

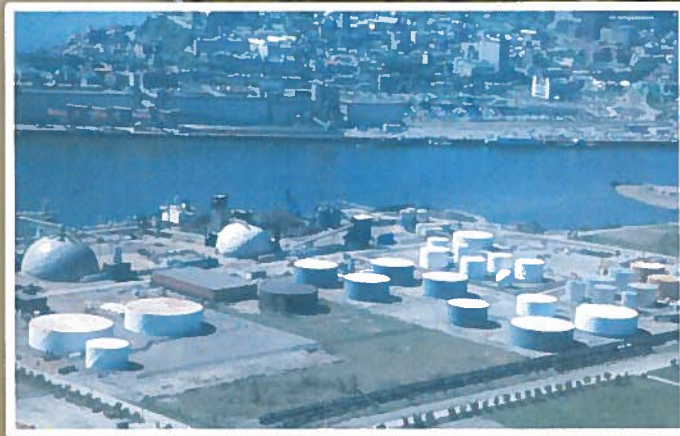
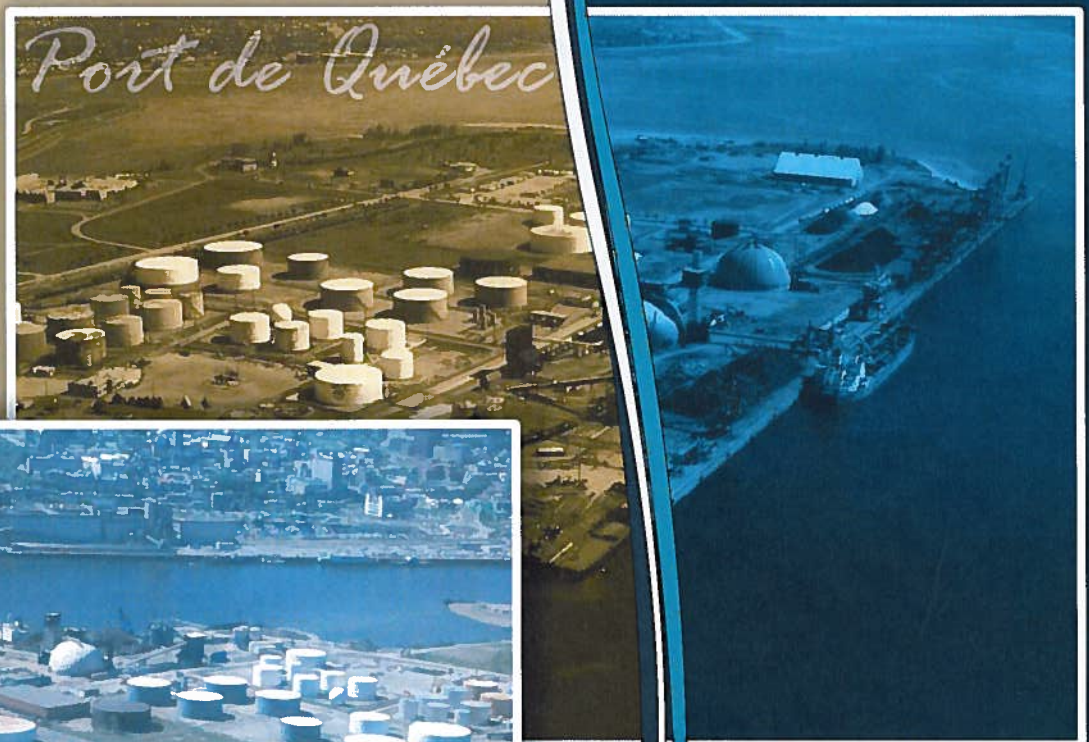


PORT DE QUÉBEC

Nouvelles infrastructures portuaires

Étude de pré faisabilité

Beauport 2007, J-4161



Septembre 2007

CIMA
Partenaire de génie

VERSION POUR CONSULTATION



PORT DE QUÉBEC
NOUVELLES INFRASTRUCTURES PORTUAIRES
ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ
BEAUPORT 2007, J-4161

Préparé par :

Yann Ropars, ing., M.Sc.

Réjean Massé, ing., M.Sc.

Robert Hamelin, biologiste

PROJET N° Q07459A
Le 4 septembre 2007

2. DUCS-D'ALBE

2.1 GÉNÉRALITÉS

Dans le but de dégager le quai actuel, l'Administration portuaire de Québec (APQ) envisage de construire un nouveau terminal maritime dédié aux activités de transbordement de différents produits liquides en vrac, en face des quais 49 et 50. Plusieurs scénarios sont étudiés dans l'estuaire de la rivière Saint-Charles pour définir une implantation qui satisfasse aux exigences environnementales et de navigabilité. En ce qui concerne la conception structurale, la solution en ducs-d'Albe a été retenue parce qu'elle offre la solution optimale pour le type d'activité envisagée. Les ducs-d'Albe sont des appuis isolés reliés entre eux par des ponts et des passerelles et qui servent pour l'accostage et l'amarrage des navires.

2.2 DONNÉES

2.2.1 Structures existantes, plans

Les plus proches structures existantes sont constituées des quais 49, 50 et 51. Le quai 49 a été construit en 2002. Sa façade est constituée d'un mur de pieux - palplanches ancré à l'aide de tirants. Les quais 50 et 51 sont formés de caissons en béton armé de 33,7 m x 13,9 m x 14,65 m, surmontés d'un mur poids de 5,25 m de hauteur. Ces derniers quais ont été construits de 1959 à 1967. Toutes ces structures sont situées à une distance d'environ 160 m du site probable d'implantation des ducs-d'Albe. Les plans 5, 6, 8 et 9 de l'annexe A montrent les différents scénarios qui ont été étudiés dans l'estuaire de la rivière Saint-Charles pour définir l'implantation convenable des ducs-d'Albe en considérant les contraintes de navigabilité et d'environnement.

2.2.2 Bathymétrie / Relevés

La bathymétrie utilisée pour l'implantation des ducs-d'Albe a été fournie par le Groupe-Conseil LaSalle et apparaît aux plans nos 3, 4 et 14 de l'annexe A.

2.2.3 Géotechnique

Malgré les informations dont dispose l'APQ, les données permettant de caractériser adéquatement les matériaux à draguer sont manquantes. Il s'agit entre autres des caractéristiques des boues et du mélange copeaux/pâte en termes de remise en suspension, du passage sous forme dissoute des contaminants métalliques et du comportement de ces matériaux une fois dragués.

Tous les rapports géotechniques qui nous ont été fournis par l'APQ sont répertoriés au chapitre 7 (Référence bibliographique). Deux études (Technisol, 2000 et Technisol, 2001) sont relatives au quai 49 nouvellement construit qui se trouve près des ducs-d'Albe projetés. Les données de ces deux rapports ont été utilisées pour réaliser la présente conception. Selon ces données, le fond marin est constitué d'une épaisse couche de matières vaseuses contenant de la pâte de bois, des fibres et des copeaux de bois, au-dessus d'une couche de sable lâche à compact renfermant des traces de silt et de gravier. Une étude géotechnique, spécifique à l'endroit de la zone de construction retenue, devra être réalisée pour la poursuite de l'élaboration de la solution finale. De plus, compte tenu de la présence de sols sableux saturés avec du silt, le risque de liquéfaction doit être considéré et analysé. Ce risque est d'autant plus important que la zone de Beauport est considérée par la Commission géologique du Canada comme sujette à des séismes d'amplitude moyenne dans le contexte québécois.

Les caractéristiques de sol utilisées sont celles mentionnées dans le rapport de sol relatif au quai 49 et réalisé par Technisol en date du 15 décembre 2000 :

sable en place : - poids volumique : 20 kN/m³
 - angle de frottement : 31°

remblai en enrochement : - poids volumique : 19 kN/m³
 - angle de frottement : 40°

2.2.4 Hydrodynamique (vents, vagues et courants)

Une évaluation des **niveaux d'eau** a été réalisée pour le port de Québec (voir annexe D). Ce sont les données de la station de Lauzon du Service des données sur le milieu marin (SDMM – station # 3250) qui ont été utilisées. Le SDMM opère une autre station (Estuaire-de-la-Saint-Charles # 3246) plus près des quais du secteur Beauport, mais ces données ne sont disponibles que depuis fin février 1994, alors que celles de Lauzon sont disponibles depuis 1896. De plus, les données de Lauzon entre 1987 et 2006 avaient déjà été analysées dans le cadre d'un autre projet et sont sans doute très représentatives des conditions de niveau d'eau dans le secteur Beauport. Une analyse des données comparées des stations du SDMM et/ou d'autres stations (opérées par l'APQ, par exemple) pourra être faite à la demande de l'APQ.

Les informations en provenance du Service hydrographique du Canada (SHC) sont résumées au tableau 2.1. Les élévations du niveau d'eau sont présentées en référence au zéro des cartes marines (ZC).

Tableau 2.1 Caractéristiques de la marée à la station de Lauzon (SHC – en m ZC)

Marnage	Marée Moyenne	4,4 m
	Grande marée	5,9 m
Hauteur		
Extrêmes enregistrés	Extrême de pleine mer	+7,1 m
Pleine mer supérieure	Grande marée	+6,1 m
	Marée moyenne	+4,9 m
Niveau moyen de l'eau		+2,6 m
Basse mer inférieure	Marée moyenne	+0,5 m
	Grande marée	+0,2 m
Extrêmes enregistrés	Extrême de basse mer	-1,3 m

L'analyse des données du SDMM à la station de Lauzon entre 1987 et 2006 a permis de déterminer les récurrences du dépassement de certains niveaux d'eau pour le port de Québec pour l'année complète (1^{er} janvier au 31 décembre).

Tableau 2.2 Données de variation du niveau d'eau à Lauzon (m ZC)

Récurrence de dépassement	1 h/an	12 h/an	1 j/an
Niveaux hauts (m ZC)	+6,21	+5,84	+5,70
Niveaux bas (m ZC)	-0,42	-0,13	-0,04

L'évaluation des **vents** enregistrés à proximité du secteur « Beauport » (quais 49 à 53) du port de Québec montre que les vents proviennent de deux secteurs dominants, l'un centré sur l'est-nord-est et l'autre sur l'ouest-sud-ouest (voir annexe B). Les vents du secteur ouest sont de loin les plus fréquents, mais ce sont les vents du secteur est-nord-est qui sont de loin les plus forts.

L'évaluation des **vagues** a été faite à partir des fetchs (distance d'eau libre sur laquelle s'exercent les contraintes de vent générant les vagues) et des données de vents de la station météorologique de Lauzon pour laquelle nous disposons d'une série de données de 16 années (voir annexe E). C'est la station la mieux située par rapport aux vagues importantes (en provenance de l'est) pour le secteur étudié. Pour le secteur d'implantation des ducs- d'Albe, ce sont les vagues du secteur est-nord-est qui sont les plus fortes, suivies des vagues du secteur est. La hauteur significative maximale des vagues, prédites à l'entrée du bassin de la rivière Saint-Charles (figure E1 de l'annexe E) avec la série de données de vents disponible, est de 1,6 m à 1,9 m (selon la récurrence – une fois dans 30 ou 100 ans) avec une période de pointe des vagues de 5,5 secondes. Ces fortes vagues proviennent du secteur est-nord-est.

L'évaluation des **courants de marée** a été effectuée par le Groupe-conseil LaSalle (voir rapports GCL, 2006 et GCL, 2007). Pour le secteur d'implantation des ducs-d'Albe, les vitesses maximales des courants de marée de vive eau dans le bassin de la rivière Saint-Charles sont relativement faibles (0,2 à 0,4 m/s dans les conditions actuelles et de 0,3 à 0,5 m/s avec l'ajout des quais 54 et 55) alors qu'elles sont plus proches de 1 m/s près de l'entrée du bassin (GCL, 2007).

2.2.5 Nature et qualité des sédiments en place

Les informations sur les sédiments en place recueillies au cours des ans relativement au secteur de mise en place des ducs-d'Albe proviennent principalement des études suivantes :

- Laboratoire de Construction Inc., Estuaire de la rivière Saint-Charles, Forages et échantillonnages, Octobre et novembre 1974, 1976, 55 p.;
- Procéan inc. 1992 (2). Plan d'intervention des secteurs aquatiques contaminés – Port de Québec- Secteur P1Q1 – Estuaire de la rivière Saint-Charles - Rapport rédigé pour Environnement Canada, Direction de la protection de l'environnement, Conservation et protection – Région de Québec. 55 p.;
- Procéan inc. 1990. Caractérisation de la qualité des sédiments du port de Québec. Tome 1. Rapport final. Soumis à la direction de la Conservation et protection, Environnement Canada. 132 p.;
- Groupe Conseil TS inc. Décembre 2000. Caractérisation environnementale. Quai 49 secteur Beauport. Administration portuaire de Québec. 44 p.

Les détails de l'analyse de ces informations sont présentés à l'annexe L.

Les traits généraux des sédiments de l'estuaire peuvent être résumés de la façon suivante:

- Les sédiments composant les fonds actuels sont en grande partie composés d'un mélange de particules minérales et de matières organiques reposant sur du sable plus ou moins graveleux contenant des fragments fossilifères;
- Le contact entre le mélange minéral et organique et le sable est toujours très net;
- Le sable plus ou moins graveleux apparaît en surface dans la partie amont et près de la bordure des quais;
- Le mélange minéral et organique au-dessus du sable atteint une épaisseur maximale entre les quais 47 et 50, dans le secteur appelé Grande Baie;

- L'épaisseur du mélange minéral et organique atteint un maximum de 12 mètres au centre de l'estuaire et diminue progressivement jusqu'à environ 2 mètres dans la partie profonde de l'estuaire;
- Le pourcentage d'humidité du mélange minéral organique est généralement supérieur à 50%.

En milieu aquatique, Environnement Canada utilise trois catégories de critères pour évaluer la qualité des sédiments soit Seuil Sans Effet (SSE), Seuil d'Effet Mineur (SEM) et Seuil d'Effet Néfaste (SEN). Selon les résultats des analyses, les sédiments des secteurs central et aval de l'estuaire de la rivière Saint-Charles présentent des concentrations en métaux lourds (arsenic, cadmium, cuivre, nickel, plomb et zinc) dépassant le seuil d'effet néfaste (SEN) des critères intérimaires du Saint-Laurent et ce, jusqu'à une profondeur de 4 m (voir tableau 1 de l'annexe L). Les résultats ont de plus été comparés aux critères génériques du MDDEP pour la gestion des sols contaminés et des valeurs supérieures au critère C sont observées pour le zinc et le soufre.

Pour ce qui est des échantillons de surface prélevés dans les secteurs central et aval de l'estuaire, ils sont caractérisés par des concentrations supérieures au SEN pour le cuivre, le nickel et le zinc. Enfin, seul le soufre présente des concentrations dépassant le critère générique C pour les sols.

Les sédiments, caractérisant le secteur d'implantation des ducs-d'Albe, ne peuvent pas être rejetés en eau libre et doivent être confinés de façon sécuritaire parce qu'ils excèdent le seuil d'effet néfaste (SEN) pour plusieurs paramètres.

ESSAIS DE LIXIVIATION

Les résultats des essais de lixiviation réalisés par Groupe Conseil TS (2000) en condition d'acidité (pH de 4,93 et de 5,5) sur les sédiments prélevés lors des forages effectués dans le cadre des études du quai 49, démontrent que les eaux de lixiviation ont un contenu en métaux lourds supérieur à celui de l'eau du fleuve. L'eau de lixiviation de l'essai réalisé avec de l'eau du fleuve, soit un pH de 7,2 lequel correspond aux conditions dans lesquelles les sédiments dragués seront présents, montre des teneurs pour les métaux et les hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ en deçà des normes prescrites par les règlements suivants :

- Règlement sur les matières dangereuses, article 3 (les concentrations maximales d'un contaminant dans une matière liquide ou dans le lixiviat d'une matière solide);
- Règlement sur les déchets solides;
- Règlement sur l'eau potable (les normes relatives à la présence de substances inorganiques).

De plus, comparés aux normes prescrites dans le *Règlement sur l'eau potable* et les *Critères de la qualité de l'eau de surface au Québec*, tous les résultats obtenus sont inférieurs aux concentrations maximales permises dans ces deux règlements (Groupe Conseil TS inc. Décembre 2000).

Toutefois, l'eau de lixiviation de l'essai réalisé avec de l'eau du fleuve (pH de 7,2) a montré un contenu en manganèse, en nickel et en zinc supérieur au contenu mesuré dans l'eau du fleuve. Le confinement des sédiments devra être conçu de façon sécuritaire et permettre d'atténuer les effets de relargage dans l'environnement.

2.3 ÉTUDES CONCEPTUELLES

Les critères de conception que nous avons considérés pour les études conceptuelles des ducs-d'Albe proviennent à la fois des exigences de l'APQ contenues dans le mandat, des normes canadiennes en vigueur et des règles de l'art telles que pratiquées dans les constructions en général et les constructions portuaires en particulier.

Les caractéristiques des navires de conception sont les suivantes :

CAP DIAMANT

Largeur : 53 m
Longueur : 277,32m
Jauge brute : 94 729 tonnes
Tirant d'eau (avec environ 145 000 tonnes de brut à bord) : 14,85 m.

CAP ROMUALD

Largeur : 47,85m
Longueur : 274,06m
Jauge brute : 81 148 tonnes
Tirant d'eau (avec approx. le même tonnage) : 15,5 m

DIFKO BERTHA

Largeur : 32,29 m
Longueur : 228,61 m
Jauge brute : 43 733 tonnes
Tirant d'eau en charge : 12,9 m

L'élévation des fonds marins une fois dragués sera au plus de - 16 m ZC du côté sud ou ouest et de - 13,5 m ZC du côté nord ou est (selon l'option). Les niveaux d'eau dans ce secteur descendent relativement fréquemment sous le zéro marégraphique (plus de 24 heures par année). L'APQ gère la venue et la présence des navires en fonction de cette contrainte.

La charge de glace considérée est de 500 kPa s'exerçant sur une hauteur de 0,7 m. Les surcharges dues aux séismes sont conformes aux normes du code national du bâtiment 2005 qui considèrent une probabilité de dépassement de 2% en 50 ans au lieu de l'ancienne probabilité de 10% en 50 ans recommandée par les normes de 1995. Cette nouvelle approche a augmenté considérablement les surcharges sismiques. Pour le secteur de Beauport, le coefficient d'accélération PGA (Peak Ground Acceleration) est de 0,37 (voir l'annexe C du CNB 2005).

Les autres charges et surcharges utilisées dans les calculs sont :
Charge roulante : 50% du CL3-625 correspondant à une charge totale de 150 kN
Charge totale des conduites : 11 kN/ml
Surcharge d'exploitation sur les passerelles : 4.7 kPa

2.3.1 Option 1 – Caissons de béton armé

Les caissons en béton armé sont constitués de cellules rectangulaires cloisonnées par des murs entretoisés pour leur donner suffisamment de résistance. Ils sont préfabriqués et amenés sur le site pour être déposés sur une couche d'assise de pierre concassée dont le plan horizontal aura été nivelé au préalable. Ils sont ensuite remplis de remblais et couronnés par un mur poids en béton armé qui constituera le front d'accostage et supportera les défenses et les bornes d'amarrage. Une superstructure d'acier sera érigée sur les caissons pour supporter les passerelles et les ponts d'acier prévus pour l'exploitation de l'ouvrage. Les dimensions des caissons ainsi que les détails pertinents des diverses structures sont dessinés sur le plan 10 de l'annexe A.

2.3.2 Option 2 – Cellules en palplanches d'acier

Les cellules en palplanches d'acier sont constituées par des palplanches métalliques plates, battues verticalement et assemblées sous forme de piles circulaires. Elles sont conçues pour permettre un agrafage suffisamment résistant des palplanches l'une sur l'autre. Les palplanches sont mises en fiche en les guidant sur des gabarits situés à deux ou trois niveaux. Le battage ne doit être effectué qu'après la fermeture et mise en fiche de toutes les palplanches de la cellule sous peine de risquer une impossibilité de fermeture.

Les cellules sont remplies de remblais et, comme pour les caissons en béton armé, une superstructure métallique est prévue pour supporter les passerelles et les ponts ainsi que les systèmes de défense et d'amarrage. Les dimensions des cellules ainsi que les détails des éléments structuraux sont présentés dans le plan 10 de l'annexe A.

2.3.3 Option 3 – Dalles sur pieux

Les dalles sur pieux sont des ouvrages constitués par une plate-forme en béton armé supportée par des pieux métalliques remplis de béton. Les pieux sont dimensionnés et battus jusqu'à une profondeur suffisante, leur permettant de résister aux forces extérieures. L'emploi de l'acier permet de mieux absorber les efforts de flexion et de traction qui s'y développent et de mieux résister aux chocs dus à la glace régnant sur toute la zone de marnage du plan d'eau du port en période hivernale. À la jonction de la plate-forme en béton avec les pieux métalliques, le béton doit être suffisamment fretté par des cerces d'acier de façon à éviter tout éclatement sous l'effet des réactions d'encastrement de la tête des pieux. Comme pour les options précédentes, une structure métallique est érigée sur la dalle et servira d'appui aux passerelles et ponts. Toutes les dimensions et les détails sont donnés sur le plan 10 de l'annexe A.

2.3.4 Superstructures communes aux trois options

Des ponts et des passerelles piétonnières à structure en acier sont prévus pour relier les ducs-d'Albe entre eux et avec le quai 49. Leur portée diffère selon le scénario envisagé et leur point le plus bas se situe à la cote +8,0 m ZC afin d'éviter le plus possible l'action des glaces.

Les ponts sont dimensionnés en considérant 50% de la charge du camion CL3-625 de la norme S6, ce qui revient à une charge de circulation pour un pont de 15 t. Cinq conduites d'un diamètre de 350 mm, sont prévues sous le tablier du pont pour acheminer les liquides en vrac. En ce qui concerne les passerelles piétonnières, la charge considérée est de 4,8 kPa.

Les équipements à quai incluent les défenses, les bollards et les bollards à déclenchement rapide de 100 tonnes ainsi que les échelles. Un système de vannes pour la manutention des liquides en vrac est aussi prévu.

Les structures inférieures des passerelles et des ponts seront conçues pour qu'un impact de glace modéré ne provoque pas la rupture de la passerelle, du pont ou d'une conduite. Une résistance minimale aux impacts locaux de ces structures inférieures et une protection minimale des conduites seront prévues dans la conception.

L'alternative à ce choix serait de rehausser d'au moins 1 m (+9,0 m ZC) la cote inférieure des structures des ponts et passerelles, ce qui aurait des conséquences sur les superstructures des ducs-d'Albe, sur les accès aux ponts, sur les coûts et sur la fonctionnalité des postes à quai.

2.4 DRAGAGE

2.4.1 Volumes à draguer selon les options

Les volumes à draguer varient selon les scénarios de localisation des ducs-d'Albe et selon les modalités de construction de ces derniers. Ces volumes sont présentés au tableau 2.3. Ils sont calculés en fonction de la côte de dragage (-16,0 m ou -13,5 m ZC) à laquelle a été ajouté un sur-dragage de 0,3 m afin d'obtenir les côtes de dragage visées.

Tableau 2.3. Volumes à draguer selon les scénarios de localisation et de construction

Scénario de localisation	Caisson de béton m ³	Cellules en palplanches m ³	Dalles sur pieux m ³
1	103 000	68 000	61 000
2	277 000	164 000	154 000
3	554 000	365 000	352 000
4	378 000	282 000	262 000

2.4.2 Modalités de dragage envisagées

Différentes modalités de dragage peuvent être envisagées en fonction des différents paramètres. La nature et la consistance des matériaux dragués sont deux de ces paramètres. La contamination des matériaux, la nature des traitements requis pour gérer cette contamination de même que la disponibilité et le coût des équipements requis sont d'autres paramètres à prendre en compte (voir annexe F).

2.4.2.1 Dragage mécanique

Le dragage mécanique consiste sommairement à récupérer les déblais de dragage à l'aide d'une benne preneuse (drague à benne preneuse ou grue sur barge avec benne étanche ou non) ou d'un godet (drague à godet). La récupération des déblais est généralement de l'ordre de 70 % solide et de 30 % liquide, bien qu'il existe des équipements capables de récupérer jusqu'à 95 % solide. Le rendement de ces dragues varie selon la grosseur des bennes ou godets. Dans le cas de l'estuaire de la rivière Saint-Charles, un rendement moyen de 70 à 100 m³/h semble réaliste pour une production journalière maximale de 1 400 m³/j (20 heures/j).

La drague à godet n'est pas appropriée pour travailler dans les déblais de l'estuaire de la rivière Saint-Charles, puisque la présence de billes de bois et d'écorce peut provoquer un blocage des godets et entraîner un arrêt de travail, sinon un bris d'équipement. En plus de réduire éventuellement le rendement journalier, on risque d'augmenter la remise en suspension des déblais de dragage dans l'eau.

Le dragage mécanique à benne preneuse est plus approprié pour le dragage des écorces et des pâtes du bassin de la rivière Saint-Charles, bien que la présence de billes de bois puisse empêcher la fermeture de la benne et entraîner une perte de matériaux lors de la remontée de la benne. On peut également utiliser une grue terrestre munie d'une benne, mais les portées requises dans le cas du bassin des ducs-d'Albe exigent l'utilisation de grues montées sur des barges de façon à couvrir la totalité des surfaces à draguer.

Selon le scénario de localisation du terminal de liquides en vrac, les quantités de sédiments à draguer pourraient rendre leur dragage mécanique très long, à moins de multiplier les équipements sur l'eau et à terre et de sélectionner de très grosses bennes.

2.4.2.2 Dragage hydraulique

Le dragage hydraulique consiste sommairement à récupérer les déblais de dragage (incluant les boues le cas échéant) par pompage et les acheminer à une aire d'assèchement par pipeline (drague suceuse-refouleuse) ou par pompage combiné à une action mécanique (drague suceuse-refouleuse à tête désagrégatrice). La récupération des déblais est généralement de l'ordre de 30 % solide et de 70 % liquide. Le rendement de ces dragues varie selon le diamètre de l'élinde et la puissance des pompes. Dans le cas de l'estuaire de la rivière Saint-Charles, un rendement moyen de 360 m³/h semble réaliste pour une production journalière de 7 200 m³/j (20 heures/j).

Les dragues autoporteuses ne présentent pas d'intérêt, puisqu'elles ne sont pas vraiment adaptées à une récupération des déblais de dragage en milieu terrestre. De même, l'épaisseur importante de sédiments à draguer, leur consistance et la nécessité de limiter au strict minimum la remise en suspension des sédiments rend l'utilisation de drague à élinde traînante (hopper suction) non recommandable.

De fait, la drague suceuse-refouleuse à tête désagrégatrice (cutter head suction) semble la mieux adaptée à la nature des déblais en place, malgré la présence de billes de bois.

2.4.3 Disposition des déblais de dragage

Trois options de disposition ont été évaluées par Procéan en 1992 dans le cadre de l'élaboration du plan d'intervention des secteurs contaminés du port de Québec s'inscrivant dans la phase III du volet «Restauration» du plan d'action St-Laurent. Ces options étaient les suivantes :

- Statu quo;
- Dragage hydraulique complet et incinération de la matière organique;
- Dragage hydraulique partiel et incinération de la matière organique.

Le scénario retenu en 1992 était l'incinération de la partie organique et le confinement de la partie minérale. Deux scénarios de ce type ont été étudiés. Ils consistaient à draguer, en tout ou en partie, cette abondante matière organique et à l'utiliser comme source d'énergie pour l'incinérateur. La fraction minérale était séparée et confinée en fonction de son taux de contamination.

Les informations colligées dans le cadre de la présente étude permettent de statuer qu'en 2007, l'incinération de la matière organique et la gestion des effluents liquides par l'entremise de l'usine de traitement des eaux usées de la ville de Québec s'avère difficile. En effet, selon MM. Michel Vallée et Yves Fréchette de la ville de Québec, gestionnaires de l'incinérateur, ce dernier fonctionne présentement à 110% de sa capacité et ce, malgré les efforts de diminution des quantités de déchets déployés par le recyclage. Les prédictions réalisées pour les cinq prochaines années ne permettent pas d'envisager une réduction importante des quantités de déchet qui seront gérés. Rappelons que l'incinérateur a une capacité de 280 000 tonnes de déchets domestiques annuellement et que ces derniers sont pratiquement non-contaminés. De plus, les concentrations en métaux lourds présents dans les sédiments du bassin de la Saint-Charles sont beaucoup trop importantes pour les incinérer. Des analyses démontrant la qualité des émissions à la sortie de la cheminée et les concentrations en métaux dans les matériaux asséchés devraient être effectuées afin de s'assurer de la conformité au certificat d'autorisation (CA) émis pour l'opération de l'incinérateur.

De plus, selon M. Gérard Loyer, surintendant à l'entretien de la division du traitement des eaux à la ville de Québec, les eaux contenant des métaux lourds ne peuvent être gérées par l'entremise de l'usine de traitement. Seules les eaux contenant des matières en suspension dépassant les critères de protection pour la vie aquatique pourraient être redirigées vers l'usine. Ces eaux pourraient être gérées par des transporteurs autorisés ou entreposées dans des installations temporaires en vue d'un traitement approprié. Ces deux options sont à prime abord onéreuses.

2.4.3.1 Confinement subaquatique

Le confinement subaquatique n'a pas été retenu comme une option valable peu importe les options de construction et de localisation des ducs-d'Albe. Comme l'indique le tableau 2.3, le volume de déblais de dragage à gérer varie de 61 000 et 554 000 m³. Disposer de ce volume plus en amont dans l'estuaire de la rivière Saint-Charles nuirait aux manœuvres de navigation pour l'accès aux quais 29 et 30 ainsi que 46 et 47.

Le confinement dans la fosse située au centre aval de l'estuaire de la rivière Saint-Charles, proposé par Procéan inc. 1992, est par ailleurs proscrit, du fait que l'on connaît, depuis 2001, l'utilisation de cette fosse par l'esturgeon noir pour son alimentation.

2.4.3.2 Gestion en milieu terrestre

Le facteur limitatif pour la disposition des matériaux de dragage est la teneur en métaux lourds. Deux options de disposition ont été étudiées dans le cadre de la présente étude de préfaissabilité :

- Option 1 : Dragage mécanique et élimination dans un site de dépôt autorisé;
- Option 2 : Dragage hydraulique et traitement de la fraction contaminée.

DRAGAGE HYDRAULIQUE

La deuxième option «*Dragage hydraulique et traitement de la fraction contaminée*» implique la ségrégation de la partie contaminée de la matière organique. Cette ségrégation pourrait être envisagée avec l'utilisation d'un séparateur (hydrocyclone). Les informations disponibles actuellement ne permettent pas de garantir le succès d'une telle opération de ségrégation (voir annexe F). Les informations disponibles quant aux propriétés chimiques et géotechniques des déblais de dragage ne permettent pas d'analyser la faisabilité d'options telles la ségrégation, le tamisage, la valorisation, etc. Des analyses et des essais pilotes avec d'autres partenaires de recherche (CRIQ, Universités, etc.) seraient nécessaires pour évaluer le potentiel de ces options.

Sur la base des informations disponibles, nous ne pouvons statuer sur la faisabilité technique et économique d'une telle option. De plus amples informations sont nécessaires quant à la nature des matériaux, à la capacité de ségrégation des équipements et à la qualité des eaux de rejet.

DRAGAGE MÉCANIQUE ET ÉLIMINATION DANS UN SITE DE DÉPÔT AUTORISÉ

Par conséquent, une gestion plus conventionnelle et sécuritaire des matériaux de dragage contaminés a été retenue, soit la disposition de ces derniers dans un site autorisé.

Le dragage mécanique des sédiments peut être envisageable dans la mesure où :

- les volumes excavés sont plutôt faibles;
- peuvent être gérés dans une aire d'assèchement située à proximité du lieu de dragage et;
- le rendement journalier et la remise en suspension des matériaux sont acceptables.

Comme la présence de pâtes, d'écorces et de billes de bois résultent des opérations de l'usine de pâte et papier située sur la rive nord de l'estuaire Saint-Charles et que les zones d'assèchements potentielles sont localisées sur la propriété de cette dernière, il y a lieu pour l'Administration portuaire de Québec d'entreprendre des démarches auprès du propriétaire actuel afin d'explorer diverses avenues mettant à profit les installations de cette papetière.

En prenant pour hypothèse que le secteur de la Grande Baie pourrait être utilisé comme site d'assèchement, il serait possible d'y entreposer un maximum de l'ordre de 200 000 m³ de matériaux. Par conséquent, un nombre limité de scénarios de localisation serait viable avec l'utilisation de ce site (voir tableau 2.3). Pour les scénarios nécessitant un dragage inférieur à 200 000 m³, l'utilisation d'une drague mécanique à benne preneuse d'une capacité de production variant entre 70 et 100 m³/heure serait envisageable.

Dans le contexte de la présente étude de préfaçabilité, l'assèchement et la disposition dans un site autorisé des sédiments dragués ont été évalués compte tenu du peu d'information disponible pour évaluer d'autres options. Les sédiments dragués seraient déposés dans une aire aménagée dans la partie supérieure de la baie près du quai 50. Une digue perméable de 6 m de haut serait mise en place afin de contenir les sédiments dragués et de laisser s'écouler les eaux d'effluent vers le fleuve. L'aire d'assèchement aurait une superficie de 60 000 m². Puisque ce secteur est aussi constitué de matière organique (fibre de bois), le secteur de l'assise de la digue devrait être excavé sur une épaisseur estimée en première approximation à 60 cm (environ 1600 m³) pour enlever les écorces et les pâtes afin d'assurer la capacité portante du sol sous la digue. Les résultats des analyses de lixiviation démontrent que ces sédiments sont peu lixiviables et nous posons l'hypothèse que les eaux de dragage pourraient être rejetées au fleuve. À cet égard, l'écoulement des eaux de dragage sur la matière organique favoriserait en théorie l'adsorption des contaminants présents sous forme dissoute dans ces eaux.

Les sédiments dragués séjourneraient pendant une période de 48 heures dans cette aire aménagée afin d'en retirer la plus grande quantité d'eau. Les matériaux ainsi asséchés seraient ensuite gérés comme des sols contaminés. Ils seraient excavés et transportés chez Stablex à Blainville. Ce site est autorisé à accepter des sols présentant une contamination en métaux supérieure au critère C. L'autre possibilité serait de placer ces sédiments de façon contrôlée dans les remblais du projet de prolongement des postes à quai 54 et 55.

2.4.4 Contrôle et suivi de la dispersion des contaminants

La caractérisation des sédiments actuellement disponible est insuffisante et inadéquate pour se faire une idée suffisamment précise des problématiques de dispersion des sédiments et des contaminants. Une caractérisation plus précise de ces matériaux devra être effectuée afin d'en connaître les propriétés physiques et chimiques. Les résultats de cette caractérisation permettront d'identifier les mesures d'atténuation appropriées et d'élaborer un programme de surveillance et de suivi adapté à la nature et aux propriétés des matériaux qui seront excavés.

Le programme de surveillance portera sur la surveillance des activités de dragage, de dispersion des sédiments, d'assèchement des déblais de dragage et de disposition finale ainsi que sur la stabilité des dépôts de matière organiques laissés en place.

Le programme de suivi portera plus spécifiquement sur le relargage des métaux lourds sous forme dissoute pendant les opérations de dragage et dans les eaux du site d'assèchement ainsi que sur l'effet du dragage sur l'aire d'alimentation de l'esturgeon noir, sur la faune benthique et la faune ichtyenne.

Aux fins de la préparation d'un programme suivi conséquent, des essais de laboratoire (test d'élutriation et de lixiviation) devront être réalisés et des bio-essais devront être envisagés dans le but de définir le degré de toxicité de ces sédiments pour la faune aquatique. Les résultats de ces tests de laboratoire et de bio-essais permettront d'ajuster le programme de suivi.

