

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

SUIVI TECHNIQUE 2023

RIO TINTO

PROGRAMME DE STABILISATION DES BERGES DU LAC SAINT-JEAN

FÉVRIER 2024



28 mai 2023
Niveau du LSJ = 101,48 m
(16,3 pieds)

Source : PSBLSJ (2023)



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

SUIVI TECHNIQUE 2023

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

VERSION FINALE

PROJET N° : CA0019156.0516
DATE : FÉVRIER 2024

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

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	9 février 2024
Finale	Rio Tinto – Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean	26 février 2024

ÉQUIPE DE RÉALISATION

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

Conseillère Caroline Jolette, ing.

WSP CANADA INC. (WSP)

Chargée de projet Noémie Blouin, ing., M.Sc.

Ingénieure de projet Narimene Chertouk

Dessin technique Jean Marc Tremblay

Référence à citer :

WSP. 2023. *Sites 94.03.01, 2014.03.01 et 93.02.02 – Métabetchouan–Lac-à-la-Croix et Saint-Gédéon – Suivi technique 2023*. Rapport final de WSP Canada Inc. à Rio Tinto – Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. 76 p. et annexes.

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. Dans le cadre du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean (PSBLSJ), plusieurs interventions ont été réalisées depuis 1987 pour atténuer les problématiques d'érosion et d'accumulation observées dans le secteur, tels que les travaux de redressement de la Belle Rivière, ainsi que la mise en place de structures de protection côtière et de rechargements de plage de part et d'autre de son embouchure. Les suivis techniques doivent permettre de valider si les objectifs de ces interventions, soit la stabilisation des secteurs en érosion, sont atteints.

Les sections ci-après présentent un résumé des faits saillants observés en 2023, qui démontrent que les objectifs des interventions réalisées sont atteints ou en voie de l'être.

Site 94.03.01 (épisodes 5 à 7 incluant les géotubes 1 à 3)

Les épisodes 5, 6 et 7 ainsi que les géotubes 1 à 3 ont permis l'atténuation de la problématique d'érosion du site 94.03.01, tel que l'indique la diminution des taux de transport depuis leur mise en place. L'érosion observée suite à la rupture du géotube #2 au printemps 2023 démontre par ailleurs l'importance qu'ont les structures de rétention de sédiments dans leur rôle de stabilisation de la plage.

Sommairement, l'année 2023 a été caractérisée par :

- La plage située entre les épisodes 4 et 5 (secteur 3A) n'a pas subi de détérioration additionnelle depuis les événements de niveaux d'eau extrêmes (>102,0 m) du printemps 2022, qui avaient occasionné un abaissement du haut de plage et l'érosion significative du talus derrière.
- Entre les épisodes 5 et 6 (secteur 3B), le secteur est généralement en accrétion, bien que les inspections visuelles du 25 mai et du 20 novembre 2023 aient soulevé la présence d'encoches d'érosion sur le haut de plage (élevations supérieures à 101 m). L'accrétion était présente au pied de la plage, jusqu'à une élévation de 99 m.
- Entre l'épisode 6/géotube #1 et le géotube #3 (secteur 4A), un taux d'érosion de -40,1 t/m a été relevé en 2023, soit le plus élevé depuis 2012 (-126 t/m). Entre 1993 et 2007, le taux d'érosion moyen était de -34 t/m/an, puis de -31,5 t/m/an entre 2007 et 2013, et finalement de -15,3 t/m/an entre 2013 et 2023. Cette érosion supérieure aux moyennes historiques se traduit en une migration de 6 400 tonnes de sédiments depuis le dernier suivi de 2022 et une régression de la ligne de rivage variant entre 4 et 6 m :
 - Au printemps 2023, la rupture du géotube #2 a été constatée sur une longueur d'environ 50 m.
 - Le secteur a subi une érosion significative sur le haut de la plage à la suite d'événements de niveaux d'eau élevés combinés à des forts vents en provenance du nord-ouest.
 - La régression du talus a dépassé la limite de végétation de 1986, et les racines d'arbres ont été déchaussées.

- Une digue de sacs de sable a été mise en place le 20 mai 2023, puis rehaussée le 18 août 2023, afin de minimiser le risque d'instabilité du talus en érosion où se retrouve en crête un milieu de vie.
- Des travaux de rechargement ont été réalisés en décembre 2023 afin de répondre à ces problématiques d'érosion à court terme.
- Le secteur entre le géotube 3 et l'épi 7 a subi une accumulation de +1 700 tonnes, soit environ 25% du volume érodé entre les géotubes 1 à 3. La plage au sud-ouest de l'épi 7 semble donc avoir atteint un état d'équilibre et il est peu probable que l'influence de l'ouvrage continue à s'étendre vers le sud-ouest et à réduire davantage les taux d'érosion dans la région des épis en géotubes.
- **Il est recommandé de procéder au remplacement complet des géotubes par un autre type d'intervention puisque ces derniers semblent avoir atteint leur durée de vie utile. L'impact de la rupture du géotube #2 démontre l'importance d'intervenir dans le secteur. Des travaux sont en cours de préparation et sont prévus en ce sens lors de la programmation des travaux A24-H25.**

Site 2014.03.01 (épis 7 à 9)

Depuis leur mise en place en 2014, les épis 7, 8 et 9 ont permis de capter une partie importante des sédiments issus de la dérive du sud-ouest, tel que le démontrent les bilans positifs des dernières années.

L'année 2023 a été caractérisée par :

- Des accumulations ont été observées dans tous les sous-secteurs du site 2014.03.01 :
 - Les particules sont naturellement déplacées par le mouvement des sédiments le long du banc de sable de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix, où elles viennent se poser sur le littoral sous l'effet des vagues.
- Les bilans cumulatifs révèlent l'efficacité des épis 7 et 8 dans leur mission de stabilisation de la plage située entre ces ouvrages :
 - La position de la ligne de rivage tend vers une accrétion, et sa forme ne présente pas la concavité prévue par le profil théorique.
- La zone d'érosion au nord-est de l'épi 8 tend vers une stabilisation :
 - La position de la ligne de rivage tend vers un gain aussi prononcé que celui anticipé par le profil théorique.
- Dans la région sud-ouest de l'épi 9, bien que l'accumulation de sédiments soit bien marquée, le mouvement du trait de côte est variable comparativement à l'an dernier :
 - La performance de la structure semble tout de même être conforme aux attentes initiales, démontrant ainsi son efficacité.
- Au nord-est de l'épi 9, la migration et l'effacement des barres infralittorales se poursuivent, en raison de l'interruption de la dérive littorale :
 - L'érosion ne semble malgré tout pas constituer d'enjeu immédiat envers la pérennité de la structure, puisque le niveau du fond marin demeure plus élevé que le niveau plancher de l'ouvrage;

- Les parties profondes du chenal d'écoulement de la Belle Rivière se maintiennent par ailleurs à environ 100 m de l'épi. Cette distance correspond néanmoins à une réduction de 16 m par rapport à celle observée en 2022.

Site 93.02.02 (Embouchure de la Belle Rivière)

Les phénomènes observés dans l'embouchure de la Belle Rivière suivant la crue printanière et les périodes estivale et automnale de 2023 sont en continuité avec ceux relevés en 2022. La crue de 2023 a cependant été relativement faible (récurrence en deçà de 2 ans), en comparaison à celle de 2022 (récurrence 15 ans). **Les changements morphologiques constatés à l'embouchure sont similaires, mais de moindre envergure à ceux observés en 2022. Ceux-ci incluent :**

- Migration de la flèche de sable de Saint-Gédéon-sur-le-Lac vers l'est (vers le Grand-Marais) :
 - La flèche a subi une érosion de -800 tonnes en réponse à la crue de 2023, alors que - 9 200 tonnes de sédiments avaient plutôt été érodés suite à la crue de 2022;
 - Les accumulations totalisent +5 800 tonnes de sédiments durant les périodes estivale et automnale, résultant en une accumulation nette de +5 000 tonnes entre novembre 2022 et novembre 2023;
 - Cette quantité correspond à environ 47 % des apports observés en 2021 (+12 300 tonnes), l'année de l'obstruction de la Belle Rivière, et 110 % de ceux observés en 2022 (+5 200 tonnes);
 - La superficie de la flèche en novembre 2023 a augmenté de 8 % par rapport à celle de novembre 2022, mais demeure 29 % plus faible qu'en novembre 2021.
- Élargissement du chenal d'écoulement dans le secteur de la flèche de sable :
 - Le chenal dans sa partie la plus étroite est plus profond en novembre 2023 qu'en novembre 2020, 2021 et 2022. Sa largeur à l'élévation 100,0 m est également plus large qu'en 2021 et 2022, mais demeure 3 m plus étroit qu'en novembre 2020, soit l'automne précédant la première obstruction de la rivière;
 - **L'évolution des lieux sera fortement conditionnée par la crue printanière de la Belle Rivière en 2024, mais le risque que le chenal s'obstrue à nouveau persiste, advenant un effacement insuffisant de la flèche de sable du côté de Saint-Gédéon-sur-le-Lac.**
- Régression de 6 m en moyenne de la ligne de rivage sur la langue de sable reliant l'épi 9 et l'embouchure de la Belle Rivière :
 - La régression observée en 2023 est nettement moins importante que celle observée en 2022, alors que la langue de sable avait régressé de 50 m entre novembre 2021 et novembre 2022;
 - L'extrémité de la formation conserve la même largeur que l'année précédente (35 m);
 - Une poursuite ininterrompue de la régression amincira toutefois progressivement la langue de sable. L'extrémité pourrait éventuellement s'effacer ou une brèche pourrait s'y ouvrir, modifiant ainsi le tracé du chenal de navigation dans la Belle Rivière. Le risque que cette évolution se matérialise à court terme est faible, mais la dynamique hydrosédimentaire du secteur demeure fortement conditionnée par des processus complexes et imprévisibles.

- Engraissement de l'extrémité de la langue de sable dans le secteur de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix :
 - Les matériaux érodés dans les portions sud-ouest et centrale de la langue de sable ont contribué à l'engraissement de +5 700 tonnes de son extrémité. Cette accumulation s'est traduit en une progression de la ligne de rivage de 20 m dans la section du chenal en amont de la flèche de sable de Saint-Gédéon-sur-le-Lac, entraînant un rétrécissement du chenal à cet endroit de 45 à 25 m.
- Migration et rétrécissement du canal de sortie vers la digue submergée :
 - Le chenal longe toujours l'extrémité de la structure sur une distance de 130 m, similairement à 2022;
 - Une accumulation allant jusqu'à 1,2 m a été relevée en bordure de la digue par rapport à 2022, ce qui réduit les risques d'affouillement de la structure identifiés lors du suivi précédent. **Une inspection visuelle de l'ouvrage est tout de même recommandée lors de la prochaine crue printanière afin de surveiller l'apparition de déformations dans la matrice des pierres;**
 - La largeur du canal de sortie dans sa partie la plus étroite a rétréci de 11 m à l'élévation 99,0 m par rapport à novembre 2022 pour atteindre 54 m;
 - Le chenal excavé en 2019 avait une élévation minimale de 98,0 m et une largeur de 34 m à l'élévation 99,0 m. Bien que la profondeur minimale du chenal soit maintenant de 98,2 m, le chenal conserve tout de même une capacité équivalente, voire supérieure, à celle de 2019 en raison de son élargissement de 20 m;
 - À sa sortie, le chenal a migré de 23 m vers le nord-est. Toutefois, rien n'indique la présence d'une dynamique favorisant un éventuel retour vers son ancien lit devant la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac.
- Accumulation de +4 000 tonnes de sédiments dans les zones profondes du canal de sortie de la Belle Rivière (secteur logeant la digue submergée).
- Migration des barres infralittorales situées à l'extrémité et au nord-est de l'épi 9.

Site 93.02.02 (Plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac)

L'année 2023 a été caractérisée par :

- Bilans sédimentaires négatifs pour tout le secteur :
 - -6,1 t/m pour le secteur nord-est (-750 tonnes), -12,3 t/m devant le perré de support (-3 000 tonnes) et -24,7 t/m pour le secteur sud-ouest (-7 300 tonnes), alors que les moyennes annuelles entre 2018 et 2023 ont été de -5,5 t/m/an, -21 t/m/an et -8,9 t/m/an respectivement. Le taux d'érosion observé dans le secteur sud-ouest est près de trois fois supérieur à la moyenne en raison du manque de sédiments disponibles devant le perré pouvant être naturellement déplacés vers le haut de la plage.
- Augmentation de l'effacement de la plage devant le perré de support :
 - Une grande partie de l'ouvrage avait déjà été dénudée en 2021;
 - Une section du perré de 15 m à l'extrémité nord-est a subi des dommages, alors que l'élévation de sa crête est plus faible qu'ailleurs sur la structure et où des pierres semblent s'être déplacées;

- Une réfection du perré sur ce tronçon de 15 m est recommandée pour éviter une exacerbation de la problématique d'érosion. Les travaux de réfection viseraient un reprofilage de l'enrochement jusqu'à une élévation minimale de 102,8 m, avec les pierres en place et selon une pente 1.5H :1V. Ces travaux se veulent temporaires, en attendant la solution permanente visée lors de la programmation des travaux A24-H25;
- L'exposition croissante de l'aménagement provoque une diminution de la quantité de sédiments pouvant être mobilisés sur le haut de la plage, ce qui amplifie le déficit d'apports dans les secteurs adjacents. Sans l'ouvrage, par contre, une régression du haut de talus serait observée dans ce secteur;
- Le perré de support ne semble pas avoir été conçu pour un contexte où l'effacement de la plage devant serait maintenu sur une longue période. **Un risque élevé d'affouillement persiste au pied de l'ouvrage, ce qui pourrait déstabiliser les pierres et provoquer un affaissement du revêtement, engendrant des dommages à la berge le cas échéant;**
- **Bien que la largeur de plage demeure relativement restreinte au sud-ouest du perré de support (minimum de 9,5 m) en fonction des taux de recul observés lors des dernières années, il n'est pas recommandé de réaliser des travaux de réfection du perré d'urgence, ni de prolonger le perré existant à l'hiver 2024.** La présence du perré de support d'urgence, aménagé en 2011 sur 80 m permet un certain niveau de protection dans le cas où les 9,5 m de plage se verraient éroder en 2024.
- Augmentation de 17 m de la longueur de plage affichant une largeur inférieure à 8 m :
 - La longueur totale du tronçon ayant une largeur de moins de 8 m s'élève à 193 m;
 - **Selon les critères déclencheurs inscrits au décret, le secteur se qualifie pour une intervention de rechargement lors de la prochaine programmation annuelle des travaux (largeur inférieure à 8 m sur plus de 100 m);**
 - **Dans le contexte d'ensablement de l'embouchure de la Belle Rivière observée depuis 2021, par contre, la mise en place d'un nouveau rechargement ne peut être envisagée sans l'ajout de structures supplémentaires (épis ou brise-lames) sur la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac pour retenir les matériaux et éviter qu'ils ne migrent vers l'embouchure de la rivière.**
- Accumulations de 10 200 tonnes plus au large, sur le remblai de l'ancien chenal d'écoulement de la Belle Rivière :
 - Les matériaux proviennent des secteurs au large de la zone d'analyse.

L'évolution cumulative (2019-2023) entre la digue submergée et l'épi 2 démontre que :

- Les travaux réalisés à l'hiver 2019 répondent aux attentes et semblent avoir atteints leurs objectifs :
 - Les bilans sédimentaires indiquent des accumulations de +127 000 tonnes sur le remblai de l'ancien chenal d'écoulement;
 - Une réduction d'environ 65 % du taux d'érosion est observée sur la partie centrale de la plage, alors qu'un objectif de 60% de réduction avait été fixé (Lasalle, 2016). Il convient toutefois de souligner qu'une partie de la réduction constatée dans les dernières années pourrait être attribuée à l'effacement de la plage devant le perré de support, ce qui a pour effet de diminuer la quantité de sédiments pouvant être mobilisés sur le haut de la plage;

- **La régression du haut de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac et la nécessité d'un nouveau rechargement demeure, en combinaison avec la mise en place de nouvelles structures de rétention. La nécessité de ces interventions ne signifie pas pour autant un échec des travaux de redressement de l'embouchure de la Belle Rivière, qui visaient une réduction de la fréquence des interventions, plutôt qu'un arrêt complet. À cet effet, la dernière intervention de rechargement a été réalisée à l'hiver 2020, il y a donc 4 ans.**
- Les suivis démontrent clairement que les sédiments érodés sur la plage constituent la principale source d'apports sur la flèche de sable et que cette formation est l'élément prépondérant qui influence l'obstruction du chenal d'écoulement de la Belle Rivière.
- Une obstruction partielle ou complète de l'embouchure pourrait :
 - Entraver ou interrompre la circulation nautique;
 - Provoquer un rehaussement des niveaux d'eau en amont de l'obstruction, en raison de l'accumulation des apports dans la rivière. En cas de débits forts ou de niveaux d'eau élevés, ce phénomène pourrait constituer un risque d'infiltration d'eau pour les propriétés riveraines et les installations nautiques en amont.

Le suivi technique 2023 a démontré l'atteinte des objectifs des travaux de redressement de la Belle Rivière dans la mesure où les bilans sédimentaires indiquent des accumulations significatives sur le remblai de l'ancien chenal d'écoulement cinq ans suivant leur implantation. Dans le contexte où des travaux pour le remplacement des géotubes à Métabetchouan Lac-à-la-Croix et pour la stabilisation de la plage à Saint-Gédéon-sur-le-Lac sont visés à l'hiver 2025, la poursuite de ces suivis est recommandée afin d'évaluer l'efficacité et les impacts de ces interventions.

TABLE DES MATIÈRES

1	CONTEXTE.....	1
2	OBJECTIFS	9
3	ACTIVITÉS DE SUIVI	10
4	BILAN DES CONDITIONS ÉROSIVES	12
4.1	PÉRIODE D'EAU LIBRE	12
4.2	NIVEAU DU LAC SAINT-JEAN	12
4.3	CRUE PRINTANIÈRE DE LA BELLE RIVIÈRE	13
5	RÉSULTATS ET OBSERVATIONS.....	14
5.1	RELEVÉS PHOTOGRAPHIQUES ET OBSERVATIONS VISUELLES	15
5.1.1	SITE 94.03.01 – SECTEUR 3A ET 3B: ENTRE LES ÉPIS 4 ET 6 (CH. 2+226 À 2+297)	15
5.1.2	SITE 94.03.01 – SECTEUR 4A : AU NORD-EST DE L'ÉPI 6 (CH. 2+014 À 2+172).....	15
5.1.3	SITE 2014.03.01 – SECTEUR 1 : AU SUD-OUEST DE L'ÉPI 7 (CH. 1+820 À 2+014).....	15
5.1.4	SITE 2014.03.01 – SECTEUR 2 : ENTRE LES ÉPIS 7 ET 8 (CH. 1+726 À 1+820).....	15
5.1.5	SITE 2014.03.01 – SECTEUR 3A : AU NORD-EST DE L'ÉPI 8 (CH. 1+424 À 1+726).....	16
5.1.6	SITE 2014.03.01 – SECTEUR 3B : AU SUD-OUEST DE L'ÉPI 9 (CH. 0+800 À 1+424).....	16
5.1.7	SITE 2014.03.01 – SECTEUR 4 : AU NORD-EST DE L'ÉPI 9 (CH. 0+568 À 0+800).....	16
5.1.8	SITE 93.02.02 – SECTEUR 1 : AU SUD-OUEST DE L'ÉPI 2 (CH. 1+498 À 1+628).....	16
5.1.9	SITE 93.02.02 – SECTEUR 2 : DEVANT LE PERRÉ DE SUPPORT (CH. 1+628 À 1+871).....	17
5.1.10	SITE 93.02.02 – SECTEUR 3 : AU NORD-EST DE LA DIGUE SUBMERGÉE (CH. 1+871 À 2+275).....	17
5.1.11	SITE 93.02.02 – SECTEUR BR : EMBOUCHURE DE LA BELLE-RIVIÈRE (ENTRE LA DIGUE SUBMERGÉE ET L'ÉPI 9).....	17
5.2	CAMPAGNE DE RELEVÉS ET BILANS SÉDIMENTAIRES	17
5.2.1	SITE 94.03.01 – SECTEUR 3B : ENTRE LES ÉPIS 5 ET 6 (CH. 2+172 À 2+226)	40
5.2.2	SITE 94.03.01 – SECTEUR 4A : AU NORD-EST DE	

	L'ÉPI 6 (CH. 2+014 À 2+172).....	40
5.2.3	SITE 2014.03.01 – SECTEUR 1 : AU SUD-OUEST DE L'ÉPI 7 (CH. 1+820 À 2+014).....	41
5.2.4	SITE 2014.03.01 – SECTEUR 2 : ENTRE LES ÉPIS 7 ET 8 (CH. 1+726 À 1+820).....	41
5.2.5	SITE 2014.03.01 – SECTEUR 3A : AU NORD-EST DE L'ÉPI 8 (CH. 1+424 À 1+726).....	42
5.2.6	SITE 2014.03.01 – SECTEUR 3B : AU SUD-OUEST DE L'ÉPI 9 (CH. 0+800 À 1+424).....	42
5.2.7	SITE 2014.03.01 – SECTEUR 4 : AU NORD-EST DE L'ÉPI 9 (CH. 0+568 À 0+800).....	43
5.2.8	SITE 93.02.02 – HAUT DE LA PLAGE, SECTEUR 1 : AU SUD-OUEST DE L'ÉPI 2 (CH. 1+498 À 1+628)	43
5.2.9	SITE 93.02.02 – HAUT DE LA PLAGE, SECTEUR 2 : DEVANT LE PERRÉ DE SUPPORT (CH. 1+628 À 1+871)	44
5.2.10	SITE 93.02.02 – HAUT DE LA PLAGE, SECTEUR 3 : AU NORD-EST DE LA DIGUE SUBMERGÉE (CH. 1+871 À 2+275).....	45
5.2.11	SITE 93.02.02 – EMBOUCHURE DE LA BELLE RIVIÈRE ET PLAGE DE SAINT-GÉDÉON-SUR-LE-LAC .	45
5.2.12	ÉVOLUTION DE SECTEURS NÉVRALGIQUES DU CHENAL DE NAVIGATION À L'EMBOUCHURE DE LA BELLE RIVIÈRE	51
5.2.13	ÉVOLUTION DE LA LANGUE DE SABLE RELIANT L'ÉPI 9 ET L'EMBOUCHURE DE LA BELLE RIVIÈRE	59
5.3	CAMPAGNE DE RELEVÉS DE LA LIGNE DE RIVAGE.....	61
5.3.1	LARGEURS DE PLAGE AU SITE 94.03.01	61
5.3.2	LARGEURS DE PLAGE AU SITE 2014.03.01	62
5.3.3	LARGEURS DE PLAGE AU SITE 93.02.02	62
6	DISCUSSION.....	64
6.1	ÉVOLUTION ANNUELLE	64
6.1.1	SITE 94.03.01 (ÉPIS 5 À 7)	64
6.1.2	SITE 2014.03.01 (ÉPIS 7 À 9)	64
6.1.3	SITE 93.02.02.....	65
6.2	ÉVOLUTION CUMULATIVE	68
6.2.1	SITE 94.03.01 (ÉPIS 5 À 7)	68
6.2.2	SITE 2014.03.01 (ÉPIS 7 À 9)	69
6.2.3	SITE 93.02.02.....	71

7	CONCLUSION	73
7.1	SITE 94.03.01 (ÉPIS 5 À 7).....	73
7.2	SITE 2014.03.01 (ÉPIS 7 À 9).....	73
7.3	SITE 93.02.02	74
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	76

TABLEAUX

TABLEAU 1.1	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.	4
TABLEAU 1.2	INTERVENTIONS RÉALISÉES DANS LA ZONE ÉTENDUE ENTOURANT LE SITE 93.02.02, DANS LA MUNICIPALITÉ DE SAINT-GÉDÉON.	6
TABLEAU 3.1	ACTIVITÉS RÉALISÉES DANS LE CADRE DU SUIVI 2023.	10
TABLEAU 5.1	SUBDIVISIONS DE LA ZONE D'ÉTUDE.	14
TABLEAU 5.2	LARGEURS D'INFLUENCE DES PROFILS TRANSVERSAUX – SITES 94.03.01/2014.03.01 (SECTEUR A03.07)	19
TABLEAU 5.3	LARGEURS D'INFLUENCE DES PROFILS TRANSVERSAUX – SITE 93.02.02 (SECTEUR A02.07).....	20
TABLEAU 5.4	BILANS SÉDIMENTAIRES ANNUELS – SITES 94.03.01/2014.03.01 (SECTEUR A03.07)	38
TABLEAU 5.5	BILANS SÉDIMENTAIRES ANNUELS – SITE 93.02.02 (SECTEUR A02.07).....	39
TABLEAU 5.6	ÉVOLUTION DES TAUX DE TRANSPORT SÉDIMENTAIRE MOYENS ANNUELS AU NORD-EST DE L'ÉPI 6	41
TABLEAU 5.7	ÉVOLUTION DES TAUX DE TRANSPORT SÉDIMENTAIRE MOYENS DANS LE SECTEUR 2, SITE 93.02.02.	44
TABLEAU 5.8	ÉLÉMENTS NOTABLES DU BILAN SÉDIMENTAIRE AU SITE 93.02.02	

	POUR LA PÉRIODE NOVEMBRE 2022 À MAI 2023.	46
TABLEAU 5.9	ÉLÉMENTS NOTABLES DU BILAN SÉDIMENTAIRE AU SITE 93.02.02 POUR LA PÉRIODE MAI 2023 À JUIN 2023.	47
TABLEAU 5.10	ÉLÉMENTS NOTABLES DU BILAN SÉDIMENTAIRE AU SITE 93.02.02 POUR LA PÉRIODE JUIN 2023 À AOÛT 2023.	47
TABLEAU 5.11	ÉLÉMENTS NOTABLES DU BILAN SÉDIMENTAIRE AU SITE 93.02.02 POUR LA PÉRIODE DU 02 AOÛT 2023 AU 29 AOÛT 2023.	48
TABLEAU 5.12	ÉLÉMENTS NOTABLES DU BILAN SÉDIMENTAIRE AU SITE 93.02.02 POUR LA PÉRIODE 29 AOÛT 2023 À NOVEMBRE 2023.	49
TABLEAU 5.13	ÉLÉMENTS NOTABLES DU BILAN SÉDIMENTAIRE AU SITE 93.02.02 POUR LA PÉRIODE NOVEMBRE 2022 À NOVEMBRE 2023.	49
TABLEAU 5.14	ÉLÉMENTS NOTABLES DU BILAN SÉDIMENTAIRE AU SITE 93.02.02 POUR LA PÉRIODE MARS 2019 À NOVEMBRE 2023.	50
TABLEAU 5.15	VARIATION DE LA SUPERFICIE DE LA FLÈCHE DE SABLE.	55
TABLEAU 5.16	CARACTÉRISTIQUES DU CHENAL D'ÉCOULEMENT DANS LE SECTEUR DE LA FLÈCHE DE SABLE.	55
TABLEAU 5.17	CARACTÉRISTIQUES DU CHENAL D'ÉCOULEMENT À LA SORTIE DE LA BELLE RIVIÈRE.	59
TABLEAU 5.18	RECU L ANNUEL MOYEN ET TOTAL DE LA LIGNE DE RIVAGE SUR LA LANGUE DE SABLE RELIANT L'ÉPI 9 ET L'EMBOUCHURE DE LA BELLE RIVIÈRE.	60

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	8
FIGURE 3.1	ZONES DE COUVERTURE DES RELEVÉS TOPOGRAPHIQUES ET BATHYMÉTRIQUES EFFECTUÉS EN 2023 AU SITE 93.02.02.	11
FIGURE 4.1	ÉVOLUTION DU NIVEAU DU LAC SAINT-JEAN PENDANT LA PÉRIODE D'EAU LIBRE 2023.	12
FIGURE 4.2	ÉVOLUTION DU DÉBIT À L'EMBOUCHURE DE LA BELLE RIVIÈRE LORS DE LA CRUE PRINTANIÈRE 2023.	13
FIGURE 5.1	ÉVOLUTION DU CHENAL D'ÉCOULEMENT DE LA BELLE RIVIÈRE DANS LE SECTEUR DE LA FLÈCHE DE SABLE ENTRE NOVEMBRE 2020 ET NOVEMBRE 2023.....	53
FIGURE 5.2	ÉVOLUTION DE LA FLÈCHE DE SABLE (SECTEUR SAINT-GÉDÉON- SUR-LE-LAC) ET DE LA LIGNE DE RIVAGE (SECTEUR MÉTABETCHOUAN-LAC-À-LA- CROIX) À L'EMBOUCHURE DE LA BELLE RIVIÈRE, POUR LA PÉRIODE DE NOVEMBRE 2020 À NOVEMBRE 2023.....	54
FIGURE 5.3	COMPARAISON DES SECTIONS TRANSVERSALES DU CHENAL D'ÉCOULEMENT DANS LE SECTEUR DE LA FLÈCHE DE SABLE (PÉRIODE NOVEMBRE 2020 À NOVEMBRE 2023).....	54

FIGURE 5.4	ÉVOLUTION DU CHENAL D'ÉCOULEMENT À LA SORTIE DE LA BELLE RIVIÈRE ENTRE NOVEMBRE 2020 ET NOVEMBRE 2023.	57
FIGURE 5.5	POSITION DU CHENAL D'ÉCOULEMENT À LA SORTIE DE LA BELLE RIVIÈRE ENTRE NOVEMBRE 2020 ET NOVEMBRE 2023.	58
FIGURE 5.6	COMPARAISON DES SECTIONS TRANSVERSALES DU CHENAL D'ÉCOULEMENT À LA SORTIE DE LA BELLE RIVIÈRE (PÉRIODE NOVEMBRE 2020 À NOVEMBRE 2023).....	58
FIGURE 5.7	ÉVOLUTION HISTORIQUE ET PROJETÉE DE LA LIGNE DE RIVAGE SUR LA LANGUE DE SABLE RELIANT L'ÉPI 9 ET L'EMBOUCHURE DE LA BELLE RIVIÈRE	60
FIGURE 5.8	MIGRATION DU CHENAL D'ÉCOULEMENT DE LA BELLE RIVIÈRE ET RÉGRESSION DE LA LIGNE DE RIVAGE SUR LA LANGUE DE SABLE DE MÉTABETCHOUAN- LAC-À-LA-CROIX, ENTRE NOVEMBRE 2021 ET MAI 2023.	61
FIGURE 5.9	LARGEURS DE PLAGE AU SUD- OUEST DU PERRÉ DE SUPPORT (2015), DEVANT LE PERRÉ D'URGENCE (2011).	63

CARTES

CARTE 5.1	TRANSPORT SÉDIMENTAIRE ANNUEL OBSERVÉ – PÉRIODE 2021-2022 – SITES 94.03.01 ET 2014.03.01 (ZONES 1, 2 ET 3A) – SECTEUR A03.07.....	27
-----------	---	----

CARTE 5.2	TRANSPORT SÉDIMENTAIRE ANNUEL OBSERVÉ – PÉRIODE 2021-2022 – SITE 2014.03.01 (ZONES 3B ET 4) – SECTEUR A03.07.....	28
CARTE 5.3	TRANSPORT SÉDIMENTAIRE CUMULATIF OBSERVÉ – PÉRIODES 2008-2022 (SITE 94.03.01) ET 2013- 2022 (SITE 2014.03.01) – SITES 94.03.01 ET 2014.03.01 (ZONES 1, 2 ET 3A) – SECTEUR A03.07.....	29
CARTE 5.4	TRANSPORT SÉDIMENTAIRE CUMULATIF OBSERVÉ – PÉRIODES 2008-2022 (SITE 94.03.01) ET 2013- 2022 (SITE 2014.03.01) – SITE 2014.03.01 (ZONES 3B ET 4) – SECTEUR A03.07.....	30
CARTE 5.5	ÉVOLUTION BATHYMÉTRIQUE ET TOPOGRAPHIQUE OBSERVÉE ENTRE NOVEMBRE 2021 ET MAI 2022 – SITE 93.02.02 (SECTEUR A02.07)	31
CARTE 5.6	ÉVOLUTION BATHYMÉTRIQUE ET TOPOGRAPHIQUE OBSERVÉE ENTRE MAI 2022 ET AOÛT 2022 – SITE 93.02.02 (SECTEUR A02.07).....	32
CARTE 5.7	ÉVOLUTION BATHYMÉTRIQUE ET TOPOGRAPHIQUE OBSERVÉE ENTRE AOÛT 2022 ET SEPTEMBRE 2022 – SITE 93.02.02 (SECTEUR A02.07)	33
CARTE 5.8	ÉVOLUTION BATHYMÉTRIQUE ET TOPOGRAPHIQUE OBSERVÉE ENTRE MAI 2022 ET SEPTEMBRE 2022 – SITE 93.02.02 (SECTEUR A02.07)	34
CARTE 5.9	ÉVOLUTION BATHYMÉTRIQUE ET TOPOGRAPHIQUE OBSERVÉE ENTRE SEPTEMBRE 2022 ET NOVEMBRE 2022 – SITE 93.02.02 (SECTEUR A02.07)	35

CARTE 5.10	ÉVOLUTION BATHYMÉTRIQUE ET TOPOGRAPHIQUE OBSERVÉE ENTRE NOVEMBRE 2021 ET NOVEMBRE 2022 – SITE 93.02.02 (SECTEUR A02.07)	36
CARTE 5.11	ÉVOLUTION BATHYMÉTRIQUE OBSERVÉE ENTRE MARS 2019 ET NOVEMBRE 2022 – SITE 93.02.02 (SECTEUR A02.07)	37

ANNEXES

A	RÉPERTOIRE PHOTOGRAPHIQUE
B	PROFILS BATHYMÉTRIQUES
C	PLANS
D	SYNTHÈSE DES INTERVENTIONS ET OBSERVATIONS
E	ARPENTAGE 2022 DE LA LIGNE DE RIVAGE 101,54 M (16,5 PIEDS)

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 interventions ont été réalisées 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 doivent permettre de valider si les objectifs de cette intervention sont atteints. Les suivis sont effectués aux sites 94.03.01, 2014.03.01 et 93.02.02 depuis 2008, 2014 et 2019, respectivement.

Un bref historique des travaux réalisés dans chaque secteur est présenté ci-après (Tableau 1.1 et Tableau 1.2 et Figure 1.1 et Figure 1.2). L'annexe D présente quant à elle un portrait plus détaillé des travaux, ainsi que les activités de suivi réalisées depuis 1986. Depuis la dernière période de suivi, un rechargement de sable a été réalisé au site 94.03.01.

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 nouvelles 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. 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 été aménagés environ 250 m au nord-est (épis 7 et 8, 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. Un troisième épi (épi 9) a quant à lui été aménagé à l'extrémité du banc de sable de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix pour favoriser le développement d'un état d'équilibre du trait de côte au sud-ouest et éviter un recul excessif de la plage au nord-est de l'épi 8.

Depuis l'aménagement des nouvelles structures, une diminution de la fréquence des rechargements est constatée au site 94.03.01. Seules deux interventions y ont été réalisées, soit à l'automne 2015 et à l'hiver 2022. L'érosion du haut de la plage entre les épis en géotubes et au nord-est semble par ailleurs plus lente et progressive. Dans ce contexte, le perré de support aménagé à l'hiver 2004 été même retiré lors des travaux de l'hiver 2022, car l'aménagement gênait l'accès à la plage et créait du mécontentement chez les riverains lorsqu'il se trouvait exposé entre les interventions de rechargement. Les suivis démontrent quant à eux que la problématique d'érosion peut être régie de façon efficace avec une fréquence de rechargements acceptable (5 à 7 ans).

Enfin, une inspection technique des épis en géotubes réalisée à l'automne 2021 a permis d'identifier la présence de plusieurs déficiences sur les ouvrages, dont la rupture et l'évidement de certaines sections, le déchirement et le délogement de la membrane protectrice sous-jacente et des boudins latéraux, ainsi que le bris de plusieurs couvercles de remplissage (WSP, 2022b). L'inspection recommandait la réparation ou le remplacement des ouvrages à brève échéance.

Enfin, au printemps 2023, la rupture du géotube #2 a été constatée. À la suite d'événements de forts vents à niveau d'eau élevé, une érosion significative du haut de plage dans le secteur a été observée, menaçant la stabilité du talus. En réponse à ce phénomène, une digue de sacs de sable a été aménagée entre les géotubes #1 et #2 sur une longueur d'environ 30 m, afin de limiter les reculs supplémentaires.

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 de Saint-Gédéon-sur-le-Lac (site 93.02.02) 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 en 2014 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, 2021), 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 au nord de la digue, puis l'excavation d'un nouveau canal de sortie selon un alignement plus perpendiculaire au littoral et plus éloigné de la plage.

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 plage.

Site 93.02.02 (Saint-Gédéon-sur-le-Lac)

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 (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 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 dans la zone de plage. Des rechargements ont malgré tout été réalisés en 2019 (dans le cadre des travaux de redressement de la Belle-Rivière), puis en 2020, en attendant que les travaux développent leur pleine efficacité.

En 2021, une combinaison rare de facteurs aggravants a mené à un engraissement atypique de la flèche de sable présente depuis plusieurs années à l'embouchure de la Belle Rivière, en prolongement de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac. Spécifiquement, la crue printanière dans la Belle Rivière a été environ 60% plus faible que la normale et les apports de sédiments sur la flèche de sable ont été près de deux fois plus importants que la moyenne historique (WSP, 2022a). Ces conditions se sont donc traduites par un « nettoyage » insuffisant de l'embouchure de la Belle Rivière au printemps, suivi d'une accumulation de sédiments plus importante qu'à l'habitude pendant la période estivale. L'ensablement a alors provoqué un rétrécissement du chenal de navigation. Une obstruction complète a même été observée pendant une courte période à la fin du mois de juillet 2021.

En 2022, une crue printanière de la Belle Rivière supérieure à la moyenne (récurrence 15 ans) a effectué un nettoyage plus substantiel du chenal d'écoulement à l'embouchure. Toutefois, devant la quantité exceptionnelle de sédiments s'y étant accumulés en 2021, la flèche n'a pas subi un effacement aussi prononcé que lors de conditions similaires dans les années précédentes (WSP, 2022a). L'extrémité de la formation s'est ensuite ensablée à nouveau pendant la période estivale, provoquant une fois de plus un rétrécissement du chenal de

navigation et son obstruction complète pendant une courte période en octobre 2022.

Les études et les suivis réalisés depuis 2021 démontrent que les sédiments érodés sur la plage Saint-Gédéon-sur-le-Lac constituent la principale source d'apports sur la flèche de sable et que cette formation est l'élément prépondérant qui influence l'obstruction du chenal de navigation. Dans ce contexte, la mise en place de nouveaux rechargements sur la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac a été temporairement suspendue le temps d'élaborer une solution plus globale permettant d'adresser l'érosion de la plage, tout en considérant l'ensablement de l'embouchure de la Belle Rivière. À cet effet, une intervention visant la construction de structures de rétention sur la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac, en combinaison avec un rechargement, est prévue à l'hiver 2024. La solution sélectionnée doit permettre de retenir les matériaux sur la plage et ainsi augmenter leur durabilité, puis éviter qu'ils ne migrent vers l'embouchure de la rivière, diminuant ainsi les risques d'obstruction.

Tableau 1.1 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.
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.

¹ A = Automne; H = Hiver.

Tableau 1.1 (suite) 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		
H2008	2+066 (géo. 3) 2+119 (géo. 2) 2+172 (géo. 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 (géo. 3) 2+119 (géo. 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.
	2+066	2+119	53	Après ces ajouts, les structures forment une sorte de cellule rectangulaire permettant de circonscrire les sédiments.
	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 en 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 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.
H2022	2+027	2+226	199	Un rechargement de sable (9 900 tonnes) est réalisé entre les épis en géotubes, ainsi que dans les secteurs adjacents au sud-ouest et au nord-est.
	2+119	2+172	53	Le perré de support aménagé sur le haut de la plage entre les épis en géotubes #1 et #2 (H2004) est retiré.

¹ A = Automne; H = Hiver.

Tableau 1.2 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.

Figure 1.1 Localisation des travaux – Sites 94.03.01/2014.03.01 – Secteur A03.07

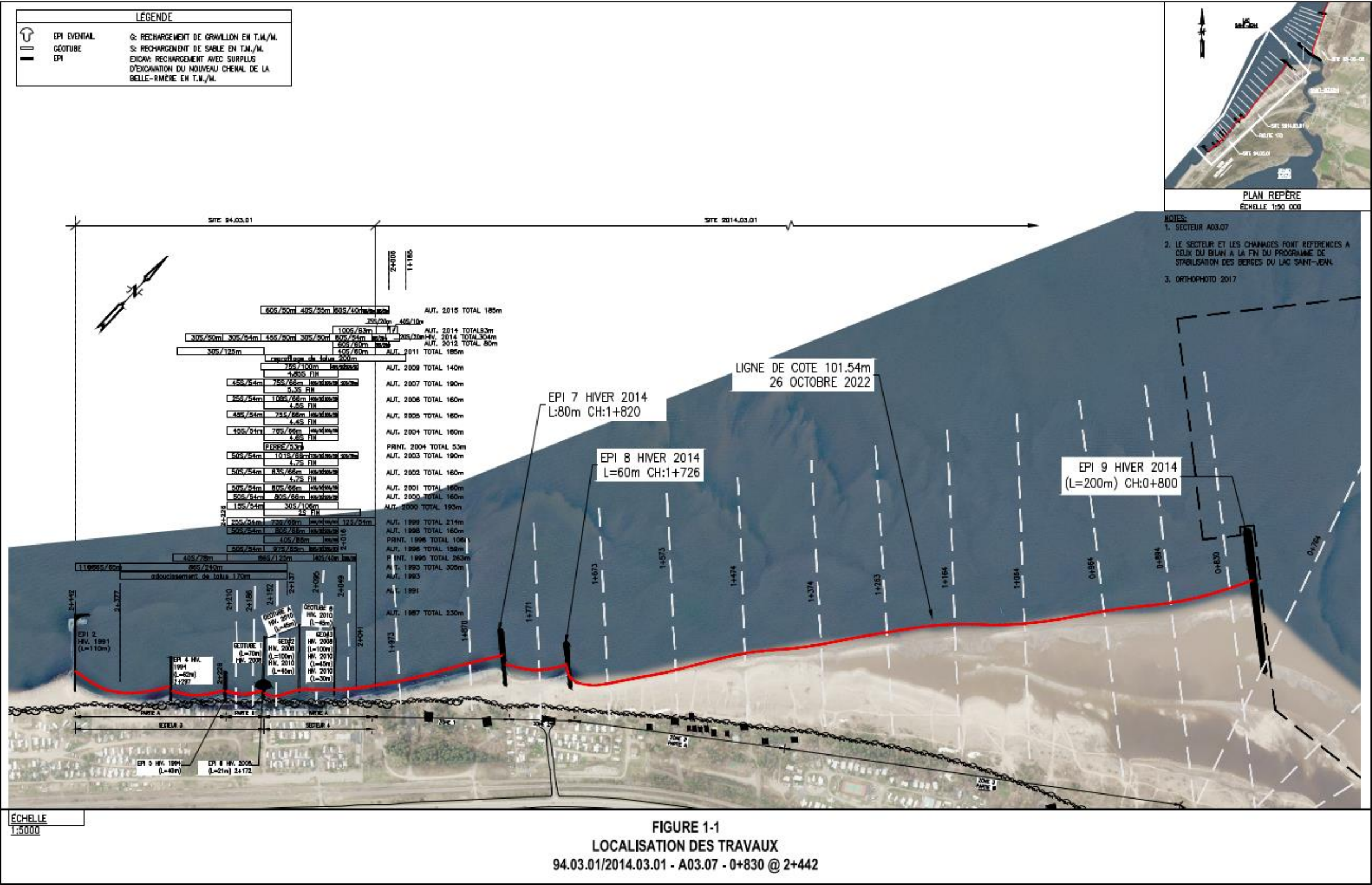
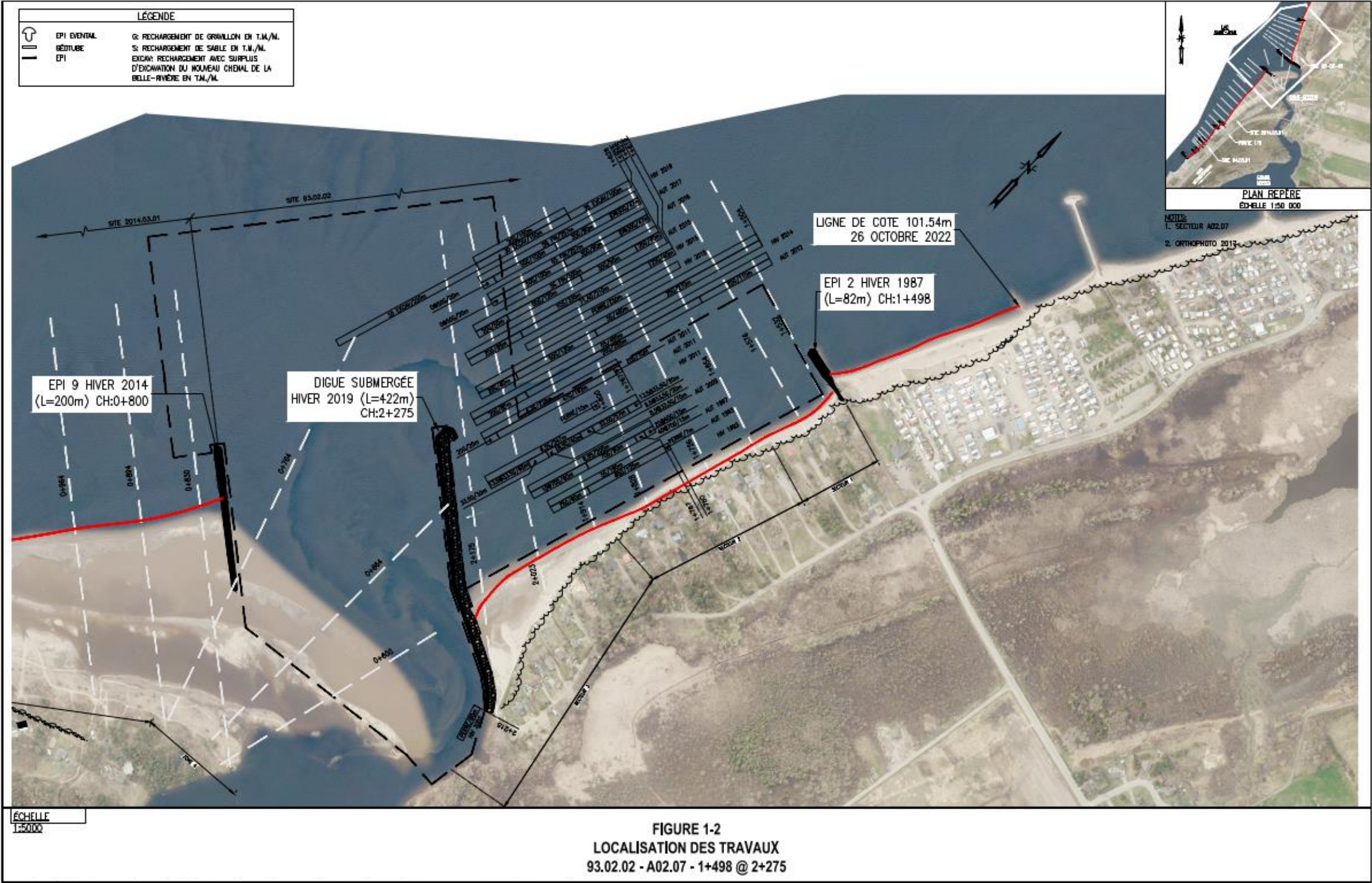


Figure 1.2 Localisation des travaux – Site 93.02.02 – Secteur A02.07



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 devaient permettre de freiner la perte de matériaux au nord-est des épis en géotubes et de favoriser le développement d'un état d'équilibre de la plage entre les structures. Par ailleurs, l'épi 9, aménagé proche de l'embouchure de la Belle Rivière, devait permettre de capter la dérive littorale en provenance du banc de sable de Métabetchouan–Lac-à-la-Croix, ou de la faire dévier vers le large, afin que les matériaux transportés cessent de contribuer aux accumulations faisant dévier le chenal d'écoulement de la Belle Rivière vers Saint-Gédéon-sur-le-Lac. Les travaux de redressement de l'embouchure de la rivière réalisés à l'hiver 2019 au site 93.02.02 devaient quant à eux permettre d'adoucir la pente de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac, d'y réduire le taux d'érosion sur le haut de la plage et d'éviter que le chenal d'écoulement de la Belle Rivière ne retourne 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 2023 sont présentées dans le Tableau 3.1. Plusieurs relevés bathymétriques ont été réalisés à l'été et à l'automne dans le secteur de l'embouchure de la Belle Rivière et de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac pour y suivre l'évolution de la flèche de sable obstruant le canal de navigation et de la plage attenante. La Figure 3.1 présente le domaine couvert par chacun des relevés.

La période d'analyse considérée pour le suivi en cours couvre l'intervalle de temps entre les relevés effectués lors de l'exercice précédent (3 novembre 2022) et ceux réalisés à l'automne 2023 (02 novembre 2023).

Tableau 3.1 Activités réalisées dans le cadre du suivi 2023.

DATE	NIVEAU DU LAC SAINT-JEAN	ACTIVITÉ
18 au 20 mai 2023	101,45 à 101,48 m	Relevés topographiques et bathymétriques à l'embouchure de la Belle Rivière, dans le canal de navigation et dans le lac Saint Jean.
22 juin 2023	101,25 m	Relevés topographiques et bathymétriques à l'embouchure de la Belle Rivière et dans le canal de navigation.
02 août 2023	101,35 m	Relevés topographiques et bathymétriques à l'embouchure de la Belle Rivière et dans le canal de navigation.
28 et 29 août 2023	101,16 à 101,21 m	Relevés topographiques et bathymétriques à l'embouchure de la Belle Rivière et dans le canal de navigation.
30 octobre 2023	101,19 m	Relevés bathymétriques devant le secteur du Banc-de-Sable, lac Saint-Jean et une partie du canal de navigation.
01 au 02 novembre 2023	101,15 à 101,17 m	Relevés bathymétriques sur la plage Saint-Gédéon-sur-le-Lac (site 93.02.02), une partie du canal de navigation, et l'embouchure de la Belle-Rivière (portion donnant sur le lac et à l'intérieur de la rivière).
06 novembre 2023	101,17 m	Relevés topographiques à l'aide du drone à Saint-Gédéon-sur-le-Lac et relevé des cibles.
07 novembre 2023	101,17 m	Relevés topographiques dans les secteurs du Banc-de-Sable et de l'embouchure de la Belle-Rivière.

