



Lignes directrices – Protection des
rivages
(fleuve Fraser)
Inspection,
entretien,
conception et
réparation

Version 1.0

Service d'ingénierie et d'entretien
de l'Administration portuaire

Vancouver-Fraser

Janvier 2020

ADMINISTRATION PORTUAIRE VANCOUVER FRASER | **Lignes directrices – Protection des rivages :
Inspection, entretien, conception et réparation (fleuve Fraser) v1.0**

Intentionnellement vide.

Résumé

En date de 2019, il y a environ 26 sites sur le fleuve Fraser entre le George Massey Tunnel et le pont de Port Mann dans la zone juridictionnelle de l'Administration portuaire Vancouver-Fraser (APVF). Nombre de ces sites sont protégés par des revêtements de conception et d'âge divers.

Il n'est pas rare que des parties plus anciennes du rivage soient protégées par un mélange ponctuel de débris de construction. Les inspections des rivages existants ont révélé un écart important dans la qualité de la protection des rivages, les anciennes parties en particulier montrant des signes de dommages ou de détérioration.

Dans la plupart des cas, l'APVF est le propriétaire direct de plusieurs de ces structures; cependant, selon les conditions du bail spécifique pour les terminaux individuels, le locataire de la propriété peut être responsable de l'entretien, de la réparation ou du démantèlement de la protection du rivage existante.

Ce document est destiné au personnel et aux locataires de l'APVF à titre de référence par défaut pour les professionnels de la conception qui fournissent des services liés au rivage à l'APVF ou à ses locataires dans le but spécifique d'inspecter, d'entretenir et de concevoir des réparations ou des remplacements de ces actifs de l'APVF.

Le document n'est pas destiné à remplacer le jugement de l'ingénieur de conception ou des professionnels, ou à remplacer les normes de pratique connexes. La responsabilité de la conception des rivages incombe toujours à l'ingénieur de conception officiel des projets.

Le document vise à fournir des conseils pratiques et des normes de pratique pour les activités courantes suivantes :

- a) Inspection des actifs existants du rivage.
- b) Évaluation et développement des activités d'entretien, de réparation ou de remplacement.
- c) Définition des critères de conception pour les projets de réparation ou de remplacement.
- d) Conseils généraux ou pratiques exemplaires en matière de conception.
- e) Intégration des meilleures pratiques environnementales générales.
- f) Lignes directrices pour la planification des activités de mise en œuvre (construction).

Il est généralement admis qu'en raison du changement climatique en cours, les niveaux de la mer à l'échelle mondiale et locale augmenteront au fil du temps. Il existe encore une incertitude considérable par rapport aux niveaux de la mer à l'échelle mondiale et locale dans un avenir prévisible; cependant, il est généralement admis que cette incertitude est la plus importante durant plusieurs décennies, voire plus. Il y a beaucoup d'incertitudes quant à l'impact sur le fleuve Fraser en raison du changement climatique et de l'augmentation du niveau de la mer. L'ingénieur de conception doit faire preuve de jugement sur la façon d'appliquer l'élévation du niveau de la mer à ces structures de protection des rivages.

TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION	6
1.1	Base du document	6
1.2	Objectif et limites du document	6
2.	CONTEXTE	8
2.1	Aperçu	8
2.2	Systèmes de référence en matière de rivages	9
3.	INSPECTION GÉNÉRALE ET ENTRETIEN.....	10
3.1	Recommandations générales relatives à l'inspection	10
3.2	Recommandations générales relatives à la réparation	11
3.3	Situations de réparation	11
3.4	Stabilité géotechnique	12
3.5	Contrôle de la végétation	13
4.	DÉFINITION DES CRITÈRES DE CONCEPTION	14
4.1	Durée de vie théorique	14
4.2	Événement de conception	14
4.3	Système de référence altimétrique.....	15
4.4	Profondeur de l'eau	16
4.5	Débit fluvial.....	16
4.6	Courants fluviaux.....	16
4.7	Niveaux d'eau.....	17
4.8	Réchauffement mondial, changement climatique et élévation du niveau de la mer	18
4.9	Vagues induites par les navires	19
4.10	Courants induits par les navires (sillage de l'hélice).....	20
4.11	Vagues générées par le vent.....	20
5.	CONCEPTION.....	21
5.1	Recommandations générales en matière de conception	21
5.2	Tailles de roche	21
5.3	Protection des pieds.....	22
5.4	Rivages inhabituels	23
5.5	Emprises des digues	24
6.	CONSIDÉRATIONS ENVIRONNEMENTALES	25
6.1	Envision™	25
6.2	Améliorations de l'habitat	25
6.3	Améliorations apportées aux composants de protection des rivages	27
6.4	Méthodes alternatives et de développement.....	27
7.	MISE EN ŒUVRE DES RÉPARATIONS.....	29
7.1	Calendrier des travaux	29
7.2	Méthodologie de construction	29
7.3	Transport et trafic	30
7.4	Préparation du site	31
7.5	Mise en place de matériaux	31

7.6	Gestion environnementale	32
7.7	Contrôle de la qualité et assurance de la qualité (AQ/CQ)	33
7.8	Considérations supplémentaires	34

Index des figures

Figure 2.1 : Photographie aérienne du fleuve Fraser (Réf. : Google Earth, 2019)	8
Figure 3.1 : Dommages mineurs à la crête supérieure d'une pente d'armure de roche	12
Figure 4.1 : Changement prévu relatif au niveau de la mer le long des côtes canadiennes à la fin du siècle (tiré du « Rapport sur le climat changeant du Canada » 2019)	19
Figure 5.1 : Exemples de protection des pieds Source : Réf. [9].....	23
Figure 6.1 : Améliorations potentielles de l'habitat (banc d'habitat et végétation de la crête)	26

Index des tableaux

Tableau 1 : Relation entre la durée de vie utile et la probabilité de rencontre admissible	15
Tableau 2 : Conversions entre Zéro des cartes et référentiel géodésique	15
Tableau 3 : Débit approximatif du fleuve Fraser à Hope	16
Tableau 4 : Hauteur des marées à Steveston, Île Deas et New Westminster	17
Tableau 5 : Niveaux d'eau recommandés à Steveston, Île Deas et New Westminster	18
Tableau 6 : Classes d'enrochement selon les lignes directrices du ministère des Transports et de l'Infrastructure de la Colombie-Britannique relatives aux autoroutes Source : Réf. [6].....	22

DÉFINITIONS ET GLOSSAIRE

Les abréviations, les acronymes et les définitions utilisés dans ce document sont définis ci-dessous.

Acronyme ou symbole	Terme	Définitions
PDA	Probabilité de dépassement annuel	La probabilité qu'un événement spécifique se produise (ou soit dépassé) au cours d'une année donnée.
---	Pierre de carapace	Pièces de roche individuelles utilisées dans les travaux d' enrochement ou de protection de pente d'armure de roche.
ZC	Zéro des cartes	
---	Emprise des digues	La digue désigne un endiguement, une berme, un mur, un pilier ou un remblai construit pour contrôler l'inondation d'une terre. L'emprise est une bande de terrain légalement définie pour fournir l'accès aux travaux d'entretien.
D _{n50}	Diamètre nominal médian	Le diamètre nominal médian du matériau rocheux. 50 % d'un échantillon de matériau est supérieur à D ₅₀ et 50 % est inférieur. Le pourcentage fait généralement référence à la masse du matériau dans un échantillon.
NEC	Niveau d'eau de conception	L'élévation de la surface de l'eau selon la conception.
---	Probabilité de rencontre	La probabilité qu'un événement spécifique avec une PDA définie se produise (ou soit dépassé) dans un nombre d'années défini.
---	Franc-bord	La distance verticale entre un niveau de la mer au repos , habituellement le NEC et la crête du système de protection du rivage.
---	Allocation de franc-bord	Une allocation généralement ajoutée à l'élévation calculée de la crête du système de protection du rivage pour tenir compte des incertitudes dans l'estimation des effets du NEC ou des vagues .
PMSGM	Pleine mer supérieure, grande marée	Moyenne des marées annuelles les plus élevées au cours du cycle de marée de 19 ans.
BMIGM	Basse mer inférieure, grande marée	Moyenne des marées basses annuelles les plus basses au cours du cycle de marée de 19 ans.

Acronyme ou symbole	Terme	Définitions
NEPEHD	Niveau d'eau plus élevé, haut débit	PMSGM à Point Atkinson et haut débit élevé du fleuve Fraser.
NEBFD	Niveau d'eau plus bas, faible débit	BMIGM à Point Atkinson et faible débit élevé du fleuve Fraser.
---	Débordement	Le passage de l'eau au-dessus d'une structure côtière en raison de la montée des vagues, des ondes connexes et de la configuration locale. L'eau peut passer sous forme de débit d'eau ou de pulvérisation. Les caractéristiques du débordement sont propres au site, à la structure et à la vague.
---	Enrochement	Système de protection contre les pentes constitué d'une large gradation de matériau rocheux placé en vrac. L'enrochement a tendance à avoir des vides plus petits en raison de la grande gradation et peut entraîner un écoulement plus élevé des vagues.
---	Armure de roche	Système de protection des rivages composé de pierres de carapace avec une gradation plus étroite que l'enrochement, placées individuellement, généralement avec deux ou trois couches. Généralement placée par-dessus les matériaux sous la couche, ce qui offre à la fois un service de dissipation d'énergie et une action de filtre pour les matériaux de remblai ou in situ.
ENM	Élévation au niveau de la mer	L'élévation du niveau de la mer, y compris : l'élévation du niveau de la mer à l'échelle mondiale causée par le réchauffement climatique, les effets locaux, y compris l'affaissement ou le soulèvement tectonique ou isostatique (glacial), et les effets océanographiques locaux.
---	Protection « douce » des rivages	Les systèmes de protection « douce » des rivages comprennent, en termes généraux : l'alimentation, la restauration ou la construction de plages, la construction de dunes et de milieux humides, la préservation ou la restauration de végétation côtière, et la construction de récifs et de bermes près du rivage et d'éléments rocheux similaires, généralement rocheux dans le cadre du système.
---	Niveau de la mer au repos	Le niveau de la mer en l'absence de vagues ou d'action du vent.
APVF	Administration portuaire Vancouver-Fraser	L'APVF est responsable de la gérance des terres portuaires fédérales de l'APVF de Vancouver.
---	Montée des vagues	La hauteur verticale atteinte par les vagues sur une structure côtière. Mesurée à partir du niveau d'eau stable actuel.

1. INTRODUCTION

1.1 Base du document

Plusieurs actifs côtiers se trouvent dans la zone juridictionnelle de l'APVF sur le fleuve Fraser. Ces lignes directrices ont été élaborées sur la base d'un examen de 35 actifs, ayant une longueur totale de rivage d'environ 9,6 km, et situés dans 14 zones générales, comme indiqué dans les figures de l'annexe A.

Les inspections des rivages du fleuve Fraser ont révélé un écart important dans la qualité de la protection des rivages, les anciennes parties en particulier montrant des signes de dommages.

Dans la plupart des cas, l'APVF est le propriétaire direct de plusieurs de ces structures; cependant, selon les conditions du bail spécifique pour les terminaux individuels, le locataire de la propriété peut être responsable de l'entretien, de la réparation ou du démantèlement de la protection du rivage existante. Ce document est destiné à servir de ligne directrice pour éclairer l'inspection, l'entretien ou la conception et la réparation des rivages dans la partie de l'APVF située dans le fleuve Fraser.

Il y a eu de nombreuses avancées dans la compréhension de l'utilisation de la roche pour protéger les rivages dans l'environnement marin au cours des 30 dernières années. Il y a également une sensibilisation croissante à l'interaction entre le caractère du rivage et l'environnement marin. L'APVF a une forte préférence pour les systèmes de protection des rivages qui reflètent une bonne pratique en la matière et qui incluent ou prennent en compte les améliorations environnementales.

Il est également généralement reconnu qu'en raison du changement climatique mondial, les niveaux de la mer à l'échelle mondiale et locale, ainsi que les inondations qui en découlent dans le fleuve Fraser, vont augmenter ou s'intensifier et que les rivages de l'APVF devront s'accommoder ou s'adapter à ces processus en cours.

Ce document est destiné au personnel et aux locataires de l'APVF à titre de référence par défaut pour les professionnels de la conception qui fournissent des services liés au rivage à l'APVF ou à ses locataires. Ce document n'est pas destiné à remplacer le jugement de l'ingénieur de conception ou des professionnels, ou à remplacer les normes de pratique connexes. La responsabilité de la conception des rivages incombe toujours à l'ingénieur de conception de tout projet.