2.5 ÉTUDES HYDRODYNAMIQUES

2.5.1 Navigation

Les **courants** du fleuve sont une préoccupation des pilotes mais ne sont généralement pas très contraignants. Il arrive parfois que, pour les plus gros navires, les pilotes décident de retarder leur entrée dans le bassin pour profiter de conditions de courants plus calmes (en général le début du courant de jusant). Une fois dans le bassin, les courants ne sont plus un problème (selon les pilotes). Le navire peut s'arrêter et faire à

peu près n'importe quelle manœuvre à l'aide des remorqueurs pour gagner le poste à quai qui lui est destiné (retournement, recul, marche en crabe, etc.). Le plus important pour les pilotes est de disposer d'un espace suffisant dans le bassin de l'estuaire pour freiner les navires, qui se doivent de maintenir une certaine vitesse pour entrer dans le bassin, à cause des courants transversaux présents à l'entrée du bassin.

La présence du terminal de liquides en vrac dans l'estuaire de la rivière Saint-Charles devrait influencer les manœuvres d'approche et de départ des navires des postes 49, 50, 51, 52, 27, 28 et 29. De plus, ce terminal de liquides en vrac risque d'être une contrainte à l'utilisation des postes situés au fond du bassin de la rivière Saint-Charles (30, 31, 46 et 47), par les traversiers en hivernement ou les barges voulant accéder aux postes de la compagnie de papier localisée au fond du bassin. Seuls des essais de manœuvre à l'aide d'une modélisation (par exemple celle du modèle disponible auprès de la corporation des pilotes du Bas Saint-Laurent) pourraient permettre de vérifier l'adéquation de la position du terminal maritime par rapport à toutes les manœuvres des navires utilisant les postes à quai de l'estuaire.

Certaines discussions ont eu lieu avec les pilotes pour fixer les paramètres des futures phases de l'étude de navigation. Leurs remarques sont incorporées aux concepts présentés dans le présent rapport. Les modélisations des manœuvres de navires ne font pas partie de la phase actuelle d'étude mais devront être réalisées compte tenu des aspects de sécurité impliqués par cette problématique.

Les **conditions de glace** dans l'estuaire de la rivière Saint-Charles peuvent être problématiques pour la navigation et pour l'accostage des navires aux quais situés dans le dit bassin. En général, le bassin est rempli en permanence par de la glace flottante en hiver. Cette glace n'est normalement pas spécialement épaisse, le bassin étant complètement recouvert de glace sous forme de blocs de petite taille. Le principal mécanisme d'épaississement de la glace est dû aux manœuvres des navires dans le bassin. Par contre, les navires en approche d'un poste à quai peuvent avoir de la difficulté à évacuer la glace, ce nettoyage pouvant requérir l'aide de plusieurs remorqueurs et le fonctionnement des hélices des navires sur des périodes prolongées pour tenter d'évacuer cette glace. De plus, il se produit un phénomène de « chariot » de glace à l'entrée du bassin de la rivière Saint-Charles. Ce « chariot » se crée en période de grand froid lorsque le vent d'est souffle. Une accumulation relativement homogène et compacte de glace se forme alors devant l'entrée du bassin et rend son accès plus difficile. Par contre, aucun phénomène de « crête de pression » de glace (empilement de blocs de glace poussés par le couvert de glace en mouvement) n'a été rapporté par les pilotes du port dans l'estuaire de la rivière Saint-Charles.

La présence du nouveau terminal maritime risque de stabiliser un peu plus efficacement le couvert de glace et de compliquer la manœuvre de « déglacement » des postes à quai par les navires. Un concept de quai « ouvert » (ducs-d'Albe) a été retenu pour le terminal de liquides en vrac afin, entre autres, de minimiser l'impact de ces nouveaux postes à quai sur les manœuvres hivernales des navires. Les concepts de postes à quai pratiquement parallèles au quai 50 (scénarios 1, 2 et 3) sont ceux qui provoqueraient le plus de contraintes additionnelles aux pilotes en hiver, surtout pour le poste 50 et le poste de liquides en vrac du côté nord du terminal. Des concepts de postes à quai perpendiculaires au quai 50 (scénario 4) provoqueraient sans doute un peu moins de problèmes de navigation hivernale.

Des représentations des manœuvres des navires en approche des postes pétroliers ont été préparées (voir annexe H) dans le but de discuter de cette problématique avec les pilotes du port. Moyennant certains aménagements (rotation de quelques degrés dans le sens horaire du terminal de liquides en vrac en particulier) et une révision des méthodes d'approche, les pilotes semblent actuellement penser que l'accostage à ce nouveau terminal, au poste 50 et aux postes 27 et 29 est possible, dans le cas où le scénario 2 des ducs-d'Albe est retenu. Selon les pilotes, le scénario 1 des ducs-d'Albe occasionnerait trop de problèmes de manœuvre des navires dans l'avant-bassin (distance de freinage trop courte).

La construction d'une digue est envisagée du côté est de la partie reliant le terminal de liquides en vrac à la terre ferme afin d'éviter que la fausse manœuvre d'un navire près du poste 50 ne provoque la rupture d'un pont. Cette digue aurait pour effet de modifier les patrons de courant (direction, vitesse) dans le secteur des ducs-d'Albe. Cette modification pourrait légèrement modifier les processus de sédimentation autour du terminal avec l'augmentation des vitesses de courant près du musoir de la digue et leur diminution à l'abri de cette dernière. Il y aurait lieu d'évaluer la pertinence de laisser ouvert un passage pour l'eau entre la digue et le quai 49 pour éviter que la zone du quai 49 ne soit un lieu privilégié de sédimentation.

2.5.2 Conception des passerelles entre les ducs-d'Albe

Il est important que les passerelles qui relient les ducs-d'Albe ne soient pas affectées par les vagues qui se produisent ni surtout par la glace qui circule dans le bassin de l'estuaire de la rivière Saint-Charles. Ces passerelles supporteraient les conduits de produits pétroliers et chimiques et un contact entre les conduites ou les passerelles et la glace en mouvement pourrait se traduire par un bris (structure ou conduites) et des fuites de produits pétroliers et/ou chimiques dans l'environnement.

Une analyse spécifique de la variation des niveaux d'eau à marée haute en période hivernale (15 décembre au 15 avril ou 1^{er} janvier au 31 mars) sur les vingt dernières années a été réalisée. Les résultats de cette analyse indiquent que le niveau maximum atteint par l'eau a été de +6,86 m ZC (+7,1 m d'après le SHC – année complète) et que les récurrences suivantes ont été observées pour les niveaux d'eau hauts (tableau 2.4).

Tableau 2.4 Récurrence de dépassement des niveaux d'eau (SDMM / 1987-2006)

Récurrence de dépassement	1 h/an	12 h/an	1 j/an
Niveaux hauts (m ZC) – année complète	+6,21	+5,84	+5,70
Niveaux hauts (m ZC) du 15-12 au 15-04	+6,12	+5,64	+5,46
Niveaux hauts (m ZC) du 01-01 au 31-03	+6,04	+5,57	+5,36

Les très hauts niveaux d'eau en hiver se sont produits :

- le 14 mars 1993 : +6,86 m ZC;
- le 2 janvier 1987 : +6,76 m ZC;
- le 10 janvier 1997 : +6,33 m ZC.

Il est important de noter que le plus haut niveau d'eau s'est produit en pleine période d'épaisseur pratiquement maximale de la glace (mi-mars 1993). Compte tenu de la gravité des risques encourus (bris d'une conduite de produits pétroliers et/ou chimiques au-dessus de l'eau et/ou rupture d'une passerelle), il serait donc prudent de considérer un niveau d'eau de l'ordre de +7,0 m ZC comme très plausible en période hivernale pour la durée de vie utile de la structure (de l'ordre de 50 ans).

L'épaisseur des blocs de glace présents dans l'estuaire de la rivière Saint-Charles ou la hauteur de glace au-dessus du niveau d'eau moyen n'est pas vraiment documentée. Par contre, on sait que des blocs de glace de 5 m d'épaisseur se forment occasionnellement sur les battures dans la région de Québec par l'effet de la marée. Ces blocs de glace dépassent en moyenne d'un dixième de leur hauteur de l'eau, soit 50 cm. Toutefois, le dessus de ces blocs peut être très irrégulier et il est plus réaliste de considérer que certaines parties de ces blocs dépassent d'au moins un mètre le niveau de l'eau.

D'autres blocs de glace se forment par les effets de la navigation et en particulier par les poussées exercées par les remorqueurs ou les navires pour dégager les postes à quai en hiver, poussées qui « empilent » les plaques de glace les unes sur les autres. Ces blocs de glace sont généralement moins épais et moins solides que ceux des battures. Le dessus de ces blocs est par contre très irrégulier et peut très facilement atteindre et même dépasser un mètre au-dessus du niveau d'eau.

Il serait important de documenter un peu mieux la hauteur que peuvent atteindre les blocs de glace au-dessus du niveau d'eau dans le bassin de l'estuaire de la rivière Saint-Charles au cours des prochaines saisons hivernales.

Dans le cadre de cette conception préliminaire des passerelles des ducs-d'Albe, il est recommandé de placer les structures sensibles aux effets des glaces à une élévation d'au moins **+8,0 m ZC**. Il serait prudent de considérer que les structures placées à l'élévation +8,0 m ZC peuvent occasionnellement être frappées par la partie supérieure d'un bloc de glace. Il ne faudrait pas que cet événement entraîne la ruine des structures et/ou la rupture d'une conduite.

Un surdimensionnement des parties inférieures de la structure des passerelles et une protection physique minimale des conduites sont donc recommandés. Sinon, les parties inférieures des structures des passerelles (et les conduites) devront être remontées, sans doute d'au moins un mètre.

2.5.3 Sédimentation

Les vitesses de courant très faibles observées dans les modélisations du Groupe-conseil LaSalle tendraient à démontrer que la zone des ducs-d'Albe est une zone propice à une sédimentation fine. Actuellement, on retrouverait effectivement en surface de cette zone une couche de vase liquide d'épaisseur variable (30 cm en 3B et 10 cm en 4B – forages Procéan 1991), mélangée à des fibres de bois et devenant plus compacte en profondeur.

L'approfondissement de cette zone portuaire avec le projet de terminal de liquides en vrac envisagé devrait augmenter le risque de sédimentation fine au droit des ducs-d'Albe. Par contre, l'expérience des postes 50 à 53 démontre que les mouvements des navires, pourvu qu'ils soient assez fréquents, semblent être suffisants pour empêcher cette vase liquide de se déposer et de se consolider au droit des postes à quai. Les manœuvres parfois intensives qui se produisent en hiver à l'aide des remorqueurs pour évacuer le couvert de glace devraient contribuer à « entretenir » la profondeur à ces postes à quai.

2.5.4 Protection contre les affouillements

Il est par ailleurs à craindre que les jets d'hélice des navires et des remorqueurs ne créent de l'affouillement aux postes à quai. Il est donc recommandé de prévoir une protection contre cet affouillement potentiel lors de la conception de la base de ces postes à quai, surtout dans le cas des caissons de béton.

2.5.5 Panache de dispersion lors du dragage

Les études de circulation effectuées par le Groupe-conseil LaSalle (GCL, 2006 et GCL, 2007) permettent d'avoir une idée des patrons de dispersion des sédiments lors du dragage dans le bassin de la rivière Saint-Charles. Les sédiments dragués dans cette partie du bassin sont des sédiments organiques ou fins, susceptibles d'être facilement remis en suspension par les opérations de dragage, surtout si la méthodologie de dragage retenue ne tient pas vraiment compte de cet aspect.

DURANT LA PÉRIODE DE FLOT

Au flot (3 à 4 h après la marée basse), le courant dans le bassin est pratiquement nul. Le courant montant entre partiellement dans le bassin et pourrait entraîner vers l'amont des particules en suspension qui dépasseraient l'alignement de la face du quai 27.

Toujours au flot (5 heures après la marée basse), un courant tournant dans le sens horaire commence à apparaître dans le bassin avec des vitesses faibles (de l'ordre de 0,3 m/s). Ce courant pourrait commencer à faire circuler, plus efficacement, le nuage de sédiments en suspension situé à l'est de la ligne joignant l'extrémité est du quai 50 et le coin entre les quais 27 et 28 et lui permettre de rejoindre le courant principal qui passe devant l'entrée du bassin.

Au début de la période de jusant (2 à 5 heures après la marée haute), les courants dans le bassin sont pratiquement nuls. Seules les particules du nuage de sédiments en suspension qui dépasseraient l'alignement du quai 27 pourraient éventuellement être reprises par le courant général du fleuve et emportées vers l'aval. Un très faible courant de circulation anti-horaire apparaît dans le bassin à la fin de cette phase.

Les évaluations des phénomènes hydrodynamiques faites par le Groupe-conseil LaSalle indiquent que le dragage des sédiments dans le bassin de la rivière Saint-Charles se ferait dans des conditions calmes à très calmes. Il est peu probable que des conditions particulières de vent viennent vraiment perturber ce milieu et induire des circulations problématiques des masses d'eau.



En phase construction, les principales mesures d'atténuation proposées concernent le choix des équipements et des techniques de dragage et d'assèchement, la période et les modalités de réalisation ainsi que la mise en place d'un programme de surveillance et de suivi adéquat.

En phase opération, le bris de conduites lors d'activités de transbordement sera au cœur des préoccupations du public.

2.7 ESTIMATIONS

Tous les détails des estimations sont contenus dans l'annexe N.

Toutefois, les coûts apparaissant dans ces estimations sont valables en considérant que ce projet de ducs-d'Albe et celui de prolongement des quais 54 et 5 sont exécutés simultanément sur une période maximale de trois ans. En considérant cette hypothèse, on réduit de façon substantielle les coûts de disposition des matériaux de dragage pour la construction du terminal puisqu'il devient possible de disposer en totalité ou en partie des matériaux de dragage contaminés. La majeure partie de ces matériaux contaminés étant constitués d'écorce, il serait possible de disposer de 91 000 m³ dans les cellules avant des caissons des quais 54 et 55 et d'environ 20 000 m³ dans des géo-tubes pour un total de 111 000 m³. Le surplus doit quant à lui être traité et disposé dans un site préalablement autorisé.

2.7.1 Coût des ducs-d'Albe en considérant la réalisation du projet d'approfondissement des quais 54 et 55 de façon simultanée

Les coûts montrés ci-après représentent le total des coûts de construction des ducs-d'Albe en considérant que ces travaux seraient réalisés simultanément aux travaux de prolongement des quais 54 et 55.

2.7.2 Option 1 : Caissons de béton

- Scénario 1 :	\$\$
- Scénario 2 :	\$\$\$
- Scénario 3 :	\$\$\$
- Scénario 4 :	\$\$\$

2.7.3 Option 2 : Cellules en palplanches

- Scénario 1 :	\$
- Scénario 2 :	\$
- Scénario 3 :	\$
- Scénario 4 :	\$

2.7.4 Option 3 : Bloc de béton sur pieux

- Scénario 1 :	\$
- Scénario 2 :	\$
- Scénario 3 :	\$
- Scénario 4 :	\$

2.7.5 Coût des ducs-d'Albe en considérant la non réalisation du projet de prolongement des quais de façon simultanée

Les coûts apparaissant ci-après comprennent les coûts additionnels à considérer si le projet de construction du terminal se fait avant ou après les travaux de construction pour le prolongement des quais 54 et 55. Ces coûts additionnels sont principalement les coûts pour la disposition des matériaux de dragage qui ne peuvent plus être réutilisés ou confinés dans le projet de prolongement des quais.

2.7.6 Option 1 : Caissons de béton

- Scénario 1 :	\$
- Scénario 2 :	\$
- Scénario 3 :	\$
- Scénario 4 :	\$

2.7.7 Option 2 : Cellules en palplanches

- Scénario 1 :	\$
- Scénario 2 :	\$
- Scénario 3 :	\$
- Scénario 4 :	\$

2.7.8 Option 3 : Bloc de béton sur pieux

- Scénario 1 :	\$
- Scénario 2 :	\$
- Scénario 3 :	\$
- Scénario 4 :	\$

2.8 DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS

Parmi les trois options détaillées plus haut, l'option des cellules en palplanches est la moins intéressante sur le plan structural. D'abord, la présence de billes de bois dans les sols de la zone risquerait de poser des problèmes lors du battage et ensuite il faudra utiliser de gros équipements pour la mise en place du gabarit. Durant sa vie utile, sa capacité risque d'être affectée par la corrosion et le risque de dégrafage des enclenchements. À titre d'information, les autorités portuaires françaises interdisent l'utilisation de ce type d'ouvrage en tant que structure permanente.

En ce qui concerne les caissons en béton armé, la problématique est posée par la présence de copeaux nécessitant des dragages assez importants et coûteux.

La solution dalle sur pieux semble être la plus intéressante comparativement aux deux autres et c'est donc celle-là que nous recommandons.

Compte tenu de la nature et de la qualité des matériaux à draguer dans le secteur des ducs-d'Albe, un dragage mécanique serait souhaitable afin de minimiser la remise en suspension dans l'eau des particules fines et de maintenir la cohésion des matériaux le plus possible et ainsi minimiser la dissolution des contaminants dans l'eau. De plus, une gestion conventionnelle en milieu terrestre de ces matériaux de dragage est préconisée et ce, à cause du peu d'information relativement aux propriétés physiques de ces derniers. Les coûts associés à une telle gestion rendent ce projet difficilement envisageable s'il est réalisé tout seul. Une meilleure connaissance des propriétés permettrait sans doute d'envisager d'autres modalités de disposition et de traitement et ainsi d'en diminuer les coûts.

Enfin, sur le plan environnemental, la contrainte la plus importante est la présence d'une aire d'alimentation pour l'esturgeon noir. La présence de cette espèce dans le secteur prévu pour la construction des ducs-d'Albe entre les mois de mai et août limite toute flexibilité dans le calendrier de réalisation des travaux. Il serait souhaitable de documenter l'utilisation de ce secteur par cette espèce ainsi que les facteurs pouvant affecter ses déplacements et son alimentation. En effet, une meilleure connaissance permettra d'évaluer avec le plus de justesse possible les effets potentiels associés aux activités de construction des ducs-d'Albe et ainsi d'identifier les mesures d'atténuation et de suivi les plus pertinentes.

2.9 CALENDRIER DE RÉALISATION

L'échéancier des travaux qui apparaît à l'annexe O a été réalisé en considérant que les trois projets se feraient simultanément ou encore de façon concurrente. Le temps alloué pour chacune des activités demeure valable. Toutefois, les contraintes dues à la réalisation des autres projets disparaissent. Les principales contraintes reliées à l'environnement demeurent et sont les suivantes :

- Étant donné les délais requis pour obtenir les approbations environnementales, nous avons considéré que les travaux de construction ne pourraient débuter avant l'année 2010;
- Le dragage dans le secteur des ducs-d'Albe serait interdit entre le 15 mai et le 1^{er} septembre de chaque année, à cause de la présence assidue d'esturgeons noirs dans ce secteur particulier;
- Il serait également interdit de planter les pieux pour les ducs-d'Albe durant cette même période s'étendant du 15 mai au 1^{er} septembre.

L'application de ces contraintes fait en sorte que les travaux pourraient commencer en 2010 par la construction des digues pour la création de l'aire d'assèchement dont la durée a été évaluée à environ 10 semaines. Cette digue devrait être construite au début des opérations de dragage qui ne peuvent s'amorcer avant le 1^{er} septembre, pour être complétés vers la mi-décembre de l'année 2010.

La construction des ducs-d'Albe ne pourrait débuter, toujours en raison des contraintes environnementales, avant le 1^{er} septembre de l'année suivante, soit en 2011. Quatre des sept ducs-d'Albe pourraient être construits durant la période automnale et les trois autres au printemps suivant, de telle sorte que tous les pieux soient battus avant le 15 mai 2012. Par la suite, les ponts et passerelles ainsi que les équipements à quai pourraient être installés. La fin des travaux serait donc fixée vers la mi-septembre 2012.

Le calendrier présenté à l'annexe O tient compte des diverses études d'acquisition de données nécessaires à la réalisation du projet. Une liste non exhaustive de ces études est présentée ci-après.

- Caractérisation des sédiments :
 - Physico-chimique;
 - Granulométrie;
 - Essai de lixiviation;
 - Bio-essai;
 - Test d'élutriation;
 - Comportement des matériaux.

- Étude géotechnique :
 - Stratigraphie;
 - Essai de liquéfaction.
- Test d'assèchement des matériaux;
- Modélisation des manœuvres de pilotages des navires;
- Documenter, au cours des prochaines saisons hivernales, la hauteur que peuvent atteindre les blocs de glace au-dessus du niveau d'eau dans le bassin de l'estuaire de la rivière Saint-Charles.

3. APPROFONDISSEMENT DES QUAIS 51 ET 52

3.1 GÉNÉRALITÉS

Pour permettre aux navires à fort tirant d'eau d'accéder aux quais 51 et 52, l'APQ envisage de les approfondir d'environ 2,5 mètres, de sorte que la profondeur d'eau sous le zéro des cartes (ZC) passe de 13 m (qui est la profondeur actuelle) à 15,5 m. L'étude de préfaissabilité a pour but d'évaluer d'abord la stabilité des caissons formant ces quais sur les plans statique et sismique et de proposer ensuite des solutions structurales garantissant la stabilité des ouvrages à long terme après approfondissement.

3.2 DONNÉES

3.2.1 Structures existantes, plans

Les quais 51 et 52 ont été construits, selon les informations tirées des plans fournis par l'APQ, en 1967. Leur structure est formée de caissons en béton armé déposés à une élévation de -13.1 m ZC. Les dimensions de chaque caisson sont de 34 m x 14 m x 17,85 m. Un mur poids d'une hauteur de 5,25 m couronne les caissons et supporte les bornes d'amarrage et les défenses d'accostage. Les caissons ne présentent pas de débords au niveau de leur base où ils reposent sur 0,6 m de pierres concassées.

3.2.2 Bathymétrie / Relevés

En façade du quai et dans la zone concernée par l'approfondissement, le fond marin est situé à environ -12,2 m ZC au pied des caissons (voir le plan 11 de l'annexe A).

3.2.3 Géotechnique

Les matériaux qui se trouvent sur le bord des quais dans la zone à draguer sont caractérisés par la présence de minerais déversés lors des opérations de transbordement des navires. Par contre, un peu plus loin des quais, on rencontre un mélange de matériaux divers avec de la vase mélangée à des matières organiques en surface (selon les forages de Procéan 1992, 94 cm en 4C, 140 cm en 5C, >250 cm en 6A, 190 cm en 6B, 0 cm en 17A), puis de l'argile compacte en 6B ou du sable grossier parfois mêlé de gravier en profondeur dans les autres forages. Pour la localisation des forages, voir le plan 17 de l'annexe A.

La zone de dragage est relativement peu documentée à travers les données disponibles. Des forages géotechniques et des prélèvements supplémentaires seraient requis, surtout en ce qui concerne la présence d'une couche de boue liquide attestée par les caractérisations de Procéan inc. (1992), mais absente des autres caractérisations.

Parmi les rapports géotechniques qui nous ont été fournis par l'APQ, aucun n'a été spécifiquement fait dans la zone concernée par l'approfondissement. Les données géotechniques ont été tirées d'un rapport réalisé par Procéan en 1992.

Dans les études conceptuelles présentes, nous avons considéré que les couches de sol présentent les mêmes stratifications et les mêmes caractéristiques que celles considérées pour les ducs-d'Albe.

Il sera nécessaire de mener une campagne géotechnique pour caractériser les sols dans toute la zone et surtout pour évaluer le risque de liquéfaction en cas de tremblement de terre lors des phases subséquentes du projet.

3.2.4 Hydrodynamique (vents, vagues et courants)

Les travaux envisagés n'influencent d'aucune façon le régime des **vents**, des **vagues** ou des **glaces** aux postes 50 à 53. Les travaux n'influencent pas non plus le patron des **courants** aux postes 50 à 53.

Les vitesses de **courant** maximales relativement faibles du côté ouest du quai 50 (0,1 m/s) à modérées du côté est du quai 53 (0,8 m/s) observées dans les modélisations du Groupe-conseil LaSalle tendraient à démontrer que la partie ouest des postes à quai (postes 50 et 51) est une zone propice à une sédimentation fine. Actuellement, on retrouve effectivement, en surface de cette zone, une couche de vase liquide d'épaisseur variable (40 cm en 4C et 55 cm en 5C – voir plan 17 de l'annexe A) mélangée à des fibres de bois, devenant plus compacte et plus sableuse en profondeur, puis se transformant en sable grossier et gravier. Par contre à l'extrémité est du poste à quai 53, en 17A, on ne retrouverait que du sable et gravier.

3.2.5 Nature et qualité des sédiments en place

Les données nous permettant de décrire la nature et la qualité des sédiments de ce secteur proviennent des études réalisées par Procéan inc. en 1990 et 1992 et par Technisol Environnement en 2002. Sur les 16 échantillons prélevés dans le secteur, seulement trois forages ont été effectués. La profondeur de ces forages varie entre 100 et 275 cm. Les autres échantillons ont été prélevés à la surface (0-30 cm).

Dans le rapport du plan d'intervention de Procéan inc. 1992, il est noté, à propos des sédiments se trouvant dans le secteur aval de l'estuaire de la rivière Saint-Charles, que « les sédiments de surface sont constitués principalement de silt (> 50 %) et de matière organique (5 à 10 %). Le pourcentage en eau est relativement élevé (jusqu'à 50-60 %) donnant une texture boueuse au sédiment. Près des quais, l'épaisseur de cette unité boueuse est d'environ un à deux mètres tandis qu'au centre du secteur l'épaisseur

estimée est d'environ quatre mètres. Près des quais 50 à 53, la fraction sableuse devient plus importante (> 60 %). Sous cette unité de sédiments boueux, on retrouve un sable plus compact contenant des coquilles et qui serait vraisemblablement d'origine préindustrielle.

Les sédiments de surface (0 - 30 cm) de ce secteur présentent des concentrations en cadmium, cuivre, nickel, arsenic et zinc dépassant le SEN (voir tableau 2, annexe L). L'une des principales zones de contamination par le zinc, le cadmium et le cuivre se situe en bordure des quais 50 à 53. On note également qu'au niveau 0-75 cm, les zones contaminées sont plus restreintes et bien définies tandis qu'au niveau 75-150 cm, elles couvrent presque entièrement la surface de l'estuaire (Procéan inc., 1992 (2)). Selon Procéan inc. 1992 (2), le long des quais 51 à 53, l'épaisseur des sédiments contaminés est inférieure à 2 m. Comparé aux critères des sols contaminés, la qualité des sédiments dépasse le critère générique de la classe C et même les critères acceptables pour l'enfouissement des sols contaminés du MDDEP.

Il serait nécessaire de compléter la caractérisation physique des matériaux avant de passer à une phase de développement ultérieure du projet afin de s'assurer de la faisabilité des techniques de dragage et de traitement des sédiments envisagées.

3.3 ÉTUDES CONCEPTUELLES

Avant d'étudier les différentes options envisagées pour solutionner l'approfondissement des quais 51 et 52, une vérification statique et sismique des caissons en place a été faite. Dans ces calculs, les surcharges qui nous ont été communiquées par M. Michel Rousseau, ingénieur de Michel D. Rousseau Ingénieur-conseil, ont aussi été considérées. Elles représentent les actions générées par les grues en place (voir figures 3.1 et 3.2) et le poids du dépôt de minerai entreposé.

Les caractéristiques de sol utilisées sont celles mentionnées dans le rapport de sol relatif au quai 49 et réalisé par Technisol en date du 15 décembre 2000 :

sable en place : - poids volumique : 20 kN/m³
 - angle de frottement : 31°

remblai en enrochement : - poids volumique : 19 kN/m³
 - angle de frottement : 40°

Le coefficient d'accélération sismique PGA (Peak Ground Acceleration) est de 0,37 (voir l'annexe C du CNB 2005).

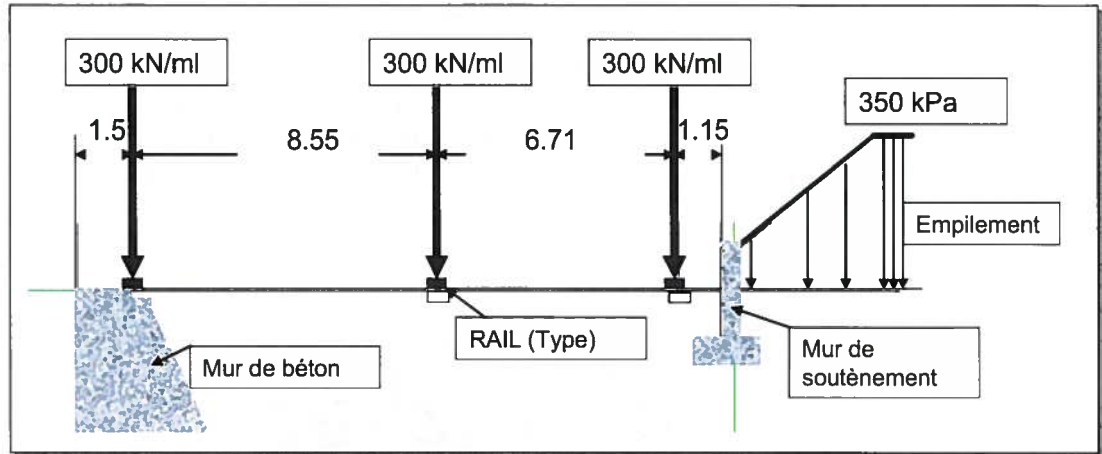


Figure 3.1 Actions de la grue et des dépôts sur le quai 52. [voir modifications demandées au dessin]

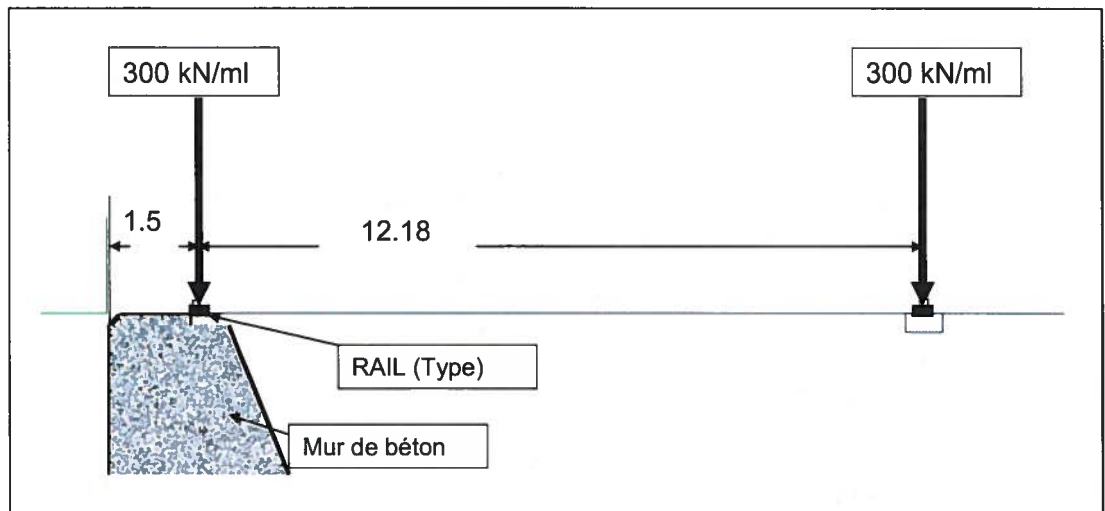


Figure 3.2 Actions de la grue sur le quai 51. [voir modifications demandées au dessin]

Les résultats obtenus par les calculs montrent que les caissons existants offrent une sécurité suffisante sur le plan statique mais par contre, sur le plan sismique, la stabilité n'est pas satisfaisante. Ceci s'explique par le fait que les caissons ont été conçus à la fin des années soixante et que, depuis, la réglementation relative aux séismes a changé à quelques reprises et qu'à chaque changement, les forces sismiques deviennent plus

importantes. La dernière modification des règles sismiques date de 2005 et se base sur une période de retour de 2475 ans au lieu de 475 ans qui était la période retenue dans les règles précédentes de 1995. Évidemment, cette conclusion nous amène à rechercher, parmi les options que nous allons étudier, celle qui pourra satisfaire aux conditions de soutènement de la zone approfondie et de confortement pour le caisson de façon à ce que la structure ainsi rebâtie satisfasse aux conditions de stabilité à la fois statique et sismique.

3.3.1 Option 1 – Pieux palplanches



Figure 3.3 Mur en pieux-palplanches

La solution pieux-palplanches ou rideau HZ consiste à combiner des profilés en « H » et des palplanches en « Z ». Dans cette combinaison, les pieux jouent un double rôle. Ils servent d'éléments de soutènement sur la hauteur à approfondir et de pieux reprenant les charges verticales qui leur seront transmises par le caisson, à travers un muret de couronnement, lors des séismes. Les palplanches intercalaires remplissent une fonction de soutènement et de redistribution des efforts. Elles sont plus courtes que les pieux. Nous avons retenu cette solution parce qu'elle résout la problématique de l'approfondissement et qu'en même temps elle stabilise les caissons lors des séismes. La question relative à la stabilité sismique des autres caissons de même nature, non concernés par l'approfondissement et situés sur la même façade de quai reste posée. Les détails pertinents et les dimensions relatifs à cette solution sont fournis dans le plan 11 de l'annexe A.

3.3.2 Option 2 – Mur berlinois

La solution mur berlinois qui a été examinée consiste à utiliser une combinaison de pieux en H et des dalles en béton insérées entre les pieux en H, sur la hauteur à soutenir. Cette solution a été abandonnée à cause de la faible butée qu'elle mobilise.

3.3.3 Option 3 – Soutènement en sous-œuvre

La solution soutènement en sous-œuvre avait pour but de déposer, après dragage et approfondissement, des murs en L préfabriqués en béton armé. Cette solution a aussi été abandonnée à cause du risque de poinçonnement sous sollicitations sismiques et des risques reliés à la mise en œuvre de cette solution.

3.4 DRAGAGE

3.4.1 Volumes à draguer selon les options

Les différentes options étudiées afin de stabiliser les caissons existants n'ont aucune incidence sur le volume à draguer, ce volume restant constant d'une option à l'autre. L'approfondissement des quais à une profondeur de 15,5 m sous le zéro des cartes engendre un volume de sédiments à draguer de 136 000 m³, quelle que soit l'option considérée.

3.4.2 Modalités de dragage envisagées

Différentes modalités de dragage peuvent être envisagées, en fonction des différents paramètres. La nature et la consistance des matériaux dragués sont deux de ces paramètres. La contamination des matériaux, la nature des traitements requis pour gérer cette contamination, de même que la disponibilité et le coût des équipements représentent d'autres paramètres à considérer.

3.4.2.1 Dragage mécanique

Le dragage mécanique consiste sommairement à récupérer les déblais de dragage à l'aide d'une benne preneuse (dragage à benne preneuse) ou d'un godet (dragage à godet). La récupération des déblais est généralement de l'ordre de 70 % solide et de 30 % liquide, bien qu'il existe des équipements capables de récupérer jusqu'à 95 % solide. Le rendement de ces dragues varie selon la grosseur des équipements. Dans le cas des quais 50 à 53, un rendement moyen de 70 m³/h semble réaliste pour une production journalière de 1 400 m³/j (20 heures/j). La drague à godet n'est pas appropriée pour travailler à une profondeur d'excavation de 15 à 16 m.

Le dragage mécanique envisageable dans le cas du dragage le long des quais 51 et 52 consisterait normalement en l'utilisation de bennes (étanches ou non) montées sur des grues. Ces grues peuvent être terrestres pour ce qui est du dragage près des quais, les portées requises dans le cas du dragage des postes à quai étant relativement faibles.

Des grues terrestres peuvent également être considérées pour les opérations de transbordement des sédiments d'une barge vers un entreposage terrestre.

Par contre, une grande partie du dragage se passe à des distances des quais beaucoup trop grandes pour les équipements terrestres disponibles. L'utilisation de grues montées sur des barges devra être envisagée de façon à couvrir la totalité des surfaces à draguer.

3.4.2.2 Dragage hydraulique

Le dragage hydraulique consiste sommairement à récupérer les déblais de dragage par pompage et les acheminer à une aire d'assèchement par pipeline (dragage suceuse-refouleuse) ou par pompage combiné à une action mécanique (dragage suceuse-refouleuse à tête désagrégatrice). La récupération des déblais est généralement de l'ordre de 30 % solide et de 70 % liquide. Le rendement de ces dragues varie selon la grosseur des équipements. Dans le cas des quais 50 à 53, un rendement moyen de 360 m³/h semble réaliste pour une production journalière de 7200 m³/j (20 heures/j).

