

PA3.2 (2 de 4) - Étude d'impact -
Annexes B à L

B

Annexe B Revue de presse

L'Hebdo Mékinac/des chenaux : Pont sur la 138 : le maire de Batiscan demande une reconstruction rapide, 02 octobre 2020. URL : Pont sur la 138 : le maire de Batiscan demande une reconstruction rapide - L'Hebdo Mékinac des Chenaux (lhebdomekinacdeschenaux.ca)

nsulter
ournal

L'Hebdo
Mékinac/des Chenaux

BATISCAN. Le maire de Batiscan, Christian Fortin, espère une reconstruction rapide du pont enjambant la rivière Batiscan sur la route 138.

Le projet fait partie des priorités du gouvernement du Québec dans le cadre du projet de Loi 66, qui a été déposé par la ministre Sonia LeBel. Rappelons que le projet de Loi 66 concerne l'accélération de projets d'infrastructure pour la région de la Mauricie.

«Ce pont ne répond plus à notre réalité, car le trafic a augmenté considérablement depuis les dernières années et l'étroitesse du tablier permet difficilement le passage des véhicules dans les deux sens, affirme M. Fortin. La Municipalité de Batiscan appuie le projet de Loi 66 qui, espérons-le, soit adopté dans les meilleurs délais. De surcroît, la région de la Mauricie doit stimuler son économie et l'industrie touristique. Ces travaux répondent bien aux besoins qui nous préoccupent.»

Le pont a fait l'objet d'une fermeture par le ministère des Transports du Québec le 15 mai dernier de manière préventive en raison d'une anomalie constatée au niveau d'un des appareils d'appui. Il fut rouvert en juillet avec l'obligation d'imposer de nouvelles mesures restrictives, soit une limite de charge maximale de 5 tonnes afin de protéger certains éléments de la structure et d'en assurer le maintien jusqu'à la construction d'un nouveau pont.

Construit il y a 100 ans et inauguré le 24 septembre 1922, le pont a atteint sa fin de vie utile.

L'Hebdo Journal : Trois projets de la Mauricie seront accélérés, 25 septembre 2020. URL : Trois projets de la Mauricie seront accélérés - L'Hebdo Journal (lhebdojournal.com)



Le caucus des députés de la Mauricie a souligné l'importance de l'adoption du projet de Loi 66, loi concernant l'accélération de certains projets d'infrastructure, pour la région. Concrètement, la population de la Mauricie bénéficiera de trois projets plus rapidement grâce aux mesures d'accélération prévues dans le projet de loi.

La présidente du Conseil du trésor, Sonia LeBel, a en effet déposé ce projet de loi qui permettra d'accélérer la réalisation de 181 projets d'infrastructure au Québec le 23 septembre dernier, à l'Assemblée nationale. Le projet de Loi n° 66 vise à alléger des procédures sans réduire ou modifier les normes existantes afin de démarrer plus rapidement les travaux d'importants projets d'infrastructure et ainsi stimuler l'économie.

«La reprise prudente et graduelle des activités ne peut, à elle seule, suffire à compenser les répercussions de l'arrêt de l'économie québécoise que nous avons subie au printemps dernier. Nous devons être proactifs et agir maintenant», a commenté Mme LeBel.

«Nous souhaitons accélérer des projets importants, sans tourner les coins ronds sur les plans de l'intégrité et de la protection de l'environnement. Vous pouvez compter sur un gouvernement à l'écoute, ferme sur les objectifs et innovant sur les moyens. Nous pouvons faire mieux et trouver de meilleures pratiques afin d'offrir aux Québécoises et aux Québécois les infrastructures de qualité qu'ils attendent avec impatience et une économie plus forte. Il est temps d'aller de l'avant!»

Le projet de Loi n° 66 a été élaboré afin de répondre aux attentes de tous en matière de rigueur, d'intégrité et de protection de l'environnement. Il cible des mesures d'accélération bien définies et circonscrites visant l'expropriation, le domaine de l'État, l'environnement et l'aménagement et l'urbanisme. On estime les gains de temps entre 2 et 36 mois pour la réalisation des projets.

Voici les projets sélectionnés pour la Mauricie :

- Construction – Maison des aînés – Trois-Rivières : Nouveau bâtiment de 96 places
- Amélioration de la sécurité et stabilisation de la route 361 entre l'autoroute 40 et la municipalité de Sainte-Geneviève-de-Batiscan (Réfection de la route)
- Reconstruction du pont (P-01559) enjambant la rivière Batiscan sur la route 138 à Batiscan

Le Nouvelliste : Le pont de Batiscan : les travaux s'amorcent, 13 septembre 2020. URL : Pont de Batiscan : les travaux s'amorcent (lenouvelliste.ca)

Par Gabriel Delisle, Le Nouvelliste | 13 septembre 2020



Des travaux sur le pont de la route 138 à Batiscan débutent ce lundi. (FRANCOIS GERVAIS/FRANCOIS GERVAIS)

Trois-Rivières — Les travaux prévus sur le pont de Batiscan débutent ce lundi et devraient entraver la circulation jusqu'à la fin du mois d'octobre.

Ces interventions du ministère des Transports du Québec (MTQ) sur le pont qui permet à la route 138 de chevaucher la rivière Batiscan consistent au remplacement des membrures de la charpente métallique.

«Profitant de la fermeture du pont cet été, le ministère a procédé à l'inspection planifiée de celui-ci, ce qui a permis de constater une détérioration affectant la capacité de la structure. Une nouvelle limite de charge de 5 tonnes avait ainsi été imposée lors de la réouverture le 9 juillet dernier», souligne par voie de communiqué Roxanne Pellerin, conseillère en communication au MTQ.

«À la suite de ces travaux, la restriction de 5 tonnes sera levée.»

Le pont ne sera pas fermé à la circulation lors de la réalisation des travaux, à l'exception d'une journée qui sera annoncée d'avance.

«De courtes périodes ponctuelles de fermeture d'environ 10 minutes seront également requises à certains moments», précise Le MTQ.

Un projet plus complet de réfection du pont est en planification dans le Plan québécois des infrastructures. Le MTQ réalise d'ailleurs des études d'avant-projet.



Gabriel Delisle, Le Nouvelliste

Gabriel Delisle s'est joint à l'équipe du Nouvelliste en 2009. Au fil des ans, il a été appelé à couvrir l'actualité aux quatre coins de la Mauricie et du Centre-du-Québec. Depuis 2020, il s'intéresse particulièrement aux activités de la Ville de Trois-Rivières et de ses élus.



Le Nouvelliste : Le pont de la route 138 à Batiscan fermé jusqu'à nouvel ordre, 15 mai 2020. URL : Le pont de la route 138 à Batiscan fermé jusqu'à nouvel ordre (lenouvelliste.ca)

leNouvelliste



Le MTQ n'a pas indiqué la date de fin prévue de ces travaux. (Sylvain Mayer/Sylvain Mayer)

BATISCAN — Le pont de la route 138 qui enjambe la rivière Batiscan a été complètement fermé en raison d'un bris de la structure.

Les automobilistes qui empruntent cette route pour passer dans Batiscan doivent donc faire un détour par le rang Nord, la rue du Pont et la route 361 d'ici à ce que le pont soit réparé.

Selon le ministère des Transports (MTQ), le problème est dû à «une anomalie constatée au niveau d'un des appareils d'appui» du pont.

Le pont est fermé depuis jeudi soir et le demeurera tant que les réparations n'auront pas été complétées. Le MTQ n'a pas indiqué la date de fin prévue de ces travaux.



Matthieu Max-Gessler, Initiative de journalisme local

Matthieu Max-Gessler travaille comme journaliste depuis 2012, principalement en Mauricie. Il travaille au Nouvelliste depuis 2018. Touche à tout, ce sont toutefois les enjeux sociaux et les histoires inspirantes qui le passionnent particulièrement.



Le Journal de Montréal : Une fermeture de pont qui nuit aux touristes à Batiscan, 27 juillet 2022. URL : Une fermeture de pont qui nuit aux touristes à Batiscan | JDM (journaldemontreal.com)

MOLLY BELAND

Mercredi, 27 juillet 2022 17:46

MISE À JOUR Mercredi, 27 juillet 2022 17:46

La fermeture du pont de Batiscan sur la route 138, mercredi et jeudi, cause bien des maux de tête aux automobilistes qui circulent en Mauricie.

Les deux journées de fermeture, qui se tiennent de 8h30 à 16h30, visent à permettre à des inspecteurs de s'assurer du bon état de la structure.

«Il y a deux types d'inspection dans le programme d'inspection. Il y a des inspections annuelles où, chaque année, les inspecteurs viennent vérifier chacune des structures. Par contre, ils ne vont pas nécessairement aller vérifier chacun des éléments, comme ils font lors de l'inspection générale qui est le cas cette année. Ces inspections-là peuvent avoir lieu aux deux ou aux quatre ans, tout dépendant des structures», a expliqué la porte-parole du ministère des Transports, Roxane Pellerin.

Déjà trois fermetures ont eu lieu plus tôt en juillet.

Ces inspections obligent les automobilistes à se rabattre sur l'autoroute 40 pour franchir la rivière Batiscan 40, ce qui représente un détour d'au moins 22 km pour les usagers de la route 138.

Il faut dire que de nombreux touristes sillonnent la région, en pleine période de vacances de la construction.

«Camping, restaurant, marina... C'est sûr qu'il y a beaucoup de monde qui vient. On a la descente qui est fonctionnelle, donc le monde, il faut absolument qu'ils fassent un grand détour pour pouvoir s'en venir à la marina puisqu'on est vraiment dans le milieu de Trois-Rivières et de Sainte-Anne-de-la-Pérade», a raconté la propriétaire du Centre de villégiature Marina Village Batiscan, Nathalie Gagné.

Des entraves majeures sont aussi à prévoir sur le pont Radisson à Trois-Rivières. Des travaux seront effectués sur la dalle du pont afin de prévenir la formation de nids-de-poule.

«Dans les nuits de jeudi et vendredi, il y aura la fermeture quand même mineure de la voie de gauche dans chacune des directions. Ça, ça va nous permettre de préparer les contresens qui vont avoir lieu au début de la semaine prochaine dans les nuits de lundi, mardi et mercredi. La première nuit, ce sera en est et les deux dernières en ouest», a détaillé M^{me} Pellerin.

Le Journal de Québec : Le vieux pont de fer de Batiscan est soulevé de son socle, 25 juin 2020. URL : [Le vieux pont de fer de Batiscan est soulevé de son socle | JDQ \(journaldequebec.com\)](https://www.journaldequebec.com)

LOUIS CLOUTIER | TVA NOUVELLES

Jeudi, 25 juin 2020 18:48

MISE À JOUR Jeudi, 25 juin 2020 18:48

Une délicate opération vient d'être entreprise sur le vieux pont de fer de Batiscan, en Mauricie, fermé de façon préventive depuis le 16 mai. Une partie de la structure a dû être soulevée pour en permettre la réparation.

De puissants vérins ont détaché de leur socle, dans la partie centrale, la travée numéro deux et la bascule. Ce pont était autrefois doté d'un système de levage du tablier pour laisser passer les barges de bois et les voiliers.

Le soulèvement de l'ouvrage permettra d'atteindre les deux appareils de support en béton qui se trouvaient dans un état de détérioration avancé. C'est un citoyen qui l'avait remarqué et tout de suite prévenu Transports Québec.

«Dans le fond, on va démolir ces deux blocs de béton et les remplacer pour ensuite redescendre la structure sur ses blocs», a expliqué Roxanne Pellerin, porte-parole du ministère.

La construction du pont qui enjambe la rivière Batiscan remonte à 1921. Son remplacement faisait partie de la liste de 200 projets prioritaires contenus dans le défunt projet de la loi 61 à Québec.

Le maire de Batiscan, Christian Fortin, s'attend à ce que, étant donné l'urgence d'agir, les préparatifs pour la reconstruction se poursuivent tout de même. Le futur pont sera rebâti un peu en amont de l'actuel ouvrage, ce qui devrait forcer la reconfiguration de la route 138 dans le village.

«Nous aussi, on est en pourparlers parce que ça va changer notre territoire, a-t-il dit. On aura des portions de rues municipales supplémentaires.»

La Tribune : L'autoroute 55 fait partie des projets qui seront accélérés, 3 juin 2020. URL : L'autoroute 55 fait partie des projets qui seront « accélérés » (latribune.ca).



Pont de Batiscan

Outre ce gros dossier, le pont de Batiscan sur la route 138 sera lui aussi mis de l'avant. Présentement fermée aux automobilistes le temps que le ministère des Transports (MTQ) fasse des travaux visant à corriger une anomalie, la structure sera bel et bien reconstruite, semble confirmer le projet de loi 61.

Rappelons que le pont actuel a une centaine d'années. Il est fermé depuis plusieurs semaines en raison d'une anomalie détectée par un citoyen sur l'un des appareils d'appui. Les travaux devraient débuter dans la semaine du 15 juin et dureront environ trois semaines, prévoit le MTQ.

«Un entrepreneur, Maurécon, a été saisi du dossier. Il a fait la visite des lieux lundi pour faire des vérifications», indique Roxanne Pellerin, porte-parole du MTQ en Mauricie et au Centre-du-Québec.

Le pont devra d'ailleurs être soulevé de ses appuis pour être réparé, ce qui implique que même les cyclistes et les piétons ne pourront plus l'emprunter pendant la durée des travaux. Présentement, ils le peuvent toujours, contrairement aux automobilistes.

Des plates-formes devront également être installées pour permettre aux ouvriers de travailler sur la structure située au-dessus de la rivière Batiscan.

Mme Pellerin rappelle par ailleurs que bien que les cyclistes et piétons peuvent circuler sur le pont d'ici le début des travaux, ce n'est pas le cas des motocyclistes. Ceux-ci doivent, comme les automobilistes, emprunter le détour qui passe par Sainte-Geneviève-de-Batiscan, par la route 361, la rue du Pont et le rang Nord.

C

Annexe C Analyse des variantes

Tableau 1 - Analyse des variantes de réalisation – Interventions sur la structure

	Option 1 - Démolition sans reconstruction	Option 2 - Réparation du pont existant	Option 3 - Reconstruction
Description de la variante	Démolition sans reconstruction	Remplacement du tablier, réparation et renforcement des fermes métalliques et peinture complète du pont; reconstruction des unités de fondation dans le même axe; ajout de pistes cyclables de part et d'autre du pont.	Remplacement du pont existant, incluant la démolition, par la construction d'un pont dans un nouvel axe
Critères d'analyse	À l'étape de l'étude d'opportunité (MTQ, 2013), différentes analyses ont permis de statuer sur la solution à retenir quant au type d'intervention sur la structure : <ul style="list-style-type: none"> • Une analyse comparative des avantages et des inconvénients • Une analyse avantages-coûts • Une analyse multicritère 		
Principaux avantages / inconvénients des options ou variantes	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Coût faible (2,2 M\$) ➤ Rupture de continuité de la Route 138 ➤ Perte du détour en cas de fermeture de l'A-40 ➤ Option la moins rentable (le moins grand bénéfice net selon l'analyse avantages-coûts) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Conservation du patrimoine ➤ Coût élevé (25,2 M\$) sans gain de fonctionnalité (véhicules et cyclistes) ➤ Impact important sur les usagers en cours de travaux ➤ Coût d'entretien élevé ➤ Structure déficiente en fonctionnement (pont à une seule voie; absence de piste cyclable) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fonctionnalité et niveau de service améliorés (aucune limite de charge ni de hauteur, largeur carrossable aux normes avec bandes cyclables) ➤ Coût d'entretien faible (option la plus rentable qui maximise le bénéfice net) ➤ Faible impact sur les usagers en cours de travaux ➤ Géométrie corrigée (amélioration de plusieurs problématiques aux approches) ➤ Faible impact sur les usagers pendant les travaux ➤ Coût élevé (40, 5 M\$) ➤ Perte patrimoniale à compenser par des actions de conservation
Justification de l'option retenue	Au terme des analyses, la solution retenue est l'option 3. Elle représente celle ayant le plus d'avantages, notamment parce qu'elle offre l'opportunité d'améliorer la sécurité des usagers aux approches ainsi que les fonctionnalités du pont (aucune limite de charges, aucune limite de hauteur, largeur carrossable aux normes avec bandes cyclables). Elle représente un faible impact sur les usagers pendant la construction du nouveau pont, puisque ceux-ci auront la possibilité d'emprunter le pont existant. Bien que son coût soit élevé, elle est la solution la plus rentable. Le principal désavantage de la démolition du pont existant, soit la perte d'un bien patrimonial, sera compensé par des actions de conservation et de mise en valeur.		

Tiré de MTQ, 2013

Tableau 2 - Analyse des variantes de réalisation – Tracé du nouveau pont

	Option 1	Option 2	Option 3	Option 4	Option 5	Option 6	Option 7
Description de la variante	Le nouveau pont est au nord du pont existant. Sa longueur est de 2 350 m et son raccordement est se fait avec le Rang du Nord.	Le nouveau pont est au nord du pont existant. Sa longueur est de 1 830 m et son raccordement est se fait avec le Rang du Nord, vers l'intersection avec le Rang Cinq-Mars. - Variante 2B : pont courbe en plan (vers le nord) - Variante 2C : prolongement du segment linéaire plus à l'est	Le nouveau pont est au nord du pont existant. Sa longueur est de 1 065 m et son raccordement ouest se fait avec l'intersection entre la Route 138 et la route de l'Internationale. - Variante 3B : pont courbe en plan (vers le nord)	Le nouveau pont est au sud du pont existant. Sa longueur est de 1 170 m et son raccordement ouest se fait après l'intersection avec la rue du Phare.	Le nouveau pont est au sud du pont existant. Sa longueur est de 2 730 m et son raccordement est se fait après le tronçon en courbe / avant l'intersection avec la rue du Ruisseau des Pères - Variante 5B : pont légèrement décalé vers le sud et atténuation de la courbe à l'est	Le nouveau pont est au nord du pont existant. Sa longueur est de 2 150 m et son raccordement ouest se fait à l'intersection avec la rue du Phare	Le nouveau pont est au sud du pont existant Sa longueur est de 2 485 m et son raccordement ouest se fait après l'intersection avec la rue du Phare. - Variante 7A : profil du pont abaissé par rapport à la version originale et raccordement ouest plus rapproché - Variante 7B : profil du pont abaissé vers le sud et raccordement ouest plus rapproché que 7, mais moins que 7A - Variante 7C : dans le corridor de la variante 7A, profil en travers de type « C »
Critères d'analyse	<p>À l'étape de l'avant-projet préliminaire (SNC-Lavalin, 2018), les options et variantes 1, 2, 2B, 2C, 3B, 4, 5, 5B, 6, 7, 7A, 7B et 7C ont été soumises à une analyse multicritère qui a permis de cibler le tracé optimal sur la base de trois familles de critères qui comportent treize sous-critères. Ce sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La fonctionnalité (géométrie sécuritaire et effets sur la vitesse pratiquée, visibilité, sécurité des raccordements et des accès); • Les impacts sur les milieux humains et naturels (acquisitions/expropriations résidentielles et agricoles, gestion et maintien de la circulation en cours de travaux, marina, résidents, empiétements en milieu hydrique et dans la plaine inondable, aspect visuel et esthétisme) • Les aspects économiques (coûts de travaux, délais de construction, déplacement de services publics) <p>À l'étape de l'avant-projet définitif (Consortium Stantec Cima+, 2021), les options et variantes 2B (option retenue par l'avant-projet préliminaire) et 7C (nouvelle variante proposée lors de l'avant-projet définitif) ont été soumises à une analyse multicritère qui a permis d'identifier le tracé optimal sur la base des mêmes critères et sous-critères utilisés pour l'avant-projet préliminaire.</p>						

Tableau 2 - Analyse des variantes de réalisation – Tracé du nouveau pont

	Option 1	Option 2	Option 3	Option 4	Option 5	Option 6	Option 7
Principaux avantages / inconvénients des options ou variantes	<ul style="list-style-type: none"> ➤ C'est l'option qui comporte le pont le plus court. ➤ Le tracé est l'un des plus longs proposés ➤ Le pont proposé est situé plus près du pont ferroviaire que du pont existant. ➤ Le tracé passe en grande partie par des terres agricoles, ➤ Cette option empiète grandement en zones inondables ➤ Elle nécessite d'importantes surfaces d'acquisitions ➤ Elle comporte un tronçon routier avec une vitesse de conception de 60 km/hre. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ce tracé passe principalement par des terres agricoles. ➤ Le tracé coupe la route de l'Internationale. ➤ Il affecte une propriété privée. ➤ Variante 2B : permet de desserrer le rayon de courbure et de réduire l'empiètement du Rang Nord. ➤ Variante 2B : suscite des enjeux d'acceptabilité sociale du milieu (ex.: au sujet du carrefour en T proposé à la route de l'Internationale). 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ce tracé passe dans une zone urbaine à l'est et très près du pont existant. ➤ Cette option affecte une propriété privée à l'ouest. ➤ Sa configuration implique un positionnement non optimal des piles dans la rivière. ➤ Variante 3B : permet de desserrer le rayon de courbure et de réduire l'empiètement du Rang Nord. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Le tracé est situé en zone urbaine à l'est du pont existant. ➤ Cette option affecte plusieurs propriétés privées. ➤ Elle entraînerait la mise en place d'un chemin de détour. ➤ Elle comporte un tronçon routier avec une vitesse de conception de 60 km/hre. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ce tracé évite les zones urbaines. ➤ Il présente une faible courbure qui maximise la vitesse de conception. ➤ Variante 5B : permet un gain de fonctionnalité important en réduisant davantage la courbure. ➤ C'est l'option qui comporte le pont le plus long. ➤ Le tracé est l'un des plus longs proposés. ➤ Le tracé passe principalement en zone agricole. ➤ Cette option empiète dans l'Aire de concentration d'oiseaux aquatiques. ➤ Elle nécessite une expropriation. ➤ Elle affecte la marina (ne permet pas le passage des bateaux de plaisance). 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cette option présente l'un des ponts les plus courts. ➤ Le tracé passe principalement en zone agricole. ➤ Cette option empiète grandement en zones inondables. ➤ Elle nécessite d'importantes surfaces d'acquisitions. ➤ Elle comporte un tronçon routier avec une vitesse de conception de 60 km/hre. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cette option nécessite d'importantes surfaces d'acquisitions. ➤ Elle affecte la marina (rampe/quai). ➤ Sa configuration implique un positionnement non optimal des piles dans la rivière. ➤ Variante 7C : évite l'expropriation de la route de l'Internationale.
Justification de l'option retenue	<p>Au terme de l'analyse, la solution retenue est la variante C de l'option 7. Les raisons principales qui expliquent ce choix sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aménagement d'un carrefour giratoire sur la rive est permettant de diminuer l'impact du tracé sur le milieu agricole, faciliter les accès aux routes secondaires et principalement la route de l'Internationale ; • Tracé ayant moins d'impact sur les aménagements futurs de la municipalité de Batiscan (entretien hivernal, déneigement et accès de la route de l'Internationale) ; • Réduction de la longueur du tracé ; • Permet l'aménagement d'un pont rectiligne au-dessus de la rivière Batiscan ; • Raccordement du rang Nord au giratoire ; • Vitesse de base établie en fonction des vitesses affichées actuelles (vitesse affichée + 10 km/h) ; • Uniformité des vitesses pratiquées avec le milieu existant, une amélioration de la sécurité des raccordements et accès, moins d'acquisitions en milieu agricole, moins d'impacts sur les résidents et des coûts de travaux moins élevés. 						

Tiré de SNC-Lavalin, 2018; Consortium Stantec Cima+, 2021.

Tableau 3 - Analyse des variantes de réalisation – Type de pont

	Option 1 - Pont à poutres en « I » à âme pleine	Option 2 - Pont à poutres latérales à treillis	Option 3 - Pont de type Bowstring	Option 4 - Pont à haubans
Description de la variante	Proposé pour les options de tracés 2B1, 3B1, et 7B1 et 7C1	Proposé pour les options de tracés 2B2, 3B2 et 7B2	Proposé pour les options de tracés 5B1 et 7B3	Proposé pour les options de tracés 5B2
Critères d'analyse	<p>À l'étape de l'avant-projet préliminaire (SNC-Lavalin, 2018), les options ont été soumises à une analyse des avantages et inconvénients basée sur les critères suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La simplicité de fabrication, de transport et de montage • L'esthétisme • Le coût de construction • Le caractère éprouvé • L'adaptabilité aux tracés courbes ou en biais • La profondeur et la largeur du tablier • La portée et le dégagement horizontal • Le type de fondations (empiétements) <p>Ces systèmes structuraux ont ensuite été associés à certains des tracés retenus (voir tableau 2) afin de générer des options combinées. Ces dernières ont été soumises à une analyse multicritère qui a permis d'identifier la combinaison structure-tracé optimale sur la base de trois familles de critères qui comportent treize sous-critères. Ce sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • la fonctionnalité (géométrie sécuritaire et effets sur la vitesse pratiquée; visibilité; sécurité des raccordements et des accès) • les impacts sur les milieux humains et naturels (acquisitions/expropriations résidentielles et agricoles; gestion et maintien de la circulation en cours de travaux; effets sur la marina; effets sur les résidents; empiètement en zone inondable; empiètement dans l'Aire de concentration d'oiseaux aquatiques (ACOA); aspect visuel et esthétique); • les aspects économiques (coûts des travaux; délais de construction; déplacements de services publics). <p>Cette analyse a permis de conclure que deux options devaient être considérées, soit un pont à poutres en « I » à âme pleine et un pont à poutres latérales à treillis.</p>			
Principaux avantages / inconvénients des options ou variantes	<ul style="list-style-type: none"> ➤ L'esthétisme et la portée de cette structure sont plutôt modestes. ➤ Ce type de tablier est éprouvé et son comportement à long terme est bien connu (simplicité de la fabrication, du transport et du montage de la charpente métallique). ➤ Il se prête bien aux tracés courbes ou en biais. ➤ Son coût de construction est parmi les plus bas. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cette structure est avantageuse au point de vue de l'esthétisme, car son apparence évoque la structure existante. ➤ Ce type de structure est avantageux pour la hauteur libre au-dessus de la rivière, car il présente un platelage relativement mince en raison du tablier inférieur. ➤ Sa portée est relativement grande, ce qui permet de réduire la hauteur des remblais aux approches. ➤ Ce type de structure implique des enjeux de durabilité, compte tenu de la présence de joints aux unités de fondation. ➤ Il présente certaines complexités de mise en œuvre (structure métallique non courante dont la fabrication et le montage sont compliqués). ➤ Le coût associé à ce type de pont est relativement élevé. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cette structure est avantageuse au point de vue de l'esthétisme (aspect épuré et homogène). ➤ Ce type de structure est avantageux pour la hauteur libre au-dessus de la rivière, car il présente un platelage relativement mince en raison du tablier inférieur. ➤ Il présente certaines complexités de mise en œuvre (structure métallique non courante dont la fabrication et le montage au-dessus d'un cours d'eau sont compliqués). ➤ Le coût associé à ce type de pont est relativement élevé. ➤ Ce type de structure se prête moins bien à un tracé qui comporte une courbe horizontale. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cette structure est avantageuse au point de vue de l'esthétisme. ➤ Il offre une très grande portée favorisant le passage des bateaux. ➤ Le coût associé à cette structure non courante est très élevé en raison des enjeux de fabrication et de montage. ➤ Sa construction nécessite des pylônes (fondation sur pieux en pointe).
Justification de l'option retenue	<p>Suivant l'étape de l'avant-projet préliminaire, le comité pour l'acceptation du concept du pont P-19138 n'a pas recommandé, pour les inconvénients énumérés ci-haut, de retenir l'option d'un pont à poutres latérales à treillis. L'option retenue par ce comité est un pont à poutre en « I » à âme pleine, en raison de sa simplicité de fabrication, de transport et de montage, des certitudes entourant son comportement à long terme ainsi que de son coût avantageux et compétitif. Cette structure sera combinée au tracé 7C, retenu pour les avantages mentionnés au Tableau 2.</p>			

Tableau 4 - Analyse des variantes de réalisation – Nombre de travées

	Option 1 – 7 travées	Option 2 – 9 travées
Description de la variante	Construction d'un pont de type dalle sur poutres en acier de sept travées	Construction d'un pont de type dalle sur poutres en acier de neuf travées.
Critères d'analyse	À l'étape de l'avant-projet définitif (Consortium Stantec Cima+, 2021), une analyse économique sommaire a été effectuée pour déterminer le nombre de travées à retenir pour le pont projeté.	
Principaux avantages / inconvénients des options ou variantes	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nécessite moins d'unités de fondation (8 unités). ➤ Limite les travaux dans le littoral. ➤ Diminue les coûts de construction. ➤ Diminue le délai de construction. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Implique davantage d'unités de fondation (10 unités) ➤ Implique davantage de travaux dans le littoral que l'option 1. ➤ Ses coûts de construction sont plus élevés que ceux de l'option 1. ➤ Ses délais de construction sont plus élevés que ceux de l'option 1.
Justification de l'option retenue	Au terme de l'analyse, le nombre de travées retenu est de sept (option 7). Cette option permet de réduire le nombre d'unités de fondation et ainsi limiter les travaux dans le littoral, diminuer les coûts de construction et diminuer le délai de construction.	

Tiré de Consortium Stantec Cima+, 2021.

Tableau 5 - Analyse des variantes de réalisation – Accotements

	Option 1 - Accotements existants *	Option 2 - Accotements prévus avec le tracé 2B	Option 3 - Accotements prévus avec le tracé 7C
Description de la variante	<p>Absence de piste cyclable et de trottoirs</p> <ul style="list-style-type: none"> • Approche en direction est : <ul style="list-style-type: none"> ○ Absence d'accotements pavés en milieu urbanisé ○ Accotements de gravier d'une largeur variable ; ○ Profil en long très plat avec un rehaussement près du pont (pente d'environ 5 % sur environ 80 m) ○ À partir du Rang Nord, la largeur des accotements est inférieure à 1 m, et à certains endroits ceux-ci sont quasi-inexistants • Approche en direction ouest : <ul style="list-style-type: none"> ○ Accotements pavés d'une largeur d'environ 1,5 m ; ○ Accotements en gravier d'une largeur d'entre 1 et 2 m; ○ Profil en long relativement plat avec un léger rehaussement près du pont (pente d'environ 4,6 % sur environ 60 m) ○ Dans la zone habitée, la largeur des accotements est inférieure à 1 m, et à certains endroits ceux-ci sont quasi-inexistants • Sur le pont : <ul style="list-style-type: none"> ○ Accotements pavés d'une largeur d'entre 0 et 2 m ; ○ Accotements en gravier d'une largeur d'entre 0 et 2 m. 	<p>Accotements de 2,5 m de largeur permettent l'aménagement de voies cyclables accommodant le réseau de la Route verte (chaussée désignée).</p>	<p>Accotements pavés de 2,5 m de largeur permettent l'aménagement de voies cyclables accommodant le réseau de la Route verte (chaussée désignée).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Approche en direction est : <ul style="list-style-type: none"> ○ Accotements de 2,5 m (1,5 m pavé et 1,0 m en gravier) ○ Accotements de 1,3 m (1 m pavé et 0,3 m en gravier) en milieu bâti • Approche en direction ouest : <ul style="list-style-type: none"> ○ Accotements d'une largeur de 1,5 m (0,5 m pavé et 1,0 m en gravier)
Critères d'analyse	<p>À l'étape de l'avant-projet préliminaire (SNC-Lavalin, 2018), l'option 2 a été soumise à une analyse multicritère qui a permis de cibler les configurations d'accotement optimales sur la base de quatre critères. Ce sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La fonctionnalité (chaussée désignée) • La sécurité des usagers vulnérables (piétons et cyclistes) • Les normes de conception selon le débit routier • L'intégration au réseau de la Route Verte <p>À l'étape de l'avant-projet définitif (Consortium Stantec Cima+, 2021), l'option 2 (tracé 2B, option retenue par l'avant-projet préliminaire) et l'option 3 (tracé 7C, nouvelle variante proposée lors de l'avant-projet définitif) ont été soumises à une analyse multicritère qui a permis d'identifier le tracé optimal sur la base des mêmes critères utilisés pour l'avant-projet préliminaire.</p>		
Principaux avantages / inconvénients des options ou variantes	<ul style="list-style-type: none"> ➤ La largeur moyenne des accotements n'est pas respectée (conformément aux normes des Ouvrages routiers, Tome 1, et selon les tronçons elle devrait être de 2,5 m ou de 3,5 m) ➤ Cette option est caractérisée par une fonctionnalité restreinte (absence de piste cyclable sur le pont et espace limité pour la Route Verte et les trottoirs, enjeux d'écoulement de la circulation routière, ex. : deux camions ne peuvent y circuler simultanément, ce qui nuit à la sécurité des usagers vulnérables) ➤ Elle représente des risques pour la sécurité des piétons et des cyclistes (visibilité déficiente à certains endroits, certaines courbes avec un rayon trop serré, tracé accidentogène) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cette option permet l'aménagement de voies cyclables accommodant le réseau de la Route Verte. ➤ Les accotements sont inférieurs au gabarit qui prévoit 2,5 m de largeur (1,5 m pavé et 1 m en gravier) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Permet l'aménagement de voies cyclables accommodant le réseau de la Route Verte. ➤ Cette option permet une sécurité accrue sur la rive est avec l'aménagement d'un carrefour giratoire à la hauteur du Rang Nord et de l'accès projeté à la marina : le giratoire est longé par des pistes multifonctionnelles de 3 m de largeur à chaque approche, permettant de retirer les usagers vulnérables de la circulation automobile; des passages pour personnes sont prévus à chaque approche, où les îlots séparateurs ont été ajustés et les vitesses sont contrôlées par le rayon intérieur du giratoire. ➤ Amélioration de la sécurité des divers raccordements et accès ➤ Les accotements sont inférieurs au gabarit (qui prévoit 2,5 m de largeur, donc 1,5 m pavé et 1 m en gravier) dans certains secteurs (en milieu urbanisé pour l'approche ouest) et près du Rang Nord pour l'approche est, mais cela permet une adaptation au milieu bâti et contribue à éviter de devoir exproprier ou déplacer une maison
Justification de l'option retenue	<p>Au terme de l'analyse, la configuration des accotements prévue est celle de l'option 3. Celle-ci permet de s'intégrer à la piste cyclable pour le circuit de la Route Verte, ce qui respecte le cadre de vie influencé par la villégiature, s'harmonise au milieu bâti résidentiel et s'inscrit dans le sens des intentions de développement récréotouristique de la MRC. Elle s'accompagne également d'une sécurité accrue, notamment au niveau du carrefour giratoire prévu sur la rive est et au niveau de divers raccordements et accès. Enfin, cette option fait partie des ajustements qui contribuent à éviter l'expropriation ou le déplacement de propriété privée.</p>		

* À titre indicatif, car l'option de conserver le pont existant n'a pas été retenue

Tiré de SNC-Lavalin, 2018; Consortium Stantec Cima+, 2021.

Tableau 6 - Analyse des variantes de réalisation – Éclairage

	Option 1 - Lampadaires conventionnels	Option 2 - Lampadaires décoratifs	Option 3 - Lampadaires décoratifs et lampadaires conventionnels
Description de la variante	Installés d'un seul côté du pont et de la route (fûts de 10 m sur potence à rayon ou droite avec luminaires au DEL à 240 volts)	Lampadaires décoratifs (semblables à ceux installés sur le pont P-01555 à Sainte-Anne-de-la-Pérade) installés des deux côtés du pont et de la route (fûts de 6,1 m sur supports oriflammes avec luminaires décoratifs au DEL à 240 volts)	Lampadaires décoratifs avec supports pour oriflammes de chaque côté du pont et d'un côté du tronçon de la Route 138 entre le pont projeté et le carrefour giratoire / lampadaire conventionnels d'un seul côté de la route pour le reste
Critères d'analyse	À l'étape de l'avant-projet définitif (Consortium Stantec Cima+, 2021), une analyse multicritère a été réalisée afin de déterminer les besoins en éclairage sur la base de cinq critères. Ce sont :		
	<ul style="list-style-type: none"> • La disposition des lampadaires • La quantité de lampadaires • La consommation électrique • Le coût d'entretien • Le coût de construction 		
Principaux avantages / inconvénients des options ou variantes	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cette option est celle qui requiert le moins grand nombre de lampadaires. ➤ Elle est la moins consommatrice en énergie. ➤ C'est l'option dont les coûts de construction et d'entretien sont les moins élevés. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cette option est la plus avantageuse sur le plan de l'esthétisme (semblable à l'éclairage du pont de Sainte-Anne-de-la-Pérade) et correspond aux préférences exprimées par la municipalité de Batiscan. ➤ Cette option requiert un plus grand nombre de lampadaires que l'option 1. ➤ Elle est également la plus énergivore. ➤ C'est l'option dont les coûts de construction et d'entretien sont les plus élevés. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cette option présente un compromis intéressant entre l'esthétisme, la consommation d'énergie et les coûts de construction et d'entretien ➤ Cette option requiert un plus grand nombre de lampadaires que l'option 1 et moins que l'option 2. ➤ Elle implique une plus grande consommation d'énergie que l'option 1 mais est plus économe que l'option 2. ➤ Ses coûts de construction et d'entretien sont plus élevés que ceux de l'option 1, mais moins élevés que ceux de l'option 2.
Justification de l'option retenue	Le choix du ou des types lampadaires n'a de pas encore été déterminé par le Ministère et la Municipalité de Batiscan.		

Tiré de Consortium Stantec Cima+, 2021.

Tableau 7 - Analyse des variantes de réalisation – Largeur des voies

	Option 1 - Voies existantes *	Option 2 - Voies prévues avec le tracé 2B	Option 3 - Voies prévues avec le tracé 7C
Description de la variante	Sur le pont : route bidirectionnelle à 2 voies, largeur carrossable de 5,55 m Sur la Route 138 : route bidirectionnelle à 2 voies, largeur carrossable de 7 m qui se réduit à l'approche du pont	Sur le pont : route bidirectionnelle à 2 voies, largeur carrossable de 12 m Sur la Route 138 : route bidirectionnelle à 2 voies, largeur carrossable de 12 m	Sur le pont : route bidirectionnelle à 2 voies, largeur carrossable de 12 m Sur la Route 138 : route bidirectionnelle à 2 voies, largeur carrossable de 12 m
Critères d'analyse	À l'étape de l'avant-projet définitif (Consortium Stantec Cima+, 2021), ces options ont été soumises à une analyse comparative qui comporte plusieurs critères. Ce sont : <ul style="list-style-type: none"> • Harmonisation de la capacité du nouveau pont avec la Route 138 • Géométrie conforme aux normes et sécuritaire • Vitesse et fluidité de la circulation • Visibilité aux approches du pont • Sécurité des raccordements aux routes transversales et des accès aux propriétés privées 		
Principaux avantages / inconvénients des options ou variantes	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cette option présente des enjeux de sécurité, puisqu'aux deux approches la largeur des voies est réduite afin de s'harmoniser avec la voie carrossable sur le tablier du pont ➤ Elle comporte également des enjeux de fluidité, puisque sa largeur carrossable ne permet pas la rencontre de deux véhicules (l'un doit céder le passage) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cette option améliore grandement la sécurité et la fluidité aux approches du pont, qui conservent leur largeur puisque la largeur carrossable de celui-ci est de 12 m afin de s'harmoniser avec le gabarit de la Route 138 projetée 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cette option améliore grandement la sécurité et la fluidité aux approches du pont, qui conservent leur largeur carrossable puisque la largeur de celui-ci est de 12 m afin de s'harmoniser avec le gabarit de la Route 138 projetée ➤ Elle permet une plus grande sécurité et fluidité sur l'approche est grâce à l'aménagement d'un carrefour giratoire qui facilite l'accès aux routes secondaires, ➤ Elle permet aussi une plus grande fluidité sur l'ensemble du tracé, compte tenu de l'uniformité des vitesses pratiquées avec le milieu existant et de la vitesse de base établie en fonction des vitesses affichées actuelles (+ 10 km/h)
Justification de l'option retenue	Au terme de l'analyse, la configuration des voies retenue est celle de l'option 3. La largeur des voies carrossables accentue l'effet positif des aménagements prévus avec le tracé 7C en termes de sécurité et de fluidité).		

* À titre indicatif, car l'option de conserver le pont n'a pas été retenue

Tiré de SNC-Lavalin, 2018; Consortium Stantec Cima+, 2021.

Tableau 8 - Analyse des variantes de réalisation – Maintien de la circulation pendant les travaux

	Option 1 - Fermeture complète	Option 2 - Maintien de la circulation pendant les travaux sans chemin de déviation	Option 3 - Maintien de la circulation pendant les travaux avec chemin de déviation
Description de la variante	Aucune circulation pendant les travaux	Circulation maintenue sur le pont existant, à l'exception de la période de travaux lors de la construction du carrefour giratoire sur l'approche est	Circulation maintenue sur le pont existant avec chemin de déviation reliant le pont existant au Rang Nord
Critères d'analyse	Ces options ont été soumises à une analyse selon les critères suivants : <ul style="list-style-type: none"> Maintenir la circulation de transit et locale sur la Route 138 pendant les travaux; Ne pas ajouter d'impact significatif sur les milieux humain et naturel. 		
Principaux avantages / inconvénients des options ou variantes	<ul style="list-style-type: none"> Cette option rend impossible la circulation sur la Route 138 pendant la réalisation des travaux, ce qui s'accompagne de désagréments majeurs, notamment pour la circulation locale et de transit, les résidents locaux, les commerces et les industries environnantes. 	<ul style="list-style-type: none"> Cette option permet la circulation locale et de transit lors des travaux de construction du pont. Des désagréments surviendront lors des quelques périodes spécifiques et ponctuelles de fermeture complète du pont et de la Route 138 Des désagréments supplémentaires sont à prévoir lors de la construction de l'approche est puisque la circulation sera impossible entre le pont existant et le rang Nord 	<ul style="list-style-type: none"> Cette option implique certains désagréments lors des quelques périodes spécifiques et ponctuelles de fermeture complète du pont et de la Route 138 Avec cette option, la circulation sera permise même lors des travaux d'aménagement du carrefour giratoire grâce à l'aménagement d'un chemin d'accès C'est la meilleure option possible pour la circulation locale et de transit. Elle favorise la qualité de vie des résidents locaux Elle réduit également l'impact économique sur les entreprises environnantes, dont la marina
Justification de l'option retenue	Au terme de l'analyse, c'est l' option 3 qui est retenue, avec le maintien de la circulation tout au long des travaux. Cette option permet de maintenir une circulation efficace et sécuritaire pendant les travaux ainsi que le meilleur accès possible aux résidences et commerces adjacents au pont. Elle permet également la réalisation des travaux dans un environnement qui favorise la sécurité, l'efficacité et, donc, la réduction des coûts.		