L'APVF encourage une conception alternative, novatrice ou créative. Lorsque ces conceptions diffèrent des principes directeurs énoncés dans le présent document, les concepteurs doivent expliquer clairement pourquoi les solutions de remplacement permettent d'atteindre les mêmes objectifs ultimes, à savoir assurer une protection fonctionnelle, solide et appropriée du rivage.

1.2 Objectif et limites du document

De nombreux critères et problèmes doivent être pris en compte dans l'évaluation et la conception de la protection des rivages; cependant, les variations dans l'exposition, l'environnement local, les pratiques d'entretien et l'utilisation des hautes terres peuvent avoir une incidence importante sur les sites individuels. La durée de vie prévue d'un système de protection des rivages existant influencera également le processus d'évaluation et de conception. Ce document présente les principes de base de l'inspection, de l'entretien, de la conception et de la réparation des structures de protection des rivages. Il est destiné à être utilisé dans les cas suivants :

- a) Réparation des rivages localement endommagés.
- b) Remplacement des structures côtières existantes qui ont atteint leur fin de vie ou qui ne sont plus adaptées à l'usage.

- c) Mises à niveau des rivages lorsque la zone adjacente des hautes terres est en cours de changement ou lorsque de nouvelles constructions sont prévues.
- d) Remise en état générale des rivages afin de « restaurer » un rivage à la fin d'un contrat de location.
- e) Nouvelle construction de protection des rivages.

Le présent document ne s'applique pas à la protection des rivages pour les sites situés à l'extérieur de la partie du fleuve Fraser relevant de l'APVF, p. ex., le long du havre de Vancouver ou dans de petits ruisseaux où l'état de mer et des conditions hydrauliques s'appliquent. Il ne s'applique pas aux zones de l'APVF directement exposées à l'environnement du détroit de Géorgie.

2. CONTEXTE

2.1 Aperçu

Aux fins du présent document, le fleuve Fraser est défini comme la partie du fleuve Fraser entre George Massey Tunnel et le pont Port Mann (voir Figure 2.1).

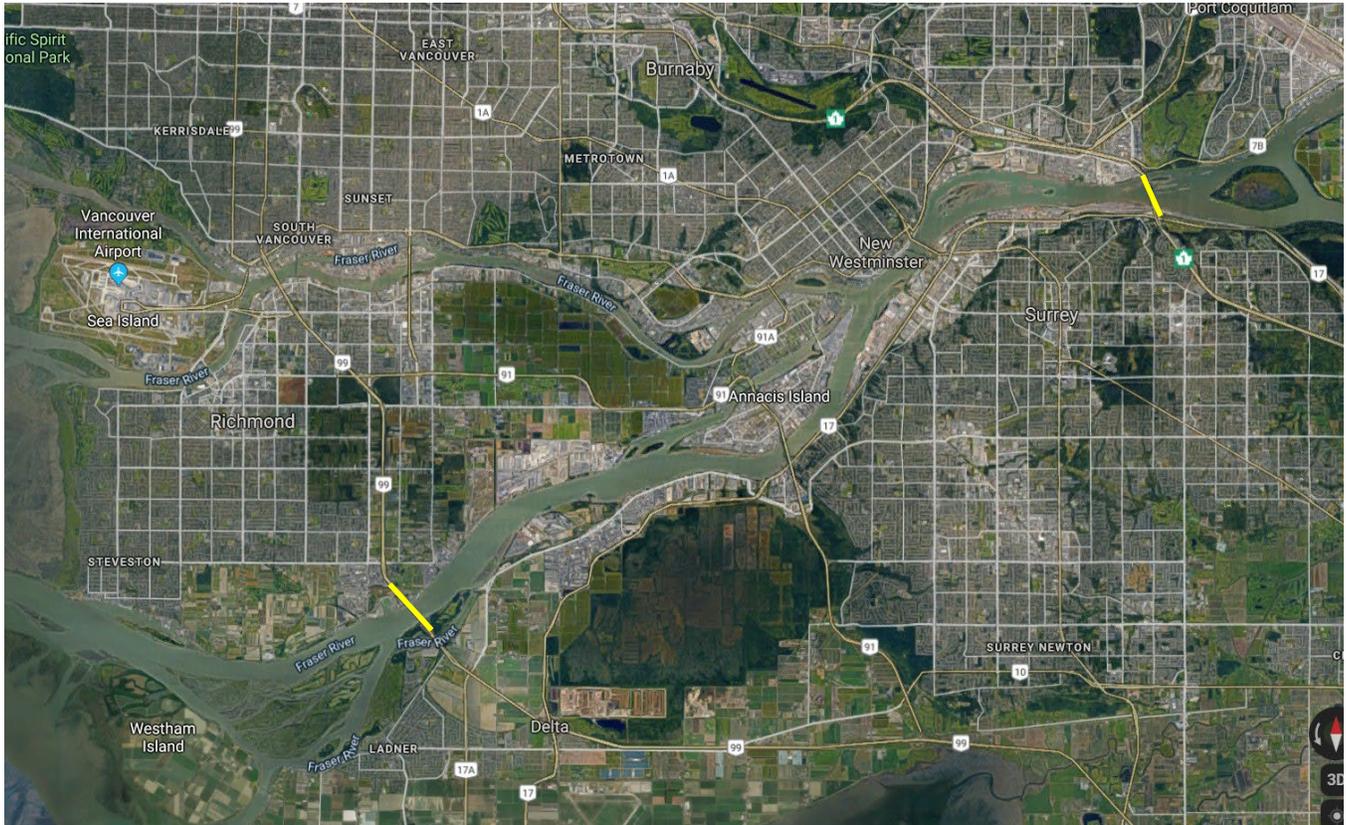


Figure 2.1 : Photographie aérienne du fleuve Fraser
(Réf. : Google Earth, 2019)

Pour les caractéristiques de protection des rivages qui se situent dans les limites de la zone de compétence de L'APVF, celle-ci souhaite que ces lignes directrices soient utilisées pour les efforts d'inspection, d'entretien, de conception et de réparation.

En général, la majeure partie du rivage propriété de l'APVF est protégée par le revêtement de l'enrochement. Dans certains endroits, les rivages ne sont pas protégés à des fins d'habitat naturel. De nombreux exemples de protection des rivages ne sont actuellement pas définis comme des actifs de l'APVF. Ces protections ont généralement été installées par d'autres, parfois pour protéger les terres ou les actifs à l'extérieur de la zone juridictionnelle de l'APVF, en particulier là où la limite se rapproche de près du rivage existant.

Il incombe généralement à d'autres parties d'inspecter, d'entretenir, de réparer ou d'installer de nouvelles protections des pentes dans ces zones. Les demandes de réparation seront examinées au cas par cas lors d'un examen du permis.

2.2 Systèmes de référence des rivages

Tous les actifs côtiers existants et définis de l'APVF ne disposent pas de dessins de construction ou de l'ouvrage fini conformes à l'exécution pour les systèmes de remise en état des terres et de protection du rivage. Lorsque des dessins existent, les systèmes de coordonnées et les plans de référence ne sont pas toujours cohérents. L'APVF met à jour ses renseignements géoréférencés à l'aide d'un système basé sur le SIG pour ses actifs côtiers dans toute la zone du fleuve Fraser. Dans le cadre de ce travail, l'APVF a désigné des systèmes ou des caractéristiques de protection des rivages spécifiques avec des numéros d'actifs uniques.

L'APVF utilise un système de chaînage local pour chaque actif pour identifier les emplacements et les points d'intérêt. Le système de chaînage d'un certain nombre d'actifs côtiers définis dans le fleuve Fraser peut être fourni par l'APVF.

Les distances sont mesurées le long du rivage à l'aide de la chaîne d'actifs. Le décalage est mesuré perpendiculairement à la ligne de base du chaînage. Les documents de conception et de réparation doivent utiliser les numéros d'actifs et le système de chaînage.

Les coordonnées horizontales doivent se trouver dans la zone UTM 10, NAD83. Les coordonnées verticales peuvent faire référence au zéro des cartes ou au référentiel géodésique (voir la section 4.3).

Les données horizontales et verticales doivent être clairement indiquées sur tous les documents et dessins.

Les concepteurs doivent consulter les dernières normes relatives au dessin d'ouvrage fini, les normes de référence linéaire et les lignes directrices relatives au système de référence altimétrique toutes de l'APVF pour connaître les dernières normes. Si vous utilisez un système de référence altimétrique, la conversion au référentiel géodésique doit être spécifiée.

3. INSPECTION GÉNÉRALE ET ENTRETIEN

Presque tous les systèmes de protection des rivages nécessitent une inspection et un entretien continus pour s'assurer qu'ils continuent à fournir le service prévu au moment de la conception et de la construction initiale. Pendant la durée de vie d'un système, il est toujours possible de vivre une combinaison d'événements qui sont égaux ou supérieurs aux critères de conception d'origine et, par conséquent, certains dommages sont susceptibles de se produire. Les systèmes existants plus anciens peuvent montrer une accumulation de dommages résultant d'un dépassement occasionnel des critères originaux.

Dans n'importe quel port, les structures de protection du rivage seront également exposées à des changements dans les activités connexes, y compris le déploiement de navires plus grands ou plus puissants, ou des changements dans les composants terrestres de l'activité portuaire. Ces changements attendus peuvent avoir des conséquences sur le système de protection des rivages qui ne pourraient pas non plus être anticipées au moment de la conception.

Les effets continus des changements climatiques, y compris les changements de température, de précipitations, de caractéristiques des tempêtes, des niveaux de la mer et des inondations fluviales, créeront également des situations dont les conséquences ne pouvaient pas être anticipées au moment de la conception. Des inspections périodiques et l'entretien nécessaire sont le seul moyen de s'assurer que les exigences de service et les attentes du système sont maintenues pendant toute la durée de vie du système.

L'entretien des systèmes de protection des rivages par une armure de roche nécessite généralement soit des réparations régulières pour éviter la détérioration liée aux dommages cumulés, soit un remplacement, en fonction des circonstances. Des dommages modérés peuvent être acceptables dans certains endroits alors que dans d'autres endroits, où la fonction de protection de la pente peut être critique, les dommages ne doivent pas être laissés pour un événement moins grave, mais probable. L'évaluation des dommages acceptables et admissibles est souvent liée à l'utilisation des hautes terres. Par exemple, une aire de stationnement peut être en mesure de tolérer un niveau élevé de dommages accumulés, mais un bâtiment occupé, adjacent à la pente, ou à l'entreposage de marchandises de grande valeur dans une zone adjacente à la pente, peut créer un besoin et une justification pour une réparation ou une restauration immédiate de la zone.

Il convient de noter que la plupart des méthodes de conception supposent une quantité minimale, mais admissible, de dommages à un système correctement conçu et construit lors de l'événement de conception. Les événements successifs, mais moins graves, peuvent alors entraîner des effets cumulatifs qui font que les dommages causés par les événements suivants risquent d'être plus importants.

Il est recommandé de procéder à des inspections systématiques périodiques et de replacer les dommages observés dans le contexte du rythme auquel ils se produisent et de la durée de vie requise du système de protection des rivages. Tout dommage nouveau, d'une inspection à l'autre, mérite un suivi supplémentaire afin de déterminer les causes de ce dommage.

3.1 Recommandations générales relatives à l'inspection

Des inspections des actifs côtiers doivent être effectuées :

- a) Au moins tous les cinq ans.
- b) Après des inondations majeures, en particulier celles qui ont entraîné l'inondation des zones terrestres terminales.
- c) Après une inondation ayant entraîné la fermeture du port.
- d) Après avoir signalé des dommages observés sur le rivage.

3.2 Recommandations générales relatives à la réparation

Plusieurs points à considérer pour les réparations d'urgence :

- a) Les roches angulaires peuvent tolérer des pentes relativement abruptes, et une stabilité temporaire à une inclinaison de 1V:1.3H peut être obtenue pendant une courte période. Bien qu'elles ne soient pas souhaitables pour une réparation à long terme, les pentes abruptes peuvent être acceptables pour une réparation d'urgence afin d'arrêter l'érosion ou d'empêcher la perte de matériau de remblai.
- b) Une couche filtrante est essentielle pour prévenir le lessivage des fines et le colmatage des espaces vides dans les couches d'armure. Les fines présentes dans la couche d'armure peuvent déstabiliser les roches de l'armure de surface ou les couches de couverture ondulées. Les réparations d'urgence doivent inclure une couche filtrante si aucun matériau rocheux ou seulement un matériau limité reste sur la pente de la zone endommagée.
- c) Des dommages au sommet d'une pente peuvent être causés par des problèmes localisés de drainage de l'eau de surface. S'il y a des signes de concentration de drainage localisée à l'emplacement des dommages, des améliorations ou des contrôles du drainage doivent être envisagés au moment de la réparation d'urgence pour empêcher un écoulement à haute vitesse supplémentaire sur la protection de la pente.
- d) La protection des rivages autour des structures verticales et non poreuses, y compris les cloisons, les caissons et les murs en feuille, doit être inspectée avec une attention particulière à l'érosion ou au déplacement des pierres blindées à l'interface entre la structure verticale ou non poreuse et le système de protection des rivages. Il convient de prêter attention à l'affouillement au niveau du pied de la protection du rivage. Les dommages causés par l'affouillement doivent être réparés de manière appropriée.

