

Le 23 décembre 2020

Madame Annie St-Gelais
Bureau d'audiences publiques sur l'environnement
140, Grande Allée Est, bureau 650
Québec (Québec) G1R 5N6

Objet : Projet de stabilisation des berges de la plage Jacques-Cartier à Québec
 – Réponses aux questions

Madame St-Gelais,

En réponse à votre lettre du 18 décembre dernier, nous vous transmettons les informations que nous avons pu colliger jusqu'à présent compte tenu des délais qui nous étaient alloués. Ainsi, certaines réponses demeurent incomplètes, car elles nécessitent plus de recherches et d'investigation. Nous vous enverrons les compléments de réponses à ces questions aussitôt que possible. Pour les autres questions, vous trouverez ci-dessous les réponses.

1. L'analyse de l'évolution des berges présente un recul net des berges de 0,8 mètre à 5,7 mètres entre 1993 et 2014 (PR3, p. 197 et 198 PDF). Quel est l'état de la situation entre 2014 et aujourd'hui pour l'ensemble des tronçons du secteur?

Réponse :

En pièce jointe, vous trouverez le fichier « Berges_2013 et 2019 » qui répond à cette question.

L'étude de Caractérisation du régime hydrosédimentaire de la Plage-Jacques-Cartier (Stantec, 2019) s'est attardée à cette question, soit l'évolution récente de la dynamique d'érosion entre 2011 et 2017 (années de disponibilité de données LiDAR). Aucune évaluation systématique de l'érosion n'a été menée au-delà de 2017. Néanmoins, les effets d'un évènement de tempête survenu en avril 2019 ont pu être constatés. Des reculs ponctuels de l'ordre de 5 à 7 m du trait de côte ont été relevés le long des tronçons 1 et 3, entraînant l'affaissement de certaines portions d'enrochement de calibre insuffisant.

Extrait : Section 3.1.3.1 portant sur le recul récent (2011- 2017) du profil de plage

Les élévations de 3,0 m et de 4,5 m ont été retenues pour évaluer le recul de la plage, car elles représentent respectivement le niveau approximatif de la pleine mer supérieure à marée moyenne (PMSMM) et de la crue de récurrence 2 ans (Stantec, 2018). Bien que le recul attendu soit relativement faible sur une période d'analyse de six (6) ans, la superposition des courbes topographiques à ces deux élévations pour les années 2011 et 2017 permet néanmoins d'identifier la présence d'érosion dans la zone d'étude. La représentation de cette analyse sous forme de cartes étant difficile en raison de la taille relativement importante de la zone d'étude par rapport à l'ampleur des reculs observés, seules quelques figures sont présentées à titre d'exemples (figures 5 à 14).

La comparaison des courbes d'élévation permet de constater que, de manière générale, les courbes topographiques de 2017 montrent un recul par rapport à celles de 2011 le long de la rivière du Cap Rouge. Ce recul est généralement de l'ordre de quelques dizaines de centimètres, mais peut ponctuellement atteindre quelques mètres. La figure 5 illustre le recul systématique du talus riverain le long d'une portion de la rive est de la rivière du Cap-Rouge entre 2011 et 2017 ainsi que la présence d'un décrochement ayant mené à un recul plus significatif.

Entre l'embouchure de la rivière du Cap-Rouge et le tronçon 1, la comparaison des courbes topographiques tend à démontrer un certain affaissement de la portion inférieure de l'enrochement (figure 6). La courbe topographique générée à 3,0 m d'élévation à partir du levé LiDAR 2017 est en recul par rapport à celle de 2011 à la même élévation. Quant aux courbes de 4,5 m d'élévation, leur chevauchement témoigne d'un état plutôt stable de l'enrochement dans sa partie supérieure.

La comparaison des courbes topographiques montre peu de changements sur une période de six (6) ans dans la portion en amont du tronçon 1 (figure 7), au tronçon 5 (figure 12) et au tronçon 7 (figure 14). À l'opposé, un recul a été noté dans la portion aval et concave du tronçon 1 où la courbe topographique de 3,0 m d'élévation présente un retrait de 0,6 à 1,0 m et celle de 4,5 m, un recul de l'ordre de 0,3 à 0,5 m (figure 8). Un recul significatif a également été noté au tronçon 3, directement en amont de l'émissaire pluvial (figure 10). À cet endroit, on observe un recul de l'ordre d'un mètre au niveau de la pleine mer supérieure et un recul pouvant atteindre 1,5 à 2,0 m au niveau de la récurrence de crue de 2 ans, et ce, sur un peu plus de 40 m de longueur. Au droit du tronçon 4 (figure 11), le levé LiDAR de 2017 comprend plusieurs anomalies. Néanmoins, un recul est observé dans la portion amont du tronçon où se trouve l'émissaire pluvial. On remarque à cet endroit un recul de l'ordre de 1,0 à 1,5 m au niveau de la courbe d'élévation de 3,0 m et un recul inférieur à 1,0 m dans la portion supérieure de la plage. Enfin, le tronçon 6 tend à montrer relativement peu de changement dans le profil de plage, à l'exception d'un recul ponctuel plus marqué atteignant 2,0 à 2,8 m aux environs du chaînage 1+240 (figure 13).

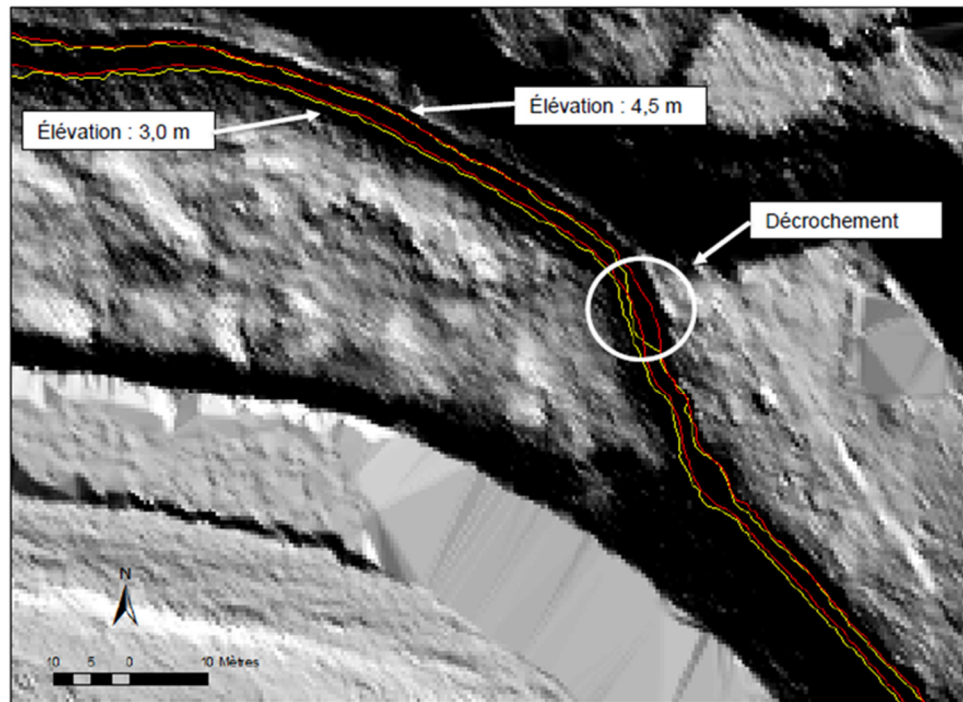


Figure 5 : Comparaison des courbes topographiques situées à 3,0 et 4,5 m d'élévation pour les années 2011 (jaune) et 2017 (rouge) – secteur de la rivière du Cap Rouge

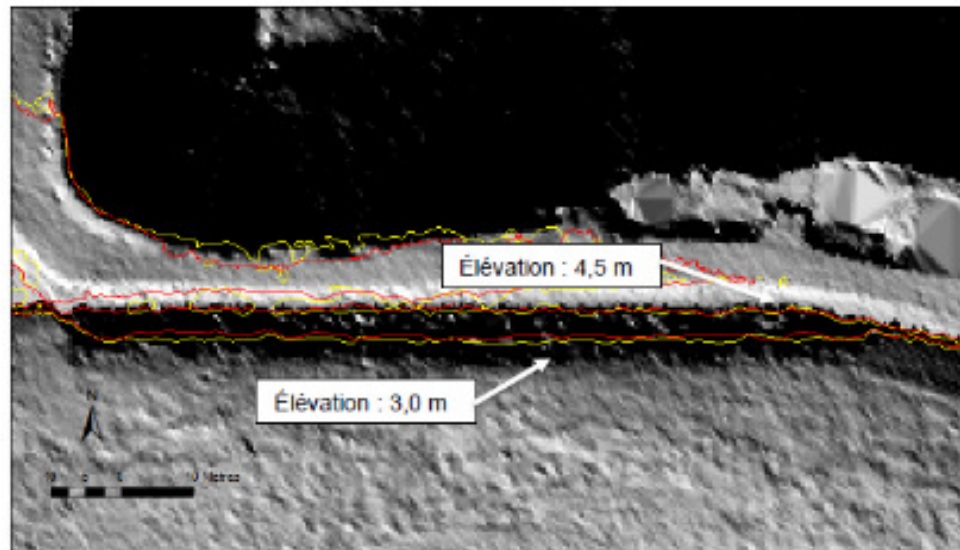


Figure 6 : Comparaison des courbes topographiques situées à 3,0 et 4,5 m d'élévation pour les années 2011 (jaune) et 2017 (rouge) – Enrochement en amont du tronçon 1

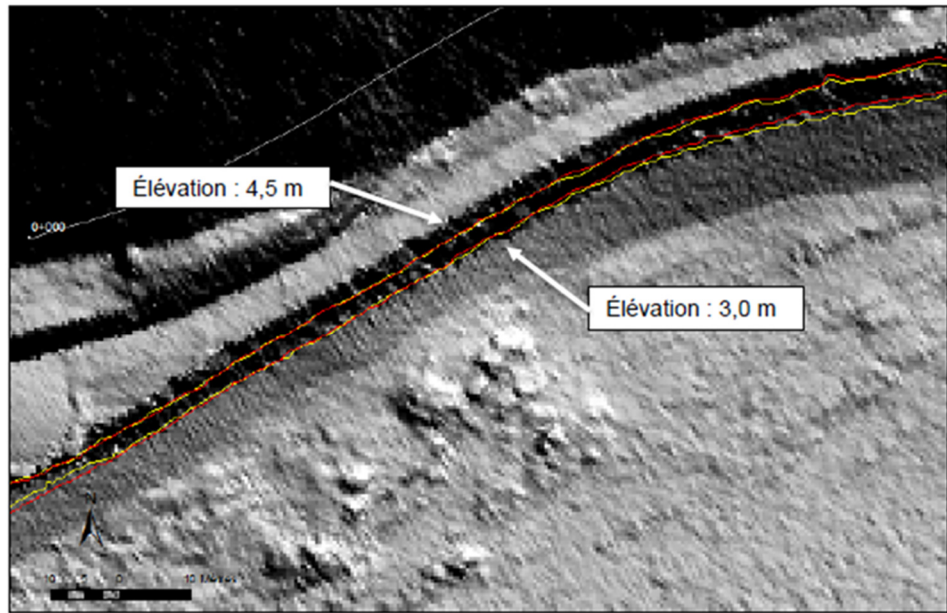


Figure 7 : Comparaison des courbes topographiques situées à 3,0 et 4,5 m d'élévation pour les années 2011 (jaune) et 2017 (rouge) – secteur amont du tronçon 1

