

ANNEX C

PLAN DE RESTAURATION DE L'HABITAT

PROJET DE CRÉATION D'UN TROISIÈME POSTE À QUAÏ À DELTAPORT
RAPPORT D'ÉTUDE APPROFONDIE



**Administration portuaire de Vancouver
Troisième poste à quai de Deltaport
Projet de restauration de l'habitat**

**Élimination des billots et
restauration du marécage saumâtre**

**Améliorations à la
chaussée Est**

**Modifications proposes
des chenaux dendritiques**

**Habitat des
caissons**

**Récif du
sublittoral**

12 mars 2006

**Administration portuaire de Vancouver
Troisième poste à quai de Deltaport
Projet de restauration de l'habitat**

Préparé pour : Administration portuaire de Vancouver
Groupe de développement des conteneurs
100, The Pointe
999, place du Canada
Vancouver, CB V6C 3T4

Préparé par : Gary Williams
GL Williams & Associates Ltd.
2907, place Silver Lake
Coquitlam, CB V3C 6A2

et

John Millar
Coast River Environmental Services Ltd.
1672, 75^e Avenue Ouest
Vancouver, CB V6P 6G2

Avec la participation de

Moffatt & Nichol, Northwest Hydraulic Consultants, et
MPT Land Surveying Co. Ltd.

12 mars 2006

TABLE DES MATIÈRES

	Page
1 INTRODUCTION	1
2 DESCRIPTION DES SOLUTIONS DE RESTAURATION SUR LE SITE	2
2.1 Chenal de la chaussée Est et de l'île barrière	2
2.2 Élimination des billots et des débris d'arbres et le chenal du marécage saumâtre	22
2.3 Récif du sublittoral	27
2.4 Stabilisation du banc de sable par la modification des chenaux dendritiques	32
2.5 L'habitat des caissons	37
3 SOLUTIONS DE RESTAURATION HORS SITE	41
4 RÉSUMÉ DES MESURES DE RESTAURATION DE L'HABITAT	42
5 BIBLIOGRAPHIE	43
Annexe I – Mémoire de <i>Northwest Hydraulics Consultants</i> : mesures de restauration – solutions pratiques	45
Annexe II – Mémoire de <i>Northwest Hydraulic Consultants</i> : mesures de stabilisation proposées du circuit d'écoulement des marées	60

1. INTRODUCTION

La création d'un troisième poste à quai à Deltaport répond aux besoins du Canada d'un port d'entrée du commerce maritime du Pacifique et le projet d'agrandissement proposé n'est qu'une composante parmi plusieurs initiatives destinées à améliorer les structures des ports canadiens. L'administration portuaire de Vancouver (APV) reconnaît que l'aménagement du port doit être un projet de développement durable et que les 8 000 hectares de l'aire de Roberts Bank constituent un habitat important qui soutient les poissons et les sauvagines.

Éviter de provoquer toute perte nette de l'habitat des poissons selon les termes de la politique nationale sur l'habitat poissonnier du ministère des Pêches et Océans (MPO) est un facteur critique du processus de réglementation d'un développement durable pour les installations portuaires. Le projet d'aménagement d'un troisième poste à quai à Deltaport revêt un caractère national dont la raison d'être satisfait aux exigences de la politique du MPO.

L'APV a révisé sa conception des installations conformément aux dispositions d'atténuation faisant partie de l'ensemble de ce projet. Il s'agit de :

- réduire l'empreinte du projet initial proposé par l'APV en 2003 de plus ou moins 32%, la faisant passer de 32 hectares à 21,9 hectares afin de réduire l'impact du site sur l'environnement, ce qui a été réalisé en optimisant les opérations de conteneurs par des installations à la fine pointe de la technologie;
- réduire les matériaux dragués dans le bassin de halage des remorqueurs de 26 000 m³ à 14 600 m³, réduisant l'impact de l'opération de dragage à une surface de 12,71 hectares;
- réacheminer les circuits d'écoulement des eaux de mer de la baie afin d'améliorer la qualité de l'environnement pour les poissons et la sauvagine.

L'effort consacré à identifier et à évaluer l'éventail des mesures de restauration de l'habitat sur site et hors site a été considérable à la fois à l'interne et en consultation avec le MPO et le Service canadien de la faune (SCF). Certains plans de restauration ont été résumés laissant un choix de plusieurs options pour le site (Williams et Millar 2005). Après avoir passé en revue ces options, les autorités responsables de l'examen préliminaire, le MPO et le SCF, ont demandé une étude plus approfondie des mesures de restauration et plusieurs choix hors site ont retenu l'attention. Le 13 octobre 2005, l'APV et les autorités, ainsi que *Ducks Unlimited*, ont rendu visite à certains sites possibles à Roberts Bank et aux marécages du Lower South Arm, ainsi qu'à Sturgeon Bank le 25 octobre.

Ce rapport corrigé a été rédigé en tenant compte des commentaires du groupe de travail du rapport préliminaire sur les mesures de restauration de l'habitat proposées dans le cadre du projet d'un troisième poste à quai de l'APV à Deltaport, en date du 7 novembre 2006. Une série d'illustrations graphiques représentant des vues en coupe de certains concepts d'habitat proposés pour les travaux d'aménagement de la chaussée Est ont été préparées et incorporées dans le

rapport afin de mieux faire comprendre l'ensemble des mesures de restauration. Ce rapport final servira de document d'orientation pour les agences environnementales et l'équipe de consultants chargée de la phase de l'étude plus détaillée.

2. DESCRIPTION DES SOLUTIONS DE RESTAURATION SUR LE SITE

Cinq solutions sont proposées pour le site :

- i. Chenal de la chaussée Est et de l'île barrière
- ii. Élimination des billots et des débris d'arbres et le chenal du marécage saumâtre
- iii. Récif du sublittoral
- iv. Stabilisation du banc de sable par la modification des chenaux dendritiques
- v. L'habitat des caissons

Cet éventail de solutions a été décrit et identifié à l'origine dans un rapport précédent de Williams et Millar (2005), auquel il a été ajouté suite à un examen topographique sur le terrain de la chaussée Est et des marécages adjacents de l'estran, des concepts d'ingénierie supplémentaires, et une évaluation des procédés géomorphologiques. Les négociations des droits de propriété pour tous les terrains correspondant aux solutions proposées sont en cours de finalisation par l'APV afin que les mesures de restauration puissent être effectuées et que la protection à long terme des sites de restauration soit assurée.

2.1 Chenal de la chaussée Est et de l'île barrière

Transformer le littoral à l'Est de la chaussée en milieu saumâtre stable et l'arrière littoral en habitat de grande qualité valoriserait l'habitat actuel des poissons et des oiseaux aquatiques. D'autres caractéristiques de l'habitat seront prises en considération, telles que de créer un habitat avec ou sans végétation pour accroître la diversité de l'habitat des poissons et des oiseaux aquatiques. Certains aspects à titre d'exemple comprennent des vasières qui seront une source de nourriture pour les poissons et les oiseaux de rivage ainsi que des plages de gravier/sable pour les poissons fourrageurs tels que l'éperlan argenté et le lançon, ainsi que des zones d'élevage pour les jeunes crabes. L'aspect définitif des habitats à construire sera basé sur d'autres évaluations des procédés et des facteurs biologiques d'ingénierie et géomorphologiques, pris en concertation avec le MPO et le SCF afin d'optimiser la diversité de l'habitat ainsi que sa productivité le long de la chaussée.

L'habitat actuel des poissons sur le littoral Est de la chaussée de Roberts Bank est constitué par un littoral protégé par un enrochement aligné (Figure 1) qui est complètement exposé à l'érosion marine et ne présente qu'un habitat d'un intérêt limité pour les poissons et les oiseaux aquatiques. L'arrière plage est constitué d'une chaussée non pavée qu'utilise la circulation motorisée locale et d'une mince bande d'herbes et de graminées (Figure 2). L'habitat de l'estran se limite à l'enrochement avec des galets en contrebas et une plage de sable. Étant exposée aux intempéries marines, les plus importantes étant l'action du vent et des vagues, surtout pendant les tempêtes, la zone n'a qu'une productivité limitée. Construire un marécage saumâtre, une vasière,

ou planter des arbustes et des petits arbres augmenterait sérieusement la productivité, avec la possibilité d'intéresser un plus grand nombre d'espèces attirées par les différentes caractéristiques de ce site, ce qui par la suite fournirait la croissance du nombre d'individus et leur diversité. Les milieux saumâtres et les arbres et arbustes de l'arrière plage fourniraient un abri ainsi qu'une source de nourriture pour les poissons, les invertébrés et les oiseaux aquatiques. L'aire totale de la chaussée Est disponible pour la restauration de l'habitat est de 6,7 hectares.

Cette approche est conforme à une mise en place d'un habitat de restauration dans l'estuaire du fleuve Fraser selon la politique nationale sur l'habitat poissonnier du MPO qui défend la création d'un habitat de plus grande valeur à proximité du site du lieu d'impact (MPO 1986; Anon. 1998; Adams et Williams 2004). L'équipe de concepteurs garde bien en tête le besoin de créer un habitat de restauration qui soit également bénéfique aux oiseaux aquatiques, et certaines options dont les deux espèces peuvent bénéficier ou qui sont spécifiques à l'amélioration de l'habitat aviaire (par exemple, le choix des espèces végétales produisant de la nourriture et utiles à la construction de nids, de zones d'accouplement et de refuge).



Figure 1. Enrochement de la rive Est



Figure 2. Arrière plage de la rive Est

2.1.1 Examen des critères conceptuels

Les critères réservés à la conception de la mise en place d'une restauration de l'habitat pour la chaussée Est comprennent :

- une capacité de dégagement sur toute la route déjà en place afin de répondre aux exigences du ministère des Transports (par exemple, une largeur de 4m);
- protéger le littoral contre les tempêtes et les vagues le long du littoral situé plus au Nord;
- maintenir l'accès actuel à l'enrochement pour les Premières Nations Tsawwassen (PNT) à marée basse;
- limiter les travaux pour la restauration de l'habitat à l'espace entre la chaussée et la pointe actuelle de l'enrochement afin de réduire l'impact sur la vasière adjacente;
- optimiser la zone et sa diversité par un habitat de qualité pour les poissons, les crabes et les oiseaux aquatiques;
- limiter la taille des arbres de l'arrière plage pour réduire à un minimum leur intérêt comme perchoir pour les aigles;
- protéger l'habitat nouvellement créé contre les intempéries climatiques qui ont lieu dans la zone entre les chaussées, y compris les tempêtes;
- prendre en considération la mise en place d'une aire appropriée pour la chaussée et les mesures d'atténuation le long de la chaussée pour protéger les zones de l'habitat de restauration;
- protéger les aires de l'habitat de restauration contre les perturbations anthropogéniques, par exemple, le dépôt sauvage d'ordures, les dégâts causés par le passage des véhicules ou le piétinement des passants, le cas échéant.

La conception de la restauration proposée pour la chaussée Est comprend un éventail de caractéristiques pour l'habitat visant à maximiser le nombre des espèces et la diversité de ses accommodements. Une série de vues en plan superposées sur des photographies aériennes de la chaussée Est montre l'aménagement proposé des aires (Figure 3, dessin SK-38, et Figure 4, dessin SK-39). Pour plus de détails, des coupes transversales correspondant à chaque habitat sont illustrées aux pages suivantes.

L'idée directrice du concept est de créer une île formant une barrière dont la hauteur atteint 6,5 m pour fournir une zone de végétation qui puisse soutenir les poissons et la faune sauvage, derrière laquelle il est possible de construire un habitat de marécages saumâtres, de vasières, ou de plages de galets ou de sable.

Pour ajouter à la biodiversité de l'habitat, certaines caractéristiques ont été proposées. Des bras morts ou des bourbiers marécageux qui comprennent une pente ou une gamme d'habitats fabriqués, illustrés aux Figures 3 et 4, et qui pourraient être d'un avantage supplémentaire pour les jeunes crabes, les poissons fourrageurs, certaines espèces d'oiseaux aquatiques et d'animaux sauvages. À l'extrémité Sud du site (Figure 3) il est proposé de construire une flèche qui fournirait un habitat aux oiseaux aquatiques, et en particulier à la bernache cravant ainsi qu'à d'autres oiseaux aquatiques. Ces dispositions devant apporter des modifications en dehors de l'impact de la chaussée, devront être examinées plus avant afin de s'assurer des avantages dont profiteront les poissons ainsi que les oiseaux aquatiques. Le long de la section Nord de la

chaussée (Figure 4), une autre forme d'habitat est proposée sous forme d'un marécage saumâtre ouvert d'une largeur d'environ 15 m qui communique directement avec la vasière actuelle. D'un autre côté, les cotes d'élévation pourraient être diminuées afin de fournir d'autres formes de vasière pour l'habitat. L'orientation principale de la conception proposée pour une restauration de l'habitat est de créer un habitat d'une plus grande valeur suite à une évaluation plus approfondie selon les considérations d'ordre géomorphologique du littoral, l'ingénierie et le biologique.

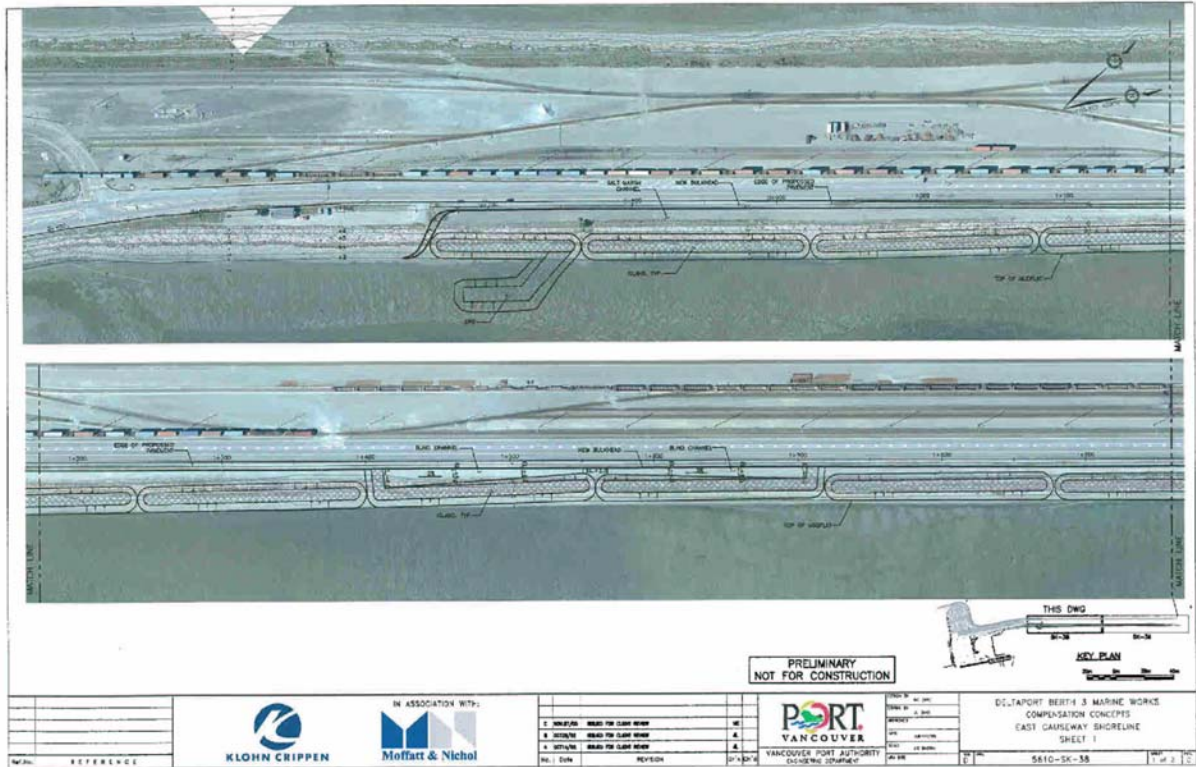


Figure 3. Chaussée Sud-Est, dessin no. SK-38

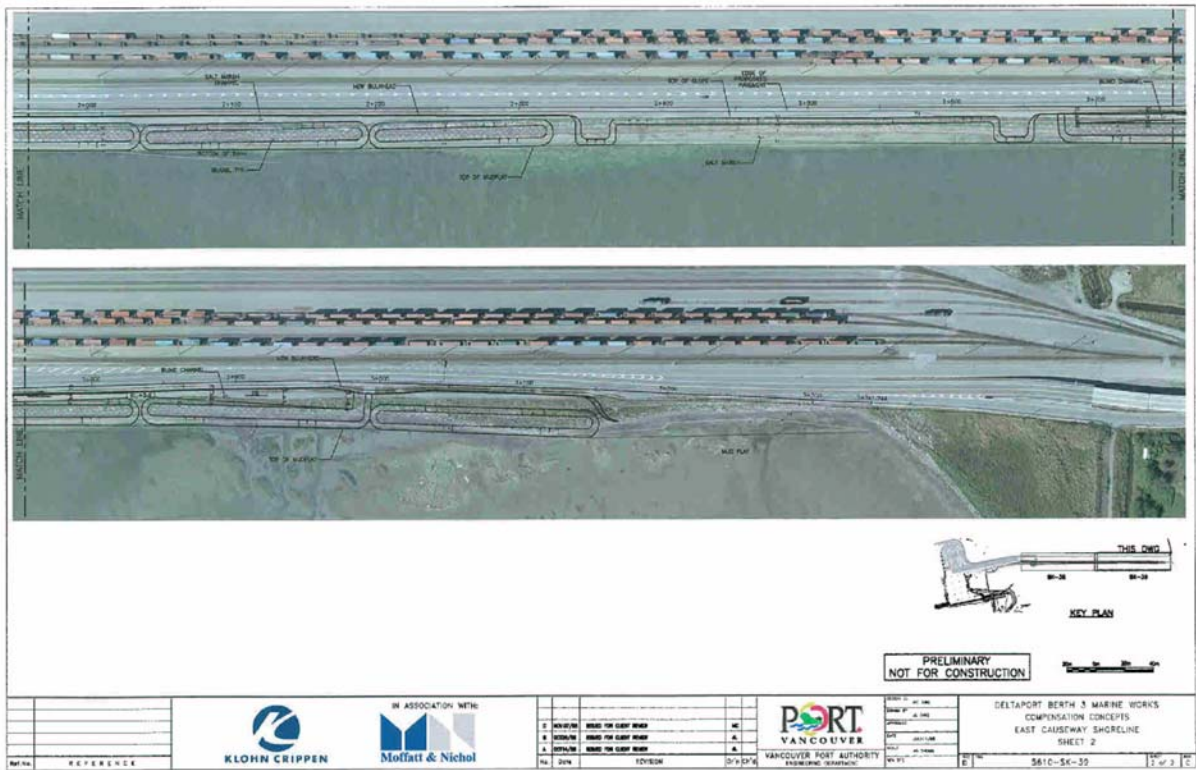


Figure 4. Chaussée Nord-Est – dessin no. SK-39

Certaines remarques préliminaires sur les caractéristiques de l'habitat sont proposées pour discussion au mémo sur les processus géomorphologiques du littoral (Annexe I). D'autres analyses seront faites dans le cadre d'une étude détaillée. Augmenter la diversité de l'habitat le long de la chaussée Est comprend la construction de certains aspects de l'habitat qui fournissent une végétation diversifiée et un substrat établi aux cotes appropriées et dont l'exposition est utile au soutien de ces espèces. Les marnages critiques correspondant au concept de restauration le long du littoral entre les chaussées sont présentés au Tableau 1.

Tableau 1. Marnages critiques

Marées	Élévation sur la carte (m)	Élévation sur la carte (pieds)
Très forte marée	5,4	17,7
MH ¹ (forte marée)	4,8	15,7
MH ¹ (marée moyenne)	4,1	13,5
Marée moyenne	3	9,8
MB ² (marée moyenne)	1,1	3,6
MB ² (forte marée)	0,1	0,3
Très basse marée	-0,4	-1,3

Notes : ¹ MH = niveau d'eau le plus élevé; ² MB = niveau d'eau le plus bas

Un arpentage topographique a eu lieu le 16 septembre 2005 afin de marquer le chiffre des cotes des milieux saumâtres situés le long de la chaussée et le marécage de restauration situé à BC Ferries, ainsi que d'autres points de l'habitat. La scirpe maritime ainsi que de petites zones plantées de salicorne de Virginie et de troscart s'étaient établies dans la vasière aux cotes supérieures (par exemple, de 3,5 à 3,9 m), alors que le distichlis en épi des marais saumâtres et la salicorne de Virginie étaient établis entre les cotes 3,8 m et 4,5 m, juste à la lisière inférieure de la végétation de la dune. La cote optimale prévue pour la restauration du marécage saumâtre a été établie à 4,0 m.

2.1.2 Caractéristiques de l'habitat

Pour répondre aux commentaires du groupe de travail préliminaire, des coupes transversales illustrées ont été préparées par *Sharp et Diamond*, Architectes paysagistes, avec un appui technique de *GL Williams & Associates*. Les cinq coupes transversales illustrées montrent :

- l'île barrière et le chenal des marais saumâtres;
- les marécages saumâtres ouverts;
- les vasières ouvertes;
- l'habitat en pente situé derrière l'île barrière;
- la flèche.

Pour chacune de ces options de restauration de l'habitat, l'hypothèse retenue a été celle d'une pente de l'enrochement qui serait incorporée à la conception d'ensemble pour offrir une plus grande diversité par rapport à une paroi verticale. Le programme de restauration de l'habitat finalisé sera mis au point à la suite d'autres examens techniques et en consultation avec le MPO et le SCF.

