

Annexe 8

Rapport sur l'état de l'enrochement produit par GENIVAR en 2010

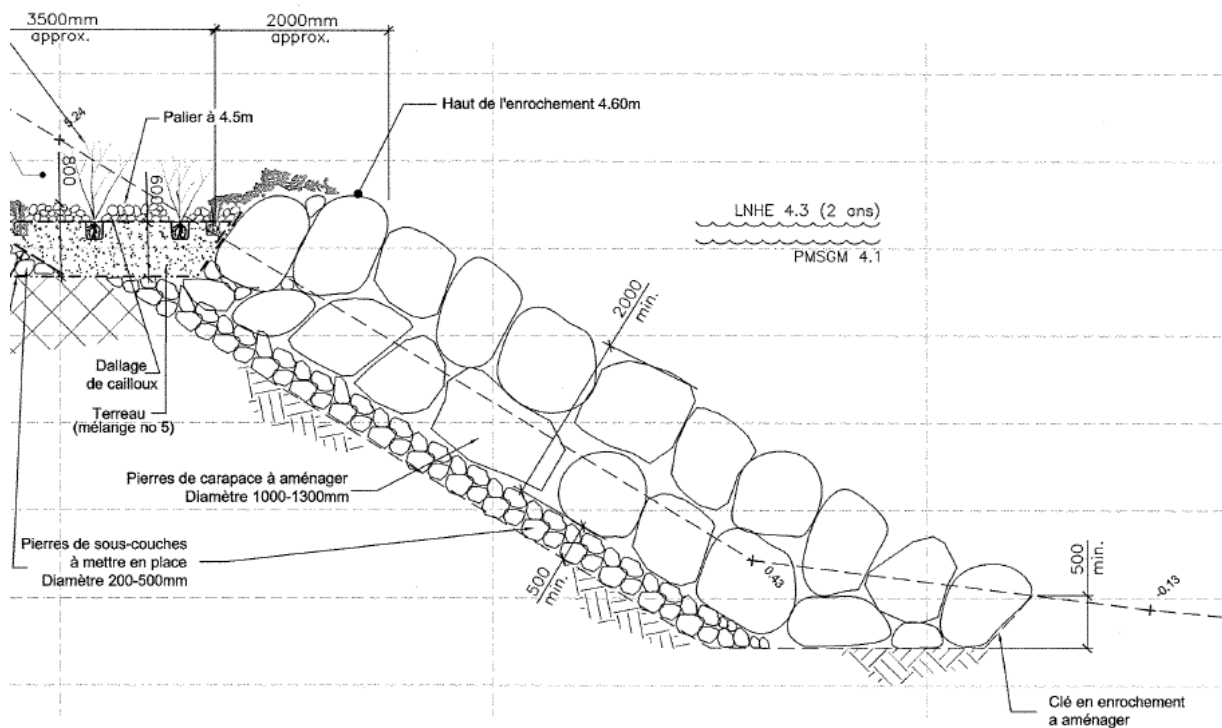
NOTE TECHNIQUE

DESTINATAIRE(S) : Commission de la Capitale nationale du Québec
EXPÉDITEUR : M. Steve Renaud, GENIVAR
COPIE : M. Jacques Desjardins
M. Etienne Cormier
DATE : 11/11/2009
OBJET : **Évaluation des besoins en restauration des enrochements de protection le long de la Promenade Samuel-De Champlain – Phase 3**
N/réf. : Q120591

Dans le cadre de la phase 3 du projet de la Promenade Samuel-De Champlain, une évaluation des besoins en restauration des enrochements est requise pour réaliser un estimé détaillé des coûts du projet. Une visite des lieux a donc été réalisée le 29 octobre 2009, à marée basse afin de constater l'état des lieux. Les relevés d'arpentage effectués par la firme Géolocation inc. ont été utilisés pour déterminer les hauteurs de talus en enrochement à réhabiliter.