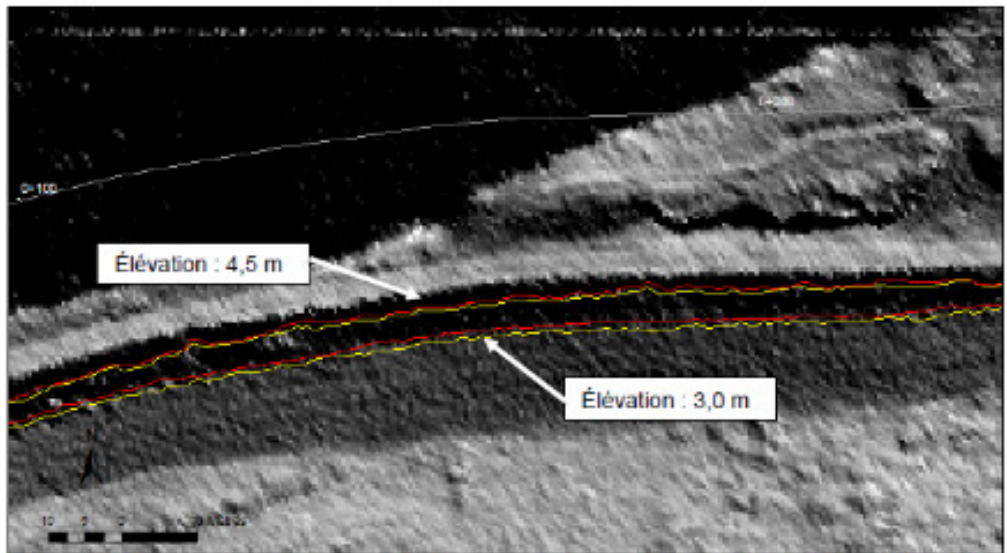


Figure 8 : Comparaison des courbes topographiques situées à 3,0 et 4,5 m d'élévation pour les années 2011 (jaune) et 2017 (rouge) – secteur aval du tronçon 1

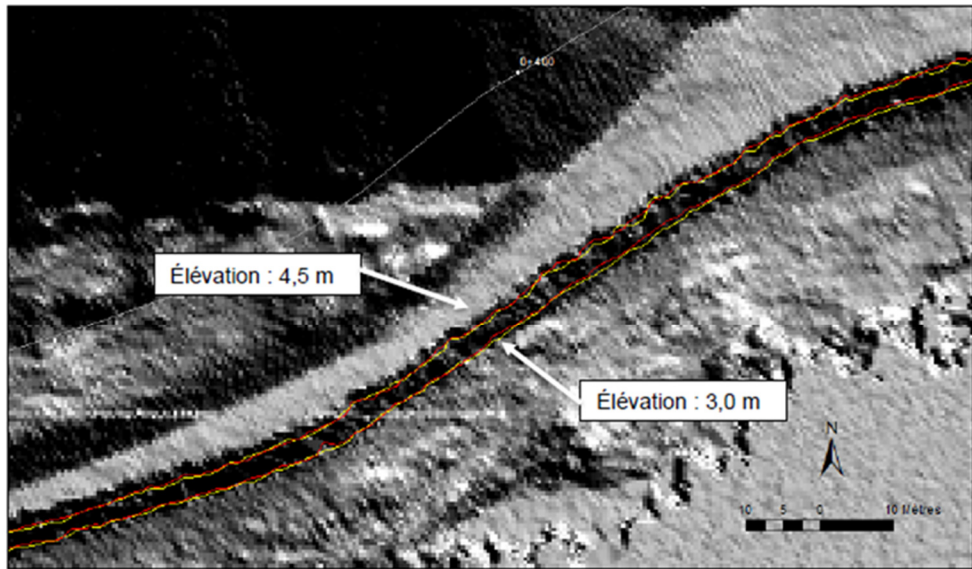


Figure 9 : Comparaison des courbes topographiques situées à 3,0 et 4,5 m d'élévation pour les années 2011 (jaune) et 2017 (rouge) – secteur aval du tronçon 2

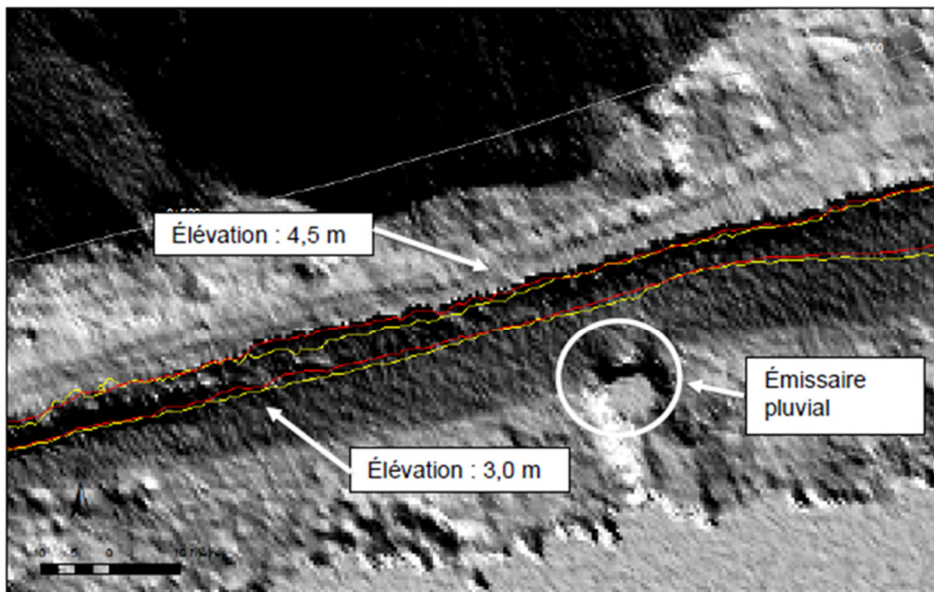


Figure 10 : Comparaison des courbes topographiques situées à 3,0 et 4,5 m d'élévation pour les années 2011 (jaune) et 2017 (rouge) – tronçon 3

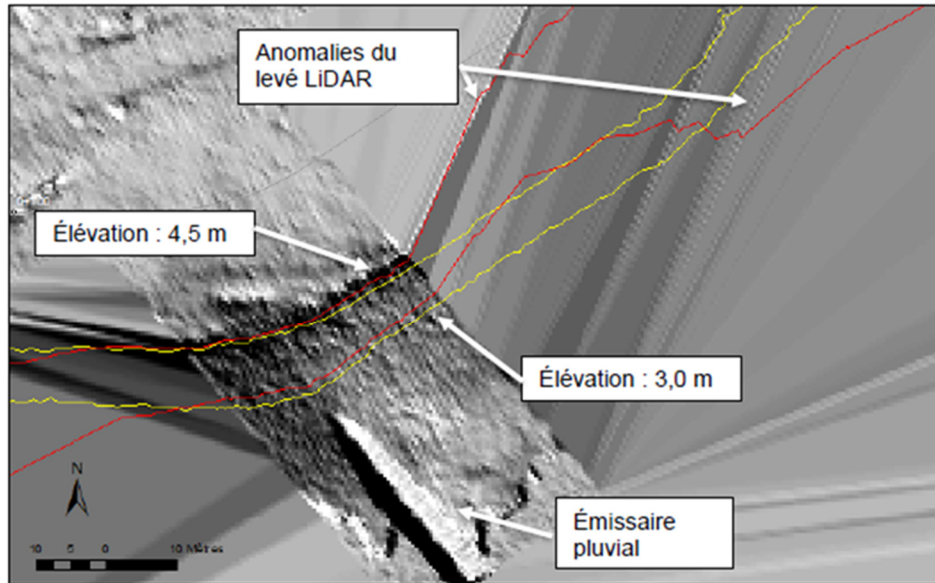


Figure 11: Comparaison des courbes topographiques situées à 3,0 et 4,5 m d'élévation pour les années 2011 (jaune) et 2017 (rouge) – tronçon 4

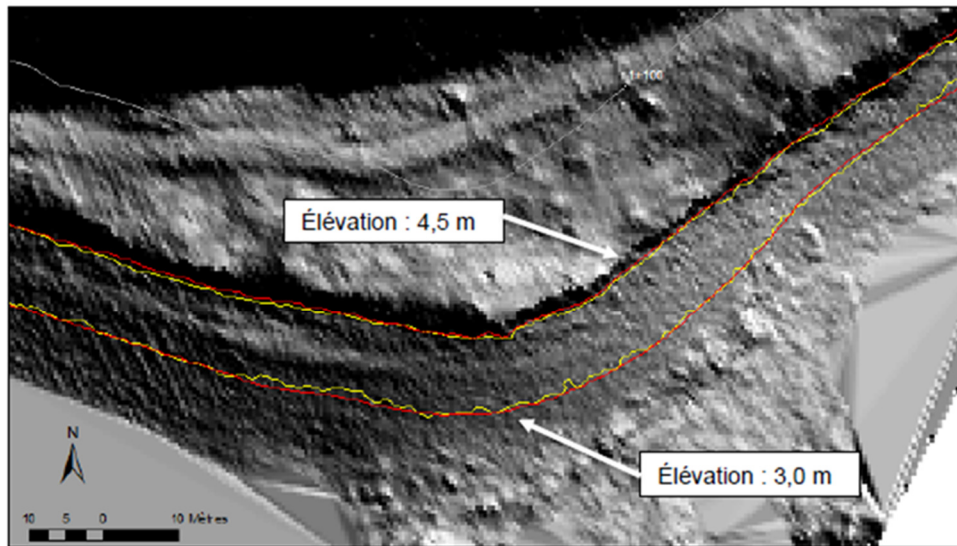


Figure 12: Comparaison des courbes topographiques situées à 3,0 et 4,5 m d'élévation pour les années 2011 (jaune) et 2017 (rouge) – tronçon 5

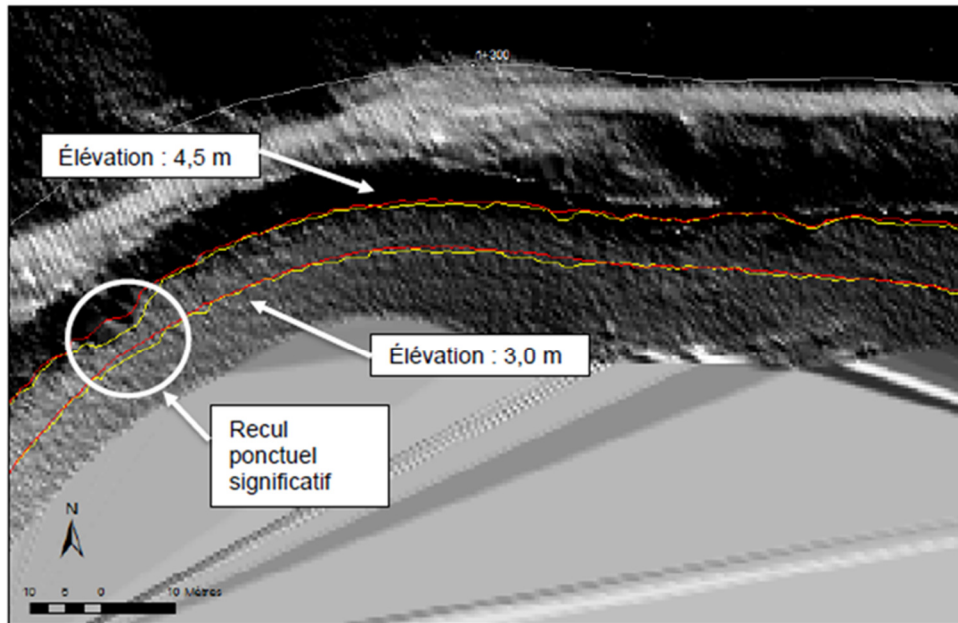


Figure 13 : Comparaison des courbes topographiques situées à 3,0 et 4,5 m d'élévation pour les années 2011 (jaune) et 2017 (rouge) – tronçon 6

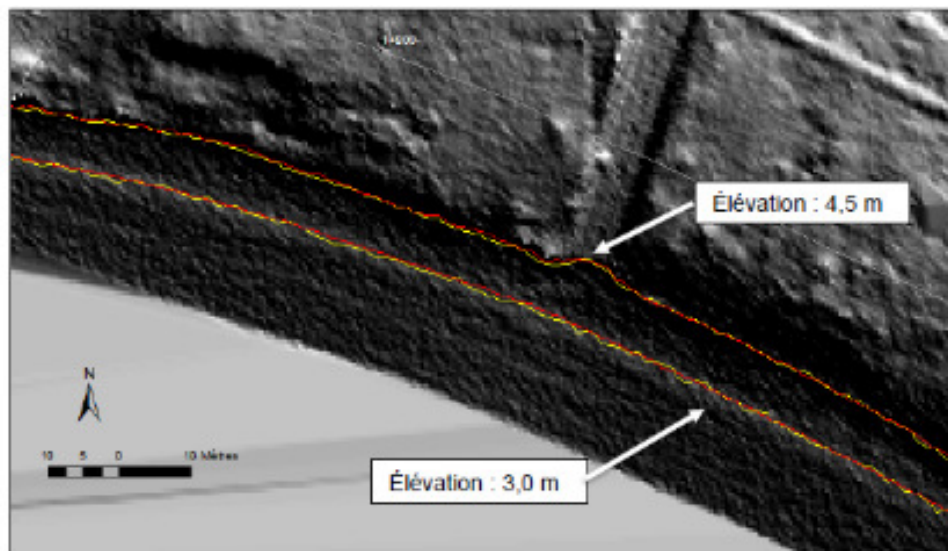


Figure 14 : Comparaison des courbes topographiques situées à 3,0 et 4,5 m d'élévation pour les années 2011 (jaune) et 2017 (rouge) – tronçon 7

2. En assumant la non-intervention et en considérant un scénario optimiste, modéré et pessimiste d'érosion en contexte de changements climatiques, veuillez fournir une carte présentant l'évolution de la ligne de côte pour les 50 prochaines années selon ces 3 scénarios (optimiste, modéré et pessimiste).

