulement vers l'extrémité de la digue submergée, les sédiments ne sont pas en mesure de franchir les zones profondes de l'embouchure, de remonter vers l'amont et de provoquer l'ensablement de l'embouchure à la hauteur de la flèche de Saint-Gédéon-sur-le-Lac, sur la rive opposée du cours d'eau.

Par ailleurs, la digue submergée forme une barrière rigide empêchant un retour du chenal d'écoulement de la Belle Rivière dans son ancien lit à proximité du rivage. En ce sens, la structure assure la protection du pied de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac et contribue à maintenir une pente de plage adoucie, ce qui réduit l'érosion sur le haut de la plage.

Si le ministère demeure d'avis que d'autres mécanismes hydrosédimentaires peuvent expliquer la sédimentation au niveau de la flèche de Saint-Gédéon-sur-le-Lac et l'instabilité de la plage attenante, il est prié de fournir ses explications.

Référence :

ROCHE. 2013. *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 de Roche Ltée, Groupe-Conseil à Rio Tinto Alcan. 22 pages et annexes.

Site 93.02.02 : Embouchure de la Belle Rivière et plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac

3. Aux vues du rapport de suivi technique 2022, et tel que résumé dans le sommaire en début de rapport (p.8 à 11), le chenal de l'embouchure de la Belle Rivière est encore en processus de rééquilibrage à la suite des travaux de 2019. La crue printanière de 2022 a également eu son lot de répercussions sur le secteur alors qu'elle était particulièrement plus élevée que la moyenne (récurrence 15 ans). Les éléments présentés dans le rapport par RT indiquent également que la situation entourant le potentiel d'obstruction de la Belle Rivière semble moins critique qu'anticipée alors que la flèche de sable de SGSLL en novembre 2022 était 34% plus faible qu'observée en novembre 2021 et que le canal de la rivière se serait déplacé vers le banc de sable de MLALC (p.9).

Le ministère est alors d'avis qu'il est important de poursuivre le suivi de la situation hydrosédimentaire et de libre écoulement à l'embouchure de la Belle Rivière, notamment en regard à la flèche de sable du côté de SGSLL, mais qu'il serait toutefois prématuré de procéder à d'autres travaux dans le secteur tant que le système ne présentera pas de signe d'une plus grande stabilité.

Réponse :

« Les éléments présentés dans le rapport par RT indiquent également que la situation entourant le potentiel d'obstruction de la Belle Rivière semble moins critique qu'anticipée »

Tel que précisé dans le reste de l'extrait de la page 9 du rapport de suivi, ainsi qu'à la page 110, l'ensablement du chenal « demeure légèrement plus important qu'en novembre 2020 » soit à l'automne qui a précédé la première obstruction estivale. « *Dans ce contexte, une obstruction du chenal pourrait à nouveau être observée en 2023, advenant un effacement insuffisant de la flèche de sable du côté de Saint-Gédéon-sur-le-Lac lors de la crue printanière.* » La situation entourant le potentiel d'obstruction de la Belle Rivière demeure donc critique.

« il serait toutefois prématuré de procéder à d'autres travaux dans le secteur tant que le système ne présentera pas de signe d'une plus grande stabilité. »

Le secteur a toujours été et restera toujours un endroit très dynamique en raison du fond hautement mobile et des contraintes exercées successivement par les variations des régimes fluvial et littoral, qui amènent un remodelage continu du canal. Cette dynamique demeure typique des secteurs de convergence des dérives littorales et de confluence de deux masses d'eau (rivière et lac). Au niveau de la flèche de Saint-Gédéon-sur-le-Lac et de la partie amont de l'embouchure de la Belle Rivière (Figure QC-1, zone A), il apparaît peu probable que le système converge vers un état de « *plus grande stabilité* » sur un horizon prévisible.