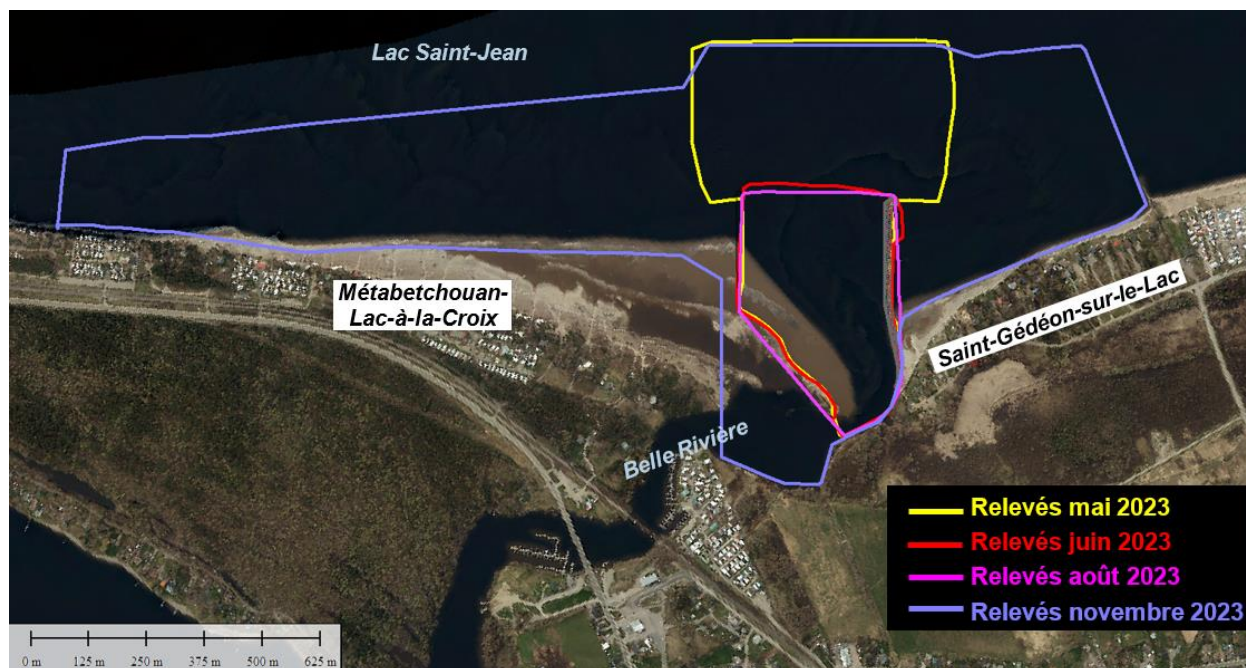


Figure 3.1 Zones de couverture des relevés topographiques et bathymétriques effectués en 2023 au site 93.02.02.

4 BILAN DES CONDITIONS ÉROSIVES

4.1 PÉRIODE D'EAU LIBRE

La période d'eau libre pour l'année 2023 s'est étirée du 3 mai au 5 décembre. Le départ et la prise des glaces sont survenus dans leurs périodes habituelles respectives, soit entre le 1^{er} et le 15 mai pour le départ et entre le 30 novembre et le 21 décembre pour la prise. La période d'eau libre a donc eu une durée de 217 jours, ce qui cadre avec la moyenne historique, qui varie entre 201 et 231 jours (période 1991-2023).

4.2 NIVEAU DU LAC SAINT-JEAN

La Figure 4.1 présente l'évolution du niveau d'eau dans le lac Saint-Jean entre mai et décembre 2023. Le niveau d'eau a atteint son maximum durant le printemps à un niveau de 101.5 m, ce niveau a été maintenu du 11 mai jusqu'environ la fin du mois sans excéder la contrainte de gestion maximale soit 101,54 m (16,5 pieds). Le niveau d'eau a par la suite commencé à baisser en maintenant des niveaux d'eau sous la médiane historique (1991-2023), pour atteindre la limite de gestion minimale le 10 juillet pour la période estivale (100,78 m ou 14,0 pieds).

À partir du 26 juillet les niveaux d'eau ont dépassé la médiane, tout en restant sous la limite de la gestion maximale, sauf pour les périodes du 06 octobre au 17 octobre et du 24 novembre au 12 décembre, où les niveaux d'eau étaient sous la médiane pour un maximum de 0.2 m et 0.3 m respectivement.

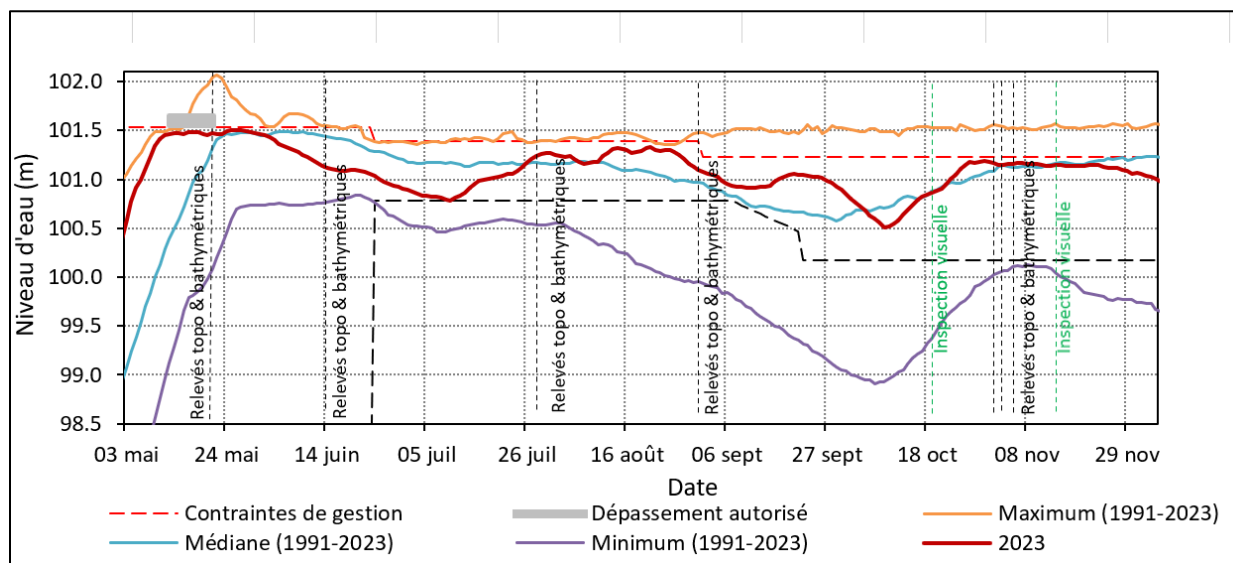


Figure 4.1 Évolution du niveau du lac Saint-Jean pendant la période d'eau libre 2023.

4.3 CRUE PRINTANIÈRE DE LA BELLE RIVIÈRE

La crue printanière de la Belle Rivière a été relativement faible (Figure 4.2), bien que le débit ait été supérieur à la moyenne entre le 14 avril et le 1^{er} mai, le débit maximal de la rivière a atteint une valeur de 58.36 m³/s le 18 avril, ce qui est au-dessous de la récurrence de 2 ans. Le niveau du lac Saint-Jean à ce moment se trouvait à une élévation de 97,78 m. Une deuxième pointe de crue a ensuite été observée le 26 avril, avec un débit maximum de 47 m³/s, alors que le niveau du lac avait remonté à l'élévation 99,16 m. La crue a atteint les débits minimums enregistrés pour la période du 7 au 20 mai 2023.

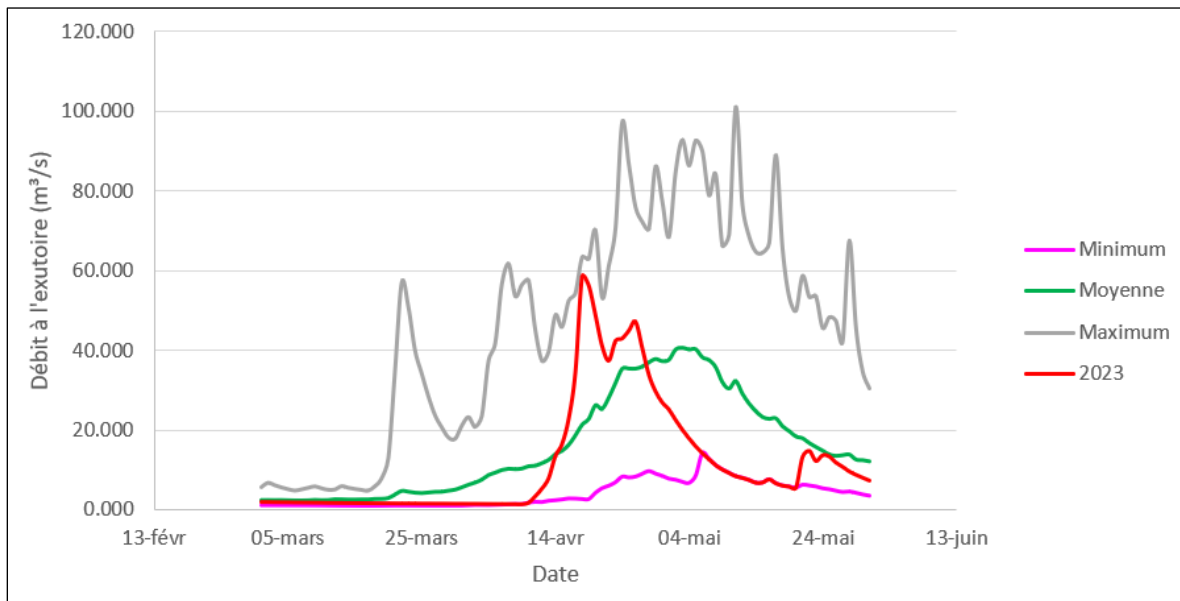


Figure 4.2 Évolution du débit à l'embouchure de la Belle Rivière lors de la crue printanière 2023.

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 3A	2+226	2+297	Entre les épis 4 et 5
	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

Des visites du secteur ont été réalisées entre le 11 mai et le 20 novembre 2023, alors que le niveau du lac a varié entre les élévations de 100,82 m (14,1 pi) à 101,5 m (16,5 pi.). Les observations effectuées sur le terrain sont présentées aux sections suivantes. Les photos citées sont quant à elles consignées dans le répertoire photographique présenté à l'annexe A.

5.1.1 **SITE 94.03.01 – SECTEUR 3A ET 3B: ENTRE LES ÉPIS 4 ET 6 (CH. 2+226 À 2+297)**

Les inspections visuelles dans le secteur 3A (entre les épis 4 et 5) démontrent que l'état du talus ayant subi une érosion importante au printemps 2022 ne semble pas s'être détérioré depuis le dernier suivi (Photos 1 à 5).

Les inspections visuelles dans le secteur 3B ont révélé une légère encoche d'érosion entre les épis 5 et 6 (Photo 7), alors qu'en 2022, la pente apparaissait plus douce (Photo 8).

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

Une érosion significative du haut de la plage a été constatée lors de la visite du 11 mai 2023 par rapport à l'état de la plage en novembre 2022 (Photo 12) pour le secteur entre le l'épi 6/géotube 1 et le géotube 2. Lors de l'inspection du 19 mai 2023, il a été observé que la régression du talus a dépassé la limite de végétation de 1986 et a déchaussé les racines d'arbres et une section de clôture (Photo 13).

Le 20 mai 2023, une digue de sacs de sable est aménagée d'urgence afin de réduire les risques d'instabilité du talus en érosion. La crête des sacs de sable a été aménagée à l'élévation 102,25 m en moyenne (Photo 14). Le 18 août, la digue de sacs de sable a été rehaussée afin d'atteindre l'élévation 102,5 m pour assurer une protection adéquate contre des événements de forts vents à niveau d'eau élevé (Photo 15).

Au nord-est du géotube #2, la largeur de plage demeure suffisante, malgré la présence d'une encoche d'érosion dans le matériel de rechargement mis en place à l'hiver 2022 (Photo 20).

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

Aucun changement significatif n'a été constaté au niveau du site de manière générale. La plage conservait une bonne largeur, avec une pente uniforme et douce (Photo 25).

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

Aucun changement significatif n'a été constaté par rapport aux années précédentes entre les épis 7 et 8. La plage conservait une largeur importante et sa forme concave était conforme aux

attentes.

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, aucun changement significatif n'a été constaté depuis l'inspection de 2022.

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

Au sud-ouest de l'épi 9, aucun changement significatif par rapport aux suivis précédents n'a été constaté. La plage conservait une largeur importante et une pente relativement douce.

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

La flèche de sable de Saint-Gédéon-sur-le-Lac semble avoir subi un recul au niveau du chenal d'écoulement, et une migration vers le Grand Marais (Photo 48). En aval de la flèche, l'érosion de la rive du côté de Métabetchouan a progressé comparativement à l'année précédente. Cependant, si l'érosion se poursuit sur la rive de Métabetchouan, une perforation de la langue de sable pourrait subvenir au cours des prochaines années et créer une ouverture vers un petit bassin peu profond.

Des accumulations de sédiments le long de la digue submergée ont été constatées entre novembre 2022 et mai 2023, contrairement à ce qui avait été observé à la suite de la crue 2022.

Le chenal de sortie continue de migrer vers le nord. Ce déplacement ne crée cependant pas d'enjeu sur la zone de plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac, étant donné que le chenal est contraint par la digue submergée.

À l'extrémité de la langue de sable, il a été remarqué que les sédiments des deux côtés de l'embouchure de la Belle Rivière paraissaient de natures similaires et contenaient une forte proportion de granulats grossiers (gravier et petits galets). Dans le contexte où le secteur de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix est réputé être un milieu riche en sable, alors que celui de Saint-Gédéon-sur-le-Lac est principalement caractérisé par le gravillon provenant des interventions de rechargements, cette observation laissait sous-entendre l'existence possible d'un lien hydrosédimentaire entre les deux rives de la Belle Rivière.

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 semble être en régression par rapport à l'état de la plage de l'année dernière (Photos 55 à 57, 60 et 61). Des encoches d'érosion ont été observées tout le long de secteur en 2023 alors que la pente de la plage en 2022 semblait douce.

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

Le perré paraissait maintenir un état satisfaisant. Aucun affaissement discernable des pierres n'a été observé et aucun signe de perte de végétation n'a été constaté au niveau de la berge derrière (Photos 65 et 66, 70 et 71). Cependant, une section du perré de 15 m, à l'extrémité nord-est, se retrouve à une élévation plus basse que le reste de la structure, exposant ainsi les matériaux en haut de talus à l'effet de la remontée des vagues. Les dalles de béton aménagées pour assurer l'accès à la plage sont maintenant exposées, alors qu'elles étaient bien ensevelies lors de la visite de novembre 2022 (Photos 56 et 57).

Le perré de support est fortement exposé à l'action des vagues, sans présence de plage entre l'ouvrage et le lac. La disparition de la plage était visiblement prolongée à l'extrémité sud-ouest du perré (Photos 75 et 76). Ces conditions demeurent en recul par rapport à celles observées aux années précédentes.

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

Le secteur présente des conditions semblables à celles de l'année dernière, la plage conservait une largeur importante dans le secteur sud-ouest, et l'escarpement d'environ 0,5 m de hauteur était toujours présent sur le haut de plage (Photos 75 et 76).

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

La flèche de sable de Saint-Gédéon-sur-le-Lac présente en prolongement de la plage se projetait toujours dans le chenal d'écoulement de la Belle Rivière, qui demeurait très étroit (Photos 80 et 81). Elle semblait toutefois avoir migré vers le Grand Marais. La formation d'un bassin entre la flèche et le perré de support pouvait être observée.

Le perré situé à la base de la digue submergée conservait quant à lui un état satisfaisant (Photos 83 et 84). Aucune détérioration n'a été observée par rapport aux inspections précédentes.

5.2 CAMPAGNE DE RELEVÉS ET BILANS SÉDIMENTAIRES

Des relevés topographiques et bathymétriques ont été effectués à l'automne 2023. Le plan de relevés était constitué de profils transversaux du côté de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix (Figure 1.1) et d'un quadrillage de points à l'embouchure de la Belle Rivière et dans la zone située devant la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac (Figure 1.2).

Quatre relevés complémentaires ont également été réalisés entre mai et novembre 2023 dans le secteur de l'embouchure de la Belle Rivière pour y documenter l'évolution de la flèche de sable, du chenal de navigation et de la plage attenante.

Les Tableau 5.2 et 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 5.11, illustrent les bilans sédimentaires cumulatifs, annuels et intermédiaires observés dans chaque zone représentée.

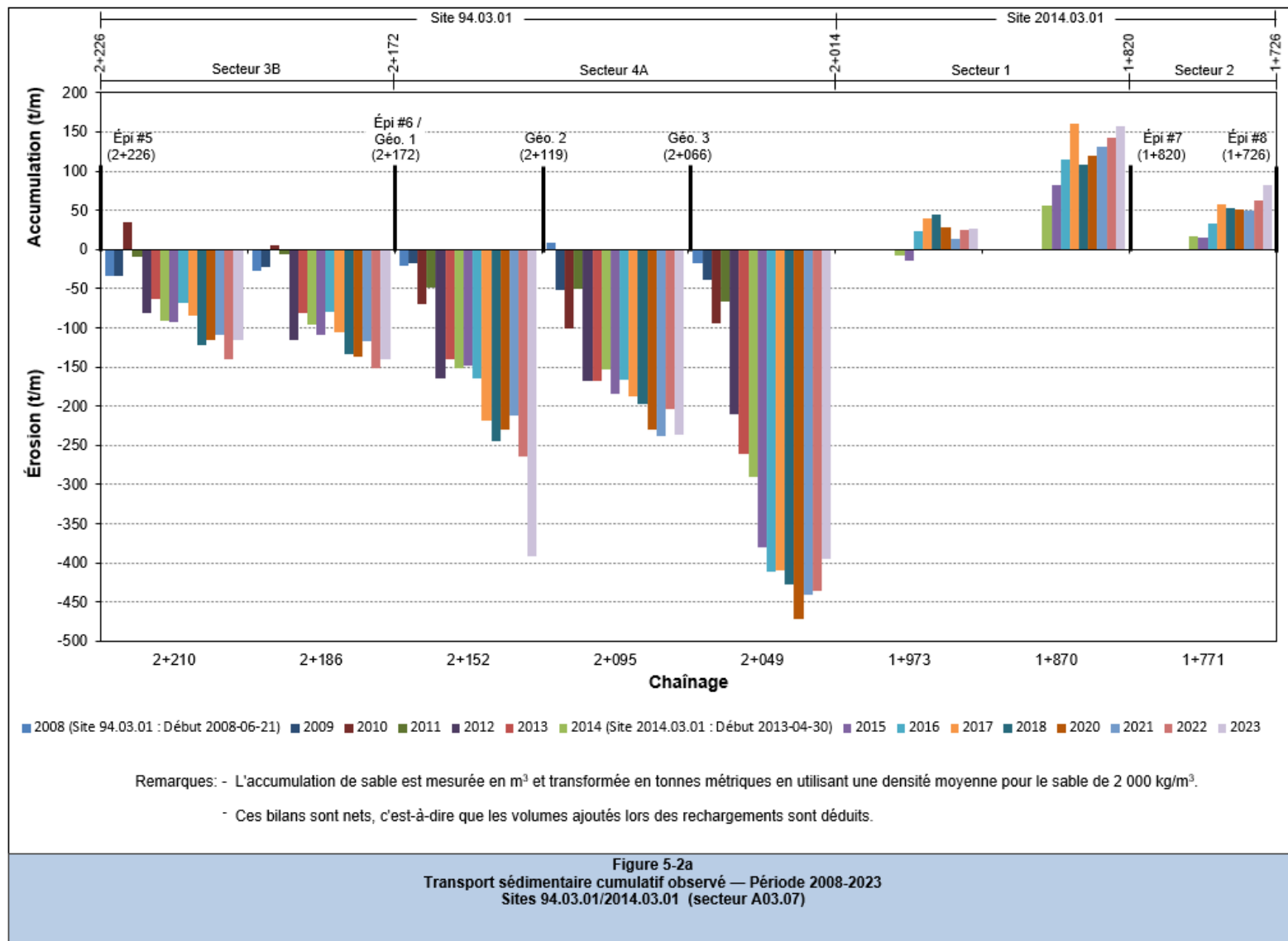
Les Tableau 5.4 et Tableau 5.5 présentent quant à eux les bilans sédimentaires prévus et observés dans chaque secteur. Enfin, l'annexe B présente les profils transversaux, alors que la localisation des lignes de référence est illustrée sur les plans consignés à l'annexe C.

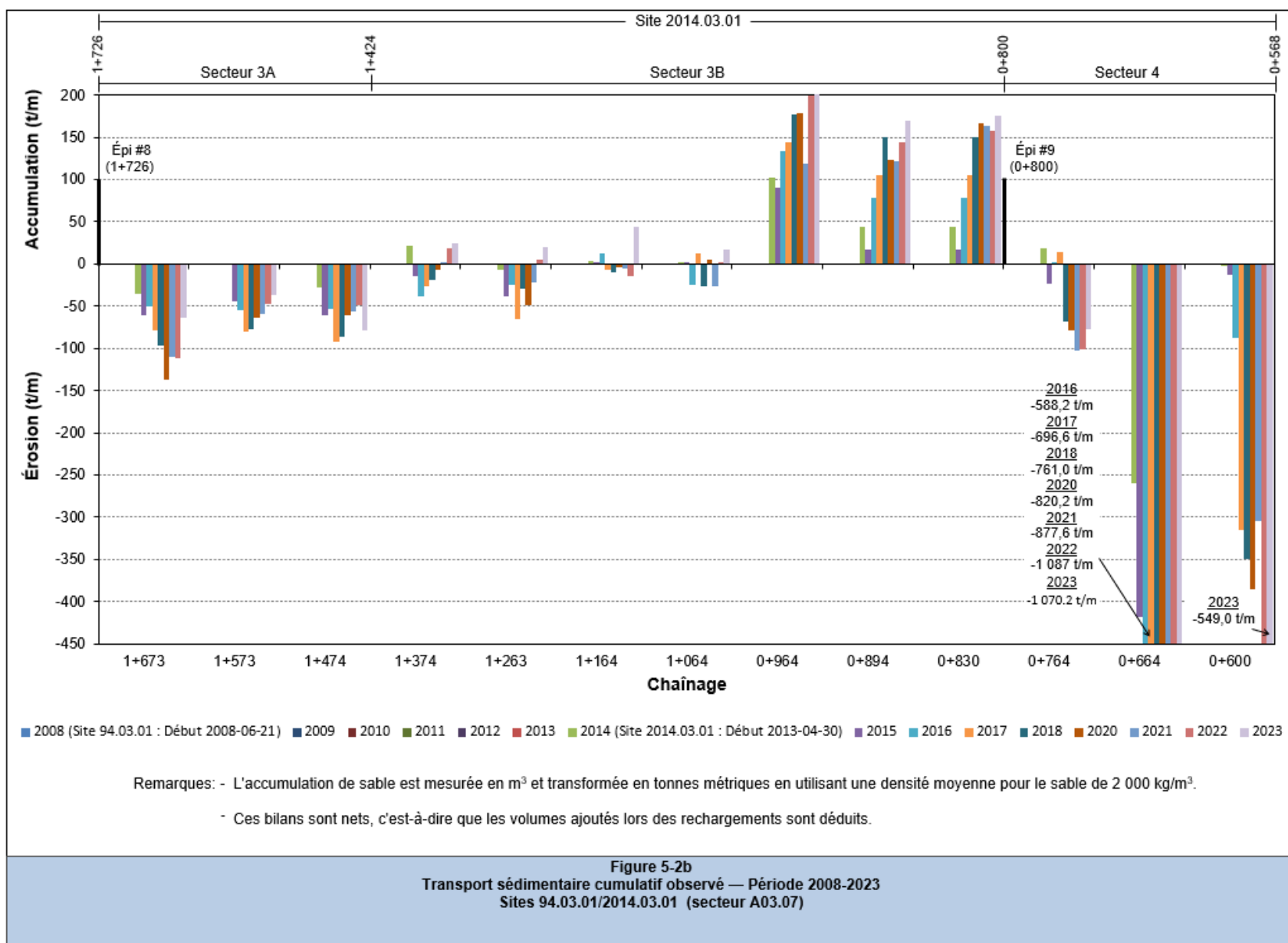
Tableau 5.2 Largeurs d'influence des profils transversaux – Sites 94.03.01/2014.03.01 (secteur A03.07)

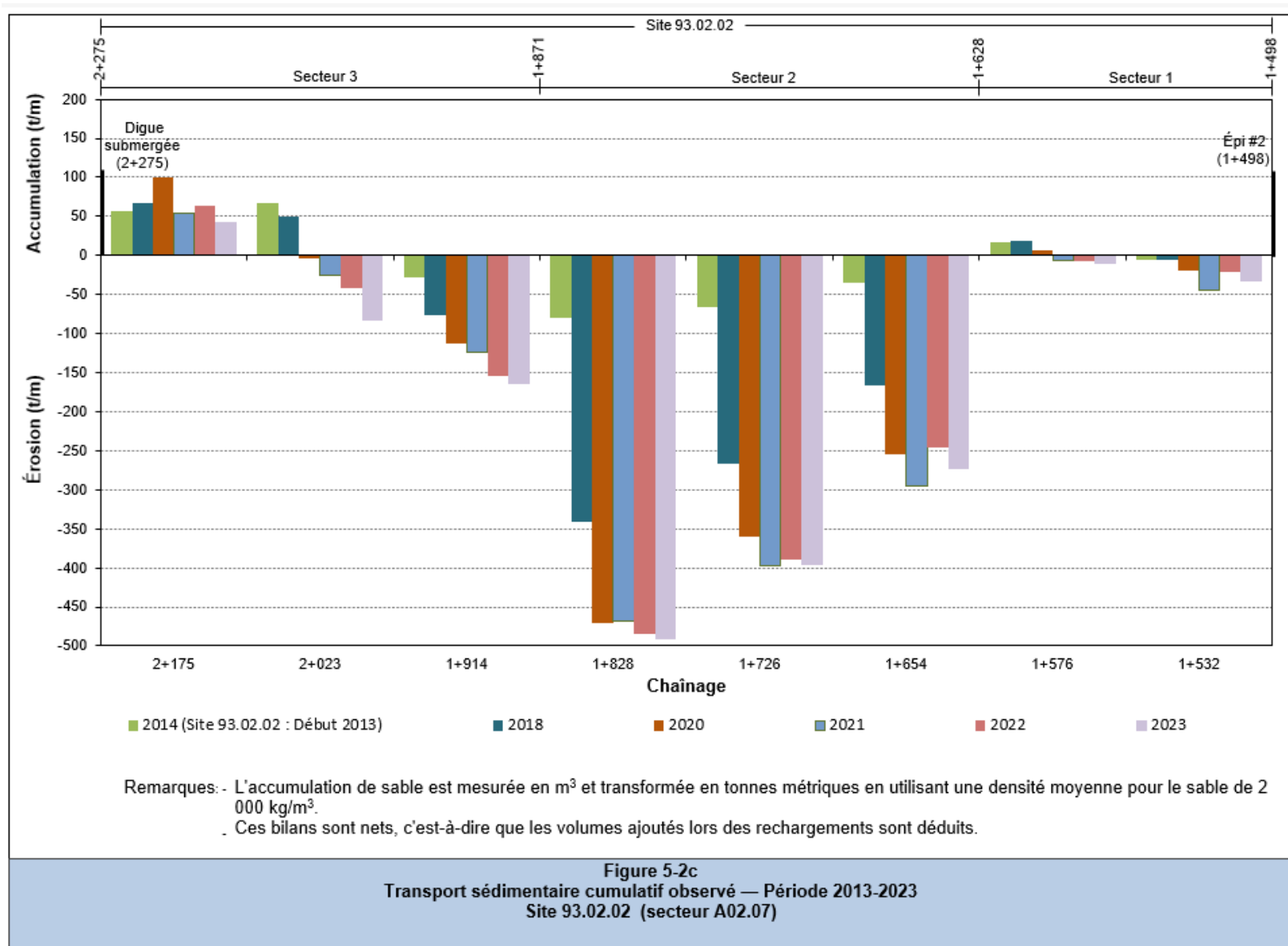
Tableau 5-2 Largeurs d'influence des profils transversaux Sites 94.03.01/2014.03.01 (secteur A03.07)					
			PROFILS	LIMITE D'INFLUENCE	LARGEUR D'INFLUENCE (m)
Site 94.03.01	Secteur 3	Partie A	2+412	2+442 (Épi 2)	60
			2+352	2+382	49.5
			2+313	2+332	
			2+287	2+297 (Épi 4)	35.5
			2+251	2+269	28
			2+226 (Épi 5)	43	
		TOTAL ENTRE LES ÉPIS 2 ET 5			216
		Partie B	2+210	2+226 (Épi 5)	28
	2+186		2+198	26	
	2+172 (Épi 6/Géotube 1)				
	TOTAL ENTRE LES ÉPIS 5 et 6			54	
Secteur 4	Partie A	2+152	2+172 (Épi 6/Géotube 1)	53	
		2+095	2+119 (Géotube 2)	53	
		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
		1+820 (Épi 7)			
	TOTAL SO DE L'ÉPI 7			194	
	Secteur 2		1+771	1+820 (Épi 7)	94
				1+726 (Épi 8)	
		TOTAL ENTRE LES ÉPIS 7 et 8			94
	Partie A	1+673	1+726 (Épi 8)	103	
		1+573	1+623	99.5	
		1+474	1+523	99.5	
			1+424		
		TOTAL NE DE L'ÉPI 8			302
	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	

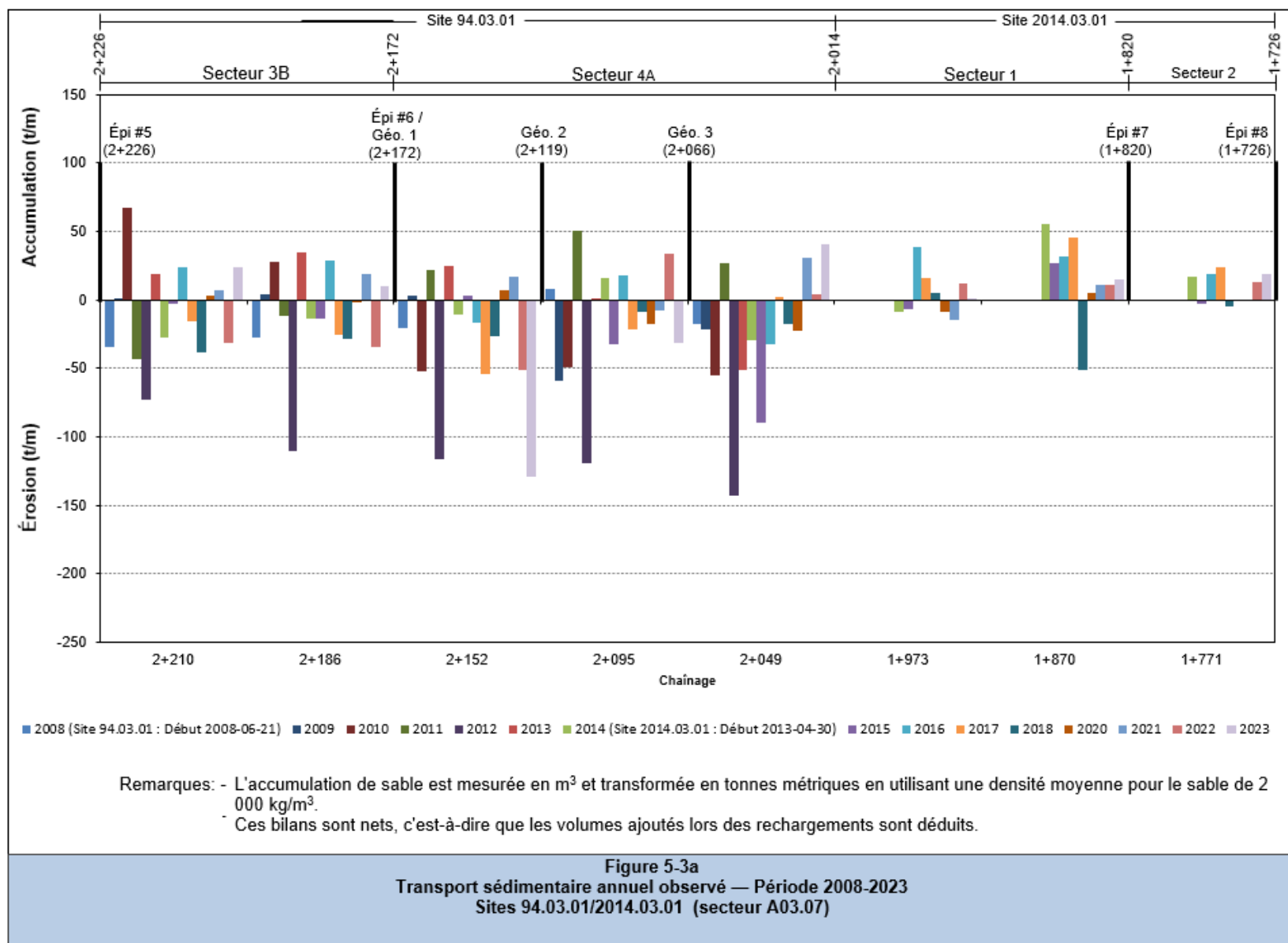
Tableau 5.3 Largeurs d'influence des profils transversaux – Site 93.02.02 (secteur A02.07)

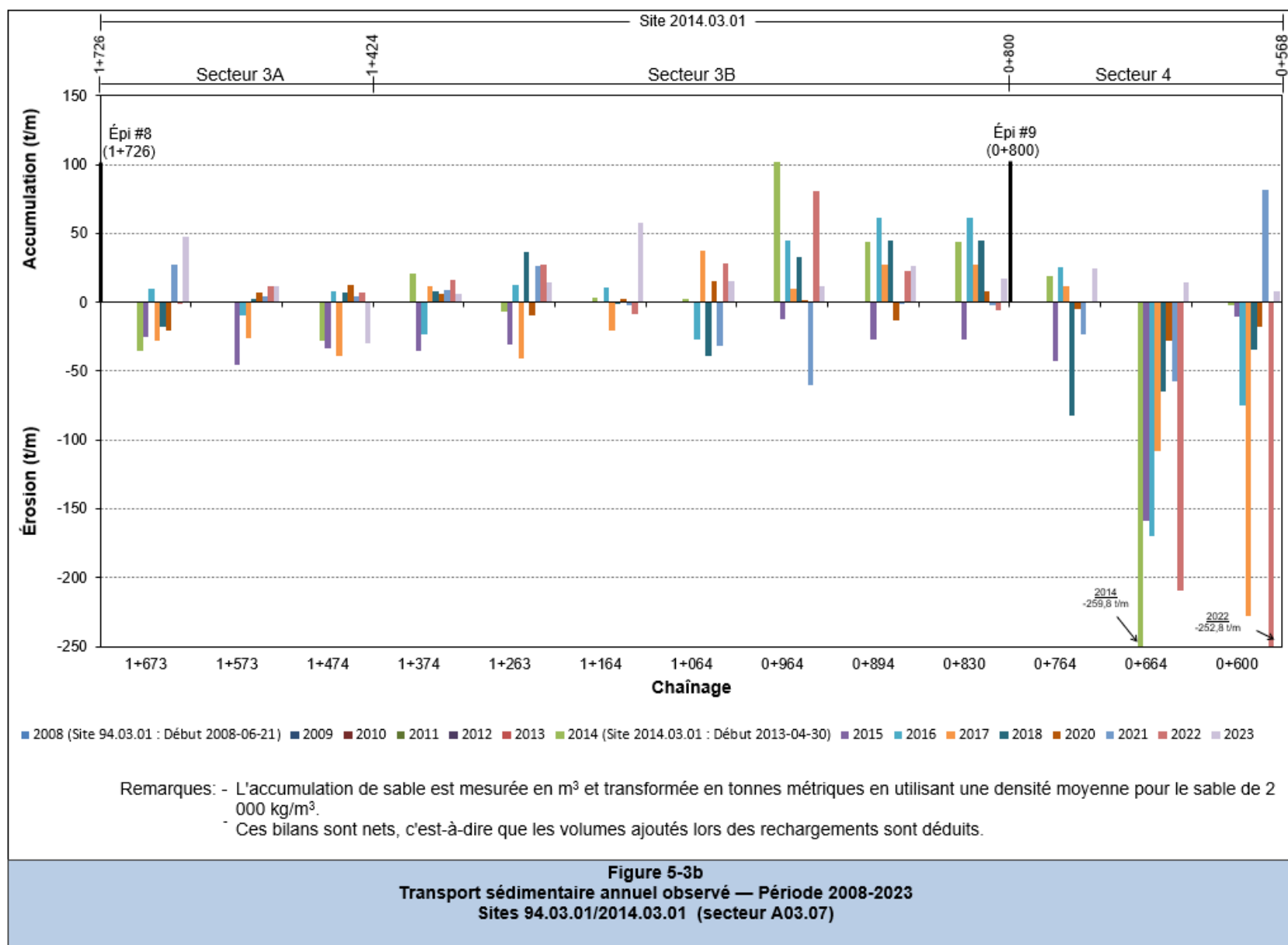
Tableau 5-3				
Largeurs d'influence des profils transversaux				
Site 93.02.02 (secteur A02.07)				
		PROFILS	LIMITE D'INFLUENCE	LARGEUR D'INFLUENCE (m)
Site 93.02.02	Secteur 1	1+532	1+498 (Épi 2)	45
		1+576	1+554	74
			1+628	
		TOTAL SO DE L'ÉPI 2		119
	Secteur 2	1+654	1+628	62
		1+726	1+690	87
		1+828	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	

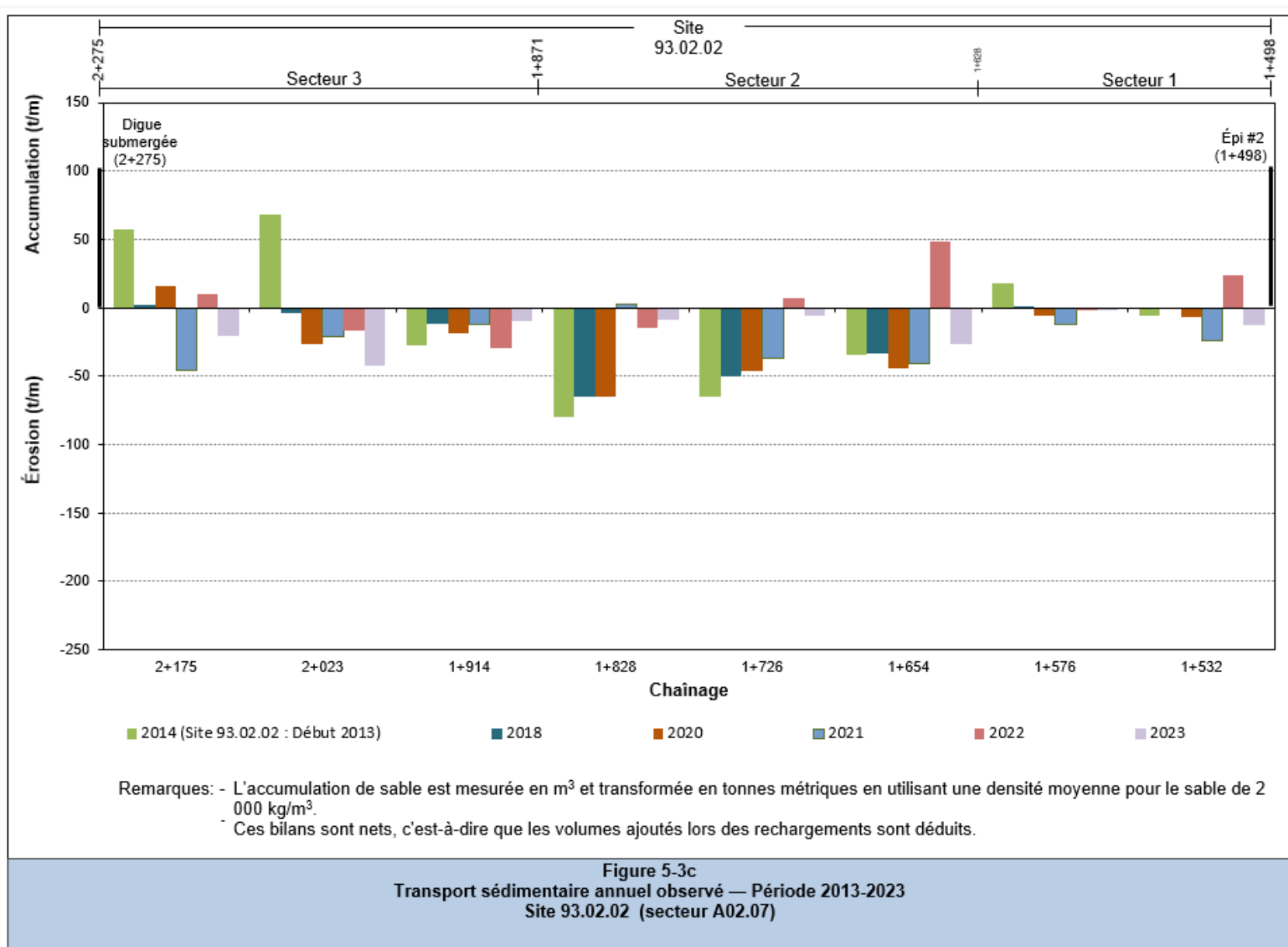




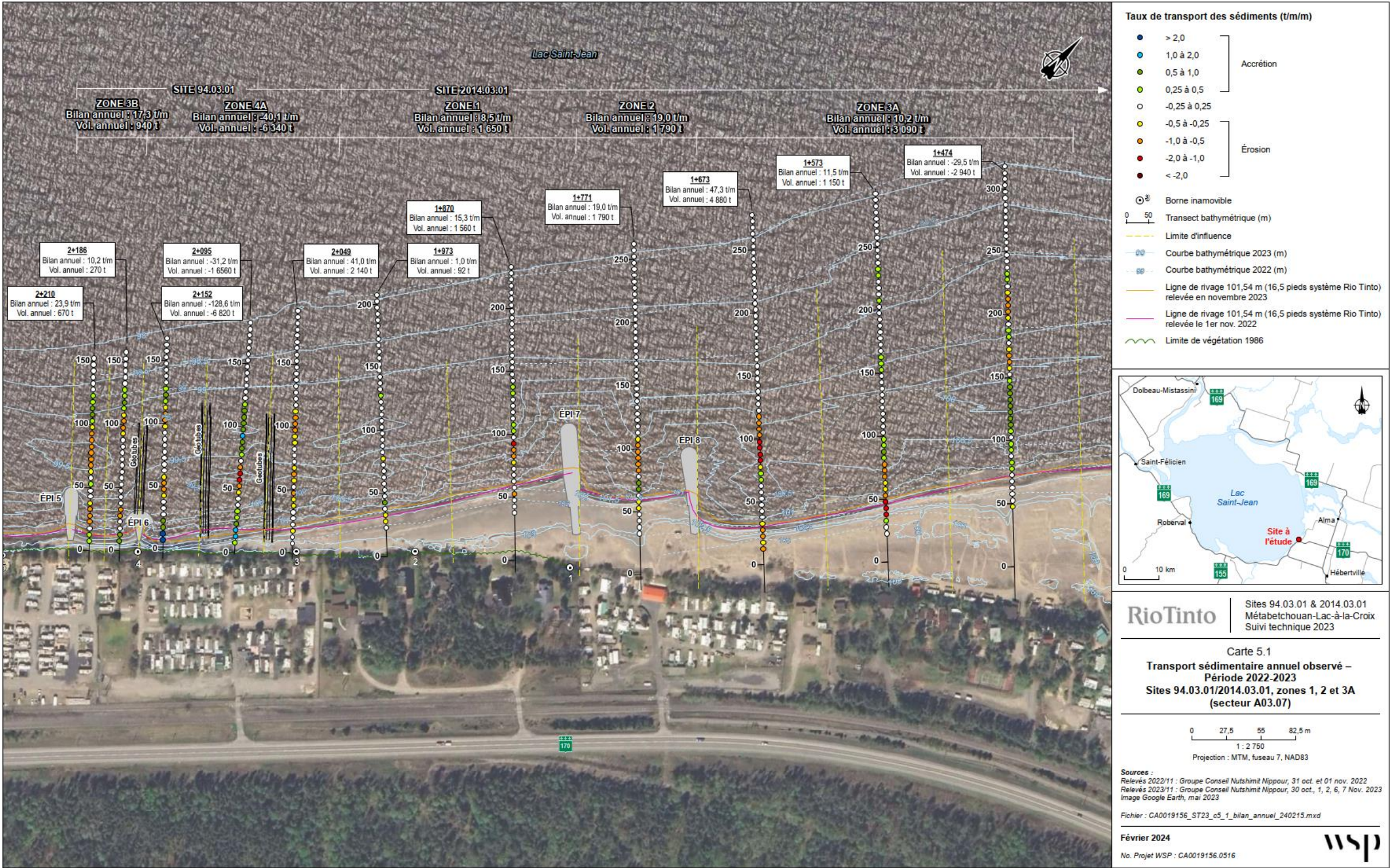




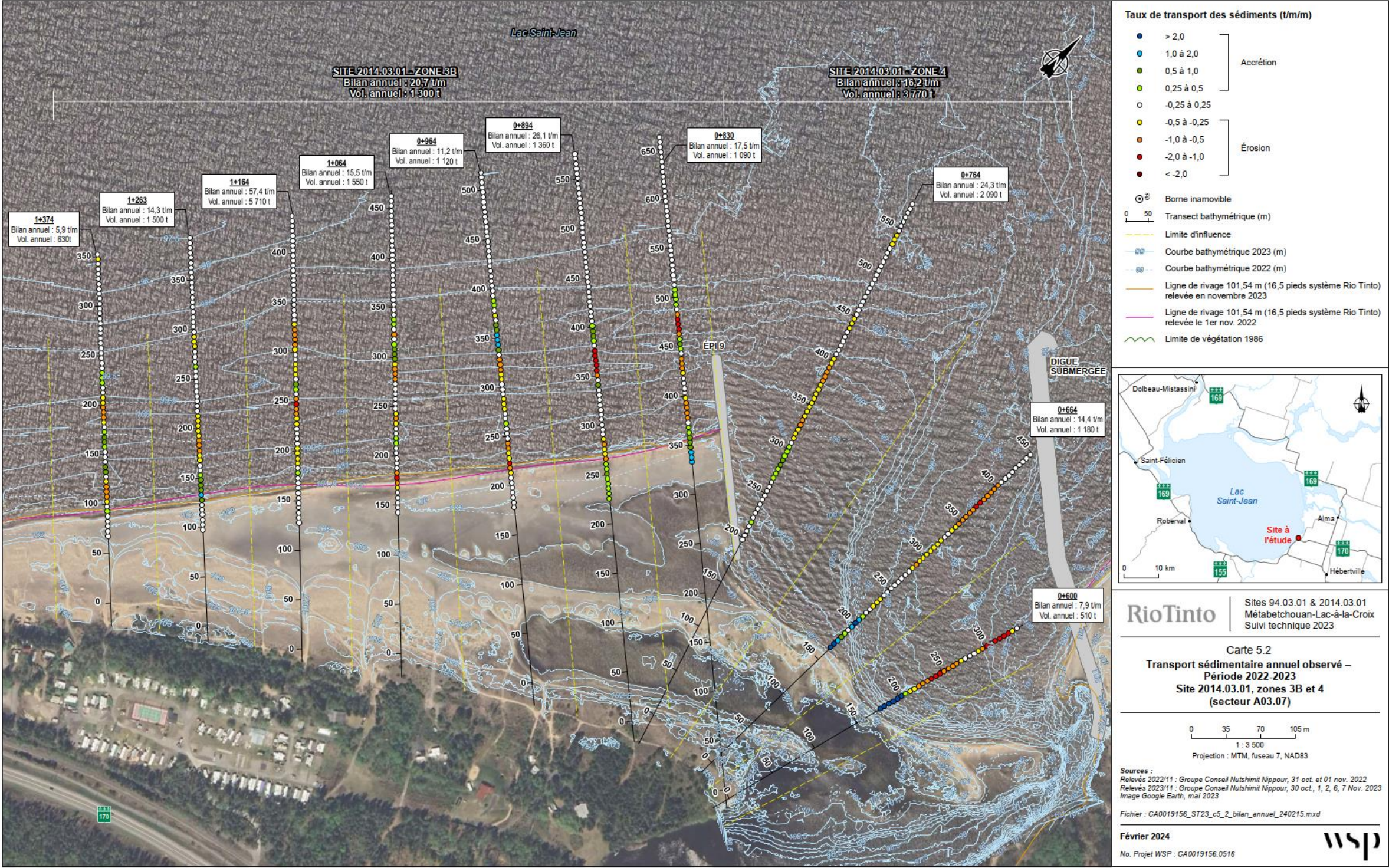




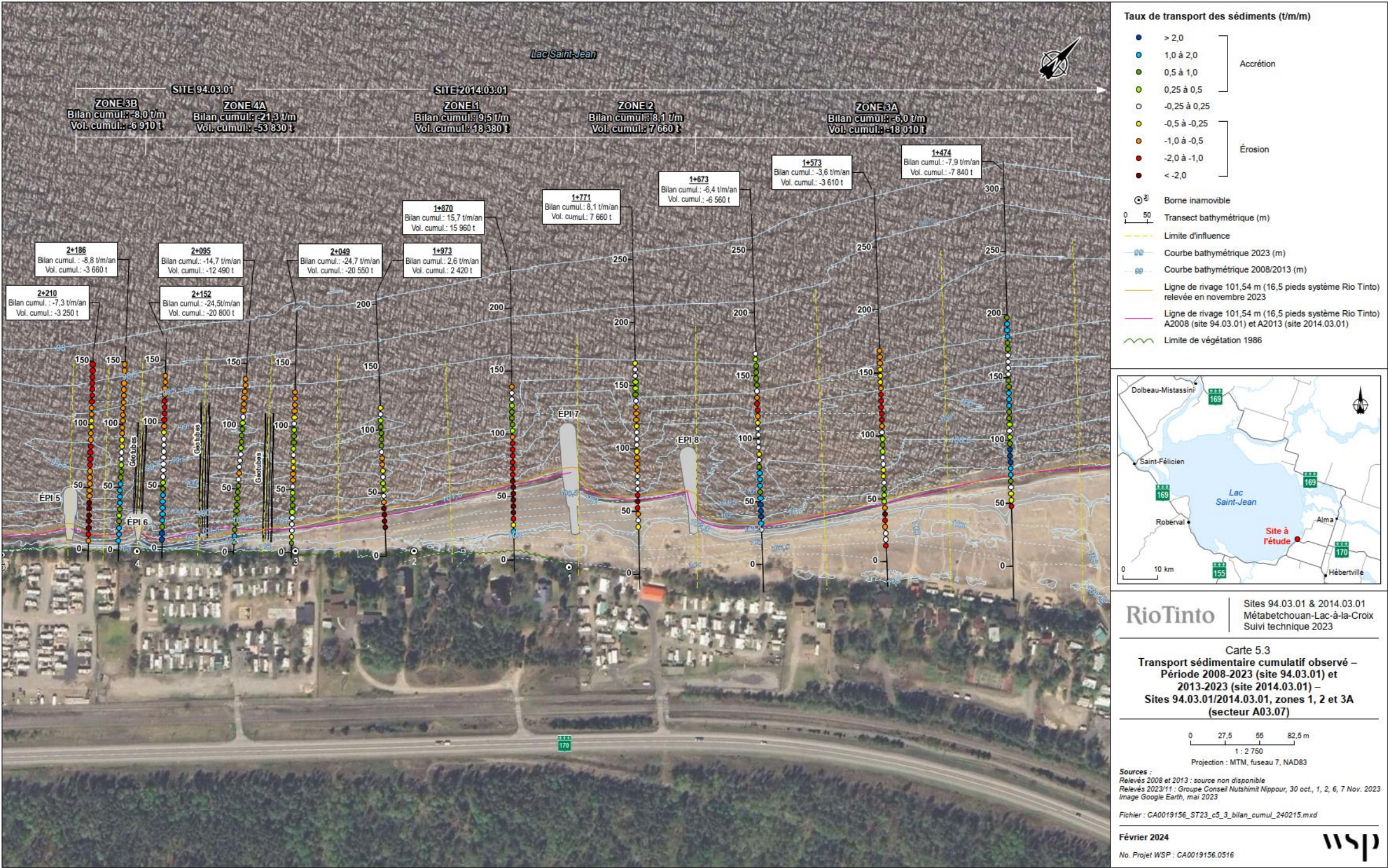
Carte 5.1 Transport sédimentaire annuel observé – Période 2021-2022 – Sites 94.03.01 et 2014.03.01 (zones 1, 2 et 3A) – Secteur A03.07