2.1.2.1 L'île barrière

La conception d'un habitat adéquat fourni par une île barrière a été retenue comme une pièce essentielle de l'opération afin d'établir les conditions favorisant l'établissement d'un habitat de grande valeur pour les poissons et les oiseaux aquatiques (Figure 5). Cette île barrière serait située entre la chaussée et la pointe de l'enrochement actuel, en évitant l'habitat de la vasière.

L'évaluation géomorphologique du littoral préparée par *Northwest Hydraulic Consultants* (NHC) indique que les tempêtes produisent des vagues de 0,8 m assez fréquemment, ce qui exige une protection adéquate du littoral (Annexe I). Le concept proposé se compose d'une île constituant une barrière au large, avec une crête de 6,5 m et une pente extérieure de 1,75 :1. Un enrochement formé de grosses roches, par exemple de 600 à 800 mm de diamètre devrait fournir le contrefort nécessaire pour protéger des effets de la tempête. Le nouveau chenal ainsi créé serait tapi de roches plus petites ou de galets. La végétation de l'arrière plage serait plantée tout le long de la chaussée et le long de la crête de l'île sur une hauteur de 6,5 m. Le marécage saumâtre serait déplacé dans le chenal du courant de marée entre la chaussée et l'île barrière. Le marécage ainsi que les pentes de l'enrochement seraient colonisés naturellement par une végétation herbacée et des graminées appropriées.

Plantations de l'arrière littoral

Une végétation serait implantée sur une longue bande de l'arrière littoral de 2,5 à 3,5 m de largeur et sur toute la longueur de la chaussée pour constituer le nouvel habitat. Tout en augmentant la valeur de l'habitat du littoral pour les poissons et la faune sauvage, les petits arbres et les arbustes formeront un écran qui cache la chaussée de l'habitat de part et d'autre de la chaussée. Des espèces qui tolèrent les embruns seront choisies : des arbres tels que le pin tordu et le pommier du Pacifique, et des arbustes tels que l'aubépine, l'holodisque discolore et la baie de sureau rouge, et ainsi de suite (Tableau 2). Les grands arbres seront écartés afin d'empêcher qu'ils deviennent des perchoirs pour les aigles à tête blanche en quête de proies telles que les sauvagines ou les oiseaux de rivage. Ces aspects seront définis au cours de consultations entre l'APV et le SCF pendant la phase de l'étude plus détaillée.

La végétation de l'arrière littoral sera plantée au printemps ou à l'automne suivant l'achèvement des travaux de protection du littoral et de l'île barrière. Une couche de terre végétale sera installée sur le remplissage structurel afin d'offrir un milieu de croissance approprié à la nouvelle végétation.

Certains critères s'adressent au besoin d'atténuer l'impact anthropogénique, par exemple, des véhicules, des déchets et du piétinement causé par les passants, ainsi que les questions de la qualité des eaux de ruissellement. Des mesures seront examinées pendant la phase détaillée afin

d'intervenir et de contrôler les questions de la qualité de l'eau et de l'impact des véhicules pendant l'utilisation de la chaussée comme voie de dégagement.

L'accès aux piétons n'a pas été prévu dans les zones de restauration de l'habitat étant donné les inquiétudes du service de sécurité de l'APV. La protection des plantes de l'habitat serait assurée par des barrières temporaires, et au besoin une stratégie de gestion de l'habitat sera mise au point et appliquée et des clôtures permanentes érigées en fonction des besoins.

Les zones de l'arrière littoral seront plantées selon les travaux de restauration de l'habitat et en tant que tel devront obtenir l'autorisation du MPO. Cette autorisation comprendra l'exigence d'une surveillance et des travaux d'ajustement si les habitats restaurés ne fonctionnent pas comme prévu.

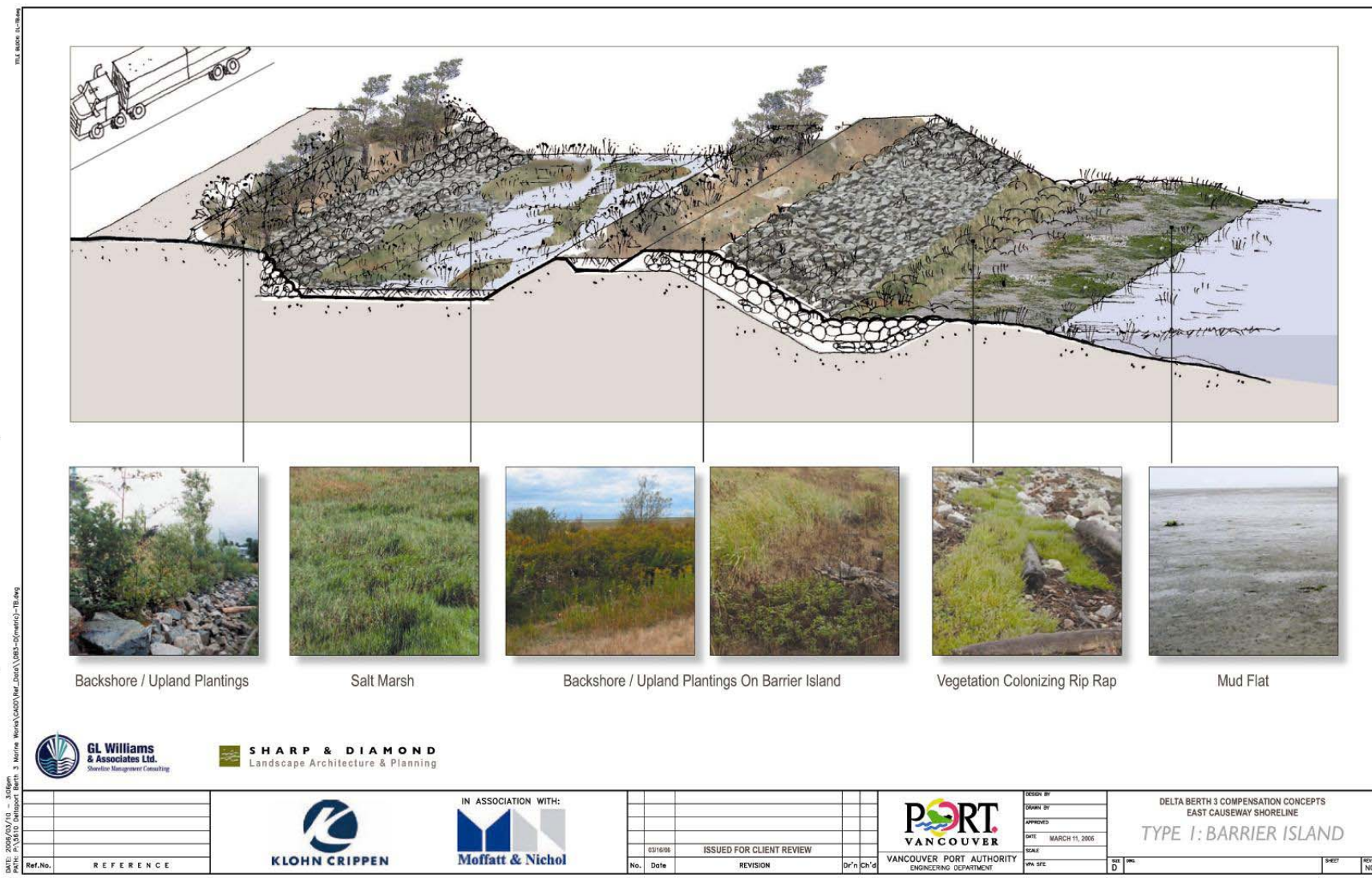


Figure 5. Étude de solution pour la restauration de l'habitat de la chaussée Est avec l'île barrière et un chenal de marée.

Tableau 2. Liste préliminaire des espèces végétales de l'arrière littoral et de la végétation intertidale des marécages

Nom latin	Nom commun
Arbres	
<i>Acer macrophyllum</i>	Érable grandifolié
<i>Alnus rubra</i>	Aulne rouge
<i>Arbutus menziesii</i>	Arbousier
<i>Betula papyriera</i>	Bouleau blanc
<i>Cornus nuttallii</i>	Cornouiller florissant
<i>Crataegus douglasii</i>	Aubépine de Douglas
<i>Malnus fusca</i>	Pommetier du Pacifique
<i>Pinus contorta</i>	Pin tordu
<i>Picea sitchensis</i>	Épicéa de Sitka
Arbustes	
<i>Gaultheria shallon</i>	Gaulthérie Shallon
<i>Holodiscus discolor</i>	Holodisque discoloré
<i>Lonicera ciliosa</i>	Chèvrefeuille du Pacifique
<i>L. involucrate</i>	Chèvrefeuille involucre
<i>Mahonia nervosa</i>	Mahonia à nervures saillantes
<i>Menziesia ferruginea</i>	Menziézie ferrugineuse
<i>Myrica gale</i>	Myrique baumier
<i>Rosa gymnocarpa</i>	Rosier nain
<i>Rubus spectabilis</i>	Ronce élégante
<i>Salix hookeriana</i>	Saule de Hooker
<i>Sambucus racemosa</i>	Baie de sureau rouge
<i>Spiraea douglasii</i>	Thé du Canada (spirée)
<i>Symphoricarpos spp.</i>	Symphoricarpe
Graminées	
<i>Ambrosia chamissonis</i>	Sparganium argenté
<i>Carex mavrocephala</i>	Carex
<i>Lathyrus nevadensis</i>	Trèfle violet
<i>Leymus (Elymus) mollis</i>	Élyme des sables
<i>Sanicula crassicaulis</i>	Sanicle du Pacifique
Marais saumâtre	
<i>Bolboshoenus (Scirpus) maritimus</i>	Scirpe maritime ¹
<i>Distichlis spicata</i>	Distichlis en épi
<i>Grindelia integrifolia</i>	Herbe à gomme
<i>Plantago maritima</i>	Plantain maritime
<i>Salicornia virginica</i>	Salicorne de Virginie
<i>Schoenoplectus (Scirpus) americanus</i>	Scirpe américain ¹
<i>Triglochin maritima</i>	Troscart maritime ¹

Note¹ : = saumâtre

Marécage saumâtre

Un habitat de marécage saumâtre serait établi dans le chenal de marée entre la chaussée et l'île barrière qui servirait d'abri contre les vents et les vagues des tempêtes. Des passages sont prévus pour le cycle des marées et le drainage complet du chenal ainsi que pour le passage des saumoneaux et d'autres espèces pour qu'ils aient un libre accès au mouvement des masses d'eau du large.

Le marécage saumâtre est l'un des habitats de l'estuaire ayant la plus forte productivité et son envergure est limitée dans l'estuaire du fleuve Fraser. Les saumoneaux, et tout particulièrement le saumon keta et le saumon du Pacifique utilisent le marécage saumâtre comme refuge et source de nourriture, ainsi que les crabes dormeurs naissants et d'autres espèces de crabes qui font des marécages saumâtres des aires de fraie et de croissance. La végétation des marécages saumâtres est source de nourriture pour les oiseaux aquatiques (par exemple, les oies du Canada, les canards siffleurs, les canards pilets) et les oiseaux de rivage (par exemple, le bécasseau à long bec et la marouette de Caroline), en outre il offre un camouflage naturel aux nids de canards, par exemple le canard souchet et la sarcelle (Martin *et al*, 1951). Les marécages saumâtres présentent aussi d'autres fonctions écologiques comprenant la stabilisation du littoral, le cycle des nutriments, le filtrage des particules contaminées, etc. Le marécage saumâtre contribue considérablement aux détritiques des eaux de littoral qui entrent dans la chaîne alimentaire et nourrit de nombreux invertébrés qui sont la proie des poissons, des oiseaux aquatiques et des mammifères marins.

La hauteur du marécage saumâtre du chenal aura une cote de 4,0 m à sa base et sera planté de distichlis, de salicorne de Virginie et d'autres espèces appropriées aux marécages saumâtres (voir Tableau 2). Les pentes intérieures du talus du chenal du marécage saumâtre seront recouvertes d'une couche de roches, toutefois cet environnement d'une taille plus petite et plus abrité peut encourager l'établissement d'espèces des marécages saumâtres, et tout particulièrement l'arroche, l'élyme des sables et l'herbe à gomme. Une couche de terre supplémentaire sur cette pente favoriserait la croissance de plantes vasculaires et pourrait en améliorer la productivité.

Pendant la phase détaillée de l'étude, les spécifications du marécage saumâtre sont arrêtées et des plans détaillés seront préparés en consultation avec le MPO et le SCF pour s'assurer que les besoins des poissons et des oiseaux aquatiques sont respectés. La végétation nouvellement établie de l'habitat des marécages saumâtres, comme la végétation de l'arrière littoral, est soumise à la réglementation du MPO qui prévoit des mesures de surveillance et correctives là où elles sont nécessaires.

L'habitat des pentes rocailleuses

Le contrefort de l'enrochement sera le lieu de plusieurs types d'habitat saumâtre et marin. Le rocher est un substrat solide et stable où peuvent s'accrocher les macro algues (Figure 6) telles que le varech (*Fucus*), la laitue de mer (*Ulva*) et des invertébrés (Figure 7) tels que les bernacles, les moules et les huîtres. Les espaces entre les rochers seront habités par les invertébrés, et où les poissons et de nombreuses espèces de crabe et d'invertébrés viendront s'y nourrir.

L'implantation des espèces sur les roches sera établie en fonction des taux de salinité, du niveau d'exposition et de l'élévation, lesquels varieront le long de la chaussée.



Figure 6. Grand enrochement en contrebas de la chaussée formant un support pour les algues.



Figure 7. Bernicles accrochées aux galets dans les zones de haute salinité.

2.1.2.2 Marécage saumâtre en mer

Dans les zones moins exposées aux intempéries, par exemple à la pointe Nord de la chaussée (voir Figure 4), il est possible d'installer un marécage saumâtre au large, à côté des vasières actuelles sans avoir à les protéger par une île barrière. L'habitat proposé comprend une zone d'arrière littoral de 2 à 4 m de large plantée d'arbustes et de petits arbres le long de la chaussée afin de fournir un écran abritant le marécage saumâtre du trafic véhiculaire et prévoit de creuser une échancrure du littoral en forme de baie jusqu'à la chaussée (Figure 8). La pente du talus de la chaussée serait couverte de rochers pour la protéger et le marécage saumâtre serait planté à partir d'une hauteur d'environ 4 m. Selon le site choisi pour le marécage saumâtre à découvert, la distichlis et la salicorne de Virginie seraient les espèces dominantes pour la transplantation, cependant si l'apport d'eau douce crée des poches saumâtres, le troscart, le plantain maritime ou le scirpe américain seraient utilisés pour favoriser la diversité de l'habitat.

Parmi les exemples de projets de restauration des marécages saumâtres, il faut inclure Stanley Park (Figure 9), Port Moody Arm (Figure 10) et le terminal des traversiers de Tsawwassen. La distichlis et la salicorne de Virginie sont les espèces d'implantation typiques car elles sont capables de s'accommoder de la plus forte salinité des eaux du littoral et s'implantent volontiers dans des terres à découvert.



Figure 9. Restauration d'un marécage saumâtre en amont d'une plage de galets.



Figure 10. Marécage saumâtre dans un enrochement avec des arbustes plantés en amont sur l'arrière littoral.

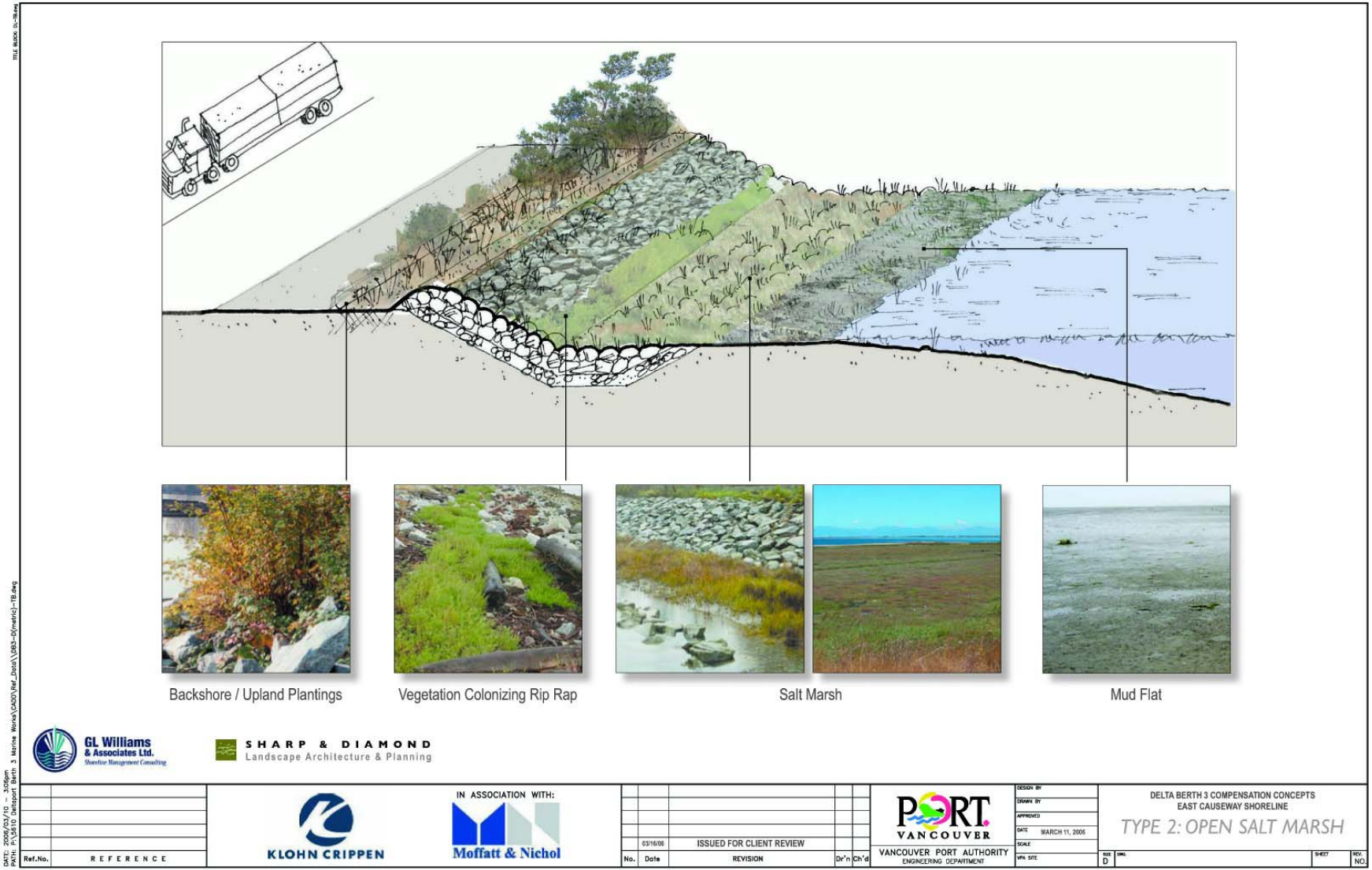


Figure 8. Conception d'un marécage saumâtre à découvert en tant que solution de restauration de l'habitat de la chaussée Est.

2.1.2.3 Vasière à découvert

Dans les zones moins exposées aux intempéries, des vasières à ciel ouvert pourraient être établies à la place des marécages saumâtres, par exemple, à la pointe nord de la chaussée (Figure 4). Ce concept d'habitat proposé en solution de rechange a fait l'objet de discussions entre le MPO et le SCF et propose la création d'une vasière par l'excavation de la chaussée à une hauteur moindre que celle du marécage saumâtre, et ainsi fournir un habitat plus étendu sans végétation pour les poissons et les zones d'habitation des oiseaux aquatiques, ce qui favoriserait aussi les colonies benthiques d'invertébrés. Cette solution est considérée comme étant moins prometteuse qu'un marécage saumâtre, et elle sera examinée plus avant au cours de la phase détaillée de l'étude.

Semblable à la solution proposée d'un marécage saumâtre, ce concept d'habitat comprend une bande plantée de petits arbres et d'arbustes d'une largeur de 2 à 4 m sur l'arrière littoral le long de la chaussée afin de former un écran entre la vasière et le trafic véhiculaire, ainsi que de former une échancrure en forme de baie ouverte le long de la chaussée (Figure 11). Un enrochement de la pente du talus servirait à protéger la chaussée et la berge au-dessous du niveau de la vasière située à une hauteur d'environ 2,5 m. Des amas de rochers seraient à envisager afin de favoriser la diversité de l'habitat, cependant aucun effort de végétation ne serait entrepris dans la zone de l'estran.