Entre-temps, l'érosion du haut de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac se poursuit et menace l'intégrité du perré de support, mis en place avant la relocalisation de l'embouchure de la Belle Rivière afin de minimiser l'érosion de la berge lors d'épisodes sévères. Advenant une défaillance de cet ouvrage, ce seront les terrains des riverains qui seront affectés par

l'érosion. Il n'est donc pas souhaitable d'attendre avant de planifier les prochaines interventions. Nous tenons à réitérer l'engagement du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean de maintenir une plage à Saint-Gédéon-sur-le-Lac, mais que cet engagement ne peut être réalisé sans l'ajout d'une structure de rétention des matériaux afin de minimiser la dérive sédimentaire et l'alimentation de la flèche de Saint-Gédéon-sur-le-Lac, qui constitue le point critique d'une éventuelle obstruction.

4. Dans son rapport RT aborde une « migration des barres infralittorales » et une « accumulation de +20 400 tonnes de matériaux sur la rive gauche du canal de sortie de la Belle Rivière » (p.10). Le ministère est d'avis que ces matériaux peuvent difficilement provenir de SGSLL et que la migration de ces barres infralittorales représente un élément clé dans l'analyse de ce secteur. En effet, le ministère rappelle que cette migration était un facteur important dans la problématique de dérivation du canal de l'embouchure de la Belle Rivière vers la plage de SGSLL. Cette dynamique a alors mené à l'implantation de la digue submergée et de la relocalisation du canal de l'embouchure de la rivière en 2019. Cette migration est toujours observée, tel que discuté dans les deux sections précédentes ci-haut (Sites 95.03.01 et 2014.03.01), alors que la dérive littorale en provenance du Sud-Ouest déplace les matériaux du banc de sable de MLALC vers la Belle Rivière sans que les épis en place ne permettent leur pleine rétention. Cette pression sur le canal de la belle Rivière est alors toujours active malgré l'implantation de la digue submergée en 2019 et engendre l'apport de matériaux dans celui-ci.

Réponse :

« Le ministère est d'avis que ces matériaux peuvent difficilement provenir de SGSLL »

Le rapport de suivi ne sous-entend nulle part que les accumulations observées dans ce secteur proviennent de Saint-Gédéon-sur-le-Lac. Au contraire, il est précisé au Tableau 5.13 que les sédiments proviennent « des matériaux érodés plus en amont dans le chenal d'écoulement de la Belle Rivière et de la dérive littorale de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix, qui contourne l'extrémité de l'épi 9 ».

« En effet, le ministère rappelle que cette migration était un facteur important dans la problématique de dérivation du canal de l'embouchure de la Belle Rivière vers la plage de SGSLL. Cette dynamique a alors mené à l'implantation de la digue submergée et de la relocalisation du canal de l'embouchure de la rivière en 2019. »

Il importe de rappeler le comportement de la dynamique hydrosédimentaire à l'embouchure de la Belle Rivière dans les trois périodes névralgiques visées par les interventions, soit avant la construction de l'épi 9 (avant 2014), avant la construction de la digue submergée (entre 2014 et 2019) et depuis la construction de la digue submergée (depuis 2019).

Avant la construction de l'épi 9, en 2014, nous sommes d'accord avec le ministère pour affirmer que les accumulations en provenance de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix et la migration des barres infralittorales de ce côté de la Belle Rivière étaient un facteur important dans la problématique de déviation du chenal de l'embouchure vers la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac. Depuis la mise en place de l'épi 9, par contre, la dérive littorale se trouve modifiée. Les accumulations observées se produisent maintenant plus au large qu'auparavant, dans des endroits de plus grandes profondeurs et donc moins névralgiques pour forcer la déviation du chenal d'écoulement vers la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac, à proximité du rivage.

La construction de la digue submergée en 2019 et la relocalisation du canal de sortie de la Belle Rivière ont quant à elles été réalisées, non pas en raison de la pression exercée par la dérive de sédiments en provenance de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix, mais puisque les suivis démontraient que la rivière ne serait pas en mesure de reprendre naturellement un alignement plus perpendiculaire à la berge. Un redressement mécanique était alors requis. Dans ce contexte, la digue submergée constitue une barrière rigide qui empêche la rivière de reprendre son ancien lit le long de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac.