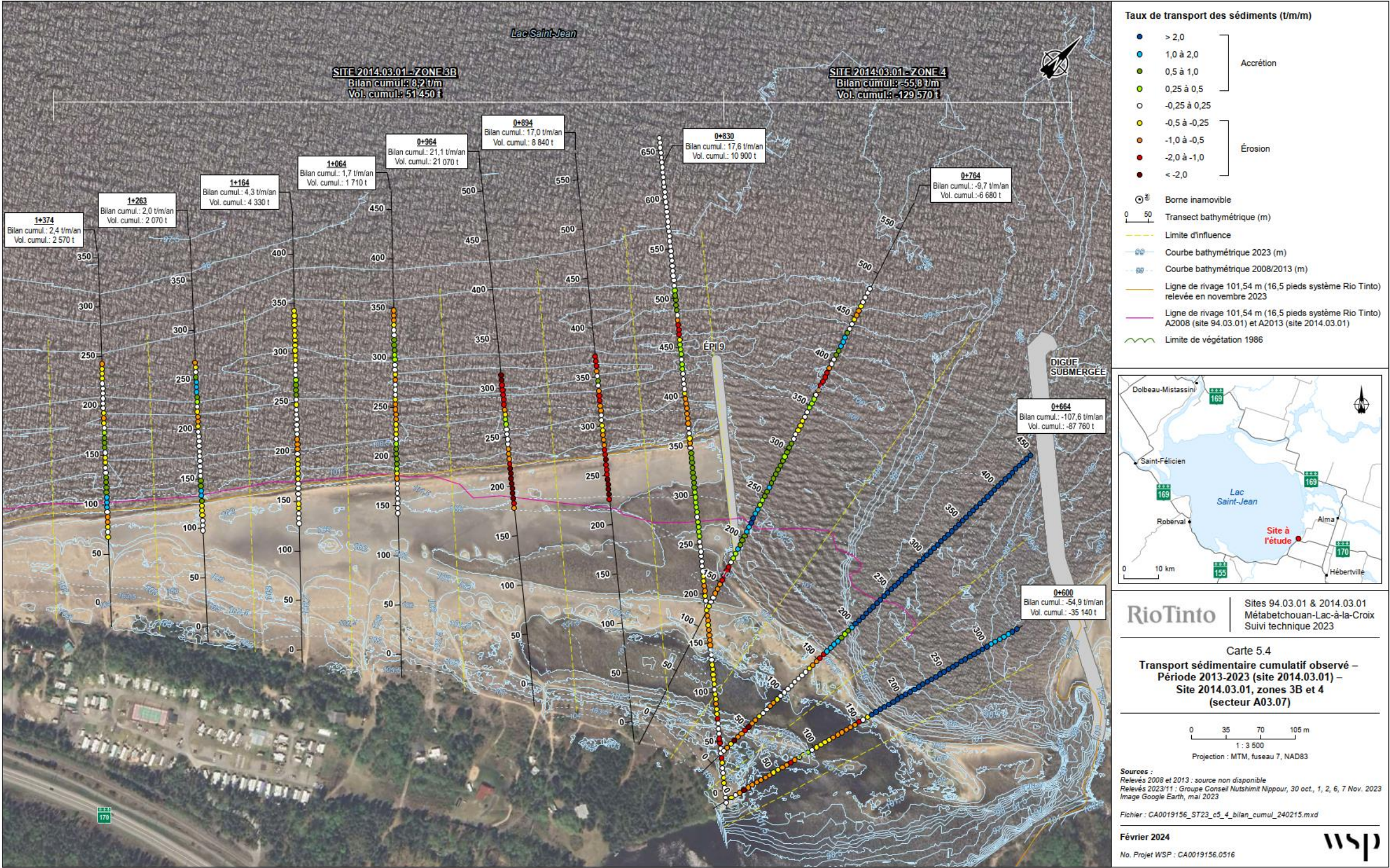
Carte 5.2 Transport sédimentaire annuel observé – Période 2021-2022 – Site 2014.03.01 (zones 3B et 4) – Secteur A03.07



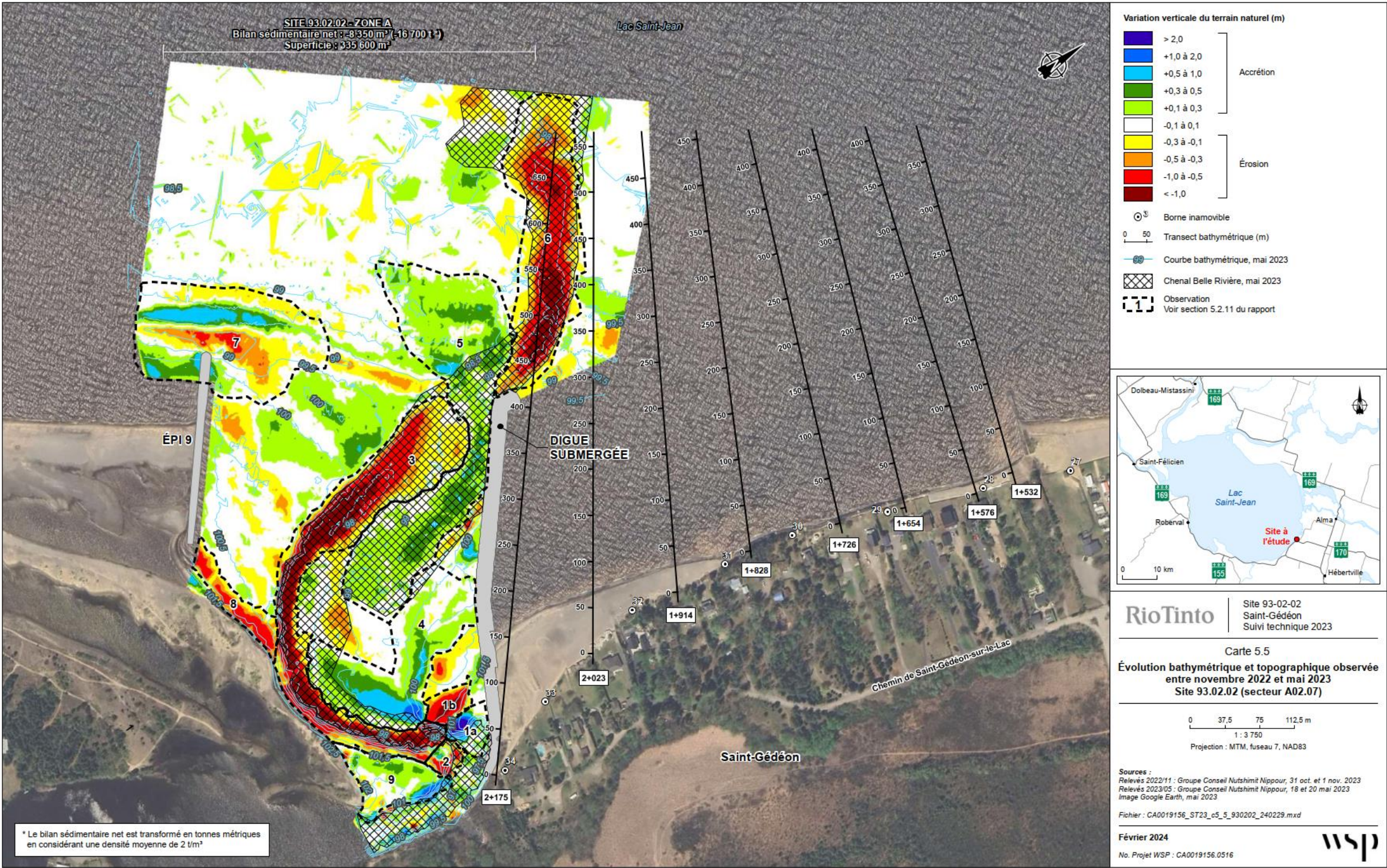
Carte 5.3 Transport sédimentaire cumulatif observé – Périodes 2008-2022 (site 94.03.01) et 2013-2022 (site 2014.03.01) – Sites 94.03.01 et 2014.03.01 (zones 1, 2 et 3A) – Secteur A03.07



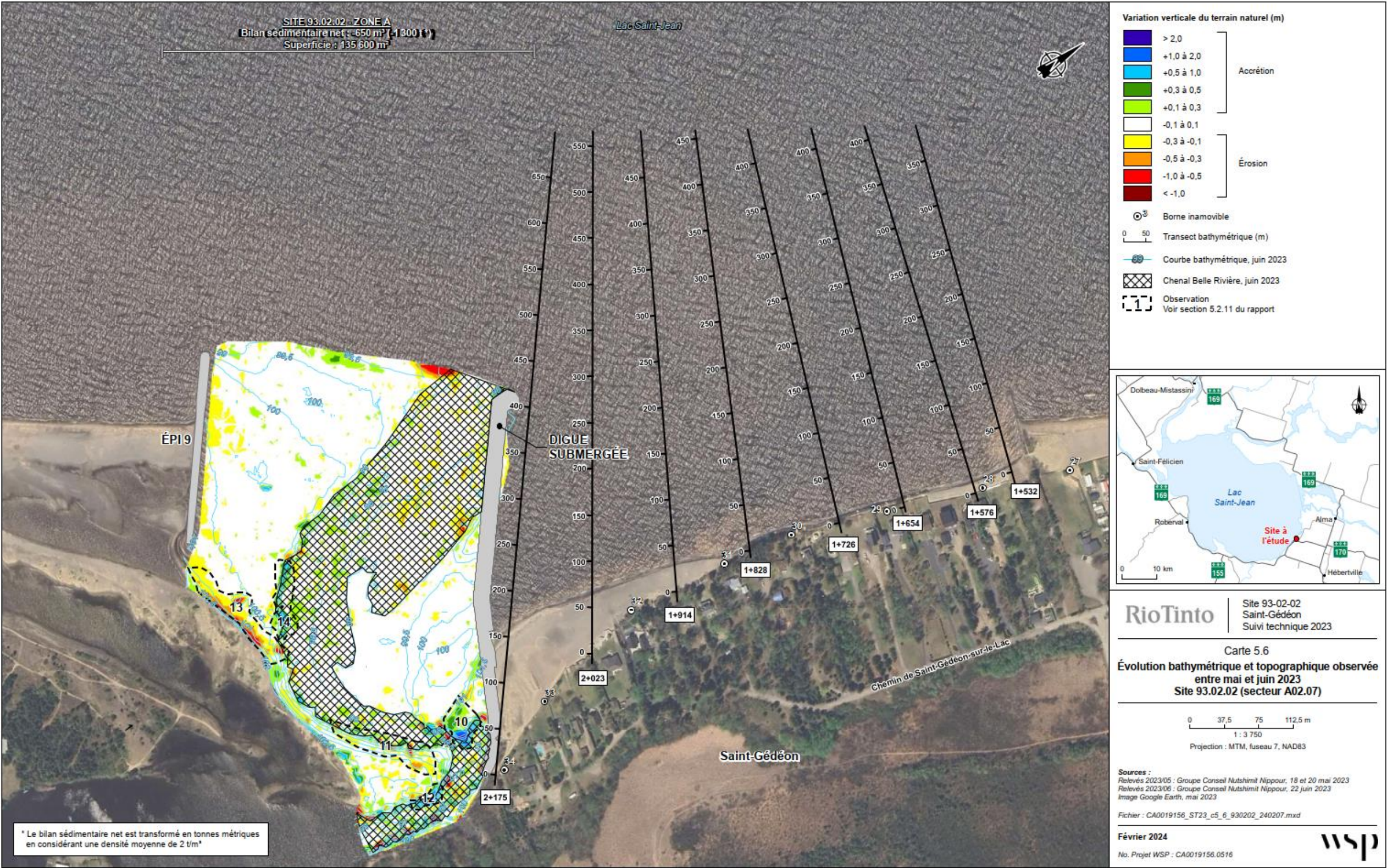
Carte 5.4 Transport sédimentaire cumulatif observé – Périodes 2008-2022 (site 94.03.01) et 2013-2022 (site 2014.03.01) – Site 2014.03.01 (zones 3B et 4) – Secteur A03.07



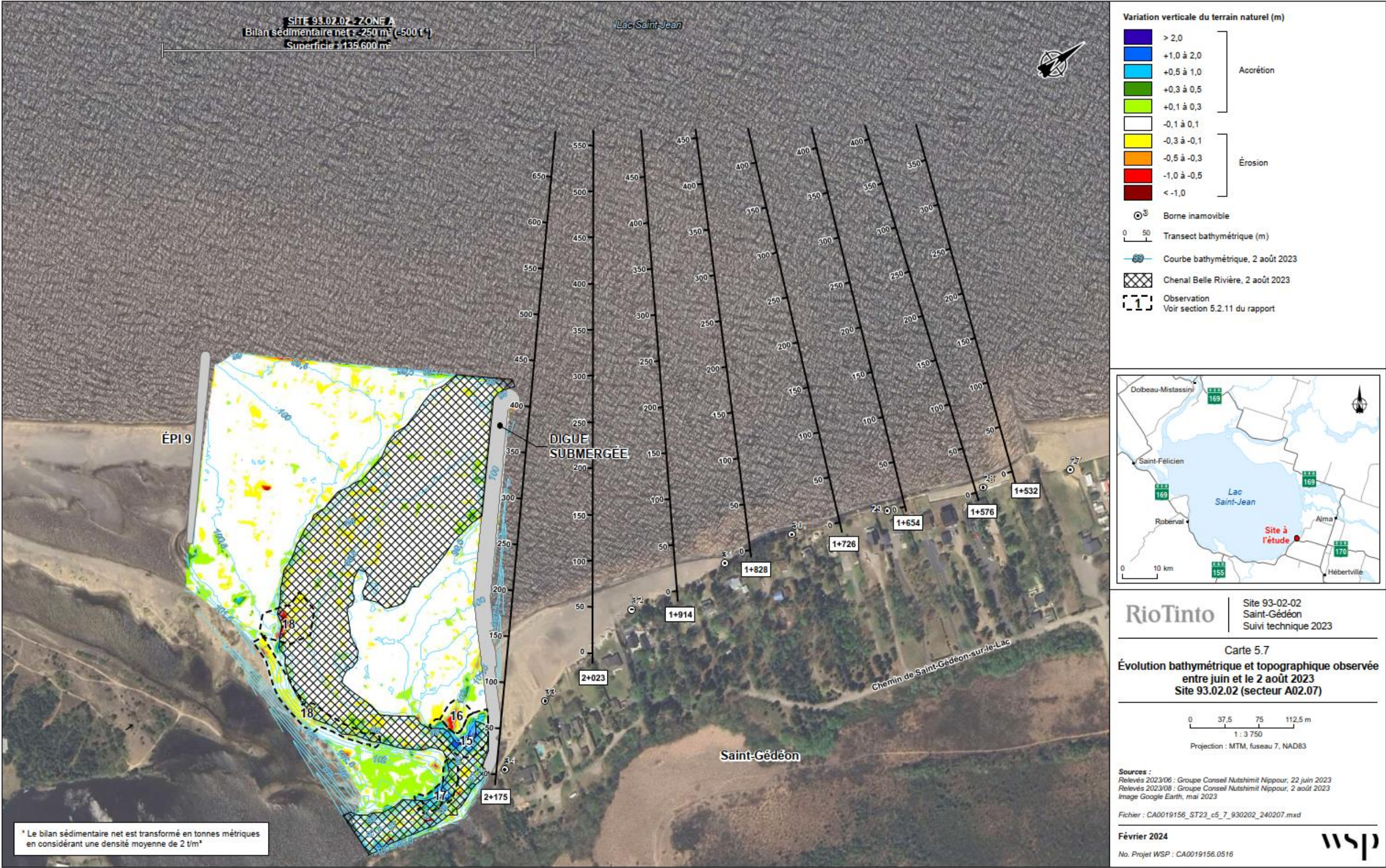
Carte 5.5 Évolution bathymétrique et topographique observée entre novembre 2021 et mai 2022 – Site 93.02.02 (secteur A02.07)



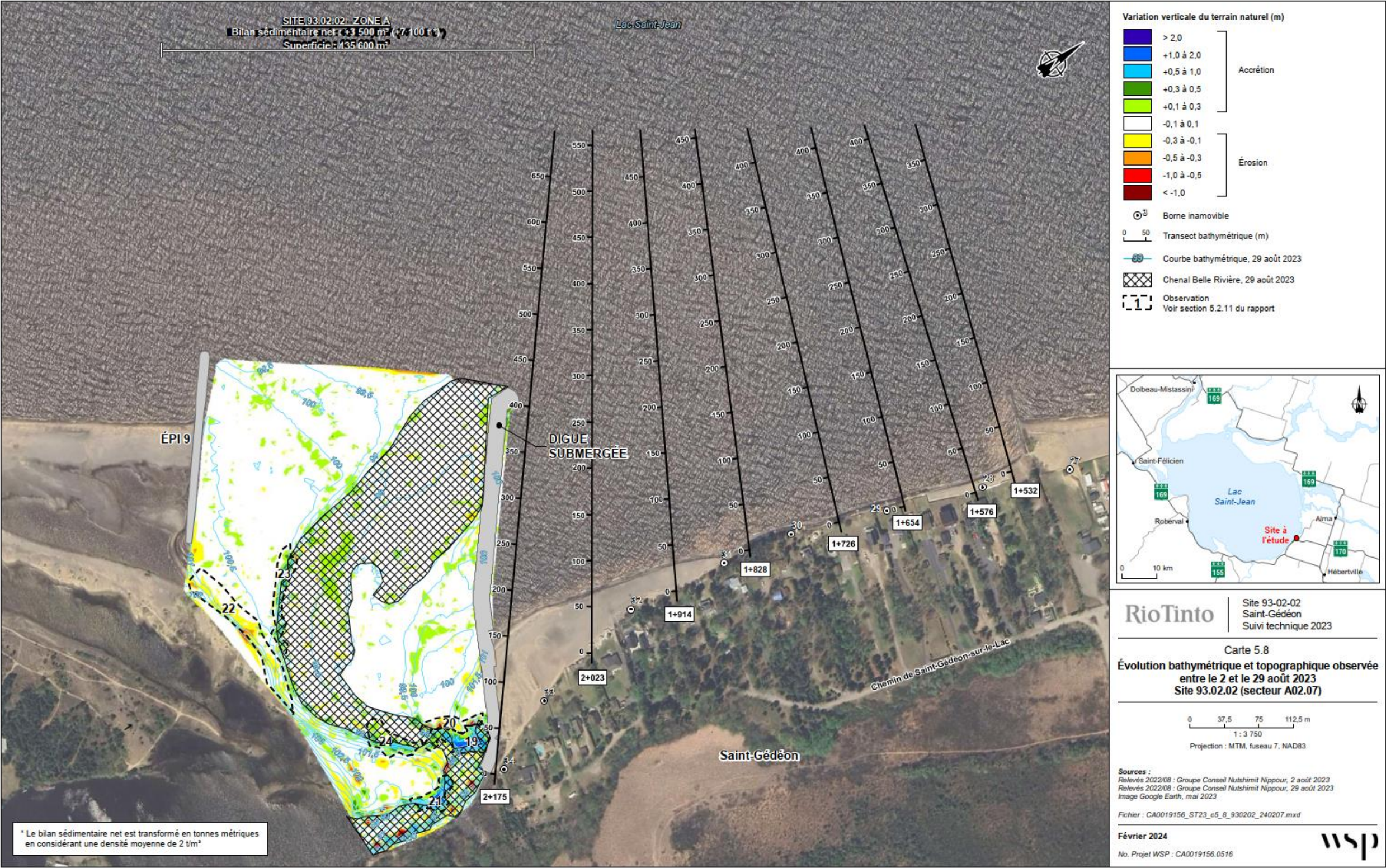
Carte 5.6 Évolution bathymétrique et topographique observée entre mai 2022 et août 2022 – Site 93.02.02 (secteur A02.07)



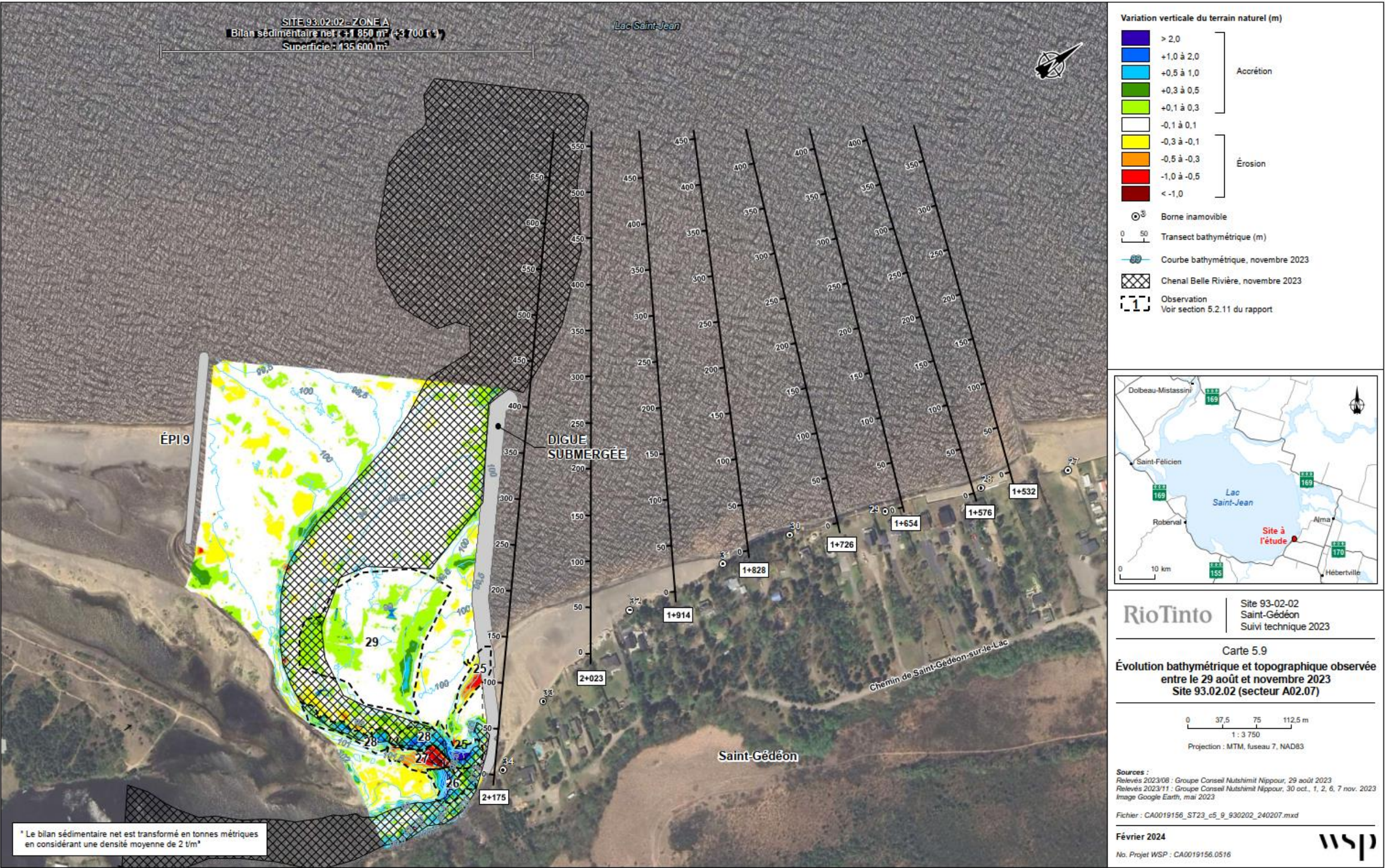
Carte 5.7 Évolution bathymétrique et topographique observée entre août 2022 et septembre 2022 – Site 93.02.02 (secteur A02.07)



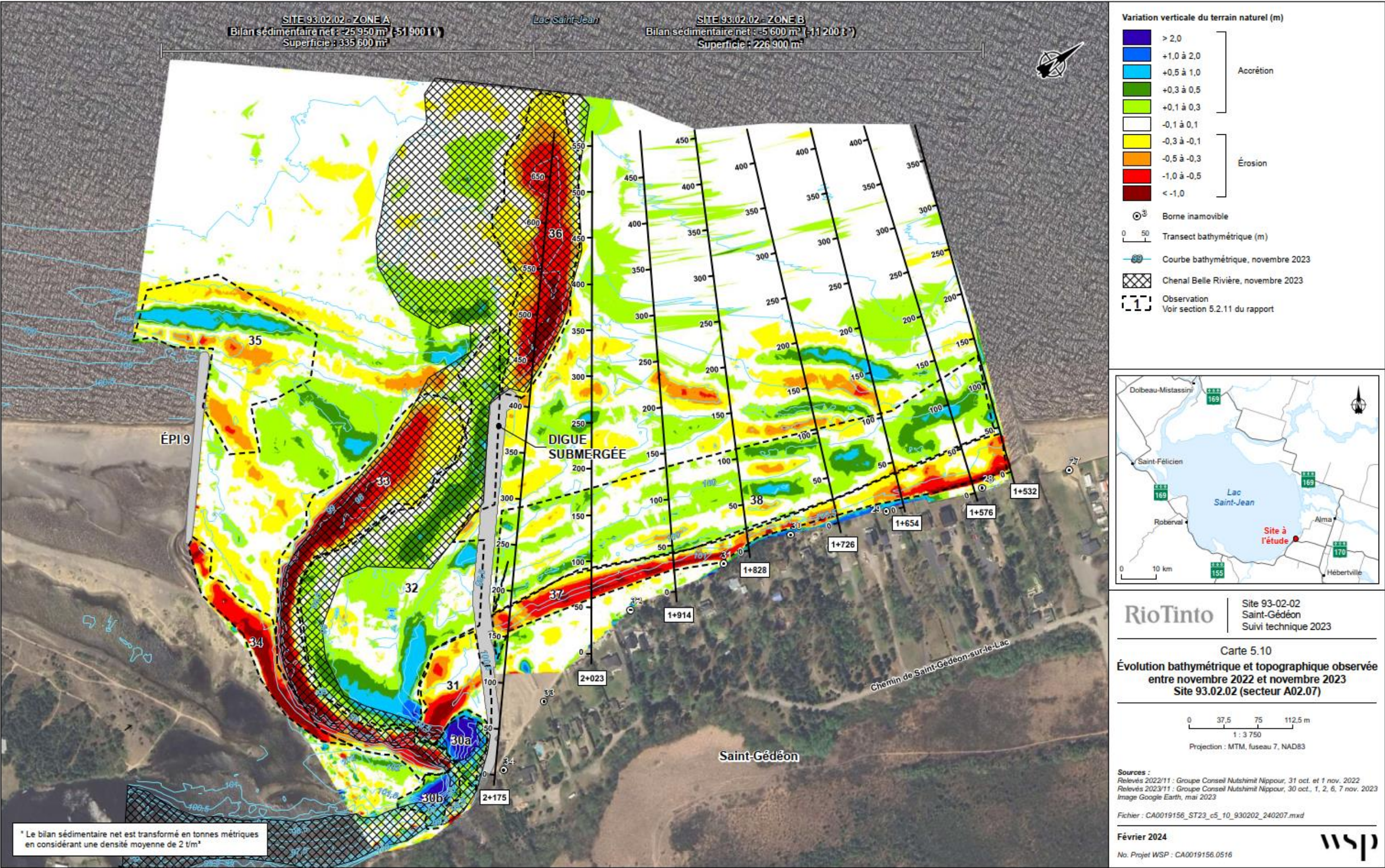
Carte 5.8 Évolution bathymétrique et topographique observée entre mai 2022 et septembre 2022 – Site 93.02.02 (secteur A02.07)



Carte 5.9 Évolution bathymétrique et topographique observée entre septembre 2022 et novembre 2022 – Site 93.02.02 (secteur A02.07)



Carte 5.10 Évolution bathymétrique et topographique observée entre novembre 2021 et novembre 2022 – Site 93.02.02 (secteur A02.07)



Carte 5.11 Évolution bathymétrique observée entre mars 2019 et novembre 2022 – Site 93.02.02 (secteur A02.07)

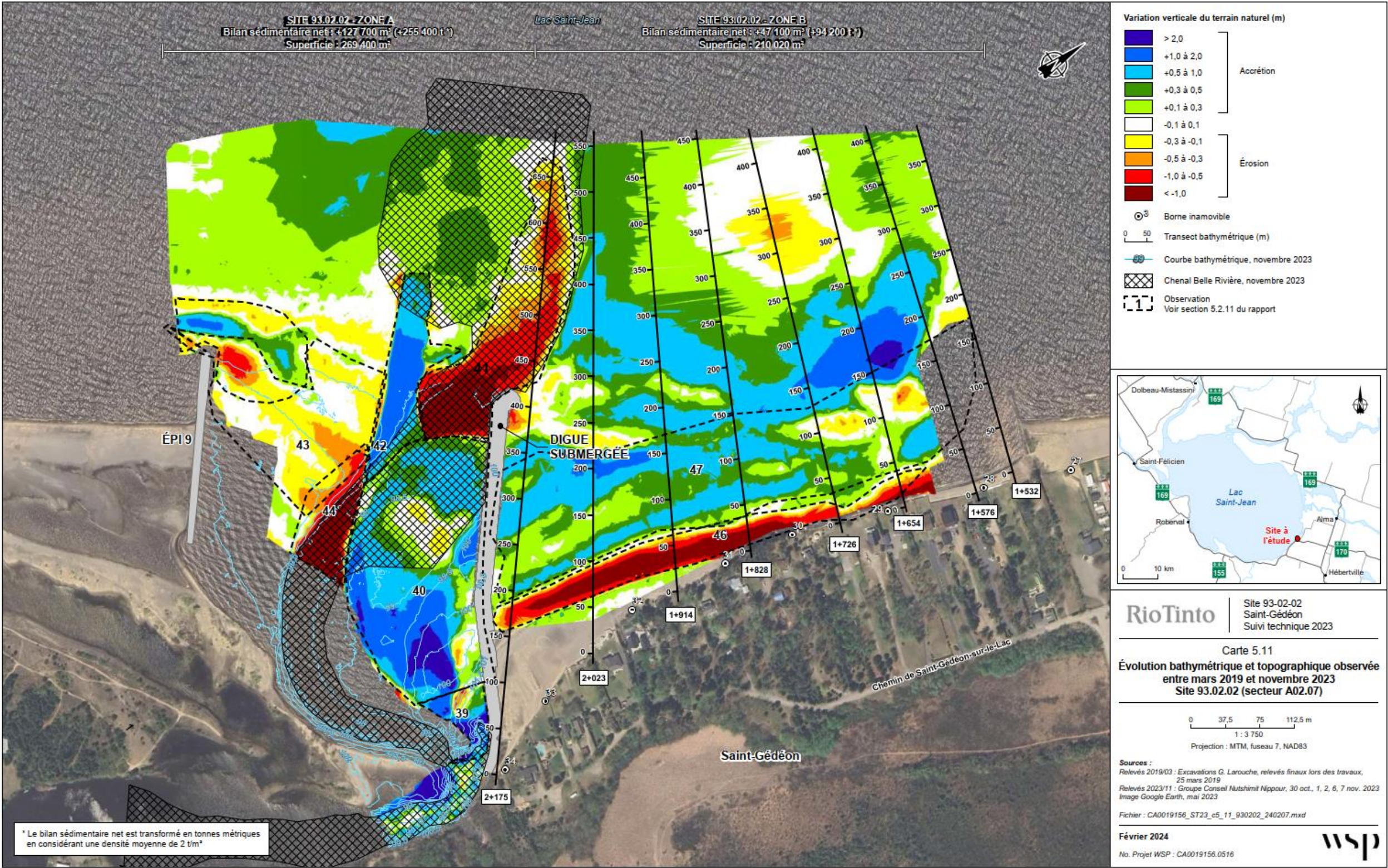


Tableau 5.4 Bilans sédimentaires annuels – Sites 94.03.01/2014.03.01 (secteur A03.07)

Tableau 5.4																																			
Bilans sédimentaires annuels																																			
Sites 94.03.01/2014.03.01 (A03.07)																																			
CHAINAGE		LONGUEUR	TRAVAUX 2023	MOYENNE SUR TOUTE LA PÉRIODE																															
		(m)		1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Nombre d'années Période	t/m/an
Site 94.03.01	Secteur 3B 2+172 à 2+226 Entre les épis 5 et 6	54	RS (42 t/m)	-25.3	-54.8	-61.8		-274.2						-297.3				-30.7	2.5	48.8	-27.8	-91.0	26.3	-20.9	-7.9	26.8	-23.3	-31.9	1.8	13.2	-32.6	17.3	14 (1993 à 2007) 6 (2007 à 2013) 10 (2013 à 2023)	-51.0 -12.0 -5.8	
	Secteur 4A 2+014 à 2+172 NE de l'épi 6	158	SI des épis 4 à 6) RS (48 t/m)	-19.9	-16.5	-59.6		-175.4						-204.0				-9.9	-26.2	-51.9	33.2	-126	-8.5	-8.0	-39.1	-10.1	-25.3	-17.9	-21.0	13.8	-4.4	-40.7	6 1988 à 1993 14 (1993 à 2007) 6 (2007 à 2013) 10 (2013 à 2023)	-9.0 -34.0 -31.5 -15.3	
Site 2014.03.01	Secteur 1 1+820 à 2+014 SO de l'épi 7	194	SI																					25.2	10.8	35.1	32.6	-15.8	-3.0	-0.9	11.7	8.5	10 (2013 à 2023)	10.4	
	Secteur 2 1+726 à 1+820 Entre les épis 7 et 8	94	SI																					16.9	-2.4	19.0	24.1	-4.8	-2.2	-0.8	12.8	19	10 (2013 à 2023)	8.2	
	Secteur 3A 1+424 à 1+726 NE de l'épi 8	302	SI																					-21.1	-34.4	2.9	-31.0	-3.0	-1.4	12.2	5.7	10.2	10 (2013 à 2023)	-6.0	
	Secteur 3B 0+800 à 1+424 SO de l'épi 9	624	SI																					27.6	-18.2	13.8	1.5	9.4	4.4	-7.8	24.7	20.7	10 (2013 à 2023)	7.6	
	Secteur 4 0+568 à 0+800 NE de l'épi 9	232	SI																					-85.3	-74.6	-71.3	-97.0	-62.7	-35.0	-6.3	-143.2	7	10 (2013 à 2023)	-56.8	
TOTAL		1 658																																	
LÉGENDE																																			
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																																			

Tableau 5.5 Bilans sédimentaires annuels – Site 93.02.02 (secteur A02.07)

Tableau 5.5 Bilans sédimentaires annuels Site 93.02.02 (A02.07)															
CHAÎNAGE		LONGUEUR	TRAVAUX 2023	BILANS SÉDIMENTAIRES OBSERVÉS (t/m)										MOYENNE SUR TOUTE LA PÉRIODE	
				2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Nombre d'années Période	t/m/an
		(m)													
Site 93.02.02	Secteur 1	119	SI	8.6	-17.6			-12.2		-16.6	7.6	-6.1	5	-1.8	
	2013 à 2018														
	1+498 à 1+628 SO de l'épi 2											5	-5.46		
	2018 à 2023														
	Secteur 2	243	SI	-63.1	-213.6			-79.3		-22.8	-910.1	-12.3	5	-55.3	
	2013 à 2018														
1+628 à 1+871 Devant perré support											5	-204.9			
2018 à 2023															
Secteur 3	260	SI	31.4	1.2			18.7		-25.3	-13.4	-24.7	5	6.52		
2013 à 2018															
1+871 à 2+275 NE de digue submergée												5	-8.9		
2018 à 2023															
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

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 moyenne d'environ -51 t/m/an a été observée dans ce secteur entre 1994 et 2007 (Tableau 5.4). Depuis la mise en place des épis en géotubes en 2008, les bilans sédimentaires oscillent entre accumulation et érosion.

Les relevés effectués en 2023 révèlent un gain net annuel de +17 t/m, ce qui équivaut à +925 tonnes sur l'ensemble du tronçon (Carte 5.1). Ce gain net représente la différence entre les quantités de sédiments transportés et déposés dans la zone sur une période d'un an.

L'analyse des profils démontre que le haut de plage, entre les élévations 101 et 102 m, est en érosion par rapport au suivi précédent (Annexe B). En dessous de l'élévation 101 m, les gains sédimentaires sont présents entre jusqu'à l'élévation 99 m. Les profils démontrent la migration de barres infralittorales.

La mise à jour des bilans sédimentaires cumulatifs avec les récentes données porte le taux d'érosion moyen annuel à -8 t/m/an pour la période 2013-2023 (Tableau 5.4). Le volume total de sédiments étant sorti du système d'épis au cours de ces années est d'environ -4 800 tonnes (Carte 5.3).

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 -34,0 t/m/an a été documentée sur l'ensemble du secteur entre 1993 et 2007 (Tableau 5.4). Une analyse individuelle des profils révèle cependant que les taux d'érosion n'étaient pas uniformes, mais plutôt très élevés proche de l'épi 6 et progressivement plus faibles vers le nord-est (Tableau 5.6). La dérive des matériaux érodés aurait été responsable de cette dynamique.

Les données récentes collectées lors du suivi indiquent qu'entre 2022 et 2023, il y a eu une érosion importante entre les géotubes 1 et 2 (profil 2+152), ainsi qu'entre les géotubes 2 et 3 (profil 2+095), alors que les taux étaient supérieurs aux moyennes historiques pour ces profils (-128,6 t/m/an et -31,2 t/m/an respectivement). De manière similaire à la zone précédente, une analyse graphique des profils transversaux (voir annexe B) montre que l'érosion affecte principalement la partie supérieure de la plage, au-dessus de l'élévation de 100 m. Dans la région située au nord-est du géotube 3 (profil 2+049), l'évolution de la plage reste stable au-dessus de l'élévation de 100,5 m, tandis qu'en dessous de cette élévation, la zone est caractérisée par une accumulation de sédiments le long du profil.

Le taux de transport moyen annuel pour le secteur est le plus élevé depuis 2012 avec une valeur de -40,1 t/m, se traduisant en une érosion de 6 400 tonnes (voir Carte 5.1).

La forte érosion observée au nord-est de l'épi 6/géotube 1 (profil 2+152) est attribuable à la rupture du géotube 2, ce qui a empêché le maintien des sédiments dans le secteur lors d'événements de forts vents combinés à des niveaux d'eau élevés.

La mise à jour des bilans sédimentaires cumulatifs avec les récentes données porte le taux d'érosion moyen annuel à -15,3 t/m/an pour la période 2013-2023 (Tableau 5.4). Le volume total de sédiments étant sorti du système d'épis entre 2008 et 2023 serait de 53 800 tonnes (Carte 5.3).

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 1993-2007 (avant la mise en place des épis en géotubes)	PÉRIODE 2007-2013 (après la mise en place des épis en géotubes)	PÉRIODE 2013-2023 (après la mise en place des épis 7 et 8 (site 2014.03.01))	ANNÉE 2023
2+152	-88,3	-23,3	-23,5	-128,6
2+095	-29,7	-28,0	6,9	-31,2
2+049	-6,9	-43,5	8	41,0
MOYENNE	-34,0	-31,5	-2,9	-40,1

¹ Valeurs calculées à partir des taux présentés sur les Figure 5.1 et Figure 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 2023 indiquent que le secteur a été en accumulation, avec un taux moyen de +8.5 t/m, ou un volume de +1 700 tonnes (Carte 5.1). Les matériaux proviendraient de la dérive des sédiments érodés dans les secteurs adjacents au sud-ouest.

Les profils présentés dans l'annexe B révèlent une similarité avec ceux de l'année précédente, avec la présence continue de zones d'accumulation au-dessus de l'élévation 101.5 m. Cette observation suggère une stabilité relative du haut de plage. De plus, entre les élévations de 100 m et 100.6 m, les profils indiquent également une accumulation, soulignant une certaine constance dans la répartition des matériaux et des processus géomorphologiques. Ces constatations mettent en évidence la persistance de schémas géomorphologiques relativement en accrétion dans la zone étudiée au fil du temps.

Les données les plus récentes ont permis de mettre à jour les bilans sédimentaires cumulatifs, révélant un taux moyen annuel d'accumulation de +10,4 t/m pour la période s'étendant de 2013 à 2023, comme indiqué à la Carte 5.3. En conséquence, le volume total de sédiments capturés par l'épi au cours de ces années atteint +22 200 tonnes.

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

La dynamique évolutive de la plage entre les épis 7 et 8 est évaluée à l'aide d'un profil transversal unique, désigné comme 1+771. Les relevés effectués en 2023 révèlent une accumulation de +19 t/m au cours de la dernière année, correspondant à un volume total d'environ +1 800 tonnes, tel indiqué à la Carte 5.1. Une analyse approfondie des profils

graphiques présentés dans l'annexe B révèle une répartition relativement similaire à celle de l'année dernière avec une tendance à l'accumulation.

La mise à jour des bilans sédimentaires cumulatifs avec les récentes données porte le taux d'accumulation moyen annuel à +8,2 t/m/an pour la période 2013-2023 (Carte 5.3). Le volume total de sédiments captés entre les épis au cours de ces années est estimé à +8 500 tonnes. Comparativement à l'année dernière, cette zone a subi 12% plus d'accumulation.

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 au nord-est de l'épi 8 (profils 1+673, 1+573 et 1+474). Les relevés récents de 2023 révèlent une accumulation moyenne de +10,2 t/m dans ce secteur au cours de la dernière année, ce qui équivaut à un volume d'environ 3 100 tonnes, tel qu'indiqué à la Carte 5.1. L'analyse graphique des profils, en particulier ceux situés aux chainages 1+673 et 1+573 (voir Annexe B), met en évidence une accumulation au niveau du haut de la plage. En revanche, le profil correspondant au chainage 1+474 indique une accrétion moins importante.

La mise à jour des bilans sédimentaires cumulatifs avec les données les plus récentes révèle un taux d'érosion moyen annuel de 6,0 t/m pour la période 2013-2023, tel qu'illustré à la Carte 5.3. En conséquence, le volume total de sédiments ayant quitté la zone d'analyse au cours de ces années est estimé à environ 20 000 tonnes.

Il est important de noter qu'un bilan cumulatif négatif reste attendu dans ce secteur en raison de la construction des épis 7 et 8, qui ont perturbé la dérive des sédiments sur le haut de la plage. Cependant, les observations des profils transversaux et les bilans sédimentaires des dernières années suggèrent une certaine stabilisation de la plage. En effet, le trait de côte semble converger vers son nouvel état d'équilibre, ce qui témoigne de l'efficacité des structures mises en place pour contrôler l'érosion côtière dans la région.

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

L'évolution de la plage du côté sud-ouest de l'épi 9 est étudiée à travers sept profils transversaux, allant de 1+374 à 0+830. Les données relevées en 2023 révèlent que la dynamique hydrosédimentaire annuelle a entraîné une accumulation moyenne de +20,7 t/m dans cette zone, correspondant à un volume total d'environ +13 000 tonnes, tel qu'indiqué à la Carte 5.2.

L'analyse graphique des profils, présentée en annexe B, révèle que les déplacements de matériaux se sont produits à des niveaux variés le long de chaque profil, sans qu'une tendance distinctive particulière ne soit observée. Dans l'ensemble, le haut de la plage, situé au-dessus de l'élévation 101,0 m, a montré peu de changements, tandis que le pied de la plage a été sujet à une migration et à un remodelage des barres infralittorales.

Au cumulatif, le secteur conserve un bilan sédimentaire positif, avec un taux d'accumulation moyen annuel de +7,6 t/m/an pour la période 2013-2023 (Carte 5.4), ou un volume net d'environ +52 000 tonnes.

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

Dans la région située au nord-est de l'épi 9, trois profils transversaux sont utilisés pour évaluer l'évolution de la plage (profils 0+764, 0+664 et 0+600). Les profils 0+664 et 0+600 révèlent une pente abrupte entre les élévations 102 m à 98,2 m sur une distance moyenne de 70 m. Ces pentes mènent au chenal d'écoulement de la Belle Rivière. Les bilans annuels pour l'année 2023 montrent des taux d'évolution positifs, avec un volume total de +3 700 tonnes dans la zone, ce qui est contraire aux tendances depuis le début des suivis. Ces accumulations sont principalement observées au large de la plage, comme le démontrent les profils présentés en annexe B. Le dépôt de sédiments dans ces zones provient en grande partie des matériaux contournant l'épi 9 et par la migration du chenal d'écoulement de la Belle Rivière lors de la crue printanière.

Il est à noter que les bilans sédimentaires issus de ces profils sont principalement fournis à titre indicatif, dans le but de garantir la cohérence avec les suivis techniques précédents. Il est conseillé au lecteur de se tourner vers la section 5.2.11 du rapport pour accéder à des données plus précises et plus représentatives sur les quantités d'accumulation et d'érosion. Cette section couvre diverses périodes de référence et offre une vision plus complète de l'évolution des lieux.

L'examen visuel des profils (voir annexe B) met en évidence le caractère hautement dynamique du secteur. Les profils 0+664 et 0+600 révèlent un déplacement d'environ 15 m du chenal d'écoulement de la Belle Rivière vers le banc de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix.

Les bilans sédimentaires cumulatifs sur la période allant de 2013 à 2023, révèlent une érosion totale de -56,8 t/m/an, pour un volume ayant quitté la zone de -145 000 tonnes.

5.2.8 SITE 93.02.02 – HAUT DE LA PLAGE, 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). L'analyse graphique des profils transversaux (annexe B) révèle que l'érosion s'est davantage concentrée en haut de plage, au-dessus de l'élévation 100,5 m pour les deux profils (ch. 1+532 et ch. 1+576).

Depuis 2018, ce tronçon de plage est caractérisé par un taux de transport oscillant entre des valeurs positives et négatives. Ce résultat suggère que le secteur demeure sensible aux conditions de vagues observées pendant la période d'eau libre. Étant donné la présence de l'épi 2 (épi Kiwanis) au nord-est, des accumulations seraient observées lorsque l'orientation des vagues favorise un transport dominant vers le nord-est et de l'érosion serait observée lorsque l'orientation des vagues favorise un transport dominant vers le sud-ouest. En 2023, le taux de transport indiquait une érosion de -6,1 t/m, se traduisant en une perte de -725 tonnes de sédiments.

La mise à jour des bilans sédimentaires cumulatifs avec les récentes données porte le taux de transport moyen annuel à -5,5 t/m/an pour la période 2018-2023 (Tableau 5.5). Le volume total de sédiments ayant quitté la zone d'analyse se chiffre à environ -3 300 tonnes depuis 2018.

5.2.9 SITE 93.02.02 – HAUT DE LA PLAGE, 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). En 2023, une perte annuelle moyenne de -12,3 t/m, ou -3 000 tonnes, a été observée (Tableau 5.5).

L'analyse détaillée des profils révèle cependant une certaine variation des taux de transport le long du tronçon (Figure 5.3 et Tableau 5.7), avec une érosion plus importante à l'extrémité nord-est (ch. 1+654), diminuant au centre (ch. 1+726), puis réaugmentant en érosion à l'extrémité sud-ouest (ch. 1+828). Cette dynamique est opposée à celle observée en 2022 (WSP, 2023) où le tronçon était généralement en accrétion, en particulier pour le profil 1+654, et résulte probablement d'une variation naturelle des conditions de vagues et de leur orientation dominante. Le bilan concrétise, malgré tout, un taux d'érosion annuel sur l'ensemble du secteur 42% plus faible que la moyenne observée entre 2019 et 2023.

Tableau 5.7 Évolution des taux de transport sédimentaire moyens dans le secteur 2, site 93.02.02.