3.3 Situations de réparation

En cas de dommages localisés observés aux rivages, des réparations d'urgence ou temporaires sont recommandées pour minimiser les dommages futurs avant que toute réparation appropriée ne soit entreprise. Les éléments suivants sont des exemples courants de situations où des dommages ou des dommages cumulatifs ont été observés.

3.3.1 Érosion localisée de la crête

La figure 3.1 montre une zone avec des dommages localisés à la crête de la protection de la pente. Une mauvaise construction peut avoir été un facteur contributif, car il n'y a pas de matériau de couche filtrante visible sur la pente supérieure. Une telle zone est susceptible de s'éroder davantage si elle est exposée aux vagues ou aux courants en période de crue, ou lors d'événements intenses de drainage de surface.

En cas d'érosion mineure et localisée de la crête, il est recommandé de placer d'urgence des matériaux rocheux comme mesure temporaire pour arrêter l'érosion.

Les solutions à plus long terme peuvent inclure l'augmentation du recul de la surface de la paroi de barrière en béton, l'amélioration du drainage de surface et la plantation d'une bande riveraine pour aider à réduire l'érosion lors d'événements de niveau d'eau élevé et de vagues ou lors d'événements de pluie abondante. De même, le remplacement des matériaux de la pente supérieure pour fournir une protection contre la montée des vagues et également une voie de drainage libre dans la matrice rocheuse peut être approprié.



Figure 3.1 : Dommages mineurs à la crête supérieure d'une pente d'armure de roche

3.3.2 Dommages à mi-pente

Les petits éboulements ou brèches dans les sections à mi-pente d'un système rocheux peuvent être réparés par la mise en place d'une petite quantité de matériau armé et le retraitement de la zone environnante immédiate à l'aide d'une petite excavatrice munie d'un outil en forme de pince.

Pour les dommages localisés et modérés à la couche d'armure, par exemple lorsque l'emboîtement de l'enrochement de protection a été compromis, une excavatrice avec un accessoire en forme de pince peut également être utilisée pour améliorer le contact entre les pierres de carapace individuelles afin d'améliorer leur stabilité, et pour ajouter une quantité limitée de matériau supplémentaire de taille appropriée. Les pierres individuelles doivent être retravaillées pour s'assurer que chaque pierre de carapace de la couche de surface dispose d'au moins trois points de contact avec les roches voisines.

3.3.3 Dommages aux pieds

Les dommages au pied du système de protection des rivages peuvent indiquer divers défauts, y compris : un dimensionnement inadéquat des roches, une mauvaise mise en place des roches ou un sapement dû à l'affouillement du fond marin. Si vous notez des dommages aux pieds, effectuez les réparations dès que possible, car ils peuvent avoir de graves répercussions sur la stabilité globale de la pente si les matériaux en pente ascendante restent en place grâce à la stabilité d'un pied.

Le type de réparation dépendra grandement de l'étendue et de la cause des dommages. Dans le cas d'une taille de roche inadéquate ou d'un mauvais positionnement de la roche de pied, il peut être suffisant de réparer ces anomalies avec de grosses pierres de carapace, qui sont bien insérées dans la roche environnante. Dans le cas d'un affouillement, le plan de réparation peut inclure le remblayage du trou d'affouillement avec un matériau approprié pour éviter qu'il ne se reproduise. Un tablier à lancement automatique sur le dessus de la berme de pied existant peut également être une alternative.

3.4 Stabilité géotechnique

La stabilité géotechnique et sismique des structures côtières n'est pas couverte dans le cadre de ce document; cependant, les pentes trop profondes ou les crêtes lourdement chargées (y compris les charges de roues élevées près de la crête ou les conteneurs empilés) peuvent nécessiter une considération géotechnique spéciale. À ce titre et ce qui concerne les actifs dotés de ces caractéristiques, il faudra demander à un ingénieur géotechnique qualifié d'évaluer la stabilité de la pente statique et sismique.

3.5 Contrôle de la végétation

Pour faciliter les inspections, il est recommandé que la végétation à la crête soit régulièrement coupée pour s'assurer que les pentes de l'armure de roche et les détails de celle-ci sont visibles. Ceci est particulièrement important pour les plantes grimpantes rampantes telles que les mûres envahissantes qui peuvent recouvrir ces structures et empêcher des inspections approfondies.

Les améliorations environnementales qui comprennent la végétation de la crête doivent être conçues et entretenues de manière à ce que la végétation reste au sommet de la crête et ne couvre pas la pente rocheuse. Le remplacement ou les nouvelles conceptions devraient encourager l'élimination des espèces envahissantes, promouvoir la plantation d'espèces autochtones de végétation adaptées aux environnements marins riverains et préserver autant que possible les espèces autochtones établies, comme décrit à la section 6.

Dans certains cas, la plantation délibérée de végétation au sommet de la pente peut également réduire l'étendue ou les effets des inondations en amont.

4. DÉFINITION DES CRITÈRES DE CONCEPTION

4.1 Durée de vie théorique

Le service de conception ou la durée de vie utile d'un actif côtier est généralement défini en fonction de la durée pendant laquelle la structure côtière doit remplir l'objectif prévu, y compris l'entretien prévu. La durée de vie théorique est souvent étroitement liée au modèle d'affaires du terminal sur le côté terre de la structure côtière.

La durée de vie théorique de la nouvelle construction de rivage est généralement de 50 ans.

La durée de vie théorique de la réparation des rivages existants doit être d'au moins 20 ans; cependant, dans certaines circonstances, la durée de vie de la réparation peut être liée à la durée restante du bail du locataire.

4.2 Événement de conception

Le concept d'un événement ou d'une tempête à prendre en compte pour la conception est trop simpliste dans de nombreuses situations. La définition des critères de conception appropriés, par exemple :

- a) Débit fluvial prévu.
- b) Niveau d'eau de conception.
- c) Débits et sens d'écoulement prévus du fleuve.
- d) Vagues induites par les vaisseaux.
- e) Courants induits par les navires (sillage de l'hélice).

doit être effectuée à l'aide d'une évaluation équilibrée des relations entre les différents éléments, des risques d'occurrence de l'événement prévu, de l'évolution des détails des composants des critères à laquelle il faut s'attendre au cours de la durée de vie prévue de la caractéristique du rivage et des exigences fonctionnelles de la structure. La probabilité de rencontre acceptable doit être prise en compte lors de la détermination de la période de retour appropriée des événements.

Ce scénario de conception peut être mieux géré à l'étape de conception pour les réparations ou l'entretien en adoptant une approche de conception de risque équilibrée. Dans cette approche, l'objectif est de s'assurer que la probabilité de rencontre¹ des critères de base de conception reste constante pendant la durée de vie restante prévue du projet.

Un exemple de cette approche équilibrée en matière de risque est illustré dans plusieurs scénarios du Tableau 1. Les scénarios correspondent aux éléments suivants :

- a) La probabilité de rencontre acceptable sur une durée de vie limitée est de 39 %, basée sur la pratique courante de choisir une PDA de 1/100 pour une durée de vie de 50 ans dans le port.
- b) Les probabilités de rencontre par rapport à « l'événement de conception » au cours de la durée de vie restante demeurent inférieures à 41 %. Les probabilités de rencontre maximales autorisées recommandées sont indiquées dans le tableau 1.

¹ La probabilité de rencontre définit la probabilité de rencontrer un événement avec une probabilité de dépassement annuel (PDA) spécifique sur une durée de vie spécifique, mesurée en années.

Tableau 1 : Relation entre la durée de vie utile et la probabilité de rencontre admissible

Description	Durée de vie prévue ou restante du projet				
	50 ans	25 ans	15 ans	5 ans	2 ans
Probabilité de rencontre acceptable au cours de la durée de vie du projet	39 %	40 %	40 %	41 %	36 %
Période de retour de l'événement correspondant	100 ans	50 ans	30 ans	10 ans	5 ans

Des lignes directrices spécifiques sur les éléments constitutifs des événements de conception sont fournies ci-dessous.

4.3 Système de référence altimétrique

La conversion du Zéro des cartes en référentiel géodésique change continuellement sur le fleuve Fraser, selon l'emplacement. Dans la plupart des cas, il est plus facile d'utiliser le référentiel géodésique (North American Vertical Datum 1988 ou NAVD88). La conversion en zéro des cartes ou à partir de celui-ci sur le fleuve Fraser est complexe, car la hauteur du fleuve baisse lentement au cours de son trajet jusqu'à la mer. Cependant, à des fins de conception, il est important de connaître les niveaux de pleine mer et de basse mer, par rapport au référentiel géodésique d'un site donné.

Les conversions aux maréographes établis sont fournies dans le tableau 2.

Tableau 2 : Conversions entre le zéro des cartes et le référentiel géodésique

Emplacement	Zéro des cartes	Référentiel géodésique
New Westminster Maréographe (n° 7654)	0,0 m	-1,30 m
Maréographe de Woodward's Landing (n° 7610)	0,0 m	-1,84 m
Steveston Maréographe (n° 7607)	0,0 m	-2,2 m

Jusqu'à récemment, la conversion pour d'autres emplacements était interpolée entre les emplacements existants de maréographes, par étapes d'un kilomètre le long du chenal principal. Cependant, le Service hydrographique du Canada (SHC) prévoit de mettre en place un nouveau système de conversion continue basé sur la localisation GPS.

Le Service hydrographique du Canada (SHC) doit être consulté pour une conversion appropriée entre les systèmes de référence d'un site particulier. Consultez également le site Web du SHC pour obtenir les données de référence de la station pour chaque maréographe.

<http://www.meds-sdmm.dfo-mpo.gc.ca/isdm-gdsi/twl-mne/benchmarks-reperes/search-recherche-eng.asp?AREA=PAC>

4.4 Profondeur de l'eau

La bathymétrie générale du port et la profondeur de l'eau sur un site terminal spécifique peuvent être obtenues à partir de la dernière édition de la carte 3490 du Service hydrographique du Canada (SHC) « Fleuve Fraser Sand Heads à Douglas Island ». Sur certains sites, l'APVF dispose de données d'arpentage multifaisceaux à haute résolution plus récentes. Communiquez avec le service d'ingénierie de l'APVF pour déterminer les dernières données disponibles pour un site donné.

4.5 Débit fluvial

Le débit du fleuve Fraser varie considérablement d'une année à l'autre et d'une saison à l'autre. La fonte de neige des eaux d'amont dans les montagnes Rocheuses qui commence en avril et atteint des sommets à la fin mai et au début juin contribue aux deux tiers du ruissellement total. Cette période est connue sous le nom de crue nivale. Les flux débits les plus faibles de l'année se produisent généralement en hiver.

L'inondation de 1894 a eu un débit de pointe de 17 000 m³/s mesuré à Hope. Le débit de la crue de projet historique de 1 sur 500 ans est de 16 500 m³/s.

Selon les Tables des marées et courants du Canada (2019) publiées par Pêches et Océans Canada, quatre débits du fleuve Fraser à Hope, comme présenté dans le Tableau 3, seront pris en compte.

Tableau 3 : Débit approximatif du fleuve Fraser River à Hope

Débit	Mois d'occurrences
700 m ³ /s	Janvier, février, mars et décembre
2 800 m ³ /s	Avril, août, septembre, octobre et novembre
5 700 m ³ /s	Mai et juillet
8 500 m ³ /s	Juin

Le River Forecast Centre dispose de renseignements supplémentaires sur les débits et les niveaux d'eau, ainsi que de prévisions provenant de plusieurs modèles numériques, notamment CLEVER, WARNS et COFFEE. Ces renseignements supplémentaires se trouvent sur le site Web suivant :

<https://www2.gov.bc.ca/gov/content/environment/air-land-water/water/drought-flooding-dikes-dams/river-forecast-centre/current-streamflow-conditions-and-flood-forecast-modeling>

4.6 Courants fluviaux

Pendant la crue nivale, les courants sont principalement orientés vers l'aval. Pendant la saison de faible débit, les marées créent des inondations et des flux et reflux alternatifs dans le fleuve Fraser. Le débit maximal se produit pendant la crue nivale et peut dépasser 3 m par seconde (6 nœuds) dans les tronçons inférieurs entre New Westminster et Sand Heads. Certains rivages peuvent être particulièrement exposés aux courants fluviaux et à l'érosion. Les effets des courants doivent être bien compris et conçus en conséquence.

