

SITES 94.03.01, 2014.03.01 ET 93.02.02 – MÉTABETCHOUAN–LAC-À-LA-CROIX ET SAINT-GÉDÉON

SUIVI TECHNIQUE 2020

RIO TINTO
PROGRAMME DE STABILISATION DES BERGES DU LAC SAINT-JEAN

FÉVRIER 2021



Source : Rio Tinto (2018)



SITES 94.03.01, 2014.03.01
ET 93.02.02 –
MÉTABETCHOUAN–
LAC-À-LA-CROIX ET
SAINT-GÉDÉON

SUIVI TECHNIQUE 2020

RIO TINTO
PROGRAMME DE STABILISATION DES BERGES
DU LAC SAINT-JEAN

VERSION FINALE

PROJET N^o : 201-08852-00
DATE : FÉVRIER 2021

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

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

SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR



Noémie Blouin, ing., M.Sc
N° OIQ : 5039486

RÉVISÉ PAR



Justin McKibbin, ing., M.Sc.
N° OIQ : 5000352

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

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

ÉMISSION/RÉVISION	PRÉPARÉ POUR	DATE
Préliminaire	Rio Tinto – Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean	1 ^{er} février 2021
Finale	Rio Tinto – Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean	24 février 2021

SOMMAIRE

Le domaine étudié dans le cadre de ce suivi regroupe les sites 94.03.01, 2014.03.01 et 93.02.02, qui chevauchent les municipalités de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix et de Saint-Gédéon, de part et d'autre de l'embouchure de la Belle-Rivière. Depuis la dernière période de suivi, en 2019, aucune intervention n'a été réalisée du côté de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix (sites 94.03.01 et 2014.03.01). Au site 93.02.02, à Saint-Gédéon-sur-le-Lac, par contre, un rechargement de gravillon avec couche de sable fin de 17 000 tonnes a été mis en place devant le perré de support existant sur le haut de la plage.

Les activités réalisées dans le cadre de ce suivi comprenaient la réalisation de relevés topographiques et bathymétriques en novembre 2020. Une visite de terrain en septembre 2020 et l'arpentage de la ligne de rivage au niveau 101,54 m (16,5 pi) en novembre 2020 ont également été réalisés. Pour l'ensemble du domaine étudié, la période d'analyse couvre l'intervalle de temps entre novembre 2019 et novembre 2020. Au site 93.02.02, par contre, la topographie du haut de la plage a été modifiée pour tenir compte de l'état des lieux après le rechargement réalisé en mars 2020.

De façon générale, l'évolution annuelle a été caractérisée par des taux de transport relativement faibles ou des tendances érosives inférieures à la normale. Les zones névralgiques demeurent cependant le secteur des épis en géotubes du Centre Plein Air Saint-Pierre (site 94.03.01) et le tronçon de plage situé devant le perré de support à Saint-Gédéon-sur-le-Lac (site 93.02.02). Au premier endroit, certains taux d'érosion mesurés étaient parmi les plus élevés des cinq dernières années, alors qu'au second, la majorité des matériaux déposés lors du rechargement de mars 2020 a été emportée du haut de la plage pendant les périodes estivale et automnale.

Au site 93.02.02, par contre, la dérive des matériaux semble avoir contribué à la formation de barres infralittorales et de zones d'accumulation au pied de la plage, sur le remblai de l'ancien canal de la Belle-Rivière. Le rehaussement du fond marin devrait permettre de réduire l'énergie des vagues atteignant la berge en provoquant le déferlement plus au large et en adoucissant le profil transversal de la plage, favorisant à terme une meilleure stabilité des matériaux.

Parmi les autres observations constatées, il convient de souligner un recul de 2 à 4 m de la ligne de rivage dans le secteur des épis en géotubes, une augmentation de la longueur du tronçon de plage affichant une largeur inférieure à 8 m dans ce même secteur, un taux d'érosion supérieure à la normale au nord-est de l'épi 8 (site 2014.03.01), ainsi qu'une légère accumulation de sédiments au sud-ouest de l'épi 9. À l'embouchure de la Belle-Rivière, le chenal d'écoulement a poursuivi son remodelage et son déplacement progressif vers le nord-est à la sortie et vers le sud-ouest plus en amont. Rien n'indique pour autant la présence d'une dynamique favorisant un éventuel retour du canal vers son ancien lit. Les flèches de sable situées de part et d'autre du chenal à l'entrée de l'embouchure ont quant à elles continué de progresser, exacerbant les goulots d'étranglement dans la rivière. Les matériaux accumulés devraient néanmoins être chassés lors de la prochaine crue printanière. En effet, la zone devant l'embouchure de la Belle-Rivière restera toujours hautement dynamique en raison des contraintes exercées, dans un premier temps par le régime fluvial et, dans un second temps, le

régime littoral, qui ont parfois des effets contrastants sur le remodelage des berges et des parois du canal. La migration des méandres et l'alternance entre les périodes d'érosion, au printemps au moment où le débit de la rivière est à son maximum, et d'accumulation, à l'été, alors que les vitesses sont réduites, constituent des processus normaux pour ce genre de milieu.

Sur une base cumulative, les suivis continuent de démontrer une efficacité satisfaisante des interventions aux sites 94.03.01 et 2014.03.01. Les épis en géotubes ont permis de réduire les taux d'érosion au nord-est de l'épi 5, tout en permettant un transit partiel de la dérive littorale vers le nord-est. Leur performance est donc conforme à ce qui est attendu pour ce type d'ouvrage. Les épis en enrochement 7 et 8 ont pour leur part provoqué la formation d'une zone d'accumulation au sud-ouest des ouvrages tout en repoussant la zone d'érosion prévue se développer au nord-est vers un secteur où le trait de côte bénéficie d'un espace de liberté relativement élevé et où son recul est jugé tolérable. La zone d'accumulation au sud-ouest de l'épi 7 semble cependant avoir atteint son état d'équilibre sans que son influence dans le secteur des épis en géotubes soit particulièrement distinguable. Celle-ci semble se limiter principalement à une stabilité légèrement accrue des matériaux sur le haut de la plage au nord-est des ouvrages. Enfin, l'épi 9 a permis de maintenir un état d'équilibre le long de la plage au sud-ouest et capte les matériaux transportés le long du banc de sable de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix avant qu'ils n'atteignent l'embouchure de la Belle-Rivière ce qui est conforme aux attentes.

Au site 93.02.02, les travaux de redressement de l'embouchure de la Belle-Rivière ne semblent pas encore avoir eu d'influence notable sur le taux d'érosion du haut de la plage devant le perré de support. Il demeure cependant prématuré de faire un lien entre ce résultat et l'efficacité ultime de l'intervention, d'autant plus que le bilan sédimentaire net pour cette zone depuis les travaux de redressement de l'embouchure de la Belle-Rivière s'est avéré positif, impliquant la provenance de sédiments de l'extérieur du système. En effet, la formation de barres infralittorales et de zones d'accumulation sur le remblai de l'ancien canal de sortie de la Belle-Rivière témoigne de l'évolution du secteur vers un nouvel état d'équilibre. Il est tout de même recommandé de mettre en place un rechargement de plage devant le perré de support afin de favoriser l'atteinte de cet état d'équilibre. À terme, il demeure prévu que le rehaussement du fond marin et le remodelage du profil transversal de la plage permettent de réduire l'énergie des vagues atteignant la berge, favorisant ainsi une meilleure stabilité des matériaux et une réduction des taux d'érosion.

TABLE DES MATIÈRES

1	CONTEXTE.....	1
2	OBJECTIFS	11
3	ACTIVITÉS DE SUIVI	13
4	BILAN DES CONDITIONS ÉROSIVES	15
5	RÉSULTATS ET OBSERVATIONS.....	17
5.1	RELEVÉS PHOTOGRAPHIQUES ET OBSERVATIONS VISUELLES	17
5.1.1	SITE 94.03.01 – SECTEUR 3B : ENTRE LES ÉPIS 5 ET 6 (CH. 2+172 À 2+226).....	17
5.1.2	SITE 94.03.01 – SECTEUR 4A : AU NORD-EST DE L'ÉPI 6 (CH. 2+014 À 2+172).....	17
5.1.3	SITE 2014.03.01 – SECTEUR 1 : AU SUD-OUEST DE L'ÉPI 7 (CH. 1+820 À 2+014).....	18
5.1.4	SITE 2014.03.01 – SECTEUR 2 : ENTRE LES ÉPIS 7 ET 8 (CH. 1+726 À 1+820).....	18
5.1.5	SITE 2014.03.01 – SECTEUR 3A : AU NORD-EST DE L'ÉPI 8 (CH. 1+424 À 1+726).....	18
5.1.6	SITE 2014.03.01 – SECTEUR 3B : AU SUD-OUEST DE L'ÉPI 9 (CH. 0+800 À 1+424).....	18
5.1.7	SITE 2014.03.01 – SECTEUR 4 : AU NORD-EST DE L'ÉPI 9 (CH. 0+568 À 0+800).....	19
5.1.8	SITE 93.02.02 – SECTEUR 1 : AU SUD-OUEST DE L'ÉPI 2 (CH. 1+498 À 1+628).....	19
5.1.9	SITE 93.02.02 – SECTEUR 2 : DEVANT LE PERRÉ DE SUPPORT (CH. 1+628 À 1+871).....	19
5.1.10	SITE 93.02.02 – SECTEUR 3 : AU NORD-EST DE LA DIGUE SUBMERGÉE (CH. 1+871 À 2+275).....	19
5.1.11	SITE 93.02.02 – SECTEUR BR : EMBOUCHURE DE LA BELLE-RIVIÈRE (ENTRE LA DIGUE SUBMERGÉE ET L'ÉPI 9).....	19
5.2	CAMPAGNE DE RELEVÉS ET BILANS SÉDIMENTAIRES	20
5.2.1	SITE 94.03.01 – SECTEUR 3B : ENTRE LES ÉPIS 6 ET 5 (CH. 2+172 À 2+226).....	43
5.2.2	SITE 94.03.01 – SECTEUR 4A : AU NORD-EST DE L'ÉPI 6 (CH. 2+014 À 2+172).....	43
5.2.3	SITE 2014.03.01 – SECTEUR 1 : AU SUD-OUEST DE L'ÉPI 7 (CH. 1+820 À 2+014).....	44

5.2.4	SITE 2014.03.01 – SECTEUR 2 : ENTRE LES ÉPIS 7 ET 8 (CH. 1+726 À 1+820).....	44
5.2.5	SITE 2014.03.01 – SECTEUR 3A : AU NORD-EST DE L'ÉPI 8 (CH. 1+424 À 1+726).....	45
5.2.6	SITE 2014.03.01 – SECTEUR 3B : AU SUD-OUEST DE L'ÉPI 9 (CH. 0+800 À 1+424).....	45
5.2.7	SITE 2014.03.01 – SECTEUR 4 : AU NORD-EST DE L'ÉPI 9 (CH. 0+568 À 0+800).....	45
5.2.8	SITE 93.02.02 – SECTEUR 1 : AU SUD-OUEST DE L'ÉPI 2 (CH. 1+498 À 1+628).....	46
5.2.9	SITE 93.02.02 – SECTEUR 2 : DEVANT LE PERRÉ DE SUPPORT (CH. 1+628 À 1+871).....	46
5.2.10	SITE 93.02.02 – SECTEUR 3 : AU NORD-EST DE LA DIGUE SUBMERGÉE (CH. 1+871 À 2+275).....	47
5.2.11	SITE 93.02.02 – ZONES DE QUADRILLAGE	47
5.3	CAMPAGNE DE RELEVÉS DE LA LIGNE DE RIVAGE.....	50
6	DISCUSSION	51
6.1	ÉVOLUTION ANNUELLE.....	51
6.1.1	SITE 94.03.01 (ÉPIS 5 À 7)	51
6.1.2	SITE 2014.03.01 (ÉPIS 7 À 9)	51
6.1.3	SITE 93.02.02.....	52
6.2	ÉVOLUTION CUMULATIVE	53
6.2.1	SITE 94.03.01 (ÉPIS GÉOTUBES 5 À 7)	53
6.2.2	SITE 2014.03.01 (ÉPIS 7 À 9)	54
6.2.3	SITE 93.02.02.....	54
7	CONCLUSION	57
7.1	SITE 94.03.01 (ÉPIS 5 À 7)	57
7.2	SITE 2014.03.01 (ÉPIS 7 À 9)	58
7.3	SITE 93.02.02	58
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	61

TABLEAUX

TABLEAU 1.1	HISTORIQUE DES INTERVENTIONS RÉALISÉES DANS LA ZONE ÉTENDUE ENTOURANT LES SITES 94.03.01 ET 2014.03.01, DANS LA MUNICIPALITÉ DE MÉTABETCHOUAN-LAC-À-LA-CROIX.	3
TABLEAU 1.2	HISTORIQUE DES INTERVENTIONS RÉALISÉES DANS LA ZONE ÉTENDUE ENTOURANT LE SITE 93.02.02, DANS LA MUNICIPALITÉ DE SAINT-GÉDÉON.	5
TABLEAU 3.1	ACTIVITÉS RÉALISÉES DANS LE CADRE DU SUIVI 2020	13
TABLEAU 5.1	SUBDIVISIONS DE LA ZONE D'ÉTUDE	17
TABLEAU 5.2	LARGEURS D'INFLUENCE DES PROFILS TRANSVERSAUX – SITES 94.03.01/2014.03.01 (SECTEUR A03.07)	21
TABLEAU 5.3	LARGEURS D'INFLUENCE DES PROFILS TRANSVERSAUX – SITE 93.02.02 (SECTEUR A02.07).....	22
TABLEAU 5.4	BILANS SÉDIMENTAIRES PRÉVUS ET OBSERVÉS – SITES 94.03.01/2014.03.01 (SECTEUR A03.07)	39
TABLEAU 5.5	BILANS SÉDIMENTAIRES PRÉVUS ET OBSERVÉS – SITE 93.02.02 (SECTEUR A02.07).....	41
TABLEAU 5.6	ÉVOLUTION DES TAUX DE TRANSPORT SÉDIMENTAIRE MOYENS ANNUELS AU NORD-EST DE L'ÉPI 6	44

FIGURES

FIGURE 1.1	LOCALISATION DES TRAVAUX – SITES 94.03.01/2014.03.01 – SECTEUR A03.07	7
FIGURE 1.2	LOCALISATION DES TRAVAUX – SITE 93.02.02 – SECTEUR A02.07	9
FIGURE 4.1	ÉVOLUTION DU NIVEAU DU LAC SAINT-JEAN PENDANT LA PÉRIODE D’EAU LIBRE 2020 (STATION CEHQ 069214 – ROBERVAL).....	15
FIGURE 5.1	TRANSPORT SÉDIMENTAIRE CUMULATIF OBSERVÉ – PÉRIODE 1994-2008 – SITES 91.03.02/94.03.01 (SECTEUR A03.07).....	23
FIGURE 5.2A	TRANSPORT SÉDIMENTAIRE CUMULATIF OBSERVÉ – PÉRIODE 2008-2020 – SITES 94.03.01/2014.03.01 (SECTEUR A03.07).....	24
FIGURE 5.3A	TRANSPORT SÉDIMENTAIRE ANNUEL OBSERVÉ – PÉRIODE 2008-2020 – SITES 94.03.01/2014.03.01 (SECTEUR A03.07).....	27

CARTES

CARTE 5.1	TRANSPORT SÉDIMENTAIRE ANNUEL OBSERVÉ – PÉRIODE 2019-2020 – SITES 94.03.01/2014.03.01 (SECTEUR A03.07).....	31
CARTE 5.2	TRANSPORT SÉDIMENTAIRE CUMULATIF OBSERVÉ – PÉRIODES 2008-2020 (SITE 94.03.01) ET 2014- 2019 (SITE 2014.03.01) – SITES 94.03.01/2014.03.01 (SECTEUR A03.07).....	33

CARTE 5.3	ÉVOLUTION BATHYMÉTRIQUE ET TOPOGRAPHIQUE OBSERVÉE ENTRE MARS ET NOVEMBRE 2020 – SITE 93.02.02 (SECTEUR A02.07).....	35
CARTE 5.4	ÉVOLUTION BATHYMÉTRIQUE OBSERVÉE ENTRE MARS 2019 ET NOVEMBRE 2020 – SITE 93.02.02 (SECTEUR A02.07).....	37

ANNEXES

- A** RÉPERTOIRE PHOTOGRAPHIQUE
- B** PROFILS BATHYMÉTRIQUES
- C** PLANS
- D** SYNTHÈSE DES INTERVENTIONS ET OBSERVATIONS

1 CONTEXTE

Les sites 94.03.01, 2014.03.01 et 93.02.02 délimitent un tronçon de plage d'environ 2 400 m chevauchant les municipalités de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix et de Saint-Gédéon-sur-le-Lac, de part et d'autre de l'embouchure de la Belle-Rivière. Dans le cadre du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean (PSBLSJ), plusieurs techniques ont été mises en œuvre depuis 1987 pour atténuer les problématiques d'érosion et d'accumulation observées dans le secteur, dont la mise en place de rechargements de sable et de gravillon, ainsi que la construction d'épis et de perrés. Les suivis techniques en cours et à venir doivent permettre de valider si les objectifs de cette intervention sont atteints.

Le Tableau 1.1 et le Tableau 1.2, ainsi que la Figure 1.1 et la Figure 1.2, présentent un bref historique des interventions réalisées dans la zone d'étude. L'annexe D présente quant à elle un portrait plus détaillé des travaux, ainsi que les activités de suivi réalisées depuis 1986.

Des suivis techniques sont effectués aux sites 94.03.01 et 2014.03.01 depuis 2008 et 2014, respectivement. Dans le cadre du mandat actuel, la zone de suivi a été prolongée vers le site 93.02.02 afin de documenter l'évolution du littoral suivant les travaux de redressement de l'embouchure de la Belle-Rivière, réalisés à l'hiver 2019. Cette intervention incluait la construction d'une digue submergée en pierres pour obstruer le tronçon du canal de sortie de la rivière longeant la plage de Saint-Gédéon, le remblayage de l'ancien canal derrière la digue, l'excavation d'un nouveau canal de sortie, puis la mise en place d'un rechargement sur le haut de la plage de Saint-Gédéon. Les travaux avaient pour objectif d'éloigner le canal de la Belle-Rivière du littoral afin de rehausser et adoucir la pente au pied de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac, permettant ainsi d'atténuer l'énergie des vagues sur une plus grande distance et diminuer la fréquence des rechargements de plage à long terme.

Étant donné que le littoral au site 93.02.02 a été complètement transformé suite aux travaux s'étant terminés en mars 2019, le suivi actuel s'inscrit en continuité avec celui réalisé en 2019 et a pour objectif de déterminer le niveau d'efficacité des différentes interventions par rapport aux objectifs de départ. Il sert également à alimenter le rapport annuel de suivi que Rio Tinto doit transmettre au ministère de l'Environnement et la Lutte contre les changements climatiques (MELCC).

Un bref historique des travaux réalisés dans les différents secteurs est présenté ci-après. Du côté de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix (sites 94.03.01 et 2014.03.01), aucune intervention n'a été réalisée depuis le dernier exercice de suivi en 2019 (WSP, 2020). Un rechargement de gravillon avec couche de sable fin (17 000 tonnes) a quant à lui été réalisé à Saint-Gédéon (site 93.02.02) à l'hiver 2020. Cette intervention incluait par ailleurs la réfection d'un perré sur 77 m, en rive droite de la Belle-Rivière, avec l'ajout de pierres de calibre 200-400 mm et l'aménagement d'une technique végétale en crête.

Sites 94.03.01 et 2014.03.01 (Métabetchouan-Lac-à-la-Croix)

À l'hiver 1991, deux épis en enrochement ont été aménagés aux chaînages 2+717 et 2+442 afin d'adresser une problématique d'érosion de la plage au sud-ouest. Suivant cette intervention, cependant, la zone d'érosion s'est déplacée au nord-est des structures. Le champ d'épis a donc été prolongé en 1994 avec trois ouvrages en enrochement supplémentaires, aux chaînages 2+297, 2+226 et 2+172. Pour assurer une transition plus graduelle entre la zone de

structures et le tronçon de plage non protégée, la longueur des épis a été réduite progressivement vers le nord-est.

Malgré cette transition, une zone d'érosion s'est tout de même développée au nord-est des structures. Devant cet impact récurrent des épis, une technique de stabilisation plus douce, soit le rechargement de la plage, a alors été privilégiée dans les années subséquentes pour adresser la problématique d'érosion. Les interventions se sont toutefois succédées à une fréquence quasi annuelle, voire parfois semi-annuelle. Un perré de support de 53 m a par ailleurs été aménagé en 2004 au nord-est de l'épi 6 afin de protéger la berge contre l'érosion récurrente.

En 2008, trois épis en géotubes ont été mis en place aux chaînages 2+172, 2+119 et 2+066 pour tenter de ralentir la perte des matériaux de plage. Des ouvrages supplémentaires ont aussi été ajoutés en 2010 pour augmenter le volume de sédiments captés par les aménagements. L'utilisation de ce type de structures a été choisie comme technique de stabilisation au terme d'une consultation avec les riverains, qui souhaitaient trouver une solution alternative aux épis conventionnels en enrochement afin d'éviter les problématiques d'érosion typiquement observées en aval de ce genre de structures. Les épis en géotubes devaient donc permettre 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.

Malheureusement, 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 diminuée de façon significative. En 2014, deux épis en enrochement supplémentaires ont donc été aménagés, environ 250 m au nord-est (site 2014.03.01), afin de réduire la perte de sédiments dans le secteur des épis en géotubes et de repousser la zone d'érosion vers un endroit où la plage était plus large et où le trait de côte bénéficiait d'un espace de liberté accru. Pour éviter, malgré tout, un recul excessif de la plage et favoriser le développement d'un état d'équilibre du trait de côte dans ce secteur, un troisième épi a également été aménagé à l'extrémité du banc de sable de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix.

Site 2014.03.01 et 93.02.02 (Embouchure de la Belle-Rivière)

Depuis la régularisation des niveaux d'eau dans le lac Saint-Jean, une dérive progressive de l'embouchure de la Belle-Rivière était observée vers le nord-est. Un des phénomènes qui motivait cette évolution était la dérive littorale dominante du secteur, qui transporte les sédiments le long du banc de sable de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix, puis les dépose devant l'embouchure. Au fil du temps, les accumulations de sédiments ont forcé le chenal d'écoulement de la Belle-Rivière à dévier vers le nord-est, au point où il est venu à longer le pied de la plage devant le site 93.02.02 (à Saint-Gédéon) sur près de 400 m. Cette formation jouait alors un rôle important dans l'érosion de la berge observée à cet endroit, puisqu'elle maintenait une profondeur d'eau relativement importante au pied de la plage et une pente infralittorale plus raide que dans les secteurs adjacents. Ceci permettait alors aux vagues de parvenir à la berge avec plus d'énergie. L'écoulement des eaux, surtout lors de la crue printanière, évacuait quant à elle progressivement les sédiments s'accumulant dans le chenal.

L'épi construit à l'extrémité nord-est du banc de sable de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix (site 2014.03.01) devait capter une partie des matériaux dérivant du sud-ouest, évitant ainsi qu'ils ne soient transportés vers l'embouchure. Bien que la structure ait permis d'amorcer certaines dynamiques convoitées (WSP, 2018), l'ouvrage à lui seul ne semblait pas suffisant pour provoquer le redressement complet du chenal d'écoulement sur un horizon de temps acceptable. Une intervention de plus grande envergure a donc été réalisée en 2019, avec la

construction d'une digue submergée en enrochement pour obstruer le tronçon du chenal longeant la plage, le remblayage du canal derrière la digue, puis l'excavation d'un nouveau canal de sortie selon un alignement plus perpendiculaire au littoral. Ensemble, l'épi 9 et la digue submergée doivent permettre de borner les déplacements du chenal d'écoulement de la Belle-Rivière, empêchant ce dernier de dévier à nouveau trop proche de la berge.

Site 93.02.02 (Saint-Gédéon)

Les interventions réalisées dans le cadre du PSBLSJ dans le secteur de Saint-Gédéon se sont amorcées avec la construction de six épis en enrochement de longueurs variant entre 80 et 190 m le long de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac (site 87.02.04). Au site 93.02.02, situé au sud-ouest du champ d'épis, la première intervention réalisée a été un rechargement de plage à l'automne 1993 devant un perré de support existant, dans un secteur où la berge formait une légère avancée vers le lac. L'extrémité nord-est du perré a également été refaite lors de cette intervention. Un second rechargement a ensuite été réalisé en 1997. Un perré de support de 60 m a quant à lui été aménagé à l'hiver 2002 sur la rive droite de l'embouchure de la Belle-Rivière pour protéger la berge contre l'érosion.

À compter de 2009, la fréquence et l'envergure des interventions réalisées sur la plage ont subi une augmentation significative. La migration du chenal d'écoulement de la Belle-Rivière à proximité du rivage a été mise en cause pour ce changement soudain de la dynamique.

Des rechargements ont été réalisés sur une base quasi annuelle et le perré de support a été prolongé d'urgence vers le sud-ouest en 2011 (10 m), puis reconstruit en grande partie (112 m) et prolongé vers le nord-est (138 m) en 2015. Pour les rechargements, différentes approches ont été mises à l'essai, faisant varier la longueur d'intervention et les taux de rechargements. Aucun changement particulièrement distinctif n'a cependant été constaté à l'égard des résultats et de la pérennité des interventions.

En 2019, le chenal d'écoulement de la Belle-Rivière a été remblayé dans le cadre des travaux de redressement de l'embouchure. Le rehaussement du pied de la plage et l'adoucissement de sa pente avaient pour objectif de provoquer le déferlement des vagues plus loin au large et d'atténuer leur énergie sur une plus grande distance, favorisant ainsi une meilleure stabilité des matériaux sur le haut de la plage.

Les rechargements de la plage se sont malgré tout poursuivis en 2019 (dans le cadre des travaux de redressement de la Belle-Rivière), puis en 2020.

Tableau 1.1 Historique des interventions réalisées dans la zone étendue entourant les sites 94.03.01 et 2014.03.01, dans la municipalité de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix.

PÉRIODE ¹	CHAÎNAGES		LONG. (m)	DESCRIPTION
	DÉBUT	FIN		
A1987	2+640	2+870	230	Un rechargement de sable (11 000 tonnes) est réalisé à l'extrémité sud-ouest de la zone d'étude, dans le secteur où seront aménagés les épis 2 et 3 (voir H1991).
H1991	2+442 (épi 2) 2+717 (épi 3)		N/A	Deux épis en « L » en enrochement d'environ 100 m sont aménagés au nord-est de la zone de rechargement précédente pour tenter de ralentir la dérive des matériaux.
A1991	2+442	2+717	275	Un rechargement de sable (20 000 tonnes) est réalisé entre les deux structures.