Tiré de Consortium Stantec Cima+, 2021.

Tableau 9 - Analyse des variantes de réalisation – Piste cyclable

	Option 1 - Aucun aménagement pour la piste cyclable (statut quo)	Option 2 - Présence d'une chaussée désignée pour la piste cyclable
Description de la variante	Absence de piste cyclable sur le pont et sur les approches du pont	Aménagement d'une de piste cyclable sur le pont et le long du tracé de la Route 138
Critères d'analyse	À l'étape de l'avant-projet définitif (Consortium Stantec Cima+, 2021), les options ont été soumises à une analyse comparative qui comporte deux principaux critères. Ce sont : <ul style="list-style-type: none"> • Encourager le transport actif (piétons et cyclistes); • Intégration au réseau de la Route Verte 	
Principaux avantages / inconvénients des options ou variantes	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sur le pont, les cyclistes doivent circuler sur le caillebotis en acier tandis que les piétons ont accès à un trottoir d'une largeur de 1 m indépendant de la surface carrossable. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Permet l'aménagement de voies cyclables et piétonnes accommodant le réseau de la Route Verte. ➤ Cette option permet une sécurité accrue sur la rive est avec l'aménagement d'un carrefour giratoire à la hauteur du Rang Nord et de l'accès projeté à la marina : le giratoire est longé par des pistes multifonctionnelles de 3 m de largeur à chaque approche, permettant de retirer les usages vulnérables de la circulation automobile; des passages pour personnes sont prévus à chaque approche, où les îlots séparateurs ont été ajustés et les vitesses sont contrôlées par le rayon intérieur du giratoire
Justification de l'option retenue	Au terme de l'analyse, c'est l' option 2 qui est retenue en raison de tous les avantages qu'elle procure. Elle favorise le transport actif, tant pour les piétons que les cyclistes, et permet une intégration à la Route Verte. Elle s'inscrit dans un cadre de vie marqué par un milieu résidentiel et la villégiature et va dans le sens des intentions de développement récréotouristique de la MRC.	

Tiré de SNC-Lavalin, 2018; Consortium Stantec Cima+, 2021.

D

Annexe D Analyse d'adaptation aux changements climatiques

Ministère des Transports et de la Mobilité durable

Direction générale de la Mauricie–Centre-du-Québec

Étude d'impact sur l'environnement Étude d'adaptation aux changements climatiques

Construction du pont P-19138 et de ses approches sur la route 138 au-dessus
de la rivière Batiscan



Numéro de dossier MTMD : 7007-18-FE01

Numéro de projet MTMD : 154990602

Ministère des Transports et de la Mobilité durable

Direction générale de la Mauricie–Centre-du-Québec

Étude d'impact sur l'environnement Étude d'adaptation aux changements climatiques

Construction du pont P-19138 et de ses approches sur la route 138 au-dessus
de la rivière Batiscan

7007-18-FE01 / Projet 154990602

Préparé par : Éric Domaine
Biologiste, M. Sc.

Vérifié par : Liza Leclerc, MBA

Approuvé par : Louis Simon Banville, biol., M. Env.
Coordonnateur de l'étude d'impact

Propriété et confidentialité

« À moins d'entente entre le consortium Stantec/Cima+ (Consortium) et son client à l'effet contraire, tous les documents, qu'ils soient imprimés ou électroniques, ainsi que tous les droits de propriété intellectuelle qui y sont contenus, appartiennent exclusivement au Consortium, laquelle réserve tous ses droits d'auteur. Toute utilisation ou reproduction sous quelque forme que ce soit, même partielle, est strictement interdite à moins d'obtenir l'autorisation du Consortium. »

Tableau des ressources impliquées

Les personnes suivantes ont participé à l'étude et la rédaction du rapport en tant qu'experts techniques au sein de l'équipe de projet :

Nom	Discipline
Ministère des Transports et de la Mobilité durable <i>Direction générale de la Mauricie – Centre-du-Québec</i>	
Sébastien Rheault, ing.	Coordonnateur de projet
Jonathan Goulet, t.t.p.p.	Assistant-chargé de projet
Christine Bouchard, ing.	Hydraulique
Philippe-Hubert.Roy-Gosselin, ing.	Hydraulique
Consortium Stantec/CIMA+ Stantec (Ingénierie)	
Mathieu Rochefort, ing.	Chargé de projet – Technique
Daniel Bilodeau, ing.	Chaussées et drainage
Karine Corriveau, ing.	Chaussées et drainage
Admir Pasic, ing.	Structure
Consortium Stantec/CIMA+ Stantec (Environnement)	
Liza Leclerc, MBA	Cheffe d'équipe, Adaptation aux changements climatiques
Éric Domaine, biol., M. Sc	Professionnel, Adaptation aux changements climatiques
Mario Heppell, Biologiste-aménagiste, M. ATDR	Directeur d'expertise – Études d'impact
Louis Simon Banville, biol., M. Env.	Chargé de projet, Évaluation environnementale
Carole Charron	Adjointe de direction
Consortium Stantec/CIMA+ CIMA+ (Environnement)	
François Allard, ing.	Éclairage
François Paradis, ing.	Structure

REGISTRE DES RÉVISIONS ET ÉMISSIONS

N° de révision	Révisé par	Date	Description de la modification et/ou de l'émission
A	Mario Heppell	Mars 2024	Version préliminaire pour commentaires
0	Louis Simon Banville	Avril 2024	Version finale

Table des matières

1.	Introduction	1
1.1	Présentation du projet	1
1.2	Exigences de la Loi sur la qualité de l'environnement en changements climatiques et objectif de l'étude	2
1.3	Contexte des changements climatiques	2
1.4	État de la situation.....	3
2.	Méthodologie.....	4
2.1	Déroulement des activités de consultation	4
2.2	Appréciation des risques et identification des mesures d'adaptation en conception et exploitation.....	4
2.3	Effets des changements climatiques sur les travailleurs.....	6
3.	Résultats et discussions	7
3.1	Paramétrage de l'étude.....	7
3.2	Liste des enjeux et appréciation des risques	11
3.3	Appréciation des risques et mesures pour les calculs en conception	14
4.	Mesures d'adaptation en phase d'exploitation	23
5.	Effets des changements climatiques sur les travailleurs.....	26
6.	Limites de l'étude.....	28
6.1	Incertitudes reliées au climat futur	28
6.2	Limites liées à l'accessibilité aux données	28
6.3	Autres limites	29
7.	Conclusion	30
8.	Bibliographie	31

Liste des tableaux

Tableau 1	Tableau sommaire des recommandations de mesures d'adaptation en conception	vii
Tableau 2	Tableau sommaire des activités d'inspection et d'entretien pour augmenter la résilience ..	xi
Tableau 3-1	Total des actifs du projet	7
Tableau 3-2	Critères de conséquences des impacts du climat sur les actifs	10
Tableau 3-3	Appréciation des risques avec tendances climatiques et cotes de conséquences.....	13
Tableau 3-4	Hausse moyenne globale du niveau des océans selon différents scénarios climatiques (Source : GIEC 2023).....	19
Tableau 4-1	Tableau sommaire des activités d'inspection et d'entretien en lien avec la résilience aux changements climatiques.....	24
Tableau 5-1	Conséquences des aléas climatiques sur les conditions de travail.....	26

Liste des figures

Figure 1-1	Localisation du projet	1
Figure 2-1	Schéma et processus méthodologique	5
Figure 3-1	Guide de gestion des eaux pluviales, Chapitre 7-5	17

Liste des annexes

Annexe A	Profil climatique de la région
----------	--------------------------------

Liste des acronymes

APD	Avant-projet définitif
ECCC	Environnement Canada et Changements climatiques
EIE	Étude d'impacts sur l'environnement
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
IGN	Indice de gel normal
INRS	Institut national de la recherche scientifique
LQE	Loi sur la qualité de l'environnement
MTMD	Ministère des Transports et de la Mobilité durable
MTQ	Ministère des Transports du Québec
RAG	Réaction alcali granulat
RCP	Representative Concentration Pathway
STI	Système de transport intelligent
SSP	Trajectoires communes d'évolution socio-économique
TER	Température effective du revêtement
TMA	Température moyenne annuelle
TMAX	Température maximale
TMIN	Température minimale

Sommaire des recommandations

Cette section présente un aperçu des recommandations émises dans le cadre du projet qui vise à évaluer les risques posés par les changements climatiques sur le projet de reconstruction du pont de Batiscan. Compte tenu de l'urgence croissante de faire face aux impacts du changement climatique sur les infrastructures critiques, ces recommandations sont conçues pour offrir des orientations pratiques et stratégiques visant à renforcer la résilience du projet face aux défis climatiques.

Les tableaux sommaires présentés ci-dessous synthétisent les principales mesures recommandées pour la conception et l'exploitation, en tenant compte des risques spécifiques associés aux changements climatiques tels que la hausse des températures et de l'intensité des précipitations. L'objectif est de fournir aux parties prenantes des directives claires et pratiques pour anticiper, atténuer et gérer les risques climatiques de manière proactive.

Ces recommandations sont des points de départ pour un processus continu d'adaptation et de résilience face aux changements climatiques. Elles devraient être intégrées dans les stratégies de planification et de gestion du pont. En suivant ces recommandations et en les intégrant dans les pratiques de gestion, il est possible de favoriser la sécurité, la durabilité et la viabilité à long terme des actifs de ponts dans un monde confronté à des changements climatiques sans précédent.

Tableau sommaire mesures en conception

Les mesures en conception ont été déployées pour intégrer les données projetées dans les calculs climatiques dans la conception initiale du projet. Ces mesures comprennent l'identification des conséquences potentielles d'aléas climatiques, tels que la chaleur extrême, les pluies intenses et les cocktails hivernaux sur les actifs du pont et des approches.

Les ajustements proposés aux plans et aux spécifications du projet pour renforcer la résilience des actifs aux changements climatiques, notamment des revêtements de chaussée résistants à la chaleur, des systèmes de drainage améliorés et des dispositifs de dilatation résilients apparaissent au tableau 1.

Activités d'inspection et d'entretien

En plus des mesures en conception, des efforts ont été déployés pour renforcer l'importance des mesures pour réduire les impacts des changements climatiques dans les opérations d'exploitation (tableau 2). Dans un contexte d'adaptation aux changements climatiques, le déploiement de ces mesures devrait être réalisé selon un processus de gestion adaptative. Il s'agit d'un processus d'amélioration constante des pratiques qui se base sur les leçons tirées des résultats des pratiques antérieures. Cette approche de gestion permet de mieux faire face aux incertitudes pouvant compromettre l'atteinte des objectifs du projet.

Tableau 1 Tableau sommaire des recommandations de mesures d'adaptation en conception

Disciplines / Actifs / Paramètres en conception	Ajustement en conception	Mesures d'adaptation
<u>Chaussées</u>		
Température effective du revêtement	Non	Aucune modification au projet initial <u>Note importante</u> Actuellement le bitume recommandé serait du type 58H-34 en zone 2. Considérant les changements climatiques, il serait possible d'utiliser le bitume pour la zone plus au sud soit 64H-28. Cependant, il est suggéré que cette intervention ne soit pas effectuée lors de la construction, mais qu'elle soit faite lors de l'entretien de la couche de surface environ 15 ans après la construction selon la dégradation de la surface et les nouvelles données climatiques disponibles.
Module GEL : température moyenne annuelle (T _{ma})	Non	Aucune modification au projet initial
Module GEL : indice de gel normal (IG _n) et écart type sur l'indice de gel (σ IG).	Non	Aucune modification au projet initial
<u>Drainage</u>		
IDF 1/25 ans Égout pluvial (conduites et puisards)	Oui	Réévaluer les infrastructures de drainage pluvial en fonction des données climatiques projetées et de l'étude hydraulique. L'incidence est probablement plus importante concernant le réseau pluvial souterrain (conduites) dans le secteur du carrefour giratoire. La proposition consiste en une augmentation minimale de 30 % et maximale de 55 % des IDF historiques (ce qui veut dire 10 % à 35 % en considérant la majoration des normes de 20 %.
IDF 1/25 ans Ponceaux et fossés	Oui	Refaire les calculs avec les données climatiques projetées et revoir les dimensions des ponceaux et fossés si nécessaire La proposition consiste en une augmentation minimale de 30 % et maximale de 55 % des IDF historiques (ce qui veut dire 10 % à 35 % en considérant la majoration des normes de 20 %.

Disciplines / Actifs / Paramètres en conception	Ajustement en conception	Mesures d'adaptation
Niveau d'eau (retour d'eau lors des crues et inondations)	Oui	Selon les données de l'étude hydraulique à venir, si nécessaire, réévaluer le niveau de la route côté Québec
<u>Hydraulique et géotechnique</u>		
Débit de conception convenu pour la modélisation des ouvrages temporaires : (Q10ans)	Non	Aucune modification au projet initial (horizon de temps court)
Débit de conception du pont : Q50 ans	Non	<p style="text-align: center;">Aucune modification au projet initial</p> <p style="text-align: center;"><u>Note importante</u></p> <p>Le ministère est responsable de l'étude hydraulique. Une mise à jour était en cours au moment de rédiger ce rapport.</p> <p>Il a été convenu avec le ministère de retenir la majoration de 5 % du Tome III chapitre 2. Selon le ministère, pour Batiscan, la dispersion des données provenant de l'Atlas hydroclimatique est très éclatée et il n'y a pas de consensus pour cette rivière.</p>
Débit du fleuve Saint-Laurent	Non	<p style="text-align: center;">Aucune modification au projet initial</p> <p style="text-align: center;"><u>Note importante</u></p> <p>Le ministère est responsable de l'étude hydraulique. Une mise à jour était en cours au moment de rédiger ce rapport.</p> <p style="text-align: center;">Il a été convenu avec le ministère de retenir la majoration de 5 % du Tome III chapitre 2.</p>

Disciplines / Actifs / Paramètres en conception	Ajustement en conception	Mesures d'adaptation
Rehaussement du niveau des mers	Non	<p>Aucune modification au projet initial avec une considération des changements climatiques</p> <p style="text-align: center;"><u>Note importante</u></p> <p>Le ministère est responsable de l'étude hydraulique. Une mise à jour était en cours au moment de rédiger ce rapport.</p> <p>Selon les analyses effectuées par le MTMD, le rehaussement de la mer aura peu d'impact au site à l'étude, mis à part pour les grandes marées. C'est pourquoi il a été décidé d'utiliser le scénario SSP5-8.5 ce qui crée une « marge de sécurité » (rehaussement moyen de 0,81 m). De plus, selon le gouvernement fédéral (CAN-EWLAT), à Québec, en aval de Batiscan, où les effets de surcote et les effets de marées sont très forts et où le niveau est moins impacté par les débits de l'amont, la valeur en 2100 (SSP5-8.5) est de 0,58 m.</p>
<u>Signalisation</u>		
Signalisation aérienne : Épaisseur de verglas	Non	Aucune modification au projet initial
Signalisation aérienne : Pression de vent	Non	Aucune modification au projet initial
Signalisation latérale : Épaisseur de verglas	Non	Aucune modification au projet initial
Signalisation latérale : Pression de vent	Non	Aucune modification au projet initial
Massifs de fondations en béton : Profondeur du gel	Non	Aucune modification au projet initial
<u>Structure</u>		
Calcul des températures pour le mouvement des joints de tablier et appareils d'appuis : Tmin Charges thermiques : Tmin	Non	Aucune modification au projet initial

Disciplines / Actifs / Paramètres en conception	Ajustement en conception	Mesures d'adaptation
Calcul des températures pour le mouvement des joints de tablier et appareils d'appuis : Tmax Charges thermiques : Tmax	Non	<p>Aucune modification au projet initial</p> <p><u>Note importante</u></p> <p>Selon la norme S6-19, le mouvement (raccourcissement + allongement) des joints du tablier a été calculé en tenant compte l'interaction entre la température et le séisme. Les calculs démontrent que pour une température de l'air de 40 degrés et le séisme approprié, les trois garnitures choisies sont suffisantes. Au moment du remplacement des joints, dans la deuxième moitié de siècle, réévaluer la situation, mais selon l'équipe de projet, il est probable que les trois garnitures resteront pleinement suffisantes à ce moment.</p>
Calculs des charges de vent sur les éléments structuraux	Oui	Pour ce qui est des charges de vent, l'augmentation est faible, soit moins de 3 %. Les charges de vent seront majorées; il ne devrait pas y avoir de modification importante de la conception.
Calculs des charges de verglas sur les éléments structuraux	Non	Aucune modification au projet initial
Écart de température depuis le dessus jusqu'au-dessous de la dalle (pont étagement)	Non	Aucune modification au projet initial

Tableau 2 Tableau sommaire des activités d'inspection et d'entretien pour augmenter la résilience

Aléas climatiques déclencheurs	Discipline	Actif	Enjeux	Saison	Activités d'inspection et d'entretien pour augmenter la résilience
Chaleur extrême	Chaussée	Enrobée de la chaussée	<ul style="list-style-type: none"> • Ramollissement de l'enrobé en raison des températures extrêmes • Orniéage et aquaplanage 	Été	<ul style="list-style-type: none"> • Surveiller l'état de l'enrobé afin de déceler des signes de ramollissement telle la présence d'ornières, des ondulations de l'enrobé, soulèvements différentiels ou affaissements de la chaussée. • Sensibiliser personnel à ce nouvel enjeu climatique.
Pluies intenses	Drainage	Puisards, conduites, ponceaux et fossés	<ul style="list-style-type: none"> • Obstruction en raison de l'augmentation des événements de pluies intenses et des vents qui les accompagnent. 	Annuel	<ul style="list-style-type: none"> • Prévenir les obstructions dues à l'accumulation de débris, en mettant l'accent sur les périodes suivant les événements de pluies intenses.
Cocktails hivernaux et changements de température	Drainage	Puisards, conduites, ponceaux et fossés	<ul style="list-style-type: none"> • Obstruction en raison de l'augmentation des conditions menant à la formation de glace en hiver. 	Hiver	<ul style="list-style-type: none"> • Augmenter la surveillance pendant les périodes hivernales pour détecter rapidement les signes de formation de glace et prendre des mesures préventives pour éviter les obstructions et les dommages associés.
Chaleur extrême	Structure	Joints de dilatation et appareils d'appui	<ul style="list-style-type: none"> • Dépassement de la capacité des joints de dilatation et appareils d'appui à remplir leur fonction en raison de la hausse des températures extrêmes. 	Été	<ul style="list-style-type: none"> • Surveiller l'état des joints de dilatation et des appareils d'appui, en mettant l'accent sur leur capacité à fonctionner correctement dans des conditions de température élevée.
Multi-aléas (Changements climatiques en général)	Toutes les disciplines	Multi-actifs	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation des besoins en inspections et entretien en raison des événements extrêmes et des stress climatiques accrus. 	Annuel	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibiliser le personnel chargé des inspections et de l'entretien, en mettant l'accent sur la détection précoce des signes de dommages spécifiques en lien avec les changements climatiques.

Aléas climatiques déclencheurs	Discipline	Actif	Enjeux	Saison	Activités d'inspection et d'entretien pour augmenter la résilience
Multi-aléas (Changements climatiques en général)	Toutes les disciplines	Multi-actifs	<ul style="list-style-type: none"> • Diminution de la durée de vie possible des actifs en raison des événements extrêmes et des stress climatiques accrus 	Annuel	<ul style="list-style-type: none"> • Communiquer les impacts des changements climatiques sur la durabilité des actifs du pont au sein de l'organisation, en mettant en évidence la nécessité de maintenir les mesures existantes pour prolonger leur durée de vie et minimiser les coûts de remplacement. • Ajuster la planification stratégique des remplacements d'actifs en tenant compte de la diminution probable de leur durée de vie due aux événements climatiques extrêmes.

1. Introduction

1.1 Présentation du projet

Le projet de construction du pont P-19138 et de ses approches vise à remplacer le pont actuel P-01559 sur la route 138 au-dessus de la rivière Batiscan. Situé dans la municipalité de Batiscan (coordonnées géographiques 46,512389; -72,245731), il fait également partie de la municipalité régionale de comté (MRC) des Chenaux et de la région administrative de la Mauricie.

Le pont relie la ville de Sainte-Anne-de-la-Pérade à l'est et le centre villageois de Batiscan à l'ouest. En outre, l'une des principales routes nationales du Québec est la route 138 à Batiscan, qui relie de nombreuses petites, moyennes et grandes municipalités en bordure du fleuve Saint Laurent, de la frontière Québec/Ontario à l'ouest à Blanc-Sablon à l'est. Le segment qui relie Montréal à Québec est également considéré comme une route touristique et historique appelée le « Chemin du Roy » et fait partie du circuit officiel de la Route Verte utilisée par de nombreux cyclistes (figure 1-1). La rivière Batiscan part du lac Édouard en Haute-Mauricie à une altitude de 363 mètres avant de se jeter dans le Saint-Laurent à proximité de la municipalité de Batiscan, 196 km plus loin.

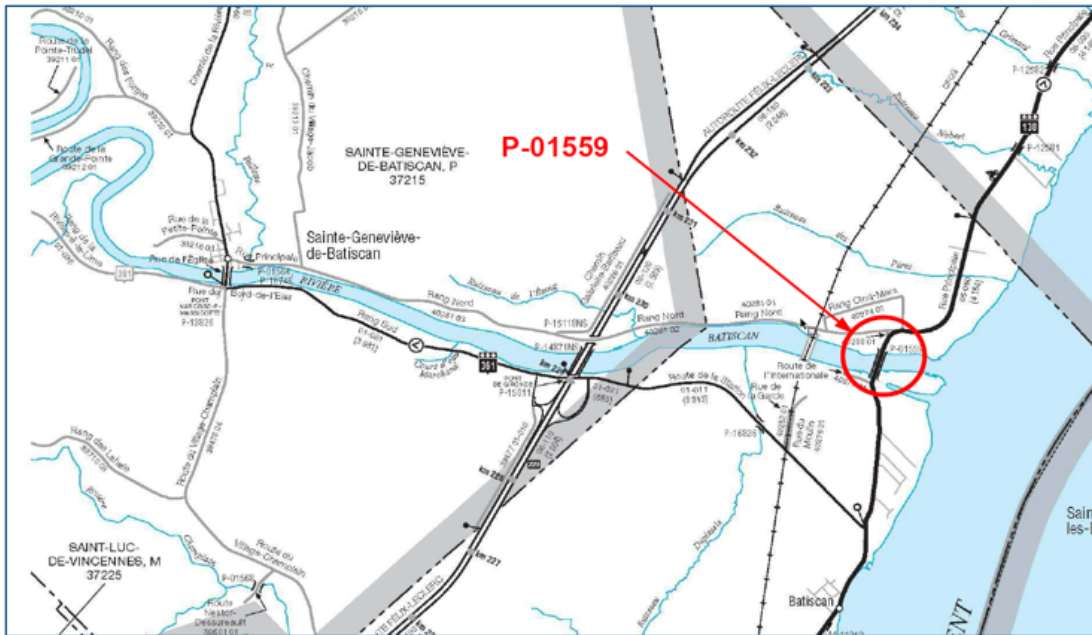


Figure 1-1 Localisation du projet

Le projet de reconstruction d'un pont (P-01559) au-dessus de la rivière Batiscan sur la route 138 a été planifié afin de contribuer à l'atteinte des objectifs et au respect des orientations gouvernementales, en plus d'apporter des gains en matière de mobilité durable. Il cadre avec les objectifs du MTMD visant l'amélioration de la mobilité des personnes et des biens en cohérence avec l'amélioration du transport actif dans le secteur du projet.

Le projet poursuit également plusieurs autres objectifs, lesquels s'appuient sur la mission du MTMD, la politique de mobilité durable – 2030, les orientations du Plan stratégique 2023-2027, de même que les orientations gouvernementales.

Citons :

- Maintenir les infrastructures en bon état;
- Assurer des déplacements efficaces et sécuritaires sur le réseau de transports du Québec;
- Contribuer à la réduction du nombre d'accidents mortels ou graves;
- Investir dans le maintien des infrastructures du système de transport;
- Renforcer la résilience des infrastructures de transport à l'égard des changements climatiques.

1.2 Exigences de la Loi sur la qualité de l'environnement en changements climatiques et objectif de l'étude

Pour le gouvernement du Québec, la lutte contre les changements climatiques constitue un enjeu prioritaire et fondamental. Le chapitre Q-2 de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE) prévoit désormais une prise en compte plus spécifique des changements climatiques dans le processus d'évaluation environnementale des projets majeurs. Les modifications apportées à la LQE, entrée en vigueur le 23 mars 2018, confirment la volonté du gouvernement de prendre en compte les changements climatiques dans le régime d'autorisation environnementale québécois. Les changements climatiques doivent donc être considérés dans l'élaboration d'un projet puisqu'ils le seront dans l'analyse de son acceptabilité environnementale. Ainsi, l'étude d'impact doit d'une part, permettre d'évaluer l'impact potentiel du projet sur les changements climatiques et de l'autre, démontrer la résilience du projet face ceux-ci.

Ainsi, le volet d'étude concernant l'adaptation aux changements climatiques porte sur le secteur du pont et ses approches et vise à évaluer ces risques et proposer des mesures d'adaptation, en conception ou lors de l'exploitation de l'ouvrage, pour les diminuer.

1.3 Contexte des changements climatiques

Selon plusieurs études, il est possible que la fréquence et l'intensité de certains aléas climatiques augmentent. Malheureusement, la région administrative de la Mauricie, qui abrite le pont de la route 138 de la rivière Batiscan, est également confrontée aux changements climatiques. Par exemple, les vents forts, les pluies intenses et les températures extrêmes peuvent nuire aux infrastructures. Les risques climatiques peuvent avoir un impact significatif sur la fonctionnalité des infrastructures et la sécurité des personnes. Il existe de nombreux exemples d'événements climatiques passés qui ont eu un impact significatif sur diverses infrastructures dans le monde.

Le passé climatique récent n'est plus garant du climat à venir. Les changements climatiques prévus nous incitent à repenser et à modifier certaines infrastructures et à les gérer, même parfois à les modifier pour les rendre plus résilientes. Afin de favoriser la résilience des infrastructures dès la conception, des efforts sont en cours au Canada et dans le monde entier pour intégrer les changements climatiques de diverses manières aux normes et standards. Notons par exemple :

- L'ajout, il y a quelques années, d'un facteur de 18 ou 20 % sur l'intensité-durée-fréquence (IDF) des pluies pour la conception des ouvrages de drainage au Québec (Maillot et coll. 2012; 2014; 2016; 2018);
- La publication récente de « CSA A 123,26 : 21 Exigences de performance pour la résilience climatique des systèmes de toiture à membrane à faible pente »;
- La publication récente de « CSA S 900,1 : 18 - Adaptation aux changements climatiques pour les stations de traitement des eaux usées - première édition »;

- La publication récente en Anglais de « Climate Change Provisions for CSA S6:25 Canadian Highway Bridge Design Code: Findings and Recommendations ».

Cependant, il reste encore beaucoup de travail à faire afin d'intégrer les projections climatiques aux normes actuelles.

1.4 État de la situation

Le pont actuel (P-01559) a été construit en 1921. Il s'agit d'une structure majeure et de l'un des principaux corridors dans la région de la Mauricie. Cette structure, à poutres triangulées en acier à tablier inférieur de type Pennsylvania, est composée de sept travées totalisant environ 369 m de longueur et repose sur des fondations profondes. Le tablier possède une voie de circulation bidirectionnelle correspondant à une largeur totale carrossable de 5,5 m. Bien qu'il ait une valeur patrimoniale élevée, il est préférable de le remplacer en raison des coûts de réparation, de son état dégradé, de sa mise aux normes modernes (années 2020) et des améliorations de fonctionnalités engendrées par la nouvelle structure prévue. Entre 2010 et 2020, des réparations au niveau de la charpente ont été effectuées pour conserver la charge de la structure.

La Direction des Structures du ministère des Transports et de la Mobilité durable a recommandé de remplacer les structures qui ont atteint leur durée de vie utile. En conséquence, le projet concerne la reconstruction du pont P-01559 sur la route 138 au-dessus de la rivière Batiscan dans la municipalité de Batiscan. De plus, cette décision s'appuie également sur les constatations suivantes :

- Les unités de fondation doivent être remplacées – béton affecté par la réaction alcali granulat (RAG);
- Le poids du pont ne peut être augmenté – tassement différentiel et déficience parasismique;
- La fonctionnalité restreinte – chaussée étroite, absence de piste cyclable et de trottoirs;
- Le pont est situé sur le chemin de détour pour le MTMD – route alternative à l'autoroute 40;
- Le délaminage et la désagrégation très importante aux culées;
- La corrosion avec perte de section et perforation des cordes inférieures, entretoises et longerons;
- Le désaxement des appareils d'appui et corrosion jusqu'à très importante.

Ainsi, pour des raisons de fonctionnalité et de sécurité, et considérant que ces points sont essentiels pour répondre au besoin de la municipalité et des usagers de la route, la réparation, même majeure, de la structure existante n'est pas une option.

Il est à noter que la route 138 est une route secondaire et que des décisions ont été prises en considérant une certaine tolérance pour des fermetures temporaires, car il existe une route alternative.

2. Méthodologie

2.1 Déroulement des activités de consultation

Des entrevues individuelles ont été réalisées avec les différents chargés de projet des différentes disciplines (Cima + et Stantec). Les mesures qui apparaissent dans ce rapport ont été validées avec les membres de l'équipe de projet concernés.

- Rencontre de démarrage avec l'équipe de projet. À noter qu'aucune rencontre de démarrage n'a eu lieu avec le MTMD;
- Entrevues par disciplines afin d'identifier les risques en lien avec l'utilisation de paramètres climatiques basés sur des données historiques;
- Conséquences, risques et mesures (par courriel et échanges téléphoniques individuels);
- Validation des risques et mesures. Les risques et les mesures discutées ont été validés par courriel pour chaque discipline et lors de la révision de ce rapport par certains membres de l'équipe de projet.

2.2 Appréciation des risques et identification des mesures d'adaptation en conception et exploitation

L'adaptation aux changements climatiques d'une infrastructure comme un pont varie selon si cette dernière est déjà en exploitation ou à construire. Lorsque l'infrastructure est à l'étape de la conception, il est possible de considérer des données climatiques projetées et de favoriser sa résilience dans un contexte de changements climatiques (pour des fréquences ou intensités d'aléas climatiques déterminées lors de la conception et pour la durée de vie totale des actifs et de l'infrastructure). Cela est rendu possible lorsque les concepteurs considèrent les projections climatiques dans les calculs provenant des normes, standards, réglementations et politiques afin d'atteindre les objectifs de gestion des risques de la même façon que si le climat historique était utilisé.

L'évaluation de la résilience aux changements climatiques est réalisée selon un processus à quatre étapes (figure 2-1).

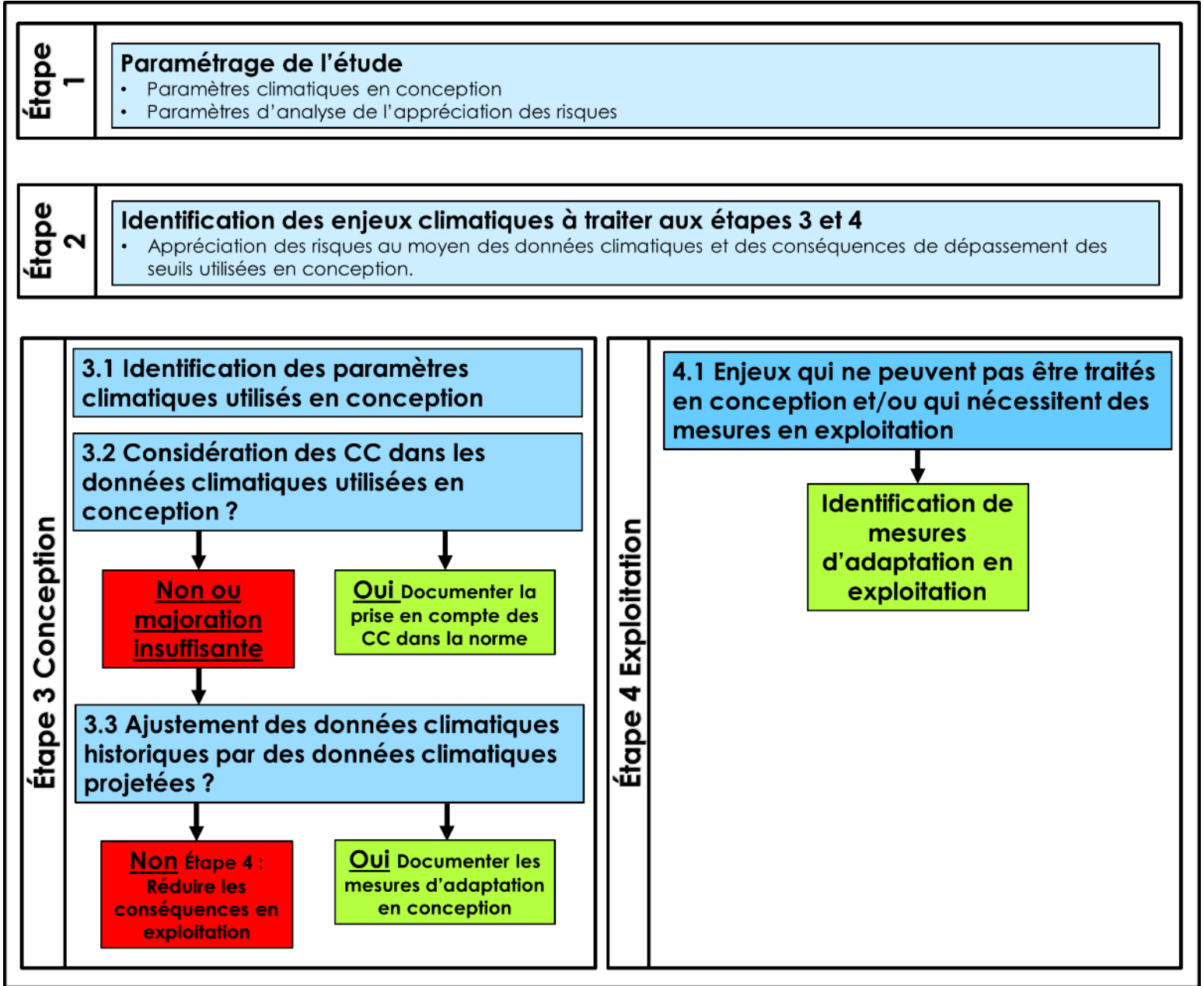


Figure 2-1 Schéma et processus méthodologique

Étape 1. Paramétrage de l'étude

Il est important de bien comprendre le projet afin de paramétrer l'étude. À ce stade, l'ensemble des membres de l'équipe de projet prennent connaissance de la documentation. Un langage commun se développe et plusieurs points sont discutés et des décisions sont prises pour encadrer l'étude :

- Liste des actifs qui font l'objet de l'analyse;
- Sélection des paramètres climatiques (scénarios et horizons de temps) utilisés lors de l'étude;
- Sélection des critères de conséquences du climat sur les actifs.

NOTE : Les données projetées utilisées afin d'ajuster la conception et d'identifier les enjeux apparaissent dans le rapport. Un résumé général du climat régional apparaît à l'annexe A et sert comme description du milieu de réalisation du projet en termes climatiques.

Étape 2. Identification des enjeux climatiques

L'identification des enjeux climatiques en lien avec le projet (ex. : perte de fonctionnalité des joints de dilatation en raison de la hausse des températures extrêmes) est effectuée via une analyse des conséquences des changements climatiques sur le projet prévu, des échanges avec l'équipe de projet et une revue de littérature, dont la CSA S6 :25. Les enjeux identifiés sont abordés aux étapes 3 et 4.

Étape 3. Identification des mesures d'adaptation en conception

L'objectif de l'étape 3 est de considérer les changements climatiques dans les calculs réalisés en conception qui utilisent des paramètres climatiques. Le processus débute par l'identification des calculs en conception qui comportent des paramètres climatiques. Dans la majorité des cas, il s'agit de paramètres climatiques utilisés dans les normes de conception et dont les données climatiques historiques peuvent être remplacées par des données projetées.

Pour les calculs de conception ainsi retenus, la source des données climatiques est identifiée. Dans les où les changements climatiques ne sont pas encore pris en compte, de nouvelles valeurs climatiques projetées sont proposées à l'équipe de conception. Des discussions avec les ingénieurs concernés (équipe de projet) sont alors tenues pour évaluer si ces nouvelles données peuvent ou non être adéquatement intégrées à la conception.

Ces modifications à la conception par un ajustement des valeurs climatiques permettent d'améliorer la résilience du projet aux changements climatiques et de réduire l'importance de certains enjeux identifiés à l'étape 2. Les enjeux dont les conséquences sont élevées, mais dont l'ajustement en conception est impossible ou jugé non pertinent pour différentes raisons font l'objet d'une analyse à l'étape suivante (4).

Étape 4. Identification solutions d'adaptation en phase d'exploitation

Les modifications effectuées en conception à l'étape 3 ont permis de réduire les conséquences potentielles identifiées. Pour les enjeux pour lesquels il n'a pas été possible ou il n'a pas été jugé pertinent (faisabilité et coûts) de déployer des mesures en conception, des mesures en exploitation sont identifiées au moyen de discussions avec les experts.

2.3 Effets des changements climatiques sur les travailleurs

Bien que ce ne soit pas une exigence de la directive du MELCCFP pour les l'étude d'impacts, une courte section aborde les effets des changements climatiques des travailleurs. Ces effets ont été évalués qualitativement en fonction des aléas climatiques (dangers) et des conséquences potentielles du climat sur la santé-sécurité et la productivité des travailleurs. L'analyse qualitative a été réalisée sans critère de conséquences, c'est pourquoi une explication accompagne chaque enjeu mis en évidence.

3. Résultats et discussions

3.1 Paramétrage de l'étude

Liste des actifs

Le projet est constitué de :

- Pont
- Approches est et ouest
 - ✓ Carrefour
 - ✓ Raccordement de la partie au nord du tracé projeté,
 - ✓ Aménagement d'un cul-de-sac au sud du tracé projeté
 - ✓ Accès (marina et maisons)

La liste des actifs sous analyse apparaît au tableau 3-1.

Tableau 3-1 Total des actifs du projet

Discipline	Actif	Sous-actif
Chaussées	Approches	Pavage et enrobé
Chaussées	Pont	Marquage
Drainage	Approches	Réseau de conduites
Drainage	Approches	Fossés longitudinaux de part et d'autre de la chaussée
Drainage	Approches	Ponceaux
Drainage	Approches	Regards dans le terre-plein
Drainage	Approches	Système de captation (puisard)
Drainage	Approches	Système de traitement des eaux de drainage (gestion qualitative)
Drainage	Approches	Bassins de rétention (gestion quantitative)
Drainage	Pont	Regards (voir avec : Structure)
Drainage	Pont	Conduits sous le pont : collecte (voir avec : Structure)
Électromécanique	Approches	Coffret d'alimentation et de contrôle
Électromécanique	Approches	Conduits (PVC) et conducteurs électriques (enfouis)

Discipline	Actif	Sous-actif
Électromécanique	Approches	Luminaire (unités d'éclairage) DEL
Électromécanique	Pont	Conduits (fibre de verre) et conducteurs électriques (pas enfouis)
Électromécanique	Pont	Structures d'éclairage (fût et potence)
Géotechnique	N/A	
Hydraulique	N/A	
Signalisation	Approches	Massifs de fondations en béton
Signalisation	Approches	Structure de signalisation latérale
Signalisation	Général	Panneaux de signalisation en extrusion d'aluminium
Signalisation	Général	Panneaux de signalisation en tôle métallique
Signalisation	Général	Structure de signalisation aérienne
Structure	Pont	Éclairage Ancrage ou porte-à-faux (électromécanique et structure)
Structure	Pont	Éclairage Base de béton (électromécanique et structure)
Structure	Pont	Fondation - Culées
Structure	Pont	Fondation - Piles (Pile-chevêtre fut sur pieux battus)
Structure	Pont	Fondation - Protection des culées
Structure	Pont	Mur de soutènement
Structure	Pont	Supersignalisation
Structure	Pont	Superstructure - Appareils d'appui
Structure	Pont	Superstructure - Garniture des joints de dilatation
Structure	Pont	Superstructure - Joints de dilatation
Structure	Pont	Superstructure - Poutres
Structure	Pont	Superstructure - Tabliers en béton

Horizons de temps utilisés dans l'analyse

Au sens large, le climat désigne l'état du système climatique, y compris sa description statistique. Le climat est généralement défini comme le « temps moyen », ou plus rigoureusement, comme la description statistique en matière de moyenne et de variabilité de paramètres météorologiques telles que la température, les précipitations et le vent sur une période, généralement 30 ans. Le climat historique est basé sur les normales climatiques de 1981 à 2010, car cette information est largement disponible .

Les projections climatiques présentées dans cette section considèrent trois horizons de temps :

- Historique (1981-2010);
- 2050 (2041-2070);
- 2080 (2071-2100).

Scénarios climatiques utilisés dans l'analyse

En ce qui concerne le climat futur, la plus grande source d'incertitude dans les projections climatiques est le progrès réalisé à l'échelle mondiale en vue d'atteindre les objectifs de réduction d'émissions de gaz à effet de serre (GES). C'est pourquoi les projections sont généralement réalisées selon différents scénarios : les trajectoires communes d'évolution socio-économique (de l'anglais *Shared Socio-economic Pathways*; SSP).