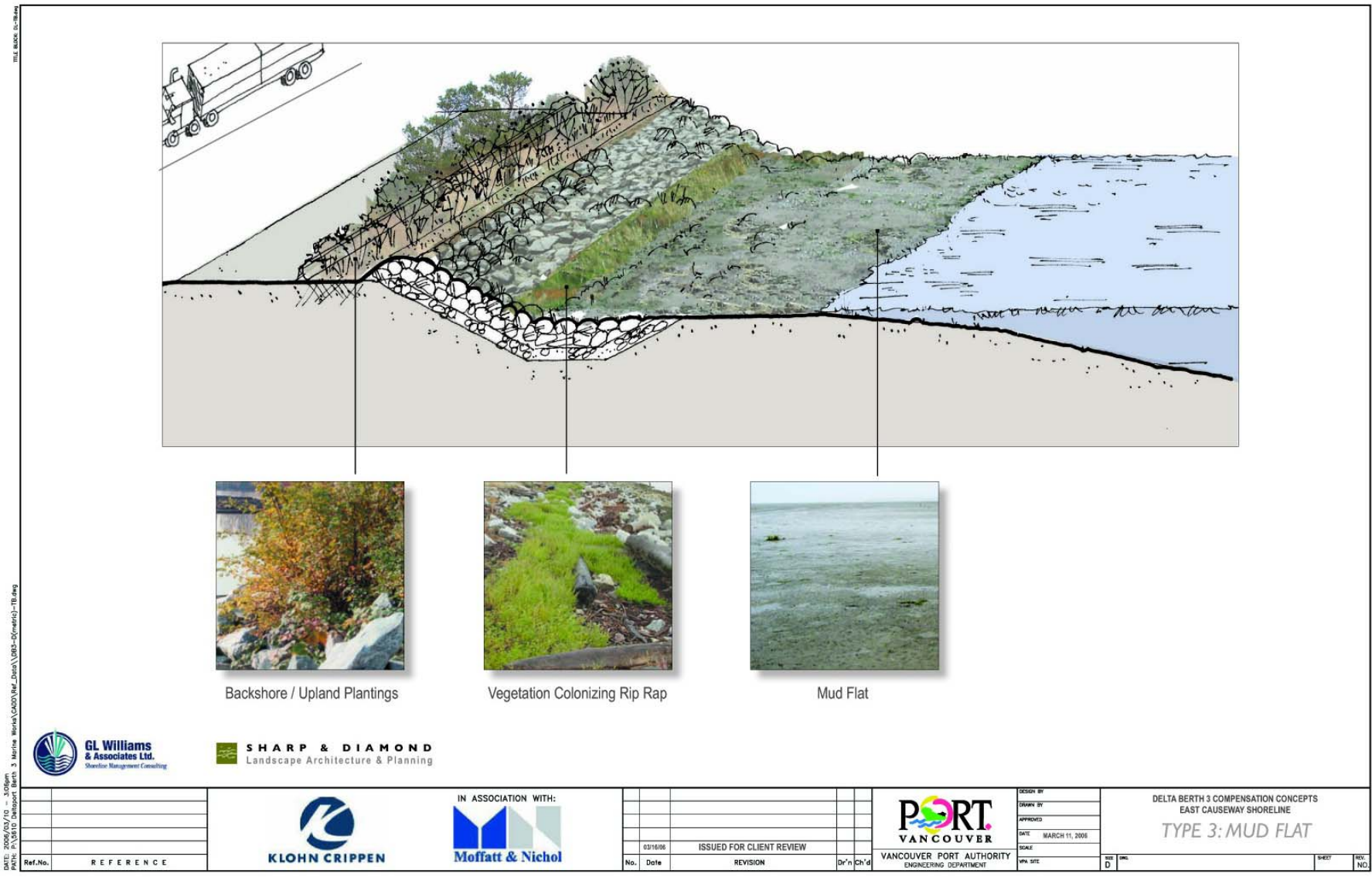


Figure 11. Concept de vasière à découvert comme solution de restauration de l'habitat pour la chaussée Est.

2.1.2.4 L'habitat des plages

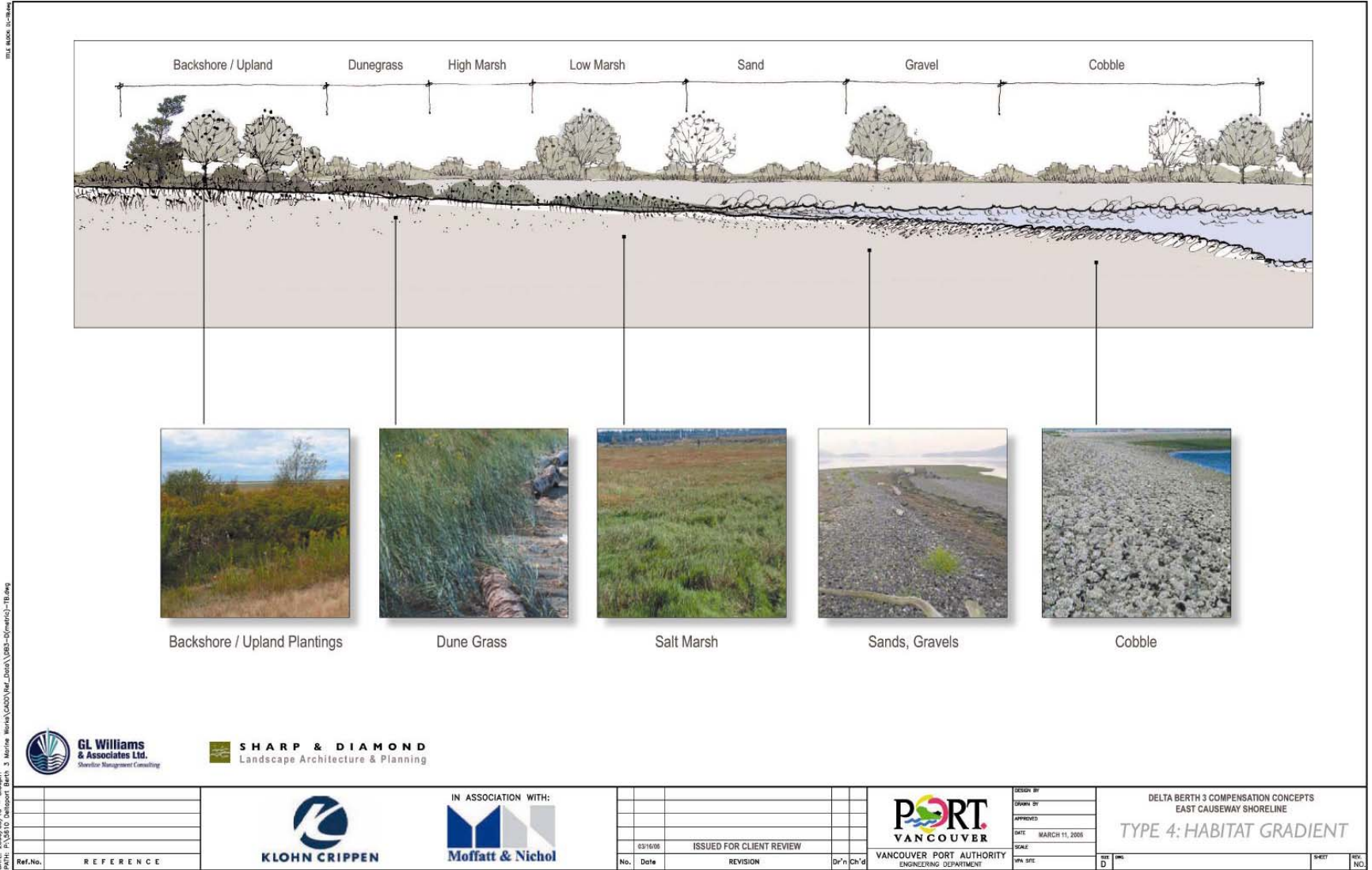
Selon les principes de restauration visant à favoriser la diversité de l'habitat, l'occasion se présente d'établir un habitat de fraie pour les lançons ou les éperlans argentés et de l'intégrer dans le cadre des travaux de restauration. Il n'existe pas actuellement de plages de sable le long de la chaussée Est. Les lançons et les éperlans argentés sont des sources importantes de fourrage pour les oiseaux maritimes plongeurs, les canards, les grands poissons, y compris les saumoneaux et les mammifères marins. Les éperlans argentés fraient dans le gros sable ou le gravier (1 à 7 mm) dans la partie supérieure de l'estran, à une profondeur de 3,2 à 3,8 m (Levy 1985; Pentilla 1978). La plupart des zones de fraie connues pour l'éperlan argenté se situent dans l'inlet Burrard. La zone de fraie des lançons se situe sur une bande légèrement plus grande, variant de 2,6 m à 3,8 m, avec une préférence pour les substrats plus sablonneux. La possibilité de créer des plages de fraie pour les lançons ou les éperlans argentés sera examinée plus avant pendant la phase d'étude détaillée qui sera incorporée aux travaux de restauration de l'habitat si l'évaluation technique prévoit la réussite de leur implantation.

Roberts Bank offre un habitat pour les crabes dormeurs ainsi que certaines caractéristiques qui présentent un environnement et des lieux de nourriture pour les crabes juvéniles qui sera examiné plus profondément pendant la phase de l'étude détaillée. Par exemple, la nature et la taille du substrat ainsi que les couches supérieures (par exemple, les macroalgues, les coquillages, le gravier, les roches, etc.) seront étudiés et les caractéristiques appropriées seront incorporées dans les travaux de restauration de l'habitat.

Ce concept d'habitat vise la création de plages dans le chenal de l'estran derrière l'île barrière (Figure 12), dont les extrémités devraient être fermées avec une ouverture au centre. La cote du chenal devrait être telle que les zones de l'arrière littoral peuvent être plantées d'arbres et d'arbustes au-dessus du niveau de la pleine mer, ainsi que de prévoir un terrassement en contrebas de l'élyme des sables et de la végétation non dendritique. L'habitat de la plage du littoral devrait être prolongé sur les côtés en pente de l'estran avec un marécage saumâtre et la surface de la pente du littoral devrait passer du gravier aux galets. Un substrat plus massif, par exemple des roches et des galets, serait disposé autour de l'ouverture, perpendiculairement à la pente, afin de stabiliser le substrat devant la poussée des marées (énergie faible) et des tempêtes (énergie élevée).

Deux modèles d'habitat de plage sont proposés, cependant la configuration finale et le genre d'habitat à construire le long du littoral sera décidé à la suite d'autres études des processus côtiers le long de la chaussée et l'utilisation qu'en font les espèces doit être prise en considération. La série d'habitats présentée réunira tout un ensemble de conditions qui favoriseront la présence de nombreuses espèces de poissons, d'invertébrés et d'oiseaux.

Figure 12. Concept d'habitat de plage comme solution de restauration de l'habitat de la chaussée Est.



2.1.2.5 La flèche côtière

Une nouvelle forme d'habitat, une flèche, serait prévue dans le projet proposé pour la restauration à l'extrémité Sud du site (Figure 3, dessin SK-38). L'objectif principal de la flèche serait de fournir un habitat pour les bernaches cravants qui pourrait aussi être un habitat pour les poissons et autres espèces fauniques.

La flèche présentée à la Figure 13 se compose d'une rampe en gravier et en galets, démarrant dans la vasière (à une hauteur de 1,5 m) adjacente à des lits de zostère marine (*Zostera marina*) situés à plus ou moins 60 m de la côte où se situe la chaussée. La hauteur augmenterait progressivement le long de la flèche pour atteindre un sommet de 6,5 m où se situe la végétation de l'arrière littoral vers l'île barrière. La forme de la flèche capable de mieux réduire l'affouillement dû au flux des marées et d'assurer un amoncellement des débris serait un alignement de la jonction avec la chaussée de 45°, la partie la plus éloignée de la flèche étant disposée parallèlement à la chaussée.

La flèche présente un habitat singulier dont les avantages sont évidents pour les sauvagines, et particulièrement pour la bernache cravant, cependant qui serait utilisé par d'autres espèces d'oiseaux aquatiques. Toutefois, il existe certaines inquiétudes, formulées surtout par le MPO, que l'impact de la flèche construite sur la vasière actuelle risquerait de réduire considérablement les gains nets de l'habitat pour les poissons. Par ailleurs, des évaluations préliminaires du littoral indiquent que la flèche risque de causer un affouillement local de la vasière, nécessitant des mesures d'atténuation et la flèche elle-même aurait probablement besoin d'être protégée par une ceinture de rochers afin de maintenir le gravier en place. Le site et l'orientation de la flèche ainsi que la sélection de la nature et de la taille du substrat afin de protéger le littoral seront établis à la suite d'une analyse des processus géomorphologiques du littoral, des mouvements des poissons et de la faune qui ont été ciblés.

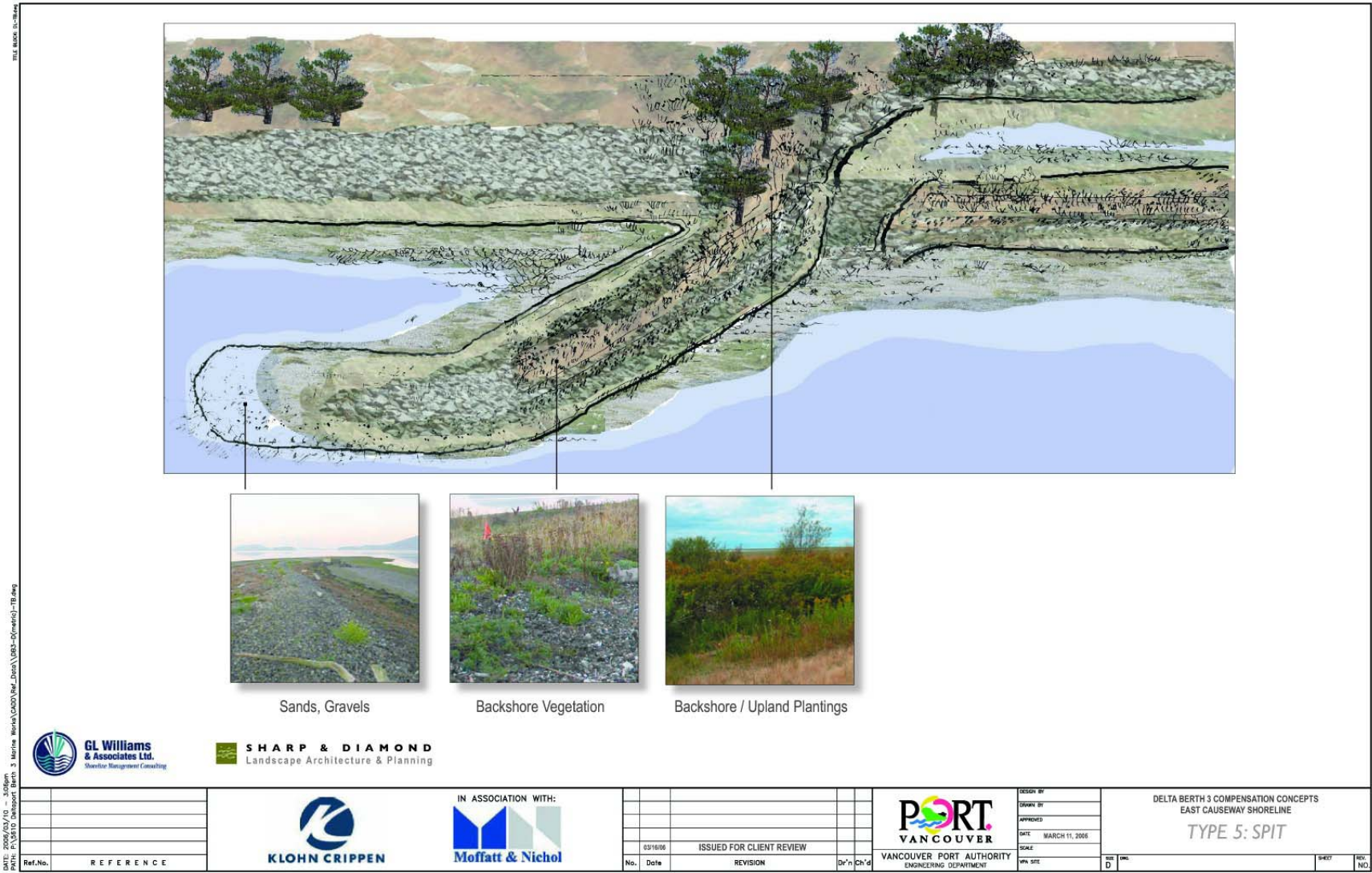


Figure 13. Concept de flèche comme solution de restauration de l'habitat de la chaussée Est.

2.1.2.6 Ouvertures dans la chaussée

Une ouverture dans la chaussée a été mise à l'étude afin d'examiner l'effet qu'elle aurait sur l'évacuation des eaux entre les chaussées et l'accès qu'elle pourrait fournir aux saumoneaux passant du fleuve Fraser à Roberts Bank au cours de leur trajet migratoire. Ce concept d'ouverture prévoit l'installation de trois ponceaux d'un diamètre de 1,2 m situés à une hauteur d'eau de marée haute (pour éviter l'affouillement et les problèmes de dépôts alluviaux prévus dans un système de tuyauterie établi à hauteur des eaux à marée basse), traversant la chaussée et relevant d'une technologie éprouvée qui permette le passage du chemin de fer sans interruption. Plusieurs options ont été examinées au niveau de l'ingénierie et un arpentage topographique a été fait dont les données ont été incorporées dans le plan d'étude final. Une évaluation géomorphologique du littoral a aussi été faite.

Les résultats prévoyant la faisabilité du chantier et les études préliminaires ont indiqué que l'ouverture proposée des ponceaux ne peut affecter sensiblement l'écoulement des eaux entre les chaussées à cause de la faiblesse des masses d'eau déplacées par rapport au volumes d'eau de chaque côté des chaussées. Le ponceau fournit un accès aux poissons, cependant les volumes d'eau sont faibles et la période de temps où les ponceaux sont inondés assez courte pour limiter l'utilisation qu'en feraient les salmonidés. Les coûts prévus pour l'installation sont d'environ un million de dollars, frais estimés bien supérieurs aux avantages offerts et que cet argent et ces efforts sont capables de fournir des avantages beaucoup plus importants s'ils s'appliquent à d'autres solutions. Qui plus est, il est difficile de trouver une valeur significative à cette ouverture dans la perspective d'ensemble des mesures de restauration.

2.1.2.7 Finalisation du concept d'habitat de restauration à la chaussée Est

Les sections précédentes du présent rapport identifient certains des critères et des principes d'orientation servant la conception d'une restauration de l'habitat de la chaussée Est. Les solutions de restauration de l'habitat présentées sont à l'étape préliminaire et elles seront développées plus avant pour optimiser la diversité de l'habitat et sa productivité à l'étape de l'étude détaillée. Au cours de cette étude, d'autres données relatives au processus géomorphologique du littoral, à l'ingénierie, à la géotechnique et aux facteurs biologiques seront incorporées dans la mise au point de l'habitat. D'autres consultations auront lieu régulièrement avec le MPO et le SCF afin d'établir un projet de restauration de l'habitat final qui corresponde aux exigences de l'administration portuaire.

De nombreuses autorités responsables du contrôle ont exprimé leurs préoccupations relatives à la surveillance des travaux et les mesures correctives qui devraient être appliquées si la restauration de l'habitat proposé n'était pas satisfaisante. Ces éléments sont incorporés dans le processus d'autorisation du MPO qui sera préparé dans le cadre de l'approbation du MPO accordée aux mesures proposées de restauration de l'habitat, suite à la finalisation de l'étude détaillée et que les autorités responsables considèrent d'un commun accord comme mesures répondant aux exigences de la restauration de l'habitat pour les poissons et les oiseaux aquatiques.

L'autorisation du MPO est un document d'ensemble décrivant en détail les mesures de restauration de l'habitat proposées et le programme de suivi nécessaire pour s'assurer que les ouvrages fonctionnent comme prévu. Par exemple, la végétation transplantée dans la zone de l'arrière littoral est surveillée pendant trois ans, alors que les transplantations des marécages saumâtres le sont pendant cinq ans, période pendant laquelle la végétation a eu le temps de s'établir. Dans le cas où le programme de suivi indiquerait que des mesures correctives sont nécessaires, l'APV devrait les mettre en place et en faire le suivi afin de montrer que les résultats sont en conformité. Dans le cas où les travaux n'auraient pas le succès escompté, l'APV serait dans l'obligation de faire d'autres travaux de restauration et d'en faire le suivi après leur construction.

2.2 Élimination des billots et des débris d'arbres et le chenal de marée dans le marécage saumâtre

Le marécage saumâtre de Tsawwassen, qui reste stable en dépit des courants des grandes marées, s'est formé et s'est maintenu derrière une digue de protection contre les marées hautes se prolongeant entre les chaussées actuelles des traversiers de Deltaport et de Tsawwassen. Ce site est la plus grande zone de marécages saumâtres ininterrompus de la zone séparant les chaussées. Les courants des marées passent par deux paires de ponceaux, ainsi qu'une section ouverte qui permet l'évacuation des eaux du marécage. La végétation du marécage se compose de salicorne de Virginie, de distichlis en épi et d'arroche qui habitent la zone d'amplitude de la marée haute (au-dessus de 4,0 m géodésique). Plusieurs chenaux secondaires transportent les courants des marées dans le marécage entre les digues à partir d'un chenal principal dont le tracé est parallèle à la direction de la digue extérieure faisant face au littoral.

Le marécage saumâtre traversé par les courants de marée haute à Tsawwassen a fait l'objet d'une étude par Hillaby et Barrett (1976). Yamanaka (1975) en a étudié la productivité primaire, faisant état de certaines plantes ainsi que de la nature des sols le long d'une section transversale allant du Nord de la chaussée de Roberts Bank au marécage saumâtre de Tsawwassen. Plus récemment, le marécage saumâtre de Tsawwassen a fait l'objet d'études plus approfondies dans le cadre d'un plan d'aménagement destiné à améliorer les défenses contre les marées (Bernard et Bartnik 1987; Moody 1985).

La végétation des marécages saumâtres est une importante source de productivité primaire dans l'aire comprise entre les chaussées et constitue un habitat et une source alimentaire pour diverses espèces. Étant donné l'importance écologique des milieux saumâtres en termes de productivité biologique, de fonction de refuge d'habitat, de vulnérabilité écologique et de sa rareté régionale, c'est un type d'habitat hautement prisé classé en tant que milieu hautement productif, ou encore un habitat « code rouge » suivant le système de classification du Programme de l'aménagement de l'estuaire du fleuve Fraser (PAEFF).

Des études précédentes de solutions de restauration de l'habitat des sites de marécages saumâtres ont préconisé de retirer la quantité excessive de débris flottants de billots accumulés dans le marécage saumâtre pour en favoriser l'expansion et réduire la charge de nutriments du système écologique pour améliorer l'écoulement des courants de marée le traversant. Retirer les billots et

améliorer le chenal emprunté par les courants de marée est une composante des mesures de restauration de l'habitat au troisième poste à quai de Deltaport.

