

Le 5 février 2021

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 à la cinquième série de questions

Madame St-Gelais,

En réponse à votre lettre du 26 janvier 2021, nous vous transmettons les
réponses complémentaires et finales au document qui vous a été transmis le
02 février à 9h.

Sur la conception, les scénarios et la construction des ouvrages

1. Vous mentionnez qu'il existe « un certain consensus auprès de divers organismes gouvernementaux, organismes académiques et autres organisations quant aux types d'approches [de stabilisation des berges] à privilégier » (PR3, p. 7.1). Quel est ce consensus et dans quelles mesures a-t-il guidé le choix des interventions à privilégier pour le site à l'étude? Veuillez appuyer vos propos de références scientifiques.

Réponse :

La question est tirée de ce passage de l'étude d'impact :

« Au cours des dernières années, la problématique d'érosion côtière est devenue un sujet courant de discussion au Québec, notamment le long des berges du fleuve Saint-Laurent. À cet effet, il a été possible de remarquer un certain consensus auprès de divers organismes gouvernementaux, organismes académiques et autres organisations quant aux types d'approches à privilégier. »

Basé sur l'expérience pratique des divers intervenants et sur leurs discussions entre eux lors d'événements (conférences, congrès, colloques, ateliers, réunions de travail, etc.), il s'agit d'un consensus général, sans références particulières, sur les faits résumés suivants :

- 1- *Compte tenu de ses impacts démontrés (effets de bout, érosion des plages, élimination de sources d'alimentation des systèmes hydrosédimentaires, modifications significatives des comportements hydrosédimentaires locaux et parfois régionaux, etc.), l'enrochement "pur" des berges devrait être une méthode de **dernier recours** à utiliser avec parcimonie;*
 - 2- *Les méthodes plus douces telles que le rechargement des plages avec un granulats de diamètre équivalent ou plus grossier que celui naturellement en place, et ce, avec ou sans ouvrages complémentaires de réduction des opérations récurrentes de recharges d'entretien (épis, brise-lames, déflecteurs, bermes subtidales, etc.), devraient être privilégiées partout où cela est possible c.-à-d. où les conditions physiques locales le permettent;*
 - 3- *Les méthodes douces de génie végétal « pur » (ensemencement, plantation, fagots, fascines, matelas de branches, etc.) ou « mixte » si les conditions du milieu sont plus dynamiques (palissade, caissons, végétalisation de murets de béton, de gabions ou d'enrochements, enrochements végétalisés, etc.) devraient aussi être privilégiées partout où cela est possible en fonction des conditions physiques locales (en milieu côtier à marée exposé à de fortes vagues de tempêtes, le génie végétal n'est utilisable qu'en arrière-plage, soit au-delà de la limite de la zone d'influence des vagues lors des marées de vives-eaux (> PMSGM ou LHE, selon le plus haut niveau atteignable). En raison de la submersion par les surcotes de tempêtes, les ouvrages de génie végétal pur ont davantage une vocation sacrificielle requérant des travaux récurrents d'entretien ou de restauration.);*
 - 4- *Tout autre programme d'intervention d'ouvrages durs ou plus lourds sans recharge (épis, champs d'épis, jetées, brise-lames, bermes subtidales, etc.) devrait faire l'objet d'une analyse avantages-coûts (AAC ou ACA) détaillée pour déterminer les interventions les plus appropriées sur chaque site.*
2. Vous mentionnez que deux chicanes seraient aménagées à travers l'épi B (DT1, p. 27). Veuillez illustrer approximativement où ces chicanes seraient aménagées à travers l'épi B. Veuillez également fournir un plan en coupe de ces chicanes.

Réponse :

L'analyse de la localisation des ouvertures à travers l'épi a permis de conclure qu'une seule chicane serait préférable, près du raccordement de l'épi B avec l'enrochement existant en talus. La seconde ouverture qui était proposée s'avèrerait être localisée dans l'herbier (H8) existant, ce qui amènerait les gens à marcher dans celui-ci pour avoir accès à la chicane. D'ailleurs, la présence de l'épi générerait un dépôt encore plus épais de vase silteuse recouverte d'un herbier plus dense, mais fragile au piétinement. En mettant la chicane plus loin vers le fleuve, la plus faible élévation de l'estran la rendrait non accessible de façon sécuritaire à marée basse, d'autant plus que les usagers devraient alors marcher dans l'herbier pour s'y rendre. De plus, la structure devenant plus haute par rapport au roc de l'estran, l'ouverture du passage formerait une brèche toute grande au sommet de l'épi en regard de l'objectif de briser les vagues et de protéger les berges attenantes.

3. Quelles seraient les incidences sur le design des épis (hauteur, largeur, pente, calibre de l'enrochement...) de la création d'espaces piétonniers sur leur sommet et pour la pratique de la pêche récréative?

Réponse :

Il n'est pas possible d'imaginer un plateau submergé à la cote prévue de 3,32 m tant en été qu'en hiver. Il faudrait alors rehausser la crête au-delà la LHE (4,5 m) pour protéger les usagers et le plateau de l'ouvrage. Ce plateau devrait, soit être résistant pour les 4 saisons ou être amovible à chaque automne. Les coûts d'opération et d'entretien-réparation seraient élevés. Ce rehaussement entraîne, directement, une augmentation l'empiètement dans le cours d'eau ainsi qu'une augmentation des coûts de travaux.

En complément à cette réponse, la Ville de Québec n'a pas ni les ressources, ni de lieu d'entreposage pour gérer un tel ouvrage amovible. Il faudrait alors opter pour un ouvrage permanent. L'incidence d'avoir une surface accessible aux piétons au sommet d'un épi se traduit par un impact visuel plus fort, avec une hauteur de 1,2 m de plus haut et une empreinte plus large d'environ 5 à 6 m dans le lit du fleuve pour le pied de l'épi. Il faut prévoir un accès au sommet avec une rampe menant à la surface planche d'un minimum de 3 mètres de large, le tout probablement en béton (une recherche serait à faire pour d'autres options). Il faudra également réfléchir sur le besoin d'une main courante sur une portion de l'ouvrage.

4. Vous affirmez qu'en utilisant des enrochements plus grands sur les berges, l'enrochement végétalisé sera lavé plus rapidement et que ça ne permet pas à l'enrochement végétalisé de résister plus longtemps (Ammar Taha, DT1.1, p. 46). Quels sont les conditions hydrodynamiques ou les critères de conception qui favoriseraient ce « lavage » plus rapide dans le cas du scénario d'enrochements sans épi en comparaison de celui avec épis?

Réponse :

Si les épis ne sont pas mis en place, l'énergie des vagues sera plus importante et les vagues seront plus hautes sur le talus des tronçons 4 à 7. La végétalisation mise en place sur l'enrochement serait alors plus exposée et inévitablement balayée par ces vagues. Cette végétalisation risque ainsi de ne pas résister bien longtemps. Ces hauts taux de mortalité obligent donc de relocaliser à une élévation plus haute, la limite basse de la végétalisation. De surcroît, la largeur plus étroite de la bande végétée serait également moins résistante aux vagues et à l'énergie de submersion. Il faut alors augmenter la hauteur de la crête de l'enrochement. Tout est une question d'équilibre des forces naturelles (hydrauliques vs biologiques structurantes du génie végétal mixte).

5. Vous indiquez, comme plusieurs auteurs, que : « les gens sont contre l'usage, autant que possible, d'enrochements [...] c'est l'intervention de dernier recours. » (Mario Heppell, DT1.1, p. 20). Qu'en est-il pour les enrochements végétalisés?

Réponse :

Les enrochements végétalisés constituent une technique mixte de génie végétal qui intègre d'emblée des mesures d'atténuation des impacts. Les arbustes (saules, cornouillers, etc.) sont insérés dans l'ouvrage et sont ainsi structurants parce que 1- ils sont ancrés dans le sol sous la couche en enrochement dudit ouvrage et que 2- leurs racines et tiges entourent densément les pierres contribuant à leur stabilité, au maintien en place des matériaux interstitiels et à l'emploi de pierres de plus petits calibres. Les tiges et leurs feuilles dissipent l'énergie hydraulique des vagues en saison de croissance et aussi en hiver, bien que dans une moindre mesure en raison de l'absence des feuilles. En hiver, les tiges peuvent aussi retenir le couvert nival ainsi que les glaces qui se forment autour d'elles, protégeant aussi les berges de l'assaut des vagues. L'énergie dissipée par la bande végétée limite en bonne partie la submersion du milieu terrestre au-dessus de la crête de l'ouvrage d'où une crête pouvant être moins haute, et limite aussi grandement l'érosion des matériaux meubles de la plage au pied par réflexion des vagues. Les tiges favorisent même la captation et la sédimentation sur cette plage des matériaux charriés en suspension dans les eaux. La plage y est ainsi d'autant plus protégée. D'autres avantages distinguent grandement un enrochement végétalisé d'un enrochement pur. L'important est surtout de retenir qu'un enrochement pur est un ouvrage qui accentue les vitesses de courants le long de celui-ci, et vers le large, par réflexion, ce qui cause des effets accrus d'érosion sur son pourtour, et parfois même bien au-delà.