Les projections sont obtenues à partir de deux scénarios (SSP2-4.5 et SSP5-8.5). Ces scénarios ont été choisis parce qu'ils couvrent un large éventail de climats futurs possibles, que de nombreux modèles climatiques différents les ont utilisés pour faire des projections, et que leurs niveaux de forçage radiatif correspondent aux anciens scénarios d'émissions les plus communs, soit les RCP (de l'anglais *Representative concentration pathway*) élevés (RCP8.5) et moyens (RCP4.5).

Paramètres d'analyse des conséquences du climat sur les actifs

Les conséquences du climat sur les actifs ont été analysées en se basant sur les tendances climatiques de différents aléas et des critères de conséquences suivants (expliqués en détail au tableau 3-2) :

- Intégrité structurale : Impacts physiques (dommages) directs sur l'actif (ponctuel, chronique);
- Fonctionnalité : Impacts directs sur la fonctionnalité (performance) de l'actif et de sa disponibilité;
- Opérations : Impacts directs sur les activités de maintenance et de réparations de l'actif pour assurer son intégrité et sa fonctionnalité;
- Santé et sécurité : Impacts sur la sécurité des utilisateurs.

Tableau 3-2 Critères de conséquences des impacts du climat sur les actifs

Impacts directs du climat

Échelle	Description générale	Intégrité structurale	Fonctionnalité	Opérations	Santé et sécurité des utilisateurs
1	Mesurable, négligeable	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Impact négligeable sur l'intégrité de l'actif (les dommages sont invisibles ou esthétiques) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Impact négligeable sur la performance de l'actif <ul style="list-style-type: none"> ▶ Le pont et les approches demeurent disponibles sans interruption de services 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Impact négligeable sur les activités de maintenance et de réparations (ex. : productivité, les coûts, durée, technologies) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Aucun impact ou impact négligeable sur la santé-sécurité
2	Mineur	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Dommage sur l'intégrité de l'actif, mais pas d'attention immédiate est nécessaire 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Impact mineur sur la performance de l'actif OU ▶ Impact modéré sur la performance qui peut être facilement restaurée <ul style="list-style-type: none"> ▶ Le pont et les approches demeurent disponibles sans interruption de services ou fermeture partielle de voies 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Impact mineur sur les activités de maintenance et de réparation demandant des ajustements mineurs (ex. : sur la productivité, coûts, durées, technologies) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Blessure mineure ne nécessitant pas d'intervention médicale <ul style="list-style-type: none"> ▶ Inconfort important ▶ Risque d'accident mineur pour les véhicules
3	Modéré	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Dommage sur l'intégrité de l'actif nécessitant un suivi immédiat 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Impact modéré sur la performance de l'actif pouvant être restauré avec un certain effort OU ▶ Impact important sur la performance qui peut être restaurée facilement <ul style="list-style-type: none"> ▶ Le pont et les approches sont indisponibles pour une courte période (moins d'une heure) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Impact important sur les activités de maintenance et de réparation demandant des ajustements importants (ex. : sur la productivité, les coûts, durée, technologies) ▶ Nécessite des efforts importants par l'équipe interne ou externe 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Blessure mineure <ul style="list-style-type: none"> ▶ Nécessite une intervention médicale non urgente ▶ Risque d'accident modéré pour les véhicules
4	Majeur	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Dommage sur l'intégrité de l'actif nécessitant le remplacement de composantes essentielles ou la réparation immédiate 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Impact majeur sur la performance de l'actif nécessitant un effort important pour restaurer la fonctionnalité <ul style="list-style-type: none"> ▶ Le pont et les approches sont indisponibles pour une période modérée de temps (moins d'un jour) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Impact majeur sur les activités de maintenance et de réparation demandant des ajustements majeurs (ex. : sur la productivité, les coûts, durée, technologies) ▶ Nécessite des efforts majeurs par des ressources internes ou externes 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Blessures graves entraînant une invalidité <ul style="list-style-type: none"> ▶ Nécessite une intervention médicale urgente immédiate ▶ Risque d'accident majeur pour les véhicules
5	Catastrophique	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Perte totale et remplacement nécessaire de plusieurs composantes majeures de l'actif ou de l'actif complet 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Perte totale de la performance de l'actif rendant difficile ou impossible de restaurer la fonctionnalité <ul style="list-style-type: none"> ▶ Le pont et les approches sont indisponibles pour une longue période (plus d'une journée) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Exige une mobilisation extraordinaire et additionnelle de ressources internes ou externes 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Blessures critiques entraînant une invalidité <ul style="list-style-type: none"> ▶ Fatalité possible ▶ Accident très probable pour les véhicules

3.2 Liste des enjeux et appréciation des risques

Synthèse de la littérature scientifique

En 2025, la norme CSA S6 sera mise à jour et inclura des données climatiques projetées considérant les changements climatiques. Avant même la mise à jour de la norme, le groupe CSA a produit un document (Climate Change Provisions for CSA S6:25 Canadian Highway Bridge Design Code: Findings and Recommendations) expliquant les changements à venir dans la norme et les recommandations à prendre. La majorité des enjeux qui se retrouvent dans ce document ont été mis en évidence par l'analyse en cours. Des recommandations générales et spécifiques ont été formulées dans le document et le projet actuel pave la voie à la mise en œuvre d'actions qui répondront à ces objectifs.

Recommandations générales principales :

- Considérer les risques climatiques et leur incertitude dans la conception des ponts;
- Appliquer un cadre d'analyse de risques aux changements climatiques aux infrastructures existantes.

Recommandations spécifiques :

Ajuster la conception en considérant, entre autres, les enjeux/dangers suivants :

- Les effets de la hausse des températures sur les joints de dilatation et les appareils d'appui.
- Les effets des précipitations extrêmes sur le drainage
- L'affouillement / Hydrologie et hydraulique.

D'autres enjeux existent dans la littérature scientifique. Par exemple, une étude entamée en 2020 par des chercheurs de l'université de Lund en Suède analyse 70 publications scientifiques pour résumer les risques et les mesures d'adaptations possibles les plus souvent identifiés spécifiquement pour des ponts dans des environnements similaires à celui du Québec :

- L'accélération de la dégradation matérielle;
- Dommages à la chaussée.
- L'augmentation de la déformation amenée par la hausse de température causant une contrainte de stress supplémentaire sur la structure;
- Les effets associés à une baisse de nappe phréatique particulièrement sur les ponts aux fondations peu profondes, mais aussi les fondations sur pieux à cause d'une perte de flottabilité qui met un stress plus important sur les fondations;
- Pour une hausse de la nappe phréatique, couplée à une perte de végétation, un impact négatif sur la stabilité des pentes. Le tassement par effondrement est un autre effet;
- Impact du verglas et des vents extrêmes sur l'intégrité structurale et la fonctionnalité de l'éclairage;
- Impacts des pluies intenses sur la fonctionnalité du drainage pluvial pouvant entraîner une hausse des besoins en entretien;
- Hausse des opérations de déneigement et déglacage pour plusieurs actifs, des besoins en inspections et en entretien. Ces opérations sont susceptibles d'augmenter les dégâts sur les actifs et de diminuer leur durée de vie.

Appréciation des risques et identification des enjeux nécessitant des mesures d'adaptation

Les résultats de l'analyse apparaissent au tableau 3-3.

Voici les principaux enjeux qui ressortent par 1) critères de conséquences et 2) par actifs. En nous concentrant sur les conséquences de **niveau 3 ou plus** pour chaque actif, nous avons identifié les principaux risques climatiques auxquels ces composants du pont sont confrontés. Des mesures d'adaptation et de gestion des risques ciblées devraient être envisagées pour atténuer ces conséquences potentielles.

Analyse par critère de conséquences

Intégrité structurale (IS) :

- Les joints de dilatation et les appareils d'appui sont affectés de manière significative par les températures élevées (pointage de 3).
- Les enrobés des chaussées sont vulnérables aux températures extrêmes, entraînant des impacts importants sur leur intégrité structurale (pointage de 3).
- Les ponceaux, fossés, puisards, drains, ainsi que les fossés longitudinaux, sont sensibles à des pluies intenses de courte durée, ce qui peut entraîner des conséquences majeures sur leur intégrité (pointages de 3 et 4).

Fonctionnalité (FO) :

- L'enrobé des chaussées est vulnérable aux températures extrêmes, entraînant des impacts importants sur sa fonctionnalité (pointage de 3).
- Les ponceaux, fossés, puisards, drains, ainsi que les fossés longitudinaux, sont exposés à des pluies intenses de courte durée, ce qui peut avoir des conséquences majeures sur leur fonctionnalité (pointage de 4).
- Les appareils d'appui et joints de dilatation sont très sensibles aux températures pour le mouvement, ce qui peut affecter gravement leur fonctionnalité (pointage de 4).

Opérations (OP) :

- Les ponceaux, fossés, puisards, drains, ainsi que les fossés longitudinaux, sont exposés à des pluies intenses de courte durée, entraînant des perturbations significatives dans les opérations de maintenance (pointages de 3 et 4).
- Les appareils d'appui et joints de dilatation sont sensibles aux températures extrêmes, ce qui pourrait entraîner des impacts importants sur les activités de maintenance et de réparation demandant des ajustements importants (pointage de 4)

Santé et Sécurité (SS) :

- Les températures extrêmes peuvent avoir un impact grave sur la santé et la sécurité des utilisateurs, notamment en ce qui concerne l'enrobé des chaussées et les risques d'aquaplanage (pointage de 4).
- Les pluies intenses peuvent affecter la sécurité des utilisateurs en provoquant une accumulation d'eau sur la chaussée et des risques d'aquaplanage (pointage de 3).
- Les charges de verglas sur les structures de signalisation aérienne peuvent poser des risques importants pour la sécurité (pointage de 3).
- Les appareils d'appui et joints de dilatation sont sensibles aux températures extrêmes, ce qui pourrait causer un relèvement de la chaussée et affecter la sécurité des usagers (pointage de 3).

Tableau 3-3 *Appréciation des risques avec tendances climatiques et cotes de conséquences*

	Actif (s)	Aléas climatiques	Tendance climatique	IS	FO	OP	SS
Chaussées	Fondations	Jours de gel	↓	1	1	1	1
	Enrobé	Températures extrêmes	↑	3	3	2	4
	Marquage	Cocktails hivernaux	↑	2	1	1	1
Drainage	Fossés longitudinaux	Pluie intense de courte durée 1/25 ans	↑	2	4	3	2
	Ponceaux, fossés, puisards, drains, etc.	Pluie intense de courte durée 1/25 ans	↑	3	4	3	3
Électro mécanique	Structures d'éclairage (fût et potence)	Vent	≈ ↗	2	1	1	1
	Structures d'éclairage (fût et potence)	Charges de verglas	≈ ↗	2	2	2	2
Signalisation	Massifs de fondations en béton	Profondeur du gel	↓	1	1	1	1
	Structure de signalisation aérienne	Charges de verglas	≈ ↗	2	2	2	3
	Structure de signalisation latérale	Charges de verglas	≈ ↗	2	2	2	1
	Structure de signalisation aérienne	Pression de vent	≈ ↗	2	1	1	1
	Structure de signalisation latérale	Pression de vent	≈ ↗	2	1	1	1
Structure	Base de béton, ancrage ou porte-à-faux (Éclairage)	Calculs des charges de vent sur les éléments structuraux	≈ ↗	2	1	1	1
	Base de béton, ancrage ou porte-à-faux (Éclairage)	Calculs des charges de verglas sur les éléments structuraux	≈ ↗	2	1	1	1
	Appareils d'appui et joints de dilatation	Calcul des températures (maximum) pour le mouvement	↑	3	4	4	3
	Appareils d'appui et joints de dilatation	Calcul des températures (minimum) pour le mouvement	↑	2	1	1	1
	Fondation - Culées et piles	Profondeur de gel	↓	1	1	1	1
	Superstructure - dalles et tabliers	Charges thermiques (Tmax) (tablier avec poutres d'acier et dalle en béton)	↑	2	1	1	1
	Superstructure - Tabliers	Charges thermiques (Tmin) (tablier avec poutres d'acier et dalle en béton)	↑	2	2	2	2
	Superstructure - Tabliers	Écart de température depuis le dessus jusqu'au-dessous de la dalle	≈ ↗	2	2	2	1

Analyse par disciplines et actifs

Chaussées :

- L'enrobé des chaussées est vulnérable aux températures extrêmes, ce qui peut entraîner des conséquences importantes sur l'intégrité structurale (pointage de 3) et la fonctionnalité (pointage de 3). Cela peut également avoir un impact sur la santé et la sécurité des utilisateurs (pointage de 4).

Drainage :

- Les ponceaux, fossés, puisards, drains, etc., ainsi que les fossés longitudinaux, sont exposés à des pluies intenses de courte durée, ce qui peut avoir des conséquences majeures sur leur intégrité (pointage 3) et fonctionnalité (pointages de 4). Cela peut également perturber significativement les opérations de maintenance (pointages de 3).

Signalisation :

- Les structures de signalisation aérienne sont exposées aux charges de verglas, ce qui peut poser des risques importants pour la sécurité (pointages de 3).

Structure :

- Les appareils d'appui et les joints de dilatation sont sensibles aux températures pour le mouvement, avec des conséquences importantes sur leur intégrité (pointages de 3). Cela peut également affecter leur fonctionnalité (pointage de 4) et perturber les opérations de maintenance (pointages de 4) et à la sécurité (pointage 3).

3.3 Appréciation des risques et mesures pour les calculs en conception

Note importante : Les décisions qui suivent sont basées sur une tolérance au risque (inondation et fermeture temporaire) modérée, car la route 138 est une route secondaire et qu'un détour est possible par l'autoroute 40 afin de maintenir les accès. Dans ce contexte, une fermeture temporaire peut être jugée plus acceptable en comparaison d'une autoroute.

Chaussées

Température effective du revêtement

Le premier paramètre climatique pour la chaussée concerne la température effective du revêtement de chaussée (TER). Dans Chaussée II, la TER est calculée à partir de la température moyenne de l'air pour le mois de septembre. Cependant, le logiciel ne donne pas accès à la température de l'air, seulement à la TER calculée à partir de la température moyenne de l'air.

Le logiciel Chaussées II indique que la TER est actuellement de 20,5 °C dans la zone Sud où Batiscan se situe. En tenant compte des projections climatiques pour les années 2020, 2050 et 2080 selon différents scénarios (SSP 2-4.5 et SSP 5-8.5), les températures moyennes de l'air augmenteront au fil du temps. Par exemple les températures moyennes de l'air projetées en septembre sont :

- 2020 : SSP 2-4.5 : 14,9 °C. SSP 5-8.5 : 15,0 °C
- 2050 : SSP 2-4.5 : 16,0 °C SSP 5-8.5 : 17,0 °C
- 2080 : SSP 2-4.5 : 17,2 °C SSP 5-8.5 : 19,9 °C

Considérant l'augmentation marquée de la température de l'air, la TER devrait être affectée. Ces changements de température peuvent avoir des implications sur le choix du bitume pour le revêtement de chaussée. Actuellement, le bitume recommandé est du type 58H-34 en zone 2. En considération des

données projetées, il est suggéré de passer à un bitume plus adapté aux températures plus élevées à moyen et long terme, comme le 64H-28 utilisé dans des zones plus au sud. Il est également suggéré d'effectuer cette transition lors de l'entretien de la couche de surface environ 15 ans après la construction, en fonction de la dégradation de la surface. Cela permettra d'ajuster le matériau en fonction des conditions climatiques réelles après une période d'utilisation significative.

En anticipant ces changements, la décision d'ajuster le bitume vers le type 64H-28, conçu pour des températures plus élevées, est motivée par la nécessité d'aligner la composition du revêtement avec les conditions climatiques futures prévues. Cette adaptation vise à éviter plusieurs conséquences potentielles liées à l'utilisation d'un bitume inadéquat pour les températures croissantes :

- Augmentation de la résistance à la dégradation en été;
- Diminution de la perte d'adhérence (ornières);
- Augmentation de la durée de vie future et diminution des coûts de remplacement à moyen et à long terme.

Décision : Conserver les valeurs climatiques proposées par Chaussée II. L'adaptation sera faite lors de du remplacement de l'enrobé (si nécessaire, le choix de bitume sera reconsidéré au moment de refaire l'enrobé).

Température moyenne annuelle (Tma) et indice de gel normal (IGn)

Les deux autres paramètres sont la température moyenne annuelle (Tma) et l'indice de gel normal (IGn) du Module GEL de Chaussée II.

Actuellement, la Tma dans Chaussée II est de 6,8 °C dans la zone de Batiscan selon les données historiques de 1981 à 2010. Cependant, les projections climatiques indiquent une augmentation des températures moyennes annuelles de l'air. Voici les données projetées pour la Tma selon différents scénarios (SSP 2-4.5 et SSP 5-8.5) pour les années 2020, 2050 et 2080 :

- 2020 : SSP 2-4.5 : 6,4 °C SSP 5-8.5 : 6,6 °C;
- 2050 : SSP 2-4.5 : 7,7 °C SSP 5-8.5 : 8,7 °C;
- 2080 : SSP 2-4.5 : 8,6 °C SSP 5-8.5 : 11,2 °C.

À noter que la température de Chaussée II est un peu plus élevée que les projections de 2020 pour Batiscan, car la zone climatique de Chaussée II est vaste et Batiscan n'est pas au sud de cette zone.

Actuellement, l'indice de gel normal dans Chaussée II est de 972 °C jours avec un écart type de 924 °C jours dans la zone de Batiscan, selon les données historiques de 1981 à 2010. Cependant, les données projetées pour les années 2020, 2050 et 2080 indiquent des changements significatifs dans l'indice de gel normal :

- 2020 : SSP 3-7.0 : 797 °C/jours;
- 2050 : SSP 3-7.0 : 569 °C/jours;
- 2080 : SSP 3-7.0 : 366 °C/jours.

Cela indique que le revêtement de chaussée actuel, conçu pour les conditions historiques, reste adéquat pour les projections climatiques à venir en termes d'indice de gel normal.

Décision : Pour le module gel, conserver les valeurs climatiques proposées par Chaussée II.

Drainage

Pluies IDF 1/25 ans : Égout pluvial (conduites et puisards), ponceaux et fossés

Selon le guide Ouvrages routiers Tome III Tableau 3.3-1, la récurrence à utiliser pour une route secondaire est de 1/25 ans (pluie 3 heures). De plus, la norme comprend une majoration de 18 à 20 % des IDF pour les changements climatiques.

Cependant, en tenant compte des projections climatiques pour les années 2020, 2050 et 2080 selon différents scénarios (SSP 2-4.5 et SSP 5-8.5) et pour des durées de 1 et 2 heures, les IDF devraient augmenter :

- 2020 : 1 h +13 % / 2 h +10 % SSP 5-8.5 : 1 h +13 % / 2 h +10 %;
- 2050 : 1 h +22 % / 2 h +20 % SSP 5-8.5 : 1 h +31 % / 2 h +30 %;
- 2080 : 1 h +31 % / 2 h +30 % SSP 5-8.5 : 1 h +56 % / 2 h +55 %.

Ces changements au niveau des précipitations peuvent avoir des implications sur le dimensionnement des infrastructures de drainage. Les conséquences de ne pas s'ajuster pourraient être une accumulation d'eau temporaire sur la chaussée, des risques d'aquaplanage ou de fermeture temporaire du pont et des approches (voir la note au début de la section 3.3 pour la notion de tolérance au risque).

Afin de réduire ces risques, il est recommandé de :

- Réévaluer les infrastructures de drainage pluvial en fonction des données climatiques projetées et de l'étude hydraulique de la rivière Batiscan. L'incidence est probablement plus importante concernant le réseau pluvial souterrain (conduites) dans le secteur du carrefour giratoire;
- Refaire les calculs avec les données climatiques projetées et revoir les dimensions des ponceaux et fossés si nécessaire;
- La proposition consiste en une augmentation minimale de 30 % et maximale de 55 % des IDF historiques (ce qui veut dire 10 % à 35 % en considérant la majoration des normes de 20 %).

Décision : Refaire les calculs de drainage avec une **majoration supplémentaire** de 10 % (SSP 2-4.5 30 % - majoration de 20 % du guide MTMD = 10 %) à 35 % (SSP 5-8.5 55 % - majoration de 20 % = 35 %), et évaluer les **coûts** qui y sont associés.

Note importante

La mise à jour de l'étude hydraulique de la rivière Batiscan n'est pas encore disponible. Il est important de noter que lorsque les conduites du réseau pluvial se jettent dans une rivière et que celle-ci subit une montée en charge due à des précipitations intenses ou à la fonte des neiges, cela peut entraîner plusieurs problèmes pour le drainage pluvial. Par exemple :

- Lorsque le niveau d'eau de la rivière se trouve en charge par rapport à l'émissaire (incluant les marées), le réseau d'égout pluvial se trouve en surcharge et l'arrivée des eaux pluviales chargées peut dépasser la capacité du réseau pluvial en amont, provoquant des débordements et des inondations;
- Aussi, les niveaux d'eau de la rivière peuvent occasionner l'obstruction ou l'endommagement des émissaires pluviaux par les débris et autres objets, réduisant ou bloquant complètement le flux d'eau en amont.

Pour faire face à cet enjeu, il est essentiel de prendre en compte la capacité de drainage pluvial par rapport aux niveaux d'eau de la rivière en incluant l'effet des marées.

Décision du MTMD : Selon les données de l'étude hydraulique à venir, réévaluer l'impact des niveaux d'eau de la rivière sur les réseaux de drainage.

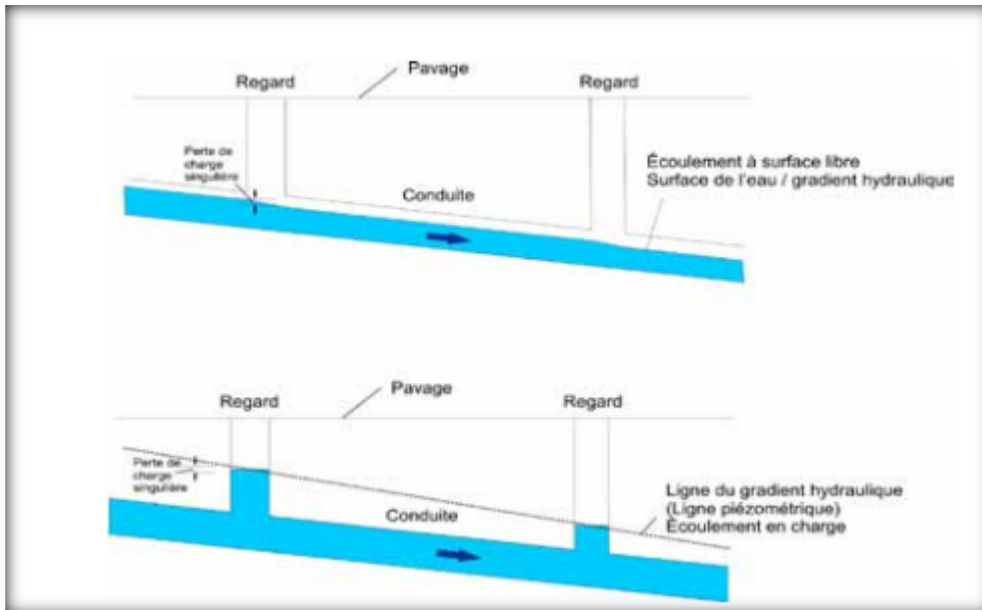


Figure 3-1 Guide de gestion des eaux pluviales, Chapitre 7-5

Hydraulique

Au moyen d'un échange de courriels, le ministère a décrit comment il a pris en compte les changements climatiques dans son étude hydraulique à venir. Voici le résumé des décisions du MTMD qui ont été communiquées (Mme Christine Bouchard) en ce qui concerne l'intégration des changements climatiques aux calculs de l'étude.

Débit de conception convenu pour la modélisation des ouvrages temporaires : Q10 ans

Les travaux se dérouleront à court terme et les effets des changements climatiques ont été jugés peu significatifs pour cet horizon de temps.

Décision du MTMD : Aucun ajustement nécessaire.

Débit de conception du pont : Q50 ans

Le débit de conception du pont (Q50 ans) a été majoré de 5 % par rapport aux débits de pointe de la rivière Batiscan. Cette recommandation provient du Tome 3, Conception des ouvrages d'art (MTMD 2023). Ces normes sont basées sur les études et les recommandations d'Ouranos et de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS) avant 2020. La majoration recommandée se situe entre les scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5.

L'équipe de projet a également consulté les données de l'Atlas hydroclimatique du Québec :

- Pour les données projetées, le RCP 4.5 indique des augmentations relatives maximales de 3,84 % (récurrence 20 ans) et de 4,37 % (récurrence 100 ans), et ce en **2071-2100**;
- Pour les données projetées, le RCP 8.5 indique des augmentations relatives maximales de 7,93 % (récurrence 20 ans) et de 12,23 % (récurrence 100 ans), et ce en **2041-2070**.

Cependant, étant donné la dispersion élargie des données provenant de l'atlas, et considérant qu'il n'y a pas de consensus pour cette rivière, le MTMD a décidé de conserver la majoration de 5 % et de ne

pas considérer les données de l'Atlas. Les conséquences de dépasser le seuil de 3 % (en comparaison des données de l'Atlas) ont été jugées acceptables par le MTMD (risques d'inondation, hausse de l'érosion des berges).

Un débit de rivière plus élevé peut entraîner une érosion accrue des berges autour du pont, diminuer l'intégrité des protections, affecter la stabilité des fondations et entraîner des coûts d'entretien supplémentaires pour réparer les dommages et renforcer la structure.

Décision : Conserver la majoration de 5 %. Les conséquences d'atteindre 8 % (données de l'atlas RCP 8.5 20 ans) ont été jugées acceptables par l'équipe de projet.

Débit du fleuve Saint-Laurent

Peu importe le scénario climatique considéré et les études consultées, les projections indiquent un maintien ou une diminution du débit moyen du fleuve Saint-Laurent (Bleau et coll. 2016). Selon Roy (2011), la majeure partie des scénarios climatiques projettent une diminution de 20 à 40 % du débit moyen du fleuve d'ici la fin du siècle. En absence de meilleures données, le ministère a opté pour un maintien des débits du fleuve Saint-Laurent pour la suite de l'étude.

Décision : Aucun changement. Les données projetées indiquent une diminution ou un maintien du débit moyen du fleuve, ce qui ne pose pas de problème jugé important pour l'infrastructure.

Rehaussement du niveau des mers

Pour ce paramètre, le choix du scénario climatique a été basé sur la prochaine mise à jour de la norme canadienne S6 prévue pour 2025 et qui propose l'utilisation du scénario RCP 6.0. Le scénario SSP3-7.0 (GIEC 2022) est l'équivalent du scénario RCP 6.0. Le site à l'étude subit également le rebond isostatique postglaciaire, ce qui réduit une partie de la hausse du niveau des mers. Selon le GIEC, la valeur maximale de l'intervalle pour le scénario SSP2-4.5/ SSP3-7.0 (0,61 m en 2100). La marée est atténuée rendu au site à l'étude, ainsi il est probable que le rehaussement soit également atténué en raison de la diminution du niveau moyen du fleuve appréhendé (des vérifications supplémentaires seront faites à ce sujet).

Selon les analyses effectuées, le rehaussement de la mer a peu d'impact au site à l'étude, mis à part lors les grandes marées. Afin d'avoir une marge de sécurité, le MTMD a décidé d'utiliser **un rehaussement de la mer de 0,81 m (GIEC scénario SSP5-8.5), avant évaluation du rebond isostatique**. Cette valeur est en accord avec les données du gouvernement fédéral publiées via CAN-EWLAT (*Allowances* verticaux pour se prémunir contre les changements climatiques en milieu côtier). À Québec, en aval de Batiscan, où les effets de surcote et les effets de marées sont très forts et où le niveau est moins impacté par les débits de l'amont, les valeurs du gouvernement pour les *Allowances*, avec SSP5-8.5 et 2100, sont de 0,58 m.

Les données provenant du *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) indiquent des niveaux plus élevés. Par exemple, pour le scénario intermédiaire (correspond au SSP2-4.5) le niveau en 2100 est de 0,86 m. Pour le scénario intermédiaire-élevé (correspond au SSP2-4.5 à SSP3-7.0), le niveau en 2100 est de 1,49 m. Selon le ministère, ces données, qui proviennent d'une étude américaine, n'ont pas été validées à Batiscan, qui est un site substantiellement plus élevé que le niveau de la mer et sous forte influence des débits du Saint-Laurent, ce qui aura pour effet de diminuer les rehaussements. C'est pourquoi ces données n'ont pas été retenues par le MTMD.

Si le niveau du fleuve augmente, le niveau de la rivière au pont situé près de l'embouchure augmentera également. C'est pourquoi une hausse de 0,81 m a été considérée par le MTMD. Un dépassement de ce seuil pourrait causer des inondations temporaires (selon la hauteur du soffite retenue) et affecter la navigation temporairement. De plus, la glace pourrait heurter les piles à une hauteur plus élevée. Cependant, il est prévu que l'épaisseur de la glace devrait diminuer avec les changements climatiques.

Tableau 3-4 *Hausse moyenne globale du niveau des océans selon différents scénarios climatiques (Source : GIEC 2023)*

	1.5°C	2.0°C	3.0°C	4.0°C	5.0°C	SSP5-8.5 Low Confidence
Closest SSPs	SSP1-2.6	SSP1-2.6/SSP2-4.5	SSP2-4.5/SSP3-7.0	SSP3-7.0	SSP5-8.5	
Total (2050)	0.18 (0.16–0.24) m	0.20 (0.17–0.26) m	0.21 (0.18–0.27) m	0.22 (0.19–0.28) m	0.25 (0.22–0.31) m	0.24 (0.20–0.40) m
Total (2100)	0.44 (0.34–0.59) m	0.51 (0.40–0.69) m	0.61 (0.50–0.81) m	0.70 (0.58–0.92) m	0.81 (0.69–1.05) m	0.88 (0.63–1.60) m
Rate (2040–2060)	4.1 (2.9–5.7) mm yr ⁻¹	5.0 (3.7–7.0) mm yr ⁻¹	6.0 (4.6–8.1) mm yr ⁻¹	6.4 (5.0–8.6) mm yr ⁻¹	7.2 (5.7–9.8) mm yr ⁻¹	7.9 (5.6–16.1) mm yr ⁻¹
Rate (2080–2100)	4.3 (2.6–6.4) mm yr ⁻¹	5.5 (3.4–8.4) mm yr ⁻¹	7.8 (5.3–11.6) mm yr ⁻¹	9.9 (7.1–14.3) mm yr ⁻¹	11.7 (8.5–17.0) mm yr ⁻¹	15.8 (8.6–30.1) mm yr ⁻¹
2000-yr commitment	2 to 3 m	2 to 6 m	4 to 10 m	12 to 16 m	19 to 22 m	
10,000-yr commitment	6 to 7 m	8 to 13 m	10 to 24 m	19 to 33 m	28 to 37 m	

Décision : Considérer une augmentation moyenne du niveau de la mer de 0,81 m.

Embâcles

Les résultats obtenus d'une étude menée par l'Université de Laval (Morse et Turcotte 2018) montrent que dans certains cas, plus spécifiquement sur des rivières du sud du Québec, le risque d'inondations par embâcles pourrait diminuer à mesure que les températures hivernales se réchauffent, simplement par manque de glace pour former des embâcles. Les changements dans la fréquence et l'intensité des embâcles ne devraient donc pas affecter la protection des culées et endommager la structure. Cependant, une diminution du couvert de glace en hiver combinée à une augmentation des précipitations liquides peut augmenter l'érosion des berges, même si celles-ci sont peu sensibles au courant durant la période de gel des sols.

Décision : Aucune modification au projet initial.

Signalisation

Structures de signalisation aériennes et latérales

Charges de verglas

Les risques concernent strictement les chutes de glace potentielles pouvant affecter la sécurité des usagers. Il est cependant possible (mais peu probable) que des épisodes de verglas extrêmes surviennent et puissent affecter l'intégrité des actifs de signalisation. Cependant, la modélisation de ce type d'événements est très incertaine en raison du faible nombre d'événements pour calibrer les modèles et que ce genre de précipitation est complexe à modéliser. Bien entendu, si un épisode de verglas extrême survient, comme ce fut le cas en Montérégie en 1998, des dommages sont possibles sur les actifs et sous-actifs.

Les structures de signalisation aériennes, ainsi que les fûts pour équipement, seront conçues en considérant une charge de verglas de 66 mm. Les charges de verglas pour les structures latérales sont de 31 mm, en raison des risques moins élevés pour les utilisateurs, car elles sont localisées en bordure de la chaussée et non au-dessus comme c'est le cas pour les structures aériennes. Cette valeur

représente une augmentation par rapport à la version 2015 de la norme CSA S6-19 dont l'épaisseur nominale était de 31 mm (augmentation de 35 mm entre les deux versions). Le seuil de 66 mm pour les charges dues au verglas a été utilisé et considère donc une majoration due aux changements climatiques.

Matte et coll. (2018) prévoient une légère augmentation de la fréquence et de la durée des épisodes de précipitations mixtes en hiver. Pour l'intensité, aucune donnée n'est disponible. Le verglas est fonction de conditions très locales et est un phénomène climatique très difficile à modéliser et avec un niveau de confiance faible.

Des événements extrêmes peuvent survenir comme l'épisode de verglas de 1998 qui avait laissé plus de 80 mm de verglas à certains endroits au Québec. Pour la région de Batiscan, le 66 mm utilisé représente un événement entre 1/250 et 1/500 ans. Cette valeur semble robuste étant donné les récurrences qu'elle représente. De plus, même à ce seuil, les conséquences du verglas sont surtout liées aux chutes de glaces potentielles sur les utilisateurs (pour la signalisation aérienne).

Décision : Aucune modification au projet initial.

Charges de vent

Les structures de signalisation aériennes et latérales seront conçues en considérant les pressions d'une période de retour de 50 ans (Tome III, figure 6.5-2). Pour les vents forts, la pression de référence moyenne horaire pour la période de récurrence indiquée en fonction des données de la norme CAN/CSA S6 : 19 est de 490 kPa et 410 kPa respectivement.

Selon Cannon et coll. (2020), le paramètre Q50 :

- SSP 2 4,5 : Hausse de 1,4 % d'ici la fin du siècle
- SSP 5 8,5 : Hausse de 2,4 % d'ici la fin du siècle

NOTE : Dépasser le seuil pour la pression de vent n'a pas une énorme incidence en comparaison aux charges de verglas. Bien entendu, si des vents extrêmes ou même une tornade surviennent, des dommages sont possibles sur les actifs et sous-actifs.

Décision : Aucune modification au projet initial. Les effets de cette hausse ont été jugés négligeables sur ces actifs à durée de vie courte (en moyenne 8-15 ans).

Structure

NOTE : Étant donné le réchauffement prévu, les paramètres avec des températures minimales ont été discutés et aucun changement n'a été prévu à ce sujet dans la conception initiale puisque la structure devra tout de même subir des températures minimales plus basses en début de vie.

Appareils d'appui et joints de dilatation

Températures maximales pour le mouvement des joints de tablier et appareils d'appui

Un dépassement du seuil retenu en conception pourrait mener à des conséquences importantes en ce qui concerne une défaillance des joints de dilatation (les conséquences du dépassement du seuil sont importantes comme vu précédemment). La tension pourrait s'accumuler si la limite des joints est atteinte. Ainsi, les joints ne pourront plus accommoder la course des tabliers. Le pont pourrait s'allonger et générer des pressions sur les culées ce qui pourrait soulever localement la chaussée.

Les appareils d'appui et joints de dilatation seront conçus selon des températures maximales pour le mouvement des joints de tablier et appareils d'appui. Selon les normes, pour la zone dans laquelle se situe Batiscan, la température de l'air maximale utilisée est de 40 °C.

Pour le jour le plus chaud de juillet, les données projetées indiquent :

- Historique : 1981-2010 : 31,2 °C
- SSP 2 4,5 : 2020 : 32,8 °C / 2050 : 34,0 °C / 2080 : 34,7 °C
- SSP 5 8,5 : 2020 : 32,8 °C / 2050 : 34,4 °C / 2080 : 37,3 °C

Selon la norme S6-19, le mouvement (raccourcissement + allongement) des joints du tablier a été calculé en tenant compte l'interaction entre la température et le séisme. Les calculs démontrent que pour une température de 40 °C et le séisme retenu, les trois garnitures choisies sont suffisantes pour faire face aux données projetées, et ce peu importe le scénario climatique retenu.

Décision : Au moment du remplacement des joints, dans la deuxième moitié de siècle, réévaluer la situation et ajouter une garniture si nécessaire.

Superstructure

Gradient thermique / Changement uniforme de température

La température maximale utilisée pour les calculs des charges thermiques (Tablier avec poutres d'acier et dalle en béton) est celle utilisée dans le guide CSA S6:19, soit 28 °C.

- Superstructure 28 °C + 20 °C - 5 °C = 43 °C
- Superstructure 28 °C + 20 °C - 5 °C = 43 °C

(Variables : Température moyenne quotidienne maximale de la période de retour de 50 ans + Température effective maximale + Température effective minimale)

La conception basée sur cette température est basée sur des données climatiques historiques. L'écart de température entre le dessus et le dessous de la dalle a pour effet de produire un gradient thermique et produire des contraintes internes dans le béton. Puisque la dalle de béton n'est pas libre de se contracter ou de se dilater sous l'effet de la température, car elle est liée mécaniquement à la poutre au moyen de connecteurs, des contraintes sont générées dans le béton et l'acier en raison du déplacement qui est gêné.

Pour le jour le plus chaud de juillet, les données projetées indiquent :

- Historique : 1981-2010 : 31,2 °C
- SSP 2 4,5 : 2020 : 32,8 °C / 2050 : 34,0 °C / 2080 : 34,7 °C
- SSP 5 8,5 : 2020 : 32,8 °C / 2050 : 34,4 °C / 2080 : 37,3 °C

Il faudra tenir compte de gradients thermiques plus importants afin de s'assurer que la structure est en mesure de résister aux efforts générés par ces gradients et également prévoir ne pas restreindre les déplacements de la structure lorsque c'est possible. Cependant, bien qu'il aurait été possible de remplacer 28 °C par 34,7 / 37,3 °C dans les calculs de charges thermiques afin de conserver une marge de sécurité suffisante (augmentation possible du nombre de connecteurs reliant les poutres d'acier aux dalles de béton), aucune modification n'a été retenue.

Les contraintes qui peuvent être générées par une hausse de températures (SSP2 ou SSP5) ont été jugées acceptables, les contraintes sismiques appliquées étant plus importantes que celles liées à la chaleur.

Décision : Aucune modification au projet initial.

Ancrage ou porte-à-faux et base de béton (éclairage)

Charges de verglas et de vent

Les ancrage ou porte-à-faux et base de béton sont conçus selon une charge de verglas de 66 mm. Cette valeur représente une augmentation par rapport à la version 2015 de la norme dont l'épaisseur nominale était de 31 mm. Cette majoration est liée aux changements climatiques.

Les données projetées indiquent :

- Matte et coll. (2018) prévoient une légère augmentation de la fréquence et de la durée des épisodes de précipitations mixtes en hiver. Pour l'intensité, aucune donnée n'est disponible. Le verglas est fonction de conditions très locales et est un phénomène climatique très difficile à modéliser et avec un niveau de confiance faible.
- Charges de vents (Q10 et Q50) :
 - ✓ SSP 2 4,5 : Hausse de 1,4 % d'ici la fin du siècle
 - ✓ SSP 5 8,5 : Hausse de 2,4 % d'ici la fin du siècle

Décision : Aucune modification au projet initial.

4. Mesures d'adaptation en phase d'exploitation

Pour des raisons de faisabilité technique, financières, d'incertitude et de tolérance au risque, tous les risques ne peuvent pas être réduits par des ajustements en conception. De plus, la route desservie par le pont de Batiscan est une route secondaire, sa fermeture pour une courte durée est jugée acceptable par le MTMD, car la circulation peut être déviée par l'autoroute 40.

En plus des mesures en conception, des efforts ont été déployés pour renforcer l'importance des mesures déjà en place dans les opérations d'exploitation. Ces mesures apparaissent au tableau 4-1. Les mesures en phase d'exploitation peuvent être préventives (inspection des appareils de signalisation avant une tempête) ou réactives (remplacer un actif avant sa fin de vie planifiée si la performance diminue avant sa fin de vie).

Cet exercice met en évidence l'importance de l'entretien et des inspections des infrastructures qui sont soumises au climat qui peut parfois être extrême. Cela est important pour trois raisons :

- La résilience des infrastructures aux changements climatiques est améliorée par des actifs inspectés et entretenus fréquemment.
- Les incertitudes liées à l'évolution de certains aléas climatiques demandent une approche flexible, c'est-à-dire une gestion adaptative.
- L'analyse des risques a été réalisée avec l'hypothèse que les plans d'inspection et d'entretien des infrastructures sont respectés et que les actifs sont en bonnes conditions pour faire face aux changements climatiques.