Le présent document décrit les observations effectuées ainsi que les estimations en volumes de matériaux requis pour stabiliser la rive, ainsi que les volumes pouvant être récupérés des enrochements existants. Des photographies des lieux sont aussi jointes pour appuyer les propos.

Afin de mieux décrire les interventions et de mieux estimer les volumes de pierres requis, un axe de chaînage de référence a été positionné sur les plans des ouvrages projetés (voir en annexe). Deux types de restauration des enrochements sont considérés : une réhabilitation complète qui consiste à enlever et reconstruire les couches de pierres de carapace et le rechargement de pierres dans des cavités, lorsque l'état général de l'empierrement est bon. La réhabilitation de l'enrochement consiste à retirer les pierres de carapace, à reprofiler la sous-couche et à reconstruire, pierre par pierre, les deux couches composant la carapace selon une pente de 1V :1,75 H. Les pierres existantes de taille et de qualité adéquates doivent être conservées et utilisées pour la reconstruction. Les volumes de pierres manquants doivent quant à eux être importés.



Coupe-type d'une protection en enrochement

Enfin, des recommandations générales et un tableau synthèse sont fournis en guise de conclusion.

Tronçon 1 (0+050 à 0+200)

L'enrochement de cette section est composé d'une seule couche de pierres rondes granitiques de bonne qualité. Leur taille moyenne est de 800 à 1000 mm. Les pierres rondes sont toutefois placées de manière désordonnée et selon une forte pente. Une grande partie des pierres de carapace composant le bas de talus ont été déplacées et la sous-couche y est aussi apparente. On y retrouve beaucoup de débris de béton. La photo 1549 montre la démarcation entre le haut et le bas du talus ainsi que la sous-couche qui est visible. De l'érosion est aussi observable en crête du côté ouest de la zone (photo 1540) en haut de talus.



Photo 1540



Photo 1549

Dans ce secteur de 150 mètres de longueur, il est recommandé de reconstruire l'empierrement au complet, notamment en retirant les pierres rondes, lesquelles sont moins stables que les pierres anguleuses. L'élévation du perré est d'environ 6 m (entre les élévations -1 et 5 m). La mise en place de deux couches de pierres de carapace, de diamètre 1000-1300 mm, est requise à cet endroit en raison de l'avancée que forme ce tronçon, qui est plus attaqué par les vagues et les glaces. Le volume de pierres requis est estimé à 5000 m³, dont environ 1200 m³ peuvent être récupérés de l'enrochement existant.

Tronçon 2 (0+200 à 0+430)

L'enrochement de cette section a été refait récemment dans le cadre de réfection du boulevard Champlain (photo 1548). L'état de l'enrochement est acceptable et des travaux ne sont donc pas nécessaires pour ce tronçon.



Photo 1548

Photo 1551

Tronçon 3 (0+430 à 0+520)

L'enrochement de ce tronçon est en très mauvais état et de l'érosion importante est observable dans le haut de talus (photo 2441). La sous-couche est apparente à plusieurs endroits (photo 1556) et les pierres de carapace se retrouvent qu'à quelques endroits localisés sur le talus. La pente très abrupte, de l'ordre de 1 :1, rend l'enrochement instable et susceptible d'éboulements de pierres vers le pied du talus.



Photo 2441



Photo 1556

L'élévation du terrain projeté par les architectes dans ce secteur ainsi que jusque dans le secteur du quai Frontenac est d'environ 5,0 m. Ceci fait en sorte que le perré à réhabiliter serait d'une hauteur d'environ 6 m. La mise en place de deux couches de pierres de carapace, de diamètre 1000-1300 mm, est requise à cet endroit en raison de l'exposition aux vagues et aux glaces ainsi qu'en raison de la profondeur au pied de l'ouvrage qui fait en sorte que les vagues déferleront sur celui-ci. Le volume de pierres requis est estimé à 3 050 m³, dont environ 800 m³ peuvent être récupérés de l'enrochement existant.

