

# **Projet de troisième poste à quai de Deltaport Stratégie de gestion adaptative**



*Préparé par :*  
**L'Autorité portuaire de Vancouver  
Hemmera Envirochem Inc.**

*Préparé pour :*  
**BCEAA Harmonized Environmental Assessment Process  
(Processus harmonisé d'évaluation environnementale de la CB)**  
et  
**ACEE – Agence canadienne d'évaluation environnementale**

**AVRIL 2006**

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1.0</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>3</b>
1.1	DESCRIPTION SOMMAIRE DU PROJET DP3 .....	3
1.2	L’EUTROPHISATION MARINE.....	4
1.3	LES CHENAUX DENDRITIQUES.....	8
1.4	ÉTUDES PRÉCÉDENTES .....	10
1.5	OBJECTIF DE LA SGA.....	14
1.6	PROCESSUS DE LA MISE AU POINT DE LA SGA.....	14
1.7	PLAN DE TRAVAIL DÉTAILLÉ DE LA SGA .....	14
<b>2.0</b>	<b>STRATÉGIE DE GESTION ADAPTATIVE .....</b>	<b>16</b>
2.1	PLANIFICATION .....	18
2.2	SURVEILLANCE .....	20
2.3	ÉVALUATION.....	20
	2.3.1 SEUILS DÉVALUATION.....	21
2.4	ACTION .....	22
<b>3.0</b>	<b>GÉOMORPHOLOGIE ET OCÉANOGRAPHIE DU LITTORAL.....</b>	<b>24</b>
3.1	PLAN DE SURVEILLANCE.....	26
	3.1.1 SITE DE DÉPLOIEMENT.....	27
	3.1.2 MÉTHODOLOGIE DU DÉPLOIEMENT.....	28
	3.1.3 SEUILS D’ÉVALUATION.....	29
3.2	MESURES ADAPTATIVES OU D’ATTÉNUATION .....	29
<b>4.0</b>	<b>QUALITÉ DES EAUX DE SURFACE.....</b>	<b>31</b>
4.1	PLAN DE SURVEILLANCE.....	33
	4.1.1 PARAMÈTRES .....	34
	4.1.2 SEUILS D’ÉVALUATION.....	35
4.2	MESURES ADAPTATIVES OU D’ATTÉNUATION .....	36
<b>5.0</b>	<b>QUALITÉ DES SÉDIMENTS.....</b>	<b>38</b>
5.1	PLAN DE SURVEILLANCE.....	39
	5.1.1 PARAMÈTRES .....	40
	5.1.2 SEUILS D’ÉVALUATION.....	40

5.2	MESURES ADAPTATIVES OU D'ATTÉNUATION .....	42
5.3	ZOSTÈRE MARINE .....	43
5.4	PLAN DE SURVEILLANCE.....	44
5.4.1	PARAMÈTRES .....	44
5.4.2	SEUILS D'ÉVALUATION.....	45
5.5	MESURES ADAPTATIVES OU D'ATTÉNUATION .....	46
<b>6.0</b>	<b>AUTRES BIOTES .....</b>	<b>47</b>
6.1.1	PARAMÈTRES .....	47
6.1.2	SEUILS D'ÉVALUATION.....	50
6.2	MESURES ADAPTATIVES OU D'ATTÉNUATION .....	51
<b>7.0</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>52</b>

### Liste des tableaux

Tableau 1	Études en appui à la demande relative au projet d'un troisième poste à quai de Deltaport.....	12
Tableau 2	Paramètres et objectifs de la surveillance géomorphologique et océanographique du littoral.....	28
Tableau 3	Paramètres de la qualité de l'eau de surface, fréquence et objectifs.....	34
Tableau 4	Paramètres de la qualité des sédiments, fréquence et objectifs .....	41
Tableau 5	Paramètres pour les autres biotes, fréquence et objectifs .....	48

### Liste des figures.....57

Figure 1	Description du projet de troisième poste à quai de Deltaport.....	57
Figure 2	Zones soumises à l'étude.....	58

## 1.0 INTRODUCTION

Le présent document a été préparé afin de faciliter l'identification, la gestion, la prévention et l'atténuation d'effets résultant directement ou indirectement de la construction d'un troisième poste à quai situé dans les installations pour les conteneurs de Deltaport de l'Autorité portuaire de Vancouver (APV), à Delta en Colombie-Britannique. L'objectif principal de cette étude est de mettre au point, en consultant Environnement Canada, une stratégie de gestion adaptative (SGA) pour le projet de troisième poste à quai de Deltaport (DP3) capable de déceler rapidement tout changement adverse de l'écosystème entre les chaussées, attribuable au projet DP3 qui puisse être empêché ou atténué. Cette SGA permet à Environnement Canada de conclure son évaluation des effets du projet DP3 sur les oiseaux migratoires en vertu de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* (LCEE). **DESCRIPTION SOMMAIRE DU PROJET DP3**

L'Autorité portuaire de Vancouver (APV) propose une expansion du terminal de conteneurs de Deltaport (Deltaport) à Roberts Bank à Delta en Colombie-Britannique. L'APV étudie la construction d'un poste à quai supplémentaire et d'une aire de stockage au terminal actuel de conteneurs de Deltaport qui possède actuellement deux postes à quai. Le troisième poste à quai proposé, connu sous le nom de troisième poste à quai de Deltaport (le « Projet », ou « DP3 »), répond à des prévisions faites par l'industrie suivant lesquelles le trafic de conteneurs de tous les grands ports de conteneurs de la côte Ouest de l'Amérique du Nord est appelé à doubler au cours des dix prochaines années et de tripler dans les vingt prochaines années.

Le Projet est situé dans les zones délimitées par les chaussées et la rive de Roberts Bank, et comprend la construction d'un quai pouvant accommoder un poste supplémentaire ainsi qu'une aire d'environ 20 hectares (50 acres) pour augmenter la capacité de stockage des conteneurs. Il sera accompagné de travaux pour draguer et approfondir le chenal actuel, ainsi que de créer une zone de mouillage de remorqueurs adjacente au terminal (**Figure 1**).

Le projet relève à la fois de l'*Environmental Assessment Act* (BCEAA) (la Loi de la CB sur l'évaluation environnementale), ainsi que de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* (LCEE). Lorsqu'un projet est soumis à ces deux lois, une évaluation environnementale concertée doit être menée en vertu de la *Canada-British Columbia Agreement*

*for Environmental Assessment Cooperation* (2004). (Accord Canada-Colombie-Britannique sur la coopération en matière d'évaluation environnementale, 2004)

La demande d'évaluation environnementale du projet de troisième poste à quai de Deltaport (DP3) a été soumise aux autorités provinciales et fédérales pour examen en janvier 2005 (Autorité portuaire de Vancouver, 2005. *Environmental Assessment Application for the Deltaport Third Berth Project, Roberts Bank, Delta, BC.* - Demande d'évaluation environnementale pour le projet d'un troisième poste à quai de Deltaport, Roberts Bank, Delta, Colombie-Britannique). Au cours de l'étude de l'évaluation environnementale, Environnement Canada a fait part de ses préoccupations que le projet d'expansion proposé des installations de Deltaport pourrait avoir un impact sur l'habitat actuel de la zone entre les chaussées de Roberts Bank, et tout particulièrement la possibilité d'un effet d'eutrophisation marine et d'un ravinement dendritique provoquant éventuellement l'érosion. Environnement Canada a identifié des changements en cours dans l'écosystème de Roberts Bank n'ayant pas de rapport avec le projet DP3 et estime que le niveau des connaissances scientifiques actuelles des systèmes à Roberts Bank est insuffisant pour que puisse être vérifiée la précision des prévisions, à savoir que le projet DP3 proposé ne sera pas en mesure d'être la source d'effets adverses significatifs sur l'environnement de l'écosystème dans la zone entre les chaussées. Les commentaires relatifs à cette étude préliminaire d'Environnement Canada recommandaient qu'une stratégie de gestion adaptative (SGA) soit mise en place pour la zone entre les chaussées de Roberts Bank afin que (1) des dispositions pratiques puissent déceler toute tendance ayant un potentiel émergent négatif pendant la construction et l'opération du projet, ainsi que (2) d'établir des mesures que l'APV pourrait entreprendre afin d'atténuer toute tendance négative ayant un rapport avec le projet DP3, révélée par un dépassement des seuils admissibles. Ce document présente la SGA pour le projet d'un troisième poste à quai de Deltaport.

## **1.2 L'EUTROPHISATION MARINE**

Au cours des dernières années, la définition de l'eutrophisation fondée principalement sur la présence des nutriments a évolué vers une définition basée sur les systèmes écologiques (Cognetti 2001, Flynn 2005). Selon Cognetti (2001) la définition serait « une perturbation

contraire à l'environnement causée par un taux d'approvisionnement excessif de matières organiques, comprenant les excès d'une productivité primaire ».

Voici quelques exemples de certains effets indésirables liés à une eutrophisation marine (Wu 1999, Meyer-Reil et Köster 2000) :

- Changements dans la prépondérance relative des diatomées et des dinoflagellés ou des flagellés;
- Augmentation du phénomène de « marée rouge »;
- Réduction de la limpidité de l'eau;
- Augmentation de la sédimentation par la matière organique;
- Disparition des planctons, des poissons et des organismes benthiques;
- Changements dans la chaîne alimentaire dont l'équilibre passe du zooplancton au phytoplancton.

La complexité du cycle de l'azote et des facteurs qui contribuent à l'eutrophisation jette un défi à toute prévision de l'éventualité d'un phénomène d'eutrophisation. Cependant, de nombreuses études ont été faites sur la question de l'eutrophisation marine, et certains facteurs clés ont été identifiés qui ont leur importance dans toute prévision :

- La présence d'azote (dans les écosystèmes marins);
- La présence de chlorophylle (dans la mesure d'une productivité primaire);
- Les mouvements océanographiques (systèmes d'évacuation et de renouvellement des eaux).

Parmi les méthodes de mesures considérées les plus pratiques dans la prévision d'une eutrophisation, il y a le rapport entre la biomasse du phytoplancton (en terme de mesures de la chlorophylle) et l'abondance de l'azote (Edwards *et al.* 2003). D'autres chercheurs tels que

Dell'Anno *et al.* (2002) ont compté surtout sur la mesure de la chlorophylle pour définir un état trophique et d'anticiper l'effet d'eutrophisation.

Il est important de noter que l'eutrophisation a lieu couramment le plus souvent pendant les mois d'été lorsque les jours sont plus longs et que la période de photosynthèse est plus importante. Il existe toute une variété d'approches à une modélisation numérique mise au point pour des zones côtières ou semi encastrées du bord de mer qui tient compte de la chlorophylle, des niveaux d'azote, du renouvellement des systèmes et des bases de données afin de prévoir l'eutrophisation, cependant sur une échelle beaucoup plus grande que la zone relativement petite entre les chaussées (Arhonditsis *et al.* 2003, Edolvang *et al.* 2005, Flynn 2005, Wirtz et Wiltshire 2005).

Selon Tett *et al.* (2003), le taux d'écoulement des eaux est d'une importance critique pour ce qui est de la possibilité qu'une zone subisse l'effet d'eutrophisation. Des études géomorphologiques et océanographiques effectués précédemment à Deltaport ont indiqué que chaque cycle des marées renouvelle complètement l'eau de mer de la zone entre les chaussées.

Certaines des sources les plus courantes d'apport de nutriments dans un système marin ne proviennent pas d'une source ponctuelle, telles que :

- La charge d'ammoniaque de source agricole;
- Les plus acides provenant des carburants fossilisés (se diluent avec des composés d'acide nitrique pour donner des nitrates);
- Montée des eaux;
- Décomposition des algues;
- Excréments des oiseaux et de la faune.

Voici quelques exemples de sources ponctuelles apportant des nutriments dans un système marin :

- Décharge des eaux non traitées;

- Décharge des systèmes septiques.

La source principale de nutriments provenant des opérations actuelles de Deltaport est constituée par des effluves traités des égouts. L'usine de traitement sanitaire des eaux d'égout de Deltaport a été construite dans le cadre du projet d'aménagement initial du terminal de conteneurs de Deltaport en 1997, et assure un traitement secondaire des eaux usées avant leur décharge. L'usine de traitement des eaux d'égout a été visée d'un permis numéroté PE-14865 obtenu auprès du ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique accordant la décharge des effluves traités par les quais de Deltaport à une profondeur de 12 mètres en dessous des eaux à marée basse.

L'égout sanitaire du terminal de Deltaport rassemble les eaux usées domestiques et industrielles déversées par les installations et les zones de lavage. L'augmentation prévue des eaux d'égout dans le cadre du projet DP3 est minime et se situe en deçà des capacités de traitement actuelles de l'usine sanitaire des eaux usées de Deltaport. Quoique de désinfecter les effluves ne soit pas exigé actuellement, l'usine de traitement des eaux usées a été conçue afin d'accommoder à l'avenir des systèmes de désinfection dans le cas où cela serait nécessaire.

Les eaux pluviales d'orage provenant du terminal du troisième poste à quai de Deltaport passeront par un déshuileur et une cuve de décantation des sédiments afin d'en retirer les contaminants possibles avant de décharger ces eaux dans l'océan. Les huit points de sortie actuels pour les eaux qui se déchargent dans la zone de l'estran de la baie située le long du périmètre Nord de Deltaport seront mis hors service et remplacés par de nouveaux exutoires placés dans les quais au point de mouillage, la décharge des eaux étant sous le niveau de la marée basse. De plus, ces sorties seront toutes munies de soupapes de sectionnement pour arrêter l'écoulement des eaux dans le cas où un déversement important de produits contaminés se produit au terminal et qui risque de pénétrer le système d'écoulement des eaux de pluie.

Dans la zone entre les chaussées, il y a une abondance de zostère marine, y compris l'espèce indigène de *Zostera marina*, ainsi que des spécimens transplantés de l'espèce *Zostera japonica*. En se décomposant, la zostère marine constitue d'elle-même une source potentielle de nutriments pour l'écosystème entre les chaussées et les sédiments. Environnement Canada a identifié le



potentiel d'une eutrophisation ou d'une anoxie ayant lieu dans les sédiments de l'écosystème entre les chaussées qui déclencheraient des changements dans ce système dominé par la zostère marine, ce qui constitue l'une de ses préoccupations. Le mécanisme prévu dans le cas d'une telle eutrophisation serait une surcharge de l'écosystème, incapable de décomposer la biomasse de la zostère marine entre les chaussées, de concert avec un transport inadéquat des nutriments décomposés provenant de la zone entre les chaussées, ce qui aurait pour conséquence une surabondance de dépôts sur les sédiments de l'estran. Ce scénario aurait cours sans la mise en place du projet DP3.