Tableau 4-1 Tableau sommaire des activités d'inspection et d'entretien en lien avec la résilience aux changements climatiques

Aléas climatiques déclencheurs	Discipline	Actif	Enjeux	Saison	Activités d'inspection et d'entretien pour augmenter la résilience
Chaleur extrême	Chaussée	Enrobée de la chaussée	<ul style="list-style-type: none"> • Ramollissement de l'enrobé en raison des températures extrêmes • Orniéage et aquaplanage 	Été	<ul style="list-style-type: none"> • Surveiller l'état de l'enrobé afin de déceler des signes de ramollissement telle la présence d'ornières, des ondulations de l'enrobé, soulèvements différentiels ou affaissements de la chaussée. • Sensibiliser personnel à ce nouvel enjeu climatique.
Pluies intenses	Drainage	Puisards, conduites, ponceaux et fossés	<ul style="list-style-type: none"> • Obstruction en raison de l'augmentation des événements de pluies intenses et des vents qui les accompagnent. 	Annuel	<ul style="list-style-type: none"> • Prévenir les obstructions dues à l'accumulation de débris, en mettant l'accent sur les périodes suivant les événements de pluies intenses.
Cocktails hivernaux et changements de température	Drainage	Puisards, conduites, ponceaux et fossés	<ul style="list-style-type: none"> • Obstruction en raison de l'augmentation des conditions menant à la formation de glace en hiver. 	Hiver	<ul style="list-style-type: none"> • Augmenter la surveillance pendant les périodes hivernales pour détecter rapidement les signes de formation de glace et prendre des mesures préventives pour éviter les obstructions et les dommages associés.
Chaleur extrême	Structure	Joints de dilatation et appareils d'appui	<ul style="list-style-type: none"> • Dépassement de la capacité des joints de dilatation et appareils d'appui à remplir leur fonction en raison de la hausse des températures extrêmes. 	Été	<ul style="list-style-type: none"> • Surveiller l'état des joints de dilatation et des appareils d'appui, en mettant l'accent sur leur capacité à fonctionner correctement dans des conditions de température élevée.
Multi-aléas (Changements climatiques en général)	Toutes les disciplines	Multi-actifs	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation des besoins en inspections et entretien en raison des événements extrêmes et des stress climatiques accrus. 	Annuel	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibiliser le personnel chargé des inspections et de l'entretien, en mettant l'accent sur la détection précoce des signes de dommages spécifiques en lien avec les changements climatiques.

Aléas climatiques déclencheurs	Discipline	Actif	Enjeux	Saison	Activités d'inspection et d'entretien pour augmenter la résilience
Multi-aléas (Changements climatiques en général)	Toutes les disciplines	Multi-actifs	<ul style="list-style-type: none"> • Diminution de la durée de vie possible des actifs en raison des événements extrêmes et des stress climatiques accrus 	Annuel	<ul style="list-style-type: none"> • Communiquer les impacts des changements climatiques sur la durabilité des actifs du pont au sein de l'organisation, en mettant en évidence la nécessité de maintenir les mesures existantes pour prolonger leur durée de vie et minimiser les coûts de remplacement. • Ajuster la planification stratégique des remplacements d'actifs en tenant compte de la diminution probable de leur durée de vie due aux événements climatiques extrêmes.

5. Effets des changements climatiques sur les travailleurs

Les changements climatiques ont un impact significatif sur les travailleurs impliqués dans la construction et l'exploitation des infrastructures, notamment les ponts. L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des conditions extrêmes telles que les vagues de chaleur, les tempêtes violentes et les précipitations intenses peuvent rendre les conditions de travail plus difficiles et présente des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs.

Pendant la phase de construction, les risques pour les travailleurs comprennent le coup de chaleur, la déshydratation, les coups de soleil, les chutes et les accidents liés aux conditions météorologiques. De plus, les travailleurs peuvent être confrontés à des défis logistiques supplémentaires tels que l'accès difficile aux chantiers, la détérioration des équipements et des matériaux, et des retards potentiels dans les projets en raison des conditions météorologiques défavorables (tableau 5-1).

Pendant la phase d'exploitation, les travailleurs chargés de l'entretien et de la surveillance des ponts peuvent également être affectés par les changements climatiques. Les conditions météorologiques extrêmes peuvent rendre les opérations d'entretien plus dangereuses et plus difficiles à réaliser, augmentant ainsi les risques d'accidents et de blessures. De plus, la fréquence accrue d'événements météorologiques extrêmes peut entraîner une augmentation des demandes de réparation et d'entretien des infrastructures et réduire le temps disponible pour les réaliser, ce qui peut mettre une pression supplémentaire sur les ressources humaines et financières disponibles (tableau 5-1), causant aussi des retards sur la date de fin de construction.

Tableau 5-1 Conséquences des aléas climatiques sur les conditions de travail

Enjeux	Aléas	Conséquences	Explication
Santé et sécurité	Vagues de chaleur et chaleurs extrêmes	Mineures	<ul style="list-style-type: none"> Les effets indirects découlant d'une exposition à la chaleur extrême et aux canicules comprennent une augmentation des risques causée par un état de fatigue et une diminution de la vigilance de la part des travailleurs.
	Pluies verglaçantes	Modérées	<ul style="list-style-type: none"> Cet aléa crée des conditions de travail et de déplacement difficiles qui augmentent la possibilité d'accident.
	Changements des précipitations hivernales	Modérées	<ul style="list-style-type: none"> Cet aléa crée des conditions de travail et de déplacement difficiles qui augmentent la possibilité d'accident.
	Vents forts	Élevées	<ul style="list-style-type: none"> Les vents forts peuvent avoir de graves conséquences s'ils vont au-delà des limites sécuritaires pour l'utilisation des équipements utilisés lors de certaines opérations durant l'inspection et l'entretien des actifs. Il peut y avoir déplacement d'objets qui peuvent blesser les travailleurs lors de travail à l'extérieur (inspection/entretien).
	Pluie de forte intensité	Modérées	<ul style="list-style-type: none"> Cet aléa crée des conditions de travail et de déplacement difficiles qui augmentent la possibilité d'accident.
Productivité	Vagues de chaleur et chaleurs extrêmes	Modérées	<ul style="list-style-type: none"> Les mesures réglementaires de la CNESST réduisent la productivité des équipes travaillant à l'extérieur.
	Changements des précipitations hivernales	Modérées	<ul style="list-style-type: none"> Plus de pluie en hiver affectera les conditions de conduite lors du regel (dérapage et aquaplanage).

Enjeux	Aléas	Conséquences	Explication
	Vents forts	Mineures	<ul style="list-style-type: none"> Les périodes de vents forts peuvent retarder les travaux et entraîner des conséquences sur la planification. Ils sont habituellement de courte durée, mais peuvent prolonger certaines activités.
	Pluie de forte intensité	Mineures	<ul style="list-style-type: none"> Les périodes de pluies intenses peuvent retarder les travaux et entraîner des conséquences sur la planification. Ils sont habituellement de courte durée, mais peuvent prolonger certaines activités.
	Cycle de Gel-Dégel	Faible	<ul style="list-style-type: none"> Diminution au printemps et automne et augmentation en hiver. Cela affectera la saisonnalité des opérations de déglacage et leur fréquence à la hausse en hiver.

Exemples de mesures d'adaptation potentielles :

- Certains travaux peuvent être replanifiés pour qu'ils n'aient pas lieu pendant les heures les plus chaudes;
- Plusieurs autres moyens d'atténuation (quarts de travail réduits, pauses allongées, accès plus facile à l'eau, etc.) sont faciles à mettre en place et efficaces. Plusieurs équipements peuvent être fournis aux travailleurs (veste refroidissante, glacière portable réfrigérée, abris de protection au soleil, etc.);
- Un programme de conduite préventive peut être mis en place pour sensibiliser les travailleurs à la conduite hivernale et à l'aquaplanage;
- Des crampons peuvent être fournis aux travailleurs pour éviter les chutes;
- Un système de veille et d'alerte de vent doit être en place pour respecter les exigences pour l'utilisation de certains équipements lors des inspections et entretiens.

6. Limites de l'étude

6.1 Incertitudes reliées au climat futur

La compréhension des incertitudes associées aux projections climatiques mène à une prise de décisions plus éclairée, ainsi qu'à une meilleure gestion des risques liés aux changements climatiques. L'incertitude provient de trois sources :

Scénario climatique

- Le choix du scénario climatique influence la portée des conséquences.
- L'évolution des émissions de GES est incertaine

Science du climat

- Certains phénomènes climatiques sont particulièrement complexes et l'état des connaissances est incomplet.

Modélisation

- Les modèles utilisés afin de projeter les données climatiques ont des limites et sont améliorés au fil du temps.
- Chaque modèle est unique et produira des projections légèrement différentes, même lorsqu'ils sont exécutés selon des scénarios d'émissions de GES identiques.
- Les aléas retenus sont d'une ampleur allant généralement d'une récurrence de 1 à 100 ans. Cela rend leur modélisation réalisable, car il est possible d'obtenir des nombreuses données historiques pour calibrer les modèles. Il est cependant plus difficile, complexe et incertain de projeter des événements extrêmes qui ont souvent une récurrence très faible (ex : 1/500 ans ou plus) en raison du peu de données pour calibrer les modèles.

Dans le cadre du projet actuel, les niveaux de confiance dans la capacité des modèles à prévoir avec précisions les changements au niveau du climat pour différentes variables :

- Aléas de température : élevé.
- Aléas de précipitation :
 - ✓ Pluie : modéré.
 - ✓ Neige et verglas : modéré-faible.
- Aléas de vent : faible.

6.2 Limites liées à l'accessibilité aux données

Les données géotechniques n'ont pas été analysées étant donné que l'étude hydraulique n'était pas disponible.

Puisque l'étude hydraulique n'est pas encore terminée, les données disponibles peuvent être incomplètes ou préliminaires. Cela peut entraîner une incertitude quant à la fiabilité et à l'exhaustivité des données utilisées dans l'analyse.

L'ajustement de la conception en fonction des données hydrauliques considérant les changements climatiques peut nécessiter des hypothèses et des méthodes de modélisation qui ne sont pas encore validées ou finalisées. Cela peut introduire une incertitude supplémentaire dans les résultats de l'analyse des risques des disciplines connexes.

Étant donné que le projet n'a pas encore été ajusté en entier en fonction des données de l'étude hydraulique en processus de mise à jour, il est possible que des ajustements supplémentaires soient nécessaires une fois que les résultats complets de l'étude seront disponibles. Cela peut entraîner des retards ou des modifications supplémentaires dans la planification et la mise en œuvre du projet.

L'occurrence de plus petites crues durant l'hiver peut entraîner des changements dans les modèles d'écoulement des cours d'eau et des rivières. Cela peut affecter la sédimentation et l'érosion des berges, ainsi que la stabilité des structures de soutènement et des talus le long des approches du pont. Cet aspect n'a pas été considéré dans l'étude, car les éléments (ou actifs) sont conçus pour des crues printanières beaucoup plus importantes. L'effet se concentre donc sur la possibilité d'une diminution de la durée de vie plus que sur la fonctionnalité. De plus, les sols gelés en hiver sont beaucoup moins sensibles à l'érosion. Les crues peuvent également avoir un impact sur la gestion des eaux pluviales le long des approches du pont. Il peut être nécessaire de revoir les systèmes de drainage existants pour assurer une évacuation efficace des eaux de ruissellement pendant les périodes de crues.

6.3 Autres limites

L'effet des changements climatiques sur les services fournis par les tiers ou les réseaux techniques urbains connexes n'a pas été caractérisé.

7. Conclusion

La présente analyse, menée dans le cadre de l'étude d'impacts exigée en vertu de la LQE pour le projet du pont de Batiscan, vise à évaluer les risques que posent les changements climatiques sur le projet et identifier des mesures d'adaptation pour renforcer la résilience de cette infrastructure. À travers l'examen détaillé des aléas climatiques, des enjeux spécifiques, des mesures en conception et en exploitation, ainsi que des limitations et des défis rencontrés, cette analyse fournit des informations précieuses pour orienter la planification et la gestion des infrastructures dans un contexte de changements climatiques.

L'identification des aléas climatiques, tels que les températures extrêmes, les pluies intenses et les cocktails hivernaux, ainsi que leurs impacts potentiels sur les actifs tels que les chaussées, les systèmes de drainage et la structure, souligne l'importance de prendre en compte les changements climatiques dans la conception et l'exploitation des ponts. Les enjeux spécifiques liés à ces aléas, tels que le ramollissement de l'enrobé, l'obstruction des conduites de drainage et la capacité limitée des joints de dilatation, mettent en évidence les défis auxquels sont confrontés les gestionnaires d'infrastructures pour maintenir la sécurité et la fonctionnalité des actifs.

Les mesures d'adaptation proposées, qu'elles concernent l'ajustement de la conception pour faire face aux projections climatiques, l'amélioration des pratiques d'entretien et d'inspection, ou le renforcement des infrastructures existantes, visent à réduire les risques et à accroître la résilience des actifs face aux impacts des changements climatiques. Toutefois, il est important de reconnaître les limites de cette analyse.

En conclusion, cette analyse souligne l'importance d'intégrer certaines considérations liées aux changements climatiques dans la planification et la gestion de ce type d'infrastructures, afin de favoriser leur durabilité, leur sécurité et leur résilience face aux défis climatiques futurs. En adoptant une approche proactive et collaborative, et en tirant parti des meilleures pratiques en matière d'adaptation aux changements climatiques, il est possible d'améliorer la viabilité à long terme des infrastructures.

8. Bibliographie

- Bleau, S. et Lefebvre, P. et Germain, K. et Leclerc, V. et Archambault, M. (2016). Étude économique régionale des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques sur le fleuve Saint-Laurent.
- Cannon, Alex J., Dae Il Jeong, Xuebin Zhang et Francis W. Zwiers (2020). Bâtiments et infrastructures publiques de base résistants aux changements climatiques. Évaluation des effets des changements climatiques sur les données de conception climatique au Canada. Environnement et Changement climatique Canada. 122 p.
- GIEC (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp.
- Fyke, J., and Matthews, H.D. (2015). A probabilistic analysis of cumulative carbon emissions and long-term planetary warming. *Environ. Res. Lett.* 10, 115007.
- James, T. S., Henton, J. A., Leonard, L. J., Darlington, A., Forbes, D. L., & Craymer, M. (2014). Relative Sea-Level projections in Canada and the adjacent Mainland United States.
- Kennedy, D., Hong, H.-P., Fyke, J., Gagnon, D. (2022). Climate Change Provisions for CSA S6:25 Canadian Highway Bridge Design Code: Findings and Recommendations. Canadian Standards Association, Toronto, ON.
- Mailhot, A., Bolduc, S., Talbot, G. (2018). Révision des critères de conception des ponceaux pour des bassins de drainage de 25 km² et moins dans un contexte de changements climatiques (CC06.1). Rapport final, Institut national de la recherche scientifique INRS-Eau, Terre et Environnement, Québec, mars 2018, 193 p. Lien : <http://www.bv.transports.gouv.qc.ca/mono/1220191.pdf>.
- Mailhot, A., Bolduc, S. Guillou, M. (2016). Hydrologie à l'échelle de petits bassins-versants agricoles. Institut National de la Recherche scientifique, Centre Eau, Terre et Environnement, ministère de l'Agriculture, des Pêches et de l'Alimentation (MAPAQ), Direction de l'Agroenvironnement et du développement durable (DAEDD), 151 p.
- Mailhot A., Talbot G., Panthou G. (2014). Recommandations sur les majorations à considérer pour les courbes Intensité-Durée-Fréquence (IDF) aux horizons 2040-2070 et 2070-2100 pour l'ensemble du Québec - PHASE II. Rapport de recherche No R1515. Institut National de la Recherche scientifique INRS-Eau. Terre et Environnement. Québec. 28 p.
- Matte et coll. (2018). Mixed precipitation occurrences over southern Québec, Canada, under warmer climate conditions using a regional climate model. *Climate Dynamics* 53(7). 8p.
- MELCC, 2021. Directive pour la réalisation d'une étude d'impact sur l'environnement du projet de reconstruction du pont Gédéon-Ouimet (autoroute 15) entre Laval et Boisbriand par le ministère des Transports du Québec. (Dossier 3220-02-003). 25 août 2021. Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec. 18 p.
- Morse, B. et B. Turcotte (2018). Risque d'inondations par embâcles de glaces et estimation des débits hivernaux dans un contexte de changements climatiques (volet A). Université Laval et Ouranos. 79 p.
- NOAA (2017). Relative Sea Level Trends : Batiscan. Consulté le 16 janvier 2024. Disponible en ligne à : <https://tidesandcurrents.noaa.gov/sltrends/sltrends.html>

OMM (Organisation météorologique mondiale) et le Partenariat mondial de l'eau. Handbook of Drought Indicators and Indices; M. Svoboda et B.A. Fuchs (éd.), Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2, Genève, Suisse, 2016.

Roy (2011). Impacts des changements environnementaux sur les tributaires du Saint-Laurent. Agroclimatologie. 24 p.

A

Annexe A

Profil climatique de la région

SSP2-4.5					
Variable	Saisonnalité	1991-2020	2011-2040	2041-2070	2071-2100
Températures moyennes (°C)	Annuel	5,9	6,9	7,9	8,8
Moyenne des températures maximales quotidiennes (°C)	Annuel	10,2	11,1	12,2	13,1
Moyenne des températures minimales quotidiennes (°C)	Annuel	1,6	2,6	3,6	4,7
Nombre de jours > 0 °C (jours)	Hiver	4,5	5,9	7,8	10,2
Nombre de jours < -25 °C (jours)	Hiver	3,7	2,7	0,9	0,4
Événement de gel-dégel (jour)	Annuel	75,0	81,8	81,3	80,7
Événement de gel-dégel (jour)	Hiver	22,7	25,6	30,9	34,8
Nombre de vagues de chaleur de classe 2 (Temp. max. [°C] 31 Temp. min. [°C] 18)	Annuel	0,1	0,3	1	2,1
Nombre de jours > 30 °C (jours)	Annuel	1,8	3,1	7,3	10,5
Nombre de jours > 32 °C (jours)	Annuel	0,4	0,8	2,1	3,2
Précipitations totales (mm)	Annuel	1203	1245	1291	1307
Précipitations liquides totales (mm)	Annuel	924	986	1049	1084
Précipitations solides totales (mm)	Annuel	274	262	243	227
Maximum des précipitations cumulées sur cinq jours (mm)	Annuel	84	89	92	96
SSP5-8.5					
Variable	Saisonnalité	1991-2020	2011-2040	2041-2070	2071-2100
Températures moyennes (°C)	Annuel	5,9	6,9	8,9	11,2
Moyenne des températures maximales quotidiennes (°C)	Annuel	10,2	11,2	13,1	15,4
Moyenne des températures minimales quotidiennes (°C)	Annuel	1,6	2,7	4,6	7,2
Nombre de jours > 0 °C (jours)	Hiver	4,5	6,2	8,7	17,1
Nombre de jours < -25 °C (jours)	Hiver	3,7	2,3	0,3	0,0
Événement de gel-dégel (jour)	Annuel	75,0	75,9	73,3	68,8
Événement de gel-dégel (jour)	Hiver	22,7	27,7	34,0	42,0
Nombre de vagues de chaleur de classe 2 (Temp. max. [°C] 31 Temp. min. [°C] 18)	Annuel	0,1	0,3	2,3	17,1
Nombre de jours > 30 °C (jours)	Annuel	1,8	3,6	10,4	35,4
Nombre de jours > 32 °C (jours)	Annuel	0,4	0,9	3,5	19,2
Précipitations totales (mm)	Annuel	1203	1237	1308	1367
Précipitations liquides totales (mm)	Annuel	924	968	1093	1210
Précipitations solides totales (mm)	Annuel	274	264	222	159
Maximum des précipitations cumulées sur cinq jours (mm)	Annuel	84	88	99	103

E

Annexe E Échéancier préliminaire des travaux

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
		Année 0												Année 1												Année 2												Année 3											
Périodes de restriction																																																	
Habitat du poisson (1er mars au 1er août)																																																	
Nidification des oiseaux (période générale: mi-avril à fin-août)																																																	
Activités du projet	Pré-construction																																																
	Déboisement																																																
	Relocalisation des mulettes (R) et suivis (S)																																																
	Construction du pont																																																
	Mobilisation et organisation du chantier																																																
	Mise en place et retrait des ponts temporaires sur pieux																																																
	Mise en place et retrait des jetées temporaires en enrochement et des chemins d'accès																																																
	Mise en place des pieux des culées (axes 1 et 8)																																																
	Construction des culées (axes 1 et 8)																																																
	Mise en place des pieux des piles (axes 2 à 7)																																																
	Construction des piles (axes 2 à 7)																																																
	Mise en place des charpentes d'acier																																																
	Construction de la dalle du tablier																																																
	Mise en place de membrane et de pavage																																																
	Mise en service du nouveau pont																																																
	Déconstruction du pont existant																																																
	Mise en place et retrait des ponts temporaires sur pieux																																																
	Mise en place et retrait des jetées temporaires en enrochement et des chemins d'accès																																																
	Déconstruction des travées du pont existant																																																
	Déconstruction des unités de fondations du pont existant																																																
Remise à l'état naturel du site (réhabilitation du lit du cours d'eau, aménagement paysager et reboisement)		À préciser aux plans et devis (à compléter dans l'année suivant les travaux)																																															

■ Travaux en eau réalisés à l'intérieur des jetées temporaires, d'enceintes de confinement ou à sec

F

Annexe F Avis de mobilité

Avis de mobilité

DESTINATAIRE : Direction de la Mauricie – Centre-du-Québec

PRÉPARÉ PAR : Stéphanie Bédard
Stéphanie Bédard, CPI
N° de membre O.I.Q. : 6063402

VÉRIFIÉ PAR : _____
Samuel Bauret, ing., M.Sc.A.
N° de membre O.I.Q. : 5049382

DATE : 27 novembre 2023

OBJET : **Avis de mobilité de la rivière Batiscan dans le secteur du futur pont P-019138 (remplacement du P-01559)**
N/Réf. : TR18031A

1 INTRODUCTION

1.1 PRÉSENTATION DU PROJET

La Direction des projets du ministère des Transports du Québec (MTQ) a confié à CIMA+ la réalisation de l'avis de mobilité de cours d'eau, proposé dans le présent document, dans le cadre du projet de reconstruction du pont de la rivière Batiscan.

Le projet consiste à remplacer le pont P-01559 qui porte la route QC-138 au-dessus de la rivière Batiscan, dans la municipalité du même nom. La nouvelle structure (P-19138) sera située dans une emprise distincte, immédiatement à l'aval de la structure existante. Le pont projeté sera à travées multiples, soit sept travées reposant sur huit unités de fondations. La structure comprendra six piles, dont trois seront situées dans le lit mineur de la rivière Batiscan. La portée totale du pont (tablier) sera d'environ 427 m de longueur et sera davantage perpendiculaire à la rivière que le pont existant. La largeur hors-tout du nouveau pont sera de 12,9 m [1]. Les coordonnées géographiques du pont à l'intérieur de la zone à l'étude sont les suivantes :

- + Latitude : 46° 31' 13,8 " N;
- + Longitude : 72° 14' 46,0 " O.

La localisation du projet est présentée à la Figure 1.1.

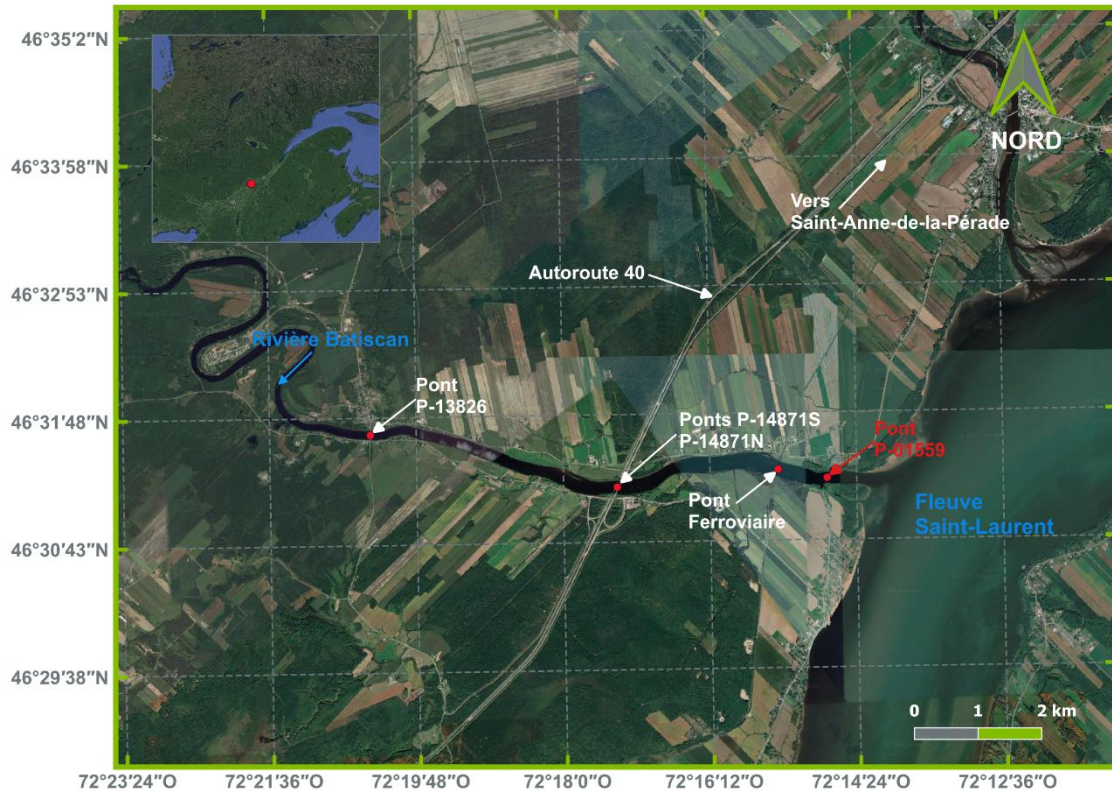


Figure 1.1 : Localisation du projet

1.2 MISE EN CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Depuis l'entrée en vigueur le 31 décembre 2020 du *Règlement sur l'encadrement d'activités en fonction de leur impact sur l'environnement* (REAFIE) [2], un avis additionnel concernant la mobilité d'un cours d'eau doit être fourni dans cinq (5) situations, incluant la **construction d'un ouvrage de stabilisation ou de retenue, d'un pont ou l'aménagement d'un cours d'eau**, comme mentionné à l'article 331, alinéa n°3. La relocalisation d'un cours d'eau peut être assimilable à l'aménagement d'un cours d'eau. Le contenu de cet avis de mobilité est guidé par le document *Recevabilité des projets en milieux hydriques, aide-mémoire concernant l'avis de mobilité des cours d'eau [...]* du ministère de l'Environnement, de la Lutte aux changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) [3]. La méthodologie, les classifications et la terminologie privilégiées sont celles présentées dans le guide méthodologique *Diagnostic hydrogéomorphologique pour mieux considérer les dynamiques hydrosédimentaires aux droits des traverses de cours d'eau* [4], préparé en 2015 par l'Université du Québec à Rimouski (UQAR) à l'intention du ministère des Transports du Québec (MTQ).

Le but de l'avis de mobilité de cours d'eau est d'identifier les tronçons de cours d'eau mobiles et de démontrer que la conception du projet prend en compte la dynamique hydrosédimentaire tout en réduisant les impacts environnementaux. L'avis de mobilité de cours d'eau se base sur l'analyse de la documentation disponible, sur les observations et les informations recueillies sur le terrain. Son contenu et la prise en compte de ses recommandations dans l'élaboration du projet sont considérés dans l'analyse de

l'acceptabilité du projet par le MELCCFP. Une étude de géomorphologie fluviale a également été demandée par le ministère des Transports et de la Mobilité durable dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement du présent projet de construction d'un nouveau pont.

1.3 RÉFÉRENCES CONSULTÉES ET ENQUÊTE TERRAIN

Le contenu de l'avis de mobilité, la méthodologie, les classifications et les terminologies sont guidés par les références suivantes :

- + Guide sur la gestion des cours d'eau du Québec, Chapitre 3 : Dynamique des cours d'eau, 2017, (AGRCQ);
- + Les informations du *Cadre de référence hydrologique du Québec* (CRHQ). Le CRHQ est une base de données constituée par le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) [5].
- + Les photographies aériennes orthorectifiées multi-dates, disponibles auprès du portail Geoselec;
- + Le modèle numérique de terrain public acquis par LiDAR, disponible auprès du portail Données Québec;
- + Études et analyses produites dans le cadre du présent projet (étude géotechnique, étude hydrogéomorphologique, plans préliminaires, etc.).

Une enquête terrain a été réalisée le 26 juillet 2023, entre 9h et 13h par Samuel Bauret, (ing.), Michel Germain (professionnel des sciences de la terre) et Marie-Ève Lajeunesse (professionnelle de l'environnement). La marée était basse et les conditions de débit de la rivière Batiscan étaient inférieures au débit plein-bord, mais supérieur au débit d'étiage. Étant donné la grande zone d'étude, quatre secteurs ont été ciblés pour l'inspection visuelle :

- + Le littoral dans le village de Batiscan sur 1 km, entre la mise à l'eau municipale, et le repère de navigation désaffecté vis-à-vis la rue du Phare (zone 1);
- + La rive nord de la rivière Batiscan de 100 m à l'ouest jusqu'à 300 m à l'est du pont P-01559 (zone 2);
- + La rive nord de la rivière Batiscan, 780 m à l'amont du pont P-01559 à l'endroit du pont ferroviaire (zone 3);
- + La rive nord de la rivière Batiscan, 3,4 km à l'amont du pont P-01559 à l'endroit du pont de l'autoroute 40 (zone 4).

Ces zones sont identifiées à la Figure 1.2.

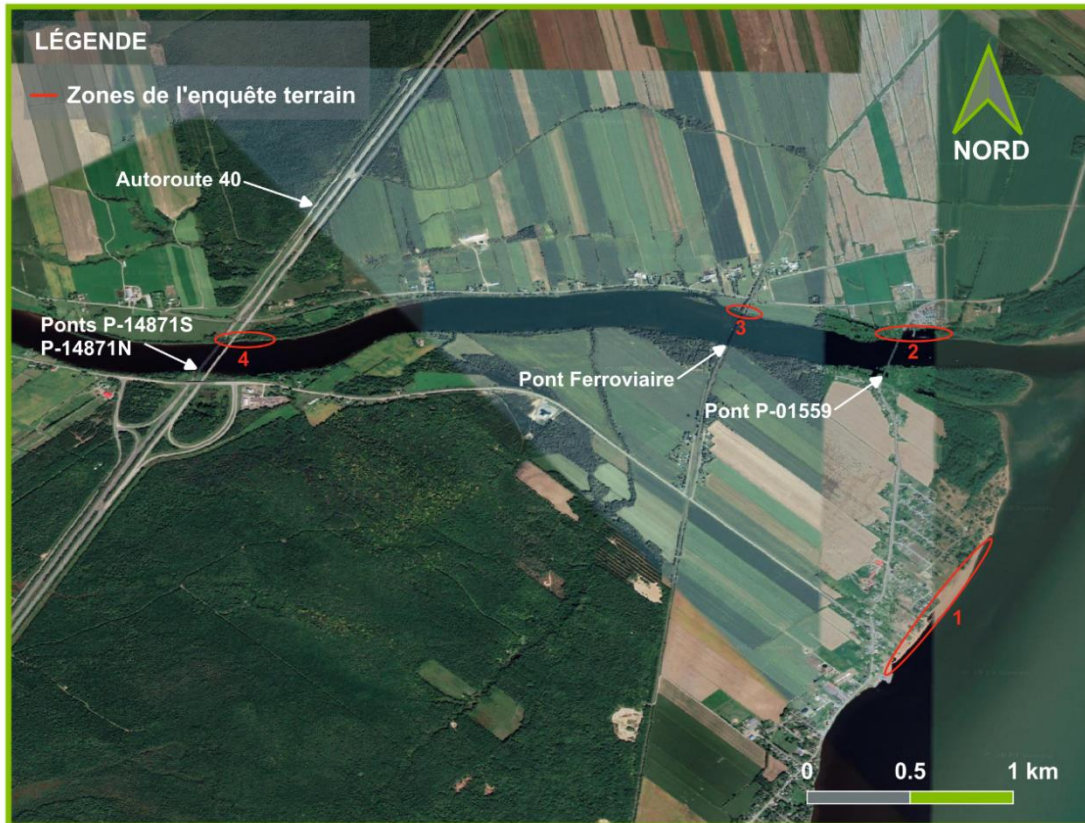


Figure 1.2 : Zones de l'enquête terrain

Le but de l'enquête terrain est de documenter les indices de mobilité et/ou de stabilité hydrosédimentaire (érosion/accumulation) et l'interaction du milieu fluvial avec les structures anthropiques existantes (piles de pont, enrochement). Les observations de l'enquête terrain sont présentées au fil des sections suivantes.

1.4 LOCALISATION DE LA ZONE À L'ÉTUDE

L'étendue de la zone d'étude pour l'avis de mobilité de cours d'eau correspond aux limites de l'unité écologiques aquatiques (UEA) à l'intérieur de laquelle se trouve le pont à l'étude. Ce secteur s'étend sur environ 8,3 km à l'amont et 0,6 km à l'aval du pont. Les fichiers numériques correspondant aux UEA ont été tirés du cadre de référence hydrologique du Québec (CRHQ) disponible sur le site web de Données Québec [5] et son étendue est représentée par un trait jaune sur la figure 1.3.

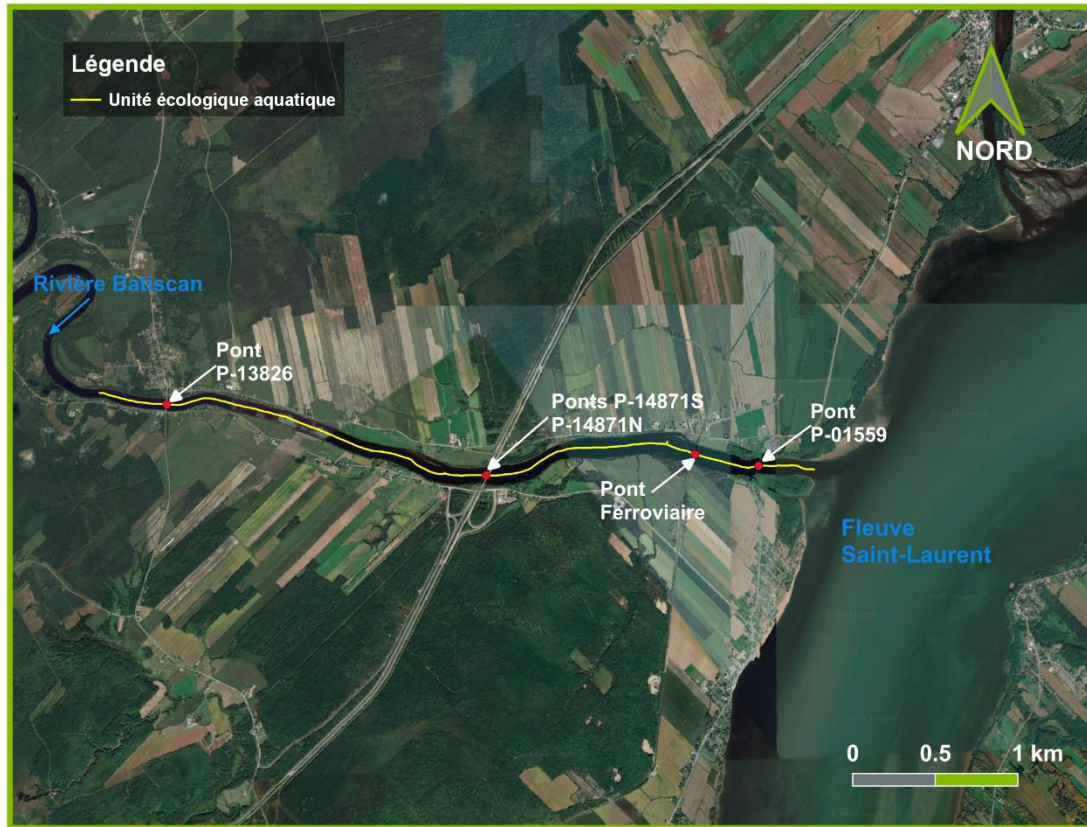


Figure 1.3 : Unité écologique aquatique du site à l'étude sur la rivière Batiscan

L'UEA à l'étude constitue le dernier segment homogène du cours d'eau avant son embouchure dans le fleuve Saint-Laurent. La rivière Batiscan prenant sa source dans le Bouclier canadien, sa pente diminue significativement en atteignant l'unité géologique des Basse-Terre du Saint-Laurent. Le long de l'UEA à l'étude, la largeur du cours d'eau et sa pente sont uniformes. Les conditions d'écoulement de la rivière, qui s'assimile à un estuaire, sont surtout régies par le niveau du fleuve.

2 CONTEXTE HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE

2.1 STYLE FLUVIAL

Selon les données du CRHQ [5], le style fluvial est linéaire sur tout le tronçon de rivière formant l'UEA. L'analyse des images satellites et l'observation de la rivière lors de l'enquête terrain corroborent cette information. Ce style fluvial est normalement associé à un chenal à faible mobilité latérale, mais peut être marqué par de la mobilité verticale (incision ou aggradation). Notons qu'il n'y a pas de formation de delta à l'embouchure de la rivière sur le fleuve.

2.2 TYPE DE DÉPÔT DE SURFACE

Les dépôts de surface sont des sédiments meubles qui reposent sur le socle rocheux. Ces dépôts ont des origines, des caractéristiques et des morphologies qui permettent de caractériser le potentiel d'érosion dans le secteur de la rivière à l'étude. La carte des zones morphosédimentologiques, montrant les types de dépôts de surface en périphérie de la rivière Batiscan, est présentée à la Figure 2.1. Cette carte a été produite à partir des données du SIGÉOM [6].

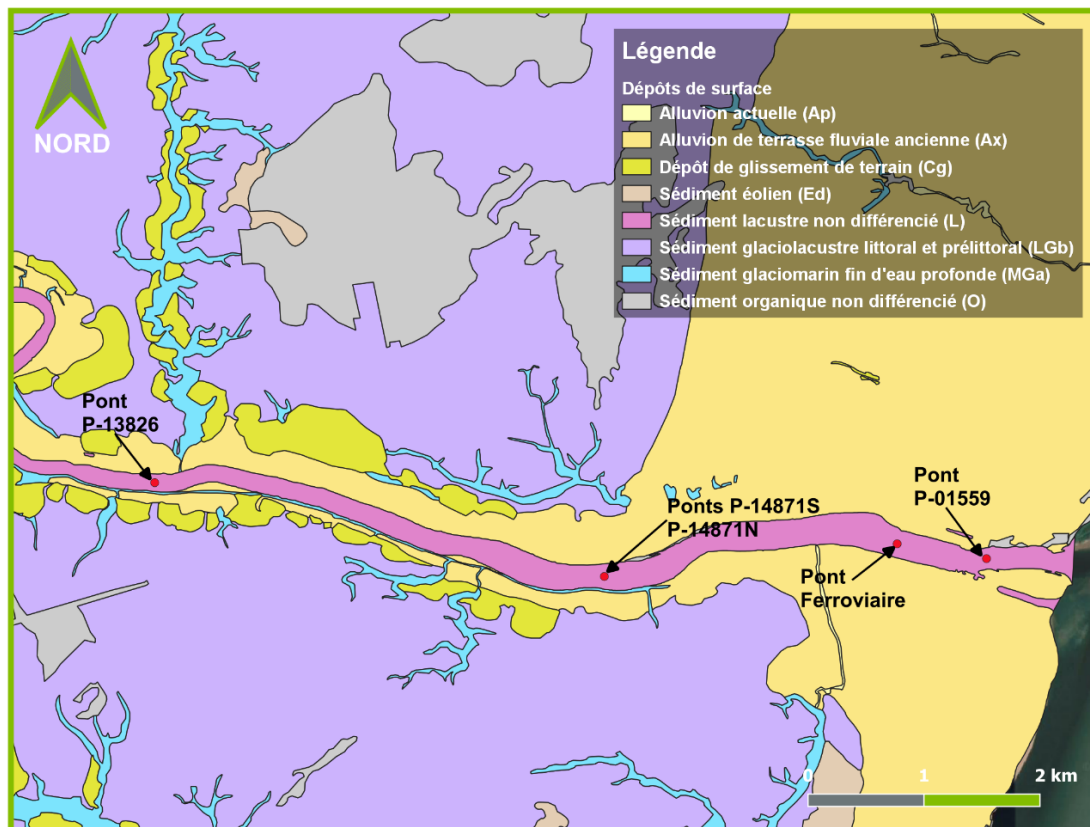


Figure 2.1 : Carte des zones morphosédimentologiques du secteur

Selon la Figure 2.1, le lit de la rivière Batiscan est composé de sédiments lacustres. Ce type de sédiment inclut principalement du sable et des graviers littoraux, pré-littoraux et

deltaiques. Ce type de dépôt semble également indiquer la présence d'un ancien bras de rivière près de l'exutoire du cours d'eau. Au nord de la rivière (rive gauche) et à son embouchure sur le fleuve Saint-Laurent, les dépôts de surface sont formés de sédiments alluviaux. Ce type de dépôt est principalement composé de pierres, de sable et de boues, il s'agit donc de dépôts érodables. Ce type de sédiment a effectivement été constaté en rive gauche lors de l'enquête terrain. Les dépôts ont alors été décrits comme « silto-sableux, légèrement cohésif ». Pour ce qui est du sud de la rivière (rive droite), une bande de sédiments glaciomarins limite le potentiel d'érosion de cette zone. En effet, les sédiments glaciomarins sont composés principalement de silt, de sable, d'argile ou de diamicton. Ces sédiments sont cohésifs et donc moins facilement érodables. La rive nord (gauche) est donc plus favorable au processus de migration que la rive sud (droite). Les zones de dépôt de glissement de terrain présentes de part et d'autre de la rivière pourraient quant à elles être signe d'encaissement de la rivière et de ses berges.

2.3 CONFINEMENT

Le confinement représente la capacité de la rivière à se déplacer latéralement dans la vallée qu'elle occupe. Le confinement peut être évalué par l'espace disponible pour la mobilité du cours d'eau entre les berges et la limite formée par les pentes de ces dernières. La topographie du secteur, tirée du LiDAR [7] est présentée à la Figure 2.2.