Eutrophisation:

L'eutrophisation est définie par Dunster et Dunster (1996) comme suit:

« L'ajout naturel, mais le plus souvent du à la présence humaine, de nutriments (tout particulièrement l'azote et le phosphore) à une colonne d'eau, qui a pour résultat un taux élevé de productivité organique susceptible de déjouer les processus de purification autonomes. L'eutrophisation est la source de plusieurs effets indésirables, comprenant la prolifération des fleurs d'eau, ainsi que le niveau saisonnier anormalement bas d'oxygène, réduisant la survie des poissons et des invertébrés. Un apport anormalement élevé de nutriments provient fréquemment de la pollution des sols adjacents. Les colonnes d'eau dans cet état sont dites eutrophiques ».

L'eutrophisation marine a lieu lorsque les arrivées de nutriments dans le système écologique dépassent sa capacité d'assimilation. Dans un cas extrême, les effets de l'eutrophisation comprennent une surmultiplication des macroalgues, accompagnés d'une raréfaction de l'oxygène et aboutissant à la disparition d'une grande variété d'espèces. Aux fins de cette étude, l'eutrophisation marine a été définie comme un enrichissement des nutriments dans la zone entre les chaussées qui affecte, ou qui peut affecter, la santé et la stabilité de l'écosystème marin de Roberts Bank.

L'eutrophisation marine ne peut avoir lieu qu'en présence d'un certain nombre de facteurs et de conditions. La quantité de nutriments dans l'écosystème doit augmenter, l'azote et le phosphore étant les plus problématiques. En deuxième lieu, il doit exister une entrave à l'écoulement des courants de marée qui normalement procèdent à l'évacuation du système en y mélangeant les eaux, procédant ainsi au remplacement des accumulations de biomasses et en les « renouvelant » du large. Toute modification des systèmes de courants de marée ayant pour effet d'augmenter ou de réduire le taux d'écoulement affecte directement le processus d'eutrophisation marine. Les eaux à écoulement faible ou stagnantes permettent aux concentrations de nutriments de s'accumuler dans la colonne d'eau, déclenchant le processus d'eutrophisation pour finalement réduire la productivité biologique.

L'accumulation actuelle de débris de bois dans le quadrant Nord-Ouest de la zone entre les digues (Figure 14) pourrait avec le temps et contribue à la charge de nutriments du littoral avancé et des zones marines entre les chaussées. Quoique l'effet d'évacuation par les volumes d'eau des marées dans la zone entre les chaussées soit considérable, l'évacuation par les eaux des marécages (et des nutriments) à l'intérieur de la zone Nord-Ouest entre les digues est moins efficace à cause des ouvertures plus étroites dans les digues et des chenaux encombrés par les débris qui assurent le drainage de cette zone (Figure 15).

Les travaux proposés seraient de retirer les billots et les débris échoués sur une aire d'environ 2,3 ha de l'habitat potentiellement productif du marécage saumâtre dans le secteur nord-ouest de la zone entre les digues (Figure 16, dessin SK-44). L'enlèvement des débris permettrait au marécage saumâtre de prendre de l'expansion dans la zone supérieure de l'estran où la densité des débris de billots échoués empêche actuellement la formation de toute végétation. Le réseau

de chenaux d'estran actuel et l'évacuation par les eaux de marée seraient améliorés en prolongeant les chenaux actuels sur environ 630 m vers les aires dont on a retiré les débris. Deux ponceaux de 1,2 m seraient installés en perçant la digue actuelle, ce qui augmenterait la productivité en améliorant l'intégrité et l'efficacité de la fonction d'évacuation des eaux des courants de marée dans la zone, soit une superficie de 6 ha au nord-ouest de la zone entre les digues. Près de 4,5 ha pris sur cette zone seraient affectés par l'amélioration du réseau de drainage qui mène directement au ponceau proposé. Les eaux de la marée descendante provenant de l'étendue restante de 1,5 ha seraient desservies soit par le nouveau ponceau ou par le ponceau actuel qui est situé au sud.

Des pelles rétrocaveuses à chenilles larges équipées de godets et de pinces opérant à même le chantier du marécage saumâtre seraient utilisées afin de retirer les débris de billots. Les débris de bois seront accumulés près des zones d'accès des digues et seront retirés du marécage pour être chargés sur des camions ou placés dans des conteneurs. Les grands débris de bois qui sont stables et qui fournissent un habitat aux poissons et à la faune seront laissés sur place. Tout matériel pouvant être recyclé comme combustible de déchets de bois, paillis ou compost sera traité et distribué de manière appropriée. Les déchets non récupérables seront enfouis dans un site d'enfouissement approuvé.

NHC a étudié ce concept de restauration pour conclure : « Le volume total d'eau contenu dans cette zone pendant une marée de niveau moyen (MH = 4,4 m) est d'environ 63 000 m³ (soit 4,5 ha x 1,4 m). Le flux de la marée varie typiquement de 0,6 m/heure, ce qui produit une vitesse moyenne d'écoulement de 8,8 m³/s sur deux heures ». La conséquence prévue dans cette zone de marécage saumâtre, provoquée par l'installation de deux ponceaux de 1,2 m de diamètre traversant la digue aurait pour résultat qu'une partie de l'eau dans la zone des 6 ha serait déversée directement dans l'extrémité nord des vasières entre les chaussées, plutôt que de se jeter à l'est vers l'ouverture principale de la chaussée de Tsawwassen. Étant donné l'échappée hydraulique, NHC prévoyait que l'écoulement par les ponceaux s'élèverait à 2 m³/s sous des conditions d'affluence maximale. Les petits chenaux d'écoulement des eaux risquent de se former à la sortie des ponceaux, cependant leur tracé devrait se dissiper après un trajet de 20 à 50 m dans la vasière (semblable à ce qui s'est produit dans les ponceaux actuels traversant la digue). Aucun effet adverse significatif risque de se manifester en termes d'impact, selon ce qui est prévu dans la mise en place de ces mesures de restauration.



Figure 14. Accumulation massive de billots dans le secteur Nord-Ouest du marécage saumâtre de Tsawwassen.



Figure 15. Débris et billots empêchant l'écoulement des eaux de marée.

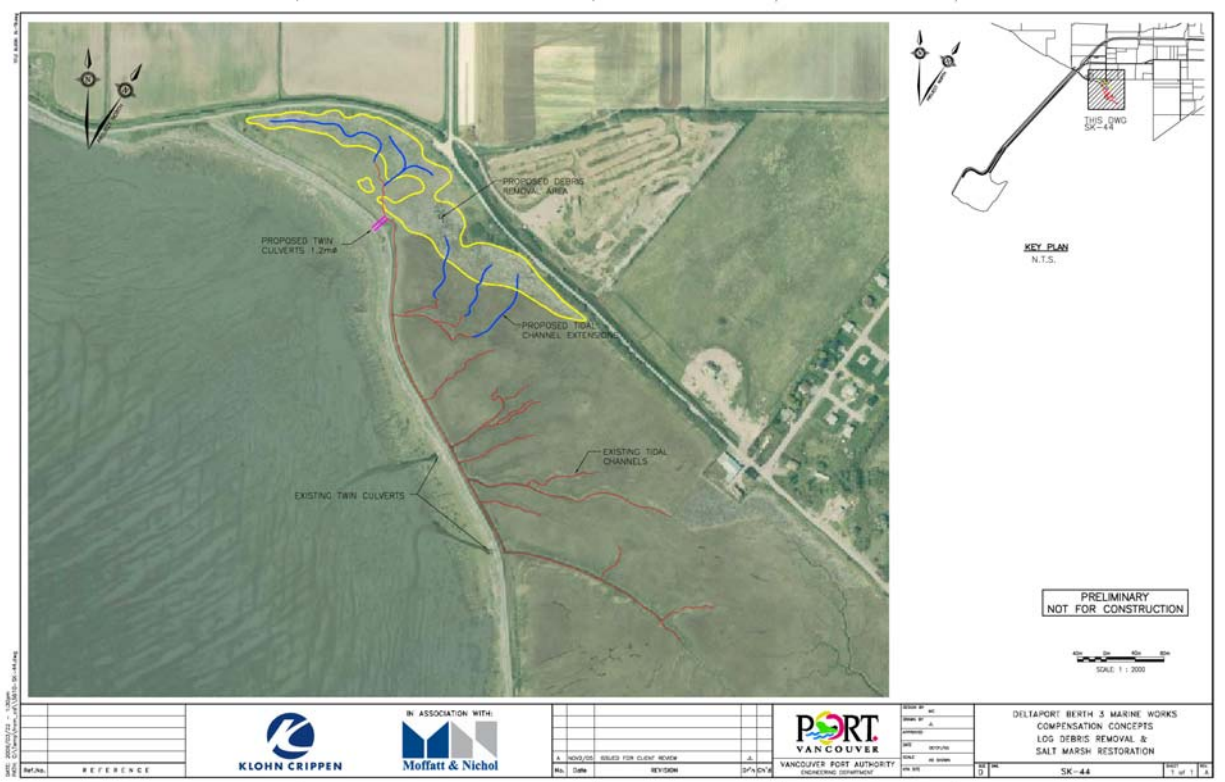


Figure 16, dessin SK-44

2.3 Récif sublittoral

L'APV propose de créer de nouvelles sections de récif littoral comme partie de l'ensemble des mesures de restauration pour le troisième poste à quai de Deltaport, afin d'améliorer la capacité productive et la diversité de l'habitat du site. Le Comité d'étude sur l'environnement de Roberts Bank a souligné la valeur d'une restauration des récifs (Figures 17 et 18) dans son rapport d'activités de 1995.

«Les deux prototypes de récif construits à Roberts Bank en 1983 ont révélé par la suite qu'ils étaient capables de soutenir une grande diversité de poissons et autres espèces aquatiques. C'est pour cette raison que la mise en place d'un récif joue un rôle important dans tout programme de restauration prévu pour l'expansion portuaire».

L'installation des récifs actuels a permis d'observer que les substrats environnants étaient constitués d'argile et de sable instables et qu'ils ne pouvaient soutenir de communautés d'organismes benthiques. La mobilité des alluvions empêche l'établissement de colonies épibenthiques (par exemple, les macroalgues et les invertébrés qui s'y fixent). Le transport effectif des sédiments se fait vers le Nord-Est, là où la vitesse d'écoulement du flux des marées est supérieure.

En 1983, les récifs sublittoraux ont été construits afin de fournir un habitat de restauration qui restituerait des pertes d'habitats incontournables liés à la mise en place du port de Roberts Bank. Trois récifs à surface dure ont été construits sous l'estran, au large d'une bande devant les installations de Deltaport à Roberts Bank. Un des récifs est composé de sections de 2,5 m de long fait de conduites de béton de 60 cm de diamètre empilées librement sur un fond argileux à une profondeur de 10 à 14 m (données provenant des horaires des marées et du zéro hydrographique). Un deuxième récif a été construit avec des sections de piliers de 90 cm de diamètre cassés en morceaux (par exemple, en longueurs de 10 à 20 m). Les récifs ont été surveillés tant au niveau de la colonisation par des organismes marins que de l'utilisation qu'en faisaient les poissons en 1983 et en 1985 par le MPO, et plus tard par *Subsea Enterprises Inc.* en 1992. Les deux études ont conclu que les récifs fonctionnaient comme prévu et soutenaient de nombreuses espèces de poisson, telles que la morue lingue, le sourcil de varech, la perche rayée, la perche de pilotis, le sébaste cuivré, le sébaste à dos épineux, ainsi que plusieurs espèces de chabots. Les plantes se faisaient rares étant donné la profondeur de l'eau, cependant les étoiles de mer et les crabes dormeurs y étaient nombreux.

En 1993, l'APV a construit un troisième récif, et un quatrième en 2000, sur ce site en se servant de roches angulaires reposant sur un lit de gravier. La conception du récif fournissait un substrat rigide et stable dans une zone à faible profondeur en bas de l'estran, une zone productive intéressant les poissons, les invertébrés et les algues.

Le récif a été construit en deux sections avec des pierres de carrière d'un diamètre de 0,9 m posées sur un lit de scories et de pierres concassées. La hauteur du socle des récifs à partir de la base se situait entre -3 m et -2,5 m de profondeur (selon le zéro hydrographique) pour s'élever à une hauteur approximative de -1 m sur une crête de 3 m de large. Des courants puissants de marées s'écoulaient le long de la bordure des installations de Deltaport faisant face au large et

fournit un excellent environnement marin qui soutient des espèces variées et productives sur les parois rigides et stables du récif et à l'intérieur des espaces créés par la structure artificielle elle-même. L'administration du port fait savoir que le récif de pierres demeure stable dans tous ses aspects et continue de bien fonctionner en soutenant des espèces diverses et productives de la faune marine. En plus de soutenir une abondance de communautés d'espèces de poissons et d'invertébrés, les algues de la végétation sous l'estran (par exemple, les *Nereocystis*) sont bien établies.



Figure 17. Récif actuel au large de Deltaport.



Figure 18. Le récif Ouest à marée basse (septembre 2005).

Les récifs actuels ont été construits à partir d'encrochements établis par de grosses roches angulaires empilées sans ordre précis afin de créer de larges trouées et d'offrir une surface importante sur laquelle les organismes sessiles puissent s'attacher. Des trouées de tailles différentes dans les interstices des récifs sublittoraux, comme le montre des études bien documentées, fournissent un habitat d'excellente qualité pour un grand nombre d'espèces de poissons qui y résident. La matrice ouverte d'un récif bien construit fait de pierrailles favorise l'effet des forts courants des marées qui augmentent les nutriments et l'oxygène disponibles à l'intérieur même de la structure du récif. La morue lingue, par exemple, choisit généralement un habitat ayant ces caractéristiques pour y établir ses oothèques car il favorise les activités de fraie et les œufs peuvent s'attacher facilement aux substrats. La présence des forts courants de flux et de reflux des marées a été révélée comme une façon efficace d'exposer la masse des oothèques des morues lingues à l'oxygène (Cass *et al*, 1990).

Pendant l'hiver 2004, des plongeurs ont fait des observations sur certaines sections en coupe afin d'étudier les poissons benthiques présents dans les récifs rocheux actuels du site de restauration au large du littoral devant les installations de Deltaport. Ces études ont confirmé que les récifs rocheux artificiels fonctionnent et fournissent un habitat ayant une diversité importante et complexe sur le site et qu'ils soutiennent une variété abondante d'espèces de poissons, d'invertébrés et d'algues.

Les morues lingues ont été aperçues pendant ces études sur le site des deux récifs, ainsi que des masses d'œufs de ponte qui ont été observées sur leurs pourtours. Les sourcils de varech (*Hexagrammos decagrammus*), les sébastes cuivrés et à dos épineux (*Sebastes caurinus/malinger*), les chabots marbrés (*Scorpaenichthys marmoratus*) et les perches de pilotis (*Rhacochilus vacca*) ont également été observés parmi les récifs. Une étude des masses d'œufs

de ponte des morues lingues (*LEMS, Lingcod Egg Mass Survey*) menée par Triton (2004) a confirmé les résultats des études précédentes faites par Malcolm et Martell (2004) démontrant que la densité des masses d'œufs de ponte sur les enrochements à faible profondeur et les habitats des récifs sur le site étaient considérables en comparaison avec d'autres sites de fraie dans le détroit de Georgia. Des pieuvres (*Enteroctopus dofleini*) ont été vues au pied des récifs artificiels au cours des dernières inspections. Au moins deux spécimens de grandes raies (*Raja binoculata*) ont été enregistrés par le système d'imagerie du SGES à l'Ouest des récifs artificiels pendant les études marines du projet Deltaport. En 1997, des plongeurs ont déclaré avoir vu un grand nombre d'oothèques de raies biocellées sur les structures du récif artificiel fait de conduites en béton empilées sur le site (*Subsea Enterprises, 1997*).

La vue en plan et une coupe transversale typique de la restauration des récifs proposée pour l'expansion du troisième poste à quai de Deltaport sont illustrées à la Figure 19, dessin SK-32. D'après le plan, le concept prévoit une crête du récif entre -2 m et -1 m (zéro hydrographique), ayant pour but de soutenir les communautés d'algues marines et de définir des tranches d'habitat dans les zones peu profondes du sublittoral bien irriguées par les courants marins. Les récifs sont situés dans les eaux du sublittoral afin qu'ils ne puissent gêner ou entraver la migration sortante des saumoneaux, tout particulièrement les saumons kéta et les saumons roses qui passent par la pointe des installations de Deltaport pendant la migration vers le large à partir du fleuve Fraser.

Les éperons des récifs rocailloux dont la crête est à environ -1 m, feront la jonction entre les récifs artificiels actuels et l'enrochement du littoral devant Deltaport. Deux nouvelles sections incurvées du récif seront construites, plus ou moins parallèlement et leur face tournée vers la mer, sur les récifs actuels. La forme, la hauteur et la configuration des nouveaux récifs a été conçue afin de garder libre le passage des saumoneaux au cours de leur migration vers le large à partir du fleuve Fraser, ou leur déplacement dans cette zone vers leur habitat d'alevinage estival. Les éperons des récifs et la forme incurvée des nouveaux récifs pourront aussi créer quelques poches sous le vent du courant dominant du Nord-Ouest afin de favoriser la consolidation des alluvions sableuses et de fournir des conditions améliorées pour l'habitat afin que puisse s'établir une communauté benthique plus variée et plus productive sur ce site.

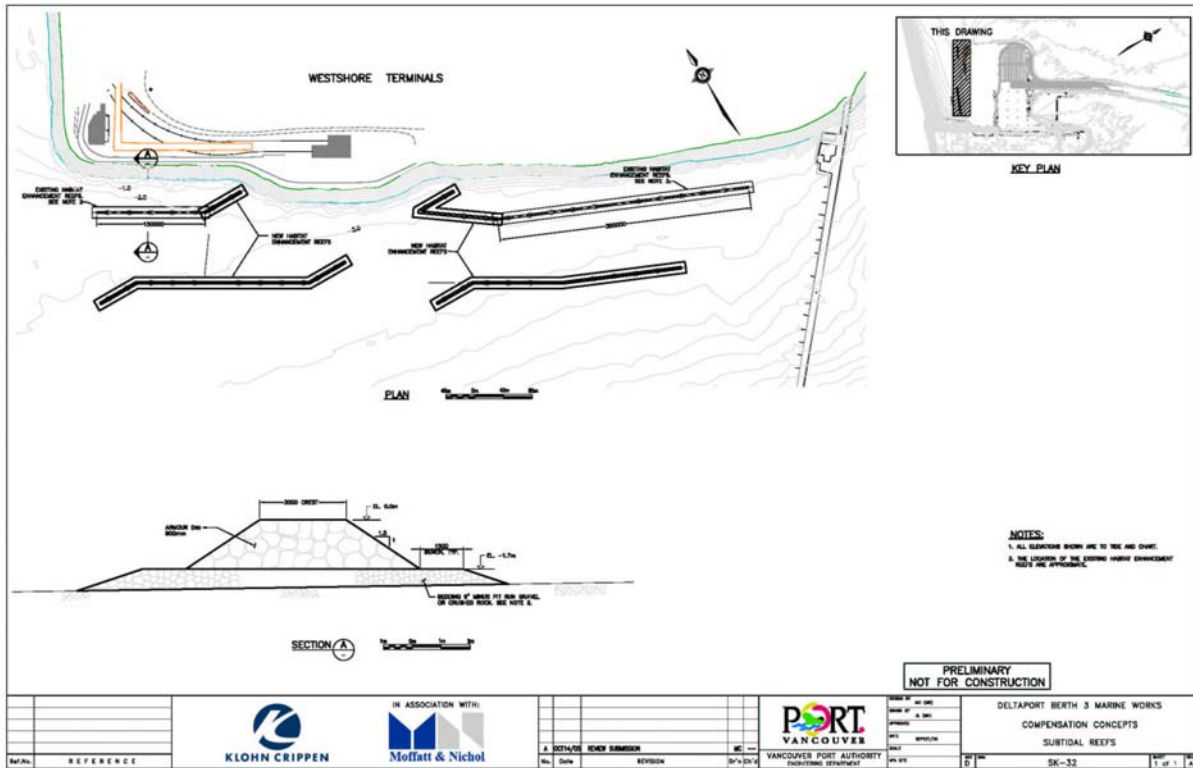


Figure 19, dessin SK -32

Un nouveau récif sublittoral rocailleux d'environ 880 m de long aura une semelle d'à peu près 13 000 m² sur des substrats de sable non stabilisés, créant ainsi une nouvelle aire d'habitat productif et stable d'à peu près 8 800 m². Cependant, les pierres d'un diamètre moyen de 0,9 m servant à sa construction vont créer un revêtement stable et irrégulier avec des interstices importants et stabilisés, ce qui aura pour effet d'augmenter la surface effective de la structure (un facteur de multiplication de 2,5) améliorant la diversité de l'habitat par rapport aux conditions actuelles. L'apport prévu à l'habitat par cette mesure est de 22 000 m². D'autres augmentations de l'habitat seront créés par des poches de stabilisation des alluvions des sables sublittoraux en faible profondeur dans cet ensemble façonné du récif.