6. Dans l'article que vous avez soumis à la commission, on peut lire : « La meilleure solution sur le plan environnemental serait d'enlever les enrochements et de reconstruire des berges plus naturelles avec des techniques de génie végétal. » (DA7.1, p. 38 sur 184 PDF). Au DA7.1 (p. 3 sur 184 PDF), on peut lire : « L'enrochement végétalisé ne constitue pas une technique de génie végétal en tant que telle, car le végétal ne participe pas directement à la résistance mécanique de la berge ». Et enfin, dans une présentation PPT soumise (DA7.1, https://qcbs.ca/wp-content/uploads/2016/08/Quebec_Phytotechnologies_Raymond.pdf p. 9 sur 74 PDF), il est mentionné, comme critère de décision entre les enrochements et le génie végétal que les enrochements sont déconseillés dans les aires récréotouristiques. Quelles sont les raisons scientifiques pour lesquelles, dans le cas de la plage Jacques-Cartier, vous n'avez pas analysé le scénario composé seulement du génie végétal?

Réponse :

Idéalement, la forte majorité des enrochements "purs" mondiaux devraient être remplacés et d'autant plus dans les secteurs écologiques d'intérêt et dans les secteurs récréotouristiques. Cela explique pourquoi aucun nouvel enrochement n'est proposé pour la plage Jacques-Cartier.

L'enrochement végétalisé proposé est une technique "**mixte**" de génie végétal. Elle n'a rien à voir avec la technique classique de végétalisation de la surface d'un enrochement qui en est une purement **esthétique**, même si elle peut aussi avoir une fonction d'habitat. Cette technique esthétique ne participe aucunement à la stabilité du milieu contrairement à l'enrochement végétalisé proposé dans le présent projet. Voir les définitions du glossaire à la page 2 des réponses aux QC du 16 décembre 2019.

La **plus importante raison scientifique** est l'exposition marquée des tronçons 5 et 7b aux vagues de tempêtes de l'ouest et des tronçons 4 et 6 à celles de l'est. Aucune structure de génie végétale ne saurait résister à de tels événements.

Dans ce projet, dans les tronçons 1 et 3, on propose de remplacer les enrochements existants par une technique **mixte** d'enrochements "végétalisés". Pour les tronçons 4, 5, 6b et 7b, ce sont aussi des ouvrages **mixtes** d'enrochements végétalisés qui sont proposés. Enfin, pour les tronçons 6c et 7a, ce sont des **ouvrages purs de génie végétal** qui ont été proposés parce que ce sont les seuls endroits où les conditions hydrodynamiques sont suffisamment faibles. Et encore pour le tronçon 7a, c'est uniquement parce que l'épi B est proposé, parce que sans épi, il faudra y faire aussi de l'enrochement végétalisé. Si cela avait été possible de mettre plus de génie végétal, cela aurait forcément été proposé. Le génie végétal n'est pas une panacée dans des milieux fortement exposés aux conditions de tempêtes. Rappelons que lors de la tempête d'avril 2019, les enrochements âgés de plus de 30 ans des tronçons 1 et 3 ont été sévèrement emportés, ce qui a induit un besoin urgent de réparation.

7. En considérant que les recharges de plage : « [...] ont davantage une fonction de « maintien durable du profil de plage » et d'accueil plus confortable des usagers de ces plages (substrat plus adéquat que celui des microplaquettes coupantes de shales) plutôt qu'une fonction de relèvement du profil afin de protéger les berges en éloignant les zones de dissipation de l'énergie des vagues (déferlement). Bien que cette dernière fonction se manifesterait aussi, celle-ci sera moins significative. » (PR5.2 (1 de 3), p. 91).
- a. Pourquoi les recharges de plage demeurent optionnelles dans une perspective de l'amélioration de la qualité et du confort des usagers?
- b. Quelles seraient les interventions possibles qui permettraient l'amélioration de la qualité et du confort des usagers au regard des plages?

Réponse :

- a) Les recharges restent optionnelles pour éviter d'avoir à refaire une nouvelle procédure d'étude d'impact (5000 m² et plus), si leur réalisation devenait nécessaire.
- b) Il s'agirait de l'usage de matériaux granulaires aux arêtes naturellement émoussées. (ex. : sable, gravier, cailloux).

8. À combien estimez-vous le coût total de construction du projet et d'entretien de la plage Jacques-Cartier sur une durée de 20 ans de (i) l'enrochement avec épis (ii) l'enrochement sans épi et (iii) sans enrochement supplémentaire? Notez que le scénario sans enrochement supplémentaire implique la finalisation des enrochements actuels aux tronçons 1, 2 et 3.

Réponse :

L'impact de l'enlèvement des épis aurait un impact sur la quantité et le taux de survie des végétaux mis en place en rive. Ainsi, le taux de perte de végétaux varie de 2 % à 10 % annuellement, selon l'aménagement du site. Le coût total de construction du projet et d'entretien de la plage Jacques-Cartier sur une durée de 20 ans :

	Coût de construction	Coût d'entretien sur 20 ans
i	5 109 622,85 \$	1 183 846,92 \$
ii	4 913 528,35 \$	3 505 391,11 \$
iii	2 860 747,56 \$	8 452 132,83 \$

Sur la modélisation

9. Pourquoi avoir choisi le modèle HEC-RAS pour la modélisation des courants de l'estuaire fluvial, autant dans le chenal principal qu'en rive?

Réponse :

Le modèle HEC-RAS avait été utilisé au début de l'implication de Stantec dans ce projet. À cette époque, l'objectif était d'évaluer l'ordre de grandeur des vitesses afin de déterminer si le courant est la raison de l'érosion des berges. HEC-RAS est le logiciel le plus utilisé au Québec pour simuler les écoulements à surface libre en rivière pour les études hydrauliques. Il tient en compte les débits et les variations de niveau d'eau imposés par les marées. À la suite du dépôt du premier rapport, des discussions avec le MELCC, Stantec et la Ville ont eu lieu, et il avait été conclu qu'un modèle plus raffiné était nécessaire pour tenir en compte différents facteurs qui n'étaient pas jusqu'alors pris en compte (vagues, sédimentation/érosion). Donc, le modèle HEC-RAS ne représente que la partie préliminaire du projet.

10. Quels sont les critères qui vous ont amenés à retenir HEC-RAS et MIKE 21 parmi tous les logiciels disponibles? Sont-ils mieux adaptés à l'analyse des situations estuariennes?

Réponse :

À la suite du dépôt du premier rapport, des discussions avec le MELCC, Stantec et la Ville ont eu lieu, et il avait été conclu qu'un modèle plus raffiné était nécessaire pour tenir en compte des vagues, sédimentation/érosion. Le modèle MIKE 21 avait été jugé acceptable par tous (notamment le MELCC), car il tenait en compte les critères demandés.

11. Les modèles MIKE 21 et HEC-RAS ont-ils des limites d'utilisation qui biaiseraient les résultats?

Réponse :

Afin de répondre aux questions du MELCC, le modèle HEC-RAS avait des limitations, car il ne tenait pas en compte des vagues, ni de la sédimentation et de l'érosion et c'est pourquoi le modèle MIKE21 avait été utilisé. Le modèle Mike 21 contient un module pour tenir compte des vagues, des sédiments et des marées. Ce modèle est très utilisé dans le monde et au Canada.

Au début du janvier 2021, nous avons refait des simulations et avons constaté dans la réponse aux questions du BAPE, que MIKE 21 ne tenait pas compte du renversement du débit au flot et jusant. En faisant les simulations en imposant des débits fictifs qui changent la direction, nous avons pu produire le phénomène du renversement du débit. Toutefois, pour considérer un bilan annuel, il serait nécessaire d'obtenir les débits horaires et leur direction (données manquantes) et de les imposer aux conditions frontières.

12. Quelle confiance peut-on avoir en la modélisation proposée et à la probabilité que les aires de sédimentation et d'érosion se réalisent? Justifiez votre réponse.

Réponse :

Tel qu'indiqué à la réponse précédente, MIKE 21 ne tient pas en compte du renversement du débit au flot et au jusant afin de déterminer avec précision les zones. Il est possible que ce phénomène ait une incertitude sur les aires de sédimentation et d'érosion.