Le courant fluvial de conception doit être déterminé en fonction des données de mesure de débit disponibles et des résultats de modélisation numérique (voir la section 4.5) par un ingénieur professionnel qualifié.

4.7 Niveaux d'eau

Les niveaux d'eau le long du fleuve Fraser sont influencés par les variations des marées dans le détroit de Géorgie et les débits du fleuve. Les niveaux d'eau augmentent également en amont. Les niveaux d'eau à Steveston, Île Deas et New Westminster sous différentes élévations de marée à Point Atkinson et différents débits du fleuve à Hope sont présentés dans le Tableau 4 (tiré de Tables des marées et courants du Canada, 2019). Les niveaux d'eau sont référencés par rapport au zéro des cartes (CD).

Tableau 4 : Hauteurs des marées à Steveston, Île Deas, et New Westminster

A-Steveston/B-Île Deas/C-New Westminster												
Point Atkinson (m)	Hauteurs des marées											
	Débit à Hope											
	700 m ³ /s			2 800 m ³ /s			5 700 m ³ /s			8 500 m ³ /s		
	A (m)	B (m)	C (m)	A (m)	B (m)	C (m)	A (m)	B (m)	C (m)	A (m)	B (m)	C (m)
5	4,2	3,8	3,2	4,2	3,9	3,4	4,3	3,9	3,5	4,3	3,9	3,5
4,5	3,7	3,3	2,7	3,8	3,4	3,0	3,8	3,4	3,1	3,8	3,5	3,2
4	3,3	2,9	2,4	3,3	3,0	2,6	3,3	3,0	2,8	3,3	3,1	3,0
3,5	2,8	2,4	1,9	2,8	2,5	2,2	2,9	2,6	2,4	2,9	2,7	2,7
3	2,3	2,0	1,6	2,3	2,1	1,8	2,4	2,2	2,1	2,4	2,3	2,5
2,5	1,8	1,5	1,2	1,8	1,6	1,5	1,9	1,8	1,8	2,0	1,9	2,3
2	1,4	1,1	0,8	1,4	1,2	1,1	1,5	1,4	1,5	1,5	1,5	2,1
1,5	0,9	0,7	0,4	1,0	0,8	0,7	1,0	1,0	1,3	1,1	1,2	1,9
1	0,4	0,2	0,2	0,6	0,4	0,4	0,7	0,6	1,1	0,8	0,8	1,8
0,5	0,1	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3	1,0	0,5	0,5	1,7
0	-0,2	-0,2	-0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,9	0,3	0,3	1,6

Pour déterminer les niveaux d'eau de conception, les niveaux élevés des eaux doivent prendre en compte les marées élevées combinées aux débits élevés, et les niveaux des basses eaux doivent prendre en compte les marées basses combinées aux faibles débits. Les niveaux d'eau de conception recommandés à Steveston, Île Deas et New Westminster sont présentés dans le Tableau 5.

Tableau 5 : Niveaux d'eau de conception recommandés à Steveston, Île Deas, et New Westminster

Description	Abréviation	Élévations (m, ZC)		
		Steveston	Île Deas	New Westminster
Niveau d'eau plus élevé, haut débit	NEPEHD	4,3	3,9	3,5
Niveau d'eau bas, faible débit	NEBFD	-0,2	-0,2	-0,1

Notez que le maréographe de New Westminster a enregistré la hauteur extrême historique de 4,66 m ZC le 10 juin 1948 (inondation de 1948).

4.8 Réchauffement mondial, changement climatique et élévation du niveau de la mer

Il est généralement admis qu'en raison du changement climatique en cours, les niveaux de la mer à l'échelle mondiale et locale augmenteront au fil du temps. Il existe encore une incertitude considérable par rapport aux niveaux de la mer à l'échelle mondiale et locale dans un avenir prévisible; cependant, il est généralement admis que cette incertitude est la plus importante durant plusieurs décennies, voire plus.

Les lignes directrices provinciales actuelles de la Colombie-Britannique, réf. [1], recommandent que la planification des rivages prenne en compte 1 m d'ENM moyen mondial d'ici l'année 2100 (au-dessus des niveaux d'eau de l'année 2000). La réf. [1] indique également que les prédictions d'augmentation future du niveau de la mer doivent être mises à jour à des intervalles de 10 ans ou lorsque des renseignements scientifiques importants deviennent disponibles.

Les impacts du changement climatique sur les débits de crue extrêmes du fleuve Fraser ont été évalués et les résultats sont publiés dans le rapport final intitulé « Simulating the Effects of Sea Level Rise and Climate Change on Fraser River Flood Scenarios » (en anglais) par le ministère des Forêts, des Terres et de l'Exploitation des ressources naturelles de la Colombie-Britannique (mai 2014, réf. [21]). Les résultats montrent qu'à la fin du siècle, une inondation de période de retour de 50 ans correspondra à un événement avec des périodes de retour actuelles de 200 à 500 ans. L'élévation du niveau de la mer dans la plage de scénarios envisagés (0,5 m à 2 m) peut avoir un effet significatif sur les niveaux d'inondation et les profils de conception des digues dans le bas Fraser.

Il est à noter que des recherches et des publications plus récentes montrent que l'élévation relative du niveau de la mer est inférieure à l'ENM moyenne mondiale en Colombie-Britannique. Selon les deux rapports récents suivants :

- NOAA Technical Report NOS CO-OPS 083 (2017) « Global and Regional Sea Level Rise Scenarios for the United States » (Ref. [19]).
- Rapport RCCC 2019 de Environnement et Changement climatique Canada « Rapport sur le climat changeant du Canada » (Réf. [20]).

l'élévation relative du niveau de la mer dans la région du Nord-Ouest du Pacifique est inférieure à l'ENM moyenne à l'échelle mondiale, ce qui s'explique en partie par l'élévation des ronds. Le « Rapport sur le climat changeant du Canada » montre qu'à Vancouver, le changement relatif du niveau de la mer prévu à la fin du siècle est de 0,5 m à 0,75 m (voir la figure 4.1).

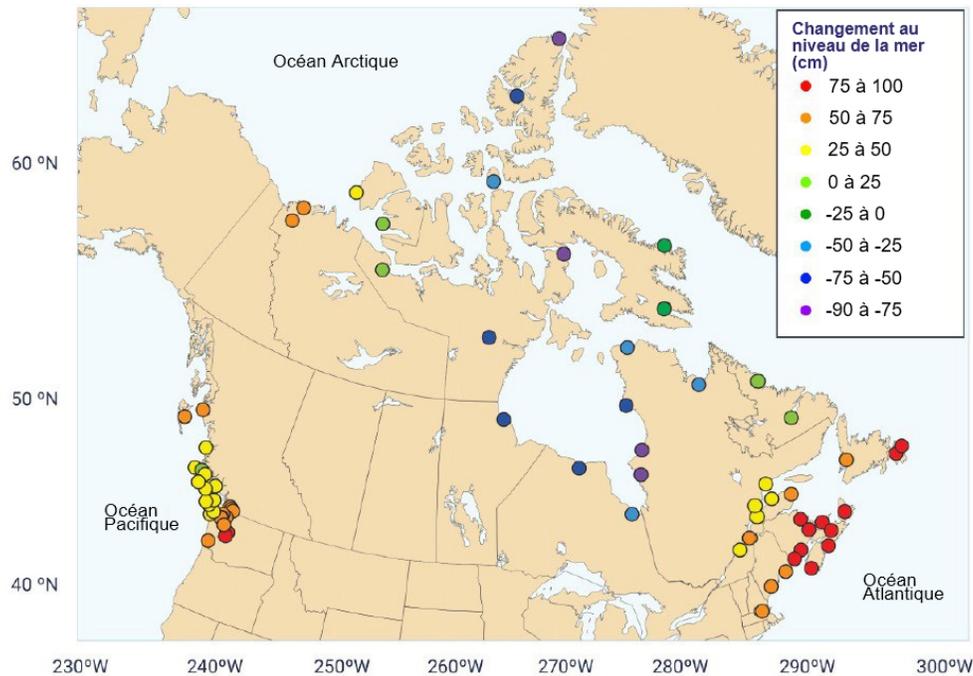


Figure 7.7.6 : Changement prévu relatif au niveau de la mer le long des côtes canadiennes à la fin du siècle

Légende : Changements prévus relatifs au niveau de la mer en 2100 pour la médiane d'un scénario d'émission élevée (RCP8.5) à 69 sites côtiers au Canada et dans le nord des États-Unis. Les valeurs vont d'une chute de 84 cm du niveau de la mer à une augmentation de 93 cm du niveau de la mer. Elles dépendent des conditions moyennes pour la période de 1986 à 2005. À titre de comparaison, la variation médiane du niveau de la mer en 2100 pour le scénario à émission élevée est de 74 cm.

Figure 4.1 : Changement prévu relatif au niveau de la mer le long des côtes canadiennes à la fin du siècle (tiré du « Rapport sur le climat changeant du Canada » 2019)

Reconnaissant la nature complexe de l'impact du changement climatique et de l'élévation du niveau de la mer sur le fleuve Fraser, il incombe à l'ingénieur concepteur de déterminer comment le changement climatique et l'élévation du niveau de la mer peuvent influencer sur les projets de protection du rivage du fleuve Fraser.

4.9 Vagues induites par les navires

Les rivages du fleuve Fraser sont exposés au sillage du trafic des navires. En règle générale, les vagues générées par de petites embarcations ou des remorqueurs roulant à vive allure sont beaucoup plus importantes que les vagues de sillage générées par de grands pétroliers ou des vraquiers. La hauteur des vagues de sillage du bateau diminue également à l'écart de la coque du navire. Les vagues induites par le navire de conception doivent être déterminées par un ingénieur professionnel qualifié en fonction de l'emplacement du site, du type, de la taille et de la vitesse du navire ainsi que de la distance entre le navire et le rivage.

4.10 Courants induits par les navires (sillage de l'hélice)

Tout rivage adjacent aux opérations du navire peut être soumis à des vitesses de courant élevées causées par le souffle de l'hélice. Les débits à grande vitesse provenant du sillage de l'hélice peuvent endommager les systèmes de protection des rivages. C'est particulièrement le cas lorsque les remorqueurs fonctionnent à proximité ou lorsque le système peut être exposé au propulseur d'étrave ou au sillage principal de l'hélice des grands navires pendant les manœuvres d'amarrage ou de départ.

La conception de la protection du rivage pour le sillage de l'hélice doit être entreprise par un ingénieur professionnel qualifié ayant de l'expérience en ingénierie des travaux maritimes.

4.11 Vagues générées par le vent

Les vagues générées par le vent dans le fleuve Fraser sont limitées et n'influencent généralement pas la conception de la protection du rivage.

5. CONCEPTION

La conception de la protection des rivages par une armure de roche doit tenir compte des conditions propres au site, comme expliqué à la section 4, et doit suivre les principes de conception établis comme décrit dans cette section.

Tous les travaux de protection des rivages doivent être conçus par un ingénieur professionnel ayant de l'expérience en ingénierie des travaux maritimes. Ce document n'est pas destiné à remplacer le jugement de l'ingénieur concepteur, et la responsabilité d'une conception correcte du rivage incombe toujours à l'ingénieur concepteur du projet.

5.1 Recommandations générales en matière de conception

Pour la protection des rivages dans le fleuve Fraser relevant de l'APVF, les considérations suivantes sont recommandées :

- a) L'armure de roche doit être dimensionnée pour être statiquement stable. Il ne devrait y avoir que peu ou pas de dommages à la couche d'armure dans les conditions de conception.
- b) Les élévations des crêtes doivent être réglées de manière à ce qu'il n'y ait pas de débordement pendant les conditions d'exploitation sur le rivage.
- c) Les pentes de l'armure de roche des rivages ne doivent jamais être plus raides que 1V:1.5H. En général, les pentes de 1V:2H ou plus sont préférables pour une stabilité accrue à long terme et une réduction de la montée des vagues.
- d) Une couche appropriée de roches filtrantes doit toujours être utilisée avec les enrochements et les protections de l'armure rocheuse afin d'empêcher la perte de fines du matériau de la pente sous l'effet combiné des vagues et du courant.
- e) En raison de la nature de certains matériaux de remblai utilisés historiquement dans le fleuve Fraser, un géotextile est recommandé sous la couche filtrante pour protéger contre la perte de fines. Si une installation sous l'eau est nécessaire, l'ingénieur concepteur peut envisager d'ajouter une seconde couche filtrante, de plus petite taille, au lieu d'un géotextile.
- f) Lorsque le pied de la pente se termine par un matériau susceptible d'être affouillé ou érodé, la conception doit prévoir un surplus de matériau au pied pour tenir compte des trous d'affouillement qui peuvent se former et pour maintenir l'intégrité de la protection de la pente.
- g) Une allocation de franc-bord doit être incluse dans les situations où l'utilisation du site en amont présente une valeur élevée. Autrement, un retour au point de consigne géré activement pourrait être envisagé.