PROFIL	TAUX DE TRANSPORT SÉDIMENTAIRE MOYEN ANNUEL ¹ (t/m/an)		
	PÉRIODE 2013-2018 (avant redressement Belle Rivière)	PÉRIODE 2019-2023 (après redressement Belle Rivière)	ANNÉE 2023
1+654	-30,2	-15,8 (-48 %)	-26,8
1+726	-61,0	-20,5 (-67 %)	-5,9
1+828	-66,8	-21,6 (-68 %)	-8,6
MOYENNE	-55,4	-21,1 (-62 %)	-12,3

¹ Valeurs calculées à partir des taux présentés sur les Figure 5.2 et Figure 5.3.

L'analyse graphique des profils transversaux révèle pour sa part que l'érosion s'est davantage concentrée en haut de plage, au-dessus de l'élévation 100,0 m pour les trois profils. L'effacement de la plage atteint maintenant le perré de support. Le pied de la plage est quant à lui caractérisé par une migration de barres infralittorales, sous l'élévation 100,0 m.

La présence du perré de support exposé sur le haut de la plage a pour effet de diminuer la quantité de sédiments pouvant être mobilisés sur ce tronçon, ce qui peut entraîner ou exacerber les déficits d'apports dans les secteurs adjacents. En l'absence du perré de support, des taux d'érosion plus élevés seraient observés dans ce secteur.

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 -21,1 t/m/an (Tableau 5.5). L'amélioration constatée dans le cadre des suivis précédents (WSP, 2021, 2022 et 2023), par rapport au taux de transport historique de -55,4 t/m/an, semble donc se maintenir et se chiffre maintenant à près de 62 %. Le volume total de sédiments ayant été perdus dans la zone d'analyse entre 2018 et 2023 est évalué à environ -25 700 tonnes.

5.2.10 SITE 93.02.02 – HAUT DE LA PLAGE, 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). En 2023, une perte annuelle nette de -24,7 t/m de sédiments, ou -6 400 tonnes, a été constatée sur ce tronçon de la plage. Ce bilan s'inscrit en continuité avec la tendance érosive observée depuis quelques années. Avant les travaux de redressement de l'embouchure de la Belle Rivière effectués à l'hiver 2019, une tendance à l'accumulation était plutôt observée, avec un taux de transport annuel moyen de +6,5 t/m/an (période 2013 à 2018).

Une analyse détaillée des profils (Figure 5.3c) révèle pour sa part que l'érosion a été plus sévère au centre du secteur (profil 2+023) qu'aux deux extrémités (profils 1+914 et 2+175). L'analyse graphique des sections transversales (annexe B) confirme par ailleurs un recul du haut de la plage (au-dessus de l'élévation 100,0 m) de l'ordre de -6 m au profil 1+914, de -11 m au profil 2+023 et de -7 m au profil 2+175.

Historiquement, le secteur bénéficiait d'une dérive continue des matériaux de rechargement déposés dans le secteur 2. Aujourd'hui, avec la suspension des rechargements et l'effacement de la plage devant le perré de support, les apports se trouvent réduits et vraisemblablement inférieurs à la capacité de transport effective le long du littoral. Les secteurs « amont » servent alors à combler le déficit de quantités. Advenant la mise en place d'un nouveau rechargement dans le secteur 2, il est probable que des bilans sédimentaires positifs seraient retrouvés dans le secteur 3.

La mise à jour des bilans sédimentaires cumulatifs avec les récentes données porte le taux de transport moyen annuel à -8,9 t/m/an pour la période 2018-2023 (Tableau 5.5). Le volume total de sédiments ayant quitté la zone d'analyse se chiffre alors à environ -11 600 tonnes.

5.2.11 SITE 93.02.02 – EMBOUCHURE DE LA BELLE RIVIÈRE ET PLAGE DE SAINT-GÉDÉON-SUR-LE-LAC

Les Cartes 5.5 à 5.11 présentent l'évolution bathymétrique et topographique de l'embouchure de la Belle Rivière et de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac entre les relevés effectués dans le cadre de ce suivi. 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: NOVEMBRE 2022 À MAI 2023

Les éléments notables concernant l'évolution du fond marin entre novembre 2022 et mai 2023, et identifiés sur la Carte 5.5, sont consignés au Tableau 5.8.

Tableau 5.8 Éléments notables du bilan sédimentaire au site 93.02.02 pour la période novembre 2022 à mai 2023.

NOTE	DESCRIPTION	SOURCE DE L'ACCUMULATION OU CAUSE L'ÉROSION (PROBABLE)
1a et 1b	Élargissement du chenal d'écoulement à l'embouchure de la Belle Rivière et érosion nette de -800 tonnes (accumulation de +3 000 tonnes de sédiments et érosion de -3 800 tonnes sur la flèche Saint-Gédéon-sur-le-Lac	Érosion fluviale et « nettoyage » du chenal d'écoulement lors de la crue printanière de la Belle Rivière. Remodelage de la flèche par l'action des vagues lors de la montée des eaux dans le lac Saint-Jean
2	Érosion de -700 tonnes de sédiments au bout de la langue de sable reliant l'épi 9 à l'embouchure de la Belle Rivière	Érosion fluviale dans le chenal d'écoulement
3	Approfondissement du chenal d'écoulement de la Belle Rivière, et érosion de près de -31 500 tonnes de sédiments sur la rive gauche du cours d'eau	Érosion fluviale dans le chenal d'écoulement est probablement le mécanisme dominant. L'action des vagues pourrait toutefois aussi avoir contribué à la régression observée
4	Accumulation d'environ +7 000 tonnes de sédiments sur la rive droite du cours d'eau	Dérive des matériaux érodés dans le chenal d'écoulement (voir note 3)
5	Accumulation d'environ +11 000 tonnes de sédiments dans les parties plus profondes du chenal d'écoulement, à la sortie de la Belle Rivière	Dérive des matériaux érodés dans le chenal d'écoulement (voir note 3)
6	Érosion de -19 000 tonnes de sédiments à la sortie du chenal d'écoulement de la Belle Rivière	Érosion fluviale lors de la crue printanière de la Belle Rivière
7	Migration des barres infralittorales au nord-est de l'épi 9 et accumulation nette de +5 600 tonnes de sédiments	Érosion par les vagues et les courants littoraux, combinée à l'absence d'apports sédimentaires, bloqués par l'épi 9
8	Érosion de -3 000 tonnes de sédiments sur la langue de sable reliant l'épi 9 et l'embouchure de la Belle Rivière	Érosion par les vagues, combinée à l'absence d'apports sédimentaires, bloqués par l'épi 9
9	Accumulation de +2 200 tonnes de sédiments sur la plaine sablonneuse au nord-est de l'épi 9	Dérive des matériaux érodés dans la zone adjacente au large (voir note 8)

Le bilan sédimentaire net de la zone située devant l'embouchure de la Belle Rivière (zone A) est évalué à environ -16 700 tonnes (érosion).

5.2.11.2 PÉRIODE: MAI 2023 À JUIN 2023

Les éléments notables concernant l'évolution du fond marin entre mai 2023 et juin 2023, et identifiés sur la carte 5.6, sont consignés au Tableau 5.9.

Tableau 5.9 Éléments notables du bilan sédimentaire au site 93.02.02 pour la période mai 2023 à juin 2023.

NOTE	DESCRIPTION	SOURCE DE L'ACCUMULATION OU CAUSE L'ÉROSION (PROBABLE)
10	Accumulation nette de +1 400 tonnes sur la flèche de sable de Saint-Gédéon-sur-le-Lac	Remodelage de la flèche par l'action des vagues et dérive des matériaux érodés sur la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac
11	Érosion de -400 tonnes sur l'extrémité gauche (partie inférieure) du chenal (secteur Métabetchouan-Lac-à-la-Croix)	Érosion par les vagues, combinée à l'absence d'apports sédimentaires, bloqués par l'épi 9
12	Accumulation de +700 tonnes dans l'extrémité de zones profondes en rive gauche du chenal d'écoulement de la Belle Rivière	Dérive de sédiments érodés plus en haut du chenal
13	Érosion de -1 300 tonnes sur la partie supérieure de langue de sable à l'extrémité droite de l'épi 9 (secteur Métabetchouan-Lac-à-la-Croix)	Érosion par les vagues, combinée à l'absence d'apports sédimentaires, bloqués par l'épi 9
14	Accumulation de +800 tonnes au fond du chenal d'écoulement à la sortie de la Belle Rivière	Dérive de sédiments en provenance de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix, qui contournent l'épi 9, ainsi que du secteur de Saint-Gédéon et franchissant la crête de la digue submergée

Le bilan sédimentaire net de la zone d'analyse est évalué à environ -1 300 tonnes (érosion).

5.2.11.3 PÉRIODE: JUIN 2023 À AOÛT 2023

Les éléments notables concernant l'évolution du fond marin entre juin 2023 et août 2023, et identifiés sur la Carte 7, sont consignés au Tableau 5.10.

Tableau 5.10 Éléments notables du bilan sédimentaire au site 93.02.02 pour la période juin 2023 à août 2023.

NOTE	DESCRIPTION	SOURCE DE L'ACCUMULATION OU CAUSE L'ÉROSION (PROBABLE)
15 et 16	Accumulation de +2 400 tonnes et érosion de -400 tonnes sur la flèche de sable pour un bilan total net de +2 000 tonnes	Remodelage de la flèche par l'action des vagues et dérive des matériaux érodés sur la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac
17	Accumulation de +1 200 tonnes à l'extrémité de l'embouchure de la Belle Rivière (secteur Métabetchouan-Lac-à-la-Croix)	Dérive de sédiments érodés localement au sud-ouest et en provenance du transport contournant l'épi 9
18	Érosion de -1 400 tonnes sur la rive gauche du chenal d'écoulement de la Belle Rivière	Érosion par les vagues, combinée à l'absence d'apports sédimentaires, bloqués par l'épi 9

Le bilan sédimentaire net de la zone d'analyse est évalué à environ -1 300 tonnes (érosion).

5.2.11.4 PÉRIODE: 02 AOÛT 2023 AU 29 AOÛT 2023

Les éléments notables concernant l'évolution du fond marin entre 02 août 2023 et 29 août 2023, et identifiés sur la Carte 5.8, sont consignés au Tableau 5.11.

Tableau 5.11 Éléments notables du bilan sédimentaire au site 93.02.02 pour la période du 02 août 2023 au 29 août 2023.

NOTE	DESCRIPTION	SOURCE DE L'ACCUMULATION OU CAUSE L'ÉROSION (PROBABLE)
19	Accumulation nette de +1 200 tonnes sur la flèche de sable de Saint-Gédéon-sur-le-Lac	Remodelage de la flèche par l'action des vagues et dérive des matériaux érodés sur la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac
20	Érosion de -300 tonnes en périphérie du chenal à gauche de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac	Érosion des sédiments par les vagues et leurs dépôts dans le secteur adjacent
21	Accumulation de +1 300 tonnes dans les zones profondes en rive gauche du chenal d'écoulement de la Belle Rivière	Dérive de sédiments en provenance de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix, qui contournent l'épi 9, et glissement des matériaux sur la partie supérieure du profil (voir note 28a) dû à un adoucissement local du talus (équilibre géotechnique)
22	Érosion de -900 tonnes (28a) sur la partie supérieure de langue de sable reliant l'épi 9 et l'embouchure de la Belle Rivière (secteur Métabetchouan-Lac-à-la-Croix)	Érosion par les vagues, combinée à l'absence d'apports sédimentaires, bloqués par l'épi 9
23	Accumulation de +400 tonnes au fond du chenal d'écoulement à la sortie de la Belle Rivière	Dérive de sédiments en provenance de l'érosion locale au sud-ouest (voir note 30), ainsi qu'au nord-est (franchissant la crête de la digue submergée)
24	Accumulation de +500 tonnes à l'extrémité de la langue de sable	Dérive de sédiments érodés localement au sud-ouest et en provenance du transport contournant l'épi 9

Le bilan sédimentaire net de la zone d'analyse est évalué à environ +7 100 tonnes (accumulation).

5.2.11.5 PÉRIODE: 29 AOÛT 2023 À NOVEMBRE 2023

Les éléments notables concernant l'évolution du fond marin entre 29 août 2023 et novembre 2023, et identifiés sur la Carte 5.9, sont consignés au Tableau 5.12.

Tableau 5.12 Éléments notables du bilan sédimentaire au site 93.02.02 pour la période 29 août 2023 à novembre 2023.

NOTE	DESCRIPTION	SOURCE DE L'ACCUMULATION OU CAUSE L'ÉROSION (PROBABLE)
25	Accumulation de +2 000 tonnes et érosion de -800 tonnes sur la flèche de sable de Saint-Gédéon-sur-le-Lac (+1 200 tonnes nettes)	Migration des sédiments sous l'effet des vagues
26	Accumulation de +3 500 tonnes dans le chenal d'écoulement et son extrémité dans la section la plus étroite à l'embouchure de la Belle-Rivière, en prolongement avec la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac	Dérive de la flèche de sable, et de sédiments érodés localement dans les zones adjacentes (25 et 28) et ceux transportés par le canal d'écoulement
27	Érosion nette de -1 200 tonnes sur la rive gauche du chenal d'écoulement de la Belle Rivière	Érosion fluviale du chenal d'écoulement lors des crues automnales de la Belle Rivière
28	Accumulation de +900 tonnes dans les zones profondes au niveau de la rive sud du chenal de la Belle Rivière (secteur Métabetchouan-Lac-à-la-Croix)	Dérive de sédiments érodés localement au sud-ouest et en provenance du transport contournant l'épi 9
29	Accumulation de +3 700 tonnes dans les zones profondes en rive droite du chenal d'écoulement de la Belle Rivière	Dérive de matériaux en provenance de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac

Le bilan sédimentaire net de la zone d'analyse est évalué à environ +10 400 tonnes (accumulation).

5.2.11.6 PÉRIODE NOVEMBRE 2022 À NOVEMBRE 2023

La Carte 5.10 présente le bilan combiné des éléments identifiés aux sections précédentes. Les éléments notables sont consignés au Tableau 5.13.

Tableau 5.13 Éléments notables du bilan sédimentaire au site 93.02.02 pour la période novembre 2022 à novembre 2023.

NOTE	DESCRIPTION	SOURCE DE L'ACCUMULATION OU CAUSE L'ÉROSION (PROBABLE)
30a et 31	Accrétion nette de + 5 000 tonnes sur la flèche de sable de Saint-Gédéon-sur-le-Lac (érosion de -4 600 tonnes et accrétion de +9 600 tonnes)	Dérive de la flèche de sable vers le chenal d'écoulement
30b	Accumulation de +5 700 tonnes au niveau de l'extrémité du chenal dans la section la plus étroite de la Belle Rivière située du côté de Saint-Gédéon-sur-le-Lac	Dérive des matériaux érodés par le « nettoyage » du chenal lors de la crue printanière de la Belle Rivière et dérive de matériaux en provenance de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac
32	Accumulation nette de +19 200 tonnes dans les zones profondes en rive droite de l'embouchure de la Belle Rivière	Dérive des matériaux érodés par le « nettoyage » du chenal lors de la crue printanière de la Belle Rivière et dérive de matériaux en provenance de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac
33	Érosion nette de -28 800 tonnes sur la rive gauche de la Belle Rivière (secteur Métabetchouan-Lac-à-la-Croix)	Érosion fluviale du chenal d'écoulement lors de la crue printanière de la Belle Rivière et érosion par les vagues de la partie supérieure de langue de sable reliant l'épi 9 et l'embouchure de la Belle Rivière
34	Érosion de -9 200 tonnes de la première barre littorale formant la langue de sable reliant l'épi 9 et l'embouchure de la Belle Rivière	Érosion par les vagues, combinée à l'absence d'apports sédimentaires, bloqués par l'épi 9

35	Érosion nette de -200 tonnes à l'extrémité de l'épi 9 (secteur Métabetchouan-Lac-à-la-Croix)	Érosion par les vagues faible à l'extrémité de l'épi 9
36	Migration vers le nord-est du canal de sortie de la Belle Rivière et érosion de -19 500 tonnes. Le canal longe l'extrémité la digue submergée sur près de 130 m	Érosion fluviale du chenal d'écoulement lors de la crue printanière de la Belle Rivière
37	Érosion -12 300 tonnes sur le haut de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac (entre la digue submergée et l'épi 2)	Érosion par les vagues, combiné à un déficit d'apports en provenance des portions centre et nord-est de la plage
38	Accumulation nette de +10 200 tonnes au pied de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac	Apports en provenance de la zone plus au large, dans la zone de remblayage du chenal d'écoulement de la Belle Rivière

Le bilan sédimentaire net de la zone située devant l'embouchure de la Belle-Rivière (zone A) est évalué à environ -3 300 tonnes (érosion), alors que celui de la zone située devant la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac (zone B) est de -9 800 tonnes (érosion).

5.2.11.7 PÉRIODE MARS 2019 À NOVEMBRE 2023

La période entre mars 2019 et novembre 2023 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 éléments notables concernant l'évolution du fond marin, et identifiés sur la Carte 5.11, sont consignés au Tableau 5.14.

Tableau 5.14 Éléments notables du bilan sédimentaire au site 93.02.02 pour la période mars 2019 à novembre 2023.

NOTE	DESCRIPTION	SOURCE DE L'ACCUMULATION OU CAUSE L'ÉROSION (PROBABLE)
39	Accumulation de +7 300 tonnes ¹ sur la flèche de sable située à l'embouchure de la Belle Rivière, du côté de Saint-Gédéon-sur-le-Lac	Dérive des matériaux érodés sur la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac
40	Accumulation de +50 900 tonnes dans les zones profondes en rive droite de l'embouchure de la Belle Rivière	Dérive des matériaux érodés par le « nettoyage » du chenal lors de la crue printanière de la Belle Rivière et dérive de matériaux en provenance de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac
41	Migration vers le nord-est du canal de sortie de la Belle Rivière et Érosion de -25 900 tonnes au fond du chenal d'écoulement de la Belle Rivière. Le canal longe l'extrémité la digue submergée sur près de 130 m	Érosion fluviale provoquée par l'écoulement de la Belle Rivière, principalement lors des crues printanières
42	Accumulation de +15 400 tonnes sur la rive gauche du chenal d'écoulement à la sortie de la Belle Rivière, précisément à l'endroit du chenal excavé	Dérive de sédiments en provenance de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix, qui contournent l'épi 9
43	Érosion nette de -5 000 tonnes à l'extrémité de l'épi 9	Érosion par les vagues et dérive des matériaux vers les zones profondes du chenal d'écoulement de la Belle Rivière
44	Érosion de -13 600 tonnes dans les zones profondes en rive gauche du chenal d'écoulement de la Belle Rivière	Érosion par les vagues et dérive des matériaux vers les zones profondes du chenal d'écoulement de la Belle Rivière
45	Migration des barres infralittorales à l'extrémité de l'épi 9. Accumulation nette de +1 500 tonnes	Dérive de sédiments en provenance de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix, qui contournent l'épi 9

46	Érosion -20 200 tonnes sur le haut de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac	Érosion par les vagues combinée à un déficit d'apports sédimentaires
47	Accumulation nette de +47 000 tonnes au pied de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac	Apports en provenance de la zone plus au large, dans la zone de remblayage de l'ancien chenal d'écoulement de la Belle Rivière

1 Bilan sédimentaire partiel sur la flèche de sable, en raison d'une couverture limitée des relevés de mars 2019.

2 Bilan sédimentaire partiel sur le haut de la plage, en raison d'une couverture limitée des relevés de mars 2019.

Le bilan sédimentaire net de la zone située devant l'embouchure de la Belle-Rivière (zone A) est évalué à +89 200 tonnes (accumulation), alors que celui de la zone située devant la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac (zone B) est de +104 600 tonnes (accumulation).

5.2.12 ÉVOLUTION DE SECTEURS NÉVRALGIQUES DU CHENAL DE NAVIGATION À L'EMBOUCHURE DE LA BELLE RIVIÈRE

5.2.12.1 ZONE D'ENSABLEMENT

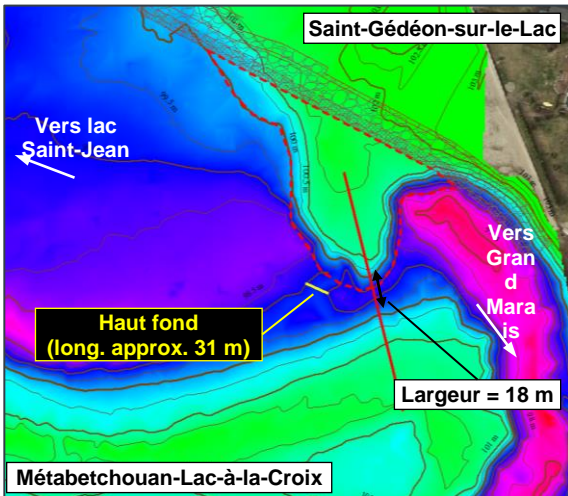
La Figure 5.1 présente l'évolution du chenal d'écoulement de la Belle Rivière dans le secteur de la flèche de sable de Saint-Gédéon-sur-le-Lac, entre novembre 2020 et novembre 2023. Les images illustrent par ailleurs l'emplacement de la section transversale considérée pour évaluer la largeur du chenal (trait rouge), ainsi que la longueur approximative du « haut fond » (trait jaune). La Figure 5.2 illustre l'évolution de la flèche de sable de Saint-Gédéon-sur-le-Lac ainsi que le contour à l'élévation 100,5 m du côté de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix pour la même période. Enfin, la Figure 5.3 présente une comparaison des sections transversales observées à chaque relevé. Les Tableau 5.15 et Tableau 5.16 consignent quant à eux l'évolution de la superficie de la flèche de sable et les principales caractéristiques du chenal d'écoulement, respectivement.

Les panneaux « c » et « d » de la Figure 5.1 illustrent bien le « nettoyage » du chenal d'écoulement effectué par la crue printanière de la Belle Rivière entre novembre 2022 et mai 2023. Le chenal s'est élargi à 24 m et le haut fond s'est pratiquement effacé en aval de la flèche. L'érosion de la rive du côté de Métabetchouan a progressé de 6 m en moyenne à l'élévation 100,5 m. Entre novembre 2021 et mai 2022, cette érosion avait alors été de 35 m en réponse à la crue printanière. Entre novembre 2020 et juin 2021, le recul était alors de 11 m. L'érosion de la langue de sable suivant la crue printanière de 2023 a donc été nettement moins sévère que lors des années précédentes.

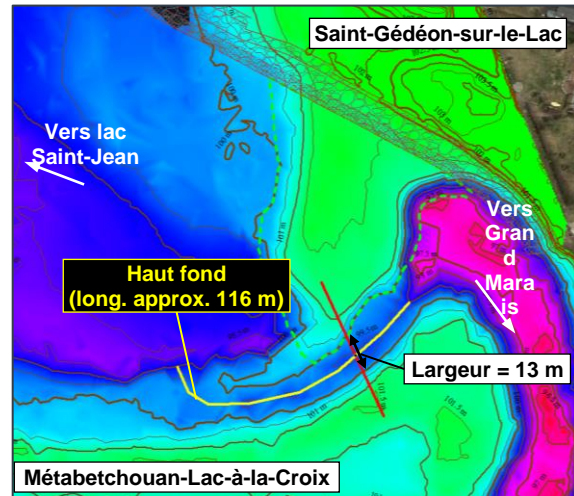
Entre mai et juin 2023, la largeur du chenal à l'élévation 100,0 m dans sa section la plus étroite a subi un rétrécissement de 1 m, passant de 24 à 23 m de largeur. L'élévation maximale au point le plus étroit du chenal s'est toutefois abaissée de 0,2 m, passant de 98,6 m en mai 2023 à 98,4 m en juin 2023.

Pendant les périodes estivales (panneaux « d », « e » et « f »), la position du chenal d'écoulement est demeurée plutôt stable. Un rétrécissement total de la largeur du chenal est marqué de 4 m (du mois de juin au 29 août) à l'élévation 100,0 m dans sa section la plus étroite.

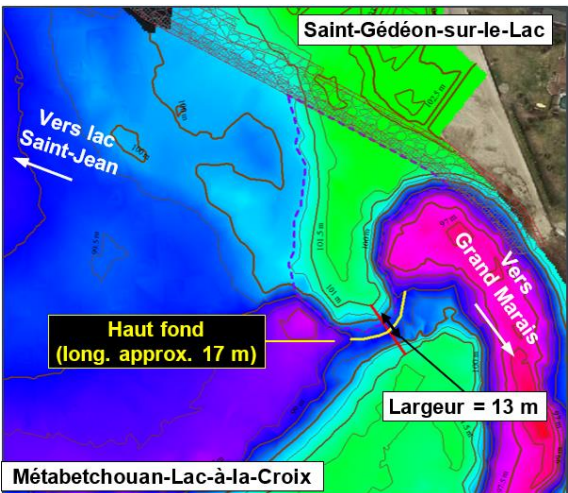
Les périodes du 29 août 2023 et novembre 2023 (panneaux « g » et « h »), indiquent un rétrécissement de la largeur du chenal de 6 m, dans sa section la plus étroite à l'élévation 100 m, passant de 19 m à la fin août à 13 m en novembre. Finalement, il peut être observé que la flèche de sable a subi une migration vers l'est (vers le Grand Marais), en réponse à l'action des vagues en provenance du Lac Saint-Jean.



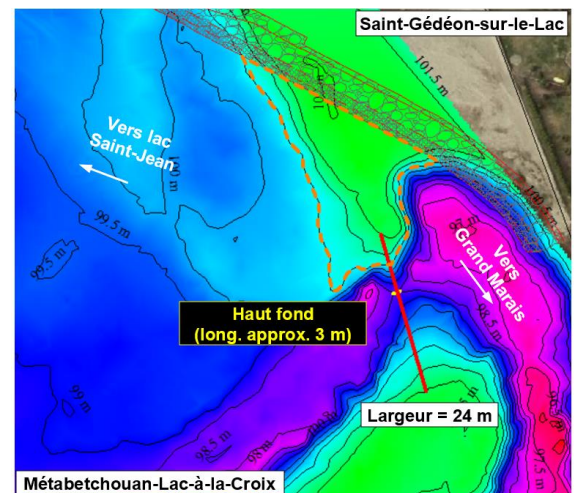
(a) 4 novembre 2020



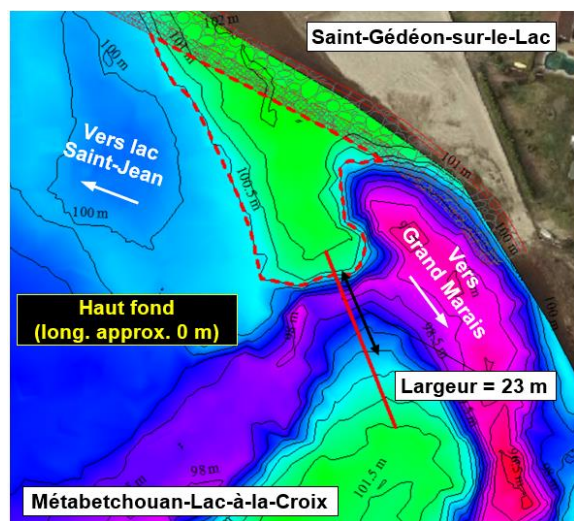
(b) 10 novembre 2021



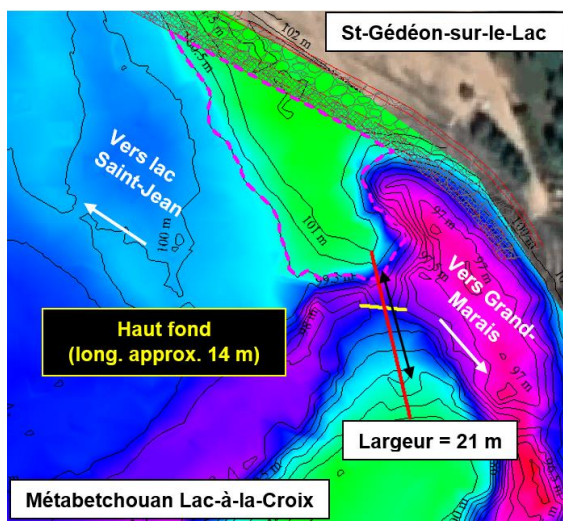
(c) 1 novembre 2022



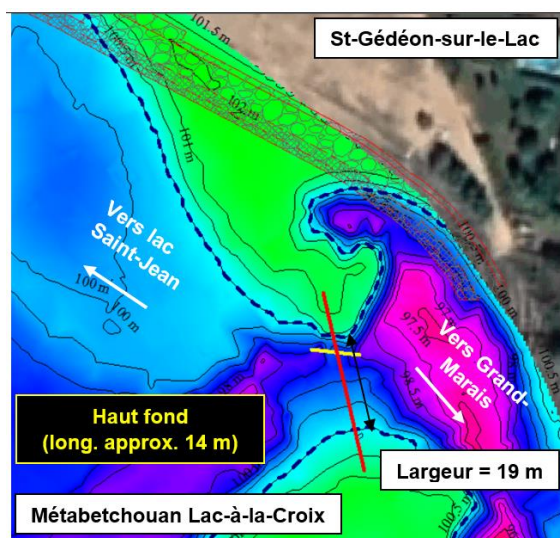
(d) 20 mai 2023



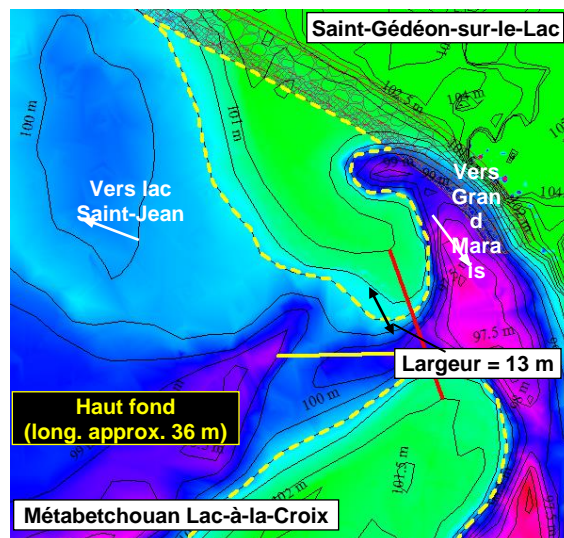
(e) 22 juin 2023



(f) 2 août 2023



(g) 29 août 2023



(h) novembre 2023

Figure 5.1 Évolution du chenal d'écoulement de la Belle Rivière dans le secteur de la flèche de sable entre novembre 2020 et novembre 2023.

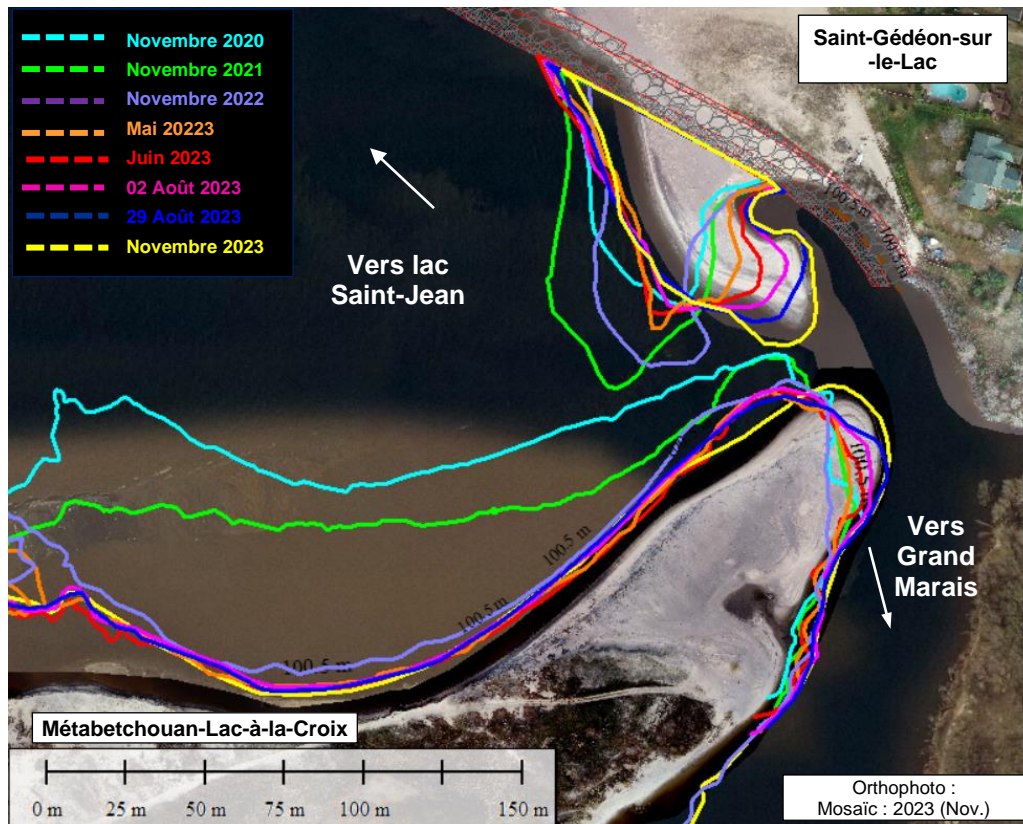


Figure 5.2 Évolution de la flèche de sable (secteur Saint-Gédéon-sur-le-Lac) et de la ligne de rivage (secteur Métabetchouan-Lac-à-la-Croix) à l'embouchure de la Belle Rivière, pour la période de novembre 2020 à novembre 2023.

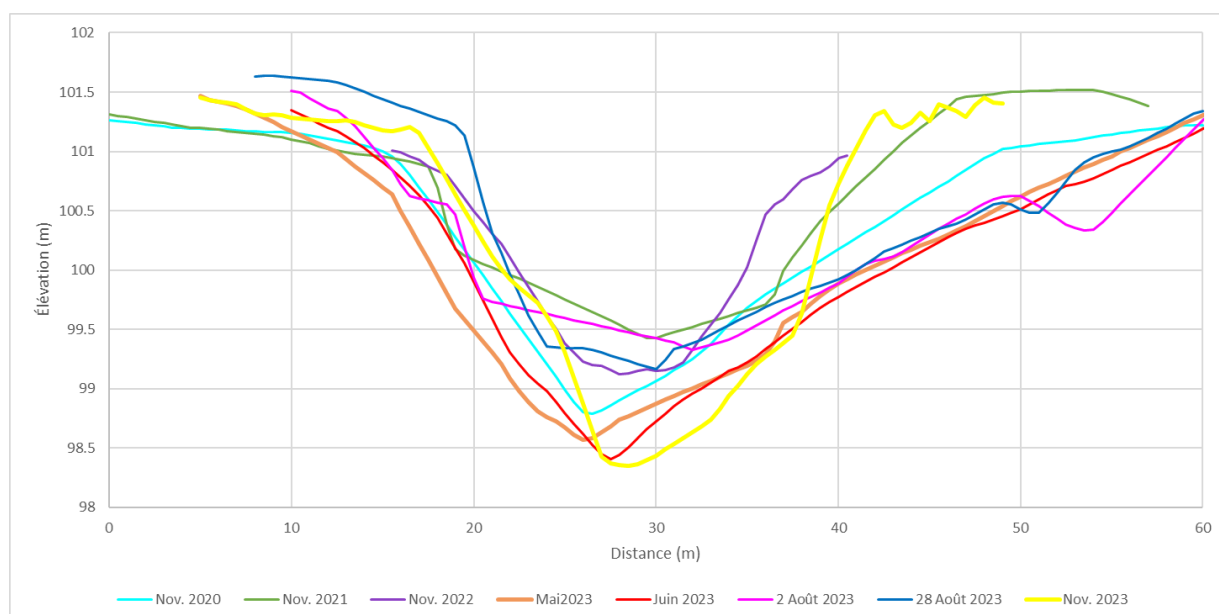


Figure 5.3 Comparaison des sections transversales du chenal d'écoulement dans le secteur de la flèche de sable (période novembre 2020 à novembre 2023).

Tableau 5.15 Variation de la superficie de la flèche de sable.

PÉRIODE	SUPERFICIE DE LA FLÈCHE DE SABLE (m²)	VARIATION PAR RAPPORT À NOV. 2020	VARIATION PAR RAPPORT À NOV. 2021
15 novembre 2017	2 080	-38 %	-59 %
6 novembre 2018	1 690	-49 %	-67 %
13 juin 2019	2 490	-25 %	-51 %
5 novembre 2019	2 170	-35 %	-57 %
4 novembre 2020	3 340	n/a	-35 %
24 juin 2021	4 000	+20 %	-22 %
4 août 2021	4 210	+26 %	-17 %
2 septembre 2021	4 480	+34 %	-12 %
10 novembre 2021	5 100	+53 %	n/a
26 mai 2022	4 160	+25 %	-18 %
8 août 2022	3 030	-9 %	-41 %
19 septembre 2022	3 340	0 %	-35 %
1 ^{er} novembre 2022	3 360	+1 %	-34 %
Mai 2023	3 000	-10 %	-42 %
Juin 2023	3 100	-7%	-39 %
02 août 2023	3 100	-7 %	-39 %
29 août 2023	3 200	-4 %	-37 %
02 novembre 2023	3 600	+8 %	-29%

Tableau 5.16 Caractéristiques du chenal d'écoulement dans le secteur de la flèche de sable.

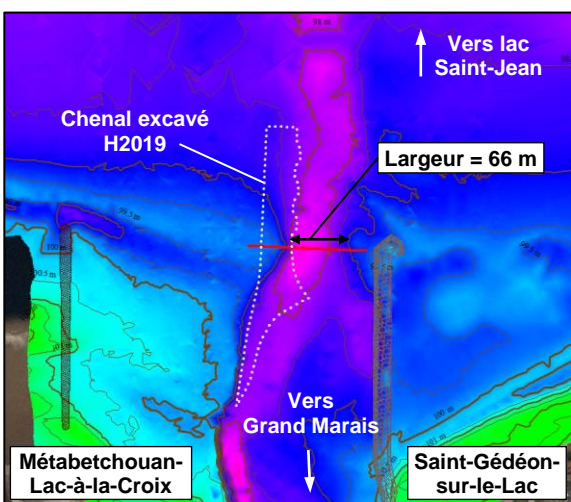
PÉRIODE	LONGUEUR DU HAUT FOND (m)	ÉLÉVATION MAXIMALE DU HAUT FOND (m)	LARGEUR DU CHENAL D'ÉCOULEMENT À L'ÉLÉVATION 100,0 m (m)
4 novembre 2020	10	99,3	18
10 novembre 2021	116	99,9	13
1 ^{er} novembre 2022	34	99,4	13
19 Mai 2023	3	98.6	24
22 Juin 2023	-	98.4	23
2 Août 2023	14	99.5	21
29 Août 2023	14	99.5	19
Novembre 2023	36	99.6	15

5.2.12.2 CANAL DE SORTIE VERS LE LAC SAINT-JEAN

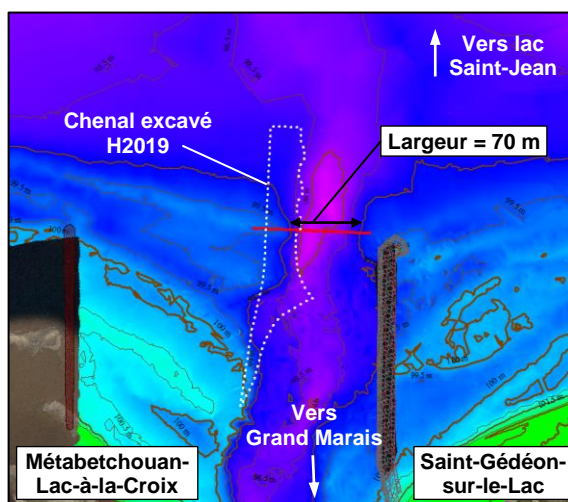
La Figure 5.4 présente l'évolution du chenal d'écoulement à la sortie de la Belle Rivière, où elle rejoint le lac Saint-Jean, entre novembre 2020 et novembre 2023. La Figure 5.5 illustre quant à elle la position du chenal d'écoulement, délimitée par l'isocontour à l'élévation 99,0 m, aux différents moments relevés. Enfin, la présente une comparaison des sections transversales dans la section à plus étroite du chenal. La position où sont extraits les profils est illustrée par un trait rouge sur chaque panneau de la Figure 5.4. Le Tableau 5.17 consigne pour sa part les principales caractéristiques du chenal.

Les panneaux « d » et « e » de la Figure 5.4 illustrent bien la migration du canal de sortie subi lors de la crue printanière de la Belle Rivière en 2023. Le chenal d'écoulement a été déporté davantage vers la digue submergée. Contrairement à la situation de 2022 où un risque d'affouillement de la digue avait été soulevé, le canal s'est légèrement remblayé en 2023 à proximité de la digue pour atteindre des profondeurs avoisinant 98,5 m. Une inspection visuelle de l'ouvrage est malgré tout recommandée lors de la prochaine crue printanière afin de surveiller l'apparition possible de déformations dans la matrice de pierres.

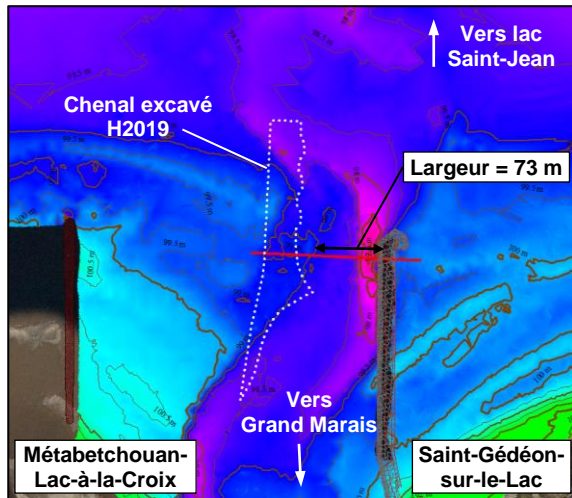
Pendant la période estivale (panneaux « e » et « f »), la position du chenal d'écoulement est demeurée plutôt stable. Quelques accumulations ont toutefois été observées dans les zones les plus profondes du canal et la migration des barres infralittorales au sud-ouest a fait varier sa largeur. En date de novembre 2023, le canal de sortie se trouvait dans un état plus étroit que ceux observés en novembre 2022 et 2021. Le chenal excavé lors des travaux de l'hiver 2019 se trouvait quant à lui complètement enseveli sous la dérive de matériaux en provenance de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix.



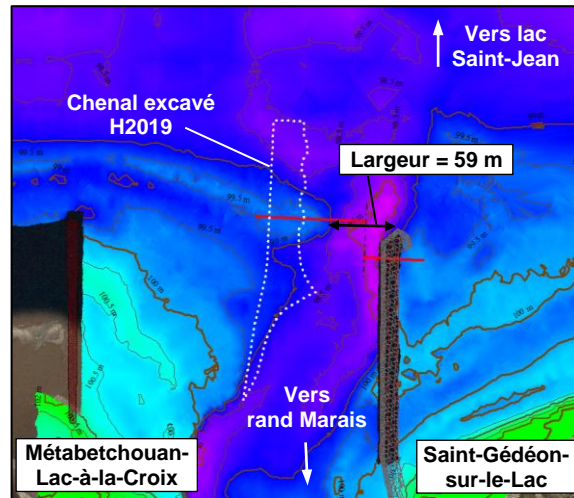
(a) 4 novembre 2020



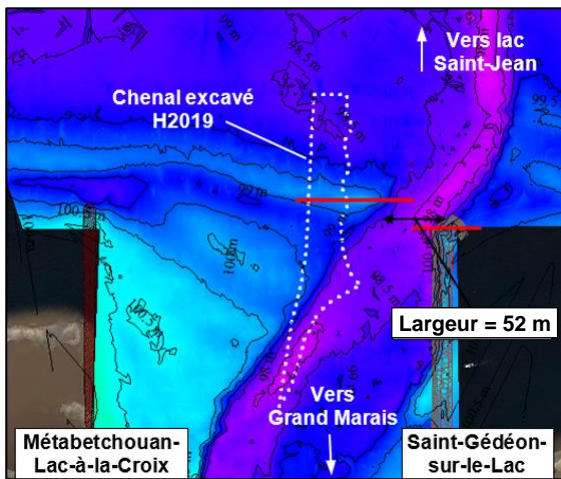
(b) 10 novembre 2021



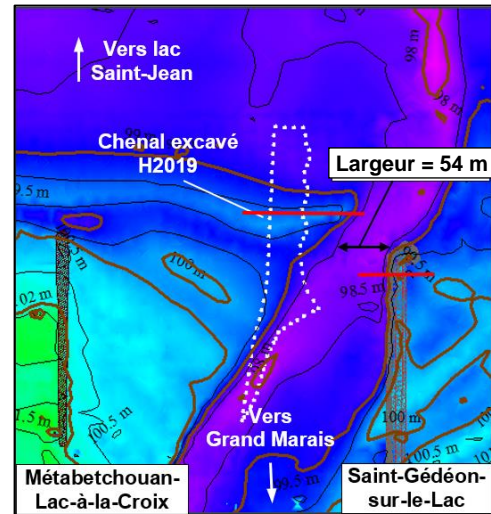
(c) 26 mai 2022



(d) 1 novembre 2022



(e) 20 mai 2023



(f) 2 novembre 2023

Figure 5.4 Évolution du chenal d'écoulement à la sortie de la Belle Rivière entre novembre 2020 et novembre 2023.

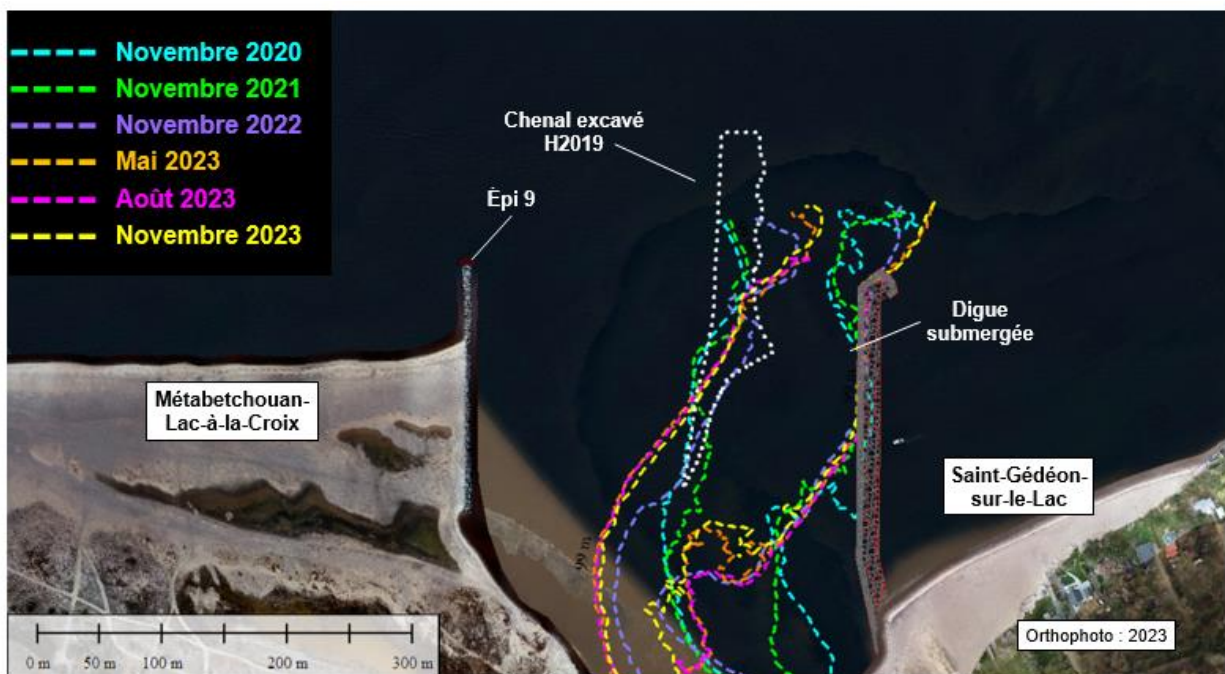


Figure 5.5 Position du chenal d'écoulement à la sortie de la Belle Rivière entre novembre 2020 et novembre 2023.

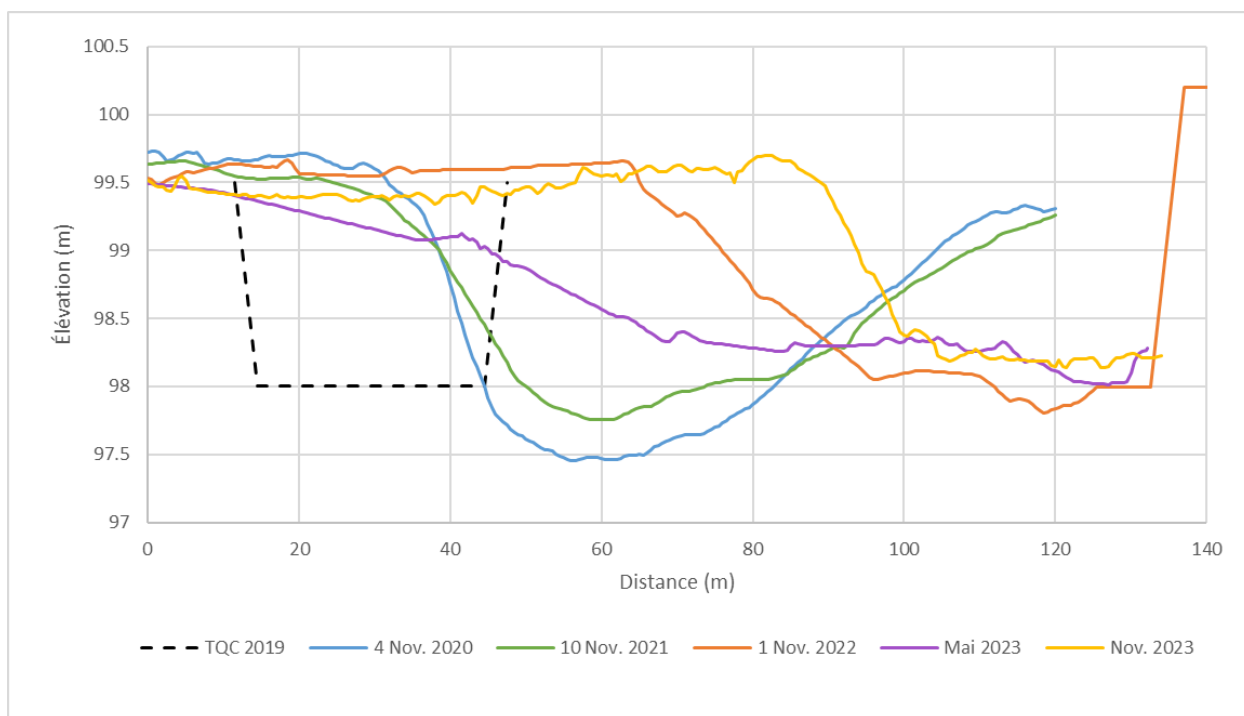


Figure 5.6 Comparaison des sections transversales du chenal d'écoulement à la sortie de la Belle Rivière (période novembre 2020 à novembre 2023).