Si les débits horaires d'inversement des marées sont obtenus, il serait possible de les appliquer aux conditions frontières pour voir l'impact sur la sédimentation/érosion avec plus de précision. Il en reste que les simulations avec débit journalier moyen sont faites pour une année moyenne ou seront faites avec les débits horaires pour une période spécifique (si ces débits sont rendus disponibles). Jusqu'à maintenant, il reste donc toujours une certaine incertitude associée à la précision des données disponibles.

13. Quelle confiance peut-on avoir dans les débits hypothétiques présentés au document DA4.1 (p. 3) compte tenu des valeurs imposées?

Réponse :

Les débits hypothétiques simulés dans la dernière réponse aux questions du BAPE sont dans l'ordre de grandeur des débits des résultats du modèle de M. Pascal Matte (Environnement Canada). Le niveau de confiance demeure ainsi relativement bon. La simulation avec débits hypothétiques visait à montrer un scénario typique et à montrer que le renversement des débits causé par le flot et jusant peut être modélisé, si les débits horaires et leur direction sont fournis (données manquantes) et que l'ordre de grandeur de la vitesse maximale atteinte sur la plage reste de l'ordre de 0,5 m/s.

Sur la sédimentation avec le projet

14. Vous indiquez que la vitesse instantanée de 0,5 m/s pourra causer une érosion plus importante que la vitesse de 0,1 m/s présentée dans l'étude de Stantec, mais que cette vitesse de 0,5 m/s a une durée limitée.
 - a. Veuillez présenter les effets de vitesses de 0,5 m/s sur l'érosion et la sédimentation en comparant la situation actuelle, l'enrochement sans épi et l'enrochement avec épis.
 - b. Veuillez présenter les effets de vitesses de 1 m/s sur l'érosion et la sédimentation en comparant la situation actuelle, l'enrochement sans épi et l'enrochement avec épis.

Réponse :

Les périodes journalières de courants rapides observables sur l'estran ne se produisent que durant une heure ou deux lors des changements de marées hautes-basses (flot-jusant). Pour la forte majorité du temps, le courant reste relativement plus faible et favorable à la sédimentation. Il est certain que le cas le plus critique causera de l'érosion (en jusant), mais Stantec est d'avis que, lors de flot, c'est le phénomène inverse qui se produit. Les sédiments transportés par le fleuve se déposent sur les berges, lorsque les vitesses sont réduites. Les commentaires émis lors des séances du BAPE étaient basés sur des cas extrêmes et ne peuvent pas représenter la totalité du bilan sédimentaire. La Ville a demandé à ECCC de leur fournir le calcul des débits à partir de leur modèle sur une période annuelle (si c'est disponible), car elle n'a pas de mesures des débits horaires qui peuvent servir à calculer le bilan sédimentaire annuel en tenant compte des fluctuations journalières.

En complément, nous rappelons que la vitesse de 0,1 m/s est un résultat des simulations et n'est pas une condition imposée. Par ailleurs, si une vitesse de 0,5 m/s ou 1 m/s est imposée en permanence, elle ne représenterait pas la réalité. Pour bien représenter les vitesses instantanées, il faudrait les appliquer sur leur durée réelle. Pour ce faire, il faudrait réaliser les modélisations de manière encore plus précises et appliquer les débits horaires (ou de plus court intervalle) variables et leur direction dans le modèle.

15. La section 7.4 de l'étude hydraulique du 26 février 2019 présente la simulation des vagues à l'aide du modèle MIKE 21 (PR5.2 (1 de 3), p. 158 PDF). Le tableau des vitesses simulées sur la rive (Tableau 11, PR5.2 (1 de 3), p. 169 PDF) présente des valeurs atteignant près de 1 m/s (0,98 m/s) dans un scénario avec épis pour un vent de récurrence 25 ans.
 - a. Quels seraient les effets instantanés sur le transport et la dynamique sédimentaire de ces vitesses de courant?
 - b. Quels seraient les effets combinés sur l'érosion et la sédimentation de vent de récurrence 25 ans et de niveau d'eau de récurrence 20 ans?

Réponse :

a. La section 7.4 montre des conditions constantes pendant 1 mois, et non pas un phénomène instantané. La vitesse de 0.98 m/s dont il est question est située au PT-3 du scénario 3 (avec épis et vent du sud-ouest). Comme montré dans le tableau 13 de la section 7.4.6, des conditions constantes pendant 1 mois entraînent une érosion de 0,055 m au point PT-3. Le point PT-3 correspond au point qui a le plus d'érosion, parmi les points à l'étude.

b. Le scénario 5 correspond au vent 25 ans combiné au niveau des marées 20 ans. Il faut noter que ces simulations sont en conditions constantes (marée, débit, vents) et ne servent qu'à comparer les scénarios 3 et 5. Le tableau 13 et la figure 39 montrent les effets du haut niveau d'eau. Le tableau 13 montre qu'aux points de contrôle, il y a plus d'érosion avec le niveau de 20 ans comparativement au niveau de la marée haute moyenne.

16. En réponse à la question 1 du DQ1.1, vous référez à l'étude de *Caractérisation du régime hydrosédimentaire de la Plage-Jacques-Cartier* (PR5.2, p. 315 PDF) laquelle quantifie l'évolution récente des berges de 2011 à 2017 à l'aide des données LiDAR. Quelle est la marge d'erreur de la méthodologie utilisée?

Réponse :

Les données LiDAR de 2011, 2012 et 2017 présentent une précision planimétrique de 25 cm et une précision altimétrique variant de 15 à 30 cm d'après les métadonnées des tuiles utilisées. Bien que la triangulation des nuages de points (XYZ) de chacune des années peut induire une certaine erreur relativement à l'emplacement des points qui diffère entre chacune des années, la méthode présente une marge d'erreur de l'ordre de quelques dizaines de centimètres (XYZ).

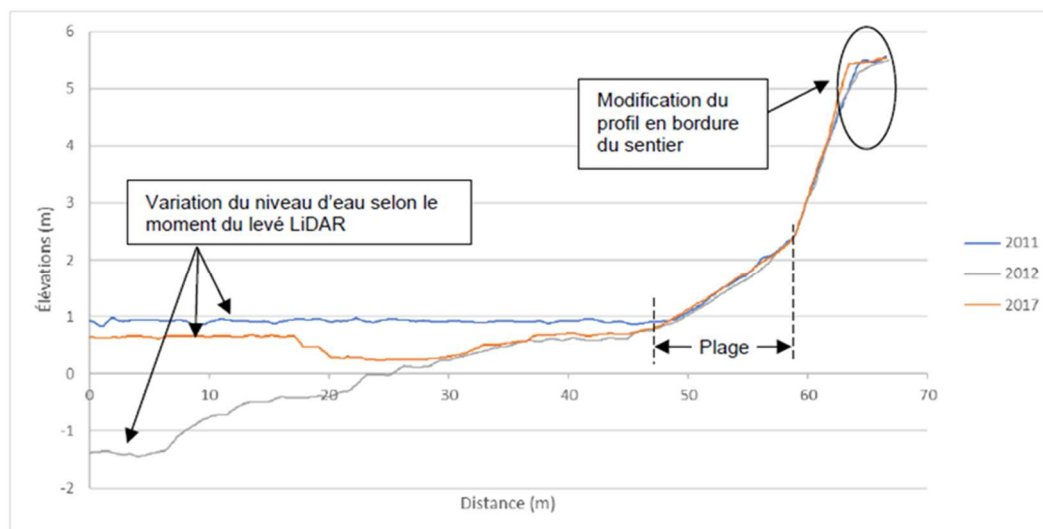
La comparaison des données LiDAR s'avère une méthode beaucoup plus précise que la comparaison multitudes des photographies aériennes puisque l'erreur associée au géoréférencement est éliminée.

17. Quels ont été les effets de la mise en place des enrochements des tronçons 1 à 3 ainsi que de celui situé entre le tronçon 6 et 7 sur la plage (largeur, volume de sédiments, taille des sédiments, pente, etc.) pas sur la berge?

Réponse :

Puisque les enrochements ont été mis en place avant 2011, aucune donnée topographique détaillée (LiDAR) ne permet de comparer les profils de plage avant et après leur construction. De même, l'étude de Norda Stelo (2016) portant sur la comparaison de photographies aériennes multitudes montre que la plage a évolué au fil du temps avant même la mise en place des enrochements, notamment par l'ajout de matériaux de remblai. Par conséquent, il n'est pas possible d'isoler les changements à la plage uniquement attribuables à la mise en place des enrochements. Aucune information concernant la granulométrie des sédiments n'est également disponible avant la construction des enrochements.