Depuis 2019, la poursuite des accumulations en rive gauche de l'embouchure, à l'extrémité de l'épi 9, et la migration du chenal de sortie contre la digue submergée (Figure QC-1, zone B) demeurent des processus normaux, attendus et considérés dans la conception des ouvrages. Tel que précisé dans les réponses précédentes, l'épi 9 n'a jamais été conçu avec l'intention de retenir la totalité des matériaux transportés par la dérive littorale. Cet objectif n'est pas réalistement envisageable ni souhaitable pour minimiser les impacts sur le régime hydrosédimentaire.

La migration des barres infralittorales à l'extrémité de l'épi 9 ne constitue pas un enjeu pour l'obstruction de la Belle Rivière ni pour l'érosion de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac puisque le chenal d'écoulement n'est plus en mesure de longer le pied de la plage comme auparavant et permet alors d'y conserver un profil transversal adouci, qui rend la plage moins vulnérable à l'action des vagues. Même si le chenal d'écoulement venait à reprendre un alignement orienté vers le nord-est à l'extrémité de la digue submergée, il passerait beaucoup plus au large qu'auparavant et n'affecterait pas la pente de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac.

5. Par ailleurs, RT poursuit sur le secteur de SGSLL en mentionnant :
- p.11 : « Les suivis démontrent clairement que les sédiments érodés sur la plage constituent la principale source d'apports sur la flèche de sable et que cette formation est l'élément prépondérant qui influence l'obstruction du chenal d'écoulement de la Belle Rivière; »

À cet égard, il semble clair que la flèche de sable de SGSLL a une certaine incidence dans la dynamique de l'embouchure de la Belle Rivière. Cependant, il est établi à plusieurs endroits dans le suivi technique que la flèche du côté de MLALC transporte des volumes importants de sédiments vers la rive gauche du chenal de la Belle Rivière (20 400 t + 3 200 t + 2 300 t en rive gauche versus 5200 t au niveau de la flèche SGSLL) (voir le Tableau 5.13 « période novembre 2021 à novembre 2022 » ; notes 51, 52 et 55). Les volumes de sable transportés depuis MLALC vers l'embouchure de la Belle Rivière étant disproportionnellement plus élevés que ceux issus depuis la plage de SGSLL et constituant la flèche associée, il est donc difficile d'affirmer que la flèche de SGSLL est l'élément prépondérant dans la problématique d'obstruction. À la vue des données 2022, le ministère est d'avis que les apports depuis le banc de sable de MLALC seraient plutôt en cause dans la dynamique d'ensablement de l'embouchure de la Belle Rivière.

Réponse :

Nous tenons à réitérer la distinction à faire entre la zone « d'ensablement de l'embouchure » et le secteur du « canal de sortie » de la Belle Rivière (voir Figure QC-1, zones A et B). Les problématiques de rétrécissement et d'obstruction du chenal de navigation observées à l'été 2021 et à l'automne 2022 se sont toutes produites à la hauteur de la flèche de sable de Saint-Gédéon-sur-le-Lac (zone A). Les accumulations documentées du côté de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix et qui se produisent en rive gauche du canal de sortie de la Belle Rivière (zone B) se trouvent quant à elles plus au large et dans des zones plus profondes.

Les observations documentées dans le cadre des suivis techniques et les analyses effectuées dans le cadre des études de modélisation (WSP, 2022a et 2022b) indiquent toutes que le chenal d'écoulement est à son plus étroit et son moins profond à la hauteur de la flèche de sable de Saint-Gédéon-sur-le-Lac (zone A), qu'il s'agit de l'endroit où se sont produites les obstructions complètes observées en août 2021 et en octobre 2022, puis que les apports sédimentaires sur la flèche proviennent de la plage attenante. Les accumulations observées à la hauteur du canal de sortie (zone B) ne sont pas en mesure de migrer vers l'amont jusqu'à l'embouchure en quantité suffisante pour contribuer à la problématique d'obstruction. Si le ministère demeure d'avis contraire, il est prié d'expliquer par quels mécanismes hydrosédimentaires il juge possible que les apports depuis le banc de sable de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix contribuent à la dynamique d'ensablement et d'obstruction de l'embouchure de la Belle Rivière à la hauteur de la flèche de sable de Saint-Gédéon-sur-le-Lac (zone A).