5.2 Tailles de roche

Des lignes directrices détaillées sur la conception des systèmes de protection des rivages rocheux sont fournies dans les documents de référence, de normes ou de lignes directrices suivants : Réf. [7], [8], [9], [16], [17], et [18].

La taille des roches par rapport au courant fluvial, aux vagues de sillage des bateaux et au sillage de l'hélice doit être calculée selon les méthodes suivantes :

- Courants fluviaux : Méthode Pilarczyk (1995), méthode Maynard (1992) ou méthode Escarameia et May (1993) (The Rock Manual, Réf. [9]).
- Vagues de sillage des bateaux : Formule de Hudson (Shore Protection Manual, Réf. [17]) ou formule de Van der Meer (Coastal Engineering Manual, Réf. [16]).

- Sillage de l’hélice : méthode décrite dans les documents en anglais « Guidelines for Design of Armoured Slopes Under Open Piled Quay Walls » (Ref. [18]) ou « The Rock Manual » (Ref. [9]).

En cas d’utilisation d’enrochements, il est recommandé d’utiliser ceux conformes aux classes des Lignes directrices du ministère des Transports et de l’Infrastructure de la Colombie-Britannique, telles que résumées dans le tableau 6. Les carrières locales sont généralement en mesure de fournir des matériaux conformes à cette spécification.

Tableau 6 : Classes d’enrochement selon les lignes directrices du ministère des Transports et de l’Infrastructure de la Colombie-Britannique relatives aux autoroutes Source : Réf.[6]

Classe d’enrochement (kg)	*Épaisseur nominale de l’enrochement (mm)	Granulométrie des roches Pourcentage inférieur à la masse rocheuse donnée (kg)		
		15 %	50 %	85 %
10	350	1	10	30
25	450	2,5	25	75
50	550	5	50	150
100	700	10	100	300
250	1 000	25	250	705
500	1 200	50	500	1 500
1 000	1 500	100	1 000	3 000
2 000	2 000	200	2 000	6 000
4 000	2 500	400	4 000	12 000

5.3 Protection des pieds

Il est recommandé qu’un système de protection des rivages comprenne une protection spécifique des pieds au niveau des pieds de la pente. La figure 5.1 présente quelques exemples de systèmes de protection des pieds. Un pied standard typique est de trois à cinq pierres de largeur avec une épaisseur de deux ou trois pierres. Si le matériau du lit de mer est érodable, un tapis de protection contre l’affouillement sous-jacent doit également être inclus dans les détails du pied, à moins que le pied du système de protection ne soit enterré.

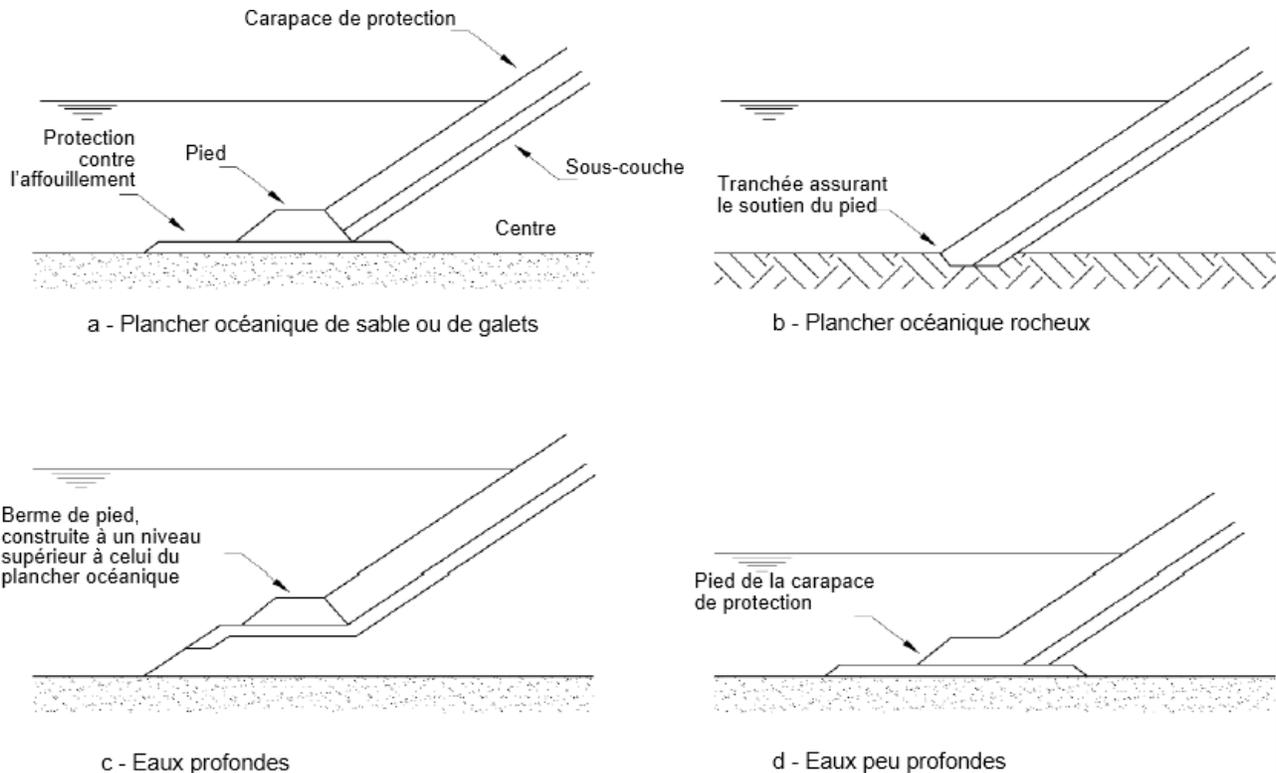


Figure 5.1 : Exemples de protection des pieds Source : Réf.[9]

5.4 Rivages inhabituels

Les rivages qui ont des géométries inhabituelles, ou qui interagissent avec d'autres structures, peuvent nécessiter une attention particulière pendant la conception. Voici quelques exemples :

- Les rivages avec des courbes à rayon serré ou aigu. Lorsque l'armure de roche doit tourner un coin abrupt de façon convexe et est exposée à l'action des vagues, de plus grandes pierres de carapace seront nécessaires pour atteindre la stabilité.
- Protection des rivages qui s'appuie sur des structures verticales et non poreuses. La réflexion supplémentaire des vagues par ces types de structures nécessitera des enrochements plus importants à proximité de la structure afin d'en assurer la stabilité.
- Les rivages qui fournissent un habitat marin ou riverain précieux peuvent intégrer de manière bénéfique certains éléments de la compensation de l'habitat. Ces rivages nécessiteront une attention particulière de la part d'un ingénieur de conception.

5.5 Emprises des digues

Une grande partie du fleuve Fraser comporte des ouvrages de protection contre les inondations le long de ses berges (généralement des digues, des réservoirs de crue, des stations de pompage, etc.) qui se trouvent dans des emprises spéciales. Ces ouvrages de protection contre les inondations sont généralement maintenus par la municipalité locale. Dans certains cas, des emprises peuvent également exister pour l'installation ou la mise à niveau future d'une digue. Les utilisateurs doivent savoir s'il y a des emprises des digues et des travaux existants ou prévus de protection contre les inondations à proximité de toute protection de rivage. Une série de cartes, de lignes directrices pour la conception et l'exploitation, et d'autres renseignements, sont conservés par la province, dans le cadre de la Loi sur l'entretien des digues, sur ce site Web :

<https://www2.gov.bc.ca/gov/content/environment/air-land-water/water/drought-flooding-dikes-dams/integrated-flood-hazard-management/dike-management>

Les municipalités et, dans certains cas, d'autres exploitants ou organismes sont responsables de la fourniture et de l'entretien des ouvrages de protection contre les inondations en vertu de la Loi provinciale sur l'entretien des digues. Le port souhaite que les ouvrages de protection des rivages qui sont à proximité ou qui peuvent affecter d'autres ouvrages de protection contre les inondations dans les emprises des digues, améliorent ces ouvrages de protection des rivages et ne les entravent pas et ne compromettent pas non plus d'autres ouvrages de protection contre les inondations, existants ou proposés.

6. CONSIDÉRATIONS ENVIRONNEMENTALES

La durabilité sociale, environnementale et financière est la valeur fondamentale de l'APVF. L'APVF préfère les systèmes de protection des rivages qui incluent ou prennent en compte les améliorations environnementales de l'estran et les exigences opérationnelles relatives à la réparation ou à l'amélioration de la stabilité des pentes.

Idéalement, les projets de protection des rivages devraient contribuer à la durabilité environnementale et financière des actifs côtiers de l'APVF. Cette section résume certains aspects des considérations environnementales qui se rapportent aux systèmes de protection des rivages typiques qui se trouvent autour du périmètre de la partie du fleuve Fraser qui relève de l'APVF.

6.1 Envision™

L'APVF souhaite intégrer le système d'évaluation Envision™ Green Infrastructure dans ses projets. Envision™ est un outil cadre qui permet aux utilisateurs d'évaluer la durabilité globale d'un projet afin d'évaluer les domaines à améliorer. L'outil fournit également des conseils sur les meilleures pratiques durables. Vous trouverez de plus amples renseignements ici : <http://sustainableinfrastructure.org/envision/>.

Bien que l'outil cadre et le système d'évaluation ne s'appliquent pas nécessairement à la plupart des projets de protection des rivages autonomes, bon nombre des critères Envision™ et des principes généraux de l'Envision™ s'appliquent et doivent être pris en compte. Il est recommandé d'élaborer un document évolutif pour chaque projet de protection des rivages, qui décrit chacun des 60 crédits Envision™ et les méthodes possibles de mise en œuvre du projet. Pour faciliter la mise en œuvre, ils peuvent être organisés en fonction des différentes phases de mise en œuvre, notamment la sélection du site, la conception, l'appel d'offres et la construction.

Vous trouverez ci-dessous un exemple de demande d'une contrepartie d'Envision™.

Crédit Envision™ RA 1.5 : Détourner les déchets des sites d'enfouissement :

Pendant la phase de conception, la protection du rivage pourrait être conçue pour réutiliser les matériaux rocheux et le sol existants dans la mesure du possible. Les concepteurs pourraient également envisager de replanter la végétation dans la mesure du possible, et de réfléchir à la manière dont tout matériau excavé supplémentaire pourrait être utilisé pour d'autres projets de l'APVF ou des projets locaux.

6.2 Améliorations de l'habitat

Il existe de nombreux types d'améliorations de l'habitat qui peuvent être envisagées dans le développement de conceptions préliminaires ou d'options de conception pour la protection des rivages. Le but ou l'objectif spécifique pour l'amélioration de l'habitat doit être indiqué pour chaque option de conception. Les options doivent être accompagnées de descriptions de faisabilité et de coût pour que l'APVF puisse les considérer comme des moyens possibles d'atteindre ses objectifs en matière de « port durable ».

6.2.1 Améliorations de l'habitat de la pente des rivages

Bien que l'ajout de bancs d'habitat sur la pente d'un renversement ait démontré une augmentation de la diversité de l'habitat (réf. [14]), il existe de nombreuses options pour améliorer l'habitat marin ou les fonctions écologiques qui, selon les circonstances, peuvent également être envisagées. Dans de nombreuses situations, l'ajout d'améliorations à l'habitat entraîne souvent des améliorations pour les fonctions de protection des pentes du système global.

Un exemple de banc d'habitat est illustré à la figure 6.1, qui comprend un banc qui offre également une protection du pied d'une armure de roche ou d'un revêtement d'enrochement. L'objectif du composant de l'habitat doit être énoncé avant la conception et une attention adéquate doit être accordée à la conception pour s'assurer que l'affouillement par auto-lancement ou l'affouillement induit par l'hélice ne supprime pas les objectifs de l'habitat.