Aspects fonctionnels de l'habitat dont il faut tenir compte:

Des questions préoccupantes ont été prises en considération concernant les récifs sublittoraux par rapport aux saumoneaux, aux sébastes et aux morues lingues. Une des préoccupations d'ordre général serait que la création et la mise en opération d'un troisième poste à quai à Deltaport pourrait potentiellement empêcher les déplacements des saumoneaux et avoir des conséquences néfastes en modifiant ou en détruisant l'habitat d'alevinage des saumoneaux. Les saumoneaux au cours de leur migration traversent ce site où seraient construits les récifs artificiels proposés. Afin d'assurer un libre passage aux saumoneaux dans leurs migrations vers le large et pendant

leurs périodes d'alevinage, les récifs ont été entièrement conçus sans dépasser le niveau du sublittoral et leur disposition a été orientée plus ou moins en parallèle à la direction du littoral et aux récifs actuels. Les saumoneaux roses et kéta sont présents dans cette zone entre le mois de décembre et la fin du mois de mai et les saumoneaux du Pacifique peuvent y être présents entre les mois de juin et juillet.

La période de frai de la morue lingue a lieu entre les mois de décembre et mars, et l'incubation des œufs dure environ six semaines, leur éclosion ayant lieu entre les mois de mars et d'avril (King, 2001). La mise en chantier des récifs évitera ces périodes critiques.

D'une manière générale, les poissons utilisant les habitats actuels des récifs sublittoraux pourront être déplacés pendant la période de construction. Il est prévu que ces poissons se déplacent vers des zones de récifs non dérangés ou dans les habitats de l'enrochement le long du talus du littoral du terminal actuel jusqu'à ce que la construction des récifs soit terminée et ils retourneront aux structures des anciens récifs ou aux nouveaux récifs. Étant donné l'augmentation considérable de l'habitat des récifs sublittoraux créés par ce projet, la capacité de la productivité des espèces habitant les récifs rocailloux augmentera considérablement par les nouveaux apports et la colonisation.

NHC a étudié la conception du récif (Annexe I) et conclut: «Les nouveaux récifs proposés, alignés parallèlement aux courants dominants des marées auront un impact minime sur les schèmes des circuits d'eau et des mouvements des alluvions. Il y aura de faibles dépôts sous le vent des structures à cause de l'effet d'abri et de l'action des vagues». Ces petites poches d'habitats sablonneux situées sous le vent des nouvelles structures des récifs vont fournir des zones de substrats stables et suffisamment étendues pour encourager l'établissement de communautés benthiques locales. D'autres ajouts à la conception des récifs comprendront des mesures qui veilleront à ce que les déplacements et les migrations des crabes adultes ne soient pas affectés.

2.4 Stabilisation du banc de sable par la modification des chenaux dendritiques

La formation de chenaux dendritiques dans la zone entre les chaussées a eu pour résultat une surface considérable de substrats sans végétation au milieu d'une forte densité de zostères marines. La surface totale se rapportant aux chenaux dendritiques est de 31,9 ha, dont 21,7 ha sont constitués par des bancs de sable importants situés vers l'extrémité du chenal principal proche du littoral (D. Ray, NHC, comm. pers.). Actuellement, ces bancs de sable n'ont pas été stabilisés à cause des processus hydrauliques complexes provoqués par le mouvement des marées. La stabilisation des bancs de sable fournirait un habitat pour les invertébrés ou l'établissement de zostères marines et augmenterait la productivité de l'habitat de la zone entre les chaussées. La note technique du NHC décrivant les modifications des chenaux dendritiques recommandées pour la stabilisation est incluse à l'Annexe II.

La firme *Northwest Hydraulic Consultants* a étudié en détail la formation et l'évolution des eaux de marée dans la zone entre les chaussées dans le cadre de l'étude géomorphologique de l'expansion du trafic de conteneurs à Roberts Bank en 2004. En plus de leur examen de l'évolution historique des chenaux entre les chaussées, ils ont étudié attentivement tous les

chenaux qui se sont formés sur les vasières entre Canoe Pass et Point Roberts, ainsi que dans la baie de Boundary. Ces études comprennent des analyses photographiques aériennes détaillées, des modélisations numériques, des mesures prises sur le site de la vitesse des courants et de leur volume, ainsi que des observations détaillées du site. Le résumé suivant donne un aperçu général des processus derrière les mouvements des eaux et des alluvions dans le système de chenaux de marée, en insistant sur les chenaux les plus importants.

Bien qu'une version plus petite des chenaux actuels avait été créée avant 1984, les chenaux actuels se sont formés après que le bassin d'évitement ait été dragué et que la structure de protection à crête ait été mise en place. Les bords du bassin d'évitement s'étendent jusqu'aux vasières sur une cote d'environ 1 m au-dessus du zéro hydrographique. Cette entaille dans la vasière a précipité la formation du chenal là où la drague entame la tranchée. Cette coupe dans la vasière marque le début de la formation à la tête du chenal. La montée et la descente de la marée deux fois par jour ont prolongé son tracé dans la vasière vers la rive et les autres chenaux de l'estran. Actuellement, ce système de chenaux a pris de l'expansion pour devenir un système complexe qui comprend une série de chenaux refoulant les eaux dans les vasières plus élevées pour les drainer dans un chenal principal qui écoule les eaux au-dessus de la structure de protection à crête (Figure 20).

Simultanément à l'expansion des chenaux de marées, les bancs de zostères marines dans la zone entre les chaussées ont pris une expansion considérable. Ces lits de zostères semblent exercer un fort effet hydraulique sur l'écoulement des eaux de marée sur les vasières. La présence des zostères a eu un effet de décalage sur le courant, non seulement à marée descendante lorsque l'écoulement se fait plus lentement à travers les zostères, mais aussi lorsque la marée monte. Le frottement provoqué par les zostères des vasières cause une accélération sensible du courant dans les chenaux. Le processus des marées, les zostères et l'étendue même des chenaux ont tous créé un système qui se perpétue et dont la progression a bien dépassé le processus d'entame de la tranchée pour dégager la tête du chenal.

Actuellement, les grands bancs de sable à la tête du chenal principal sont source de préoccupation car ils déplacent les zostères. Puisque ce matériel sablonneux est très meuble, ces zones ne constituent pas un habitat approprié pour d'autres espèces. Les observations sur le site au cours des phases initiales de la marée montante révèlent qu'il y a un écoulement super critique au-dessus des bancs de sable pendant une période d'à peu près 30 minutes. Le courant transporte des quantités énormes de sable et la profondeur des perturbations dans la plupart des zones de ces bancs peut atteindre 0,3 m.



Figure 20. Protection à crête et partie en aval du chenal d'écoulement de la marée.

À l'origine, il a été supposé que les bancs de sable s'étaient formés à partir de l'érosion provenant des vasières situées sur les zones plus élevées. Cependant, des faits pris sur le site montrent qu'il existe aussi un important transport de sable vers la rive dans le chenal principal. Le processus dominant paraît être une érosion prise sur les hauteurs des vasières avec un transport dans le chenal principal, puis le courant puissant des marées pousse ce sable vers l'élévation supérieure des bancs de sable.

Certaines tentatives ont été faites pour ralentir ou enrayer la formation des chenaux, à la fois sur le site actuel et à d'autres endroits sur les vasières. Toutes les tentatives ayant pour méthode de bloquer physiquement les chenaux de marées avec des structures rigides ont eu pour résultat une réussite apparente dans un premier temps, suivie très rapidement par la formation de nouveaux chenaux d'érosion autour des structures. Ces observations indiquent que de placer des structures rigides sur le fond meuble des vasières aura pour résultat un affouillement (voir Photo 4, Annexe I; Figure 2 – 2002, Annexe II), et cette approche n'est pas recommandée pour modifier les chenaux dendritiques.

Des études effectuées sur les autres chenaux de marées à Roberts Bank et dans la baie de Boundary indiquent qu'il y a eu de nombreux endroits où des fonds ont été dragués et que le chenal ne s'est pas formé. Deux raisons principales ont été reconnues:

1. la «zone d'écoulement» de certains de ces chenaux est insuffisante pour son expansion;
2. certains de ces chenaux ont eu leurs fonds pavés naturellement par des coquilles huîtres (ou de coques), prévenant ainsi contre toute érosion subséquente.

Mesures de stabilisation proposées

Les travaux de stabilisation des chenaux de marée entre les chaussées se dérouleront suivant un programme phasé et adaptatif. La phase initiale prendra la forme d'une intervention à petite échelle, et d'une période de suivi de la surveillance afin d'en évaluer les effets dans la zone du banc de sable, puis de modifier les mesures entreprises au besoin. Cette approche minimise également tout risque adverse en termes d'impact sur l'habitat adjacent des zostères. Deux mesures sont prévues au cours de la phase initiale:

- procéder délicatement à l'excavation d'un chenal traversant le banc de sable au moyen d'équipement approprié afin que les travaux n'aient pas d'impact sur les zones environnantes, et de réduire l'instabilité latérale et les déversements qui ont lieu pendant la marée montante;
- établir des contreforts à des points stratégiques dans les chenaux tributaires afin de réduire les possibilités d'affouillement et de prévenir contre la formation de nouveaux chenaux.

Lorsque la stabilité du site a été améliorée, la phase suivante des travaux aurait pour objet de modifier ou d'optimiser le type d'habitat qui est en place. Certaines mesures consistent à condamner certains chenaux inactifs afin de favoriser l'implantation des zostères ou d'autres mesures encore qui sont considérées appropriées.

Le travail d'excavation d'un chenal pilote traversant la portion médiane du banc de sable (Figure 21) laissera le niveau de l'eau s'équilibrer dans les chenaux adjacents pendant la marée montante, tout en réduisant les variations tangentielle de la vitesse de l'écoulement des eaux et les déversements latéraux dans les zones adjacentes où poussent les zostères. Le chenal devrait être prolongé vers la rive jusqu'aux deux chenaux tributaires qui se rejoignent juste devant l'avancée du banc de sable. L'alignement des deux chenaux affluents serait ainsi stabilisé.

La longueur totale des travaux d'excavation est de:

- banc de sable : 350 m;
- remontée du chenal principal à partir du banc de sable : 200 m;
- chenaux tributaires : 75 m chacun.

La longueur de la tranchée d'excavation traversant le banc de sable et le chenal principal sera de 20 m sur une profondeur de 1,5 m. Il est prévu qu'une fois les travaux terminés, le chenal s'agrandira de lui-même pour atteindre éventuellement une largeur d'à peu près 50 m. Si l'élargissement ne se fait pas à la vitesse prévue, il sera peut-être nécessaire de faire d'autres travaux d'excavation à une date ultérieure. La quantité totale de matériaux excavés s'élève à 11 000 m³ dans la région du banc de sable, et à environ 3 100 m³ dans les chenaux tributaires. En plus des mesures citées plus haut, le fond des chenaux tributaires sera consolidé par une couche ou un talus de protection contre l'affouillement afin d'empêcher d'autres effondrements des bords du chenal. Ces tabliers se prolongeront sur une longueur de 160 m le long de chaque chenal tributaire. Le tablier se prolongera aussi sur une longueur de 50 m le long du chenal principal situé à la tête du banc de sable. Son épaisseur serait d'à peu près 200 mm pour couvrir le fond du chenal. Le volume approximatif du matériel de protection serait de 2 000 m³.

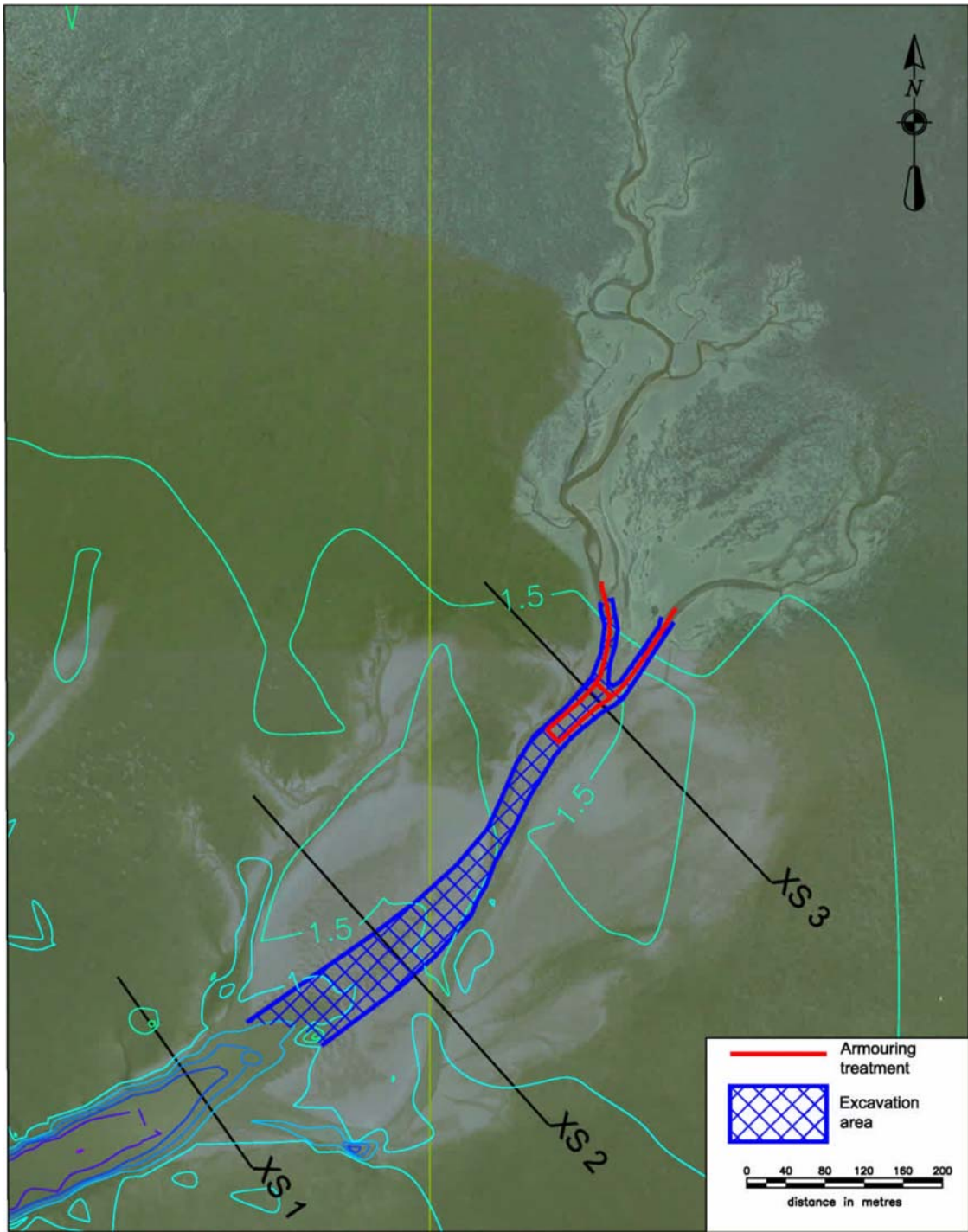


Figure 21. Modifications proposées des chenaux dendritiques pour stabiliser le banc de sable (voir Figure 5, Annexe II).

L'étude prévoit une vitesse d'exécution des travaux de contrefort à 2 m/s. Du gravier et de la pierraille naturelle ont été considérés suffisants pour le tablier de protection contre l'affouillement. D'autres matériaux, tels qu'un mélange de coquilles d'huîtres et de gravier pourraient servir à ces fins, s'il y avait d'autres avantages en termes de création d'habitat.

Les conséquences concrètes des mesures proposées seraient relativement rapides dans l'immédiat. Une fois que le même niveau d'eau est réparti sur tous les points du banc de sable, les forces motrices derrière l'instabilité latérale et le déversement seraient anéantis. En termes concrets, les changements majeurs incluent une réduction des écoulements dus aux grandes vitesses des courants, une réduction de l'affouillement et une réduction des mouvements alluviaux. La surface totale a été subdivisée en zones, comme suit :

- nouveau chenal traversant le banc de sable : 3,4 ha;
- zone sur le côté Nord du banc de sable : 5,3 ha;
- zone sur le côté Sud du banc de sable : 9,5 ha;
- surface totale stabilisée par ces mesures : 18,2 ha.

L'impact sur les deux chenaux tributaires plus petits du banc de sable situés en direction du rivage serait plus long à constater, la stabilisation se faisant probablement sur une période de deux à cinq ans. Cette zone située vers le rivage correspond à 1,0 ha supplémentaire.

L'objectif des mesures proposées de stabilisation du banc de sable, une composante de l'ensemble des mesures de restauration du projet de création du troisième poste à quai de Deltaport est d'établir un habitat stabilisé sur les bancs de sable (Nord et Sud) d'une superficie de 14,8 ha appuyé par des données d'échantillonnage concrètes et biologiques (par exemple, les invertébrés et les zostères). Les prévisions les plus prudentes entrevoient la stabilisation d'une superficie minimale de 5 à 10 ha de banc de sable en deçà d'une période de cinq ans. Cependant, comme c'est le cas de beaucoup de processus du littoral, l'environnement physique de Roberts Bank est dans une dynamique qui lui est propre et il existe un niveau d'incertitude pour ce qui est de prévoir les conséquences des interventions proposées en fonction du temps. Les exigences quant à l'échéancier de construction et à la surveillance seront mises au point pendant la phase de l'étude détaillée. Tous les travaux proposés seraient exécutés selon les conditions présentées dans des procédures d'autorisation relatives à l'habitat dans un avenir rapproché.

2.5 L'habitat des caissons

Les solutions relatives aux refuges dans les caissons et les revêtements des parois des quais de mouillage feront l'objet d'études visant la complexité de l'habitat et la façon de favoriser la migration des poissons et leurs habitudes alimentaires. Depuis le début des années 90, l'APV a fait intervenir un certain nombre de stratégies innovatrices visant à rehausser l'environnement, venant s'ajouter aux stratégies d'aménagement des projets portuaires, comprenant des refuges marins dans des caissons construits à même la structure du quai du terminal, lesquels ont augmenté l'espace vital pour les espèces habitant les colonnes d'eau de l'estran ou sous l'estran dans les flots marins. Des solutions pour assurer le développement de la complexité de l'habitat le long des parois des quais seront étudiées et incorporées lorsque possible dans le projet de

création du troisième poste à quai de Deltaport. Les solutions auront pour objectif les migrations des poissons et des invertébrés ainsi que leur alimentation.

Les quais pour les terminaux de conteneurs sont habituellement construits avec des structures en caissons de béton. Les caissons sont de grandes unités cellulaires en forme de boîte faites de béton armé, contenant du matériel de remplissage qui maintiennent la structure en place par gravité. Le projet de création du troisième poste à quai de Deltaport sera construit en caissons semblables à ceux qui ont été utilisés pour les installations actuelles de Deltaport (Figure 22). Des refuges dans les caissons ont été créés en disposant des ouvertures d'un mètre de diamètre sur les parois du caisson, permettant aux espèces habitant couramment les milieux de l'estran et du sous estran de vivre à l'intérieur de la structure du quai.

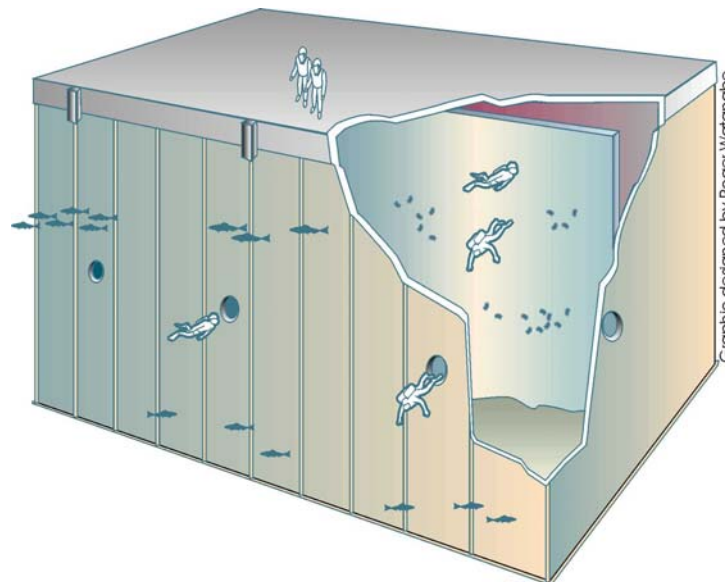


Figure 22. Représentation schématique d'un refuge en caisson.

La productivité retrouvée dans les refuges de Deltaport comprend un grand nombre d'organismes et plusieurs taxons, ainsi que des communautés établies (Tableau 3). Les schèmes de répartition des espèces dominantes qui ont été observées étaient distribués également sur les parois internes du refuge, cependant il existait une abondance relativement plus forte d'espèces s'alimentant par filtrage dans les zones entourant les ouvertures. Parmi les autres espèces également observées en plus forte concentration en périphérie des ouvertures, notons les crevettes des quais du Pacifique (*Pandalus danae*).

Tableau 3. Espèces clés et dominantes avec leurs densités approximatives par m² dans les refuges de Deltaport.