Référence :

WSP. 2022a. *Ensablement de l'embouchure de la Belle Rivière (site 93.02.02) – Diagnostic et étude de faisabilité*. Rapport final de WSP Canada Inc. à Rio Tinto – Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. 63 p. et annexes.

WSP. 2022b. *Saint-Gédéon-sur-le-Lac (site 93.02.02) - Construction d'un épi et rechargement – Rapport de conception*. Rapport final de WSP Canada Inc. à Rio Tinto – Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. 36 p. et annexes.

6. Dans les tableaux 5.8 à 5.13 de son rapport, RT mentionne à 20 reprises « Dérive de sédiments en provenance de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix, qui contournent l'épi 9 » dans la colonne *Source de l'accumulation*. Ceci appuie l'observation que le ministère fait de la dynamique de l'embouchure de la Belle Rivière à l'effet que la dérive littorale en provenance de MLALC est un élément prépondérant dans les problématiques observées.

Réponse :

Voir les réponses fournies aux commentaires précédents, particulièrement en ce qui concerne la distinction à faire entre la zone « d'ensablement de l'embouchure » et le secteur du « canal de sortie » de la Belle Rivière (voir Figure QC-1, zones A et B). Nous sommes tous d'accord sur l'ensablement observé à l'extrémité de l'épi 9 et de sa provenance de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix. Toutefois, il ne s'agit pas du processus prépondérant dans la problématique d'obstruction située plus en amont, à l'endroit de la flèche de Saint-Gédéon-sur-le-Lac, tel qu'expliqué précédemment.

7. RT énonce dans son rapport :

- p.100 : « Le chenal d'écoulement a été déporté vers la digue submergée et se trouvait à longer l'extrémité de la structure sur une distance d'environ 130 m. »
- p.100 : « Le chenal excavé lors des travaux de l'hiver 2019 se trouvait quant à lui complètement enseveli sous la dérive de matériaux en provenance de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix. »
- p.115 : « L'autre élément pouvant avoir modifié la dynamique hydrosédimentaire « typique » du chenal d'écoulement est sa migration contre la digue submergée à la sortie de la rivière, combinée à l'engraissement et la progression des barres infralittorales au nord-est de l'épi 9. »
- p. 115 : « Les accumulations soutenues devant l'embouchure de la Belle Rivière augmentent par ailleurs les quantités de sédiments que le chenal d'écoulement aurait besoin d'éroder pour reprendre un alignement plus centré entre les structures. »

Ces énoncés tendent à démontrer que les sédiments en provenance de MLALC se déposent dans l'embouchure, et sédimentent entre la digue submergée et l'épi #9. Ce faisant, ils réduisent la capacité de la rivière à nettoyer son lit en entraînant une saturation du système. Cette situation empêche alors les sédiments en amont (secteur des flèches de SGSLL et de MLALC) d'être expulsés adéquatement dans le Lac-Saint-Jean. De plus, les dépôts en provenance de MLALC forcent la migration du chenal vers la digue submergée qui agit alors comme un mur en stoppant le déplacement naturel du chenal (tel qu'illustré à la figure 5.7, p.101). Le ministère est d'avis que ces éléments sont les plus probables d'être en cause dans la problématique d'obstruction rencontrée à l'embouchure de la Belle Rivière.

Réponse :

De façon générale, il semble que le Ministère fait un lien de causalité directe entre l'ensablement du canal de sortie (Figure QC-1, zone B) et les problématiques d'obstruction observées au niveau de la flèche de Saint-Gédéon-sur-le-Lac (Figure QC-1, zone A), sans proposer de mécanismes de transport sédimentaire plausibles entre ces deux zones. Or, les suivis et modélisations réalisés démontrent quant à eux des comportements clairement distincts.