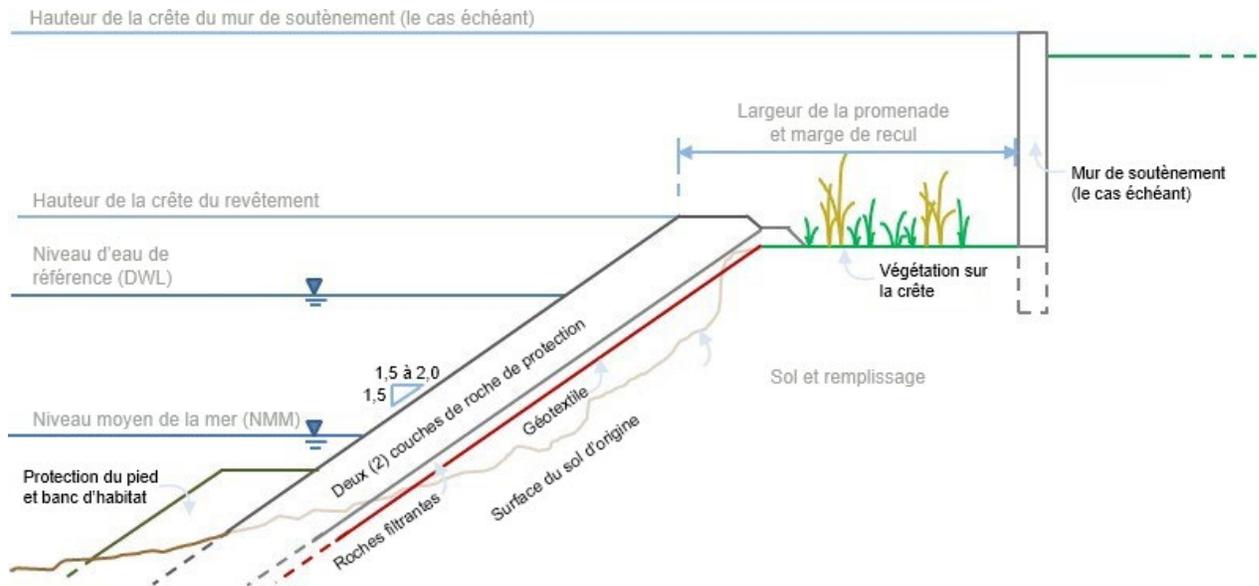


Figure 6.1 : Améliorations potentielles de l'habitat (banc d'habitat et végétation de la crête)

Les bancs d'habitat peuvent être soit continus sur toute la longueur du rivage, soit discontinus, avec des variations de largeur, pour créer un rivage ondulant plus naturel. Un banc ondulant réduit le volume global de matériaux et offre un avantage sur le plan des coûts.

Une pente de revêtement rugueuse, qui comprend une armure répartie, plus grande que nécessaire, du point de vue de la stabilité seulement, fournit des points durs pour la fixation des organismes marins, des espaces vides abrités pour la couverture ou le refuge des organismes marins et peut entraîner une réduction de la remontée des vagues. Une diminution de la montée des vagues peut entraîner des contributions bénéfiques à l'interaction entre les vagues et les éléments de la crête d'un système de protection des pentes, y compris des considérations relatives à l'habitat ajoutées à la crête du système de protection des rivages.

La taille, la forme, la texture et les pentes du matériau pourraient être ajustées pour augmenter la diversité de l'habitat et promouvoir l'utilisation de certaines espèces de poissons et d'organismes marins. À titre d'exemple, la création d'un rivage ondulant, en augmentant la géométrie existante des terres frontales, peut permettre la création d'une petite échancrure ou d'une plage de poche, ce qui peut fournir à la fois la diversité du substrat et la diversité écologique.

Dans certains cas, le matériau de protection des rivages existant peut être recyclé et réutilisé comme banc d'habitat.

Lorsque de l'espace est disponible, l'utilisation de revêtements géotextiles doit être déconseillée, car ils peuvent limiter la capacité des organismes marins à bénéficier du substrat et entraîner une augmentation de la montée des vagues entraînant des effets imprévus à la crête du système de rivage.

6.2.2 Végétation de la crête

La végétation résistante au milieu marin sur la crête de la structure (comme le montre la figure 6.1) peut apporter plusieurs considérations écologiques et techniques mutuellement bénéfiques, y compris :

- a) Améliore la zone de végétation marine riveraine.
- b) Limite la colonisation par les espèces envahissantes.
- c) Améliore l'approvisionnement et la diversité de l'habitat des hautes terres.

- d) Améliore la résilience du revêtement face à l'élévation future du niveau de la mer.
- e) Offre une protection contre l'érosion due au ruissellement eaux de surface pluviales.
- f) Entraîne une réduction de l'érosion de l'énergie des vagues à la crête et une réduction du potentiel d'érosion sur la zone terrestre adjacente.
- g) Peut améliorer la sécurité du personnel, de l'équipement et de l'infrastructure en amont en délimitant visiblement le bord du rivage.

À titre d'exemple, une combinaison *d'herbes de dunes, de pois de mer et de verges d'or indigènes ainsi que d'agrostides* comme plante de couverture pour empêcher la croissance des mauvaises herbes, a été utilisée à Boundary Bay pour obtenir ces avantages le long d'une digue de rivage et d'une promenade publique.

Les arbres doivent être préservés pendant la construction afin d'aider à fournir une zone tampon végétalisée, à gérer les eaux pluviales et les fonctions d'eau de surface, à fournir un habitat et à gérer les effets des îlots de chaleur. Toutefois, la préservation des arbres nécessite souvent un recul plus important de la zone de travail pour s'adapter à leur croissance. Les racines des grands arbres peuvent pénétrer dans les couches filtrantes et les doublures géotextiles ou le tissu filtrant et peuvent affecter la stabilité du haut de la pente par le seul poids de l'arbre. La présence de grands arbres ou de systèmes racinaires associés doit être évaluée spécifiquement.

L'entretien de la végétation de la crête, en particulier le désherbage, est nécessaire pour contrôler la croissance des espèces envahissantes pendant que les plantes se développent. Une fois développées, les plantes nécessiteront probablement moins d'entretien. Des lignes directrices spécifiques de conception et d'entretien sont en cours d'élaboration dans le cadre d'un document distinct.

6.3 Améliorations apportées aux composants de protection des rivages

La recherche, réf. [15], indique que des améliorations peuvent être apportées pour modifier l'armure des rivages afin d'améliorer la diversité de l'habitat, y compris des changements subtils à la forme, à la taille et à la texture du matériau.

Par exemple, les blocs de béton avec une surface grossière se sont avérés colonisés plus rapidement par de petites algues vertes que ceux avec une surface plus lisse. Les structures géométriques dans les dalles (p. ex., les tasses et les trous) retenaient l'eau plus longtemps pendant la marée basse et favorisaient la colonisation initiale par des algues vertes plus grandes. De petites adaptations de la texture et de la structure des matériaux dans la zone intertidale ont permis une meilleure installation, une meilleure colonisation et une plus grande diversité d'algues et de macrobenthos.

En fin de compte, la création de macro ou micro habitats sur un site peut contribuer à améliorer la diversité de l'habitat sur l'estran et, en fin de compte, à maintenir les services écologiques.

6.4 Méthodes alternatives et de développement

L'examen et la conception d'autres systèmes de protection des rivages pour améliorer le rendement technique et les avantages environnementaux sont un domaine de recherche et d'application continu. Certains de ces travaux sont liés à l'aide et à l'amélioration des performances environnementales, tandis que d'autres sont motivés par la nécessité de développer des systèmes plus efficaces et plus résistants en réponse aux défis posés aux ports par l'élévation attendue du niveau de la mer et ses implications.

Les concepteurs sont encouragés à surveiller et à examiner la documentation technique et le développement de produits émergents pour identifier les approches appropriées. Les approches nouvelles et novatrices pour augmenter la diversité, la qualité et l'abondance de l'habitat dans les environnements portuaires comprennent ce qui suit :

- a) Jardins de mollusques et de crustacés : Plateformes ou terrasses artificielles de plage situées près de la limite de basse mer et destinées à accroître l'habitat et à favoriser la croissance des palourdes ou d'autres coquillages.
- b) Création de récifs biogéniques : Récifs constitués de tubes ou de coquilles provenant d'organismes de construction de récifs, pour fournir des surfaces dures pour l'habitation d'espèces immobiles, comme des anatifes.
- c) Améliorations des ouvrages longitudinaux : les systèmes de rivages hybrides qui incorporent des parties d'ouvrages longitudinaux sur la pente peuvent offrir de l'espace pour les bancs d'habitat, des pentes plus plates pour des matériaux différents et des possibilités de créer des refuges et des caractéristiques d'amélioration de l'habitat. Les exemples récents sont résumés ici :
 - o <https://waterfrontseattle.org/seawall>
 - o <https://sites.google.com/a/uw.edu/seattle-seawall-project/home>
 - o <http://www.environment.nsw.gov.au/publications/coasts/090328-env-friendly-seawalls-guide.htm>
 - o <https://www.fishhabitatnetwork.com.au/projects/environmentally-friendly-erosion-protection-rock-revetment-alternatives-fish-friendly-marine-infrastructure>

7. MISE EN ŒUVRE DES RÉPARATIONS

Le succès de la mise en œuvre d'une solution de réparation ou de remplacement est souvent défini au stade de la mise en œuvre (construction) d'un projet. Bien que de nombreux facteurs contribuent à la réussite d'un projet à l'étape de construction, cette section de ce document résume certaines considérations clés liées à l'étape de construction qui doivent être prises en compte.

7.1 Calendrier des travaux

Un certain nombre de contraintes liées au calendrier de construction peuvent influencer sur le coût ou la faisabilité des réparations. Quatre contraintes spécifiques liées aux travaux sur le fleuve Fraser sont :

- a) Les règlements sur les permis de pêche limitent le temps pendant lequel les travaux peuvent être entrepris dans les zones intertidales et subtidales. Pour Vancouver (région 28), la période de temps du Ministère des Pêches et des Océans (MPO) pour le risque le moins élevé est du 16 juin au 28 février (réf. : <https://www.dfo-mpo.gc.ca/pnw-ppe/timing-periodes/bc-s-fra.html>) Il est possible d'obtenir l'autorisation d'effectuer des travaux en dehors de cette fenêtre temporelle, mais cela implique généralement des efforts supplémentaires pour l'obtention des permis et souvent des coûts supplémentaires pour la construction, de sorte qu'en général, la meilleure pratique consiste à planifier les travaux sur le rivage dans la fenêtre temporelle qui présente le moins de risques.
- b) Il est parfois nécessaire de se limiter à tout travail (excavation, placement de roches, etc.) qui se produit dans l'eau. Pour les mois d'hiver où les marées les plus basses se produisent pendant la nuit, cela peut entraîner des efforts de construction et des coûts supplémentaires. En général, il est recommandé de planifier la construction lorsque les marées basses les plus importantes sont pendant la journée. Généralement, juillet et août fournissent les meilleures marées de jour pour ce travail.
- c) Outre les marées défavorables, les travaux d'été ou de début d'automne sont souvent préférables en raison de l'augmentation de l'activité de tempête en hiver, ce qui peut entraîner des retards importants, endommager la zone de travail ou avoir un impact sur la sécurité du site.
- d) La construction en automne, en hiver et au début du printemps peut souvent être exposée à des chutes de pluie ou de neige qui entraînent des coûts et des retards supplémentaires. Le ruissellement des installations en amont peut entraîner une turbidité dans la zone locale.

7.2 Méthodologie de construction

La méthodologie de construction doit être examinée attentivement, en tenant compte de l'accès au site, des conditions environnementales et de la conception de la protection des rivages. La construction peut être réalisée en grande partie ou entièrement dans l'eau ou sur le sol.

La construction dans l'eau comprend généralement une barge à bèches d'ancrage avec une grande grue-derrick et un godet à double coque, ou peut-être une excavatrice à longue portée pour préparer les pentes et placer le matériau. Un bateau de relève peut également être nécessaire. Les matériaux peuvent également devoir être transportés vers le site à l'aide de remorqueurs et de barges (voir la section 7.3).

La faisabilité du travail dans l'eau sera largement basée sur les restrictions environnementales, les considérations d'accès en amont, la disponibilité de l'équipement et les coûts. Cependant, les barges et les remorqueurs pourraient ne pas être en mesure de fonctionner sur le site sans une pression d'eau suffisante (profondeur de l'eau sous la coque), ce qui pourrait limiter la fenêtre de travail aux marées hautes seulement. La portée des excavatrices/équipements situés sur la barge dépendra de la marée et de la pente du rivage, ce qui peut limiter les périodes pendant lesquelles les travaux à la crête de la pente peuvent être effectués. Les opérations seront également restreintes dans les zones avec des courants de marée forts ou pendant les périodes de grands vents ou de grandes vagues. De plus, le site peut ne pas avoir de zone pour attacher ou accéder aux hautes terres à partir de l'eau, ce qui peut compliquer le flux de travail et l'accès.