La drague suceuse-refouleuse à tête désagrégatrice semble la mieux adaptée à la nature des déblais en place, sauf si la présence de boues fluides sur une épaisseur de plus de 50 cm est démontrée. L'utilisation d'une pompe à sable est envisageable en l'absence de boues fluides, dans la mesure où la cohésion des sables n'est pas trop élevée.

Le dragage hydraulique envisageable dans le cas du dragage d'approfondissement des quais 51 et 52 consisterait normalement en l'utilisation d'une drague suceuse-refouleuse à tête désagrégatrice (cutter head suction) ou d'une drague à élince traînante.

L'épaisseur moyenne de sédiments à draguer, la superficie à couvrir, la consistance (à vérifier) pourraient convenir aux deux sortes de dragues hydrauliques. Par contre, la nécessité de limiter au strict minimum la remise en suspension des sédiments rendrait l'utilisation de drague à élince traînante (hopper suction) moins recommandable que l'utilisation de la drague à tête désagrégatrice (cutter head suction).

3.4.3 Disposition des déblais de dragage

Quatre options de disposition ont été évaluées par Procéan inc. en 1992 dans le cadre de l'élaboration du plan d'intervention des secteurs contaminés du port de Québec s'inscrivant dans la phase III du volet «Restauration» du plan d'action St-Laurent. Les options de Procéan inc. 1992 étaient les suivantes :

- Statu quo;
- Dragage hydraulique partiel et traitement de la fraction contaminée à l'extrémité du quai 53;
- Dragage hydraulique partiel et encapsulation en rive à l'extrémité du quai 53;
- Dragage hydraulique et dépôt aquatique dans la zone centrale de l'estuaire.

L'option impliquant le dépôt dans la zone centrale de l'estuaire n'est plus envisageable compte tenu de la présence d'une aire d'alimentation pour l'esturgeon noir dans ce secteur. L'option qui avait été retenue à l'époque était l'encapsulation des sédiments à l'extrémité du quai 53. Toutefois, l'utilisation de ce secteur à d'autres fins que pour l'extension des quais compromettra l'agrandissement du port de Québec. La solution recommandée est le dragage hydraulique partiel avec encapsulation en rive ou de préférence dans les caissons du prolongement des quais 54 et 55. C'est la solution qui présente le moins de risques à un coût raisonnable.

3.4.3.1 Rejet en eau libre

Le rejet en eau libre proposé par Procéan inc. en 1992 n'a pas été retenu comme une option valable dans le cadre du projet d'approfondissement des quais 51 et 52. Le confinement dans la fosse située au centre aval de l'estuaire de la rivière Saint-Charles est à proscrire, du fait de l'utilisation de cette fosse par l'esturgeon noir pour son alimentation.

Le facteur limitatif pour la disposition des matériaux de dragage est la teneur en métaux lourds. Deux options de disposition ont été étudiées :

- Dragage hydraulique et traitement de la fraction contaminée;
- Dragage mécanique et élimination dans un site de dépôt autorisé.

Le «*Dragage hydraulique et traitement de la fraction contaminée*» implique la ségrégation de la partie contaminée de la matière organique. Cette ségrégation est possible avec l'utilisation d'un séparateur tel qu'un hydrocyclone. Les informations disponibles actuellement ne permettent pas de garantir le succès d'une telle opération de ségrégation (voir annexe F). De plus, la ségrégation des matériaux implique la mise en place de bassin d'assèchement et de bassins pour le traitement des eaux d'effluent. Un minimum de deux bassins (un bassin de 150 m x 250 m pour l'accumulation des résidus et un bassin 40 m x 85 m pour la sédimentation et la gestion de l'eau) sont nécessaires. L'espace restreint sur la propriété du port de Québec ne permet pas l'aménagement de ces bassins.

Par conséquent, une gestion plus conventionnelle et sécuritaire des matériaux de dragage contaminés a été retenue pour l'étude de préfaissabilité, soit le dragage mécanique et la disposition de ces derniers dans un site autorisé.

Dragage mécanique et élimination dans un site de dépôt autorisé

La meilleure option pour le dragage des sédiments contaminés provenant de l'approfondissement des quais 51 et 52 demeure le dragage mécanique et l'assèchement dans un site de faible dimension avant leur disposition finale dans un site autorisé.

Un volume de 136 000 m³ de sédiment doit être dragué afin d'approfondir les quais 51 et 52. Ce dragage serait effectué à l'aide d'une drague mécanique à benne preneuse d'une capacité de production variant entre 100 et 200 m³ /heure.

Les sédiments dragués seraient ensuite déposés dans une aire aménagée dans la partie supérieure de la baie près du quai 50. Une digue de 6 m de haut perméable serait mise en place afin de contenir les sédiments dragués et de laisser s'écouler les eaux d'effluent vers le fleuve. L'aire d'assèchement aurait une superficie de 60 000 m². Puisque ce secteur est aussi constitué de matière organique (fibre de bois), le secteur de l'assise de la digue devrait être excavé sur une épaisseur estimée en première approximation à 60 cm (environ 1 600 m³) pour enlever les écorces et les pâtes afin d'assurer la capacité portante du sol sous la digue. Puisque les résultats des analyses de lixiviation démontrent que ces sédiments sont peu lixiviables, nous supposons que les eaux pourront être rejetées au fleuve.

Les sédiments dragués séjourneraient pendant une période de quelques heures à quelques jours dans cette aire aménagée afin d'en retirer la plus grande quantité d'eau. Les matériaux asséchés seraient ensuite gérés comme des sols contaminés. Ils seraient donc excavés et transportés dans un site autorisé par le MDDEP, comme par exemple chez Stalex à Blainville. Ce site est autorisé à accepter des sols présentant une contamination en métaux supérieure au critère C. L'autre possibilité serait de placer les sédiments de façon contrôlée dans les remblais du projet de prolongement des postes à quai 54 et 55.

Les informations disponibles quant aux propriétés chimiques et géotechniques des déblais de dragage ne permettent pas d'analyser la faisabilité technique et environnementale d'autres options d'assèchement et de disposition telles que la ségrégation, le tamisage, l'incinération et la valorisation, etc. Des analyses et des essais pilotes avec d'autres partenaires de recherche (CRIQ, Universités, etc.) seraient nécessaires pour évaluer le potentiel de ces options.

3.4.4 Contrôle et suivi de la dispersion des contaminants

La présence de boues fluides rendrait plus délicate l'excavation des sédiments contaminés et des mesures, visant à réduire la remise en suspension de ces boues lors du dragage, devront être envisagées.

La caractérisation des sédiments actuellement disponible est insuffisante et inadéquate pour se faire une idée assez précise des problématiques de dispersion des sédiments et des contaminants. Les hypothèses qu'il est possible de faire à ce stade des études à partir des données disponibles tendraient à indiquer que le dragage mécanique à l'aide de bennes ou le dragage hydraulique à l'aide d'une drague suceuse refouleuse à tête rotative auraient des rendements similaires en termes de remise en suspension des sédiments (et des contaminants). Les deux méthodologies exigeraient de la part des opérateurs des précautions particulières pour éviter une remise en suspension excessive des matériaux dragués. Il est probable que l'utilisation de la drague hydraulique à élinde traînante provoquerait une remise en suspension plus importante des sédiments que les deux autres méthodes.

Le bassin intérieur de l'estuaire de la rivière Saint-Charles près des quais 51 et 52 n'est probablement pas suffisamment calme en termes de courants pour envisager la mise en place de rideaux de contrôle des matières en suspension. Les courants qui atteignent 0,5 m/s au droit du quai 52 et 0,8 m/s au droit du quai 53 seraient un obstacle au maintien des rideaux en place dans le bassin. La présence des rideaux restreindrait la zone de manœuvre des navires. De plus, les jets d'hélice que provoquent les navires et les remorqueurs lors de leurs manœuvres auraient toutes les chances de déchirer ces rideaux et de les rendre inopérants.

Le programme de surveillance portera sur la surveillance des activités de dragage, de dispersion des sédiments, d'assèchement des déblais de dragage et de disposition finale. Le dragage de ce secteur fera l'objet d'un suivi environnemental avant, pendant et après les activités afin de limiter la remise en suspension de sédiment dans la colonne d'eau et ce, compte tenu de la présence d'une vase fluide, présence qui devra être confirmée par de nouvelles caractérisations du secteur.

Il est à noter que des essais de laboratoire (élutriation et lixiviation) ainsi que des bio-essais devront être envisagés dans le but de définir le degré de toxicité de ces sédiments pour la faune aquatique. Les résultats de ces tests et bio-essais permettront d'ajuster le programme de suivi.

3.5 ÉTUDES HYDRODYNAMIQUES

3.5.1 Navigation

Le projet d'approfondissement des quais 51 et 52 ne modifierait en rien le patron des **courants** à l'approche de ces quais ou de **glace** en hiver. Les autres projets (terminal de liquides en vrac dans le bassin de la rivière Saint-Charles et prolongement des postes à quai 54 et 55) auraient une certaine influence sur l'accostage aux postes à quai 50 à 53. Cette problématique est discutée à l'annexe H et dans les chapitres correspondant des deux autres projets.

C'est surtout les manœuvres d'approche des postes à quai 50 et 51 qui seront perturbées par la présence du terminal de liquides en vrac. La présence d'un pétrolier le long de la face nord des ducs-d'Albe va compliquer l'accostage d'un bateau au poste à quai 50, surtout dans le cas où le poste à quai 51 est déjà occupé. Les pilotes devront tenir compte de la présence de ce terminal de liquides en vrac et réviser les distances de freinage et les manœuvres des navires dans l'avant-bassin pour éviter d'aller frapper ce terminal ou les navires qui y seront accostés.

3.5.2 Sédimentation

Les vitesses de courant observées dans les modélisations du Groupe-conseil LaSalle (2006) tendraient à démontrer que la zone des postes à quai 50 à 53 est, surtout dans sa moitié ouest, une zone propice à une sédimentation fine. Actuellement, on retrouve effectivement en surface de cette zone une couche de vase liquide d'épaisseur variable, mélangée à des fibres de bois et devenant plus compacte en profondeur.

L'approfondissement de cette zone portuaire devrait augmenter le risque de sédimentation fine au droit des postes à quai 50 et 51. Par contre, l'expérience actuelle des postes à quai 50 à 54 démontre que les jets d'hélice des navires, pourvu qu'ils soient assez fréquents, semblent être suffisants pour empêcher cette vase liquide de se déposer et de se consolider au droit des postes à quai. Les manœuvres parfois intensives qui se produisent en hiver à l'aide des remorqueurs pour évacuer le couvert de glace devraient contribuer à « entretenir » la profondeur à ces postes à quai.

3.5.3 Panache de dispersion lors du dragage

Les études de circulation faites par le Groupe-conseil LaSalle (GCL, 2006 et GCL, 2007) permettent d'avoir une idée des patrons de dispersion des sédiments lors du dragage le long des quais 50 à 53. La très grande majorité du dragage en quantité est prévu le long des quais 51 et 52. La presque totalité des zones à draguer se trouve en retrait (côté nord-ouest) de l'alignement du quai 27. Les sédiments devant être dragués sont, d'après

les informations disponibles, de plus en plus grossiers en allant de l'ouest vers l'est, du fond vers la sortie du bassin de l'estuaire de la rivière Saint-Charles.

Au flot (3 à 4 h après la marée basse), le courant dans le bassin est pratiquement nul. Le courant montant entre partiellement dans le bassin et pourrait entraîner vers l'amont des particules en suspension qui dépasseraient l'alignement du quai 27.

Toujours au flot (5 heures après la marée basse), un courant tournant dans le sens horaire commence à apparaître dans le bassin avec des vitesses faibles (de l'ordre de 0,3 m/s). Ce courant pourrait commencer à faire circuler plus efficacement le nuage de sédiments en suspension et lui permettre de rejoindre le courant principal qui passe à l'entrée du bassin.

Au début du jusant (2 à 5 heures après la marée haute), les courants dans le bassin sont pratiquement nuls. Seules les particules du nuage de sédiments en suspension qui dépasseraient l'alignement du quai 27 pourraient éventuellement être reprises par le courant général du fleuve et emportées vers l'aval. Un très faible courant de circulation anti-horaire apparaît dans le bassin à la fin de cette phase.

Les évaluations des phénomènes hydrodynamiques faites par le Groupe-conseil LaSalle indiquent que le dragage des sédiments devant les quais 51 et 52 se ferait dans des conditions relativement calmes. Il est peu probable que des conditions particulières de vent viennent vraiment perturber ce milieu et induire des circulations problématiques des masses d'eau. La seule précaution à prendre serait éventuellement de s'assurer que, lors du dragage des parties les plus à l'est (moitié du quai 52 et quai 53), la remise en suspension des sédiments n'est pas trop importante et, si cette remise en suspension se produit, qu'elle ne correspond pas à la période de 2 à 5 heures après la marée haute (début du jusant).

3.6 ÉTUDES ENVIRONNEMENTALES

3.6.1 Cadre réglementaire et autorités compétentes

Selon les dispositions actuelles de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* (LCÉE), le projet d'approfondissement des quais 51 à 52 du secteur Beauport est assujéti à une évaluation environnementale fédérale selon la voie de l'examen préalable pour les raisons suivantes :

- le projet comporte la réalisation d'activités non liées à un ouvrage (dragage) lesquelles répondent à la définition de projet au sens de la LCÉE;

En ce qui concerne les composantes biologiques, l'aire d'alimentation de l'esturgeon noir présente dans le secteur de dragage (17 % de la superficie affectée) ainsi que l'utilisation de cette dernière par l'esturgeon noir entre les mois de mai et août constituent le potentiel d'effet négatif le plus important à résoudre. Les travaux de dragage devront être réalisés de façon à minimiser les pertes en termes de qualité et de quantité de l'aire d'alimentation de l'esturgeon noir (voir le plan 12 de l'annexe A).

En phase construction, les principales mesures d'atténuation proposées concernent le choix des équipements et des techniques de dragage et d'assèchement, la période et les modalités de réalisation ainsi que la mise en place d'un programme de surveillance et de suivi adéquat.

3.7 ESTIMATIONS

Tous les détails des estimations sont contenus dans l'annexe N.

3.7.1 Coût pour l'approfondissement des quais en considérant la réalisation du projet de prolongement des quais 54 et 55 de façon simultanée

Les coûts de construction pour l'approfondissement des postes à quai 51 et 52 ont été estimés à \$. Toutefois, ces coûts sont valables en considérant que les projets d'approfondissement et de prolongement des quais sont exécutés simultanément sur une période maximale de trois ans. En considérant cette hypothèse, on réduit de façon substantielle les coûts de disposition des matériaux de dragage pour l'approfondissement des quais puisqu'il devient possible de disposer en totalité ou en partie des matériaux de dragage contaminés. Dans le cas des travaux d'approfondissement, la totalité des 136 000 m³ pourraient être disposés dans les cellules arrière des caissons (113 000 m³) et le reste comme matériaux de remblayage derrière les dits caissons.

3.7.2 Coût pour l'approfondissement du quai en considérant la non réalisation du projet de prolongement des quais de façon simultanée

Les coûts de \$ comprennent les coûts additionnels à considérer si le projet de construction du terminal se fait avant ou après les travaux de construction pour le prolongement des quais 54 et 55. Ces coûts additionnels comprennent principalement les coûts pour la disposition des matériaux de dragage qui ne peuvent plus être réutilisés ou confinés dans le projet de prolongement des quais.

3.8 DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS

L'approfondissement concerne une partie seulement du quai existant et la solution que nous avons détaillée plus haut prévoit la construction d'un muret de couronnement le long de cet approfondissement. La conséquence de ceci est de créer un décalage entre les défenses de la zone approfondie et les défenses du reste du quai. Pour remédier à cela, il faudra prévoir des structures permettant d'aligner toutes les défenses le long de la façade des quais. Il faudra aussi noter que la partie non approfondie des quais reste instable au séisme.

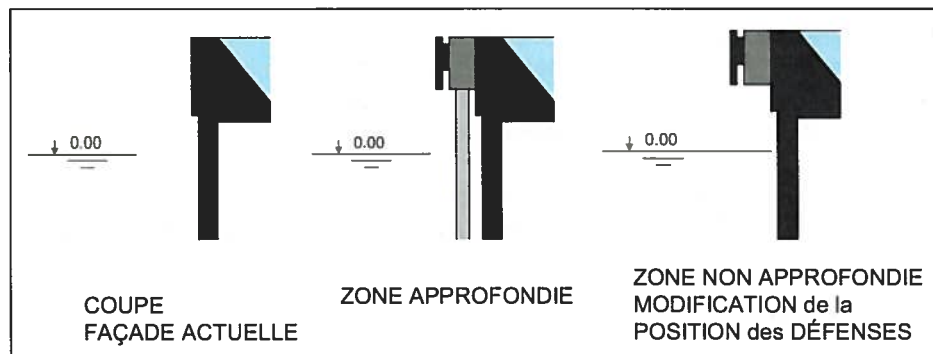


Figure 3.1 : Nécessité d'aligner les défenses le long de la façade des quais

Compte tenu de la nature et de la qualité des matériaux à draguer dans le secteur de l'approfondissement des postes à quai 51 et 52 (mélange de vase molle et de sédiments plus consistants contaminés), un dragage mécanique serait souhaitable afin de minimiser la remise en suspension dans l'eau des particules fines et ainsi minimiser la dissolution des contaminants dans l'eau.

De plus, une gestion conventionnelle en milieu terrestre de ces matériaux de dragage est préconisée et ce, à cause du peu d'information relativement aux propriétés physiques de ces derniers. Les coûts associés à une telle gestion rendent ce projet à lui seul difficilement envisageable, s'il est réalisé tout seul. Une meilleure connaissance des propriétés permettrait peut-être d'envisager d'autres modalités de disposition et de traitement et ainsi en diminuer les coûts.

Enfin, sur le plan environnemental, la contrainte la plus importante est la présence d'une aire d'alimentation pour l'esturgeon noir. La présence de cette espèce dans le secteur des quais 50 à 53 entre les mois de mai et août limite toute flexibilité dans le calendrier de réalisation des travaux. Il serait souhaitable de documenter l'utilisation de ce secteur

par cette espèce ainsi que les facteurs pouvant affecter ses déplacements et son alimentation. En effet, une meilleure connaissance permettrait d'évaluer avec le plus de justesse possible les effets potentiels associés aux activités d'approfondissement des postes à quai 51 et 52 et ainsi identifier les mesures d'atténuation et de suivi les plus pertinentes. La justification économique de ce projet est difficile à établir, ce qui risque de rendre ces études inutiles.

3.9 CALENDRIER DE RÉALISATION

L'échéancier des travaux qui apparaît à l'annexe O a été réalisé en considérant que les trois projets se feraient simultanément ou encore de façon concurrente. Le temps alloué pour chacune des activités demeure valable. Étant donné que la présence de l'esturgeon noir dans ce secteur est peu importante, ces travaux pourraient être réalisés de façon continue selon l'échéancier présenté en annexe O pour cette partie des travaux

Conséquemment les travaux pourraient débuter dès le printemps de l'année 2010 pour se poursuivre de façon continue jusqu'à la mi-décembre de la même année.

Le calendrier présenté à l'annexe O tient compte des diverses études d'acquisition de données nécessaires à la réalisation du projet. Une liste non exhaustive de ces études est présentée ci-après.

- Caractérisation des sédiments :
 - Physico-chimique;
 - Granulométrie;
 - Essai de lixiviation;
 - Bio-essai;
 - Test d'élutriation;
 - Comportement des matériaux.
- Étude géotechnique :
 - Stratigraphie;
 - Essai de liquéfaction.
- Test d'assèchement des matériaux;
- Essai de ségrégation et de traitement;
- Étude sur le comportement de l'esturgeon noir.

4. PROLONGEMENT - QUAIS 54 ET 55

4.1 GÉNÉRALITÉS

Pour permettre l'accostage de navires ayant un fort tirant d'eau, l'APQ envisage la construction de nouveaux quais (54 et 55) dans le prolongement des quais 49 à 53 existants. L'orientation exacte de ce prolongement est définie par des contraintes environnementales, de dragage et de navigabilité en relation avec les courants régnant dans la zone. L'élévation maximale du fond le long des postes à quai est fixée à -16,0 m sous le zéro marégraphique.

4.2 DONNÉES

4.2.1 Structures existantes, plans

Les quais existants et dans le prolongement desquels seront construits les futurs quais 54 et 55, sont formés de caissons en béton armé de 34,1 m de longueur, 14,6 m de largeur et 17,85 m de hauteur. Ils sont couronnés par un mur poids d'une hauteur de 5,25 m. Ce mur supporte les bornes d'amarrage et les défenses d'accostage.

4.2.2 Bathymétrie / Relevés

La bathymétrie montre que l'élévation du fond le long de la future façade des quais 54 et 55 varie d'environ -15 m à -5 m ZC, de l'ouest vers l'est (voir plans nos 4 et 13 de l'annexe A).

4.2.3 Géotechnique

D'après les caractérisations de surface réalisées par Procéan inc., (1992), les matériaux qui se trouvent dans la zone à draguer, en vue de l'agrandissement des quais 54 et 55, sont caractérisés par la présence de sable et gravier avec coquillages. Ces matériaux correspondraient à une phase pré-industrielle de la géologie du fleuve et ne seraient pas contaminés.

Par contre, les données de forages en provenance du Laboratoire d'Inspection et d'Essais inc., (LIE, 1977) de même que le forage F-50 du Laboratoire Sol et Béton (LSB, 1989) indiqueraient la présence de sable fin et de silt dans ces sédiments, ce qui est plutôt en contradiction avec les données de Procéan inc. (1992).

Les données sur les matériaux à draguer dans cette zone sont très partielles. Il serait indispensable d'acquérir des informations relativement à la nature des sédiments à l'aide de forage géotechnique traversant toute la couche de matériel à draguer.

Les rapports géotechniques pertinents listés au chapitre 7 se rapportent au prolongement des quais, mais pas selon la nouvelle orientation de 17 degrés. Si on considère que les stratifications du sous-sol restent identiques, on peut s'inspirer de ces rapports pour disposer des informations nécessaires à l'élaboration de la conception des futurs quais.

Selon ces rapports, les matériaux qui se trouvent dans la zone à draguer sont caractérisés par la présence de sable lâche qui se densifie en profondeur offrant une capacité portante acceptable pour les caissons. Ici aussi, la problématique de liquéfaction du sable se pose et une étude géotechnique complète doit être réalisée dans la zone concernée.

4.2.4 Hydrodynamique

Les roses des **vents** aux stations de Beauport et de Lauzon (voir annexe B) indiquent une prépondérance des vents des secteurs est-nord-est et nord-est. Ces vents sont assez bien alignés avec la face des nouveaux quais 54 et 55.

La station de Beauport indiquerait que les vents d'ouest-sud-ouest viennent ensuite par ordre d'importance, alors que la station de Lauzon indiquerait des vents secondaires en provenance de l'est, de l'ouest puis de l'ouest-sud-ouest.

Les nouveaux postes à quai 54 et 55 seront exposés à des **vagues** plus fortes que les autres postes à quai du secteur Beauport, en particulier celles du secteur sud à sud-ouest, mais également celles du secteur est. Les calculs indiquent que les vagues extrêmes prédites au point BB3 (voir annexe E) atteindraient 1,6 m pour une période de récurrence de 30 ans et 1,8 à 1,9 m (selon la loi statistique utilisée) pour une période de retour de 100 ans.

Les vitesses de **courant** maximales relativement importantes le long ou à proximité des quais 54 et 55 (0,8 à 1 m/s), observées dans les modélisations du Groupe-conseil LaSalle (2006), tendraient à démontrer que les nouveaux postes à quai 54 et 55 ne seront pas une zone propice à une sédimentation fine. Actuellement, on ne retrouve pas, en surface devant le poste à quai 53, de couche de vase liquide mélangée à des fibres de bois comme c'est le cas devant les autres postes à quai. On retrouve plutôt du sable plus compact ou du sable grossier et du gravier (Procéan inc., 1992).

Ces vitesses importantes de courant, qui sont atteintes lors de certaines phases particulières de la marée, seront un inconvénient pour les manœuvres des navires en approche ou au départ de ces postes à quai. Il y aurait lieu de cibler des fenêtres de marée plus propices que ces périodes d'intense courant pour les manœuvres des navires.

4.2.5 Nature et qualité des sédiments en place

Les informations disponibles pour définir la nature et la qualité des sédiments de ce secteur sont limitées. Quatre forages ont été réalisés (trois forages par LIE en 1977 – de 12 à 20 m de pénétration dans le sol – et un forage par LSB en 1989) et sept échantillons de surface ont été prélevés (Procéan, 1992 – 0-30 cm).

Les sédiments au large du quai 54, soit dans le secteur où est projeté le prolongement du quai, sont grossiers composés principalement de sable. En effet, selon le forage réalisé par Procéan inc. (1992, forage 17-A) dans ce secteur, le premier mètre est constitué de sable grossier et gravier. De plus, à 80 cm de profondeur, du galet de 7 cm de diamètre a été observé.

La plupart des échantillons de surface prélevés par Procéan inc. en 1990 montrent que les sédiments sont peu ou pas contaminés et peuvent être rejetés en eau libre ou utilisés à des fins de remblayage. Un seul échantillon présentait une teneur située à la limite du SEN, soit 3 mg/kg, pour le cadmium (voir tableau 3, annexe L).

4.2.5.1 Section d'avant-quai

Actuellement, on ne retrouve que du sable et gravier en surface à l'extrémité est du poste à quai 53, en 17A (voir localisation des forages au plan 17 de l'annexe A).

La caractérisation physique des matériaux est déficiente. Il serait nécessaire de la compléter avant de passer à une phase de développement ultérieure du projet afin de s'assurer de la faisabilité des techniques de dragage et gestion des sédiments envisagées.

4.3 ÉTUDES CONCEPTUELLES

Les surcharges, sur le quai, considérées dans la présente étude sont de 50 kPa. Le coefficient d'accélération sismique est de 0,37. Les autres surcharges ainsi que leurs combinaisons sont celles spécifiées par les codes canadiens.

Les caractéristiques de sol utilisées sont celles mentionnées dans le rapport de sol relatif au quai 56 et réalisé par le Laboratoire d'Inspection et d'Essais (LIE) en date du mois d'août 1980 :

sable de fondation : - poids volumique : 17.5 kN/m³
 - angle de frottement : 30°

remblai en enrochement : - poids volumique : 19 kN/m³
 - angle de frottement : 40°

angle de frottement béton sol : 20°

Plusieurs options ont été envisagées pour le prolongement du quai et notamment le mur berlinois, la dalle sur pieux, le rideau de pieux-palplanches, etc., et toutes ces options ont été écartées au profit du caisson en béton armé qui offre une meilleure résistance à l'action des glaces et aux chocs des navires ainsi qu'une continuité avec les quais 49 à 53 existants. De plus, l'expérience a démontré que des structures de ce type construites avec soin ont une longévité de beaucoup supérieure aux autres types d'infrastructures. Il n'est pas rare de voir ce type d'ouvrage construit il y a plus de 50 ans, qui sont encore en très bon état. De plus, les coûts pour leur entretien sont de beaucoup inférieurs à ceux pour les autres types de structures. Toutefois le principal avantage est sa capacité structurale à recevoir diverses charges ponctuelles ou uniformes qui sont difficiles à prévoir lors de la conception. En fait, c'est la flexibilité qu'offre ce type de structure qui en fait un choix incontournable, les surcharges sur le quai dépassant parfois celles retenues dans les calculs.

4.3.1 Caissons de béton armé

Les caissons seraient préfabriqués selon les dimensions figurant au plan 13 de l'annexe A. Ils seraient ensuite déposés sur une couche de pierres concassées d'un minimum de 1,2 m d'épaisseur. Cette couche a pour finalité d'améliorer l'assise des caissons et de diminuer les pressions générées par l'action sismique sur la couche de sable. C'est d'ailleurs cette action sismique qui est prépondérante dans le dimensionnement des caissons. En effet, le risque à éviter est celui du poinçonnement du sol de fondation et, pour atténuer ce risque, les caissons sont remplis totalement ou partiellement de remblais dépendamment de la position de la résultante des forces extérieures devant être équilibrées. Une attention particulière doit être apportée à l'importance des conditions de remblais sur les performances sismiques de la structure. Pour cela, l'arrière des caissons doit être remblayé avec des remblais à granulométrie conforme à celle fournie dans les plans.

4.4 DRAGAGE

4.4.1 Volumes à draguer

Le volume total à draguer afin de permettre la construction des nouvelles infrastructures et une utilisation sécuritaire (profondeur) des nouveaux postes à quais est de l'ordre de 1 395 000 m³. Ce chiffre pourrait varier en fonction de la définition géométrique du projet de prolongement des quais et de plage des Battures de Beauport, mais la piètre qualité des informations bathymétriques et topographiques actuellement disponibles rend peu pertinent le calcul comparatif des différentes options.

4.4.2 Modalités de dragage envisagées

Compte tenu du volume considérable de sédiment à draguer et de l'absence de contamination (selon les données disponibles), le dragage hydraulique est le mode de réalisation à retenir.

Le dragage mécanique (grue avec bennes) est difficilement envisageable dans le cas du prolongement des postes à quai 54 et 55 à cause des quantités en jeu. La réutilisation des sédiments dragués pour le remplissage de zones d'arrière-quai et de la plage est également une contre-indication à l'utilisation de dragues mécaniques.

4.4.2.1 Dragage hydraulique

Le dragage hydraulique consiste sommairement à récupérer les déblais de dragage par pompage et les acheminer à une aire d'assèchement par pipeline (drague suceuse-refouleuse) ou par pompage combiné à une action mécanique (drague suceuse-refouleuse à tête désagrégatrice). La récupération des déblais est généralement de l'ordre de 30 % solide et de 70 % liquide. Le rendement de ces dragues varie selon la grosseur des équipements. Dans le cas du secteur Beauport, un rendement moyen de 360 m³/h semble réaliste pour une production de 7200 m³/j (20 heures/j).

La drague suceuse-refouleuse à tête désagrégatrice semble la mieux adaptée à la nature des déblais en place. Les dragues autoporteuses (hopper suction) ne présentent pas vraiment d'intérêt, puisqu'elles sont moins bien adaptées à une récupération des déblais de dragage en milieu terrestre. L'avantage de la drague suceuse-refouleuse à tête désagrégatrice serait de pomper directement les sédiments vers les zones de dépôt. La drague à élince traînante serait désavantagée par la nécessité de se déplacer vers un point fixe pour pomper de nouveau les sédiments vers les zones de dépôt, ce qui va augmenter (presque doubler pour des tailles de pompe comparables) le temps de dragage.

Les quantités en jeu exigeraient normalement l'utilisation d'une drague hydraulique de taille moyenne à importante de façon à limiter la durée des travaux de dragage. La présence présumée de galets et cailloux dans les sédiments à draguer tendrait également à favoriser une drague de plus grosse taille. Cette présence présumée vient des observations faites sur les particules grossières laissées sur place par l'érosion du sable de la plage actuelle des battures de Beauport.

4.4.3 Disposition des déblais de dragage

4.4.3.1 Confinement subaquatique

Compte tenu des volumes à draguer (1 395 000 m³), de la bonne qualité des sables à draguer et du besoin de créer une zone d'arrière-quai, l'option de confinement subaquatique n'a pas été considérée.

4.4.3.2 Rejet en eau libre

Procéan inc. 1992 identifie la section profonde du chenal de navigation (plus de 20 m de profondeur) qui est présente à faible distance à l'avant des quais 51 à 53 comme un site potentiel pour le rejet en eau libre des sédiments dragués. Le dragage annuel de l'ordre de 75 000 m³ de sédiments dans le chenal de la traverse nord et leur rejet dans le site de dépôt autorisé de l'île Madame est fortement remis en question par le MPO et le MRNF. Ces organismes considèrent que ce site de rejet est dispersif et que cette dispersion affecte la population d'esturgeon noir juvénile qui utilise ce secteur à des fins d'alimentation.

En fonction de ce principe de prudence, le rejet en eau libre d'environ 633 000 m³ de déblais de dragage¹ qui ne servirait pas à la construction de l'aire de services dans le Fleuve en avant des installations portuaires, à moins de 35 km en amont du chenal de la traverse nord, apparaît questionnable et devra faire l'objet d'une évaluation environnementale pour en valider l'acceptabilité.

4.4.3.3 Gestion en milieu terrestre

Le confinement en rive et sur terre, dans le secteur de Beauport, est une option qui a fait l'objet d'un examen public en 1983, dans le cadre d'une Commission fédérale d'évaluation environnementale. L'espace requis pour créer une zone d'arrière-quai, qui

¹ Cette quantité de sédiments est celle qui est évaluée en fonction de l'utilisation d'une partie des sédiments dragués dans le remblai des aires de service des quais 54 et 55, excluant la réalisation de l'extension de la plage des Battures de Beauport proposée.

soit compatible avec les opérations de liquides et solides en vrac et les exigences de la Commission d'évaluation pour la création d'une plage et la protection du rentrant sud-ouest, n'utiliserait qu'environ la moitié du volume de sable dragué dans le cadre du prolongement des quais 54 et 55.

4.4.4 Contrôle et suivi de la dispersion des contaminants

Une caractérisation des sédiments à draguer devrait être faite pour définir la nature exacte de ces matériaux. Les deux sources d'information disponibles (Procéan inc., 1992 et LIE, 1977) sont légèrement contradictoires quant à la description physique des matériaux. Par contre, il est peu probable que ces sédiments soient contaminés.

Si les informations colligées par Procéan inc. (1992) sont exactes, les sédiments à draguer sont plutôt grossiers (sable et gravier avec coquillages) et leur remise en suspension ne serait pas un problème.

Dans le cas où les informations recueillies par LIE (1977) s'avèrent être représentatives, il faudra s'attendre à devoir draguer une quantité non négligeable de sédiments de type silt et sable fin, plus facilement remis en suspension par les opérations de dragage.

La granulométrie des sédiments se trouvant actuellement sur la partie sud de la plage des battures de Beauport et qui proviennent du dragage de 1967, indique la présence d'au moins une petite quantité de graviers et galets dans ces sédiments. La présence de ces matériaux grossiers devra être prise en compte par l'entrepreneur lors du choix de son équipement de dragage de façon à minimiser les arrêts de travail dus à ces éléments grossiers.

4.5 ÉTUDES HYDRODYNAMIQUES

4.5.1 Sédimentation

Les vitesses de courant maximales modélisées par le Groupe-conseil LaSalle (2006) tendraient à démontrer que les courants maximaux sont relativement uniformes le long des nouveaux postes à quai (54 et 55) et sont de l'ordre de 0,8 à 1 m/s en marée de vive eau. Cette zone ne serait donc pas propice à une sédimentation fine, ce que semble confirmer les informations de granulométrie de sédiments prélevés à l'extrémité du quai 53 (forages F1A et F2 de LIE, 1977 et forage 17A de Procéan inc., 1992 – voir plan 17 de l'annexe A).

Cette zone portuaire ne devrait donc pas être affectée par un risque de sédimentation des particules fines au droit des nouveaux postes à quai. Les informations bathymétriques historiques au large du poste 53 tendraient à démontrer que les risques de sédimentation de type sable sont faibles, la bathymétrie de la zone draguée en 1969 n'ayant pratiquement pas changé à ce jour.

Les manœuvres parfois intensives, susceptibles de se produire en hiver à l'aide des remorqueurs pour évacuer le couvert de glace, devraient contribuer à « entretenir » la profondeur à ces postes à quai.

Les minerais auraient par contre tendance à rester sur place ou à être dispersés dans le secteur immédiat des postes à quai. Il serait donc préférable de limiter ces chutes de minerai afin d'éviter toute intervention d'entretien pour y maintenir la profondeur.

Il est par ailleurs à craindre que les jets d'hélice des navires et des remorqueurs ne créent de l'affouillement aux postes à quai. Il est donc recommandé de prévoir une protection, contre cet affouillement potentiel, lors de la conception de la base de ces nouveaux postes à quai.

4.5.2 Panache de dispersion des MES

La remise en suspension des sédiments, lors des activités de dragage dans le cadre de l'extension des quais 54 et 55, sera limitée compte tenu de la nature des matériaux. Il s'agit de sable et de gravier, d'après Procéan inc. (1992) ou de sable moyen et fin, d'après LIE, (1977) (à part pour une mince couche de sable et silt trouvée en surface au forage F2 – Annexe A, plan 17).