« Cette situation empêche alors les sédiments en amont (secteur des flèches de SGSLL et de MLALC) d'être expulsés adéquatement dans le Lac-Saint-Jean. »

Le canal de sortie de la Belle Rivière demeure beaucoup plus large et plus profond que le chenal d'écoulement à la hauteur de la flèche de sable de Saint-Gédéon-sur-le-Lac (voir Figures 5.6 et 5.9, ainsi que Tableaux 5.16 et 5.17 dans le rapport de suivi). La Figure QC-5 illustre également bien les géométries différentes du chenal d'écoulement observées dans les deux secteurs en novembre 2022. La capacité d'écoulement du canal de sortie (Figure QC-5b) est donc largement supérieure à celle de la zone d'obstruction (Figure QC-5a) et il est peu probable qu'elle impose une restriction significative sur l'expulsion des sédiments en provenance de l'amont.

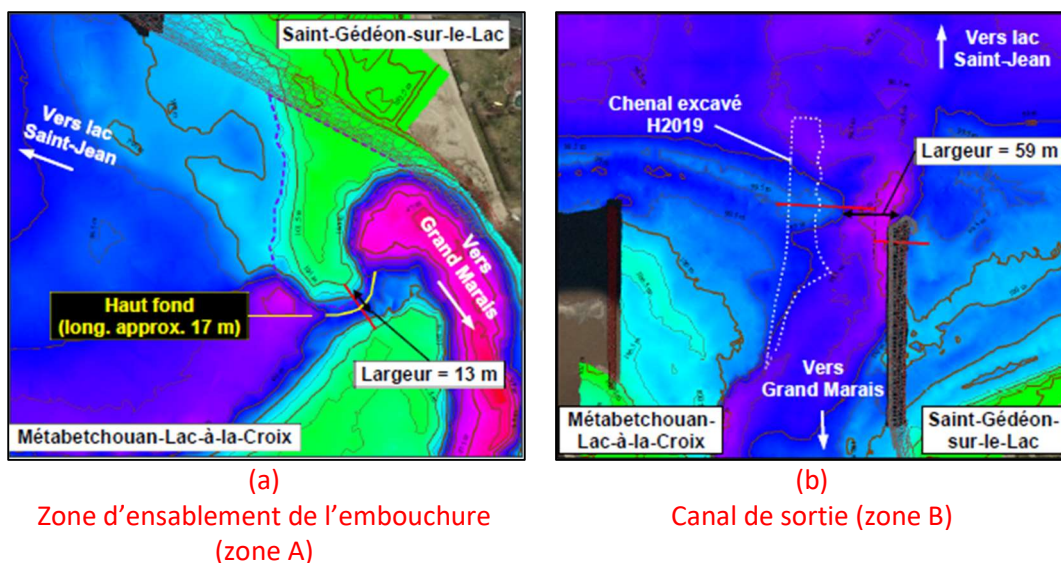


Figure QC-5 Dimensions du chenal d'écoulement à l'embouchure de la Belle Rivière en novembre 2022 (extrait des Figures 5.4 et 5.7, panneaux (f), du rapport de suivi 2022).

Par ailleurs, avant l'implantation de la digue submergée, le parcours des sédiments provenant de l'embouchure pour atteindre le large était nettement plus long puisque ceux-ci devaient longer la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac avant d'atteindre le large, comme le montre la photo aérienne de mai 2018 (Figure QC-6). Cette photo est particulièrement éloquent, car elle présente les conditions typiques observées lors de la crue printanière de la Belle Rivière. À cette période, l'évacuation de sédiments vers le lac Saint-Jean est maximale, car le débit de la rivière est élevé et le niveau du lac Saint-Jean est faible, ce qui maximise les vitesses d'écoulement dans le chenal. La photo illustre clairement le parcours sinueux qu'empruntait la rivière, et qui longeait la rive de Saint-Gédéon-sur-le-Lac, avant de rejoindre le lac Saint-Jean.

Depuis l'aménagement de la digue submergée, le canal de sortie suit un parcours rectifié, illustré par la flèche rouge, et le cheminement de la rivière est nettement réduit. Le parcours hydraulique étant raccourci entre l'embouchure et le large, l'évacuation des sédiments devrait être favorisée.

Enfin, nous ne partageons pas l'avis du Ministère à l'effet que la position du chenal de sortie contre la digue submergée constitue un élément affectant la capacité de la Belle Rivière à expulser adéquatement les sédiments vers le lac Saint-Jean. De façon générale, la littérature démontre que lorsqu'une structure rigide est aménagée dans un milieu à fond mobile, les chenaux d'écoulement ont toujours tendance à migrer contre l'ouvrage, car il s'agit du chemin de moindre énergie et qu'il permet un nettoyage plus efficace de la section d'écoulement.