### **1.3 LES CHENAUX DENDRITIQUES**

En 2003, l'APV a retenu les services d'experts en géomorphologie du littoral pour entreprendre une étude de la zone côtière de Roberts Bank et du projet DP3 (NHC-Triton 2004). Un des objectifs clés de cette étude était de définir les effets concrets à long terme des aménagements précédents du port sur les platins de l'estran de Roberts Bank. L'objectif était de bien comprendre les processus physiques présents et de vérifier que les impacts visibles puissent être prévus et au besoin atténués (NHC-Triton 2004a). En se fondant sur les expériences passées à Roberts Bank, une des questions clés relatives au projet d'expansion DP3 se rapporte aux possibilités de provoquer des chenaux d'évacuation des marées, souvent appelés des chenaux dendritiques. Ces chenaux ont été la source de certaines préoccupations concernant l'érosion des platins de l'estran, d'une dégradation de l'habitat de la zostère marine et de la stabilité à long terme de l'environnement des platins. Les équipes de consultants en matières scientifiques et d'ingénierie ont utilisé un certain nombre de méthodes différentes afin d'évaluer la formation des chenaux, y compris des observations faites sur place, la collecte de données, des études interprétatives historiques à partir des relevés topographiques et des photos aériennes, et des études analytiques permettant d'évaluer les processus du transport des sédiments, les processus hydrauliques, ainsi que des recherches pour la modélisation numérique.

Il existe deux facteurs principaux qui ont déclenché la formation de chenaux de drainage à Roberts Bank dans le passé :

1. les travaux de dragage des platins de l'estran au-dessus du niveau de la marée basse a baissé leur niveau de drainage et a initié le ravinement vers le littoral;
2. l'expansion des lits de zostère marine a eu pour résultat de modifier la résistance au flux des eaux et leur retenue dans les platins, ce qui a affecté les schèmes d'écoulement et favorisé la création de chenaux.

S'appuyant sur des études portant sur sept chenaux de marée différents à Roberts Bank et dans la baie de Boundary, le consultant en géomorphologie a été capable de produire un modèle simplifié révélant les étapes de la création des chenaux de marée :

1. Baisse initiale de la profondeur des lits des chenaux des platins à cause du ravinement;
2. Incision dans le chenal par la concentration du ruissellement des eaux en amont;
3. Avancée du chenal vers le littoral;
4. Bifurcation du chenal à l'entrée du chenal principal;
5. Équilibre final des forces en présence.

La création initiale du chenal et les processus de ravinement à l'entrée du chenal ont lieu principalement à marée descendante. Cependant, au fur et à mesure que le chenal se prolonge vers le littoral, il bifurque en général pour se séparer en deux ou trois branches. Les sédiments peuvent se déposer dans la zone où les flots divergent et au point de bifurcation près de l'entrée du chenal. Les pentes locales et le transport des sédiments deviennent plus intenses lorsqu'ils sont recouverts par la marée et la surface du banc de sable joue le rôle d'un « haut-fond sablonneux ». Il s'ensuit que la zostère marine ne peut survivre dans cette zone. Le chenal principal poursuit sa route vers le littoral, jusqu'à ce qu'il atteigne enfin une situation d'équilibre. Ceci se produit lorsque l'intensité des flots sera suffisamment réduite pour que le chenal se stabilise. Ce point de stabilisation est ordonné par l'élévation des platins environnants, étant donné que leur niveau contrôle le volume des eaux qui s'écoulent par le chenal.

Cette étude géomorphologique du littoral a révélé que les dimensions du chenal de marée pouvaient être prévues approximativement en se servant d'équations de « régime » qui mettent en fonction la géométrie hydraulique, l'ordre de grandeur de l'écoulement généré par le flux et le

reflux des marées sur les platins et les variables du transport des sédiments. C'est un moyen d'évaluer approximativement les conditions d'équilibre du chenal qui vont se développer en réaction aux travaux de dragage à venir.

En 1981, une structure de protection en crête faite d'un alignement d'enrochements a été construite dans la zone entre les chaussées afin de maintenir le niveau des fonds à leur hauteur d'origine et d'arrêter le processus de ravinement. D'après l'étude géomorphologique du littoral (NHC-Triton 2004), cette structure semble avoir arrêté effectivement l'avancée d'au moins deux chenaux. Cependant, le grand chenal situé près de la ligne médiane de la zone entre les chaussées a contourné en partie la structure et tracé son lit le long du bord intérieur. En conséquence, ce chenal poursuit son expansion à la fois vers la mer et vers le littoral. Il est prévu que le chenal principal poursuive son expansion vers le littoral avant de se stabiliser éventuellement. Un chenal plus petit formé près du terminal de traversiers de Tsawwassen a contourné une structure de contrôle d'enrochement, d'après les observations faites pendant cette étude. L'expansion de ces chenaux va continuer à se développer indépendamment du projet DP3.

L'étude géomorphologique conclut que, selon toute prévision, la construction du projet de troisième poste à quai de Deltaport ne peut créer de nouveaux chenaux de marée. Cela est dû à la profondeur des travaux d'excavation prévus, bien en dessous des niveaux de marée basse. Il s'ensuit, que la baisse du niveau des fonds ou le déclenchement des processus de ravinement, ne soit pas à prévoir. Qui plus est, les structures principales liées à la création du projet DP3, d'après les prévisions, n'affecteront pas suffisamment les schèmes habituels des courants de marée ou des vagues pour déclencher l'affouillement ou l'érosion.

#### **1.4 ÉTUDES PRÉCÉDENTES**

Une série d'études sur les composantes biophysiques, sociales et économiques de l'environnement de Roberts Bank ont été menées pendant une période d'un an de 2003 à 2004. Les limites physiques de la zone étudiée pour l'évaluation variaient selon la nature même de l'étude. Certaines avaient pour objet seulement l'empreinte du projet DP3 proposé, d'autres

s'intéressaient aux abords immédiats de la chaussée et du terminal actuel du port de Roberts Bank. Une zone plus étendue autour de Roberts Bank a aussi fait l'objet d'études, telles que celle qui s'intéressait à l'habitat marin et à la géomorphologie du littoral. D'autres zones plus étendues encore, comprenant certaines parties du détroit de Georgie et la région de Delta du Lower Mainland ont fait l'objet d'études s'intéressant à la qualité de l'air et aux mammifères marins. L'horizon temporel de ces études se distinguait selon les deux phases principales du projet : le court terme pendant la phase de construction (environ trois ans); et le long terme, pendant la phase des opérations se projetant dans un avenir prévisible. L'APV a préparé une ébauche de plan de travail correspondant à chacune de ces études, lesquelles ont été révisées par le groupe de travail harmonisé fédéral-provincial.

Les études suivantes ont été menées en fonction de la Demande d'évaluation environnementale de DP3 et sont disponibles intégralement dans la section « Technical Volumes » (*documentation technique*) du site Web de l'APV. Ces études ont été résumées au cours des différents chapitres de la demande, qui se trouvent également sur le site Web de l'APV. Les études pertinentes ont été résumées et présentées au cours d'ateliers de travail comme faisant partie d'un partage de l'information et d'une analyse des carences au cours de la phase de planification de la SGA.

**Demande d'évaluation environnementale :**

[http://www.portvancouver.com/container\\_expansion/deltaport/index.html#EA\\_application](http://www.portvancouver.com/container_expansion/deltaport/index.html#EA_application)

**Documentation technique pertinente :**

[http://www.portvancouver.com/container\\_expansion/deltaport/index.html#tech\\_volumes](http://www.portvancouver.com/container_expansion/deltaport/index.html#tech_volumes)

**Tableau 1 - Études appuyant la demande relative au projet d'un troisième poste à quai de Deltaport**

<b>Sujet</b>	<b>Titre</b>	<b>Chapitre</b>	<b>Cote de référence de la documentation</b>
Géomorphologie du littoral	Roberts Bank Container Expansion – Coastal Geomorphology Study (2004)	Chapitre 7	#2
Qualité de l'eau	Water Quality Report Roberts Bank Expansion Project (2004)	Chapitre 8	#3
Échantillonnage des sédiments	Deltaport Third Berth Sediment Sampling Program (2004)	Chapitre 9	#4
Ressources marines	Deltaport Third Berth Project Marine Resources Impact Assessment (2004)	Chapitre 10	#5
Sauvagines et oiseaux du littoral	Deltaport Third Berth Project Coastal Seabird and Waterfowl Resources Impact Assessment (2004)	Chapitre 11	#6
Faune et végétation	Deltaport Third Berth Project Terrestrial Wildlife and Vegetation Assessment (2004)	Chapitre 12	#7
Qualité de l'air et santé humaine	Roberts Bank Container Expansion Project Air Quality and Human Health Assessment (2004)	Chapitre 13	#8
Bruit	Roberts Bank Container Expansion Project Environmental Noise Assessment (2004)	Chapitre 14	#9
Aspect visuel et éclairage	Visual and Lighting Assessment of the Roberts Bank Container Expansion - Deltaport Third Berth Project (2004)	Chapitres 15 et 16	#10
Socio-économique	Roberts Bank Socio-Community and Economic Impact Assessment (2004)	Chapitre 17	#11
Archéologie	Roberts Bank Archaeological Overview Assessment and Archaeological Impact Assessment Permit 2004 – 11 (2004)	Chapitre 18	#12
Trafic routier	Deltaport Third Berth Road Systems Impact Assessment (2004)	Chapitre 2 (Section 2.9.4)	#1
Trafic ferroviaire	Deltaport Third Berth Rail Operations	Chapitre 2 (Section 2.9.3)	Pas de documentation technique
Trafic maritime	Deltaport Third Berth Marine (Ship Traffic) Operations	Chapitre 2 (Section 2.9.5)	Pas de documentation technique

L'évaluation environnementale préparée pour l'APV a conclu qu'aucun effet significatif adverse à l'environnement n'aurait lieu à la suite du projet DP3, tant que les mesures d'atténuation recommandées et identifiées dans la demande étaient mises en application. Les commentaires émis suite au passage en revue initial de l'étude préliminaire par Environnement Canada recommandaient qu'une stratégie de gestion adaptative soit mise au point par l'APV afin de prévenir effectivement toute émergence pouvant menacer l'évolutif de l'écosystème pendant la construction du projet et sa mise en opération et d'établir des mesures que l'APV pourrait entreprendre afin d'atténuer toute tendance négative vers l'eutrophisation marine ou des processus de la zone du littoral résultant du projet DP3 et dépassant les seuils admissibles.

L'estuaire du fleuve Fraser et le littoral de Roberts Bank (comprenant la zone entre les chaussées) sont une zone d'intérêt écologique significative qui fournit un habitat d'importance critique aux oiseaux migratoires. Suivant ce qui précède, Environnement Canada au cours de l'évaluation environnementale a fait part de ses préoccupations, à savoir que l'aménagement proposé des installations de Deltaport pourrait avoir un impact sur le fonctionnement de cet habitat faunique, plus particulièrement l'éventualité d'un phénomène d'eutrophisation marine et la formation de chenaux dendritiques provoquant l'érosion. Environnement Canada a identifié que des modifications de l'écosystème, sans rapport avec le projet DP3, avaient lieu actuellement dans la zone de Roberts Bank et que le niveau actuel des connaissances scientifiques des phénomènes à Roberts Bank était insuffisant pour vérifier la précision des prévisions suivant lesquelles le projet DP3 proposé pourrait causer des effets adverses significatifs sur l'environnement de l'écosystème dans la zone entre les chaussées.

L'APV, en reconnaissant l'importance manifeste de l'écologie de Roberts Bank, s'est engagée à une expansion portuaire durable. Dans le cadre de cet engagement, l'APV a consenti à mettre en place une stratégie de gestion adaptative rigoureuse et scientifique, en consultant Environnement Canada, capable d'alerter pratiquement et à l'avance contre toute tendance émergente à caractère négatif de l'écosystème pendant la construction et au cours de l'exploitation du projet DP3.

## **1.5 OBJECTIF DE LA SGA**

La stratégie de gestion adaptative du projet DP3 a pour objectif d'entreprendre une approche systématique et scientifique de la surveillance et de la gestion de l'écosystème entre les chaussées à Roberts Bank. L'objectif spécifique de la SGA est de limiter les incertitudes scientifiques et d'évaluer le potentiel éventuel des phénomènes d'eutrophisation marine et la création de chenaux dendritiques provoquant une érosion qui pourraient avoir des effets négatifs sur l'écosystème. De plus, la SGA détaille l'engagement pris par l'APV qui entreprendrait l'évaluation, la prévention ou l'atténuation des tendances négatives attribuables au projet DP3.

## **1.6 PROCESSUS DE LA MISE AU POINT DE LA SGA**

L'APV a mis au point la SGA de DP3 en rassemblant les efforts des agences régulatrices et scientifiques, ainsi que des experts techniques afin de bien identifier les questions et les préoccupations environnementales communes se rapportant au projet DP3. Se fiant sur une étude des renseignements réunis pour la demande, deux ateliers consultatifs entre savants et agences, et une étude détaillée de la documentation pertinente sur les processus de gestion adaptative pertinents, l'APV a mise au point la SGA de DP3 afin de :

- Planifier, surveiller et évaluer les paramètres identifiés par les questions et les préoccupations environnementales communes;
- Établir les seuils d'action appropriés déclencheurs de l'activité;
- Établir l'éventail des stratégies adaptatives; et,
- Identifier les mesures adaptatives possibles afin de prendre les mesures qui s'imposent suite aux problèmes, advenant qu'ils se manifestent.

## **1.7 PLAN DE TRAVAIL DÉTAILLÉ DE LA SGA**

Avant que d'initier la surveillance de la construction du projet DP3 et les études de surveillance de la SGA décrites ici-bas, l'APV aura préparé, en consultant les agences de réglementation et scientifiques, un plan de travail détaillé de la SGA portant sur :

- Les paramètres spécifiques (par exemple, les nutriments, l'oxygène dissous, la chlorophylle-a, etc.);
- Les objectifs sur la précision des données (par exemple, les limites de la détection, la précision analytique, le calcul d'erreurs et l'intégralité des données);
- Le lieu de l'échantillonnage (caractéristiques et coordonnées du lieu de prélèvement);
- La méthodologie de l'échantillonnage (par exemple, les sédiments échantillonnés par un appareil de type Ponar, l'échantillonnage de l'eau par la méthode Van Dorn, etc.); et,
- Le calendrier des échantillonnages et des rapports.