Réponse :

Afin d'anticiper le recul du trait de côte pour les cinquante (50) prochaines années, les taux de recul obtenus par photo-interprétation ont été utilisés (Norda Stelo, 2016). Le tableau 2.2 de l'étude de Norda Stelo (2016) fournit des taux de recul pour quatre intervalles de temps, soit 1953-1963, 1963-1977, 1977-1993 et 1993-2014. Seules les données pour les intervalles de temps les plus récents (1977-1993 et 1993-2014) ont été conservées comme intrants à notre analyse pour les raisons suivantes :

- *Les tronçons 1 à 3 présentent aujourd'hui un enrochement qui a été mis en place dans l'intervalle de temps 1993-2014. Par conséquent, les taux de recul antérieurs à cet intervalle ne représentent plus les conditions actuelles de ces tronçons et ne peuvent être considérés dans notre analyse;*
- *Pour ces mêmes tronçons (1 à 3), les taux de recul de l'intervalle de temps 1977-1993 ont été conservés pour le scénario pessimiste dans la mesure où les ouvrages mis en place s'avéraient inefficaces;*
- *L'intervalle 1963-1977 a été exclu de l'analyse en raison d'un bilan positif (avancement du trait de côte) essentiellement dû à des travaux de remblai (Norda Stelo, 2016);*
- *L'intervalle 1953-1963 a également été exclu de notre analyse pour les tronçons 4 à 7 puisque les taux de recul obtenus pour cette période présentent tous des valeurs comprises entre les valeurs minimales et maximales de recul observées dans les intervalles 1977-1993 et 1993-2014 et ne contribuent donc pas à établir un scénario optimiste ou pessimiste.*

Dans ce contexte, deux (2) taux de recul sont disponibles pour chacun des tronçons (intervalles de 1977-1993 et 1993-2014). Pour chacun des tronçons, le taux de recul le moins élevé a été utilisé comme scénario optimiste alors que le taux de recul le plus élevé a été utilisé pour le scénario pessimiste. Quant au scénario modéré, la valeur moyenne entre les taux de recul des scénarios optimiste et pessimiste a été employée. Les données historiques et les reculs anticipés pour les cinquante prochaines années sont colligés au tableau ci-dessous. Le recul anticipé propre à chaque tronçon pour les cinquante prochaines années est illustré sur les cartes jointes.

Par ailleurs, cette façon de procéder demeure conservatrice dans la mesure où il a été démontré qu'un seul événement de tempête peut induire un recul de plusieurs mètres. À titre d'exemple, la tempête d'avril 2019 a provoqué à elle seule un recul de l'ordre de 5 à 7 m aux tronçons 1 et 3. Étant donné que le parc de la Plage-Jacques-Cartier occupe un terrain relativement étroit entre le trait de côte actuel et le pied de la falaise rocheuse, de l'ordre de 60 m de largeur et moins (à l'exception du tronçon 7), il n'est pas impossible que la multiplication des événements extrêmes dans un contexte de changements climatiques mène au recul du trait de côte jusqu'à pied de la falaise le long d'une portion importante du parc.

Synthèse des données utilisées permettant d'anticiper le recul du trait de côte selon trois scénarios pour les cinquante prochaines années

Tronçon	Données historiques ^{1,2}		Scénarios - Horizon de 50 ans						Remarques
	1977-1993	1993-2014	Optimiste		Modéré		Pessimiste		
	Recul (m/an)		Recul (m/an)	Recul total	Recul (m/an)	Recul total	Recul (m/an)	Recul total	
1	-0,15	-0,07	-0,07	-3,5	-0,11	-5,5	-0,15	-7,5	Mise en place d'un enrochement au cours de l'intervalle 1993-2014.
2	-0,02	-0,1	-0,02	-1	-0,06	-3	-0,1	-5	Mise en place d'un enrochement au cours de l'intervalle 1993-2014.
3	-0,28	-0,04	-0,04	-2	-0,14	-7	-0,28	-14	Mise en place d'un enrochement au cours de l'intervalle 1993-2014.
4	-0,61	-0,27	-0,27	-13,5	-0,42	-21	-0,61	-30,5	
5	-0,29	-0,1	-0,1	-5	-0,13	-6,5	-0,29	-14,5	
6	-0,62	-0,2	-0,2	-10	-0,38	-19	-0,62	-31	
7	-0,51	0	0	0	-0,25	-12,5	-0,51	-25,5	

¹ Les taux de recul de l'intervalle 1963-1968 ont été exclus puisque des enrochements ont depuis été mis en place le long des tronçons 1 à 3 et que les taux de recul ne sont plus représentatives des conditions du milieu. Quant aux tronçons 4 à 7, les taux de recul obtenus pour cette période étaient compris à l'intérieur des valeurs minimales et maximales obtenues et ne contribuaient donc pas à établir un scénario optimiste ou pessimiste.

² L'intervalle 1963-1977 a été exclu de l'analyse en raison d'un bilan positif (avancement du trait de côte) essentiellement dû à des travaux de remblayage.

3. Les marges de sécurité entre la berge et le sentier sont de 0 m pour les tronçons 1 à 3, or ces tronçons sont déjà enrochés. Veuillez fournir une carte présentant les marges de sécurité entre la berge et le sentier, de même qu'entre le sentier et la falaise pour tous les tronçons.

Réponse :

Vous trouverez en pièce jointe le fichier nommé « Berge_2019 » qui démontre les marges disponibles entre la falaise et le sentier, et entre le sentier et la berge.

4. a) Quelle est la durée de vie utile du projet avec et sans épis?

Réponse :

Étant donné les activités de suivi et d'entretien et réparation, la durée de vie sera la même avec et sans épis. En fait, la principale différence se situe au niveau de l'impact sur le milieu qui est plus important avec des enrochements plus gros et moins végétalisés dans le scénario sans épis, et non réellement au niveau de la durée de vie utile.

Évidemment, la durée de vie dépendra tout de même de l'évolution des tempêtes futures en lien avec les changements climatiques, et de la fréquence d'entretien. L'ouvrage est néanmoins dimensionné pour une tempête ayant une récurrence 20 ans pour les niveaux d'eau, combinée à 25 ans pour les hauteurs de vagues. Des tempêtes plus fortes causeraient potentiellement des dommages aux enrochements. C'est d'ailleurs le cas qui a été rencontré lors de la tempête de 2019 pour les tronçons 1, 2, 3, mais les caractéristiques spécifiques de cette tempête se sont manifestées après plusieurs décennies d'existence. Il est à noter que les enrochements existants étaient sous-dimensionnés par rapport à ce qui est actuellement proposé dans le projet.

- b) Pourquoi avoir choisi une récurrence de 20 ans pour les niveaux d'eau dans l'analyse et la conception des ouvrages de protection?

Réponse :

L'étude d'avant-projet (BPR, 2012) recommande de considérer la récurrence 20 ans pour les niveaux d'eau et de 25 ans pour les hauteurs de vagues étant donné que, sur le plan de la sécurité publique, l'érosion des berges n'entraîne pas de risque direct important pour la population ni pour des infrastructures municipales ou privées (aucun bâtiment, aucune infrastructure ou équipement utilisé de façon constante par des usagers). Nous sommes du même avis.

c) Advenant que le projet ne perdure pas dans le temps ou ne réponde pas à ses ambitions, quelle est la responsabilité du bureau d'étude qui en a fait la conception?

Réponse :

La Ville procédera prochainement à un appel d'offres de services professionnels pour l'ingénierie préliminaire et détaillée, la surveillance et le suivi suite aux travaux à réaliser. À ce devis d'appel d'offres seront incluses les exigences de la Ville en regard de la pérennité des ouvrages à construire. À cet égard, la firme retenue devra garantir sa conception en fonction des exigences mentionnées au devis. Si les exigences contractuelles ne devaient pas être rencontrées, le consultant s'expose à devoir reprendre, à ses frais, une partie ou la totalité de l'ouvrage déficient. Dans une situation extrême, la Ville peut déposer une plainte à l'Ordre des ingénieurs du Québec.

Il ne faut écarter qu'il est donc possible que le concepteur des plans et devis ne soit pas le même que le concepteur pour cette phase du projet. Et, tel que mentionné précédemment, la durée de vie est dépendante des tempêtes futures et du programme d'entretien. Des dommages demeurent toujours possibles si des tempêtes plus fortes, voire exceptionnelles, sont observées.

5. Veuillez présenter un historique des travaux effectués au parc depuis sa création en 1993. Depuis 1993, quels ont été les coûts annuels assumés par la Ville pour 1- aménager le parc; 2- lutter contre l'érosion de la berge et 3- lutter contre l'érosion de la falaise ou en assurer la stabilité? Veuillez décomposer selon la nature des coûts.

Réponse :

1 –	Inconnu :	Anciennes villes;
2 –	Annuel :	Salaires : 93 465 \$; Entretien : 35 677 \$ (contrat Beau-Pré); Matériel : 15 185 \$;
	2011 :	26 000 \$ - Entretien divers (63 interventions);
	2012 :	42 600 \$ - Entretien divers (57 interventions);
	2013 :	45 000 \$ - Entretien divers (61 interventions);
	2014 :	42 200 \$ - Entretien divers (51 interventions);
	2015 :	29 700 \$ - Entretien divers (49 interventions);
	2016 :	37 800 \$ - Entretien divers (67 interventions);
	2017 :	29 100 \$ - Entretien divers (75 interventions);
	2018 :	32 700 \$ - Entretien divers (58 interventions);
	2019 :	250 000 \$ - Réparation de l'empierrement;
	2019 :	45 900 \$ - Entretien divers (60 interventions);
	2020 :	45 600 \$ - Entretien divers (77 interventions);
3 –		0 \$.

6. a) Qu'est-ce qui a justifié la mise en place récente d'une structure de protection dans la falaise derrière le tronçon 3?

Réponse :

Il s'agit d'une intervention qui a été faite par les Travaux publics en 2020 due à un bris sur la conduite d'égout pluvial de 1500 mm de diamètre. Ce bris provoquait de l'érosion de la falaise.

- b) S'agit-il d'une mesure temporaire ou permanente?

Réponse :

Il s'agit d'une structure permanente.

- c) Considérez-vous que la stabilité de la falaise soit préoccupante? Justifiez.

Réponse :

La stabilité de la falaise n'est pas préoccupante. Toutefois, il est requis que des marges suffisamment larges soient maintenues en bas de talus pour éviter que l'érosion de la falaise génère des risques pour les usagers du parc. Les travaux effectués font en sorte que la fuite d'eau et l'érosion sont contenues.

- d) La stabilisation de la falaise fait-elle partie des travaux prévus?

Réponse :

Non.

7. L'option retenue pour les segments 1, 2 et 3 est un enrochement de gros calibre en pied de talus combinée à une correction de talus. Vous affirmez que : « cette option est recommandée en raison de la présence déjà sur place d'un enrochement et du fait que le milieu naturel du secteur est déjà adapté à cet ouvrage du point de vue environnemental. » (PR3, p. 7.6).