Tronçon 4 (0+520 à 0+585)

Aucune érosion n'est observable en haut de talus sur ce tronçon. Les pierres de la carapace couvrent encore 80 à 85% de la superficie du talus, malgré une pente abrupte (photo 1564). La taille moyenne des pierres de ce tronçon est de 1,3x1,2x1,0 m. Une recharge de pierres de carapace de 1 000 à 1 300 mm de diamètre est nécessaire pour combler certains vides dans la structure, soit un volume total de l'ordre de 175 m³. Le haut de talus est composé en partie de pierres de calcaire très friables non résistantes aux vagues (photo 1561). Celles-ci doivent être enlevées et à remplacées par des pierres de qualité appropriée.



Photo 1564



Photo 1561

Tronçon 5 (0+585 à 0+620)

Ce tronçon est marqué par la présence d'érosion en haut de talus (photo 1572) et d'un enrochement instable. La photo 1587 montre les tronçons 5 et 6 ainsi que la ligne des hautes eaux (démarcation noire) qui longe le haut du talus en enrochement. Quoique ces secteurs soient un peu plus à l'abri des vagues, la faible hauteur des enrochements fait en sorte qu'il y a érosion en haut de talus, probablement lors de tempêtes en période de hautes eaux. La sous couche est visible aussi sur de grandes superficies (photo 1571). La taille moyenne des pierres carapaces restantes de ce tronçon est de 1,4x1,1x0,85 m. L'enrochement est donc à réhabiliter complètement.

Environ 60 à 65% des pierres de carapace peuvent être récupérées et servir pour la reconstruction. Le perré à réhabiliter a une hauteur d'environ 6 m (5.0 m - - 1,0 m). La mise en place de deux couches de pierres de carapace, de diamètre 1000-1300 mm, est requise à cet endroit, ce qui représente un volume de pierres estimé à 1 200 m³, dont environ 400 m³ peuvent être récupérés de l'enrochement existant. Enfin, il est important de mentionner qu'une structure de signalisation maritime est présente dans ce secteur et qu'elle devra vraisemblablement être relocalisée ou du moins consolidée (1570).



Photo 1572



Photo 1571



Photo 1570

Tronçon 6 (0+620 à 0+700)

L'état de ce tronçon est en général acceptable, à l'exception de quelques vides causés par le déplacement de pierres de carapace (photo 1581). Un peu de recharge avec des pierres de diamètre 1 000 à 1 300 mm est à prévoir (une trentaine de m³), principalement dans les 15 à 20 derniers mètres du tronçon. À noter que ce tronçon est protégé des vagues qui sont bloquées par le quai Frontenac et l'avancée du remblai du boulevard Champlain.



Photo 1581



Photo 1587

Tronçon 7 0+700 à 0+750 (photo 1580)

Ce tronçon est composé du quai Frontenac dont l'enrochement a récemment été refait. Il est donc dans un parfait état. Les pierres de grès et granite sont parfaitement disposées afin que l'enrochement soit très stable et la crête de l'enrochement est suffisamment large pour protéger la structure en cas de tempête (photo 1588).



Photo 1580



Photo 1588

Tronçon 8 (0+750 à 0+815)

L'enrochement de ce tronçon est en parfait état, tout comme l'enrochement du quai Frontenac, et il est composé d'un mélange de pierres de granite et de grès (photo 1590). Sa faible hauteur s'explique par la présence de la batture rocheuse au pied de l'enrochement (à l'élévation 1,0 à 1,5 m) où les vagues perdent une grande partie de leur énergie en déferlant

(photo 1591). Les pierres sont aussi de taille inférieure à ce qui était généralement retrouvé plus à l'ouest.



Photo 1590



Photo 1591

Tronçon 9 (0+815 à 0+885)

Ce tronçon est caractérisé par de l'érosion en haut de talus sur la presque totalité de sa longueur (photo 1592). La taille moyenne des pierres actuellement en place est de l'ordre de 1,5x1,1x1,0 m. Quelques pierres de carapace ont été délogées du talus, probablement par l'action des glaces (photo 1601), mais aussi par les vagues qui rencontrent une batture beaucoup moins large et plus basse à cet endroit (élévation 0 m).