Les courants sont relativement importants dans cette zone (1 m/s et plus à certaines phases de la marée). Les sédiments remis en suspension seront rapidement entraînés vers l'amont ou l'aval selon l'état de la marée. Une très faible proportion de ces sédiments en suspension pourrait se retrouver dans le bassin de l'estuaire de la rivière Saint-Charles lorsque le courant est dirigé vers l'amont.

4.5.3 Vents

Les travaux envisagés n'influencent d'aucune façon le régime des **vents** aux futurs postes à quai 54 à 55 ni aux autres postes à quai. Les vents les plus forts (est-nord-est) et les vents les plus fréquents (ouest-sud-ouest) sont alignés avec les faces de ces postes.

4.5.4 Vagues

Les hauteurs de vagues les plus fortes, prédites devant les postes à quai 54 et 55, s'approchent des limites de dérangement des navires attendus à ces postes à quai (0,6 à 0,8 m). Il est probable que ces nouveaux postes à quai soient affectés d'un taux d'indisponibilité un peu plus élevé que les autres postes à quai 52 ou 53.

D'après les calculs faits pour un point BB3, situé à proximité de ces nouveaux postes à quai (voir annexe E), la hauteur de vague de **0,8 m** serait dépassée près de **77 heures (3,2 jours) par saison d'eau libre** (1^{er} avril au 31 décembre) et la hauteur de vague de **0,6 m** serait dépassée près de **325 heures (13,6 jours) par saison d'eau libre** près de ces nouveaux quais.

Une règle généralement admise, pour le genre de navire attendu à ces quais, est que la hauteur de vague de **0,6 m** ne devrait pas être dépassée plus de **6 jours ou 144 heures par année** pour des **navires de taille moyenne**. La même règle générale indique que la hauteur de vague de **0,8 m** ne devrait pas être dépassée plus de **3 jours ou 72 heures par année** pour des **navires de grande taille**. Ces critères ne semblent pas être respectés pour les navires de taille moyenne et sont à la limite de ce qui est recommandé pour les navires de grande taille dans le cas des postes à quai 54 et 55.

Une évaluation plus exacte du niveau d'agitation le long des postes à quai 54 et 55 serait donc recommandée pour définir plus précisément leur taux d'indisponibilité et s'assurer que le taux d'indisponibilité ne dépasse pas des valeurs acceptables pour le Port de Québec et ses usagers. Entre autres, les calculs d'agitation présentés plus haut ne tiennent pas compte de la présence des futurs quais, en particulier le phénomène de réflexion des vagues sur les faces verticales des caissons de béton qui peuvent provoquer une augmentation de l'agitation.

4.5.5 Agitation devant la plage des battures

Les vents de la station de Lauzon entre 1991 et 2006 ont été utilisés pour prédire le climat des vagues devant la plage des battures de Beauport (voir annexe E).

Les valeurs prépondérantes des vagues, qui se produisent devant cette plage ont été utilisées dans une modélisation des phénomènes hydrodynamiques qui mettent en mouvement les sédiments de la plage afin de s'assurer d'une relative stabilité dynamique de la configuration proposée pour la nouvelle plage des battures de Beauport. Le tableau suivant indique les cas de vagues modélisés, Hs étant la hauteur significative de la vague et Tp la période de pointe de la vague.

Tableau 4.1 Cas de vagues modélisés – conception de la plage des battures

Direction	Hs (m)	Tp (s)
E	0,71	3,9
ENE	0,76	3,9
E	1,01	4,6
ENE	1,15	4,8

La direction de propagation des vagues de l'est est de 88 degrés et celle des vagues de l'est-nord-est est de 65 degrés.

Les hauteurs de vagues dépassées pendant un certain nombre d'heures par années ont été calculées pour deux points représentatifs BB1 et BB2 devant la plage (voir annexe E). Les valeurs obtenues sont très similaires pour ces deux points :

Tableau 4. 2 Hauteurs significatives Hs des vagues devant la plage des battures

Récurrance	Hs en BB2 (m)
1 h/saison	1,28
12 h/saison	1,04
1 jour/saison	0,97

Les vagues extrêmes prédites devant la plage des battures ont des hauteurs significatives (Hs) de 1,6 m pour une récurrence de 30 ans et de 1,8 m pour une récurrence de 100 ans.

4.5.6 Courants (marée et vagues) devant la plage des battures

L'orientation de la plage actuelle par rapport aux vagues fait en sorte que les sédiments sont systématiquement déplacés du sud-est vers le nord-ouest au niveau de la partie récréotouristique des battures de Beauport. Les sédiments partent donc du secteur de la plage pour se retrouver dans le rentrant sud-ouest où ils se mélangent aux silts et argiles. La figure suivante de 2005 illustre cette importante intrusion du sable de la plage dans le rentrant sud-ouest.

Les pilotes devront évaluer les paramètres de courant, de vent et de vague en plus de la présence des autres navires à quai pour décider de la manœuvre la plus appropriée. Il est probable que l'accostage au poste à quai 54 demandera l'attente de conditions de courant favorables.

Les manœuvres d'approche au poste à quai 55 seront sans doute plus directes que celles du poste 54, c'est-à-dire sans manœuvre de retournement, soit en provenance de l'aval avec un courant de jusant, soit en provenance de l'amont avec un courant de flot. Les pilotes devront cependant tenir compte du phénomène de « cisaillement » de courant qui se produit à partir de l'extrémité est du quai 55, selon les modélisations du GCL. Les manœuvres d'approche au poste à quai 55 devront s'effectuer à des stades de la marée particuliers pour éviter une perte de contrôle du navire au passage de la zone de cisaillement de courants.

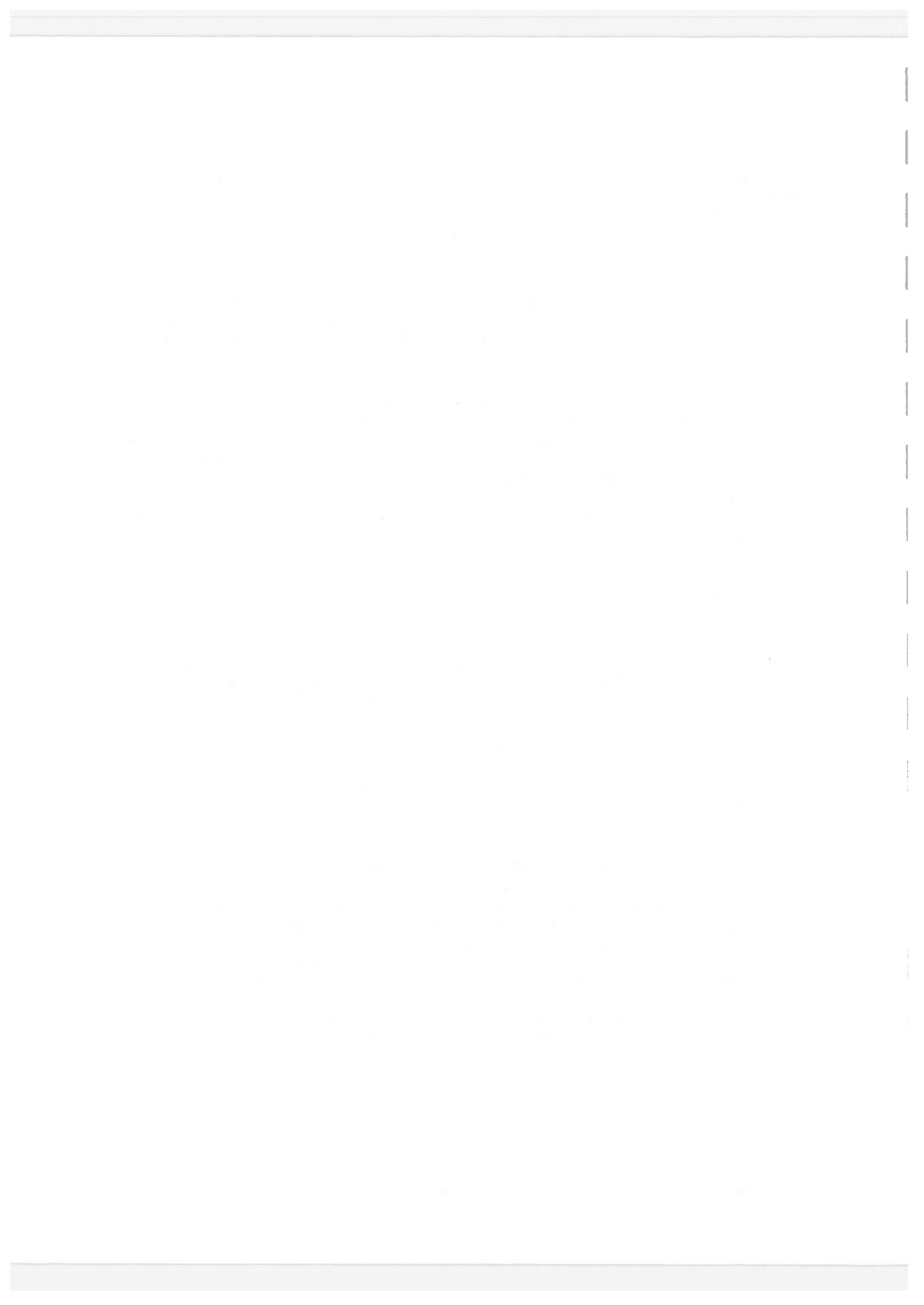
4.6 ÉTUDES ENVIRONNEMENTALES

4.6.1 Contexte historique

Le projet d'extension des activités portuaires, dans le secteur Beauport a été évalué dans le cadre du Processus fédéral d'examen des évaluations environnementales (PFEEE), décrété par le Cabinet en 1973, puis modifié en 1977 et 1984.

La Commission d'évaluation environnementale, nommée par le ministre de l'Environnement en 1978 pour évaluer ce projet, a été chargée de mener un examen public des effets prévus sur les milieux biophysique et socio-économique et, en prenant en compte les effets imprévus, de présenter au Ministre un avis sur la recevabilité environnementale et sociale de ce projet.

Dans son rapport remis en 1984, la Commission ne porte pas de jugement sur la vocation du port de Québec, sur son rôle dans la politique portuaire canadienne ou sur la nécessité ou la justification d'un projet d'extension dans le secteur de Beauport. La Commission ne porte pas d'avantage de jugement sur la superficie du projet d'extension. Elle mentionne dans ses conclusions que le projet de 42,5 ha proposé par la Société du port de Québec devrait être un projet final, tel que s'y engage le promoteur. Elle fait également référence à la limite de 55 hectares étudiée sur modèle physique comme étant une limite à ne pas dépasser puisque le Groupe Roche mentionne dans son rapport de 1983 que tout projet excédant cette superficie pourrait affecter l'écoulement des eaux du fleuve dans le bras nord de l'île d'Orléans.



- Le conseil municipal et ceux des arrondissements de Beauport et Limoilou;
- Les citoyens des secteurs concernés;
- Les Amis de la Vallée du Saint-Laurent;
- Le Conseil régional de l'environnement Chaudière-Appalaches;
- Le comité de Zone d'intervention prioritaire Chaudière-Appalaches et Québec;
- La Corporation des pilotes du Bas-Saint-Laurent;
- Le secteur de la santé et de l'expertise technique (gestion des risques industriels);
- Les Amis de la Terre de Québec;
- Le Conseil de bassin de la rivière Saint-Charles;
- Accès St-Laurent / Beauport;
- Regroupement des véliplanchistes de la région de Québec;
- Canard Illimité.

4.7 AIRES DE SERVICES

4.7.1 Digues de retenue

Pour créer une aire de service à l'arrière des nouveaux quais, les matériaux de dragage seront utilisés. Pour retenir ces matériaux de dragage constitués de sable, gravier et silt, une digue de retenue devra être construite à partir de l'extrémité du dernier caisson le plus à l'est pour aller rejoindre la plage dévolue au secteur récréotouristique.

Si le projet du terminal pour liquides en vrac était réalisé simultanément avec le projet de prolongement des quais 54 et 55, le noyau de cette digue serait constitué de cinq géo-tubes d'environ 4 mètres de diamètre emplis de copeaux de bois en provenance du dragage de l'emplacement des ducs-d'Albe. Ces géo-tubes seraient mis en place selon la disposition montrée à la coupe C-C au plan no 14, à l'annexe A. Ces géo-tubes seraient ensuite enrobés de sable qui serait protégé par de la pierre filtre et de protection. Sinon, ces géo-tubes ne pourront pas être mis en place, faute d'endroit offrant une protection adéquate contre les vagues et surtout les glaces. Il faudra se départir de ces volumes de copeaux de bois (Stablex) et remplacer ce volume de sédiments par de la pierre dans le projet de prolongement des quais 54 et 55.

4.8 AMÉNAGEMENTS DE SURFACE

L'aire délimitée pour l'aménagement de la surface à l'arrière du quai a été définie par les études hydrodynamiques réalisées par Groupe-Conseil LaSalle. Ces études, réalisées sur modèle numérique, ont permis de dessiner le contour de la limite de l'aire de services de même que le profil optimal de la plage pour obtenir un équilibre à long terme de la plage réservé au secteur récréotouristique (voir le plan 14 de l'annexe A).

Cette aire de service sera utilisée pour l'entreposage de solides et de liquides en vrac (Annexe A, plan 16).

Cette aire sera donc munie de tous les services normalement requis, soit, l'aqueduc pour la protection incendie, des réseaux d'égout pluvial pour recueillir les eaux de ruissellement, les canalisations pour la distribution électrique et l'éclairage, sans oublier les voies d'accès pour la circulation.

4.9 AMÉNAGEMENT DE LA PLAGE

Plusieurs options d'aménagement de la plage des battures de Beauport ont été évaluées dans le cadre de ce projet. Un des principes de base qui a guidé la réflexion est que cette plage est actuellement en sursis, sa transformation en un champ de galets n'étant qu'une question de temps, suite à la fuite des sables vers le marais du rentrant sud-ouest (voir figure 4.1, article 4.6.6).

En fonction de ce principe, quatre impératifs se sont dégagés, soit :

- la nécessité de contrôler la fuite des matériaux du côté nord de la plage;
- la nécessité de recharger cette plage avec une quantité suffisante de sable pour lui redonner une texture adéquate pour les activités récréotouristiques souhaitées, pendant une période de temps intéressante (30 à 50 ans);
- la nécessité de donner à cette plage une forme favorisant sa stabilité à long terme, en fonction des contraintes hydrodynamiques qui la modulent;
- assurer la pérennité des aménagements réalisés dans le cadre des legs fédéral de 2008.

Ces quatre impératifs, en plus de celui de protéger le rentrant sud-ouest, ont donné le projet dont le principe est présenté à la figure 4.2.



Figure 4.1 Photo datant de 2005 de l'intrusion de la langue de sable provenant de la plage des battures dans le rentrant sud-ouest

Deux nouvelles configurations de plage ont été testées par le modèle MIKE 21 du Groupe-conseil LaSalle (voir annexe G – 2^e partie) pour déterminer la stabilité géométrique des configurations de plage proposées par rapport aux vagues dominantes du secteur de Beauport (voir article 4.6.5).

La première configuration (voir figures G-11 et G-12 de l'annexe G) de nouvelle plage démontre une tendance au transport littoral des sables de la plage vers le nord avec un point d'inflexion de ce transport littoral situé aux trois quarts de la longueur de la plage, près du musoir de la digue nord. Il est à craindre avec cette première configuration une certaine « fuite » des matériaux par contournement de l'épi à long terme.

La deuxième configuration (voir figures G-13 et G-14 de l'annexe G) de la plage des battures de Beauport permet une certaine amélioration de la circulation des sédiments. La tendance au déplacement des sédiments vers le nord lors des tempêtes est un peu moins prononcée que dans la configuration précédente. Par contre, il serait recommandé de tester d'autres configurations de la nouvelle plage pour tenter de recentrer encore un peu mieux la circulation des sédiments sur la plage lors des tempêtes et assurer sa pérennité.

4.5.7 Glaces

Les glaces ont un impact important sur la conception des quais 54 et 55. L'orientation de ces quais est essentiellement dictée par la circulation des glaces devant les postes. De façon à limiter l'effet des impacts directs des champs de glace portés par les courants de jusant sur ces quais, un angle de 17 degrés avait été recommandé en 2006 entre les faces des quais 53 et 54 par le Groupe-conseil LaSalle.

L'annexe I donne un aperçu de scénarios de couverts de glace au droit des battures de Beauport.

Actuellement, les champs de glace se stabilisent au droit des battures de Beauport au cours de l'hiver. Les glaces ont alors tendance à circuler dans le chenal profond, loin des quais. Par contre, avant d'atteindre ces conditions de stabilité, le couvert de glace est tout à fait mobile et les nouveaux quais pourraient être fortement sollicités par la glace en mouvement pendant ces phases transitoires.

Il est probable que le fait d'orienter les quais 54 et 55 selon un angle de 17 ou de 15 degrés par rapport au quai 53 ne changera pas vraiment le problème des glaces en mouvement au début de l'hiver et au cours de la débâcle du printemps. Par contre, il ne serait pas recommandé de diminuer en deçà de 15 degrés cet angle, sous peine de poser certains problèmes structuraux aux caissons de béton des quais 54 et surtout 55, aux défenses de quais et aux coques des navires qui y seraient accostés.

4.5.8 Navigation

L'une des conclusions du rapport de GCL, 2006 est à l'effet que l'angle optimal d'extension des quais 54 et 55 est de 17 degrés. Les dernières modélisations du GCL indiqueraient qu'un angle de 15 degrés entre le quai 53 et les quais 54 et 55 ne modifierait pas significativement les conditions d'écoulement, par rapport à celles pour un angle de 17 degrés.

Certaines manœuvres d'approche au quai 54 sont présentées à l'annexe H. Ces manœuvres d'approche s'apparenteraient aux manœuvres actuellement effectuées par les navires en approche au quai 53, soit :

- un freinage dans l'avant bassin de l'estuaire de la rivière Saint-Charles, suivi d'un retournement et d'un accostage avec l'aide des remorqueurs ou;
- un freinage pratiquement parallèle au quai 53, suivi d'un recul vers le poste à quai avec l'aide des remorqueurs.



Figure 4.2 Plan d'ensemble du projet de plage des battures de Beauport

La stabilité des sédiments sur la plage est assurée par :

- d'une part, la digue placée du côté nord qui empêche les sédiments de « fuir » vers le marais du « rentrant sud-ouest »;
- d'autre part, une forme en croissant correspondant à une forme d'équilibre compte-tenu des directions de vagues venant frapper cette plage.

Les quantités de sédiments sableux disponibles permettent de donner à cette plage une dimension lui assurant une meilleure pérennité en fonction des aléas annuels de direction des vagues et de niveaux d'eau.

La longueur de la plage aurait aussi l'avantage de permettre des usages concurrents sans interférence (baignade et planche à voile par exemple).

Enfin, la longueur de la digue nord protégerait efficacement le marais du « rentrant sud-ouest » contre l'intrusion du sable (intrusion qui nuit à la pousse des végétaux) et protégerait partiellement le marais contre les vagues. La diminution des vagues et des courants favoriserait une sédimentation fine dans le marais, sédimentation propice à la croissance des végétaux.

Les résultats de l'étude de modélisation réalisée par le Groupe-conseil LaSalle sur la configuration actuelle de la plage et sur deux propositions de plage remodelée sont présentés à la fin de l'annexe G. Dans cette annexe, les résultats de la modélisation font l'objet d'une interprétation et de recommandations quant aux futures étapes d'étude afin d'optimiser le concept présenté dans ce rapport.

4.10 ESTIMATIONS

Tous les détails des estimations sont contenus dans l'annexe N.

Les coûts de construction pour le prolongement des quais 54 et 55 ont été estimés à \$.

4.11 DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS

L'utilisation des caissons en béton armé reste la meilleure option pour le prolongement du quai grâce à leur capacité à absorber les tassements différentiels et à supporter de grandes surcharges.

Le prolongement des quais 54 et 55 implique le dragage d'environ 1 400 000 m³ de sable. Bien que l'option de rejet en eau libre soit techniquement possible et moins coûteuse que la création d'une plage de plus grande dimension, nous recommandons à l'APQ de retenir le concept proposé pour améliorer l'orientation de la plage et sa stabilité à long terme. En principe, cette option apparaît plus bénéfique sur le plan humain et environnemental que le rejet de plusieurs dizaines de milliers de m³ de sable dans le Fleuve avec un transit sédimentaire orienté vers le chenal du sud de l'Île d'Orléans.

4.12 CALENDRIER DE RÉALISATION

L'échéancier des travaux qui apparaît à l'annexe O a été réalisé en considérant que les deux ou trois projets se feraient simultanément ou encore de façon concurrente. Le temps alloué pour chacune des activités demeurent valable. Mais étant donné que la présence de l'esturgeon noir dans ce secteur ne semblerait être qu'occasionnelle, ces travaux pourraient être réalisés de façon continue selon l'échéancier présenté en annexe O.

Les travaux sur le site ne pourraient pas débiter avant l'année 2011 car il faut compter environ 28 semaines pour fabriquer les 18 caissons en béton armé. Ces caissons seraient donc fabriqués dès la première année, soit en 2010. On ne peut se permettre de débiter les opérations de dragage pour la mise en place des caissons avant d'avoir à sa disposition lesdits caissons. Il serait risqué de draguer les matériaux pour la mise en place des caissons sans être en mesure de mettre en place au fur et à mesure et dans les plus brefs délais les caissons, car à long terme, les excavations pourraient se remplir, ce qui obligerait de revenir draguer à nouveau.

En fonction du processus d'évaluation qui sera suivi (examen préalable ou études approfondies), il faudra tenir compte des préoccupations du public. La conséquence possible sur l'échéancier serait une augmentation des délais pour réaliser l'évaluation environnementale (2 à 3 semaines) ou, si les préoccupations étaient extrêmement fortes, une décision du ministre de l'Environnement du Canada de tenir une commission d'examen sur le projet (délais de 3 à 5 ans). Ce dernier scénario ne nous semble pas réaliste à l'heure actuelle.

La majeure partie des travaux serait réalisée durant l'année 2011. Les seuls travaux à compléter en 2013 seraient ceux relatifs aux aménagements de l'aire de services.

4.13 ÉTUDES À RÉALISER

- Géotechnique (caractérisation physique complète des sols);
- Bathymétrie / topographie;
- Caractérisation environnementale des sédiments;
- Courants, navigabilité (modélisation des manœuvres);
- Vagues;
- Dragage (technique de dragage, équipement approprié, recherche de sites de dépôt, etc.);
- Évaluation de l'aire d'alimentation des esturgeons noirs.

5.7 SYNERGIE ENTRE LES DIFFÉRENTS PROJETS

L'analyse des contraintes environnementales, d'ingénierie et économiques, associées à la réalisation de chacun des projets pris séparément, nous amène à la conclusion que la réalisation d'un projet d'ensemble serait avantageuse sur tous les plans, dans la mesure où les conditions suivantes seraient respectées.

- le volume de déblais de dragage associé à l'approfondissement des quais 51 et 52, à la construction des ducs-d'Albe et au prolongement des quais 54 et 55 doit être équivalent au volume de remblai requis pour créer la zone d'arrière-quai, la plage et la protection du rentrant sud-ouest :
 - un maximum de 136 000 m³ de sable contaminé, provenant de l'approfondissement des quais 51 et 52, sera confiné dans la zone d'arrière-quai, sous le niveau de la nappe phréatique;
 - un maximum de 111 000 m³ de copeaux et de pâte contaminées, provenant de la construction des ducs-d'Albe sera confiné dans les cellules avant des caissons des quais 54 et 55 (91 000 m³) et dans des géo-tubes (20 000 m³). Ces derniers seront intégrés dans la digue de retenue de la zone d'arrière-quai;
 - un maximum de 1 395 000 m³ de sable propre, provenant du prolongement des quais 54 et 55 et du dragage de la zone d'avant-quai, serviront à construire un épi délimitant le rentrant sud-ouest, à nourrir la plage et à construire la zone d'arrière-quai de l'extension portuaire.
- le séquençage des travaux doit suivre les étapes suivantes :
 - construction d'une aire d'assèchement pour entreposer temporairement les matériaux contaminés dragués pour la réalisation du terminal de liquides en vrac ainsi que pour l'approfondissement du quai;
 - fichage des pieux et palplanches à l'avant des quais 51 à 52 et fixation à ces derniers, avant de réaliser le dragage de la zone d'avant-quai, jusqu'à l'élévation de -15,5 m marégraphiques;
 - dragage des matériaux contaminés pour assurer le tirant d'eau requis au terminal et pour approfondir le devant des quais 51 et 52;
 - fabrication des 18 nouveaux caissons en béton armé;
 - construction de l'épi pour délimiter la nouvelle plage avec le rentrant sud-ouest;
 - excavation des sables non contaminés, dans l'alignement des quais 54 et 55, pour permettre la mise en place des caissons et leur utilisation pour la construction de l'épi du rentrant sud-ouest et de la plage, au fur et à mesure de la mise en place des caissons;

- mise en place en séquence des caissons des quais 54 et 55 , avec les opérations de dragage hydraulique;
- dragage d'une tranchée au niveau du zéro marégraphique, pour permettre la mise en place des géo-tubes. Ces géo-tubes serviront de noyau à la digue de retenue servant à fermer la section arrière de la nouvelle zone portuaire. Les sables excavés pourront être réutilisés pour enrober les géo-tubes;
- mise en place de l'enrochement pour protéger le noyau de la digue de retenue;
- les matériaux contaminés (copeaux et pâte) de l'estuaire de la rivière Saint-Charles préalablement dragués seront disposés dans les cellules avant des caissons des quais 54 et 55 et dans des géo-tubes. Ces derniers seront transportés et mis en place pour constituer le noyau de la digue de ceinture de la zone d'arrière-quai;
- les sables contaminés dragués, provenant de l'approfondissement des quais 51 et 52, devront être disposés dans les cellules arrières les caissons des quais 54 et 55, de préférence sous le niveau zéro marégraphique et de façon minimale sous le niveau de la nappe phréatique, qui s'établira dans la zone d'arrière-quai suite à la construction de l'aire d'extension;
- les sables non contaminés de la zone d'avant-quai des quais 54 et 55, devront être dragués jusqu'à -16 m marégraphiques et utilisés pour remplir la nouvelle zone d'arrière-quai;
- construction des ducs-d'Albe;
- travaux de finition de la zone d'arrière-quai (mise en place des services).

5.8 ECHÉANCIER PROBABLE

5.8.1 Obtention des permis fédéraux

Le projet, soumis à la Commission en 1983, était réalisé uniquement avec des sédiments sableux non contaminés. Comme le projet de 1983 (adopté sous le régime du PFEEE) n'a pas été réalisé suite à l'achèvement de l'évaluation, et que celui-ci comporte de nouvelles modalités de réalisation (dragage et confinement de sédiments contaminés), les articles 71(1) à 74(3), dits de droit transitoire, peuvent être évoqués par l'APQ, pour préciser le cadre de réalisation de l'évaluation environnementale.

S'il semble probable que les préoccupations du public justifieront la réalisation d'une nouvelle évaluation environnementale, visant le dragage et le confinement de sédiments contaminés dans l'aire d'extension, la jurisprudence en matière d'évaluation environnementale fédérale permettra vraisemblablement à l'APQ de conserver les acquis de la Commission, en ce qui concerne la cohabitation des activités récréatives et portuaires ainsi que la protection du rentrant sud-ouest.

Cette interprétation est basée sur l'avis juridique de l'annexe K et devra être validée. Dans ce contexte, la justification du projet et le maintien ou l'aménagement du rentrant sud-ouest, comme mesure de compensation, ne seraient pas remis en question.

5.8.2 Échéancier des travaux

L'échéancier des travaux qui apparaît à l'annexe O a été réalisé en considérant que les trois projets seraient réalisés simultanément ou encore de façon concurrente. Les principales contraintes qui ont été considérées sont les suivantes :

- Étant donné les délais requis pour obtenir les approbations environnementales, nous avons considéré que les travaux de construction ne pourraient débuter avant l'année 2010;
- Le dragage dans le secteur des ducs-d'Albe devrait être interdit entre le 15 mai et le 1^{er} septembre de chaque année, à cause de la présence assidue d'esturgeons noir dans ce secteur particulier;
- Il serait également interdit de planter les pieux pour les ducs-d'Albe durant cette même période s'étendant du 15 mai au 1^{er} septembre.

Il est obligatoire de draguer les matériaux contaminés, de les entreposer dans l'aire d'assèchement avant la mise en place des caissons, car une grande partie de ces matériaux contaminés doivent être utilisés comme remplissage des dits caissons.

L'application de ces contraintes fait en sorte que les travaux doivent être réalisés dans un délai de trois ans et se termineraient à l'automne 2012.

6. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

6.1 DÉFINITION DU PROJET RECOMMANDÉ

L'analyse des différents aspects techniques, environnementaux et économiques des projets envisagés par l'Administration portuaire de Québec tend à indiquer que le projet qui répondrait le mieux aux besoins exprimés et qui serait économiquement viable serait la **construction simultanée des ducs-d'Albe** du terminal de liquides en vrac dans l'estuaire de la rivière Saint-Charles **et du prolongement des quais 54 et 55** incluant la création d'une aire de services attenante.

Il est également recommandé de profiter de la réalisation de ce projet pour **améliorer et rendre plus pérennes les installations récréotouristiques** de la baie de Beauport ainsi que pour améliorer la **protection du marais du rentrant sud-ouest**.

6.2 COÛT DU PROJET

Les coûts pour la réalisation du **projet recommandé**, soit le terminal de liquides en vrac et le prolongement des quais 54 et 55, ont été évalués à environ \$ et pourraient être moindres si la profondeur d'eau devant les quais prolongés (54 et 55) était elle aussi réduite.

Les coûts pour la réalisation des **trois projets** ont été évalués à près de \$, et ce en considérant que les trois projets se feraient en même temps. Pour arriver à ce montant, l'option « Dalle sur pieux tubés » du scénario 2 a été considérée pour le terminal de liquides en vrac. Si les projets se faisaient individuellement dans le temps, il faudrait ajouter à ce budget un montant de l'ordre de \$ pour la disposition des matériaux contaminés hors du site.

Mentionnons que même si le degré de précision des estimations est de l'ordre de 25 %, il est prudent de considérer que ces coûts sont représentatifs. En conséquence, il est probable que des décisions devront être prises pour réduire les coûts du projet.

L'une d'entre elles serait d'éliminer complètement le projet d'approfondissement des quais 51 et 52. L'économie serait de l'ordre de \$. De plus, ce projet apparaît fortement discutable si l'on considère le coût de ce projet en fonction des bénéfices. Parmi les trois projets, c'est celui qui entraîne des contraintes majeures pour la poursuite des opérations durant la construction. Les postes 51 et 52 devant lesquels seraient réalisés les travaux d'approfondissement seraient pratiquement inaccessibles par les opérateurs durant la majeure partie de la construction qui s'étale sur une période d'un an. De plus, ces travaux obligent de réaliser des travaux sur les postes 49 et 53, pour que la nouvelle face d'accostage soit uniforme sur tous ces postes à quai. La nouvelle face aura pour effet d'éloigner les navires d'environ 1,5 mètre par rapport à la face

actuelle, ce qui représente une contrainte sur les équipements actuels lors des futures opérations de transbordement. Enfin, il faut se demander si l'approfondissement de ces postes à quai de 13,5 m à 15,5 m est vraiment essentiel si l'on considère que le prolongement des nouveaux quais 54 et 55 offrira cette profondeur d'eau aux navires à fort tirant d'eau

Si la modélisation pour la manœuvre des navires lors de l'accostage au terminal de liquides en vrac et dans l'estuaire de la rivière Saint-Charles démontrait que le scénario 1 des ducs-d'Albe est viable, des économies d'environ \$, soit une réduction d'environ 25 % des coûts de ce projet pourraient être réalisées.

Enfin, le projet de prolongement des nouveaux quais 54 et 55 a été évalué en considérant une profondeur d'eau de 16 m à marée basse. Il est certain qu'en réduisant la profondeur de 16,0 à 15,5 m par exemple, ceci entraînerait une réduction des coûts. Les quantités de dragage seraient réduites de près de 150 000 m³ et la quantité de béton serait moindre puisque la hauteur des caissons serait réduite de 0,5 m. Enfin cette réduction aurait aussi un impact sur les quantités de remblai des dits caissons.

En résumé, les coûts pour la réalisation des deux projets pourraient être réduits à environ \$ et encore davantage si la profondeur d'eau du prolongement était elle-aussi réduite.

6.3 ÉCHÉANCIER DE RÉALISATION DU PROJET RECOMMANDÉ

L'échéancier de réalisation du projet recommandé serait de l'ordre de :

- 30 mois pour les études, évaluations environnementales, obtention des permis et finalisation des plans et devis;
- 36 mois pour la réalisation des travaux sur le terrain.

6.4 POINTS IMPORTANTS

Il est important de mentionner qu'une validation des informations disponibles et que l'acquisition de nouvelles données sont indispensables pour poursuivre ce projet :

- forages géotechniques (les forages disponibles sont insuffisants en nombre, en représentativité et de nombreux secteurs concernés par les travaux n'ont jamais été caractérisés);
- bathymétrie / topographie (de nombreuses zones apparaissant sur les plans de l'annexe A ne sont sans doute pas représentatives car elles proviennent de données anciennes ou encore d'interpolations);

- granulométrie et caractérisation des sédiments (les données disponibles sont parfois contradictoires et ne couvrent pas tout le territoire affecté par les travaux);
- évaluation de l'aire d'alimentation des esturgeons noirs (vérifier avec les spécialistes la documentation disponible sur l'aire d'alimentation dans tout le secteur concerné par les travaux).

Si l'APQ désire que son projet soit opérationnel en 2013, il est essentiel que le processus pour retenir les consultants pour entreprendre les études requises débute au plus tôt. En effet, la durée requise pour la réalisation des études, l'obtention de tous les permis incluant les délais pour les consultations publiques et la préparation des documents d'appel d'offres a été évaluée à un peu plus de trente mois, soit deux ans et demi. Si l'on ajoute la durée de la construction de trois ans, il faudrait donner les mandats dès septembre 2007 pour respecter la date de livraison des travaux. Enfin, il faudra tenir compte des délais impliqués par les séances d'informations

6.5 SUITE DES ÉTUDES - CE QU'IL RESTE À FAIRE

- Acquérir de nouvelles données;
- Actualiser les coûts et quantités en fonction des nouvelles données;
- Flotte de bateaux – évaluer le dragage à –15,5 m au lieu de –16 m pour les postes à quai 54 et 55. Vérifier les conséquences de ce changement sur les coûts;
- Optimiser l'orientation du prolongement des quais 54 et 55 (angle);
- Optimiser les options de disposition des sédiments du prolongement (terrestre versus eau libre / dimension de la plage / protection du rentrant sud-ouest);
- Préparer les mandats aux divers consultants; accorder les dits mandats; faire réaliser les relevés topographiques et bathymétriques des secteurs concernés par les travaux; faire réaliser une étude géotechnique (nature des sols et surtout l'épaisseur des matériaux contaminés, plus particulièrement les copeaux); entreprendre une campagne de caractérisation des sédiments; réaliser les études environnementales; préparer les plans et devis ainsi que les documents d'appel d'offres.

7. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

GÉOTECHNIQUE

- Technisol, Étude géotechnique complémentaire, Construction du quai 49, Secteur Beauport, Projet J-0568, Québec, Août 2001, 34 p.
- Technisol, Étude géotechnique, Quai 49, Secteur Beauport, Projet J-0568, Québec, Décembre 2000, 56 p.
- Groupe Conseil TS inc. Décembre 2000. Caractérisation environnementale. Quai 49 secteur Beauport. Administration portuaire de Québec. 44 p.
- Laboratoire d'Inspection et d'Essais, Forages complémentaires, Battures de Beauport, Étude géotechnique. Quais 54-55, 1977, 54 p.
- Laboratoire d'Inspection et d'Essais inc., Port de Québec, Quai 56, Battures de Beauport, Étude géotechnique,, 1981, 64 p.
- Laboratoire de Construction Inc., Estuaire de la rivière Saint-Charles, Forages et échantillonnages, Octobre et novembre 1974, 1976, 55 p.
- Laboratoire de Construction Inc., Estuaire de la rivière Saint-Charles, Sondages et échantillonnages, mai 1978, 18 p.
- Procéan inc. 1992 (1). Caractérisation des sédiments du Port de Québec.
- Procéan inc. 1992 (2). Plan d'intervention des secteurs aquatiques contaminés – Port de Québec- Secteur P1Q1 – Estuaire de la rivière Saint-Charles - Rapport rédigé pour Environnement Canada, Direction de la protection de l'environnement, Conservation et protection – Région de Québec. 55 p.
- LABORATOIRE SOL ET BÉTON INC., Rapport de reconnaissance géotechnique, extension des battures de Beauport, Port de Québec, 1989, 16 p.
- Department of Public Works Testing Laboratories, Report on subsurface investigation for proposed wharf-section 53, St-Charles River, 1968, 33 p.
- The St-Lawrence Seaway Authority Construction Branch, Sols Investigation for National Harbour Project, Beauport Flats, 1974, 89 p.

ENVIRONNEMENT

- Consultants en environnement Argus, 2001. Projet de compensation de l'habitat du poisson pour les travaux d'aménagement aux quais 49 et 103. 14 pages + annexes.
- CJB Environnement inc. Août 2006. Examen préalable. Legs fédéral pour le 400^e anniversaire de Québec. Baie de Beauport. J-4512.
- Commission d'évaluation environnementale. 1984. Projet d'extension du port de Québec, rapport # 26. Processus fédéral d'évaluation et d'examen en matière d'environnement.
- Environnement Canada, 1997. Les technologies d'assainissement des lieux contaminés. Manuel de référence. Groupe de travail sur la gestion des lieux contaminés.
- Ouellet, Y. 2006. Extension du Port de Québec – Étude comparative des vents mesurés simultanément à Lauzon et à Beauport entre janvier et décembre de 200 à 2003 - Rapport GCN-2006-02 – Préparé pour le Groupe-conseil LaSalle pour le compte de l'Administration portuaire de Québec.
- PROCÉAN INC., Plan d'intervention des secteurs aquatiques contaminés, Port de Québec, Secteurs P1Q1, Phase 2, Estuaire de la rivière Saint-Charles, Caractérisation détaillée, Tome 2, Février 1992, 70 p.
- Procéan inc. 1990. Caractérisation de la qualité des sédiments du port de Québec. Tome 1. Rapport final. Soumis à la direction de la Conservation et protection, Environnement Canada. 132 p.
- Robert Hamelin & associés inc. 1992. Projet de restauration et d'extension portuaire : technique de confinement des matériaux contaminés.
- Robert Hamelin & associés inc. 1991. Mise à jour du dossier de l'extension du port de Québec dans le secteur des battures de Beauport.
- Roche Associés Ltée Groupe conseil. 1983. Étude des répercussions environnementales de l'extension du port de Québec. Aspects biophysiques. Énoncé des incidences environnementales. Port de Québec. 376 p.
- Technisol Environnement, 2002. Caractérisation environnementale des sédiments. Quais 50 à 53, 28 et 22. Port de Québec. Version préliminaire. 25 p.
- Technisol Environnement, 2001. Essais de lixiviation supplémentaires. Quai 49, secteur Beauport. Administration portuaire de Québec. 8 p.

HYDRODYNAMIQUE

- Groupe Conseil LaSalle. Port de Québec, Nouvelles infrastructures portuaires Beauport 2007 (J-4161), Modélisation numérique des conditions hydrauliques, Rapport GCL N° 1657 préparé pour l'APQ, Août 2007, 55 p.
- Groupe Conseil LaSalle, Port de Québec, Legs fédéral de 2008, Site de la baie de Beauport (J-4512), Impacts de l'extension du secteur portuaire de Beauport sur les conditions hydrosédimentologiques locales, 2006. 86 p.

AUTRES

- Port de Québec, Rapport concernant l'extension du quai 54, 1985, 15 p.
- ROCHE, Étude de faisabilité, Aménagement d'un terminal de vrac liquide, Secteur Beauport, projet J-0561, 1999, 45 p.
- McNeal, Patricia L. and Miller, Michael D., The Importance Phasing and Flexibility at Operating Terminals, Port Newark Container Terminal Case Study, 52 p.

PERSONNES RENCONTRÉES

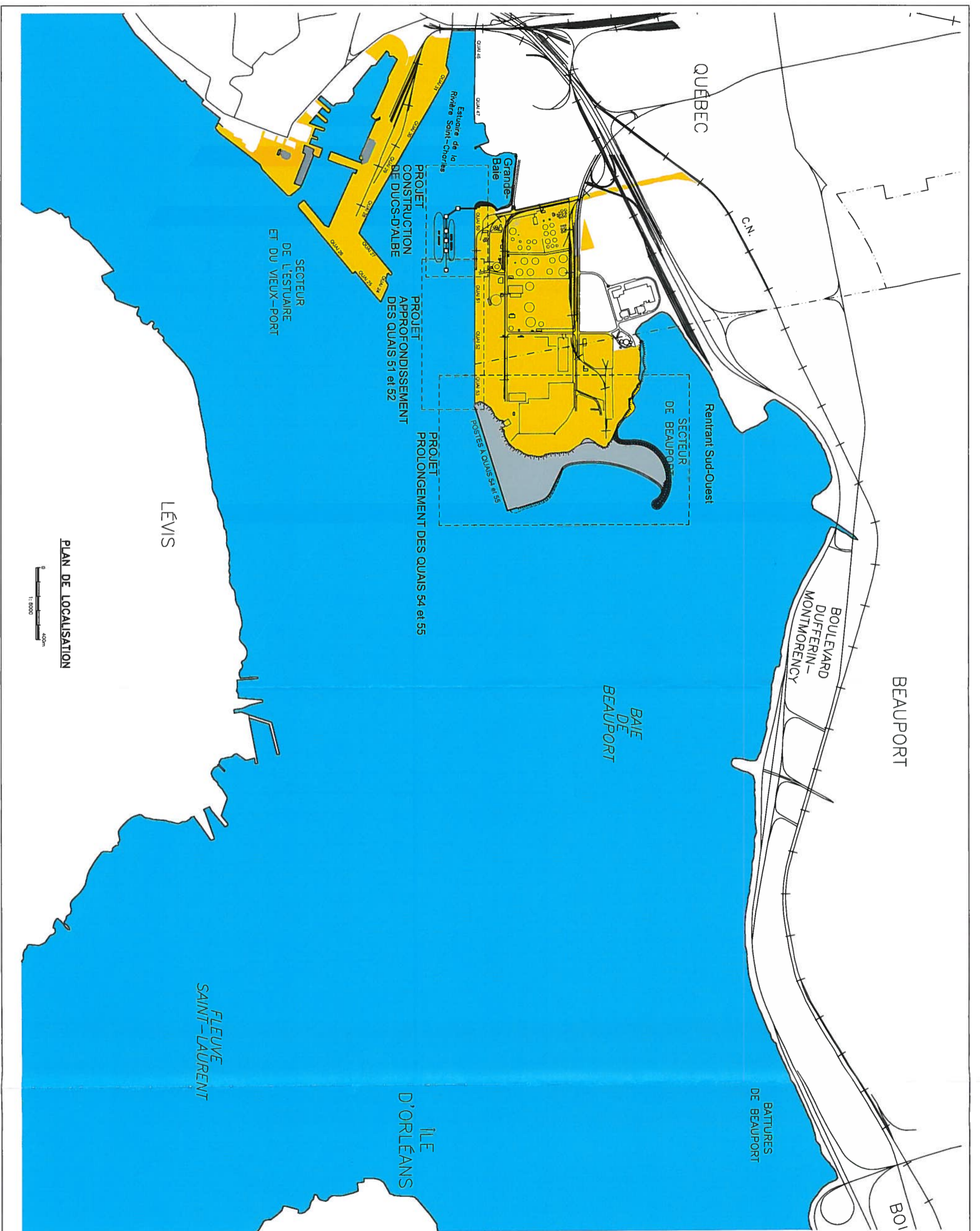
- Administration portuaire de Québec :
 - Marcel Labrecque
 - Michel Lefrançois
 - Nancy Hudon
- Pilotes :
 - Simon Pelletier
 - Marc-André Fortin
- Remorqueurs :
 - André Pelletier
 - Maryse Paré
- Association des pilotes du Saint-Laurent (modélisation de la navigation) :
 - Paul Racicot
 - Alain Victor
 - Jean Lapointe





ANNEXE A

Plans



PLAN DE LOCALISATION



PORT DE QUÉBEC

CIMA

1899007

24, rue Dufferin, Québec (Québec) H3A 2K4
Téléphone : (418) 683-8117
Télécopieur : (418) 683-8233
Fax : (418) 683-8233

révision	date	description
2	2007-08-28	REVISION GÉNÉRALE
1	2007-06-18	ÉTUDE DE RÉFÉRENCE

At. no. de plan: **A**
 B: sur feuille no.: **A**
 C: feuille no.: **B/C**

PORT DE QUÉBEC
 ÉTUDE DE PRÉFASABILITÉ
 NOUVELLES INFRASTRUCTURES
 PONTUAIRES
 BEAUPORT 2007, J-4161

PLAN DE LOCALISATION

Contenu	date
RELJEAN MASSÉ, Ing., M.Sc.	2007-03-28
Quantité	2007-03-28
FINANCES LANDÉ, Tech.	2007-03-28
Approuvé	2007-03-28
RELJEAN MASSÉ, Ing., M.Sc.	2007-03-28
Summation	2007-03-28
Administrateur de projet	2007-03-28
no. de projet	007459A
no. de dessin	1



PLAN D'ENSEMBLE



PORT DE QUÉBEC
CIMA
 27 rue Duquesne, Québec, QC G1R 2K1
 Téléphone: (418) 683-2222
 Télécopieur: (418) 683-2223
 Fax: (418) 683-2224
 www.portdequebec.com

BS9001

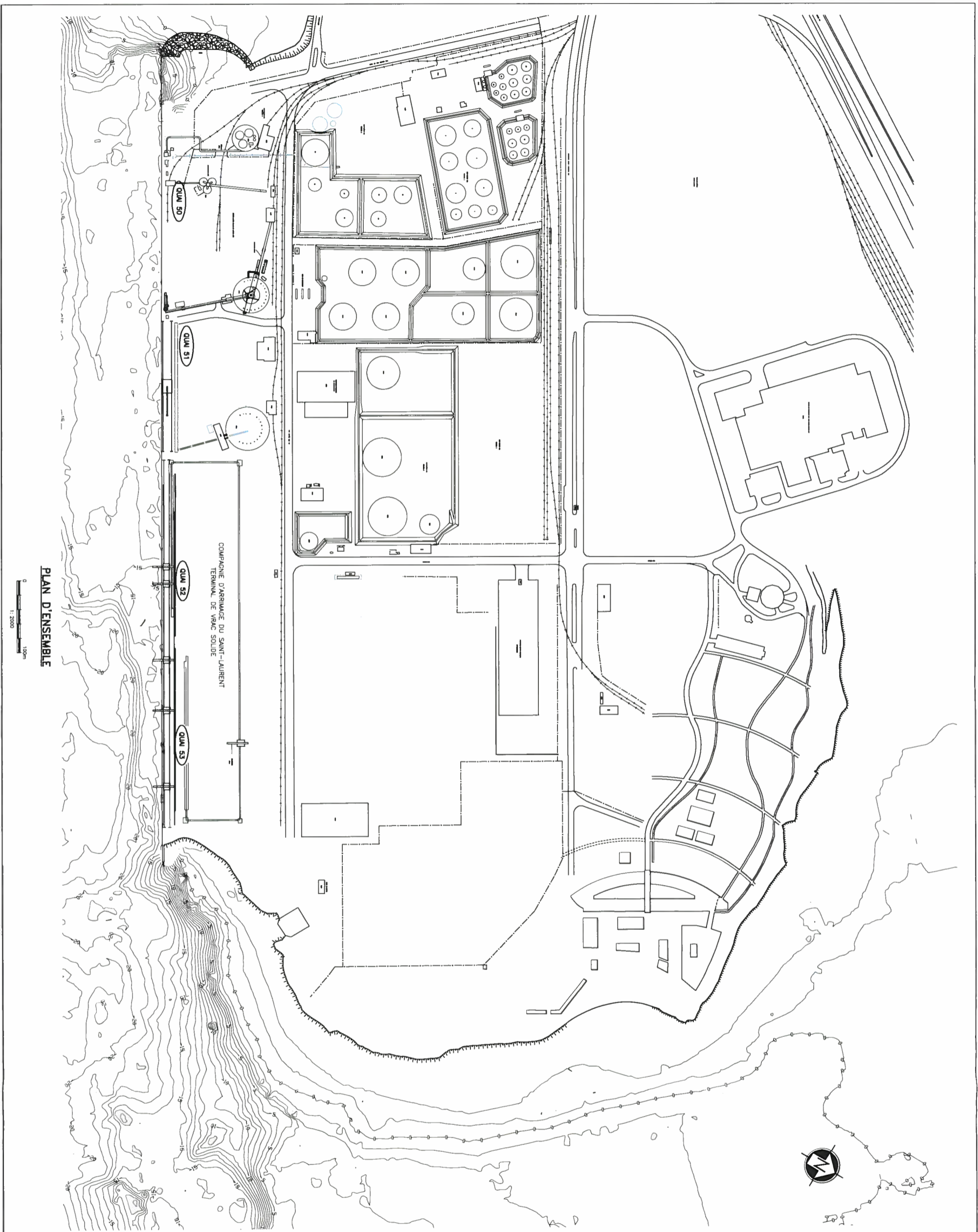
no. de plan	titre	date
2	REVISION GENERALE	2007-09-26
1	ETUDE DE PRE-FAISABILITE	2007-09-18

A: no. du dessin
 B: sur feuille no.
 C: feuille no.

PORT DE QUÉBEC
 ETUDE DE PRE-FAISABILITE
 NOUVELLES INFRASTRUCTURES
 PORTUAIRES
 BEAUPORT 2007, J-4161

PLAN D'ENSEMBLE

no. de plan	titre	date
2	PLAN D'ENSEMBLE	2007-03-28
1	PROJET CONSTRUCTION DE DUGS-D'ALBE	2007-03-28
1	PROJET APPROFONDISSEMENT DES QUAIS 51 et 52	2007-03-28
1	PROJET PROLONGEMENT DES QUAIS 54 et 55	2007-03-28



PLAN D'ENSEMBLE

0 100m
1:2000



189/007

BATIMENT

NOTES DE RÉFÉRENCE
 Les données bathymétriques de base utilisées pour le
 développement de ce plan ont été obtenues par le
 Service Hydrographique du Canada (SHC) ou de son fournisseur National Data
 International (NDI).
 • Cartes marines nos 1316 et 1317 en format
 numérique (AutoCAD) et les tables de
 données de SHC et NDI.
 • Beauport, métrique hydrographiques no 300394
 datant de 1982.
 • Pour consulter ou la Saint-Charles et le secteur
 Beauport.

- 1. métrique no 3003712 118 et 28 octobre 1971).
- 2. métrique no 3004441 14 juillet 2005).
- 3. métrique no 3004342 20 juin 2005).
- 4. métrique no 3004442 20 juin 2005).
- 5. métrique no 3004410 119 juin 2005).

révision	date	description
1	2007-09-14	ÉTUDE DE FÉASIBILITÉ
2	2007-08-30	REVISION GÉNÉRALE

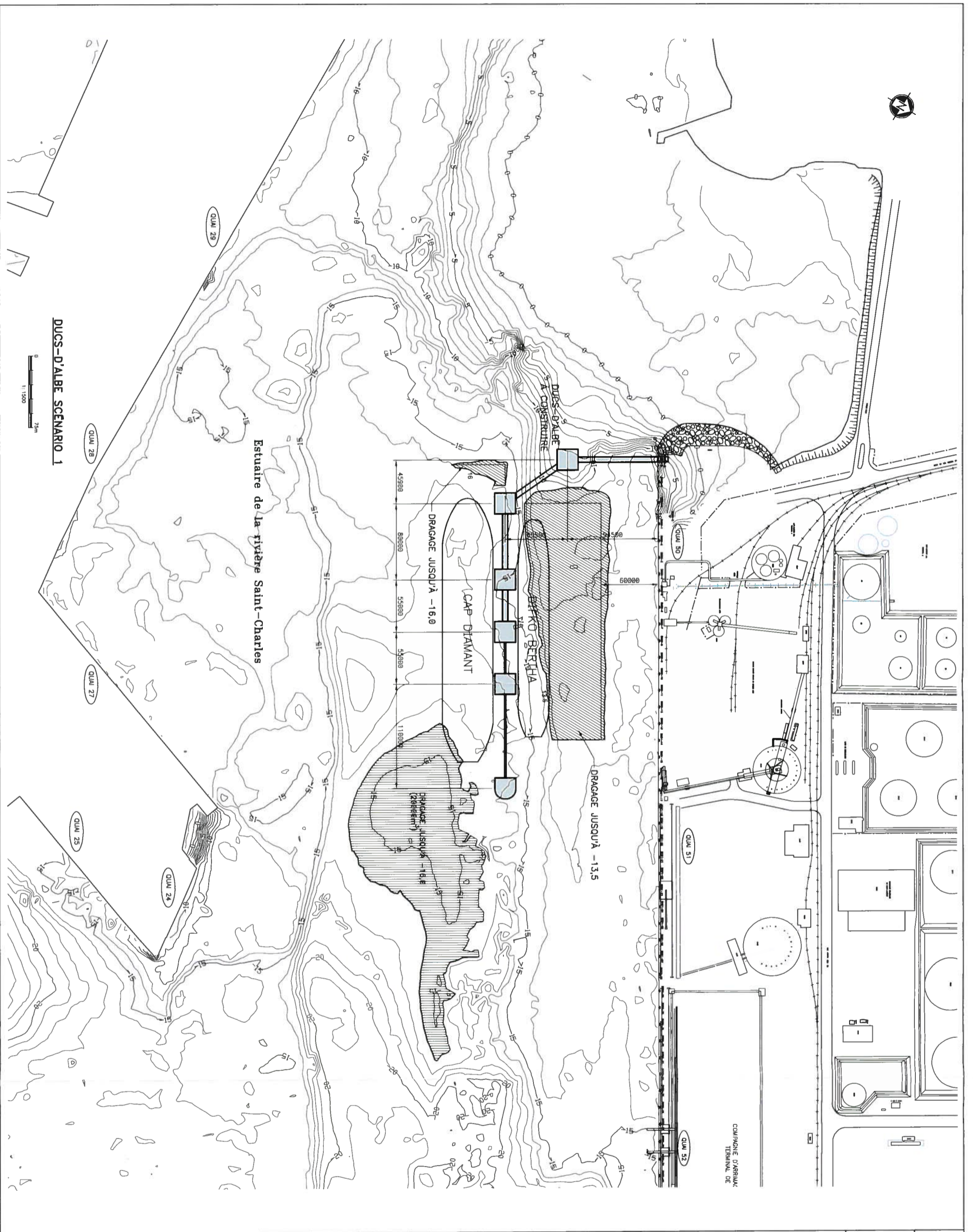


PORT DE QUÉBEC
 ÉTUDE DE FÉASIBILITÉ
 NOUVELLES INFRASTRUCTURES
 PORTUAIRES
 BEAUPORT 2007, J-4161

ÉTAT DES LIEUX
 SECTEUR BAF DE BEAUPORT

Genre	date
REDAI MASC. Ing. M.Sc.	2007-03-28
FRANCS LAMIE, Tech.	2007-03-28
REDAI MASC. Ing. M.Sc.	2007-03-28

Administrateur de projet
 007459A
 4



1809001

révisions	date
2	2007-08-30
1	2007-06-18

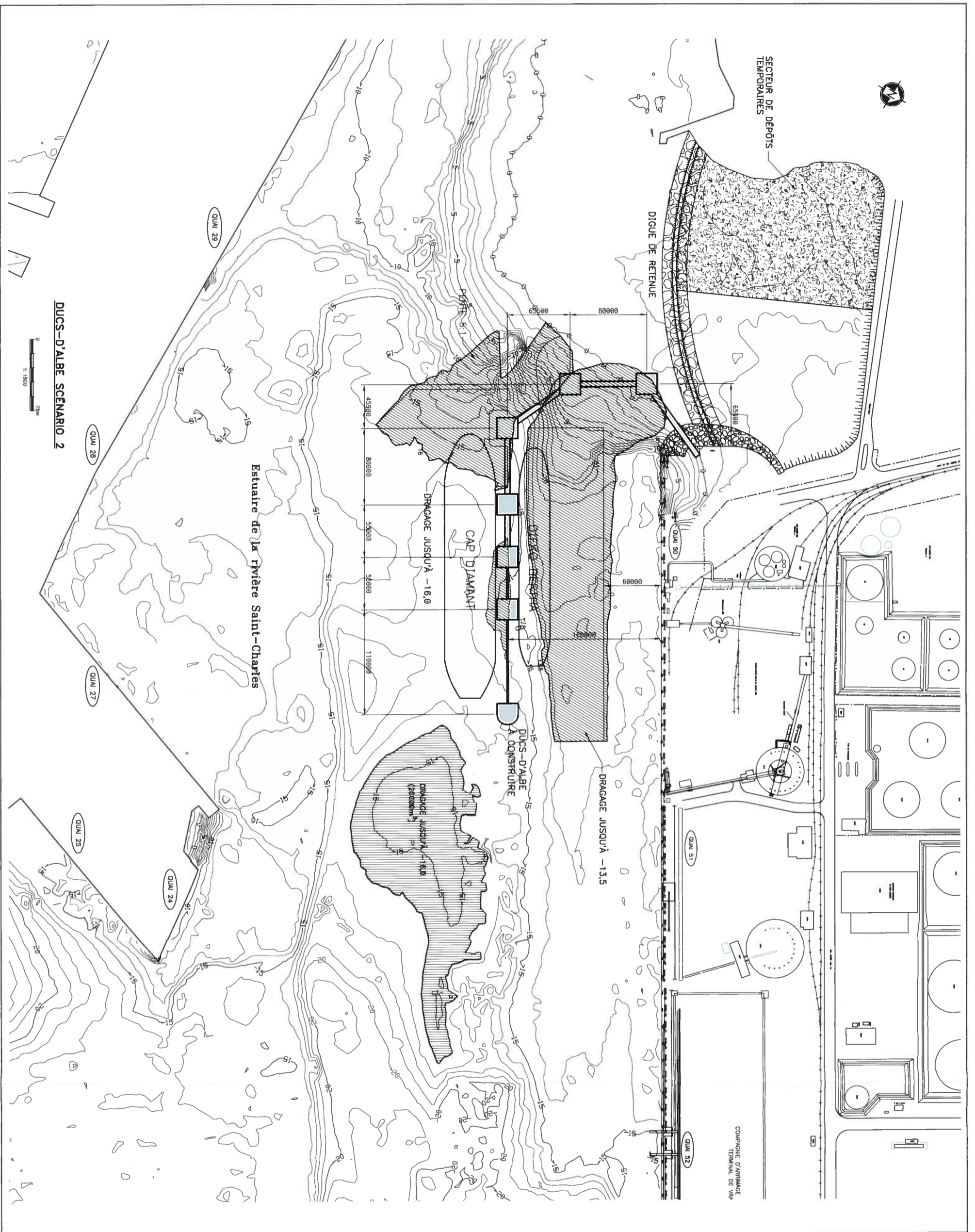
PROJET
PORT DE QUÉBEC
 ETUDE DE PRÉFASABILITÉ
 NOUVELLES INFRASTRUCTURES
 PORTUAIRES
 BEAUPORT 2007, J-4161

PROJET CONSTRUCTION
 DE DUCS-D'ALBES
 SCENARIO 1

Contenu	date
RELJUN MASSE, Ing., M.Sc.	2007-03-28
FRANÇOIS LAVOIE, Tech.	2007-03-28
RELJUN MASSE, Ing., M.Sc.	2007-03-28

007459A

5



PORT DE QUÉBEC

CIMA

RS9001

2, rue Dufferin, Québec (G1R 1T1)
 Téléphone: (418) 525-2317
 Télécopieur: (418) 525-2318
 www.cima.qc.ca

révision	date	description
2	2007-08-30	REVISION GÉNÉRALE
1	2007-06-18	ÉTUDE DE PRÉFASABILITÉ

PROJET

PORT DE QUÉBEC

ÉTUDE DE PRÉFASABILITÉ

NOUVELLES INFRASTRUCTURES

PORTUAIRES

BEAUPORT 2007, J-4161

PROJET CONSTRUCTION

DE DUCS-D'ALBES

SCÉNARIO 2

Comp	nom	ing.	M.Sc.	date
1	RELAIN MARCEL	ing.	M.Sc.	2007-03-28
2	FINCHES LAMIEE TECH.	ing.	M.Sc.	2007-03-28
3	RELAIN MARCEL	ing.	M.Sc.	2007-03-28

Administrateur de projet

no. de projet: **007459A**

no. de feuille: **6**



RSQ001

27, rue Ontario, Québec (G1R 5T7)
 Téléphone: (418) 528-2377
 Télécopieur: (418) 528-2378
 www.cima.ca

LÉGENDE
 ● LOCALISATION TETRAPIROQUE
 ● DESTURGEONS NOIRS ADULTES

REFERENCE
 Daniel Hailin, biologiste, M.Sc.
 Ministère des Ressources naturelles
 et de la Faune du Québec.

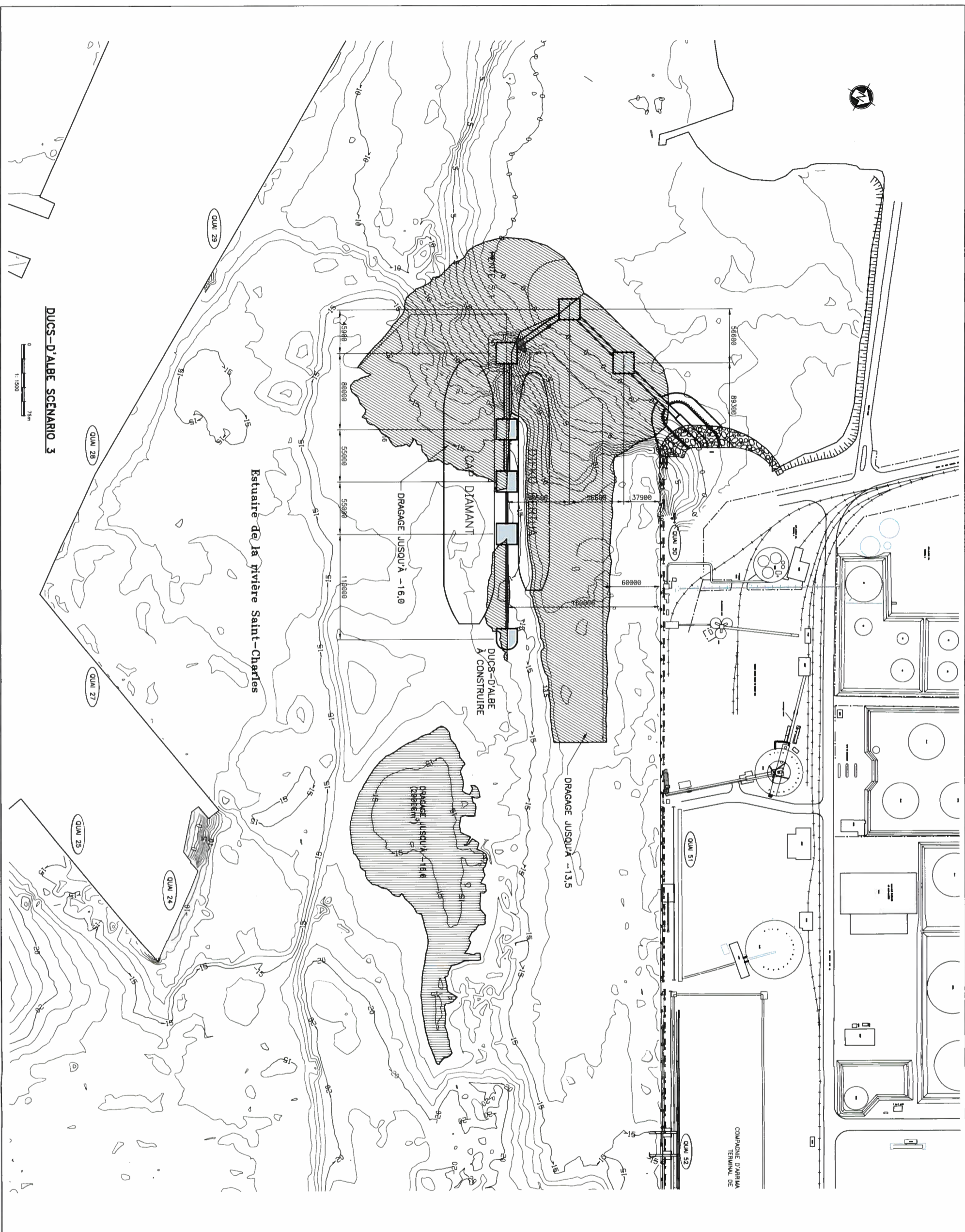
révision	date	révisé par	date
2	2007-08-20	REVISION GÉNÉRALE	
1	2007-06-18	ÉTUDE DE FÉASIBILITÉ	



PROJET
PORT DE QUÉBEC
 ÉTUDE DE FÉASIBILITÉ
 NOUVELLES INFRASTRUCTURES
 PORTUAIRES
 BEAUPORT 2007, J-4161

CLIENT
 PROJET CONSTRUCTION DE
 DUCS-D'ALBAE (SCÉNARIO 2)
 AIRE D'ALIMENTATION DE L'ESTURGEON
 NOIR DANS L'ESTUAIRE DE LA
 RIVIÈRE ST-CHARLES

nom	titre	date
Conçu	CAROLE GOSSELIN, B.Sc.	2007-04-18
Validé	FRANÇOIS LAMOTTE, Tech.	2007-04-18
Approuvé	CAROLE GOSSELIN, B.Sc.	2007-04-18
Administrateur de projet		
no. de projet	007459A	
no. de feuille	7	



PORT DE QUÉBEC
CIMA
 189-0071
 21 rue Ontario, Québec, QC G1R 2G7
 Téléphone: (418) 682-2217
 Télécopieur: (418) 682-2217
 www.cima.qc.ca

no. de révision	date	description
1	2007-06-18	ETUDE DE FÉASIBILITÉ
2	2007-08-06	REVISION GÉNÉRALE

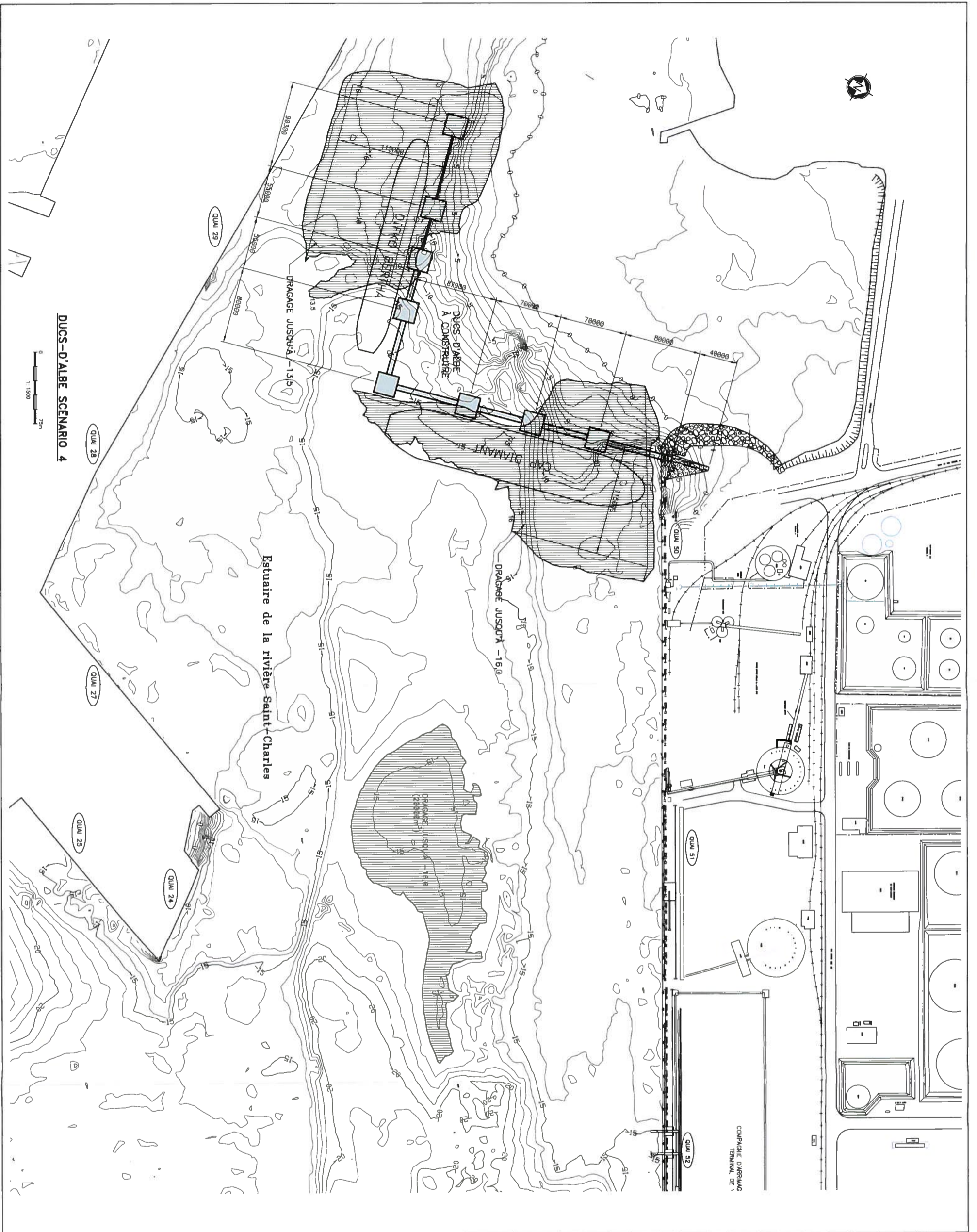
A: no. du dessin
 B: sur feuille no.
 C: feuille no.