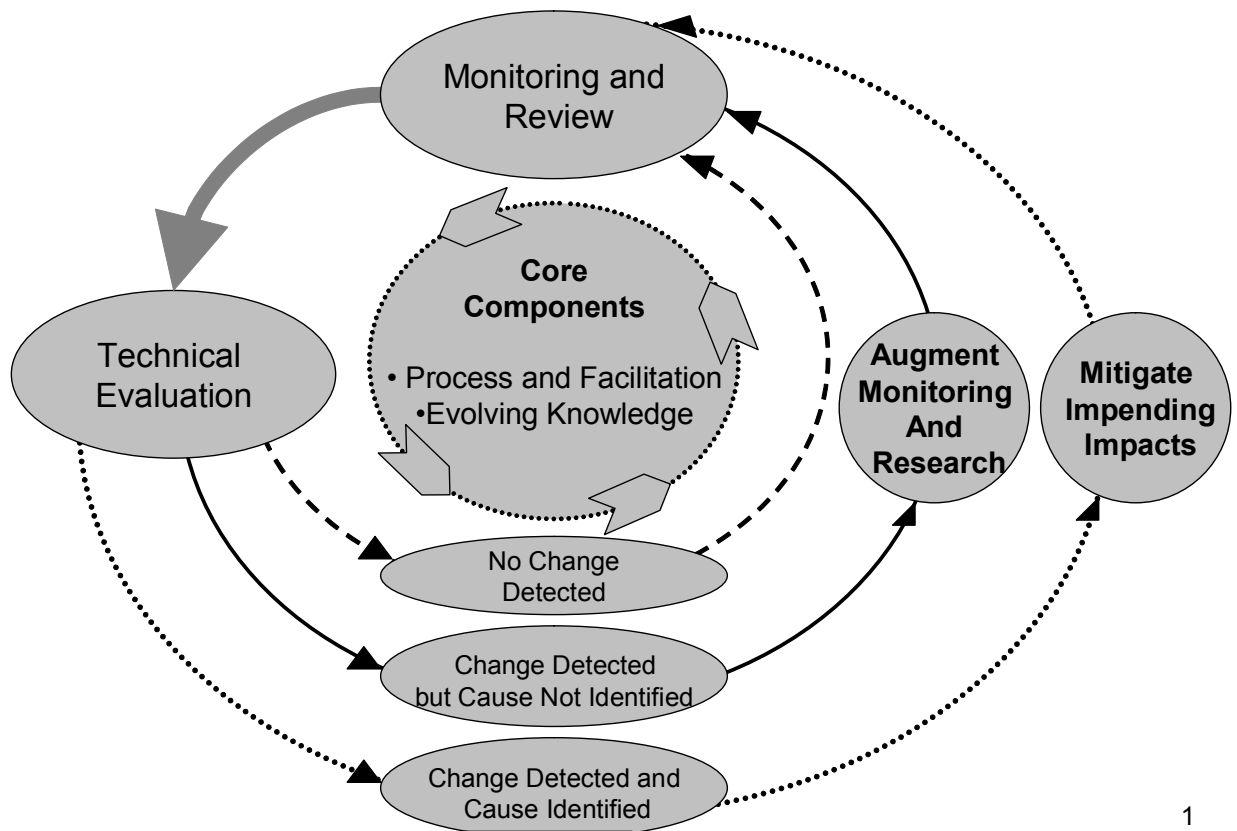
## 2.0 STRATÉGIE DE GESTION ADAPTATIVE

Le principe fondamental sur lequel repose la SGA c'est la notion d'apprendre par l'expérience. Cette approche de la gestion a été mise au point comme le moyen de dépasser les limites d'une évaluation et d'une gestion statique de l'environnement (Holling 1978). Depuis sa conception vers la fin des années 60, la gestion adaptative a considérablement évolué et s'applique maintenant à un nombre varié de situations où se manifeste le besoin de gérer des systèmes très complexes. La conservation de ressources naturelles telles que celles qui sont présentes à Roberts Bank implique évidemment des systèmes vivants et l'environnement qui soutient leur existence. Cependant, la complexité même de ce réseau biologique, composé d'un environnement physique et d'une organisation sociale ayant un effet direct sur les systèmes vivants, lance le défi d'en comprendre le fonctionnement et de sa gestion effective (Marzluff et Sallabanks 1998). Ainsi, la gestion adaptative présente quelques avantages. D'abord, l'incertitude est reconnue en tant que facteur dans l'évaluation des éventails de gestion et elle est intégrée dans les objectifs de gestion. Deuxièmement, l'acquisition des données est incorporée directement dans les objectifs de gestion, et sert à guider les processus décisionnels (Byron, 2003). Ainsi, les programmes de surveillance sont conçus, étudiés et révisés pour faciliter la réduction des incertitudes dans le programme plutôt que dans la surveillance elle-même (Holling 1995).

Les phases sous-jacentes de toute SGA efficace englobent les quatre composantes suivantes (Bormann *et al.* 1995) :

- Planification
- Surveillance
- Évaluation
- Action

Un diagramme du flux décisionnel de la SGA de DP3 montrant les liens entre la surveillance, la révision, l'évaluation et l'action, des mesures qui peuvent être adaptatives ou d'atténuation figure au Diagramme 1.



TEXT - Diagram 1

Monitoring and review = Surveillance et évaluation

Technical evaluation = Évaluation technique

Core components = Composantes essentielles

Process and facilitation = Processus et facilitation

Evolving knowledge = Évolutif des connaissances

Augment monitoring and research = Accentuer la surveillance et la recherche

Mitigate impending impacts = Atténuer les impacts imminents

No change detected = Aucun changement détecté

Change detected but cause not identified = Changement détecté, cause non identifiée

Change detected and cause identified = Changement détecté, cause identifiée

### Diagramme 1<sup>1</sup> Processus de la stratégie de gestion adaptative

<sup>1</sup> Elnor, B. Service canadien de la faune – Présentation au Comité de direction du PAEFF, octobre 2005

## 2.1 PLANIFICATION

La composante de planification initiale de la SGA présentée ici fait intervenir des représentants issus des agences scientifiques et de réglementation suivantes :

- L'Autorité portuaire de Vancouver
- Environnement Canada
- Pêches et Océans Canada
- Agence canadienne d'évaluation environnementale
- Commission géologique du Canada
- Hemmera Envirochem Inc.
- Precision Identification Biological Consultants
- Northwest Hydraulic Consultants

La composante planification a fait intervenir une étude conjointe des documents environnementaux fournis par l'APV pour la demande de la création d'un troisième poste à quai à Deltaport dont le sommaire détaillé figure à la Section 3, de même que des renseignements générés par les agences de réglementation par le biais de leurs travaux de recherche indépendants. La composante planification a aussi étudié les facteurs d'incertitude dans la zone entre les chaussées, comprenant les zones clés qui font l'objet de préoccupations d'Environnement Canada. Cette étude concertée a identifié cinq composantes clés devant être surveillées qui sont des indicateurs de tendances négatives à l'écosystème tels que l'eutrophisation et les processus d'érosion du littoral, ou qui améliorent le niveau de nos connaissances des écosystèmes entre les chaussées, diminuant ainsi les facteurs d'incertitude. La composante planification a aussi identifié la capacité de réunir des données complémentaires pour la surveillance qui, lorsqu'elles sont incorporées à la SGA, ont la capacité de fournir une meilleure compréhension de l'écosystème entre les chaussées, réduisant encore les niveaux d'incertitude.

Les cinq zones clé identifiées et devant être prises en considération par la SGA comprennent :

1. La géomorphologie et l'océanographie – des indicateurs de changements potentiels provenant du projet DP3 ou d'autres facteurs propres aux processus de la zone du littoral qui pourraient augmenter l'érosion (les chenaux dendritiques) ou réduire l'évacuation des eaux, contribuant ainsi à l'éventuelle eutrophisation de la zone entre les chaussées.
2. La qualité de l'eau de surface – un indicateur de changements éventuels provenant du projet DP3 ou d'autres facteurs d'eutrophisation éventuelle de la zone entre les chaussées.
3. La qualité des sédiments – un indicateur de changements potentiels provoqués par le projet DP3 ou par d'autres facteurs d'eutrophisation potentielle et d'autres processus éventuels affectant la zone du littoral (transport de sédiments).
4. La zostère marine – un indicateur de changements éventuels provoqués par le projet DP3 ou par d'autres facteurs potentiels d'eutrophisation affectant la santé générale de l'écosystème dans la zone entre les chaussées.
5. Autres biotes – un indicateur de l'état de santé de l'écosystème lorsqu'il est comparé à d'autres zones clés placées sous surveillance.

L'état des connaissances correspondant à chaque zone surveillée est résumé aux sections décrivant les programmes spécifiques de surveillance figurant respectivement aux Sections 3, 4, 5, 6 et 7.

La composante planification comprend la rédaction du plan de travail détaillé de la SGA décrit à la Section 1.4. Comme nous l'avons noté, ce plan de travail sera préparé avant le démarrage de la surveillance de la construction du projet DP3 ainsi que des études de surveillance de la SGA décrites au présent rapport, et sera passé en revue par les agences scientifiques et de réglementation avant sa mise en place. Au cours de la SGA, le plan de travail détaillé de la SGA est sujet à modification, selon les recommandations émises par le Conseil consultatif scientifique (voir Section 2.3).

La SGA se concentre sur la « zone entre les chaussées » (ou la zone d'étude) illustrée à la **Figure 2**; cependant, des postes de référence situés à l'extérieur de la zone d'étude seront surveillés à des fins de comparaison.

## 2.2 SURVEILLANCE

L'APV mettra en place la SGA, dont les premières tâches de surveillance auront lieu avant la mise en chantier du projet DP3 et qui se prolongeront pendant une période de cinq ans subséquente à l'achèvement de la majeure partie de la construction du projet DP3. Certaines des activités de surveillance proposées au cours des ateliers de travail sur la planification se rapportent directement à la « surveillance des travaux » et ils serviraient de complément à la surveillance indiquant les tendances négatives pour l'environnement dues à l'eutrophisation ou à des changements des processus dans la zone du littoral. D'autres activités clés de la surveillance débuteraient avant la construction pour se poursuivre pendant l'exécution des travaux et se prolongeraient au cours de l'exploitation des installations. Encore une fois, il faut souligner une composante du programme de surveillance continue qui aura des fonctions complémentaires et qui a pour objectif de fournir une meilleure compréhension de l'écosystème entre les chaussées et de réduire les facteurs d'incertitude. Il faut renforcer l'idée que le programme de surveillance SGA est « adaptatif » selon les besoins actuels pour faciliter la réduction des incertitudes par la surveillance et d'établir des critères d'évaluation, de sorte que les changements négatifs puissent être détectés et que des mesures de gestion appropriées puissent être entreprises (Holling 1995).

## 2.3 ÉVALUATION

Sous la SGA, l'APV présentera un rapport des données provenant de la surveillance et en interprétera le sens en fonction de tendances de l'écosystème au Comité consultatif scientifique (CCS) dans les 30 jours suivant le prélèvement des échantillons et leur analyse. Le CCS étudiera les données et leur interprétation pour recommander toute action à venir. Le CCS peut considérer connaissances des collectivités et les connaissances traditionnelles autochtones en compte pour l'évaluation la SGA les programmes de surveillance. De plus, la composante d'évaluation adaptative de la SGA comprendra un programme de révision annuel des procédés,

selon lequel les résultats provenant d'une année de surveillance seront ordonnés, revus et comparés aux seuils identifiés aux sections suivantes. L'APV communiquera ces résultats par un rapport annuel de la SGA (le rapport annuel) avec toute action ou modification au plan de travail détaillé de la SGA recommandées, qu'elle soumettra au CCS pour étude et commentaires. Ce rapport annuel sera soumis d'ici la fin du mois de janvier de l'année civile succédant à l'année d'exercice de la SGA. Une fois terminé, le rapport annuel sera mis à la disposition du public sur le site Web de l'APV (<http://www.portvancouver.com/>) ou sera disponible sur demande.

Le CCS sera composé d'un délégué scientifique provenant d'Environnement Canada et d'un délégué de l'APV, d'un troisième scientifique indépendant d'EC et de l'APV, ainsi que d'autres scientifiques indépendants ayant une expertise dans les composantes de l'écosystème et de l'environnement sous surveillance, nommés de temps à autre par Environnement Canada et l'APV. L'APV assurera les fonctions de secrétariat du CCS à ses frais.

La conception de l'étude de SGA est fondée sur le principe de la pondération des preuves et de l'évolutif des connaissances. Un nombre considérable de paramètres a été proposé pour la surveillance, cependant les décisions relatives à une adaptation du plan ou au déclenchement des mesures d'atténuation seront basées sur la prise en considération de la multiplicité des preuves associatives qui indiquent une tendance négative vers l'eutrophisation ou vers des modifications des processus dans les zones du littoral. Cette approche est importante car elle améliore le processus décisionnel et réduit l'incertitude pouvant résulter d'une connaissance incomplète des processus qui ont lieu naturellement dans un environnement marin.

### **2.3.1 SEUILS DÉVALUATION**

Tel qu'expliqué aux sections suivantes s'y rapportant, les normes nationales, provinciales ou régionales actuelles des paramètres de surveillance serviront de seuils déclencheurs d'action pour la SGA. Quant aux paramètres de surveillance ne correspondant pas aux objectifs ou aux normes nationales, provinciales ou régionales, un seuil d'impact de 20 pourcent ou une modification de 20 pourcent par rapport au contexte a été choisi comme seuil préliminaire pour la SGA.

La justification d'un seuil d'impact de 20 pourcent a pour origine les protocoles normalisés d'effet de toxicité où 20 pourcent est le niveau minimal retenu comme déclencheur de tout

solutionnement. Par exemple, dans une étude sur la survie des amphipodes dans les sédiments, portant sur 5 individus, le seuil de 20 pourcent serait atteint avec le décès d'un seul sujet. La nature révèle sa diversité considérable et il devient très difficile de résoudre une causalité ayant un impact inférieur à 20 pourcent quant à l'origine précise d'un événement, surtout s'il s'agit d'une cause naturelle ou anthropogénique. Les seuils ayant un impact supérieur à 20 pourcent sont généralement plus clairs à définir en termes de causalité, de sorte que 20 pourcent est considéré comme un seuil admissible raisonnable pour qu'il y ait effet.