Une recharge avec de la pierre de calibre 1 000 à 1 300 mm est donc souhaitable en haut de talus ainsi qu'à plusieurs endroits où des vides sont présents. Le volume de pierres requis est estimé à environ 125 m³.



Photo 1592



Photo 1601

Tronçon 10 0+885 à 0+970 (photo 1604)

Ce tronçon longe la voie ferrée et est protégé des vagues par une plage située à son pied à l'élévation approximative de 2.0 m.. Les plus gros blocs dispersés sur le talus ont des dimensions d'environ 1,0x1,0x1,2 m. Le remblai de l'infrastructure ferroviaire, qui est composé de pierres de petit calibre (150-300 mm), recouvre le haut de l'enrochement à l'élévation 5,7 m avec une pente abrupte (photo 1605). L'enrochement est peu structuré, ce qui en réduit la résistance et des vides sont apparents par endroits.

Quoique ce secteur soit peu soumis aux vagues de tempêtes, la reconstruction d'un enrochement composé de pierres placées de façon stable et enchevêtrée est souhaitable. Un volume d'environ 1200 m³ de pierres de calibre 800-1000 mm serait requis pour remettre en état cet enrochement. Environ 50% du volume est probablement récupérable dans la structure existante..



Photo 1604



Photo 1605

Tronçon 11 (0+970 à 1+100)

De manière générale, l'état de l'enrochement de ce tronçon est acceptable (photos 1603 et 1614). Aucun signe d'érosion n'est observable en haut de talus. Seulement quelques pierres de carapace ont été délogées du bas de talus du côté ouest du tronçon (photo 1603). Ces pierres se retrouvent à quelques mètres du pied du talus. L'enrochement du côté est est en très bon état (photo 1611). La taille moyenne des pierres actuellement en place est de 1,0x1,1x1,0 m. Environ une cinquantaine de pierres seraient requises sur l'ensemble du secteur pour combler les quelques blocs perdus.



Photo 1603



Photo 1614



Photo 1609



Photo 1611

Tronçon 12 (1+100 à 1+720)

L'enrochement de ce long tronçon est généralement acceptable, quoiqu'à plusieurs endroits, il semble peu structuré. Il y a peu de signes d'érosion dans ce secteur, ce qui démontre l'efficacité de la batture à réduire l'énergie des vagues (photo 1615 et 1636). La voie ferrée longe le talus et son remblai déborde à quelques endroits sur l'enrochement. À d'autres endroits, la végétation arbustive s'est implantée dans l'empierrement, améliorant localement la résistance à l'érosion. En somme, l'empierrement dans ce secteur est moins sollicité qu'ailleurs. Le haut et le bas du talus se situent aux élévations 5,5 m et 2.5 m, soit une hauteur totale d'environ 3 m.

Si le projet est réalisé tel que projeté, un remblai de largeur variable entre 10 à 42 m sera construit au-dessus de la batture, ce qui fait en sorte que le talus aura une hauteur de l'ordre de 5 m. Étant donné que le pied de l'enrochement sera plus bas (élévation 0 m), des vagues de plus grande énergie pourront déferler sur celui-ci, ce qui fait en sorte que la mise en place de pierres de plus grande dimension que celles en place actuellement est nécessaire tout le

long du secteur. De plus, la construction de bassins et de piscines le long de l'enrochement rend essentielle la mise en place d'un enrochement massif pour protéger ces infrastructures. Des volumes de pierres de carapace (1000 à 1300 mm) de l'ordre de 17 500 m³ et de pierres de sous-couche (200-500 mm) d'environ 6000 m³ seront donc requis pour protéger les nouvelles infrastructures contre l'érosion.