Par ailleurs, la comparaison des profils de plage entre 2011 et 2017 effectuée dans l'étude sur la dynamique sédimentaire (Stantec, 2019) alors que les ouvrages mis en place montrent un état de stabilité relative ou un léger recul du profil de plage, tout en conservant une largeur et une pente comparable. La figure suivante illustre l'exemple du tronçon 2 :



Comparaison des profils topographiques de la plage du tronçon 2 en 2011, 2012 et 2017.

18. Veuillez présenter sur la même série de photos aériennes que pour les herbiers (à marée basse et sur 20 ans) la localisation des plages dans les limites de l'aire d'étude. Pour chacune de ces années, veuillez mesurer la superficie et la largeur de chaque polygone.

Réponse :

Les cartes demandées sont présentées en annexe et les données demandées dans le tableau ci-dessous. La photo-interprétation a été réalisée sur le cordon de plage, c'est-à-dire la bande de dépôts meubles pouvant être utilisée par les visiteurs, entre le talus et les affleurements rocheux ou les herbiers. Précisons que la photo-interprétation ne permet pas toujours de définir avec précision si les dépôts meubles visibles sont dans un talus ou sur le plat. Le cordon de plage a été séparé en différents segments qui semblaient plus homogènes visuellement et a permis de faire des calculs plus précis au niveau des largeurs.

Année	Superficie totale (m ²)	Largeur min. (m)	Largeur max. (m)	Largeur moy. (m)
2003	25889,53	1,63	31,35	11,72
2007	32163,08	2,01	33,80	13,33
2013	30567,43	1,40	33,54	12,11
2015	26522,83	2,90	31,71	10,84
2018	28658,25	1,03	28,52	11,09
2020	28355,43	1,38	30,48	11,06

19. Lors de la première partie de l'audience publique, au sujet de l'apport sédimentaire, vous avez indiqué : « Effectivement, actuellement, c'est les berges qui alimentent la plage et c'est la rivière qui vient encore engranger le sol de la plage. [...] le bilan sédimentaire montre que dans certains endroits, le bilan est positif. Donc, il y a des dépôts de sédiments qui se font. » (Amar Taha, DT1.1, p. 30), alors que M. Heppell a indiqué : « On est en déficit sédimentaire, il n'y a pas vraiment... c'est... il n'y a que de l'érosion, que de la perte en ce moment. » (Mario Heppell, DT1.1, p. 31). Dans l'analyse de la dynamique sédimentaire le long de la plage Jacques-Cartier (DA2) vous indiquez que le régime sédimentaire est dominé par l'érosion et que la principale source sédimentaire locale est la rivière Cap-Rouge.

a. Qu'est-ce qui explique la présence des plages le long des berges du parc de la Plage-Jacques-Cartier?

Réponse :

La plage est essentiellement issue du remaniement des dépôts meubles en place (terrasse et matériaux de remblai) sous l'effet des conditions géomorphologiques (relèvement isostatique et encaissement du fleuve à travers les dépôts meubles) et hydrauliques (marées, vagues, courants). La plage n'est pas une construction littorale (accumulation de sédiments) mais le résultat de l'érosion d'une construction plus ancienne (terrasse) mise en place alors que le niveau d'eau était plus élevé. Aujourd'hui, une portion des matériaux érodés est en fait des matériaux de remblai mis en place au cours du 20^e siècle, tel que démontré dans l'étude de Norda Stelo, 2016).

- b. Veuillez indiquer clairement la source des sédiments qui composent les plages le long des berges du parc de la Plage-Jacques-Cartier?

Réponse :

Suivant la dernière glaciation, le secteur à l'ouest de la colline de Québec a été libéré des glaces avant 13 130 ans BP (Verville, 2010). À cette même période, la mer postglaciaire de Champlain occupait déjà le secteur. À son extension maximale dans la région de Québec, la mer a atteint une altitude variant entre 210 et 235 m. Le secteur a connu au cours de l'Holocène quelques variations, à la hausse comme à la baisse, du niveau marin relatif. En réponse au relèvement isostatique postglaciaire, le retrait graduel des eaux marines a ensuite permis à la rivière du Cap Rouge de s'encaisser à travers ses propres alluvions, de manière à s'ajuster au niveau de base en continue régression. De même, le passage de la Mer de Champlain, au proto-Saint-Laurent, puis au fleuve actuel, a mené à la mise en place de formes de terrain reflétant cette baisse d'élévation du niveau d'eau. Dans la zone d'étude, le parc de la Plage-Jacques-Cartier est lui-même basé sur une basse terrasse de 7 m d'élévation. C'est aujourd'hui dans le talus littoral longeant cette basse terrasse que la plage s'est développée.

Celle-ci étant dominée par l'érosion, aucune source sédimentaire externe, par transport fluvial, ne l'alimente significativement. Les sédiments apportés par le fleuve ne font que transiter le long de celle-ci. Dans les faits, la plage ne fait que reculer sous l'effet de l'érosion vers la falaise rocheuse qui borde le parc.

- c. Comparer la taille des sédiments transportés par la rivière du Cap Rouge et par le fleuve (PR5.2 (1 de 3), p. 90 PDF) en comparaison de ceux retrouvés sur les plages et de ceux composant les berges du secteur à l'étude. Veuillez présenter votre réponse sous forme de tableau.

Réponse :

Des données granulométriques sont uniquement disponibles pour quatre (4) stations d'échantillonnage (trappes à sédiments) situées dans le bassin versant de la rivière du Cap Rouge (Roche, 2010) ainsi que pour neuf (9) stations situées le long de la Plage-Jacques-Cartier (Stantec, 2019). Les résultats disponibles sont colligés au tableau ci-dessous et l'emplacement des sites d'échantillonnage est présenté aux deux cartes qui suivent. Puisque la classification granulométrique diffère entre les deux études (taille des tamis variables), les résultats sont présentés sous la forme d'une terminologie quantitative afin d'homogénéiser les résultats. La terminologie est la suivante :

- | | |
|--------------------------------------|--------------------|
| • Traces : | < 10 % |
| • Un peu : | 10 – 20 % |
| • Silt à silt graveleux : | 20 – 35 % |
| • Sable et gravier : | > 35 % |
| • Matériau principal (ex. : sable) : | Fraction dominante |

Dans le cas des données granulométriques disponibles pour le bassin versant de la rivière du Cap Rouge, seules les données identifiées comme « pouvant être exploitées » par l'auteur ont été compilées. Ainsi, les données qualifiées « d'exploitables avec prudence » et « ne pouvant être exploitées » (Roche, 2010) n'ont pas été conservées.

Autrement, aucun résultat d'essai granulométrique n'est disponible quant aux sédiments transportés par le fleuve ou composant la berge du secteur à l'étude.