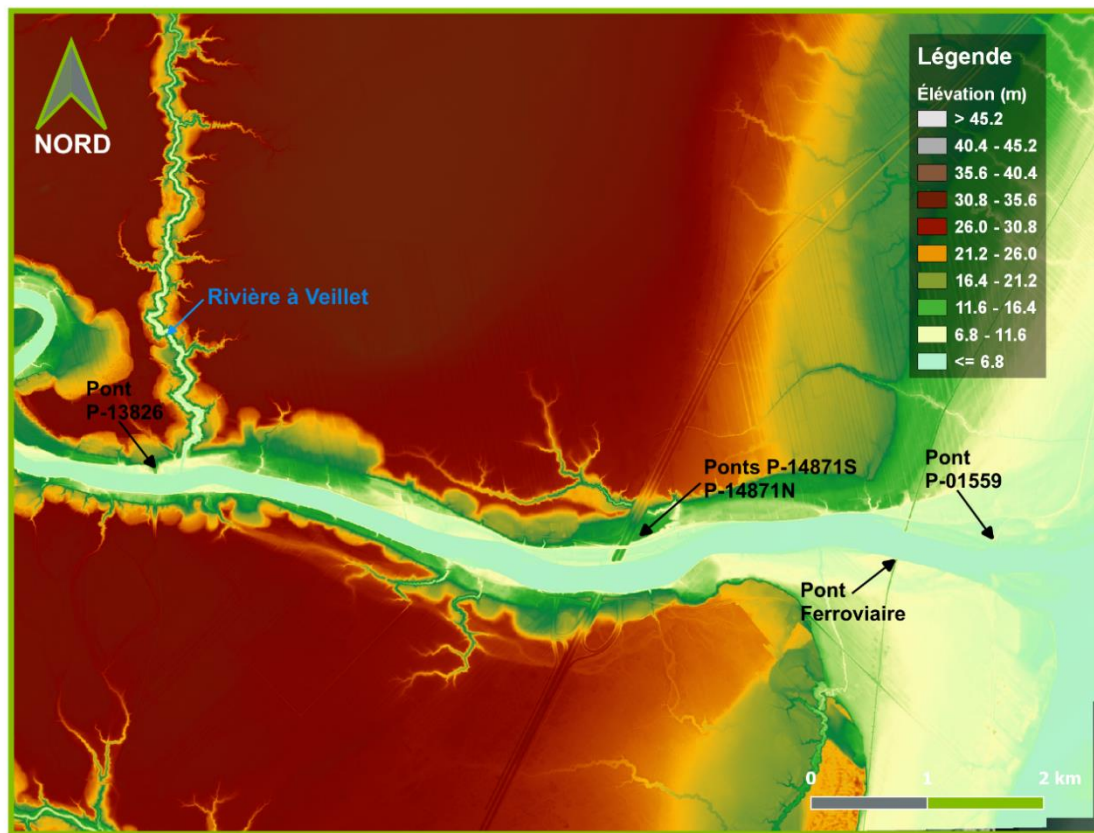


Figure 2.2 : Topographie de la zone à l'étude

Selon la topographie du secteur, l'espace disponible pour la mobilité de la rivière est restreint. Les quelques terrasses en rive du cours d'eau, à l'amont des ponts de l'autoroute 40, semblent être le résultat de glissements localisés. Par ailleurs, on constate à l'aval du pont P-01559 qu'un certain remblayage pour fins agricoles a été effectué du côté nord, et que de possibles dépôts de dragage ont été mis en place.

L'espace de liberté de la rivière peut également être approximé à l'aide des milieux humides riverains. Ces derniers existent, car ils sont inondés à intervalle plus rapprochés que les zones voisines. La carte des milieux humides potentiels est présentée à la Figure 2.3. Cette figure a été réalisée à partir des données de la *cartographie des milieux humides potentiels du Québec* (CMHPQ) [8]. Les zones potentiellement non confinées se trouvent essentiellement à l'aval du pont P-01559, de façon équitable sur les deux rives.



Figure 2.3 : Milieux humides potentiels

Le confinement de la rivière peut finalement être qualifié selon le degré d'érodabilité des dépôts de surface. Comme mentionné précédemment, la rive nord et l'embouchure de la rivière (à l'aval du pont P-01559) présentent des sédiments alluviaux (Figure 2.1), c'est-à-dire un dépôt érodable et donc peu confinant. Cependant, la rive sud (droite) à l'amont du pont P-01559 présente une bande de sédiments glaciomarins qui limite le déplacement latéral de la rivière dans cette zone.

Ainsi, l'UEA à l'étude de la rivière Batiscan est considérée partiellement confinée, les ajustements dans le positionnement du chenal étant plus probables en direction de la rive nord (gauche) et à son exutoire.

2.4 PENTE LONGITUDINALE

En absence de la roche-mère, le profil longitudinal d'un cours d'eau est généralement le résultat de l'équilibre entre les processus d'érosion et de sédimentation. En effet, comme la pente influence la vitesse d'écoulement de l'eau, cette dernière a un impact sur le transport des sédiments et l'érosion des berges. La pente moyenne de la section de la rivière étudiée est de 0,01 %. La pente varie cependant le long de l'UEA, la Figure 2.4 présente le profil de cette section de la rivière Batiscan.

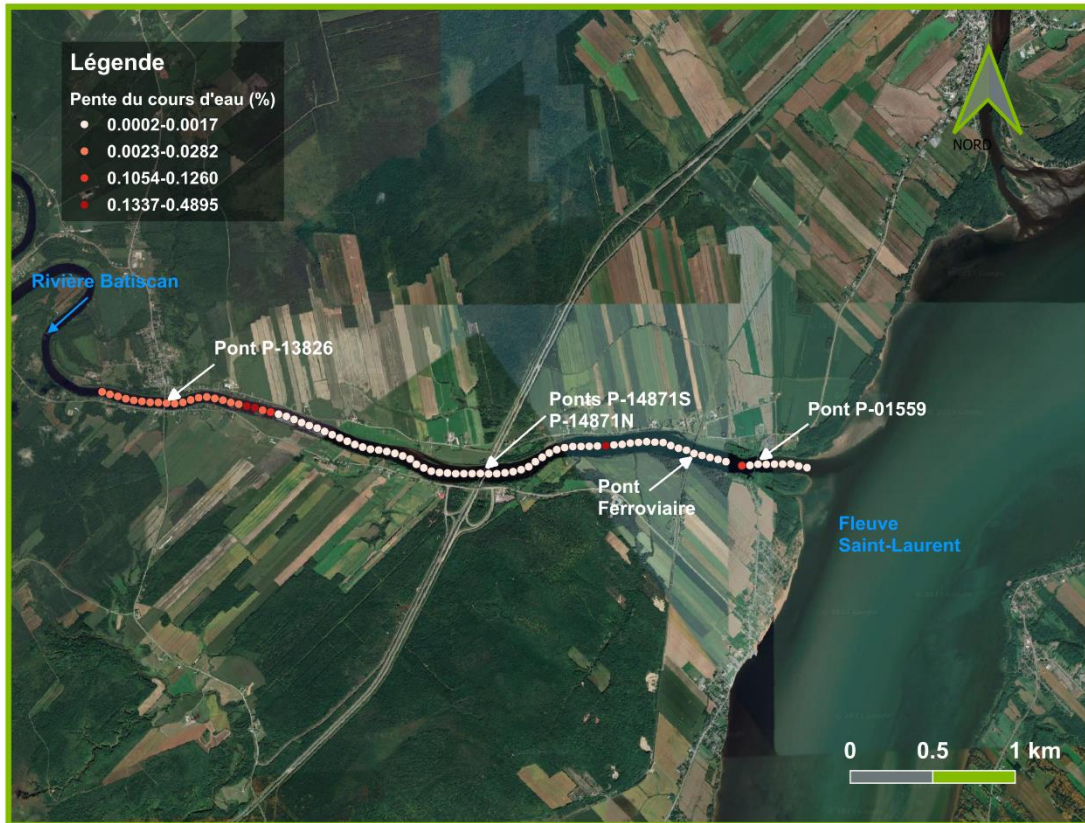


Figure 2.4 : Pente longitudinale de la rivière

La diminution de la pente le long de l'UEA induit une diminution de la vitesse. Cette diminution implique à son tour la diminution de la capacité de transport des sédiments, ce qui peut se traduire par de l'aggradation. L'augmentation de la pente à certains endroits le long de l'UEA peut au contraire, se traduire en zones plus propices à l'érosion. Il est à noter qu'aucun bris de pente n'a été observé lors de la visite terrain du 26 juillet 2023.

L'effet des marées dans le fleuve Saint-Laurent influence également (sinon majoritairement) la vitesse d'écoulement et, par le fait même, les processus d'érosion et de sédimentation. En effet, selon le *Plan directeur de l'eau* de la rivière Batiscan [9], l'amplitude de la marée atteint environ 1,5 m en moyenne à l'embouchure de la rivière. La vitesse du courant dans cette zone et jusqu'au pont P-01559 est influencée deux fois par jour par les marées ; le courant de la rivière peut être nul à la fin de la marée montante et après l'étale de la marée haute, le courant de la rivière s'accélère durant la marée descendante.

2.5 SIGNES ANTHROPIQUES

Une première intervention réalisée sur la rivière Batiscan est l'ajout du barrage de Saint-Narcisse (X0002126) en 1925. Ce barrage est situé à environ 13 km en amont du début de l'UEA en suivant le chenal du cours d'eau. En 2018, compte tenu de l'état de certaines structures, Hydro-Québec a mis la centrale à l'arrêt puis a pris la décision en 2021 de fermer la centrale définitivement et de démanteler le barrage. La rivière retrouvera un état plus naturel. Selon la planification d'Hydro-Québec, les travaux devraient s'effectuer de 2025 à 2027 [10]. La construction et la démolition de barrages sont connues pour avoir des effets géomorphologiques majeurs sur les cours d'eau. Généralement, la démolition d'un barrage entraîne la libération des sédiments qui s'étaient accumulés dans le réservoir, pour qu'ils s'accumulent aux endroits de faible pente à l'aval. Le barrage à démolir est cependant situé relativement loin à l'amont, et il existe plusieurs bassins d'eau calme, immédiatement à l'aval de ce dernier, susceptibles de recueillir ces sédiments remis en circulation. Aucun impact significatif de cette potentielle démolition n'est donc attendu aussi loin qu'au pont P-01559.

La rivière Batiscan a également été une voie fluviale importante pour le transport du bois par la drave. Les campagnes de drave sur cette rivière auraient commencé vers 1852 et auraient pris fin en 1963 [9]. Une érosion des rives et un endommagement de la végétation riveraine pourraient avoir eu lieu au courant de cette période, mais ces signes ne sont pas évidents aujourd'hui dans le secteur à l'étude.

Lors de l'enquête terrain du 26 juillet 2023, certaines zones ont été identifiées comme étant potentiellement constituées d'un remblai. Il y a d'abord la zone au secteur nord du pont P-01559 qui inclut la marina et son camping sous la première travée et des champs en amont du pont. Cette zone identifiée approximativement sur la Figure 2.5 ci-dessous semble constituée d'un remblai ayant une épaisseur de 300 à 600 mm. La plage Batiscan (zone 1 de l'enquête terrain) indiquée sur la Figure 2.5 a également fait l'objet de recharge de sable, provenant potentiellement du dragage de la voie maritime dans le fleuve Saint-Laurent. Ce dragage, ayant entre autres eu lieu près de l'exutoire de la rivière, aurait possiblement eu un impact dans la rivière Batiscan par l'abaissement généralisé des niveaux d'eau moyens du fleuve. La précision des archives quant aux endroits du dragage et des dépôts ainsi que l'absence de photographies aériennes orthorectifiées avant 1964 rend difficile l'appréciation de l'impact qu'a eu le dragage de la voie maritime.

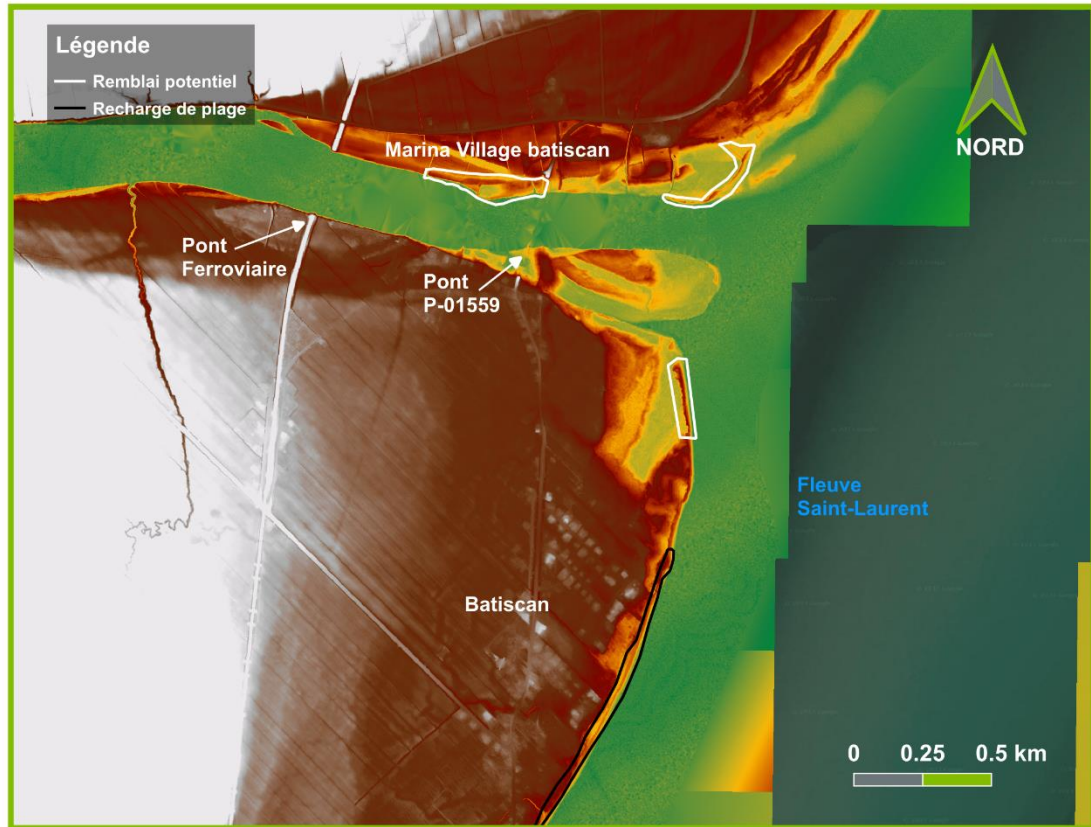


Figure 2.5 : Signes anthropiques

3 VALIDATION ET CARACTÉRISATION DE LA MOBILITÉ

3.1 ANALYSE DE PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES HISTORIQUES

L'évolution du cours d'eau a été évaluée à l'aide d'images aériennes orthorectifiées et géoréférencées disponibles à la boutique Geoselec dont le partenaire principal est les Bibliothèques et Archives nationales du Québec (BAnQ). Les images datant du 20 septembre 1964, du 8 juin 1982, du 28 avril 1998 (condition de crue printanière) et du 8 juillet 2019 ont été visualisées à l'aide du logiciel SIG libre-accès *Quantum QGIS*. Les berges de la rivière Batiscan ont été tracées sur les images géoréférencées, puis ces tracés ont été comparés sur l'étendue des UEA. Il est à noter que les photos aériennes ont été prises à différents moments et que les périodes de crues et d'étiage et les conditions de marées ont pu influencer les niveaux d'eau et altérer le traçage des berges. Ces tracés du cours d'eau sont montrés à la Figure 3.1.

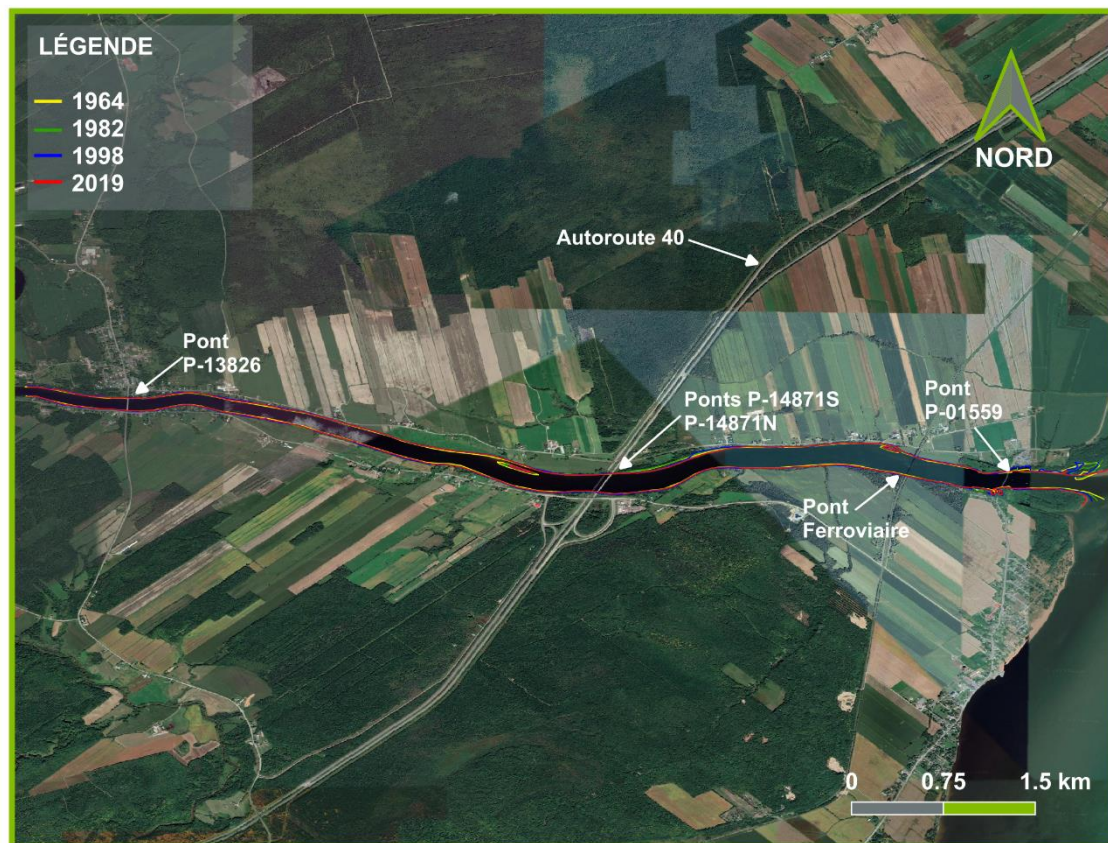


Figure 3.1 : Superposition des tracés de 1964, 1982, 1998 et 2019

Le tracé des rives au fil des années permet de voir que la rivière Batiscan est somme toute assez stable. Les rives en amont, dans le secteur du pont P-13826, sont demeurées sensiblement au même endroit. Deux zones où la rivière semble avoir subi un ajustement géomorphologique sont identifiables sur cette image, soit dans le secteur des ponts de l'autoroute 40 et à l'embouchure de la rivière. Un agrandissement sur la première zone est présenté à la figure ci-dessous.



Figure 3.2 : Superposition des tracés– Agrandissement du secteur des ponts de l'autoroute 40

Dans ce secteur, le cours d'eau semble s'être élargi au fil du temps de manière générale, notamment à environ 1 km à l'amont des ponts, entre 1964 et 2019, les rives de la rivière ont reculé respectivement d'au maximum 15 m en rive nord (gauche) et 18 m en rive sud (droite). Cela représente un élargissement moyen d'environ 0,6 m/an.

La forme de l'île à l'amont des ponts a également évolué, passant d'une longueur d'environ 365 m en 1964 à 285 en 1982 puis à 205 m en 2019. La longueur de l'île a donc diminué d'approximativement 4,4 m/an entre 1964 et 1982 et de 2,2 m/an entre 1982 et 2019.

Finalement, directement à l'aval des ponts de l'autoroute 40, de l'aggradation s'est produite en rive nord (gauche). Cette section forme l'intérieur d'un faible méandre. Au maximum, la rive s'est déplacée de 38 m entre 1964 et 2019. Ce qui représente une aggradation d'environ 0,7 m/an. La rive opposée, quant à elle, semble s'être érodée d'une dizaine de mètres entre 1964 et 2019.

La deuxième zone identifiée comme ayant subi des ajustements géomorphologiques est le secteur du pont P-01559 et de l'embouchure de la rivière Batiscan sur le fleuve Saint-Laurent. Les orthophotos et le traçage des rives de cette section sont montrés à la Figure 3.3 et la superposition de ces tracés est présentée à la Figure 3.4.

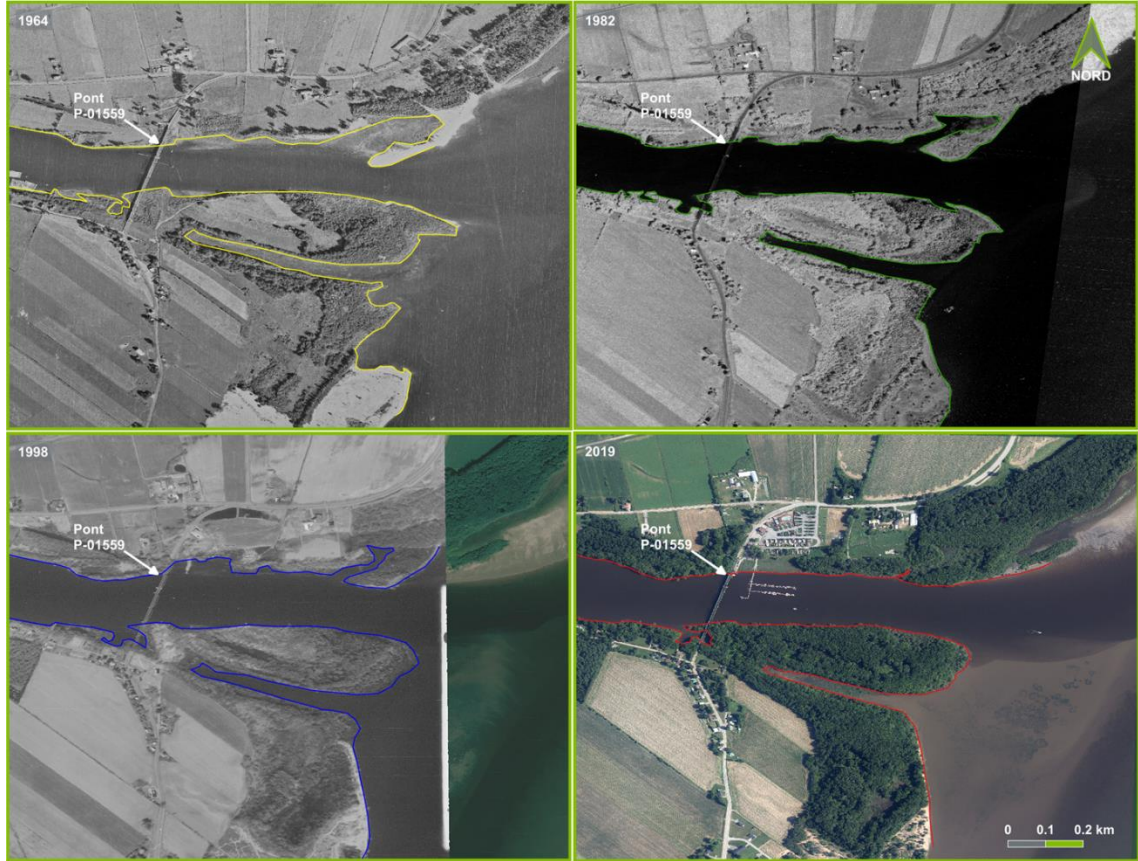


Figure 3.3 : Orthophotos et traçage des rives de la zone aval de la rivière

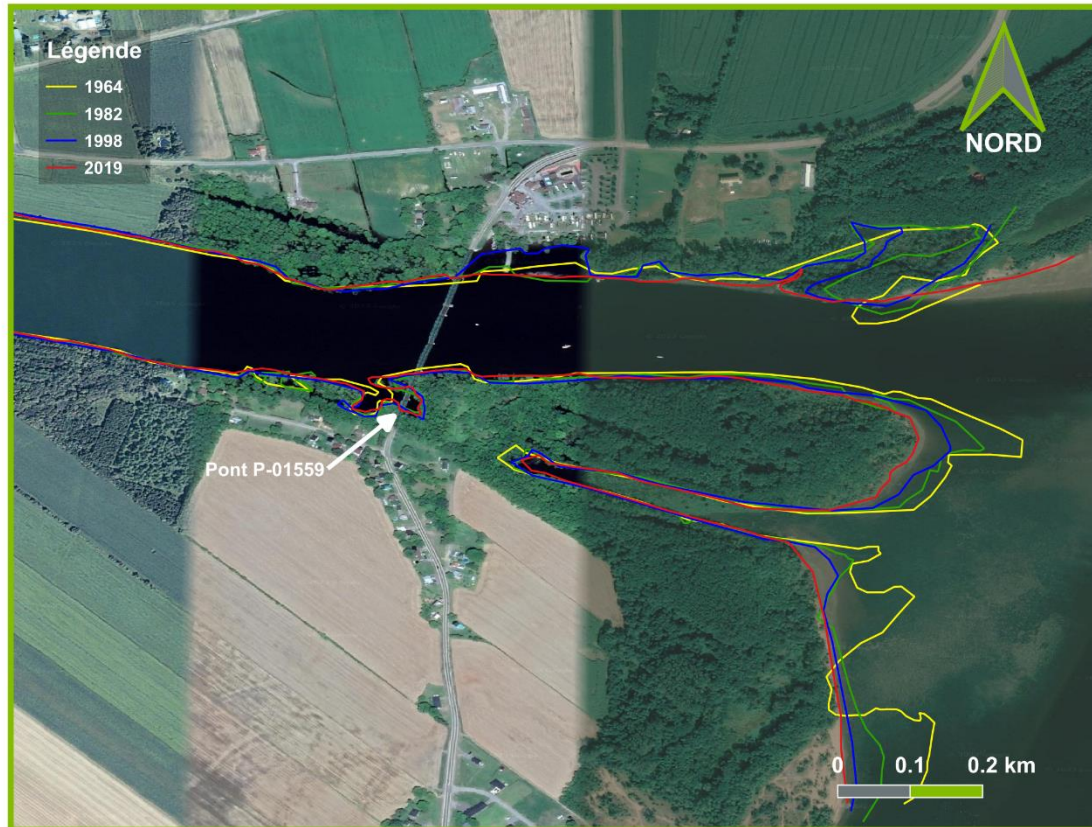


Figure 3.4 : Superposition des tracées de la zone aval de la rivière

Les abords du pont se sont modifiés avec le temps. Au nord du pont, en 1964 et 1982, la marina et son quai n'étaient pas encore construits. La zone en aval du pont était constituée d'un milieu humide. En 1998, un bâtiment et un quai étaient construits dans le secteur de la marina. L'eau atteint la rive beaucoup plus loin au nord. Il faut cependant se rappeler que l'orthophoto de 1998 a été prise dans la période de la crue printanière. Cela peut donc expliquer que le milieu humide soit inondé. En 2019, la marina avait pris de l'expansion. Un camping a été ajouté et des sections de quai supplémentaires ont été mises en place. L'orthophoto de 2019 a été prise le 8 juillet, c'est-à-dire probablement en période d'étiage. À noter que l'image aérienne Google de la Figure 3.4 a été prise le 5 juin 2019 en temps de crue. Sur cette photo, le milieu humide est de nouveau visible. Au sud du pont, un autre milieu humide est présent et semble s'être légèrement agrandi depuis 1964. Ce milieu humide semble aligné avec un ancien bras de la rivière Batiscan. Lorsque les niveaux d'eau sont hauts, de l'eau peut s'engouffrer dans ce bras. Ce dernier pourrait potentiellement se rouvrir dans l'avenir.

Pour ce qui est de l'embouchure de la rivière, il s'agit de l'endroit avec l'évolution la plus importante entre 1964 et 2019. En effet, en 1964, un banc de sable (ou un *bar*) forme une flèche littorale et semble séparé de la rive gauche par un milieu humide. Ce banc présente une forme qui suggère qu'il s'agirait d'un ancien dépôt de dragage. Avec les années, le milieu humide diminue en superficie, se referme, et le banc disparaît petit à petit alors que la berge s'uniformise et s'arrondit. Cette section est la plus vulnérable étant affectée

directement par les marées et étant constituée en majorité de milieux humides. Du côté sud, le contour de la presqu'île Nobeat a reculé d'au maximum environ 130 m entre 1964 et 2019 et sa forme s'est adouci et homogénéisé. Cette érosion est possiblement de cause anthropique et il y a possiblement un lien avec les activités de la voie maritime du Saint-Laurent. L'ancien bras de rivière au sud de l'île semble également s'être légèrement fermé. Au fil des années, le bras de rivière s'est raccourci d'approximativement 25 m.

3.2 ÉROSION DES BERGES ET INCISION

Lors de l'enquête terrain réalisée le 26 juillet 2023, plusieurs signes d'érosion ont été observés. Plusieurs de ces signes ont d'abord été repérés en rive nord du pont P-01559 (zone 2 de la Figure 1.2). En amont du pont, dans le secteur du camping de la marina, les arbres matures déracinés et ceux tombés (Figure 3.5) indiquent une érosion importante de la rive. Ces arbres, bien que matures, semblent avoir poussé après la construction du remblai.



Figure 3.5 : Arbres déracinés et tombés (zone 2)

Du côté aval du pont (et de la marina), on observe de la fissuration et du décrochement de la rive nord (gauche) causé par l'érosion (Figure 3.6). Du côté opposé (au sud), la rive est forestière et naturelle. On y observe toutefois de l'érosion par endroits à partir de la rive gauche.



Figure 3.6 : Fissuration et décrochement de la rive (zone 2)

Enfin, au niveau du pont de l'autoroute 40 (zone 4), il n'a pas été possible de s'approcher du bord de l'eau. On constate toutefois la présence d'un empiérement en aval des ponts sur au moins une trentaine de mètres en rive gauche, et de l'érosion immédiatement à l'aval (Figure 3.7).

Ces observations d'érosion et de fissuration sont relativement mineures et ne révèlent pas une incision évidente (abaissement du niveau du lit de la rivière) ou une migration latérale. Mentionnons que les piles des ponts P-01559 et P-13826 ne montrent pas de signe d'affouillement, ni de signes évidents d'enfouissement.



Figure 3.7 : Empierrement et érosion en rive nord (zone 4)

3.3 PUISSANCE SPÉCIFIQUE

La puissance spécifique se définit comme la mesure de puissance fournie par l'écoulement par unité de surface. Elle sert donc à quantifier la capacité que possède un cours d'eau pour transporter localement sa charge sédimentaire et pour entraîner des changements morphologiques du chenal. En conditions d'étiage, la puissance spécifique le long de l'UEA est toujours inférieure à 10 W/m^2 . La figure **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** présente les données de puissance spécifique en condition de crue, telles que fournies par la base de données du CRHQ [5].



Figure 3.8 : Puissance spécifique en condition de crue

Selon Brookes (1988) [11], une puissance spécifique supérieure à 100 W/m² peut être signe d'un cours d'eau à forte activité géomorphologique, avec une capacité érosive, alors que des puissances inférieures à 35 W/m² peuvent caractériser des tronçons à faible activité géomorphologique, sujets à l'aggradation si l'écoulement apporte une charge sédimentaire de l'amont. Les puissances intermédiaires (35 à 100 W/m²) peuvent caractériser un cours d'eau présentant une activité géomorphologique modérée. Toutefois, ces données sont surtout utiles pour distinguer les zones d'érosion et d'accumulation relatives, le long d'un cours d'eau préalablement identifié comme instable par d'autres moyens. Seules, elles ne renseignent pas sur le niveau d'instabilité du cours d'eau, car elles ne prennent pas en compte d'autres paramètres importants comme la granulométrie.

En ce sens, en condition d'étiage, la section de rivière étudiée semble stable avec peu d'activité géomorphologique. Toutefois, en condition de crue, certains endroits pourraient être sujets à des ajustements morphologiques comme de l'érosion et de l'incision. Ces endroits correspondent également aux endroits où la pente augmente (voir Figure 2.4). À l'aval de ces sections, notamment dans le secteur du pont ferroviaire et à l'aval du pont P-01559, les puissances spécifiques plus faibles suggèrent plutôt une prédisposition à l'aggradation plutôt qu'à l'érosion.

3.4 ZONES D'ACCUMULATION

Une zone d'accumulation a d'abord été observée dans le secteur de l'approche nord du pont P-01559 à l'étude (zone 2). Un empierrement de protection est présent autour de la première pile du pont à la limite du DPB. Aucun affouillement n'est observé à cet endroit. Au contraire, la végétation autour de la pile suggère une stabilité hydrosédimentaire. Cet empierrement de protection étant projeté d'environ 5 m dans la rivière, il semble avoir entraîné une zone d'accumulation de sédiments fins immédiatement à l'amont, en rive nord (voir le trait rouge sur la figure ci-dessous).



Figure 3.9 : Zone d'accumulation (zone 2)

À l'endroit du pont ferroviaire (zone 3), des herbiers ont été repérés en rive gauche. Des bancs d'accumulation au centre de la rivière ont également été observés. Il y a même de la végétation sur l'un d'entre eux. Ces bancs sont présentés à la figure 3.10.

La présence de bancs d'accumulation au droit des piles de pont et dans le secteur de l'embouchure de la rivière Batiscan est cohérente avec l'emplacement de ces endroits à l'exutoire du bassin versant. Ces bancs d'accumulation n'ont pas tendance à se former davantage sur l'une ou l'autre des rives, mais plutôt aux endroits où il y a un ralentissement local de l'écoulement.



Figure 3.10 : Bancs d'accumulation sous le pont ferroviaire

3.5 EMBÂCLES DE DÉBRIS OU DE GLACES

Selon l'étude hydraulique de 2021[12], des marques de glaces ont été repérées sur les piles du pont P-01559 et en amont de celui-ci sur les arbres en rive. Ces marques ont été évaluées à une élévation entre $\pm 4,0$ m et $\pm 5,1$ m. Cependant, selon les commentaires de l'inspecteur municipal en 2014, il n'y aurait pas eu de problème d'embâcle en 60 ans.

3.6 RÉCURRENCES D'INTERVENTIONS

Aucun document consulté ne fait mention d'intervention dans la rivière Batiscan. Aucun travail de dragage et/ou de curage récurrent ne semble être fait dans le secteur à l'étude.

4 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Le secteur du pont P-01559 et du futur pont P-19138 s'inscrit dans une unité écologique aquatique (UEA) de style fluvial « linéaire ». Les dépôts de surface bordant la rivière Batiscan sont majoritairement de type alluvial, c'est-à-dire présentant un fort potentiel d'érodabilité. Cependant, la présence d'une bande de sédiments glaciomarins limite la mobilité du cours d'eau en rive sud (droite). L'analyse des dépôts, de la topographie à l'aide des couches d'élévation LiDAR et les cartes des milieux humides potentiels a permis de classer la rivière Batiscan comme partiellement confinée, cette dernière ayant un plus grand potentiel de mouvement en rive nord (gauche) qu'en rive sud. De façon générale, le potentiel de mobilité du cours d'eau dans l'UEA reste faible.

Dans la partie amont de la section de rivière étudiée, soit dans le secteur du pont P-13826, la rivière est stable. L'analyse des photographies aériennes historiques (section 3.1) a permis de voir que le tracé de rivière a subi peu d'ajustement géomorphologique. Les berges ont connu très peu de migration latérale et d'élargissement. Le dynamisme de cette section est faible.

Le secteur des ponts de l'autoroute 40 présente, quant à lui, un élargissement et une migration latérale un peu plus prononcés. La rive nord (gauche) en aval des ponts présente une aggradation. Comme mentionné, la rive dans cette zone s'est déplacée d'environ 38 m entre 1964 et 2019.

Au pont P-01559 et à l'embouchure de la rivière dans le fleuve Saint-Laurent. Le dynamisme du cours d'eau est plus marqué. L'analyse des photos aériennes et l'enquête de terrain ont révélé que ce secteur présente certains signes de migration latérale et d'élargissement. Les tracés de rives ont permis de voir que les approches du pont P-01559 et l'embouchure de la rivière ont subi un réaménagement géomorphologique au fil du temps. Des zones claires d'érosion et d'aggradation ont aussi été observées lors l'enquête de terrain du 26 juillet 2023. Les bancs d'accumulation observés au droit des piles de ponts et par endroits en rive vont probablement poursuivre leur évolution au gré des crues printanières et dans le secteur de l'embouchure, des marées et des tempêtes sur le fleuve. L'érosion observée en rive est mineure, et le risque d'affouillement des piles pour la future structure est faible. Selon les plans du PC-3 [1], la structure reconstruite représente 3 piles au lieu de 4 dans le lit principal du cours d'eau et une ouverture équivalente supérieure. Les piles présentent également un meilleur alignement avec l'axe du cours d'eau. En raison de la nature argileuse des sols naturels du secteur, il est prévu que les fondations du pont prennent appui sur des pieux, ce qui offre une meilleure protection contre l'affouillement que des semelles superficielles. Toutes ces mesures témoignent d'une bonne intégration de la structure à son environnement géomorphologique. Les mesures usuelles de protection contre l'érosion prévue aux normes de construction de ponts routiers que sont le *Tome III – Ouvrages d'art*, et la norme S6 :19 de Transports Canada doivent évidemment être appliquées.

Bien que cela n'ait pas été constaté en préparant cet avis, le dragage de la voie maritime du Saint-Laurent en face de l'embouchure de la rivière Batiscan a probablement causé des modifications géomorphologiques dans le secteur compris entre le pont P-01559 et l'embouchure. Le dragage aurait pu causer une baisse des niveaux moyens du fleuve, ce qui aurait eu comme effet, théoriquement, d'augmenter les vitesses d'écoulement moyennes de la rivière Batiscan à l'embouchure et augmenter l'érosion à cet endroit. Le recul de la rive sud à l'embouchure (la presque île occupée par un milieu humide) pourrait en être la manifestation. Selon les photographies aériennes historiques, du côté nord, ce qui semblait être des dépôts de dragage dans le cours d'eau à une centaine de mètres de la rive s'est progressivement affaissé et a été colonisé par la végétation, créant un milieu humide.

5 RÉFÉRENCES

- [1] MINISTÈRE DES TRANSPORTS, « Étude géotechnique : étude de fondation P-19138, route 138, Batiscan ». Février 2022
- [2] LÉGIS QUÉBEC, Règlement sur l'encadrement d'activités en fonction de leur impact sur l'environnement (REAFIE), vol. Q-2, règle 17.1. 2021. [En ligne]. Disponible sur: <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2017.1%20/>
- [3] MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, DE LA FAUNE ET DES PARCS, « Recevabilité des projets en milieux hydriques / Aide-mémoire concernant l'avis sur la mobilité des cours d'eau demandé dans l'article 331, al.1 (3°) du REAFIE », Direction de l'aménagement et du milieu hydrique, 2023.
- [4] T. BUFFIN-BÉLANGER, S. DEMERS, et T. OLSEN, Diagnostic hydrogéomorphologique pour mieux considérer les dynamiques hydrosédimentaires aux droits des traverses de cours d'eau: guide méthodologique, Laboratoire de géomorphologie et de dynamique fluviale, Université du Québec à Rimouski (UQAR), R-724.1, mars 2015.
- [5] CADRE DE RÉFÉRENCE HYDROLOGIQUE DU QUÉBEC (CRHQ), Base de données, « CRHQ_RegHydro065 ». Mai 2022. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/crhq>
- [6] SIGÉOM, Base de données géoscientifiques. « Géologie du quaternaire – Jeux de données géographiques » Octobre 2021. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/geologie-du-quaternaire/ressource/2d6d8b3d-7dba-4a3e-b906-f6af43204377>
- [7] MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS, « Modèle numérique de terrain (LiDAR) / Feuillet 1:20000 / 31I09SO et 31I09SE », Gouvernement du Québec, 2019. [En ligne]. Disponible sur: [Forêt ouverte \(gouv.qc.ca\)](http://forêtouverte.gouv.qc.ca)
- [8] DONNÉES OUVERTES, « Milieux humides potentiels » Décembre 2019. En ligne]. Disponible sur: <https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/milieux-humides-potentiels>
- [9] SOCIÉTÉ D'AMÉNAGEMENT ET DE MISE EN VALEUR DU BASSIN DE LA BASTICAN (SAMBBA), « Plan directeur de l'eau : Rivière Batiscan », Zone de gestion intégrée de l'eau Batiscan-Champlain, décembre 2015.
- [10] HYDRO-QUEBEC, « Fermeture de l'aménagement hydroélectrique de Saint-Narcisse ». Planification – Projets pour l'énergie de demain. Octobre 2022
- [11] BROOKES, A. Channelized Rivers., « John Wiley & Sons ». Chichester, 1988. 326 p.
- [12] MINISTÈRE DES TRANSPORTS, Complément d'étude hydraulique : « Batiscan : Pont sur la route 138, au-dessus de la rivière Batiscan ». Août 2021

G

Annexe G Étude hydraulique



MINISTÈRE DES TRANSPORTS

Complément d'étude hydraulique corrigé



BATISCAN

Pont sur la route 138, au-dessus de la rivière Batiscan

Structure n° : P-19138 (remplacement de P-01559)

Date : 2022-05-24

Préparée par :

Christine Bouchard, ing.
N° membre OIQ : 5081635
Direction de l'hydraulique
Direction générale des structures

Vérifiée par :

Sophie Lépine, ing.
N° membre OIQ : 133715
Direction de l'hydraulique
Direction générale des structures

Le 24 mai 2022

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION	4
2	INFORMATIONS SUR LE COURS D'EAU ET LE PONT P-19138	5
2.1	Enquêtes sur le terrain.....	5
2.2	Barrages	8
2.3	Géomorphologie sommaire du cours d'eau	9
3	HYDROLOGIE	11
3.1	Bassin versant	11
3.2	Crue de conception.....	11
3.3	Hydrologie de la rivière Batiscan	11
3.4	Niveaux du fleuve Saint-Laurent à Batiscan	12
4	ANALYSE HYDRAULIQUE	13
4.1	Analyse hydraulique du cours d'eau et de la structure existante	14
4.2	Analyse hydraulique de la solution proposée sur le nouveau tracé	14
5	AMÉNAGEMENT DES EXTRÉMITÉS	16
5.1	Aménagement des extrémités pour un pont	16
5.2	Considérations générales sur l'empierrement et sa mise en place	16
6	FORCES DES GLACES SUR LES PILES AVEC MARÉE	17
6.1	Résistance aux efforts des glaces	17
7	AFFOUILLEMENT	19
7.1	Culées – Absence de roc.....	19
7.2	Piles – Absence de roc.....	19
7.3	Culées et piles – Présence de roc	20
8	CONCLUSION	20

ANNEXE

Annexe A Plan de localisation21

Annexe B Dessin normalisé no 015 (2020-01-30) *Tome III – Ouvrages d’art*, chapitre 2 « Approche d’un pont sur une rivière »23

Annexe C Tableau des niveaux des eaux.....25

1 INTRODUCTION

Le présent rapport donne suite à une demande de complément d'étude hydraulique transmise à notre Direction le 23 octobre 2020 par monsieur Jonathan Goulet, ing. de la Direction générale de la Mauricie–Centre-du-Québec (DGMCQ). Cette demande concerne la construction d'un nouveau pont pour le franchissement de la route 138¹ sur la rivière Batiscan, en aval du pont actuel, dans la municipalité de Batiscan.