La construction dans l'eau est également généralement plus coûteuse en raison d'un nombre limité d'entrepreneurs qui peuvent les effectuer dans la zone et d'une augmentation des coûts d'équipement.

Selon la conception de la protection du rivage, certains travaux peuvent encore être requis sur le sol. Par exemple, placer des géotextiles, placer des matériaux rocheux à la crête de la pente, placer de la terre végétale ou planter de la végétation peut tous nécessiter du personnel ou de l'équipement sur terre.

La faisabilité du travail sur terre sera largement basée sur l'utilisation des hautes terres et les contraintes d'espace. Par exemple, dans les zones où le site est activement utilisé, où d'autres travaux de construction sont en cours ou lorsque des infrastructures importantes (c'est-à-dire des bâtiments) sont situées à proximité du rivage, il peut s'avérer nécessaire de recourir à des travaux de construction en milieu aquatique.

Si une excavatrice est utilisée pour mettre en place des enrochements, que ce soit sur terre ou dans l'eau, elle devra être équipée d'un godet muni d'un pouce. Si des travaux sous l'eau sont prévus, les excavatrices devront être équipées d'équipement de surveillance de l'élévation et de l'emplacement au niveau du godet afin que les élévations et les pentes des matériaux mis en place puissent être contrôlées pendant la construction. La mise en place des matériaux sous l'eau peut entraîner une augmentation des volumes mis en place, ce qui a des répercussions sur les coûts et les exigences en matière de compensation de l'habitat.

7.3 Transport et trafic

Les méthodes de transport comprennent généralement les barges (dans l'eau) et les camions (sur terre). La sélection de la méthodologie de transport doit tenir compte d'une grande variété de facteurs, notamment les suivants :

- a) Quantité totale de matériaux : En règle générale, les camions sont plus économiques pour les projets de faible ampleur, tels que les réparations localisées du rivage.
- b) Distance et emplacement des sources : Les carrières à proximité du fleuve Fraser sont généralement situées dans des zones où une partie au moins du trajet doit être effectuée par camion. Selon l'emplacement de la source, il peut ne pas être pratique d'utiliser le transport par voie d'eau pour les matériaux.
- c) Disponibilité de la méthodologie de transport : Il existe un nombre limité d'entrepreneurs locaux avec des barges disponibles pour le transport de matériaux. Selon d'autres projets en cours dans la région, certaines méthodes de transport peuvent ne pas être possibles en raison d'un manque d'équipement disponible.
- d) Méthodologie de construction : Si la construction dans l'eau est choisie, le fait de disposer de matériaux sur une barge à proximité peut améliorer le flux de travail.
- e) Approbations : Lorsque le matériel est fourni par une barge, son approbation doit avoir lieu avant son chargement sur la barge.
- f) Contraintes environnementales : Les barges peuvent ne pas être en mesure de fonctionner sans une pression d'air suffisante (profondeur de l'eau sous la coque), dans de forts courants de marée, ou dans des vents ou des vagues importants.
- g) Contraintes d'espace sur terre : Certains sites peuvent ne pas avoir suffisamment d'espace en amont pour permettre la construction sur terre ou l'entreposage de matériaux sur terre. Si d'autres travaux sont en cours en amont (construction ou utilisation active du site), la gestion du trafic sur le site peut nécessiter des opérations dans l'eau.

En plus de ces considérations, les matériaux doivent être transportés de manière à limiter la séparation et les bris. En général, la manipulation double ou répétitive des matériaux peut entraîner des bris et des problèmes de qualité.

Un plan de gestion du trafic doit également être élaboré en collaboration avec toutes les parties prenantes qui utilisent le site au moment de la construction. Cela peut inclure l'APVF, les opérateurs en amont, les entrepreneurs et les opérateurs des sites voisins. Le plan de gestion du trafic doit prévoir des mesures de contrôle du trafic par voie d'eau, si une construction ou un transport par voie d'eau est choisi.

7.4 Préparation du site

Lors de la préparation du site, des précautions doivent être prises pour s'assurer que le plan de santé et de sécurité et les plans de gestion environnementale de l'entrepreneur sont correctement suivis au début du projet.

Des études préalables à la construction doivent être réalisées avant le début des autres travaux sur le site; elles serviront de base aux mesures d'assurance qualité et de contrôle qualité et au paiement. Prenez des photos claires de toutes les zones du site avant d'entamer le travail. Une attention particulière doit être accordée aux zones qui devront être remises dans l'état où elles se trouvaient avant la construction.

Lors de la préparation du site, enlevez toute végétation envahissante et délimitez clairement la végétation indigène qui doit rester, afin qu'elle ne soit pas endommagée pendant le processus de construction. Mettez de côté tous les matériaux réutilisables.

7.5 Mise en place de matériaux

L'emplacement des matériaux doit généralement suivre l'ordre et les meilleures pratiques décrits ci-dessous :

a) Mise en place du remblai (le cas échéant) :

- Doit être placé dans des élévateurs, généralement inférieurs à 0,4 m, et compacté.

b) Placement du géotextile (le cas échéant) :

- Le géotextile doit être placé directement sur un matériau de « remblai » pour fournir une surface de literie relativement plate et lisse. L'armure de roche ne doit pas être placée directement sur le dessus du géotextile.
- Lorsque vous placez le géotextile, posez-le en haut de la pente préparée, fixez-le en haut et faites-le rouler le long de la pente.
- Idéalement, le géotextile doit être placé à sec. Si cela n'est pas possible, le rouleau de géotextile devra être alourdi/lesté pour éviter la flottaison pendant la mise en place. Pour la mise en place en eaux peu profondes, les entrepreneurs peuvent placer un poteau lourd ou en acier au centre du rouleau de géotextile. Le géotextile peut alors être déroulé le long de la pente, tandis que le poteau lourd en acier pèse sur l'extrémité immergée et empêche la flottaison. La roche filtrante peut ensuite être placée sur la pente pour fixer/lester le géotextile et le poteau peut ainsi être récupéré.
- Chaque bande de géotextile doit avoir au moins 0,3 m de chevauchement avec les sections voisines.

c) Mise en place de la roche filtrante :

- La roche filtrante peut être placée en vrac et taillée.
- La roche filtrante doit être placée en commençant par le pied de la pente et en remontant le long de celle-ci. La surface finie doit être densément placée et uniforme.

- Empêchez la séparation des parties fines et grosses de la granulométrie lors de la mise en place.
 - Évitez d'endommager le géotextile. Évitez les mouvements de grattage pendant la mise en place et évitez de décharger la roche en hauteur.
- d) Mise en place d'une armure de roche ou d'un enrochement :
- La mise en place de l'armure de roche ou des enrochements doit être planifiée de manière à ce qu'aucune section de remblai, de géotextile ou de roche filtrante ne soit laissée exposée pendant la nuit.
 - Des précautions doivent être prises lors de la mise en place de la roche blindée pour éviter de perturber la couche filtrante.
 - La pointe doit être construite d'abord et avec la plus grande précision, car il s'agit de la pièce la plus importante.
 - En général, la plus grosse pierre de carapace doit être réservée au pied et à la crête de la pente.
 - Le tiers le plus fin de la pierre de carapace doit être réparti uniformément sur toute la pente. Enlevez et remplacez toute partie dans laquelle le matériau se sépare au cours de la mise en place afin d'éviter de vastes zones de pierres de carapace sous-dimensionnées.
 - La surface finie doit être densément placée bien nuancée et uniforme. Les roches individuelles doivent avoir au moins trois points de contact avec les roches voisines.

7.6 Gestion environnementale

Les meilleures pratiques de gestion (MPG) suivantes s'appliquent aux travaux effectués à proximité de l'estran ou des zones riveraines :

- a) La perturbation de la végétation intertidale, riveraine ou adjacente existante doit être limitée au strict minimum nécessaire à l'exécution des travaux.
- b) Idéalement, il ne devrait pas y avoir de travaux dans l'eau pendant la période de construction. Cela nécessite souvent de planifier des travaux pour s'aligner sur les marées basses. Si les travaux dans l'eau ne peuvent pas être évités, des permis supplémentaires ou des restrictions environnementales peuvent s'avérer nécessaires. Les mesures environnementales peuvent comprendre la mise en place de rideaux de limon autour de la zone de travail ou la surveillance des niveaux de turbidité dans l'eau.
- c) Les véhicules utilisés pour le transport de matériaux sur le site et hors du site doivent être limités aux routes et aux zones de retournement prédéfinies, afin d'avoir le moins d'impact possible sur l'environnement. Les travaux doivent être planifiés de manière à réduire au minimum le nombre de véhicules et d'équipements circulant dans la zone intertidale ou à proximité de celle-ci, afin de limiter les impacts sur l'estran.
- d) La boue doit être enlevée des véhicules et des équipements de transport à l'extérieur du site.
- e) Tous les équipements et toutes les machines doivent être en bon état de fonctionnement et exempts de fuites ou d'excès d'huile et de graisse.
- f) Toutes les machines hydrauliques doivent utiliser des fluides hydrauliques respectueux de l'environnement qui ne sont pas toxiques pour la vie aquatique et qui sont facilement ou intrinsèquement biodégradables.
- g) Les équipements doivent être ravitaillés en carburant avant leur arrivée sur le site et aucun ravitaillement sur place n'est autorisé.

- h) L'entrepreneur doit disposer d'un plan d'urgence approprié pour la prévention des déversements, le confinement et le nettoyage des produits hydrocarbures (p. ex., carburant, huile, fluide hydraulique, etc.), et d'autres substances nocives.
- i) Tous les matériaux de remblai ou de roche qui entreront en contact avec les eaux du fleuve Fraser doivent être des matériaux propres, exempts de matières organiques et de substances nocives pour les poissons.
- j) Tous les débris et les matières délétères générés par les travaux en question doivent être recueillis et éliminés dans des endroits en amont appropriés, conformément à toutes les lois et à tous les permis applicables aux travaux.
- k) Les travaux doivent être interrompus si vous constatez qu'ils entraînent une dégradation de l'environnement dans leur voisinage immédiat ou si vous observez que les niveaux de turbidité dans la zone locale sont sensiblement plus élevés qu'avant le début des travaux.
- l) Pendant la construction, l'entrepreneur doit alerter le représentant du client si des reptiles sont trouvés pendant l'excavation ou les travaux de terrassement, et arrêter les travaux jusqu'à ce qu'il soit autorisé à les poursuivre.
- m) Pour s'assurer que les meilleures pratiques de gestion de l'environnement sont respectées, il peut s'avérer nécessaire d'avoir un représentant environnemental sur place pendant la construction.

7.7 Contrôle de la qualité et assurance de la qualité (AQ/CQ)

L'AQ/CQ sont essentiels pour s'assurer que la conception de la protection des rivages est exécutée correctement. Les meilleures pratiques comprennent les opérations suivantes :

- a) Inspecter les matériaux rocheux de la carrière avant de les apporter sur le site. Ceci est particulièrement important pour les sites disposant d'une petite zone de travail où il n'est pas possible de trier les matériaux sur place.
- b) Avoir du personnel expérimenté dans la mise en place de roches sur le site afin de fournir des conseils aux opérateurs d'équipement pendant les premiers jours du projet. L'expérience acquise en matière de mise en place de roches sur l'estran a montré que la qualité du travail varie considérablement en fonction des compétences des opérateurs d'équipement, de sorte que des conseils permettent souvent d'améliorer la qualité des travaux finis.
- c) Demander à un représentant de l'ingénierie sur le site d'effectuer des inspections relatives à la mise en place des roches. Les inspections devraient idéalement avoir lieu quotidiennement et être bien documentées dans les rapports et les photographies.
- d) Des études doivent être effectuées après l'excavation, la mise en place de remblai et des pierres de carapace ou d'enrochements. Il est de pratique courante que l'entrepreneur fournisse un arpenteur-géomètre indépendant pour effectuer ces « vérifications ». L'ingénieur en charge du dossier ou un représentant qualifié doit examiner les levés pour s'assurer que l'excavation et la mise en place des matériaux se font dans le respect des tolérances.
- e) Lors des travaux dans l'eau, les inspections du représentant de l'ingénierie pendant la construction poseront des difficultés particulières. Pour permettre d'inspecter la qualité de la mise en place des roches sous l'eau, l'entrepreneur doit effectuer régulièrement des balayages bathymétriques multifaisceaux des roches mises en place, avec une résolution suffisante pour distinguer les différentes roches mises en place et l'espace vide.