PÉRIODE ¹	CHAÎNAGES		LONG. (m)	DESCRIPTION
	DÉBUT	FIN		
A1993	2+137	2+442	305	Suivant le développement d'une zone d'érosion au nord-est des épis, un rechargement de sable (25 000 tonnes) est réalisé, combiné à un adoucissement de talus.
H1994	2+172 (épi 6) 2+226 (épi 5) 2+297 (épi 4)		N/A	Trois épis supplémentaires sont ensuite aménagés pour ralentir la dérive des matériaux dans la nouvelle zone d'érosion. La longueur des ouvrages est graduellement réduite du sud-ouest vers le nord-est (67 m, 44 m et 28 m, respectivement) afin de créer une transition entre la zone de structures et le tronçon de plage non protégée.
H1995	2+061	2+297	236	Un rechargement de sable (15 000 tonnes) est réalisé entre les structures et au nord-est des ouvrages.
A1996 H1998 A1998 A1999 H2000 A2000 A2001 A2002 A2003 A2004 A2005 A2006 A2007 A2009	2+066	2+226	160	Des rechargements de sable (8 000 à 10 000 tonnes) sont réalisés au nord-est de l'épi 5 sur une base quasi annuelle pour entretenir la plage.
H2004	2+119	2+172	53	Un perré de support est aménagé au nord-est de l'épi 6, afin de protéger le talus contre l'érosion récurrente.
H2008	2+066 (gé. 3) 2+119 (gé. 2) 2+172 (gé. 1)		N/A	Trois épis en géotubes d'environ 100 m sont mis en place dans la zone d'érosion pour ralentir la dérive des matériaux. L'épi situé au chaînage 2+172 est installé dans le prolongement de l'épi 6 (H1994). L'extrémité de l'ancienne structure est transformée en forme d'éventail.
H2010	2+066 (gé. 3) 2+119 (gé. 2)		N/A	Quatre géotubes supplémentaires sont ajoutés aux aménagements existants (H2008). Deux de ces ouvrages, d'environ 45 m de longueur, sont superposés aux épis en géotubes 2 et 3 existants afin de rehausser l'élévation des structures, alors que les deux autres sont déposés à l'extrémité des aménagements, parallèlement à la côte. Après ces ajouts, les structures forment une sorte de cellule rectangulaire permettant de circonscrire les sédiments.
	2+066	2+119	53	
	2+119	2+172	53	
H2011	2+012	2+172	160	Des travaux d'adoucissement de la pente du talus sont réalisés dans le secteur des épis en géotubes et au nord-est.
A2011	2+012	2+066	54	Un rechargement de sable (5 000 tonnes) est réalisé de part et d'autre des épis en géotubes.
	2+186	2+287	101	
A2012	1+966	2+066	100	Un rechargement de sable (4 500 tonnes) est réalisé au nord-est des épis en géotubes.
H2014	1+966	2+276	310	Un rechargement de sable (12 000 tonnes) est réalisé entre les épis en géotubes, ainsi que dans les secteurs adjacents au sud-ouest et au nord-est. Près de la moitié du volume est malgré tout déposé au nord-est des épis géotubes, sur une longueur d'environ 100 m.
	0+800 (épi 9) 1+726 (épi 8) 1+820 (épi 7)		N/A	Deux épis en enrochement (7 et 8), de 80 et 60 m, respectivement, sont aménagés au nord-est des épis en géotubes afin de ralentir la dérive de matériaux et de repousser la zone d'érosion vers un endroit où la plage est plus large et où le trait de côte bénéficie alors d'un espace de liberté accru. Un troisième épi en enrochement (épi 9) de 200 m est également ajouté à l'extrémité nord-est du banc de sable pour assurer le développement d'un état d'équilibre de la plage au sud-ouest, ainsi

PÉRIODE ¹	CHAÎNAGES		LONG. (m)	DESCRIPTION
	DÉBUT	FIN		
				qu'adresser une problématique d'accumulation de sédiments devant l'embouchure de la Belle-Rivière.
A2014	1+973	2+066	93	Un rechargement de sable (8 000 tonnes) est réalisé au nord-est des épis en géotubes.
A2015	1+986	2+172	186	Un rechargement de sable (9 000 tonnes) est réalisé entre les épis en géotubes, ainsi que dans le secteur adjacent au nord-est.

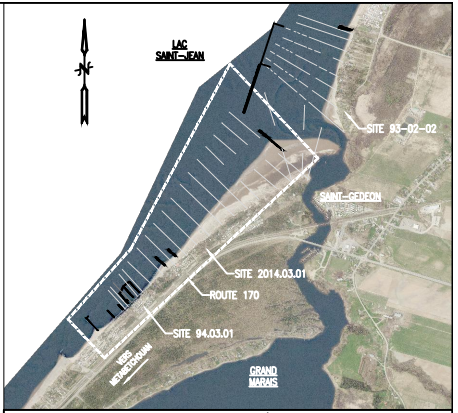
1 A = Automne; H = Hiver.

Tableau 1.2 Historique des interventions réalisées dans la zone étendue entourant le site 93.02.02, dans la municipalité de Saint-Gédéon.

PÉRIODE ¹	CHAÎNAGES		LONG. (m)	DESCRIPTION
	DÉBUT	FIN		
A1993	1+767	1+952	185	Un rechargement de gravillon avec couche de sable (10 000 tonnes) est réalisé devant le perré de support existant et dans le secteur adjacent au sud-ouest.
	1+760	1+767	7	Le perré de support est prolongé vers le nord-est.
A1997	1+767	1+967	200	Un rechargement de gravillon avec couche de sable (11 000 tonnes) est réalisé devant le perré et dans le secteur adjacent au sud-ouest.
H2002	2+215	2+275	60	Un perré est aménagé à l'embouchure de la Belle-Rivière.
A2009	1+767	2+014	247	Un rechargement de gravillon avec couche de sable (6 000 tonnes) est réalisé devant le perré et dans le secteur adjacent au sud-ouest.
H2011	1+820	1+880	10	Suite à une érosion importante de la berge lors de la crue printanière, des travaux d'urgence sont effectués pour prolonger le perré de support vers le sud-ouest.
A2011	1+767	1+989	222	Un rechargement de gravillon avec couche de sable (11 000 tonnes) est réalisé devant le perré.
A2012 H2014	1+504	1+989	485	Des rechargements de gravillon avec couche de sable (13 000 à 17 000 tonnes) sont réalisés devant le perré et au nord-est, jusqu'à l'épi 2 (site 87.02.04).
H2015	1+622	1+872	250	Le perré existant est reconstruit, puis est prolongé vers le nord-est.
	1+619	1+954	335	Un rechargement de gravillon avec couche de sable (21 000 tonnes) est réalisé devant le perré.
A2015	1+625	1+925	300	Un rechargement de gravillon avec couche de sable (12 000 tonnes) est réalisé devant le perré.
A2016 A2017	1+628	1+885	257	Un rechargement de gravillon avec couche de sable (10 000 tonnes) est réalisé devant le perré.
H2019	2+275 (digue submergée)		422	Une digue submergée est aménagée pour redresser l'embouchure de la Belle-Rivière. La base de la digue est raccordée au perré aménagé dans ce secteur en H2002.
	1+628	2+108	480	Le canal de la Belle-Rivière au nord-est de la digue est remblayé jusqu'à l'élévation 99,0/100,0 m et un rechargement de sable fin (19 000 tonnes) est réalisé sur le haut de la plage.
H2020	1+620	1+900	280	Un rechargement de gravillon avec couche de sable fin (17 000 tonnes) est réalisé sur le haut de plage.
	2+275		77	Le perré à la base de la digue submergée, en rive droite de la Belle-Rivière, est rehaussé avec des pierres de calibre 200-400 mm et une technique végétale est aménagée en crête.

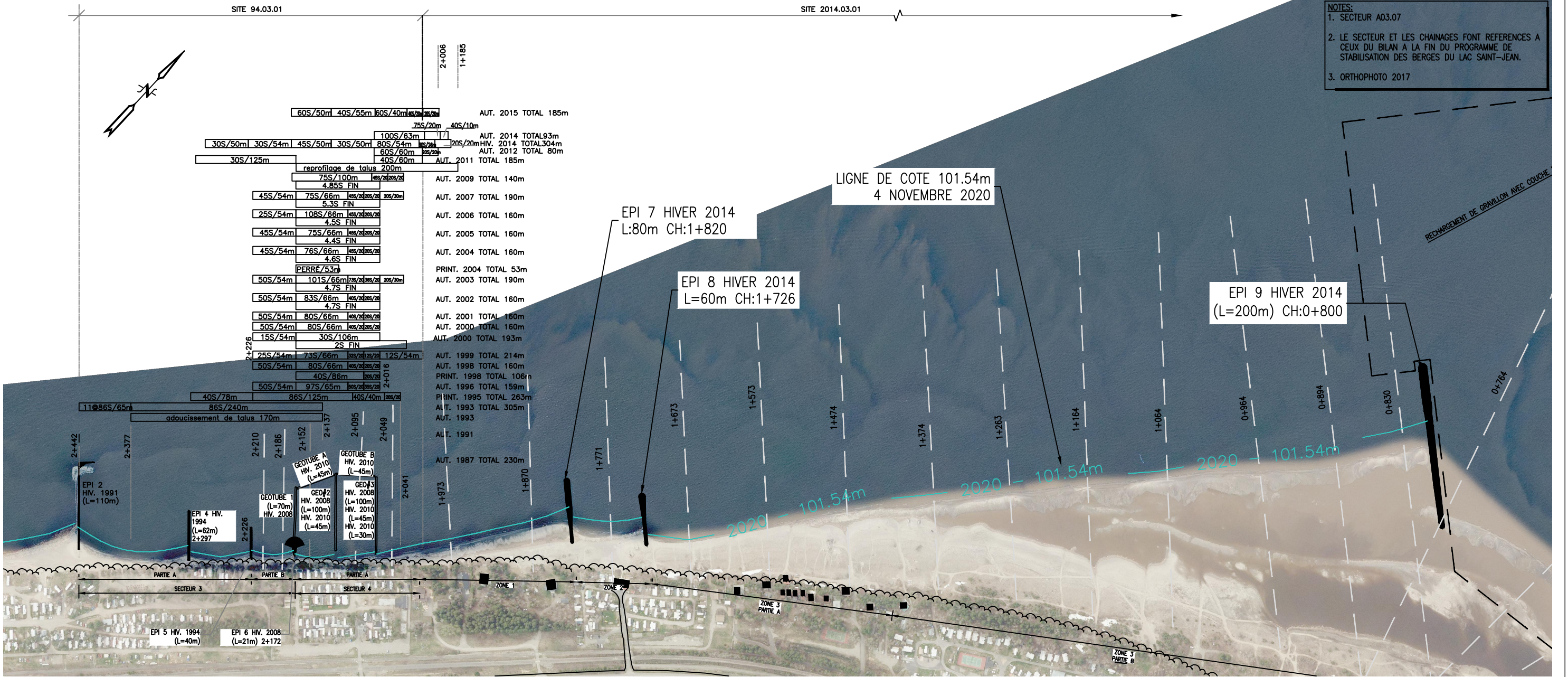
1 A = Automne; H = Hiver.

LÉGENDE	
	EPI EVENTAIL
	GÉOTUBE
	EPI
G:	RECHARGEMENT DE GRAVILLON EN T.M./M.
S:	RECHARGEMENT DE SABLE EN T.M./M.
EXCAV:	RECHARGEMENT AVEC SURPLUS D'EXCAVATION DU NOUVEAU CHENAL DE LA BELLE-RIVIÈRE EN T.M./M.



PLAN REPÈRE
ÉCHELLE 1:50 000

NOTES:
1. SECTEUR A03.07
2. LE SECTEUR ET LES CHAINAGES FONT REFERENCES A CEUX DU BILAN A LA FIN DU PROGRAMME DE STABILISATION DES BERGES DU LAC SAINT-JEAN.
3. ORTHOPHOTO 2017



ÉCHELLE
1:5000

FIGURE 1-1
LOCALISATION DES TRAVAUX
94.03.01/2014.03.01 - A03.07 - 0+830 @ 2+442

2 OBJECTIFS

Les objectifs du présent suivi sont d'observer l'évolution de la berge par rapport aux suivis antérieurs et de vérifier si les interventions effectuées ont une efficacité conforme aux attentes. Dans l'éventualité où la performance des interventions demeure en-deçà des attentes, des pistes de solutions sont proposées pour permettre de développer la pleine efficacité des travaux.

Plus spécifiquement, aux sites 94.03.01 et 2014.03.01, les épis en enrochement aménagés en 2014 doivent permettre de freiner la perte de matériaux au nord-est des épis en géotubes, de favoriser le développement d'un état d'équilibre de la plage entre les structures et de capter les matériaux transportés le long du banc de sable de Métabetchouan–Lac-à-la-Croix avant qu'ils n'atteignent l'embouchure de la Belle-Rivière. Au site 93.02.02, les travaux de redressement de l'embouchure de la Belle-Rivière doivent permettre de réduire le taux d'érosion de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac et éviter que le chenal d'écoulement de la Belle-Rivière ne dévie à nouveau à proximité de la berge.

Diverses méthodes sont employées dans le cadre de ce suivi pour évaluer cette performance, dont une visite de terrain par un ingénieur, la réalisation de bilans sédimentaires et un arpentage de la ligne de rivage.

3 ACTIVITÉS DE SUIVI

Les activités réalisées dans le cadre du suivi 2020 sont présentées dans le Tableau 3.1.

Tableau 3.1 Activités réalisées dans le cadre du suivi 2020

DATE	NIVEAU DU LAC SAINT-JEAN	ACTIVITÉ
24 septembre 2020	100,94 m [14,5 pi]	Visite de terrain par une ingénieure, avec prise de photos aux sites 94.03.01, 2014.03.01 et 93.02.02.
26, 28 & 30 octobre 2020	101,03 à 101,19 m [14,8 à 15,4 pi]	Relevés bathymétriques visant le quadrillage de la zone ceinturant l'embouchure de la Belle-Rivière, ainsi que le pied de la plage devant le site 93.02.02. Relevés bathymétriques de 18 profils aux sites 94.03.01 & 2014.03.01.
27 octobre & 4 novembre 2020	101,09 m [15,0 pi]	Relevés topographiques visant l'arpentage de la plage au site 93.02.02. Relevés topographiques de 18 profils aux sites 94.03.01 & 2014.03.01. Arpentage de la ligne de rivage au niveau 101,54 aux sites 93.02.02, 94.03.01 et 2014.03.01.

La période d'analyse considérée pour les sites 94.03.01, 2014.03.01 et 93.02.02 couvre l'intervalle de temps entre les relevés effectués lors du suivi précédent (11 novembre 2019) et ceux réalisés à l'automne 2020 (26 octobre 2020). Au site 93.02.02, cependant, la topographie du haut de la plage a été modifiée pour tenir compte de l'état des lieux après le rechargement réalisé en mars 2020.

4 BILAN DES CONDITIONS ÉROSIVES

La période d'eau libre pour l'année 2020 s'est étirée du 12 mai au 15 décembre 2020. Le départ et la prise des glaces a eu lieu dans la période habituelle, comprise entre le 30 avril et le 14 mai et entre le 4 et le 20 décembre respectivement. La période d'eau libre a donc eu une durée de 217 jours, ce qui correspond à la durée moyenne historique (période 1992-2014), qui varie entre 206 et 230 jours.

La Figure 4.1 présente l'évolution du niveau d'eau dans le lac Saint-Jean entre mai et novembre 2020. Lors de la crue printanière, le niveau d'eau a été inférieur à la moyenne historique (1987-2020) durant le mois de mai. Au début du mois de juin, le niveau d'eau a cependant atteint et excédé la cote 101,60 m (16,7 pieds) pendant une période de 9 jours consécutifs. Les niveaux d'eau sont ensuite demeurés au-dessus de l'élévation 101,40 (16,0 pieds) jusqu'à la troisième semaine de juin.

Pendant la saison estivale, les niveaux d'eau ont globalement été légèrement supérieurs aux valeurs médianes historiques de la fin juillet au début du mois d'octobre, sans pour autant excéder les niveaux maximums historiques. La période automnale (octobre à décembre) a, quant à elle, été caractérisée par des niveaux légèrement inférieurs à la médiane.

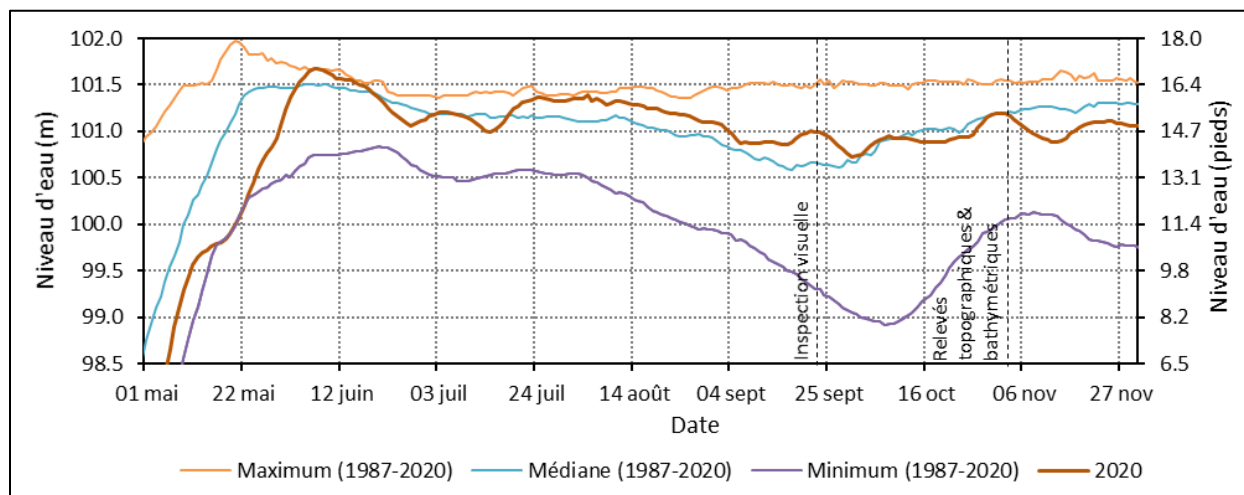


Figure 4.1 Évolution du niveau du lac Saint-Jean pendant la période d'eau libre 2020 (station CEHQ 069214 – Roberval)

5 RÉSULTATS ET OBSERVATIONS

Le Tableau 5.1 présente les subdivisions considérées dans chaque secteur pour la présentation des résultats de suivi.

Tableau 5.1 Subdivisions de la zone d'étude

	NOM	CHAÎNAGE DÉBUT	CHAÎNAGE FIN	DESCRIPTION
Site 94.03.01	Secteur 3B	2+171	2+226	Entre les épis 5 et 6
	Secteur 4A	2+014	2+171	Entre la fin des rechargements et l'épi 6
Site 2014.03.01	Secteur 1	1+820	2+014	Sud-ouest de l'épi 7
	Secteur 2	1+726	1+820	Entre les épis 7 et 8
	Secteur 3A	1+424	1+726	Nord-est de l'épi 8
	Secteur 3B	0+800	1+424	Sud-ouest de l'épi 9
	Secteur 4	0+568	0+800	Nord-est de l'épi 9
Site 93.02.02	Secteur 1	1+498	1+628	Sud-ouest de l'épi 2
	Secteur 2	1+628	1+871	Devant perré de support
	Secteur 3	1+871	2+275	Nord-est de la digue submergée
	Secteur BR	2+275 (93.02.02)	0+800 (2014.03.01)	Embouchure de la Belle-Rivière (entre la digue submergée et l'épi 9)

5.1 RELEVÉS PHOTOGRAPHIQUES ET OBSERVATIONS VISUELLES

La principale visite du secteur, avec prise de photos, a été réalisée le 24 septembre 2020, alors que le niveau du lac était à une élévation de 100,94 m (14,5 pi). Les photos citées dans les sections suivantes du rapport sont consignées dans le répertoire photographique présenté à l'annexe A.

5.1.1 SITE 94.03.01 – SECTEUR 3B : ENTRE LES ÉPIS 5 ET 6 (CH. 2+172 À 2+226)

Au nord-est de l'épi 5, l'érosion de la plage semble s'être stabilisée par rapport au suivi précédent (photos 1 et 2). En effet, le haut de la plage avait subi un abaissement généralisé entre les suivis de 2017 et de 2019 (photos 2 et 3). La ligne de végétation semble s'être aussi stabilisée.

5.1.2 SITE 94.03.01 – SECTEUR 4A : AU NORD-EST DE L'ÉPI 6 (CH. 2+014 À 2+172)

Le haut de la plage au nord-est de l'épi 6 ne semblait pas avoir subi de changement notable par rapport au suivi précédent (2019) (photos 4 et 5). De plus, le perré de support était dans un état semblable à l'année précédente.

Dans le secteur des épis en géotubes 2 et 3 (photos 6 à 10), par contre, un recul de la plage était observé immédiatement au nord-est des structures. La plage dans ces secteurs conservait malgré tout une pente relativement douce, libre d'escarpements et avec des sédiments plutôt lâches. Par ailleurs, la ligne de végétation ne semblait pas être menacée à court terme par l'érosion.

5.1.3 SITE 2014.03.01 – SECTEUR 1 : AU SUD-OUEST DE L'ÉPI 7 (CH. 1+820 À 2+014)

Au sud-ouest de l'épi 7, l'inspection visuelle n'a pas permis de constater des changements significatifs sur la plage par rapport à 2019 (photos 11 et 12). La zone d'accumulation s'était maintenue et la plage conservait une bonne largeur, avec une pente uniforme et douce.

5.1.4 SITE 2014.03.01 – SECTEUR 2 : ENTRE LES ÉPIS 7 ET 8 (CH. 1+726 À 1+820)

De façon similaire au secteur précédent, les observations visuelles réalisées entre les épis 7 et 8 n'ont pas permis de constater des changements significatifs par rapport à l'état de 2019 (photos 13 et 14). La plage conservait une largeur importante et sa forme concave était conforme aux attentes. L'accumulation, à l'extrémité nord-est de la cellule, demeure relativement faible, mais ne semble pas constituer un enjeu à l'égard de la pérennité des aménagements.

5.1.5 SITE 2014.03.01 – SECTEUR 3A : AU NORD-EST DE L'ÉPI 8 (CH. 1+424 À 1+726)

Au nord-est de l'épi 8, la zone d'érosion semblait avoir légèrement évolué depuis le dernier suivi, dans la mesure où la pente de la plage paraissait plus raide qu'en 2019 (photos 15 à 17). Cette régression ne semblait malgré tout pas avoir modifié la position du haut de talus, ni provoqué la perte de végétation à cet endroit. Elle pourrait néanmoins rendre le secteur plus vulnérable à la formation d'escarpements.

Il demeure important de rappeler que la perte de sédiments dans ce secteur constitue un effet normal et anticipé de la mise en place des épis 7 et 8. L'érosion du littoral est cependant jugée tolérable, puisque la plage demeure très large et le trait de côte bénéficie d'un espace de liberté relativement grand.

5.1.6 SITE 2014.03.01 – SECTEUR 3B : AU SUD-OUEST DE L'ÉPI 9 (CH. 0+800 À 1+424)

Plus loin au nord-est, la plage demeurerait en bon état, avec une largeur importante et une pente relativement douce (photos 18 à 20). À proximité de l'épi 9, l'inspection visuelle n'a pas permis de constater des changements significatifs par rapport à 2019 (photos 21 et 22).

5.1.7 SITE 2014.03.01 – SECTEUR 4 : AU NORD-EST DE L'ÉPI 9 (CH. 0+568 À 0+800)

Le secteur au nord-est de l'épi 9 demeurait largement submergé lors de l'inspection 2020 (photo 23). Aucun changement significatif n'a donc été observé par rapport à 2019 (photo 24).

La dynamique anticipée dans ce secteur continue malgré tout d'être une perte de sédiments et un remodelage de la flèche de sable à l'embouchure de la Belle-Rivière en raison de l'interruption de la dérive littorale provoquée par la présence de l'épi. Les relevés bathymétriques dans ce secteur révèlent d'ailleurs que des changements significatifs sont en cours sous le niveau d'eau.

5.1.8 SITE 93.02.02 – SECTEUR 1 : AU SUD-OUEST DE L'ÉPI 2 (CH. 1+498 À 1+628)

La plage au sud-ouest de l'épi 2 présentait un état satisfaisant, avec une largeur adéquate, une pente relativement douce, libre d'escarpements et des sédiments plutôt lâches (photos 27 à 30). L'inspection visuelle n'a pas constaté de changements significatifs par rapport à 2019 (photos 28 et 30).

5.1.9 SITE 93.02.02 – SECTEUR 2 : DEVANT LE PERRÉ DE SUPPORT (CH. 1+628 À 1+871)

Un rechargement de plage en gravillon avec couche de sable fin de 17 000 tonnes a été mis en place en mars 2020 devant le perré de support. Ce rechargement a cependant subi une forte érosion (photos 31 à 38), comme le démontre l'important escarpement en haut de plage. Le perré de support demeurait malgré tout recouvert des matériaux de rechargement.

Compte tenu de la quantité importante de matériaux ayant été érodés depuis mars, l'état de la plage paraissait précaire pour affronter plus d'une saison de tempêtes automnales.

5.1.10 SITE 93.02.02 – SECTEUR 3 : AU NORD-EST DE LA DIGUE SUBMERGÉE (CH. 1+871 À 2+275)

Plus loin au sud-ouest, la plage demeurait en bon état, avec une largeur importante et une pente relativement douce (photo 39). L'inspection visuelle n'a pas permis de constater des changements significatifs par rapport à 2019 (photo 40).

5.1.11 SITE 93.02.02 – SECTEUR BR : EMBOUCHURE DE LA BELLE-RIVIÈRE (ENTRE LA DIGUE SUBMERGÉE ET L'ÉPI 9)

Dans le secteur de l'embouchure de la Belle-Rivière, la zone d'ensablement à la base de la digue submergée avait visiblement poursuivi sa progression depuis 2019 (photos 41 et 42). Cette évolution ne menace cependant pas l'intégrité structurale du perré aménagé dans ce secteur.

Le perré a par ailleurs été rehaussé lors des interventions réalisées dans ce secteur à l'hiver 2020 et un aménagement végétal a été ajouté en crête. Aucun signe d'érosion ou de dégradation additionnel n'a été observé en crête par rapport au suivi précédent.

5.2 CAMPAGNE DE RELEVÉS ET BILANS SÉDIMENTAIRES

Des relevés topographiques et bathymétriques ont été effectués à l'automne 2020 vis-à-vis les chaînages usuels le long du banc de sable de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix (Figure 1.1). Devant l'embouchure de la Belle-Rivière, un quadrillage de points a plutôt été relevé (Figure 1.2), puisque la zone possède des traits qui sont beaucoup plus dynamiques que les secteurs de plage adjacents et qui évoluent à la fois selon des axes longitudinal et perpendiculaire au rivage. Ce protocole de relevé a également été prolongé au nord-est, dans la zone de remblayage de l'ancien canal de la Belle-Rivière, afin de documenter l'évolution du fond avec une meilleure résolution dans ce secteur. De façon générale, l'espacement entre les lignes de quadrillage était de 15 m, mais a été augmenté à 50 m au large de l'embouchure.