Tableau 5.17 Caractéristiques du chenal d'écoulement à la sortie de la Belle Rivière.

PÉRIODE	ÉLÉVATION MINIMUM DU FOND (m)	LARGEUR DU CHENAL D'ÉCOULEMENT (m)	
		À L'ÉLÉVATION 98,0 m	À L'ÉLÉVATION 99,0 m
Chenal excavé H2019	98,0	30	34
4 novembre 2020	97,5	39	66
10 novembre 2021	97,8	36	70
26 mai 2022	96,9	22	73
8 août 2022	97,1	22	100
19 septembre 2022	97,8	19	89
1 ^{er} novembre 2022	97,8	20	59
19 mai 2023	97,7	15	52
22 juin 2023	97,8	11	63
2 août 2023	97,8	14	60
29 août 2023	97,9	11	65
2 novembre 2023	98,2	n/a	54

5.2.13 ÉVOLUTION DE LA LANGUE DE SABLE RELIANT L'ÉPI 9 ET L'EMBOUCHURE DE LA BELLE RIVIÈRE

Comme constaté dans le cadre des suivis techniques précédents (WSP, 2023), la langue de sable reliant l'épi 9 à l'embouchure de la Belle Rivière s'amenuise. La Figure 5.7 indique que la régression s'est poursuivie en 2023, mais de moindre ampleur par rapport à 2022. La régression observée entre novembre 2022 et mai 2023 a atteint 6 m, en comparaison à 35 m entre novembre 2021 et mai 2022. Le recul observé en 2023 aurait également été occasionné par la migration du chenal d'écoulement de la Belle Rivière lors de la crue printanière (Figure 5.8).

L'érosion des parties centrale et ouest de la langue de sable s'est ensuite poursuivie pendant les saisons estivale et automnale en raison de l'action des vagues. Des reculs variant de -2 à -9 m ont été observés dans chacun de ces secteurs entre mai et novembre 2023. Le recul moyen entre novembre 2019 et novembre 2023 atteint maintenant -44 m (Tableau 5.18). La dérive des matériaux vers l'est (vers l'embouchure de la Belle Rivière) aurait occasionné un avancement de +20 m de la ligne de rivage dans le chenal en amont de la flèche de Saint-Gédéon-sur-le-Lac (Figure 5.7), rétrécissant ainsi le chenal à cet endroit de 45 à 25 m.

Une poursuite ininterrompue de la régression amincira progressivement la langue de sable. **L'extrémité pourrait éventuellement s'effacer ou une brèche pourrait s'y ouvrir, modifiant ainsi le tracé du chenal de navigation dans le Belle Rivière.** Le risque que cette évolution se matérialise à court terme est faible, mais la dynamique hydrosédimentaire du secteur demeure fortement conditionnée par des processus complexes et imprévisibles. Il est donc impossible de

préciser davantage l'horizon de temps sur lequel ces changements pourraient survenir. Plus en « amont », la formation conserve une largeur considérable. Même advenant un recul similaire à celui observé en 2022 (45 m), une largeur résiduelle de 46 m pourrait être maintenue sur le cordon littoral. La régression occasionnerait cependant des pertes de superficies végétalisées en crête.

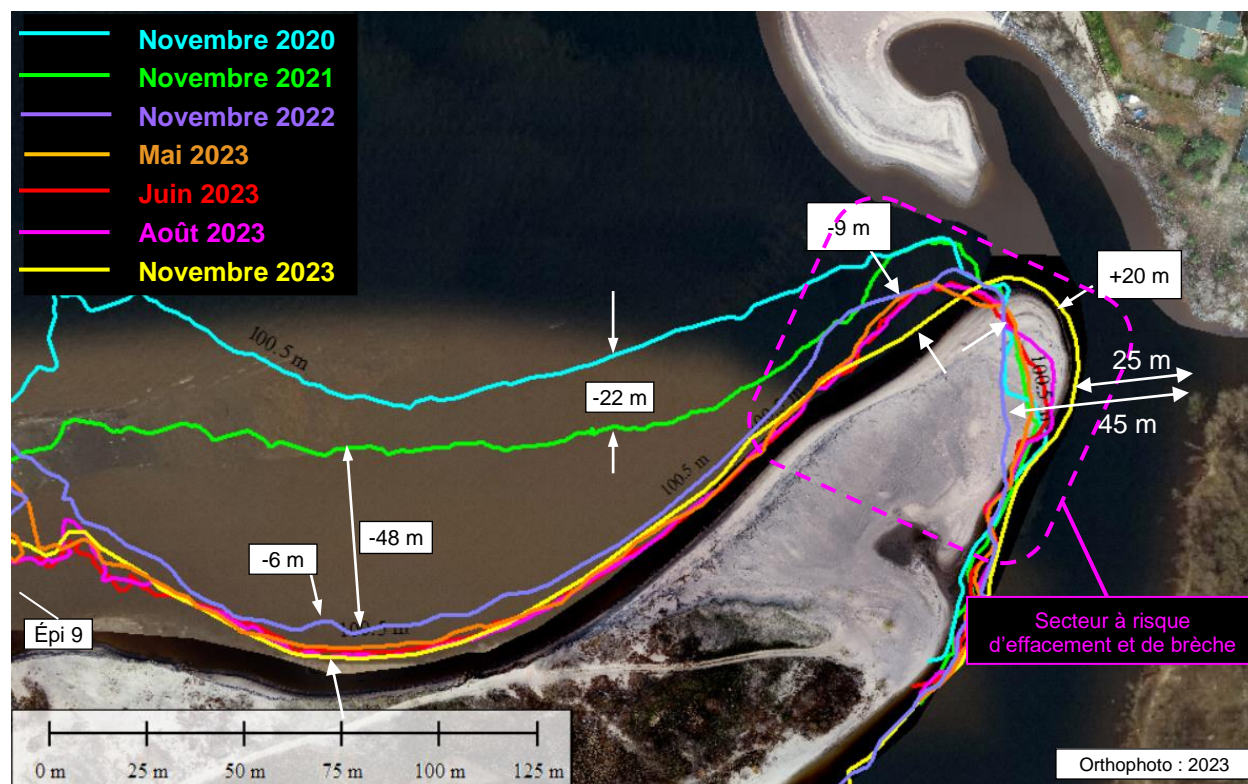


Figure 5.7 Évolution historique et projetée de la ligne de rivage sur la langue de sable reliant l'épi 9 et l'embouchure de la Belle Rivière

Tableau 5.18 Recul annuel moyen et total de la ligne de rivage sur la langue de sable reliant l'épi 9 et l'embouchure de la Belle Rivière.

PÉRIODE	RECU (m)
2019-2020	-7,7
2020-2021	-8,7
2021-2022	-22,0
2022-2023	-6,0
Total	-44,4

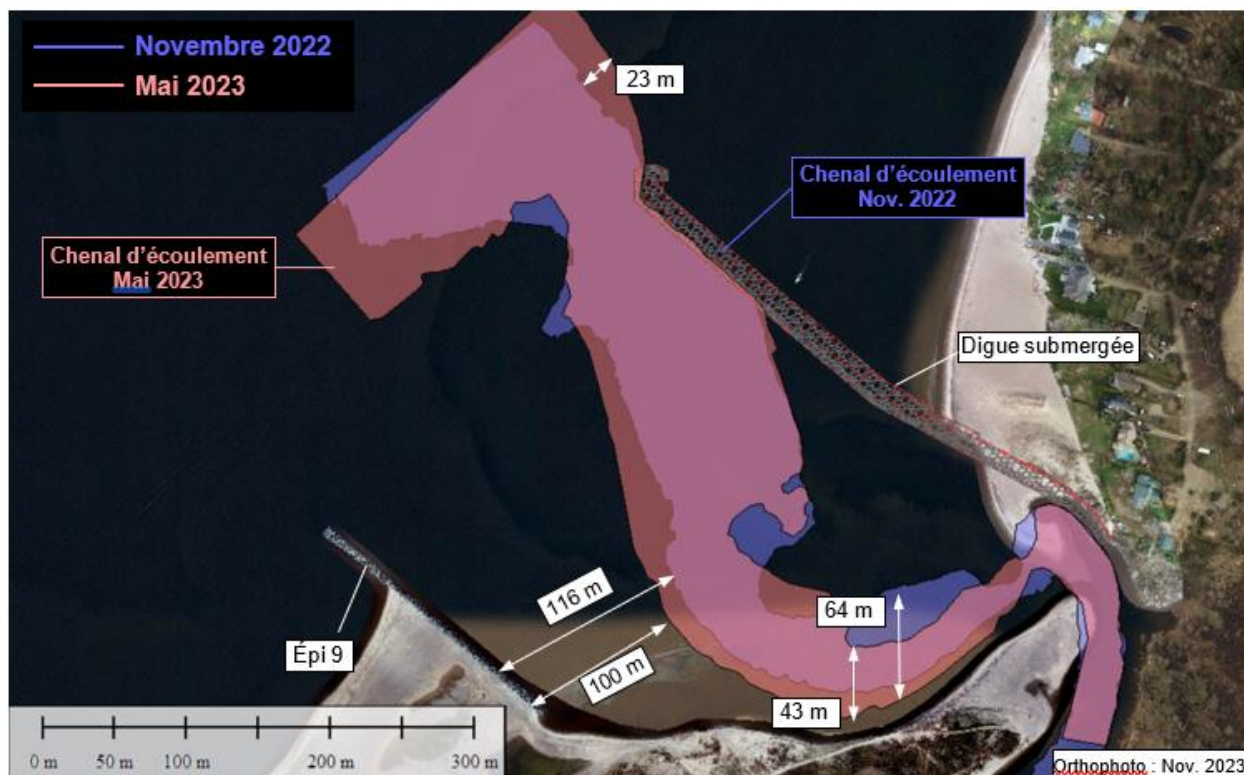


Figure 5.8 Migration du chenal d'écoulement de la Belle Rivière et régression de la ligne de rivage sur la langue de sable de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix, entre novembre 2021 et mai 2023.

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). L'annexe E présente quant à elle les largeurs de plage mesurées en 2023. Les relevés permettent de faire les constats suivants :

5.3.1 LARGEURS DE PLAGES AU SITE 94.03.01

- La largeur de la plage entre les épis 4 et 5 a reculé de 4 m en moyenne;
- La largeur de la plage entre les épis 5 et 6 a reculé de 4 m en moyenne;
- La largeur de la plage entre les épi 6/géotubes #1 et #2 a reculé entre 4 et 6 m;
- La largeur de la plage entre les géotubes #2 et #3 a reculé de 4 m en moyenne;
- La largeur la plus étroite est observée au nord-est de l'épi 6/géotube #1 et mesure 4,7 m;
- Les largeurs de plage demeurent supérieures à 8 m sur l'ensemble du secteur, à l'exception de 28 m au nord-est du géotube #1.

5.3.2 LARGEURS DE PLAGE AU SITE 2014.03.01

- Une progression de la ligne de rivage de 3 m au nord-est du géotube #3 est observée sur 165 m, puis se stabilise jusqu'à l'épi 7. (Carte 5.1);
- Entre les épis 7 et 8, la position de la ligne de rivage n'a pas évolué de façon significative.
- Au nord-est de l'épi 8, la position de la ligne de rivage est demeurée constante sur 160 m, puis a reculé de 4 à 8 m par rapport à 2022 sur une longueur de 400 m. Finalement sur les 400 m suivants, jusqu'à l'épi 9, la ligne de rivage a progressé de 5 à 9 m (Cartes 5.1 et 5.2);
- Les largeurs de plage demeurent largement supérieures à 8 m sur l'ensemble du secteur et varient entre 40 et 370 m;
- Les relevés ne couvrent pas la langue de sable reliant l'épi 9 et l'embouchure de la Belle Rivière.

5.3.3 LARGEURS DE PLAGE AU SITE 93.02.02

- Une régression de la ligne de rivage est observée dans les secteurs nord-est et sud-ouest de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac. Le recul est de -4,3 m dans la zone nord-est et varie de -4 à -12 m dans la zone sud-ouest;
- Dans le secteur central de la plage, devant le perré de support, les déplacements de la ligne de rivage sont plus modérés et varient entre un recul de -2.5 m et une progression de +1.5 m. La largeur moyenne de plage pour ce tronçon est passée de 4,6 m à 3,7 m;
- La longueur du tronçon de plage affichant une largeur inférieure à 8 m a augmenté de 176 m, pour atteindre 193 m;
- La largeur minimale de la plage atteinte est passée de 1,2 m à 2,5 m en 2023.

5.3.3.1 RISQUES RELIÉS À L'ÉROSION ANTICIPÉE

En plus du perré de support apparent le long de la plage de St-Gédéon, les plans de 2015 indiquent la présence d'un perré ayant été mis en place par mesure d'urgence à l'automne 2011 sur une longueur de 80 m (**Figure 5.9**). Les différentes opérations de rechargement réalisées au nord-est de cette section de perré ont vraisemblablement contribué à son ensablement, puisqu'il n'est pas possible de l'observer sur la plage. Cette section de perré est constituée de pierres dont le calibre semble varier entre 100 et 300 mm de diamètre et la crête de l'ouvrage a été aménagée à 102,5 m.

En 2021, la largeur de la plage au niveau de la fin du perré de support (section 2015) était de 23 m. En 2022, elle avait alors reculé de 10 m, puis de 3,5 m en 2023. En novembre 2023, la largeur de la plage devant le perré était donc de 9,5 m de largeur (Figure 5.4). La ligne de végétation 1986 se situe 5 m derrière cette limite. En fonction des reculs observés depuis 2021 et compte tenu du fait qu'un rechargement de plage ne soit pas prévu en 2024, il est possible que le perré d'urgence aménagé en 2011 redevienne exposé si un taux de recul équivalent ou supérieur à celui observé en 2022 survient.

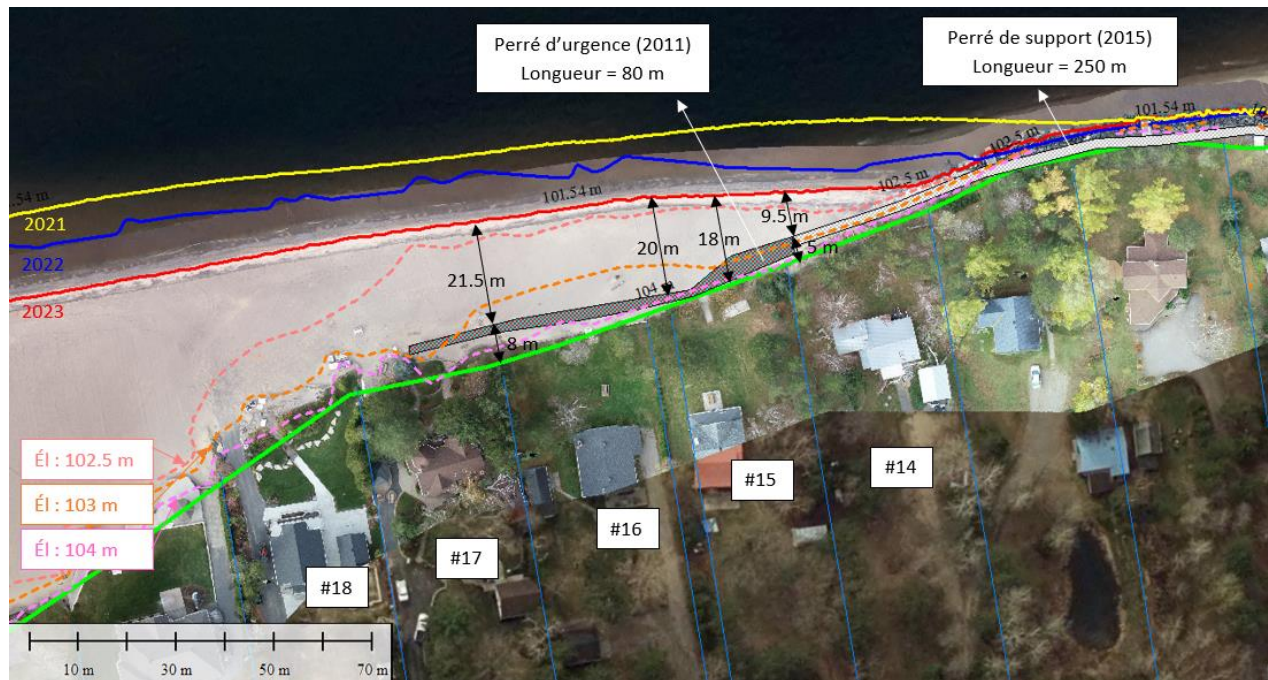


Figure 5.9 Largeurs de plage au sud-ouest du perré de support (2015), devant le perré d'urgence (2011).

Bien que le calibre et l'élévation de la crête ne soient pas suffisants pour résister à de fortes vagues jumelées à des niveaux d'eau élevés, la présence du perré d'urgence aménagé en 2011 permettrait un certain niveau de protection dans le cas où les 9,5 m de plage se verraient éroder en 2024. **Il n'est donc pas recommandé pour l'instant de réaliser des travaux de réfection du perré d'urgence, ni de prolonger le perré existant à l'hiver 2024.**

6 DISCUSSION

6.1 ÉVOLUTION ANNUELLE

6.1.1 SITE 94.03.01 (ÉPIS 5 À 7)

L'année 2023 a été caractérisée par des bilans érosifs dans la partie nord-est du site 94.03.01 (secteur 4A) et des accumulations dans la partie sud-ouest (secteur 3B). L'inspection visuelle de la zone entre les épis 5 et 6 (secteur 3B) a toutefois indiqué la présence d'encoches d'érosion sur le haut de plage entre les épis 5 et 6. L'analyse des profils a révélé qu'une érosion était bien présente entre les élévations 101 et 102 m, mais que des accumulations ont été relevées au niveau du pied de plage. Le secteur entre les épis 4 et 5 avait été fortement impacté lors des événements de niveaux d'eau extrêmes (>102,0 m), alors qu'un abaissement du haut de la plage et une érosion significative du talus derrière avaient été observés. Depuis le suivi de 2022, l'inspection visuelle a permis de constater que le talus n'avait pas subi de détérioration additionnelle.

L'érosion observée entre l'épi 6/géotube #1 à géotube #3 (secteur 4A) s'évaluait à -6 400 tonnes de sédiments depuis le dernier suivi et s'est traduit en un recul de la ligne de rivage variant entre 4 et 6 m. Cette érosion entre l'épi 6/géotube #1 et le géotube #3 est attribuable à la rupture du géotube #2 au printemps 2023, ce qui a empêché le maintien des matériaux dans le secteur. De plus, les analyses révèlent que la zone d'accumulation située au sud-ouest de l'épi 7 a atteint un état d'équilibre, puisque des 6 400 tonnes érodées dans le secteur 4A, seulement 1 700 tonnes ont été captées par l'épi 7, soit 25%. Dans ce contexte, il est peu probable que l'influence de l'ouvrage continue à s'étendre vers le sud-ouest et à réduire davantage les taux d'érosion dans la région des épis en géotubes.

Dans ce contexte, il est recommandé de procéder au remplacement complet des géotubes par un autre type d'intervention puisque ces derniers semblent avoir atteint leur durée de vie utile. L'impact de la rupture du géotube #2 démontre l'importance d'intervenir dans le secteur. Des travaux sont prévus en ce sens lors de la programmation des travaux A24-H25.

6.1.2 SITE 2014.03.01 (ÉPIS 7 À 9)

Dans son ensemble, une accumulation nette de +18 000 tonnes a été observée entre les épis 7 et 9, en 2023, ce qui correspond plus ou moins au volume accumulé l'année dernière. Les matériaux proviendraient du transit naturel de sédiments qui dérivent le long du banc de sable de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix et qui se déposent dans la zone de plage sous l'effet des vagues. De façon générale, le haut de la plage au-dessus de l'élévation 101,0 m a peu changé, alors que le pied de la plage a vu une migration et un remodelage des barres infralittorales.

Le secteur entre les épis 7 et 8 a été caractérisé par une accrétion marquée par le taux d'accumulation le plus élevé depuis 2017, bien que la ligne de rivage n'ait pas progressé significativement dans cette zone. L'analyse des profils a démontré que les accumulations étaient surtout présentes au niveau du pied de la plage.

Entre les épis 8 et 9, le taux d'accumulation a été deux fois plus élevé que celui de 2022. Tel que mentionné à la section précédente, seule une fraction du volume érodé entre les géotubes #1 et #3 a été captée par l'épi 7 selon l'analyse des bilans sédimentaires, ce qui porte à croire que le volume excédentaire aurait migré dans les secteurs adjacents, notamment entre les épis 8 et 9, là où une régression de la plage était initialement anticipée. Ces constats indiquent une réponse positive aux interventions entreprises, soulignant l'efficacité des ouvrages pour stabiliser la plage et prévenir l'érosion anticipée.

Au nord-est de l'épi 9, les taux de transport indiquent une tendance à l'accumulation, alors qu'historiquement, des taux élevés d'érosion étaient relevés. L'analyse des profils transversaux indique pour ce secteur, qu'une érosion importante est d'abord présente (migration du chenal d'écoulement), puis une zone d'accumulation est présente sur 200 m. L'évolution du littoral dans ce secteur est cependant mieux décrite par l'analyse des bilans sédimentaires bidimensionnels discutée à la section suivante du rapport (site 93.02.02).

6.1.3 SITE 93.02.02

Les phénomènes observés dans l'embouchure de la Belle Rivière suivant la crue printanière de 2023 sont en continuité avec ceux relevés en 2022. La crue de 2023 a cependant été relativement faible (récurrence en deçà de 2 ans), en comparaison à celle de 2023 (récurrence 15 ans). Les changements morphologiques constatés à l'embouchure sont donc similaires, mais de moindre envergure à ceux observés en 2022. Ceux-ci incluent :

- Nettoyage du chenal situé au droit de la flèche de sable de Saint-Gédéon-sur-le-Lac : Le chenal d'écoulement s'est élargi de 11 m et le fond s'est abaissé de 0,5 m, passant de l'élévation 99,1 m à 98,5 m. Environ 800 tonnes de sédiments ont été érodées sur la flèche de sable, ce qui a permis une réduction de sa superficie de 10% (Tableau 5.15). À cet effet, les études réalisées en 2021 indiquaient qu'un retour à une dynamique plus « standard » d'effacement de la flèche lors de la crue printanière pouvait s'échelonner sur plus d'une année (WSP, 2022a).
- Migration de 16 m du chenal d'écoulement vers Métabetchouan-Lac-à-la-Croix : En 2022, l'érosion en rive gauche du chenal a provoqué l'effacement d'un des cordons littoraux formant la langue de sable reliant l'épi 9 et l'embouchure de la Belle Rivière. Ce recul vers la rive de Métabetchouan était de 43 m, et 69 000 tonnes de sédiments avaient été emportées. En 2023, la migration du chenal était de moindre mesure alors, qu'une migration de 16 m s'est effectuée, emportant 29 000 tonnes de sédiments, en grande partie pendant la crue.
- Régression de 6 m en moyenne de la ligne de rivage sur la langue de sable reliant l'épi 9 et l'embouchure de la Belle Rivière : Bien que cette formation soit en régression depuis l'aménagement de l'épi 9 en 2014, qui prive le secteur d'apports sédimentaires en provenance de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix, la migration du chenal d'écoulement de la Belle Rivière au printemps 2022 avait occasionné un recul de la ligne de rivage d'une envergure inégalée jusqu'à présent, soit un recul de 35 m entre novembre 2021 et mai 2022, puis de 13 m entre mai 2022 et novembre 2022.

Le recul de la langue de sable en 2023 a cependant été minime en comparaison au recul observé suite à la crue printanière de 2022, avec un recul de 6 m. La position de langue de sable est demeurée plus ou moins constante avec des reculs et des avancées de l'ordre de

2 m en moyenne entre mai 2023 et novembre 2023, bien qu'un recul localisé de 9 m a été observé.

L'extrémité de la langue de sable demeure quant à elle plutôt étroite (35 m) et il existe un risque que cette partie de la formation s'efface ou qu'une brèche s'y forme lors des prochaines crues printanières. La dynamique hydrosédimentaire du secteur demeure néanmoins fortement conditionnée par des processus complexes et imprévisibles et il est impossible de préciser davantage l'horizon de temps sur lequel ces changements pourraient survenir.

L'effacement de l'extrémité de la langue de sable ou la formation d'une brèche aurait pour conséquence principale de modifier le tracé du chenal de navigation dans la Belle Rivière et, possiblement, provoquer la formation de hauts fonds ailleurs le long du tracé existant. Par ailleurs, une récurrence de l'érosion observée au printemps 2022 pourrait occasionner la perte de superficies végétalisées sur la crête de la langue de sable, dans sa partie plus centrale. Le cordon littoral conserve néanmoins une largeur importante dans ce secteur et il est peu probable que l'érosion y provoquerait une brèche.

- Migration du canal vers le nord-est à la sortie du chenal : La longueur du chenal longeant la digue submergée est demeurée constante depuis 2022, avec une distance d'environ 130 m. Une accumulation allant jusqu'à 1,2 m a par ailleurs été relevée en bordure de la digue par rapport à 2022. À la sortie de l'embouchure, le chenal a migré d'environ 23 m vers le nord-est.

Pendant la période estivale et automnale, les changements morphologiques dans l'embouchure de la Belle Rivière ont été caractérisés par :

- Engraissement et migration de la flèche de sable de Saint-Gédéon-sur-le-Lac vers le Grand Marais : Les accumulations sont évaluées à +2 600 tonnes entre mai et août, puis +1 200 tonnes entre le 2 et le 29 août. Le bilan total (+5 800 tonnes) correspond à environ 47 % des apports observés en 2021 (12 300 tonnes), lors de la première obstruction du chenal. Les sédiments proviennent de la dérive de matériaux érodés sur la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac.

La migration de la flèche vers le Grand Marais sous l'action des vagues a entraîné une augmentation de sa superficie d'environ 8 % par rapport à novembre 2022. Sa superficie demeure toutefois inférieure à celle observée en novembre 2021, alors que la réduction de sa superficie, par rapport à celle de novembre 2021, a atteint un sommet en mai, avec -42 %, pour ensuite se clôturer à -29 % en novembre (Tableau 5.15).

- Rétrécissement du chenal d'écoulement au droit de la flèche de sable : L'obstruction du chenal demeure principalement conditionnée par la progression de la flèche de sable du côté de Saint-Gédéon-sur-le-Lac. En août, le chenal avait déjà retrouvé des dimensions similaires à celles observées en novembre 2020, soit l'automne avant la première obstruction estivale. Les crues automnales de la Belle Rivière ont cependant réussi à nettoyer quelque peu le chenal, qui s'est élargi et approfondi en novembre.

Bien que la profondeur et la largeur du chenal en novembre 2023 était plus importantes qu'en novembre 2021, le chenal demeure plus étroit que sa géométrie en novembre 2020. Dans ce contexte, une obstruction du chenal pourrait à nouveau être observée en 2023, advenant un effacement insuffisant de la flèche de sable du côté de Saint-Gédéon-sur-le-Lac lors de la crue printanière.

- Engraissement de l'extrémité de la langue de sable dans le secteur de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix : Une accumulation de 5 700 tonnes a été observée entre novembre 2022 et novembre 2023 à l'extrémité de la langue de sable. Les sédiments proviennent de la dérive de matériaux érodés sur la partie ouest de la langue de sable (source principale), ainsi qu'une partie de ceux contournant l'épi 9 (source secondaire). Cet engraissement se traduit en une progression de 20 m de la ligne de rivage, rétrécissant ainsi la largeur du chenal à cet endroit en amont de la flèche de 45 m à 25 m entre novembre 2022 et novembre 2023.

Il convient toutefois de souligner que cette dynamique est principalement représentative que du régime hydrosédimentaire dominant pendant les saisons estivales et automnales, lorsque le transport sédimentaire est influencé majoritairement par l'intensité et l'orientation des vagues. Au printemps, lorsque le transport solide est plutôt contrôlé par l'écoulement des eaux dans la Belle Rivière, l'extrémité de la langue de sable demeure très vulnérable à l'érosion.

- Accumulation de sédiments dans les zones profondes du canal de sortie : Environ 4 000 tonnes de sédiments se seraient déposées dans la portion du chenal qui longe la digue submergée, rehaussant ainsi jusqu'à 1,2 m, soit jusqu'à l'élévation 98,4 m. Les sédiments proviennent de la dérive de matériaux érodés de part et d'autre du chenal. Les matériaux en provenance de Saint-Gédéon-sur-le-Lac sont en mesure de franchir la crête de la digue submergée, car les accumulations constatées sur le remblai de l'ancien chenal d'écoulement ont provoqué un rehaussement du fond marin à un niveau correspondant.
- Migration des barres infralittorales situées à l'extrémité et au nord-est de l'épi 9 : Ces formations sont alimentées par la dérive de sédiments en provenance de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix et contournant l'épi. Le reste s'est dispersé dans les secteurs plus « amont » de l'embouchure et s'est déposé dans les zones profondes du chenal d'écoulement.

Au niveau de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac, l'année 2023 a été caractérisée par :

- Bilans sédimentaires négatifs dans le secteur 1 (Tableau 5.5) : Pour le secteur 1, soit entre l'épi 2 et le perré de support, les relevés de 2023 indiquent une perte annuelle moyenne de -6,1 t/m, ou -750 tonnes sur le tronçon (Tableau 5.5). L'analyse graphique des profils transversaux (annexe B) révèle que l'érosion s'est davantage concentrée en haut de plage, au-dessus de l'élévation 100,5 m pour les deux profils (ch. 1+532 et ch. 1+576). Finalement, le secteur 3, soit entre le perré de support et la digue submergée, était un secteur historiquement en accrétion. Depuis 2020, le taux de transport est devenu négatif en raison de la suspension des rechargements et l'effacement de la plage devant le perré de support. En 2023, une perte annuelle nette de -24,7 t/m de sédiments, ou -6 400 tonnes, a été constatée sur ce tronçon de la plage.
- Augmentation de l'effacement de la plage devant le perré de support :

L'analyse détaillée des profils devant le perré de support révèle une certaine variation des taux de transport le long du tronçon (Figure 5.3c et Tableau 5.7), avec une érosion plus importante à l'extrémité nord-est (ch. 1+654), diminuant au centre (ch. 1+726), puis réaugmentant en érosion à l'extrémité sud-ouest (ch. 1+828). L'érosion s'est effectuée en majeure partie en haut de plage, soit à des élévations supérieures à 100 m. Une perte annuelle moyenne de -12,3 t/m, ou -3 000 tonnes, a été observée (Tableau 5.5).

L'ouvrage assure la protection de la berge en cas d'effacement de la plage. Son exposition provoque cependant une diminution de la quantité de sédiments pouvant être mobilisés sur le haut de la plage. Cette dynamique crée alors un déficit d'apports dans les secteurs adjacents, particulièrement au sud-ouest. Sans l'ouvrage, par contre, une régression du

haut de talus serait observée dans ce secteur.

Il convient de souligner que, selon les plans finaux de construction (ROCHE, 2015), la clé du perré serait enfouie au niveau 100,5 m, ce qui est peu profond compte tenu de la limite où est observée l'érosion du haut de plage. Le perré semble donc à risque élevé d'affouillement à son pied, ce qui pourrait déstabiliser les pierres et provoquer un affaissement de l'ouvrage. Il est probable que le perré n'ait pas été conçu pour un contexte où l'effacement de la plage devant serait maintenu sur une longue période. Le rechargement de la plage est donc recommandé pour remplacer les sédiments perdus et assurer la pérennité du perré. Sans quoi, une réfection de l'ouvrage pourrait devenir nécessaire advenant sa dégradation, afin de maintenir le niveau de protection de la berge derrière.

- Augmentation de 17 m de la longueur de plage affichant une largeur inférieure à 8 m : La longueur totale du tronçon en déficit du seuil de largeur s'élève à 193 m. En présence de niveaux d'eau saisonniers (autour de 101,0 m l'été), aucune largeur de plage utile n'est présente entre le perré de support et le lac. Selon les critères déclencheurs inscrits au décret, le secteur se qualifie pour une intervention de rechargement de la plage (largeur inférieure à 8 m sur plus de 100 m).
- Érosion de -24,7 t/m dans la partie sud-ouest de la plage (secteur 3) : Les bilans sédimentaires bidimensionnels chiffrent la perte de sédiments à -7 300 tonnes. Ce volume est plus important que l'érosion annuelle de 2022 (-5 500 tonnes), le résultat continue à être en rupture avec la tendance observée avant 2020, lorsque des accumulations étaient plutôt observées. Le comportement hydrosédimentaire du secteur correspond à celui d'une zone sous l'influence d'un déficit d'apports sédimentaires. Historiquement, le secteur bénéficiait d'une dérive des matériaux de rechargement déposés au centre de la plage (secteur 2). Aujourd'hui, avec la suspension des rechargements et l'effacement de la plage devant le perré de support, les apports se trouvent réduits. Advenant la mise en place d'un nouveau rechargement, il est anticipé que des bilans sédimentaires positifs soient retrouvés dans ce secteur de la plage.

Il est intéressant de noter que le volume d'érosion observé à cet endroit en 2023 correspond plus ou moins aux accumulations cumulatives observées sur la flèche de sable à l'embouchure de la Belle Rivière (5 800 tonnes). Ceci démontre que les matériaux érodés sur la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac constituent la principale source d'apports sur la flèche. L'ajout d'un, ou de plusieurs, épis intermédiaires, ou encore le rehaussement de la digue submergée, sont alors recommandés pour éviter l'ensablement de l'embouchure de la Belle Rivière.

- Érosions nettes de 12 300 tonnes en haut de plage et accumulation de 10 200 tonnes plus au large, sur le remblai de l'ancien chenal d'écoulement de la Belle Rivière : Les matériaux proviennent des secteurs au large de la zone d'analyse.

6.2 ÉVOLUTION CUMULATIVE

6.2.1 SITE 94.03.01 (ÉPIS 5 À 7)

Dans les années qui ont suivi la mise en place des structures (période 2007-2013), le taux d'érosion moyen observé entre les épis 5 et 6 (secteur 3B) a diminué de 76 %, passant de -51,0 t/m/an (1993-2007) à -12,0 t/m/an. Avec les accumulations observées en 2023, le bilan

cumulatif est maintenant à -5,8 t/m/an, soit une réduction de près de 50 % par rapport à la période 2007-2013.

Dans le secteur 4A, soit le secteur entre l'épi 6/géotube #1 et le géotube #3, une réduction similaire de 50% a été observée entre la période 2007-2013 et 2013-2023. Le taux cumulé dans le secteur a toutefois augmenté par rapport à l'année dernière, passant de -12,4 t/m/an à -15,3 t/m/an. Cette augmentation est liée à l'érosion importante observée au nord-est de l'épi 6 en raison de la rupture du géotube #2. Le taux annuel associé (-40,7 t/m en 2023) est supérieur à la moyenne cumulative de la période précédant l'aménagement des géotubes (-34 t/m pour la période 1993 à 2007).

Afin d'éviter un volume d'érosion similaire dans le futur, il est recommandé de procéder au remplacement complet des géotubes par un autre type d'intervention puisque ces derniers semblent avoir atteint leur durée de vie utile. Afin de procéder à leur remplacement, une analyse du secteur est en cours pour améliorer la pérennité des matériaux dans ce secteur. Les interventions suivantes sont considérées pour le remplacement des épis en géotube, visées lors de la programmation des travaux A24-H25 :

1. Poursuite des rechargements;
2. Prolongement de l'épi 7 et rechargement de plage;
3. Ajout d'un épi intermédiaire entre l'épi 6 et 7 et rechargement de plage;
4. Ajout de deux épis intermédiaires entre l'épi 6 et 7 rechargement de plage;
5. Reconfiguration des structures entre les épis 2 et 7 et rechargement de plage;
6. Ajout de brise-lames détachés et rechargement de plage.

Dans le secteur 1, soit entre le géotube #3 et l'épi 7, le bilan cumulé entre 2013 et 2023 est de +9,5 t/m/an, se traduisant en une accumulation totale de 22 200 tonnes. Bien que des accumulations aient été notées en 2023, les variations dans les profils transversaux ont été minimales au fil des années récentes, et la position de la ligne de rivage a montré peu de changement depuis 2016. En effet, elle semble correspondre étroitement au profil théorique projeté, qui représente l'état d'équilibre anticipé de la plage (voir Annexe C). Par conséquent, il est peu probable que la zone d'influence de l'épi s'étende davantage vers le sud-ouest, réduisant ainsi les taux d'érosion dans la région des épis en géotubes.

6.2.2 SITE 2014.03.01 (ÉPIS 7 À 9)

Les épis 7 et 8 parviennent à maintenir la stabilité de la plage entre eux. La position de la ligne de rivage a montré peu de variation depuis 2015 et ne semble pas suivre un profil aussi concave que celui anticipé par le profil théorique (voir Annexe C). Ainsi, les ouvrages remplissent efficacement leur rôle en sécurisant la plage entre eux et en repoussant la zone d'érosion prévue vers le nord-est, en aval du système d'épis.

Malgré l'absence de rechargement dans ce secteur, un volume d'environ +8 500 tonnes de sédiments s'est accumulé entre les ouvrages depuis leur construction (période 2013-2023). Ces sédiments proviennent du transit naturel de matériaux qui dérivent le long du banc de sable de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix et se déposent entre les structures sous l'action des vagues.

En ce qui concerne la région située au nord-est de l'épi 8, on observe une stabilisation de la ligne de rivage, indiquant une légère avancée du trait de côte par rapport à celui de 2022 (voir Annexe C). Néanmoins, ce secteur se caractérise par un bilan sédimentaire cumulatif déficitaire de 20 000 tonnes pour la période allant de 2013 à 2023.

À proximité de l'épi 9, l'accumulation attendue au sud-ouest de la structure est légèrement moins prononcée par rapport à l'année dernière, et la position de la ligne de rivage reste relativement stable d'une année à l'autre. Dans l'ensemble, l'efficacité de la structure semble répondre aux attentes.

Au cours de la période 2013-2023, la zone d'étude a accumulé un total net de +52 000 tonnes de sédiments, principalement concentrés à proximité de l'épi (profils 0+964 à 0+830). Ces matériaux sont principalement issus de l'érosion au nord-est de l'épi 8, ainsi qu'au déplacement naturel des sédiments le long du banc de sable de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix, où ils se déposent sur la plage grâce à l'action des vagues.

Dans la région située au nord-est de l'épi 9, l'influence de la structure est significative, notamment en ce qui concerne la migration et la disparition des barres infralittorales sur la plaine de sable adjacente. Depuis mars 2019, une perte nette de 13 600 tonnes de sédiments a été observée dans cette zone. Cette évolution est conforme aux prévisions établies, étant donné que cette région reçoit désormais moins de sédiments. En effet, la plupart de ces sédiments sont soit retenus par l'épi, contribuant ainsi à une réduction des apports sédimentaires dans la région adjacente, soit déviés vers des zones plus éloignées en mer sous l'effet des courants et des vagues.

Malgré l'érosion en cours, la viabilité immédiate de la structure semble préservée, car le niveau du fond marin demeure plus élevé que celui du plancher de l'ouvrage. De plus, le chenal d'écoulement de la Belle Rivière reste à une distance d'environ 100 m de la structure. Néanmoins, cette distance s'est réduite de 16 m par rapport à l'année 2022, ce qui traduit une tendance régressive. Cette évolution suscite des inquiétudes qui justifient une surveillance constante lors des prochaines évaluations techniques, afin de s'assurer que la diminution des sédiments ne compromet pas la stabilité de la base de la structure.

L'impact de l'obstruction des apports sédimentaires par l'épi se manifeste de manière significative sur la langue de sable qui relie la structure à l'embouchure de la Belle Rivière. Cette zone a subi un recul cumulatif moyen de la ligne de rivage de -44 m depuis mars 2019, comme l'indique le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** En 2023, le recul a été beaucoup plus marqué qu'en 2022, et demeure en deçà des reculs depuis 2019.

Il est tout de même prévu que la conjonction de forces érosives telles que les vagues et les courants, combinée à une diminution des apports de sédiments, continuera à entraîner un amincissement progressif de la formation. Cette régression pourrait entraîner des pertes de végétation sur la crête et une possible disparition de l'extrémité de la langue de sable, ou l'ouverture d'une brèche, ce qui modifierait le tracé du chenal de navigation dans la Belle Rivière. Bien que le risque de voir ces changements se produire à court terme soit faible, la dynamique hydrosédimentaire du secteur reste complexe et imprévisible, rendant difficile la prédiction de l'horizon temporel de ces évolutions.

6.2.3 SITE 93.02.02

À Saint-Gédéon-sur-le-Lac (site 93.02.02), l'érosion du haut de la plage constatée en 2023 porte le bilan sédimentaire net à environ -22 500 tonnes depuis mars 2019, soit près du double par rapport au suivi de l'an dernier (-11 500 tonnes). Ce bilan demeure toutefois partiel, car l'analyse ne couvre pas la pleine portion nord-est de la plage. Le volume d'érosion réel est probablement légèrement plus élevé que celui rapporté. Par ailleurs, considérant les 36 000 tonnes de rechargements déposées dans ce secteur entre les deux périodes de références, l'érosion totale serait plutôt de l'ordre de -58 500 tonnes.

Une accumulation nette de près de +127 000 tonnes de sédiments est quant à elle constatée au pied de la plage et sur le remblai de l'ancien chenal d'écoulement de la Belle Rivière. Ce bilan excède largement les quantités de sédiments érodés sur le haut de la plage et suggère que des sources de sédiments au large de la zone d'analyse contribuent aux accumulations observées.

En ce sens, les analyses démontrent que les travaux de redressement de l'embouchure de la Belle Rivière réalisés à l'hiver 2019 répondent aux attentes et qu'ils ont atteint leurs objectifs d'adoucissement de la pente de la plage et de réduction des taux d'érosion. Rappelons que, selon Lasalle | NHC (2016), les travaux devaient permettre de réduire l'érosion d'environ 60 % entre les bornes inamovibles 28 et 32 (secteur 2). Cette prévision concorde bien avec la réduction du taux de transport observée entre 2019 et 2023 (-65 %, Tableau 5.7). Il convient toutefois de souligner qu'une partie de la réduction constatée dans les dernières années pourrait être attribuée à l'effacement de la plage devant le perré de support et la mise à nue de la structure, ce qui a eu pour effet de diminuer la quantité de sédiments pouvant être mobilisés sur le haut de la plage. Advenant la mise en place d'un nouveau rechargement, une augmentation des taux d'érosion pourrait être observée, sans nécessairement revenir aux valeurs constatées avant les travaux de redressement.

Par ailleurs, malgré la diminution du taux d'érosion observée, la régression progressive du haut de la plage se poursuit et la mise en place de nouveaux rechargements demeure requise. Cette évolution respecte toutefois les attentes des travaux de redressement de l'embouchure de la Belle Rivière, qui visaient une réduction de la fréquence des interventions, plutôt qu'un arrêt complet.

En ce qui concerne l'embouchure de la Belle Rivière, l'évolution du chenal d'écoulement observée lors de la crue printanière de 2023 demeure en continuité avec les observations effectuées lors du suivi 2022, mais en raison d'une crue plus faible que celle de l'année précédente (réurrence 2 ans vs 15 ans), les différents impacts sur l'embouchure de la rivière ont été de moindre envergure. La flèche de sable du côté de Saint-Gédéon-sur-le-Lac a tout de même subi une augmentation de sa superficie par rapport à celle calculée l'année dernière.

Autrement, l'effacement anémique de la flèche de Saint-Gédéon-sur-le-Lac observé en 2023 par rapport à 2022 pourrait résulter d'une formation plus persistante, bien qu'une migration vers le Grand Marais ait été observée durant la période estivale sous l'action des vagues en provenance du Lac Saint-Jean. La flèche demeure cependant plus mince qu'en novembre 2021 et en l'absence de rechargement prévu le long de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac, un effacement plus important pourrait être observé en 2024.

Le secteur restera toujours un endroit hautement dynamique et difficile à prévoir en raison des contraintes exercées successivement par les régimes fluvial et littoral, qui ont des effets parfois contrastants sur le remodelage des berges et des parois du canal. La migration des méandres et le déplacement des zones d'érosion et d'accumulation constituent alors des processus normaux pour ce genre de milieu. Ainsi, l'évolution des lieux sera fortement conditionnée par l'intensité de la crue printanière de la Belle Rivière en 2024. Une crue forte pourrait favoriser un meilleur nettoyage de l'embouchure, tandis qu'une crue inférieure à la normale ou un effacement insuffisant de la flèche de Saint-Gédéon-sur-le-Lac pourraient faire perdurer le risque d'obstruction du chenal.

L'autre élément pouvant avoir modifié la dynamique hydrosédimentaire « typique » du chenal d'écoulement est sa migration contre la digue submergée à la sortie de la rivière, combinée à l'engraissement et la progression des barres infralittorales au nord-est de l'épi 9. L'adossement du chenal contre la structure rigide favorise un axe d'écoulement de moindre énergie et amenuise les chances qu'il se sépare à nouveau de la digue. Les relevés ont d'ailleurs indiqué que le chenal à sa sortie a migré davantage vers le nord-est en 2023. Les accumulations soutenues devant l'embouchure de la Belle Rivière augmentent par ailleurs les quantités de sédiments que le chenal d'écoulement aurait besoin d'éroder pour reprendre un alignement plus centré entre les structures. La combinaison de ces deux éléments suggère alors que la position du canal de sortie pourrait rester au même endroit encore un moment. La digue submergée a cependant été conçue en considérant cette dynamique et possède une berme anti-affouillement sur son pourtour pour résister au surcreusement du canal.

Le canal de sortie est maintenant 10 m plus étroit que le chenal en 2022 et environ 30 cm moins profond. Bien qu'un rétrécissement pourrait résulter en une augmentation de vitesse dans le chenal et donc une augmentation de l'érosion en proximité de la digue submergée, les relevés des dernières années ont démontré un élargissement important du chenal en réponse à la mobilité des sédiments lors de la crue. De plus, le canal de sortie demeure 20 m plus large que lors de son excavation en 2019. Ce rétrécissement par rapport au suivi précédent ne devrait donc pas augmenter les risques d'affouillement de la digue submergée. Par ailleurs, rien n'indique la présence d'une dynamique favorisant un éventuel retour vers son ancien lit devant la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac.

7 CONCLUSION

7.1 SITE 94.03.01 (ÉPIS 5 À 7)

Le site 94.03.01 a bénéficié d'un aménagement de trois épis en géotubes en 2008, en réponse à un problème persistant d'érosion observé en aval d'un champ d'épis en enrochement préalablement construit. L'objectif principal de l'installation de ces géotubes était de renforcer la stabilité des matériaux sur la plage, tant entre les structures qu'au sud-ouest, tout en réduisant au minimum l'impact des ouvrages sur la section non protégée de la plage située au nord-est.

Les suivis réalisés depuis leur mise en place avaient indiqué que les ouvrages avaient permis de réduire de 76% les taux d'érosion entre l'épi 5 et le géotube 2, tout en permettant un transit partiel de la dérive littorale vers le nord-est. L'ajout par la suite des deux épis en enrochement au nord-est en 2014 (épis 7 et 8) a quant à lui provoqué la formation d'une zone d'accumulation au nord-est des épis en géotubes et a amélioré la stabilité des matériaux dans ce secteur.

Cependant, en 2023, le géotube #2 a été endommagé et s'est évidé complètement. Cette rupture a occasionné une érosion s'évaluant à 6 400 tonnes de sédiments depuis le dernier suivi et s'est traduit en un recul de la ligne de rivage variant entre 4 et 6 m. De plus, les analyses révèlent que la zone d'accumulation située au sud-ouest de l'épi 7 a atteint un état d'équilibre. Dans ce contexte, il est peu probable que l'influence de l'ouvrage continue à s'étendre vers le sud-ouest et à réduire davantage les taux d'érosion dans la région des épis en géotubes.

Dans ce contexte, il est recommandé de procéder au remplacement complet des géotubes par un autre type d'intervention puisque ces derniers semblent avoir atteint leur durée de vie utile. L'impact de la rupture du géotube #2 démontre l'importance d'intervenir dans le secteur. Des travaux sont prévus en ce sens lors de la programmation des travaux A24-H25.

7.2 SITE 2014.03.01 (ÉPIS 7 À 9)

Les épis 7 et 8 ont été érigés dans le but de stabiliser la plage et de déplacer la zone d'érosion anticipée vers le nord-est des structures, vers une région où le trait de côte peut subir des modifications avec une plus grande tolérance. En parallèle, l'épi 9 a été spécifiquement conçu pour favoriser un équilibre le long de la plage du côté sud-ouest et pour contrecarrer la dérive des sédiments en direction de l'embouchure de la Belle Rivière. Cette dérive sédimentaire exerçait une pression sur le chenal d'écoulement, entraînant sa déviation en face de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac.

Les observations réalisées depuis la construction des ouvrages confirment que ces derniers ont accompli les objectifs fixés en termes d'efficacité. Le trait de côte entre les structures des épis 7 et 8 semble évoluer vers un état d'équilibre, démontrant ainsi une stabilisation satisfaisante. De même, la zone d'érosion située au nord-est de l'épi 8 semble avoir atteint un état d'équilibre, et elle est désormais transformée en une zone d'accumulation de sédiments.

Au nord-est de l'épi 9, l'érosion observée lors du suivi 2022 le long de la rive gauche du chenal d'écoulement de la Belle Rivière continue de progresser, mais à une intensité beaucoup plus réduite. Cette évolution souligne tout de même l'importance des changements dynamiques

survenus dans cette zone. La migration continue du chenal d'écoulement et l'érosion persistante de la langue de sable reliant l'épi à l'embouchure de la Belle Rivière ont engendré des conséquences significatives. En particulier, ces phénomènes ont entraîné l'effacement d'un des cordons littoraux et une nette régression de la ligne de rivage. Cette situation expose désormais davantage la côte aux effets néfastes des vagues et de l'érosion.