Emplacement		<i>Espèces marines dominantes</i>		Densité approximative ¹ (nombre par m ²)
Caisson	Refuge	Nom commun	Nom latin	
4	1	Serpule commune	<i>Serpula vermicularis</i>	60
		Térébratule	<i>Terebratalia transversa</i>	5
		Crevette des quais	<i>Pandalus danae</i>	++
		Chabot armé du Pacifique	<i>Leptocottus armatus</i>	+
		Étoile de mer	<i>Pisaster spp. & Evasterias sp.</i>	+
		Onchidoris nudibranche	<i>Onchidoris sp.</i>	
4	2	Serpule commune	<i>Serpula vermicularis</i>	145
		Térébratule	<i>Terebratalia transversa</i>	+
		Crevette des quais	<i>Pandalus danae</i>	+
		Chabot armé du Pacifique	<i>Leptocottus armatus</i>	+
		Étoile de mer	<i>Pisaster spp. & Evasterias sp.</i>	+
		Onchidoris nudibranche	<i>Onchidoris sp.</i>	8
8	1	Serpule commune	<i>Serpula vermicularis</i>	62
		Térébratule	<i>Terebratalia transversa</i>	30
		Crevette des quais	<i>Pandalus danae</i>	4
		Chabot armé du Pacifique	<i>Leptocottus armatus</i>	0
		Étoile de mer	<i>Pisaster spp. & Evasterias sp.</i>	+
		Onchidoris nudibranche	<i>Onchidoris sp.</i>	10
8	2	Serpule commune	<i>Serpula vermicularis</i>	85
		Térébratule	<i>Terebratalia transversa</i>	7
		Crevette des quais	<i>Pandalus danae</i>	5
		Chabot armé du Pacifique	<i>Leptocottus armatus</i>	0
		Étoile de mer	<i>Pisaster spp. & Evasterias sp.</i>	0
		Onchidoris nudibranche	<i>Onchidoris sp.</i>	30
13	1	Serpule commune	<i>Serpula vermicularis</i>	134
		Térébratule	<i>Terebratalia transversa</i>	68
		Crevette des quais	<i>Pandalus danae</i>	++
		Chabot armé du Pacifique	<i>Leptocottus armatus</i>	3
		Étoile de mer	<i>Pisaster spp. & Evasterias sp.</i>	++
		Onchidoris nudibranche	<i>Onchidoris sp.</i>	4
13	2	Serpule commune	<i>Serpula vermicularis</i>	182
		Térébratule	<i>Terebratalia transversa</i>	4
		Crevette des quais	<i>Pandalus danae</i>	+++
		Chabot armé du Pacifique	<i>Leptocottus armatus</i>	+
		Étoile de mer	<i>Pisaster spp. & Evasterias sp.</i>	+
		Onchidoris nudibranche	<i>Onchidoris sp.</i>	+

Note :

¹ Nombre d'organismes par m² et abondance relative estimée à l'intérieur du refuge concernant les espèces mobiles lorsque les individus n'étaient pas observés à l'intérieur des parois. Clé : (-) rare; (+) abondance faible/éparse; (++) abondance modérée/uniforme; (+++) abondance/forte densité.

Les espèces dominantes présentes à l'entrée circulaire de chaque refuge sont typiques des ensembles que l'on retrouve dans les habitats sublittoraux peu profonds et sur fond dur de l'environnement marin du Nord-Ouest du Pacifique (Figure 23). Les espèces les plus fréquemment observées étaient les anémones, telles que l'anémone plumeuse (*Metridium senile*)

et les espèces de la famille des télies (*Tealia sp.*), les étoiles de mer (e.g., *Pisaster sp.*) et les bernicles (*Balanus sp.*). Plusieurs de ces espèces profitent des nutriments apportés par les courants des marées qui ont lieu le long des parois des quais et à l'entrée des refuges.



Figure 23. Paroi du caisson et entrée du refuge.

Des calculs préliminaires dans la zone des refuges marins associés au troisième poste à quai de Deltaport indiquent environ 0,3 à 0,5 ha de nouvel habitat. Incorporer la complexité de l'habitat dans la paroi des caissons des postes de mouillage augmenterait directement la valeur de l'habitat, par exemple en ajoutant une paroi rugueuse pour favoriser les sites d'attachement des macroalgues ou des invertébrés, ou indirectement en ajoutant des caractéristiques à l'habitat visant certaines espèces spécifiques afin de rehausser des procédés tels que la migration ou l'alimentation. Pendant la phase de planification détaillée, certaines solutions seront identifiées et étudiées afin d'améliorer la complexité de l'habitat et les opérations propres à l'habitat dans les caissons. Toute solution réalisable sera incorporée dans ce plan d'étude final.

3.0 Solutions de restauration hors site

En plus des solutions de restauration sur le site relatives au projet de création d'un troisième poste à quai à Deltaport décrites aux sections précédentes de ce rapport, l'APV a pris l'engagement d'acquérir et d'aménager un minimum de 7,5 hectares (18,5 acres) d'habitat de poissons et de faune sauvage situés à l'extérieur du site. Les restaurations hors site seront mises en place en fonction de critères d'utilisation de l'habitat établi et sur des sites appropriés devant être définis comme faisant partie du fonctionnement des zones géographiques suivantes de l'estuaire du fleuve Fraser :

- South Arm Marshes
- Brunswick Point
- Sturgeon Bank
- Roberts Bank
- Côté ouest de l'île Westham
- Ainsi que toute autre zone identifiée dans un périmètre adjacent

L'objectif d'un programme de restauration hors site de l'habitat est de mettre en place un habitat pour les poissons et les oiseaux migratoires en tant que mesure d'atténuation pour le projet de création du troisième poste à quai de Deltaport. Afin d'en assurer la mise en place, l'APV est sur le point de passer des accords sur la création d'habitats avec *Ducks Unlimited Canada* (DUC), *Pacific Salmon Foundation*, le MPO et le SCF afin d'assurer que les mesures de restauration hors site soient livrées d'une manière efficace et à propos. L'APV engagera 1,5 millions de dollars pour le développement d'un programme de restauration hors site en temps utile.

Il existe toute une gamme de solutions de restauration pour les poissons et les oiseaux migratoires qui ont une application pratique sur les terrains appartenant à DUC dans la zone géographique d'intérêt. Les concepts d'habitats fondamentaux dont ils relèvent comprendront la création d'éléments composés d'habitats d'estran destinés à l'avantage des poissons et de la sauvagine, ainsi que la création de vasières et de chenaux et de marécages pour permettre à la marée d'atteindre les refuges et ces zones à marée basse, la construction d'étangs en eaux profondes pour les poissons et la faune sauvage, et la plantation d'une végétation rivulaire dans les marécages et les enrochements côtiers. Tous ces concepts visant la mise en valeur de la restauration de l'habitat seront décidés suite à des évaluations appropriées hydrauliques et d'ingénierie, ainsi que par des discussions avec DUC, le MPO, le SCF ou toute autre agence selon ce qui s'avère nécessaire.

4.0 Résumé des mesures de restauration de l'habitat

L'ensemble des solutions de restauration proposées, qui comprend la restauration sur site et hors site font plus que compenser l'impact causé par la création du troisième poste à quai de Deltaport. Le principe directeur de la conception valorise la création d'un habitat varié sur le site de Roberts Bank et les mesures de restauration de l'habitat avantageront les saumoneaux, les crabes dormeurs et les autres poissons et invertébrés qui utilisent cette zone. La plupart des mesures seront à l'avantage des oiseaux migratoires. Les mesures de restauration hors site seront avantageuses pour les poissons et la faune qui utilisent le site de Roberts Bank en leur fournissant un habitat en milieu humide pour les étapes évolutives de leur espèce, telles qu'un habitat nourricier pour les saumoneaux et des zones de refuge et de nourriture pour la sauvagine, les oiseaux du littoral et les autres oiseaux migratoires. Le résumé des habitats et des espèces ciblées figure au Tableau 4.

Tableau 4. Résumé des mesures de restauration de l'habitat montrant les superficies et les espèces ciblées selon chaque solution de restauration.

Restauration proposée	Superficie estimée (ha)	Espèces ciblées
Sur site		
Tsawwassen Salt Marsh	4,5	Saumoneaux; sauvagines, échassiers (grand héron)
Chaussée Est	6,7	Saumoneaux, crabes juvéniles, poissons de fourrage, sauvagines, échassiers, oiseaux des rivages
Chenaux dendritiques	5,0	Sauvagines, salmonidés, poissons marins, crabes
Refuge en caissons	0,5	Crabes adultes, morues lingues, crevettes, invertébrés des eaux profondes
Récif sublittoral	2,2	Poissons marins, crabes adultes, invertébrés, canards plongeurs
Sous total	18,9	
Hors site		
Sites à être définis	7,5	Salmonidés, sauvagines, oiseaux de rivage, échassiers
Total sur site et hors site	26,4	

5.0 Bibliographie

- Adams, M.A., et G.L. Williams. 2004. *Tidal marshes of the Fraser River estuary: composition, structure, and a history of marsh creation efforts to 1997: in Fraser River Delta, British Columbia: Issues of an Urban Estuary*, (éd.) B.J. Groulx, D.C. Mosher, J.L. Luternauer, et D.E. Bilderback ; Bulletin de la Commission géologique du Canada 567 : 147-172.
- Anon. 1998. *Habitat conservation and protection guidelines developed from the Policy for the Management of Fish Habitat*. 2^e édition. Ministère des Pêches et Océans Canada, Secrétariat des communications, Ottawa.
- Bernard, D.J., et V.G. Bartnik. 1987. *Tsawwassen Indian Reserve flood control works postproject environmental analysis*. Environment Canada, Inland Waters and Lands, Vancouver: 31p.
- Buckley, R.M. et G.J. Hueckel. 1985. *Biological processes and ecological development on an artificial reef in Puget Sound*, Washington. Bull. Mar. Sci. 37 : 50-69
- Cass, A.J., R.J. Beamish et G.A. McFarlane. 1990. Lingcod (*Ophiodon elongates*). Can. Spec. Pub. Fish.Aquat.Sci. 109 : 40p.
- Dunster, J., et K. Dunster. 1996. Dictionary of natural resource management. UBC Press, Vancouver: 363 p.
- Gordon, D.K. et C.D. Levings. 1984. *Seasonal changes in inshore fish populations on Sturgeon and Roberts Bank, Fraser River estuary British Columbia*. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1240.
- Hillaby, F.B., et D.T. Barrett. 1976. *Vegetation communities of a Fraser River salt marsh*. Environnement Canada, Service des pêches et des sciences de la mer, *Habitat Protection Directorate Technical Report Series No. Pac/T-76-14*: 20p.
- Levings, C.D. 1985. *Juvenile salmonid use of habitats altered by a coal port in the Fraser River Estuary*, B.C. Marine Pollution Bulletin 16: 248-254.
- Levy, D. 1985. *Biology and management of surf smelt in Burrard Inlet, Vancouver, B.C.* Univ. B.C. Westwater Res. Cen. Tech. Rep. 28: 48 p.
- Malcolm, P. et S.J.D. Martell. 2004. *SW British Columbia Lingcod Egg Mass Survey 2004 Results. Unpublished results*, Vancouver Aquarium Marine Science Centre, Vancouver BC. 12p.
- Martin, A.C., J.S. Zim, et A.L. Nelson. 1951. *American wildlife and plants: a guide to wildlife food habits*. Dover Publications, N.Y: 50 p.

- MPO. 1986. *La politique du ministère des Pêches et Océans pour la gestion de l'habitat du poisson*. Ministère des Pêches et des Océans, Secrétariat des communications, Ottawa.
- Pentilla, D.1978. *Studies of surf smelt (Hypomesus pretiosus) in Puget Sound*. Wash. Dep. Fish. Tech. Rep. 42: 47 p.
- Triton Environmental Consultants Ltd. 2004. *Deltaport Third Berth Project Marine Resources Impact Assessment (2004)*, Technical Volume 5.
- Subsea Enterprises Inc. 1997. *A Survey of the Concrete Pipe and Piling Reefs at Westshore Terminals, Roberts Bank*. Préparé pour la section scientifique, division de l'environnement marin et de l'habitat, Pêches et Océans Canada.
- Williams, G.L., et J. Millar. 2005. Vancouver Port Authority Deltaport Third Berth proposed habitat compensation. Draft Report. Vancouver Port Authority, Container Development Group, Vancouver: 41 p.

Annexe I

**Mémorandum de *Northwest Hydraulics Consultants* :
mesures de restauration – solutions pratiques**

MÉMO

À : Trevor Peach, Autorité portuaire de Vancouver
De : Dave McLean, Northwest Hydraulic Consultants Ltd.
Date : 10 octobre 2005
Objet : Mesures de restauration – solutions pratiques

1. PORTÉE DES TRAVAUX

Les mesures de restauration/d'atténuation prévues pour le projet du troisième poste à quai de Deltaport comprennent une série de structures pour l'habitat qui seront construites dans la zone entre les chaussées. Le présent document contient les caractéristiques géophysiques des platins et des enrochements côtiers adjacents à proximité de ces structures, ainsi que des considérations sur les processus géophysiques qui opèrent dans cette zone. L'étude s'est portée sur trois zones d'intérêt :

1. les structures d'habitat le long de la chaussée Est;
2. le retrait des billots et la percée d'une ouverture dans l'angle du périmètre entre les chaussées et entre les digues; et
3. les récifs artificiels dans le prolongement de la chaussée.

La description du site et les données biologiques sont présentées au rapport intérimaire de Williams & Associates du 19 septembre 2005.

2. CONSTRUCTIONS LE LONG DU CÔTÉ EST DE LA CHAUSSÉE

2.1 Site

L'étude géomorphologique du littoral contient une description détaillée de la zone entre les chaussées. Des renseignements concernant le vent, les vagues et les variations actuelles des marées dans la zone entre les chaussées figurent aux Annexes A et B, alors que l'Annexe C s'adresse à l'environnement physique. Les propos suivants résument les caractéristiques de l'environnement physique, ainsi que les processus physiques spécifiques se rapportant à la zone du projet le long du côté Est de la chaussée.

2.1.1 Environnement physique

La chaussée de Deltaport se prolonge en direction Sud-Ouest à partir du littoral près de Tsawwassen pour traverser les platins sur une longueur d'environ 4 km, avec une légère échancrure située à peu près à 3 km. Le passage routier sur la chaussée se situe à une hauteur d'à peu près 7 m (ZC, ou zéro des cartes). Les Photos 1 et 2 présentent une vue du littoral prise le long de la base de la chaussée. Une bande d'enrochement protectrice le long du littoral se prolonge dans les platins sur une longueur d'environ 25 m, ayant une pente latérale de plus ou moins 6H : 1V. Les vasières à la lisière de l'enrochement côtier, dont la pente à partir de la chaussée s'étend sur une longueur de plus ou moins 90 m, font une intersection avec une baissière peu profonde au large de la chaussée alignée parallèlement à la route. Les vasières adjacentes à l'enrochement côtier passent d'une

élévation de 3 m au large des platins à 2,5 m à proximité du littoral. La baissière a une hauteur de 1 m face au large, pour s'élever progressivement sur les platins en amont, plus ou moins à mi-chemin le long de la chaussée.

Les sédiments le long de la base de la chaussée ont été évalués à partir d'échantillons prélevés dans une série de trous creusés au cours du mois d'août 2004. Le matériel était disposé suivant une mince couche de vase/argile fin sur un lit de sable propre.

2.1.2 Les vagues

Le côté Est de la chaussée est surtout exposé aux vagues soulevées par les vents du Sud et du Sud-Est. La Figure 1 révèle les variations de la hauteur des vagues ainsi que leur direction à marée haute dans la zone entre les chaussées. Les conditions provoquant des vagues profondes incidentes correspondant à chaque prise de mesure figurent au Tableau 1.

Tableau 1 : Vagues incidentes

Direction	H _s (m)	T _p (sec)
Sud	1,75	6,4
Sud-Est	2,6	7,4

La fréquence du dépassement concernant les vagues du large en eaux profondes est d'à peu près de 6 heures/année dans chaque cas. Dans le cas des vagues incidentes de direction Sud et Sud-Est, il est montré que la hauteur significative des vagues (H_s) varie de 0,85 à 0,65 m le long de la base de la chaussée sur la plus grande partie de sa longueur, et ce dans les deux directions. La profondeur de l'eau dans ces conditions était généralement située dans une fourchette de 2,8 à 3,3 m. La projection horizontale correspondante a été calculée en fonction de l'erreur moyenne quadratique comme étant de 0,17 à 0,28 m/s. Dans le cas d'une marée moyenne, la hauteur significative des vagues à la base de la chaussée était beaucoup plus basse, située dans une fourchette de 0,25 à 0,56 m.

2.1.3 Courants de marée

Le tableau ci-dessous présente une fourchette des marées sur l'indice des marées de Tsawwassen.

	Mean Tide	Large Tide
Higher High Water	4.4	5.1
Mean Water Level	3.1	3.1
Lower Low Water	1.2	0

Text in table + change decimal for , instead of . (i.e : 4,4 instead of 4.4)

Mean tide = Marée moyenne

Large tide = Grande marée

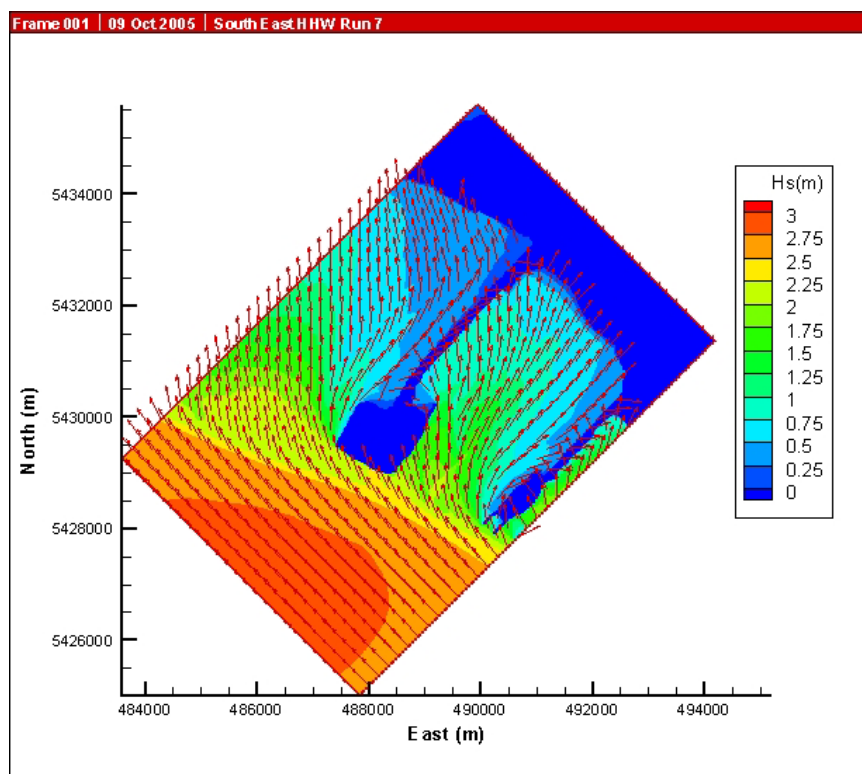
Higher high water = Hauteur de la plus forte marée haute

Mean water level = Hauteur moyenne

Lower low water = Niveau le plus bas de la marée basse

La Figure 2 révèle le pourcentage de dépassement des niveaux de marée observés. Ce graphique révèle que le dépassement de la hauteur de 4,4 m est d'à peu près 10% chaque année entre 1914 et 2004.

Les courants de marée formés dans chaque zone entre les chaussées sont provoqués par le flux et le reflux de la marée dans le détroit de Georgia. La Figure 3 montre les sommets de la célérité supérieure des courants pendant la descente et la montée des marées lors d'une grande marée. Les courants adjacents à la chaussée sont alignés parallèlement à celle-ci et sont beaucoup moins intenses que ceux des chenaux dendritiques. La célérité maximale des courants est généralement inférieure à 0,2 m/s le long de la base de la chaussée là où la profondeur de l'eau se situe dans la fourchette des 2 m et s'élève à 0,4 m/s un peu plus loin vers le large au-dessus des vasières.