Un quadrillage de points a également été relevé dans le secteur de la plage de Saint-Gédéon, afin de documenter la zone la plus dynamique de plage, soit les 100 premiers mètres submergés. Pour les zones à l'extérieur du quadrillage, soit sur la plage et la section plus au large, la bathymétrie et la topographie ont été relevées selon les profils établis lors des relevés précédents.

Dans les secteurs caractérisés par des profils transversaux, les relevés récents ont été comparés aux courbes des années antérieures afin de quantifier les gains et les pertes de matériaux le long des sections. Les bilans sédimentaires ont ensuite été évalués en associant des longueurs d'influence à chaque profil et en multipliant les résultats des bilans transversaux par ces valeurs.

Pour les zones de quadrillage, soit dans l'embouchure de la Belle-Rivière et au site 93.02.02, la densité des points relevés permettait l'élaboration de modèles numériques de terrain en trois dimensions. Les bilans sédimentaires ont donc été calculés en évaluant les écarts verticaux entre les différentes surfaces, puis en multipliant les résultats par les superficies en plan des différents secteurs d'analyses. Au site 93.02.02, il est important de souligner que l'état de référence des lieux correspond à celui relevé à l'automne 2019, mais avec une modification de la topographie du haut de la plage pour tenir compte du rechargement réalisé en mars 2020.

Le Tableau 5.2 et le Tableau 5.3 présentent les largeurs d'influence attribuées aux différents profils transversaux, alors que les Figures 5.1 à 5.3, ainsi que les Cartes 5.1 à 5.4, illustrent les bilans sédimentaires cumulatifs et annuels observés dans chaque zone représentée. Pour les Cartes 5.1 et 5.2, il est important de souligner que les graphiques présentent le transport net. Les volumes de sédiments ajoutés lors des rechargements sont déduits des calculs. Cette opération ne peut cependant pas être effectuée pour les Cartes 5.3 et 5.4.

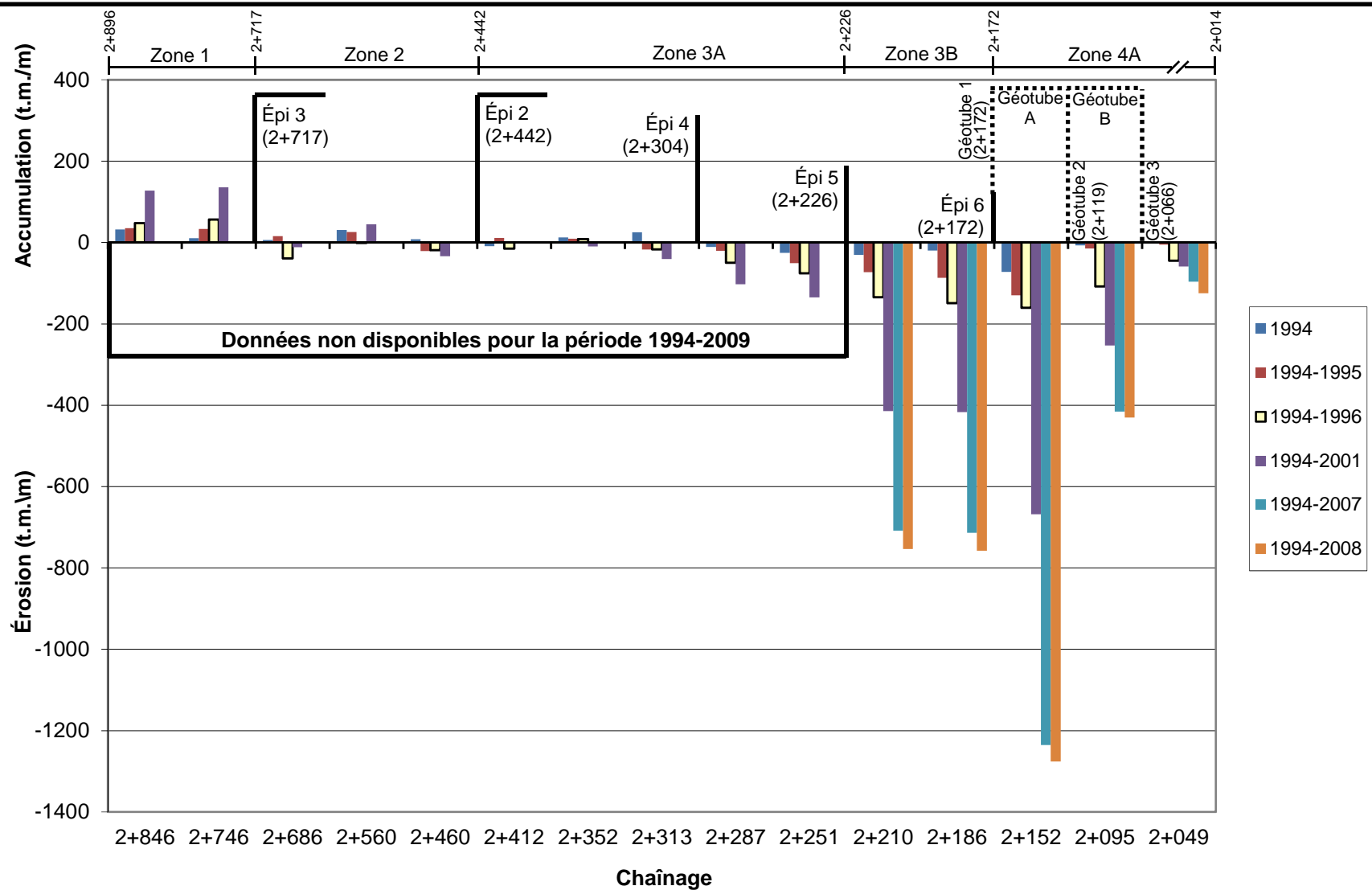
Le Tableau 5.4 et le Tableau 5.5 présentent quant à eux les bilans sédimentaires prévus et observés dans chaque secteur. Enfin, l'annexe B présente les profils transversaux, alors que la localisation des lignes de référence est illustrée sur les plans consignés à l'annexe C.

Tableau 5-2
Largeurs d'influence des profils transversaux
Sites 94.03.01/2014.03.01 (secteur A03.07)

			PROFILS	LIMITE D'INFLUENCE	LARGEUR D'INFLUENCE (m)
Site 94.03.01	Secteur 3	Partie A	2+412	2+442 (Épi 2)	60
			2+352	2+382	49.5
			2+313	2+332	35.5
			2+287	2+297 (Épi 4)	28
			2+251	2+269	43
	TOTAL ENTRE LES ÉPIS 2 ET 5				216
	Secteur 3	Partie B	2+210	2+226 (Épi 5)	28
			2+186	2+198	26
			TOTAL ENTRE LES ÉPIS 5 et 6		
	Secteur 4	Partie A	2+152	2+172 (Épi 6/Géotube 1)	53
2+095			2+119 (Géotube 2)	53	
2+049			2+066 (Géotube 3)	52	
			2+014		
TOTAL NE DE L'ÉPI 6			158		
Site 2014.03.01	Secteur 1		1+973	2+014	92.5
			1+870	1+921	101.5
			TOTAL SO DE L'ÉPI 7		
	Secteur 2		1+771	1+820 (Épi 7)	94
			TOTAL ENTRE LES ÉPIS 7 et 8		
	Secteur 3	Partie A	1+673	1+726 (Épi 8)	103
			1+573	1+623	99.5
			1+474	1+523	99.5
			TOTAL NE DE L'ÉPI 8		
	Secteur 3	Partie B	1+374	1+424	105.5
1+263			1+318	105	
1+164			1+213	99.5	
1+064			1+114	100	
0+964			1+014	100	
0+894			0+914	52	
0+830			0+862	62	
			0+800 (Épi 9)		
TOTAL SO DE L'ÉPI 9			624		
Secteur 4		0+764	0+800 (Épi 9)	86	
		0+664	0+714	82	
		0+600	0+632	64	
			0+568		
TOTAL NE DE L'ÉPI 9			232		
GRAND TOTAL				1 874	

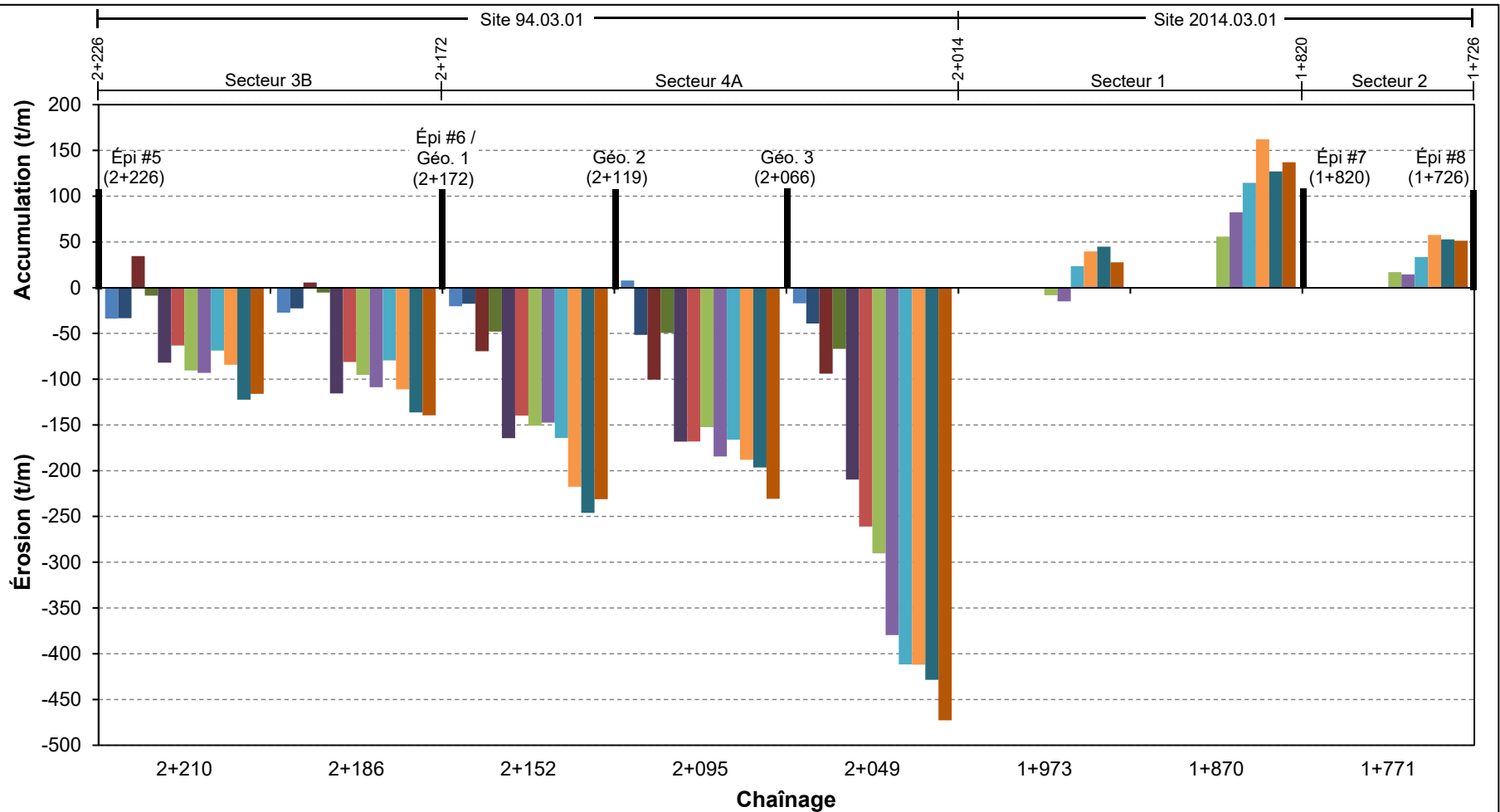
Tableau 5-3
Largeurs d'influence des profils transversaux
Site 93.02.02 (secteur A02.07)

		PROFILS	LIMITE D'INFLUENCE	LARGEUR D'INFLUENCE (m)
Site 93.02.02	Secteur 1	1+532	1+498 (Épi 2)	45
		1+576	1+554	74
			1+628	
		TOTAL SO DE L'ÉPI 2		119
	Secteur 2	1+654	1+628	62
		1+726	1+690	87
		1+828	1+777	94
			1+871	
		TOTAL DEVANT PERRE SUPPORT		243
	Secteur 3	1+914	1+871	91
2+023		1+969	94	
2+175		2+099	75	
		2+275 (Digue submergée)		
	TOTAL NE DIGUE SUBMERGÉE		260	
GRAND TOTAL			622	



Remarques : - L'accumulation de sable est mesurée en m^3 et transformée en tonnes métriques en utilisant une densité moyenne pour le sable de $2\ 000\ kg/m^3$.
 - Ces bilans sont nets, c'est-à-dire que les volumes ajoutés lors des rechargements sont déduits.

Figure 5-1
Transport sédimentaire cumulé observé — Période 1994 - 2008
Sites 91.03.02/94.03.01 (Secteur A03.07)



■ 2008 (Site 94.03.01 : Début 2008-06-21) ■ 2009 ■ 2010 ■ 2011 ■ 2012 ■ 2013 ■ 2014 (Site 2014.03.01 : Début 2013-04-30) ■ 2015 ■ 2016 ■ 2017 ■ 2019 ■ 2020

Remarques: - L'accumulation de sable est mesurée en m³ et transformée en tonnes métriques en utilisant une densité moyenne pour le sable de 2 000 kg/m³.
 - Ces bilans sont nets, c'est-à-dire que les volumes ajoutés lors des rechargements sont déduits.

Figure 5-2a
Transport sédimentaire cumulatif observé — Période 2008-2020
Sites 94.03.01/2014.03.01 (secteur A03.07)

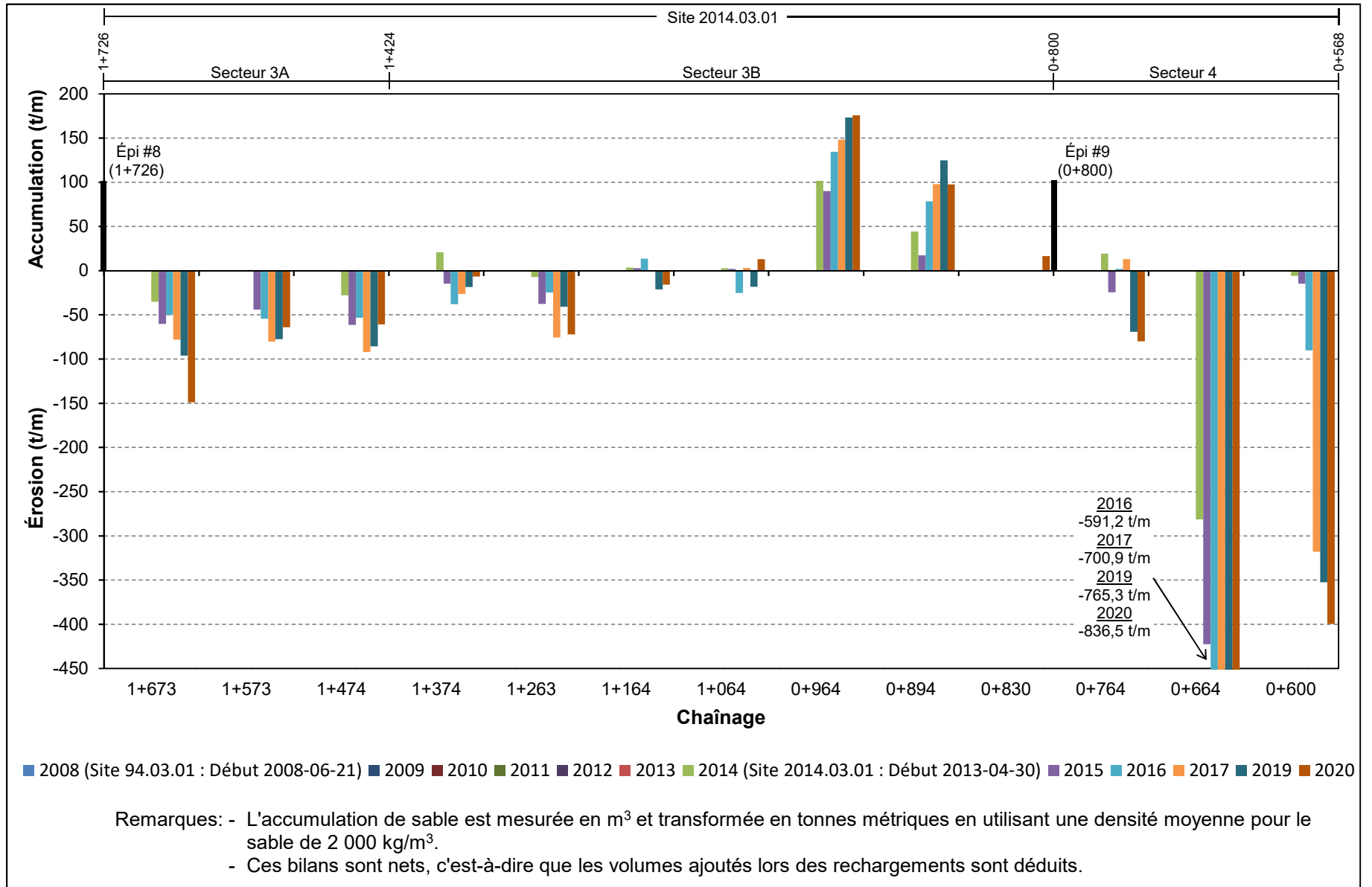
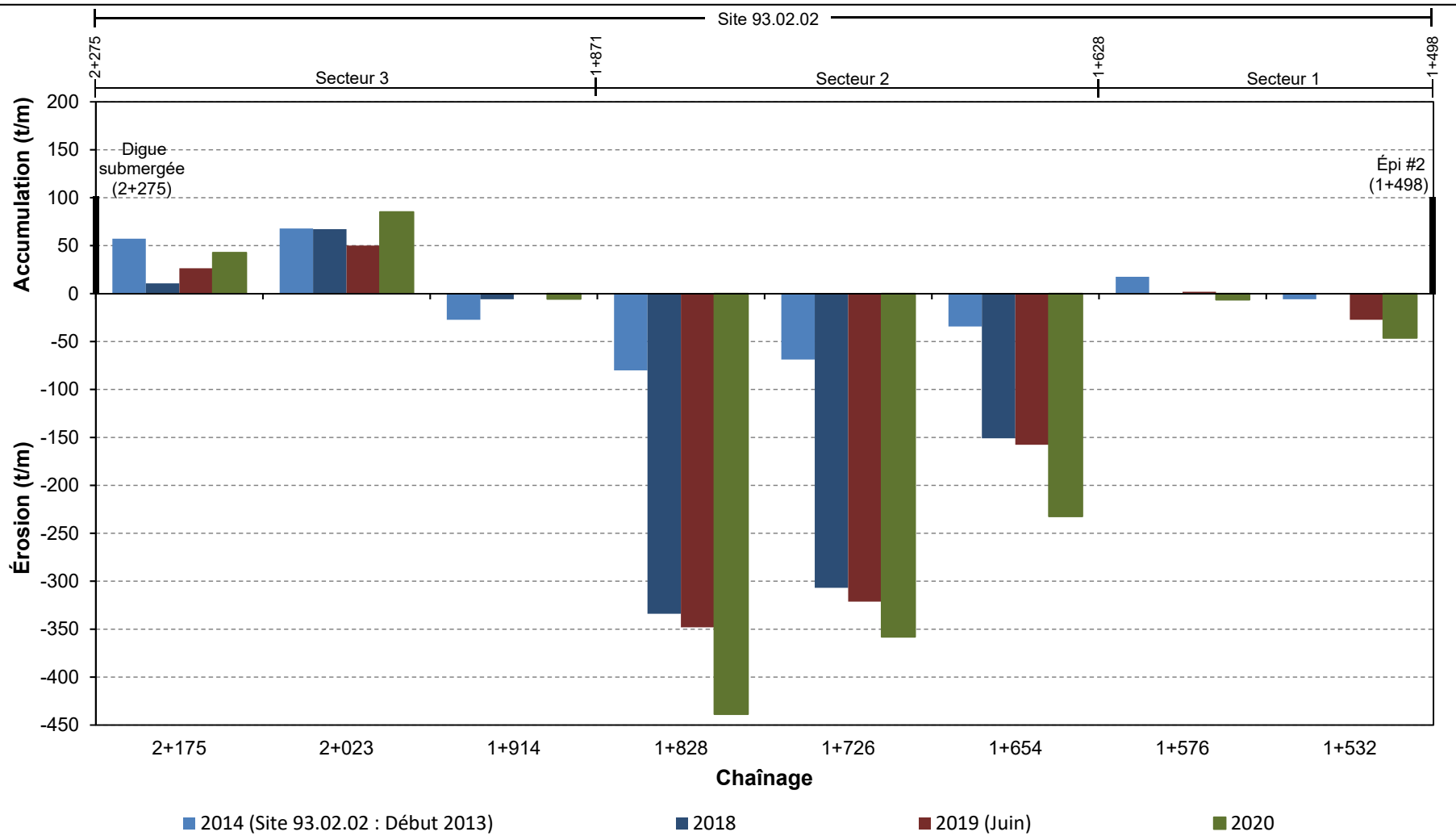


Figure 5-2b
Transport sédimentaire cumulatif observé — Période 2008-2020
Sites 94.03.01/2014.03.01 (secteur A03.07)



Remarques: - L'accumulation de sable est mesurée en m³ et transformée en tonnes métriques en utilisant une densité moyenne pour le sable de 2 000 kg/m³.
 - Ces bilans sont nets, c'est-à-dire que les volumes ajoutés lors des rechargements sont déduits.

Figure 5-2c
Transport sédimentaire cumulatif observé — Période 2013-2020
Site 93.02.02 (secteur A02.07)

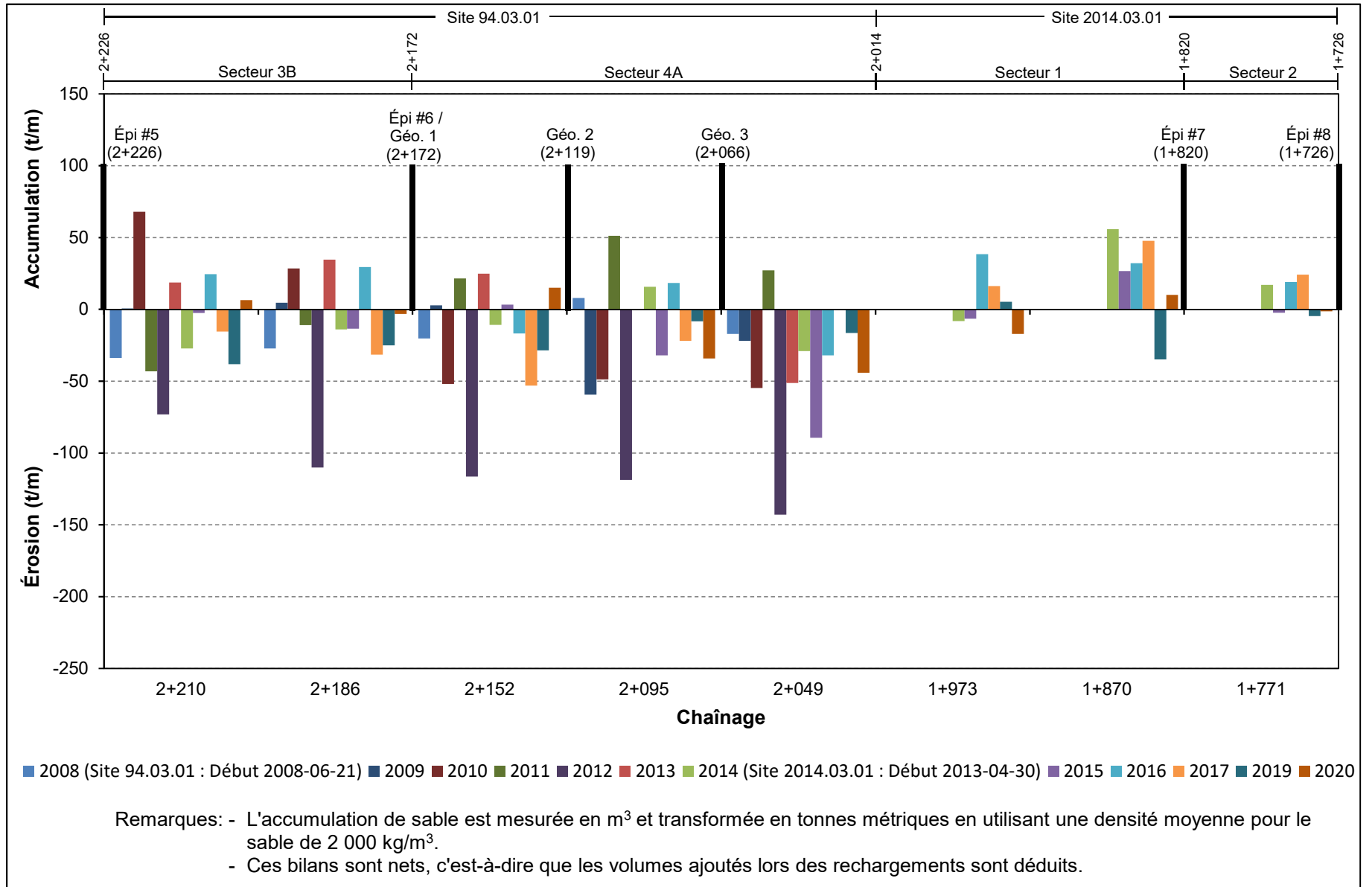


Figure 5-3a
Transport sédimentaire annuel observé — Période 2008-2020
Sites 94.03.01/2014.03.01 (secteur A03.07)