PORT DE QUÉBEC
 ETUDE DE FÉASIBILITÉ
 NOUVELLES INFRASTRUCTURES
 PORTUAIRES
 BEAUPORT 2007, J-4181

no. de révision	date	description
1	2007-03-28	PROJET CONSTRUCTION DE DUCS-D'ALBES SCENARIO 3

Contrôleur: NELSON MASSE, Ing., M.Sc. 2007-03-28
 Dessiné: FRANÇOIS LAMOTTE, Tech. 2007-03-28
 Approuvé: NELSON MASSE, Ing., M.Sc. 2007-03-28

Administrateur de projet: 007459A
 no. de dessin: 8



PORT DE QUÉBEC

CIMA
 27, rue Charles-De Gaulle, 2e étage
 Québec, QC H2C 2S2
 Téléphone: (418) 652-2222
 Fax: (418) 652-2223
 E-mail: cimainfo@cima.ca

IS9001

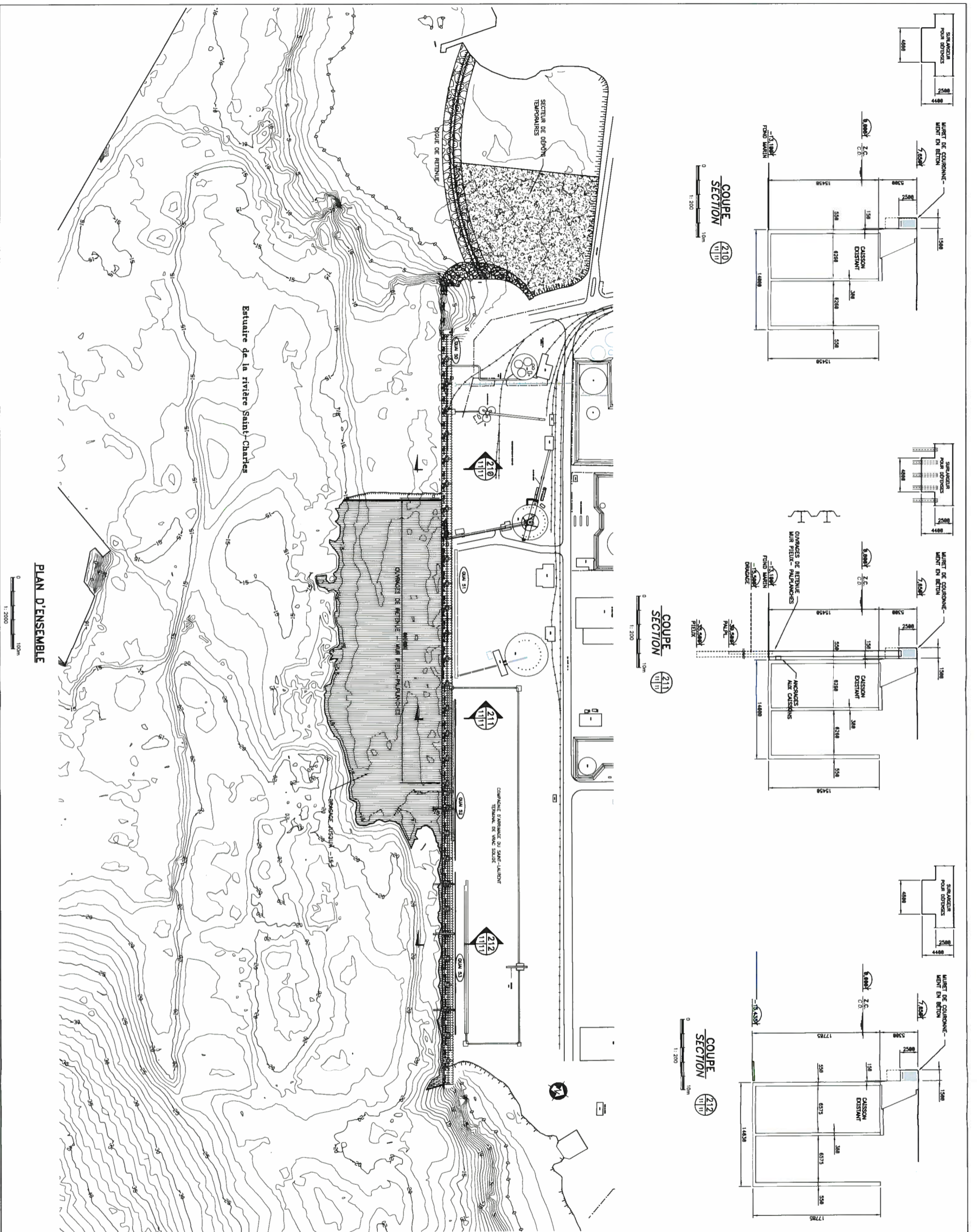
Révisions	
2	RÉVISION GÉNÉRALE
1	ÉTUDE DE FÉASIBILITÉ

Auteurs	
A	Ar. no. du dessin
B	Sur. no. du dessin
C	Revisé

PORT DE QUÉBEC
 ÉTUDE DE FÉASIBILITÉ
 NOUVELLES INFRASTRUCTURES
 PORTUAIRES
 BEAUFORT 2007, J-4161

Dates	
Conçu	RELÉAN MASSÉ, Ing. M.Sc. 2007-03-28
Dessiné	FRANÇOIS LAMONTE, Tech. 2007-03-28
Approuvé	RELÉAN MASSÉ, Ing. M.Sc. 2007-03-28

Administration de projet	
no. de projet	007459A
no. de dessin	9



PLAN D'ENSEMBLE

0 100m
1:2000

COUPE SECTION 210

0 10m
1:200

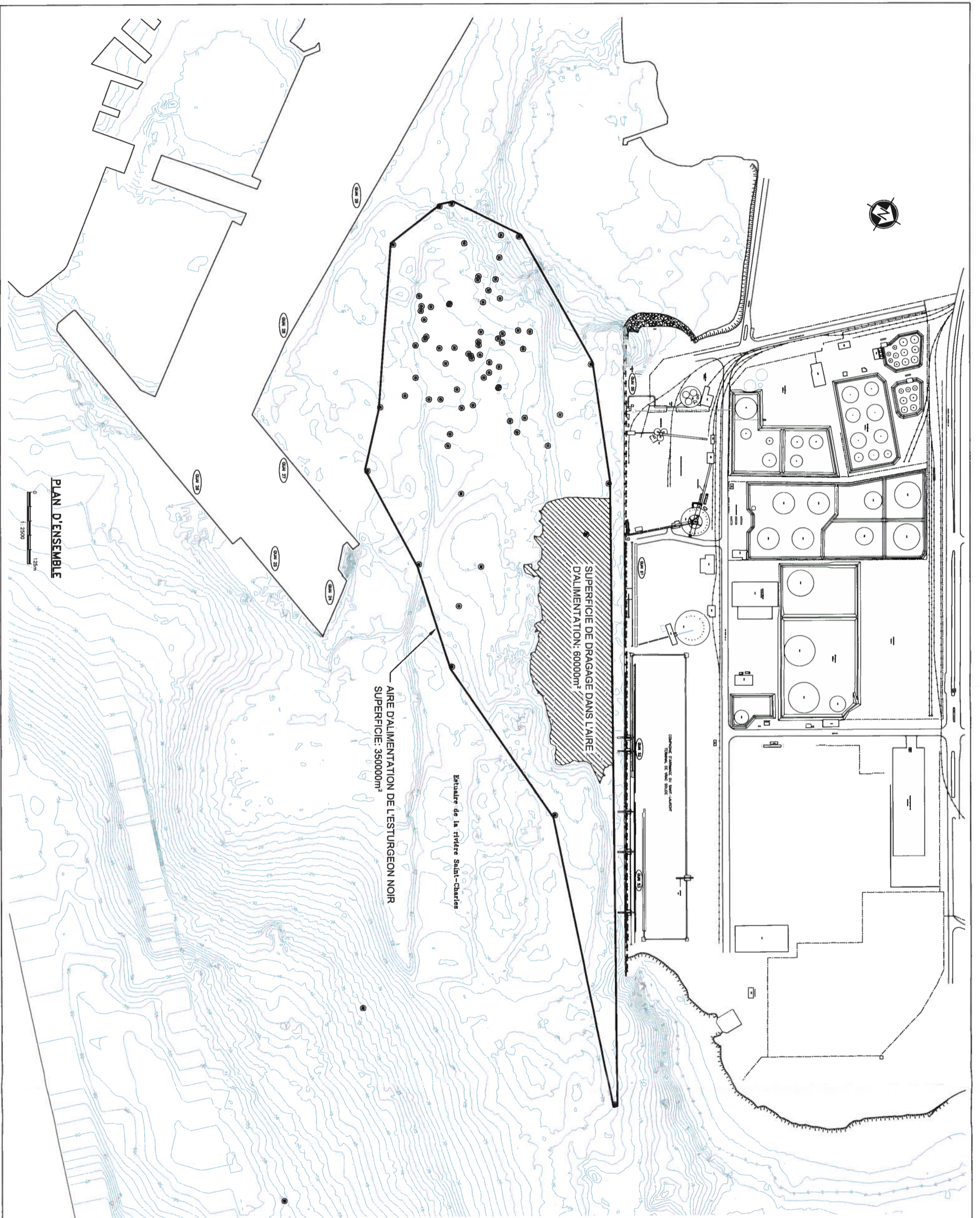
COUPE SECTION 211

0 10m
1:200

COUPE SECTION 212

0 10m
1:200

<p>PROJET APPROFONDISSEMENT DES QUAIS 51 ET 52 PLAN D'ENSEMBLE</p>																	
<p>PROJET PORT DE QUÉBEC ETUDE DE FÉASIBILITÉ NOUVELLES INFRASTRUCTURES PORTUAIRES BEAUPORT 2007, J-4161</p>																	
<p>Revisions:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>no.</th> <th>description</th> <th>date</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>ETUDE DE FÉASIBILITÉ</td> <td>2007-04-16</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>REVISION GÉNÉRALE</td> <td>2007-08-30</td> </tr> </tbody> </table>						no.	description	date	1	ETUDE DE FÉASIBILITÉ	2007-04-16	2	REVISION GÉNÉRALE	2007-08-30			
no.	description	date															
1	ETUDE DE FÉASIBILITÉ	2007-04-16															
2	REVISION GÉNÉRALE	2007-08-30															
<p>Approuvé:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>no.</th> <th>nom</th> <th>date</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>RELJON MASSEL, Ing., M.Sc.</td> <td>2007-03-28</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>FRANÇOIS LAMÉE, Tech.</td> <td>2007-03-28</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>RELJON MASSEL, Ing., M.Sc.</td> <td>2007-03-28</td> </tr> </tbody> </table>						no.	nom	date	A	RELJON MASSEL, Ing., M.Sc.	2007-03-28	B	FRANÇOIS LAMÉE, Tech.	2007-03-28	C	RELJON MASSEL, Ing., M.Sc.	2007-03-28
no.	nom	date															
A	RELJON MASSEL, Ing., M.Sc.	2007-03-28															
B	FRANÇOIS LAMÉE, Tech.	2007-03-28															
C	RELJON MASSEL, Ing., M.Sc.	2007-03-28															
<p>no. de projet: 007459A</p>																	
<p>no. de dessin: 11</p>																	



PLAN D'ENSEMBLE

1:2000

125m

SUPERFICIE DE DRAGAGE DANS LAIRE D'ALIMENTATION: 60000m²

AIRE D'ALIMENTATION DE L'ESTURGEON NOIR SUPERFICIE: 350000m²

Estuaire de la rivière Saint-Charles

CHANGEMENT D'ALIMENTATION DE L'ESTURGEON NOIR



89001

LÉGENDE
 ● LOCALISATION TÉLÉMÉTRIQUE
 ● ESTURGEONS NOIRS ADULTES

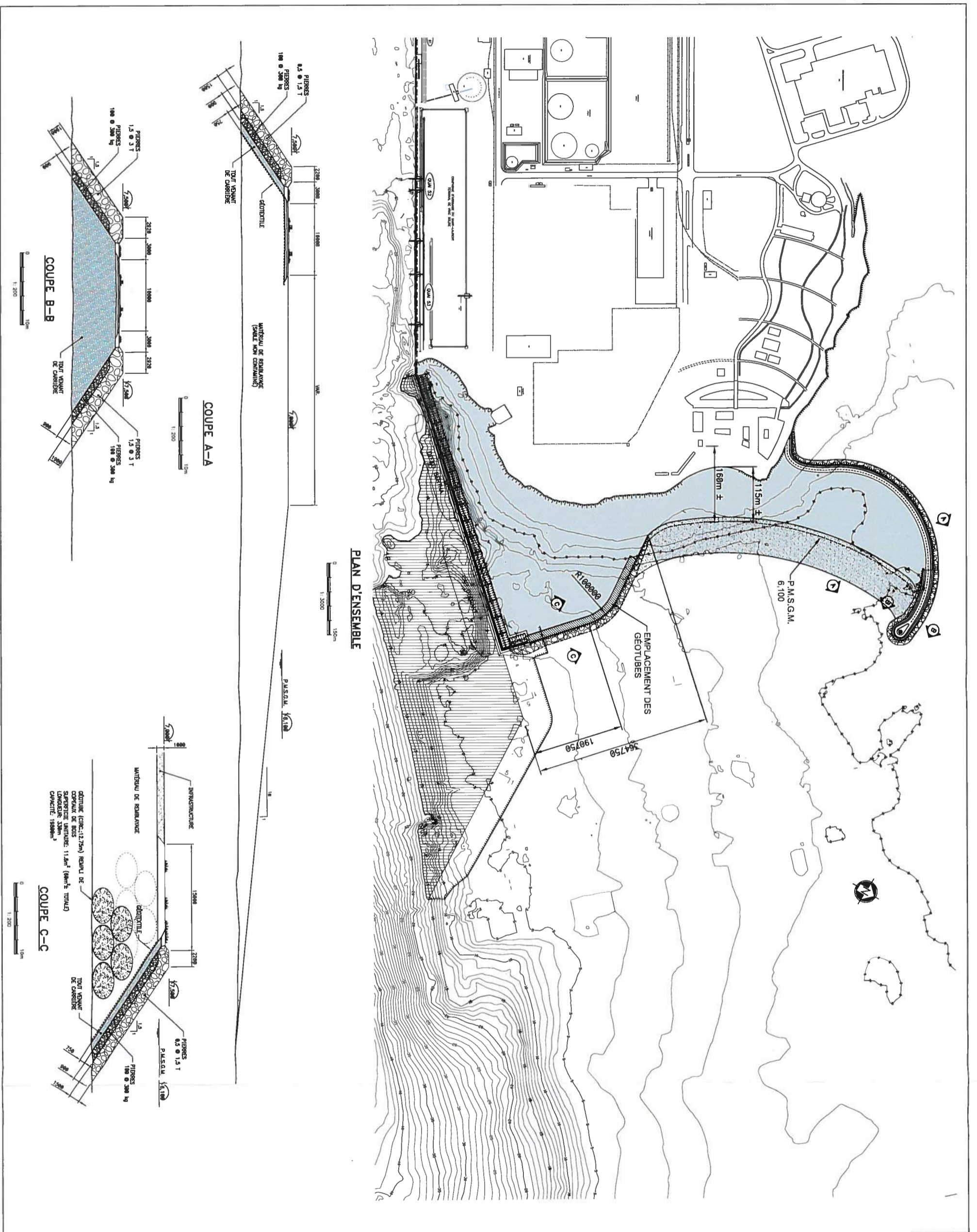
REFERENCE
 Daniel Hahn, biologiste, M.Sc.
 Ministère des Ressources naturelles
 et de la Faune du Québec.

no. de révis.	date	description
2	2007-04-18	REVISION GENERALE
1	2007-04-18	ETUDE DE PRE-FAISABILITE

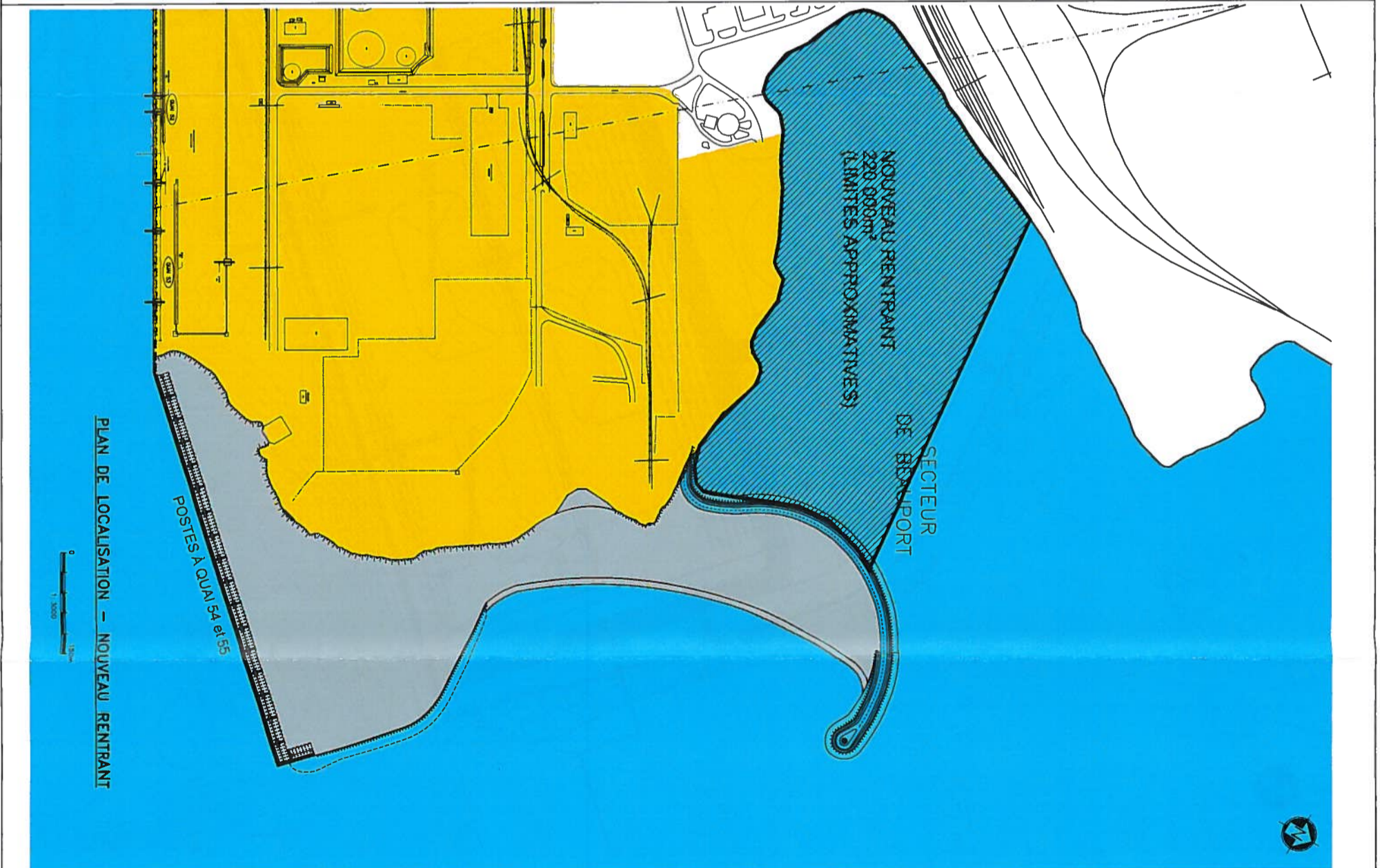
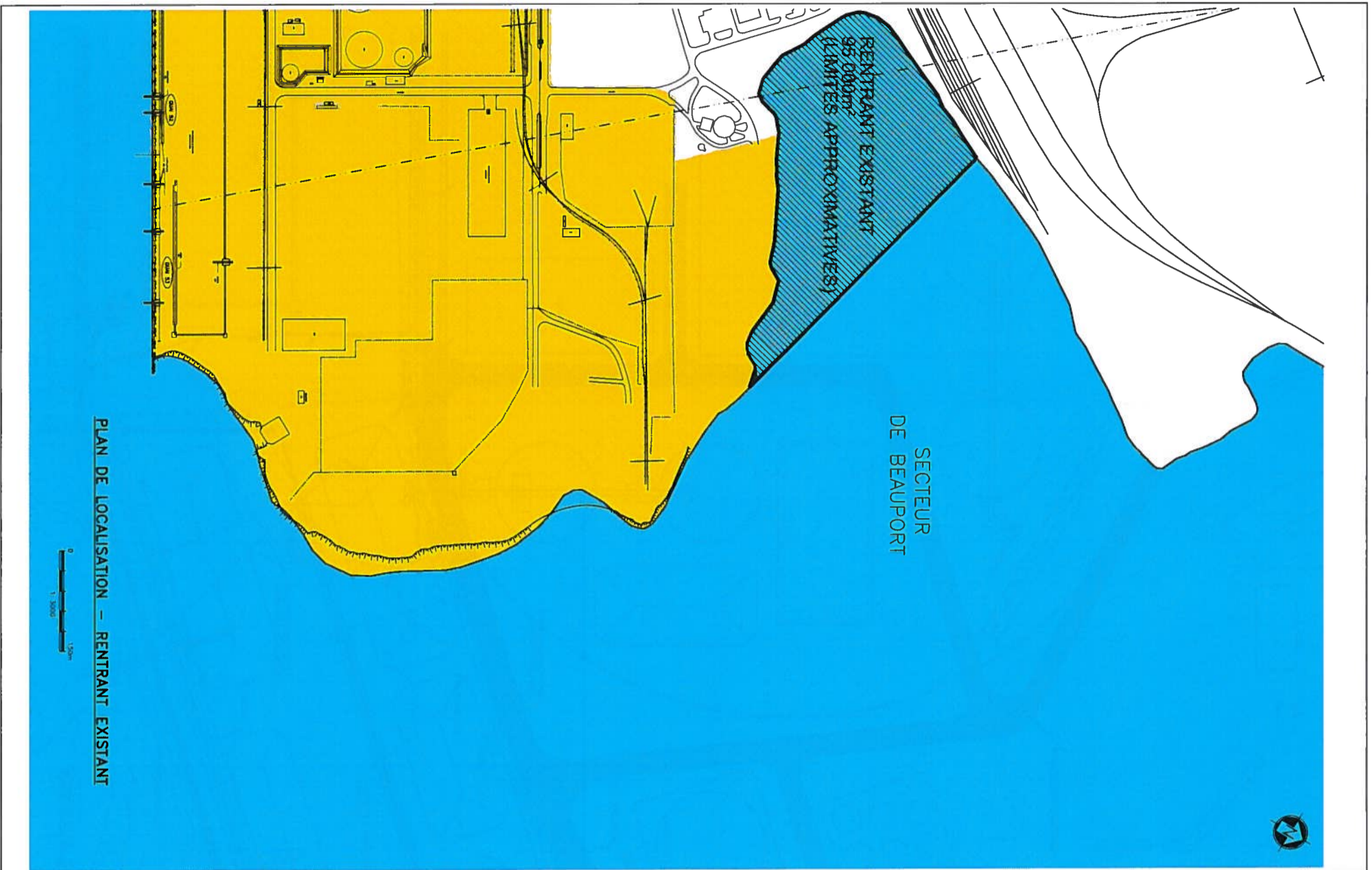
PROJET
 PORT DE QUÉBEC
 ETUDE DE PRE-FAISABILITE
 NOUVELLES INFRASTRUCTURES
 PORTUAIRES
 BEAUPORT 2007, J-4161

PROJET APPROFONDISSEMENT
 DES QUAIS 51 ET 52
 AIRE D'ALIMENTATION DE L'ESTURGEON
 NOIR DANS L'ESTUAIRE DE LA
 RIVIERE ST-CHARLES

no. de révis.	date	description
007459A	2007-04-18	007459A



RSQ001 <small>17, rue Dufferin, Québec, QC H1T 1M2 Téléphone: (418) 683-2333 Fax: (418) 683-2334</small>	
PROJET PORT DE QUÉBEC ÉTUDE DE PRÉFASIBILITÉ NOUVELLES INFRASTRUCTURES PORTUAIRES BEAUPORT 2007, J-4161	
A: no. de dessin B: sur feuille no. C: feuille no.	A B C
2 RÉVISION GÉNÉRALE 2007-08-28	1 ÉTUDE DE PRÉFASIBILITÉ 2007-08-18
2007-03-28 2007-03-28 2007-03-28 2007-03-28 2007-03-28 2007-03-28	
PROJET PRINCIPAL M. S. C.	
APPROUVÉ M. S. C.	
CONSULTANT M. S. C.	
ADMINISTRATEUR DE PROJET M. S. C.	
NO. DE PROJET 007459A	
NO. DE FEUILLE 14	



PORT DE QUÉBEC

CIMA

189,001

27, rue Ste-Anne, Québec (G1R 3K1)
Téléphone : 514 382-1111
Téléfax : 514 382-2111
Courriel : cim@port-quebec.com

Revisions	Date	Aut.	Rev.
2	2007-04-30	REVISION GÉNÉRALE	
1	2007-06-18	ÉTUDE DE FÉASIBILITÉ	

A: rev. au détail
 B: sur feuille no.
 C: feuille no.

A
 B
 C

PORT DE QUÉBEC
 ÉTUDE DE FÉASIBILITÉ
 NOUVELLES INFRASTRUCTURES
 PORTUAIRES
 BEAUPORT 2007, J-4181

PROJET
 PROJET PROLONGEMENT
 DES QUAIS 54 et 55
 RENTRANT SUD-OUEST

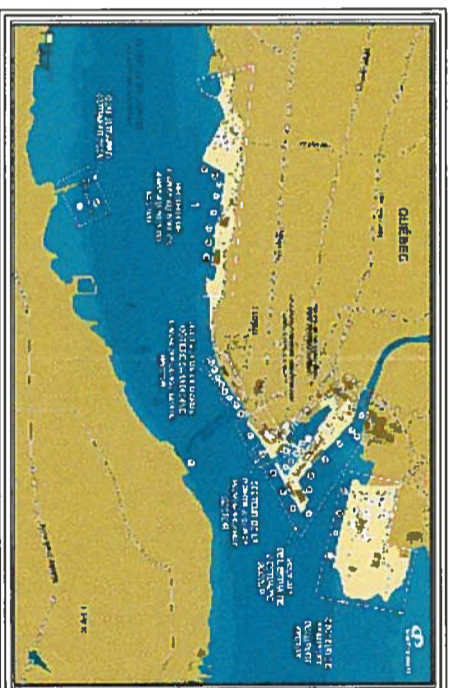
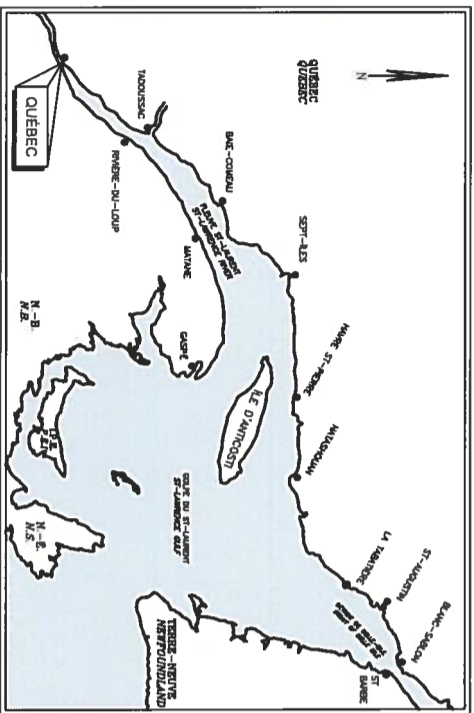
Contenu	date
RELEVÉ MASSÉ, Ing., M.Sc.	2007-04-28
PROJET	2007-04-28
FRANÇOIS LAMOTTE, Tech.	2007-04-28
Approuvé	date
RELEVÉ MASSÉ, Ing., M.Sc.	2007-04-28
date	date
Administrateur de projet	
no. du projet	007459A
no. de feuille	15



PORT DE QUÉBEC

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ NOUVELLES INFRASTRUCTURES PORTUAIRES

BEAUPORT 2007, J-4161



LISTE DES PLANS	
01 -	PLAN DE LOCALISATION
02 -	PLAN D'ENSEMBLE
03 -	ÉTAT DES LIEUX, PORT DE QUÉBEC, QUAIS 49 A 53
04 -	ÉTAT DES LIEUX, SECTEUR BAIE DE BEAUPORT
05 -	PROJET CONSTRUCTION DE DUCS-D'ALBES, SCÉNARIO 1
06 -	PROJET CONSTRUCTION DE DUCS-D'ALBES, SCÉNARIO 2
07 -	PROJET CONSTRUCTION DE L'ESTURGEON NOIR
08 -	AIRE D'ALIMENTATION DE DUCS-D'ALBES, SCÉNARIO 3
09 -	PROJET CONSTRUCTION DE DUCS-D'ALBES, SCÉNARIO 4
10 -	PROJET CONSTRUCTION DE DUCS-D'ALBES, DIVERSES OPTIONS - DÉTAILS
11 -	PROJET APPROFONDISSEMENT DES QUAIS 51 ET 52, PLAN D'ENSEMBLE
12 -	PROJET APPROFONDISSEMENT DES QUAIS 51 ET 52, PLAN D'ENSEMBLE
13 -	AIRE D'ALIMENTATION DE L'ESTURGEON NOIR
14 -	PROJET PROLONGEMENT DES QUAIS 54 ET 55, PLAN D'ENSEMBLE
15 -	PROJET PROLONGEMENT DES QUAIS 54 ET 55, RÉAMÉNAGEMENT SECTEUR PLAGE
16 -	PROJET PROLONGEMENT DES QUAIS 54 ET 55, SERVICES
17 -	PLAN DES FORAGES

ISO
9001:2000
Des gens de qualité

Les documents d'édits ont été
produits conformément à notre
programme d'assurance qualité.

Chargé(e) d'assurance qualité



37, rue Delage | 2030, boul. de la Rive-Sud | 1145, boul. Lebourgneuf
Rivière-du-Loup | bureau 201 | Québec
(418) 862-8217 | St-Romuald (Lévis) | (418) 823-3373
www.cimma.ca | www.cimma.ca

ANNEXE B

*Analyse des vents dans le
secteur de Beauport*



Analyse des vents dans le secteur de Beauport

Deux stations de vents se trouvent à proximité du secteur « Beauport » (quais 50 à 53) du Port de Québec (voir figure B1). Il s'agit des stations de Lauzon (702MKNL) et de Beauport (7010565). Le Service de l'Environnement atmosphérique d'Environnement Canada fournit les informations sur une base horaire concernant ces différentes stations.

Deux autres stations se trouvent dans la région mais pourraient ne pas très bien représenter les vents du secteur « Beauport » à cause de leur éloignement relatif et de leurs caractéristiques topographiques très différentes de celle du secteur à l'étude. Il s'agit des stations de Saint-François (Île d'Orléans) et de l'aéroport de Québec.

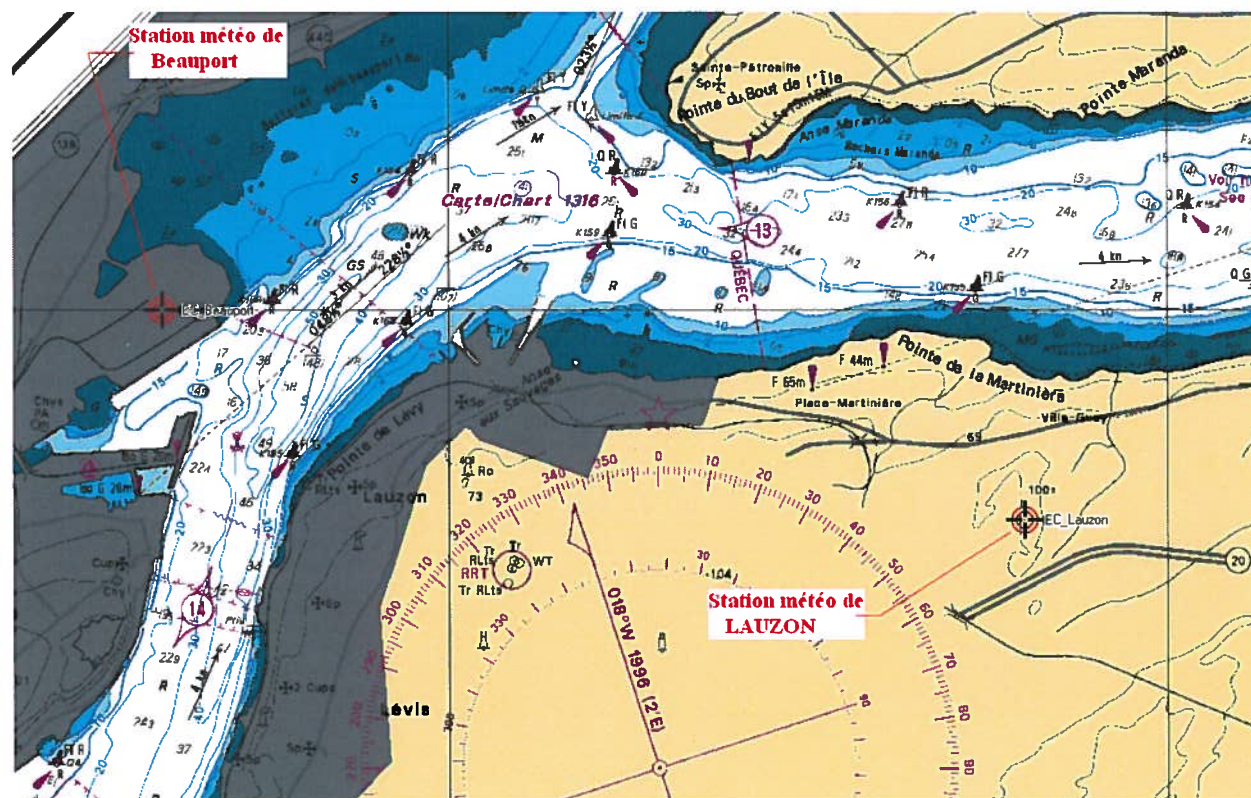
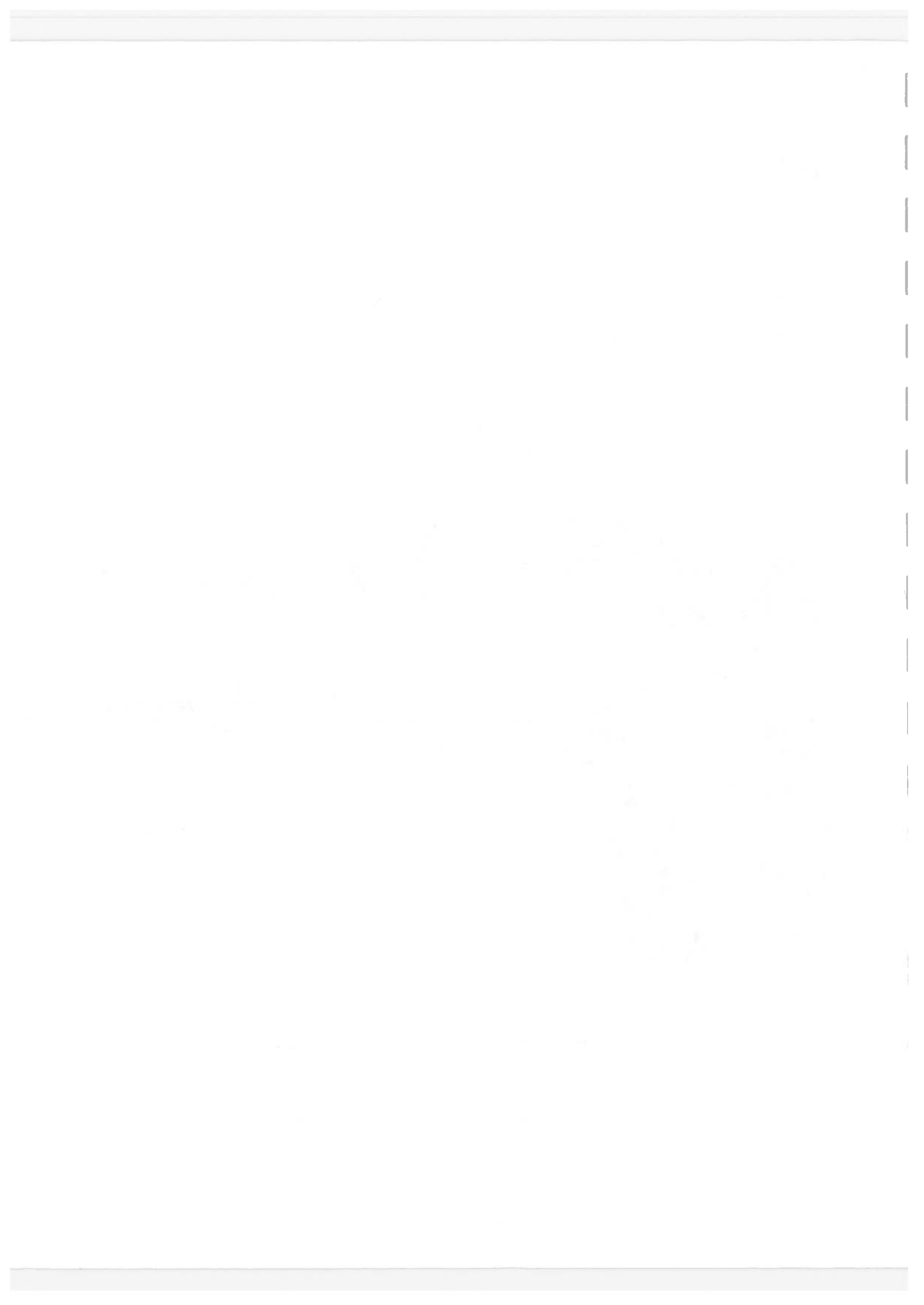


Figure B1 Localisation des stations de vent de Beauport et Lauzon

Les données de la station de Lauzon ont été récupérées entre 1991 et 2006.

La station de Beauport a été installée en 1999 et toutes les données ont été récupérées.