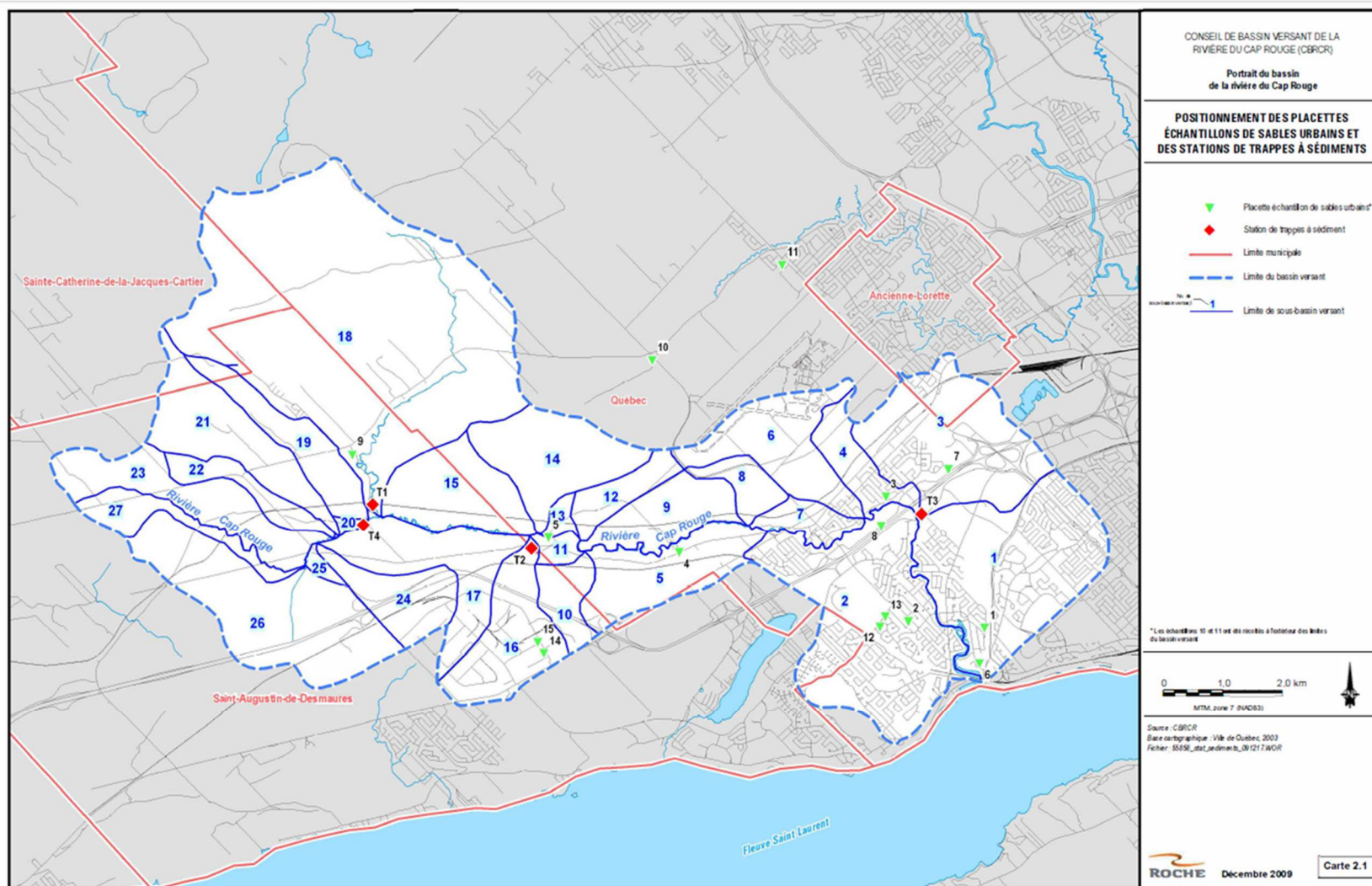
Lieux	Site d'échantillonnage	Description de l'emplacement du site	Granulométrie ¹	Source
Sédiments en transport (trappe à sédiments)				
Bassin versant de la rivière du Cap Rouge	T-3-1 (27 juin 2009)	Tributaire sans nom du sous-bassin No.3	Sable , traces de silt et d'argile	Roche, 2010 ²
	T-3-2 (25 juillet 2009)	Tributaire sans nom du sous-bassin No.3	Sable silteux, traces d'argile	
	T-2-2 (25 juillet 2009)	En aval de T-1, sur un tributaire sans nom qui draine le sous-bassin no. 16	Sable silteux, traces de silt	
	T-1-1 (25 juillet 2009)	Branche principale (nord-est) qui alimente le cours principale de la rivière du Cap Rouge	Sable, traces de silt et d'argile	
	T-3-2 (1er aot 2009)	Tributaire sans nom du sous-bassin No.3	Sable, traces de silt et d'argile	
	T-1-2 (1er août 2009)	Branche principale (nord-est) qui alimente le cours principale de la rivière du Cap Rouge	Sable, traces de silt et d'argile	
	T-4-2 (1er août 2009)	Rivière du Cap Rouge, en amont de la confluence du tributaire de T1	Sable, traces de silt et d'argile	
	T-3-1 (17 août 2009)	Tributaire sans nom du sous-bassin No.3	Sable, un peu de silt, traces d'argile	
	T-2-1 (17 août 2009)	En aval de T-1, sur un tributaire sans nom qui draine le sous-bassin no. 16	Sable silteux	
	T-1-1 (17 août 2009)	Branche principale (nord-est) qui alimente le cours principale de la rivière du Cap Rouge	Sable, un peu de silt, traces d'argile	
	T-1-2 (17 août 2009)	Branche principale (nord-est) qui alimente le cours principale de la rivière du Cap Rouge	Sable silteux, traces d'argile	
	T-3-1 (28 août 2009)	Tributaire sans nom du sous-bassin No.3	Sable, un peu de silt, traces d'argile	
	T-2-1 (28 août 2009)	En aval de T-1, sur un tributaire sans nom qui draine le sous-bassin no. 16	Gravier, traces de sable, de silt et d'argile	
	T-1-1 (28 août 2009)	Branche principale (nord-est) qui alimente le cours principale de la rivière du Cap Rouge	Sable, un peu de silt, traces d'argile	
	T-4-2 (28 août 2009)	Rivière du Cap Rouge, en amont de la confluence du tributaire de T1	Sable silteux, traces d'argile	
	T-3-1 (27 septembre 2009)	Tributaire sans nom du sous-bassin No.3	Sable, traces de silt et d'argile	
T-1-1 (27 septembre 2009)	Branche principale (nord-est) qui alimente le cours principale de la rivière du Cap Rouge	Sable, traces de silt et d'argile		
T-4-1 (27 septembre 2009)	Rivière du Cap Rouge, en amont de la confluence du tributaire de T1	Sable, traces de silt et d'argile		
Sédiments déposés (échantillonnage manuel)				
Plage Jacques-Cartier	1	Plage du tronçon 7	Sable graveleux, traces d'argile et de silt	Stantec, 2019 ³
	2	Plage du tronçon 7	Sable graveleux, traces d'argile et de silt	
	3A	Plage du tronçon 7	Sable, un peu de gravier, traces de silt et d'argi	
	3B	Plage du tronçon 7	Sable graveleux, traces d'argile et de silt	
	4	Plage entre le tronçon 6 et l'enrochement situé plus en aval	Sable graveleux, traces de silt et d'argile	
	5A	Plage du tronçon 6	Sable, un peu de gravier, traces de silt et d'argi	
	5B	Plage du tronçon 6	Sable graveleux, traces de silt et d'argile	
	6	Plage du tronçon 5	Sable, un peu de gravier, traces de silt et d'argi	
	7A	Plage au fond de l'anse entre les tronçons 4 et 5	Sable graveleux, traces de silt et d'argile	
	7B	Plage au fond de l'anse entre les tronçons 4 et 5	Sable graveleux, traces de silt et d'argile	
	8	Plage directement en amont du tronçon 4	Sable graveleux, traces de silt et d'argile	
	9A	Plage du tronçon 3, au pied de l'enrochement	Sable, un peu de gravier, traces de silt et d'argi	
	9B	Plage du tronçon 3, au pied de l'enrochement	Gravier sableux, un peu de silt	

¹ La classification granulométrique utilisée n'étant pas constante d'une étude à l'autre, la granulométrie des échantillons analysés a été adaptée à la classification du *Unified Soil Classification System (USCS)*

² Roche, 2010. Projet de recherche et développement sur le transport sédimentaire dans le bassin versant de la rivière du Cap Rouge. N/Réf. 55858-100, 165 p.

³ Stantec, 2019. Étude hydraulique, modélisation 2D et solution technique pour les berges de la plages Jacques-Cartier (version 04). 76 pages et 6 annexes.

Synthèse des données granulométriques disponibles dans le bassin versant de la rivière du Cap Rouge et le long de la Plage-Jacques-Cartier



Emplacement des trappes à sédiments T1 à T4 situés dans le bassin versant de la rivière du Cap Rouge



Emplacements des échantillons 1 à 9 situés le long de la Plage-Jacques-Cartier

- d. De quelles façons et en fonction de la modification de quels paramètres hydrosédimentaires le régime sédimentaire actuel, dominé par l'érosion, pourrait évoluer vers un régime sédimentaire en accumulation?

Réponse :

Afin d'évoluer vers un régime sédimentaire en accumulation, la mise en place d'épis est nécessaire. Ces aménagements permettent de réduire l'énergie des vagues qui atteignent la berge et également de réduire les vitesses d'écoulement à proximité du rivage.

Puisque le transport sédimentaire de la rivière du Cap Rouge vers son estuaire s'effectue plus aisément à marée descendante et à marée basse, les sédiments sableux ne font que transiter devant la Plage-Jacques-Cartier alors qu'il n'y a pas de contact entre les eaux du fleuve et la plage (voir figure ci-dessous).



Par conséquent, la plage ne peut être alimentée en sédiments que durant la période de haut niveau d'eau où l'eau et la plage sont en contact (voir figure ci-dessous). Durant cette période, l'apport sédimentaire du fleuve est favorisé aux dépens de l'apport sédimentaire de la rivière du Cap Rouge. Puisque la charge sédimentaire du fleuve est réputée être composée de sédiments plus fins que plus grossiers, un milieu de très faible énergie est requis pour permettre la sédimentation au niveau de la plage. Pour assurer l'occurrence de cette période de haut niveau d'eau et de maintien d'un faible niveau d'énergie, la mise en place d'épis est nécessaire afin de protéger le littoral des vagues et des courants.