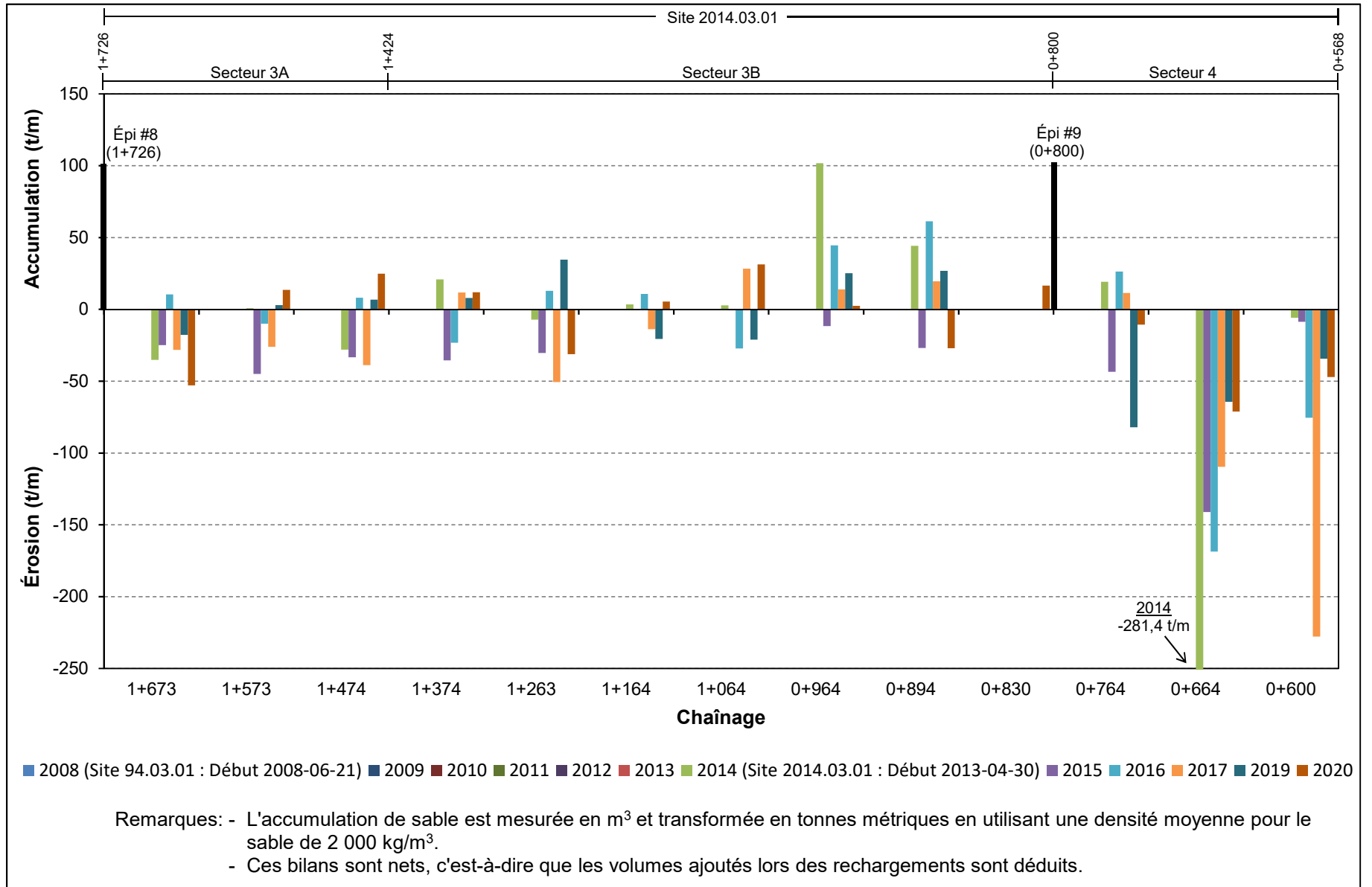


Figure 5-3b
Transport sédimentaire annuel observé — Période 2008-2019
Sites 94.03.01/2014.03.01 (secteur A03.07)

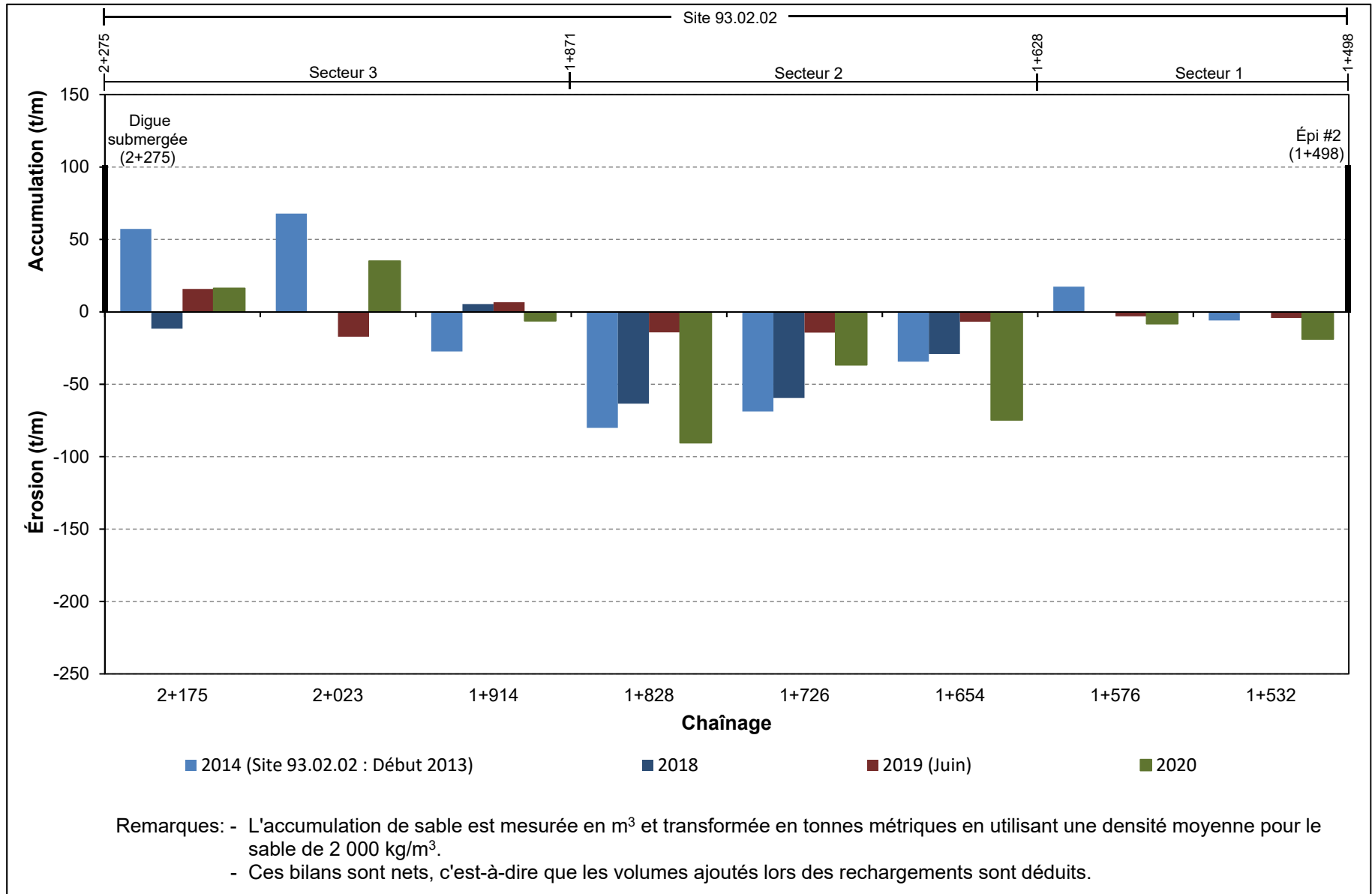
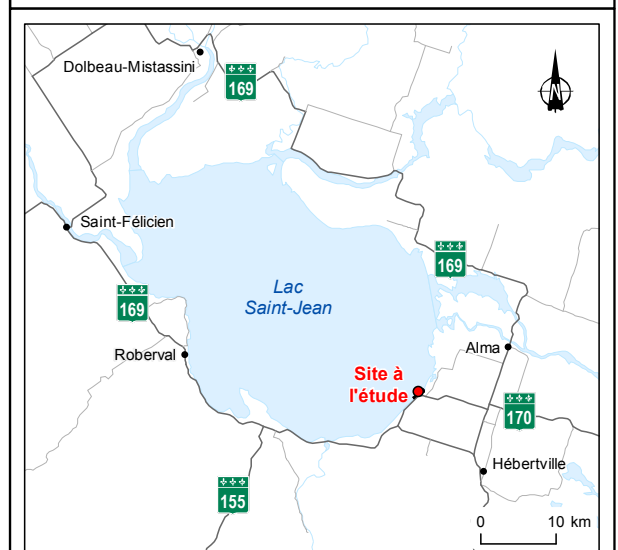
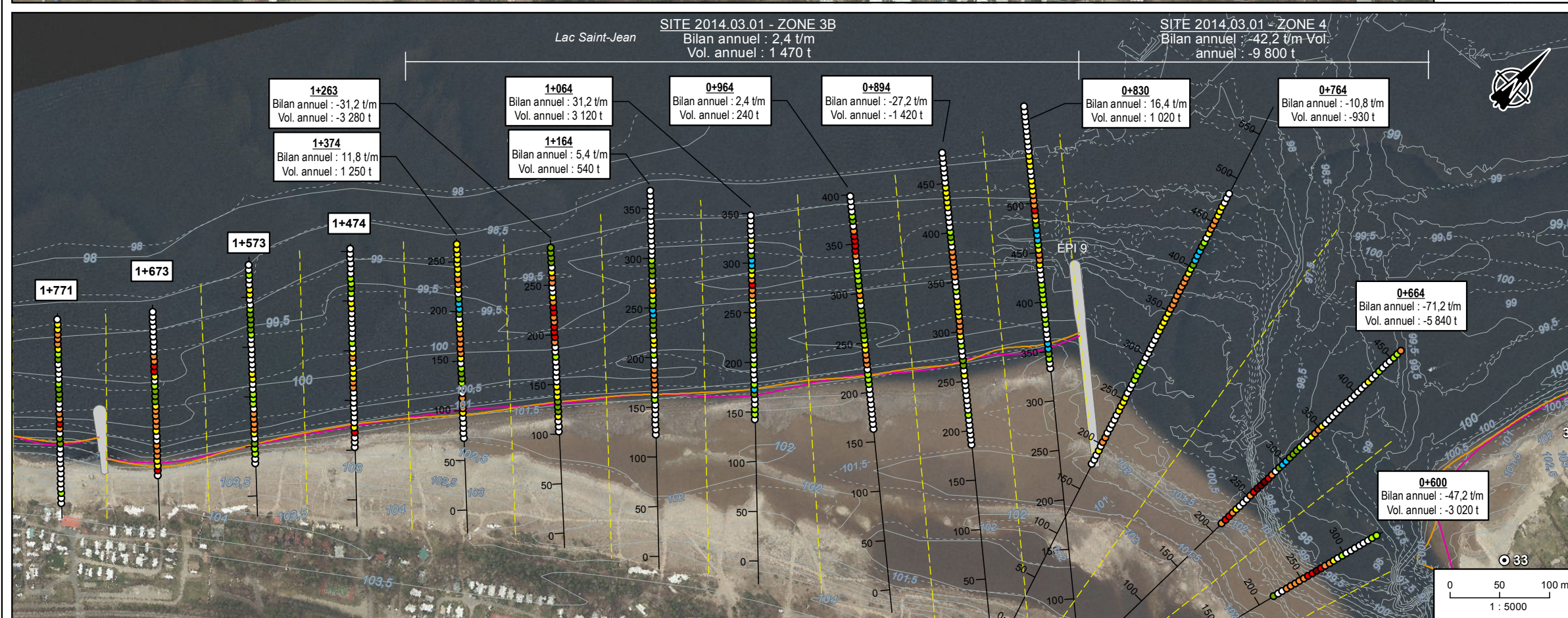
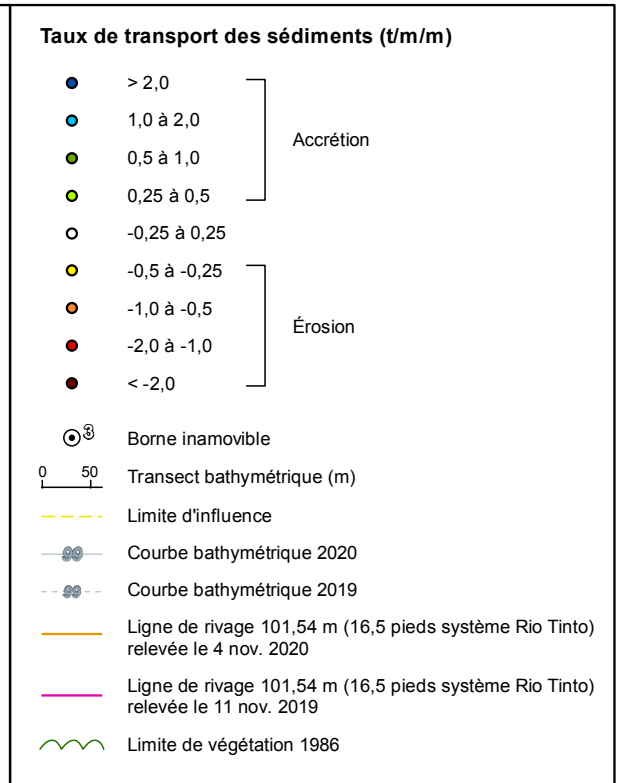
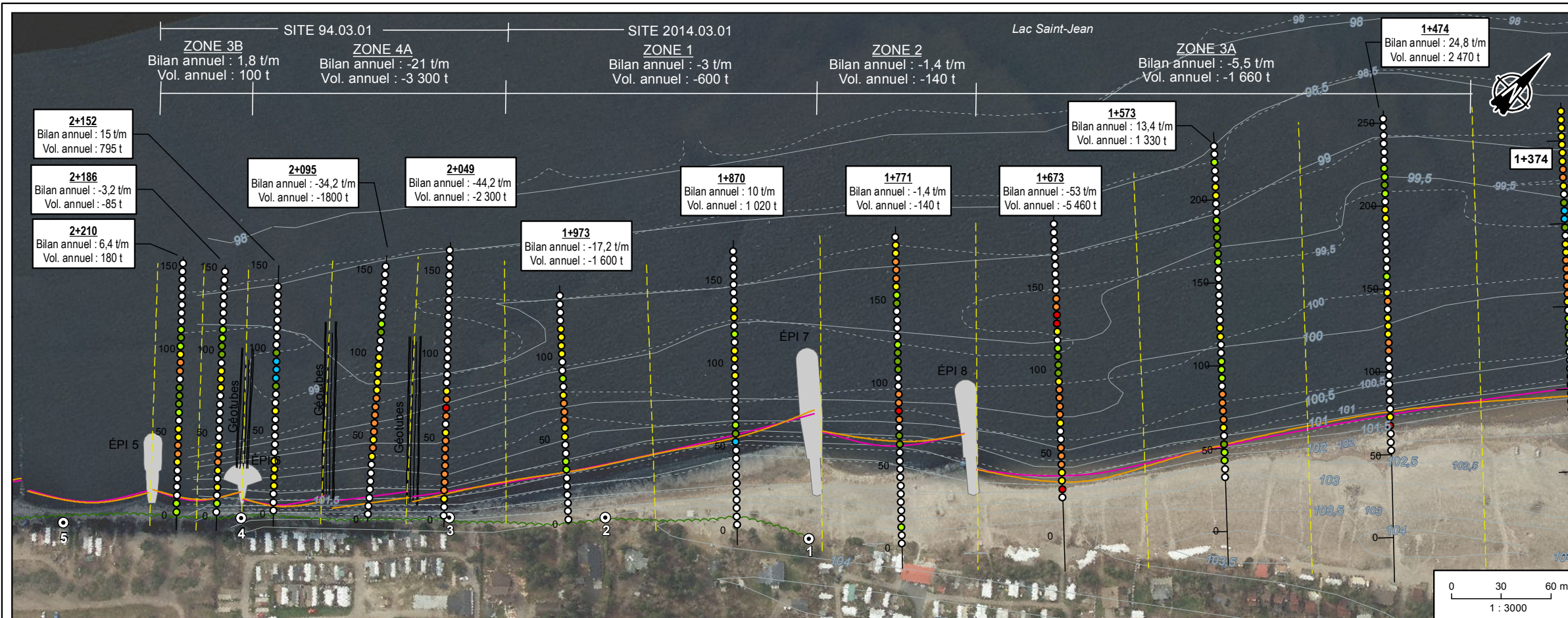


Figure 5-3c
Transport sédimentaire annuel observé — Période 2013-2020
Site 93.02.02 (secteur A02.07)



RioTinto | Sites 94.03.01 & 2014.03.01
Métabetchouan-Lac-à-la-Croix
Suivi technique 2020

Carte 5.1
Transport sédimentaire annuel observé –
Sites 94.03.01/2014.03.01 (secteur A03.07)

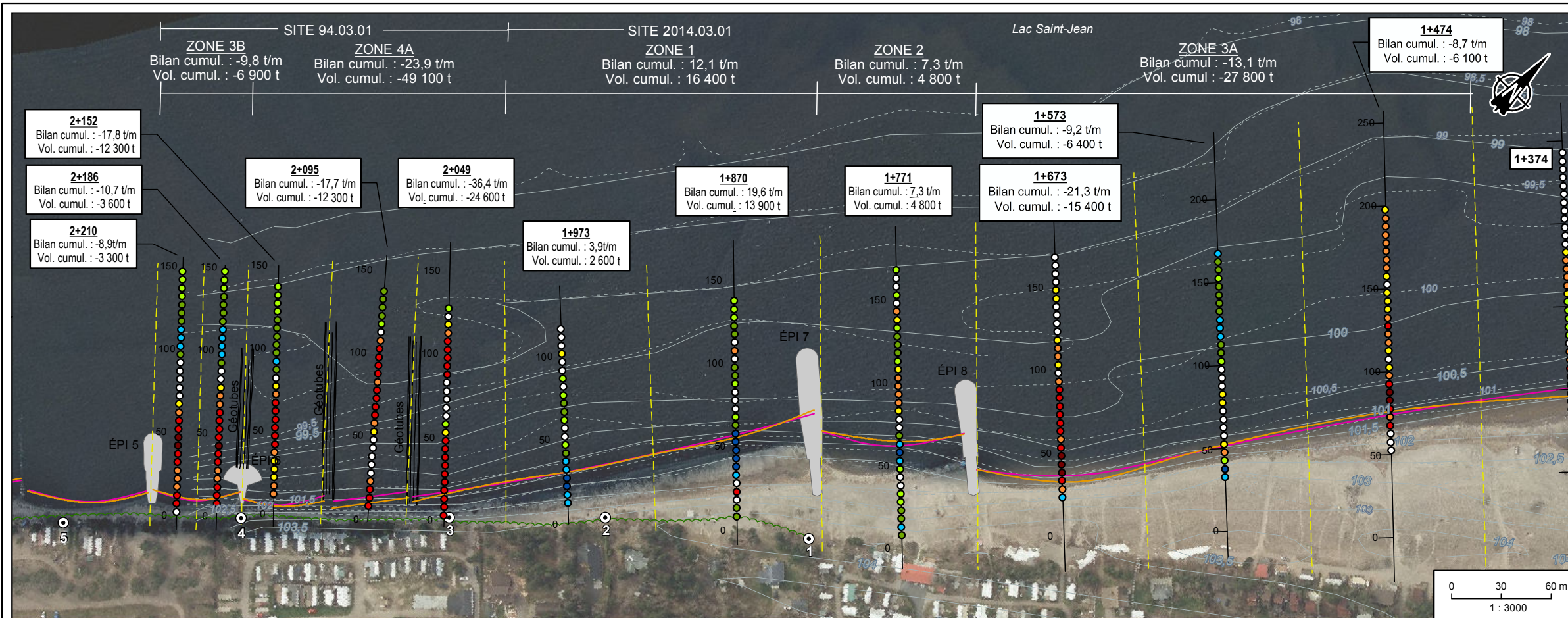
Échelles : Indiquées
Projection : MTM, fuseau 7, NAD83

Sources :
Relevés 2020 : Groupe Conseil Nutshimit Nippour, 26, 28 et 30 octobre 2020
Relevés 2019 : Groupe Conseil Nutshimit Nippour, 14 juin 2019
Photographie aérienne : Lac_St_Jean-Est_Tile_3.ecw, 2012

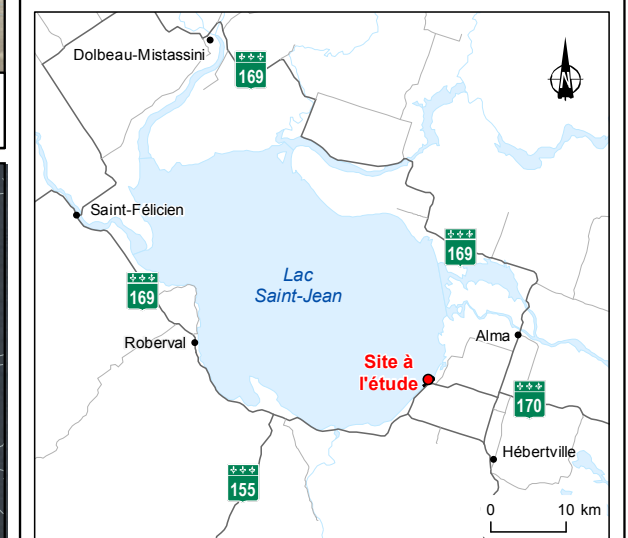
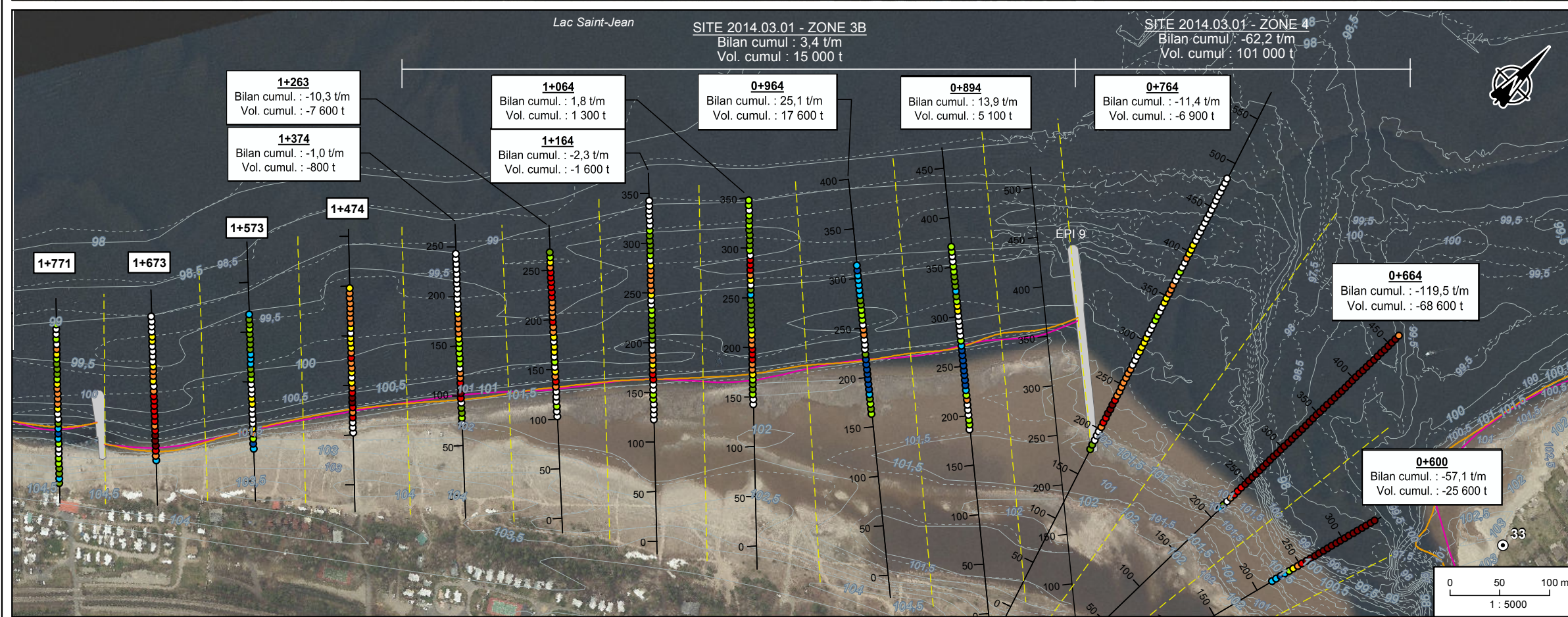
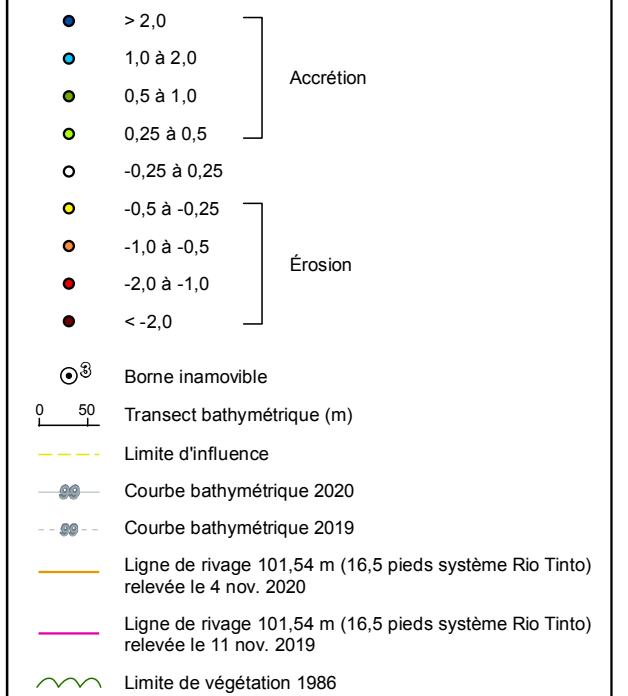
Fichier : 201_08852_ST20_c5_1_940301_20140301_wspa_210122.mxd

Janvier 2021
No. Projet WSP : 201-08852-00

WSP



Taux de transport des sédiments (t/m)



RioTinto | Sites 94.03.01 & 2014.03.01
Métabetchouan-Lac-à-la-Croix
Suivi technique 2020

Carte 5-2
**Transport sédimentaire cumulatif observé –
Période 2008-2020 (site 94.03.01) et
2014-2020 (site 2014.03.01) –
Sites 94.03.01/2014.03.01 (secteur A03.07)**

Échelles : Indiquées
Projection : MTM, fuseau 7, NAD83

Sources :
Relevés 2020 : Groupe Conseil Nutshimit Nippour, 26, 28 et 30 octobre 2020
Relevés 2019 : Groupe Conseil Nutshimit Nippour, 14 juin 2019
Photographie aérienne : Lac_St_Jean-Est_Tile_3.ecw, 2012