Le ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, dans ses documents d'orientation sur l'étude des risques écologiques, propose l'utilisation d'une CE20 (*une concentration causant un effet de 20 pourcent sur les espèces étudiées*) afin d'identifier les effets adverses sur des récepteurs écologiques aquatiques et une CE50 (*concentration ayant un effet de 50 pourcent sur les espèces étudiées*) pour identifier les effets adverses sur des récepteurs écologiques terrestres ou pour l'évaluation des risques écologiques sur des sites industriels (ministère de l'Environnement de la CB, 1998). Étant donnée l'importance écologique de la zone entre les chaussées et de la rive de Roberts Banks, la règle plus conservatrice de 20 pourcent en tant que seuil d'impact est considéré comme plus appropriée.

Alors que la SGA est en cours d'application et que les données sont colligées et analysées et que les tendances de l'écosystème entre les chaussées sont identifiées, il est possible que le seuil d'impact préliminaire de 20 pourcent soit modifié, en consultant le CCS, afin de réduire plus avant les incertitudes et d'affiner la détection des tendances.

## **2.4 ACTION**

Suivant les recommandations du CCS, l'APV élabore un plan d'action, basé en consultant le CCS. Les actions possibles pourraient s'échelonner à partir d'une « adaptation » du plan de surveillance pour l'année suivante afin de réduire plus avant les incertitudes de la surveillance, d'identifier les questions sensibles réclamant une attention immédiate ou des mesures d'atténuation de la part de l'APV, ou dans la mesure où l'impact n'est pas attribuable au projet DP3, d'en informer les parties qui en sont responsables, si celles-ci peuvent être identifiées.

Après avoir reçu de l'APV les données provenant de la surveillance, le CCS avise l'APV dans les 30 jours de l'existence possible, ou probable, d'une tendance négative de l'écosystème ou de l'environnement en cours de développement dans la zone entre les chaussées. Nonobstant un tel avis, si l'APV est en mesure de démontrer ou de soupçonner une tendance négative dans la zone entre les chaussées, provenant du programme de surveillance ou de tout autre moyen, elle en avisera le CCS en deçà de 30 jours.

Si le CCS détermine que la tendance négative de l'écosystème est significative et attribuable au projet DP3, l'APV s'engage à entreprendre immédiatement des études d'ingénierie et les travaux qui s'y rapportent afin d'atténuer ou de renverser la tendance négative de l'écosystème. Dans les 90 jours suivant l'identification d'une tendance négative de l'écosystème pendant l'exercice de la SGA, l'APV fournit au CCS un rapport d'évaluation des actions à prendre, lequel inclut des recommandations sur les « actions » possibles pour atténuer ou renverser la tendance. Les résultats d'un rapport d'évaluation des actions à prendre, si elles s'avèrent nécessaires, seront inclus dans le rapport annuel de l'année en cours et mis à la disposition du public pour examen.

Certaines composantes du programme de surveillance proposé prendront de l'expansion pendant la durée de la SGA, alors que d'autres composantes seront retirées, en consultant le CCS. Les résultats de ce processus seront aussi mis à la disposition du public et des Premières Nations pour fins d'étude sur le site de l'APV (<http://www.portvancouver.com/>) ou seront disponibles sur demande.

Lorsque la SGA sera arrivée à terme, cinq ans après la fin des travaux sur une partie substantielle du projet DP3, le cumul des résultats sera compilé dans un rapport final reprenant la surveillance, les mesures adaptatives et d'atténuation, incluant ce qui a été appris pendant la durée de la SGA de DP3. Il est possible que la durée de la surveillance de la SGA de DP3 (la surveillance débutera avant la construction, prévue sur trois ans, et se prolongera cinq ans après la fin d'une grande partie du chantier de DP3) pourrait être sur le point d'établir partiellement l'existence de tendances négatives de l'écosystème attribuables au projet DP3. Dans ce cas, l'APV, en consultant le CCS, prolongerait le programme de surveillance pour une durée qui permette de confirmer ou d'infirmer toute tendance de l'écosystème.



Comme nous l'avons noté, les cinq zones clés identifiées devant être soumises à la SGA comprennent :

- Géomorphologie/océanographie
- Qualité de l'eau de surface
- Qualité des sédiments
- Zostère marine
- Autres biotes

Ces cinq zones clé et les stratégies de gestion adaptatives qui y sont reliées sont présentées aux sections suivantes.

### **3.0 GÉOMORPHOLOGIE ET OCÉANOGRAPHIE DU LITTORAL**

La construction initiale du terminal de BC Ferries et de sa chaussée en 1958, ainsi que les aménagements subséquents des installations du port de Roberts Bank, commencés en 1968 avec la chaussée du port et le terminal charbonnier, ont profondément changé la géomorphologie du littoral de Roberts Bank.

Afin de répondre aux exigences du processus d'évaluation environnementale, l'APV a retenu les services d'experts en géomorphologie du littoral afin d'entreprendre une étude (NHC-Triton 2004) pour évaluer l'impact potentiel sur le littoral de Roberts Bank provoqué par le projet DP3. Cette étude a évalué dans quelle mesure les vagues océaniques, les courants fluviaux et de marée, pourraient être modifiés par le projet DP3 proposé, ainsi que les conséquences de ces impacts sur les processus du littoral et l'environnement matériel de Roberts Bank. Une source particulière de préoccupation était la création et la formation continue de chenaux dendritiques dans la zone entre les chenaux ainsi que la possibilité que le projet DP3 réduise l'évacuation des eaux de la zone du littoral, exacerbant ou contribuant par le fait même au phénomène d'eutrophisation marine.

Le périmètre de la zone concernée par l'étude a été défini par la jetée Steveston au nord, la pointe Roberts au sud, la ligne de contournement sur une profondeur de 100 m à l'ouest et les parties supérieures de la rive le long du littoral de Roberts Bank à l'est. Les enquêtes géomorphologiques reposaient sur trois méthodes générales afin d'évaluer les réactions matérielles aux aménagements proposés : (1) les études géomorphologiques à partir de données

historiques, d'observations sur le site et des prises de mesures; (2) une analyse des chiffres sur des schèmes empiriques ou des mises en relation théoriques décrivant l'érosion, le transport et le processus de dépôt des sédiments; et (3) une modélisation numérique des vagues et des courants de marée.

La mise au point du modèle s'est faite en trois phases. Un « modèle à grande échelle » du détroit de Georgia, du détroit de Juan de Fuca et autour de l'île de Vancouver a été retenu afin de mettre au point les conditions du périmètre aux abords de Roberts Bank. Ensuite, un « modèle de base » a été mis au point pour simuler les conditions hydrodynamiques de l'estuaire du fleuve Fraser, des platins de Roberts Bank et des parties adjacentes du détroit de Georgia. Ce modèle a servi à évaluer les schèmes de flux d'une manière générale dans la zone d'étude, puis à identifier la portée de l'impact potentiel provenant des différents projets proposés en solution de rechange. Finalement, un modèle détaillé a été mis au point spécifiquement pour le projet DP3 afin d'évaluer les conditions de flux locaux dans la zone entre les chaussées de BC Ferry et de Deltaport. Ce modèle a été tout particulièrement utile pour l'évaluation des courants en faible profondeur sur les platins et sur les zones couvertes par la zostère marine, ainsi que pour l'évaluation des effets de flux provoqués par les structures telles que l'extension proposée du quai du projet DP3 et la protection en crête actuelle sur les platins. L'échelle des opérations ordonnées pour le modèle détaillé a une résolution située entre 5 à 10 mètres dans les zones critiques aux alentours des installations proposées afin de modéliser les faibles changements dans les schèmes de flux locaux causés par les structures proposées par le projet DP3. Le modèle détaillé a été vérifié par un ensemble de mesures sur le site des vitesses des courants dans la zone entre les chaussées, en avril et en mai 2004. La comparaison des données prévues aux données mesurées a révélé une excellente conformité.

Les résultats de l'étude géomorphologique du littoral pour le projet DP3 de Roberts Bank a conclu que :

1. Un impact morphologique à grande échelle sur Roberts Bank était inexistant;
2. De nouveaux chenaux d'évacuation (dendritiques) de marée ne se formeront pas à la suite des opérations de dragage prévues;

3. L'impact sur les courants de marée et les vagues se limitent aux bandes locales de courants situées autour de la prolongation du quai et du chenal dragué;
4. L'ordre de grandeur des vitesses d'écoulement dans la zone d'impact se situe bien en deçà des seuils pour le transport des sédiments; et,
5. Aucun changement n'est prévu dans l'évacuation des eaux du littoral de la zone entre les chaussées.

L'étude géomorphologique du littoral a aussi révélé que les chenaux dendritiques actuels poursuivent leur évolution indépendamment du projet DP3, et ceci en fonction de certains facteurs, parmi lesquels :

- L'évolution des chenaux est étroitement liée à la multiplication de la zostère marine (la zostère marine ordonne la résistance de l'eau sur les platins, retient l'eau et son évacuation pendant le drainage, et modifie les circuits de l'écoulement); et
- L'évolution des chenaux est commandée par des processus fluviaux et non par les vagues. Les circuits d'évacuation et la topographie ordonnent la quantité d'eau transportée par les chenaux de marée.

Le plan de surveillance a été mis au point afin de détecter les changements et les tendances dans les processus des zones du littoral qui n'ont pas été identifiés, ou qui ne peuvent pas l'être dans l'étude géomorphologique du littoral. Le plan est conçu de sorte que toute tendance adverse significative attribuable au projet DP3 contribuant à une eutrophisation marine et à une accélération de l'érosion pourrait être détectée suffisamment tôt pour permettre à l'APV d'entreprendre des mesures adaptatives ou d'atténuation.

### **3.1 PLAN DE SURVEILLANCE**

Les paramètres de la surveillance et sa fréquence prévue pour les processus géomorphologiques et océanographiques du littoral sont présentés au **Tableau 2**.

La composante principale du programme de surveillance est de déployer un appareil acoustique de mesure des vagues et des courants *Acoustic Wave and Current (AWAC)* dans la zone proposée pour le troisième poste à quai. L'appareil AWAC de Nortek détermine à la fois la direction de la

vague et le profil du courant. Les trois projecteurs acoustiques orientés à 25 degrés de la verticale fonctionnent comme ceux des autres systèmes de détection des profils à effet Doppler. Cependant, l'appareil AWAC a aussi un projecteur vertical qui mesure directement la hauteur de la vague. Ce projecteur fournit une mesure de la hauteur de la vague en dimension « profil » et en temps réel, et non un calcul basé sur la théorie des phénomènes vibratoires. Il est ainsi capable de mesurer les vagues qui ne sont pas dans un plan linéaire telles que les vagues qui déferlent sur les bords du littoral ainsi que les vagues transitoires incidentes provoquées par le sillage du trafic maritime avoisinant. L'appareil AWAC peut aussi mesurer le profil des courants toutes les dix minutes, et le déferlement d'une vague toutes les heures en mesurant effectivement chaque mètre suivant l'axe vertical. Une analyse des profils de profondeur sera sélectionnée en fonction des courants de marée qui sont source de préoccupation. Les relevés pris sur le site seront comparés au modèle géomorphologique du littoral afin de confirmer des changements qui se seraient produits.

De plus, des études sur le site de la protection à crête seront entreprises trimestriellement afin d'établir une mesure continue de l'efficacité et pour déceler à l'avance des entailles dans les canaux dendritiques. Des photographies corrigées au plan vertical ou des techniques de détection à distance seront entreprises annuellement et des mesures cartographiques prises au radar optique LIDAR ou bathymétriques seront faites tous les trois ou quatre ans afin de surveiller les processus de ravinement des chenaux dendritiques et l'impact potentiel des courants de marée actuels tels que l'affouillement et l'érosion.

Le plan de surveillance de la géomorphologie du littoral sera révisé chaque année en fonction d'options adaptatives.

### **3.1.1 SITE DE DÉPLOIEMENT**

Les sites précis du déploiement seront déterminés de concert avec le consultant en géomorphologie, Environnement Canada et RNCan. À titre d'avis, l'AWAC sera situé près du projet de troisième poste à quai.

### 3.1.2 MÉTHODOLOGIE DU DÉPLOIEMENT

L'instrument AWAC reposera sur un berceau spécialement fabriqué qui sera entretenu par des plongeurs. Un transpondeur sera attaché à la structure de l'instrument afin de faciliter sa relocalisation. Un câble d'ancrage de 30 mètres sera installé en dessous afin d'aider les plongeurs et permettre d'accrocher et de remonter ainsi l'instrument au besoin.

L'AWAC sera déployé au cours de l'été 2006, bien avant la mise en chantier du projet DP3. Les données seront colligées sur une période de trois mois, puis l'instrument sera récupéré et les données transmises à un ordinateur pour traitement. Les données provenant de l'AWAC et autres paramètres d'interprétation géomorphologique et océanographique du littoral seront analysées suivant les fréquences prévues indiquées au **Tableau 2** et dans le rapport annuel qui a été préparé.

**Tableau 2 Paramètres et objectifs de la surveillance géomorphologique et océanographique du littoral**

Paramètre	Fréquence de la surveillance	Objectifs de l'évaluation
Mesure du courant et des vagues (AWAC - instrument acoustique profilant vagues et courants)	Continuelle	Impacts des courants de marée, affouillement, érosion
Photographies rectifiées sur le plan orthogonal/capteur à distance	Annuelle	Chenaux dendritiques, impacts des courants de marée, affouillement, érosion
Total des sédiments en suspension (CRO, capteurs à rediffusion optique /échantillonnage manuel de l'eau)	Continuelle/trimestrielle	Envasement
Surveillance de la protection en crête	Trimestrielle	Entaille des chenaux dendritiques
Surveillance par mesure photo électronique de l'érosion (MPEE) (accumulation des sédiments et érosion)	Continuelle	Envasement
Granulation	Semi annuelle	Envasement
LIDAR (Light Detection And Ranging, <i>détection et télémétrie par ondes lumineuses</i> ) ou bathymétrie)	Aux 3 à 4 ans	Formation de chenaux dendritiques, érosion, envasement

### 3.1.3 SEUILS D'ÉVALUATION

Les paramètres suivants seront évalués selon les tendances révélées par les échantillonnages pris dans l'année. Les données colligées dans la zone entre les chaussées seront calculées, représentées graphiquement et comparées statistiquement avec les résultats du modèle géomorphologique du littoral ainsi qu'avec ceux des postes de référence appropriés installés ailleurs le long de Roberts Bank. Les déclencheurs d'actions spécifiques sont les suivants :

- Réduction de l'évacuation des marées – 20 pourcent de réduction des taux comparé à la modélisation;
- Augmentation de l'affouillement et de l'érosion – 20 pourcent de différence entre les taux de sédimentation mesurés comparée aux dépôts et à leur augmentation prévue par le modèle;
- Formation des chenaux dendritiques – constatation d'un début d'incision de chenal dendritique supplémentaire dans la zone entre les chenaux;
- Augmentation de l'envasement pendant la construction – lorsque le contexte est inférieur ou égal à 8 unités de turbidité néphélométrique (UTN) la turbidité induite ne devrait pas dépasser 8 UTN au dessus du contexte de référence au cours de 24 heures; ou ne devrait pas dépasser plus de la moyenne de 2 UTN pendant 30 jours lorsque le contexte est inférieur ou égal à 8. Lorsque le contexte se situe entre 8 et 80 UTN, la turbidité induite ne devrait pas dépasser la valeur du contexte par plus de 8 UTN. Au dessus de 80 UTN, la turbidité induite ne devrait pas dépasser 10% des valeurs du contexte (Ministère de l'Environnement de la CB, 2001a).