Photo 1615



Photo 1636

Tronçon 13 (1+720 à 2+000)

Ce tronçon est constitué essentiellement de deux bancs de sable qui se sont développés à l'abri du remblai et du brise-lame de la marina de Sillery, situés à l'est. Le banc situé au fond de la batture est maintenu en place à l'ouest par des sections de ponceau de 1200 mm de diamètre, lesquels ont permis à la plage de s'accroître verticalement (photo 1652). Ce ponceau a probablement aussi un effet stabilisateur pour la plage en cassant les vagues et en retenant le sable derrière celui-ci. Deux conduites de drainage sont aussi présentes, ce qui fait en sorte d'éroder la partie arrière de la plage (photo 1652 et 1653).

Le second banc de sable consiste en un prolongement vers l'ouest de la plage qui est présente le long du remblai de l'aire d'entreposage de la marina et qui se termine à l'est vis-à-vis du brise-lame. La plage contournant au pied du remblai de la marina est particulièrement touchée par l'érosion (photo 1656). Les racines des arbres ont été mises à nu, ce qui démontre les pertes de sol qui ont eu lieu au cours des dernières années (photo 1674). Aucune protection n'est présente pour contrer l'érosion. Seuls des débris de béton et de petits remblais inefficaces ont été déversés sur les talus, dont la hauteur varie de 1 à 2 m.



Photo 1652



Photo 1653



Photo 1656



Photo 1674

Afin de préserver les plages existantes et de favoriser la recharge naturel de sable, il est recommandé de construire un épi de 75 mètres de longueur à la position de l'actuel ponceau en béton, ce qui permettra de retenir le sable en remplacement de cette conduite désuète. Aussi, si une conduite de drainage doit être maintenue dans le secteur, l'émissaire devrait être placé à l'ouest de l'épi, de sorte à éviter l'érosion de la plage par les eaux de drainage.



Exemple d'épi en enrochement

La construction de cet épi requiert la mise en place d'un volume d'environ 500 m³ de pierres de diamètre 500 à 1000 mm.

Afin de limiter l'érosion du talus de l'aire d'entreposage de la marina, il est recommandé de mettre en place une méthode de protection dite douce afin de limiter au maximum les risques de perte de la plage. La construction d'un enrochement dans ce secteur pourrait mener, en raison de la réflexion des vagues sur celui-ci, à un abaissement du niveau de la plage, ce qui serait regrettable. Les méthodes de protection dites douces incluent notamment la recharge de plage, l'implantation de petits épis ou encore de brise-lames détachés de la berge. Les épis et les brise-lames visent à retenir le sable et à ainsi faire déferler les vagues sur celle-ci, loin du haut de talus.



Exemple de brise-lames détachés (Pointe-Lebel, Côte-Nord)

La recharge de la plage est probablement la solution la plus intéressante puisqu'elle permet aussi d'augmenter les apports en sable requis pour maintenir les plages à l'ouest du secteur. De façon tout à fait préliminaire, le volume de sable requis serait de l'ordre de 40 à 50 m³/m.l. sur un tronçon d'environ 225 m de long, soit un volume total d'environ 11 000 m³ de sable. Il est important qu'une telle mesure de protection ne se limite pas à une seule intervention dans le temps. En fait, des recharges périodiques sont requises aux 3 à 5 ans en général (maximum aux 10 ans) afin de maintenir une protection adéquate du talus. Le volume et la fréquence de ses recharges périodiques sont difficiles à estimer en absence de données sur l'évolution des bancs de sable du secteur, mais il est probable que le volume soit compris entre 50% et 100% du volume de la première recharge. La justification de ces coûts de recharge en sable doit être basée sur les bénéfices de protéger les ouvrages qui seront construits en haut de talus ainsi que sur ceux de maintenir une plage récréotouristique. Un autre avantage à considérer est la possibilité que cette intervention soit considérée par les ministères (MDDEP, MPO) comme étant autocompensatoire, ce qui ne sera pas le cas pour la mise en place d'un enrochement. De plus amples détails sur la réalisation de recharge de plage peuvent être fournis sur demande.

Enfin, un enrochement peut aussi être construit en y insérant de la végétation afin de bien harmoniser la structure avec la plage adjacente. Les risques d'érosion de la plage seront toutefois augmentés, mais le talus préservé. Le volume de pierres de diamètre 800 à 100 mm requis pour aménager l'enrochement est estimé à environ 6 000 m³ de pierres de carapace et environ 1 500 m³ de pierres de sous-couche.