Fichier : 201_08852_ST20_c5_2_940301_20140301_wspa_210122.mxd

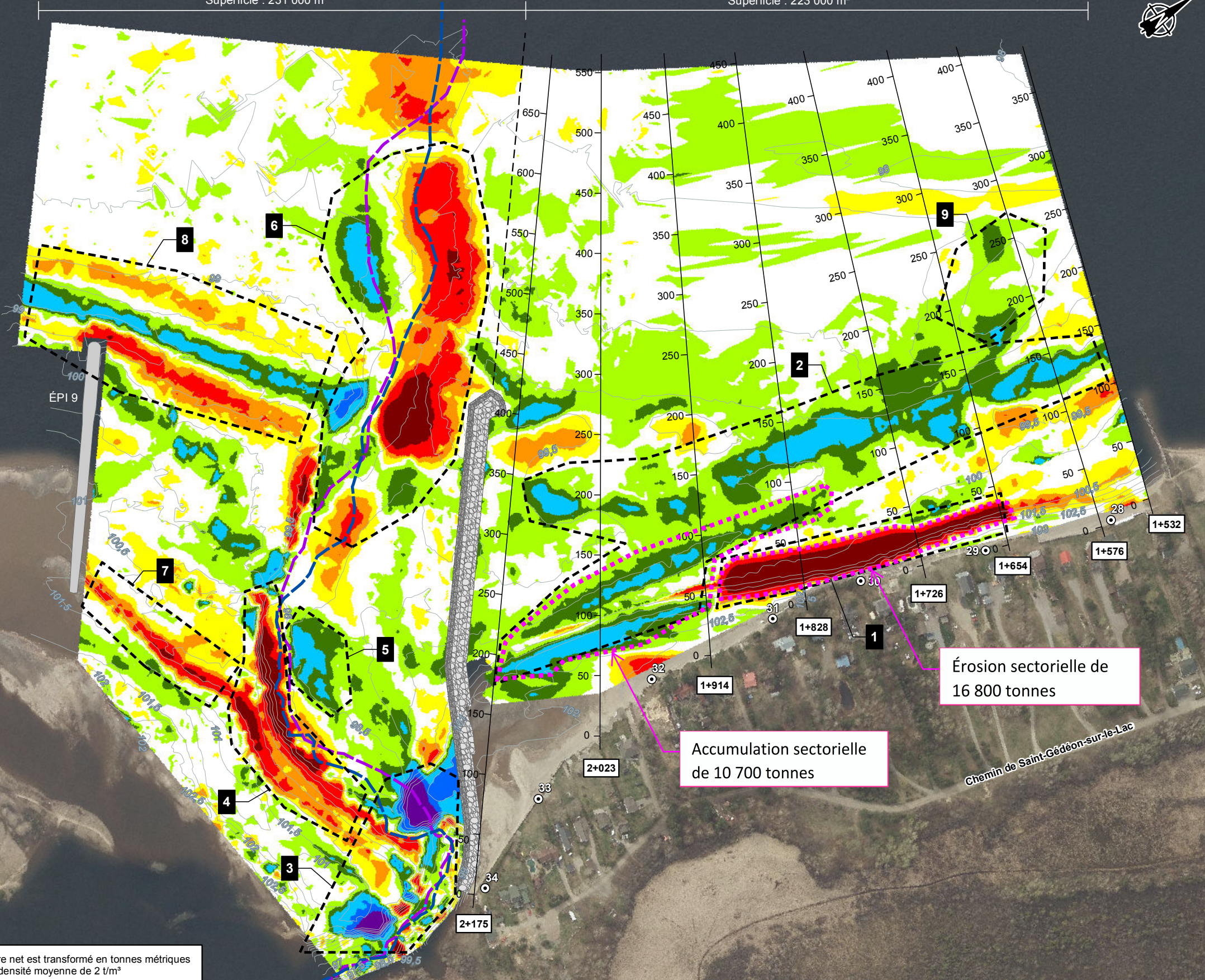
Janvier 2021
No. Projet WSP : 201-08852-00

WSP

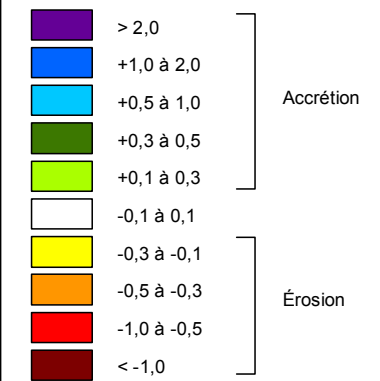
SITE 93.02.02 - ZONE A
 Bilan sédimentaire net : 5 500 m³ (-11 000 t *)
 Superficie : 231 000 m²

Lac Saint-Jean

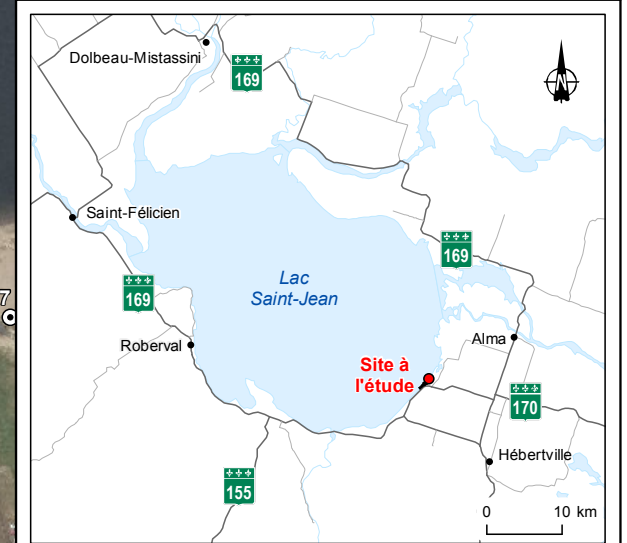
SITE 93.02.02 - ZONE B
 Bilan sédimentaire net : +15 000 m³ (+30 000 t *)
 Superficie : 223 000 m²



Variation verticale du terrain naturel (m)

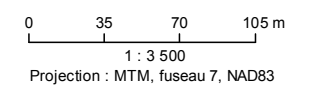


- Borne inamovible
- Transect bathymétrique (m)
- Courbe bathymétrique, novembre 2020
- Talweg, novembre 2020
- Talweg, novembre 2019
- Observation Voir section 5.2.11.1 du rapport



RioTinto | Site 93-02-02
 Saint-Gédéon
 Suivi technique 2020

Carte 5.3
 Comparaison des modèles numérique de terrain
 entre mars 2020 et novembre 2020



Sources :
 Relevés 2019/03 : Excavations G. Larouche, relevés finaux lors des travaux 25 mars 2019
 Relevés 2020/03 : Modèle de terrain assemblé par WSP à partir des relevés effectués le 11 novembre 2019 (Groupe Conseil Nutshimit Nippour) pour représenter l'état des lieux après le rechargement de plage complété en mars 2020
 Relevés 2020/11 : Groupe Conseil Nutshimit Nippour, relevés complétés le 4 novembre 2020
 Photographie aérienne : Regroupement Saguenay-Lac-St-Jean, 2017
 Fichier : 201_08852_ST20_c5_3_930202_wspa_210208.mxd

February 2021
 No. Projet WSP : 201-08852-00



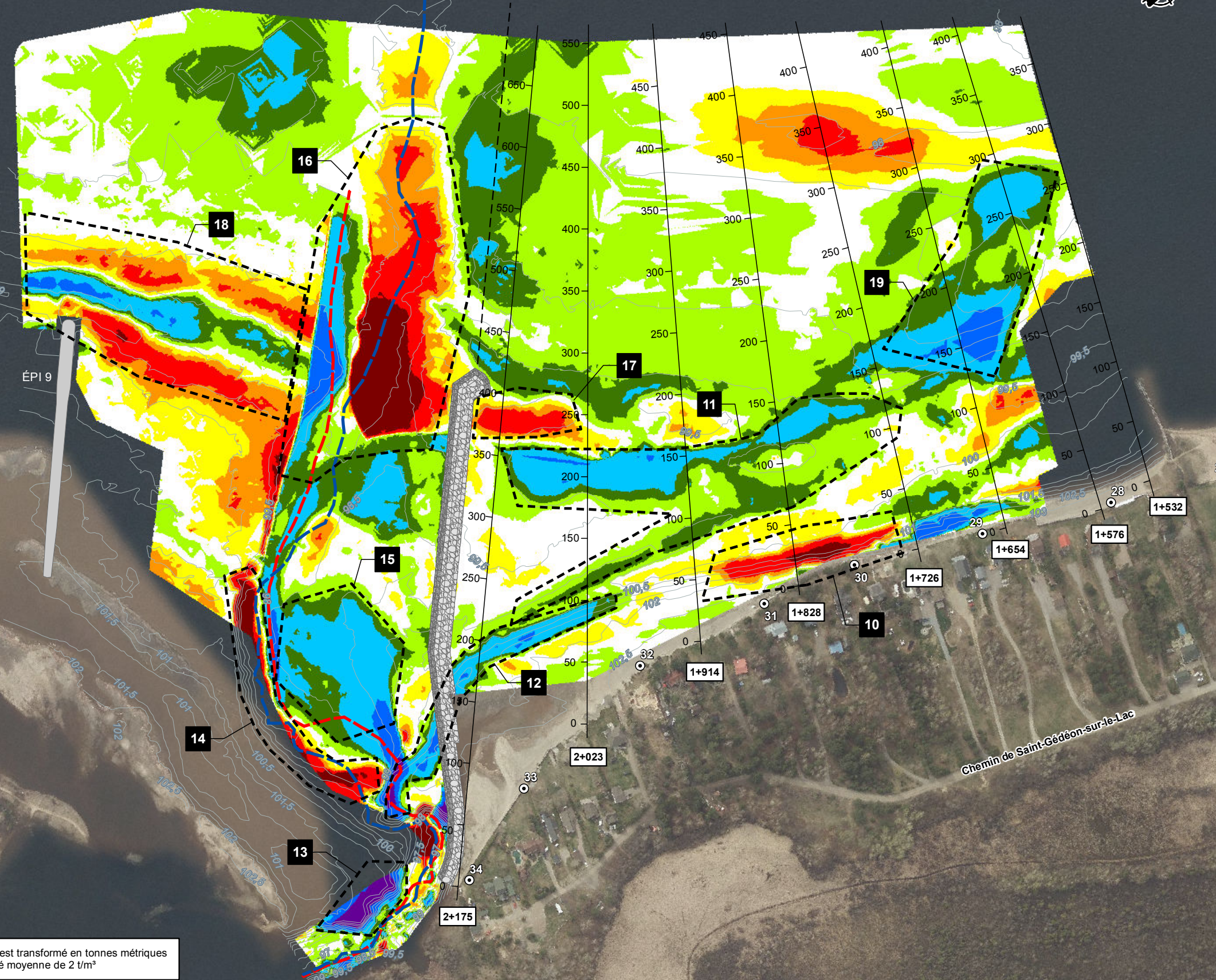
* Le bilan sédimentaire net est transformé en tonnes métriques en considérant une densité moyenne de 2 t/m³

Accumulation sectorielle de 10 700 tonnes

Érosion sectorielle de 16 800 tonnes

SITE 93.02.02 - ZONE A
 Bilan sédimentaire net : +10 200 m³ (+20 400 t *)
 Superficie : 179 000 m²

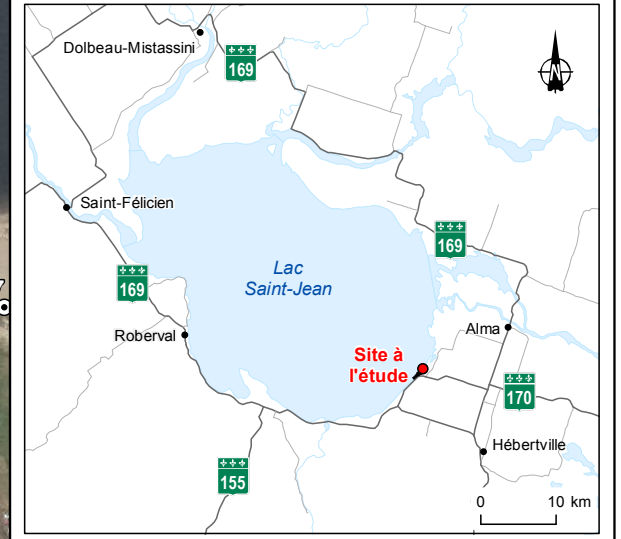
Lac Saint-Jean
 SITE 93.02.02 - ZONE B
 Bilan sédimentaire net : +30 000 m³ (+60 000 t *)
 Superficie : 212 000 m²



Variation verticale du terrain naturel (m)

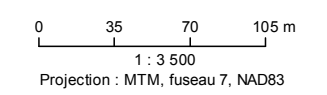
Dark Purple	> 2,0	Accrétion
Blue	+1,0 à 2,0	
Light Blue	+0,5 à 1,0	
Green	+0,3 à 0,5	
Light Green	+0,1 à 0,3	Érosion
White	-0,1 à 0,1	
Yellow	-0,3 à -0,1	
Orange	-0,5 à -0,3	
Red	-1,0 à -0,5	
Dark Red	< -1,0	

Borne inamovible
 Transect bathymétrique (m) **10**
 Courbe bathymétrique, novembre 2020
 Talweg, novembre 2020
 Talweg, mars 2019
 Observation Voir section 5.2.11.2 du rapport



RioTinto | Site 93-02-02
 Saint-Gédéon
 Suivi technique 2020

Carte 5.4
Comparaison des modèles numérique de terrain entre mars 2019 et novembre 2020



Sources :
 Relevés 2019/03 : Excavations G. Larouche, relevés finaux lors des travaux 25 mars 2019
 Relevés 2020/03 : Modèle de terrain assemblé par WSP à partir des relevés effectués le 11 novembre 2019 (Groupe Conseil Nutshimit Nippour) pour représenter l'état des lieux après le rechargement de plage complété en mars 2020
 Relevés 2020/11 : Groupe Conseil Nutshimit Nippour, relevés complétés le 4 novembre 2020
 Photographie aérienne : Regroupement Saguenay-Lac-St-Jean, 2017
 Fichier : 201_08852_ST20_c5_4_930202_wspa_210208.mxd

* Le bilan sédimentaire net est transformé en tonnes métriques en considérant une densité moyenne de 2 t/m³

Tableau 5.4
Bilans sédimentaires prévus et observés
Sites 94.03.01/2014.03.01 (A03.07)

CHAÎNAGE	LONGUEUR (m)	TRAVAUX 2019	TRANSPORT DE SÉDIMENTS PRÉVU SI LE SITE EST NON PROTÉGÉ (t/m/an)	TRANSPORT DE SÉDIMENTS PRÉVU LORSQUE LE SITE EST PROTÉGÉ (t/m/an)	BILANS SÉDIMENTAIRES OBSERVÉS (t/m)																				MOYENNE SUR TOUTE LA PÉRIODE												
					1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2019 /06	2020	Nombre d'années Période
Site 94.03.01	Secteur 1 2+717 à 2+896 SO de l'épi 3	179	SI	-12 (1)	-2,4 (1)				24.8	75.1	31.9	22.2	11.9	17.3		79.7																			11 1991 à 2001	23.9	
	Secteur 2 2+442 à 2+717 Entre les épis 2 et 3	275	SI	-12 (1)	-2,4 (1)				21.0	1.1	4.9	16.6	-6.1	-28.8		24.1																		11 1991 à 2001	3.0		
	Secteur 3A 2+226 à 2+442 Entre les épis 2 et 5	216	SI (avant construction des épis 4 à 6)	-12 (1)	-2,4 (1)																														3 1991 à 1993	-30.9	
						SI (après construction des épis 4 à 6)	-12 (1)	-2,4 (1)																													
	Secteur 3B 2+172 à 2+226 Entre les épis 5 et 6	54	SI	-12 (1)	-2,4 (1)																															26 1994 à 2020	-32.3
Secteur 4A 2+014 à 2+172 NE de l'épi 6	158	SI (avant construction des épis 4 à 6)	-12 (1)	-2,4 (1)																															6 1988 à 1993	-9.0	
					SI (après construction des épis 4 à 6)	-12 (1)	-2,4 (1)																														
Secteur 4B 1+719 à 2+014 NE de l'épi 6	295	SI	-12 (1)	-2,4 (1)																														14 1988 à 2001	-2.0		
Site 2014.03.01	Secteur 1 1+820 à 2+014 SO de l'épi 7	194	SI	n/d	n/d																													7 2013 à 2020	12.1		
	Secteur 2 1+726 à 1+820 Entre les épis 7 et 8	94	SI	n/d	n/d																													7 2013 à 2020	7.3		
	Secteur 3A 1+424 à 1+726 NE de l'épi 8	302	SI	n/d	n/d																													7 2013 à 2020	-13.1		
	Secteur 3B 0+800 à 1+424 SO de l'épi 9	624	SI	n/d	n/d																														7 2013 à 2020	3.4	
	Secteur 4 0+568 à 0+800 NE de l'épi 9	232	SI	n/d	n/d																														7 2013 à 2020	-62.2	
TOTAL	1 658																																				

LEGENDE

RG: Rechargement de gravillon
EG: Épi et rechargement de gravillon
RS: Rechargement de sable
ES: Épi et rechargement de sable
BL: Brise-lames
SI: Sans intervention

(1) Cette valeur est basée sur les données tirées de l'Étude d'impact (1986).

Tableau 5.5
Bilans sédimentaires prévus et observés
Site 93.02.02 (A02.07)

CHAÎNAGE	LONGUEUR (m)	TRAVAUX 2019	BILANS SÉDIMENTAIRES OBSERVÉS (t/m)							MOYENNE SUR TOUTE LA PÉRIODE		
			2014	2015	2016	2017	2018	2019/06	2020	Nombre d'années Période	t/m/an	
Site 93.02.02	Secteur 1 1+498 à 1+628 <i>SO de l'épi 2</i>	SI	8.6			-3.6				-12.2	5 2013 à 2019/06	-1.2
											1 2019/06 à 2020	-12.2
	Secteur 2 1+628 à 1+871 <i>Devant perré support</i>	RG	-64.4			-53.3		-12.4		-67.1	5 2013 à 2018	-55.5
											2 2019/03 à 2020	-39.8
	Secteur 3 1+871 à 2+275 <i>NE de digue submergée</i>	SI	31.4			-1.5		0.6		15.2	5 2013 à 2018	5.1
											2 2019/03 à 2020	9.4
TOTAL	622											

L É G E N D E

RG: Rechargement de gravillon
EG: Épi et rechargement de gravillon
RS: Rechargement de sable
ES: Épi et rechargement de sable
REx: Rechargement avec surplus d'excavation
BL: Brise-lames
DI: Digue submergée
SI: Sans intervention

(1) Cette valeur est basée sur les données tirées de l'Étude d'impact (1986).

5.2.1 SITE 94.03.01 – SECTEUR 3B : ENTRE LES ÉPIS 5 ET 6 (CH. 2+172 À 2+226)

Deux profils transversaux sont utilisés pour caractériser l'évolution de la plage entre les épis 5 et 6 (ch. 2+210 et 2+186). Historiquement, une érosion d'environ -51 t/m/an a été observée dans ce secteur entre 1994 et 2007 (Tableau 5.4). La mise en place des épis en géotubes en 2008 semble néanmoins avoir modifié cette tendance. Les bilans sédimentaires indiquent que depuis cette intervention, des années d'érosion et d'accumulation se sont succédées dans le secteur.

Les données recueillies dans le cadre de la récente période de suivi indiquent que le taux de transport moyen entre 2019 et 2020 a été de 1.8 t/m, ou 100 tonnes pour l'ensemble du tronçon (Tableau 5.4). Les profils présentés à l'annexe B démontrent que la position du haut de plage est restée constante, entre les élévations 102 et 104 m. Une légère zone d'accrétion est présente entre les élévations 101 et 102 m. Finalement, une partie des matériaux érodés observés lors du suivi de 2019, formant une barre de sable à environ 90 m du rivage, s'est déplacée d'environ 10 m vers le large.

La mise à jour des bilans sédimentaires cumulatifs avec les récentes données porte le taux d'érosion moyen annuel à -9,8 t/m/an pour la période 2008-2020 (Tableau 5.4). Le volume total de sédiments étant sorti du système d'épis au cours de ces années serait donc d'environ 6 900 tonnes (-9,8 t/m/an x 13 ans x 54 m), ce qui correspond approximativement à environ 2,5 fois le volume des rechargements réalisés pendant cette période (2 800 tonnes).

5.2.2 SITE 94.03.01 – SECTEUR 4A : AU NORD-EST DE L'ÉPI 6 (CH. 2+014 À 2+172)

L'évolution de la plage au nord-est de l'épi 6 est caractérisée à l'aide de trois profils transversaux : un entre chaque paire d'épis en géotubes (ch. 2+152 et 2+095) et un au nord-est des ouvrages (ch. 2+049). Historiquement, une érosion moyenne d'environ -34 t/m/an a été documentée sur l'ensemble du secteur entre 1994 et 2007 (Tableau 5.4). Une analyse individuelle des profils révèle cependant que les taux d'érosion n'étaient pas uniformes, mais plutôt progressivement plus faibles vers le nord-est (Figure 5.1). Cette partie de la plage bénéficiait en toute probabilité d'une dérive des matériaux de rechargement déposés annuellement au sud-ouest.

Les données recueillies dans le cadre de la récente période de suivi indiquent que la période 2019-2020 a été globalement érosive entre les géotubes. Une zone d'accumulation s'est cependant formée entre les élévations 99 et 100 m entre les géotubes 1 et 2, mais cette accumulation de sédiment semble être une extension de la barre infralittorale présente au secteur 3B. Les pertes de sédiments se seraient quant à eux principalement concentrées au pied de la plage pour les trois profils, alors que la position du haut de plage a été maintenue depuis les derniers relevés de 2019.

Le taux d'érosion moyen annuel pour le secteur s'élève à -21,0 t/m, ou -3 300 tonnes au total (Tableau 5.4).

La mise à jour des bilans sédimentaires cumulatifs avec les récentes données porte quant à elle le taux d'érosion moyen annuel à -23,9 t/m/an pour la période 2008-2020 (Tableau 5.4), ce qui demeure comparable, voire légèrement plus faible, que le taux moyen historique. Le volume total de sédiments qui est sorti du système d'épis au cours de ces années serait d'environ

49 100 tonnes (-23,9 t/m/an x 13 ans x 158 m), ce qui correspond à près de 14 000 tonnes de plus que le volume des rechargements réalisés pendant cette période (35 000 tonnes).

L'analyse détaillée des bilans sédimentaires de chaque profil, avant et après la mise en place des épis en géotubes (Tableau 5.6), indique malgré tout que les ouvrages ont permis de ralentir la perte de matériaux entre les structures. L'érosion se serait cependant intensifiée au nord-est. Le taux de transport au chaînage 2+049 demeure néanmoins plus faible que celui observé au chaînage 2+152 avant la mise en place des épis en géotubes. Or, ce dernier est indicateur du taux d'érosion anticipé sur un tronçon de plage non protégée en aval d'épis conventionnels dans ce secteur.

Tableau 5.6 Évolution des taux de transport sédimentaire moyens annuels au nord-est de l'épi 6

PROFIL	TAUX DE TRANSPORT SÉDIMENTAIRE MOYEN ANNUEL ¹ (t/m/an)	
	PÉRIODE 1994-2007 (avant la mise en place des géotubes)	PÉRIODE 2008-2020 (après la mise en place des géotubes)
2+152	-88,3	-17,8
2+095	-29,7	-17,7
2+049	-6,9	-36,4
MOYENNE	-34,3	-23,9

¹ Valeurs calculées à partir des taux présentés sur les Figure 5.1 et 5.2.

5.2.3 SITE 2014.03.01 – SECTEUR 1 : AU SUD-OUEST DE L'ÉPI 7 (CH. 1+820 À 2+014)

Deux profils transversaux sont utilisés pour caractériser l'évolution de la plage au sud-ouest de l'épi 7 (ch. 1+973 et 1+870). Les relevés effectués en 2020 indiquent qu'une perte de matériaux se serait produite dans ce secteur depuis 2019, à un taux moyen de -3,0 t/m (Tableau 5.4), ou un volume total de -600 tonnes. Les profils présentés à l'annexe B révèlent pour leur part que la régression se serait essentiellement produite au chaînage 1+973, avec une érosion entre les élévations 99 et 101 m. Au chaînage 1+870, la plage aurait plutôt avancé de 5 à 10 m entre les élévations 101 et 102 m.

La mise à jour des bilans sédimentaires cumulatifs avec les récentes données réduit le taux d'accumulation moyen annuel à 12,1 t/m/an pour la période 2014-2020 (Tableau 5.4). Le volume total de sédiments captés par l'épi au cours de ces années conserve alors un volume similaire à celui des rechargements réalisés au sud-ouest de l'ouvrage pendant cette période, soit 16 400 tonnes (12,1 t/m/an x 7 ans x 194 m) contre 17 000 tonnes.

5.2.4 SITE 2014.03.01 – SECTEUR 2 : ENTRE LES ÉPIS 7 ET 8 (CH. 1+726 À 1+820)

L'évolution de la plage entre les épis 7 et 8 est caractérisée à l'aide d'un seul profil transversal (1+771). Les relevés de 2020 indiquent une légère érosion depuis 2019 de -1,4 t/m à cet endroit, soit un volume d'environ 150 tonnes (Tableau 5.4). L'analyse graphique des profils (annexe B) révèle par ailleurs que les déplacements de matériaux se seraient principalement produits sur la partie inférieure de la plage, sous l'élévation 101 m.

La mise à jour des bilans sédimentaires cumulatifs avec les récentes données réduit le taux d'accumulation moyen annuel à 7,3 t/m/an pour la période 2014-2020 (Tableau 5.4). Le volume total de sédiments captés par l'épi au cours de ces années serait donc d'environ 4 800 tonnes (7,3 t/m/an x 7 ans x 94 m).

5.2.5 SITE 2014.03.01 – SECTEUR 3A : AU NORD-EST DE L'ÉPI 8 (CH. 1+424 À 1+726)

Trois profils transversaux sont utilisés pour caractériser l'évolution de la plage immédiatement au nord-est de l'épi 8 (profils 1+673, 1+573 et 1+474). Les relevés effectués en 2020 indiquent que le taux d'érosion aurait été de -5,5 t/m depuis 2019, ce qui représente une perte d'environ 1 700 tonnes (Tableau 5.4). La régression se serait par ailleurs principalement concentrée au droit du profil 1+673. L'analyse graphique des profils (annexe B) indique pour sa part que la zone érodée se concentre entre les élévations 99 à 103 m.

Rappelons qu'un bilan cumulatif négatif est normalement attendu dans ce secteur, en raison de la construction des épis 7 et 8, mais l'érosion devrait s'atténuer au fur et à mesure que le trait de côte évolue vers son nouvel état d'équilibre.

La mise à jour des bilans sédimentaires cumulatifs avec les récentes données réduit le taux d'érosion moyen annuel à -13,1 t/m/an pour la période 2014-2020 (Tableau 5.4). Le volume total de sédiments ayant quitté la zone d'analyse au cours de ces années serait donc d'environ 27 800 tonnes (-13,1 t/m/an x 7 ans x 302 m).

5.2.6 SITE 2014.03.01 – SECTEUR 3B : AU SUD-OUEST DE L'ÉPI 9 (CH. 0+800 À 1+424)

L'évolution du reste de la plage entre les épis 8 et 9 est caractérisée via sept profils transversaux (1+374 à 0+830). Les relevés de 2020 indiquent que les bilans de transport sont demeurés relativement faibles, à l'exception des profils 1+263 et 0+864 qui ont subi une érosion de -31,2 t/m et -27,2 t/m respectivement. L'analyse graphique des profils (annexe B) indique que les déplacements de matériaux se sont principalement concentrés au niveau des barres infralittorales, sous l'élévation 100 m. Un adoucissement de la plage, entre les élévations 100 et 101 m, s'est également produit au droit de plusieurs profils.

Le taux de transport moyen annuel pour ce secteur demeure positif, avec une valeur de 2,4 t/m, ou un volume total d'environ 1 500 tonnes (Tableau 5.4).

La mise à jour des bilans sédimentaires cumulatifs avec les récentes données porte le taux d'accumulation moyen annuel à 3,4 t/m/an pour la période 2014-2020 (Tableau 5.4). Le volume total de sédiments s'étant déposé au cours de ces années serait donc d'environ 15 000 tonnes (3,4 t/m/an x 7 ans x 624 m).