### 3.2 MESURES ADAPTATIVES OU D'ATTÉNUATION

Comme nous l'avons noté précédemment, les résultats de l'étude géomorphologique du littoral seront évalués pendant toute la durée de l'année d'échantillonnage afin de déterminer les tendances et les impacts. Cette évaluation fera suite aux protocoles de rapports et d'actions exposés à la Section 2.4 (Action) ci-dessus.

D'après l'évaluation détaillée de la géomorphologie du littoral, des impacts inacceptables ne sont pas prévus. Cependant, si des transformations négatives à la géomorphologie du littoral sont décelées et qu'elles sont attribuables au projet DP3 de l'APV, l'APV s'engage à planifier et à appliquer les mesures d'atténuation suivantes :

- Formation de chenaux dendritiques – l'APV procédera immédiatement à la planification et à la construction de « protections en crête » afin d'arrêter le processus de formation de chenaux dendritiques.
- Réduction de l'évacuation des eaux par la marée provoquant une eutrophisation marine – l'APV s'engage à construire un chenal de drainage ou autres mesures d'atténuation pouvant être ingénierées en mettant au point dans un premier temps un modèle concret dans le but de mettre au point un concept augmentant le taux d'évacuation dans la zone entre les chaussées, dans la mesure où les résultats de la surveillance géomorphologique du littoral, combinés à la surveillance de la qualité de l'eau, des sédiments et des biotes, indiquent des tendances négatives vers l'eutrophisation marine.
- Accélération de l'affouillement et de l'érosion – l'APV initiera immédiatement une évaluation des impacts sur l'habitat avoisinant, en consultant le CCS, et entreprendra de concevoir et de mettre en application des ouvrages d'ingénierie pour protéger contre l'affouillement et l'érosion, et d'en atténuer l'impact tel qu'exigé.
- Augmentation de l'envasement pendant la construction – pendant la construction, l'APV déploiera des rideaux contre la vase et des barrières flottantes afin de contenir la diffusion des sédiments. Au cours de cette démarche, l'APV travaillera avec l'opérateur du terminal afin de réduire les dépôts de sédiments.

## 4.0 QUALITÉ DES EAUX DE SURFACE

La qualité de l'eau de surface est un facteur critique pour la santé de l'écosystème aquatique. L'eau de surface soutient un réseau étendu d'organismes biologiques comprenant de nombreux niveaux trophiques commençant par le phytoplancton, le zooplancton, les algues marines, les saumoneaux, jusqu'aux carnivores de taille tels que les phoques et les otaries. Ainsi, maintenir la qualité de l'eau de surface dans la zone entre les chaussées et aux abords des installations de Deltaport de l'APV est considéré comme étant d'une grande importance aux niveaux environnemental, social et économique.

Un programme d'échantillonnage pour établir les normes de la qualité de l'eau a été mené pendant une période d'un an (EVS-Golder 2004) en fonction de la demande du projet DP3 afin d'établir les conditions déterminantes de la qualité de l'eau avant le projet, de sorte que l'on puisse surveiller et prévoir l'impact du futur projet sur la qualité de l'eau. Le programme d'échantillonnage de la qualité de l'eau a évalué ainsi les questions relatives aux normes de base sur la qualité de l'eau de surface à Roberts Bank :

- Qu'elle est la fourchette correspondant aux paramètres de qualité de l'eau de surface avant le projet dans le voisinage du terminal de Roberts Bank par rapport aux fourchettes de valeur des sites de référence plus éloignés ?
- Comment les données recueillies suivant ces paramètres de la qualité de l'eau varient-elles dans l'espace et dans le temps (par exemple, variations saisonnières) dans les eaux faisant l'objet de cette étude et aux sites de référence ?
- Comment les variables correspondant aux paramètres de la qualité de l'eau au site de l'étude et à celui de référence se comparent-elles avec les lignes directrices relatives à la qualité des eaux ?

Avant de démarrer le programme de surveillance des normes de base de la qualité des eaux, une étude des documents a été faite afin de déterminer quels étaient les paramètres appropriés de la qualité des eaux et de déterminer les données en fonction des tendances historiques (Triton 2001, Swain *et al.* 1998).



Des échantillons de l'eau ont été prélevés tous les mois sur huit sites « de surveillance » entre Canoe Passage et la chaussée du terminal de BC Ferries, ainsi qu'à deux sites « de référence » au large de l'île Westham, éloignée du terminal de Roberts Bank. Les dix postes de prélèvement ont été disposés en cinq paires, chacune composée d'un poste « proche du littoral », en amont du gradient de 5 m de profondeur en bordure de Roberts Bank, et d'un poste « au large » sur la partie aval de la ligne de courbes des 5 m de profondeur. À chaque poste, il y a eu prélèvement d'un échantillon juste en dessous de la surface de l'eau (échantillon de « surface »), et d'un échantillon prélevé 2 m au dessus du fond (échantillon de « profondeur »). En octobre 2004, des échantillons ont été prélevés sur deux sites pour obtenir des données supplémentaires relatives à l'entrée des nutriments dans la zone entre les chaussées de BC Ferries et du port de Roberts Bank. Un prélèvement a été obtenu à la sortie d'une tranchée de drainage agricole près de la base de la chaussée de BC Ferries, et un autre échantillon a été prélevé dans la tranchée.

Les paramètres spécifiques de la qualité des eaux du projet DP3 pour l'étude de la qualité des eaux étaient les suivants :

- concentration d'oxygène dissous (OD),
- pH,
- température de l'eau,
- salinité et turbidité,
- total des solides en suspension (TSS)
- azote ammoniacal (NH<sub>4</sub>-N),
- azote des nitrates (NO<sub>3</sub>-N),
- azote sous forme de nitrite (NO<sub>2</sub>-N),
- particules dissoutes d'ortho-phosphore (ortho-P),
- chlorophylle-a; et
- hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) qui étaient compris dans les paramètres de l'opération de surveillance d'octobre 2004.

Une évaluation quantitative des paramètres qui sont soit des indicateurs ou qui contribuent à l'eutrophisation marine (par exemple, l'oxygène dissous – OD, la biomasse de phytoplancton – chlorophylle-a, et les nutriments tels que l'azote ammoniacal - NH<sub>4</sub>-N) a été faite pour

l'évaluation du projet DP3. D'autres paramètres tels que le pH, la température et la salinité ont fourni des informations normatives. Les HAP faisaient partie du programme de surveillance à la demande de Pêches et Océans Canada. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ont été prélevés à tous les sites et leur valeur a été enregistrée à des niveaux inférieurs aux limites de détection en laboratoire.

Les lignes directrices relatives à la qualité des eaux étaient déjà en place dans le cas de certains paramètres qui ont été mesurés pendant le programme d'échantillonnage de l'eau pour le projet DP3. Pour vingt-quatre des 99 prélèvements, l'oxygène dissous avait une valeur en dessous de la norme critique de la qualité des eaux de 8,0 mg/L (moyenne de 5 échantillons prélevés sur une période de 30 jours) établie par Swain *et al.* (1998) et aucune des valeurs des prélèvements n'était en dessous du seuil minimal de 5,0 mg/L. Toutes les concentrations faibles en OD étaient sur des prélèvements en profondeur. D'après ces prélèvements, les espèces sensibles à l'OD (par exemple, les salmonidés) n'étaient pas à risque.

Pour une température de l'eau de 15°C, une salinité de 20 ppm et un pH de 8,0, la concentration maximale d'ammoniaque permise est de 9,8 mg/L et la concentration moyenne permise sur 30 jours est de 1,5 mg/L (Ministère de l'Environnement de la CB 1998). La mesure des concentrations de l'azote ammoniacal n'était pas détectable ou en deçà des normes moyennes sur 30 jours. Ainsi, la toxicité par l'ammoniaque n'est pas à prévoir.

D'après les renseignements colligés jusqu'à présent, il n'existe aucune indication qu'une eutrophisation marine envahissante ait lieu dans la zone entre les chaussées.

#### **4.1 PLAN DE SURVEILLANCE**

Quoiqu'une surveillance rigoureuse de la qualité de l'eau ait déjà eu lieu dans la zone entre les chaussées et aux abords de Deltaport, l'APV propose d'établir des postes « fixes » de surveillance de la qualité de l'eau, adjacents aux installations de Deltaport, à l'intérieur de la « zone entre les chaussées » et à certains sites « périphériques » le long de Roberts Bank, puis de les mettre en service pendant la durée de la SGA. De plus, un ou plusieurs postes de référence offrant un habitat et un éventail d'espèces comparable à ceux de Roberts Bank et de la zone entre les chaussées serviront dans l'interprétation des renseignements acquis. Certains paramètres de la

qualité de l'eau seront des indicateurs de l'eutrophisation marine, alors que d'autres livreront des renseignements complémentaires sur la qualité de l'eau. Les paramètres de la contamination (HAP, métaux lourds, chlore) ont été inclus afin d'évaluer le potentiel de toxicité dans la zone entre les chaussées, même si le projet DP3 ne déverse pas ou n'augmente pas le niveau de ces paramètres. Cette surveillance serait aussi considérée comme une activité complémentaire.

Comme c'est le cas d'autres aspects de la SGA de DP3, le plan de surveillance de la qualité des eaux de surface serait évalué annuellement en fonction de ses possibilités adaptatives avant d'aller plus loin.

Les paramètres suivants seront mesurés soit par un multimètre de campagne (par exemple, une sonde de type YSI 6820) ou suivant des prélèvements effectués par un échantillonneur à prise verticale (par exemple, un échantillonneur Van Dorn). Les renseignements spécifiques concernant les postes de prélèvement, la méthodologie du prélèvement des échantillons, les normes de l'analyse et les objectifs sur la qualité des données seront présentés dans le plan de travail détaillé de la SGA qui sera préparé avant la mise en chantier.

#### 4.1.1 PARAMÈTRES

Les paramètres identifiés pour la surveillance de la qualité de l'eau au cours de la première année de la SGA figurent au **Tableau 3**.

**Tableau 3. Paramètres de la qualité de l'eau de surface, fréquence et objectifs**

Paramètres	Fréquence de la surveillance	Objectifs
Température, pH, OD, salinité	Continuelle (enregistrement des données)	eutrophisation
Salinité	Trimestrielle	interprétation
pH	Trimestrielle	interprétation
Calcaires	Trimestrielle	biodisponibilité
Turbidité	Trimestrielle	eutrophisation
Total des solides en suspension (TSS)	Trimestrielle	eutrophisation
Clarté (disque de Secchi)	Échantillonnage trimestriel ou enregistrement continu	eutrophisation, envasement
Total des composés azotés (nitrate et nitrite, total de l'azote Kjeldahl)	Trimestrielle	eutrophisation

Nitrates	Trimestrielle	eutrophisation
Ammoniaque	Trimestrielle	eutrophisation
Total des phosphores	Trimestrielle	eutrophisation
Total des phosphates dissous	Trimestrielle	eutrophisation
Silicone/silicate	Trimestrielle	eutrophisation
Azote inorganique dissous (AID)	Trimestrielle	eutrophisation
Chlorophylle-a (après filtration)	Échantillonnage trimestriel ou enregistrement continu	eutrophisation
Total des métaux	Trimestrielle	toxicité
HAP	Trimestrielle	toxicité
Chlore	Trimestrielle	toxicité

#### 4.1.2 SEUILS D'ÉVALUATION

Un certain nombre de paramètres surveillés sont réservés à l'interprétation des données seulement et ainsi ne réclament pas de seuils d'évaluation. Nous comptons parmi ces paramètres :

- Température
- pH
- Salinité
- Calcaires

Les données retenues pour les paramètres indiquant une toxicité potentielle pour les organismes marins, par contre, seront comparées aux normes provinciales et fédérales pertinentes à la qualité de l'eau :

- Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME), lignes directrices relatives à la qualité des eaux (CCME 2004);
- British Columbia Approved Water Quality Guidelines (Criteria) (*Lignes directrices approuvées pour la qualité des eaux de la CB, critères*), édition 1998 (ME de la CB 2001a); et, au besoin,

- A Compendium of Working Water Quality Guidelines for British Columbia (*Abrégé des lignes directrices pour la qualité des eaux de la Colombie-Britannique*), mis à jour 2001 (ME de la CB 2001b).

Les paramètres dont l'analyse permet d'évaluer la présence ou l'absence de produits toxiques comprennent :

- Les métaux
- La recherche d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)
- Le chlore

Certains paramètres de la qualité de l'eau seront pris en considération étant donné leur capacité de prévision de phénomènes d'eutrophisation marine ou d'un impact du chantier :

- La turbidité, les particules en suspension, la clarté
- Les nutriments
- La chlorophylle-a

Les paramètres seront évalués pendant l'année au cours de laquelle les prélèvements sont effectués pour en dégager la tendance. Ces données colligées dans la zone entre les chaussées seront calculées, reportées sur des graphiques et comparées statistiquement aux résultats obtenus par les postes de référence situés ailleurs le long de Roberts Bank et à ceux des sites en périphérie. Un écart de 20 pourcent avec les données provenant de la périphérie de Roberts Bank servira d'indicateur d'un impact potentiel et aura pour conséquence qu'il soit obligatoirement pris en considération dans chacune des études annuelles des données.