- a) Veuillez décrire, expliquer et justifier l'adaptation environnementale à un ouvrage de protection des berges de type enrochement de gros calibre.

Réponse :

La présence d'enrochements le long des tronçons 1 à 3 fait déjà partie intégrante du milieu et leur substitution par un enrochement de plus gros calibre n'aurait que peu d'effets supplémentaires sur le milieu dans la mesure où :

- Les composantes physiques et biologiques du milieu aquatique environnant se sont déjà adaptées depuis plusieurs décennies au point où un équilibre dynamique s'y est établi;*
- L'abaissement du profil de plage ne risque pas d'être accentué puisqu'un ouvrage est déjà en place;*
- Aucun effet de bout ne semble s'être manifesté à l'extrémité aval de l'enrochement du tronçon 3 et qu'il est donc peu probable qu'un tel effet se développe avec un nouvel enrochement;*
- La dissipation de l'énergie (vagues, courant, marées, glaces) s'effectue contre un ouvrage de protection composé de blocs arrondis. Le nouvel enrochement ne sera que mieux adapté aux événements extrêmes et aux conditions de surcote;*

- *Les usagers du parc ont déjà l'habitude d'apercevoir des enrochements le long de ces tronçons et la présence d'un nouvel enrochement ne risque pas de modifier significativement le paysage.*

Par ailleurs, l'enrochement prévu ne sera pas tellement plus gros, mais sera surtout végétalisé directement durant sa construction. Or, les tiges et les racines des saules arbustifs vont contribuer au renforcement de la structure stabilisante de l'ouvrage et induiront un ralentissement des courants le long de ces tronçons 1 à 3 constitueront pour ainsi dire une amélioration des ouvrages en place et non pas l'ajout d'une nouvelle structure dans le milieu. Considérant que la berge y est déjà anthropisée, l'ouvrage en place devrait à tout le moins répondre aux besoins de la ville et des usagers, soit assurer le maintien des aménagements et de l'accès au sentier.

- b) Quels seraient les effets de l'élargissement et du rehaussement de l'enrochement sur cette « adaptation environnementale »?

Réponse :

Tel que mentionné précédemment, l'ouvrage actuel n'a pas produit d'effet de bout depuis sa mise en place et le profil de plage en place s'est déjà développé en réponse à une dissipation de l'énergie sur un ouvrage de blocs arrondis. Cette dissipation d'énergie sera même accentuée par les végétaux introduits dans la structure de l'ouvrage. Donc, il n'y a pas d'effet anticipé sur le milieu aquatique.

Bien que de calibre un peu plus grossier, le nouvel ouvrage aura l'avantage de protéger adéquatement la berge et s'harmonisera au milieu en intégrant un enrochement végétalisé. Il s'agit donc d'un ouvrage bonifié par rapport à celui existant et son adaptation environnementale ne peut qu'en être facilitée. Les dommages causés aux ouvrages des tronçons 1 à 3 lors de la tempête d'avril 2019 témoignent d'une certaine forme de désuétude face à la multiplication anticipée d'événements extrêmes et de surcotes de tempêtes.

Ici, il importe de souligner que les autorités concernées (MELCC, MFFP et MPO) souhaitent ardemment que le projet respecte les principes « Éviter – Minimiser – Compenser ». Par ailleurs, elles considèrent que les empiètements dans le milieu hydrique et l'habitat du poisson se calculent à partir de la LHE au moment de la préparation des plans et devis. Donc, si dans l'intervalle entre la conception générale du projet et la préparation de ces plans et devis, il y a une perte de talus de 1 m ou 5 m ou plus, il n'est pas possible de faire du remblai pour retrouver le trait de côte initial sans ajouter une perte de milieu hydrique ou d'habitat à compenser financièrement et/ou en travaux d'aménagements compensatoires. Donc, la Ville de Québec a pris l'engagement de reculer les ouvrages en excavant dans les talus par rapport au nouveau pied de talus partout où cela sera possible. Actuellement, sauf aux tronçons 1 à 3 où le sentier est collé et où il ne peut plus y avoir d'autres pertes de terrain à la suite de la tempête d'avril 2019, il reste encore ailleurs une certaine marge de manœuvre, mais qui continue à s'amenuiser avec les années.

8. a) Quelles seraient les mesures prises ou les aménagements envisagés en regard du ruissellement présent dans le site à l'étude?

Réponse :

Le ruissellement entre la falaise et le cours d'eau est tout à fait normal. Pour éviter l'accumulation d'eau ou encore l'érosion du sentier, des petits ponceaux sont aménagés sous le sentier. Il en sera de même pour les sections de sentier qui seront touchées par les travaux et reconstruites, pour diriger les eaux vers le cours d'eau.

b) Quels seraient les effets du franchissement des structures de protection par les vagues sur les infrastructures situées à l'arrière et sur les ouvrages de protection eux-mêmes?

Réponse :

Les vagues qui dépasseraient le haut de talus feraient les mêmes dommages avec et sans protection de talus, mais ces dommages ne sont pas identifiés comme critiques à cause de leurs fréquences faibles et leurs forces atténuées. On sait que ces vagues (25 ans) doivent être combinées aux marées hautes (20 ans), ce qui rend la probabilité encore moins fréquente. De plus, le but de ce projet est de protéger le talus et d'empêcher son recul, mais ne vise pas la protection des éléments situés au haut du talus (sentier, lampadaires, mobilier urbain, poubelles, etc.). Pour protéger complètement les éléments en haut du talus, il faudrait construire un mur qui dénaturerait complètement le rivage, ce qui a été écarté pour raison d'intérêt public et d'impact visuel.

Pour ce qui est des dommages aux ouvrages de protection eux-mêmes, il est probable que le sol au-dessus du haut de talus soit érodé dans certains endroits où le talus est plus haut que la protection, ce qui causerait un peu d'érosion, mais ceci dépend fortement de la densité de végétation sur la partie supérieure du talus. Or, il est prévu que cette zone soit entièrement et rapidement végétalisée afin de limiter l'exposition, même si ce phénomène serait rare. Advenant l'absence de végétation à certains endroits pour des raisons inconnues, l'érosion et les reculs potentiels seront beaucoup moins importants que la situation actuelle et le programme d'entretien de la ville devra corriger une telle situation. Le MELCC ne favorise pas la mise en place d'enrochement pur à même les talus et a demandé à la Ville de Québec de mettre en place un maximum de protection en génie végétal. Ceci explique le recours à l'implantation de deux épis afin de pouvoir réaliser des protections mixtes d'enrochements végétalisés surmontés par des interventions de génie végétal en haut de talus. D'un point de vue de protection d'infrastructures, il est évident qu'enrocher le haut de talus serait plus résistant, mais cela serait nettement moins esthétique et ne répondrait pas aux attentes louables du MELCC.

c) Pourrait-il y avoir de l'accumulation d'eau entre la falaise et l'enrochement? Si oui, quelles seraient les mesures mises en place pour gérer la situation?

Réponse :

De la manière dont les ouvrages sont conçus, les eaux de submersion devraient retourner au fleuve, en transversant la zone de protection sans engendrer des dommages aux enrochements. Le réseau de drainage existant sera pris en compte lors de la préparation des plans et devis afin de continuer le drainage efficace des eaux de ruissellement. Le cas échéant, la potentielle accumulation d'eau entre la falaise et l'enrochement serait inchangée avec la mise en place de l'enrochement dans le talus.

- d) Est-ce que cette accumulation d'eau pourrait contribuer à l'érosion derrière les enrochements? Si oui, quelles seraient les mesures mises en place pour gérer la situation?

Réponse :

D'abord, le matériel en place est plutôt drainant. Toutefois, pour protéger les ouvrages, le concepteur des phases préliminaire et détaillée pourrait choisir de mettre en place un drain derrière l'enrochement pour faciliter le drainage de l'eau dans le sol vers le cours d'eau. Il est également possible d'acheminer l'eau du ruissellement vers le fleuve en intégrant un drainage à travers la protection des talus. De toute manière, cette accumulation éventuelle d'eau ne devrait pas causer de problème pour la protection, mais cette situation sera traitée lors de la préparation des plans et devis de construction.

9. Veuillez expliquer et détailler les effets des discontinuités dans les structures de protection des berges (discontinuités entre les ouvrages des tronçons 3 et 4; 4 et 5; 5 et 6; 6 et 7) sur 1- le milieu biophysique; 2- sur les conditions hydrosédimentaires et 3- sur les processus d'érosion.

Réponse :

La plage comporte actuellement des discontinuités entre les ouvrages. On note en effet une discontinuité dans le passage de tronçons enrochés à des segments non enrochés soit entre les tronçons 3 et 4, 5 et 6, puis 6 et 7 (présence d'un enrochement existant). Il y en aura une également entre les tronçons 4 et 5. Ces discontinuités existent simplement parce qu'il n'y a aucune problématique significative d'érosion observée à ces endroits et qu'il n'y en a pas qui soit anticipée à la suite de la réalisation des enrochements végétalisés. Cela aurait pu aisément être autrement avec des ouvrages en enrochement pur. Mais, ce n'est pas ce qui est prévu. On devrait même s'attendre à une amélioration, du moins partielle, de l'état général de ces endroits. D'ailleurs, même s'il n'y a aucun programme de suivi prévu pour l'état de ces discontinuités dans les programmes mentionnés dans le cadre de la présente démarche d'étude des impacts du projet, la Ville de Québec poursuivra ses activités régulières d'inspection de ces équipements de loisirs, dont les berges du parc, afin de s'assurer de leur bon état et d'évaluer, le cas échéant, le besoin de mesures correctives. Si requises, des interventions légères de génie végétal pourront être appliquées.

1 – Conditions hydrosédimentaires

La mise en place de nouveaux ouvrages entraînera une diminution souhaitée de l'érosion le long des tronçons ciblés, et donc, de la quantité de sédiments disponible à la mise en transport. Puisque les conditions hydrosédimentaires actuelles de la plage ne permettent pas l'accumulation des sédiments le long des tronçons situés en aval des secteurs en érosion, l'impact de la diminution de la charge sédimentaire associée à l'érosion des berges n'entraînera pas d'impact significatif sur la portion aval de la plage puisqu'elle ne bénéficie actuellement pas de cet apport sédimentaire.

À l'instar des discontinuités engendrées par la mise en place des enrochements le long des tronçons 1 à 3 et entre les tronçons 6 et 7, l'apparition de nouvelles discontinuités le long du trait de côte n'aura que peu d'effet autre que de limiter l'érosion et le transport sédimentaire vers l'aval de la zone d'étude. Outre l'effet de dissipation d'énergie des végétaux des enrochements végétalisés, l'ajout des deux épis contribuera également à induire le dépôt et le maintien des sédiments sur l'estran, en réduisant les vitesses d'écoulement.

2 – Processus d'érosion

Aucun effet de bout n'a été observé aux extrémités des enrochements existants, ce qui témoigne de l'absence de problématique d'érosion au niveau de ces discontinuités. En aval de l'enrochement du tronçon 3, c'est plutôt le calibre insuffisant des blocs, face aux caractéristiques inhérentes à la tempête d'avril 2019, qui a mené à l'affaissement de l'ouvrage. Quant à l'enrochement existant situé entre les tronçons 6 et 7, celui-ci a été mis en place il y a plus de deux décennies et résiste bien aux conditions du milieu. L'utilisation d'un calibre de roche bien adapté permet d'éviter un transport significatif des blocs. Depuis sa mise en place, seulement quelques blocs ont été mobilisés vers la portion inférieure de l'estran. Seule une correction mineure de l'ouvrage d'une vingtaine de mètres de longueur sera nécessaire afin de réaménager une portion de l'ouvrage s'étant affaissée. La principale cause de cet affaissement est due au fait que l'ouvrage prenait appui sur un mur de béton vertical et non pas sur une pente de matériaux meubles.

Pour assurer la pérennité des ouvrages, un programme de suivi régulier sera mené afin de relever des perturbations potentielles au niveau des ouvrages. Pour les segments non ciblés par les travaux qui les bordent, le programme municipal régulier d'inspection des berges se poursuivra.