Figure QC-6 Photo aérienne de mai 2018, Google Earth.

« De plus, les dépôts en provenance de MLALC forcent la migration du chenal vers la digue submergée qui agit alors comme un mur en stoppant le déplacement naturel du chenal (tel qu'illustré à la figure 5.7, p.101) »

Nous sommes en accord avec cette affirmation, mais nous aimerions rappeler que les apports en sédiments en provenance de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix ont toujours eu cet effet sur la Belle Rivière, même avant 1986, alors qu'aucun rechargement de plage n'était réalisé. La décision d'implanter une digue submergée a bien sûr empêché la migration naturelle du chenal et c'est ce qui était souhaité. La relocalisation du chenal d'écoulement de la Belle Rivière était nécessaire, afin de permettre l'adoucissement du profil de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac et la réduction de l'érosion sur le haut de la plage, avec une diminution correspondante de la fréquence des rechargements réalisés dans ce secteur.

« Le ministère est d'avis que ces éléments sont les plus probables d'être en cause dans la problématique d'obstruction rencontrée à l'embouchure de la Belle Rivière. »

Nous tenons à réitérer que les observations documentées dans le cadre des suivis techniques et les analyses effectuées dans le cadre des études de modélisation (WSP, 2022a et 2022b) n'indiquent aucun lien de causalité entre les accumulations documentées en rive gauche du canal de sortie de la Belle Rivière (Figure QC-1, zone B) et la problématique d'obstruction observée à la hauteur de la flèche de sable de Saint-Gédéon-sur-le-Lac (Figure QC-1, zone A).

8. RT affirme également que :

- p.114 : « les travaux de redressement de l’embouchure de la Belle Rivière réalisés à l’hiver 2019 répondent aux attentes »
- p.119 : « À cet effet, l’état des lieux observé en novembre 2022 demeurerait comparable, voire légèrement plus ensablé, que celui observé en novembre 2020, soit juste avant la première manifestation de la problématique d’ensablement du chenal en 2021. »
- p.120 : « Rien n’indique la présence d’une dynamique favorisant un éventuel retour du chenal d’écoulement vers son ancien lit, devant la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac. »

Toutefois, en fonction des différentes observations présentées dans le rapport de suivi technique, l’affirmation de la p.114 ne semble pas adéquate et nécessiterait d’être nuancée. En effet, bien que la flèche de SGSLL soit observée par RT depuis 2017 (WSP pour RT, Rapport 2022²), les travaux de 2019 ont vraisemblablement permis la mise en place de conditions favorables à la problématique d’ensablement de l’embouchure de la Belle Rivière. À cet égard, tel qu’énoncé précédemment, le canal de sortie creusé en 2019 est désormais complètement comblé par des sédiments. Par ailleurs, les résultats démontrent que le chenal tente de retrouver son lit initial, et qu’il longe la digue sous-marine de manière à potentiellement l’affouiller. Il semble donc que les travaux aient créé une problématique supplémentaire dans ce secteur où on retrouve une « dynamique hydrosédimentaire hautement volatile » (p.103), ce qui ne permet pas d’affirmer hors de tout doute que les objectifs globaux des travaux de 2019 sont atteints. Une connaissance plus approfondie de la dynamique hydrosédimentaire du secteur est jugée nécessaire avant qu’une autre intervention dans ce dernier ne soit réalisée.