## **4.2 MESURES ADAPTATIVES OU D'ATTÉNUATION**

Les résultats provenant de l'étude de la qualité de l'eau de surface à partir de prélèvements seront évalués tout au long de l'année en fonction des effets et des tendances possibles. Si les nutriments, la chlorophylle-a ou les niveaux d'oxygène dissous présents indiquent une tendance négative vers l'eutrophisation marine dans la zone entre les chaussées, et que la surveillance de la qualité de l'eau combinée à la surveillance de la géomorphologie, de la qualité des sédiments et des biotes indiquent que le projet DP3 a réduit l'évacuation des eaux du littoral, l'APV s'engage à construire un chenal de drainage ou de prendre toute autre mesure d'atténuation

relevant de l'ingénierie appropriée en mettant immédiatement au point un modèle concret afin d'en révéler les mécanismes physiques. L'objectif d'un modèle concret est d'établir un concept pour améliorer l'évacuation des eaux dans la zone entre les chaussées et de renverser une tendance négative vers l'eutrophisation marine. Cette évaluation fera suite aux protocoles de rapports et d'actions exposés à la Section 2.4 (Action) ci-dessus.

Si la SGA fournit la preuve qu'une eutrophisation marine est en cours, ou qu'elle risque de se produire, suite à une augmentation des apports de nutriments dans la zone entre les chaussées provenant de sources autres que le projet DP3, l'APV transmettra cette information aux autorités responsables de ces tendances négatives à l'écosystème, dans la mesure où elles peuvent être identifiées.

Quoiqu'il ne soit pas prévu que le projet DP3 introduise des contaminants supplémentaires, tout déversement de produits toxiques servira à déclencher une évaluation de cette source. Si le déversement provient du projet DP3, l'APV s'engage à mettre fin à ces déversements. Si le déversement n'est pas attribuable au projet DP3, la question sera transmise par l'APV aux autorités qui en sont responsables, dans la mesure où elles peuvent être identifiées.

L'identification de la présence de produits toxiques aurait pour résultat leur surveillance continue pendant la durée de la SGA. Cependant, si les produits toxiques observés ne sont pas identifiés au cours de la première année de la surveillance, ils pourraient ne plus faire l'objet de surveillance à l'avenir.

## 5.0 QUALITÉ DES SÉDIMENTS

Entretenir la qualité des sédiments, comme celle de l'eau, est tout aussi critique pour la bonne santé des écosystèmes aquatiques, et plus particulièrement à une échelle locale. Les sédiments marins, qu'un regard furtif tendrait à ignorer, fournissent un habitat important pour de nombreux organismes benthiques et épifauniques, à partir des invertébrés jusqu'aux poissons de fond tels que le flet étoilé. Les sédiments de l'estran et du littoral représentent une zone de recherche de nourriture critique pour de nombreux oiseaux qui s'alimentent d'algues et d'invertébrés qui y résident. Ainsi, maintenir les sédiments propres et en bonne santé aux alentours des installations de Deltaport de l'APV est aussi considéré comme étant d'une grande importance environnementale, sociale et économique.

En 2004, un programme d'échantillonnage des sédiments et une méthodologie de prélèvement ont été mis au point en consultant Environnement Canada qui a révisé l'ébauche du plan de travail de prélèvement des sédiments. Le programme de prélèvement des sédiments avait pour but de savoir si les sédiments marins retirés du chantier de construction de DP3 étaient suffisamment propres pour les disperser dans l'océan. Des échantillons de sédiments, comprenant à la fois des carottes et des prises en surface, ont été prélevés dans la zone ciblée par des péniches et par des bateaux. Les sites des prélèvements de sédiments étaient coordonnés avec le programme de forage géotechnique faisant intervenir six essais de pénétration en cône dans la zone du quai et du terminal, en plus de 10 points de forage (Hemmera 2004).

Un total de 45 échantillons de sédiments a été prélevé (25 carottes et 20 échantillons pris en surface).

À cette époque, les caractéristiques enregistrées des échantillons de sédiments étaient les suivantes :

- texture du sédiment (par exemple, sable ou vase);
- couleur et odeur;
- caractéristiques anthropogéniques et non anthropogéniques des échantillons de sédiments; et
- toute trace évidente de contamination.

Suivant les termes du *Règlement sur l'immersion en mer, 2001* et des *Directives intérimaires des tests de contamination*, chaque échantillon a été analysé en laboratoire en fonction de :

- Carbone organique total (COT);
- HAP;
- Cadmium et mercure; et
- Taille des particules

Tous les échantillons de surface et sous la surface se situaient en-dessous des niveaux maximaux permis pour les dépôts de cadmium, de mercure et de HAP tels que spécifiés dans le *Règlement sur l'immersion en mer, 2001*.

En plus des paramètres exigés par le *Règlement sur l'immersion en mer*, quinze autres échantillons ont été analysés pour le soufre et l'ensemble des sulfures pour aider à déterminer les caractéristiques physiques des sédiments disponibles devant être utilisés pour les structures de restauration de l'habitat. Il n'existe pas de critère pour l'ensemble des niveaux de soufre et de sulfures dans les sédiments marins. Ces résultats seront combinés avec d'autres analyses de sédiments, comprenant la taille des particules et les COT afin de déterminer comment il faut préparer le marécage saumâtre et les « lits » de zostère marine dans le cadre de la conception détaillée des structures de restauration de l'habitat, dans la mesure où ces matériaux seraient utilisés à des fins bénéfiques.

## **5.1 PLAN DE SURVEILLANCE**

Les évaluations plus récentes de la qualité des sédiments aux abords des installations de Deltaport n'ont pas révélé de taux élevés de concentrations métalliques ou de HAP, cependant l'APV se propose d'établir des postes « fixes » de surveillance de la qualité des sédiments, à la fois à l'intérieur de la zone entre les chaussées et à des sites de référence qui seront en activité pendant toute la durée de la SGA. Comme pour la qualité des eaux de surface, les sites de référence des sédiments serviront de base de comparaison pour les postes situés à proximité de Deltaport afin d'évaluer les tendances à plus grande échelle et de faciliter les activités d'interprétation des données.



Une partie de ce programme de surveillance des sédiments fait intervenir le prélèvement d'une carotte représentant un échantillon-type des sédiments entre les chaussées qui sera soumis à l'analyse suivant des méthodes de datation par radioactivité (PB-210). Ce processus implique le prélèvement d'une carotte prise sur les sédiments et l'analyse des différentes profondeurs des échantillons. La répartition des espèces naturelles ou artificielles radioactives, dans ce cas PB-210, peut être interprétée afin de produire une historique chronologique des sédiments et de leurs qualités connexes, y compris la présence de particules contaminées ou de phénomènes d'eutrophisation. La prise de carottes et le programme d'analyses seront effectués en consultation avec Environnement Canada et Ressources Naturelles Canada.

Le plan de surveillance de la qualité des sédiments, tout comme celui de surveillance de la qualité de l'eau, serait révisé chaque année en fonction de la possibilité de mesures adaptatives. Des détails spécifiques se rapportant à la méthodologie de prélèvement des échantillons, aux normes analytiques et aux objectifs qualitatifs des données seront présentés au plan de travail détaillé de la SGA qui sera rédigé avant le commencement des opérations sur le terrain.

### 5.1.1 PARAMÈTRES

Les paramètres pour la surveillance des sédiments figurent au **Tableau 4**.

### 5.1.2 SEUILS D'ÉVALUATION

Comme pour le plan de surveillance de la qualité des eaux de surface, un certain nombre de paramètres de surveillance ont pour objectif l'interprétation seule des données et n'exigent pas de seuils déclencheurs de l'action. Ces paramètres comprennent :

- pH
- Sulfure d'hydrogène
- Salinité
- Taille des particules
- Carbone organique total (COT)

D'autres paramètres complémentaires colligés à titre d'indicateurs de potentiel de toxicité pour les organismes marins seront comparés aux chiffres émis par le *BC Contaminated Sites Regulation, Schedule 9 Generic Numerical Sediment Criteria* (Règlement de la CB sur les sites contaminés, annexe 9, Critère numérique sur les sédiments génériques) pour les sédiments « sensibles » marins et de l'estuaire (SedQC) (NFT : change for SecQC on the English) (CB 1997). Quoiqu'il s'agisse de normes provinciales, il s'agit du niveau de discernement le plus récent pour les sédiments et elles ont été mises au point en consultant à la fois Environnement Canada et Pêches et Océans Canada. Devant l'absence de normes fédérales ou provinciales pour l'examen des taux sédimentaires des tributylétains (TBT), le critère formulé par la *Puget Sound Dredge Disposal Analysis (PSDDA)* (73 µg TBT/kg) sera adopté comme critère d'examen (WDEQ et ACE 1996).

Comme pour le programme de qualité des eaux de surface, les paramètres d'eutrophisation notés au **Tableau 4** seront évalués au cours de chaque année pendant laquelle les échantillons sont prélevés afin d'en déterminer les tendances. Les données colligées dans la zone entre les chaussées seront soumises au calcul, représentées graphiquement et comparées statistiquement aux résultats obtenus à partir des postes de référence des sédiments situés le long de Roberts Bank et à des sites périphériques. Un écart de 20 pourcent par rapport aux données provenant ailleurs le long de Roberts Bank servira d'indicateur d'un impact potentiel d'eutrophisation des sédiments. Tout effet sur l'écosystème potentiellement inquiétant fera l'objet de nombreux paramètres de mesures afin d'arriver à une conclusion générale concernant le dépassement des seuils.

**Tableau 4. Paramètres de la qualité des sédiments, fréquence et objectifs**

Paramètres	Fréquence	Objectifs
pH	Trimestrielle	Interprétation
Sulfure d'hydrogène	Trimestrielle	Interprétation
Salinité	Trimestrielle	Interprétation
Taille des particules	Annuelle	Interprétation
Azote total (AT)	Trimestrielle	Eutrophisation
Ammoniaque	Trimestrielle	Eutrophisation
Nutriments (azote inorganique dissous (AID), total des	Trimestrielle	Eutrophisation

phosphates inorganiques (TPI), phosphates filtrables réactifs		
Carbone organique total (COT)	Trimestrielle	Interprétation
Métaux	Semi annuelle	Toxicité
Organo-étain : tributylétains	Semi annuelle	Toxicité / Imposex
Détection des Eh, H <sub>2</sub> S	Trimestrielle	Eutrophisation
Échantillonnage par carottes (PB-210, datation radioactive)	Avant la mise en chantier de DP3	Normes historiques

## 5.2 MESURES ADAPTATIVES OU D'ATTÉNUATION

Les résultats provenant de l'étude de la qualité des sédiments à partir de prélèvements seront évalués tout au long de chaque année d'échantillonnage en fonction des effets et des tendances. Si les nutriments, les niveaux de Eh ou de H<sub>2</sub>S présents dans les sédiments indiquent une tendance vers l'eutrophisation marine dans la zone entre les chaussées, et que la surveillance de la géomorphologie du littoral, de la qualité de l'eau et des biotes indiquent que le projet DP3 a réduit l'évacuation des eaux du littoral, l'APV s'engage à construire un chenal de drainage ou à entreprendre toute autre mesure d'atténuation d'ingénierie appropriée en mettant au point immédiatement un modèle concret afin d'en révéler les mécanismes physiques. L'intérêt de ce modèle est de produire un concept permettant d'augmenter l'évacuation des eaux de la zone entre les chaussées et de renverser la tendance adverse d'une eutrophisation marine. Cette évaluation fera suite aux protocoles de rapports et d'actions exposés à la Section 2.4 (Action) ci-dessus.

Si la SGA conclut qu'une eutrophisation marine est en cours, ou a le potentiel de se manifester, suite à une augmentation de l'apport de nutriments dans la zone entre les chaussées provenant de sources autres que le projet DP3, l'APV transmettra ces renseignements aux autorités qui en sont responsables, dans la mesure où elles peuvent être identifiées.

Bien qu'il ne soit pas prévu que le projet DP3 introduise des produits contaminants supplémentaires, tout déversement de produits toxiques déclencherait une évaluation de leur source. Si ce déversement provient du projet DP3, l'APV s'engage à faire cesser immédiatement

le déversement. Si le déversement n'est pas attribuable au projet DP3, la question sera renvoyée par l'APV aux autorités qui en sont responsables.

L'identification de produits toxiques aurait également pour résultat une surveillance continue pendant l'exercice de la SGA. Cependant, si les produits toxiques en question ne sont pas identifiés au cours de la première année de la surveillance, ceux-ci pourraient ne plus faire l'objet d'activités de surveillance suite à une consultation avec les agences appropriées et le CCS.

### **5.3 ZOSTÈRE MARINE**

Les lits de zostère marine servent de refuge pour de nombreuses espèces de poissons et d'invertébrés, ainsi que de lieux de nourriture pour un bon nombre d'espèces de sauvagines. La réduction généralisée de l'habitat de la zostère et des herbes marines partout dans le monde, y compris sur les littoraux de l'Atlantique et du Pacifique des Etats-Unis d'Amérique, est bien documentée. Il est probable que les lits de zostère marine s'amenuisent également en Colombie-Britannique. Par contre, les lits de zostère marine à Roberts Bank n'ont pas adopté cette tendance. D'après les évaluations actuelles de la zostère marine (*Zostera marina*) dans la zone entre les chaussées de Roberts Bank, leur étendue a augmentée d'environ 33%, passant de 377 hectares en 1967 à 500 hectares en 2003 (Triton 2004).

Le rapport de Tarbotton et Harrison (1996) préparé pour le Roberts Bank Environmental Review Committee (RBERC) / Comité de révision environnementale de Roberts Bank a évalué la surface des lits de zostère marine à Roberts Bank en 1967 à 496 hectares, dont 348 hectares étaient situés dans la zone entre les chaussées et le lit au Nord. Les aménagements des installations portuaires à Roberts Bank qui ont eu lieu par la suite à partir de 1968 et leur expansion en 1981 ont provoqués à court terme des pertes de zostère marine. D'après les études d'habitat marin menées en 2003 (Triton 2004), le lit de *Zostera marina* entre les chaussées s'était étendu sur 500 hectares. C'est probablement dû à de nombreux facteurs, y compris le détournement du panache des eaux du fleuve Fraser par la chaussée de Roberts Bank (ce qui a amélioré la clarté des eaux entre les chaussées), l'évacuation de la marée basse gênée par les chaussées, les pertes de sédiments provenant de l'aménagement du port charbonnier qui a relevé les lits végétaux avoisinants, et la chaussée du traversier initialement construite en 1958, qui abritait la zone

contre les tempêtes en provenance du Sud-Est. La surface totale de la zostère marine dans la zone entre les chaussées et les lits de zostères situés au Nord de la chaussée du port totalisait 724 hectares en 2003 (Triton 2004), une augmentation de 228 hectares depuis 1967.

Une des raisons de s'inquiéter d'une eutrophisation marine pouvant avoir lieu dans la zone entre les chaussées serait une biomasse étendue de zostère marine, non seulement l'espèce locale, la *Zostera marina*, mais aussi de la *Zostera japonica*, une espèce transplantée. La zostère marine, en se décomposant, est en soi une source potentielle de nutriments pour l'écosystème entre les chaussées qui, sans une évacuation adéquate de la marée, pourrait mener à une eutrophisation marine.