3 – Milieu biophysique

Aucun effet de la présence de ces discontinuités n'est anticipé sur les composantes biologiques, ni sur les habitats fauniques et floristiques au droit et à proximité de celles-ci. Le couvert végétal des berges va se maintenir et ses fonctions d'habitat. Les herbiers de la plage vont prendre leur expansion anticipée à la suite de la construction des épis. Leurs fonctions d'habitats seront aussi maintenues.

10. a) Est-ce possible que la mise en place des enrochements, au niveau des tronçons 1 à 3 en 1977, ait bloqué l'apport sédimentaire provenant de l'érosion des berges?

Réponse :

Selon l'étude de Norda Stelo (2016), les enrochements ne dateraient pas de 1977, mais auraient plutôt été mis en place au cours de l'intervalle 1993-2014.

La mise en place des enrochements visait évidemment à réduire l'érosion, et donc, à réduire la quantité de sédiments disponibles au transport. Néanmoins, avant même la mise en place des enrochements, les sédiments érodés le long des tronçons 1 à 3 ne contribuaient pas à alimenter les tronçons situés en aval. L'analyse multidate du trait de côte le long de la plage Jacques-Cartier effectuée par Norda Stelo (2016) a montré qu'avant la mise en place des enrochements, tous les tronçons avaient déjà subi un recul, notamment durant l'intervalle 1977-1993. Rappelons aussi que les avancements du trait de côte observés durant l'intervalle 1963-1977 étaient essentiellement dus à des travaux de remblayage et non pas à la présence d'un processus de sédimentation.

De plus, si l'érosion des tronçons 1 à 3 contribuait à l'apport sédimentaire des tronçons situés plus en aval, les taux de recul devraient être plus importants pour l'intervalle 1993-2014 (présence d'enrochement) que pour les intervalles précédents (sans enrochements). Or, c'est plutôt la situation inverse qui est observée. Par exemple, le taux de recul annuel du tronçon 4 pour l'intervalle 1993-2014 est plus faible (-0,27/an) que pour les intervalles précédents (-0,61 m/an et -0,48 m/an). Cette même situation se produit également pour les tronçons 5, 6 et 7.

Par ailleurs, la rivière du Cap Rouge située directement en amont des tronçons enrochés constitue également une source locale de sédiments. Son apport continu de sédiments au fleuve ne permet pourtant pas l'engraissement des tronçons de plage situés en aval des tronçons enrochés 1 à 3. Les sédiments sont plutôt évacués vers les eaux plus profondes ou vers l'aval. Il en est de même pour les sédiments érodés depuis les tronçons 1 à 3 antérieurement à la mise en place des enrochements.

Enfin, il faut se rappeler que le chemin au pied de la falaise a été construit il y a de nombreuses décennies, voire plus de 100 ou même 200 ans. Tous les matériaux sous le chemin sont des remblais anthropiques et non des matériaux naturels de la falaise de schistes. Les apports naturels aux berges du fleuve, qui étaient probablement courants à l'époque de l'établissement de Cartier-Roberval, ont été coupés, du moins en partie, depuis longtemps. En partie, parce que la composition de la plage (en haut de plage ou arrière-plage) comprend encore une fraction importante de plaquettes de schistes aux arêtes coupantes.

b) Est-ce que cette situation a contribué à exacerber le phénomène d'érosion observé dans le secteur à l'étude? Veuillez expliquer.

Réponse :

Étant donné que les vagues ont été identifiées comme principale source d'érosion et que la mise en place des enrochements n'a pas d'effet sur l'énergie libérée par les vagues sur les autres tronçons, rien ne laisse croire que l'érosion a été exacerbée par la mise en place des enrochements le long des tronçons 1 à 3, et ce, considérant qu'aucun signe d'effet de bout n'a été observé.

Par ailleurs, le marnage fait en sorte que le contact entre les eaux du fleuve et les enrochements est très limité et se résume à la durée de la marée haute. À marée descendante, à marée basse et marée montante, il y a perte de contact entre la partie supérieure de la plage et les eaux du fleuve et donc pas d'échange sédimentaire dans le cordon de plage entre les tronçons.

Notons également que les taux de recul annuel présenté au tableau 2.2 de l'étude de Norda Stelo (2016) des tronçons enrochés et non enrochés ont diminués entre les intervalles 1953-1963/1977-1993 et 1993-2014. Il n'y a donc pas signe d'une exacerbation de l'érosion induite par la présence des enrochements le long des tronçons 1 à 3.

11. a) Comment avez-vous procédé pour calculer les superficies d'empiètement, estimées par diverses simulations, des épis dans les herbiers?

Réponse :

La sédimentation et l'expansion des herbiers ont été démontrées à l'aide de modélisations hydrauliques qui tenaient en compte (retour sur la diapo 31 de la présentation de la Ville) : les zones d'érosion et de sédimentation, les teneurs mensuelles de matières en suspension dans l'eau, la position des herbiers existants, et les élévations de la zone intertidale. Les épis induisent une réduction locale de l'énergie des conditions hydrodynamiques, ce qui favorise la sédimentation.

- b) Quelle est la marge d'erreur de ces mesures?

Réponse :

Nous sommes d'avis que cette marge d'erreur serait de l'ordre de 10 à 20 %, en considérant que les données d'entrée sont effectivement les meilleures ou du moins les plus représentatives du comportement hydrosédimentaire local.

12. Les questions qui suivent concernent le régime des glaces et son influence sur le projet.

- a) Pourquoi n'utilisez-vous pas un calibre minimal de 660 mm pour les enrochements de l'ensemble des tronçons de façon à mieux résister à la glace?

Dans l'étude d'impact, il est spécifié qu'«En mars 2016, le pied de glace présent au tronçon 7 avait une hauteur d'un peu plus d'un mètre et des blocs d'entre 1 et 2 m de hauteur s'en détachait et jonchaient la plage. Le potentiel érosif de ces blocs de glace est important lorsque le pied de glace cède et que les berges sont exposées. Même les berges enrochées, dans des conditions propices (hauts niveaux d'eau, courants importants), peuvent être endommagées par ces glaces (Norda Stelo, 2016).» (PR3, p. 6.5).

Réponse :

L'étude du Sentier des grèves – Phase 2C, Québec (Ropars, 2014) recommande que la taille du plus petit enrochement de carapace doit être d'environ 660 mm. Les tronçons 1, 2 et 3 ont un calibre recommandé de 0.60 à 1,0 m donc le calibre minimal de 0.6 m est très proche du calibre 0.66 m en question.

Les tronçons 4 à 7 seront partiellement protégés des vagues par les épis. Il est de notre compréhension que les blocs de glace sont soulevés par les marées, mais sont poussés par les vagues pour aller près des talus. Ainsi, en réduisant les vagues par les épis, on réduira la poussée appliquée sur les blocs de glace pour atteindre les talus. Notamment, le tronçon 7 qui est sujet de la présente question sera fortement protégé des vagues ayant les plus longues radiales, soit celles provenant du sud-ouest. Sans l'épi, un enrochement devrait alors être réalisé tel qu'illustré sur la coupe-type AM-07a1 en annexe de l'addenda II du 13 mai 2020.

Pour les épis qui seront plus exposés à la glace, un enrochement plus gros est proposé (calibre 0,85-1,40 m avec une épaisseur minimale de 2,25 m).

b) Quels seraient les effets et l'influence des structures de protection (enrochements et épis) sur la dynamique du pied de glace?

Réponse :

Sachant que le pied de glace est en partie composé de glaçons poussés sur le rivage par la fin des vagues (jet de rive) et des gouttelettes d'eau projetée lors du déferlement des vagues, il est possible que la mise en place des épis retarde éventuellement la formation du pied de glace sur les talus enrochés. Il va tout de même rester des vagues de moins grande hauteur qui vont former le pied de glace, ainsi que tous les autres phénomènes qui ne seront pas affectés par les épis (ex. submersion par la marée, neige durcie, glace provenant de la congélation d'eau de fonte de la neige).

c) Quels seraient les effets et l'influence du pied de glace sur les structures de protection (enrochements et épis)?

Réponse :

Pour les enrochements sur les talus, le pied de glace assure une protection contre les vagues ou les impacts des blocs de glace à la dérive. Lors de grandes marées, on peut s'attendre théoriquement à ce que le pied de glace ait tendance à flotter et soulever les enrochements sur lesquels il est accroché, mais étant donné que l'étendue du pied de glace n'est pas grande perpendiculairement au talus, la force de soulèvement devrait être nettement moins importante, voire insuffisante, pour faire bouger les ouvrages en berges. D'autant plus d'ailleurs que ces derniers seront végétalisés et donc plus résistants au mouvement en raison de la présence non seulement des tiges aériennes, mais aussi de l'entrelacement des racines autour et entre les pierres jusqu'au sous-sol derrière les enrochements. La présence de cette végétation, même en dormance, assure une protection hivernale des talus riverains.

Pour les épis, étant donné le gros dimensionnement des blocs (calibre 0,85-1,40m), les blocs ne devraient pas être soulevés par la glace, car la glace se brise avant de développer cette force.

Il faut souligner aussi qu'avec les changements climatiques et l'entretien régulier de la voie navigable du Saint-Laurent par les brise-glaces, les glaces flottantes ont tendance à être de plus en plus morcelées et donc, à exercer de moins en moins de poussées, celles-ci étant plus légères et moins mobilisées par les courants. De plus, on observe des mouvements de marée qui libèrent grandement les estrans des glaces présentes.

d) Quelle est la taille (calibre) maximale et le poids maximum des roches pouvant être déplacées par des glaces dans le secteur de la plage Jacques-Cartier? Veuillez détailler en présentant les calculs des forces impliquées dans le mouvement des blocs de roches ainsi déplacés selon 1- une pente de 1:1 et 2- une pente de 2:1.

Réponse :

Le dimensionnement recommandé pour l'épi est de calibre 0,85-1,40 m avec une épaisseur de 2,25 m, tel que présenté à la section 8.2 de l'étude hydraulique (Stantec 2019).

L'épaisseur de glace est calculée selon la formule présentée à la section 8.2 de l'étude hydraulique (Stantec 2019). Le dimensionnement des enrochements est calculé selon la formule présentée à la section 8.4 de la même étude. Pour la période de retour 50 ans, le D_{50} requis est 1,11 m (pente 1:1) et de 0,78 m (pente 2:1). Il est à noter que les blocs d'enrochement dans l'épi sont entourés ou imbriqués à travers d'autres blocs, ce qui rend difficile, voire impossible, à la glace d'affecter sérieusement l'intégrité de la structure de l'épi. La force à exercer sur l'épi pourra être évaluée lors de l'ingénierie détaillée et pourrait éventuellement atteindre 150 kN/m. linéaires. Les pentes et techniques de maintien de la stabilité du talus de l'épi devront être déterminées lors de l'ingénierie détaillée

e) Veuillez démontrer et détailler la résistance des épis aux glaces en présentant les calculs des forces impliquées lorsque 1-les épis sont immergés et 2- les épis sont émergés.

Réponse :

Tel qu'indiqué dans la réponse 12 d), la force à exercer sur l'épi pourra être évaluée lors de l'ingénierie détaillée. Il est à noter que ce type de calculs doit faire partie d'une étape plus avancée du projet

f) Quels seraient les effets de débâcles hivernales sur les structures de protection?

Réponse :

Durant les débâcles, nous sommes du même avis que Norda-Stelo qui indique que même des berges enrochées peuvent être endommagées par ces glaces dans des conditions propices (hauts niveaux d'eau, courants importants) (Norda Stelo, 2016).

D'énormes enrochements seraient requis pour résister aux gros blocs de débâcle de glace, qui atteigne plusieurs mètres de hauteur. Il serait difficilement possible de mettre en place des enrochements pour tenir compte de cette grosseur des débâcles. La faible fréquence et le potentiel que ces débâcles atteignent les talus ne justifiera pas qu'une telle solution d'enrochement soit retenue.

En ce qui concerne les débâcles annuelles standards, et compte tenu du fait que les débâcles de glaces n'atteignent pas les berges en raison de leur épaisseur, ces débâcles annuelles n'auront pas d'effets sur les ouvrages de protection

13. Les questions qui suivent concernent les recharges sédimentaires de la plage.

a) Qu'est-ce qui explique les nombreux changements au sujet de la recharge de plage?