Bien que ces dégradations ne représentent pas une menace immédiate pour la stabilité de l'épi, elles soulignent la nécessité de maintenir une surveillance régulière des lieux. En effet, cette surveillance annuelle ou bi-annuelle permettra de vérifier que la perte continue de sédiments ne compromet pas l'intégrité de la base de la structure. En anticipant et en réagissant proactivement à ces changements, il est possible de mieux préserver la stabilité et la fonctionnalité de l'épi à long 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 objectifs d'adoucir la pente transversale du rivage et de réduire le taux d'érosion sur le haut de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac. La digue submergée devait par ailleurs prévenir un retour du chenal d'écoulement de la Belle Rivière devant la plage.

Les suivis réalisés jusqu'à présent démontrent que ces travaux répondent aux attentes, dans la mesure où les bilans sédimentaires indiquent des accumulations significatives sur le remblai de l'ancien chenal d'écoulement et une réduction d'environ 65 % du taux d'érosion sur la partie centrale de la plage, devant le perré de support.

Une régression du haut de la plage y persiste malgré tout et le secteur a maintenant **besoin d'un nouveau rechargement considérant qu'il a atteint le seuil déclencheur inscrit au décret pour sa planification (largeur inférieure à 8 m sur plus de 100 m)**. Cette intervention serait notamment requise pour remplacer les sédiments perdus, restaurer une largeur de plage utile convenable entre le perré de support et le lac, **puis renhausser le perré de support, qui demeure à risque d'affouillement et de déstabilisation des pierres**. Une section du perré de 15 m, à l'extrémité nord-est, se retrouve d'ailleurs à une élévation plus basse que le reste de la structure, exposant ainsi les matériaux en haut de talus à l'effet de la remontée des vagues.

Une réfection du perré sur ce tronçon de 15 m est recommandée pour éviter une exacerbation de la problématique d'érosion. Les travaux de réfection viseraient un reprofilage de l'enrochement jusqu'à une élévation minimale de 102,8 m, avec les pierres en place et selon une pente 1.5H:1V. Il convient de souligner que la nécessité de ces interventions ne signifie pas pour autant un échec des travaux de redressement de l'embouchure de la Belle Rivière, qui visaient une réduction de la fréquence des interventions, plutôt qu'un arrêt complet. À cet effet, la dernière intervention de rechargement a été réalisée à l'hiver 2020, il y a donc 4 ans.

Dans le contexte d'ensablement de l'embouchure de la Belle Rivière observé depuis 2021, par contre, la mise en place d'un nouveau rechargement ne peut être envisagée sans l'ajout de structures supplémentaires (épis ou brise-lames) sur la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac pour retenir les matériaux et éviter qu'ils ne migrent vers l'embouchure de la rivière. La planification de ces travaux est présentement en cours. Les suivis démontrent clairement que les sédiments érodés sur la plage constituent la principale source d'apports sur la flèche de sable et que cette formation est l'élément prépondérant qui

influence l'obstruction du chenal.

À cet effet, l'état des lieux observé en novembre 2023 demeurait comparable, avec une profondeur de chenal plus importante, mais une largeur moindre, que celui observé en novembre 2020, soit juste avant la première manifestation de la problématique d'ensablement du chenal en 2021. **L'évolution des lieux sera fortement conditionnée par la crue printanière de la Belle Rivière en 2024, mais le risque que le chenal s'obstrue à nouveau persiste, advenant un effacement insuffisant de la flèche de sable du côté de Saint-Gédéon-sur-le-Lac.**

Une obstruction partielle ou complète de l'embouchure pourrait avoir des impacts significatifs sur les usagers du chenal de navigation et les riverains du Grand Marais. La circulation nautique pourrait notamment être réduite ou interrompue. Un rehaussement des niveaux d'eau en amont de l'obstruction pourrait également se produire, en raison de l'accumulation des apports dans la rivière. En cas de débits forts ou de niveaux d'eau élevés, ce phénomène pourrait constituer un risque d'infiltration d'eau pour les propriétés riveraines et les installations nautiques en amont.

En aval de la zone d'obstruction, les phénomènes observés en 2022 se sont légèrement accentués. La position du chenal d'écoulement de la Belle Rivière a continué sa migration vers Métabetchouan-Lac-à-la-Croix, provoquant un recul de la langue de sable reliant l'épi 9 d'environ 6 m en réponse à la crue. Cette régression s'est toutefois généralement stabilisée durant la période estivale.

Tout porte à croire que la régression se poursuivra en 2024 en particulier si la crue est supérieure à la moyenne, similairement à 2022, alors que des reculs inégaux avaient été observés. Une perte supplémentaire de superficies végétalisées sur la crête du cordon littoral est donc anticipée. L'extrémité de la formation demeure par ailleurs très étroite et il existe un risque, bien qu'il demeure faible à court terme, qu'elle s'efface ou qu'une brèche s'y forme lors des prochaines crues printanières, ce qui aurait pour conséquence de modifier le tracé du chenal de navigation et, possiblement, provoquer la formation de hauts fonds ailleurs le long du tracé existant.

Proche de l'épi 9, l'érosion de la langue de sable ne semble pas constituer d'enjeu immédiat envers la pérennité de l'ouvrage, puisque le niveau du fond marin demeure plus élevé que le niveau plancher de la structure.

À la sortie de la Belle Rivière, le chenal d'écoulement a continué de migrer vers le nord-est. À court terme, il semble peu probable que cette position migre de façon significative et que le chenal reprenne un alignement plus centré entre la digue et l'épi 9. La digue submergée a cependant été conçue en considérant cette dynamique et possède une berme anti-affouillement sur son pourtour pour résister au surcreusement du canal. **Une inspection visuelle de l'ouvrage demeure malgré tout recommandée lors de la prochaine crue printanière afin de surveiller l'apparition de déformations dans la matrice de pierres.**

Rien n'indique la présence d'une dynamique favorisant un éventuel retour du chenal d'écoulement vers son ancien lit, devant la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac.

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.
- ROCHE. 2015. *Programme de stabilisation des berges Hiver 2015. Site 93.02.02, Saint-Gédéon. Plans d'inventaire après construction (émission E)*. Dessin 324113.
- 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.
- WSP. 2021. *Sites 94.03.01, 2014.03.01 et 93.02.02 – Métabetchouan–Lac à la Croix et Saint-Gédéon – Suivi technique 2020*. Rapport final de WSP Canada Inc. à Rio Tinto – Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. 63 p. et annexes.
- WSP. 2022a. *Ensablement de l'embouchure de la Belle Rivière (site 93.02.02) – Diagnostic et étude de faisabilité*. Rapport final de WSP Canada Inc. à Rio Tinto – Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. 67 p. et annexes.
- WSP. 2022b. *Site 94.03.01 (Métabetchouan–Lac à la Croix) – Inspection des épis en géotubes*. Rapport final de WSP Canada Inc. à Rio Tinto – Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. 17 p. et annexes.
- WSP. 2022c. *Sites 2014.03.01 et 93.02.02 – Métabetchouan–Lac à la Croix et Saint-Gédéon – Suivi technique 2021*. Rapport final de WSP Canada Inc. à Rio Tinto – Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. 65 p. et annexes.
- WSP. 2023. *Sites 93.03.01, 2014.03.01 et 93.02.02 – Métabetchouan–Lac à la Croix et Saint-Gédéon – Suivi technique 2022*. Rapport final de WSP Canada Inc. à Rio Tinto – Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. 96 p. et annexes.

ANNEXE

A RÉPERTOIRE PHOTOGRAPHIQUE



SITE
94.03.01



Photo 1
(20230526-RT-9062)

Secteur 3A : Pieux de galerie déchaussés entre les épis 4 et 5 (20 nov. 2023)
Élévation du lac : 101,14 m (15.2 pi).



Photo 2
(20230525-NB-3278)

Secteur 3A : Vue de l'épi 5 vers l'épi 4 (25 mai 2023)
Élévation du lac : 101,5 m (16.5 pi).



Photo 3
(20221108-JM-2370)

Secteur 3A : Pieux de galerie déchaussés entre les épis 4 et 5 (8 nov. 2022)
Élévation du lac : 100,82 m (14,1 pi).



Photo 4
(20210915-JM-2027)

Secteur 3A : Pieux de galerie proche du haut de talus entre les épis 4 et 5 (15 sept. 2021)
Élévation du lac : 100,08 m (11,7 pi).



Photo 5

(20221108-JM-2368)

Secteur 3A : Vue de l'épi 4 vers l'épi 5 (8 nov. 2022)

Élévation du lac : 100,82 m (14,1 pi).



Photo 6

(20210915-JM-2024)

Secteur 3A : Vue de l'épi 4 vers l'épi 5 (15 sept. 2021)

Élévation du lac : 100,08 m (11,7 pi).



Photo 7
(20231120-NB-7128)

Secteur 3B : Vue de l'épi 5 vers l'épi 6/géotube 1 (20 nov. 2023)
Élévation du lac : 101.14 m (15,2 pi).



Photo 8
(20221108-JM-2373)

Secteur 3B : Vue de l'épi 5 vers l'épi 6/géotube 1 (8 nov. 2022)
Élévation du lac : 100,82 m (14,1 pi).



Photo 9

(20210915-JM-2031)

Secteur 3B : Vue de l'épi 5 vers l'épi 6/géotube 1 (15 sept. 2021)
Élévation du lac : 100,08 m (11,7 pi).



Photo 10

(20200924-NB-0322)

Secteur 3B : Vue de l'épi 5 vers l'épi 6/géotube 1 (24 sept. 2020)
Élévation du lac : 100,94 m (14,5 pi).



Photo 11
(20190712-JM-1234)

Secteur 3B : Vue de l'épi 5 vers l'épi 6/géotube 1 (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,5 pi).



Photo 12
(20230511-RT)

Secteur 4A : Vue au sud-ouest du géotube 2 vers le géotube 1 (11 mai 2023)
Élévation du lac : 101,45 m (16,2 pi).



Photo 13
(20230519-RT)

Secteur 4A : Vue au sud-ouest du géotube 2 vers le géotube 1 (19 mai 2023)
Élévation du lac : 101,48 m (16,4 pi).



Photo 14
(NB-3298)

Secteur 4A : Vue au nord-est de l'épi 6/géotube 1 suivant la mise en place de la digue de sacs de sable (25 mai 2023)
Élévation du lac : 101,5 m (16.5 pi).



Photo 15
(20231120-NB-7124)

Secteur 4A : Vue au sud-ouest du géotube 2 suivant le rehaussement de la digue (20 nov. 2023)
Élévation du lac : 101,14 m (15,2 pi).



Photo 16
(20221108-JM-2378)

Secteur 4A : Vue au nord-est de l'épi 6/géotube 1 (8 nov. 2022)
Élévation du lac : 100,82 m (14,1 pi).



Photo 17
(20210915-JM-2040)

Secteur 4A : Vue au nord-est de l'épi 6/géotube 1 (15 sept. 2021)
Élévation du lac : 100,08 m (11,7 pi).



Photo 18
(20200924-NB-0327)

Secteur 4A : Vue au nord-est de l'épi 6/géotube 1 (24 sept. 2020)
Élévation du lac : 100,94 m (14,5 pi).



Photo 19
(20190712-JM-1239)

Secteur 4A : Vue au nord-est de l'épi 6/géotube 1 (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,5 pi).



Photo 20
(20230525-NB-3301)

Secteur 4A : Vue au nord-est du géotube 2 (25 mai 2023)
Élévation du lac : 101,5 m (16.5 pi).



Photo 21
(20221108-JM-2383)

Secteur 4A : Vue au nord-est du géotube 2 (8 nov. 2022)
Élévation du lac : 100,82 m (14,1 pi).



Photo 22
(20210915-JM-2047)

Secteur 4A : Vue au nord-est du géotube 2 (15 sept. 2021)
Élévation du lac : 100,08 m (11,7 pi).



Photo 23
(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 24
(20190712-JM-1251)

Secteur 4A : Vue au nord-est du géotube 2 (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,5 pi).



Photo 25
(20230525-NB-3307)

Secteur 4A : Vue au nord-est du géotube 3 (25 mai 2023)
Élévation du lac : 101,5 m (16.5 pi).



Photo 26
(20221108-JM-2387)

Secteur 4A : Vue au nord-est du géotube 3 (8 nov. 2022)
Élévation du lac : 100,82 m (14,1 pi).



Photo 27
(20210915-JM-3659)

Secteur 4A : Vue au nord-est du géotube 2 (15 sept. 2021)
Élévation du lac : 100,08 m (11,7 pi).



Photo 28
(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 29
(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



Photo 30
(20231120-NB-7140)

Secteur 1 : Vue au sud-ouest de l'épi 7 (20 nov. 2023)
Élévation du lac : 101,14 m (15,2 pi).



Photo 31
(20221108-JM-2395)

Secteur 1 : Vue au sud-ouest de l'épi 7 (8 nov. 2022)
Élévation du lac : 100,82 m (14,1 pi).

Suivi technique 2022



Photo 32
(20210915-JM-3652)

Secteur 1 : Vue au sud-ouest de l'épi 7 (15 sept. 2021)
Élévation du lac : 100,08 m (11,7 pi).



Photo 33
(20200924-NB-0361)

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



Photo 34
(20190712-JM-1255)

Secteur 1 : Vue au sud-ouest de l'épi 7 (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,5 pi).



Photo 35
(20221108-NB-3307)

Secteur 2 : Vue de l'épi 7 vers l'épi 8 (25 mai 2023)
Élévation du lac : 101,5 m (16,5 pi).



Photo 36

(20221108-JM-2397)

Secteur 2 : Vue de l'épi 7 vers l'épi 8 (8 nov. 2022)

Élévation du lac : 100,82 m (14,1 pi).



Photo 37

(20210915-JM-3649)

Secteur 2 : Vue de l'épi 7 vers l'épi 8 (15 sept. 2021)

Élévation du lac : 100,08 m (11,7 pi).



Photo 38
(20200924-NB-0359)

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



Photo 39
(20190712-JM-1258)

Secteur 2 : Vue de l'épi 7 vers l'épi 8 (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,5 pi).



Photo 40
(20221108-JM-2404)

Secteur 3A : Vue au nord-est de l'épi 8 (8 nov. 2022)
Élévation du lac : 100,82 m (14,1 pi).



Photo 41
(20210915-JM-3648)

Secteur 3A : Vue au nord-est de l'épi 8 (15 sept. 2021)
Élévation du lac : 100,08 m (11,7 pi).

Suivi technique 2022



Photo 42
(20200924-NB-0372)

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



Photo 43
(20190712-JM-1262)

Secteur 3A : Vue au nord-est de l'épi 8 (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,5 pi).



Photo 44
(20221108-JM-2413)

Secteur 3B : Au sud-ouest de l'épi 9 (8 nov. 2022)
Élévation du lac : 100,82 m (14,1 pi).



Photo 45
(20210915-JM-3635)

Secteur 3B : Au sud-ouest de l'épi 9 (15 sept. 2021)
Élévation du lac : 100,08 m (11,7 pi).

Suivi technique 2022



Photo 46
(20200924-NB-0404)

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



Photo 47
(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).



Photo 48
(PSLSJ)

Secteur 4 : Langue de sable reliant l'épi 9 et l'embouchure de la Belle Rivière (28 mai 2023)
Élévation du lac : 101,48 m (16,3 pi).



Photo 49
(20221108-JM-2419)

Secteur 4 : Langue de sable reliant l'épi 9 et l'embouchure de la Belle Rivière (8 nov. 2022)
Élévation du lac : 100,82 m (14,1 pi).



Photo 50
(20221108-JM-2423)

Secteur 4 : Langue de sable reliant l'épi 9 et l'embouchure de la Belle Rivière (8 nov. 2022)
Élévation du lac : 100,82 m (14,1 pi).



Photo 51
(20221108-JM-2428)

Secteur 4 : Langue de sable reliant l'épi 9 et l'embouchure de la Belle Rivière (8 nov. 2022)
Élévation du lac : 100,82 m (14,1 pi).



Photo 52
(20210915-JM-3636)

Secteur 4 : Au nord-est de l'épi 9 (15 sept. 2021)
Élévation du lac : 100,08 m (11,7 pi).



Photo 53
(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).

Suivi technique 2022



Photo 54
(20190712-JM-1298)

Secteur 4 : Flèche de sable au nord-est de l'épi 9 (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,5 pi).

Site
93.02.02



Photo 55
(20231019-NB-4111)

Secteur 1 : Vue au sud-ouest de l'épi 2 (19 octobre 2013)
Élévation du lac : 100,86 m (14,3 pi).



Photo 56
(20231019-NB-4105)

Secteur 1 : Vue au sud-ouest de l'épi 2 (19 octobre 2013)
Élévation du lac : 100,86 m (14,3 pi).



Photo 57
(20221108-JM-2341)

Secteur 1 : Vue au sud-ouest de l'épi 2 (8 nov. 2022)
Élévation du lac : 100,82 m (14,1 pi).



Photo 58
(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 59
(20190712-JM-1115)

Secteur 1 : Vue au sud-ouest de l'épi 2 (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,5 pi).



Photo 60
(20231011-MD-114159)

Secteur 1 : Vue au sud-ouest de l'épi 2 (11 octobre 2023)
Élévation du lac : 100,55 m (13,3 pi).



Photo 61
(20221108-JM-2349)

Secteur 1 : Vue au sud-ouest de l'épi 2 (8 nov. 2022)
Élévation du lac : 100,82 m (14,1 pi).



Photo 62
(20210915-JM-2016)

Secteur 1 : Vue au sud-ouest de l'épi 2 (15 sept. 2021)
Élévation du lac : 100,08 m (11,7 pi).



Photo 63
(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 64
(20190712-JM-1110)

Secteur 1 : Vue au sud-ouest de l'épi 2 (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,5 pi).



Photo 65
(20231011-MD-114734)

Secteur 2 : Vue devant le perré de support (11 octobre 2023)
Élévation du lac : 100,55 m (13.3 pi).



Photo 66
(20221108-JM-2339)

Secteur 2 : Vue devant le perré de support (8 nov. 2022)
Élévation du lac : 100,82 m (14,1 pi).



Photo 67
(20210915-FL-038)

Secteur 2 : Vue devant le perré de support (15 sept. 2021)
Élévation du lac : 100,08 m (11,7 pi).



Photo 68
(20200924-NB-219)

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



Photo 69
(20190712-JM-1124)

Secteur 2 : Vue devant le perré de support (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,5 pi).



Photo 70
(20231019-NB-4092)

Secteur 2 : Vue devant le perré de support (19 octobre 2023)
Élévation du lac : 100,86 m (14,3 pi).



Photo 71
(20221108-JM-2333)

Secteur 2 : Vue devant le perré de support (8 nov. 2022)
Élévation du lac : 100,82 m (14,1 pi).



Photo 72
(20210915-JM-7255)

Secteur 2 : Vue devant le perré de support (15 sept. 2021)
Élévation du lac : 100,08 m (11,7 pi).



Photo 73

(20200924-NB-215)

Secteur 2 : Vue devant le perré de support (24 sept. 2020)

Élévation du lac : 100,94 m (14,5 pi).



Photo 74

(20190712-JM-1127)

Secteur 2 : Vue devant le perré de support (12 juil. 2019)

Élévation du lac : 101,24 m (15,5 pi).



Photo 75

(20231019-NB-4075)

Secteur 3 : Vue au nord-est de la digue submergée (19 octobre 2023)
Élévation du lac : 100,86 m (14,3 pi).



Photo 76

(20221108-JM-2318)

Secteur 3 : Vue au nord-est de la digue submergée (8 nov. 2022)
Élévation du lac : 100,82 m (14,1 pi).



Photo 77
(20210915-JM-1961)

Secteur 3 : Vue au nord-est de la digue submergée (15 sept. 2021)
Élévation du lac : 100,08 m (11,7 pi).



Photo 78
(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 79

(20190712-JM-1289)

Secteur 3 : Vue au nord-est de la digue submergée (12 juil. 2019)

Élévation du lac : 101,24 m (15,5 pi).



Photo 80

(20231019-NB-4073)

Secteur 3 : Vue sud-ouest de la digue submergée et embouchure Belle Rivière (19 octobre 2023)

Élévation du lac : 100,86 m (14,3 pi).



Photo 81
(20221108-JM-2434)

Secteur 3 : Vue nord-est de la digue submergée et embouchure Belle Rivière (8 nov. 2022)
Élévation du lac : 100,82 m (14,1 pi).



Photo 82
(20210915-JM-043)

Secteur 3 : Vue nord-est de la digue submergée et embouchure Belle Rivière (15 sept. 2021)
Élévation du lac : 100,08 m (11,7 pi).



Photo 83
(20231019-NB-4067)

Secteur 3 : Perré à la base de la digue submergée (19 octobre 2023)
Élévation du lac : 100,86 m (14,3 pi).



Photo 84
(20221108-JM-2310)

Secteur 3 : Perré à la base de la digue submergée (8 nov. 2022)
Élévation du lac : 100,82 m (14,1 pi).



Photo 85
(20221108-JM-2311)

Secteur 3 : Perré à la base de la digue submergée (8 nov. 2022)
Élévation du lac : 100,82 m (14,1 pi).



Photo 86
(20210915-JM-9713)

Secteur 3 : Perré à la base de la digue submergée (15 sept. 2021)
Élévation du lac : 100,08 m (11,7 pi).



Photo 87
(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 88
(20190712-JM-1151)

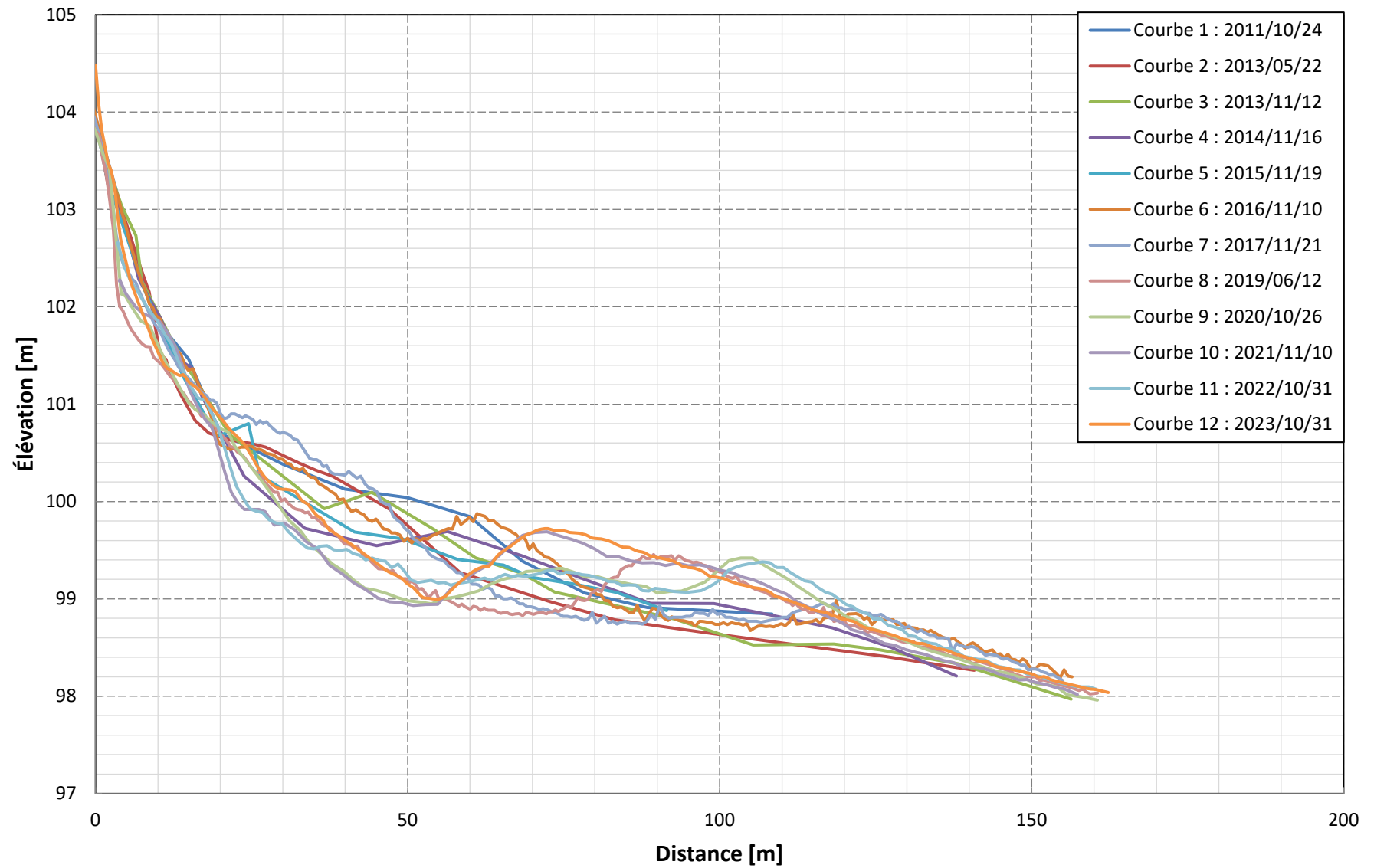
Secteur 3 : Perré à la base de la digue submergée (12 juil. 2019)
Élévation du lac : 101,24 m (15,52 pi).