Le programme de surveillance de la zostère marine sera en mesure d'évaluer la santé et la croissance de la zostère marine dans la zone entre les chaussées en fonction des sites de référence situés à l'ouest de la chaussée ainsi que dans la baie de Boundary.

Le plan de surveillance de la zostère marine sera passé en revue annuellement en fonction des opportunités de mesures adaptatives.

## 5.4 PLAN DE SURVEILLANCE

### 5.4.1 PARAMÈTRES

- **Capteur à distance** : prise de mesures annuelles par capteur à distance (imagerie par satellite/photographie aérienne) (par exemple, les photographies aériennes de 2005 préparées par Hatfield et l'Agence spatiale européenne [Hatfield, 2004]);
- **Vérifications au sol** : des postes pour la vérification annuelle de la zostère marine établis dans le cadre de la demande du troisième poste à quai de Deltaport : quatre postes entre les chaussées, quatre à l'ouest des installations de l'APV à Roberts Bank et trois postes de référence à Boundary Bay.

*Paramètres de surveillance :*

- Densité des pousses (indice foliaire (LAI) = [(longueur moyenne de la pousse) x (largeur moyenne de la pousse) x (densité moyenne de la pousse/m<sup>2</sup>)].
- Description percentile de la surface de couverture aux postes de surveillance :
  - *Zostera marina*: éparsé = rassemblée en petits îlots; continue = les pousses de zostère sont réparties sur toute la zone; absente = la densité est inférieure à 1 pousse/m.
  - *Zostera japonica*: <1% présente; <40% éparsé; 41-75% modérée; > 75% dense.
- Présence ou absence d'épiphytes (indicateur possible d'une eutrophisation)
- Présence ou absence de *Beggiatoa sp.* (indicateur possible d'une eutrophisation)
- **Étude SIMS** : tous les trois ans, prises de vues sous-marines par vidéo afin de confirmer les limites inférieures de zostère marine dans la zone d'étude entre les chaussées.

## 5.4.2 SEUILS D'ÉVALUATION

Un écart de 20 pourcent avec les relevés pris ailleurs le long de Roberts Bank servira d'indicateur d'un impact potentiel sur la zostère marine dans la zone entre les chaussées. D'après le passage en revue annuel de la SGA, le seuil d'évaluation pour la zostère marine risque d'être modifié afin d'exprimer les conditions spécifiques de la zone entre les chaussées. Il est important de noter que des différences supérieures à 20 pourcent pourraient être le résultat de phénomènes naturels. Le dépassement de ces seuils aurait pour résultat que ce paramètre soit retenu obligatoirement pendant le processus de révision annuelle des données et du programme.

## 5.5 MESURES ADAPTATIVES OU D'ATTÉNUATION

Les résultats provenant de l'étude de la zostère marine seront évalués à partir de prélèvements effectués pendant chaque année d'échantillonnage en fonction des effets et des tendances. Si l'évacuation réduite des marées, combinée aux résultats d'une surveillance géomorphologique du littoral, de la qualité de l'eau et des lits de zostère marine indiquent une tendance vers l'eutrophisation marine, l'APV s'engage à construire un chenal de drainage ou à prendre toute autre mesure d'ingénierie d'atténuation appropriée en commençant par mettre au point un modèle concret afin d'en révéler les mécanismes. L'intérêt d'un modèle concret est d'établir un concept permettant d'augmenter l'évacuation des eaux entre les chaussées afin de renverser la tendance adverse vers l'eutrophisation marine. Cette évaluation fera suite aux protocoles de rapports et d'actions exposés à la Section 2.4 (Action) ci-dessus.

Si les changements apportés aux processus de la zone du littoral ont un impact sur les lits de zostère marine à la suite d'une augmentation de l'affouillement et de l'érosion, l'APV s'engage à immédiatement initier une évaluation de l'impact sur les habitats locaux et, en consultation avec Environnement Canada et Pêches et Océans Canada, à concevoir et à mettre en place une protection ingénierie contre l'affouillement et l'érosion afin d'atténuer l'impact, suivant les besoins, y compris le repiquage des zones de zostère marine qui ont subi cet impact suite à la construction et à la mise en opération du projet de troisième poste à quai de Deltaport.

## 6.0 AUTRES BIOTES

D'autres biotes, tels que les communautés benthiques, les oiseaux et les poissons, sont des indicateurs d'un écosystème en bonne santé, surtout dans le cadre de l'utilisation tout particulièrement intense que font les oiseaux de la zone de Roberts Bank. Étant donné leur rôle dans la chaîne alimentaire de l'écosystème, les communautés benthiques servent souvent d'indicateur de la santé de l'écosystème. De nombreuses espèces de poissons et d'oiseaux se nourrissent de l'endofaune et de l'épifaune benthique qui résident dans les habitats de l'estran et du sub-littoral à proximité de Roberts Bank.

Les évaluations les plus récentes de la santé des communautés benthiques, de l'utilisation qu'en font les oiseaux et les poissons dans le voisinage des installations de Deltaport n'ont pas révélé d'effets adverses significatifs. Cependant, l'APV propose que soient établis des postes de surveillance, à la fois à l'intérieur de la zone entre les chaussées et à des sites de référence qui serviraient pendant la construction. Comme il en était pour les plans de surveillance précédents, les sites de référence seront utilisés pour comparer les données à celles de postes plus proches de Deltaport afin d'évaluer les tendances générales et de faciliter l'interprétation des données.

Le plan de surveillance des « autres biotes » apporte un complément d'information afin de répondre aux préoccupations concernant le potentiel d'eutrophisation marine et les changements dans le processus d'érosion du littoral et permettra de réduire l'incertitude. Cependant, comme les plans de surveillance précédents, les « autres biotes » seraient révisés annuellement suivant les possibilités adaptatives.

### 6.1.1 PARAMÈTRES

Les paramètres devant être surveillés pour les autres biotes figurent au **Tableau 5**.



**Tableau 5.** Paramètres pour les autres biotes, fréquence et objectifs

Paramètres	Fréquence de la surveillance	Objectifs
Endofaune des communautés benthiques (richesse et abondance)	Avant et après la construction de DP3	Communauté benthique, sources alimentaires pour des niveaux trophiques supérieurs
Épifaune des communautés benthiques (richesse et abondance)	Avant et après la construction de DP3	Communauté benthique, sources alimentaires pour des niveaux trophiques supérieurs
Densité des hérons	Annuelle (juin-août)	Populations aviaires
Densité des bernaches cravant	Annuelle (février-mars)	Populations aviaires
Étude des oiseaux du littoral	Deux fois par mois pendant la construction de DP3	Populations aviaires
Poissons	<i>Suivant l'autorisation du MPO</i>	Populations des poissons

### Communauté benthique :

Le plan d'échantillonnage de la communauté benthique a pour objectifs principaux de :

- Définir la composition et la répartition des zones de l'estran et du sublittoral dans la zone entre les chaussées et un site de référence;
- Comparer les résultats aux chiffres des études précédentes (Triton, 2004, 2001) et les études du MPO (au besoin);
- Surveiller, évaluer et contribuer à l'effort de contrôler la spartine pectinée (*Spartina anglica*) introduite dans la zone entre les chaussées.

### Études aviaires :

Les principaux objectifs des études aviaires (la bernache cravant, le grand héron et les oiseaux de mer côtiers et du littoral) feront partie d'un programme de suivi de la surveillance destiné à :

- Évaluer s'il y a un impact sur la bernache cravant et le grand héron et leur utilisation de la zone entre les chaussées à l'intérieur de fenêtres de scrutin pendant la construction et les opérations (les fenêtres de scrutin figurent au Tableau 4); et
- S'il y a un impact sur l'utilisation que font les oiseaux de mer côtiers de la zone entre les chaussées pendant la construction.

Le plan d'étude et de surveillance procédera suivant une méthodologie semblable à celle utilisée par l'APV et le Service canadien de la faune (SCF) d'Environnement Canada dans le cadre des études de soutien du projet DP3. Les observateurs des oiseaux ont rassemblé leurs données et les ont inscrites sur des formulaires d'enquête normalisés permettant d'enregistrer les espèces et leur comportement, lesdites observations étant faites aux deux semaines à marée haute et quotidiennement à marée basse, avec une fenêtre de conjoncture favorable de trois jours.

Depuis 2003, le SCF a rassemblé des données sur l'observation des oiseaux le long du littoral à partir de Brunswick Point jusqu'à la pointe de la chaussée du traversier de Tsawwassen. Ces données ont été relevées sur une bande de 100 m à >500 m à l'intérieur des terres (pour une distance maximale de 1 km) à partir du littoral. L'APV a ajouté à cette base de données sa collection de données sur les observations aviaires faites des deux côtés de la chaussée de Roberts Bank et autour de la pointe des installations portuaires de Roberts Bank, de septembre 2003 à août 2004. Pour le programme de surveillance de la SGA, l'APV reprendrait ces études aviaires le long de la chaussée de Roberts Bank pendant la construction et les opérations.

Avant d'entreprendre tout travail sur le site, les méthodes de collation des données seront mises au point en consultant Environnement Canada.

### **Études sur les poissons :**

Les études sur les poissons et le plan d'échantillonnage connexe ont pour principaux objectifs d'assurer l'engagement d'une surveillance suivant l'autorisation de la *Loi sur les pêches*, alors que l'engagement de la surveillance sera fait selon l'autorisation de la *Loi sur les pêches* pendant la construction et les opérations. Une autorisation de la *Loi sur les pêches* est nécessaire avant la mise en chantier du projet et comprendra les engagements de l'APV, y compris la surveillance des poissons, ainsi que les mesures d'atténuation et de restauration de leur habitat.

## 6.1.2 SEUILS D'ÉVALUATION

### Communautés benthiques

Comme pour les programmes sur la qualité de l'eau de surface et des sédiments, l'évaluation des résultats pour les communautés benthiques se fera pendant l'exercice de la SGA dans le but d'en déceler une tendance. Les données colligées dans la zone entre les chaussées seront calculées, mises en graphiques et comparées statistiquement aux résultats benthiques provenant des postes de référence situés ailleurs le long de Roberts Bank. Un écart de 20 pourcent avec les postes situés le long de Roberts Bank servira d'indicateur d'un impact potentiel pour les communautés benthiques.

La santé des communautés benthiques est liée à la qualité des sédiments et de l'eau; il est donc prévisible que tout changement significatif observé dans la santé des communautés benthiques aura également un effet sur la qualité de l'eau ou sur celle des sédiments (voir Sections 5 et 6).

### Les oiseaux

Les impacts adverses provenant du projet DP3, s'ils existent et selon les prévisions, pourraient affecter les conditions matérielles ou abaisser les niveaux trophiques des groupes fauniques avant d'avoir un effet sur les oiseaux dans cette zone. Il s'ensuit qu'aucun seuil spécifique n'a été déterminé aux fins de l'interprétation ou de l'évaluation des études aviaires pour le moment. Cependant, il est possible qu'avec le temps, il y ait des changements à l'écosystème qui seraient liés à certaines espèces clés et à l'utilisation des ressources par les hérons, les bernaches cravant, les bécasseaux d'Alaska et les bécasseaux variables. Encore une fois, l'esprit gouvernant la conception de l'étude de la SGA, comprenant l'océanographie et la géomorphologie, la qualité de l'eau de surface et des sédiments, les programmes de surveillance de la zostère marine, est de faciliter les prévisions et l'identification des changements à l'écosystème essentiellement liés au phénomène d'eutrophisation marine et aux processus d'échanges des zones du littoral avant que des effets graves se manifestent dans l'écosystème.

### Les poissons

Les niveaux déclencheurs de l'action pour la surveillance et la gestion des poissons et de leur habitat seront présentés dans l'autorisation se rapportant à la *Loi sur les pêches*.

## **6.2 MESURES ADAPTATIVES OU D'ATTÉNUATION**

Quoiqu'ils ne soient pas anticipés, si des niveaux inacceptables des paramètres se rapportant aux « autres biotes » sont identifiés pendant la construction, l'APV s'engage à entreprendre toutes les mesures d'atténuation décrites dans le Plan de gestion de l'environnement en cours de projet, le *Construction Environmental Management Plan (EMP)* (Autorité portuaire de Vancouver, 2005). Les mesures d'atténuation pourraient comprendre un changement des méthodes de construction ou l'arrêt complet du chantier pendant les périodes clés de migration ou d'alimentation des poissons.

## 7.0 BIBLIOGRAPHIE

- Arhonditsis G, Eleftheriadou M, Karydis M, Tsirtsis G. 2003. Eutrophication risk assessment in coastal embayments using simple statistical models. *Marin Poll Bull.* V46 (9): 1174-8.
- Autorité portuaire de Vancouver, 2005. *Environmental Assessment Application for the Deltaport Third Berth Project, Roberts Bank, Delta, BC.*
- Autorité portuaire de Vancouver, 2005. *Roberts Bank Container Expansion – Coastal Geomorphology Study (2004) In Support of the Environmental Assessment Application for the Deltaport Third Berth Project, Roberts Bank, Delta, BC. (Extrait du rapport de Northwest Hydraulic Consultants –Triton, 2004).*
- Autorité portuaire de Vancouver, 2005. *Water Quality Report Roberts Bank Expansion Project (2004) In Support of the Environmental Assessment Application for the Deltaport Third Berth Project, Roberts Bank, Delta, BC. (Extrait du rapport de EVS/Golder, 2004).*
- Autorité portuaire de Vancouver, 2005. *Deltaport Third Berth Sediment Sampling Program (2004) In Support of the Environmental Assessment Application for the Deltaport Third Berth Project, Roberts Bank, Delta, BC. (Extrait du rapport de Hemmera Envirochem Inc., 2004).*
- Autorité portuaire de Vancouver, 2005. *Deltaport Third Berth Project Marine Resources Impact Assessment (2004) In Support of the Environmental Assessment Application for the Deltaport Third Berth Project, Roberts Bank, Delta, BC. (Extrait du rapport de Triton Environmental Consultants, 2004).*
- Autorité portuaire de Vancouver, 2005. *Deltaport Third Berth Project Coastal Seabird and Waterfowl Resources Impact Assessment (2004) In Support of the Environmental Assessment Application for the Deltaport Third Berth Project, Roberts Bank, Delta, BC. (Extrait du rapport de ECL Envirowest Environmental Consultants, 2004).*
- British Columbia (BC). 1997. *Contaminated Sites Regulation.* BC Reg. 375/96 (comprend des amendements, jusqu'à BC Reg. 76/2005, 7 mars 2005).