Réponse :

Au niveau des recharges, les réels changements effectués ont touché uniquement l'élimination de celle qui était prévue au tronçon 5 et le choix de ne les faire qu'en fonction des résultats d'un suivi topométrique (optionnelles). Ces recharges ont toujours été prévues comme un moyen d'atténuer les effets « potentiels » des ouvrages en enrochement sur le profil des plages (érosion) et « non », comme des ouvrages en soi de protection des berges, comme on en voit ailleurs au Québec et dans le monde.

D'ailleurs, le secteur de la Plage-Jacques-Cartier ne s'y prête aucunement en raison de la nature et de la largeur de son estran rocheux, du type et de l'intensité d'usage de la plage et de la présence d'herbiers constituant des habitats trop rares sur cette rive du fleuve à Québec. Des recharges de protection à cet endroit auraient requis une importante épaisseur d'un granulat nettement plus gros que celui naturellement en place afin de réduire la fréquence, l'importance et les frais des recharges d'entretien subséquentes. De plus, ces recharges auraient été nettement plus étendues, que celles prévues qui sont plutôt localisées, et très néfastes pour les herbiers lors de la mise en place des matériaux en raison de leur ensevelissement. De plus, les habitats fauniques (poissons, oiseaux aquatiques, moules, etc.), tributaires de la présence de ces herbiers ainsi que de la nature actuelle du substrat, auraient été grandement détériorés et les recharges récurrentes auraient contribué à maintenir la production biologique du milieu à un niveau faible à très faible. Aussi, des aménagements de compensations importants et coûteux auraient été exigés de la part des autorités (MELCC, MFFP et MPO).

C'est donc pour ces raisons que les recharges prévues sont demeurées seulement des mesures d'atténuation et qu'elles sont devenues optionnelles. En fait, la Ville et son consultant sont d'avis que les enrochements végétalisés et les épis vont permettre une sédimentation et une amélioration du profil de plage à différents endroits. C'est dans ce contexte qu'un programme de suivi que la Ville sera mis en place permettant d'évaluer cette amélioration anticipée étant donné que les simulations ont montré un bilan sédimentaire positif suite à la mise en place de ces ouvrages.

Quant à l'éventualité qu'une recharge soit effectuée afin d'aménager une plage publique de baignade, celle-ci n'a jamais été prise en compte étant donné que cette activité est interdite par un règlement municipal.

b) Comptez-vous toujours mettre en place une géogrille? Si oui, comment se fera l'ancrage au roc?

Réponse :

Non, à la suite de la consultation publique de la Ville en septembre 2018, cette option a été éliminée. En effet, il n'est pas souhaité de voir ou percevoir la géogrille dans les zones qui sont en érosion. De plus, bien qu'il s'agît d'un équipement relativement résistant et durable en polymère de carbone, certaines personnes ont signifié leurs craintes de voir des débris de celui-ci sur la plage.

c) La recharge de plage est-elle possible et souhaitable sans géogrille? Veuillez expliquer.

Réponse :

La recharge de plage est devenue optionnelle. Nous ne pensons pas que la hauteur de recharge d'une vingtaine de centimètres, dont seulement 10 cm émergents, aura des conséquences sur le comportement hydrodynamique des sites d'installation. Aussi, elle devrait tenir adéquatement, sans la présence d'une géogrille. Nous sommes d'avis que le recharge de plage, si nécessaire, devra venir après une période de suivi à mettre en place par la Ville afin de déterminer le besoin et la fréquence requise. Autrement dit, nous comptons actuellement sur l'amélioration apportée par la mise en place des épis et le bilan sédimentaire positif.

d) Jusqu'à combien d'années à la suite des travaux une recharge de plage pourrait être possible et quelles conditions pourraient enclencher la décision de recharger la plage?

Réponse :

La recharge est dorénavant envisagée que de façon optionnelle. Les épis devraient produire à un bilan sédimentaire positif selon les simulations réalisées. Le suivi à mettre en place par la Ville devra évaluer la nécessité et la fréquence d'une éventuelle recharge. Le seuil déclencheur de la planification et mise en œuvre d'une recharge a été établi à environ un décimètre d'érosion du profil (abaissement). À ce moment-là, les plans et devis et la demande d'autorisation ministérielle (art. 22 de la LQE) seraient préparés pour pouvoir effectuer les travaux dans les meilleurs délais.

Il est à noter que, bien qu'il soit prévu que les suivis sur les herbiers et les profils de plage soient effectués sur une période de 15 ans, la portée habituelle d'une autorisation de réalisation de ce type est généralement d'un maximum de 10 ans. Si, au bout de ce délai, des travaux de recharges devaient encore être requis sur une superficie de 5 000 m² ou plus, une nouvelle étude d'impact devra alors être réalisée.

e) L'étude de NordaStelo de 2016 fait état de coûts de recharge sédimentaire plus élevés que les coûts d'enrochement (PR3, p. 239 PDF). Considérez-vous que serait encore le cas? Pourquoi? Veuillez expliquer et détailler.

Réponse :

La recharge envisagée par Norda Stelo en était une importante de protection des berges. Aussi, les coûts de construction ainsi que les couts récurrents de recharge étaient nettement plus élevés. Un recul des talus non protégés aurait été observé lors de tempêtes même de faible intensité, ce qui aurait nécessité des interventions d'urgence fréquentes pour conserver le sentier au haut de talus. Les coûts récurrents non planifiés auraient été élevés.

14. Pourquoi n'avez-vous pas étudié différentes options de localisations des épis? Veuillez expliquer comment se déroule techniquement et logistiquement la mise en place d'épis.

Réponse :

La localisation des épis est dictée par l'effet de protection recherché sur les berges. L'étude de vents et vagues (sans épi) a démontré que les tronçons 5 et 7 sont très exposés aux vents du sud-ouest, car il y a de très longues radiales dans cette direction. Les tronçons 4 et 6 sont exposés aux vents provenant du sud-est ainsi qu'aux tempêtes maritimes du quadrant est. Les deux épis ont donc été mis en place pour protéger des vagues ces quatre tronçons (l'épi A protège les tronçons 4 et 5, et l'épi B protège les tronçons 6 et 7). Ces deux épis protègent donc de façon optimale ces 4 tronçons. Une fois le site ciblé, la position a été optimisée en fonction du microrelief de la plage et du moindre impact sur les herbiers existants.

Pour ce qui est des tronçons 1, 2 et 3, la mise en place d'épi n'a pas été étudiée, car ces tronçons sont autant exposés de l'ouest que de l'est. Il aurait donc été requis de mettre plusieurs épis afin de protéger des deux directions, et il n'y a pas de localisation optimale comme pour les tronçons 4 à 7. De plus, l'historique des enrochements déjà présents démontre que des ouvrages « bien dimensionnés » devraient tenir le coup sans besoin d'aménager d'épis. Les effets négatifs de ces ouvrages se sont manifestés, il y a plusieurs décennies et le milieu est actuellement en équilibre. La reconstruction des tronçons 1 et 3 en nouveaux enrochements, végétalisés cette fois, devrait même améliorer le milieu sur le plan non pas seulement esthétique, mais aussi hydrosédimentaire et écologique en général.

La mise en place des épis se fera par dépôt de l'enrochement sur le fond marin. La technique utilisée fait partie des méthodes de l'entrepreneur, elle nous est inconnue, pour l'instant. À titre d'exemple, l'entrepreneur pourrait transporter la pierre par camion aussi loin que possible à marée basse et ensuite, utiliser un convoyeur qui sera installé sur la crête de l'épi qui permettra d'acheminer l'enrochement jusqu'à la pointe de l'épi pour être déposé au fond de l'eau. Des rideaux de turbidité seront installés autour de la localisation proposée de l'épi avant de débiter la mise en place d'enrochement.

15. Les questions qui suivent traitent de la modélisation des vagues et de l'érosion de la plage.

a) Les modèles de vagues intègrent-ils la réflexion, la réfraction et la diffraction sur les épis? Veuillez expliquer et détailler l'influence de ces paramètres sur les processus d'érosion et de sédimentation à proximité des épis.

Réponse :

Les calculs de vagues de la SEBJ ne tiennent pas en compte ces facteurs. C'est pourquoi Stantec a réalisé les simulations avec MIKE 21.

Afin de répondre à cette question avec précision, nous devons confirmer le module de vague qui a été utilisé dans le modèle MIKE21 (MIKE21 permet d'utiliser 4 modules distingués), mais notre spécialiste en simulation est actuellement en vacances des fêtes et n'est pas joignable. Nous devrions être en mesure de vous revenir avec plus des détails sur la réflexion, la réfraction et la diffraction sur les épis avec notre réponse du 8 janvier.

b) Veuillez présenter et expliquer les forces impliquées (vitesse orbitale, force d'entraînement, force gravitationnelle, force de cisaillement, etc.) dans la mise en mouvement, le transport et la déposition des sédiments par les vagues et les courants littoraux. Veuillez comparer cette situation avec celle présentée au moyen du graphique de Hjulstrom qui vous permet d'affirmer que «Selon le diagramme d'Hjulstrom, les vitesses maximales de 0,1 m/s ne causent pas d'érosion, quel que soit le calibre des particules. » (PR3, p. 291 PDF).

Réponse :

Nous comprenons que les simulations MIKE 21 démontrent que les vitesses moyennes journalières sont de l'ordre de 0,1 m/s et l'érosion maximale peut atteindre un maximum 4 mm par année. Ceci est causé par des vitesses ponctuelles (horaires) plus élevées au flot et au jusant qui causent de l'érosion (voir question 19b). Les simulations montrent également la déposition des sédiments jusqu'à 10 mm/an dans certains secteurs.

Afin de répondre à cette question avec précision, nous devons confirmer le module de transport des sédiments utilisé dans le modèle MIKE21 (MIKE21 permet d'utiliser plusieurs modules distingués), mais notre spécialiste en simulation est actuellement en vacances des fêtes et n'est pas joignable. Nous devrions être en mesure à vous revenir avec plus des détails sur les forces impliquées avec notre réponse du 8 janvier.

16. Avez-vous apporté des modifications ou des améliorations au projet à la suite de la séance d'information et de consultation des citoyens tenue le 24 septembre 2018? Si oui, de quelles modifications ou améliorations s'agit-il?

Réponse :

Oui : la recharge de plage est devenue optionnelle; les géogrilles ont été retirées du concept; la recharge du tronçon 5 a été retirée; subdivision des tronçons : 3 en 3a et 3b; 6 en 6a, 6b et 6c; 7 en 7a et 7b.

17. Veuillez déposer le décret et la documentation afférente en lien avec les travaux effectués à la suite de la tempête d'avril 2019 sur la plage Jacques-Cartier ou fournir le lien permettant d'y accéder.

Réponse :

En pièce jointe, vous trouverez autorisation ministérielle 7430-03-23027-66.

18. Comment se comportent les herbiers présents au parc de la plage Jacques-Cartier au fil des années (ex. superficie et localisation)?

Réponse :

Contrairement à ceux de l'anse Saint-Michel situés près de la marina de Sillery (env. 7 km en aval) qui sont en constante érosion, ceux de la Plage Jacques-Cartier apparaissent stables en superficie et localisation au fil des ans. C'est une conséquence du relief de la zone intertidale avec des petits butons, des cuvettes rocheuses et des dépôts épars, exposée aux vagues, qui induit une faible étendue et densité de ces herbiers.

19. Il est mentionné que l'ajout d'épis devrait modifier les conditions hydrodynamiques et favoriser la sédimentation.

a) Ces simulations tiennent-elles compte de l'effet des vagues et des courants de marée?