ANNEXE

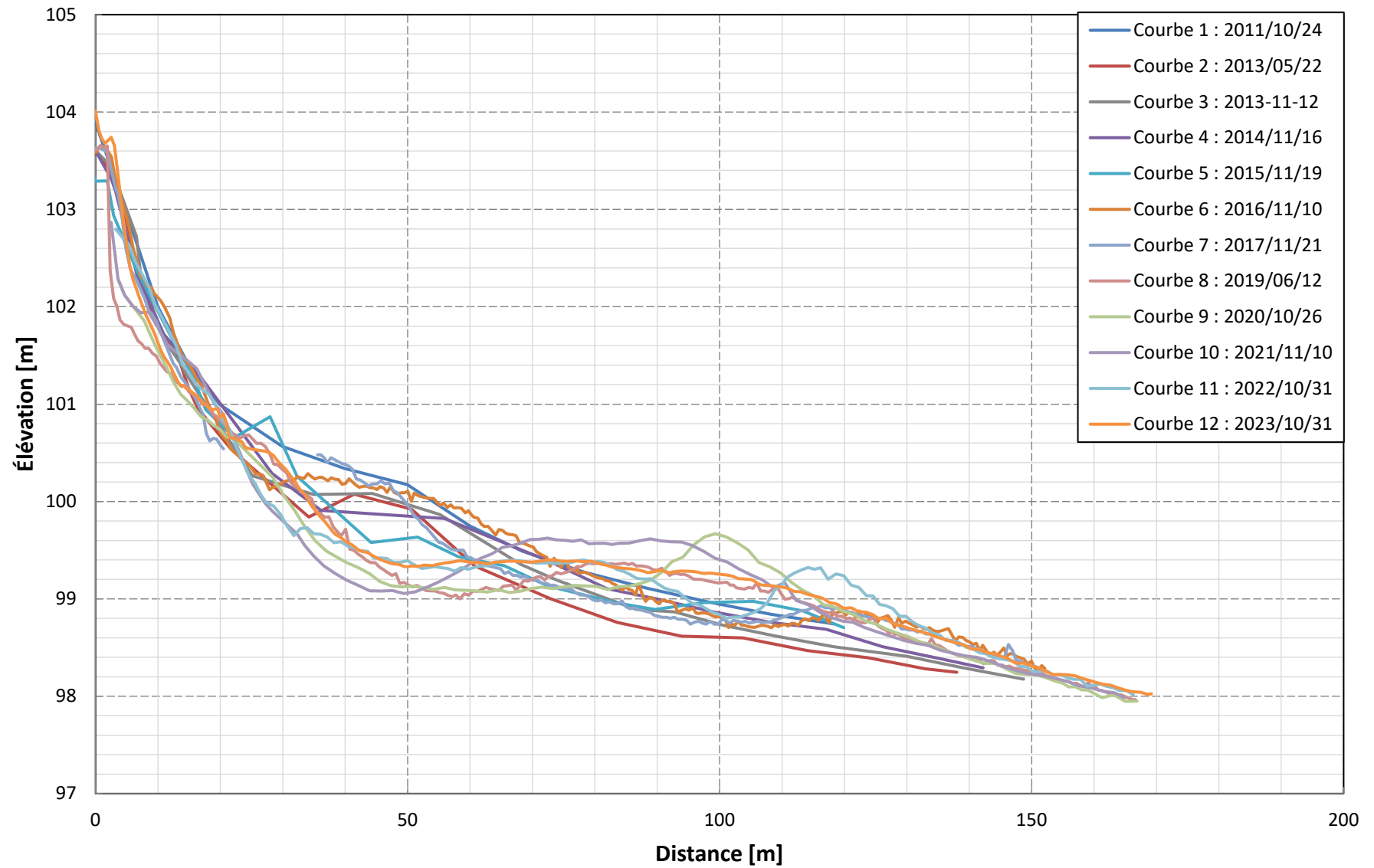
B PROFILS BATHYMÉTRIQUES



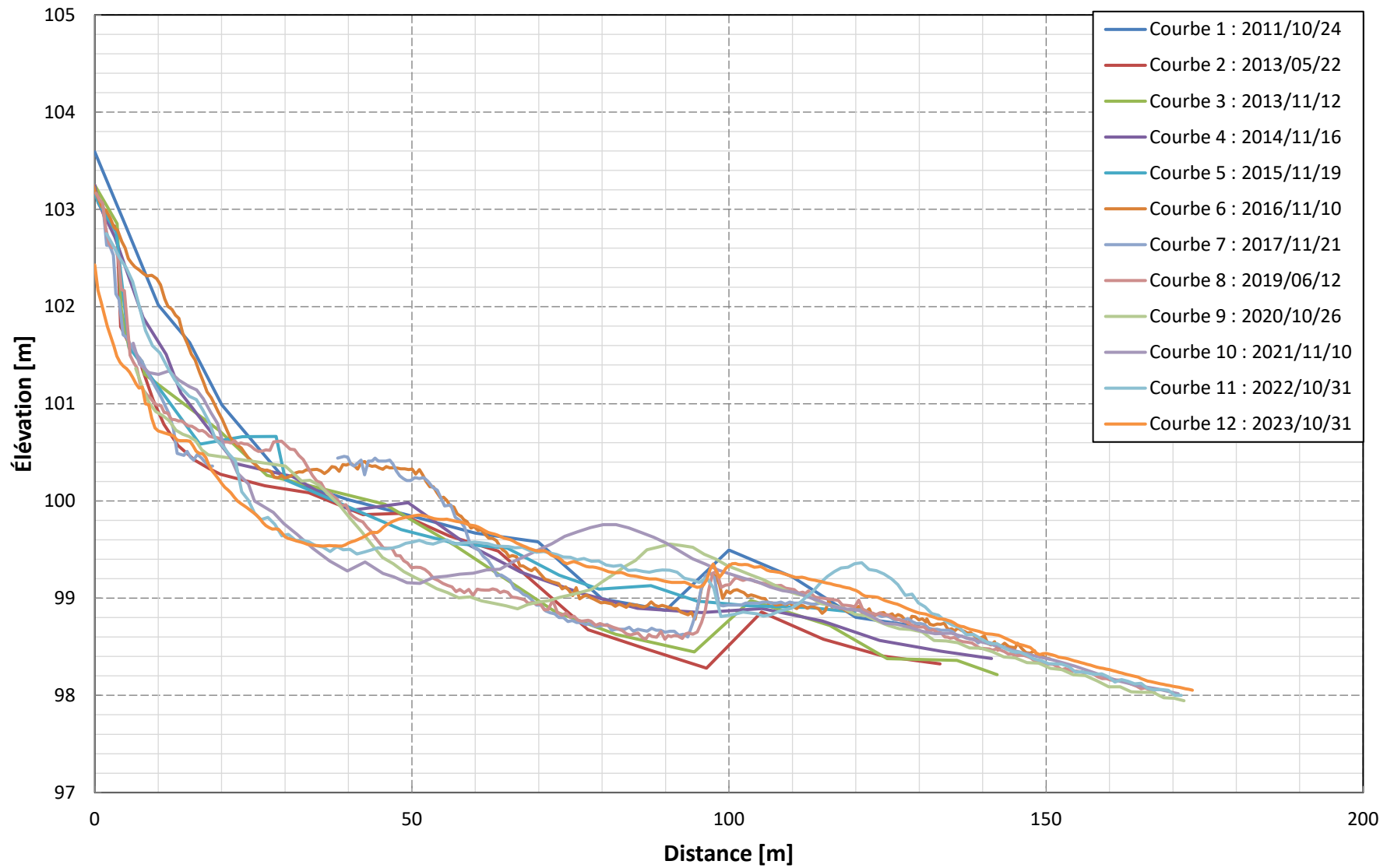
SECTEUR : A0307PR74 CHAINAGE : 2+210



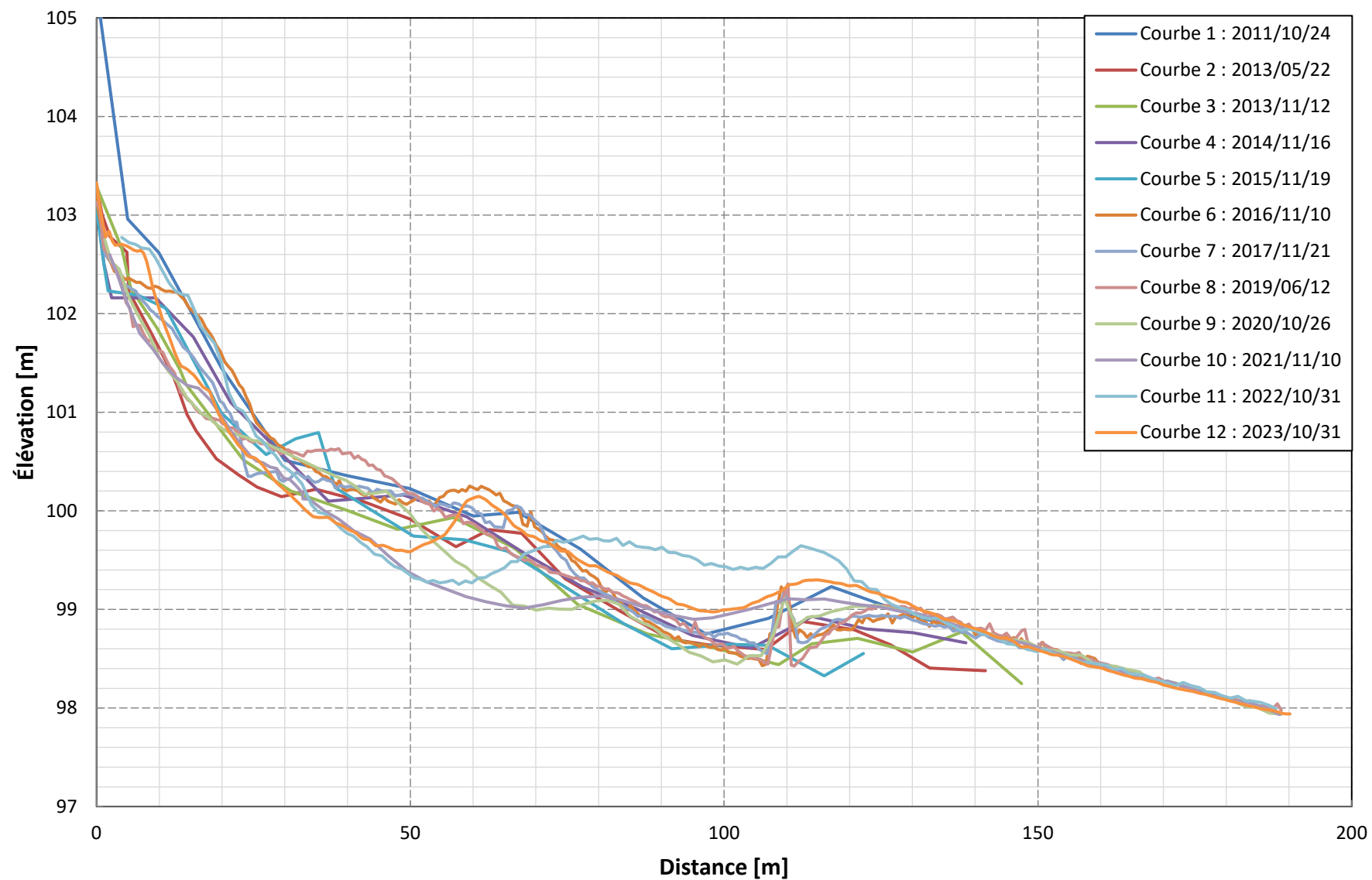
SECTEUR : A0307PR73 CHAINAGE : 2+186



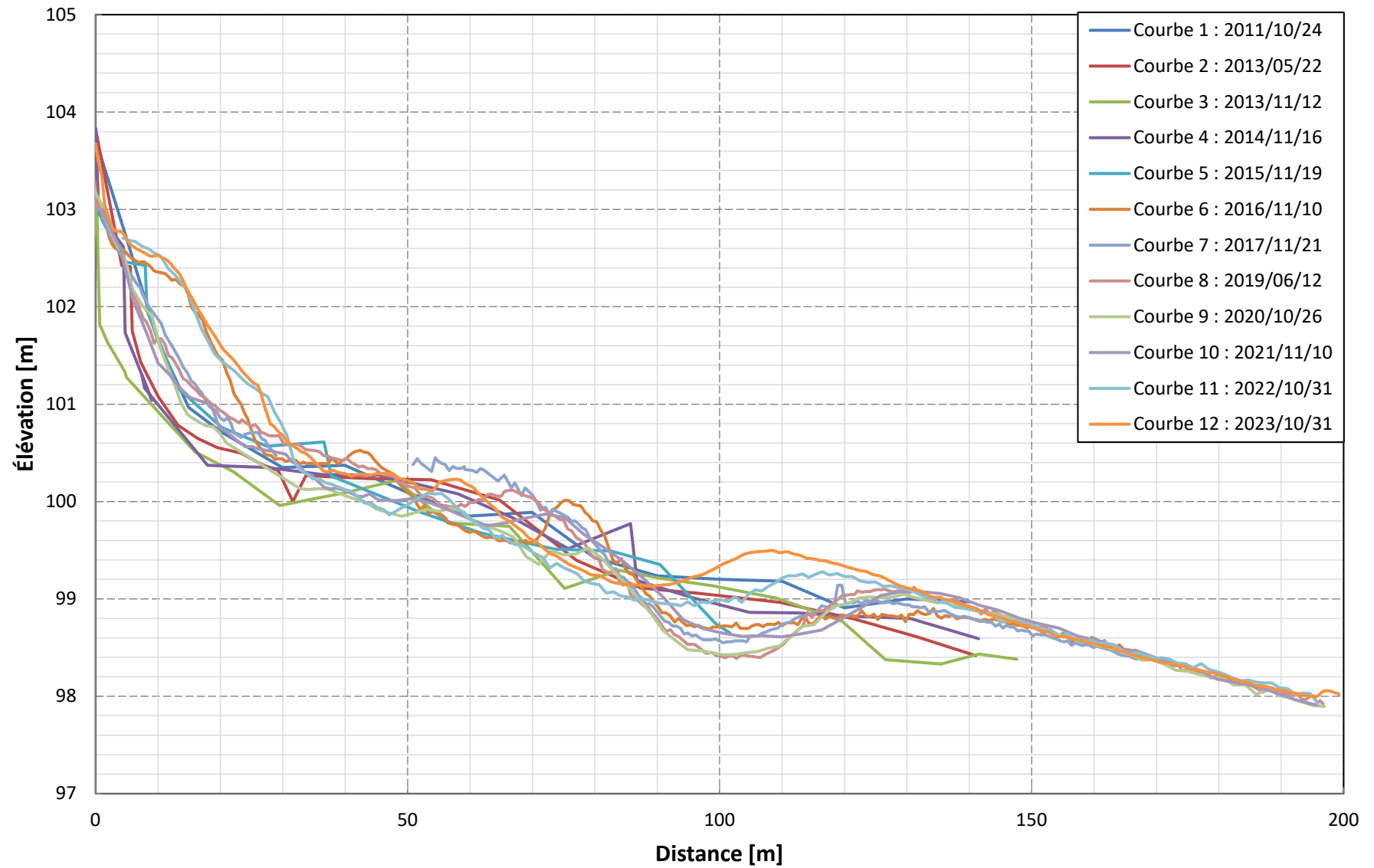
SECTEUR : A0307PR69 CHAINAGE : 2+152



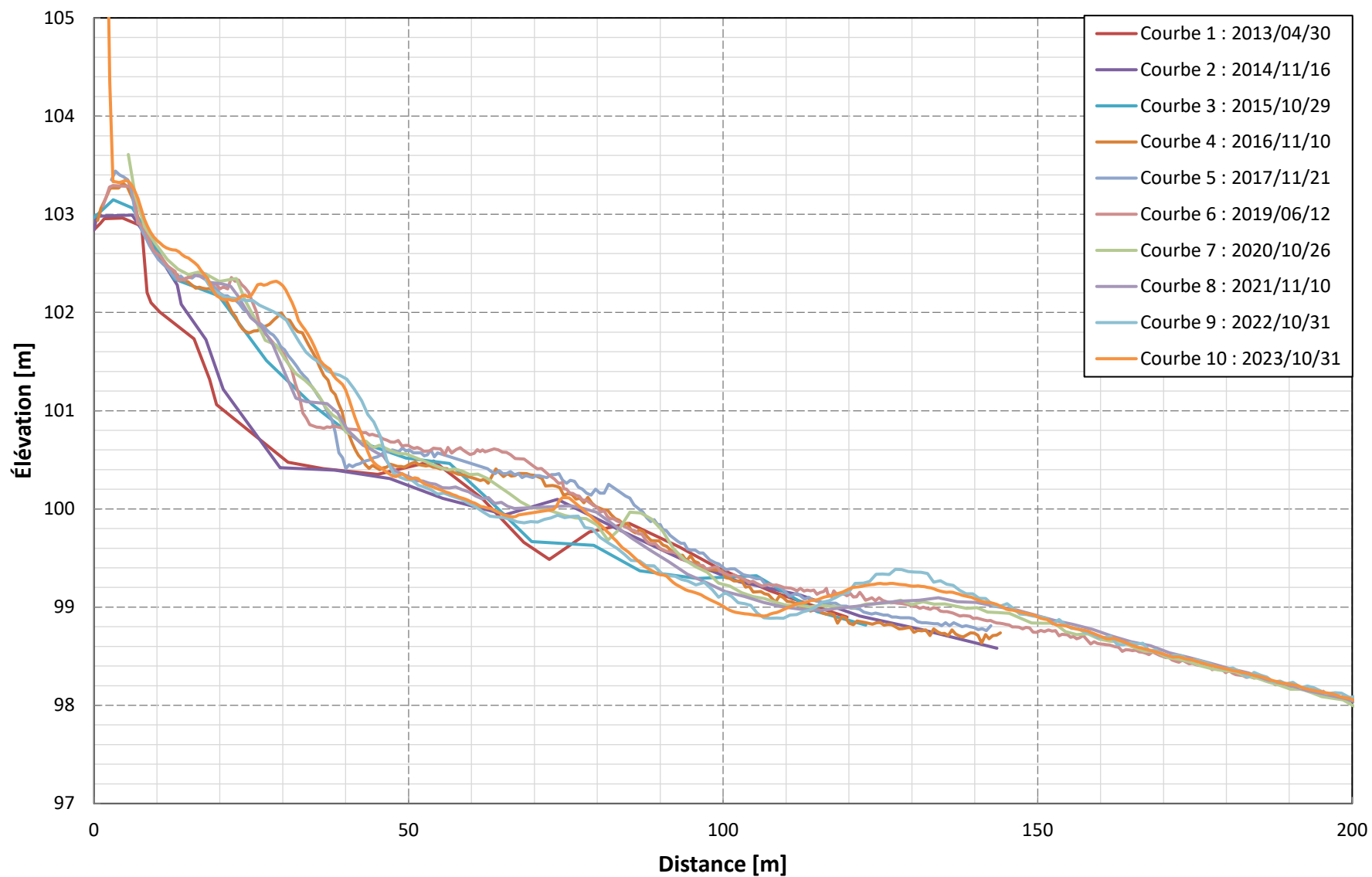
SECTEUR : A0307PR72 CHAINAGE : 2+095



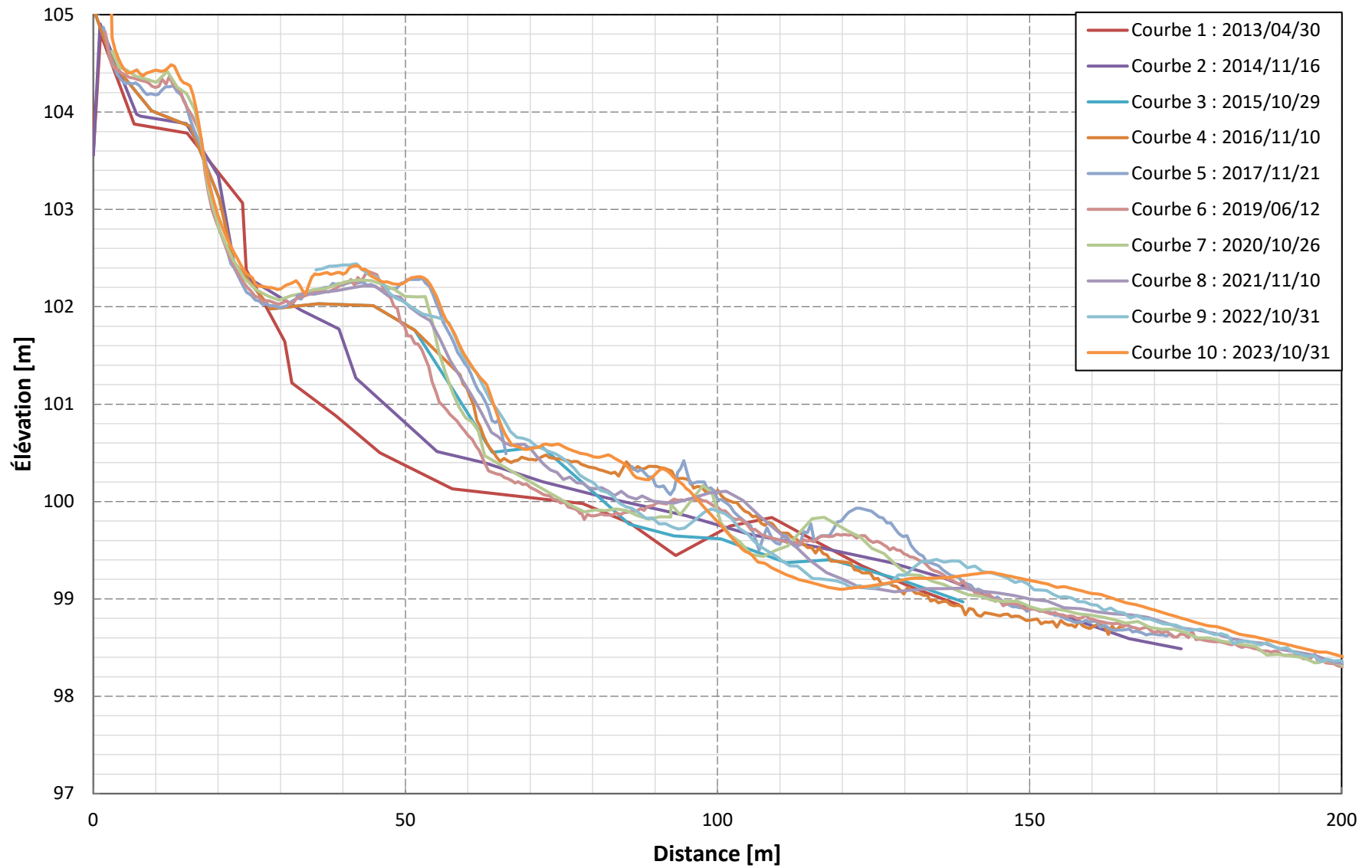
SECTEUR : A0307PR70 CHAINAGE : 2+049



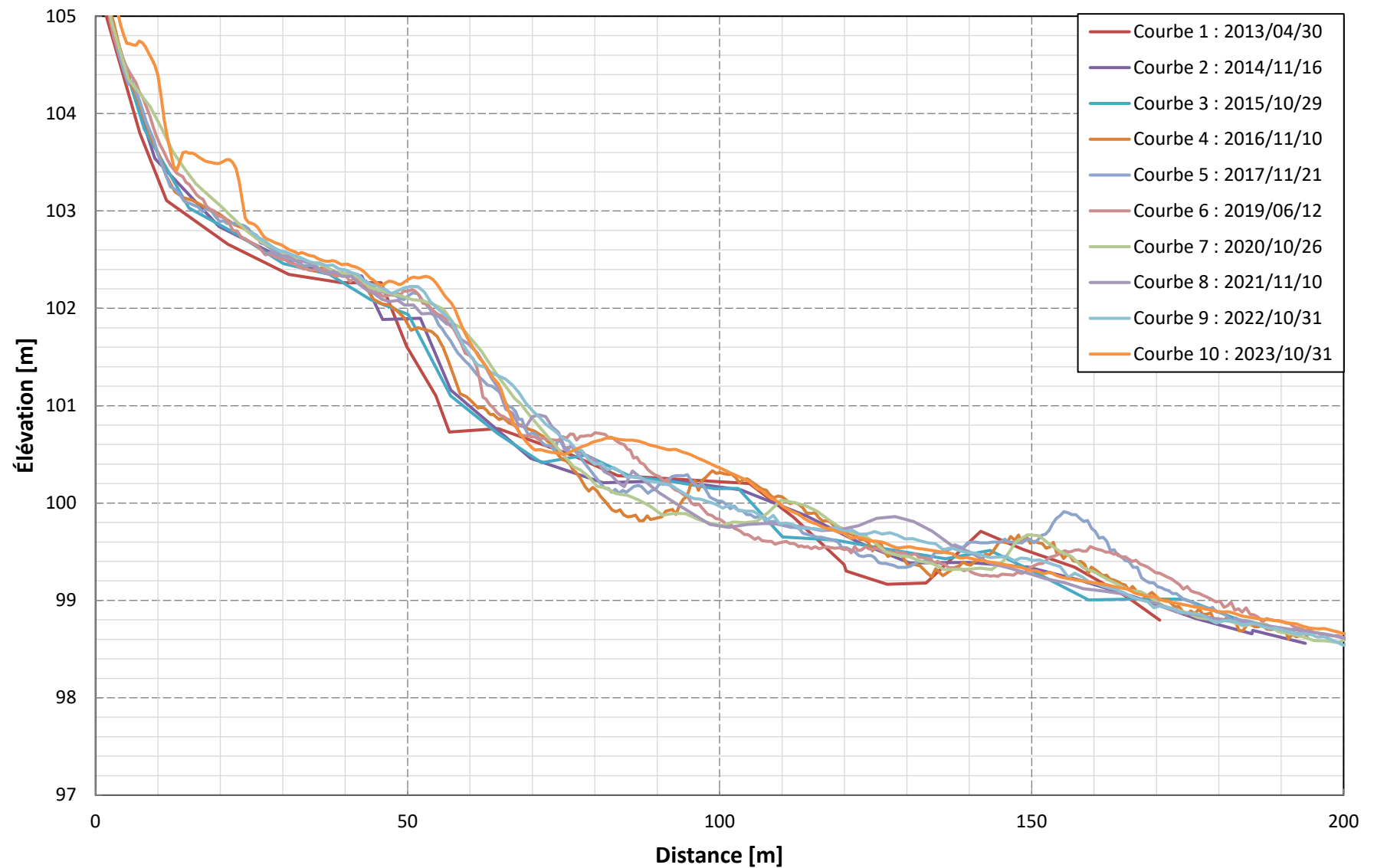
SECTEUR : A0307PR102 CHAINAGE : 1+973



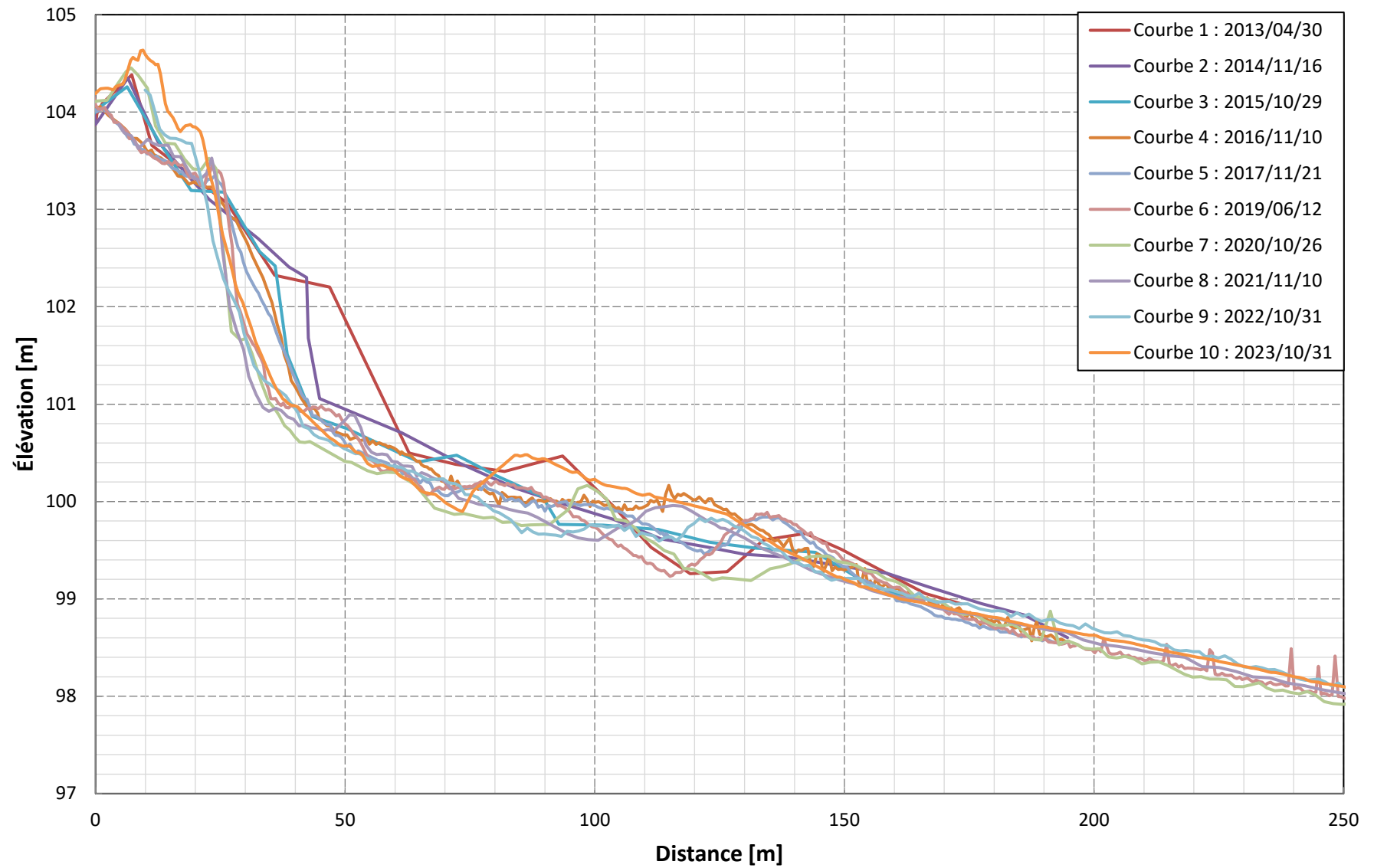
CHAINAGE : 1+870



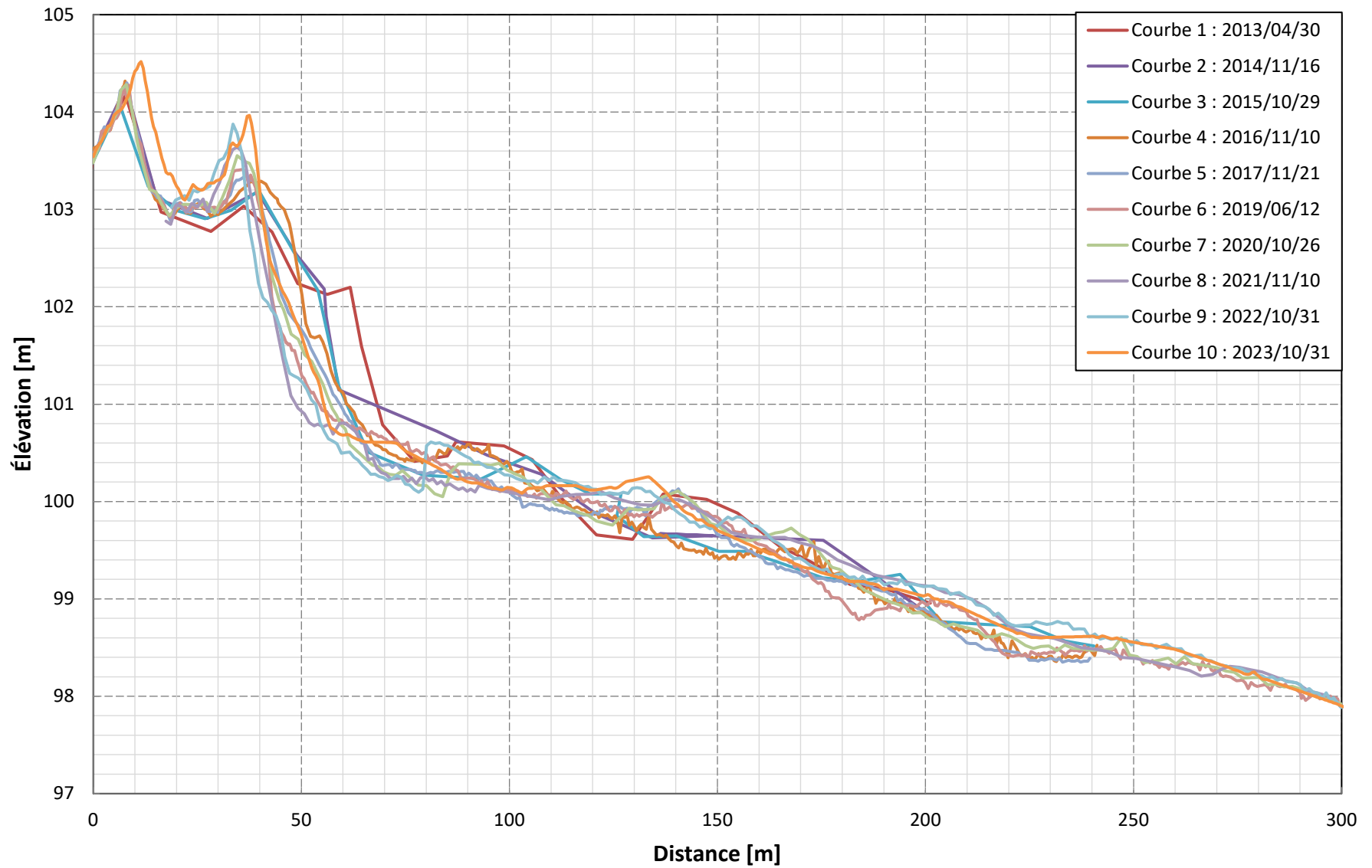
SECTEUR : A0307PR104 CHAINAGE : 1+771



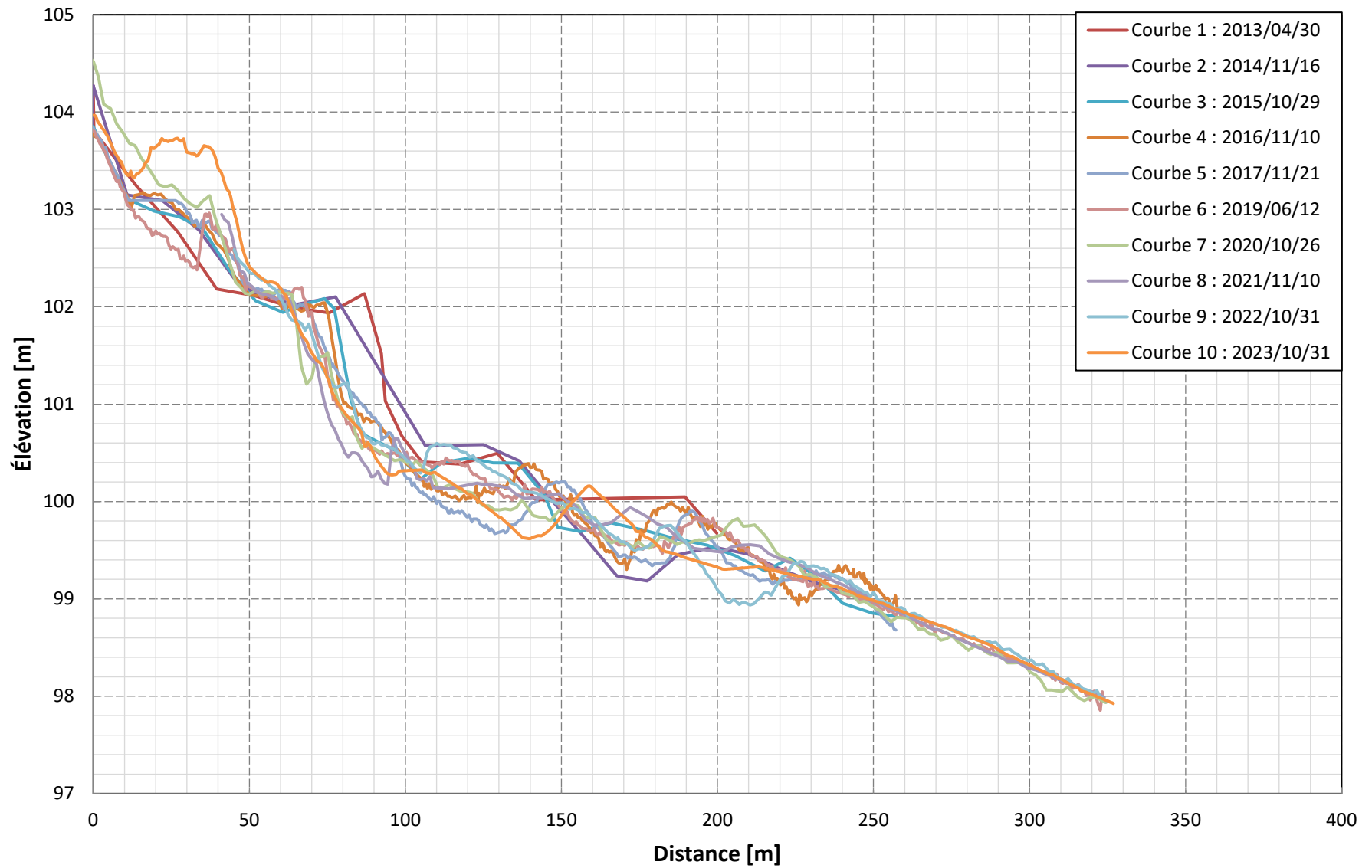
SECTEUR : A0307PR105 CHAINAGE : 1+673



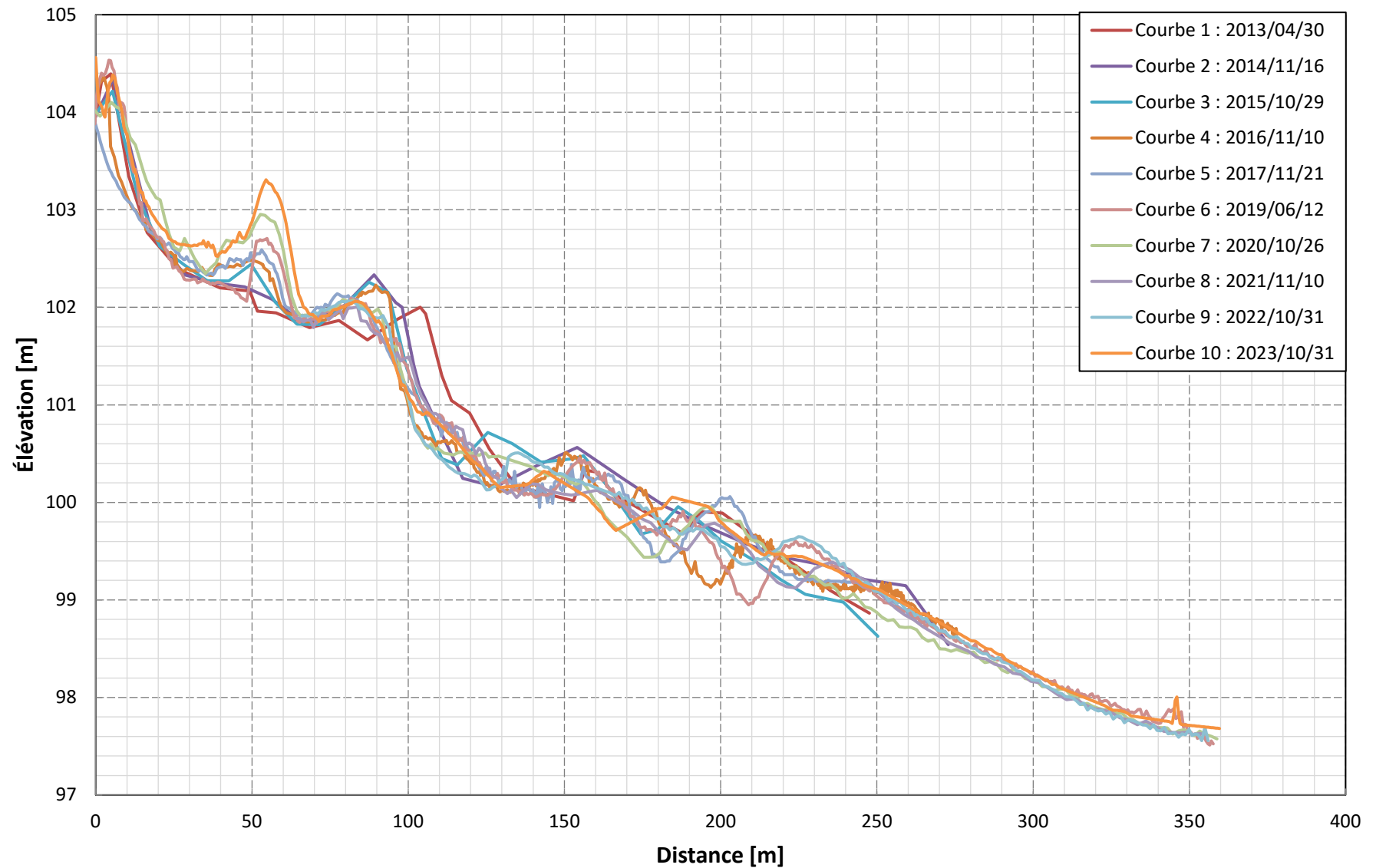
CHAINAGE : 1+573



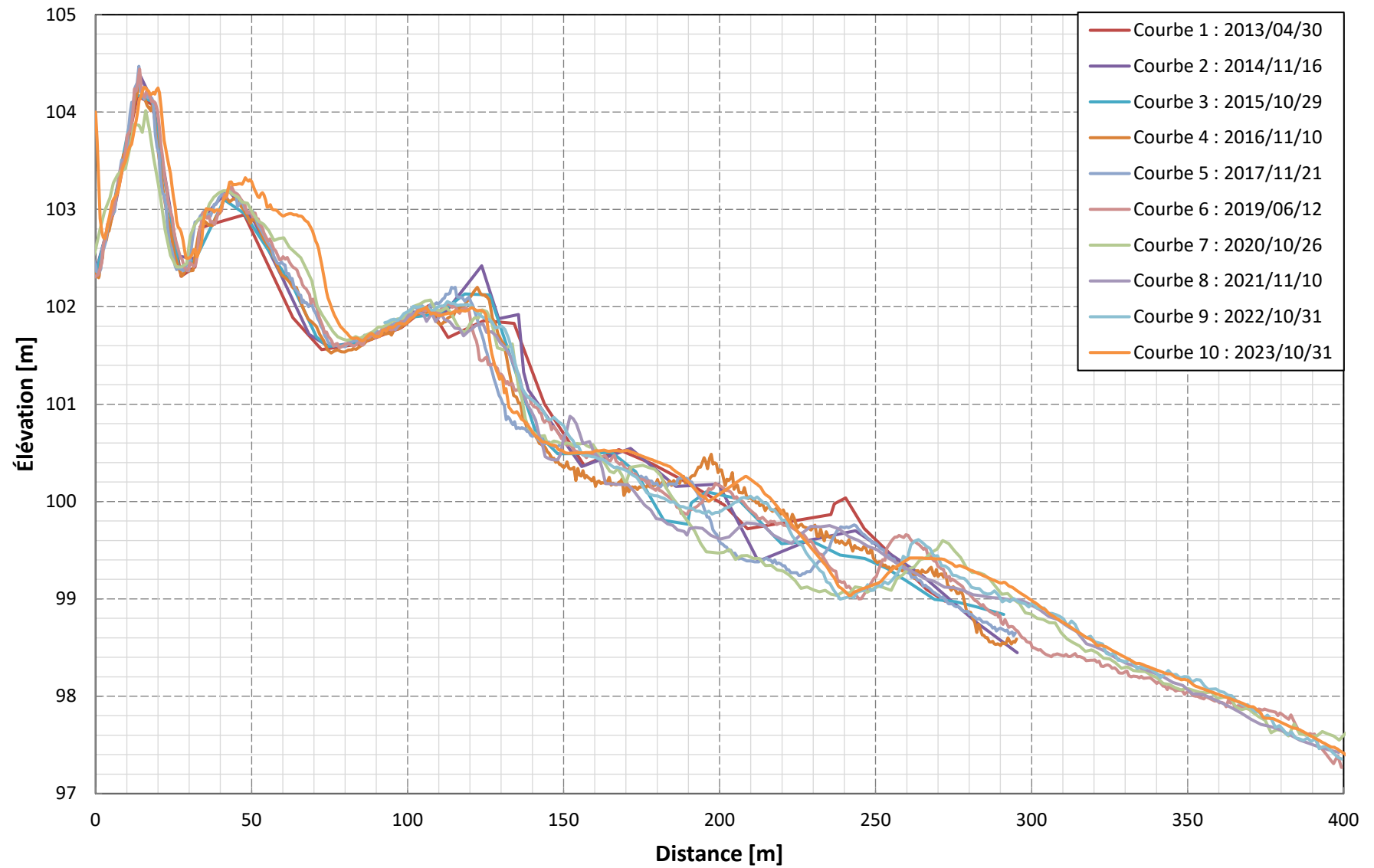
SECTEUR : A0307PR107 CHAINAGE : 1+474



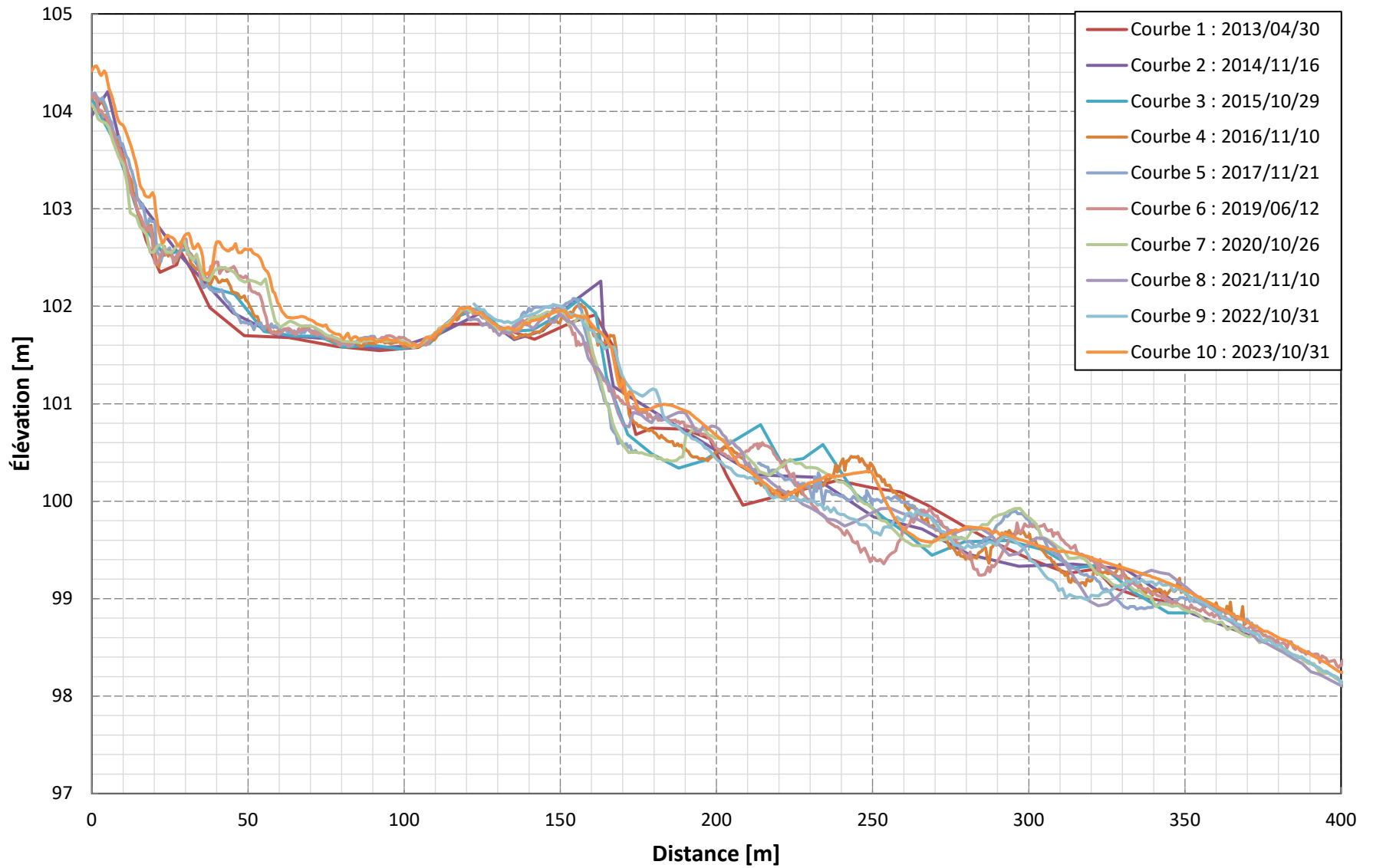
SECTEUR : A0307PR108 CHAINAGE : 1+374



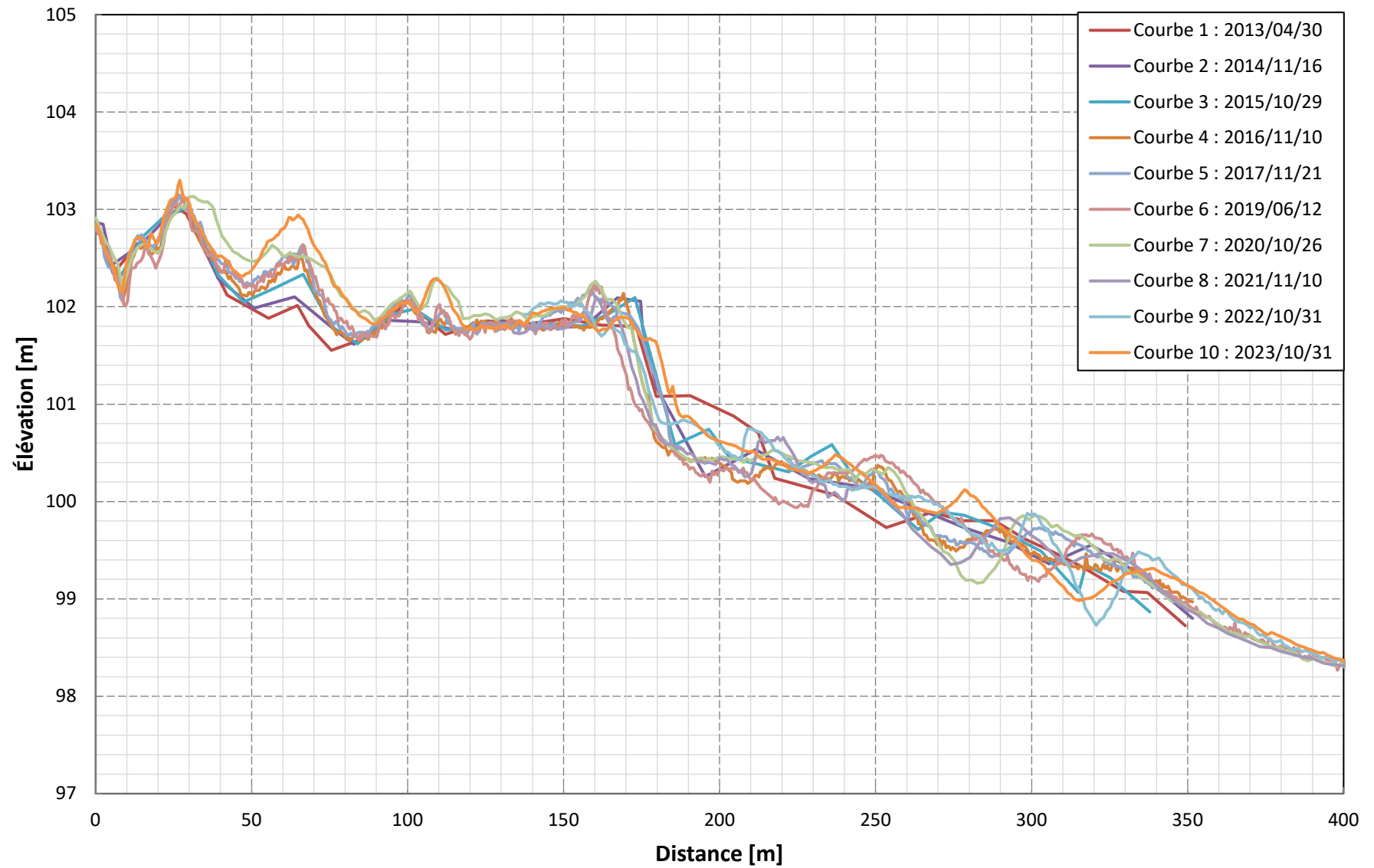
CHAINAGE : 1+263



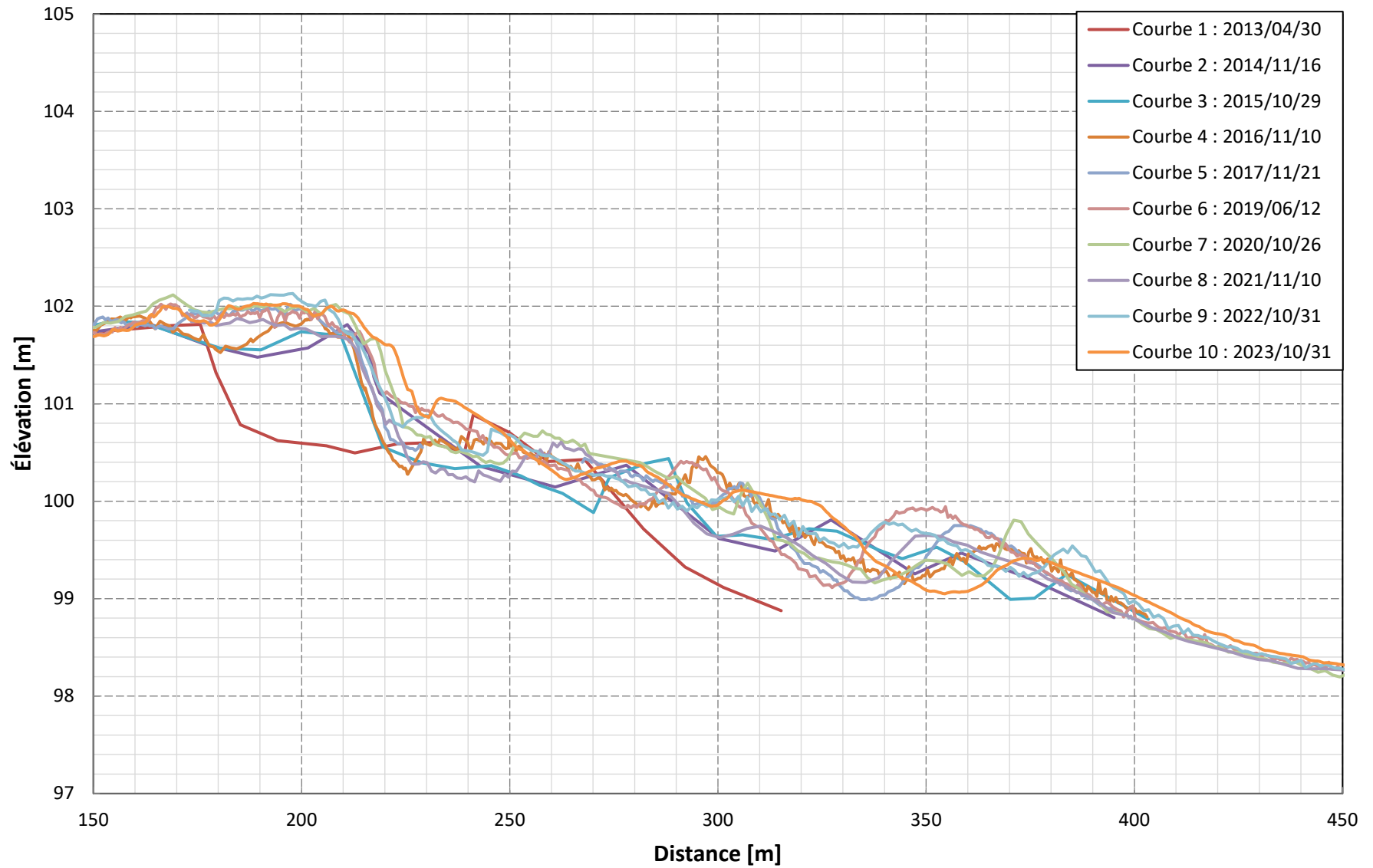
SECTEUR : A0307PR110 CHAINAGE : 1+164



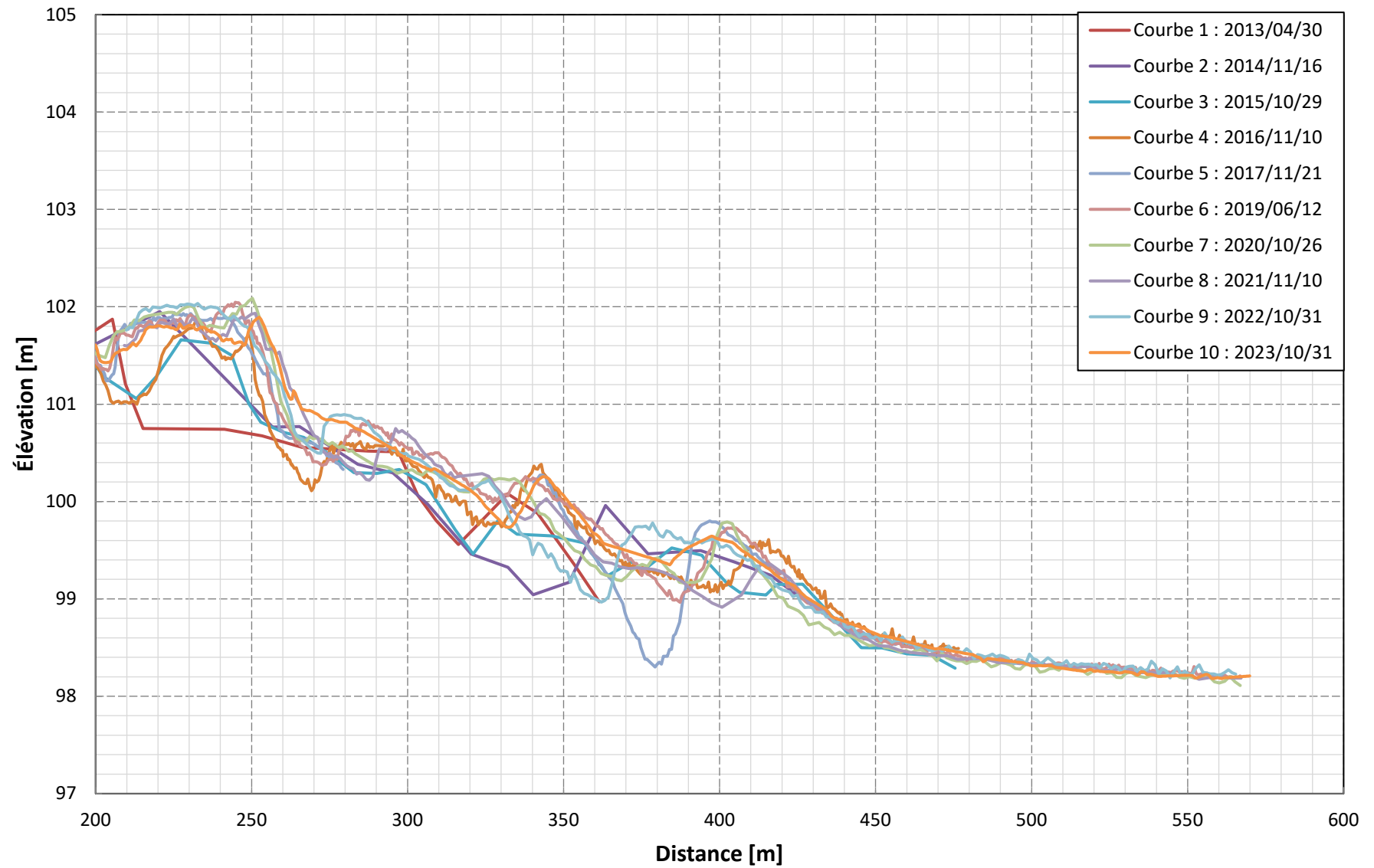
CHAINAGE : 1+064



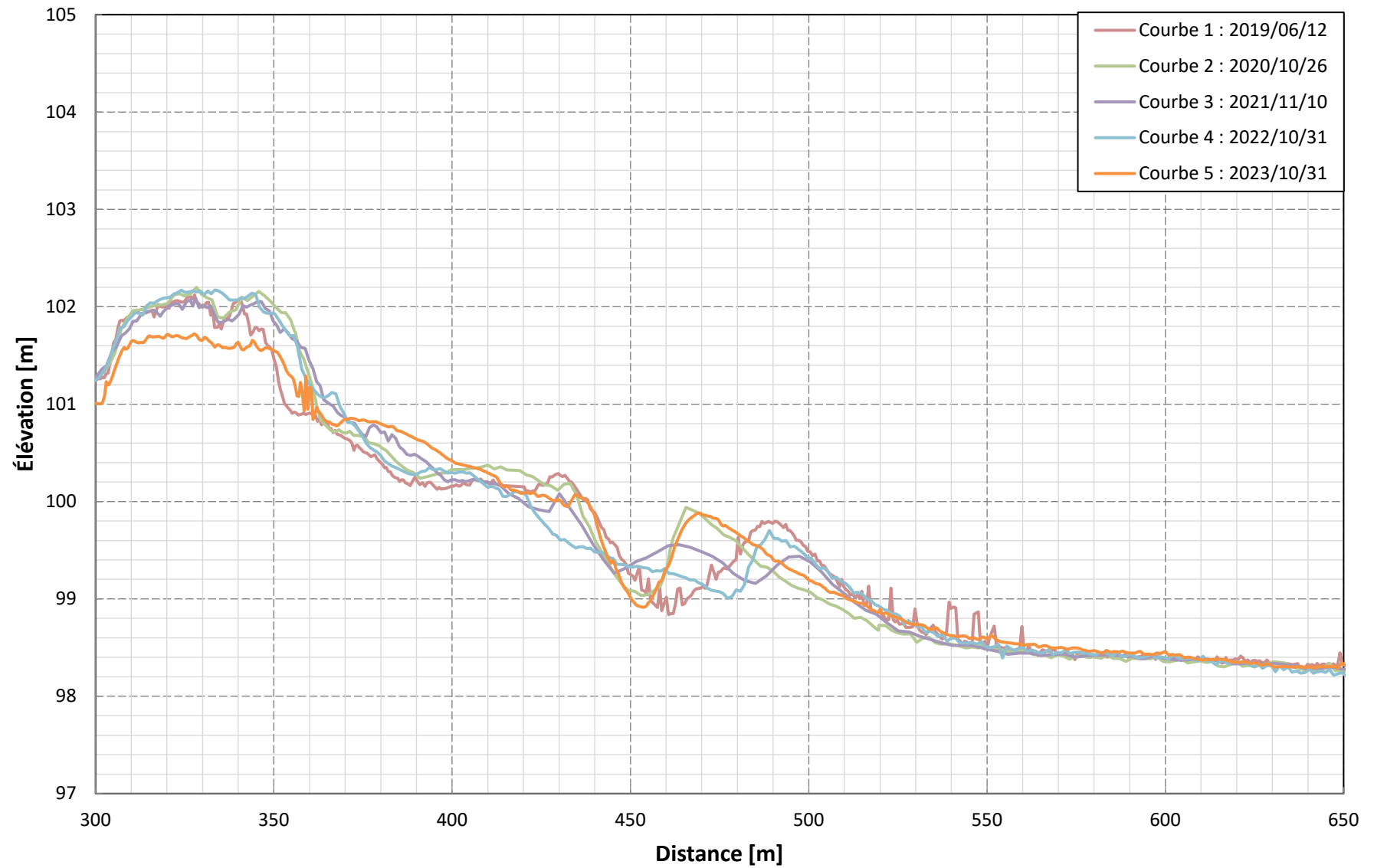
SECTEUR : A0307PR112 CHAINAGE : 0+964



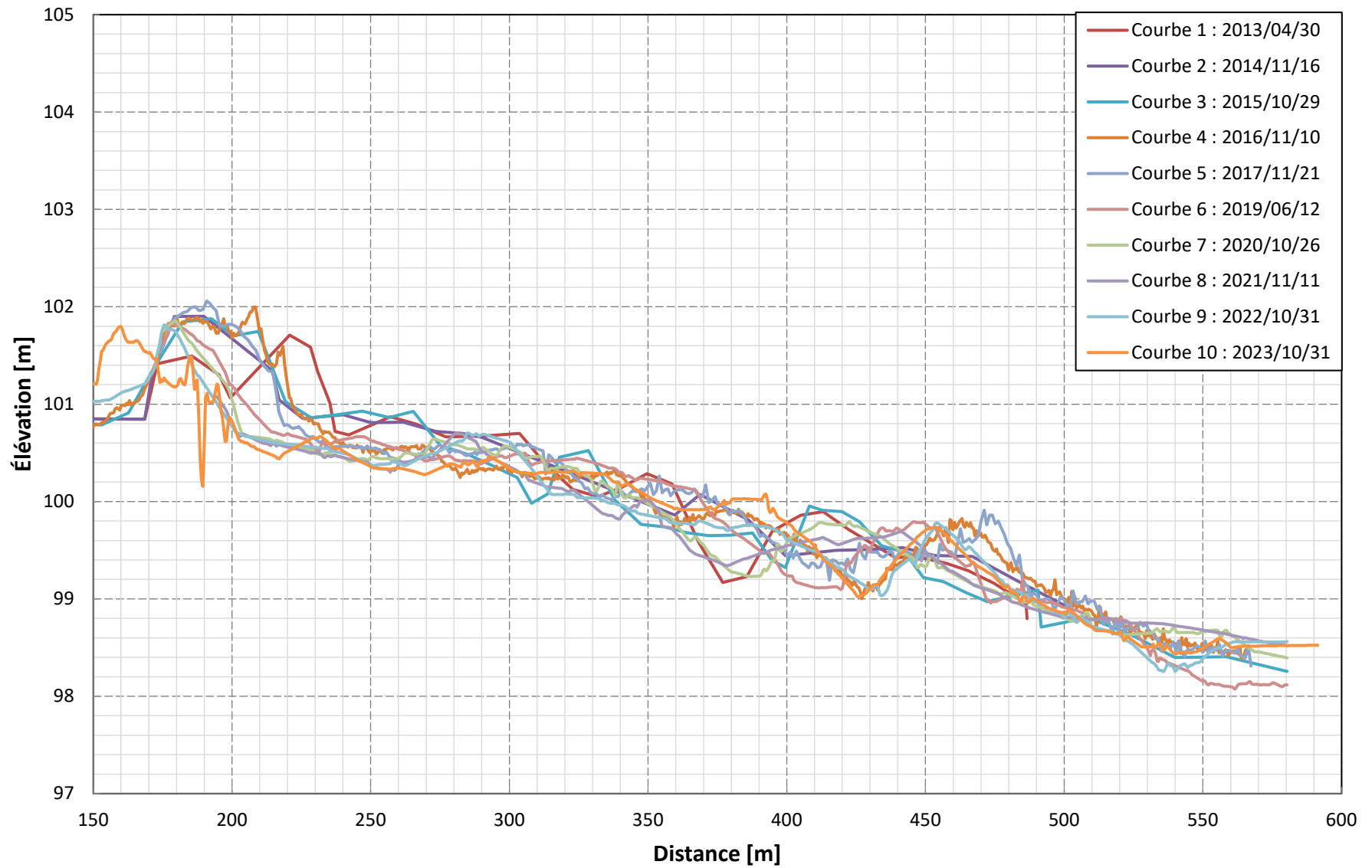
SECTEUR : A0307PR113 CHAINAGE : 0+894



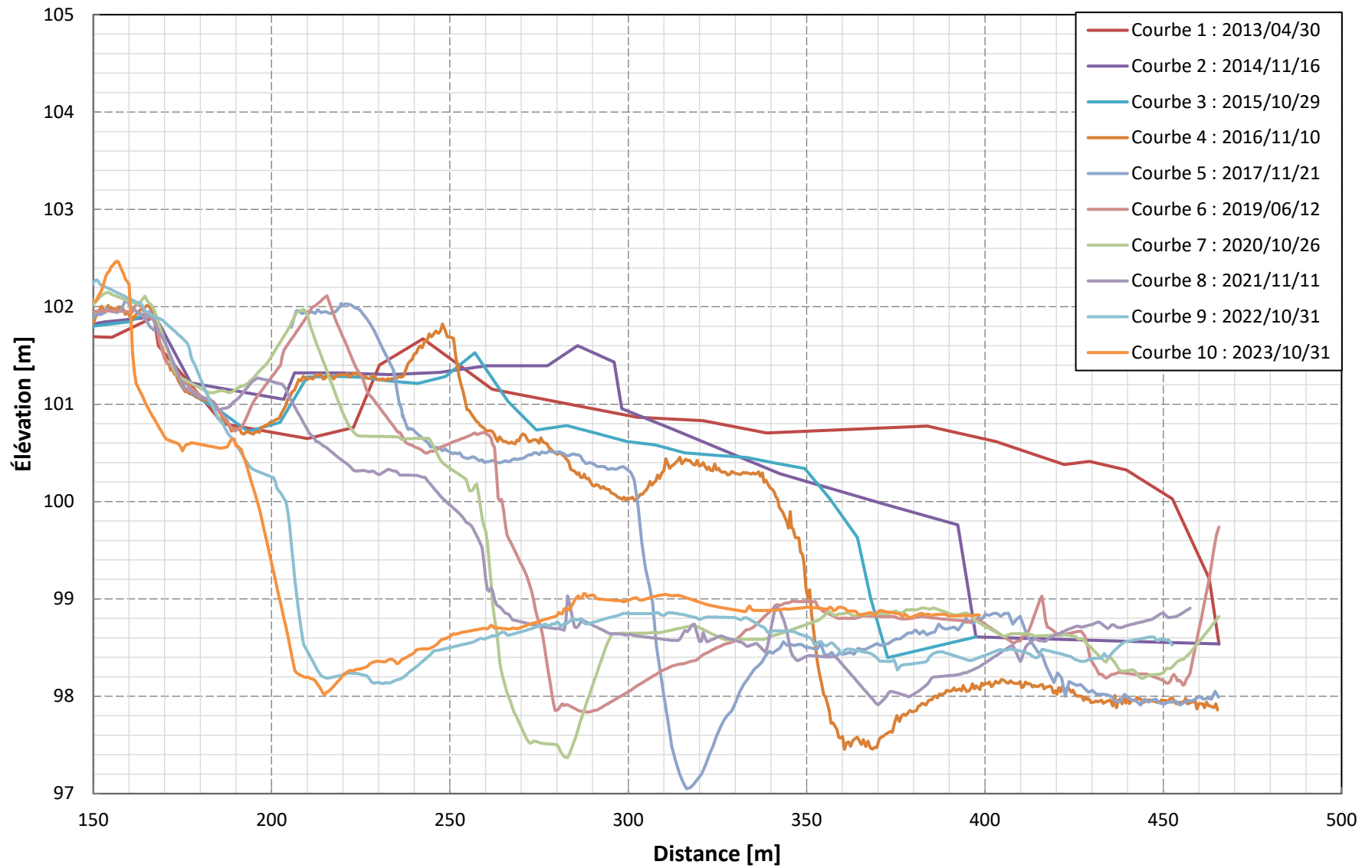
SECTEUR : A0307PR113p5 CHAINAGE : 0+830



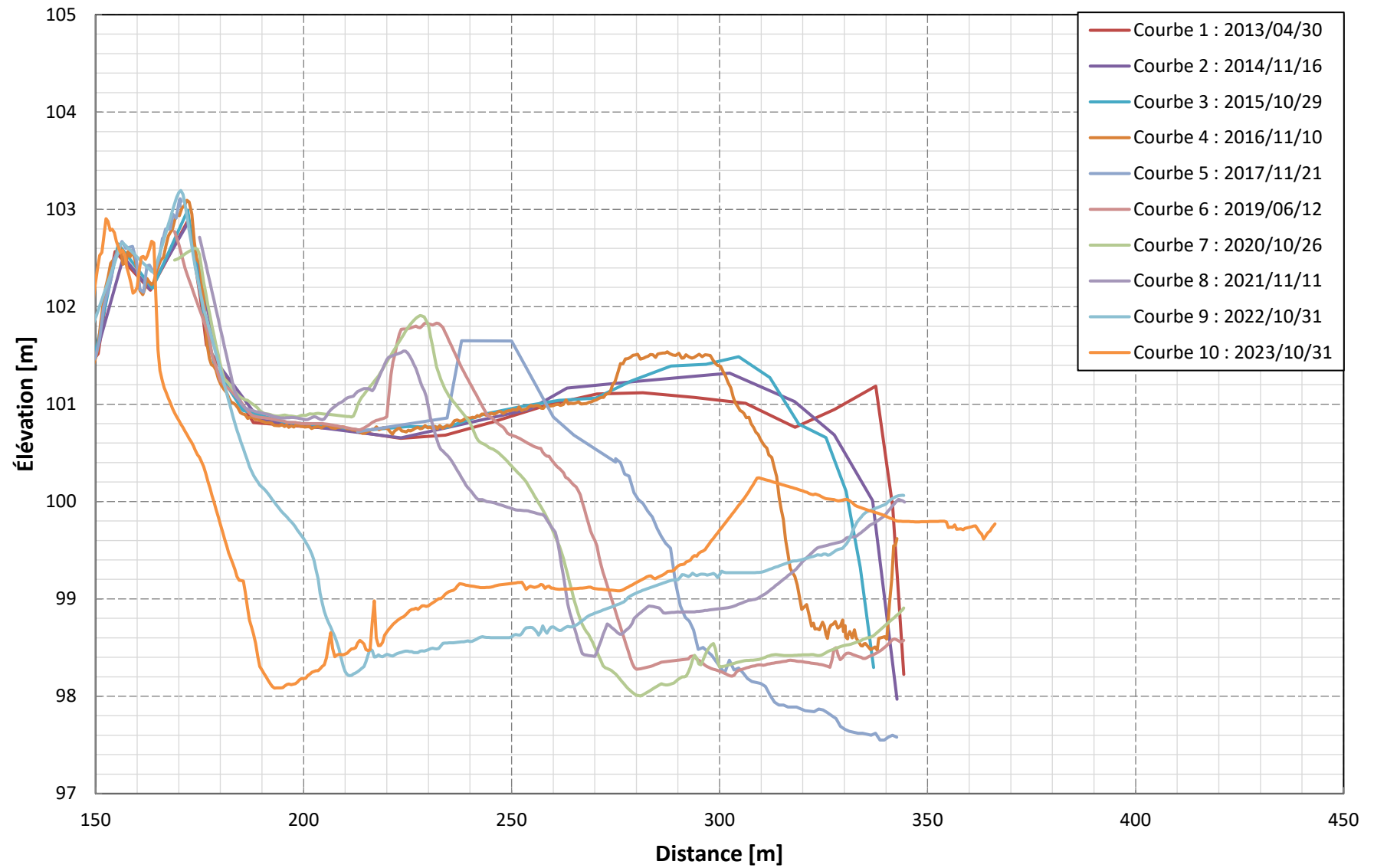
SECTEUR : A0307PR114 CHAINAGE : 0+764



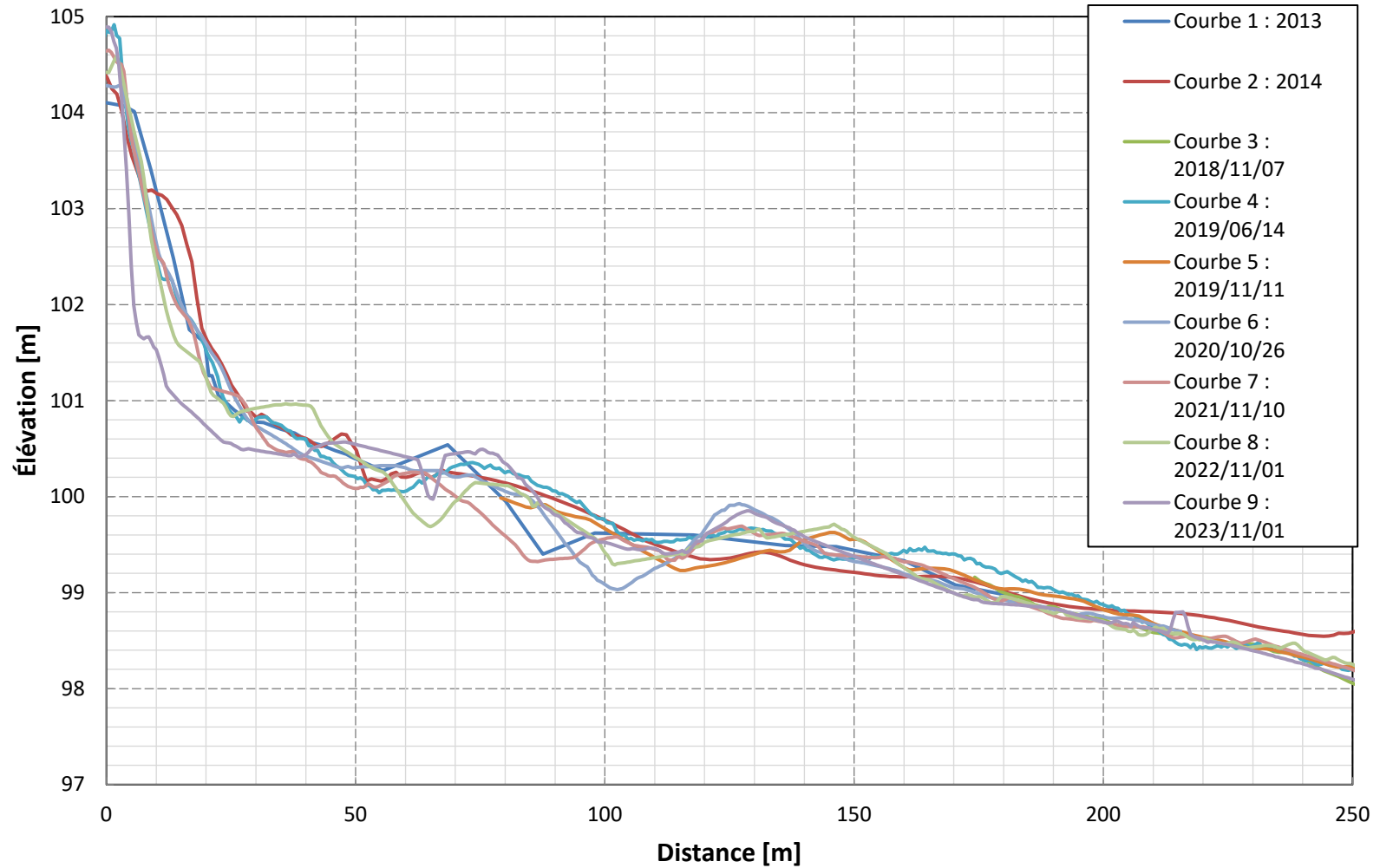
SECTEUR : A0307PR115 CHAINAGE : 0+664



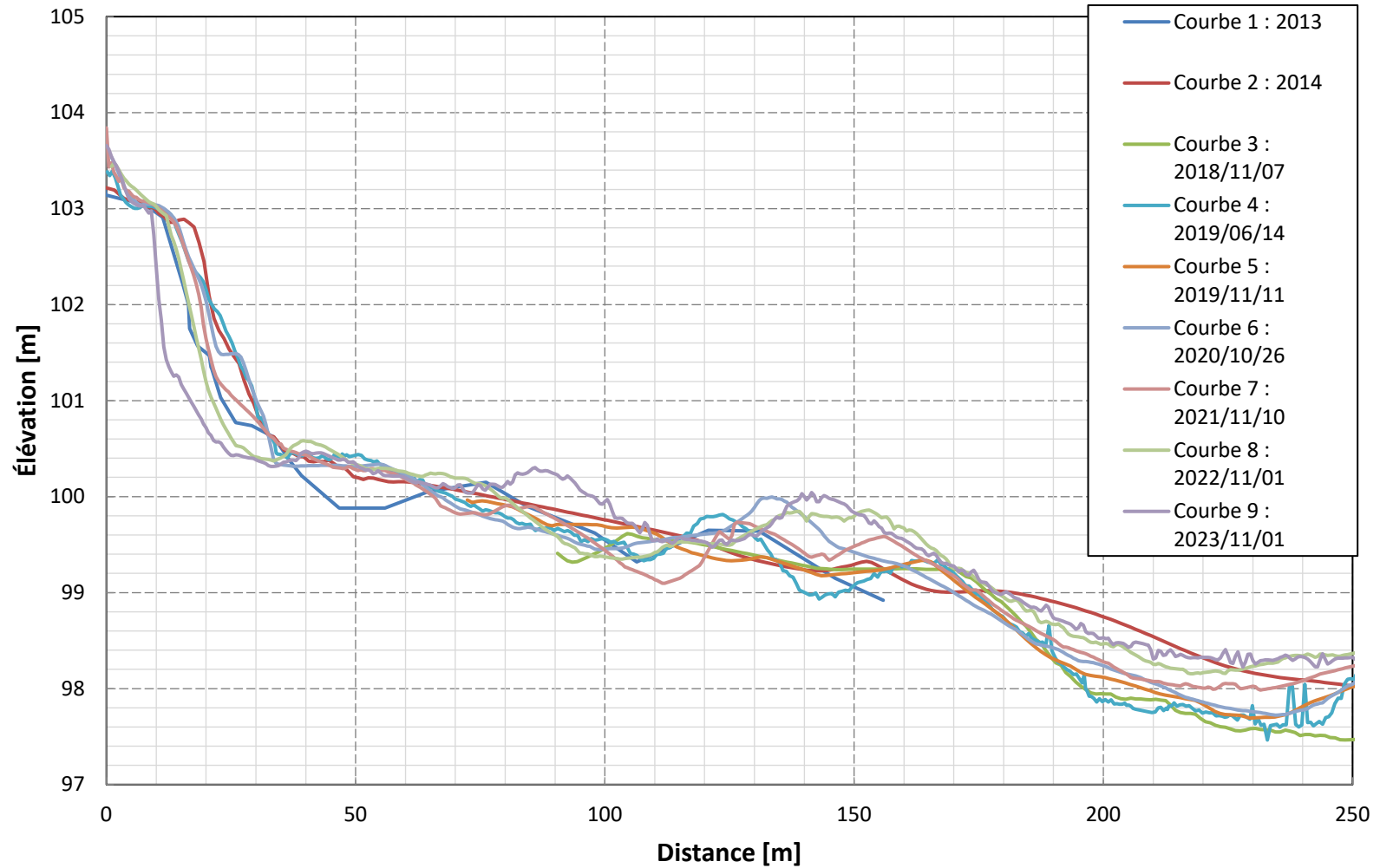
SECTEUR : A0307PR116 CHAINAGE : 0+600



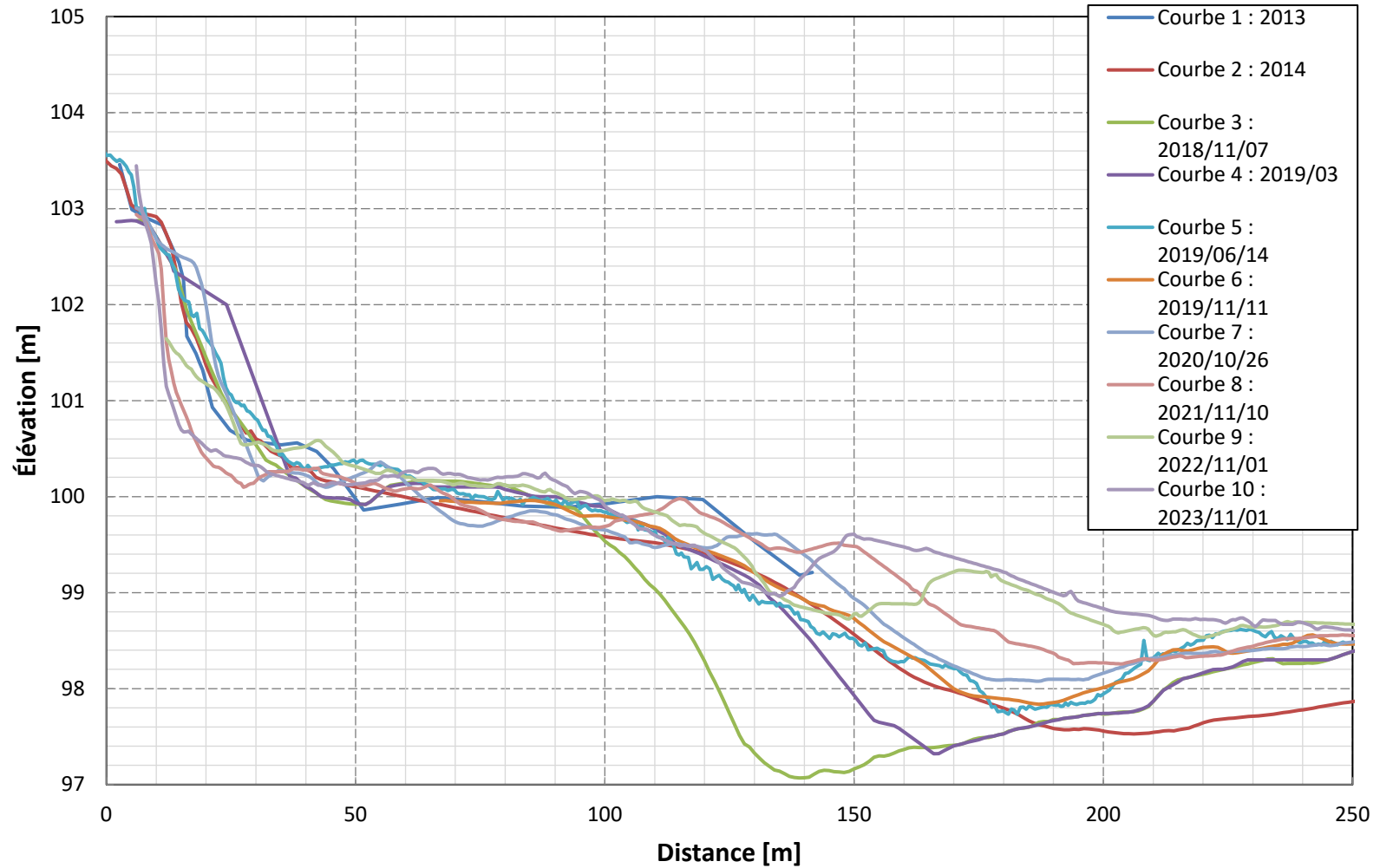
CHAINAGE : 1+532



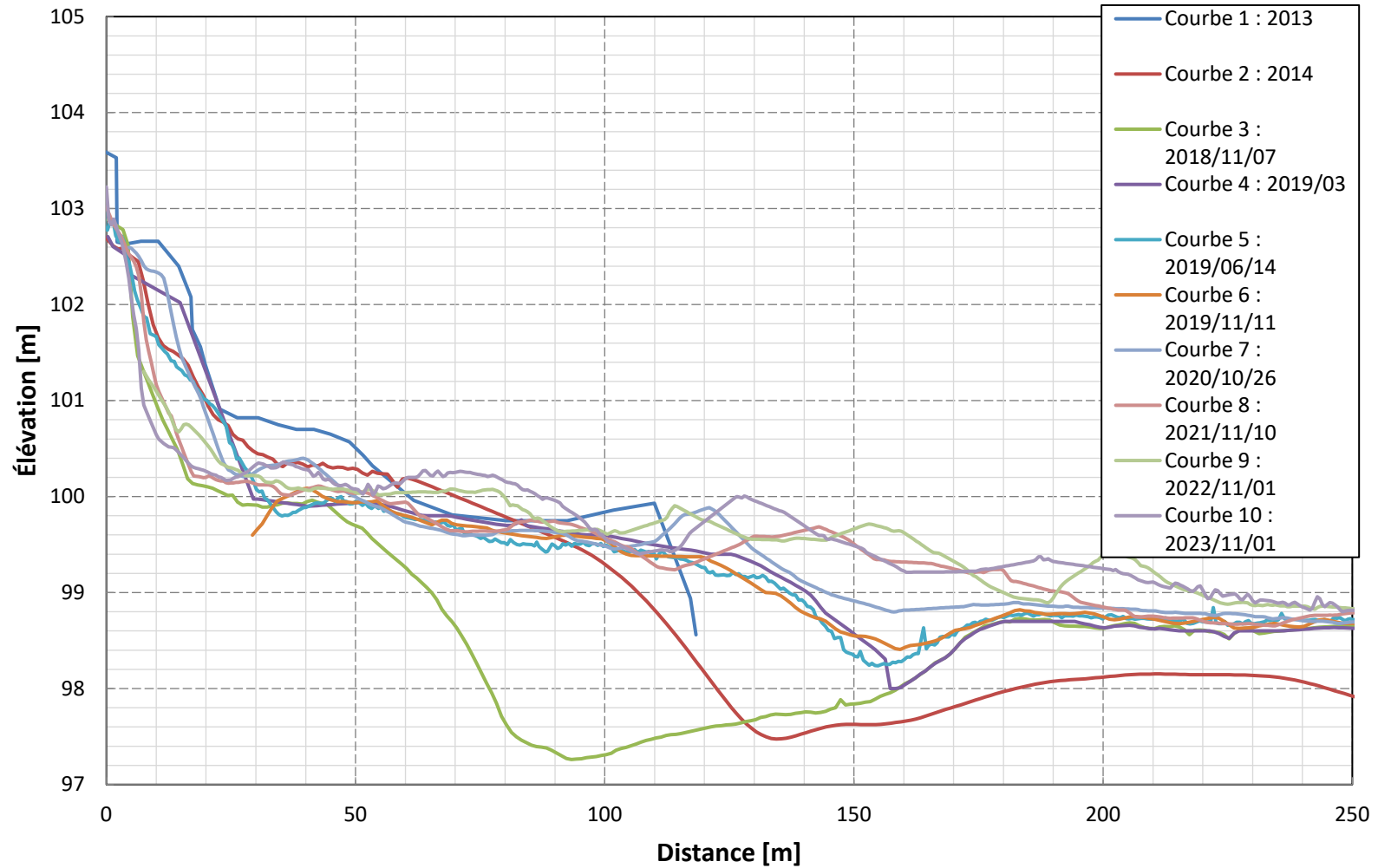
SECTEUR : A0207PR20 CHAINAGE : 1+576



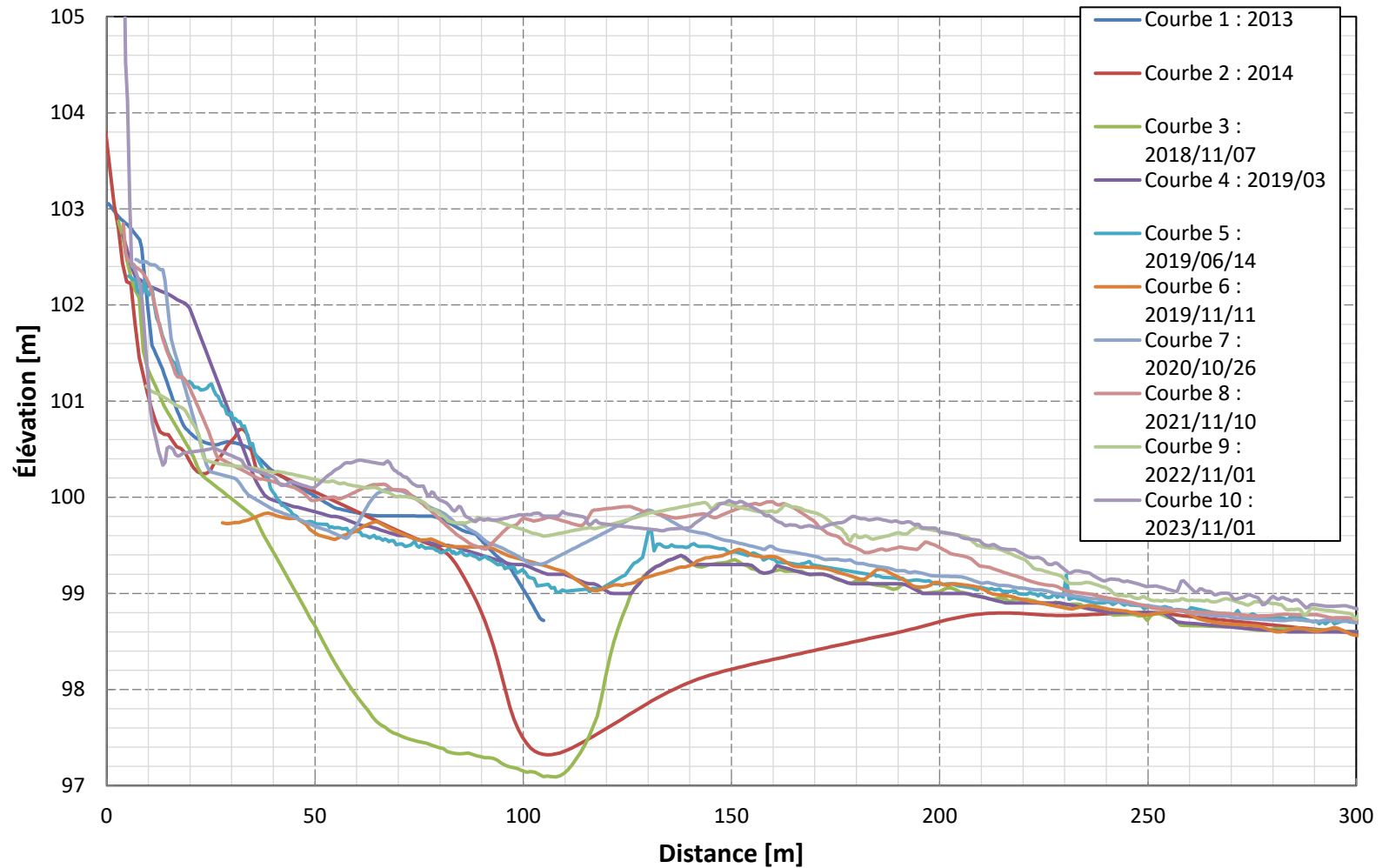
CHAINAGE : 1+654



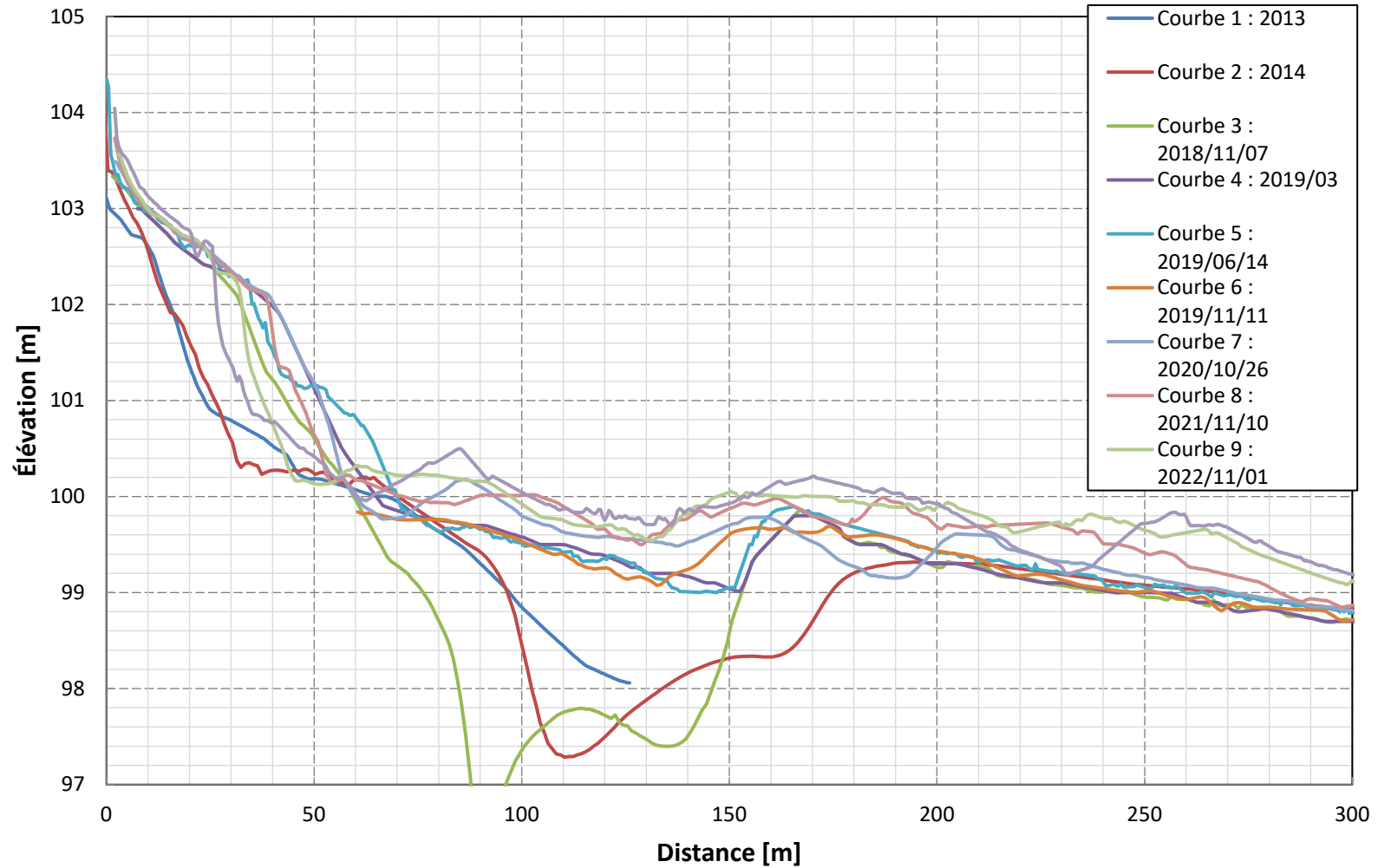
SECTEUR : A0207PR22 CHAINAGE : 1+726



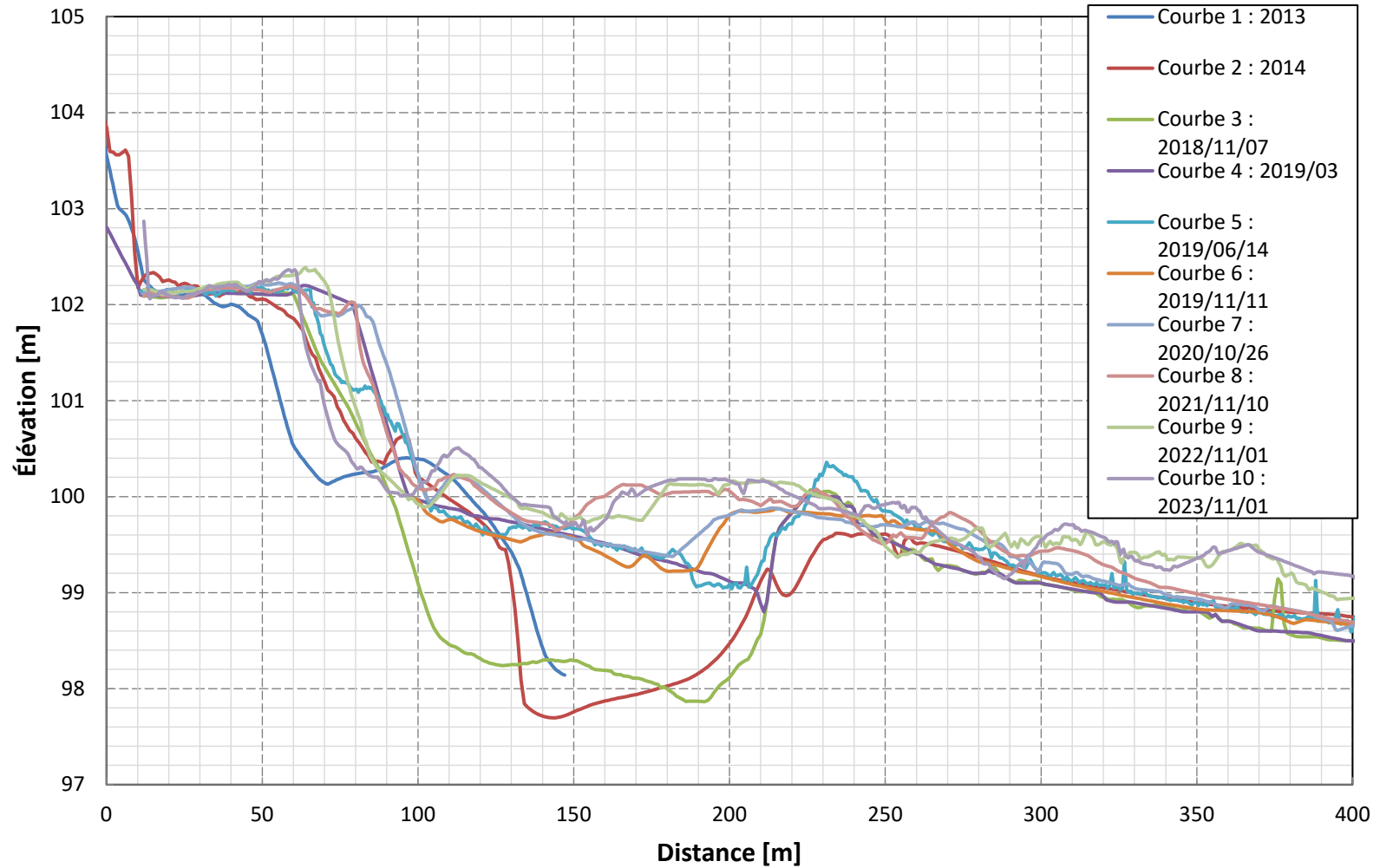
SECTEUR : A0207PR23 CHAINAGE : 1+828



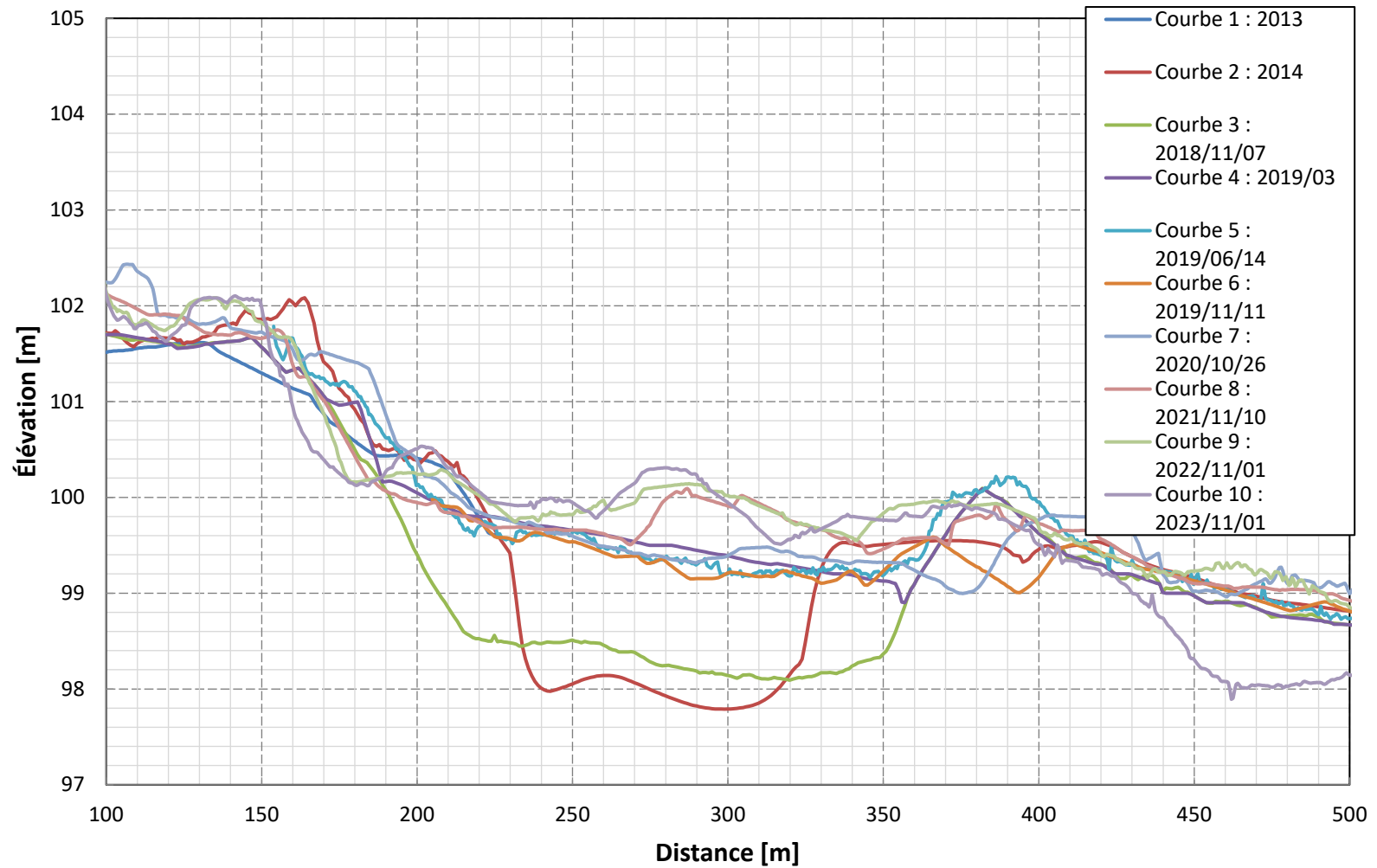
CHAINAGE : 1+914



CHAINAGE : 2+023



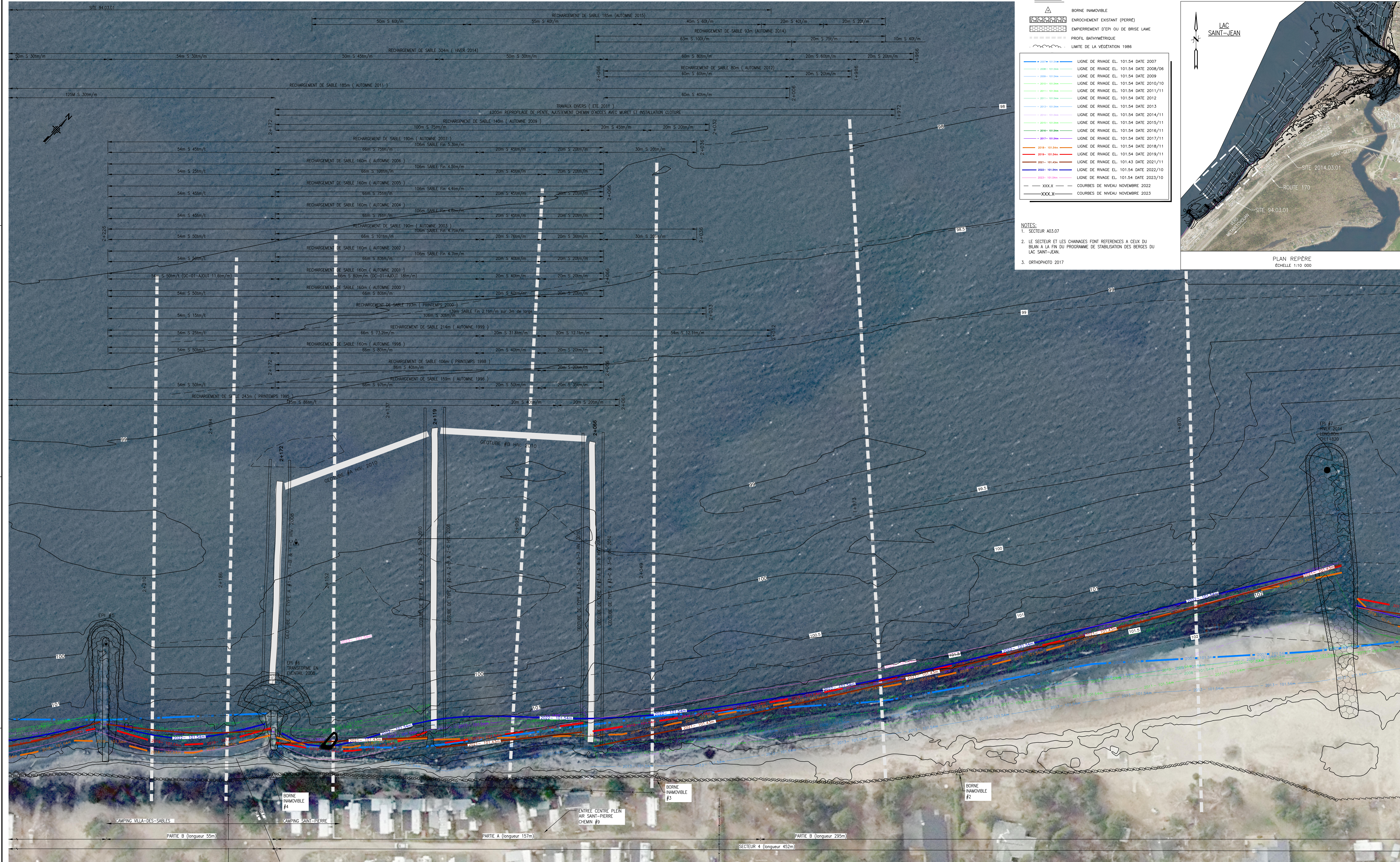
SECTEUR : A0207PR26 CHAINAGE : 2+175

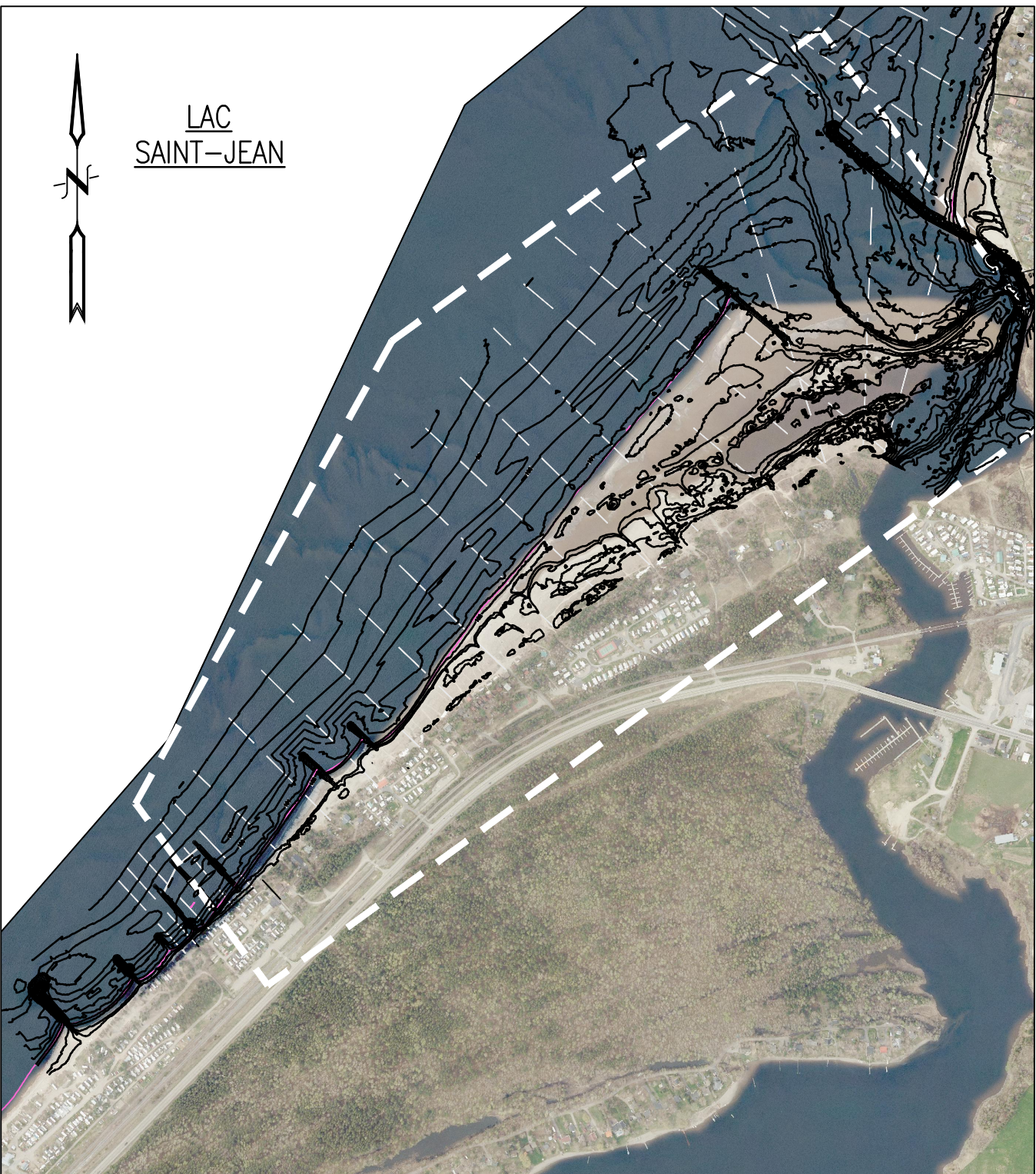
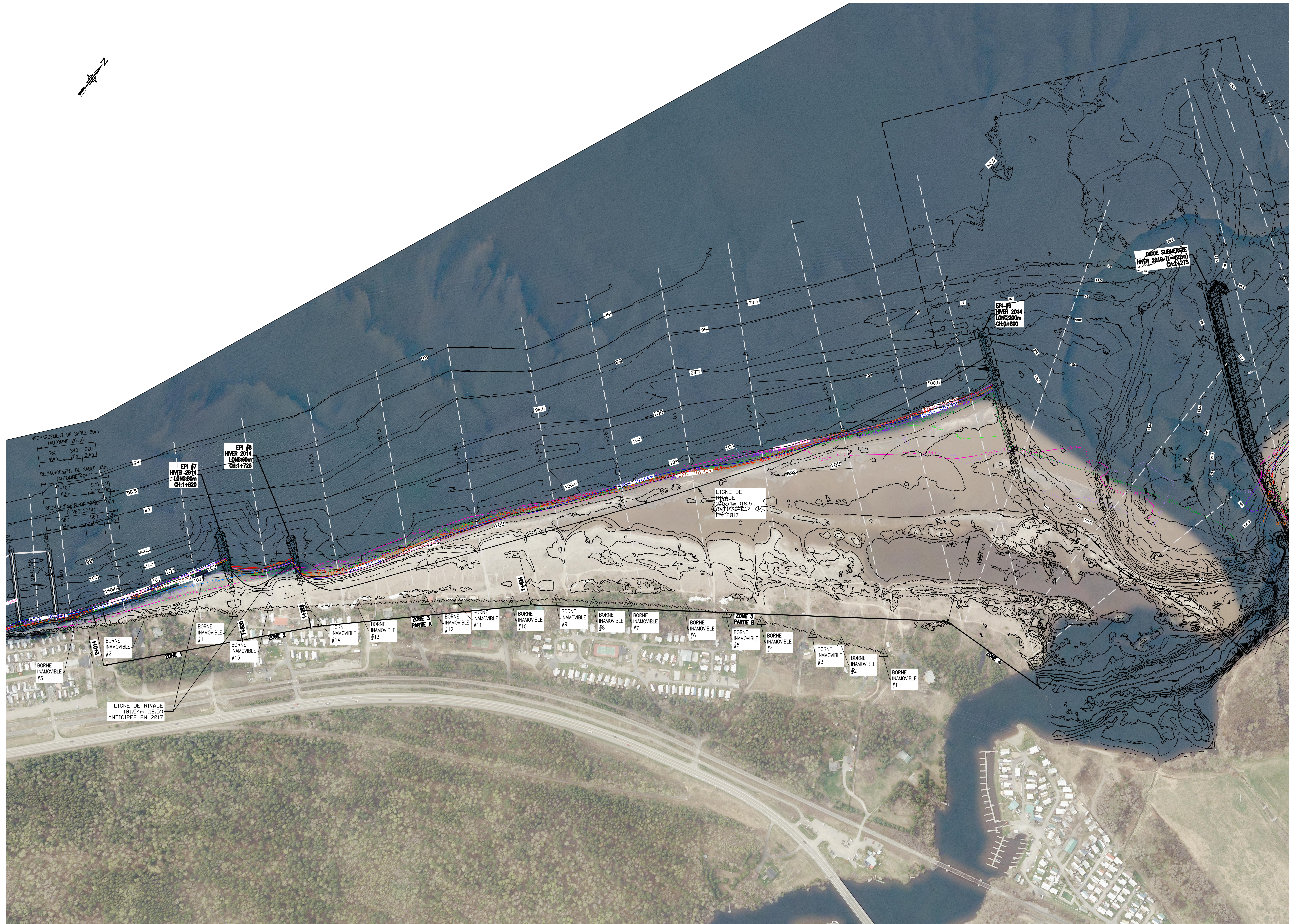


ANNEXE






C PLANS







LÉGENDE

- | | |
|---|------------------------------|
|  | BORNE INAMOVIBLE |
|  | ENROCHEMENT EXISTANT (PERRÉ) |
|  | EMPIERREMENT D'EPI OU DE BRI |
|  | PROFIL BATHYMETRIQUE |
|  | LIMITE DE LA VÉGÉTATION 1986 |

- | | |
|-----------------|---|
| — 2013- 101.54m | LIGNE DE RIVAGE EL. 101.54 DATE 2013 |
| — 2014- 101.54m | LIGNE DE RIVAGE EL. 101.54 DATE 2014/11 |