5.2.7 SITE 2014.03.01 – SECTEUR 4 : AU NORD-EST DE L'ÉPI 9 (CH. 0+568 À 0+800)

Au nord-est de l'épi 9, trois profils transversaux sont utilisés pour caractériser l'évolution de la plage (profils 0+764, 0+664 et 0+600). Les relevés de 2020 confirment que ce secteur demeure en érosion, avec un taux de transport moyen annuel de -42,2 t/m, ou une perte d'environ

9 800 tonnes pour l'intervalle entre les suivis (Tableau 5.4). La perte de matériaux se serait cependant faite au même rythme que le suivi précédent, à l'exception du profil 0+764, où le taux de transport a été plus faible.

L'analyse graphique des profils (annexe B) indique que le déplacement du chenal de la Belle-Rivière serait à l'origine des pertes observées aux profils 0+600 et 0+664, alors que l'érosion constatée au profil 0+764 serait liée à une régression du haut de la flèche de sable, entre les élévations 101 et 102 m. Une migration de cette flèche peut pareillement être observée sur les deux autres profils.

La mise à jour des bilans sédimentaires cumulatifs avec les récentes données porte le taux d'érosion moyen annuel à -62,2 t/m/an pour la période 2014-2020 (Tableau 5.4). Le volume total de sédiments ayant quitté la zone d'analyse au cours de ces années serait donc d'environ 101 000 tonnes (-62,2 t/m/an x 7 ans x 232 m).

5.2.8 SITE 93.02.02 – SECTEUR 1 : AU SUD-OUEST DE L'ÉPI 2 (CH. 1+498 À 1+628)

Deux profils transversaux sont utilisés pour caractériser l'évolution de la plage au sud-ouest de l'épi 2 (ch. 1+532 et 1+576). Entre 2013 et 2014, avant les travaux de redressement du canal de la Belle-Rivière, une accumulation de 8,6 t/m/an a été observée dans ce secteur (Tableau 5.5).

Les données recueillies dans le cadre de la récente période de suivi indiquent que le taux de transport moyen entre 2019 et 2020 a été de -12,2 t/m, ou -1 500 tonnes pour l'ensemble du tronçon. L'analyse graphique des profils transversaux (annexe B) démontre pour sa part que la partie supérieure de la plage est demeurée relativement stable entre les deux périodes de suivi. La perte de matériaux se serait plutôt concentrée dans la partie inférieure de la plage, sous l'élévation 100 m. Le déplacement de barres infralittorales pourrait être à l'origine de cette dynamique.

La mise à jour des bilans sédimentaires cumulatifs avec les récentes données porte le taux de transport moyen annuel à -3,1 t/m/an pour la période 2013-2020 (Tableau 5.5). Le volume total de sédiments ayant quitté la zone d'analyse au cours de ces années serait donc d'environ 2 600 tonnes (-3,1 t/m/an x 7 ans x 119 m).

5.2.9 SITE 93.02.02 – SECTEUR 2 : DEVANT LE PERRÉ DE SUPPORT (CH. 1+628 À 1+871)

L'évolution de la plage devant le perré de support est caractérisée à l'aide de trois profils transversaux (ch. 1+654, 1+726 et 1+828). Le taux de transport dans ce secteur pour la période précédant les travaux de redressement de l'embouchure de la Belle-Rivière (période 2013-2018) était d'environ -55,5 t/m/an (Tableau 5.5). Pour les profils 1+654 et 1+828, les taux d'érosion sont les plus importants calculés depuis le début de la période de suivi annuel, soit depuis 2013. Environ 86 600 tonnes de sédiments auraient été perdues entre 2013 et 2020, alors que près de 73 000 tonnes y ont été déposées pendant cette période.

Entre 2019 et 2020, une perte de sédiments de -67,1 t/m a été observée, ce qui correspond à un volume total de -16 300 tonnes. Cette quantité est comparable au volume de matériaux déposé dans la zone d'analyse à l'hiver 2020, soit 17 000 tonnes.

L'analyse graphique des profils transversaux (annexe B) indique pour sa part qu'une portion significative du rechargement réalisé à l'hiver aurait été érodée, principalement au-dessus de l'élévation 100 m. Des accumulations étaient néanmoins présentes au pied de la plage et au sud-ouest de la zone de rechargement (Carte 5.3), suggérant qu'une partie des matériaux emportés sur le haut de la plage serait toujours présente à proximité de la zone d'intervention.

À cet effet, une zone d'accumulation est identifiée sur la Carte 5.3 et correspond, selon l'avis des auteurs, à un des endroits où les matériaux de rechargement de plage seraient susceptibles de migrer. Une analyse volumétrique de cette zone indique que la quantité de matériaux s'y étant déposée totalise environ 10 700 tonnes, soit l'équivalent de près de 60 % du volume de rechargement déposé sur le haut de la plage à l'hiver 2020.

La mise à jour des bilans sédimentaires cumulatifs avec les récentes données porte le taux de transport moyen annuel depuis les travaux de redressement de l'embouchure de la Belle-Rivière à -39,8 t/m/an pour la période mars 2019 à novembre 2020 (Tableau 5.5). Ceci constitue une légère amélioration par rapport au taux de transport historique (55,5 t/m/an), mais, il est de l'avis des auteurs que l'analyse demeure biaisée par les relevés effectués en juin 2019, alors que la période typique pour ces mesures est plutôt à l'automne. La période d'analyse entre mars et novembre 2020 serait donc plus représentative de la tendance moyenne annuelle.

5.2.10 SITE 93.02.02 – SECTEUR 3 : AU NORD-EST DE LA DIGUE SUBMERGÉE (CH. 1+871 À 2+275)

Trois profils transversaux sont utilisés pour caractériser l'évolution de la plage au nord-est de la digue submergée (ch. 1+914, 2+023 et 2+175). Une accumulation de 31,4 t/m a d'abord été observée dans ce secteur entre 2013 et 2014. Lors des années suivantes, par contre, les bilans sédimentaires sont demeurés relativement neutres de 2015 à 2019, avec des taux de -1.5 à 0.6 t/m. Les résultats d'analyse pour la période de 2019-2020 démontrent quant à eux une accumulation de 15,2 t/m (Tableau 5.5), ce qui représente environ 4 000 tonnes. Il est probable qu'une dérive des matériaux de rechargement déposés dans le secteur adjacent (secteur 2) soit à l'origine de cette accumulation.

Les profils transversaux indiquent par ailleurs que la plage aurait subi un certain remodelage pendant cette période, où le haut de plage, soit au-dessus de l'élévation 101 m, aurait subi un élargissement, tandis que la partie en dessous aurait subi un déplacement des barres infralittorales. La mise à jour des bilans sédimentaires cumulatifs avec les récentes données porte le taux d'accumulation moyen annuel à 5,9 t/m/an pour la période 2013-2020 (Tableau 5.5), soit environ 10 700 tonnes (5,9 t/m/an x 7 ans x 260 m).

5.2.11 SITE 93.02.02 – ZONES DE QUADRILLAGE

La Carte 5.3 et la Carte 5.4 présentent l'écart vertical observé entre les modèles numériques de terrains générés avec chaque relevé. Sur ces figures, les zones ayant subi des accumulations sont illustrées dans des teintes de vert et de bleu, alors que les zones ayant subi de l'érosion

sont représentées par des teintes de jaune et de rouge. Les écarts verticaux compris entre -0,1 et +0,1 m sont quant à eux considérés être à l'intérieur de la marge d'incertitudes des relevés et de l'interpolation des modèles de terrain. Ces variations sont donc jugées non significatives et illustrées en blanc.

Les éléments de discussion sont numérotés sur les cartes et correspondent aux descriptions présentées ci-après.

5.2.11.1 PÉRIODE: MARS 2020 À NOVEMBRE 2020

Rappelons que l'état de référence identifié comme mars 2020 correspond principalement à l'état des lieux relevé en novembre 2019, auquel a été intégré le rechargement de plage réalisé au site 93.02.02 en mars 2020.

Les éléments notables concernant l'évolution du fond marin pendant la période d'eau libre 2020, et identifiés sur la Carte 5.3, incluent les items suivants :

1. Le rechargement en gravillon avec couche de sable fin de 17 000 tonnes mis en place en haut de plage devant le perré de support de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac s'est érodé en grande partie sous l'action des vagues;
2. Le matériel érodé en haut de plage semble s'être déplacé à environ 100 m au large, soit sur le remblai de l'ancien canal de la Belle-Rivière réalisé à l'hiver 2019, formant de multiples barres infralittorales de 0,5 à 0,8 m de hauteur au pied de la plage;
3. Progression des flèches de sable de part et d'autre du canal de la Belle-Rivière. Les matériaux transportés dans la zone située du côté de Saint-Gédéon proviennent en toute probabilité de la plage, qui dérivent vers le sud-ouest, puis franchissent la crête de la digue submergée. Du côté de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix, l'évolution des flèches de sable au nord-est de l'épi 9 est sans doute à l'origine des matériaux qui sont transportés sous l'effet de la dérive littorale;
4. La paroi en rive gauche du canal de sortie de la Belle-Rivière semble avoir subi un remodelage, sans doute provoqué par le déplacement du canal de la Belle-Rivière lors de la crue printanière, suivi de l'action des vagues lors de la remontée des niveaux d'eau dans le lac Saint-Jean. La partie supérieure a été érodée, vraisemblablement par l'action des vagues;
5. Amorce d'une zone d'accumulation dans la dépression laissée par l'ancien canal de sortie de la Belle-Rivière;
6. Le nouveau canal de sortie de la Belle-Rivière a subi un remodelage plutôt significatif, avec une accumulation en rive gauche et une érosion en rive droite. Ce remodelage était toutefois anticipé, alors que le lit de la rivière évolue sous l'effet de la dynamique littorale. Un décalage vers le nord-est risque de se poursuivre dans les années à venir, sous l'effet de la dérive de matériaux en provenance du sud-ouest (Métabetchouan-Lac-à-la-Croix), qui contournent l'extrémité de l'épi 9;
7. Une régression de la flèche de sable en provenance du banc de sable de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix est visible entre l'épi 9 et le nouveau canal de sortie de la Belle-Rivière;
8. Les barres infralittorales continuent leur évolution au nord-est de l'épi 9 (site 2014.03.01);
9. Peu d'accumulation est observée dans la dépression de l'ancienne embouchure du canal de la Belle-Rivière.

Le bilan sédimentaire net de mars 2020 à novembre 2020 de la zone située devant l'embouchure de la Belle-Rivière (zone A) est évalué à environ -11 000 tonnes (érosion), alors que celui de la zone située devant la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac (zone B) est de 30 000 tonnes d'accumulation. Ce volume d'accumulation est plus important que le volume de rechargement mis en place en mars 2020 (17 000 tonnes), ce qui suggère la provenance de matériaux de l'extérieur du système.

5.2.11.2 PÉRIODE: MARS 2019 À NOVEMBRE 2020

La période entre mars 2019 et novembre 2020 permet de comparer l'état des lieux avec l'état de référence à la fin des travaux de redressement de l'embouchure de la Belle-Rivière. Les principaux constats identifiés incluent les éléments suivants (Carte 5.4) :

1. La zone de plage a subi une érosion importante devant le perré de support et contient moins de matériaux qu'à la fin des travaux de redressement;
2. Une bande d'accumulation de 0,3 à 1 m d'épaisseur et des barres infralittorales se sont néanmoins formées sur le remblai de l'ancien lit de la rivière. Un rehaussement du fond peu contribuer à réduire l'énergie des vagues qui atteignent le rivage;
3. La flèche de sable à l'extrémité sud-ouest de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac a progressé, probablement causée par la migration d'une partie des matériaux de rechargement déposés au nord-est. Cette dynamique demeure en continuité avec celle présente avant la réalisation des travaux de redressement de l'embouchure de la Belle-Rivière;
4. Migration de la flèche de sable en rive gauche du canal de la Belle-Rivière. Cette dynamique demeure conforme à l'évolution anticipée pour cette formation, sous l'influence d'une dynamique littorale;
5. Érosion de la paroi gauche du canal de sortie de la Belle-Rivière, probablement provoquée par le déplacement du canal de la Belle-Rivière lors de la crue printanière et de l'action des vagues en période estivale;
6. Accumulation de sédiments dans la dépression laissée par l'ancien canal de sortie de la Belle-Rivière;
7. Poursuite du remodelage de l'exutoire du canal de la Belle-Rivière, avec des accumulations en rive gauche et de l'érosion en rive droite;
8. Nivellement du haut fond situé devant la zone de remblayage, avec une érosion de la crête, puis une accumulation en périphérie. La dérive littorale qui alimentait antérieurement cette formation se trouve maintenant interrompue par la digue submergée et le nouveau canal de sortie de la Belle-Rivière. Sans apport sédimentaire, il est anticipé que ce haut fond s'efface avec le temps;
9. Les barres infralittorales continuent leur évolution au nord-est de l'épi 9 (site 2014.03.01);
10. La partie non remblayée de l'ancien canal de sortie de la Belle-Rivière a naturellement subi un certain remplissage sous l'effet de la dérive des matériaux de part et d'autre.

Le bilan sédimentaire de mars 2019 à novembre 2020 net de la zone située devant l'embouchure de la Belle-Rivière (zone A) est évalué à 20 400 tonnes d'accumulation, alors que celui de la zone située devant la plage de Saint-Gédéon (zone B) est de 60 000 tonnes d'accumulation.

5.3 CAMPAGNE DE RELEVÉS DE LA LIGNE DE RIVAGE

Les plans consignés à l'annexe C présentent l'évolution de la ligne de rivage relevée à l'élévation 101,54 m (16,5 pi).

Les relevés effectués en 2020 permettent de faire les constats suivants par rapport à l'évolution de la ligne de rivage depuis 2019 :

Site 94.03.01

- La position de la ligne de rivage pour le secteur entre les épis 5 et 6 (secteur 3B) n'a pas évolué de façon significative;
- Un recul moyen d'environ 2 m a été observé entre les épis en géotubes 1 et 2 (secteur 4A). Le recul maximal atteint quant à lui près de 3 m à proximité de l'épi en géotube 2;
- Entre les épis en géotubes 2 et 3, un recul constant de 4 m est observé;
- Un recul maximal de 2 m est observé directement au nord-est du géotube #3 sur 35 m.

Site 2014.03.01

- La position de la ligne de rivage n'a pas évolué au sud-ouest de l'épi 7 (secteur 1);
- Entre les épis 7 et 8, la ligne de rivage a progressé de près de 3 m (secteur 2);
- Au nord-est de l'épi 8 (secteur 3A), un recul moyen d'environ 4 m a été observé sur une longueur de 125 m;
- Une progression moyenne d'environ 4 m a quant à elle été observée sur un tronçon d'environ 100 m adjacent au sud-ouest de l'épi 9.

Site 93.02.02

- Un recul d'environ 2,5 m a été observé sur un tronçon de 75 m au sud-ouest de l'épi 2 (secteur 1);
- Devant le perré de support (secteur 2), la position de la ligne de rivage a progressé vers le large d'environ 5 m en moyenne, et de 7 m au maximum sur un tronçon de 125 m;
- Au nord-est de la digue submergée (secteur 3), la position de la ligne de rivage a progressé de 5 m en moyenne sur un tronçon de près de 250 m.

Malgré les reculs observés à certains endroits, les largeurs de plage sont demeurées supérieures à 8 m sur l'ensemble des deux sites, à l'exception de deux secteurs. Le premier tronçon était situé entre les épis en géotubes 1 et 2 (site 94.03.01) et mesurait environ 25 m de longueur, soit plus de 10 m de plus qu'en 2019. La largeur minimale observée était de 6,8 m, soit près d'un mètre de moins qu'au suivi précédent. L'autre tronçon était quant à lui situé sur la plage de Saint-Gédéon (site 93.02.02), dans le secteur 2. Il faisait 26 m de longueur et possédait une largeur minimum de 5,5 m, soit 20 m plus court et correspondant à un élargissement de 1 m par rapport au relevé précédent. Ces deux sites correspondent aux localisations où un perré de support a été mis en place.

6 DISCUSSION

6.1 ÉVOLUTION ANNUELLE

De façon générale, l'année 2020 a été marquée par des tendances érosives dans plusieurs secteurs. Les taux de recul étaient cependant inférieurs à la moyenne. Les analyses effectuées dans le cadre de ce suivi ont permis de faire les constats énumérés ci-après :

6.1.1 SITE 94.03.01 (ÉPIS 5 À 7)

- Entre les épis 5 et 6, un taux de transport net positif a été observé. L'analyse graphique des profils transversaux indique cependant que l'accrétion calculée au droit des profils se situait entre les élévations 99 et 100m. Les zones d'accumulation se concentraient donc plus au large sous forme de barres infralittorales. Le profil du haut de la plage est quant à lui demeuré relativement inchangé;
 - La position de la ligne de rivage au niveau 101,54 m (16,5 pieds) est d'ailleurs demeurée constante;
 - Dans le secteur 4A, au nord-est de l'épi 6, une perte de sédiments a été constatée, où le taux d'érosion a atteint près de -21 t/m. L'analyse graphique des profils transversaux indique que l'érosion calculée au droit des profils se concentrait entre les élévations 99 et 101 m;
 - En lien avec l'érosion constatée, le recul de la plage au niveau 101,54 m (16,5 pieds) s'est aggravé depuis la dernière période de suivi pour le secteur 4A. L'arpentage à l'automne 2020 indiquait que la longueur du tronçon ayant une largeur inférieure à 8 m avait presque doublé, passant de 13 m à 25 m, et que la largeur minimum avait diminuée de près de 1 m, passant de 7,7 m à 6,8 m;
 - Le perré de support présent au nord-est de l'épi 6 se trouvait dans le même état qu'au suivi précédent. Il était passablement dégagé et la plage au pied de la structure était plutôt étroite;
 - Au nord-est de l'épi en géotube 3, la perte de sédiments paraissait plus importante qu'au sud-ouest (taux d'érosion de -44,2 t/m au profil 2+049, contre -34,2 t/m au profil 2+095). Bien que plus étroite qu'en 2019, la plage conservait une pente relativement douce, libre d'escarpements et avec des sédiments plutôt lâches. La ligne de végétation ne semblait par ailleurs pas être menacée à court terme par l'érosion;
 - Près de 3 200 tonnes de matériaux (environ 16 t/m, en moyenne) ont quitté la zone d'analyse entre les deux périodes de suivi. La perte généralisée de sédiments sur l'ensemble du secteur suggère possiblement un transport transversal dominant, composante pour laquelle les épis sont généralement moins efficaces pour éviter la perte de matériaux.
-

6.1.2 SITE 2014.03.01 (ÉPIS 7 À 9)

- De façon générale, les changements observés entre les épis 7 et 9 ont été peu significatifs. Les principaux mouvements de sédiments impliquaient un déplacement des barres

infralittorales, en dessous de l'élévation 100 m. Un adoucissement de la pente de la plage, entre les élévations 100 et 101 m, a également été observé au droit de certains profils;

- Directement au nord-est de l'épi 8, par contre, le haut de la plage a continué de subir un raidissement de sa pente. L'ajustement n'aurait cependant pas affecté la position du haut de talus, ni provoqué la perte de végétation à cet endroit. Le secteur demeure néanmoins plus vulnérable à la formation d'escarpements, tel qu'observé dans le cadre de suivis antérieurs;
- Entre les épis 8 et 9, l'accumulation a été globalement moins importante que lors de la dernière période de suivi. Cependant, directement au sud-ouest de l'épi 9, une accréation d'environ 16,4 t/m a été observée, ce traduisant en une avancée de la ligne de rivage 101,54 m sur environ 100 m;
- Au nord-est de l'épi 9, le bilan sédimentaire s'est maintenu en territoire négatif. La perte de matériaux aurait cependant été plus lente que lors des suivis précédents (près de 50 % moins que la moyenne historique établie entre 2013 et 2019). L'analyse graphique des profils indique que le déplacement du chenal de la Belle-Rivière serait toujours la principale cause des pertes observées.

6.1.3 SITE 93.02.02

- Une grande partie du rechargement réalisé sur le haut de la plage en mars 2020 a été érodé au cours des périodes estivale et automnale. Le taux d'érosion devant le perré de support est demeuré comparable au taux historique observé à cet endroit;
- Plusieurs zones d'accumulation sont néanmoins apparues au pied de la plage pendant cette période, sur le remblai de l'ancien canal de la Belle-Rivière. Il est probable qu'une partie des matériaux de rechargement ait contribué à la formation de ces barres infralittorales. L'envergure des zones d'accumulation suggère par ailleurs que d'autres sources de matériaux, provenant du large ou des secteurs adjacents, auraient aussi contribué à leur évolution. Le rehaussement du fond marin devrait permettre de réduire l'énergie des vagues atteignant la berge en provoquant le déferlement plus au large et en adoucissant le profil transversal de la plage, favorisant à terme une meilleure stabilité des matériaux;
- Une dérive de sédiments en provenance de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac continue pour sa part d'alimenter le tronçon de plage au nord-est de la digue submergée (secteur 3), ainsi que la zone d'accumulation de l'autre côté de la structure, en rive droite du canal de la Belle-Rivière. Cette dynamique aurait d'ailleurs fait progresser la ligne de rivage au niveau 101,54 m (16,5 pieds) de près de 5 m vers le large. Les accumulations observées dans le cadre de cette période de suivi pourraient avoir été exacerbées par l'étalement des matériaux de rechargement déposés dans le secteur adjacent en mars 2020;
- La progression de la zone d'accumulation en rive droite du canal de la Belle-Rivière, proche de la base de la digue submergée, continue de provoquer un rétrécissement du chenal à cet endroit. L'écoulement des eaux lors de la crue printanière de la Belle-Rivière devrait cependant nettoyer le canal au gré des conditions érosives, comme il le faisait auparavant;
- À l'embouchure de la Belle-Rivière, le canal de sortie a poursuivi son remodelage et son déplacement progressif vers le nord-est, sous l'effet des vagues, de l'écoulement des eaux dans la rivière, ainsi que la dérive de matériaux en provenance du sud-ouest (Métabetchouan-Lac-à-la-Croix). Le chenal se rapproche progressivement du musoir de la digue submergée. Cette dynamique demeure malgré tout conforme aux attentes et avait été prise en compte lors de la conception de la structure;

- Plus en amont, des accumulations ont été observées dans les zones plus profondes de l'ancien lit de la Belle-Rivière. Cette dynamique est elle aussi normale, car le seuil du nouveau canal de sortie se trouve à une élévation supérieure à celle de l'ancien lit. Le secteur agit alors maintenant comme un puits à sédiments;
- La migration du chenal d'écoulement de la Belle-Rivière vers le sud-ouest dans ce secteur continue par ailleurs de progresser, sous l'effet de l'érosion des rives dans les méandres lors de la crue printanière, ainsi que la progression des flèches de sable de part et d'autre du canal. Cette dynamique ne constitue cependant pas d'enjeu prévisible envers les ouvrages ou les berges situées à proximité;
- Enfin, le perré situé à la base de la digue submergée et ayant été rehaussé à l'hiver 2020 ne présentait pas de signe de dégradation. Aucune érosion de l'aménagement végétal réalisé sur la crête de l'ouvrage n'a par ailleurs été constatée.

6.2 ÉVOLUTION CUMULATIVE

6.2.1 SITE 94.03.01 (ÉPIS 5 À 7)

L'analyse des bilans sédimentaires continue de démontrer que les épis en géotubes ont permis de réduire la perte de sédiments dans la zone immédiatement au nord-est de l'épi 5. Entre cet ouvrage et l'épi en géotube 1 (secteur 3B), le taux d'érosion moyen observé entre 2008 et 2020 a été réduit d'environ 80 % par rapport à celui observé entre 1994 et 2007. Au nord-est des aménagements, par contre, l'érosion s'est amplifiée depuis 2008. Le taux de perte de matériaux y demeure malgré tout plus faible (environ 40 %) que celui anticipé en aval d'épis conventionnels en enrochement dans ce secteur. Globalement, pour l'ensemble de la zone des épis en géotubes (secteur 4A), le taux de transport moyen demeure comparable, voire légèrement plus faible, que le taux historique.

Au sud-ouest de l'épi 7, l'accumulation dans la zone d'influence de l'ouvrage semble avoir convergée vers son état d'équilibre. Le bilan sédimentaire au profil 1+973 est en décroissance depuis 2016 et peu d'accumulations ont été observées au profil 1+870 dans le cadre des suivis 2019 et 2020. La position de la ligne de rivage est quant à elle demeurée relativement inchangée depuis 2016 et suit relativement bien le profil théorique anticipé, qui se veut représentatif de l'état d'équilibre.

L'influence de l'épi continue malgré tout à être difficilement distinguable dans le secteur des épis en géotubes. Après une atténuation des taux d'érosion aux profils 2+049 et 2+095 dans les dernières années, ceux mesurés en 2020 étaient de retour à la hausse. Toutefois, le profil du haut de la plage à la section 2+049 ne semble pas avoir changé de façon significative depuis 2015. L'influence de l'épi pourrait donc se manifester davantage sur le haut de la plage (au-dessus de l'élévation 101,0 m), alors que son effet sur la partie inférieure du profil demeure plus mitigé.

Plus loin au sud-ouest (profil 2+152), aucun changement notable du taux d'érosion ne semble se distinguer depuis 2014.

6.2.2 SITE 2014.03.01 (ÉPIS 7 À 9)

Les épis 7 et 8 parviennent à maintenir une plage stable entre les structures. La position de la ligne de rivage bouge peu depuis 2015 et ne semble pas vouloir reculer autant que l'anticipait le profil théorique établi en 2013 et projeté pour l'année 2017 (voir Annexe C). Les ouvrages paraissent donc efficaces dans leur rôle de repousser la zone d'érosion prévue se développer en aval du système d'épis vers le nord-est.

Concernant cette zone d'érosion, au nord-est de l'épi 8, celle-ci demeure active, mais évolue moins rapidement qu'initialement anticipée. La position de la ligne de rivage est d'ailleurs encore loin devant celle du profil théorique projeté pour 2017 (voir Annexe C). Le taux de recul calculé en 2020 est cependant le plus élevé depuis 2013.

De façon similaire, à l'autre extrémité de la cellule d'épis, l'accumulation anticipée au sud-ouest de l'épi 9 demeure moins prononcée que prévu. Malgré tout, le trait de côte entre les deux structures bouge peu d'année en année.

Au nord-est de l'épi 9, la structure continue visiblement d'influencer la dynamique hydrosédimentaire dans le secteur de l'embouchure de la Belle-Rivière. Le chenal d'écoulement poursuit tranquillement sa migration vers le sud-ouest. Par ailleurs, la flèche de sable s'élançant vers l'embouchure du cours d'eau s'amenuise progressivement en raison du déficit d'apports solides en provenance du sud-ouest. La position du chenal d'écoulement demeure malgré tout encore loin de l'épi 9 (environ 150 m) et la dynamique ne semble pas constituer d'enjeux à l'égard de la stabilité de l'ouvrage à court -ou moyen- terme.