Réponse :

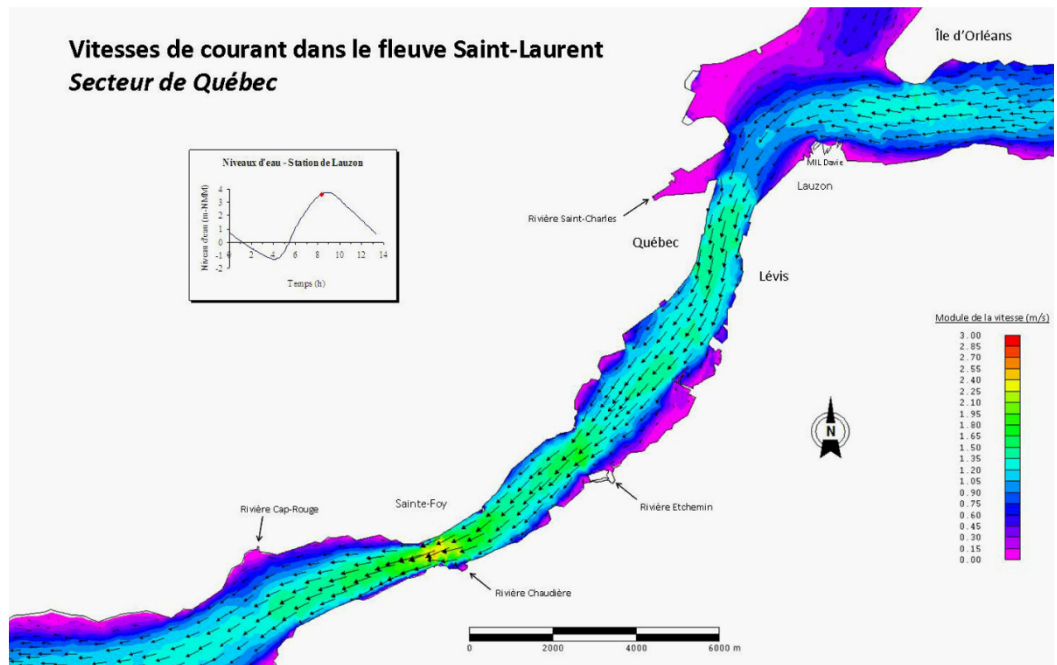
Oui. Les simulations MIKE 21 qui montrent la sédimentation/déposition incluent la combinaison des phénomènes de vagues, de marées et de débits du fleuve.

b) Compte tenu de l'importance des vitesses de courant dans le processus de sédimentation et de la possibilité de valeurs atteignant 1 m/s dans le secteur, veuillez produire une simulation qui impose une vitesse de 1 m/s et qui met en évidence les incidences sur la sédimentation, le transport et l'érosion.

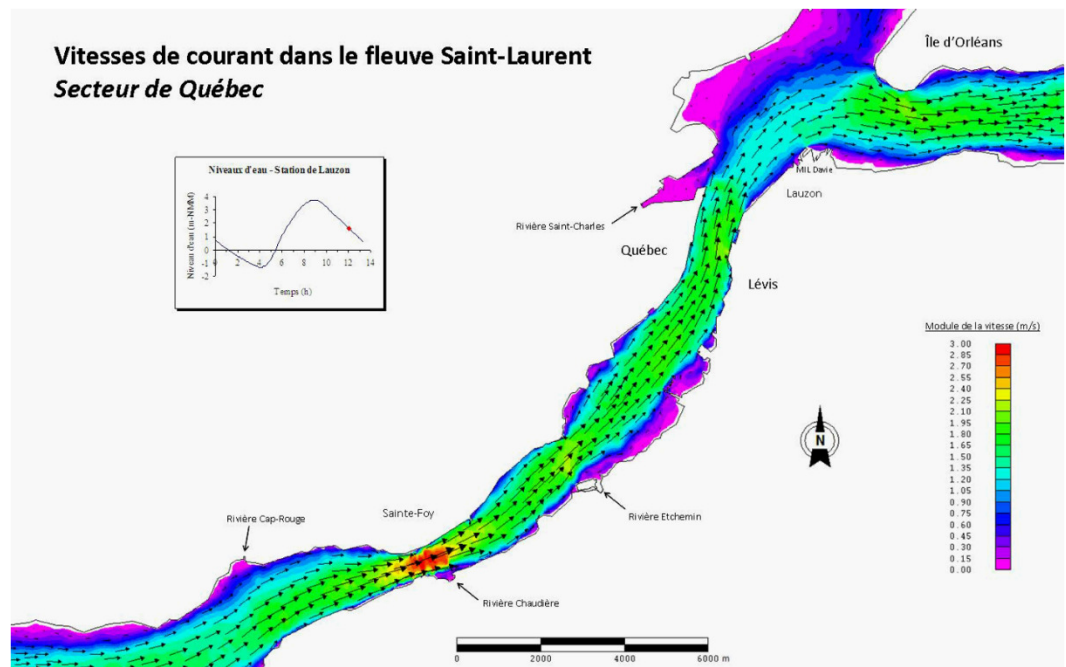
Réponse :

D'emblée, il importe de mentionner que des simulations additionnelles seront réalisées comme demandé le 16 décembre 2020 par la Commission, soit lors des grandes marées incluant les courants, les marées et les vagues. Les vitesses ainsi obtenues seront calculées à une échelle horaire pour évaluer la variation journalière lors d'une grande marée.

*Nous comprenons que la valeur de 1 m/s est présente dans la section 6.2 du rapport Stantec de 2019 (au flot et jusant). Les cartes marines ne détaillent pas les vitesses près de la plage. M. Pascal Matte, ing., Ph.D. qui est chercheur scientifique pour ECC Canada a partagé avec Stantec les résultats d'une simulation d'une marée de vive-eau typique et un débit de fleuve d'environ 25 000 m³/s. La résolution spatiale moyenne des mailles pour la modélisation est de 50 m. Ce modèle numérique montre que les vitesses de courant près des berges de la plage Jacques-Cartier (sur la rive nord, en face de St-Nicolas) tournent autour de **0,5 m/s** dans les deux directions (flot et jusant). En marée de vive-eau, les débits de marée sont de l'ordre de 50 000 – 60 000 m³/s. Les deux figures suivantes montrent les vitesses maximales (au flot et au Jusant) tirées de la simulation de M. Matte.*



Vitesses maximales au flot (gracieuseté de M. Pascal Matte, Environnement Canada)



Vitesses maximales au jusant (gracieuseté de M. Pascal Matte, Environnement Canada)

Dans un modèle hydrodynamique 2D, il n'est pas possible de fixer ponctuellement des vitesses, car il est seulement possible d'imposer les conditions aux frontières du modèle (marées, débit du fleuve et vent). Les vitesses sont calculées par le modèle.

La vitesse instantanée de 0,5 m/s produite par le modèle d'Environnement Canada pourra éventuellement causer une érosion plus importante que la vitesse moyenne de 0,1 m/s présentée dans l'étude de Stantec, mais la vitesse de 0,5 m/s a une durée limitée et ensuite la vitesse sera renversée (jusant et flot). Il est vrai que la vitesse 0,1 m/s ne montre pas les fluctuations journalières des phénomènes érosions, transport et déposition, mais elle montre quand même une tendance générale dans une journée critique avec des vagues du sud-ouest et une autre journée avec les vagues du sud-est (incluant les marées dans tous les cas).

Enfin, le bilan annuel est positif avec l'installation des épis avec des zones d'accumulation additionnelle des sédiments ou de l'étendue des zones avec réduction d'érosion (notamment les zones proches des talus).

Par ailleurs, des vitesses de 0,5 m/s n'auraient pas d'impact sur les enrochements des talus. Le plus petit D_{50} recommandé est dans le tronçon 4 avec un D_{50} de 0,55m calculer pour résister aux vagues. Celui-ci pourrait éventuellement résister à des vitesses plus importantes que 1 m/s. Selon la formule de Isbach, le D_{50} minimal pour assurer la stabilité des enrochements est 0.044 m (pente 1 :1) ou 0,035 m (pente 2H :1V) pour résister à une vitesse de 1 m/s. Ainsi, la stabilité des enrochements n'est pas à risque même en considérant la vitesse de 1 m/s.

20. L'initiateur mentionne que le schéma d'aménagement et de développement (SAD) de l'agglomération de Québec présente une affectation « parc et espace vert » pour la majorité de la portion terrestre de la zone d'étude. Pour la portion aquatique et la falaise derrière le tronçon 5, il s'agirait d'une affectation de « conservation naturelle ». Quels sont les avantages, les contraintes et le statut associés à ces différentes reconnaissances juridiques ou administratives? (PR5.2, p. 11).

Réponse :

La grande affectation du territoire « Parc et espace vert » autorise certains grands groupes d'usages (dont la vente au détail et l'hébergement) (page 178 du SAD révisé). Le plan d'urbanisme et le zonage de la Ville peuvent être plus restrictifs et interdire ces usages. La grande affectation du territoire « Conservation naturelle » « vise la préservation du caractère naturel des territoires visés, aucun usage n'est prévu » (page 178 du SAD révisé).

21. Vous mentionnez que les travaux sont prévus à l'automne 2021 et 2022 (ou printemps 2023), soit en dehors de la saison estivale jugée plus achalandée. À combien estimez-vous l'achalandage annuel dans le parc et sur quelle base faites-vous cette estimation? Si possible, veuillez fournir cette information par saison.

Réponse :

Nous n'avons actuellement pas de moyen de dénombrer mensuellement le nombre de visiteurs du parc de la Plage-Jacques-Cartier avec précision, mais nous savons que l'achalandage est plus grand en période estivale en raison des vacances. Les stationnements y donnant accès sont toujours pleins en période d'été tant par l'accès via le parc nautique de Cap-Rouge que par le chemin du Pavillon dans le secteur de Sillery, ce qui est très différent dans la période d'automne visée par les travaux.

22. Les citoyens auront-ils accès à une partie du parc de la plage Jacques-Cartier pendant les travaux? Si oui, à quels endroits auront-ils accès et quelles activités pourront-ils pratiquer pendant les travaux?

Réponse :

L'accès à une partie du site sera interdit selon les phases des travaux. Ainsi, lors des travaux du côté ouest (phases 1 – automne 2021 – tronçons 1 à 4 + épi A), l'accès par le chemin du Pavillon sera possible, et inversement, lors des travaux du côté est (phases 2 – automne 2022 – tronçons 5 à 7 + épi B), les usagers pourront accéder par le côté ouest. Cependant, les usagers ne pourront accéder aux sites des travaux qui seront ceinturés par une clôture. De plus, lorsque possible, un sentier de déviation temporaire pourra être aménagé, pour relier le sentier.

23. Les questions suivantes concernent les travaux qui seront réalisés pendant et en dehors des heures normales :

- a) Quelles influences les marées prévues à l'automne 2021 et 2022 ou au printemps 2023 et la photopériode auraient sur le calendrier de réalisation des travaux et la nécessité d'effectuer des travaux en dehors des heures normales?

Réponse :

L'horaire de réalisation des travaux dépend des choix d'ouvrages temporaires que mettra en place l'entrepreneur. Toutefois, si ce dernier ne mettait pas en place des mesures particulières pour travailler au sec, les travaux devront se réaliser en dehors de la limite des eaux. C'est-à-dire, lorsque la marée est descendante jusqu'à la marée montante, du moment que l'eau quitte le bas niveau des excavations jusqu'à ce que la marée montante atteigne le bas niveau des excavations. Ceci implique que les travaux seront réalisés selon un horaire qui correspond à la marée, car les marées hautes de vives-eux de jour empêcheront la réalisation de travaux sous la PMSGM, c'est-à-dire dans l'eau. Mais, toutes les marées basses et les marées hautes de mortes-eaux, sont des périodes de travail en zone exondée. Évidemment, il faudra aussi tenir compte, le cas échéant, des surcotes de marée de tempête.

- b) Quels moyens envisagez-vous pour prévenir les résidents du secteur que des travaux auront lieu au parc de la plage Jacques-Cartier pendant et en dehors des heures normales (ex. nature des travaux, début des travaux, durée des travaux)?

Réponse :

Tout d'abord, les travaux seront annoncés au préalable par le Service des communications de la Ville. Des lettres circulaires seront adressées à ceux qui résident à proximité du site des travaux.

Lorsque les travaux ont lieu en dehors de l'horaire permis au règlement sur le bruit (réf. Question 24), une dérogation doit être accordée par la Ville, et les résidents à proximité des travaux sont avisés en conséquence.

24. Veuillez déposer tout règlement concernant le bruit, y compris celui provenant des camions.

Réponse :

Vous pouvez trouver le règlement sur le bruit de la Ville de Québec en suivant le lien suivant :

<https://reglements.ville.quebec.qc.ca/fr/showdoc/cr/R.V.Q.978/>

25. Les questions suivantes concernent la gestion des plaintes :

- a) Comment l'initiateur assurerait-il la gestion des plaintes en lien avec son projet?