British Columbia Ministry of Environment (BC MOE). 1998. Recommended guidance and checklist for Tier 1 ecological risk assessment of contaminated sites in British Columbia. Victoria, BC.

British Columbia Ministry of Environment (BC MOE). 2001a. British Columbia Approved Water Quality Guidelines (Criteria), 1998. [disponible en ligne]. Mis à jour le 24 août 2001. Disponible sur : <http://wlapwww.gov.bc.ca/wat/wq/BCguidelines/approved.html>.

BC MOE. 2001b. A Compendium or Working Water Quality Guidelines for British Columbia. [disponible en ligne] Mis à jour le 23 août 2001. Disponible sur : <http://wlapwww.gov.bc.ca/wat/wq/BCguidelines/working.html>.

Bormann BT, Martin JR, Wagner FH, Wood G, Alegria J, Cunningham PG, Brookes MH, Friesema P, Berg J, Henshaw J. 1995. *Adaptive management: common ground where managers, scientists, and citizens can try to learn to meet society's needs and wants while maintaining ecological capacity*. Chapitre T-27 dans : Ecological stewardship book. US Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Corvallis, Oregon.

Byron, W.K., 2003. *Policy, research, and adaptive management in avian conservation*. The Auk

Cognetti G. 2001. Marine Eutrophication: The Need for a New Indicator System. *Marin Poll Bull*, V42 (3): 163-4.

Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME). 2004. *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement, mise à jour 4.0, décembre 2004*.

Dell'Anno ML, Mei A, Pusceddu, Danovaro R. 2002. Assessing the trophic state and eutrophication of coastal marine systems: a new approach based on the biochemical composition of sediment organic matter. *Marin Poll Bull*. V44 (7): 611-22.

Edwards VR, Tett P, Jones KJ. 2003. Changes in the yield of chlorophyll a from dissolved available inorganic nitrogen after an enrichment event-applications for predicting eutrophication in coastal waters. *Continental Shelf Research*. V23 (17-19): 1771-85.

- Edelvang K, Kaas H, Erichsen AC, Alvarez-Berastegui D, Bundgaard K, Jørgensen PV. 2005. Numerical modelling of phytoplankton biomass in coastal waters. *Journal of Marine Systems*. Sous presse, épreuve corrigée disponible en mai 2005.
- Environment Canada, 2005. *Demande d'évaluation environnementale – Addendum du troisième poste à quai de Deltaport aux commentaires du Service canadien de la faune d'environnement Canada*. Lettre de P. Kluckner, Environnement Canada – Service canadien de la faune, à D. Carter, CEAA, en date du 26 juillet 2005.
- EVS Environment Consultants – Golder Associates Ltd. 2004. *Report on Water Quality Roberts Bank Container Expansion Project*. Rapport préparé pour l'Autorité portuaire de Vancouver.
- Flynn KJ. 2005. Modelling marine phytoplankton growth under eutrophic conditions. *Journal of Sea Research*. V52: 92-103.
- Hemmera Envirochem Inc 2004, *Deltaport Third Berth Sediment Sampling Program (2004) In Support of the Environmental Assessment Application for the Deltaport Third Berth Project, Roberts Bank, Delta, BC*. Préparé pour l'Autorité portuaire de Vancouver.
- Holling CS (ed). 1978. *Adaptive Environmental Assessment and Management*. International Institute for Applied Systems Analysis.
- Holling, C.S. 1995. *What barriers? What bridges?* Pages 3-24 dans *Barriers and Bridges to the Renewal of Ecosystems and Institutions* (L. H. Gunderson, C. S. Holling, et S. S. Light, Eds.), Columbia University Press, New York
- Marzluff J. M., et R. Sallabanks, (Eds). 1998. *Avian Conservation: Research and Management*. Island Press, Washington, D.C.
- McAllister, M.K. et R.M. Peterman. 1992. *Experimental design in the management of fisheries: a review*. North American Journal of Fisheries Management 12:1–18.

Meyer-Reil LA, Köster M. 2000. Eutrophication of Marine Waters: Effects on Benthic Microbial Communities. *Marin Poll Bull.* V41 (1-6): 255-63.

Northwest Hydraulic Consultants – Triton Consultants Ltd., 2004. *Roberts Bank Container Expansion Coastal Geomorphology Study*. Rapport préparé pour l’Autorité portuaire de Vancouver.

Northwest Hydraulic Consultants , Triton Consultants Ltd 2004a. *Roberts Bank Container Expansion Coastal Geomorphology Study Appendix C*. Rapport préparé pour l’Autorité portuaire de Vancouver.

Swain, L.G., Walton, D.G., Phippen, B., Lewis, H., Brown, S., Bamford, G., Newsome, D. et I. Lundman. 1998. *Water quality assessment and objectives for the Fraser River from Hopeto Sturgeon and Roberts Banks*, première mise à jour, annexe technique. Ministry of Environment, Land and Parks, Province of British Columbia, Victoria, BC

Tarbotton, M. and Harrison. P., 1996. *A Review of the Recent Physical and Biological Development of the Southern Roberts Bank Seagrass System, 1950-1994*. Rapport préparé pour Roberts Bank Environmental Review Committee, Juin 1996.

Taylor, B., Kremsater L, et Ellis, R. 1997 - *Adaptive management of forests in British Columbia* préparé pour le B.C. Ministry of Forests, Forest Practices Branch, Strategic Policy Section

Tett P, Gilpin L, Svendsen H, Erlandsson CP, Larsson U, Kratzer S, Fouilland E, Janzen C, Lee JY, Grenz Cl. 2003. Eutrophication and some European waters of restricted exchange. *Continental Shelf Research.* V23 (17-19): 1635-71.

Triton Environmental Consultants Ltd. 2004. *Deltaport Third Berth Project Marine Resources Impact Assessment*. Préparé pour l’Autorité portuaire de Vancouver.

Triton Environmental Consultants Ltd. 2001 – *Marine inventory of Roberts Bank - Jacques Whitford Environment Ltd. 2001. Roberts Bank Cumulative Environmental Effects Study*. Rapport préparé pour l’Autorité portuaire de Vancouver.



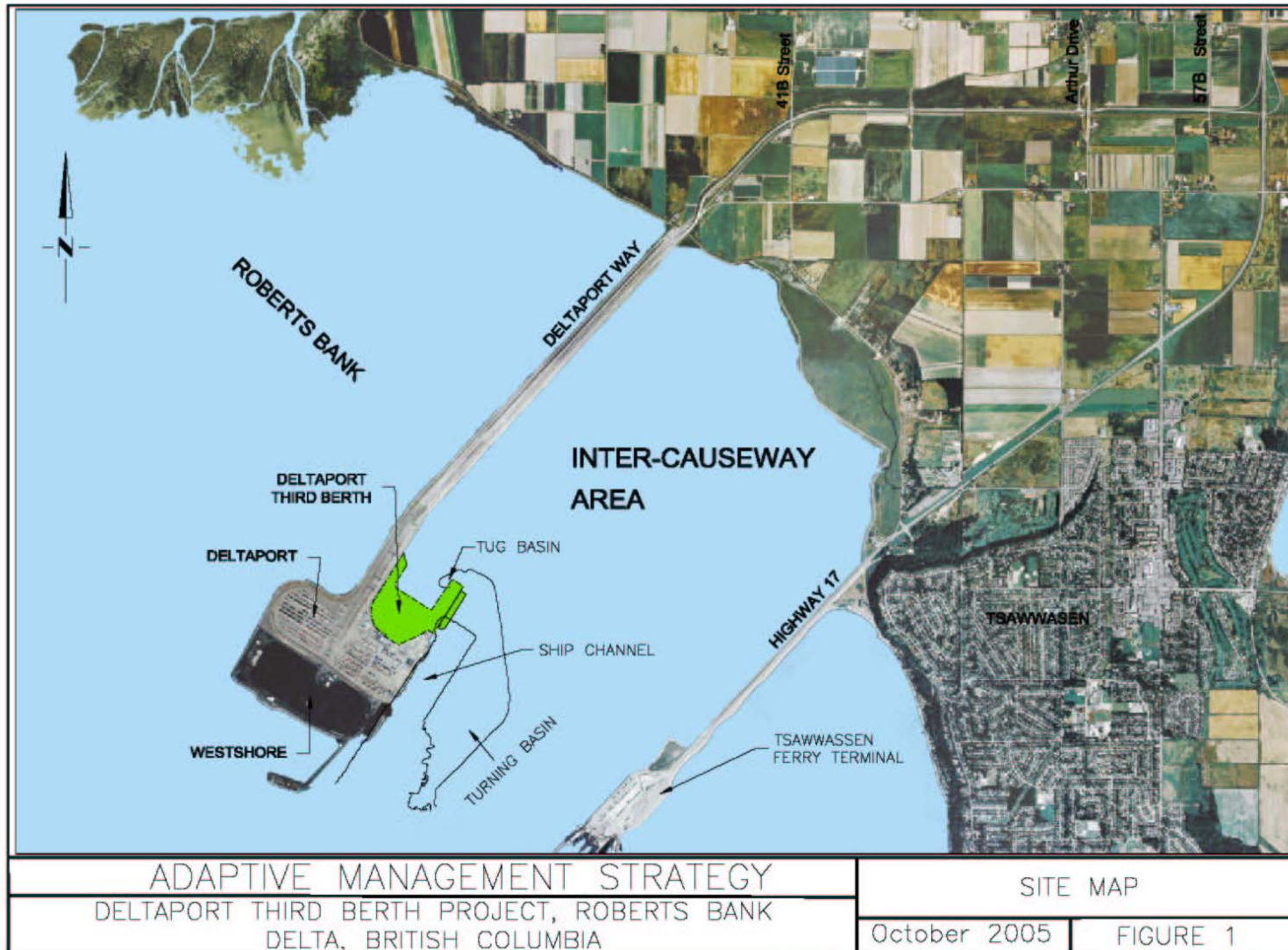
Washington Department of Environmental Quality (WDEQ) et Army Corps of Engineers (ACE).

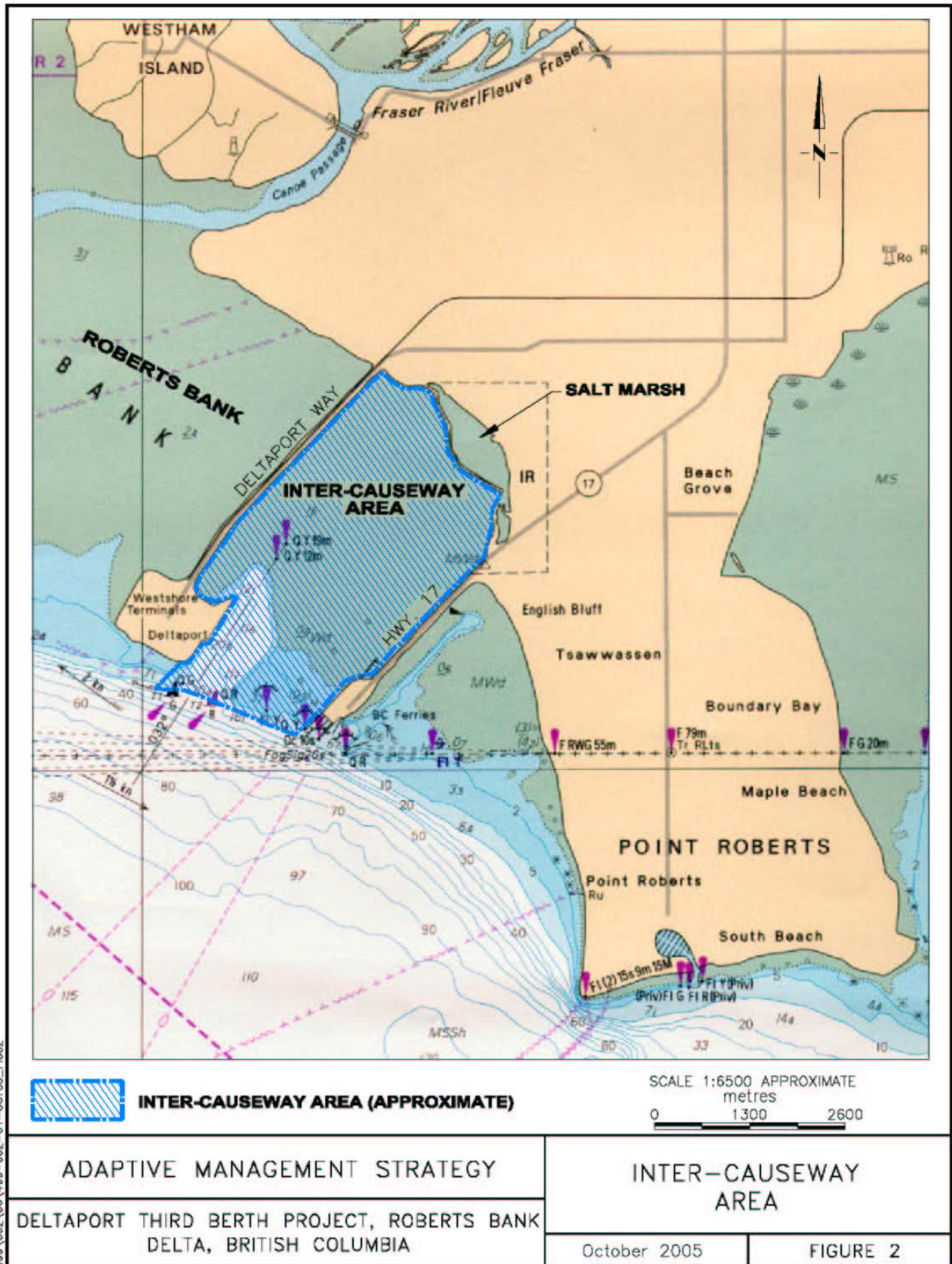
1996. *PSDDA Issue Paper 10/96, SMS Technical Information Memorandum: Testing, Reporting, and Evaluation of Tributyltin Data in PSDDA and SMS Programs*

Wirtz KW, Wiltshire K. 2005. Long-term shifts in marine ecosystem functioning detected by inverse modeling of the Helgoland Roads time-series. *Journal of Marine Systems*. V56 (3-4): 262-82.

Wu RSS. 1999. Eutrophication, Water Borne Pathogens and Xenobiotic Compounds: Environmental Risks and Challenges. *Marin Poll Bull*. V39 (1-12): 11-22.

## Liste des figures





499\002\06\469-002-01-OCY05\_FIG02