7.8 Considérations

7.8.1 supplémentaires pour atténuer le bruit

En général, les rivages de l'APVF ne sont pas situés dans des zones particulièrement sensibles au bruit; toutefois, des restrictions sonores peuvent limiter les travaux aux jours de semaine ou aux heures de la journée (de 8 h à 17 h). Si nécessaire, des mesures pour réduire le bruit, qui pourraient inclure la pose de barrières antibruit ou l'utilisation d'équipement plus silencieux, doivent être envisagées et spécifiées à l'avance si possible.

7.8.2 Matériaux marins excavés

Les matériaux excavés ou retirés de l'environnement marin dépassent souvent les limites acceptables de sodium pour l'élimination dans une décharge. Une mise au rebut spéciale peut s'avérer nécessaire.

Comme bon nombre des rivages de l'APVF sont situés dans des zones hautement industrielles et que certains des matériaux de protection ou de remblai des rivages existants ne sont pas standard, il peut s'avérer nécessaire de tester les matériaux pour détecter d'autres contaminants.

Les matériaux contaminés peuvent nécessiter des considérations spéciales de manipulation et d'élimination et doivent être traités lorsque les contaminants sont identifiés. La présence de contaminants peut influencer les options de conception et donc déclencher une conception itérative et un processus de permis.

RÉFÉRENCES

Ce document est basé sur Vancouver Fraser Port Authority Guideline – Shoreline Protection Inspection, Maintenance, Design and Repair (Vancouver Harbour) v1.0, April 2018. Document No. 642011-2000-4PER-0001.

- [1] BCMoE (2018). Final Amendment to Section 3.5 and 3.6 – Flood Hazard Area Land Use Management Guidelines (2004), Effective January 1, 2018. Disponible en ligne sur le site : https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/air-land-water/water/integrated-flood-hazard-mgmt/final_amendment_to_s_35_and_36_fhalumg_17-10-01.pdf.
- [2] BCMoE (2011a). Climate Change Adaptation Guidelines for Sea Dikes and Coastal Flood Hazard Land Use : Draft Policy Discussion Paper.
- [3] BCMoE (2011b). Climate Change Adaptation Guidelines for Sea Dikes and Coastal Flood Hazard Land Use : Guidelines for Management of Coastal Flood Hazard Land Use.
- [4] BCMoE (2011c). Climate Change Adaptation Guidelines for Sea Dikes and Coastal Flood Hazard Land Use : Sea Dikes Guidelines.
- [5] DFO (2019). Canadian Tide and Current Tables, Volume 5, 2017. Fisheries and Oceans Canada, 2019.
- [6] BC Ministry of Transportation & Infrastructure (2016). Standard Specifications for Highway Construction. Volume 1.
- [7] British Standard 6349-1 (Maritime Structures).
- [8] C.A. Thoresen (2014). Port Designer’s Handbook. 3rd Edition, ICE Publishing, London.
- [9] CIRIA, CUR, CETMET (2007). The Rock Manual. The Use of Rock in Hydraulic Engineering. 2nd Edition. C683. CIRIA. London.
- [10] EurOtop II (2016). Manual on Wave Overtopping of Sea Defenses and Related Structures: An Overtopping Manual Largely Based on European Research, but for Worldwide Application.
- [11] Lamont, G., Readshaw, J., Robinson, C., and St-Germain, P. (2014). Greening Shorelines to Enhance Resilience : An Evaluation of Approaches for Adaptation to Sea Level Rise. Prepared by SNC-Lavalin Inc. for the Stewardship Centre for B.C. and submitted to Natural Resources Canada (AP040). 44p.
- [12] Richard Thomson (1977). Océanographie de la côte de la Colombie-Britannique, Publication spéciale canadienne des sciences halieutiques et aquatiques 56.
- [13] SNC-Lavalin Inc. (2017). Multi-Year Maintenance Program, Shoreline Protection Assessment – Vancouver Harbour. Prepared by SNC-Lavalin Inc. for the Vancouver Fraser Port Authority.
- [14] Toft, J., Ogstonm, A., Heerhartz, S., Cordell, J., and Flemer, E. (2012). Ecological Response and Physical Stability of Habitat Enhancements Along an Urban Armored Shoreline. Ecological Engineering 57 : 97-108.

- [15] Borsje, B.W., van Wesenbeeck, B.K., Dekker, F., Paalvast, P., Bouma, T.J., van Katwijk, M.M. and de Vries, M.D. (2011). How Ecological Engineering Can Serve in Coastal Protection. *Ecological Engineering* 37:2:113-122.
- [16] United States Army Corps of Engineers (USACE) (2006). *Coastal Engineering Manual*. Washington, D.C.
- [17] United States Army Corps of Engineers (USACE) (1984). *Shore Protection Manual*.
- [18] PIANC (1997). *Guideline for the Design of Armoured Slopes under Open Piled Quay Walls*.
- [19] NOAA Technical Report NOS CO-OPS 083. January 2017. *Global and Regional Sea Level Rise Scenarios for the United State*.
- [20] Rapport RCCC 2019 de Environnement et Changement climatique Canada (2019). *Rapport sur le climat changeant du Canada*.
- [21] BC Ministry of Forests, Lands and Natural Resource Operations (May 2014). *Simulation the Effects of Sea Level Rise and Climate Change on Fraser River Flood Scenarios*.

ADMINISTRATION PORTUAIRE VANCOUVER FRASER | **Lignes directrices – Protection des rivages : Inspection, entretien, conception et réparation (fleuve Fraser) vl.O**

CLIENT : Administration portuaire Vancouver-Fraser (APVF)
 PROPRIÉTAIRE : de l'Administration portuaire Vancouver-Fraser (APVF)
 PROJET : Évaluation de la protection des rivages – Fleuve Fraser

PRÉPARÉ PAR : Gary Yang, PH.D., P.E., P .Eng. *Original scellé*
 Ingénieur principal des travaux maritimes

PRÉPARÉ PAR : Anthony Peterson, Ing. *Original signé*
 Gestionnaire de projet

APPROUVÉ PAR : _____
 Gestionnaire de projet APVF

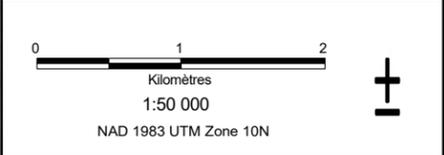
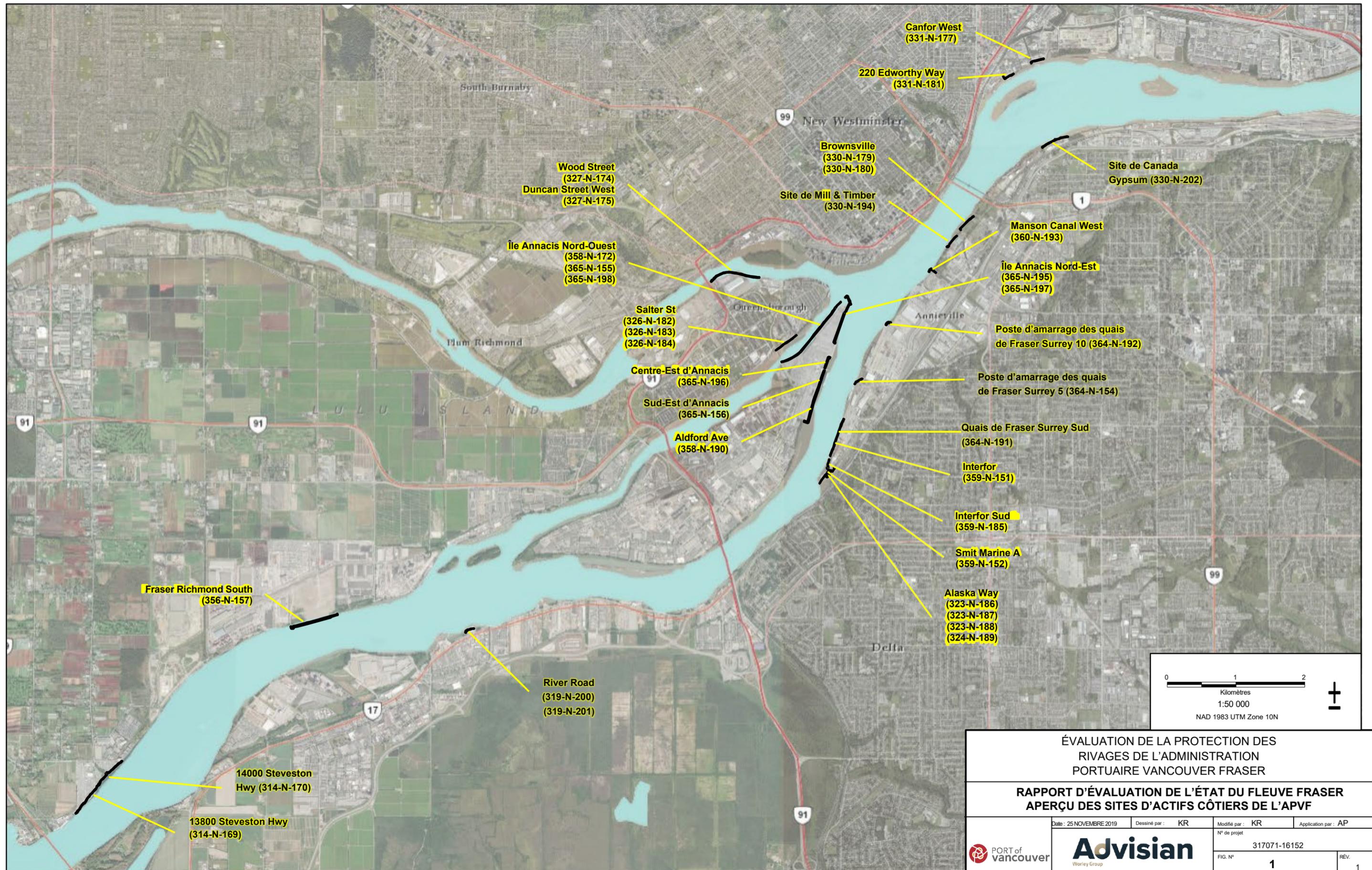
INDEX DE RÉVISION

N° de révision	Préparé	Révisé	Approuvé	Date	Remarques
A	G. Yang	A. Peterson	A. Peterson	04 septembre 2019	Publié pour examen par le client Document Advisian n° 317071-16152-00-MA-REP-0003
0	G. Yang	A. Peterson	A. Peterson	10 décembre 2019	Publié à des fins d'utilisation du Document Advisian n° 317071-16152-00-MA-REP- ..0..0.0.3
1	G. Yang	A. Peterson	A. Peterson	08 janvier 2019	Publié à des fins de réutilisation Document Advisian n° 3.-1.7--0-7--1---1--6....1-- .52-00-MA-REP-0003

Avis aux lecteurs

Le présent document représente le travail d'Advisian effectué selon des principes et pratiques d'ingénierie reconnus et appropriés selon les mandats fournis par le client contractuel d'Advisian, l'Administration portuaire Vancouver-Fraser (le « Client »). Le présent document ne peut être utilisé pour une mise en œuvre détaillée ou à toute autre fin non spécifiquement identifiée dans le présent document. Ce document est confidentiel et préparé seulement aux fins d'utilisation par le client. Ni Advisian, ni ses sous-conseillers, ni leurs employés respectifs n'assument de responsabilité pour quelque raison que ce soit, y compris, mais sans s'y limiter, la négligence, envers toute partie autre que le Client pour toute information ou déclaration contenue dans les présentes. Le prolongement de toute garantie du présent document ou des renseignements qui y sont contenus en faveur du Client est limité à la garantie, le cas échéant, contenue dans le contrat entre le Client et Advisian.

**ANNEXE A
ACTIFS DU FLEUVE FRASER D'APVF**



ÉVALUATION DE LA PROTECTION DES RIVAGES DE L'ADMINISTRATION PORTUAIRE VANCOUVER FRASER			
RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'ÉTAT DU FLEUVE FRASER APERÇU DES SITES D'ACTIFS CÔTIERS DE L'APVF			
Date : 25 NOVEMBRE 2019	Dessiné par : KR	Modifié par : KR	Application par : AP
<small>« Ce dessin est préparé seulement à l'intention de nos clients, comme indiqué dans le rapport qui l'accompagne. Worley Canada Services Ltd. n'assume aucune responsabilité à l'égard d'une autre partie pour toute déclaration contenue dans ce dessin. »</small>			

Source de l'image : Source : Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, et les sources de la communauté d'utilisateurs du système SIG : Esri, Garmin, USGS, NPS

DATE ET HEURE DU TRACÉ : 25/11/2019 2:30:35 p.m. NOM D'UTILISATEUR : Kenneth W. Ritchie ENREGISTRER LA DATE ET L'HEURE : 25/11/2019 2:30:27 p.m. BUREAU ÉMETTEUR : BURNABY GIS