Réponse :

Toutes plaintes, concernant ce projet ou non, sont traitées via le système 311 de la Ville de Québec :

https://www.ville.quebec.qc.ca/nous_joindre/311/index.aspx

- b) L'initiateur envisage-t-il la mise en place d'un système de gestion des plaintes qui permettrait aux citoyens du secteur de formuler et transmettre facilement une plainte en lien avec le bruit, la circulation ou la gestion des accès au site, par exemple?

Réponse :

Toutes les plaintes concernant le projet sont acheminées au chargé de projet de la Ville via l'application interne SÉS@ME.

- c) De quelles façons les plaintes seraient-elles prises en charge, traitées puis transmises au responsable du chantier?

Réponse :

Une fois que le chargé de projet a pris connaissance d'une plainte, elle est transmise au responsable de projet et elle est traitée par celui-ci. Un retour doit être fait au requérant avant que la plainte soit fermée.

26. En vertu du principe *Prévention*, quelles seraient les conséquences des aléas naturels extrêmes sur le chantier? Quelles mesures l'initiateur s'engage-t-il à mettre en place pour anticiper et minimiser les conséquences de ces aléas?

Réponse :

Il est entendu que sur la période de réalisation des travaux, la possibilité que surviennent un ou des aléas extrêmes est bien présente.

Les aléas extrêmes possibles dans le cadre de tels travaux sont du domaine hydrométéorologique tels que les inondations, les ondes de tempête, les températures extrêmes et les tempêtes. Ils peuvent aussi être du domaine géologique comme les mouvements de terrain et séismes, ou encore, du domaine anthropique : contamination de sol, perte de biodiversité et pollution.

Les aléas hydrométéorologiques ont un impact direct sur la réalisation des travaux et peuvent être gérés par le biais de suivi, de mesures préventives, de méthodes de travail adaptées, de programmes spécifiques ou d'un plan de mesures d'urgence. Ces aléas sont plus prévisibles et généralement sont annoncés ainsi leur intensité, leur étendue et la durée des effets sont plus aisément connues. Dans le cadre des travaux en cours d'eau, il faut comprendre qu'ils sont habituellement réalisés à l'intérieur d'un batardeau pour limiter la propagation de particules fines dans le cours d'eau et permettre à l'entrepreneur de travailler au sec. Cette méthode de travail pourrait s'appliquer à la construction des épis, par exemple. Il y a aussi une possibilité de construction selon un horaire correspondant à la marée descendante jusqu'à 1 heure avant que la marée atteigne le bas niveau des excavations, pour permettre alors, le travail dans la zone hors de l'atteinte de la marée ou à l'intérieur d'un batardeau. Les cas les plus extrêmes d'ondes de tempête ou de tempêtes pourront être traités par un plan de mesures d'urgence préparé en bonne et due forme, et qui sera présenté au MELCC pour l'obtention du certificat d'autorisation.

Il est à noter que pour la période des travaux, des programmes spécifiques pour le suivi de la végétation et de la qualité de l'eau, et un plan de mesures d'urgence seront préparés au moment opportun lors de la production des plans et devis détaillés et lors de la production de la demande de certificat d'autorisation du MELCC.

Les autres aléas sont plus difficilement prévisibles et ne peuvent être traités par un programme spécifique ou un plan de mesures d'urgence. Toutefois, le Bureau de la sécurité civile de la Ville de Québec a des plans de mesures d'urgence à appliquer pour de telles situations d'exception.

27. Décrivez, dans ses grandes lignes, le suivi environnemental des herbiers et des habitats aquatiques.

Réponse :

Outre les informations inscrites à la section 11.2 « Programme de suivi environnemental » de l'étude d'impact, des précisions quant aux suivis applicables ont été données au MELCC dans les documents de réponses à leurs questions et commentaires (QC) au cours de son analyse de recevabilité. Celles-ci sont listées ci-après.

À la réponse 7 de la section 3.2 du premier addenda de réponses aux QC du MELCC, il est indiqué ceci : « Il est à noter qu'un suivi de l'évolution effectif des zones de sédimentation ainsi que de l'étendue, de la densité et de la composition végétale des herbiers, notamment au niveau des espèces à statut, permettraient de statuer sur le succès réel des diverses interventions projetées. »

Comme mentionné à la réponse à la QC-59 de l'addenda 1 (« Réponses aux questions du MDDELCC du 26 juillet 2018), dans la section 3.18 « Programme de suivi environnemental », l'initiateur s'est engagé à instaurer un suivi environnemental des herbiers et des habitats aquatiques.

Par ailleurs, à la question 10 de la section 4.2 « Complément d'information (courriel du 26 avril 2019) » de ce même addenda, une description complète du suivi à court, moyen et long terme pour les herbiers a été fournie. Il a été mentionné que le programme de suivi débutera par l'établissement d'un état de référence au droit des travaux prévus durant l'été précédant la réalisation des travaux. Celui-ci permettra de documenter les limites des herbiers susceptibles d'être touchés ainsi que leurs compositions floristiques, dont la présence d'espèces à statut particulier. Ces résultats serviront de valeurs de référence permettant de quantifier les changements en termes de superficie d'herbiers. Par la suite, au cours de l'année suivant les travaux, année 1, la composition et la délimitation des herbiers seront réévaluées. Les suivis devront dans tous les cas être réalisés entre le milieu et la fin d'août, c'est-à-dire lorsque la végétation aura atteint sa croissance maximale et lorsque les espèces à statut présentes, ou potentiellement présentes, dans ces herbiers seront identifiables.

Afin de permettre au milieu naturel de se stabiliser à la suite des travaux et aux herbiers de se propager, les suivis subséquents pourront être réalisés tous les deux ans soit, aux années 3, 5, 7, 9, 11, 13 et 15.

La cinquième année permettra de déterminer si des mesures correctives doivent être mises de l'avant. Dans le cas où des travaux de plantation de scirpes seraient requis, un plan de plantation serait produit et déposé au MELCC. Celui-ci indiquera où seraient effectués les plantations, les superficies concernées et le nombre de plants requis. La plantation se ferait au printemps suivant l'observation des actions correctives à appliquer afin que les plants aient le temps du bien s'implanter et de pouvoir survivre à l'hiver suivant. Un suivi des plantations sera réalisé l'année suivante (année 7) et par la suite, aux mêmes années que le suivi général de l'évolution des herbiers.

Un suivi minimal sur 15 ans est recommandé. Ce suivi sera jumelé au suivi topométrique des zones de recharges de plage (induites par la présence des épis et aussi potentielles, si le profil de la plage aux tronçons 4, 6 et 7 démontre un besoin de travaux de restauration et maintien dudit profil). Ainsi, des élévations pourront être prises à différents points, préétablis à la suite de la réalisation de l'état de référence pour chaque site.

En ce qui a trait aussi aux habitats aquatiques, la réponse donnée à la QC-50 de ce même addenda indiquait que « la portion de l'estran rocheux, qui fera effectivement l'objet d'un dépôt « permanent » de substrat meuble colonisable par des invertébrés pouvant servir à l'alimentation des poissons benthophages, n'est pas connue. Seul le suivi de la performance biologique des ouvrages aménagés permettra d'en délimiter les contours. C'est pourquoi l'envergure exacte du gain environnemental évalué au tableau 27 révisé n'est pas définitive et doit être considérée comme le minimum anticipé. La délimitation au GPS de la zone de sédimentation après deux ou trois années de suivi, soit après quelques tempêtes maritimes, devrait donner un portrait plus définitif de ce gain. Les délimitations de ces suivis devraient se faire vers la fin août de chaque année de suivi afin d'obtenir un portrait annuel de l'expansion maximale des herbiers et des zones de sédimentation, la période de croissance étant presque terminée et celle des tempêtes d'automne n'étant pas encore commencée. »

Cette réponse ajoutait aussi que le bilan environnemental global du projet en termes d'habitats littoraux sera positif, de telle sorte qu'aucun programme de compensation ne s'avérera nécessaire. Seul un suivi de performance biologique des aménagements sera effectué. Évidemment, si, pour de quelconques raisons inconnues, les résultats devaient ne pas s'avérer aussi bons que ceux anticipés, un programme de compensation sera alors élaboré et mis en œuvre à la satisfaction des autorités responsables.

28. Décrivez, dans ses grandes lignes, les suivis environnementaux des enrochements végétalisés, des épis et de la recharge de plage.

Réponse :

Comme mentionné à la section 11.2 « Programme de suivi environnemental » de l'étude d'impact, la Ville de Québec fera en sorte qu'un programme de suivi environnemental soit mis en place. Ce programme portera sur trois aspects, soit la pérennité et l'efficacité de l'enrochement pour contrer l'érosion des berges, la survie de la végétation dans l'enrochement et en haut de talus et le seuil déclencheur pour la recharge serait lorsque le suivi topométrique de la plage révélera un abaissement de son profil de l'ordre du décimètre.

Le suivi de l'enrochement (incluant les épis) s'effectuera par les représentants de la Ville sur une période de dix ans (aux années 1, 3 et 5 suivant chaque intervention). Ce suivi permettra de confirmer l'efficacité du concept de protection employé pour contrer l'érosion et d'apporter les correctifs au besoin. Les facteurs utilisés pour valider l'efficacité de chaque type d'interventions seront également décrits.

À propos des recharges, la réponse à la question QC 2-5 de l'addenda II du 27 avril 2020 indique que celles-ci seraient toujours incluses au projet, mais qu'elles seraient plutôt optionnelles, en fonction des résultats du suivi topométrique de la plage et des berges ainsi que du suivi des herbiers intertidaux. Ces suivis détermineront le besoin de mettre en place ou non de telles recharges. Ceux-ci seraient réalisés sur un horizon de 15 ans (1-3-5-7-9-11-13 et 15 ans). Des rappels de ce suivi sont mentionnés dans les réponses aux questions QC 2-10 et QC 2-13 du même addenda ainsi qu'à la réponse QC-37 du premier addenda du 16 décembre 2019.

Le tableau suivant, repris du résumé de l'étude d'impact, dresse un portrait des programmes de suivis prévus dans le cadre du projet.

SUIVI	DURÉE	RÉCURRENCE	DATE DE DÉPÔT DES RAPPORTS	OBJECTIFS
Suivi des espèces exotiques envahissantes	2 ans	Années 1 et 2 suivant l'année de réalisation des travaux		Évaluer si des EEE sont présentes et, au besoin, faire des recommandations de contrôle ou d'éradication.
Suivi des ouvrages de stabilisation	5 ans	Années 1 à 5 suivant la réalisation des travaux	Hiver suivant chaque année de suivi	Vérifier l'intégrité des structures et confirmer l'efficacité du concept de protection employé pour chaque tronçon afin de contrer l'érosion et d'apporter les correctifs au besoin.
Suivi de la végétalisation				Assurer la survie des végétaux plantés lors de la réalisation des travaux, de vérifier la progression de leur dispersion dans l'enrochement et en haut de talus ainsi que la reprise des herbiers aquatiques perturbés, le cas échéant. Émettre des recommandations sur l'entretien des végétaux au besoin et d'apporter les correctifs nécessaires, le cas échéant, comme le remplacement de plants morts.
Suivi des herbiers et des habitats aquatiques	15 ans	Années 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 et 15 ans suivant l'année de réalisation des travaux	Un mois suivant la visite du site	Vérifier la pérennité des herbiers, valider que leur superficie reste sensiblement toujours la même ou s'agrandit et, ou que la densité des végétaux augmente, et noter toute perturbation visible. Noter la présence d'EMVSD.
Suivi topométrique de la plage				Évaluer si les élévations augmentent ou diminuent et, le cas échéant, le besoin de procéder à une ou des recharges.

Veuillez agréer, Madame St-Gelais, l'assurance de ma considération distinguée.



Luc Ouellet, ing. MBA, Chef d'équipe
LO/ml

c.c : Daniel Lessard, ing. MAP, Directeur de service – Ville de Québec
Guy Laliberté, ing. DESS, Directeur de division – Ville de Québec
Chantal Émond, ing. Chargée de projet – Ville de Québec
Wendy Whittom, Conseillère en communication – Ville de Québec
Mario Heppel, Biol. Chargé de projet – Stantec
Ammar Taha, ing. Ph. D – Stantec