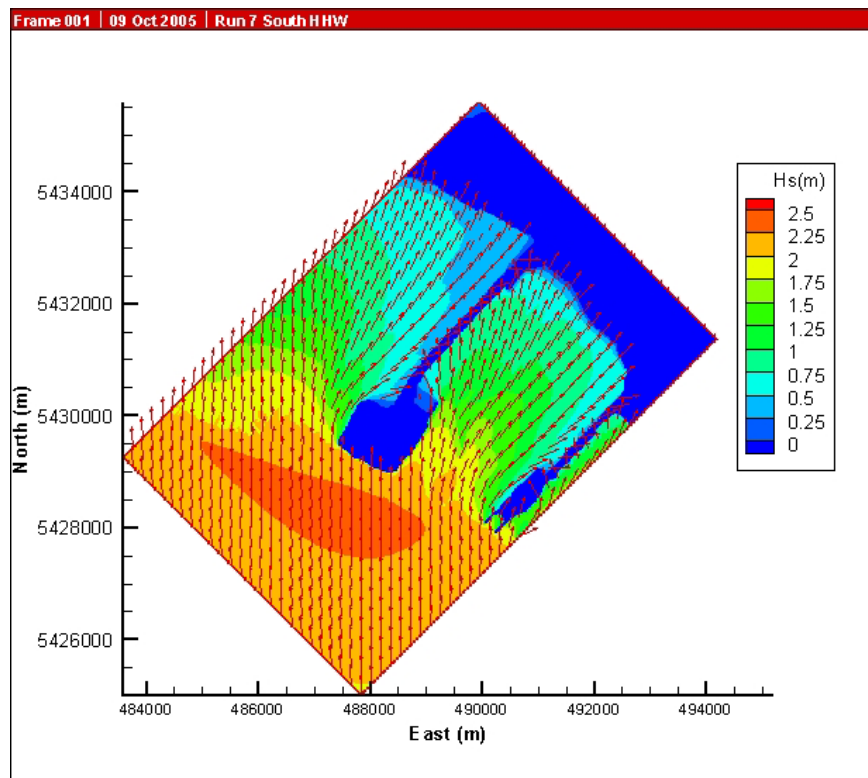


Text for both tables, page 3 :

North (m) = Nord (m)

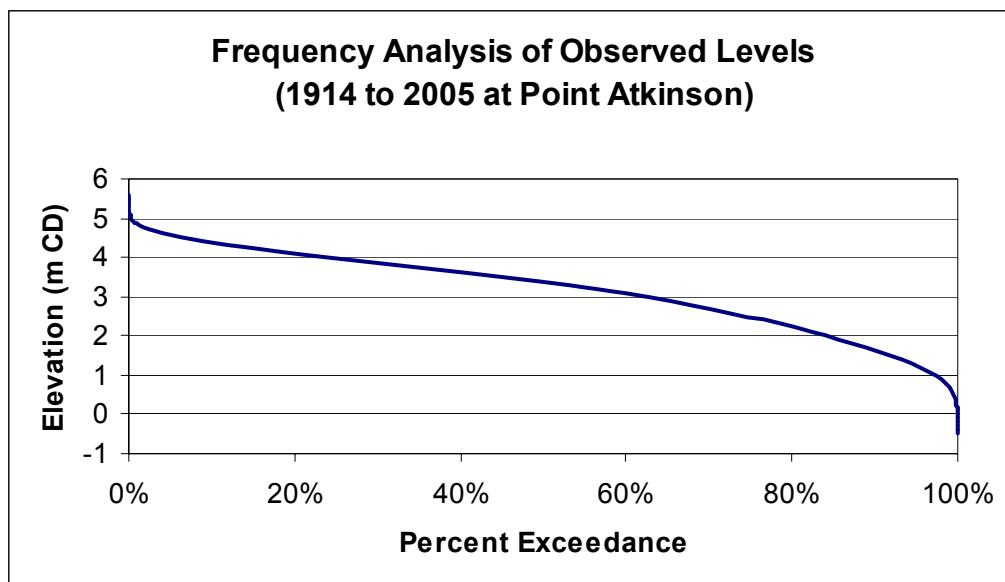
East (m) = Est (m)

Hs (m) = Hs (m)



Note : fréquence de dépassement de 6 h/an

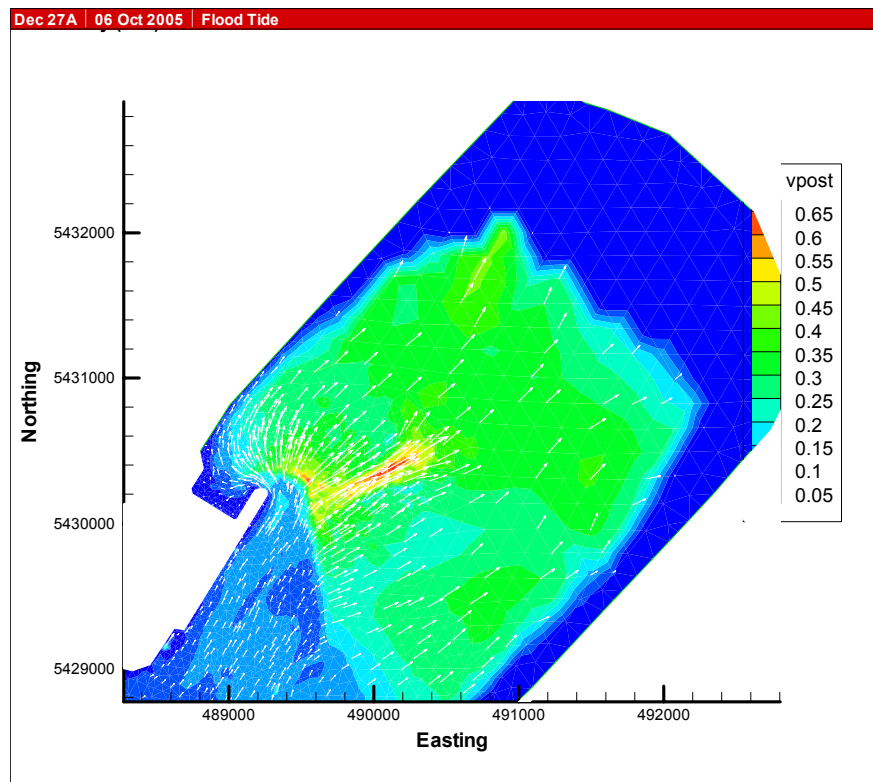
Figure 1 : Vagues sur le côté Est de la chaussée



Text in figure 2 :

Frequency analysis of observed levels (1914 to 2005 at Point Atkinson) = Étude de la fréquence des niveaux (de 1914 à 2005 à Point Atkinson)
 Elevation (m CD) = Élévation (m ZC)
 Percent Exceedance = Pourcentage du dépassement

Figure 2 : Fréquence des niveaux d'eau



Text in top Figure :

Flood Tide = Marée montante

Northing = Vers le Nord

Easting = Vers l'Est

Vpost = ?

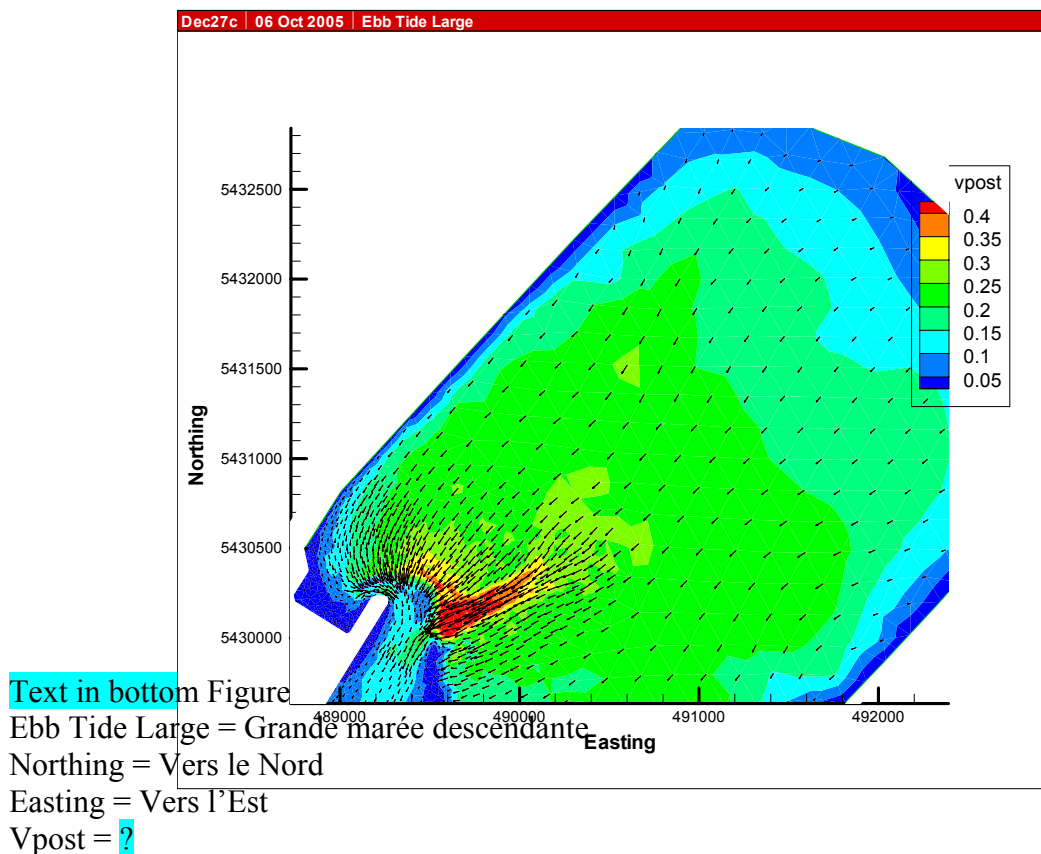


Figure 3 : Courants de marée le long du côté Est de la chaussée

2.2 Restauration

2.2.1 Ouvrages

La firme Williams & Associates a mis au point le concept et planifié les ouvrages de restauration de l'habitat le long du côté Est de la chaussée de Deltaport et en a présenté la nature et les objectifs dans un mémo en date du 19 septembre 2005. Les principaux ouvrages étudiés comprennent :

1. Un bras mort creusé derrière une berme rocheuse ou une île pour protéger contre les vagues;
2. Un chenal de marécage saumâtre ainsi qu'une île comprenant un marécage saumâtre, situés de 3,5 à 4,0 m derrière une île barrière dont la crête est de 6,0 m;
3. Un marécage saumâtre à découvert établi entre 3,5 et 4,0 m;
4. Une flèche dont la crête est à 5,5 m ZC et dont la largeur est d'environ 10 m prévue pour les oiseaux aquatiques. Sa longueur pourrait atteindre 100 m.

La présentation de ces ouvrages est accompagnée de commentaires descriptifs.

2.2.2 Perspectives hydrotechniques

Généralités

L'impact de ces ouvrages sur les courants et les vagues sera ordonné par certains facteurs, y compris :

- la longueur de l'ouvrage et son avancée vers les vasières à partir de l'extrémité de la chaussée;
- la hauteur de la crête;
- l'orientation par rapport à la chaussée;
- la composition des matériaux servant à les construire.

Des données appréciables provenant des effets de la performance d'ouvrages antécédents sur la face Nord de la chaussée de Tsawwassen (NFT : correct spelling on the English) sont disponibles. Des photos des ouvrages d'habitat marécageux et leurs effets sur les platins avoisinants sont présentées aux Photos 3 et 4.

Bras mort

Le chenal marécageux sera creusé pour franchir la pente actuelle de la chaussée, et sa lisière extérieure sera protégée par une « île » d'énrochements. La crête de l'île s'élèvera à 6 m. L'énrochement fera une chute de 2 m suivant une pente de 1V :1,75H et la pointe de l'énrochement sera de près de 4 m ZC. L'ouverture du chenal fera face au littoral.

Le chenal sera protégé par l'île au large et ne sera pas soumis aux vagues de forte énergie ni aux courants de marée. L'écoulement de l'eau des ouvrages d'habitat dans le chenal se fera en fonction du flux et du reflux normal sur Roberts Bank. Par conséquent, des matériaux de la taille d'un galet ou de roches pourraient être utilisés afin de garnir le chenal plutôt qu'un énrochement plus massif (bien qu'un certain énrochement soit nécessaire aux abords de l'ouverture). (NFT :) is missing on the English).

Le revêtement formant la partie extérieure de l'île, orientée vers le large, sera soumis à l'action des vagues lorsque les tempêtes coïncident avec une grande marée. Un tablier de protection contre l'affouillement devrait être construit le long de la pointe du revêtement pour empêcher l'affouillement local provoqué par les vagues au pied de la pente de l'énrochement. Une pente de transition faite de roches ou de galets devrait être prise en considération afin d'empêcher l'énrochement massif d'aboutir directement sur les platins de sable fin.

L'île et le chenal du marécage saumâtre

Cet ouvrage est semblable en structure au bras mort, sauf que le chenal sera ouvert en ses extrémités pour faciliter le flux des marées. Cependant, nous prévoyons que l'ordre de grandeur des célérités des courants dans le chenal sera comparable aux célérités les plus faibles sur les platins. Les zones des chenaux près des détroits seront exposées à un niveau d'énergie plus élevé dans leur localité à cause du déferlement des vagues.

Les exigences pour la protection de la bordure extérieure des îles d'énrochement construites seront semblables à celles des bras morts.

Le marécage saumâtre à découvert

Les travaux consistent à éliminer les îles d'encrochement au large pour laisser le marécage saumâtre à une hauteur de 3,5 à 4 m ZC. Le potentiel d'empiètement des structures dans les platins s'en trouvera réduit. Cependant, le marécage sera alors exposé à l'action directe des vagues. L'analyse de la réfraction des vagues menée par Triton Consultants au cours de l'étude géomorphologique du littoral indique que la hauteur des vagues (H_s) à proximité de la pointe de la chaussée peut dépasser 0,8 m assez fréquemment (Figure 1). Ces vagues seraient capables de déplacer les galets de 200 mm et de provoquer l'érosion d'une grande partie de la végétation. En conséquence, l'emplacement du marécage saumâtre à découvert serait mieux situé dans la partie plus proche du littoral, à l'abri de la chaussée, là où la puissance des vagues a été réduite par le ripage en profondeur et leur déferlement.

La flèche

La flèche artificielle prévue doit ressembler aux flèches naturelles qui se forment à la suite de l'ensablement naturel d'un littoral. Certaines propositions en prolongent sa longueur jusqu'à 100 m et sa pente partirait d'une élévation de 5,5 m ZC pour aboutir aux platins naturels (environ 2 m ZC). Selon sa conception finale, cet ouvrage serait une entrave importante au flux des marées sur les platins. Il pourrait s'en suivre un affouillement local autour de la pointe (la flèche pourrait agir d'une manière semblable à un épi ou une digue basse). Il existe actuellement deux exemples d'un affouillement local ayant lieu autour de structures d'encrochement « en épi » dans la zone entre les chaussées :

- le petit épi construit sur la partie intérieure de l'ouvrage de protection en crête (Photo 2);
- le petit redan briseur de lames d'eau sur l'encrochement à l'extrémité de l'ouvrage de restauration du marais de Tsawwassen (NFT : correct spelling on English) (Photo 4).

Dans tous les cas, un affouillement a eu lieu sur plusieurs mètres à partir des courants de marée situés aux extrémités des structures.

Afin de minimiser les impacts négatifs éventuels, il faudrait s'intéresser à réduire l'impact hydraulique potentiel. Il s'agit de :

- réduire la hauteur du redan afin qu'il soit submergé par une marée haute d'indice moyen;
- réduire son élancement dans les platins (afin de réduire son effet d'obstacle aux flux);
- orienter la structure suivant une courbe afin d'en réduire la résistance à l'écoulement;
- orienter la structure en face de la pointe (vers l'Est) de la chaussée, face au littoral, afin de réduire le flux de l'écoulement des marées qui la contournent;
- placer un large tablier de gravier et de galets autour de la pointe de la flèche afin d'établir une transition progressive entre le corps de l'encrochement et les sédiments de sable fin des platins.

3. ENLÈVEMENT DES BILLOTS ET OUVERTURE DE LA DIGUE

3.1 Concept

Les mesures consistent à enlever les débris de billots derrière la digue actuelle située au secteur Nord de la zone entre les chaussées et de percer une ouverture dans la digue afin d'améliorer la circulation des flots dans les platins. Une vue générale de cette zone est illustrée par la Photo 1. La zone devant être améliorée comprend une aire de plus ou moins 4,5 ha.

3.2 Site actuel

Le marécage établi à l'extrémité supérieure de la zone entre les chaussées est situé entre deux séries de digues – la digue marine d'origine, située du côté de la côte, et une digue plus récente construite à travers une partie de la zone en amont des platins. La digue au large a été construite dans les années 1950, et faisait partie d'un plan destiné à récupérer une partie des platins de l'estran. La digue n'a jamais été refermée complètement, laissant l'eau de mer inonder à marée haute la zone située entre la digue vers le large et celle plus vieille du côté de la côte. La surface totale de ce marécage est plus ou moins 60 ha. Le marécage est traversé par un chenal de marée principal, orienté vers l'Est en direction de l'ouverture de la digue près de la chaussée de Tsawwassen, ainsi que par une série de chenaux tributaires plus petits (Photo 6). Le marécage est aussi relié aux platins de la zone entre les chaussées par une série de ponceaux qui traversent la digue vers le large (Photo 5). L'élévation des platins près de la base de la digue vers le large est d'environ 3 m ZC.

Les billots et les débris présents dans le secteur Nord du marécage obstruent en partie l'écoulement des eaux et réduisent la valeur de l'habitat. Il est proposé de retirer ces débris et d'installer deux ponceaux au travers de la digue afin d'améliorer l'écoulement des eaux. La surface totale de ce secteur est d'environ 4,5 ha. Le volume total de l'eau contenue dans ce secteur pendant une marée moyenne (MH = 4,4 m) est d'environ 63 000 m³ (4,5 ha x 1,4 m). Le taux de variation du niveau de l'eau pour cette donnée est typiquement de 0,6 m/heure, ce qui produit des charges volumétriques de 8,8 m³/s sur une période de deux heures.

3.3 Conséquences prévues

L'installation de deux ponceaux de 1,2 m de diamètre à travers la digue laissera une partie de l'eau sur une surface de 4,5 ha s'écouler directement dans le secteur Nord des platins entre les chaussées, plutôt que de s'écouler à l'Est vers l'ouverture principale de la chaussée de Tsawwassen. Étant donné les pressions hydrauliques des dégagements, il est prévu que l'écoulement passant par les ponceaux atteigne 2 m³/s sous des conditions optimales. De petits chenaux de marée se formeront à la sortie des ponceaux, cependant ils devraient se dissiper au bout de 20 à 50 m sur les platins (semblable à l'évolutif des

ponceaux actuels de la Photo 5). Nous ne prévoyons aucun impact physique négatif suite à ces mesures de restauration.

4. RÉCIF ROCHEUX SUB-LITTORAL

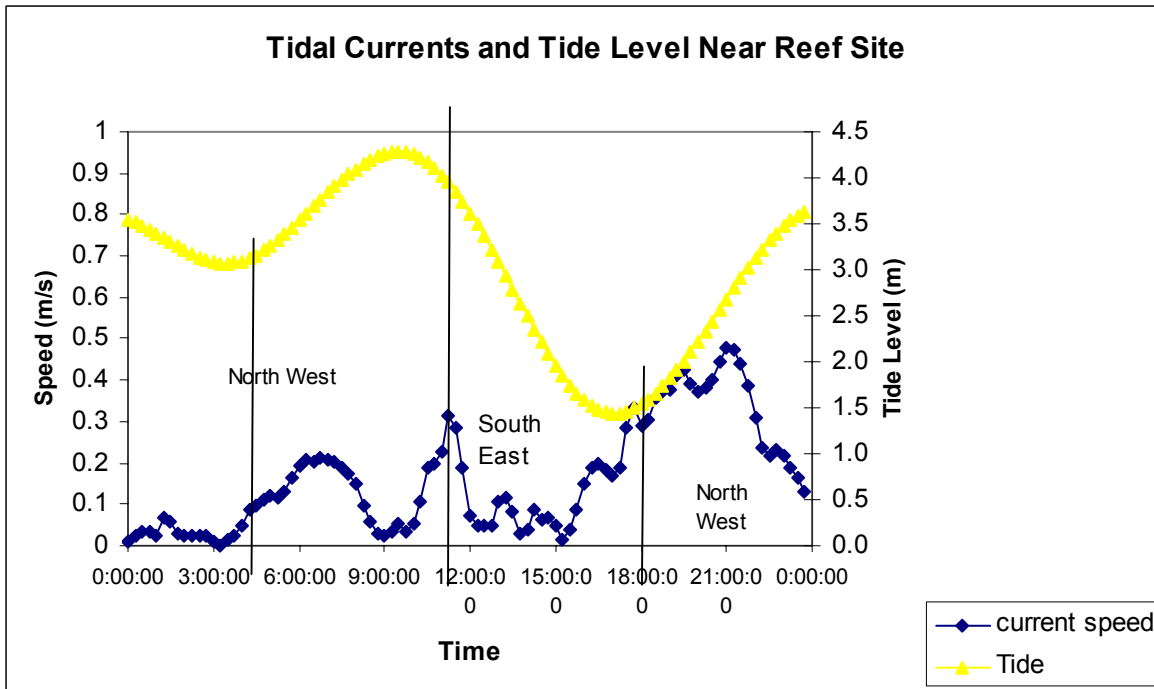
4.1 Concept

La crête prévue pour les récifs proposés se situe entre -2 et -1 m. La disposition des ouvrages est présentée à la Figure 4 du mémo de Williams & Associates. Le plan révèle deux récifs longs et droits, établis parallèlement à la façade des terminaux de Westshore. Il révèle également deux légers prolongements à partir de la façade du terminal rejoignant les récifs d'habitat actuels, formant des ouvrages de petite dimension ressemblant à des « épis » pour contrôler le débit d'une rivière. L'objectif de ces ouvrages se décrit comme suit :

« Ces zones peuvent servir de lieu où se déposent et se stabilisent les sédiments transportés de l'autre côté des extrémités en plus faible profondeur du sub-littoral du site, offrant une colonisation benthique qui augmente plus avant la productivité des récifs proposés. »

4.2 Facteurs hydrauliques

La Figure 4 révèle la célérité des courants actuels mesurée pendant une grande marée à une profondeur de 4 m au large du terminal. L'orientation des courants est prédominante vers le Nord-Ouest pendant la marée montante, et ils s'orientent généralement vers le Sud-Est pendant la marée descendante. Les célérités sont en général plus élevées à marée montante plutôt qu'à marée descendante, ce qui confirme d'autres observations d'ordre plus général et les résultats pris sur une modélisation de la zone. Les célérités maximales atteignent environ 0,5 m/s à marée montante.

**TEXT IN CHART :**

Tidal Currents and Tide Level Near Reef Site = Courants de marée et hauteur de la marée à proximité du récif

Speed (m/s) = Célérité (m/s)

North West = Nord-Ouest

South East = Sud-Est

North West = Nord-Ouest

Tide Level (m) = Hauteur de la marée (m)

Time = Heure

current speed = célérité actuelle

Tide = Marée

Figure 4 : Célérité des courants de marée aux récifs de valorisation de l'habitat

Les conditions de transport des sédiments ont été évaluées pour les sédiments de la taille d'un grain de sable (en prenant comme hypothèse une granulation moyenne de 0,1 mm). Le paramètre de Shields a été calculé pour une mesure supérieure à 0,22, indiquant que le sédiment sera charrié principalement en profondeur sur le fond du lit. Les taux de transport prévus pour les sédiments du lit, et leur mobilité, sont faibles. En appliquant l'équation de van Rijn pour calculer la charge de fond des sédiments, les taux de transport maximum ont été évalués à 6 kg/heure/par mètre de bande. L'orientation générale du transport des sédiments est sur un axe Sud-Est à Nord-Ouest.

4.3 Impact du rehaussement de l'habitat des récifs

Les nouveaux récifs proposés sont alignés en parallèle aux courants de marée dominants et auront un impact minime sur les schèmes des mouvements des sédiments et de l'écoulement des eaux. Sous le vent des structures, l'action des vagues formera de légers dépôts à cause du phénomène d'abri.