Les données de la station de Saint-François (Île d'Orléans) ont été récupérées entre 1985 et 2006.



Une étude comparative des vents mesurés simultanément à Lauzon et à Beauport a été réalisée par le professeur Yvon Ouellet de l'université Laval sur les données de 2000 à 2003. La conclusion de cette analyse était que les deux stations étaient relativement similaires en termes de régime de vents. *« De cette analyse, il ressort que la station de Lauzon est légèrement plus venteuse que celle de Beauport. De plus, les différences entre les directions des vents aux deux stations directions sont peu importantes, à l'exception du secteur sud-est où il y a une différence importante entre les directions des vents. Les vents dominants aux deux stations proviennent de deux secteurs dominants, l'un centré sur l'ouest-sud-ouest et l'autre sur l'est-nord-est. Les vents du secteur sud-ouest sont un peu plus fréquents à Lauzon qu'à Beauport. Leurs directions diffèrent en moyenne de 2° entre les deux stations, bien que la différence entre leurs directions moyennes soit de 26°. Cette différence provient des vents peu fréquents du secteur sud-est (quadrant 2), où la différence des directions des vents entre les deux stations est importante. »*

L'analyse des données a été reprise avec des périodes plus longues, soit 2000 à 2006 pour toutes les stations, 1991 à 2006 pour Lauzon et 1985 à 2006 pour Saint-François (I.O.). Les figures suivantes illustrent les roses des vents pour les différentes stations et les différentes périodes considérées.

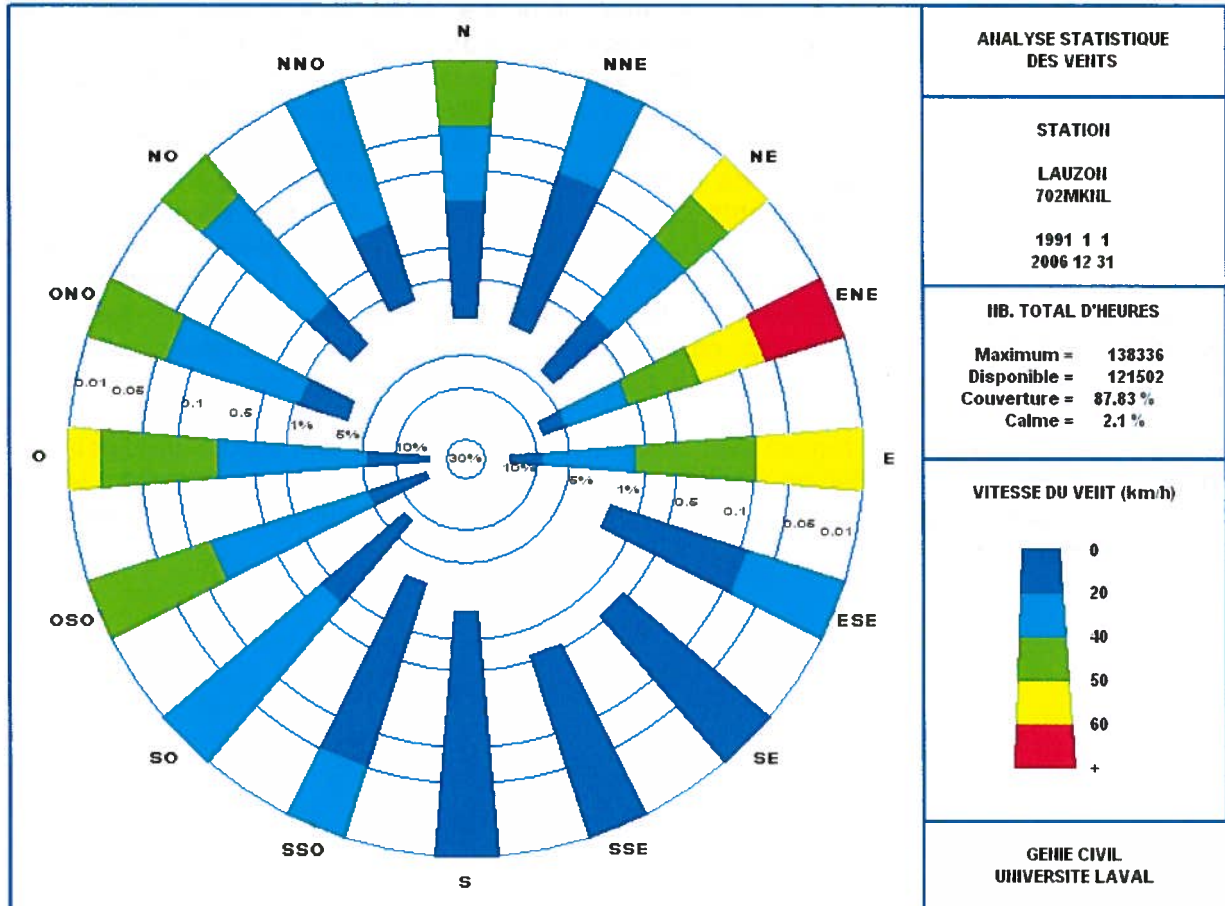


Figure B2 Rose des vents de la station de Lauzon de 1991 à 2006

La figure B2 illustre les deux directions principales du vent dans ce secteur du Fleuve, soit l'est-nord-est et l'ouest. Ces directions correspondent aux vents dominants de la région. La direction est-nord-est représente bien le couloir de vent qui suit le chenal des Grands Voiliers.

Les figures B3 et B4 comparent les stations de Beauport et Lauzon sur la période commune (2000 à 2006). On note sur ces figures que les vents de l'est-nord-est et du nord-est sont un peu plus violents à la station de Beauport qu'à la station de Lauzon.

Les figures B5 et B6 représentent les vents à la station de Saint-François sur la période de 2000 à 2006 et sur la période de 1985 à 2006. On constate que l'orientation des vents dominants est assez différente à cette station, surtout en ce qui concerne les vents du secteur est.

Les figures B7 et B8 illustrent le peu de différence qu'il y a à prendre en compte l'ensemble de l'année ou la seule saison sans glace (considérée comme allant du 1er avril au 31 décembre).

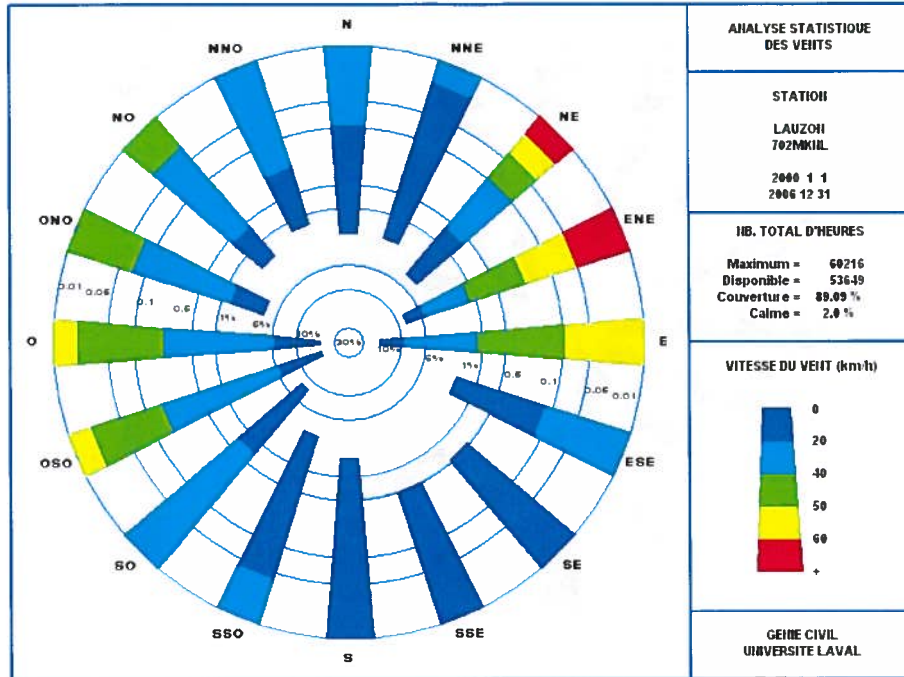


Figure B3 Rose des vents de la station de Lauzon de 2000 à 2006

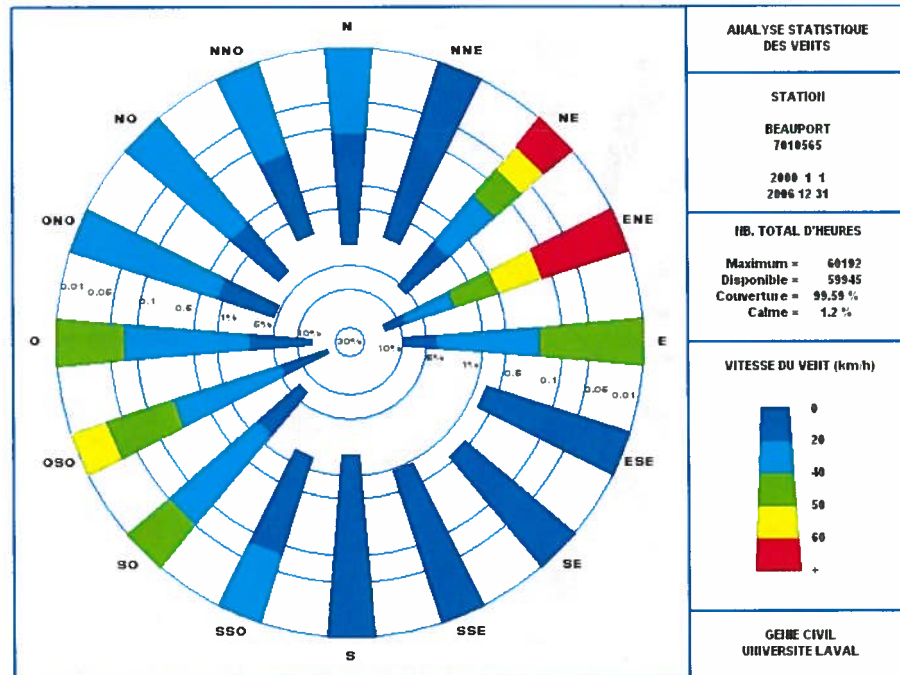


Figure B4 Rose des vents de la station de Beauport de 2000 à 2006

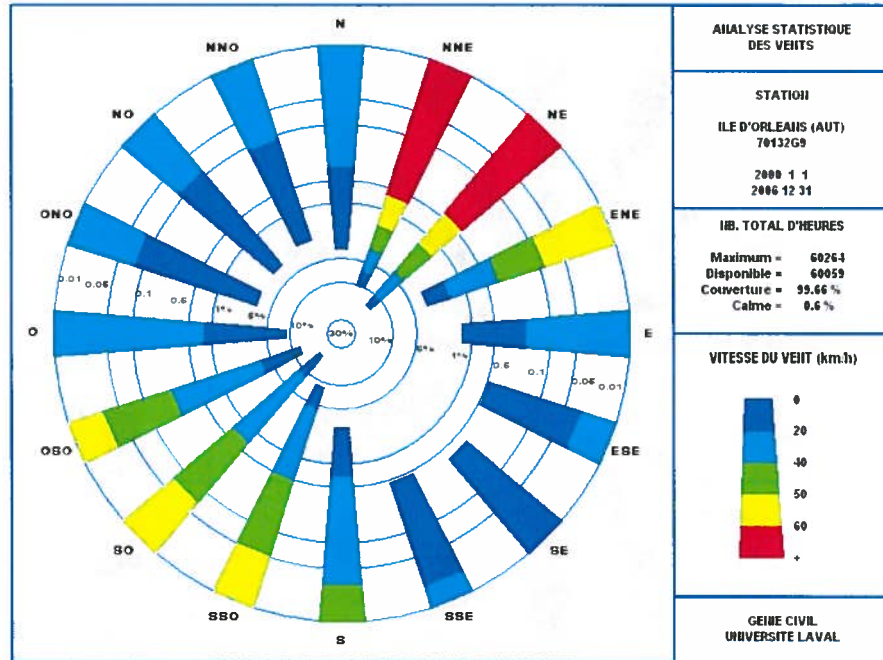


Figure B5 Rose des vents de la station de Saint-François (Île d'Orléans) de 2000 à 2006

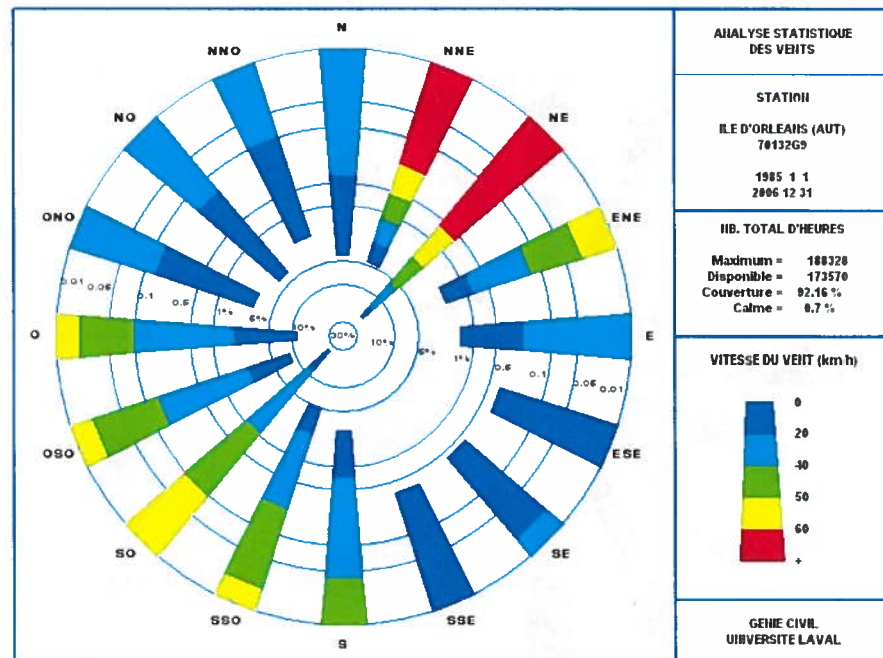


Figure B6 Rose des vents de la station de Saint-François (Île d'Orléans) de 1985 à 2006

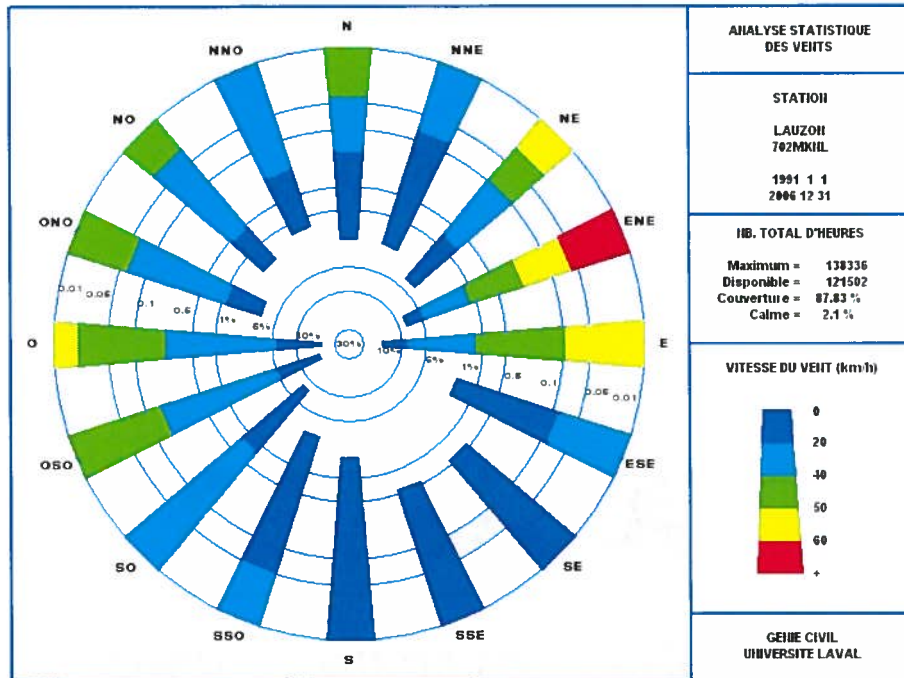


Figure B7 Rose des vents de la station de Lauzon de 2000 à 2006 du 1^{er} janvier au 31 décembre

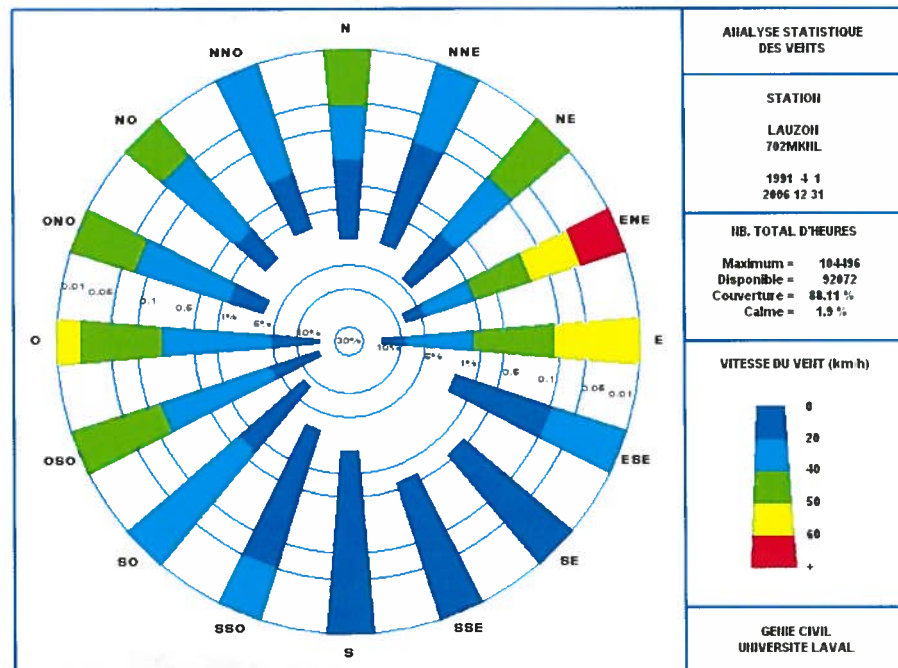


Figure B8 Rose des vents de la station de Lauzon de 2000 à 2006 du 1^{er} avril au 31 décembre



ANNEXE C

*Analyse des courants dans
le secteur de Beauport*



Analyse des courants dans le secteur de Beauport

Les informations concernant les **courants** dans le Fleuve Saint-Laurent à la hauteur du secteur Beauport du Port de Québec sont disponibles dans les tables des courants édités par le ministère des Pêches et océans Canada.

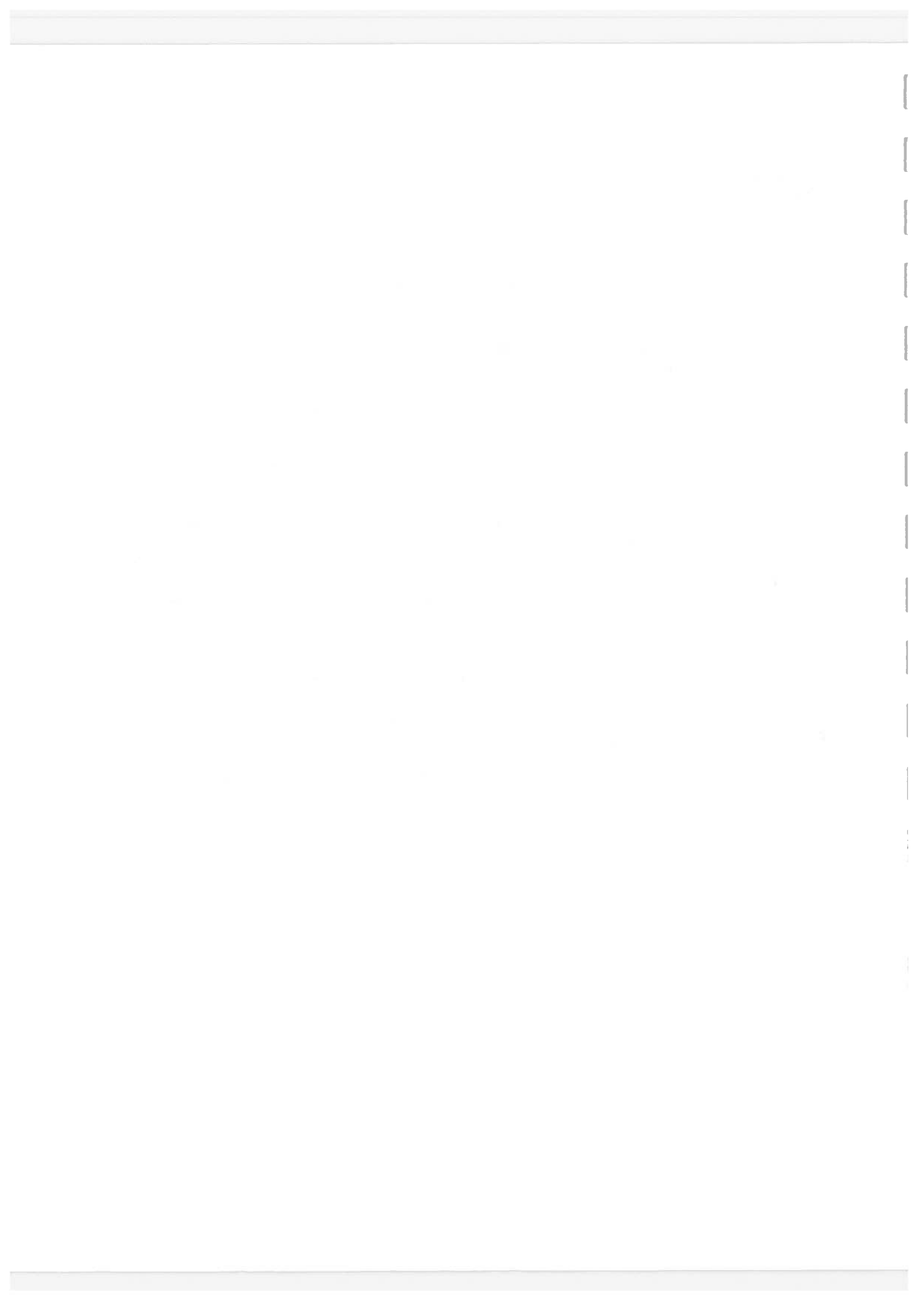
Par contre, le Groupe-conseil LaSalle (GCL) a effectué une analyse plus détaillée des courants dans ce secteur en 2006. De plus, le GCL produit une révision de son rapport de 2006 dans le cadre de la présente étude.

Les conclusions du rapport de GCL 2006 étaient que les vitesses de courant au droit de la future zone des ducs-d'Albe étaient faibles (maximum de 0,2 m/s à l'extrémité est des ducs-d'Albe et maximum inférieur à 0,1 m/s à l'extrémité ouest des ducs-d'Albe) et relativement constants quelle que soit l'option d'extension des quais choisie.

L'évaluation faite par le GCL indiquait que les courants sont de plus en plus forts de l'extrémité ouest du quai 50 à l'extrémité est du quai 53, les extrêmes variant de 0,1 m/s (est du quai 50) à près de 0,8 m/s (ouest du quai 53). L'intensité et la direction de ces courants varient en fonction de la marée.

Au droit des futurs quais 54 et 55, le GCL prédit des courants maximaux de l'ordre de 0,8 à 1 m/s.

La présence des nouveaux quais provoque l'apparition d'un gradient fort de vitesse de courant perpendiculairement à une ligne qui rejoindrait l'extrémité est du quai 55 au quai 25. Cette zone de « cisaillement » du courant qui apparaît à certaines phases de la marée pourrait compliquer la tâche des pilotes des navires se rendant dans le bassin de l'estuaire de la rivière Saint-Charles.



ANNEXE D

*Analyse des niveaux d'eau
dans le secteur de Beauport*



Analyse des niveaux d'eau dans le secteur de Beauport

Les **niveaux d'eau** horaires enregistrés par le Service de données sur le milieu marin (SDMM) à la station de Lauzon (# 3250) de 1987 à 2006 (inclusivement) ont été analysés pour fixer les paramètres de variation des niveaux d'eau pour les installations du port de Québec. Les figures suivantes donnent les résultats de cette analyse pour les niveaux extrêmes hauts et bas pour différentes périodes, soit l'année entière, la période du 15 décembre au 15 avril et la période du 1^{er} janvier au 31 mars (période de présence de glace).

Les niveaux extrêmes atteints pendant la période 1987-2006 ont été de +6,86 m ZC en 1993 et de -0,76 m ZC en 1999. L'analyse fait apparaître des différences de récurrence des niveaux extrêmes hauts lorsqu'on considère l'année complète ou la saison de présence du couvert de glace (15 décembre au 15 avril ou 1^{er} janvier au 31 mars).

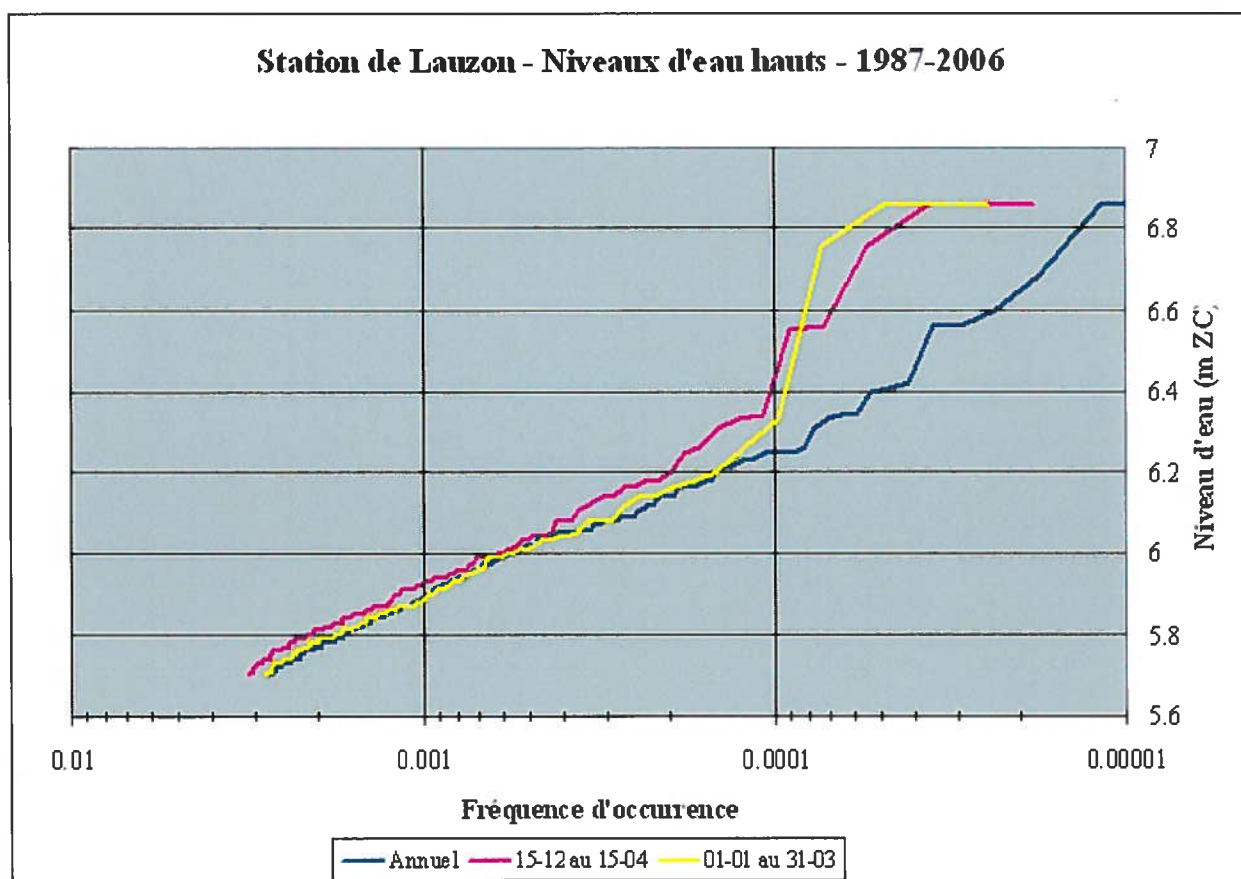
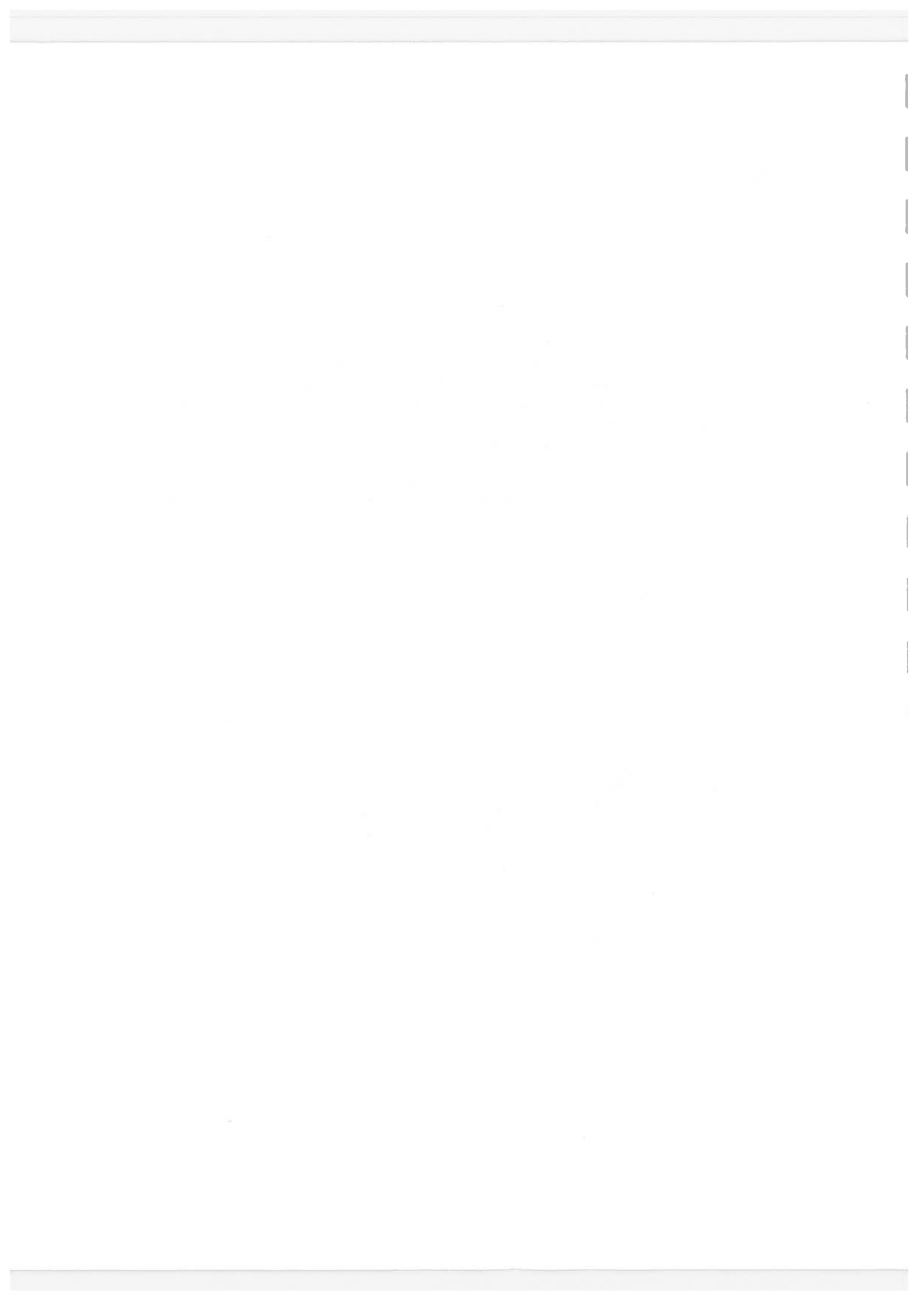


Figure D.1 Niveaux extrêmes hauts à la station de Lauzon entre 1987 et 2006



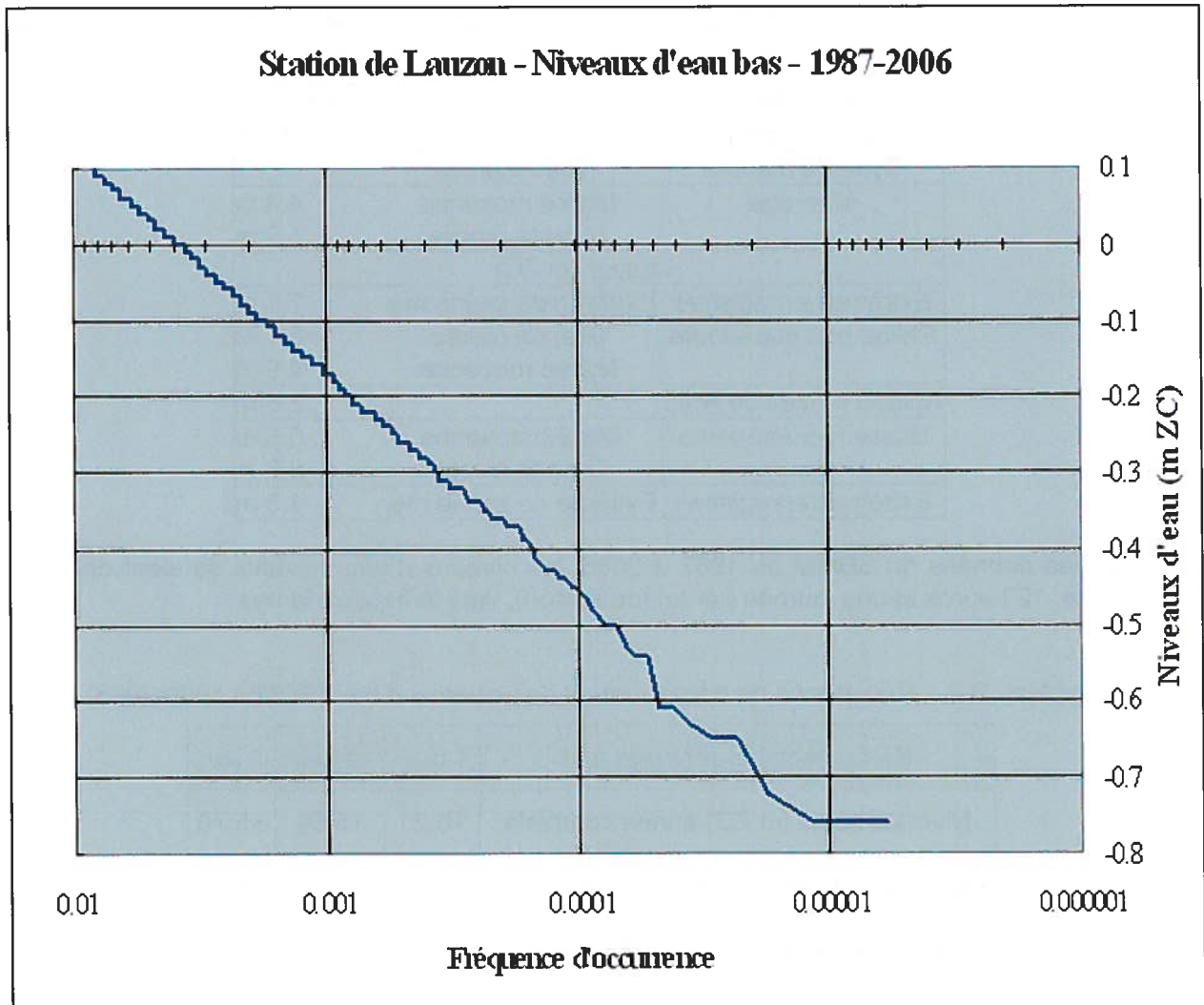


Figure D.2 Niveaux extrêmes bas à la station de Lauzon entre 1987 et 2006

Le Service hydrographique du Canada (SHC) publie les données relatives à cette même station de Lauzon sur son site Internet (voir tableau suivant) (<http://www.lau.chs-shc.gc.ca/cgi-bin/tide-shc.cgi?queryType=showFrameset&zone=1&language=french®ion=4&stnum=3250>). On y constate en particulier que les niveaux extrêmes donnés par le SHC pour cette station sont différents de ceux des vingt dernières années (+7,1 m ZC au lieu de +6,86 m pour les niveaux hauts et -1,3 m au lieu de -0,76 m pour les niveaux bas). La raison en est que le SHC dispose d'une base de données beaucoup plus étendue que les 20 dernières années.