Une étude hydraulique avait été émise en novembre 2018. L'étude avait été réalisée pour un futur pont situé au tracé 2B. Cependant, une étude est cette fois-ci demandée pour un pont situé au tracé 7C (voir figure 1.1).

Le présent rapport vise à fournir les paramètres hydrauliques pour la conception du nouveau pont. La figure qui suit est un plan de localisation du secteur visé par la demande d'étude hydraulique et présente l'emplacement du nouveau tracé 7C.

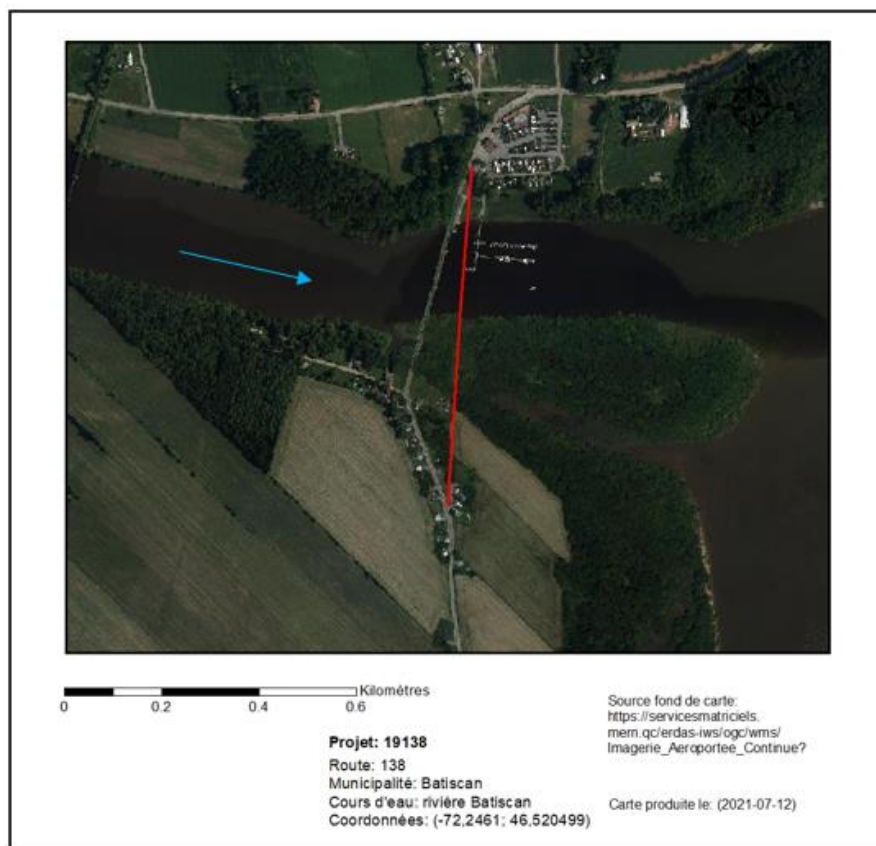


Figure 1.1 Localisation du projet à l'étude et nouveau tracé

¹ Route 0138-05-080, chaînage 1+739

2 INFORMATIONS SUR LE COURS D'EAU ET LE PONT P-19138

2.1 Enquêtes sur le terrain

Deux enquêtes sur le terrain ont été effectuées en 2013 et 2015, dans le cadre de l'étude hydraulique produite en 2018. Étant donné le changement de tracé du pont proposé et le nombre d'années écoulées depuis la dernière étude produite, une nouvelle enquête sur le terrain a été réalisée par la Direction de l'hydraulique le 12 mai 2021.

Les relevés topographiques et bathymétriques² ont été transmis par la direction territoriale le 3 mars 2021. Il est à noter que toutes les élévations inscrites dans ce rapport sont indiquées par rapport au référentiel altimétrique CGVD28.

L'analyse des données recueillies sur le terrain en 2021 a permis d'identifier les éléments suivants concernant le pont 01559 (pont actuel) et le cours d'eau:

- les vitesses d'écoulement sont faibles et il y a de l'érosion sur les berges;
- il y a de la navigation dans le secteur;
- le fleuve Saint-Laurent est situé à proximité à l'aval du site à l'étude et cause un refoulement;
- il y a une plaine inondable de part et d'autre du pont P-01559;
- le niveau des eaux du jour (E.J.) se situe à 6,6 m sous le soffite gauche (élévation $\pm 9,60$ m), soit à l'élévation $\pm 3,0$ m;
- des marques de glaces sont observées à l'amont gauche entre les élévations E.J. + 1,0 m et E.J. + 2,1 m (entre les élévations $\pm 4,0$ m et $\pm 5,1$ m);
- des laisses de crue sont observées dans un arbuste en amont gauche à proximité de la structure, soit à l'élévation E.J. + 1,3 m (élévation $\pm 4,3$ m);
- des laisses de crues sont présentes au sol en amont gauche à l'élévation E.J. + 0,9 m (élévation $\pm 3,9$ m);
- une marque foncée à 1,65 m au-dessus des eaux du jour (élévation $\pm 4,65$ m) ainsi qu'une marque plus pâle à 2,15 m au-dessus des eaux du jour (élévation $\pm 5,15$ m) ont été observées sur une des piles;
- le relevé bathymétrique de 2021 indique qu'une marque naturelle est observée sur 2 piles à l'élévation 5,37 m.

² Fichiers: BA-7007-154-14-1080_002-15_Livré_2016-05-02et BA-7007-154-99-0602-1_Livré_2021-02-25_CB

Le tableau 2.1 résume les élévations des principaux éléments du pont et les niveaux des eaux hautes observés.

Tableau 2.1 Élévations des éléments du pont P-01559 et des niveaux des eaux observés

Élément et niveaux d'eau	Élévation géodésique (m)
Soffite aval gauche	9,60
Niveaux des eaux du jour ($E_{J_{\text{Enquête}}}$) à l'amont gauche	$\pm 3,00$
Niveau des eaux hautes d'une période de retour de 2 ans ($E.H._2$)	$\pm 5,15$

Les photographies suivantes ont été prises lors de l'enquête terrain.



Figure 2.1 Vue panoramique de la structure P-01559 et du cours d'eau



Figure 2.2 Laisses de crue au sol aval gauche



Figure 2.3 Marques de glace amont gauche



Figure 2.4 Marques de glace amont gauche et laisses de crue



Figure 2.5 Marques sur une des piles du pont P-01559

Un avis technique a été produit pour le pont actuel en 2014.

Il présente les commentaires de l'inspecteur municipal de Batiscan qui mentionne qu'il n'y a pas eu de problème d'embâcle en 60 ans tandis que les employés du Centre de services de Trois-Rivières mentionnent que l'eau n'a jamais atteint le soffite.

De plus, selon les informations provenant de la DGMCQ, un pont ferroviaire situé en amont aurait déjà été emporté par les glaces. Il est donc très important de calculer les forces liées aux glaces et de prévoir une conception qui assurera un comportement optimal face aux risques d'embâcles de glaces.

2.2 Barrages

Le bassin versant comporte plusieurs barrages à forte contenance, le plus proche étant le barrage de Saint-Narcisse (X0002126) qui est situé entre la station hydrométrique 050304 du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) et le site à l'étude. Dans le cadre du projet actuel, les débits seront considérés comme étant naturels et non laminés par le barrage (X0002126). Ce barrage doit être démoli au courant des prochaines années.

Lors des travaux de construction du nouveau pont, il est impératif que le propriétaire du barrage soit contacté et que la gestion des niveaux d'eau soit planifiée avec l'opérateur du barrage.

2.3 Géomorphologie sommaire du cours d'eau

Des photographies aériennes disponibles de 1964 à 2006 ont été consultées, ainsi que des orthophotographies de 2008 et 2017. L'analyse de ces photographies a permis de constater que quelques changements morphologiques ont eu lieu à l'embouchure du cours d'eau et du fleuve, mais aucun changement majeur n'a été observé au niveau du chenal d'écoulement. Le cours d'eau et le fleuve ne montrent pas de déplacements majeurs et semblent stables à cet endroit.

Par contre, en aval, un ancien bras est présent et l'eau peut s'y engouffrer lorsque les niveaux d'eau sont hauts. Cet ancien bras pourrait se rouvrir dans l'avenir à la suite des processus naturels.



Figure 2.6 Extrait de la photographie aérienne de 1964 (Q64548-086)



Figure 2.7 Extrait de l'orthophotographie de 2008 (Mauricie_2008_30cm_1_28_33)



Figure 2.8 Extrait des orthophotographies de 2017 (mos_17_400-5152_20cm_f08 et mos_17_400-5154_20cm_f08)

3 HYDROLOGIE

3.1 Bassin versant

La rivière Batiscan draine, au droit de la structure P-19138, un bassin versant d'une superficie de $\pm 4\,681$ km². La surface du bassin versant est majoritairement boisée et comporte également plusieurs plans d'eau.

3.2 Crue de conception

La crue de conception a été déterminée selon les critères présentés dans la norme du ministère des Transports (MTQ) (Tome III – Ouvrages d'art, chapitre 2, tableau 2.1-3). La route 138 à Batiscan étant classifiée comme une route nationale, la période de retour de la crue de conception pour un pont est de 50 ans.

Afin de prendre en compte les vitesses maximales et les niveaux d'eau en amont maximums, la vitesse de conception sera déterminée en considérant la rivière Batiscan en crue et le fleuve en étiage tandis que le niveau de conception sera déterminé avec la rivière Batiscan et le fleuve tous deux en crue. Il s'agit d'une approche sécuritaire.

3.3 Hydrologie de la rivière Batiscan

Les débits journaliers pour diverses périodes de retour ont été estimés à partir de la méthode statistique à l'aide des données de débits journaliers disponibles pour la station de jaugeage 050304 – Batiscan du MELCC. Les débits maximums journaliers des années 1968 à 2020 ont été utilisés.

Les débits ont été calculés grâce au logiciel d'analyse statistique HYFRAN PLUS, version 1.2, de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS-ÉTÉ). Le choix de la loi statistique a été réalisé en comparant les différentes lois graphiquement et à l'aide de l'outil de comparaison du logiciel. La loi Gamma a été choisie.

Puis, à l'aide de la méthode de transfert de bassin versant, les débits au site étudié ont été calculés. Cette méthode permet de transposer les débits mesurés d'une station de jaugeage située à proximité d'un bassin versant étudié et ayant des caractéristiques physiques similaires. Un facteur de pointe de 1,04 a été appliqué. Une majoration de 5 % a été appliquée afin de tenir compte des changements climatiques (Tome III – Ouvrages d'art, chapitre 2, tableau 2.1-2).

Le tableau 3.1 présente les débits actuels non majorés et les débits de pointe majorés estimés pour la rivière Batiscan.

Tableau 3.1 Débits de pointe – Rivière Batiscan

Période de retour (ans)	Débits actuels non majorés (m ³ /s)	Débits de pointe majorés (m ³ /s)
2 ⁽¹⁾	620	651
5	755	793
10	834	875
25	924	970
50 ⁽²⁾	984	1033
100	1041	1093

⁽¹⁾ Crue moyenne annuelle⁽²⁾ Crue de conception

3.4 Niveaux du fleuve Saint-Laurent à Batiscan

Le fleuve Saint-Laurent engendre un refoulement dans la rivière Batiscan à la hauteur du site à l'étude. Les niveaux d'eau du Saint-Laurent doivent donc être analysés pour déterminer les conditions en aval adéquates à considérer lors de la modélisation de la rivière Batiscan. Les niveaux maximums enregistrés à la station 3345 située à Batiscan, à 2 km en amont de l'embouchure de la rivière Batiscan, couvrant les années 1979 à 2020 ont été analysés pour en déduire des niveaux pour différentes récurrences.

L'écart de niveau entre la station Batiscan et l'embouchure, qui a été estimé à moins de 5 cm, n'est pas considéré dans les calculs.

L'analyse a été effectuée sur les niveaux en crue et les niveaux en étiage. La loi statistique Gamma est retenue pour déterminer les récurrences. Les tableaux qui suivent présentent les résultats.

Tableau 3.2 Niveaux du Saint-Laurent en crue à Batiscan

Réurrence (années)	Niveau (m)
2	5,25
5	5,55
10	5,70
25	5,90
50 (Conception)	6,00
100	6,10

Tableau 3.3 Niveaux du Saint-Laurent en étiage à Batiscan

Réurrence (années)	Niveau (m)
2	2,00
5	1,85
10	1,75
25	1,65
50 (Conception)	1,60
100	1,55

4 ANALYSE HYDRAULIQUE

L'analyse hydraulique a été effectuée à l'aide du logiciel HEC-RAS, version 5.0.7, du US Army Corps of Engineers. La modélisation permet de déterminer les courbes de remous à proximité de la structure existante, à l'état naturel, ainsi que pour la solution proposée à l'emplacement du nouveau tracé.

La modélisation 2D réalisée dans le cadre de l'étude hydraulique de 2018 a montré qu'il n'y a pas de gros courant secondaire et que l'écoulement est rectiligne, ainsi la présente étude est réalisée en 1D.

Les relevés de topographie et bathymétrie de 2016 et 2021 ont été utilisés pour créer un modèle hydraulique.

4.1 Analyse hydraulique du cours d'eau et de la structure existante

Les conditions naturelles de la rivière ont été comparées aux conditions actuelles, afin de déterminer l'impact du pont sur les niveaux d'eau et les vitesses. Cette analyse permet de juger du rendement hydraulique du pont actuel.

Le tableau 4.1 présente les résultats obtenus pour les conditions naturelles et pour le pont actuel, en présence des débits actuels.

Tableau 4.1 Comparaison des conditions naturelles et de l'état actuel avec les débits actuels

Période de retour (ans)	Conditions naturelles		Pont existant (Ouverture de 369 m)		Remous ⁽³⁾ (m)
	Élévation à l'amont ⁽⁴⁾ (m)	Vitesse ⁽⁵⁾ (m/s)	Élévation à l'amont ⁽⁴⁾ (m)	Vitesse au pont ⁽⁵⁾ (m/s)	
2 ⁽¹⁾	5,25	1,90	5,25	2,10	0,00
5	5,55	2,05	5,55	2,25	0,00
10	5,75	2,10	5,75	2,30	0,00
25	5,90	2,20	5,90	2,40	0,00
50 ⁽²⁾	6,05	2,25	6,05	2,50	0,00
100	6,15	2,30	6,15	2,55	0,00

⁽¹⁾ Ligne des hautes eaux annuelles

⁽²⁾ Crue de conception

⁽³⁾ Remous : augmentation du niveau des eaux engendrées par la structure

⁽⁴⁾ Élévation de l'eau en considérant le fleuve en crue avec la même période de retour

⁽⁵⁾ Vitesse maximale en considérant le fleuve en étiage

Les élévations provenant de l'analyse hydraulique concordent avec les informations recueillies sur le terrain. Effectivement, selon les marques observées, le niveau d'eau en amont du pont est de 5,15 m pour une crue d'une période de retour de 2 ans, ce qui est semblable à l'élévation calculée.

Les résultats de l'analyse permettent de constater que le pont actuel n'engendre aucun rehaussement du niveau d'eau et une augmentation de la vitesse d'écoulement de 0,20 et 0,25 m/s est remarquée pour les différentes récurrences. Le soffite n'est jamais atteint.

4.2 Analyse hydraulique de la solution proposée sur le nouveau tracé

L'ouverture de la structure proposée située sur le nouveau tracé doit généralement se rapprocher de la largeur au miroir, au niveau des hautes eaux annuelles, selon le *Tome III – Ouvrages d'art*, chapitre 2, section 2.1.4.2 des normes du Ministère. Cette largeur, à l'état naturel et sur le tronçon à proximité de la structure, est évaluée à environ 392 m. Il est donc recommandé d'utiliser une ouverture minimale de 315 m (80 % de la largeur au miroir).

Une ouverture supérieure pourrait être requise pour des raisons autres qu'hydrauliques.

La structure proposée par la DGMCQ est un pont ayant une ouverture culée à culée de 424 m perpendiculairement à la rivière, comprenant 6 piles, dont trois seraient situées dans le lit mineur de la rivière. La modélisation et les calculs ont été faits en considérant ces informations.

Le tableau 4.2 présente les résultats de l'analyse hydraulique du cours d'eau à l'état naturel et de la structure proposée en utilisant les débits majorés de 5 %.

Tableau 4.2 Comparaison des résultats pour les conditions naturelles et le pont proposé avec les débits majorés de 5%

Période de retour (ans)	Conditions naturelles Q majorés		Pont proposé (Ouverture de 424 m, 6 piles)		Remous ⁽³⁾ (m)
	Élévation à l'amont ⁽⁴⁾ (m)	Vitesse ⁽⁵⁾ (m/s)	Élévation à l'amont ⁽⁴⁾ (m)	Vitesse ⁽⁵⁾ (m/s)	
2 ⁽¹⁾	5,25	1,95	5,25	2,15	0,00
5	5,55	2,10	5,55	2,30	0,00
10	5,75	2,15	5,75	2,40	0,00
25	5,90	2,25	5,90	2,50	0,00
50 ⁽²⁾	6,05	2,30	6,05	2,55	0,00
100	6,15	2,35	6,15	2,65	0,00

⁽¹⁾ Ligne des hautes eaux annuelles

⁽²⁾ Crue de conception

⁽³⁾ Remous : augmentation du niveau des eaux engendrées par la structure

⁽⁴⁾ Élévation de l'eau en considérant le fleuve en crue avec la même période de retour

⁽⁵⁾ Vitesse maximale en considérant le fleuve en étiage

Les résultats obtenus permettent de constater que le pont proposé d'une ouverture de 424,00 m ne cause aucun rehaussement du niveau d'eau amont et les vitesses augmentent de 0,2 à 0,3 m/s selon les différentes récurrences. La solution hydraulique proposée est donc acceptable.

Dans le cas d'un cours d'eau navigable³ et selon la norme du Ministère à l'article 2.1.4.2.C.a du *Tome III – Ouvrages d'art*, la hauteur libre doit respecter l'une ou l'autre des conditions suivantes :

- 1,0 m au-dessus des eaux hautes de conception ou 300 mm au-dessus de la crue centennale en absence de problème d'embâcles de glace ou de débris;
- 1,0 m au-dessus du niveau extrême prévu des glaces ou des débris;

³ Le gabarit de navigation doit être déterminé par le concepteur et peut être validé par Transports Canada, gestionnaire de la Loi sur les eaux navigables canadiennes, en déposant une demande par Internet à l'adresse suivante : <https://canada.ca/soumissions-eaux-navigables>

- la hauteur du gabarit de navigation au-dessus du niveau moyen des eaux hautes observées durant la saison de navigation.

Aucune problématique d'embâcle de glace n'a été identifiée à l'endroit de la structure existante, ainsi, **le soffite du pont de remplacement doit se trouver à une élévation minimale de 7,05 m, soit 1 m au-dessus de la crue de conception**. Comme la rivière est navigable, l'élévation du soffite doit également être déterminée en fonctions du gabarit de navigation. Il est donc attendu que le soffite calculé et considéré soit supérieur.

À noter que les calculs hydrauliques ont été réalisés en considérant des culées verticales depuis le bas du soffite projeté jusqu'au terrain naturel. De plus, aucun empiètement de l'empierrement de protection des remblais d'approche dans la rivière n'a été considéré. Le nouveau pont devra respecter ces critères.

5 AMÉNAGEMENT DES EXTRÉMITÉS

5.1 Aménagement des extrémités pour un pont

L'aménagement des extrémités de la structure de remplacement proposée devra être conforme au dessin normalisé présenté à l'annexe B « Approche d'un pont sur rivière » (*Tome III – Ouvrages d'art*, chapitre 2, N° 015, 2020-01-30) et suivre les lignes directrices pour la protection flexible des culées de pont, présentées aux pages 2-32 et suivantes du *Manuel de conception hydraulique des ponts*.

Les pierres de l'empierrement de protection ont un D_{50} de 400 mm, avec un calibre de 300-500 mm et une épaisseur de 800 mm. Cette protection devrait résister adéquatement à la vitesse de 2,55 m/s lors du passage de la crue de conception et permettre de tenir compte de l'action des glaces. La protection devra être installée jusqu'à la cote de 6,35 m, soit 300 mm au-dessus du niveau des eaux calculé pour la crue de conception, ou jusqu'au sommet de la berge naturelle. **La mise en place de ce revêtement doit être faite de façon à ne pas obstruer l'écoulement.**

En présence de roc, une clé à la base de la protection est requise pour l'encastrer sur une profondeur minimale de 250 mm, soit la moitié du diamètre de la plus grosse pierre, autrement la pierre pourrait glisser sur le roc.

5.2 Considérations générales sur l'empierrement et sa mise en place

Les pierres utilisées doivent être conformes aux exigences de la norme 14501, « Enrochement et revêtements en pierre », du *Tome VII – Matériaux*. Elles doivent, notamment, être des pierres de carrière provenant du dynamitage ou des pierres d'une sablière provenant du concassage. Elles doivent être massives et présenter des arêtes vives.

La mise en place doit être conforme à l'article 15.2.5.6 du *Cahier des charges et devis généraux*. Les pierres doivent être placées avec soin, enchâssées et serrées solidement les unes contre les autres en toutes directions, sans aspérités dépassant la moitié du calibre moyen des pierres. Une pente de talus 1V:2H doit être privilégiée, autant que possible, mais une pente de talus de 1V:1,5H peut également être utilisée. Le revêtement doit être le plus lisse possible pour pouvoir résister aux glaces.

La mise en place de ce revêtement doit être faite de façon à ne pas obstruer l'écoulement, particulièrement dans l'ouverture du pont. Le terrain naturel doit être excavé au besoin afin d'insérer l'empierrement. La localisation des culées et des murs de soutènement doit être ajustée, si requise, pour maintenir l'aire d'écoulement.

Un géotextile ou une couche filtre est nécessaire sous l'empierrement afin de prévenir la perte des sédiments fins.

6 FORCES DES GLACES SUR LES PILES AVEC MARÉE

Le calcul des forces de glace est effectué en considérant des piles de 1,8 m sur 11,5 m avec fût incliné. Les piles proposées n'ont aucun biais avec l'écoulement.

6.1 Résistance aux efforts des glaces

Les piles sont exposées aux forces exercées par les glaces et leur conception exige qu'elles résistent aux efforts de glace. Les cas de chargement à considérer quant à l'impact des glaces sur les piles en rivière dans le cas actuel d'une rivière influencée principalement par le niveau d'eau à l'aval (fleuve) sont :

- A La poussée horizontale engendrée par un couvert de glace d'une épaisseur correspondant à une période de récurrence de 100 ans et s'exerçant à la cote atteinte pour un niveau d'eau du fleuve de récurrence 10 ans. L'épaisseur de glace à considérer est ici de 860 mm et le point d'application de la force est à la cote $\pm 5,48$ m;
- B La poussée horizontale engendrée par un couvert de glace d'une épaisseur correspondant à une période de récurrence de 10 ans et s'exerçant à la cote atteinte pour un niveau d'eau du fleuve de récurrence 100 ans. L'épaisseur de glace à considérer est ici de 800 mm et le point d'application de la force est à la cote $\pm 5,90$ m.

Pour chacun de ces cas, les impacts peuvent se faire, suivant deux cas, selon que le glaçon percute sur la pleine largeur (cas 1) ou la demi-largeur de la pile (cas 2). Le troisième cas présente l'impact d'un glaçon sur une pile circulaire. La section 3.12.2.3 du *Code canadien sur le calcul des ponts routiers CAN/CSA-S6-19*, page 160, présente les formules appropriées pour tous ces cas. La figure suivante illustre ces trois cas de chargement.

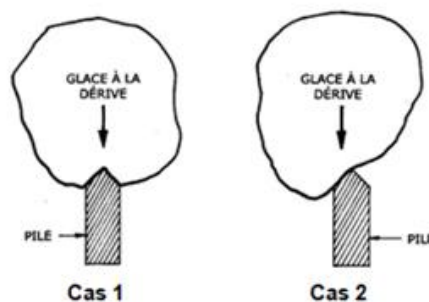


Figure 6.1 Présentation des cas de chargement pour les forces horizontales des glaces pour des piles parallèles à l'écoulement

En fonction de l'indice de gel à la station météorologique de Sainte-Anne-de-la-Pérade, d'une résistance effective de la glace de 1100 kPa, les forces suivantes sont obtenues en fonction du scénario considéré :

Tableau 6.1 Forces horizontales associées à l'impact des glaçons contre les piles au site du pont P-19138

Forces dynamiques	Scénarios		Cas A $t_{\text{glace}} 100 \text{ ans}; h 10 \text{ ans}$	Cas B $t_{\text{glace}} 10 \text{ ans}; h 100 \text{ ans}$
	Pile avec fût incliné (1,8m x 11,5m)	Cas 1	Force longitudinale (kN)	2307
Force transversale (kN)			346	299
Cas 2		Force longitudinale (kN)	1153	998
		Force transversale (kN)	934	808
Élévation de l'application des forces (m)			5,48	5,90

Les valeurs présentées au tableau 1 ne sont valides que pour des piles n'ayant aucun biais par rapport à l'écoulement. **Selon le scénario évalué, l'avant-bec doit être triangulaire en plus d'être incliné selon une pente de 65 degrés ou circulaires.** Si tel n'est pas le cas, elles devront être recalculées.

De plus, le champ de glace au site est soumis à des contraintes et des déformations thermiques non uniformes dues à un gel non équilibré de chaque côté d'une pile. Selon la norme S6-14, les forces statiques doivent être considérées. **Pour une couverture de glace centennale, ces forces statiques pourraient atteindre 184 kN/m.**

Finalement, la norme S6-19 *Code canadien sur le calcul des ponts routiers*, souligne à la section 3.12 que la variation des niveaux d'eau pourrait causer l'application de forces verticales dans les piles, tant vers le haut que le bas, due à l'adhérence des glaces. **Pour une couverture de glace centennale et une pile oblongue, ces forces verticales pourraient atteindre 1403 kN.**

Il est important de considérer que les forces des glaces peuvent être appliquées tant à l'amont qu'à l'aval étant donné la proximité du fleuve Saint-Laurent.

La pose d'une plaque de recouvrement en acier de 10 mm d'épaisseur sur les avant-becs est recommandée puisque le transport des glaces est important.

7 AFFOUILLEMENT

Les mesures prévues contre l'affouillement doivent respecter le Code canadien sur le calcul des ponts routiers (CSA/S6-19), afin d'assurer la pérennité des unités de fondation. L'évaluation de l'affouillement a été réalisée à l'aide du logiciel ABSCOUR, version 10, du Maryland State Highway Administration.

Selon les informations disponibles, aucun sondage effectué au site du pont existant ou projeté n'est encore disponible, cependant un mandat est en cours.

À la suite des résultats de sondage, si le D50 diffère de celui utilisé pour les calculs (0,002 m), l'affouillement devra être réévalué en fonction du sol en place.

7.1 Culées – Absence de roc

Les culées sont situées hors de l'écoulement lorsque le Saint-Laurent est en étiage. Lorsque la rivière Batiscan est en crue centennale et que le fleuve Saint-Laurent est en crue de récurrence 2 ans, la vitesse d'écoulement moyenne est de 1,26 m/s, mais de 0,34 m/s en bordure de la rivière. Le pont proposé est de 424 m de long, ainsi les culées ne seront pas situées dans le chenal principal. Les vitesses au niveau des culées sont considérées comme inférieures à 1 m/s.

Selon ces conditions, le dessous des semelles des culées peut être placé à une distance de 1 000 mm sous le dessous de l'empierrement de protection, mesuré perpendiculairement au talus (Tome III – Ouvrages d'art, chapitre 2, page 10).

7.2 Piles – Absence de roc

Si une pile est construite en rivière, sa conception doit tenir compte d'une profondeur d'affouillement de 5,3 m sous le niveau du lit naturel. Cette profondeur d'affouillement a été calculée pour une pile de 1,8 m de largeur avec un avant-bec de forme triangulaire. **Si les dimensions diffèrent, une mise à jour devra être réalisée.**

Un tapis d'enrochement de calibre 300-500 mm avec un D50 de 400 mm sur une épaisseur de 800 mm est adéquat pour protéger la semelle de la pile. Le dessus du tapis d'enrochement doit être au même niveau que celui du lit naturel du cours d'eau.

La mise en place de l'empierrement de protection de la semelle de la pile doit être conforme aux figures 2.1-8 à 2.1-10 du chapitre 2 du *Tome III – Ouvrages d'art* des normes du ministère des Transports.

7.3 Culées et piles – Présence de roc

En présence de roc, les fondations devront reposer directement sur le roc durable, résistant à l'affouillement et exempt de fragments lâches ou ébranlés. Pour prévenir l'affouillement, il est très important de ne pas avoir de remblai contrôlé entre les semelles et le roc. Le dessous des semelles doit être appuyé directement sur le roc. Si un régalage est requis, un coussin de support en béton doit être utilisé (Tome III – Ouvrages d'art, chapitre 2, article 2.1.3.2 C).

8 CONCLUSION

La présente étude a permis de déterminer les caractéristiques de l'écoulement du cours d'eau à l'état naturel et d'évaluer le rendement hydraulique de la structure proposée à l'emplacement du nouveau tracé.

La structure de remplacement proposée doit posséder une **ouverture minimale de 315 m** mesurée perpendiculairement à l'écoulement, qui correspond à environ 80 % de la largeur au miroir pour la période de retour de 2 ans, cependant les calculs et la modélisation ont été effectués en considérant un pont d'une ouverture de 424 m, ce qui correspond aux informations transmises par la DGMCQ concernant le nouveau pont.

Le soffite de la structure proposée doit se situer à l'élévation minimale de **7,05 m ou à une élévation supérieure en fonction du gabarit de navigation**.

L'aménagement des extrémités et la protection contre l'affouillement doivent être réalisés selon les recommandations formulées aux sections 5 et 6 de ce rapport.

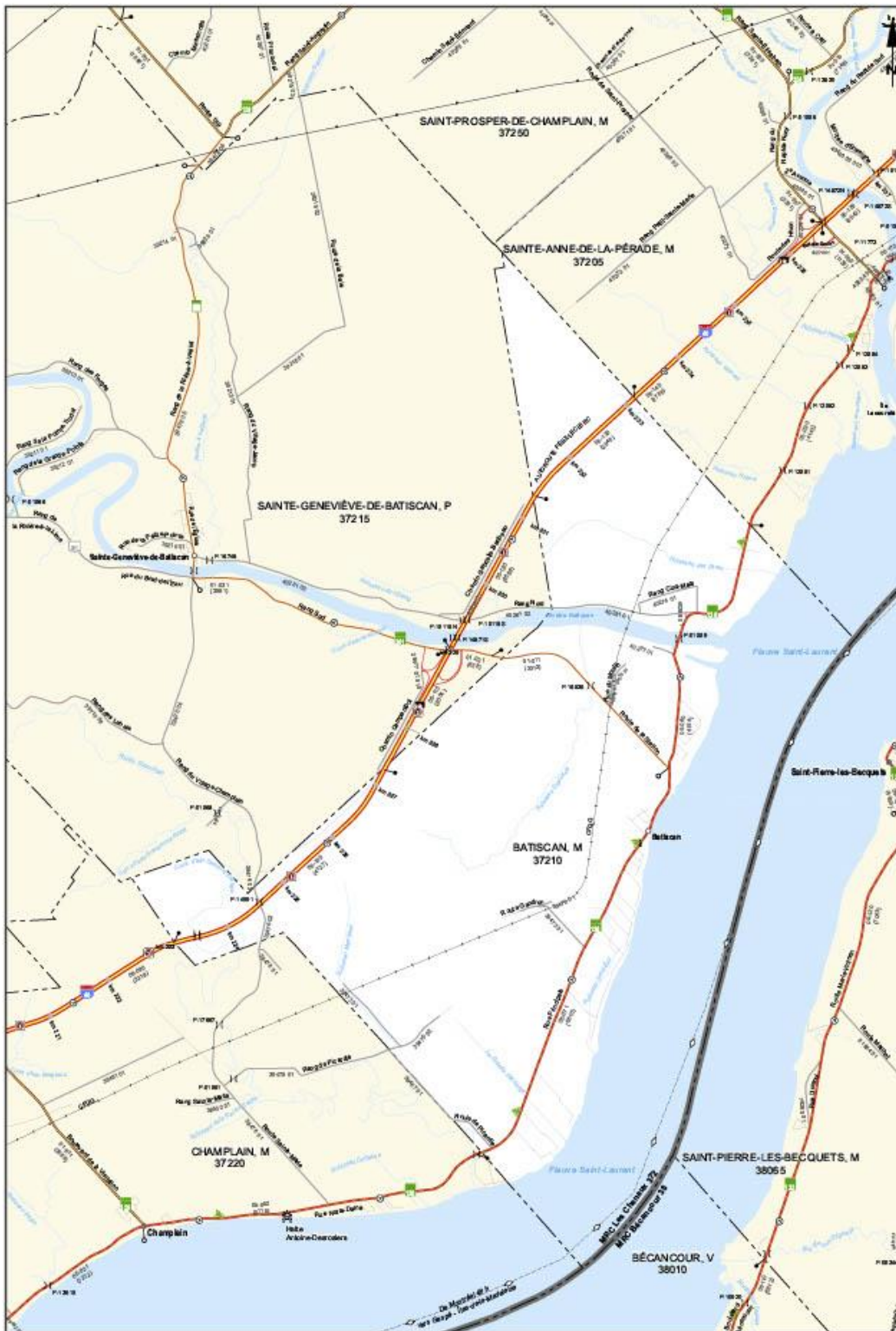
La conception des piles en rivière doit tenir compte des critères énoncés aux sections 6 et 7.

Le tableau du niveau des eaux hautes, présenté à l'annexe C, et la note qui le suit doivent apparaître au plan d'ensemble de la structure.

Il est à souligner que les conclusions et recommandations élaborées dans le cadre de cette étude hydraulique ne sont valides que pour la structure P-19138 et ne pourront être utilisées pour d'autres sites, même contigus, sans avoir fait l'objet d'une étude complémentaire.

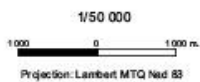


ANNEXE A
PLAN DE LOCALISATION

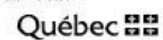


BATISCAN, M 37210

Direction de la Mauricie-Centre-du-Québec (6470)
Centre de services de Trois-Rivières (7007)
MRC Les Chenaux 372



Production : Ministère des Transports
Direction de la géomatique
© Gouvernement du Québec
Révisé en : 2020-06-04





**ANNEXE B
DESSIN NORMALISÉ NO 015
(2020-01-30)**

***TOME III – OUVRAGES D'ART,
CHAPITRE 2***

**« APPROCHE D'UN PONT
SUR UNE RIVIÈRE »**

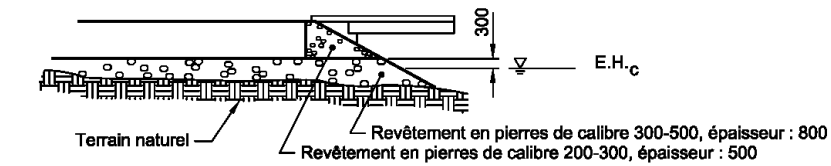


DESSIN NORMALISÉ

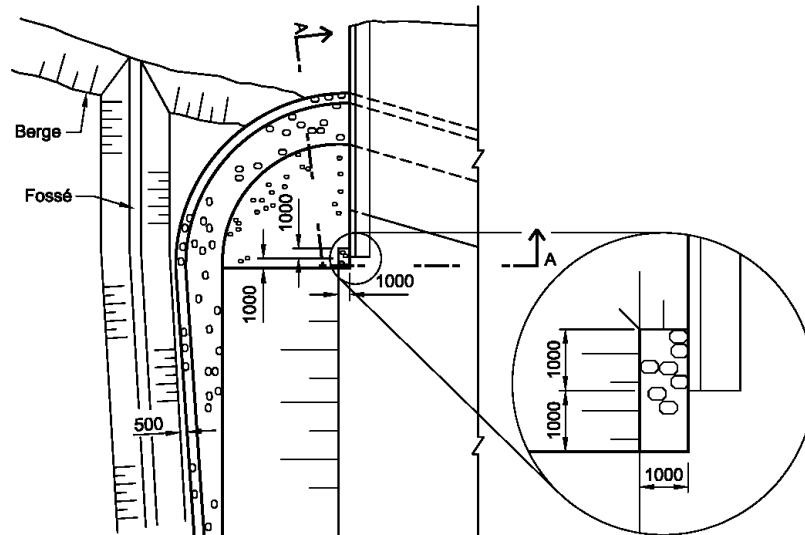
APPROCHE D'UN PONT
SUR RIVIÈRE

NORME

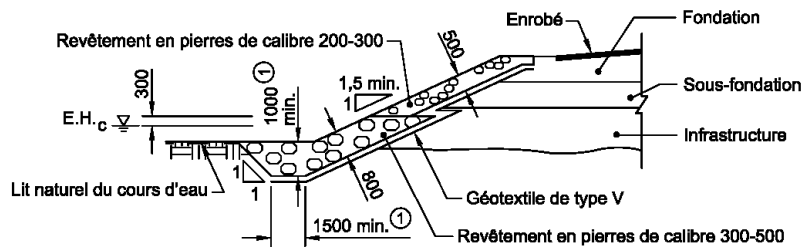
Tome III
Chapitre 2
Numéro 015
Date 2020 01 30



PROFIL



PLAN



COUPE A-A

① Lorsque la profondeur d'affouillement prévue est supérieure à 1000 mm, ces dimensions doivent être augmentées.

Note :

- les cotes sont en millimètres.

MATÉRIAUX — NORMES APPLICABLES

Géotextile	Tome VII, norme 13101
Pierres	Tome VII, norme 14501

Contenu normatif



ANNEXE C
TABLEAU DES NIVEAUX DES
EAUX

**TABLEAU RELATIF À L'ÉLÉVATION DU COURS D'EAU
POUR UN PONT DE 424,00 M D'OUVERTURE**

Période de retour (ans)	2	5	10	25	50 (Conception)	100
Niveau d'eau (m)	5,25	5,55	5,75	5,90	6,05	6,15

Note : Les élévations d'eau de ce tableau correspondent à l'écoulement normal lorsque l'ouvrage sera en service. La présence d'ouvrages temporaires ou d'un embâcle peut causer un rehaussement de ces élévations qu'il faut évaluer selon le cas.

H

Annexe H Avis hydrosédimentaire

À venir dans la cadre de l'analyse environnementale



Annexe I Étude géomorphologique

Ministère des Transports et de la Mobilité 33durable

Direction générale de la Mauricie-Centre-du-Québec

Étude de géomorphologie fluviale pour le projet de construction d'un pont au-dessus de la rivière Batiscan sur la route 138

Rapport final



Numéro de dossier MTMD : 7007-18-FE01

Numéro de projet MTMD : 154990602

Ministère des Transports et de la Mobilité durable

Direction générale de la Mauricie-Centre-du-Québec

Étude de géomorphologie fluviale pour le projet de construction
d'un pont au-dessus de la rivière Batiscan sur la route 138

Rapport final

7007-18-FE01 / Projet 154990602

Préparé par :



Michel Germain, géom., M. Sc. Eau



Danielle Cloutier, océanographe, Ph. D.

Tableau des ressources impliquées

En plus des signataires du présent rapport, les personnes suivantes ont également participé à l'étude et à la rédaction du rapport en tant qu'experts techniques au sein de l'équipe de projet :

NOM	RÔLE
Sylvie Leclerc	Cartographie
Joëlle Renauld	Révision

REGISTRE DES ÉMISSIONS			
N° de révision	Révisé par	Date	Description de la modification et/ou de l'émission
0A	Danielle Cloutier	9 octobre 2023	
00	Danielle Cloutier	17 avril 2024	Version finale

Propriété et confidentialité

À moins d'entente entre le Consortium Stantec/CIMA+ (Consortium) et son client à l'effet contraire, tous les documents, qu'ils soient imprimés ou électroniques, ainsi que tous les droits de propriété intellectuelle qui y sont contenus, appartiennent exclusivement au Consortium, lequel réserve tous ses droits d'auteur. Toute utilisation ou reproduction sous quelque forme que ce soit, même partielle, est strictement interdite à moins d'obtenir l'autorisation du Consortium.