Par ailleurs, il importe de mentionner que la mise en place des épis aura essentiellement pour effet de favoriser la sédimentation sur la portion inférieure de l'estran (secteur au droit et au pourtour des herbiers) et non pas sur la plage de sédiments meubles existante. Puisque les épis seront submergés à marée haute, des vagues de bonne intensité continueront d'atteindre la plage, notamment lors d'événements extrêmes.

20. Dans le PR5.2 (1 de 3) vous indiquez que : « Selon la conclusion de ce rapport, [Simulations additionnelles pour l'étude hydraulique, modélisation 2D et solution technique pour les berges de la Plage-Jacques-Cartier] les épis de 3,32 m de hauteur ont globalement un meilleur effet au niveau de la sédimentation sur les plages et de la protection des berges que ceux d'une hauteur de 2,00 m ou 4,51 m. » (PR5.2 (1 de 3), p. 91 PDF) alors que la conclusion de ce rapport indique : « les épis ne révèlent aucun impact au point NS-1. » et « la présence des épis, notamment pour une élévation entre 2 m et 3,32 m géodésique, a un impact très positif en matière de recharge de plage à l'endroit NS-5 alors cet impact devient négatif avec une érosion légèrement plus importante aux points NS-2 et NS-4. » (PR5.2 (2 de 3), p. 45 PDF).
- a. Veuillez confirmer que l'effet positif des épis sur la sédimentation ne se ferait sentir qu'au point NS-5 situé au droit du tronçon 7.
- b. Quels sont les résultats qui vous permettent d'affirmer que les épis ont globalement un meilleur effet au niveau de la sédimentation?

Réponse :

Bien que le but principal des épis soit de réduire l'impact des vagues de grandes portées, aucune nette amélioration n'a été constatée lors des modélisations en passant de la hauteur 3,32 m à 4,51 m, alors que l'augmentation entre la hauteur 2 m et 3,32 m a montré un résultat encourageant en termes de déposition de sédiment (recharge).

Complément pour 20 a) : Parmi les 5 points identifiés, il est vrai que la sédimentation est seulement au point 5. Toutefois, l'impact de l'épi B se fait sentir devant tout le tronçon 7, comme montré sur la figure 5-1. Plusieurs points pourraient être choisis devant le tronçon 7 et on verra une tendance forte à la sédimentation, comme montré sur la figure 5-1.

Pour ce qui est des points NS-2 et NS-4, ceux-ci sont situés relativement loin de l'épi A d'où le faible impact de l'épi. Toutefois, la figure 5-1 montre qu'il y a une grande zone de sédimentation devant le tronçon 5, près de l'épi A.

Complément pour 20 b) : En l'absence des données des débits horaires (comme mentionné à la réponse de la question 14), Stantec est d'avis (sans pouvoir l'affirmer) que le jusant (avec eau chargée de sédiments) pourra partiellement déposer ses sédiments dans les zones à faible vitesse (plage), mais le flot déplacera (érodera) ces sédiments durant un temps très limité (une heure ou deux au maximum chaque jour). Ainsi, même si les résultats positifs de sédimentation sont déjà anticipés, le bilan local ne pourra pas être confirmé tant que les débits horaires n'auront pas été obtenus et les modélisations, réalisées. En attendant cette confirmation et en tenant compte de débit moyen journalier (seule information disponible à ce jour) avec les vagues et hauteurs de marées horaires ainsi que les concentrations mensuelles de matières en suspension (MES), la figure 5-1 (objet de cette affirmation) montre qu'il y a des zones de sédimentation plus grosses avec la mise en place des épis, comparativement à l'état existant.

Sur le transport des matériaux et ses incidences

21. Au PR5.2 (1 de 3), p. 4 et 5, vous estimez qu'un total de 1224 voyages aller-retour serait nécessaire pour la disposition des matériaux de déblais et qu'un total de 1995 voyages aller-retour serait nécessaire pour apporter au chantier les matériaux de remblais.
- a. Veuillez mettre à jour les informations précédentes en complétant le tableau ci-dessous pour l'ensemble des travaux de chacune des deux phases, et ce, selon deux scénarios différents. De plus, considérant que la recharge de plage est optionnelle et qu'elle n'est pas prévue aux phases 1 et 2 du projet, veuillez ne pas considérer les voyages aller-retour associés à celle-ci dans vos estimations.

Réponse :

Scénarios	Phase 1		Phase 2	
	Nombre total de voyages aller-retour	Nombre maximum de voyages aller-retour par jour	Nombre total de voyages aller-retour	Nombre maximum de voyages aller-retour par jour
Enrochements avec épis	(S/O, aucun épi en phase 1)	10-15	1458 (talus) + 360 (épis)= 1818 <i>Voir note 1</i>	20-30
Enrochements sans épi	713 (talus)	10-15	2457 (talus) <i>Voir note 2</i>	20-30

Note 1 : Détail des quantités des talus (calculé préalablement)

Talus	Camion
Enrochement végétalisé des talus 3b, 4, 5, 6b, 7b	1297
Enrochement + Génie végétal 6a	82
Génie végétal 6c et 7a	47
Réparation enrochement (ouest du 7a)	32
Total	1458

Note 2 : Ces volumes considèrent la hauteur et l'épaisseur des enrochements présentés sur les plans. Si les épis ne sont pas mis en place, les enrochements pourraient avoir une moins bonne performance.

Talus	Camion	Note
Enrochement végétalisé des talus 3b, 4, 5, 6b, 7b	1297	Pas de changement
Enrochement + Génie végétal 6a	82	Pas de changement
Enrochement + Génie végétal 6c	82	Travaux et ampleur similaires au tronçon 6a
Enrochement végétalisé 7a	482 (déblais) + 482 (remblais) = 964	Volume approximatif de l'enrochement : 10 m (largeur)*1,66 m (épaisseur)*290 m (longueur) = 4814 m ³
Réparation enrochement (ouest du 7a)	32	Pas de changement
Total	2457	

- b. Veuillez fournir une carte illustrant le ou les tracés qui seront potentiellement utilisés par les véhicules lourds pour l'ensemble des travaux de chacune des deux phases, et ce, à partir du lieu où les véhicules lourds quittent l'autoroute jusqu'à leur arrivée au parc.

Réponse :

Voir carte en annexe.

- c. Veuillez fournir (i) le pourcentage actuel de véhicules lourds dans la circulation annuelle (ainsi que le DJMA, si possible, par type de véhicules) sur les tracés qui seront potentiellement utilisés par les véhicules lourds, et ce, à partir du lieu où les véhicules lourds quittent l'autoroute jusqu'à leur arrivée au parc (ii) une estimation de l'augmentation, en pourcentage, du nombre de véhicules lourds sur ces mêmes tracés en raison des travaux qui seront effectués au parc de la Plage-Jacques-Cartier, et ce, pour chacune des deux phases du projet.

Réponse :

Voici le tableau des DJMA :

Axe	Secteur	DJMA total (deux directions) (Véhicules / jour)	Volume des VL (camions / jour)	Volumes de VL additionnels	Proportion des VL par rapport aux DJMA
Chaudière	Secteur Mendel	5017	50	50	2%
	Secteur Provencher	6182	62	50	2%
	Secteur Promenade-des-Sœurs	8347	83	50	2%
Jean-Gauvin	Secteur Hêtrière	11413	114	50	1%
	Secteur Promenade-des-Sœurs	6641	66	50	2%
	Secteur Chaudière	7364	74	50	2%
Chemin Saint-Louis	Secteur Pie XII	8458	85	80	2%
	Secteur des ponts	11344	113	80	2%

Note : Les proportions observées dans le secteur sont de 2 %. Veuillez vous référer à la carte en annexe pour la localisation des secteurs pour chacune des deux phases.

VL : Véhicules lourds

- d. Quelles incidences la circulation des véhicules lourds aura-t-elle pour les résidents?

Réponse :

Dans une situation normale, la proportion des véhicules lourds par rapport au volume total véhiculaire se situe autour de 2 %. Nous observons qu'en ajoutant les véhicules lourds dans l'ensemble, on reste dans la normale, d'autant plus qu'ils sont concentrés sur les axes principaux.

Vous référer au tableau de la réponse 21 a).