PHOTOS

Annexe II

**Mémoire de *Northwest Hydraulic Consultants* : mesures de stabilisation
proposées du circuit d'écoulement des marées**

MEMO

À : Trevor Peach, Autorité portuaire de Vancouver
De : Dave McLean, Northwest Hydraulic Consultants Ltd.
Date : 5 octobre 2005
Objet : Mesures proposées pour la stabilisation du réseau de drainage de l'estran

Ce mémo décrit un concept à l'étude des mesures de restauration du grand chenal d'évacuation des marées situé dans la ligne médiane de la zone entre les chaussées. Le mémo s'intéresse exclusivement aux processus physiques et aux aspects hydrotechniques liés aux travaux de restauration.

1. État du site

Il s'ensuit une perspective détaillée de la zone entre les chaussées et de l'évolutif des chenaux de marée (communément appelés « chenaux dendritiques »), affichée à l'annexe C, *Étude géomorphologique du littoral*. Les commentaires suivants résument notre interprétation des facteurs clés qui ordonnent leur formation et leur évolution.

1.1 Formation du chenal

La formation du chenal de marée dont il est question dans ce mémo a été déclenchée par des processus de ravinement à la suite du dragage du chenal de navigation et du bassin d'évitement de Roberts Bank. Le paramètre essentiel ordonnant le taux de ravinement est la différence d'élévation entre la bordure de la tranchée draguée et le niveau le plus bas des marées basses. En 1980, la tranchée du bassin d'évitement s'étendait au-delà de la ligne de contour de +0,5 m des platins, créant ainsi une « incision » à marée basse. La structure de protection en crête (illustrée à la Figure 1), construite pour réagir à la formation du chenal, a agi comme structure de contrôle de la pente et a largement réduit toute formation subséquente de chenaux. Certains chenaux de marée se sont soit ensablés ou sont devenus inactifs pour se recouvrir de zostère. Le chenal de marée le plus grand dans la ligne médiane entre les chaussées s'est comporté suivant cette tendance forte jusqu'au milieu des années 90.

1.2 Évolutif du chenal

Les Figures 1 et 2 mettent en valeur, par le biais de photographies aériennes prises en 1979, 1991, 1995 et 2002, les changements qui ont eu lieu dans la zone entre les chaussées. La Figure 3 résume d'une manière générale les changements dans les chenaux de marée, les platins de sable et l'étendue des lits de zostère entre 1989 et 2002. Depuis le milieu des années 90, le chenal de marée principal a pris trois orientations différentes :

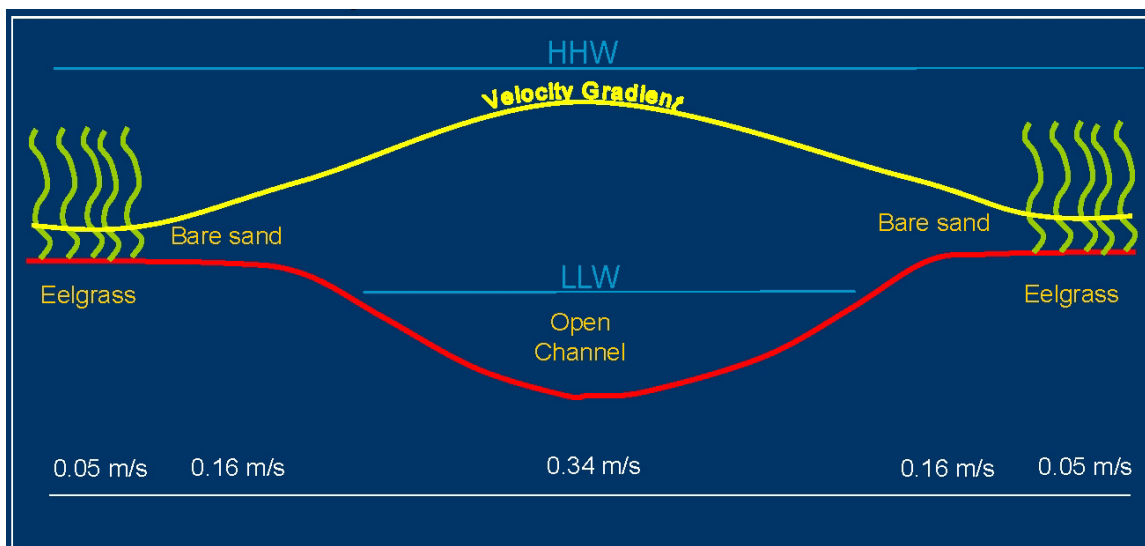
1. La partie inférieure du chenal s'est avancée vers le large, contournant en partie la structure de protection en crête;
2. L'évacuation provenant du littoral des eaux dans les platins s'est combinée pour former des chenaux affluents secondaires (identifiés comme « Tributaires en amont » sur les Photos 1 et 2) pour se déverser dans le chenal principal. Il semble

- qu'un certain degré d'évacuation de la partie la plus élevée du côté Nord-Ouest des platins s'écoulait précédemment en parallèle à la chaussée, et commençait à s'écouler en direction Sud-Est vers le chenal de marée principal;
3. Un banc de sable surélevé s'est formé vers la fin du chenal principal, vers le littoral, à la jonction des deux chenaux tributaires.

Cette formation semble avoir pour cause de prime abord la confluence concentrée des eaux d'évacuation dans le chenal de marée principal. À cette époque, l'un des facteurs ordonnant ce changement dans la répartition de l'écoulement sur les platins était l'expansion latérale de la zostère en direction du littoral. La répartition de la zostère touchée par l'incidence du ruissellement sur les platins s'est déroulée en fonction de deux mécanismes :

1. La résistance hydraulique de la zostère est beaucoup plus élevée que celle des bancs de sable à découvert, ce qui a pour suite des concentrations de flux dans les zones non touchées par la végétation;
2. La zostère agit comme réservoir de stockage, retenant l'eau pour la relâcher ensuite pendant la marée basse, ce qui crée un déphasage et une différence dans l'orientation entre l'eau de ruissellement s'écoulant des platins et le niveau contrôlé par la marée plus au large.

Il y a de toute évidence des mécanismes de rétroaction qui ont tendance à accentuer l'expansion du réseau de chenaux. Par exemple, lorsque le chenal principal a commencé à contourner la structure de protection en crête, une partie plus importante du flux capté à partir des zones plus en amont des platins a accéléré leur croissance et leur expansion vers le littoral.



TEXT IN DIAGRAM :

HHW = MH, niveau le plus haut

Velocity gradient = Gradient de célérité

Bare sand = Sable à découvert

Eeelgrass = Zostère

LLW = MB, niveau le plus bas

Open channel = Milieu du chenal

1.3 Formation du banc de sable et sédimentation

Le banc de sable imposant à l'entrée du chenal de marée principal s'est formé à la tête du grand chenal près du confluent avec les chenaux tributaires (identifiés comme « Tributaires en amont » sur la Photo 1). L'amorce de la formation du banc de sable paraît évidente sur les photos aériennes prises en 1991 (Figure 1). À notre avis, les schèmes de sédimentation du banc et des platins adjacents ont été entièrement ordonnés par les processus fluviaux; le processus généré par les vagues ne portait pas à conséquence. Les sédiments des platins sont redistribués pendant les conditions de marée descendante et de marée montante. Lorsque la marée descend, la concentration de forts courants dans les chenaux d'évacuation tributaires provoque une incision du chenal, et les sédiments sont transportés vers le large jusqu'à la jonction avec le chenal de marée principal. Pendant la marée montante, des courants puissants repoussent le sable en amont, vers le littoral sur l'aire du banc de sable. De plus, les faibles différences de niveau entre les poches d'eau sur le banc de sable et le cours d'eau dans les chenaux tributaires adjacents déclenchent de courtes périodes d'instabilité intenses dans le chenal, puis un transport de sédiments, de sorte que l'eau et les sédiments se répandent sur les lits adjacents de zostère adjacent. Pendant ces courtes périodes de forts courants à faible profondeur, toute la surface du banc est fortement affectée par l'affouillement causé par la formation de chutes et de retenues d'eau, ainsi que par les anti-dunes.

1.4 Conditions actuelles

Les chenaux de marée et les platins ont été surveillés au cours d'une série d'inspections sur place et de survols à partir d'un aéronef à voilure fixe, en 2004 et en 2005. Les Photos 1 à 6, prises peu avant la marée basse en juin 2004 et en septembre 2005, illustrent la situation actuelle. Le chenal principal et le banc de sable ne semblent pas s'être transformés de manière significative. Cependant, il fut remarqué que les incisions des chenaux tributaires reliées au grand chenal étaient plus profondes et peut être plus larges. La Figure 4 révèle la topographie générale avoisinante au banc de sable et ses liens avec les lits de zostère. Cette carte montre que le banc de sable et le chenal principal empiètent sur les lits de *Zostera marina*, alors que les chenaux tributaires plus élevés empiètent sur la zone de transition entre les espèces *marina* et *japonica*.

Les dimensions hors tout du chenal principal sont les suivantes :

Chenal de marée principal :

aire	4.1 ha
longueur hors tout	700 m
largeur maximale	80 m
profondeur	2,5 m au-dessous du niveau le plus bas de la marée

Zone d'ensablement :

aire en dessous du niveau des chenaux tributaires	18 ha
aire au dessus du niveau des chenaux tributaires	7 ha

2. Mesures de restauration proposées

2.1 Objectifs

Les objectifs principaux des travaux proposés sont de :

- (1) réduire toute expansion latérale des chenaux dans l'habitat moins élevé de la zostère;
- (2) réduire l'instabilité et les taux de transports élevés de sédiments sur le banc de sable actuel;
- (3) favoriser le développement stable de chenaux tributaires entaillés à partir des zones de dépôts actuels vers le littoral.

2.2 Méthode d'approximation

La restauration des chenaux de marée dans la zone entre les chaussées se fera d'une manière phasée et adaptative. La phase initiale sera constituée par une intervention à échelle relativement petite dans la zone du banc de sable, suivie par une période de surveillance afin d'évaluer les réactions du chenal et, au besoin, modifier les mesures exécutées. Cette approche minimisera le risque de tout impact adverse à l'habitat adjacent à la zostère. Deux mesures sont prévues au cours de la première phase des travaux :

- excavation d'un chenal traversant le banc de sable afin de réduire l'instabilité latérale et le déversement qui a lieu à marée montante;
- construction d'un contrefort le long de certaines portions des chenaux tributaires afin de réduire le potentiel d'affouillement et d'empêcher la formation de nouveaux chenaux.

Une fois la stabilité générale du site améliorée, la phase subséquente des travaux pourrait être mise en place afin de modifier ou d'optimiser le type d'habitat actuellement présent. Cela pourrait comprendre le blocage de certains chenaux inactifs pour favoriser l'implantation de la zostère, ou toute autre mesure paraissant appropriée.

2.3 Mesures prévues à la phase 1

La Figure 5 montre une perspective en plan des travaux de restauration. La Figure 6 illustre des sections typiques en coupe. Ces concepts préliminaires sont basés sur les études bathymétriques disponibles, lesquelles devront être mises à jour en fonction de la conception finale et de l'évaluation des coûts.

Excavation du chenal traversant le banc de sable

Ce chenal pilote excavé le long de la ligne médiane du banc de sable fera l'équilibre des niveaux d'eau dans les chenaux adjacents à marée montante, et réduira les gradients de célérité et les déversements latéraux dans les zones adjacentes de zostère. Le chenal devrait se prolonger vers le littoral pour atteindre les deux chenaux tributaires qui

convergent à la pointe du banc de sable en direction du littoral. Le tracé des deux chenaux tributaires sera ainsi stabilisé. La longueur totale de l'excavation est la suivante :

banc de sable	350 m
chenal principal en amont du banc de sable	200 m
chenaux tributaires	75 m chacun

L'excavation pilote à travers le banc de sable et le chenal principal aura une largeur de 20 m et une profondeur de 1,5 m. Selon les prévisions, sa construction provoquera un élargissement du chenal qui atteindra éventuellement une largeur maximale d'environ 50 m. Si le taux de croissance est plus faible que prévu, il sera peut-être nécessaire de pratiquer d'autres excavations à une date ultérieure. La quantité totale de matériaux excavés s'élève à 11 000 m³ dans la zone du banc de sable et à environ 3 100 m³ dans les chenaux tributaires.

Contreforts des chenaux

En plus des mesures précédemment décrites, les fonds des chenaux tributaires seront armés d'un tablier de protection contre l'affouillement afin de prévenir contre toute « incision » éventuelle du chenal. Les travaux de protection sont illustrés à la Figure 5. Les tabliers auraient 160 m de longueur sur chaque tributaire. Le tablier serait aussi prolongé sur une distance de 50 m le long du chenal principal à la pointe du banc de sable. L'épaisseur du tablier serait d'environ 200 mm et couvrirait le fond des chenaux. Le volume approximatif prévu pour le matériel de contrefort est de 2 000 m³.

La vitesse de pose du contrefort est estimée à 2 m/s. Du gravier et des galets naturels sont considérés comme matériaux appropriés pour constituer le tablier de protection contre l'affouillement. D'autres matériaux, tel qu'un mélange d'écailles d'huître et de gravier, pourraient être utilisés à cette fin s'il y avait d'autres avantages à en tirer en termes de création d'habitat. La photo ici-bas montre un chenal de marée sous le passage de la ligne de haute tension de *BC Hydro* à Roberts Bank, dont le contrefort est établi naturellement par un lit de coquillages, en dépit de vitesses de courants relativement élevées.



Contrefort naturel d'un chenal de marée par des écailles d'huître

3. Réaction prévue du chenal

La réaction physique initiale aux mesures proposées serait relativement rapide. Cela provient du fait que lorsque les niveaux d'eau sont en équilibre sur le banc de sable, les forces motrices derrière l'instabilité latérale et le déversement seraient éliminées. Les changements principaux au niveau physique comprendraient une réduction de la vitesse des déversements, une réduction de l'affouillement et du transport des sédiments. La surface totale de cette zone est estimée comme suit :

nouveau chenal traversant le banc de sable	3,4 ha
aire au Nord du banc de sable	5,3 ha
aire au Sud du banc de sable	9,5 ha
total de l'aire stabilisée	18,2 ha

L'impact sur les chenaux situés vers le littoral à partir du banc de sable, affectant les deux chenaux tributaires plus petits, prendrait plus de temps à se manifester et la stabilisation des chenaux se ferait probablement sur une période de deux à cinq ans. Cette zone vers le littoral correspond à une aire supplémentaire de 1,0 ha.

L'impact des travaux proposés se rapporte uniquement aux caractéristiques physiques du site. Aucune évaluation n'a été faite concernant les aspects biologiques ou les caractéristiques visant la qualité de l'habitat.

4. Conclusion

Étant donné les conditions actuelles, le réseau de chenaux de marée (dendritiques) dans la zone entre les chaussées continue sa progression latérale pour se développer vers le littoral jusqu'à ce qu'un équilibre soit atteint, peu importe les interventions prises. Par la mise en place d'un programme adaptatif d'intervention, il est possible de stabiliser et de restaurer une zone qui est actuellement improductive, et d'accélérer et d'influencer le processus de stabilisation.

Le programme proposé dans le présent document, qui fait intervenir l'excavation d'un nouveau chenal primaire, une action combinée aux travaux de contreforts sélectifs des chenaux, aurait pour résultat la stabilisation d'une aire allant jusqu'à 14,8 ha d'une surface de banc de sable actuellement improductive. Le banc de sable stabilisé pourrait avoir des caractéristiques physiques semblables à celles des platins environnants, ce qui représente une zone potentielle pour la colonisation des espèces.

La justification appuyant cette approche de stabilisation proposée provient d'une étude exhaustive des chenaux de marée à Roberts Bank et dans la baie de Boundary. Nous estimons que l'approche adaptative proposée est pertinente aux conditions locales du site. Cependant, comme il en est de nombreux processus morphologiques, l'environnement physique de Roberts Bank est situé dans une dynamique et il existe un niveau d'incertitude quant à prévoir les réactions en fonction du temps. En s'appuyant sur l'observation de réactions précédentes du chenal sur les platins, nous recommandons qu'un horizon de cinq ans soit prévu pour réaliser un environnement physique stable et pour que le banc de sable soit disponible en tant qu'habitat productif. Nous estimons en outre qu'il serait raisonnable de prévoir qu'un minimum de 5 à 10 hectares du banc de sable soit stabilisé en deçà d'une période de cinq ans. Ce chiffre constitue une prévision prudente en termes d'efficacité globale des mesures proposées.

nhc

PHOTOS



Tributaires en
amont

Photo 1 : Chenal principal de marée, vue vers le Sud-Ouest, juin 2004



Tributaire
en aval

Tributaires
en amont

Photo 2 : Chenaux tributaires irriguant le banc de sable, vue vers le Sud, juin 2004



Photo 3 : Chenal principal, vue vers le Nord-Est, septembre 2005



Photo 4 : Banc de sable et environs, vue vers l'Est, septembre 2005

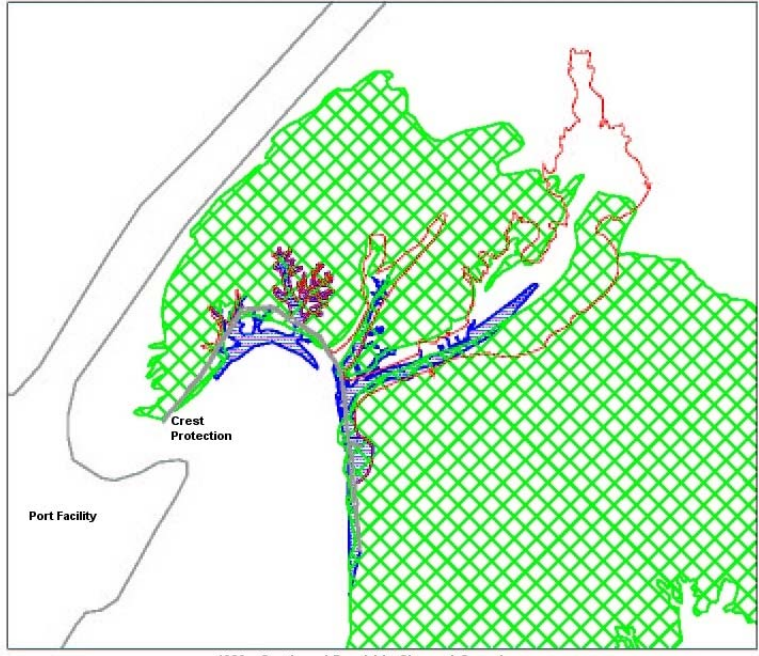


Photo 5 : Banc de sable et environs, vue vers l'Ouest, septembre 2005

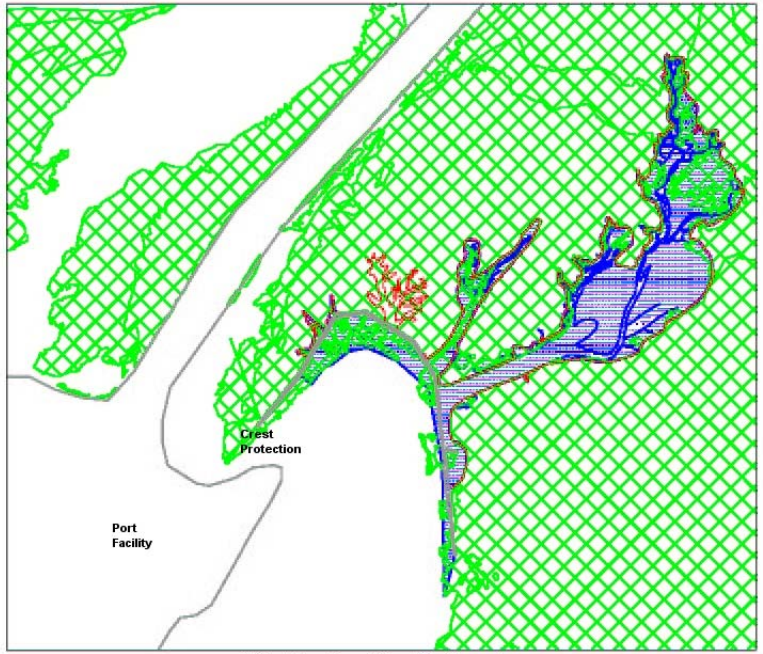


Photo 6 : Embouchure des platins, vue vers le large, septembre 2005

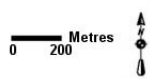
FIGURES



1989 - Continued Dendritic Channel Growth



2003 - Bifurcation of Dendritic Channel



- Note:
- i. main Dendritic channel bifurcation as shoreward growth continues
 - ii. Eelgrass Habitat loss associated with channel growth
 - iii. Eelgrass Habitat gain toward the shore



Figure 3: Evolution of Tidal Channels and Eelgrass =

Figure 3 : Évolutif des chenaux de marée et de la zostère
(NFT : there is no figure 3 in the document)

TEXT IN TOP FIGURE

Crest protection = Structure de protection en crête

Port facility = Installation portuaire

1989 – Continued Dendritic Channel Growth = Progression continue des chenaux dendritiques

TEXT IN BOTTOM FIGURE

Crest protection = Structure de protection en crête

Port facility = Installation portuaire

2003 – Bifurcation of Dendritic Channel = 2003 – Bifurcation du chenal dendritique

Metres = Mètres

Note :

i. bifurcation du chenal dendritique principal progressant vers le littoral

ii. diminution des lits de zostère en fonction de l'évolution des chenaux

iii. progression de l'habitat de la zostère vers le littoral

Eelgrass = Zostère

Dendritic channel = Chenal dendritique