Table des matières

1.	Introduction	1
1.1	Localisation du projet.....	1
1.2	Rivière Batiscan	2
2.	Approche méthodologique	4
2.1	Exigences du ministère des Transports et de la Mobilité durable du Québec (MTMD)	4
2.2	Détail des travaux.....	5
3.	Analyse	7
3.1.1	Bassin versant de la rivière Batiscan	7
3.2	Analyse de photographies aériennes historique et d'orthophotos récentes.....	9
3.2.1	Éléments d'intérêt passés analysé par stéréoscopie	9
3.2.2	Autres photographies aériennes examinées.....	9
3.2.3	Conclusion sur l'évolution de la dynamique fluviale depuis 1964.....	11
3.3	Nature des dépôts de surface.....	12
3.3.1	Consultation de bases de données cartographiques	12
3.3.2	Consultation de rapports de terrain.....	13
3.3.3	Forages et levés sismiques	13
3.4	Visite de terrain	13
3.4.1	Conditions météorologiques, de débit et de marée au moment de la visite de terrain.....	13
3.4.2	Constatations lors de la visite de terrain	14
3.5	Interprétation géomorphologique à partir de l'information acquise et de la visite de terrain	16
4.	Conclusion	17
5.	Bibliographie	18

Liste des tableaux

Tableau 1	Valeurs pour établir la puissance spécifique	8
-----------	--	---

Liste des figures

Figure 1	Localisation du projet	1
Figure 2	Zone d'étude – Géomorphologie fluviale	5

Liste des annexes

Annexe A	Cartographique
Annexe B	Photos aériennes
Annexe C	Photographies

1. Introduction

Le présent rapport constitue une étude de géomorphologie fluviale d'un tronçon de la rivière Batiscan, allant de sa confluence avec le fleuve Saint-Laurent jusqu'à environ 2,5 km en amont. Cette étude est réalisée dans le cadre d'une étude d'impact sur l'environnement pour le projet de construction d'un nouveau pont au-dessus de la rivière, sur la route 138.

1.1 Localisation du projet

Le projet de construction du pont P-19138 et de ses approches vise à remplacer le pont actuel P-01559 sur la route 138 au-dessus de la rivière Batiscan. Le pont existant est situé dans la municipalité de Batiscan (coordonnées géographiques 46,512389; -72,245731). La municipalité de Batiscan fait partie de la MRC des Chenaux et de la région administrative de la Mauricie.

Ce pont constitue le lien entre la municipalité de Sainte-Anne-de-la-Pérade à l'est et le cœur villageois de Batiscan à l'ouest. De plus, la route 138, à Batiscan, est l'une des routes nationales majeures du Québec qui relie de nombreuses petites, moyennes et grandes municipalités en bordure du fleuve Saint-Laurent, de la frontière Québec/Ontario à l'ouest à Blanc-Sablon à l'est. Sa portion entre Montréal et Québec constitue également une route historique et touristique nommée le « Chemin du Roy ». Enfin, cette route fait partie du circuit officiel de la route Verte emprunté par de nombreux cyclistes (figure 1).

Cette étude présente le contexte géomorphologique fluvial où seront réalisées les activités liées à la construction du pont P-19138 et de ses approches ainsi que la déconstruction du pont existant (P-01559), ci-après nommé « Projet Batiscan ».

Ce secteur, illustré en rouge à la figure 1, montre que le projet est limité au sud par l'embouchure de la rivière Batiscan sur le fleuve Saint-Laurent et au nord par l'autoroute A40.

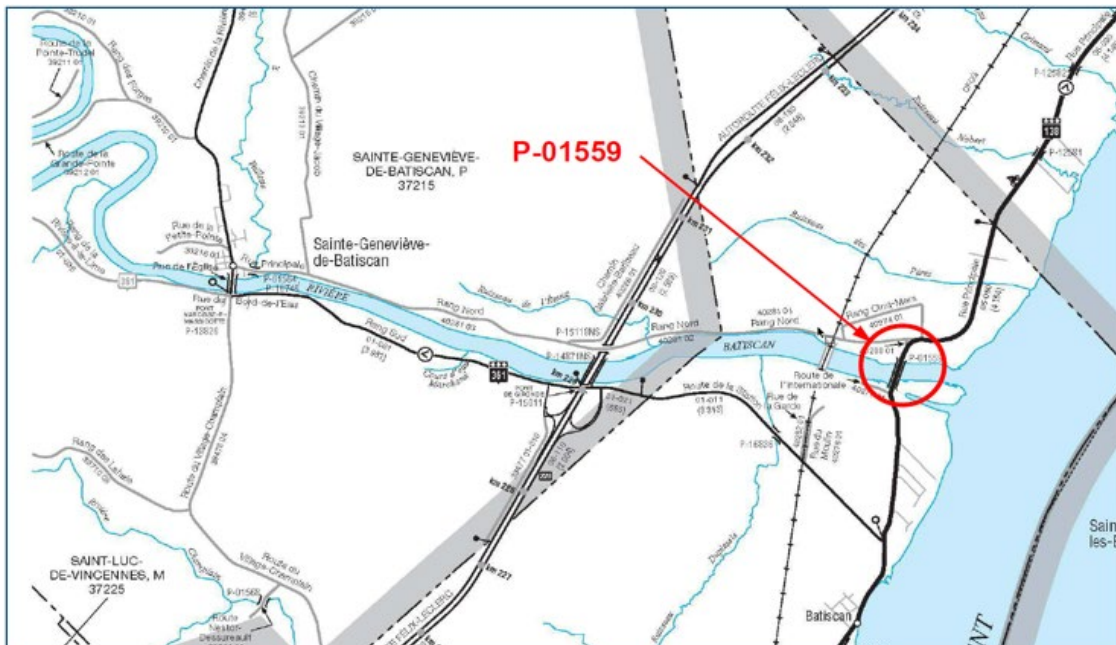


Figure 1 Localisation du projet

1.2 Rivière Batiscan

Description générale de la rivière

Selon le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP), la rivière Batiscan parcourt environ 170 km, selon un axe nord-sud, et draine un bassin versant de près de 4 690 km². La rivière Batiscan prend sa source au lac Édouard en Haute Mauricie à 363 m d'altitude. Elle s'écoule du nord au sud sur 196 km pour se jeter dans le Saint-Laurent, au niveau de la municipalité de Batiscan. Sur son parcours, la rivière traverse les municipalités régionales de comté (MRC) de Portneuf, Mékinac et les Chenaux ainsi que le territoire « hors MRC » de La Tuque (MELCCFP, 2023a).

La Société d'aménagement et de mise en valeur du bassin de la Batiscan (SAMBBA) est l'organisme de bassins versants (OBV) pour la zone de gestion intégrée de l'eau Batiscan-Champlain. Le plan directeur de l'eau de l'OBV pour le bassin versant de la rivière Batiscan indique que deux régions physiographiques importantes sont présentes sur le territoire du bassin versant. Le secteur en amont se situe dans le bouclier laurentien (ou bouclier canadien) et occupe environ 75 % de la superficie du bassin versant, tandis que le secteur en aval est localisé dans la région des Basses-terres du Saint-Laurent et couvre le reste du territoire du bassin. La région du bouclier laurentien se démarque par un vaste plateau parsemé de nombreux lacs et rivières. L'altitude du terrain y est également plus élevée, soit entre 150 et 750 m. Les plus hauts sommets se situent dans le nord-est du bassin. Le point le plus élevé se situe à une altitude de 872 m. D'ailleurs, le cours de la Batiscan, dans le secteur en amont, est truffé de chutes et de cascades, ce qui la rend beaucoup plus tumultueuse que dans son cours inférieur. Le sous-sol de cette région physiographique est formé de roches métamorphiques et les dépôts meubles sont généralement des tills. Par ailleurs, le climat et les sols relativement pauvres expliquent la présence du dense couvert forestier résineux sur le territoire couvert par le bouclier laurentien.

Quant à elles, les Basses-terres du Saint-Laurent se caractérisent par un terrain plutôt plat, dont les altitudes sont toujours inférieures à 150 m. De plus, les lacs s'y font plus rares et les rivières sont assez calmes et sinueuses, à l'instar de la rivière Batiscan dans ce secteur. Le sous-sol de cette zone est constitué de roches sédimentaires recouvertes par un manteau d'argile marine. Le cours de la rivière Batiscan se transforme considérablement à la hauteur de la municipalité de Saint-Narcisse (SAMBBA, 2015). Dans le secteur du parc de la rivière la Batiscan, un fort dénivelé et la présence de la moraine de Saint-Narcisse influencent en effet l'écoulement de la rivière, en créant une succession de rapides assis sur le roc (rapides à Magny), mais adoptant un parcours sinueux avec des bassins dont la forme est probablement influencée par la présence de la moraine, qui fait quelques dizaines de mètres d'épaisseur (Occhietti, 2007). La moraine de Saint-Narcisse s'est formée avec la fonte rapide du glacier qui recouvrait une bonne partie du Québec, dans l'ère du Wisconsinien. Il semblerait que la moraine se soit formée il y a environ 10 800 à 10 400 ans. À cette époque, la plaine du Saint-Laurent était alors recouverte par la mer de Champlain. Immédiatement en aval des rapides à Magny, la rivière adopte un parcours à méandres jusqu'à Sainte-Geneviève-de-Batiscan, pour ensuite prendre un parcours relativement rectiligne.

Géologie du quaternaire

Le retrait de la calotte glaciaire dans la vallée du fleuve Saint-Laurent a été estimé à 11 500 ans \pm 100 ans avant aujourd'hui, puis le début de l'invasion marine de la mer de Champlain à 11 100 ans \pm 100 ans avant aujourd'hui (Occhietti et Richard, 2003). Le poids de l'inlandsis aurait enfoncé la région au moment de la formation de la mer de Champlain, par rapport au niveau actuel de la mer, de sorte que la mer, à ses débuts, aurait pénétré profondément à l'intérieur des vallées du bouclier laurentien, dont celle de la rivière Batiscan. Par la suite, avec la poursuite de la fonte de l'inlandsis et le relèvement isostatique du bouclier, se libérant progressivement des glaces, les eaux saumâtres auraient persisté jusque vers 9 400 avant aujourd'hui, pour laisser place au lac Lampsilis (Occhietti et Richard, 2003). Prichonnet rapporte que l'enfoncement maximal du bouclier laurentien aurait été de 250 m par rapport au niveau de la mer (Prichonnet, 1977).

Le lac Lampsilis aurait persisté dans les Basses-Terres du Saint-Laurent pendant plusieurs siècles, jusqu'à il y a environ 8 000 ans. Sur la période -9 400 et -8 000 ans, le relèvement isostatique était encore important, avec plus de 40 m d'amplitude. Par la suite, le relèvement isostatique diminuant, le niveau du fleuve Saint-Laurent aurait progressivement pris son niveau actuel, il y a environ 1 000 ans, à la suite d'un relèvement isostatique des Basses-Terres d'une douzaine de mètres. Des fluctuations de plusieurs mètres du niveau du fleuve ont toutefois été relevées au lac Saint-Pierre sur une période de 6 000 ans avant la stabilisation d'il y a 1 000 ans, ce qui complexifie l'interprétation. Ainsi, la présence de la mer de Champlain aurait laissé des dépôts d'argile marine vis-à-vis des faciès d'eau profonde, des dépôts sablonneux près de ses rives ainsi que des dépôts sablonneux et graveleux devant les embouchures des cours d'eau qui s'y déversaient alors. Par la suite, la présence du lac Lampsilis et son retrait graduel ont favorisé la mise en place de sédiments silteux en eau profondes ainsi que de terrasses et de plages sablonneuses en eaux moins profondes, le long du Saint-Laurent, entre Montréal et Québec (Lamarche, 2006). Occhietti nomme les terrasses mises en place de part et d'autre du fleuve dans les dernières phases du relèvement isostatique « terrasses du Saint-Laurent ». Le long de la rivière Batiscan, ces terrasses se situent de la rive actuelle du Saint-Laurent jusqu'à environ 3 km à l'intérieur des terres (Occhietti, 1977). Celles-ci ont été délimitées à la carte 2 de l'annexe A.

On peut ainsi conclure pour le secteur de l'embouchure de la rivière Batiscan que les dépôts de surface de sable silteux observables sur les rives se seraient mis en place à partir d'il y a près de 8 000 ans et jusqu'à il y a environ 1 000 ans. Ces dépôts ont vraisemblablement pu être remaniés ou mis en place à différentes périodes, puisque des fluctuations importantes du niveau du lac Saint-Pierre, de l'ordre de quelques mètres ont été constatées par Lamarche (2006) entre il y a 7 800 ans et 1 000 ans.

2. Approche méthodologique

2.1 Exigences du ministère des Transports et de la Mobilité durable du Québec (MTMD)

En complément de l'étude de mobilité de la rivière Batiscan, l'étude de géomorphologie fluviale couvre une zone d'étude partant, de l'amont vers l'aval, à environ 2 km du pont actuel jusqu'à la confluence de la rivière avec le fleuve Saint-Laurent. De part et d'autre de la rivière, les limites de la zone d'étude s'étendent à environ 1 km à partir des rives, afin de couvrir les éléments géomorphologiques d'intérêt pour la présente étude pouvant être à proximité de la zone des travaux, telles que les zones de mouvement de terrain ou d'érosion. L'étude couvre les éléments suivants, le cas échéant :

- L'estimation de la puissance spécifique de la rivière Batiscan, de l'embouchure jusqu'au pont de Sainte-Geneviève-de-Batiscan, situés à environ 8 km en amont;
- Une délimitation des unités et des cellules hydrosédimentaires observables;
- Une détermination des directions des dérives littorales primaires et secondaires;
- Une description des zones de dépôt de surface (accumulation ou accrétion) des sédiments sur les rives et le lit du cours d'eau;
- Une description des types de substrats littoraux;
- Une typologie et une zonation des milieux humides littoraux, riverains et terrestres (tourbières, marais, marécages, herbiers, algues et autres macrophytes);
- Une typologie et une zonation des étages intertidaux et des talus riverains (ex. : slikke, haute-slikke, microfalaise, schorre inférieur, schorre supérieur, zones d'inondation en fonction des cotes de marées [pleine mer supérieure de grande marée – PMSGM, pleine mer supérieure de marée moyenne – PMSMM] et de crue [LL géomorphologique, LL botanique, cicatrices glacielles, etc.], laisses de marées hautes, laisses de tempêtes, activités des talus d'érosion, plages, cordons littoraux, dunes, flèche littorale, etc.);
- Une description des zones d'érosion des berges ou du lit de la rivière et des affluents présents dans la zone d'étude;
- La présence de zones de glissement rotationnel ou rétrogressif ou à risque de tels glissements;
- Une vérification de l'historique des mouvements de terrain le long de la rivière;
- Les résultats accessibles de forages ou de sondages effectués dans la zone d'étude;
- Tout autre élément géomorphologique d'intérêt pouvant avoir un effet sur les travaux de reconstruction du pont et sur son exploitation.



Source : Google Map.

Figure 2 Zone d'étude – Géomorphologie fluviale

2.2 Détail des travaux

Les activités réalisées pour l'étude de géomorphologie fluviale se résument ainsi :

- Analyse de photographies aérienne historiques (1964 et 1976) pour les conditions passées;
- Analyse d'ortho-photos récentes;
- Consultation de bases de données cartographiques (Système d'information géominière – SIGÉOM, Forêt Ouverte);
- Consultation de rapports de terrain;
- Consultation de la carte marine interactive de la Garde côtière du Canada;
- Consultation du schéma d'aménagement et de développement de la MRC des Chenaux;
- Visite de terrain.

Les éléments suivants ont été notés pendant la visite de terrain :

- Conditions météorologiques;
- Débit moyen de la rivière à la station n° 050304;
- Pluviométrie des jours précédents et à la date d'inventaire;
- Conditions de marée à la station Batiscan (n° 3345);
- Type de faciès d'écoulement de la rivière;
- Type de substrat en rive;
- Pourcentage de recouvrement du couvert végétal aquatique et riverain;
- Problèmes notés (érosion, pollution, débris, ensablement, cicatrices glacielles, etc.);

- Largeur de la ligne naturelle des hautes eaux (LNHE) et de la ligne de débit plein bord (LDPB);
- Indicateur terrain du bilan sédimentaire (Buffin-Bélanger et coll., 2015);
- Configuration des rives en % (droit, sinueux);
- Nature des sédiments observables en rive;
- Présence de blocs glaciels;
- Nature des berges (%) (enrochement naturel, arbres et arbustes, herbacées, érosion, hauteur du talus, pente du talus), stabilité de la berge (%) (stable, modérément stable et instable), pente (%) et hauteur des talus;
- Prise de photographies.

3. Analyse

3.1.1 Bassin versant de la rivière Batiscan

Puissance spécifique de la rivière dans le secteur du pont de Batiscan

La puissance spécifique d'une rivière représente la capacité de la rivière à transporter une charge sédimentaire donnée. Une faible énergie signifie que les sédiments auront tendance à se déposer, alors qu'en période de forte énergie, la rivière pourra éroder ses propres rives ou son lit et les sédiments seront transportés par le cours d'eau.

La station 050304 de mesure de débit de la rivière Batiscan, exploitée par le MELCCFP, est située à Saint-Stanislas, à 3,4 km en aval de la rivière des Envies¹. Elle serait exploitée depuis 1967 et possède plus de 52 années de données (1970 à 2023). Selon le MELCCFP, le régime d'écoulement de la rivière est naturel, c'est-à-dire qu'il n'est pas influencé par la présence de réservoirs de stockage d'eau. L'emplacement de la station couvre un bassin versant de 4 504 km², ce qui représente environ 96 % du bassin versant total de la rivière.

Le portrait régional de l'eau du MELCCFP indique que le débit moyen de la rivière est de 98 m³/s (MELCCFP, 2023b). Selon Environnement et Changements climatiques Canada (ECCC) (2023), le débit maximal quotidien enregistré est de 849 m³/s (juillet 2022) et le débit enregistré le plus faible, 14,0 m³/s (mars 2017).

Au pont de Sainte-Geneviève-de-Batiscan, l'altitude de la rivière est d'environ 6 m, tandis qu'à l'embouchure, soit environ 8,2 km en aval, celle-ci est d'environ 5 m, ce qui présente un faible dénivelé. Ce segment de la rivière peut donc être considéré comme relativement homogène jusqu'à l'embouchure.

La puissance spécifique d'un cours d'eau, en Watt/m², se mesure ainsi :

$$\omega = \rho g Q S/W$$

où

ρ est la densité de l'eau en kg/m³

g est l'accélération gravitationnelle

Q est le débit plein bord (récurrence de 2 ans en m³/s)

S est la pente du cours d'eau sur la longueur considérée et

W est la largeur en mètres. Pour la rivière Batiscan, les valeurs retenues sont indiquées au tableau 1.

¹ Latitude : 46° 35' 01" N; longitude : 72° 24' 17" W.

Tableau 1 Valeurs pour établir la puissance spécifique

Paramètre	Valeur retenue	Remarques
ρ	1000 kg/m ³	Densité de l'eau.
g	9,81 m/s ²	Accélération gravitationnelle.
Q	576 m ³ /s	Débit de crue de récurrence de 2 ans, calcul par le MELCCFP sur la période 1970-2019 (MELCCFP, 2023c).
S	0,00012	Pente du lit de la rivière (1 m sur 8 200 m).
W	195 m	Largeur moyenne plein bord estimée par orthophoto et prise en 12 points, de l'embouchure jusqu'au pont de Sainte-Geneviève-de-Batiscan.

Pour le tronçon de la rivière Batiscan considéré, la puissance spécifique moyenne obtenue est 3,5 W/m².

Selon une revue de littérature faite par Petit et autres (2007), les rivières dont la puissance spécifique ne dépasse pas 15 W/m² se caractérisent généralement par des chenaux inactifs et des méandres libres relativement figés. Les méandres actifs non confinés nécessitent des puissances au moins supérieures à 30 W/m². Les rivières où la puissance dépasse 50 W/m² commencent à avoir une dynamique de modification du tracé active, avec des processus pouvant même aboutir à la multiplication des chenaux et à la formation du tressage, ceci dépendant aussi de la taille du matériau qui constitue le fond du lit. Dans les rivières à forte énergie (80 à 100 W/m²), le cycle apparition/disparition des méandres se réduirait à une vingtaine d'années (1991). Lorsque la puissance spécifique atteint 200 W/m², des rivières à charge caillouteuse grossière et à fort gradient peuvent alors s'organiser en *step-pool system*, c'est-à-dire une disposition en marches-cuvettes régulièrement espacées : les marches sont constituées de blocs alignés perpendiculairement au thalweg, tandis que des matériaux plus fins, mais toujours caillouteux, tapissent le fond des cuvettes.

Toutefois, selon Malavoi et Bravard (2010), l'érodabilité des berges peut être relativisée en fonction de leurs caractéristiques sédimentologiques, c'est-à-dire selon la nature cohésive des alluvions les constituant. Ainsi, des cours d'eau à faible puissance (10-15 W/m²) peuvent présenter une activité géodynamique relativement importante si leurs berges ne sont pas ou peu cohésives et s'ils reçoivent de l'amont une certaine quantité d'alluvions grossières qui, par leur dépôt sous forme de bancs, activent les processus d'érosion sur les berges opposées. À l'inverse, des cours d'eau plus puissants (40-50 W/m²), mais coulant dans une plaine alluviale composée de sédiments plus cohésifs (argiles, limons, sables limoneux), sont moins actifs, surtout si les apports solides provenant de l'amont sont modestes et formés de particules de dimensions réduites.

Pour le tronçon de la rivière Batiscan à l'étude, la faible puissance spécifique obtenue signifie que les sédiments en provenance de l'amont, soit des rapides à Magny², même leur fraction fine, ont tendance à s'accumuler sur le lit ou à se déplacer par saltation au fond du lit en période de crue. Même en supposant une crue de récurrence de 100 ans, à 978 m³/s, la puissance spécifique de la rivière atteindrait à peine 6,0 W/m², notamment compte tenu de la très faible pente sur ce tronçon.

² Il est à noter qu'en amont des rapides à Magny se trouve le barrage Saint-Narcisse, propriété d'Hydro-Québec. La présence de ce barrage est susceptible de capter les sédiments en provenance de l'amont.

Dans la section 3.2, les photographies aériennes consultées montrent que les berges de la rivière dans le secteur du pont de Batiscan s'érodent depuis plusieurs décennies, malgré la faible puissance spécifique de la rivière. Par la suite, la section 3.3 traite de la nature des dépôts de surface dans la zone d'étude et le long de la rivière dans ce secteur.

3.2 Analyse de photographies aériennes historique et d'orthophotos récentes

3.2.1 Éléments d'intérêt passés analysé par stéréoscopie

Les photographies aériennes de 1964 et de 1976 ont été examinées en stéréoscopie au Centre Géostat de l'université Laval. Les photos disponibles sélectionnées sont Q64548-085 et 086 (noir et blanc) ainsi que Q766424-025 et 026 (noir et blanc).

Certains aspects sont à souligner sur les photographies aériennes de 1964 :

- Présence d'estacades pour le flottage du bois sur la rivière Batiscan en amont du pont de la route 138. Des radeaux de bois sont visibles en rive droite, entre le pont de la 138 et le pont ferroviaire. La rive y est relativement dénudée de végétation;
- Présence de bancs de sable dénudés de végétation sur la rive nord du fleuve Saint-Laurent, de part et d'autre de l'embouchure de la rivière Batiscan. La présence de ces bancs pourrait être reliée au dragage de la Voie maritime du Saint-Laurent. Le banc de sable situé en rive gauche de la rivière Batiscan, à sa confluence avec le Saint-Laurent, forme une flèche littorale et apparaît en discordance avec les courants provenant du débit de la rivière Batiscan, ce qui indique qu'il était récent;
- À la limite nord-ouest de l'île Nobert, le bras séparant l'île de la terre ferme est fermé par un remblai recouvert de plantes herbacées et arbustives. Un chemin donnant accès à l'île et à la rive de la rivière y est visible, puisque celle-ci est en culture dans sa moitié nord-ouest.

En 1976 :

- La plupart des estacades sont disparues et aucun radeau de bois n'est visible;
- Les bancs de sable présents le long du Saint-Laurent, près de l'embouchure de la rivière Batiscan, se réduisent par l'action des courants et des vagues sur le fleuve et se recouvrent de végétation pour leur portion située près de la rive;
- Le banc de sable situé en rive gauche de la rivière Batiscan, à sa confluence avec le Saint-Laurent se déforme par l'action des courants provenant de la rivière;
- Les champs situés sur l'île Nobert apparaissent en friche herbacée et le chemin d'accès y menant est peu visible. La portion du chemin menant à la rive est encore toutefois bien visible;
- Les rives demeurent relativement dénudées de végétation entre le pont de Batiscan et le pont ferroviaire. Entre le pont de Batiscan et l'embouchure, le couvert végétal riverain apparaît plus dense.

3.2.2 Autres photographies aériennes examinées

En 1982 (photographie aérienne infrarouge Q82321-99) :

- Les estacades résiduelles visibles en 1976 le sont encore. Il ne subsiste pas de traces de la manutention du bois sur la rive;

- Les bancs de sable présents le long du Saint-Laurent, près de l'embouchure de la rivière Batiscan, se réduisent par l'action des courants et des vagues sur le Saint-Laurent et se recouvrent de végétation pour leur portion située près de la rive;
- Le banc de sable situé en rive gauche de la rivière Batiscan, à sa confluence avec le Saint-Laurent, se déforme par l'action des courants provenant de la rivière. Par rapport à 1976, il s'est recouvert de végétation et une zone marécageuse se développe entre le banc et la rive;
- Les champs situés sur l'île Nobert apparaissent maintenant en friche arbustive et le chemin d'accès y menant est peu visible. La portion du chemin menant à la rive est encore toutefois bien visible;
- Les rives entre le pont de Batiscan et le pont ferroviaire demeurent relativement dénudées de végétation, sauf dans le secteur où il y avait de la manutention de bois en rive et dans les quelques centaines de mètres en amont du pont de Batiscan, en rive gauche. Entre le pont de Batiscan et l'embouchure, le couvert végétal riverain apparaît plus dense partout;
- La rive gauche de la rivière, sur quelques centaines de mètres en amont et en aval du pont de Batiscan, a été érodée et a reculé de quelques mètres. En rive droite, il n'apparaît y avoir eu de l'érosion qu'en aval du pont de Batiscan, le long de l'île Nobert.

En 1998 (photographie aérienne Q98805-156) :

- Les estacades résiduelles visibles en 1982 ne sont plus visibles;
- Les bancs de sable présents le long du Saint-Laurent, près de l'embouchure de la rivière Batiscan, se réduisent par l'action des courants et des vagues sur le fleuve et se recouvrent de plus en plus de végétation pour leur portion située près de la rive;
- L'extrémité du banc de sable situé en rive gauche de la rivière Batiscan, à sa confluence avec le Saint-Laurent, se réduit par l'action du courant de la rivière. Par rapport à 1982, il s'est recouvert de plus en plus de végétation. La zone marécageuse entre le banc et la rive se couvre en partie de végétation arbustive;
- Les champs situés sur l'île Nobert apparaissent maintenant en friche arbustive et arborescente et le chemin d'accès y menant n'est plus visible. La portion du chemin menant à la rive est encore toutefois bien visible;
- Les rives entre le pont de Batiscan et le pont ferroviaire demeurent relativement dénudées de végétation arborescente et arbustive, sauf dans le secteur où il y avait de la manutention de bois en rive et sur les quelques centaines de mètres en amont du pont de Batiscan, en rive gauche. Entre le pont de Batiscan et l'embouchure, le couvert végétal riverain apparaît plus dense partout, sauf dans le secteur de la Marina Village Batiscan, qui est en cours d'aménagement;
- La rive gauche de la rivière, sur quelques centaines de mètres en amont et en aval du pont de Batiscan, continue de s'éroder et a reculé de quelques mètres. En rive droite, les signes d'érosion sont moins perceptibles.

En 2019 (photographie couleur Q19153-406) :

- Les estacades ont complètement disparu, de même que les traces d'activité de flottage sur la rive gauche, en amont du pont de Batiscan. La rive y est maintenant boisée;
- Les bancs de sable présents le long du Saint-Laurent, près de l'embouchure de la rivière Batiscan, se sont estompés dans leur portion qui était la plus exposée aux vagues du Saint-Laurent. Sur la rive, le couvert végétal s'y est densifié;

- Le banc de sable situé en rive gauche de la rivière Batiscan, à sa confluence avec le Saint-Laurent, est recouvert de végétation et montre un profil riverain clairement influencé par la rivière Batiscan;
- Les champs situés sur l'île Nibert apparaissent maintenant boisés et le chemin d'accès y menant n'est pas visible. La portion du chemin menant à la rive est encore toutefois visible, mais peu utilisé;
- Les rives entre le pont de Batiscan et le pont ferroviaire demeurent relativement dénudées de végétation arborescente ou arbustive mature, sauf dans le secteur où il y avait de la manutention de bois en rive et sur les quelques centaines de mètres en amont du pont de Batiscan, en rive gauche. Entre le pont de Batiscan et l'embouchure, le couvert végétal riverain arborescent et arbustif apparaît plus dense partout;
- Des travaux sont en cours sur le pont de Batiscan. Une jetée a été aménagée jusqu'à la culée du pont située en rive gauche;
- La progression de l'érosion de la rive gauche, sur quelques centaines de mètres en amont et en aval du pont de Batiscan, semble s'être considérablement réduite. En rive droite, les signes d'érosion ne sont plus perceptibles.

Les photographies aériennes sont présentées à l'annexe B.

3.2.3 Conclusion sur l'évolution de la dynamique fluviale depuis 1964

L'analyse des orthophotos permet de constater les changements, ou l'absence de changements, survenus depuis 1964 sur les rives de la rivière à proximité du pont de Batiscan.

À partir des photographies aériennes, les rives du tronçon de la rivière Batiscan situées en aval du pont ferroviaire montrent des signes continus d'érosion, y compris à l'embouchure, exposée à l'action des vagues du Saint-Laurent et du batillage des navires. Les embarcations circulant sur la rivière jusqu'aux rapides à Magny peuvent aussi contribuer, par batillage, à cette érosion. Le recul des berges depuis 1964 peut être évalué de plusieurs mètres (7 à 10 m) en rive gauche et de quelques mètres en rive droite (5 à 10 m). À partir de 1998, l'érosion des rives semble être moins active. Ainsi, sur 60 ans, le taux de recul moyen en rive gauche serait de l'ordre d'une dizaine de centimètres par année, tandis qu'en rive droite, il serait un peu plus faible.

À l'embouchure, la physionomie s'est toutefois modifiée plus substantiellement. Les zones sableuses visibles en 1964, les plus exposées aux courants, se sont érodées. La barre littorale présente en rive gauche faisait saillie dans la rivière Batiscan et se confond maintenant avec la rive de la rivière située immédiatement en amont. Elle apparaît être plus en équilibre avec les conditions de courant à la jonction de la rivière Batiscan et du fleuve Saint-Laurent. Cette portion de la rive semble avoir engraisé et présente maintenant un couvert arborescent et arbustif dominant, par rapport à un milieu plutôt marécageux et constitué d'herbiers aquatiques.

La pointe de l'île Nibert face au fleuve s'est érodée et a disparue complètement, possiblement par l'action des vagues du fleuve et du batillage causé par la navigation commerciale. Comme hypothèse, le dragage dans le fleuve Saint-Laurent, pour l'aménagement de la Voie maritime du Saint-Laurent dans le secteur de Batiscan a pu modifier à la baisse le niveau d'eau à marée basse et le tonnage augmenté des navires a pu contribuer à créer plus de batillage, favorisant ainsi plus d'érosion. Plus en amont en rive droite, le secteur qui recevait le bois flottant s'est végétalisé et la rive de part et d'autre du pont de

Batiscan, apparaît avoir très peu changé, sauf dans le secteur de l'ancien bras de rivière qui sépareit l'île Nobert de la rive droite, dont le couvert végétal s'est densifié.

Étant donné la faible puissance spécifique de la rivière dans le secteur du pont de Batiscan, il est possible que le départ du couvert de glace au printemps contribue à arracher la végétation prise dans les glaces et entraîne du matériel de la rive par le fait même.

3.3 Nature des dépôts de surface

3.3.1 Consultation de bases de données cartographiques

Aucune cartographie des zones de mouvement de terrain n'a encore été produite par le MTMD pour la municipalité de Batiscan. Une telle cartographie existe toutefois sur la rivière Batiscan, en amont de l'autoroute 40, pour la municipalité de Sainte-Geneviève-de-Batiscan (Gouvernement du Québec, 2023).

Aucune cartographie détaillée des dépôts de surface n'a encore été produite par le ministère des Ressources naturelles (MRN) pour la municipalité de Batiscan. Seule une cartographie générale des grands ensembles existe. L'information disponible est montrée à la carte 1 de l'annexe A.

La carte écoforestière de Forêt Ouverte a été consultée pour connaître l'évaluation des pentes des rives de la rivière Batiscan. Les pentes sont montrées à la carte 1 de l'annexe A. Aucune pente modérée ou forte c'est présente en aval du pont ferroviaire (MRN, 2023).

La carte marine interactive montre, pour sa part, que les hauts fonds présents dans l'embouchure se poursuivent au-delà de la rivière Batiscan, sur environ 500 m dans le Saint-Laurent (carte 3, annexe A). La carte montre également que deux aires de dépôts de sédiments dragués dans la Voie maritime du Saint-Laurent sont présentes en pleine eau près de l'embouchure de la rivière, une directement face à l'embouchure et l'autre au-nord-est. Une autre aire de dépôt est également présente à proximité, en rive sud du Saint-Laurent, à environ 5 km au sud. La proximité et l'utilisation des deux aires situées près de l'embouchure de la rivière sont susceptibles d'influencer le bilan sédimentaire dans l'embouchure, avec l'apport de sédiments fins par les courants et les vagues du fleuve.

Le Schéma d'aménagement et de développement de la MRC des Chenaux, donne une cartographie des cotes des niveaux altitudinaux d'inondation le long de la rivière Batiscan, sans toutefois montrer les zones inondables (MRC des Chenaux, S.D.). Entre le pont ferroviaire et l'embouchure, les élévations sont constantes et ont été établies à 6,03 m pour une récurrence de 20 ans et à 6,4 m pour une récurrence de 100 ans. En 1986, la MRC a produit une cartographie à l'échelle 1 : 26 000 des zones inondables et des risques de glissement de terrain. Une portion de la rive gauche de la rivière a été cartographiée comme étant une zone inondable de grand courant. Cette zone débute à environ 300 m en amont du pont de Batiscan et se prolonge au-delà du pont ferroviaire (MRC des Chenaux, 1986).

Un relevé bathymétrique et des cotes d'inondation de récurrence 2 ans et 20 ans, le long des rives de la rivière dans le secteur du pont de Batiscan, produit par le MTMD (990602_EIE-MNT_IM, non daté), a été examiné. Il appert que près du pont de Batiscan, la zone inondable de récurrence 2 ans s'étend au-delà des rives jusqu'à près d'une centaine de mètre, principalement en rive gauche. Quant à la zone inondable de récurrence 20 ans, celle-ci peut pénétrer profondément dans les rives, à plus de 200 m.

3.3.2 Consultation de rapports de terrain

L'inventaire des ressources en granulat de la région de Grondines, réalisé en 1989 par le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN), a relevé que les dépôts des terrasses fluviales présentes de part et d'autre de la rivière Batiscan entre l'autoroute 40 et le pont ferroviaire, sont constitués principalement de sable fin à moyen d'épaisseur variant de moins de 3 m jusqu'à 5 m et reposant sur de l'argile (MERN, 1989).

Quant au transport sédimentaire dans la rivière Batiscan, aucune étude n'a pu être trouvée. Il n'est ainsi pas possible de déterminer la nature des sédiments en provenance de l'amont et atteignant l'embouchure de la rivière.

3.3.3 Forages et levés sismiques

À l'automne 2021, un levé par sismique réfraction a été pratiqué dans le cadre du projet, dans un axe parallèle au futur pont, soit au sud-est du pont existant. Selon le levé, la surface du roc se trouve en rive droite à une profondeur d'environ 25 m selon le zéro topographique (environ -30 m par rapport à la surface du terrain, vis-à-vis de la portion remblayée du bras situé entre la rive droite et l'île Nobert). La profondeur du roc tend ensuite à augmenter en se dirigeant vers l'autre rive, pour atteindre près de 40 m (entre 35 et 42 m sous le lit de la rivière) (MTQ, 2022a).

Six forages géotechniques ont aussi été pratiqués dans l'axe du futur pont (carte 2, annexe A). Pour les forages ayant atteint le roc, la description stratigraphique générale indique, du fond vers la surface, de la roche sédimentaire grise, suivi d'une mince couche de till discontinue (± 50 cm), suivi de lits d'argile silteuse, de silt argileux et de silt sableux, avec présence de coquillage en profondeur, d'une épaisseur d'environ 20 m. Sur cette couche repose des couches de sable pouvant contenir de l'argile, du silt et du gravier sur une épaisseur variant autour de 5 m. Près de la surface, du sable silteux ou du silt sableux, contenant parfois de l'argile ou de la matière organique, est rencontré sur environ 3 m (MTQ, 2022).

On peut conclure que la couche relativement argileuse, présente sur une vingtaine de mètres, a été mise en place par la mer de Champlain, tandis que la couche au-dessus, plus sableuse, provient de la présence du lac Lampsilis. Quant à la couche superficielle, puisqu'elle contient des traces de matière organique, on peut conclure qu'elle est actuelle et qu'elle a été remaniée ou mise en place par la rivière Batiscan, avec une influence possible des courants du fleuve Saint-Laurent.

3.4 Visite de terrain

3.4.1 Conditions météorologiques, de débit et de marée au moment de la visite de terrain

Pour les besoins de l'étude de géomorphologie fluviale, une visite de terrain a été faite le 26 juillet 2023. Les emplacements visités ont compris le secteur du pont de Batiscan, en rive gauche, sur environ 300 m de part et d'autre du pont et jusqu'à 100 m de la rive (secteur du pont ferroviaire), ainsi qu'une portion d'environ 500 m de la rive du fleuve Saint-Laurent située à l'ouest de l'île Nobert. L'annexe C contient des prises représentatives de la visite de terrain.

Comme la marée du fleuve Saint-Laurent est toujours perceptible vis-à-vis de la rivière Batiscan, les conditions de marée ont été prises en compte pour le moment de la visite de terrain, de façon que la

visite coïncide avec la marée basse, afin de mieux observer la nature des rives. Il est à noter que le cycle des marées dans le secteur de Batiscan est fortement influencé par le débit du Saint-Laurent, de sorte que la période de marée descendante (jusant) dure significativement plus longtemps que la période de marée montante (flot).

- Conditions météorologiques pendant la visite : ensoleillé, vent calme, 25 à 27° C;
- À la station météorologique Champlain (7011290), située à environ 8 km au sud-ouest du pont de Batiscan, le minimum enregistré a été de 14,9° C et le maximum, 27,1° C. Dix jours précédant la visite, cette station a relevé environ 47 mm de précipitations;
- Marée à la station de Deschaillons-sur-le-Saint-Laurent (station n° 03345) :
 - Niveau prédit de 2,4 m au-dessus du *datum*³ à 3 h 18, observé à 2,611 m à 3 h 15;
 - Niveau prédit de 1,03 m au-dessus du *datum* à 12 h 06, observé à 1,312 m à 11 h 58;
 - Niveau prédit de 2,15 m au-dessus du *datum* à 15 h 51, observé à 2,287 à 15 h 36;
 - Le sens du courant dans l'embouchure de la rivière a été observé au moment de la marée basse, entre 10 h 00 et 11 h 00, puis pendant la seconde partie du cycle de hausse, soit entre 14 h 30 et 15 h 00, afin de vérifier si la marée montante pouvait occasionner une inversion de courant dans l'embouchure. Même si un refoulement de l'eau de la rivière se produit et que son niveau augmente, aucune inversion n'a été constatée, à peine un léger ralentissement du courant sortant de la rivière.
- Condition de débit dans la rivière Batiscan (station n° 050304, située à 3,4 km en aval de la rivière des Envies) : 113,6 m³/s, tendance à la baisse. Compte tenu des importantes précipitations survenues à la mi-juillet et qui ont entraîné des débits dépassant 600 m³/s, le débit constaté, bien que significativement plus faible, était néanmoins quelque peu supérieur au débit médian de 50,1 m³/s, attendu un 26 juillet;
- Tant durant la marée descendante que montante, aucune cellule hydrosédimentaire n'a été observée entre l'embouchure de la rivière et le pont ferroviaire. Le caractère uniforme et linéaire des rives favorise un écoulement uniforme et unidirectionnel.

Aucun bloc glaciaire, transporté par les mouvements de glaces, notamment au printemps, soit par la rivière, soit par le fleuve, n'a été observé le long des rives de la rivière ou dans l'embouchure.

3.4.2 Constatations lors de la visite de terrain

La rive du Saint-Laurent à Batiscan, à l'ouest de l'île Nobert, est constituée d'une large plage de sable moyen et riche en fer, pouvant facilement dépasser 50 m de largeur à marée basse. La zone intertidale visible au moment de la visite est aussi constituée de ce sable, mais avec présence d'un peu de gravier. Cette plage débute immédiatement en aval du quai de Batiscan, situé à environ 2,2 km en amont de l'embouchure de la rivière, et se termine à l'île Nobert. Ce sable est en discordance avec la nature des dépôts de surface observés dans l'embouchure de la rivière Batiscan, qui est plutôt fin, silteux et gris (photographie 11, annexe C). Selon toute vraisemblance, ce sable provient de déblais de dragage de la Voie maritime du Saint-Laurent. Cependant, le site actuel de dépôt le plus proche de Batiscan est situé

³ Établi selon le niveau des cartes marines. Par rapport au système géodésique CGVD2013, le décalage est de 1,577 m.

en face sur l'autre rive, à Saint-Pierre-les-Becquets (coordonnées 46.48159834339791, -2.22562031956346). Puisque les photographies aériennes historiques consultées montrent la présence de cette plage, celle-ci aurait donc été mise en place au moment du dragage initial de la Voie maritime et ne ferait plus l'objet d'engrèvement à la suite des dragages périodiques dans ce secteur du fleuve.

Dans le secteur du pont de Batiscan, la rive est boisée d'arbres matures, sauf dans le secteur de la marina Village Batiscan, où la rive est couverte d'herbacées (photographies 1 à 6, annexe C). Hormis le secteur de la marina, il est possible de considérer le pourcentage de recouvrement des rives par la végétation comme voisin de 100 %.