22. L'initiateur a-t-il l'intention de compenser les GES qui seront émis dans le cadre du projet, soit une quantité estimée à 93,4 tonnes? *Notez que selon le site Carbone Boréal de l'Université du Québec à Chicoutimi, afin de compenser les émissions de CO2 du projet, il serait nécessaire de planter 651 arbres ou payer environ 2 600\$.*

Réponse :

La Ville de Québec est consciente des émissions de GES pouvant être associées à chaque projet qu'elle réalise ou qui est réalisé sur son territoire. Elle travaille d'ailleurs fort afin de mettre en place les moyens permettant de les réduire à la source. Une réflexion quant à la

possibilité de compenser les émissions de GES de certains projets devrait être menée à l'interne afin de statuer sur les implications ainsi que sur la meilleure façon de procéder afin de s'assurer de la cohérence des protocoles de compensation sous-jacents. Une fois cette réflexion complétée, la Ville de Québec serait mieux positionnée afin de faire les meilleurs choix pour compenser les émissions de GES associés à ce type de projet.

Sur les événements météorologiques et hydrologiques récents

23. La Ville de Québec est intervenue au parc de la Plage-Jacques-Cartier pour des travaux plus importants en 2016 (PR3, p. 3.1) (affaissement d'un sentier qui a requis un détournement) et 2019 (sur les tronçons 1 et 3). Veuillez documenter les événements météorologiques et hydrologiques à la source de ces dommages. Notamment, préciser la date des événements, la direction et la force du vent, la hauteur et la direction des marées, le débit du fleuve, ainsi que leur récurrence équivalente. Toute autre information pertinente à la compréhension de ces événements est bienvenue.

Réponse :

Selon les informations disponibles, les dommages auraient eu lieu durant les mois de mai 2016 et avril 2019, mais la date exacte de déclenchement est inconnue. La journée avec le vent maximal (Aéroport Jean-Lesage) et la journée avec la marée haute maximale (station Neuville) ont été identifiées. Le tableau suivant compile ces données. Nous n'avons pas à notre disposition des données de débits du fleuve de 2016 et 2019.

Comme il ne s'agissait pas d'événements ayant une grande période de retour, il est de notre avis que les dommages viennent de l'accumulation de détérioration causée par des événements antérieurs et les événements de mai 2016 et avril 2019 sont principalement le déclencheur de la rupture de 2019.

Mai 2016

	Date/heure	Vents	Direction	Récurrence de vent associée	Marée haute / basse durant ce cycle de marée	Récurrence associée à la marée haute / basse
<i>Vent maximal</i>	9 mai 2016 à 11 h	41 kmh (à 11 h)	280°(ouest)	Inférieure à 2 ans	Géodésique : 4.28m à -0.30m (Zéro des cartes : 5.65 à 1.08)	Inférieure à 2 ans
<i>Marée haute max.</i>	5 mai 2016 à 8 h (marée basse à 17 h)	24 kmh (à 15 h)	290°(ouest)	Inférieure à 2 ans	Géodésique : 4.49m à -0.12m (Zéro des cartes : 5.86 à 1.26)	Inférieure à 2 ans

Avril 2019

	Date/heure	Vents	Direction	Réurrence de vent associée	Marée haute / basse durant ce cycle de marée	Réurrence associée à la marée haute / basse
<i>Vent maximal</i>	4 avril 2019 à 14 h	54 kmh (à 14 h)	270°(ouest)	Inférieure à 2 ans	Géodésique : 3.17m à -0.9m (Zéro des cartes : 4.55 à 0.48)	Inférieure à 2 ans
<i>Marée haute max.</i>	24 avril 2019 à 10 h (marée basse à 19 h)	25 kmh (à 11 h)	70°(est)	Inférieure à 2 ans	Géodésique : 4.79m à 0.87m (Zéro des cartes : 6.17 à 2.25)	Marée haute de récurrence entre 5 et 10 ans

Sur la fréquentation du parc et la promenade de l'Ouest

24. À combien estimez-vous la capacité d'accueil ou la capacité de support du parc de la Plage-Jacques-Cartier?

Réponse :

La Ville de Québec évalue la fréquentation actuelle du site entre 150 000 et 200 000 visiteurs annuellement. Considérant que les stationnements existants (incluant ceux dans le secteur du parc nautique) sont généralement en surcapacité et qu'il n'y a pas de place pour en construire d'autres sur le site, la Ville estime que la capacité de support de la Plage-Jacques-Cartier est atteinte sous cet aspect. En réponse à la question, on pourrait ainsi associer le nombre de 200 000 visiteurs à la capacité de support du site de la Plage-Jacques-Cartier.

Cependant, la capacité d'accueil de la clientèle piétonne composée de promeneurs qui se déplacent est une donnée différente et, à ce niveau, le site n'est pas considéré comme ayant atteint sa pleine capacité.

Il faut noter que la Ville n'a jamais procédé à un comptage de l'achalandage selon une méthode scientifique. Il s'agit ici d'une évaluation exhaustive basée sur l'expérience de gestion des espaces extérieurs à la Ville de Québec.

25. Veuillez fournir une carte illustrant la connectivité du parc de la Plage-Jacques-Cartier, au sentier des Grèves ainsi qu'à la promenade Samuel-de-Champlain. La carte devrait illustrer :
- Les limites de chacun des parcs;
 - Le début et la fin de chacun des sentiers;
 - Les discontinuités entre les sentiers, s'il y en a;
 - L'usage des sentiers : piétonnier et/ou cyclable, de même s'ils sont partagés et/ou séparés (si applicable);
 - Les éléments qui limitent l'accessibilité aux sentiers (ex. escaliers);
 - Les stationnements.

Réponse :

Voir la carte en pièce jointe.

26. Veuillez décrire la connexion qu'il y aura éventuellement entre le parc linéaire de la rivière du Cap Rouge et le parc de la Plage-Jacques-Cartier (DT2, p. 23).

Réponse :

Localisé entre le parc de la Plage-Jacques-Cartier et le parc linéaire de la rivière du Cap Rouge, le parc nautique représente un point de services commun et la connexion entre les deux parcs linéaires.

Dans le cadre du Plan de mise en valeur des rivières de la Ville de Québec, de nouveaux sentiers et espaces publics sont prévus le long de la rivière du Cap Rouge, en particulier à l'embouchure de la rivière, ce qui permettra une meilleure connexion pour les piétons avec le parc nautique et le fleuve, donc également avec le parc de la Plage-Jacques-Cartier. Les aménagements prévus qui serviront à relier les 3 parcs se concentrent sur les piétons, par exemple la bonification de l'accès piéton au parc nautique à partir de la rue St-Félix, l'aménagement d'une traverse piétonne bien identifiée, de nouveaux sentiers le long de la rivière permettant de boucler la promenade hors rue, des aménagements qui mettent en valeur l'embouchure de la rivière, etc. De la signalisation viendra orienter et informer les promeneurs sur les services et l'offre récréative des trois parcs qui permettront un parcours unique, de la rivière au fleuve. Pour plus de détails, voir le plan de mise en valeur de la rivière du Cap Rouge sur le site de la Ville de Québec

<https://www.ville.quebec.qc.ca/apropos/planification-orientations/environnement/eau/rivieres/riviere-cap-rouge.aspx>

Sur le paysage

27. Veuillez fournir des photographies et simulations visuelles des tronçons afin de pouvoir analyser l'impact des ouvrages sur le paysage.
- Pour le tronçon 4 :
À partir de la photographie ayant servi de simulation visuelle à la page 53 du PR5.4, veuillez fournir une simulation visuelle à **marée basse** de la situation future pour le scénario enrochements avec épis (3.32 m).

Réponse :

Pour le tronçon 4, vous trouverez la simulation visuelle demandée jointe au présent document.

b. Pour le tronçon 5 :

La commission est intéressée d'obtenir des photographies et simulations visuelles ayant un point de vue depuis le sentier vers le fleuve. Si disponibles, veuillez fournir les photographies et simulations de :

- 1) La situation actuelle;
- 2) La situation future avec le scénario enrochements avec épis;
- 3) La situation future avec le scénario enrochements sans épi;
- 4) L'épi A (3.32 m) **à marée basse**.

Réponse :

Pour le tronçon 5, nous ne détenons pas actuellement de photographies offrant une vue adéquate pour réaliser ces simulations visuelles.

c. Pour le tronçon 6 :

La commission estime que les photographies et simulations visuelles du PR5.4 p. 50 et p. 51 ne reflètent pas précisément les situations actuelles et futures du tronçon 6. Veuillez donc fournir des photographies et simulations visuelles plus adéquates :

- 1) D'un point de vue de la plage vers le sentier illustrant :
 - La situation actuelle;
 - La situation future avec le scénario enrochements avec épis;
 - La situation future avec le scénario enrochements sans épi, si la taille de l'enrochement varie avec l'option sans épi.

Réponse :

Vous trouverez des simulations visuelles représentant le tronçon 6 aux conditions demandées jointes au présent document.