6.2.3 SITE 93.02.02

Au site 93.02.02, les observations constatées jusqu'à présent demeurent conformes aux dynamiques anticipées. Elles incluent notamment :

- un remodelage et une migration progressive vers le nord-est du canal de sortie de la Belle-Rivière;
- la formation de barres infralittorales sur le remblai déposé sur l'ancien lit du cours d'eau, devant la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac;
- une dérive littorale en direction sud-ouest le long de la plage, transportant les sédiments par-dessus la crête de la digue submergée et les déposant en rive droite de la Belle-Rivière.

Par ailleurs, rien n'indique la présence d'une dynamique favorisant un éventuel retour du canal d'écoulement de la Belle-Rivière vers son ancien lit.

Bien que le taux d'érosion mesuré en 2020 sur le haut de la plage devant le perré de support (secteur 2) soit demeuré élevé et comparable au taux historique, la formation de zones d'accumulation sur le remblai de l'ancien canal de sortie de la Belle-Rivière présente des signes encourageant que le secteur évolue vers un nouvel état d'équilibre. À terme, le rehaussement du fond marin et le remodelage du profil transversal de la plage devraient permettre de réduire l'énergie des vagues atteignant la berge et favoriser une meilleure stabilité des matériaux. Une réduction du taux d'érosion de la plage demeure attendue. Rappelons que, selon Lasalle | NHC (2016), les travaux réalisés devraient permettre de réduire l'érosion d'environ 60 % entre les bornes inamovibles 28 et 32 (secteur 2).

Enfin, la zone devant l'embouchure de la Belle-Rivière (entre l'épi 9 et la digue submergée) restera toujours un secteur hautement dynamique en raison des contraintes exercées, dans un premier temps, par le régime fluvial et, dans un second temps, le régime littoral, qui ont des effets parfois contrastants sur le remodelage des berges et des parois du canal. La migration des méandres et l'alternance entre les périodes d'érosion et d'accumulation constituent alors des processus normaux pour ce genre de milieu.

7 CONCLUSION

7.1 SITE 94.03.01 (ÉPIS 5 À 7)

Au site 94.03.01, des épis en géotubes ont été aménagés en 2008 pour adresser une problématique d'érosion récurrente en aval d'un champ d'épis en enrochement construit antérieurement. Les géotubes devaient favoriser une meilleure stabilité des matériaux sur la plage, entre les structures ainsi qu'au sud-ouest, tout en minimisant l'impact des ouvrages sur le tronçon de plage non protégée situé au nord-est.

Les suivis réalisés depuis leur mise en place confirment que les ouvrages ont permis de réduire les taux d'érosion au nord-est de l'épi 5, ainsi qu'entre les géotubes 1 et 2, tout en permettant un transit partiel de la dérive littorale vers le nord-est. Malgré une augmentation de l'érosion au nord-est des aménagements, le taux de transport y demeure plus faible que celui anticipé en aval d'épis conventionnels en enrochement dans ce secteur. L'efficacité des épis en géotubes est donc conforme à ce qui est attendu pour ce type d'ouvrage. Cependant, en l'absence d'apports naturels de sédiments en provenance du sud-ouest, les pertes de matériaux subies lors de fortes tempêtes ne sont pas remplacées.

L'ajout, en 2014, de deux épis en enrochement au nord-est (épis 7 et 8) a, pour sa part, réussi à provoquer la formation d'une zone d'accumulation au sud-ouest des ouvrages. Les tendances observées dans le cadre des récents suivis suggèrent par ailleurs que cette zone d'accumulation aurait atteint son état d'équilibre. L'influence de l'épi 7 dans le secteur des épis en géotubes demeure malgré tout difficilement distinguable et pourrait se limiter à une stabilité légèrement accrue des matériaux sur le haut de la plage au nord-est des ouvrages. Cette influence paraît néanmoins précaire et pourrait fluctuer au gré des conditions érosives, laissant le secteur vulnérable aux fortes tempêtes. La berge à cet endroit pourrait donc éventuellement être menacée si la largeur de la plage demeure trop étroite.

L'épi 7 ne semble par ailleurs pas exercer d'influence notable au-delà de l'épi en géotube 2. Aucun changement significatif de cette dynamique n'est anticipé à court terme.

Pour prévenir une régression supplémentaire du talus et de la ligne de végétation dans le secteur des épis en géotubes, un rechargement serait recommandé dans l'une des prochaines programmations annuelles, même si le critère à l'égard de la largeur de la plage n'est pas pleinement rempli (largeur au niveau 101,54 m (16,5 pieds) inférieure à 8 m sur plus de 100 m). Les autres métriques présentées dans le cadre de ce suivi font état d'une dégradation notable de la plage depuis 2017. L'abaissement du haut de la plage expose notamment la berge à une érosion accrue advenant d'autres événements de vagues fortes, combinés à des niveaux d'eau élevés dans le lac Saint-Jean.

Le perré de support présent entre les épis en géotubes 1 et 2 et qui se trouve maintenant largement découvert constitue quant à lui un obstacle infranchissable pour les riverains souhaitant accéder à la plage. Une des solutions envisageables pour adresser cette problématique pourrait être de retirer l'ouvrage. En ce sens, un avis technique a été émis en 2018 (WSP, 2018) concernant les conséquences que pourrait entraîner cette intervention sur la berge attenante. À la lumière des nouvelles analyses effectuées dans le cadre de ce suivi, les conclusions de l'avis demeurent valides, à savoir qu'un retrait du perré pourrait occasionner un réajustement et un recul de la berge au-dessus de l'ouvrage, mais que la poursuite des

rechargements et le maintien d'une plage suffisamment haute et large permettraient de mitiger ces conséquences. Par ailleurs, le retrait de l'ouvrage ne devrait pas avoir d'influence significative sur la fréquence des rechargements requis dans le secteur.

Pour améliorer la pérennité des rechargements, les interventions évoquées dans le cadre des suivis précédents (WSP, 2020) demeurent pertinentes. Les solutions incluait :

1. Rehaussement du profil du rechargement;
2. Mise en place d'épis en éventail au droit des épis en géotubes 2 et 3;
3. Prolongement de l'épi 7 ou construction d'un épi intermédiaire, entre les épis en géotubes et l'épi 7;
4. Réduction de la longueur des épis 2 et 3 (site 91.03.02).

7.2 SITE 2014.03.01 (ÉPIS 7 À 9)

En plus de freiner la perte de sédiments au nord-est des épis en géotubes, les épis 7 et 8 devaient permettre de repousser la zone d'érosion prévue se développer au nord-est vers un secteur où le trait de côte bénéficie d'un espace de liberté relativement élevé et où son recul est jugé tolérable. L'épi 9 devait quant à lui permettre de capter les matériaux transportés le long du banc de sable de Métabetchouan–Lac-à-la-Croix, favorisant ainsi le développement d'un état d'équilibre le long de la plage au sud-ouest et évitant que la dérive des sédiments ne migre devant l'embouchure de la Belle-Rivière.

Les suivis réalisés depuis la mise en place des ouvrages confirment que les aménagements ont une efficacité conforme aux attentes, dans la mesure où le trait de côte entre les structures semble converger vers un état d'équilibre. Par ailleurs, la zone d'érosion au nord-est de l'épi 8 est moins importante qu'initialement prévue lors de la conception des ouvrages.

À l'extrémité nord-est du site, l'influence de l'épi 9 sur la dynamique hydrosédimentaire à l'embouchure de la Belle-Rivière continue d'évoluer. Les changements observés au niveau de la position du chenal d'écoulement et la migration de la flèche de sable s'élançant vers l'embouchure ne semblent malgré tout pas constituer d'enjeu particulier à l'égard de la stabilité de l'épi à court -ou moyen- terme.

7.3 SITE 93.02.02

Au site 93.02.02, les travaux de redressement de l'embouchure de la Belle-Rivière avaient pour objectif de réduire le taux d'érosion de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac et éviter que le chenal d'écoulement de la Belle-Rivière ne dévie à nouveau à proximité de la berge.

Les suivis réalisés jusqu'à présent suggèrent que l'intervention progresse telle qu'anticipée. Bien que le taux d'érosion de la plage n'ait pas encore subi de réduction notable, la formation de barres infralittorales et de zones d'accumulation sur le remblai de l'ancien canal de sortie de la Belle-Rivière présente des signes encourageant que le secteur évolue vers un nouvel état d'équilibre. Il est tout de même recommandé de mettre en place un rechargement de plage devant le perré de support afin de favoriser l'atteinte de cet état d'équilibre. À terme, le

rehaussement du fond marin et le remodelage du profil transversal de la plage devraient permettre de réduire l'énergie des vagues atteignant la berge et favoriser une meilleure stabilité des matériaux.

Il demeure malgré tout anticipé qu'une dérive de matériaux persiste en direction sud-ouest (vers la digue submergée). Les bilans sédimentaires le long de la plage devraient donc se maintenir en territoire érosif, mais selon un taux beaucoup plus faible qu'auparavant, ce qui permettrait de réduire la fréquence des rechargements de plage à long terme.

Au niveau du chenal d'écoulement de la Belle-Rivière, malgré un certain remodelage et décalage vers le nord-est à la sortie, la dynamique ne donne aucun indice qu'il se redirige vers son ancien lit.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- LASALLE-NHC. 2016. *Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean (2017-2026) – Étude et modélisation de l'érosion des berges. Rapport d'étude R.0024 – Volume 2 : Secteur Belle-Rivière*. Rapport final de Lasalle | NHC à Rio Tinto Alcan. 47 p. et annexes.
- WSP. 2018. PSBLSJ – Site 94.03.01 Camping Saint-Pierre. Avis technique sur le retrait du *perré de support*. Note technique préparée par WSP Inc. pour Rio Tinto Alcan. 8 p.
- WSP. 2020. *Sites 94.03.01, 2014.03.01 et 93.02.02 – Métabetchouan–Lac à la Croix et Saint-Gédéon – Suivi technique 2019*. Rapport final de WSP Canada Inc. à Rio Tinto – Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. 61 p. et annexes.

ANNEXE

A RÉPERTOIRE PHOTOGRAPHIQUE



Suivi technique 2019

Sites 94.03.01, 2014.03.01 et 93.02.02 - Métabetchouan-Lac-à-la-Croix et Saint-Gédéon

• Photos retenues •

	PHOTO N°	DATE	ÉLÉVATION DU LAC	
			mètres	(pieds)
Site 94.03.01	1	20/09/24	100.94	(14.53)
	2	19/07/12	101.24	(15.52)
	3	17/10/03	100.89	(14.37)
	4	20/09/24	100.94	(14.53)
	5	19/07/12	101.24	(15.52)
	6	20/09/24	100.94	(14.53)
	7	20/09/24	100.94	(14.53)
	8	19/07/12	101.24	(15.52)
	9	20/09/24	100.94	(14.53)
	10	19/07/12	101.24	(15.52)
Site 2014.03.01	11	20/09/24	100.94	(14.53)
	12	19/07/12	101.24	(15.52)
	13	20/09/24	100.94	(14.53)
	14	19/07/12	101.24	(15.52)
	15	20/09/24	100.94	(14.53)
	16	20/09/24	100.94	(14.53)
	17	19/07/12	101.24	(15.52)
	18	20/09/24	100.94	(14.53)
	19	20/09/24	100.94	(14.53)
	20	19/07/12	101.24	(15.52)
	21	20/09/24	100.94	(14.53)
	22	19/07/12	101.24	(15.52)
	23	20/09/24	100.94	(14.53)
	24	19/07/12	101.24	(15.52)
	25	20/09/24	100.94	(14.53)
	26	19/07/12	101.24	(15.52)
Site 93.02.02	27	20/09/24	100.94	(14.53)
	28	19/07/12	101.24	(15.52)
	29	20/09/24	100.94	(14.53)
	30	19/07/12	101.24	(15.52)
	31	20/09/24	100.94	(14.53)
	32	19/07/12	101.24	(15.52)
	33	20/09/24	100.94	(14.53)
	34	19/07/12	101.24	(15.52)
	35	20/09/24	100.94	(14.53)
	36	19/07/12	101.24	(15.52)
	37	20/09/24	100.94	(14.53)
	38	19/07/12	101.24	(15.52)
	39	20/09/24	100.94	(14.53)
	40	19/07/12	101.24	(15.52)
	41	20/09/24	100.94	(14.53)
	42	19/07/12	101.24	(15.52)
	43	20/09/24	100.94	(14.53)
	44	19/07/12	101.24	(15.52)
	45	20/09/24	100.94	(14.53)
	46	19/07/12	101.24	(15.52)

SITE
94.03.01



Photo 1
(20200924-NB-322)

Secteur 3B : Vue de l'épi 5 vers l'épi 6 (24 sept. 2020)
Élévation du lac : 100,94 m (14,5 pi).



Photo 2
(20190712-JM-1234)

Secteur 3B : Vue de l'épi 5 vers l'épi 6 (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,52 pi).



Photo 3
(20171003-JM-107)

Secteur 3B : Vue de l'épi 5 vers l'épi 6 (3 oct. 2017)
Élévation du lac : 100,89 m (14,37 pi).



Photo 4
(20200924-NB-0327)

Secteur 4A : Vue au nord-est de l'épi 6 (24 sept. 2020)
Élévation du lac : 100,94 m (14,5 pi).



Photo 5
(20190712-JM-1239)

Secteur 4A : Vue au nord-est de l'épi 6 (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,52 pi).



Photo 6
(20200924-NB-331)

Secteur 4A : Vue au nord-est du géotube #2 (24 septembre 2020)
Élévation du lac : 100,94 m (14,5 pi).



Photo 7
(20200924-NB-0337)

Secteur 4A : Vue au nord-est du géotube #2 (24 septembre 2020)
Élévation du lac : 100,94 m (14,5 pi).



Photo 8
(20190712-JM-1251)

Secteur 4A : Vue au nord-est du géotube 2 (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,52 pi).



Photo 9
(20200924-NB-344)

Secteur 4A : Vue au nord-est du géotube 3 (24 septembre 2020)
Élévation du lac : 100,94 m (14,5 pi).



Photo 10
(20190712-JM-1325)

Secteur 4A : Vue au nord-est du géotube 3 (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,52 pi).

Site
2014.03.01

Suivi technique 2020



Photo 11
(20200924-NB-361)

Secteur 1 : Vue au sud-ouest de l'épi 7 (24 sept. 2020)
Élévation du lac : 100,94 m (14,5 pi).



Photo 12
(20190712-JM-1255)

Secteur 1 : Vue au sud-ouest de l'épi 7 (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,52 pi).

Suivi technique 2020



Photo 13
(20200924-NB-359)

Secteur 2 : Vue de l'épi 7 vers l'épi 8 (24 sept. 2020)
Élévation du lac : 100,94 m (14,5 pi).



Photo 14
(20171003-JM-143)

Secteur 2 : Vue de l'épi 7 vers l'épi 8 (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,52 pi).

Suivi technique 2020



Photo 15
(20200924-NB-372)

Secteur 3A : Vue au nord-est de l'épi 8 (24 sept. 2020)
Élévation du lac : 100,94 m (14,5 pi).



Photo 16
(20200924-NB-374)

Secteur 3A : Vue au nord-est de l'épi 8 (24 sept. 2020)
Élévation du lac : 100,94 m (14,5 pi).

Suivi technique 2020



Photo 17
(20190712-JM-1262)

Secteur 3A : Vue au nord-est de l'épi 8 (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,52 pi).



Photo 18
(20200924-NB-388)

Secteur 3B : Au sud-ouest de l'épi 9 (24 sept. 2020)
Élévation du lac : 100,94 m (14,5 pi).

Suivi technique 2020



Photo 19
(20200924-NB-390)

Secteur 3B : Au sud-ouest de l'épi 9 (24 sept. 2020)
Élévation du lac : 100,94 m (14,5 pi).



Photo 20
(20190712-JM-1282)

Secteur 3B : Au sud-ouest de l'épi 9 (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,52 pi).

Suivi technique 2020



Photo 21
(20200924-NB-404)

Secteur 3B : Vue du sud-ouest vers l'épi 9 (24 sept. 2020)
Élévation du lac : 100,94 m (14,5 pi).



Photo 22
(20190712-JM-1289)

Secteur 3B : Vue du sud-ouest vers l'épi 9 (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,52 pi).

Suivi technique 2020



Photo 23
(20200924-NB-421)

Secteur 4 : Vue de l'épi 9 vers les nord-est (24 sept. 2020)
Élévation du lac : 100,94 m (14,5 pi).



Photo 24
(20190712-JM-1297)

Secteur 4 : Vue de l'épi 9 vers les nord-est (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,52 pi).

Suivi technique 2020



Photo 25
(20200924-NB-435)

Secteur 4 : Flèche de sable au nord-est de l'épi 9 (24 sept. 2020)
Élévation du lac : 100,94 m (14,5 pi).



Photo 26
(20190712-JM-1298)

Secteur 4 : Flèche de sable au nord-est de l'épi 9 (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,52 pi).



Suivi technique 2020

Site
93.02.02



Photo 27
(20200924-NB-232)

Secteur 1 : Vue au sud-ouest de l'épi 2 (24 sept. 2020)
Élévation du lac : 100,94 m (14,5 pi).



Photo 28
(20190712-JM-1115)

Secteur 1 : Vue au sud-ouest de l'épi 2 (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,52 pi).



Photo 29
(20200924-NB-251)

Secteur 1 : Vue au sud-ouest de l'épi 2 (24 sept. 2020)
Élévation du lac : 100,94 m (14,5 pi).



Photo 30
(20190712-JM-1110)

Secteur 1 : Vue au sud-ouest de l'épi 2 (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,52 pi).



Photo 31
(20200924-NB-224)

Secteur 1 : Vue devant le perré de support (24 sept. 2020)
Élévation du lac : 100,94 m (14,5 pi).



Photo 32
(20190712-JM-1119)

Secteur 2 : Vue devant le perré de support (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,52 pi).



Photo 33
(20200924-NB-225)

Secteur 2 : Vue devant le perré de support (24 sept. 2020)
Élévation du lac : 100,94 m (14,5 pi).



Photo 34
(20190712-JM-1122)

Secteur 2 : Vue devant le perré de support (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,52 pi).



Photo 35
(20200924-NB-219)

Secteur 2 : Vue devant le perré de support (24 sept. 2020)
Élévation du lac : 100,94 m (14,5).



Photo 36
(20190712-JM-1124)

Secteur 2 : Vue devant le perré de support (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,52 pi).



Photo 37
(20200924-NB-215)

Secteur 2 : Vue devant le perré de support (24 sept. 2020)
Élévation du lac : 100,94 m (14,5 pi).



Photo 38
(20190712-JM-1127)

Secteur 2 : Vue devant le perré de support (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,52 pi).



Photo 39
(20200924-NB-194)

Secteur 3 : Vue au nord-est de la digue submergée (24 sept. 2020)
Élévation du lac : 100,94 m (14,5 pi).



Photo 40
(20190712-JM-1289)

Secteur 3 : Vue au nord-est de la digue submergée (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,52 pi).



Photo 41
(20200924-NB-168)

Secteur 3 : Digue submergée (24 sept. 2020)
Élévation du lac : 100,94 m (14,5 pi).



Photo 42
(20190712-JM-1147)

Secteur 3 : Digue submergée (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,52 pi).



Photo 43
(20200924-NB-170)

Secteur 3 : Perré à la base de la digue submergée (24 sept. 2020)
Élévation du lac : 100,94 m (14,5 pi).



Photo 44
(20190712-JM-1151)

Secteur 3 : Perré à la base de la digue submergée (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,52 pi).



Photo 45
(20200924-NB-167)

Secteur 3 : Perré à la base de la digue submergée (24 sept. 2020)
Élévation du lac : 100,94 m (14,5 pi).



Photo 46
(20190712-JM-1311)

Secteur 3 : Perré à la base de la digue submergée (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,52 pi).