Réponse :

« L’affirmation de la p.114 ne semble pas adéquate et nécessiterait d’être nuancée. »

L’extrait complet du rapport précise que « les travaux de redressement de l’embouchure de la Belle Rivière réalisés à l’hiver 2019 répondent aux attentes et qu’ils sont en voie d’atteindre leurs objectifs d’adoucissement de la pente de la plage et de réduction des taux d’érosion » (le long de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac et pour diminuer la fréquence des rechargements de plage à long terme). Les attentes des travaux n’ont jamais été de prévenir l’ensablement de l’embouchure de la Belle Rivière. Au contraire, l’élévation de la digue submergée a été fixée de manière à permettre un certain transit de sédiments par-dessus l’ouvrage. Le reste du rapport de suivi, dont la section d’où l’énoncé est extrait, décrit bien les nuances complémentaires concernant l’ensablement de l’embouchure de la Belle Rivière et pour lequel aucun lien de causalité avec les travaux réalisés en 2019 n’a été établi. Il

² WSP. 2022. *Ensablement de l’embouchure de la Belle Rivière (site 93.02.02) – Diagnostic et étude de faisabilité*. Rapport final de WSP Canada Inc. à Rio Tinto – Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. 63 p. et annexes.

convient de rappeler que les facteurs mis en cause pour cette problématique sont plutôt une crue printanière dans le Belle Rivière en 2021 « 60 % plus faible que la normale » et un transport de sédiments en provenance de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac « deux fois plus important que la moyenne historique » pendant les saisons estivales et automnales subséquentes (WSP, 2022a).

« bien que la flèche de SGSL soit observée par RT depuis 2017 »

Nous tenons à préciser que les relevés bathymétriques et les images aériennes permettant de caractériser la flèche remontent à 2017, voire 2016 au plus tôt (WSP, 2022a), mais les témoignages anecdotiques faits par les riverains et les observations visuelles effectuées par le PSBLSJ indiquent que le processus de formation et d’effacement de la flèche était présent bien avant cette période.

« les travaux de 2019 ont vraisemblablement permis la mise en place de conditions favorables à la problématique d’ensablement de l’embouchure de la Belle Rivière »

Des analyses par modélisation numérique ont été effectuées en ce sens dans le cadre de l’étude de faisabilité réalisée par WSP en 2022 et les résultats démontrent que « *les travaux de réaménagement de l’embouchure réalisés en 2019 n’auraient pas eu d’impact significatif sur le taux de sédimentation observée au niveau de la flèche de sable. Ils n’auraient ni amplifié ni réduit l’ensablement de l’embouchure* » (WSP, 2022a). Rappelons que le terme « *embouchure* » dans cet extrait est utilisé pour désigner le secteur de la flèche de Saint-Gédéon-sur-le-Lac (Figure QC-1, zone A).

Nous comprenons malgré tout que le Ministère inclut le secteur du « *canal de sortie* » dans ce qu’il identifie comme « *l’embouchure* » de la Belle Rivière et qu’effectivement, la rectification du chenal d’écoulement effectuée en 2019 le force maintenant à traverser une zone de dérive sédimentaire en provenance de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix. Ce passage était cependant inévitable dans le contexte des travaux et il était attendu que le canal excavé ne soit pas fixe dans le temps, mais que la rivière migre plutôt contre la digue submergée, en raison de la pression exercée par lesdits apports. Les travaux réalisés au niveau de la digue submergée ou de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac n’affectent pas cette dynamique.

« À cet égard, tel qu’énoncé précédemment, le canal de sortie creusé en 2019 est désormais complètement comblé par des sédiments. »

Cette évolution était attendue et demeure sans conséquence sur la problématique d’obstruction de l’embouchure de la Belle Rivière ni sur l’érosion de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac. Le maintien d’un canal de sortie fixe n’est pas un objectif réalistement envisageable ni souhaitable d’un point de vue environnemental. L’intention des travaux a toujours été de laisser un espace de liberté entre l’épi 9 et la digue submergée pour que la

rivière trace son propre chemin vers le lac Saint-Jean, tout en le maintenant plus au large de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac, afin de réduire les forces érosives et la fréquence des rechargements à long terme.