Aux abords du pont en rive gauche et en amont de celui-ci, la rive est constituée d'une microfalaise d'environ 1 m de hauteur qui est en érosion (photographie 4, annexe C pour exemple et carte 2, annexe A pour localisation des microfalaises). Le substrat littoral de cette microfalaise est constitué d'un sable fin silteux homogène qui se détache relativement facilement au touché (peu cohésif). Des racines d'arbres matures sont à découvert et certains arbres sont tombés dans la rivière (photographie 2, annexe C). Cette situation a pu être constatée sur au moins 400 m de rive (carte 2, annexe A). La même situation a pu être constatée sur la même rive vis-à-vis du pont ferroviaire situé à environ 750 m en amont du pont de Batiscan. L'observation de la rive droite dans la même portion de la rivière montre le même phénomène d'arbre déracinés, mais l'important couvert boisé présent montre des signes plus discontinus d'érosion qu'en rive gauche (photographie 2, annexe C). Ce substrat littoral est donc homogène des deux côtés de la rive, entre le pont ferroviaire et l'embouchure. La présence continue de ces microfalaises permet de constater que les berges de la rivière dans le secteur du projet sont principalement constituées de sable silteux. Il est à noter que la cartographie du MTMD sur les rives de la rivière, dans le secteur de Sainte-Geneviève de Batiscan, à environ 7 km en amont du pont de Batiscan, montre que les rives sont, là aussi, susceptibles de présenter des glissements de terrain et que le long de certains ruisseaux se déversant dans la rivière il y a un potentiel de glissement rétrogressif (MTQ, 2022b). Aucun signe de glissement des berges n'a toutefois été observé dans le secteur du pont de Batiscan.

L'écoulement dans la rivière entre le pont ferroviaire et l'embouchure apparaît fluvial lent, ce qui n'est pas surprenant considérant la faible pente hydraulique de la rivière entre les rapides à Magny et l'embouchure. Le faciès d'écoulement s'apparente ainsi au type chenal, c'est-à-dire où les rives de la rivière sont relativement rectilignes, où le courant varie de modéré à lent et où la surface de l'eau demeure lisse (écoulement laminaire) sur toute la largeur de la rivière (Chow, 1959). Buffin-Bélanger et coll. définissent ce type comme étant linéaire seuil-mouille et que le cours d'eau a tendance à migrer de façon latérale, avec accumulation dans les seuils (hauts fonds) et érosion dans les mouilles (creux).

De légers remous ont été observés en aval des piles du pont de Batiscan, ce qui peut y favoriser l'accumulation de sédiments. En aval de piles du pont ferroviaire, un banc de sable exondé a pu être observé (photographie 10, annexe C).

L'observation de la culée située en rive gauche du pont de Batiscan montre que l'érosion y est présente, mais que le revêtement rocheux sur la rive lui offre une certaine protection.

La constatation de l'érosion de la rive est en concordance avec la constatation tirée de l'analyse des photographies aériennes de 1964 à 2019.

3.5 Interprétation géomorphologique à partir de l'information acquise et de la visite de terrain

Hormis l'érosion de la rive, aucune trace active ou récente de mouvement de terrain n'a été observée lors de la visite de terrain, par l'examen des photographies aériennes ou du relevé LiDAR disponible. Le relevé LiDAR disponible avec la carte interactive de Forêt ouverte montre de légers signes de ravinement dans les cours d'eau présents sur des talus et s'écoulant vers la rivière, qui seraient constitués de dépôts de surface glacio-marin littoral ou pré-littoral en amont du pont ferroviaire et d'alluvions non différenciés en aval (carte 1, annexe A). Selon la carte de dépôts de surface accessible via Forêt ouverte, ces mêmes dépôts terrestres, pour les superficies cartographiées dans la carte interactive, sont interprétés comme étant des dépôts fluviaux constitués d'alluvions anciennes.

Selon les travaux de Buffin-Bélanger sur la trajectoire hydrogéomorphologique des cours d'eau pour mieux considérer les dynamiques hydrosédimentaires aux droits des traverses de cours d'eau, les rives de la rivière Batiscan dans le secteur du pont de Batiscan étant en érosion relativement uniforme, il appert que la rivière s'incise progressivement dans ses rives depuis plusieurs décennies et s'élargit (migration latérale). Le recul des berges des deux côtés de la rivière apparaît comme étant de l'ordre de 5 à 10 m sur une période de 60 ans (1964 à 2023) dans le secteur du pont de Batiscan. Puisque le tronçon de rivière dans ce secteur possède une faible puissance spécifique pour transporter les sédiments, ceux arrachés à la berge se déposent vraisemblablement près des rives et dans le chenal de la rivière, puis migrent lentement, par saltation, vers l'embouchure pendant les crues. Les forages géotechniques réalisés dans la rivière ne présentent toutefois pas les couches supérieures de sédiments, de sorte qu'il n'est pas possible de vérifier si les sédiments récents sont en plus grande épaisseur dans les parties plus profondes. Dans les secteurs de rives moins exposées aux courants, des sédiments s'y déposent au pied de la microfalaise, forment une micro-dune et se couvrent d'herbacées aquatiques (annexe C). Les sédiments accumulés au pied des microfalaises sont toutefois susceptibles d'être remobilisés par les crues ou le mouvement des glaces, puisqu'ils demeurent exposés aux courants de la rivière.

Une cartographie des éléments topographiques discernables a été faite à partir des photographies aériennes de 1964, analysées en stéréoscopie, et des relevés LiDAR récents accessibles. La nature des formes a été ensuite interprétée à partir de l'information mentionnée précédemment et de la visite de terrain. La carte 2 de l'annexe A présente cette analyse.

Sur la carte 2 sont visibles, sur les rives gauche et droite de la rivière entre le pont de Batiscan et l'embouchure, d'anciens chenaux d'écoulement de la rivière. Le chenal en rive gauche se termine tout près du pont de Batiscan, tandis que celui en rive droite, à environ 200 m. Un autre chenal fossile est visible sur l'île Nobert. L'âge de ces chenaux ne peut être évalué étant donné la présence de terres agricoles et boisées et de maisons. Ces chenaux ont pu être actifs lors de très fortes crues de la rivière ou bien ils sont un reliquat d'une période plus ancienne, quand le niveau altitudinal du terrain était plus bas qu'aujourd'hui, soit vers la fin de la période d'existence du lac Lampsilis, il y a quelques milliers d'années, étant donné leur faible niveau altitudinal actuel. La présence du remblai de la voie ferrée traversant la rivière a pu rendre inactif l'ancien chenal situé en rive droite, entre le pont ferroviaire et le pont de Batiscan, en les bloquant. Ces chenaux peuvent être encore en zone inondable, puisque le niveau altitudinal y est autour de 6 m (cote d'inondation 1 : 100 ans établie par la MRC). Malheureusement, aucune cartographie officielle des zones inondables le long de la rivière Batiscan n'est disponible pour la municipalité de Batiscan afin de mieux le vérifier.

4. Conclusion

Les rives du tronçon de la rivière Batiscan dans le secteur du pont de Batiscan examiné dans le cadre de la présente étude de géomorphologie fluviale sont en érosion lente, mais constante, depuis plusieurs décennies, malgré la faible puissance spécifique de ce tronçon. Ces rives sont constituées de sable fin silteux relativement peu cohésif, donc sensible à l'érosion hydrique et à l'arrachement par les glaces mouvantes. Le faible pouvoir de transport sédimentaire de la rivière fait en sorte que les sédiments érodés gagnent le chenal principal d'écoulement et migrent sur le fond vers l'embouchure ou s'accumulent au pied des microfalaises dans les endroits moins exposés aux courants. Les sédiments accumulés au pied des microfalaises sont toutefois susceptibles d'être remobilisés par les crues ou le mouvement des glaces.

Étant donné l'érosion généralisée des berges, même avec un couvert végétalisé dense constitué d'arbres et d'arbustes, il serait important que les rives, à proximité des culées du futur pont, soient protégées contre l'érosion, notamment de l'arrachement de la végétation et du matériel constituant les rives par les glaces.

Étant donné qu'immuniser contre l'érosion une portion de la rive pourrait avoir pour conséquence de diminuer les apports en sédiments immédiatement en aval de la zone des travaux, il serait possible que l'érosion en aval s'accroisse, étant donné la réduction des apports par les courants de la rivière au pied de la microfalaise d'érosion. Il y aurait donc lieu, dans un premier temps, de limiter la protection contre l'érosion à un segment le plus court possible pour ne pas trop réduire la dérive des sédiments vers l'aval et, dans un deuxième temps, de prévoir un suivi pour s'assurer que l'érosion des rives en aval du futur pont ne s'accroisse pas, auquel cas des mesures de protection seraient requises.

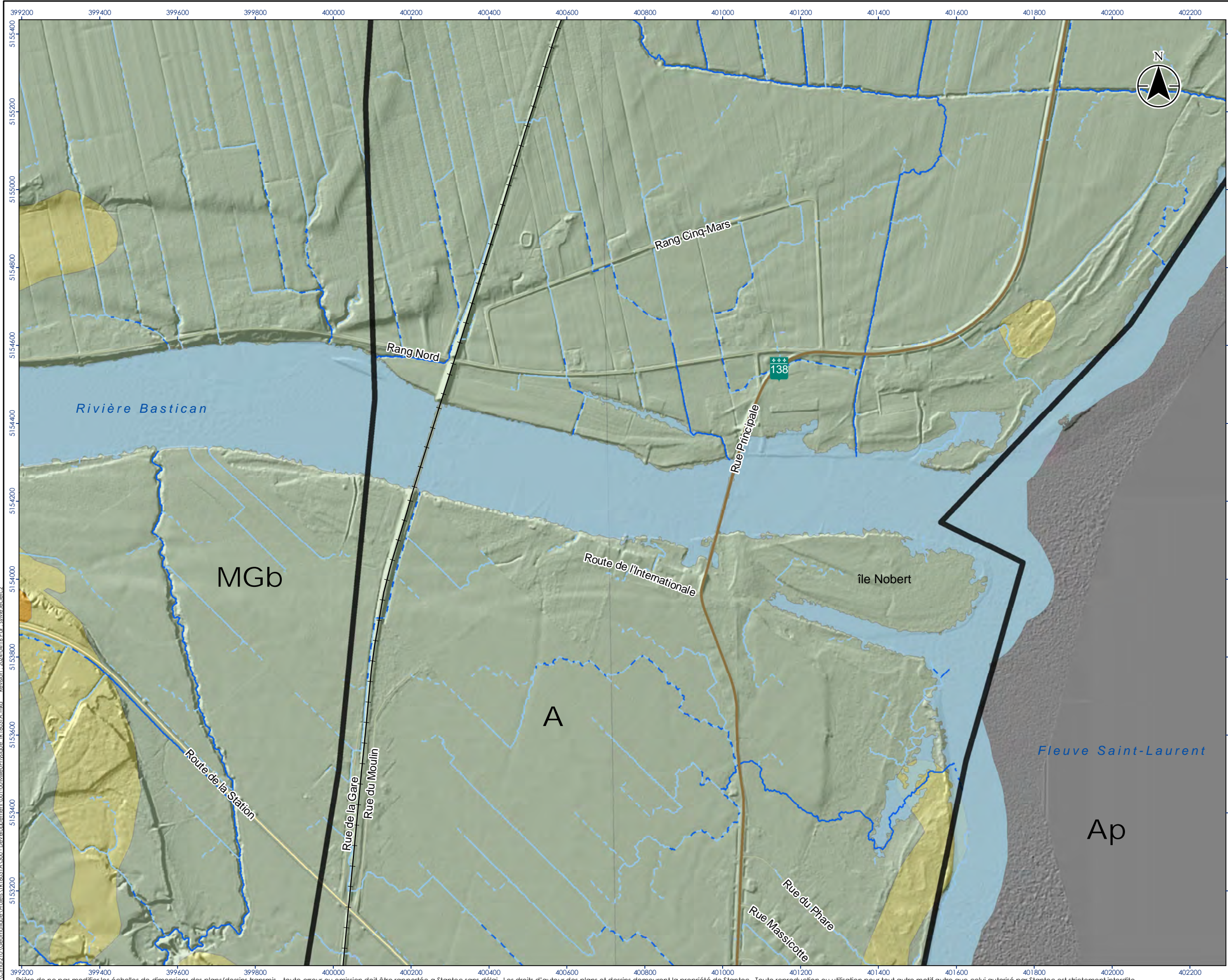
5. Bibliographie

- Buffin-Bélanger T., Demers S. et Olsen T., 2015. *Diagnostic hydrogéomorphologique pour mieux considérer les dynamiques hydrosédimentaires aux droits des traverses de cours d'eau : guide méthodologique*. Laboratoire de géomorphologie et de dynamique fluviale, Université du Québec à Rimouski. Remis au ministère des Transports du Québec, mars 2015, 55 p.
- Malavoi, J.-R. et J.P. Bravard, 2010. *Éléments d'hydromorphologie fluviale*. Office national de l'eau et des milieux aquatiques, Vincennes, France, 224 p.
- Chow, V. T., 1959. *Open-channel Hydraulics*. Mc Graw-Hill, 680 p.
- Environnement et *Changements* climatiques Canada, 2023. Page Web Graphique du débit quotidien pour Batiscan (rivière) à 3,4 km en aval de la rivière des envies (02PA007) [QC] [en ligne (24 juillet 2023) : [Graphique du débit quotidien pour BATISCAN \(RIVIERE\) à 3,4 km en aval de la rivière des Envies \(02PA007\) \[QC\] - Niveau d'eau et débit - Environnement Canada \(ec.gc.ca\)](#)].
- Gouvernement du Québec, 2023. *Carte interactive des zones potentiellement exposées aux glissements de terrain (ZPEGT) – Carte de contrainte* [en ligne (le 3 août 2023) : [IGO2 - Données Québec \(gouv.qc.ca\)](#)].
- Lamarche, Lise, 2006. *Reconstitution géologique du lac Saint-Pierre et de ses ancêtres à l'Holocène*. Réunion annuelle de l'AQUA – Excursion du 8 juin 2006 sur l'histoire holocène de la région de Lanoraie-Lac Saint-Pierre, pp. 4-20.
- Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN), 1989. *Inventaire des ressources en granulat de la région de Grondines*. Service géologique du Québec, 67 p. et plan.
- Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP), 2023a. *Bassin versant de la rivière Batiscan* [en ligne (le 21 juillet 2023) : [Bassin versant de la rivière Batiscan \(gouv.qc.ca\)](#)].
- Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP), 2023b. *Page Web Portrait régional de l'eau Capitale-Nationale (Région administrative 03)* [en ligne (le 24 juillet 2023) : [Portrait régional de l'eau - Capitale-Nationale \(gouv.qc.ca\)](#)].
- Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP), 2023c. *Carte interactive* [en ligne (le 24 juillet 2023) : [MELCCFP \(gouv.qc.ca\)](#)].
- Ministère des Ressources naturelles et des Forêt, 2023. *Carte interactive Forêt Ouverte* [en ligne (le 3 août 2023) : [Forêt Ouverte \(gouv.qc.ca\)](#)].
- Ministère des Transports (MTQ), 2022a. *Étude géotechnique*, 20 p.
- Ministère des Transports (MTQ), 2022b. *Cours d'eau marchand*, carte 31I09-050-0103, 1 : 5 000.

- MRC des Chenaux. S.D. Carte Cotes de récurrence des crues, Rivière Batiscan [en ligne (le 3 août 2023) : [Télécopie pleine page \(mrcdeschenaux.ca\)](http://www.mrcdeschenaux.ca)].
- MRC des Chenaux, 1986. Plan n° 86-32-4-RCI [en ligne (le 3 août 2023) : <https://www.mrcdeschenaux.ca/app/uploads/2023/02/Carte-des-zones-a-risque-de-glissement-de-terrain.pdf>].
- Occhietti, S., 1977. *Stratigraphie du Wisconsinien de la région de Trois-Rivière-Shawinigan, Québec*. Géographie physique et quaternaire, 31 (3-4), pp. 307-322.
- Occhietti, S. et Richard, P., 2003. *Effet réservoir sur les âges 14C de la Mer de Champlain à la transition Pléistocène-Holocène : révision de la chronologie de la déglaciation au Québec méridional*. Géographie physique et Quaternaire, Vol. 57 (2-3), pp. 115-138.
- Occhietti, S. 2007. *The Saint-Narcisse morainic complex and early Younger Dryas events on the southeastern margin of the Laurentide Ice Sheet*. Géographie physique et Quaternaire, 61(2-3), 89–117. <https://doi.org/10.7202/038987ar>.
- Petit, F. et autres, 2007. *La typologie et les caractéristiques hydromorphologiques des cours d'eau wallons*. Laboratoire d'Hydrographie et de Géomorphologie Fluviale, Université de Liège, 9 p.
- Prichonnet, G., 1977. *La déglaciation de la vallée du Saint-Laurent et l'invasion marine contemporaine*. Géographie physique et Quaternaire, Vol. 31(3-4), pp. 323-345.
- Société d'aménagement et de mise en valeur du bassin de la Batiscan (SAMBBA), 2015. *Zone de gestion intégrée de l'eau Batiscan-Champlain. Plan directeur de l'eau : Portrait du bassin versant de la rivière Batiscan*. 204 p. + annexes.

Annexe A

Cartographique



Milieu hydrique

Écotone riverain

Lit d'écoulement potentiel

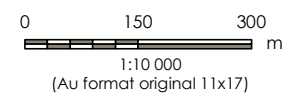
- Permanent
- Permanent zone de transition
- Intermittent
- Intermittent zone de transition

Dépôt de surface

- Zone morphosédimentologique générale
- A: Alluvion non différenciée
- Ap: Alluvion actuelle
- MGb: Sédiment glaciomarin littoral ou pré littoral

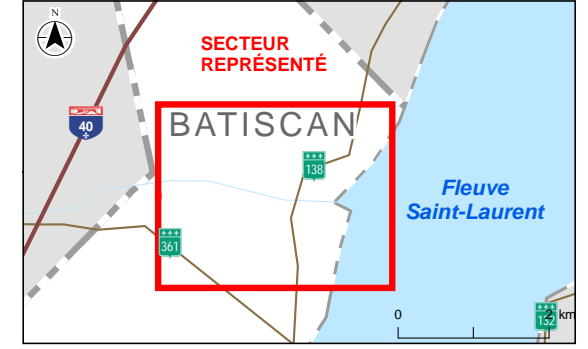
Classe de pente

- Nulle de 0 à 3 %
- Faible de 4 à 8 %
- Douce de 9 à 15 %



Sources

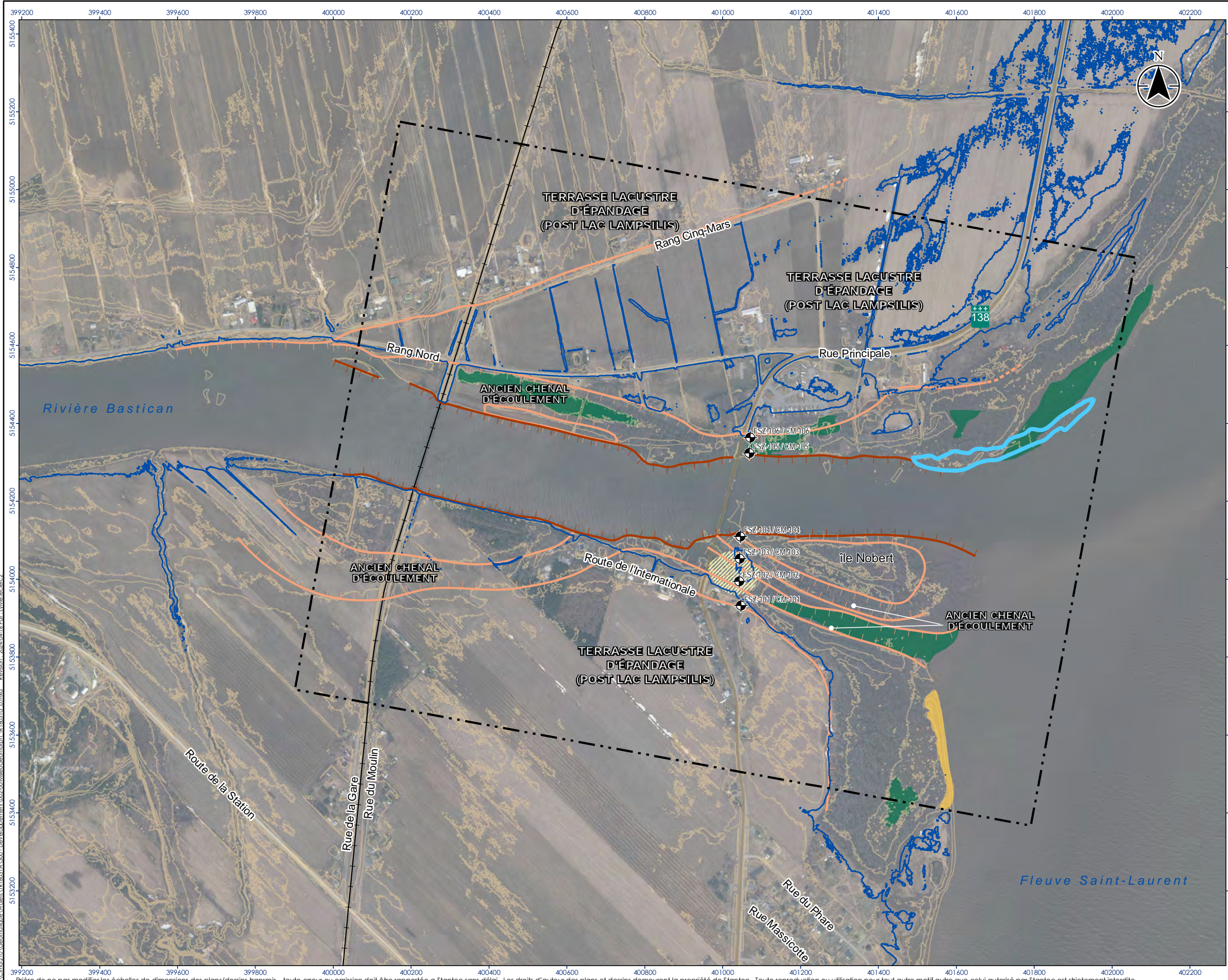
1. Système de coordonnées : NAD 1983 CSRS MTM 8
2. Données hydriques: MFFP, 2023.
3. Données dépôts de surface: MFFP, 2023.
4. Données pentes: MRNF, 2023.
5. Fond: Lidar - modèle numérique, MFFP, 2023.



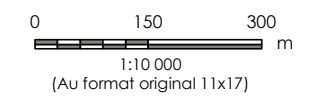
Localisation du projet: Montréal, Québec
 159000152-C0001 REVA
 Préparé par Sylvie Leclerc le 2024-04-16
 Vérifié par Michel Germain le 2024-04-16
 Révision indépendante par XXX le 2024-04-16

Client/Projet: Batiscan, Québec
 Carte No.: 1
 Titre: Milieu physique

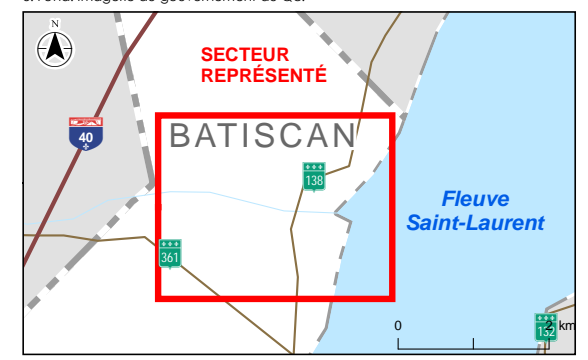
Z:\Cim\210\Géomatique\Projets\18031A\300 - Développement\01-00-Milieu physique_18031A.mxd Révision: 2024-04-16 For: sylvie.leclerc2



- [---] Limite du secteur d'étude
 - Courbe de niveau (équidistance 1m)
 - Limite de la zone inondable 1 : 20 ans, selon la courbe de niveau altitudinal de 6 m
 - Milieu humide
- Élément géomorphologique**
- Microfalaise d'érosion riveraine d'environ 1 m de hauteur
 - Talus de terrasse
 - Flèche littorale
- Élément anthropique**
- Plage de sable dragué
 - Zone remblayée
 - Forage (2021)



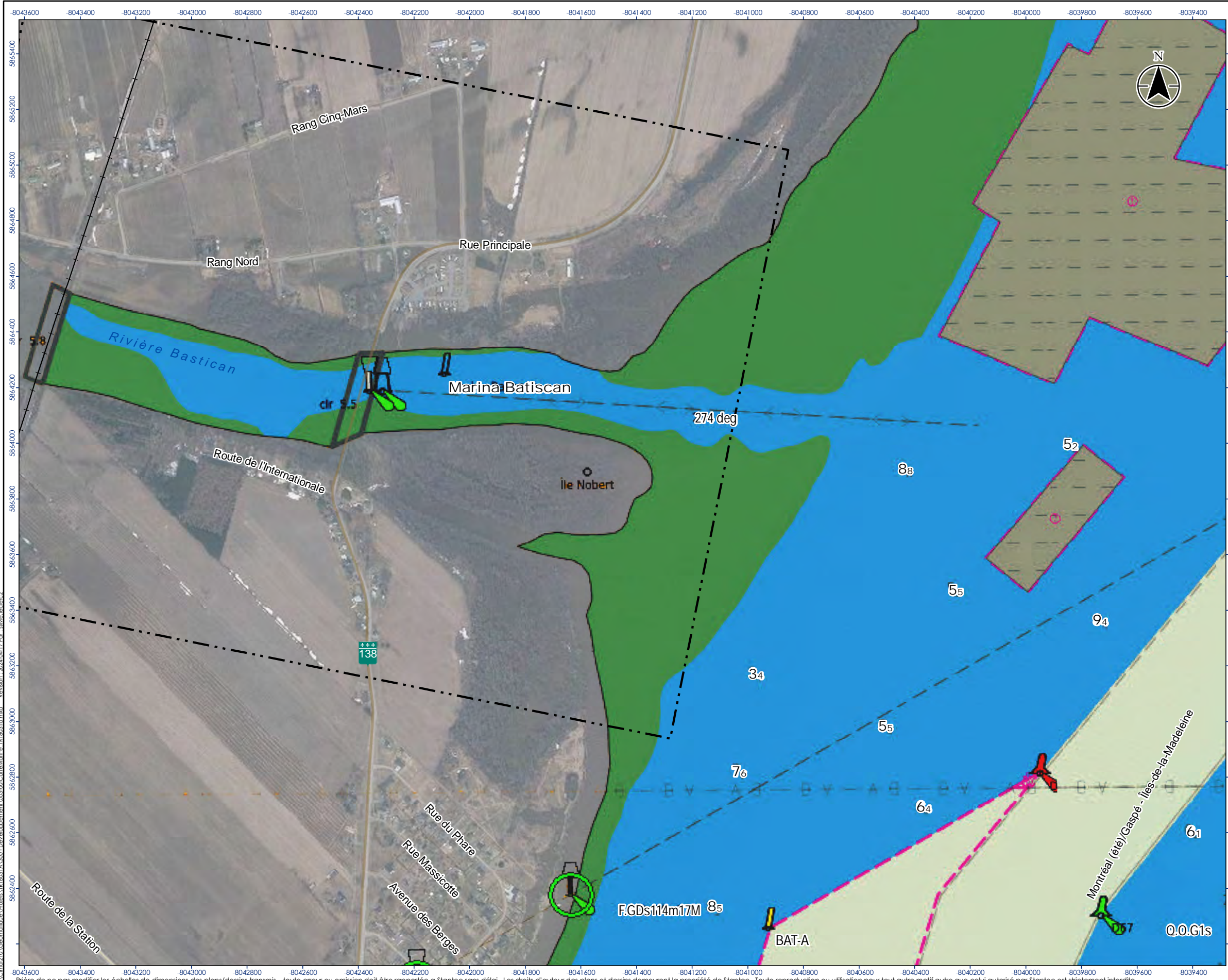
- Sources
1. Système de coordonnées : NAD 1983 CSRS MTM 8
 2. Données topographiques: MFFP, 2023.
 3. Données géomorphologiques et anthropiques: CIM+, 2023.
 4. Milieux humides: Canards Illimités Canada, 2022. CIM+, 2023.
 5. Fond: Imagerie du gouvernement du Qc.



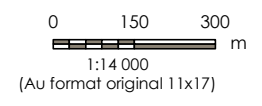
Localisation du projet: Montréal, Québec
 159000152-C0001 REVA
 Préparé par Sylvie Leclerc le 2024-04-16
 Vérifié par Michel Germain le 2024-04-16
 Révision indépendante par XXX le 2024-04-16

Client/Projet: Batiscan, Québec
 Carte No.: 2
 Titre: Interprétation géomorphologique

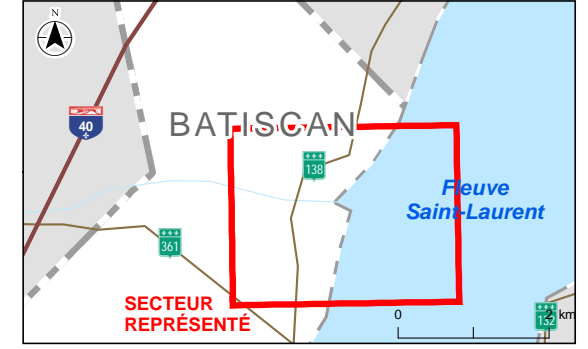
Z:\Cim+210\Géomorphologie\Batiscan\18031A\300_Developpement\002-00-Milieu\Géomorphologie\18031a_b.mxd Révision: 2024-04-16 Par: sylvie.leclerc@stantec.com



- [---] Limite du secteur d'étude
- [Green] Hauts-fonds
- [Brown] Zone de rejet des sédiments dragués dans la voie maritime
- [Blue] Voie maritime du Saint-Laurent. Les profondeurs d'eau sont indiquées selon le zéro des cartes marines.



- Sources
1. Système de coordonnées : NAD 1983 CSRS MTM 8
 2. Carte marine: Garde côtière canadienne, données du Service Hydrographique du Canada (application officielle e-Nav)
 3. Fond: Imagerie du gouvernement du Qc.



Localisation du projet: Montréal, Québec
 159000152-C0001 REVA
 Préparé par Sylvie Leclerc le 2024-04-17
 Vérifié par Michel Germain le 2024-04-17
 Révision indépendante par XXX le 2024-04-17

Client/Projet: Batiscan, Québec

Carte No.: 3

Titre: Carte marine du secteur de Batiscan

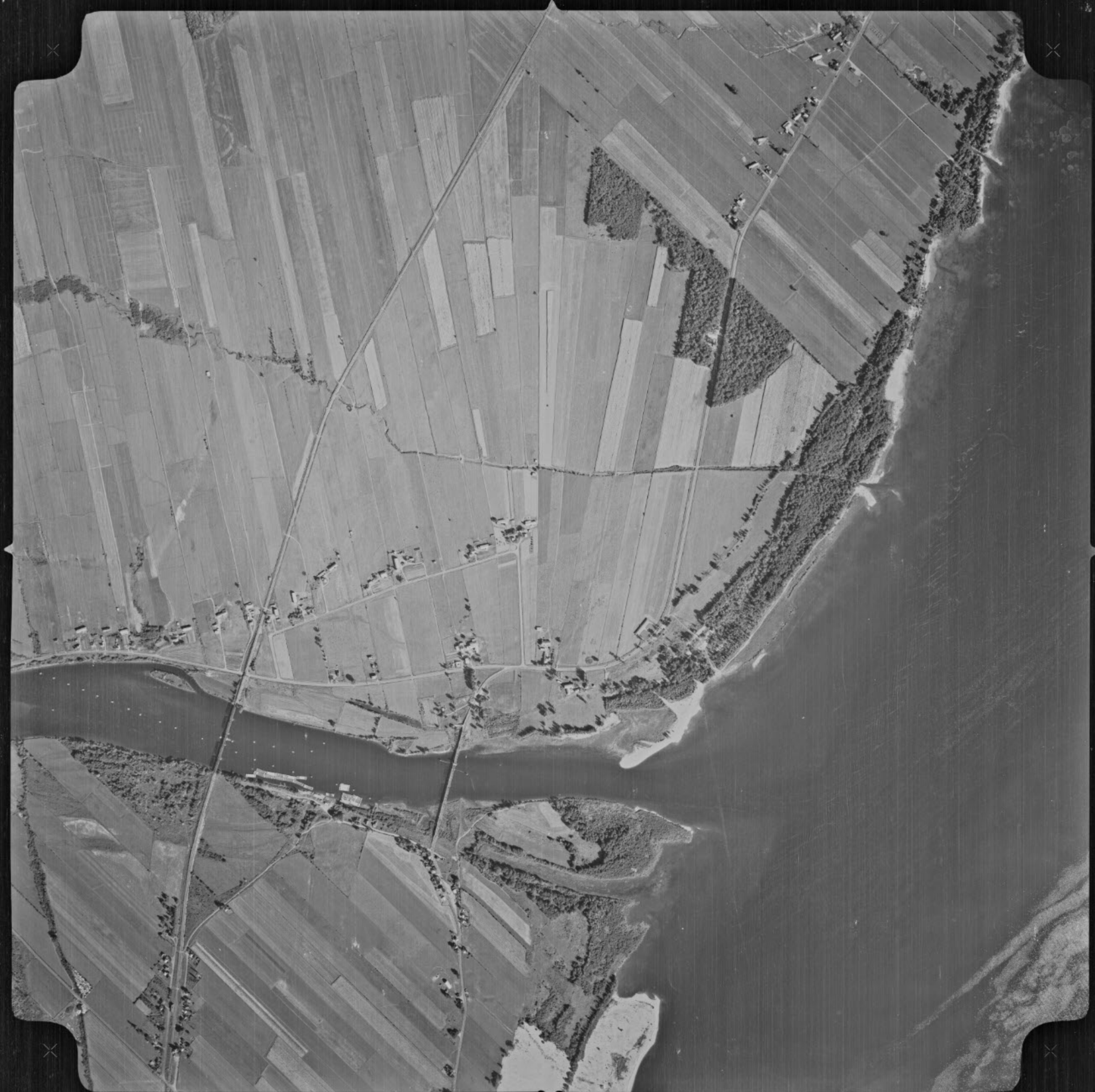
7:\Cim+210\Caennaliqua\Projets\TR18031\A.300 - Développement\003-00-CartaMarine_TR18031.dwg Révision: 2024-04-17 Par: sylvie.leclerc2

Prépare de ne pas modifier les échelles de dimensions des plans/dessins transmis - toute erreur ou omission doit être rapportée à Stantec sans délai. Les droits d'auteur des plans et dessins demeurent la propriété de Stantec. Toute reproduction ou utilisation pour tout autre motif autre que celui autorisé par Stantec est strictement interdite.

Annexe B

Photos aériennes





064548-086



31125

1:15000

8 JUN 1982

Q82321

99

311 9

1:40 000

28 AVRIL 1998

098805 - 156



Annexe C

Photographies



Photographie 1 : Érosion de la rive droite, secteur du pont de Batiscan.



Photographie 2 : Érosion de la rive droite, secteur du pont de Batiscan.



Photographie 3 : Érosion de la rive et chute d'arbre immédiatement en amont du pont de Batiscan, en rive gauche.



Photographie 4 : Chute d'arbres et accumulation de sédiments au pied de la microfalaise d'érosion, rive gauche, immédiatement en amont du pont de Batiscan.



Photographie 5 : Rive droite. Érosion de la rive en aval du pont de Batiscan et accumulation de sédiments avec végétation aquatique en amont.



Photographie 6 : Érosion de la microfalaise, secteur de la Marina Village de Batiscan.



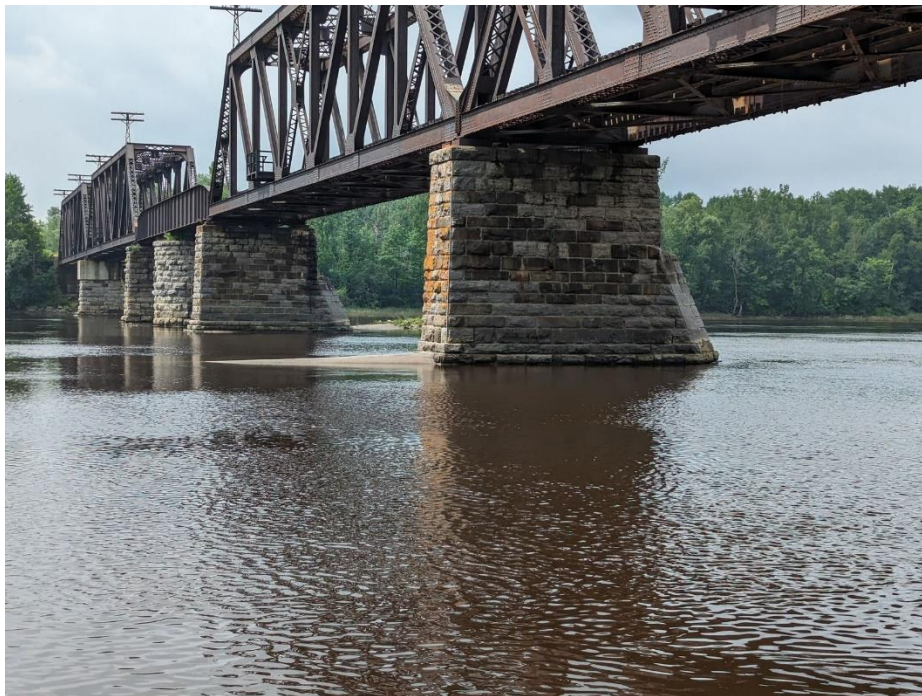
Photographie 7 : En avant plan, érosion de la microfalaise, secteur de la Marina Village de Batiscan. En arrière plan, les signes d'érosion s'estompent dans un secteur plus abrité des courants, pour reprendre par la suite, avec la chute visible d'arbres, tout près de l'embouchure.



Photographie 8 : Accumulation de sédiments en rive, au pied de la microfalaise d'érosion, immédiatement en amont du pont de Batiscan. À noter, la chute progressive des arbres présents.



Photographie 9 : Accumulation de sédiments avec colonisation par des herbiers aquatiques au pied de la microfalaise d'érosion, en rive gauche, immédiatement en aval du pont ferroviaire. Le pont de Batiscan est visible en arrière-plan.



Photographie 10 : Accumulation de sédiments en aval et en amont des piles du pont ferroviaire, de part et d'autre du chenal principal d'écoulement de la rivière.



Photographie 11 : Plage de Batiscan, constituée de sable de dragage de la Voie maritime du Saint-Laurent, au sud-ouest de l'embouchure de la rivière Batiscan.



Photographie 1 : Érosion de la rive droite, secteur du pont de Batiscan.



Photographie 2 : Érosion de la rive droite, secteur du pont de Batiscan.



Photographie 3 : Érosion de la rive et chute d'arbre immédiatement en amont du pont de Batiscan, en rive gauche.



Photographie 4 : Chute d'arbres et accumulation de sédiments au pied de la microfalaise d'érosion, rive gauche, immédiatement en amont du pont de Batiscan.



Photographie 5 : Rive droite. Érosion de la rive en aval du pont de Batiscan et accumulation de sédiments avec végétation aquatique en amont.



Photographie 6 : Érosion de la microfalaise, secteur de la Marina Village de Batiscan.



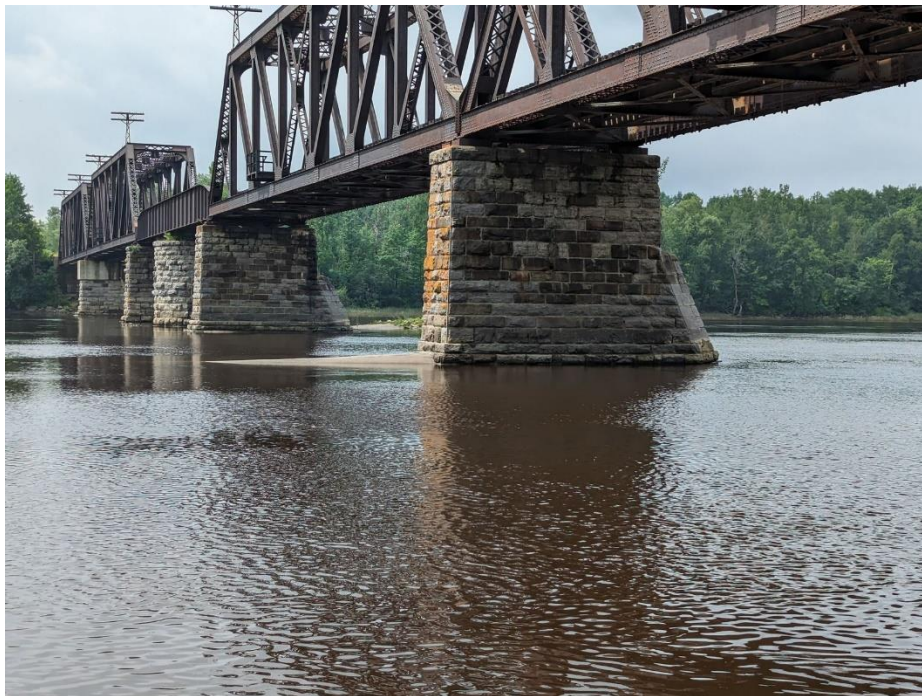
Photographie 7 : En avant plan, érosion de la microfalaise, secteur de la Marina Village de Batiscan. En arrière plan, les signes d'érosion s'estompent dans un secteur plus abrité des courants, pour reprendre par la suite, avec la chute visible d'arbres, tout près de l'embouchure.



Photographie 8 : Accumulation de sédiments en rive, au pied de la microfalaise d'érosion, immédiatement en amont du pont de Batiscan. À noter, la chute progressive des arbres présents.



Photographie 9 : Accumulation de sédiments avec colonisation par des herbiers aquatiques au pied de la microfalaise d'érosion, en rive gauche, immédiatement en aval du pont ferroviaire. Le pont de Batiscan est visible en arrière-plan.



Photographie 10 : Accumulation de sédiments en aval et en amont des piles du pont ferroviaire, de part et d'autre du chenal principal d'écoulement de la rivière.



Photographie 11 : Plage de Batiscan, constituée de sable de dragage de la Voie maritime du Saint-Laurent, au sud-ouest de l'embouchure de la rivière Batiscan.