| — 2015- 101.54m | LIGNE DE RIVAGE EL. 101.54 DATE 2015/11 |
| — 2016- 101.54m | LIGNE DE RIVAGE EL. 101.54 DATE 2016/11 |
| — 2017- 101.54m | LIGNE DE RIVAGE EL. 101.54 DATE 2017/11 |
| — 2018- 101.54m | LIGNE DE RIVAGE EL. 101.54 DATE 2018/11 |
| — 2019- 101.54m | LIGNE DE RIVAGE EL. 101.54 DATE 2019/11 |
| — 2021- 101.43m | LIGNE DE RIVAGE EL. 101.43 DATE 2021/11 |
| — 2022- 101.54m | LIGNE DE RIVAGE EL. 101.54 DATE 2022/10 |
| — 2023- 101.54m | LIGNE DE RIVAGE EL. 101.54 DATE 2023/10 |
| — XXX-X | COURBES DE NIVEAU NOVEMBRE 2022 |
| — XXX-X | COURBES DE NIVEAU NOVEMBRE 2023 |

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

VUE EN PLAN
ÉCHELLE 1:2000

[illegible]

ANNEXE

D SYNTHÈSE DES INTERVENTIONS ET OBSERVATIONS

Tableau D.1
Synthèse des interventions et observations — Sites 94.03.01/2014.03.01
• Secteur A03.07 •

[illegible]

Tableau D.1
Synthèse des interventions et observations — Sites 94.03.01/2014.03.01
• Secteur A03.07 •

[illegible]

*: Date de la fin des travaux. X: Profils
S: Rechargement de sable en t.m./m. G: Géotube

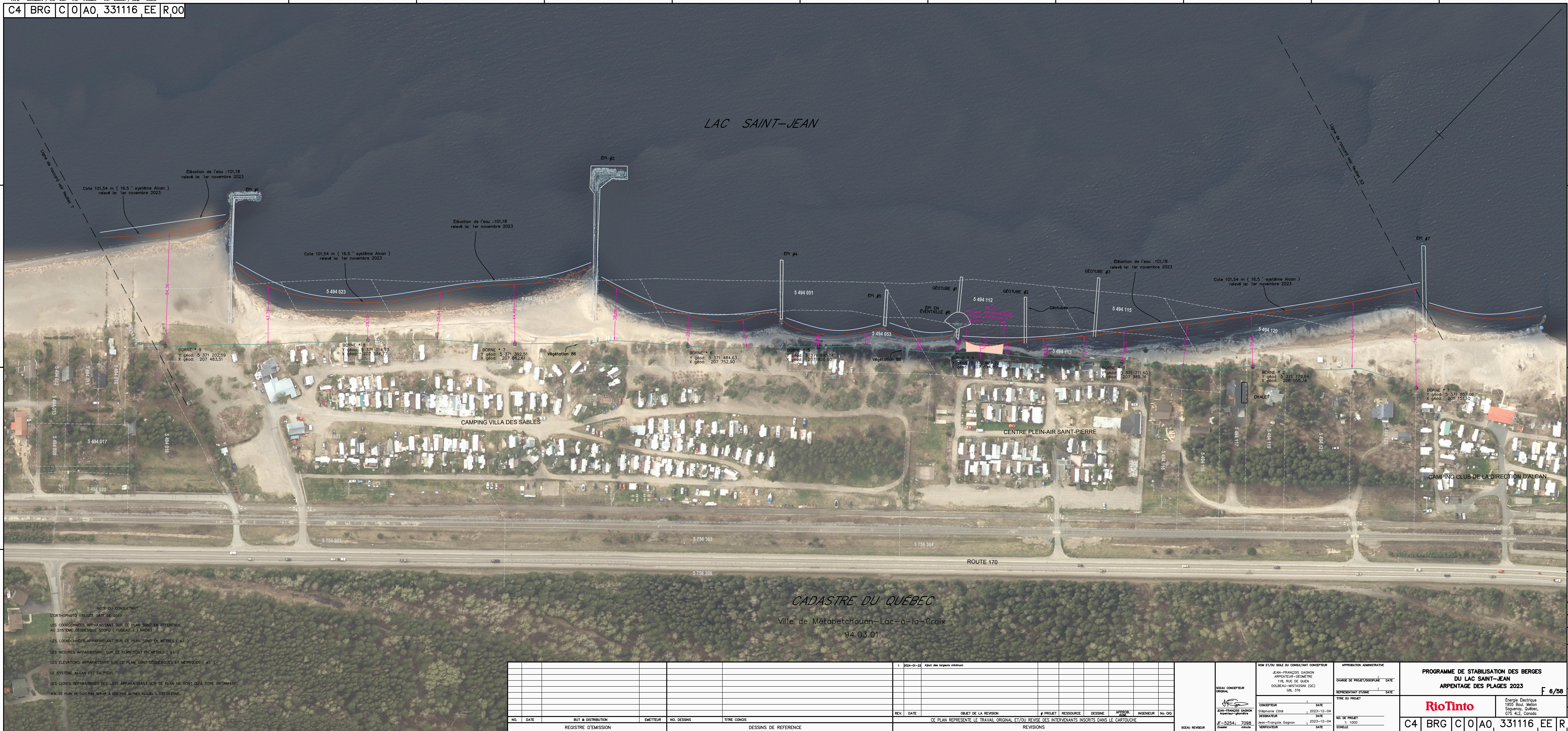
Tableau D.2
Synthèse des interventions et observations — Site 93.02.02
• Secteur A02.07 •

[illegible]

EXCAV.: Rechargement avec surplus d'excavation en provenance du nouveau chenal de la Belle-Rivière en t.m./m.

ANNEXE

E ARPENTAGE 2022 DE
LA LIGNE DE RIVAGE
101,54 m (16,5 PIEDS)



D
C
B
A




NOTE DU CONSULTANT
LES COORDONNÉES APPARAISSANT SUR CE PLAN SONT EN RÉFÉRENCE AU SYSTÈME GÉODÉSIQUE SCQ (FUSÉAU 7) NAD83.
LES COORDONNÉES APPARAISSANT SUR CE PLAN SONT EN MÈTRES (± 0,1).
LES MESURES APPARAISSANT SUR CE PLAN SONT EN MÈTRES (± 0,1).
LES ÉLEVATIONS APPARAISSANT SUR CE PLAN SONT GÉODÉSIQUES ET MÉTRIQUES (± 0,1).
LE SYSTÈME ALCAN EST EN PIEDS.
LES LIGNES SÉPARATRICES DES LOTS APPARAISSANT SUR CE PLAN NE SONT QU'À TITRE INFORMATIF.
N.B. CE PLAN NE DOIT PAS SERVIR À DES FINS AUTRES QUELLES IL EST DESTINÉ.

CADASTRE DU QUÉBEC
VILLE DE MÉTABETCHOUAN-LAC-À-LA-CROIX
2014.03.01


--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

SCAUX CONCEPTEUR ORIGINAL



Jean-François Gagnon
Architecte-Ingénieur

SCAUX REVEUR



Jean-François Gagnon
Architecte-Ingénieur

NOM ET/OU SIGLE DU CONSULTANT CONCEPTEUR

JEAN-FRANÇOIS GAGNON
ARCHITECTE-INGÉNIEUR
110, RUE DE GUIN
DOLEAU-MISTASSIN (QC)
G8L 3T6

APPROBATION ADMINISTRATIVE

CHARGE DE PROJET/DESIGNER DATE

REPRÉSENTANT D'USINE DATE

TITRE DU PROJET

CONCEPTEUR DATE

2023-12-04

DESIGNATEUR DATE

2023-12-04

VERIFICATEUR DATE

2023-12-04

Énergie Électrique
1905 Boul. Melton
Saguenay, Québec
G7S 4L2, Canada

F 53/58

C4 BRG C 0 AO 331116 EE R.00

TYPE BATIMENT / S.S. DIS. PH. FORMAT No. DESSIN / BRQ. USINE