- 2) D'une vue de l'épi B depuis le tronçon 6c, **à marée basse**.

Réponse :

Vous trouverez une vue de l'épi B depuis le tronçon 6c à marée basse jointe au présent document.

d. Pour le tronçon 7 :

1) À partir de la photographie ayant servi de simulation visuelle à la page du PR5.4, veuillez fournir une simulation visuelle des épis B et A à 3.32 m à **marée basse**.

Réponse :

La nouvelle simulation visuelle avec un épi de 3,32 m est jointe au présent document.

2) À partir de la photographie ayant servi de simulation visuelle à la page 52 du PR5.4, veuillez fournir une simulation visuelle de la situation future avec le scénario enrochements sans épi.

Réponse :

La simulation visuelle demandée est jointe au présent document.

28. Avez-vous réalisé une analyse du paysage indépendamment de l'information disponible au rapport d'ÉIE? Si oui, veuillez déposer le rapport. Par ailleurs, veuillez décrire l'unicité (ou non) du paysage du parc par rapport aux paysages que l'on retrouve à l'échelle de la Communauté métropolitaine de Québec.

Réponse :

Aucune analyse du paysage supplémentaire n'a été réalisée dans le cadre du projet.

L'analyse suivante a été réalisée par Mme Marie-Ève Garon, architecte paysagiste chez Stantec Experts-conseils ltée.

Le parc de la Plage-Jacques-Cartier présente un paysage très peu commun au sein des paysages de la communauté métropolitaine de Québec dû à son contact direct avec le fleuve Saint-Laurent. En fait, à part dans le secteur de Saint-Augustin-de-Desmaures, un peu plus l'ouest en amont, il s'agit du seul autre paysage forestier littoral jusqu'aux Chutes Montmorency, voire même avant la Côte de Beaupré, encore plus à l'est. Le Domaine de Maizeret, aussi forestier, du moins en partie, est coupé directement du littoral par la présence de l'autoroute Dufferin-Montmorency (A-440), et ne peut donc prétendre être similaire.

Les accès au fleuve avec rives à caractère naturel restent assez limités dans la région métropolitaine de Québec, ce qui confère au parc de la Plage-Jacques-Cartier une grande valeur en ce qui a trait à ses qualités visuelles. Voici les caractéristiques du site qui participent à sa valeur visuelle et à l'unicité de son paysage:

- La présence d'un milieu boisé naturel à proximité du fleuve, comprenant des écosystèmes forestiers d'une grande qualité;*
- La présence d'une promenade riveraine avec ses battures et ses terrasses marines, représentative des milieux naturels riverains de la région;*
- La plage Gagnon, située à proximité du site (environ 750 m en aval), constituant l'une des rares plages de sable naturelles de la Ville de Québec;*
- La falaise boisée (promontoire de Québec) ceinturant le site au nord, représentative de la géomorphologie unique de la région;*

- La présence de vues ouvertes vers l'estuaire d'eau douce du fleuve Saint-Laurent et vers la falaise boisée de la rive sud offrant une grande qualité scénique du paysage;
- La présence de vues emblématiques vers le pont Pierre-Laporte et le pont de Québec, deux éléments marquant l'entrée de la Capitale nationale et constituant des paysages identitaires de la région.

29. Actuellement, les berges de la Plage-Jacques-Cartier présentent des ouvrages de stabilisation sur environ 38 % de leur longueur totale (PR5.2, p. 329 PDF). Quelle serait la situation, en pourcentage, une fois le projet complété en considérant les scénarios d'enrochements avec et sans épis?

Réponse :

Tel que présenté dans le tableau des empiètements disponible dans le document PR5.5, la longueur des ouvrages de stabilisation ne change pas en fonction de la présence des épis, mais plutôt de leur composition (type d'ouvrage, hauteur, calibre). Le tableau en question montre 1 212 m d'ouvrages de stabilisation, mais inclut des réparations d'enrochements qui sont déjà existants. En excluant ces réparations, on obtient 1 000 m de talus à stabiliser avec des ouvrages divers, soit 46 % de la longueur totale des berges du parc. En ajoutant les ouvrages déjà existants, on obtient donc 84 % de la longueur totale ayant recours à des ouvrages de stabilisation, qu'il y ait présence d'épis ou non.

Le tableau suivant montre la longueur nécessaire d'enrochement (toute forme confondue) nécessaire le long des talus de plage avec et sans épis, tout en incluant les données actuelles. La présence des épis permet de stabiliser environ 300 m avec du génie végétal uniquement. Sans compter qu'ils permettent également de réduire le calibre et la hauteur des enrochements présents.

	Longueur (m)				%
	Enrochement non végétalisé	Enrochement végétalisé	Génie végétal seulement	Total d'enrochement	
Actuel	525	290	0	1214	56
Avec épis	0	689	311		
Actuel	525	290	0	1493	69
Sans épi	0	968	32		

Sur la falaise, le sentier et la sécurité

30. La carte fournie en DQ1.3 présentant les marges de sécurité entre la berge et le sentier pour les tronçons 1 à 3 ne correspondent pas aux valeurs du tableau 2.3 de l'étude de Norda-Stelo (2016). Quelles sont les valeurs de marge de sécurité effectives pour les tronçons 1 à 3?

Réponse :

Dans le tableau de Norda Stelo, il est écrit que la valeur de 0 m est approximative et sur le plan d'arpentage, on voit bien que cette largeur est comprise entre 0 et 1,2 m (tronçon 2) ou 1,5 m (tronçon 3). Nous considérons qu'il s'agit d'un zéro approximatif.

31. À la question 7b du DQ1.1 vous indiquez que : « 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 » (DQ1.1, p. 12) Veuillez confirmer que le talus qui serait excavé est bien le talus de la berge et non le talus de la falaise situé derrière. Dans l'éventualité où le recul des ouvrages par excavation dans les talus serait impossible, quelles seraient la ou les solutions envisagées?

Réponse :

Effectivement, l'engagement de la Ville est que la protection de talus n'empiètera pas davantage dans le cours, partout où cela est possible. La pente de la protection de talus sera excavée à même la berge. Dans le cas où l'espace serait trop restreint pour permettre un adoucissement de la pente de la protection de talus, diverses mesures pourraient être mises en place comme la construction de murets de soutènement, par exemple, ou encore à cet endroit, la pente de la protection de talus ne serait simplement pas adoucie.

32. Vous affirmez que la falaise est dangereuse parce qu'il peut y avoir des éboulis (Guy Laliberté, DT1.1, p. 73) alors que vous considérez que la stabilité de celle-ci n'est pas préoccupante (DQ1.1, p. 11).

- a. Veuillez préciser votre position sur les risques associés à la falaise et sur la gestion de ceux-ci ?

Réponse :

La falaise située le long du sentier du parc de la Plage-Jacques-Cartier présente une formation rocheuse constituée essentiellement d'un schiste argileux gris et rouge par endroit. Elle est en partie boisée ou recouverte de végétation. La falaise cause en effet des éboulis par endroit. Ces éboulis sont gérés par la Ville de Québec de façon ponctuelle selon les risques associés. Dans le cas d'un ébouli plus sévère, la Ville fait faire des expertises géotechniques à l'externe, toujours en sécurisant premièrement les lieux le cas échéant.

- b. Vous indiquez que des marges de sécurité suffisamment larges doivent être maintenues en bas de talus (DQ1.1, p. 11). Quelles sont les marges qui doivent être maintenues en bas de talus pour chacun des tronçons visés par le projet pour assurer la sécurité des usagers du parc?

Réponse :

Pour chacun des tronçons, les marges de sécurité ne sont pas chiffrées ou calculées sans un avis d'expert en géotechnique qui doit tenir compte de toutes les particularités de chaque secteur en question. Des études de stabilité de la falaise pourraient être faites pour chacun des tronçons. Établir tout simplement une distance équivalente à la hauteur du talus comme étant la marge serait trop irréaliste pour le contexte en question étant donné l'espace restreint des sentiers en place par endroit. C'est pourquoi on juge que les marges actuelles devront être maintenues au minimum, avec les précautions nécessaires (mur de béton, barrières ou autres) dans des secteurs plus susceptibles d'avoir des éboulis.



Chantal Émond, ing., Chargée de projet
CE/ml

c.c : Daniel Lessard, ing. MAP, Directeur de service – Ville de Québec
Guy Laliberté, ing. DESS, Directeur de division – Ville de Québec
Luc Ouellet, ing., MBA, Chef d'équipe – Ville de Québec
Wendy Whittom, Conseillère en communication – Ville de Québec
Mario Heppell, Biol. Chargé de projet – Stantec
Ammar Taha, ing. Ph. D – Stantec