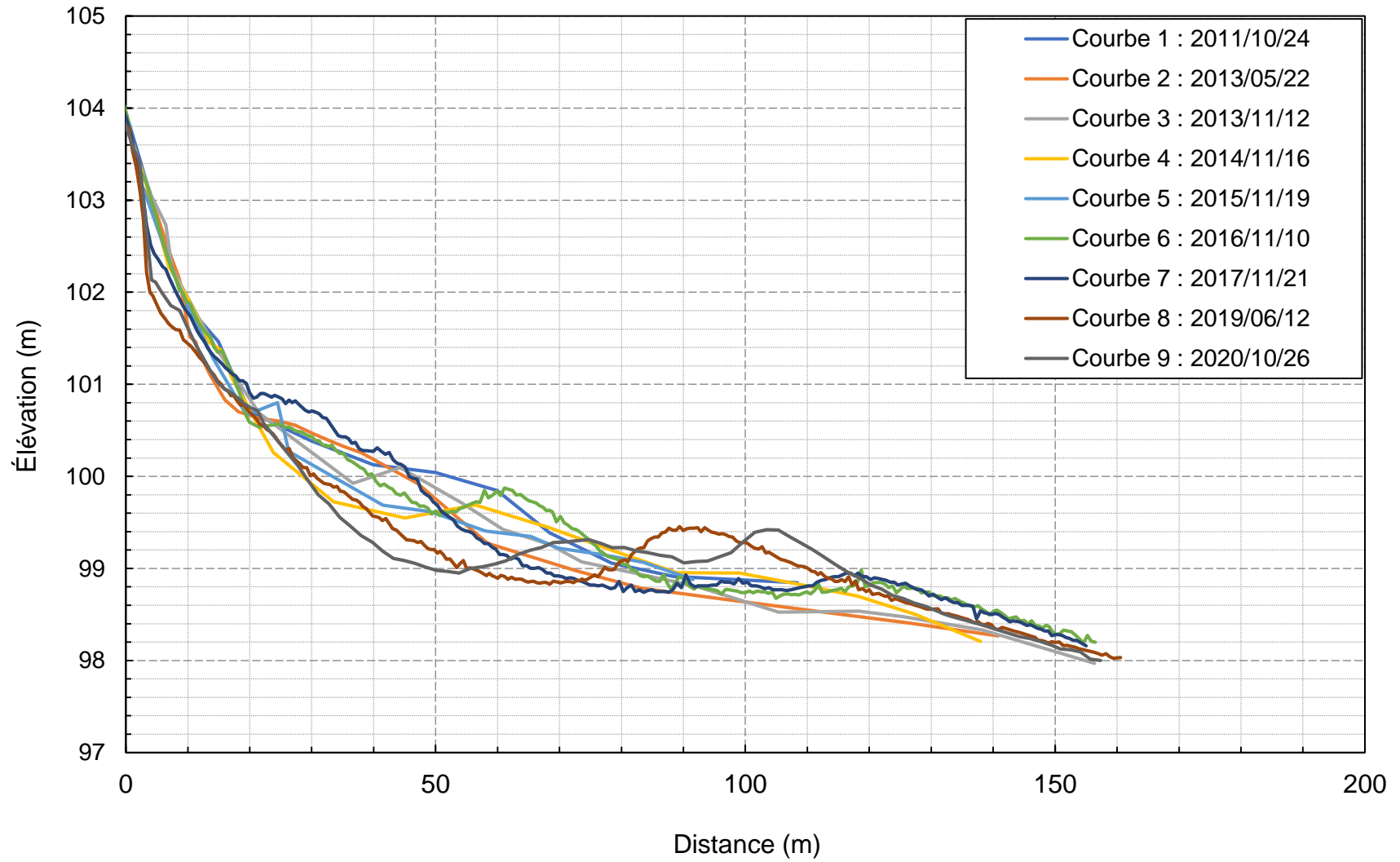
ANNEXE

B PROFILS BATHYMÉTRIQUES

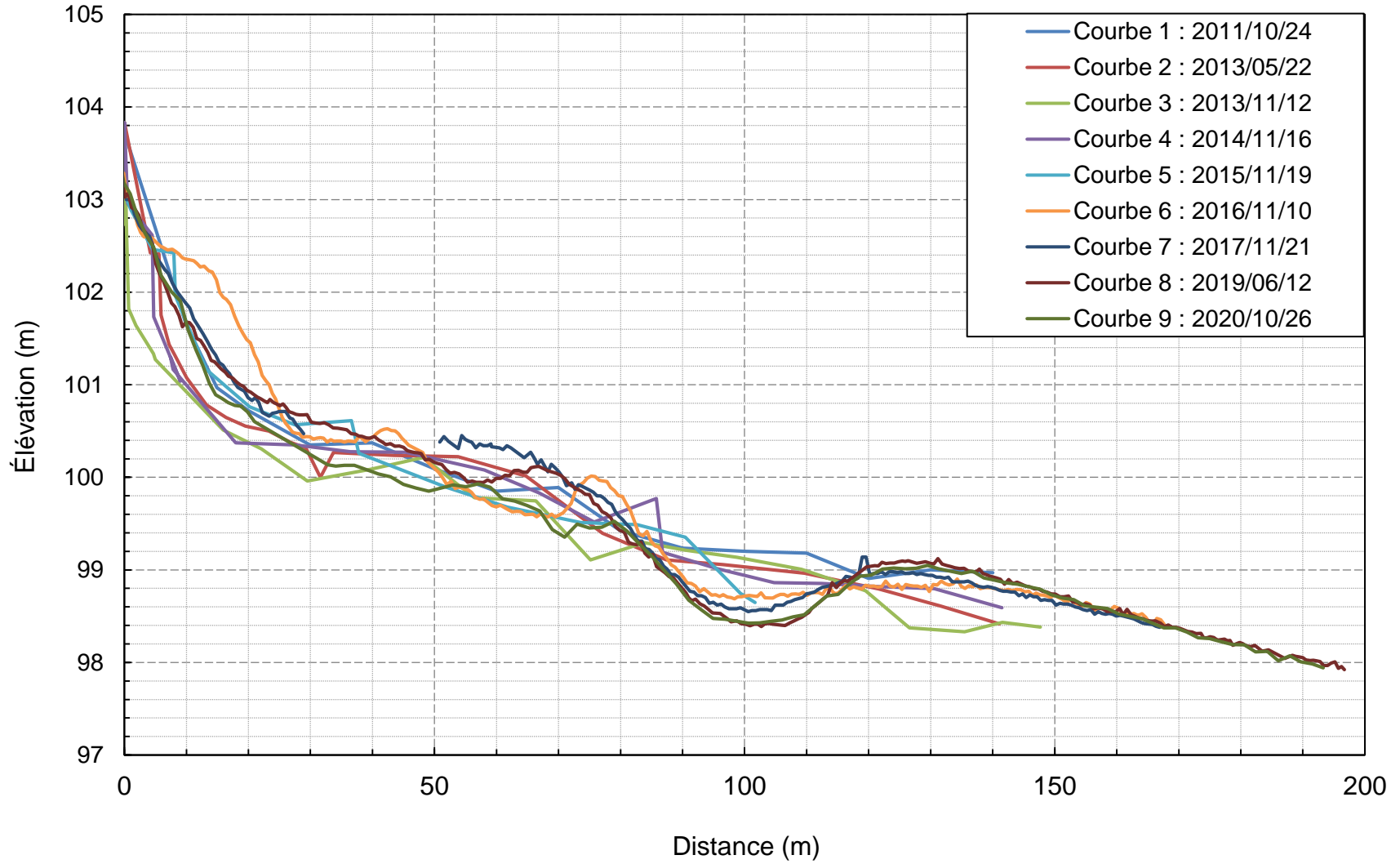


SITE
94.03.01

SECTEUR : A0307PR74 CHAINAGE : 2+210

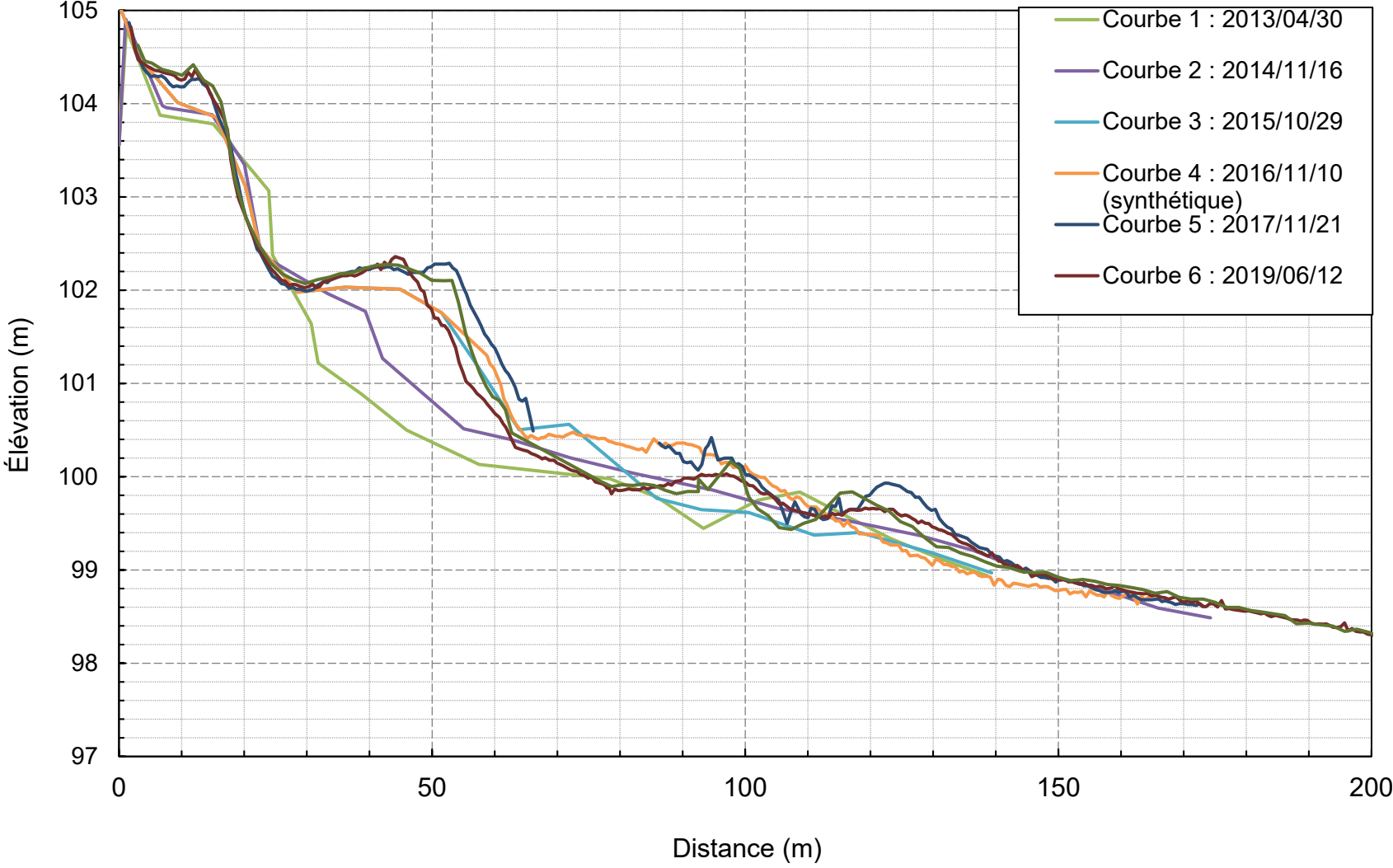


SECTEUR : A0307PR70 CHAINAGE : 2+049

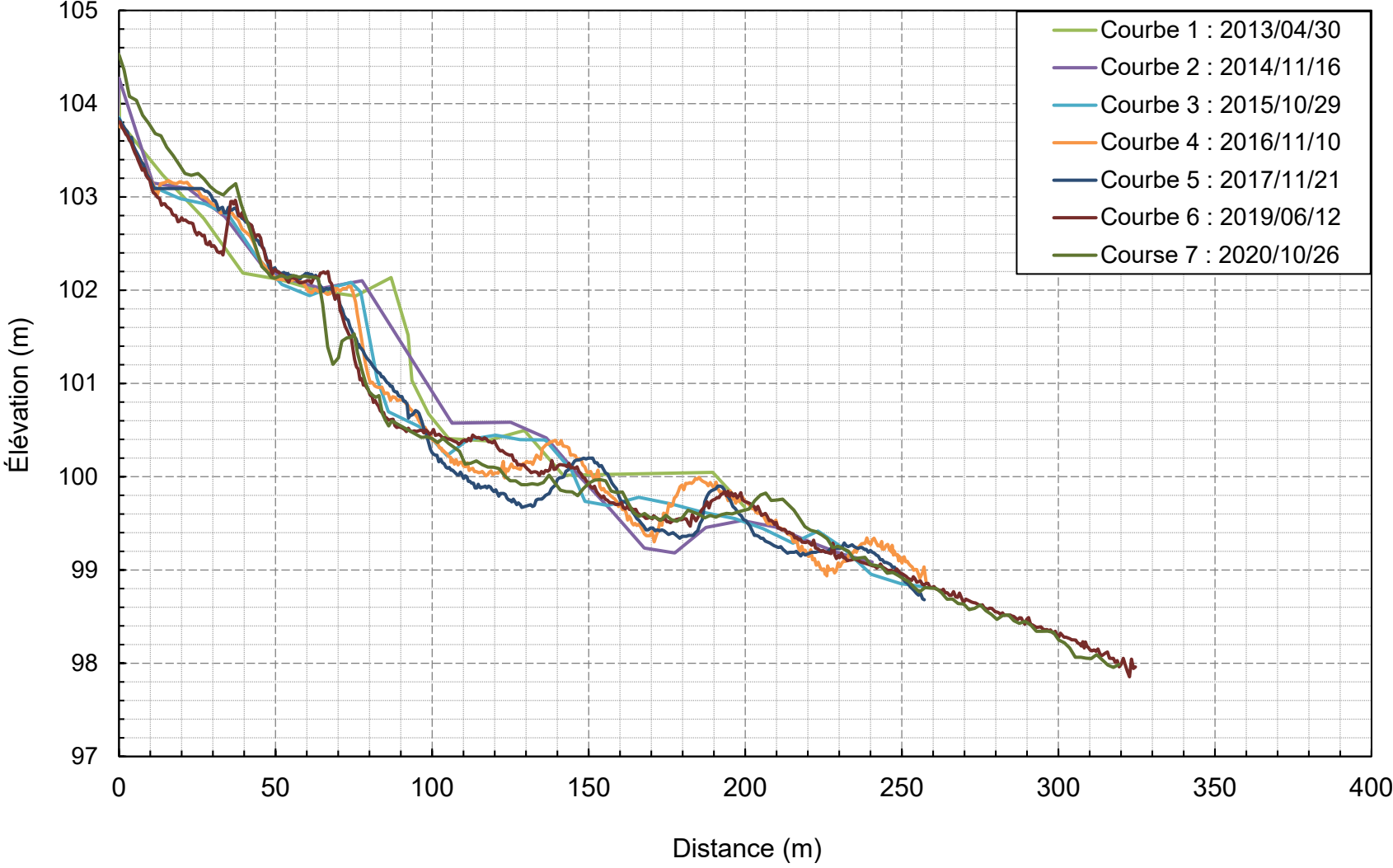


Site
2014.03.01

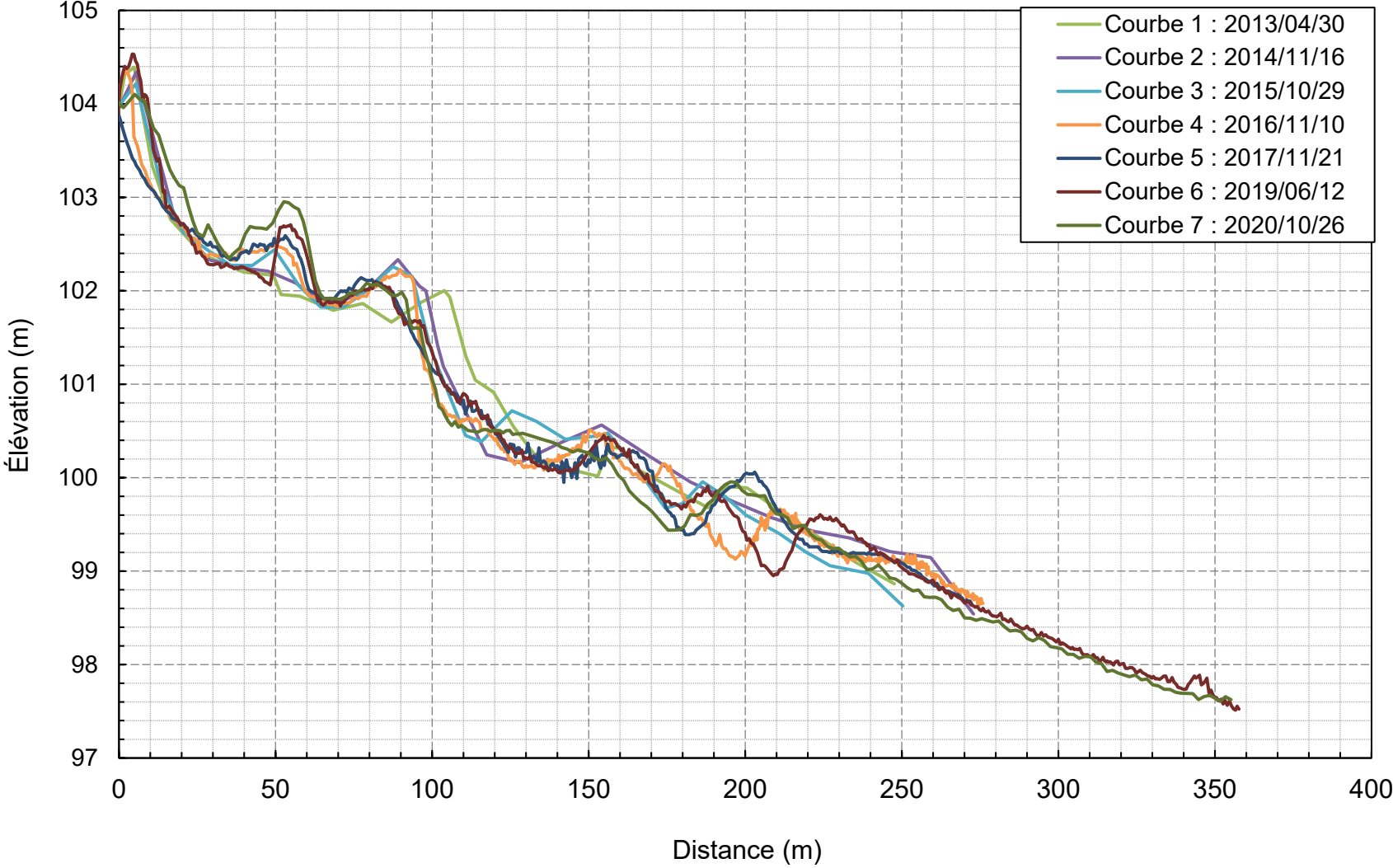
SECTEUR : A0307PR103 CHAINAGE : 1+870



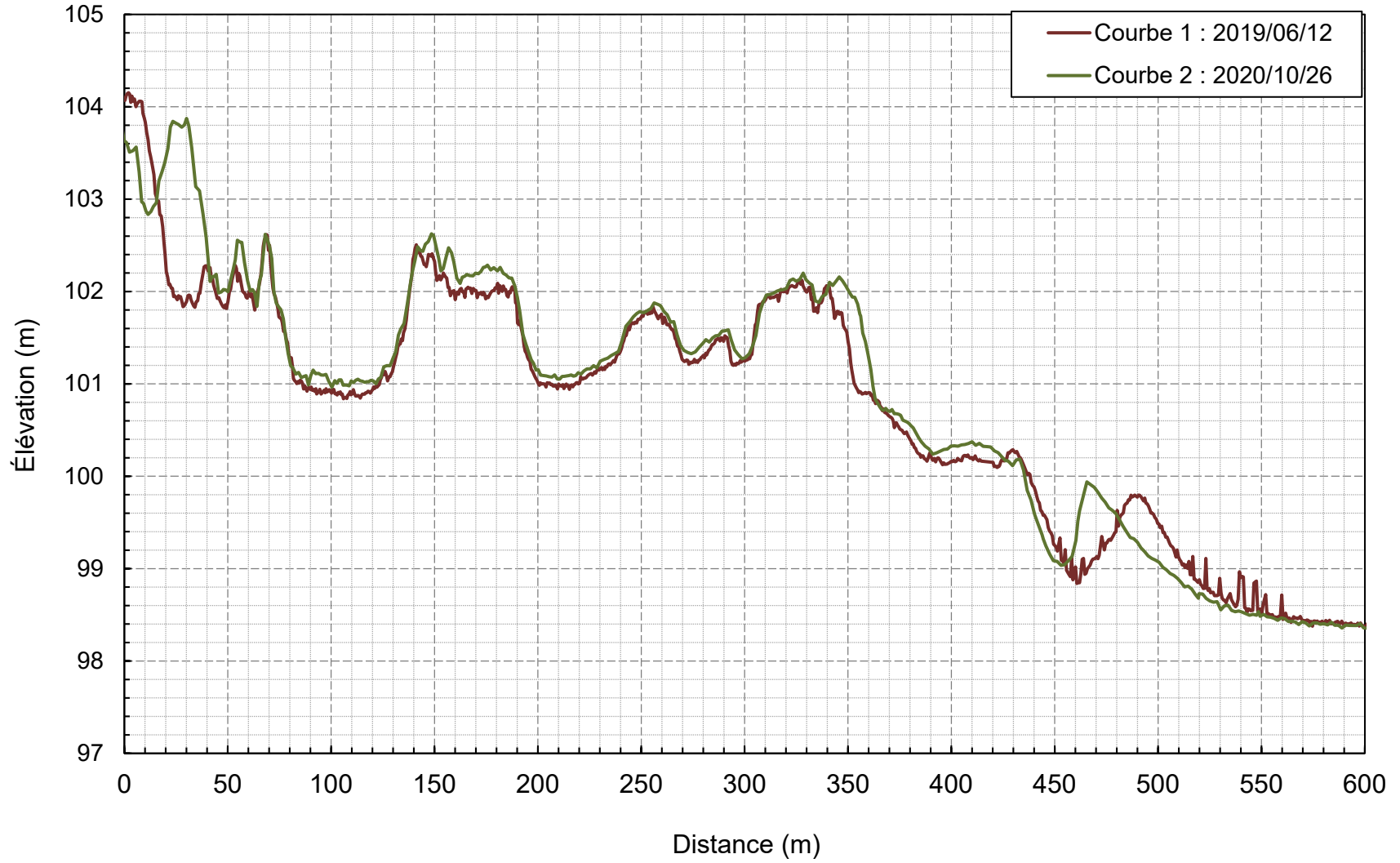
SECTEUR : A0307PR107 CHAINAGE : 1+474



SECTEUR : A0307PR108 CHAINAGE : 1+374

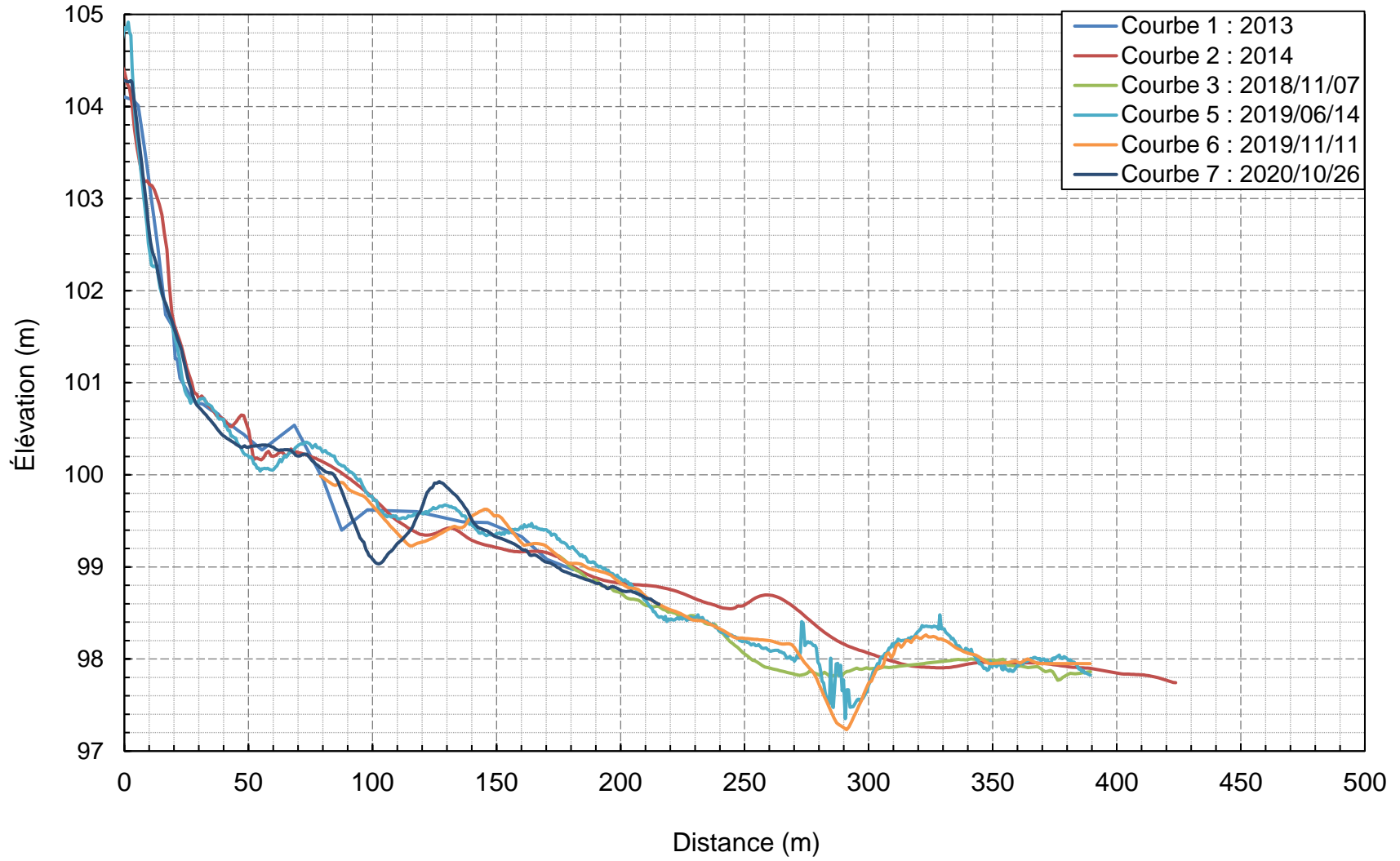


SECTEUR : A0307PR113.5 CHAINAGE : 0+830

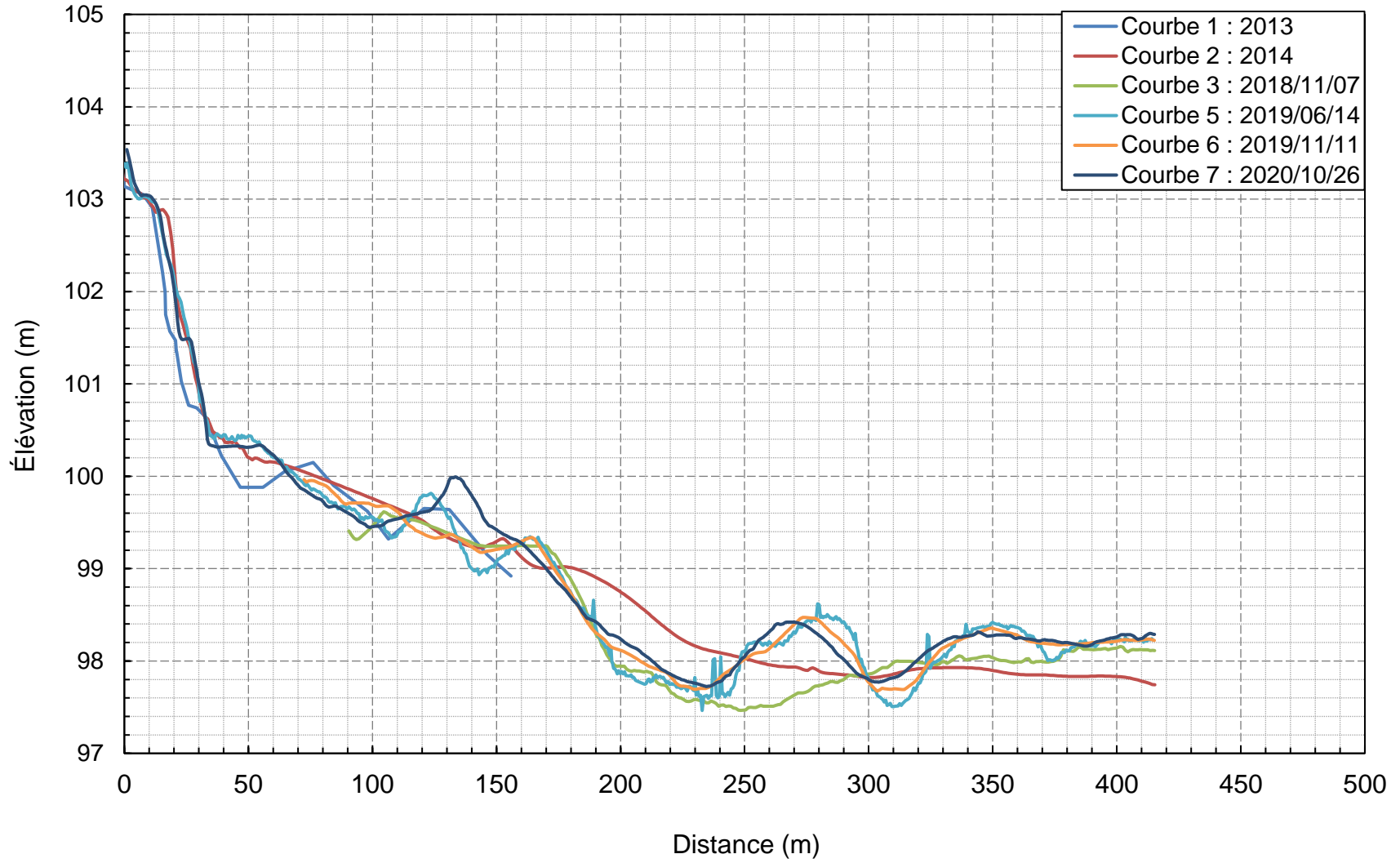


**Site
93.02.02**

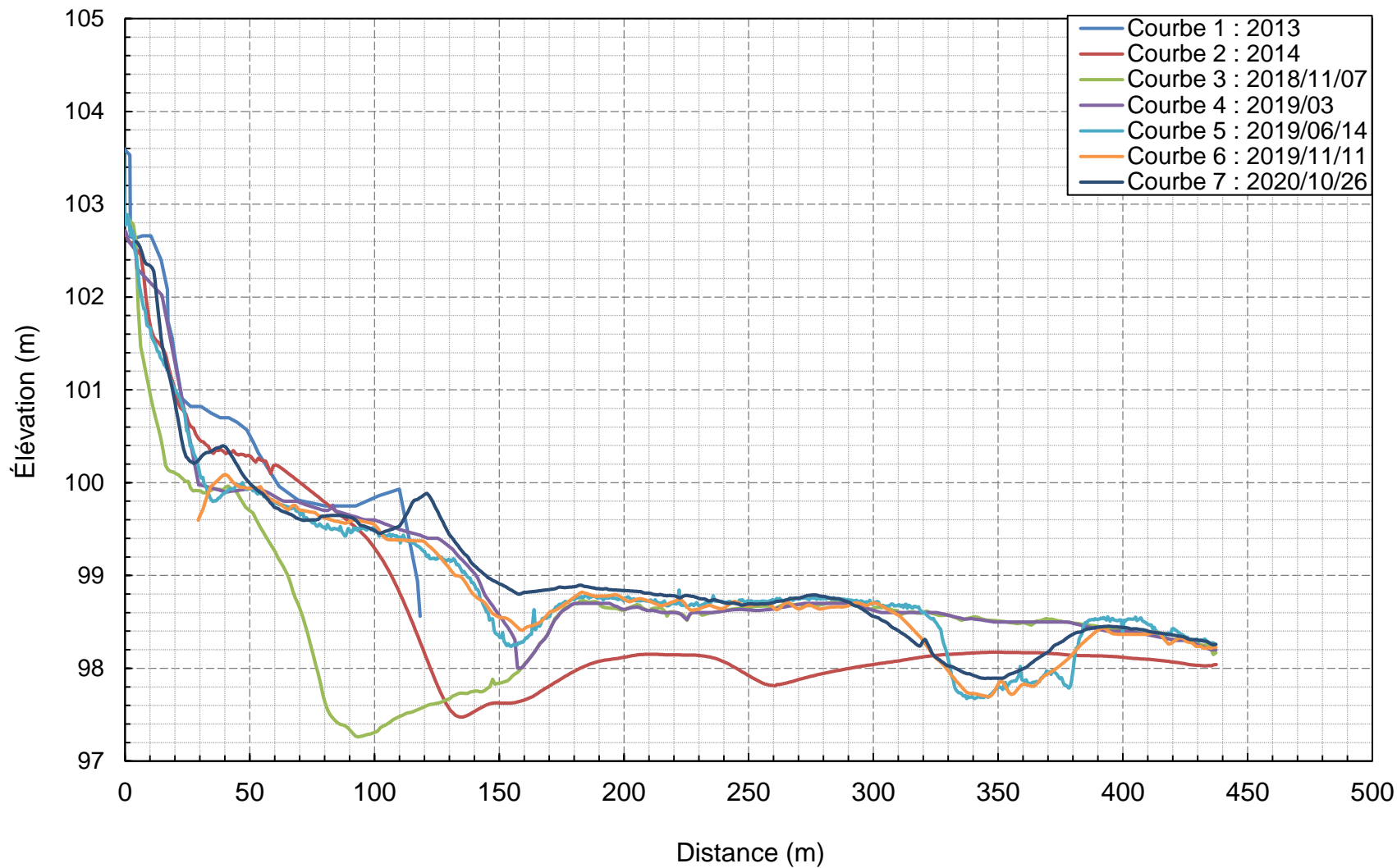
SECTEUR : A0207PR19 CHAINAGE : 1+532



SECTEUR : A0207PR20 CHAINAGE : 1+576



SECTEUR : A0207PR22 CHAINAGE : 1+726



ANNEXE

C PLANS



ANNEXE

D SYNTHÈSE DES INTERVENTIONS ET OBSERVATIONS