Brise-lame ouest de la marina de Sillery

L'évaluation de l'état du brise-lame ouest de la marina de Sillery a été effectuée par GENIVAR dans le cadre de l'étude d'avant-projet du dessaisissement des brise-lames de la marina par Pêches et Océans Canada-Ports et petits bateaux au Port de Québec (GENIVAR, 2009). Ce brise-lame est particulièrement dégradé et des travaux majeurs de réhabilitation seront requis. L'estimation des coûts de réhabilitation du brise-lame ouest est de l'ordre de 0,6 M\$ à 1,2 M\$, selon les options considérées (réhabilitation selon les conditions d'origine ou selon les standards actuels).

Conclusion

En somme, des travaux d'enrochement de diverses ampleurs seront requis sur la plupart du secteur de la phase 3 de la promenade Samuel-De Champlain. Le tableau 1 présente les détails des estimations réalisées.

Tableau Bilan des interventions et des volumes de matériaux requis pour réhabiliter la berge de la phase 3 de la promenade Samuel-De Champlain.

Tronçon	Chaînage	Type d'intervention	Diamètre (mm)	Volume nécessaire (m ³)	Volume récupéré (m ³)	Commentaire
1	0+050 à 0+200	1	1 000-1 300	5 000	1 200	-
2	0+200 à 0+430	-	-	-	-	En bon état
3	0+430 à 0+520	1	1 000-1 300	3 050	800	-
4	0+520 à 0+585	2	1 000-1 300	175	-	-
5	0+585 à 0+620	1	1 000-1 300	1 200	400	-
6	0+620 à 0+700	2	1 000-1 300	30	-	-
7	0+700 à 0+750	-	-	-	-	Quai Frontenac –en bon état
8	0+750 à 0+815	-	-	-	-	En bon état
9	0+815 à 0+885	2	1 000-1 300	125	-	-
10	0+885 à 0+970	1	800-1 000	1 200	600	Longe la voie ferrée
11	0+970 à 0+1100	2	1 000-1 300	50	-	Bon état, recharges locales
12	0+1100 à 0+1720	1	1 000-1 300	17 500	2 000	Nouvel enrochement sur la
			200-500	6 000	3 000	batture à construire
13	0+1720 à 0+2000	1	800-1 000	6 000	-	Option d'enrochement
			200-500	1 500	-	végétalisé
13	0+1720 à 0+2000	2	Sable de	11 000	-	Option de recharge de plage
			± 600 µm			en sable


Le bilan du volume des matériaux requis pour restauration des perrés est estimé à 29 330 m³ de pierres, dont environ 6 000 m³ pourront être récupérés des structures en enrochement

existantes. À ce volume, il est recommandé d'ajouter environ 10%, soit 3000 m³ pour la réalisation de d'autres correctifs ou encore pour la réalisation de transition. Ainsi, le volume de pierres à importer d'une carrière est de l'ordre de 32 000 m³. La pierre devra provenir d'une carrière et être de bonne qualité, notamment être anguleuse, de bonne densité, sans fissure ni plan de faiblesse, etc.

Si l'option de recharge de plage est retenue, le volume de pierres requis sera diminué de 7 500 m³, mais toutefois un volume de l'ordre de 11 000 m³ de sable sera requis.

Les estimations des volumes ici-haut sont précises à $\pm 25\%$, notamment en raison des imprécisions sur les élévations des bas de talus ainsi que sur la définition détaillée du projet. Cette estimation est donc préliminaire et est basée sur le concept actuel de la phase 3 de la promenade Samuel-De Champlain. Des révisions et des optimisations pourront être réalisées au cours des prochains mois en fonction de l'évolution du projet et des alternatives d'aménagement retenues.

Préparée par : 
Etienne Cormier, ing. jr., M. Sc.

Vérifiée par : 
Steve Renaud, ing. M. Sc.