« Par ailleurs, les résultats démontrent que le chenal tente de retrouver son lit initial, et qu'il longe la digue sous-marine de manière à potentiellement l'affouiller. »

Il est important de préciser que le chenal d'écoulement ne doit pas retourner dans son lit initial, car cette proximité au rivage était à l'origine de l'érosion chronique de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac. La présence d'un canal incisé au pied de la plage avait pour effet de maintenir des pentes transversales trop raides, sur lesquels les matériaux mobilisés sous l'effet des vagues étaient instables et glissaient vers le pied de la plage, pour ensuite être transportés par les courants fluviaux jusqu'au large. Les profondeurs importantes au pied de la plage permettaient également à des vagues plus fortes d'atteindre la berge et d'engendrer la nécessité de recharger annuellement. Les travaux de remblayage de l'ancien lit réalisés en 2019 ont donc permis d'adoucir la pente de la plage et de réduire les taux d'érosion. En ce sens, la digue submergée doit continuer d'agir comme barrière pour empêcher un retour de la rivière vers son ancien lit. À noter que la digue submergée a été conçue pour éviter l'affouillement lorsque le chenal d'écoulement reviendrait s'appuyer contre celle-ci.

« Il semble donc que les travaux aient créé une problématique supplémentaire dans ce secteur »

Le Ministère est prié d'étayer les notions sur lesquelles il s'appuie pour faire cette affirmation. Nous réitérons que les observations documentées dans le cadre des suivis techniques et les analyses effectuées dans le cadre des études de modélisation (WSP, 2022a et 2022b) n'indiquent aucun lien de causalité entre les travaux réalisés en 2019 et la problématique d'obstruction de l'embouchure de la Belle Rivière observée depuis 2021. Au contraire, les facteurs mis en cause pour cette problématique sont une crue printanière dans la Belle Rivière en 2021 « 60 % plus faible que la normale » et un transport de sédiments en provenance de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac « deux fois plus important que la moyenne historique » pendant les saisons estivales et automnales subséquentes (WSP, 2022a). Depuis, la rivière peine à nettoyer la masse importante de sédiments grossiers s'étant accumulée sur la flèche. À cet effet, le rapport de suivi énonce clairement « *qu'un retour à une dynamique plus « standard » d'effacement de la flèche lors de la crue printanière pouvait s'échelonner sur plus d'une année* ».

« Une connaissance plus approfondie de la dynamique hydrosédimentaire du secteur est jugée nécessaire avant qu’une autre intervention dans ce dernier ne soit réalisée. »

Les activités de suivis se poursuivent en 2023. Cependant, dans le contexte où le secteur a maintenant fait l’objet de quatre années consécutives de suivis, qui ont inclus de multiples relevés bathymétriques et analyses de bilans sédimentaires, ainsi que plusieurs études spécifiques comprenant des modélisations hydrodynamiques et hydrosédimentaires 1D et 2D du secteur local de Saint-Gédéon-sur-le-Lac et de la zone élargie vers Métabetchouan-Lac-à-la-Croix, que toute cette information a déjà été partagée avec le ministère et sachant qu’il n’est pas anticipé que le système converge vers un état de « *plus grande stabilité* » sur un horizon prévisible, le ministère est prié d’énoncer ces attentes sur les « *connaissances approfondies* » qu’il souhaiterait obtenir avant de considérer une autre intervention dans le secteur, ainsi qu’avant le suivi 2023.

Nous réitérons que pendant ce temps, l’érosion du haut de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac se poursuit et menace l’intégrité du perré de support. Advenant une défaillance de cet ouvrage, ce seront les terrains des riverains qui seront affectés par l’érosion. Tel que précisé dans le rapport de suivi, un rechargement de la plage est requis dans les plus brefs délais pour remplacer les sédiments perdus, assurer la pérennité du perré et restaurer une largeur de plage utile devant l’ouvrage. Dans le contexte d’ensablement de l’embouchure de la Belle Rivière, par contre, la mise en place d’un nouveau rechargement ne peut être envisagée sans l’ajout de structures supplémentaires (épis ou brise-lames) sur la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac pour retenir les matériaux et éviter qu’ils ne migrent vers l’embouchure de la rivière et augmentent les risques d’obstruction. Il n’est donc pas souhaitable d’attendre avant de planifier les prochaines interventions.

Référence :

WSP. 2022a. *Ensablement de l’embouchure de la Belle Rivière (site 93.02.02) – Diagnostic et étude de faisabilité*. Rapport final de WSP Canada Inc. à Rio Tinto – Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. 63 p. et annexes.