Tableau D1 Caractéristiques de la marée à la station de Lauzon (SHC)

Localité		Québec
Port de référence		Québec
Carte marine no		1316
Type de marées		semi-diurne
Marnage	Marée moyenne	4,4 m
	Grande marée	5,9 m
Hauteur (m ZC)		
Extrêmes enregistrés	Extrême de pleine mer	7,1 m
Pleine mer supérieure	Grande marée	6,1 m
	Marée moyenne	4,9 m
Niveau moyen de l'eau		2,6 m
Basse mer inférieure	Marée moyenne	0,5 m
	Grande marée	0,2 m
Extrêmes enregistrés	Extrême de basse mer	- 1,3 m

D'après les données du SDMM de 1987 à 2006, les niveaux d'eau suivants seraient dépassés une heure, 12 heures et une journée par an (ou saison), vers le haut ou le bas :

Tableau D.2 Récurrence de dépassement des niveaux d'eau (SDMM 1987-2006)

Récurrence de dépassement	1 h/an	12 h/an	1 j/an
Niveaux hauts (m ZC) année complète	+6,21	+5,84	+5,70
Niveaux hauts (m ZC) du 15-12 au 15-04	+6,12	+5,64	+5,46
Niveaux hauts (m ZC) du 01-01 au 31-03	+6,04	+5,57	+5,36
Niveaux bas (m ZC) année complète	-0,42	-0,13	-0,04



ANNEXE E

*Analyse des vagues dans le
secteur de Beauport*



Analyse des vagues dans le secteur de Beauport

Les **vagues** ont été évaluées dans le cadre du développement de cette partie du port de Québec. Le professeur Yvon Ouellet a utilisé les vents de la station de Lauzon de 1991 à 2006 (en utilisant un facteur multiplicatif de 1,1 sur la vitesse pour tenir compte du fait que la station de vent est terrestre, mais que les vents qui génèrent les vagues se trouvent sur l'eau et qu'ils sont plus forts que les vents qui soufflent sur terre) pour générer les vagues au droit du site en trois points BB1, BB2 et BB3 (voir figure suivante).

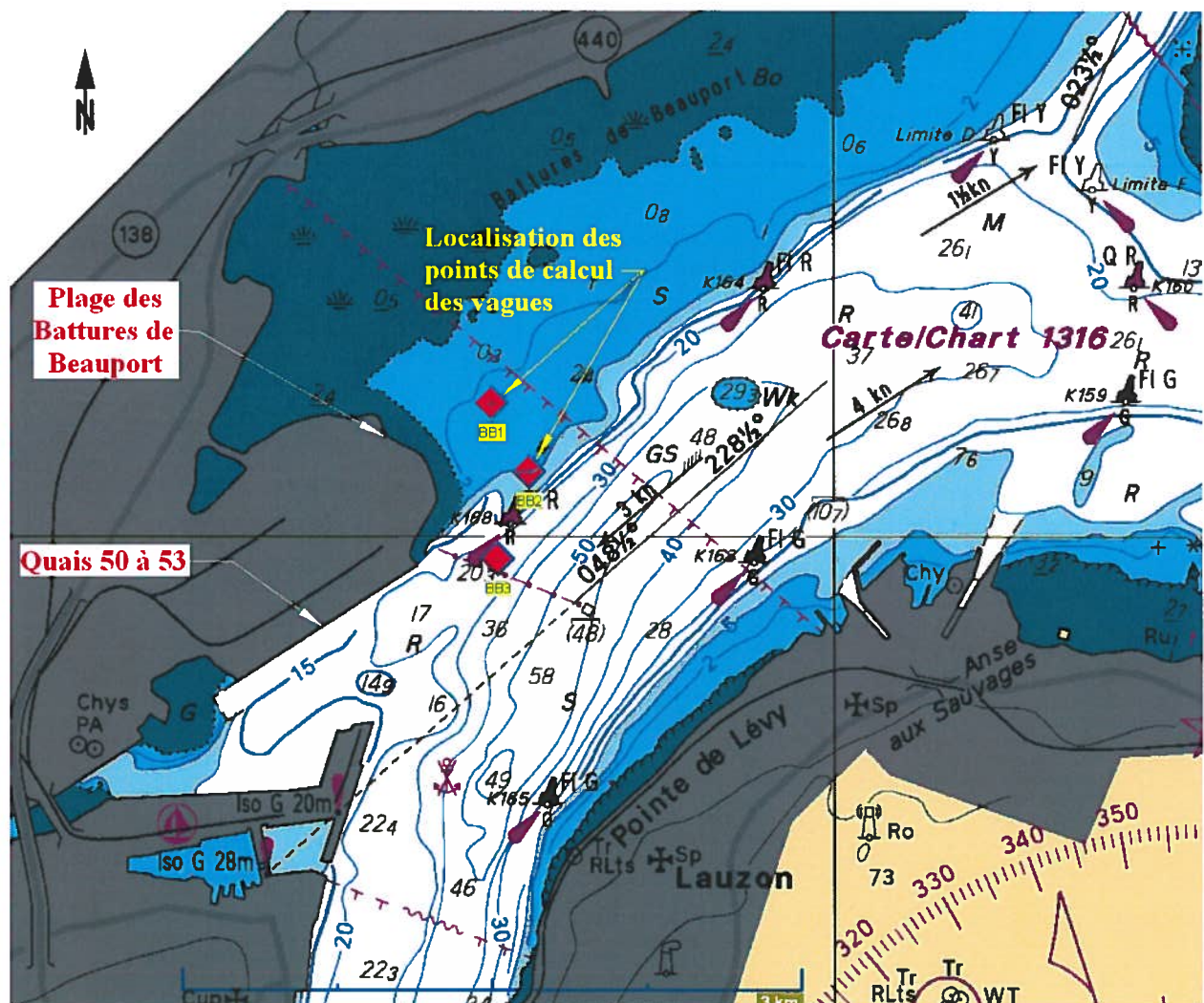


Figure E1 Extrait de la carte marine 1317 montrant les endroits de calcul des vagues



Les fetchs ont été calculés pour les trois points BB1, BB2 et BB3 (figure précédente) et ont été utilisés pour obtenir le climat des vagues en ces trois points selon les vents de Lauzon (1991 à 2006).

La figure suivante présente la rose des vagues pour les points BB2, les roses de vagues pour les points BB1 et BB3 étant très similaires. On remarque la prépondérance des vagues du secteur est et est-nord-est, correspondant aux secteurs de prépondérance des vents forts et des fetchs les plus longs.

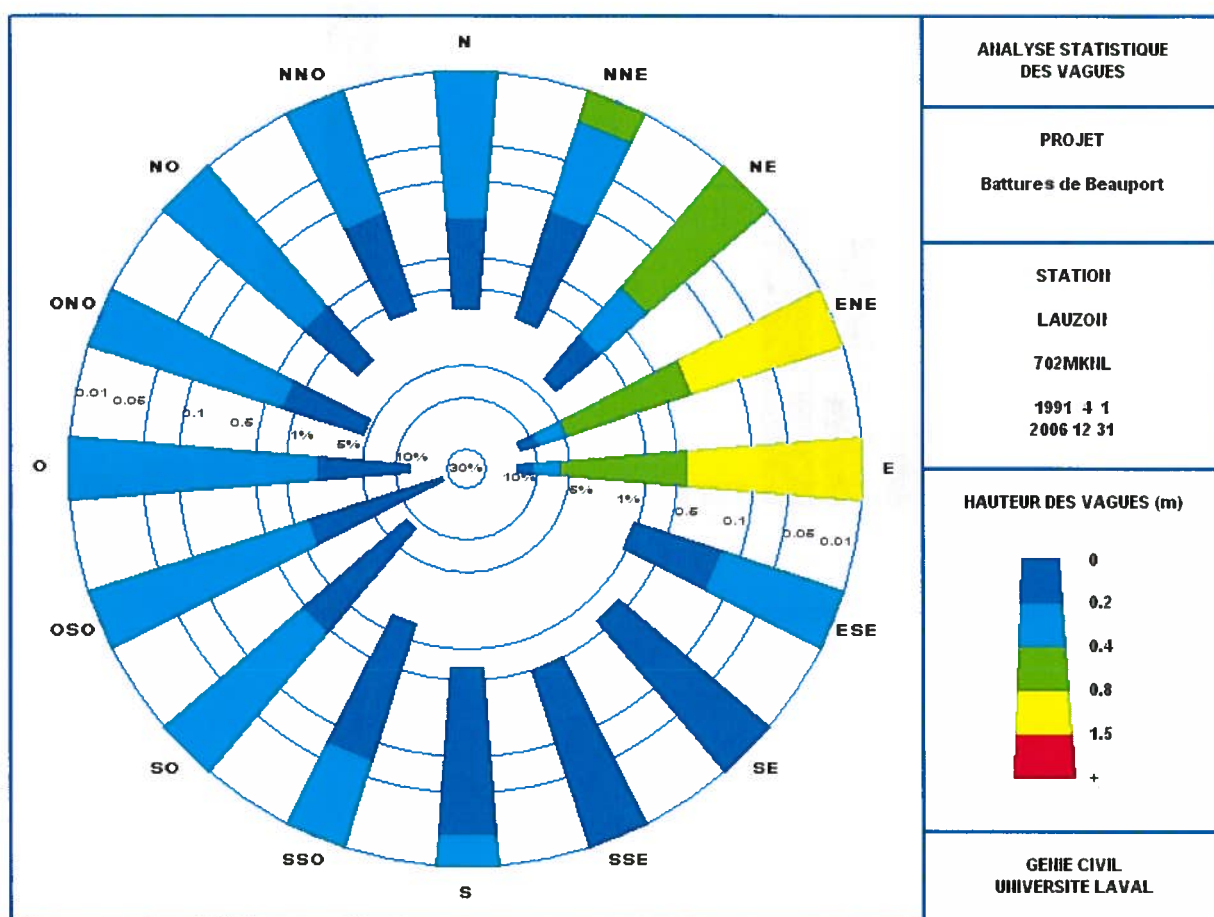


Figure E2 Rose des vagues au point BB2

La figure suivante présente l'histogramme des fréquences d'occurrence des vagues selon leurs directions au point BB2. Le secteur ouest (OSO et O) domine en fréquence, suivi de près par le secteur est (E et ENE). Les histogrammes correspondant aux points BB1 et BB3 sont très similaires.

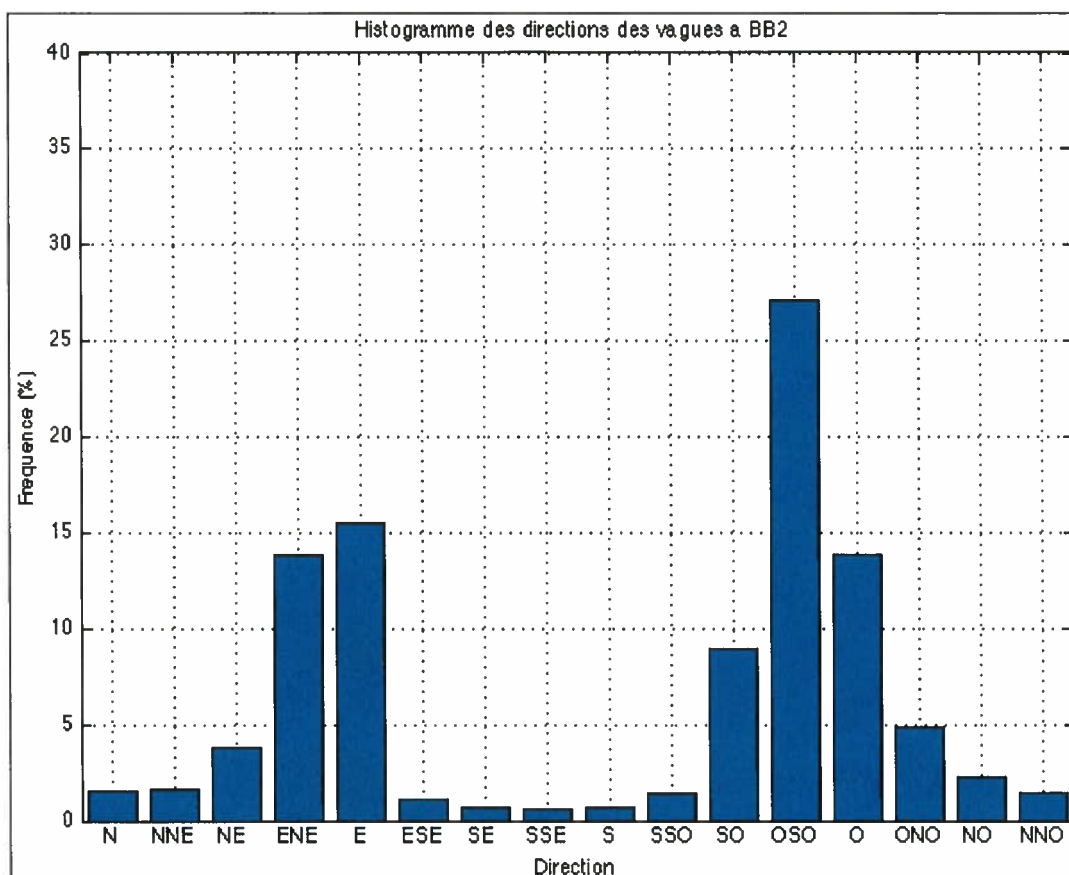


Figure E3 Histogramme des directions de vagues au point BB2

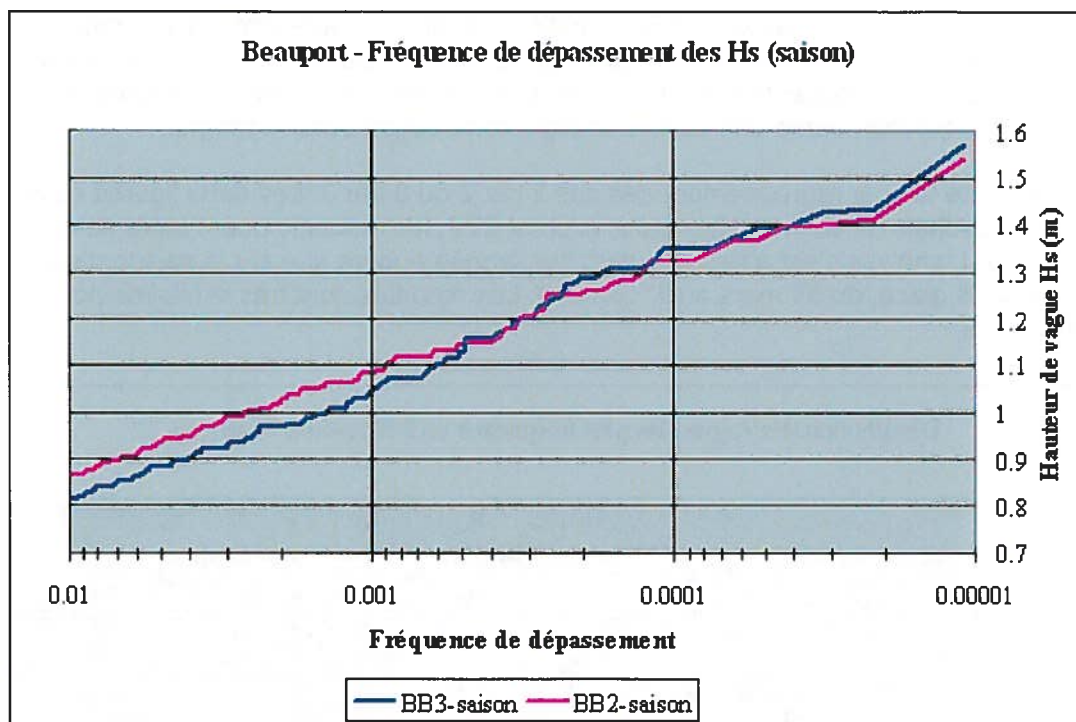


Figure E4 Fréquence de dépassement des hauteurs de vagues devant la plage des battures de Beauport sur la saison d'eau libre (1^{er} avril au 31 décembre)

Les hauteurs de vagues dépassées pendant un certain nombre d'heures par années ont été calculées pour les deux points représentatifs BB2 et BB3. Les valeurs obtenues apparaissent sur la figure précédente et sont indiquées dans le tableau suivant pour certaines récurrences :

Tableau E1 Hauteurs significatives des vagues pour certaines récurrences

Récurrance	BB2	BB3
1 h/saison	1,28 m	1,31 m
12 h/saison	1,04 m	0,98 m
1 jour/saison	0,97 m	0,92 m

Une analyse de la distribution des vagues les plus fréquentes et ayant les plus grandes hauteurs significatives a également été faite pour définir les tempêtes les plus représentatives dans la modélisation des phénomènes hydrosédimentologiques se produisant sur la plage des battures de Beauport.

Les points considérés sont les points BB1 et BB2 qui sont plus représentatifs par rapport aux directions dominantes des vagues sur cette plage. Le paramètre utilisé dans les graphiques suivants consistait à multiplier la fréquence d'occurrence des vagues par le carré de leur hauteur significative, ce qui représente une sorte d'énergie de la vague dans le temps.

Cette analyse se fait par regroupement des cas 2 par 2 ou 3 par 3. Les deux figures suivantes illustrent les résultats de cette analyse pour le point BB2, les résultats pour l'autre point BB1 étant très similaires. L'analyse s'est effectuée autant sur l'année entière que sur la saison d'eau libre (ou en général sans glace, du 31 mars au 1^{er} janvier). Les résultats sont très similaires pour les deux types d'analyse.

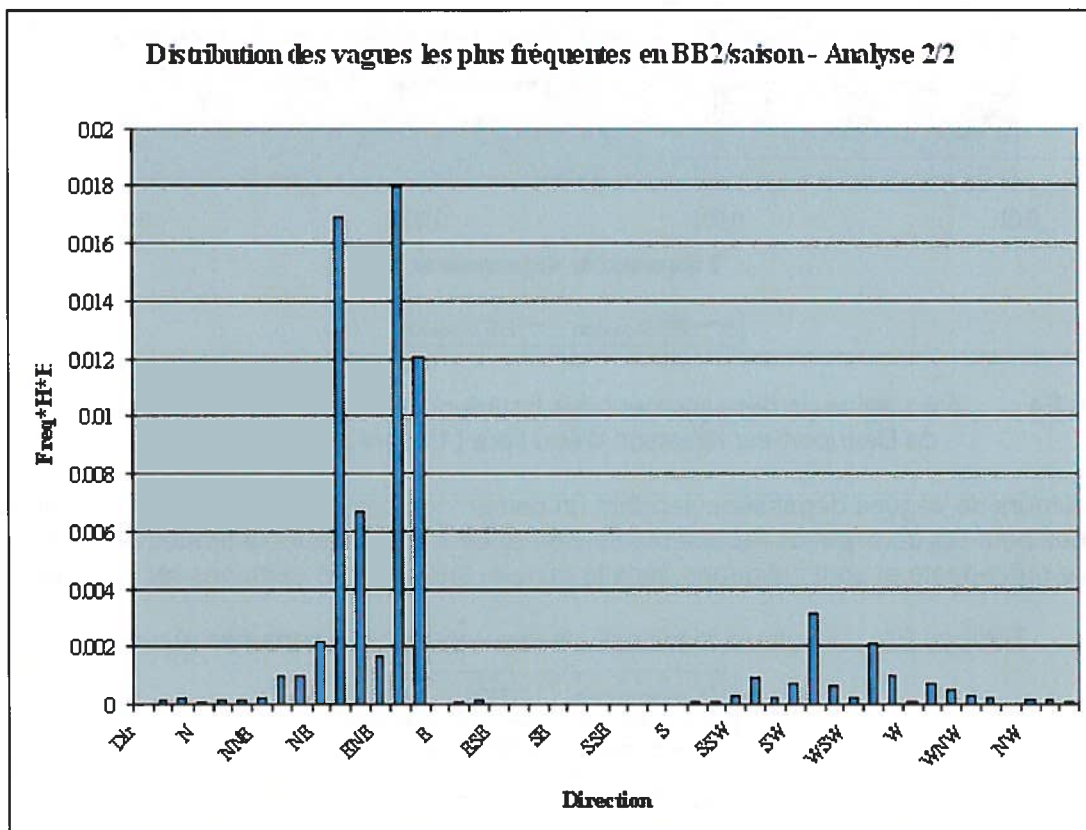


Figure E5 Détermination des cas de vagues les plus représentatifs (BB2 - 2/2)

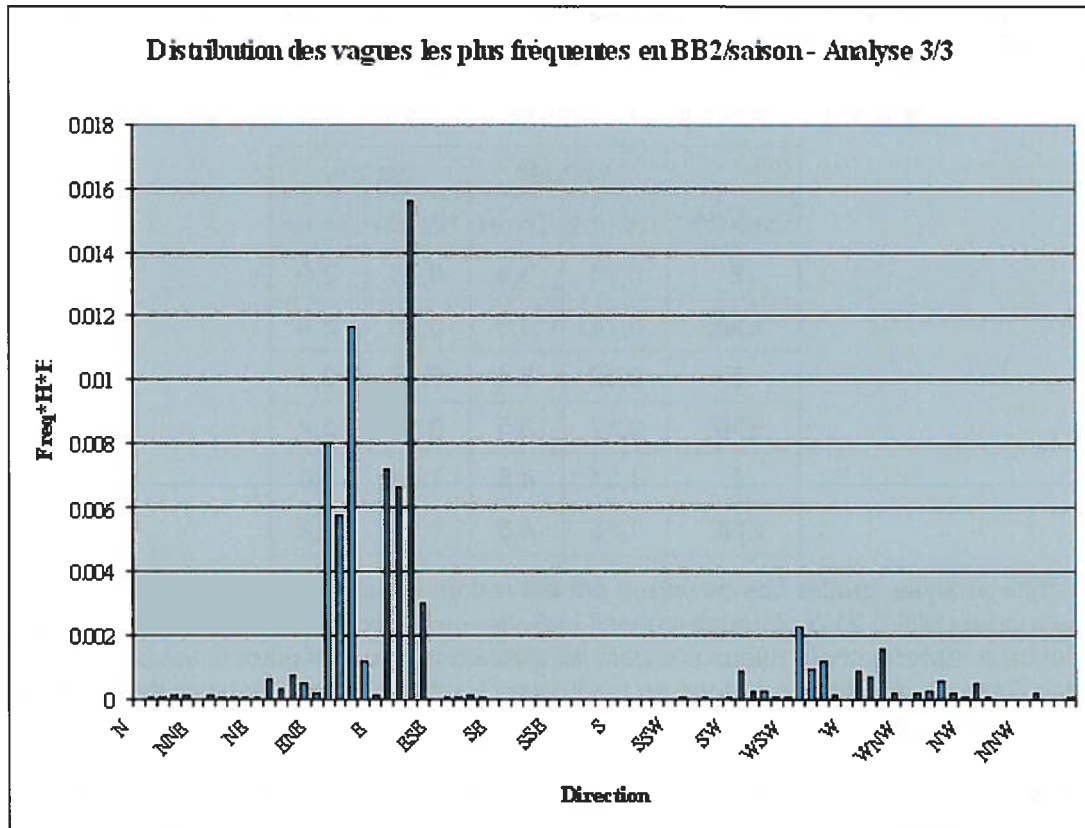


Figure E6 Détermination des cas de vagues les plus représentatifs (BB2 - 3/3)

Pour une analyse de type 2/2 (regroupement des cas 2 par 2), les vagues les plus influentes au point BB2 auraient les caractéristiques suivantes (par ordre d'importance, Hs étant la hauteur significative et Tp la période de pointe des vagues) :

Tableau E2 Résultats de l'analyse 2/2 des vagues représentatives du point BB2

Direction	Annuel		Saison	
	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)
E	0,48	3,2	0,48	3,2
ENE	0,53	3,3	0,52	3,3
E	0,83	4,1	0,83	4,2
ENE	0,89	4,2	0,88	4,2

Pour une analyse de type 3/3, les vagues les plus influentes au point BB2 auraient les caractéristiques suivantes (par ordre d'importance) :

Tableau E3 Résultats de l'analyse 3/3 des vagues représentatives

Direction	Annuel		Saison	
	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)
E	0,71	3,9	0,71	3,9
ENE	0,76	3,9	0,76	3,9
E	0,52	3,4	0,52	3,4
ENE	0,57	3,5	0,57	3,4
E	1,01	4,5	1,01	4,6
ENE	1,15	4,8	1,15	4,8

Suite à cette analyse, quatre cas de vague ont été recommandés pour l'analyse de réfraction à l'aide du modèle MIKE 21 du Groupe-conseil LaSalle. Le choix de ces quatre cas de vague s'est fait de façon à représenter le mieux possible les événements qui déplacent les sédiments sur la plage des Battures de Beauport, donc en privilégiant les plus grandes valeurs de Hs et de Tp. Ces cas de vagues sont :

Tableau E4 Recommandation de cas de vagues représentatives pour la modélisation

Direction	Hs (m)	Tp (s)
E	0,71	3,9
ENE	0,76	3,9
E	1,01	4,6
ENE	1,15	4,8

Pour ce qui est de la direction précise des vagues, une analyse plus fine des directions brutes des vents générant les vagues sélectionnées a été faite. D'après les caractéristiques physiques du milieu sur lequel se propagent les vagues,

- les vagues de l'est proviendraient de la direction 88 degrés (au lieu de 90) et
- les vagues de l'est-nord-est proviendraient de la direction 65 degrés (au lieu de 67,5).

Évaluation des vagues extrêmes

Une évaluation des valeurs des hauteurs de vagues extrêmes a été faite par le professeur Yvon Ouellet de l'université Laval. Les tableaux suivants présentent les résultats de cette analyse selon que l'on considère l'année entière (tableau E5) ou la saison d'eau libre (1^{er} avril au 31 décembre). Les tableaux indiquent les valeurs de Hs obtenues de même que les écart-types de la méthode de calcul.

Ces résultats ont été traduits sous forme graphique dans les figures E7 et E8 qui suivent les tableaux. Certaines divergences existent selon le point considéré et la méthode retenue, mais pour une récurrence de 30 ans, les hauteurs de vagues Hs sont de l'ordre de 1,6 à 1,7 m alors que pour une récurrence de 100 ans, on parlerait plus de 1,8 à 1,9 m.

**Tableau E5 - Vagues extrêmes prédites aux points BB1, BB2 et BB3
Vents à Lauzon de 1991 à 2006 de janvier à décembre**

Battures de Beauport - Loi de Gumbel - avec un intervalle de confiance de 90 %								
	Tr = 30 ans		Tr = 50 ans		Tr = 75 ans		Tr = 100 ans	
Facteur : 1,1	Hs (m)	Écart-type (m)	Hs (m)	Écart-type (m)	Hs (m)	Écart-type (m)	Hs (m)	Écart-type (m)
Point BB1	1,61	0,17	1,66	0,19	1,70	0,21	1,73	0,22
Point BB2	1,60	0,17	1,65	0,19	1,70	0,21	1,72	0,22
Point BB3	1,66	0,20	1,72	0,23	1,77	0,25	1,81	0,27

Battures de Beauport - Loi de Weibull - avec un intervalle de confiance de 90 %								
	Tr = 30 ans		Tr = 50 ans		Tr = 75 ans		Tr = 100 ans	
Facteur : 1,1	Hs (m)	Écart-type (m)	Hs (m)	Écart-type (m)	Hs (m)	Écart-type (m)	Hs (m)	Écart-type (m)
Point BB1	1,63	0,27	1,69	0,31	1,74	0,34	1,78	0,37
Point BB2	1,62	0,27	1,69	0,31	1,74	0,34	1,78	0,37
Point BB3	1,67	0,22	1,75	0,37	1,81	0,42	1,86	0,44

**Tableau E6 - Vagues extrêmes prédites aux points BB1, BB2 et BB3
Vents à Lauzon de 1991 à 2006 d'avril à décembre**

Battures de Beauport - Loi de Gumbel - avec un intervalle de confiance de 90 %

	Tr = 30 ans		Tr = 50 ans		Tr = 75 ans		Tr = 100 ans	
Facteur : 1,0	Hs (m)	Écart-type (m)	Hs (m)	Écart-type (m)	Hs (m)	Écart-type (m)	Hs (m)	Écart-type (m)
Point BB1	1,61	0,26	1,69	0,29	1,76	0,32	1,80	0,34
Point BB2	1,60	0,26	1,68	0,29	1,75	0,32	1,79	0,34
Point BB3	1,60	0,26	1,69	0,30	1,75	0,32	1,80	0,35

Battures de Beauport - Loi de Weibull - avec un intervalle de confiance de 90 %

	Tr = 30 ans		Tr = 50 ans		Tr = 75 ans		Tr = 100 ans	
Facteur : 1,0	Hs (m)	Écart-type (m)	Hs (m)	Écart-type (m)	Hs (m)	Écart-type (m)	Hs (m)	Écart-type (m)
Point BB1	1,65	0,41	1,75	0,47	1,83	0,53	1,89	0,56
Point BB2	1,63	0,41	1,74	0,47	1,82	0,53	1,87	0,56
Point BB3	1,64	0,41	1,74	0,48	1,82	0,53	1,88	0,57

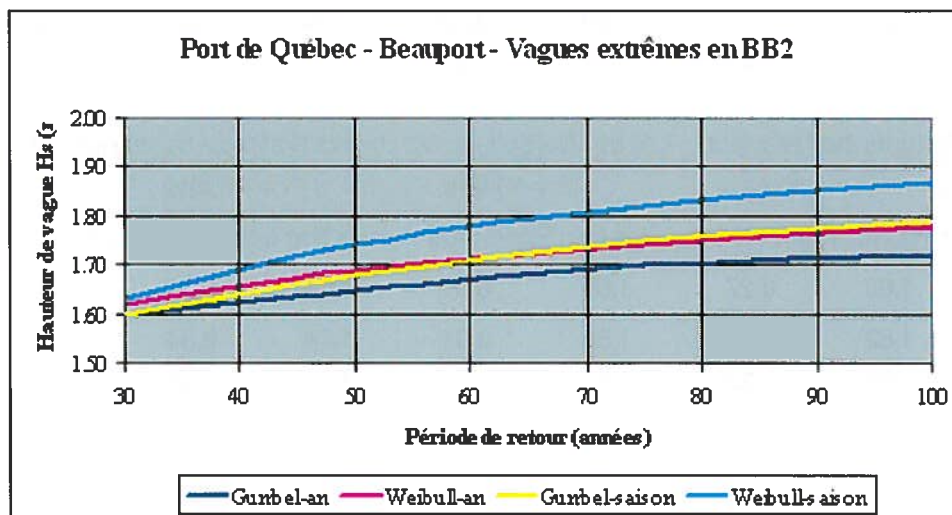


Figure E7 Prévision de vagues extrêmes en BB2

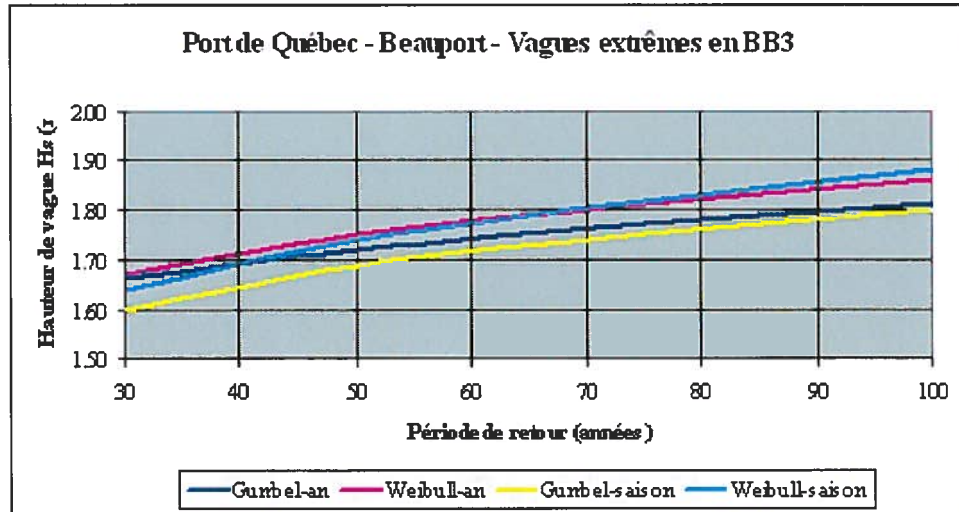


Figure E8 Prévion de vagues extrêmes en BB3

ANNEXE F

***Information sur les modalités
de dragage et de gestion des
matériaux de dragage***

1 Analyse des modalités de dragage dans le secteur de Beauport

Dragage mécanique

Le dragage mécanique consiste à utiliser des équipements du type pelle rétrocaveuse, grue équipée d'une benne preneuse étanche ou non, équipement qui peut se trouver sur le quai ou sur une barge selon l'endroit où se passe le dragage.

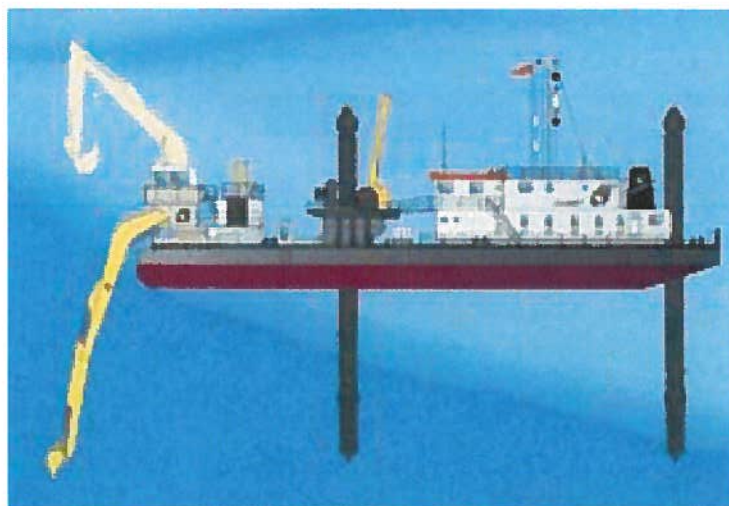


Figure F1 Pelle rétrocaveuse sur barge (Boskalis)





Figure F2 Grue à benne preneuse sur barge



F3 Benne preneuse étanche

Il existe également des dragues utilisant des moyens mécaniques pour retirer les sédiments du fond de l'eau (dragues à godet), mais ces dragues ne sont pas (ou plus) disponibles.

Dragage hydraulique

Les dragues hydrauliques à envisager dans le cadre des dragages dans le port de Québec sont de deux types principaux.

Les dragues à élinde traînantes (Trailing hopper suction) sont des dragues très mobiles qui se déplacent en laissant traîner une ou deux élinde, sortes d'aspirateurs qui pompent les sédiments du fond de l'eau vers les cales de la drague. Les têtes des élinde peuvent être munies de différents dispositifs de désagrégation des sédiments, soit des têtes à désagrégateur mécanique rotatif, soit des dispositifs à injecteurs d'eau sous pression.

Les dragues à élinde traînantes ont l'avantage d'être efficaces dans le dragage les grandes zones à faible épaisseur de sédiments, à cause de leur mobilité et de leur autonomie. Elles sont par contre un peu moins performantes dans des zones restreintes présentant des épaisseurs de sédiments significatives et elles sont dérangées par la présence d'obstacles (boulders, troncs, débris), de sédiments hétérogènes et de sédiments plus gros que du sable grossier.

Une drague de ce type existe au Québec (Verreault Navigation). Elle est utilisée actuellement pour le dragage de la Traverse Nord.



Figure F4 Drague hydraulique à élinde traînante

Les dragues hydrauliques à tête désagrégatrice (Cutter suction) sont des dragues peu mobiles qui utilisent un dispositif de succion / désagrégation (tête rotative équipée de dents ou griffes) pour désagréger les sédiments et les aspirer, en général vers un système de tuyaux refoulant ces matériaux jusqu'au site de dépôt.



Figure F5 Drague hydraulique à tête désagrégatrice

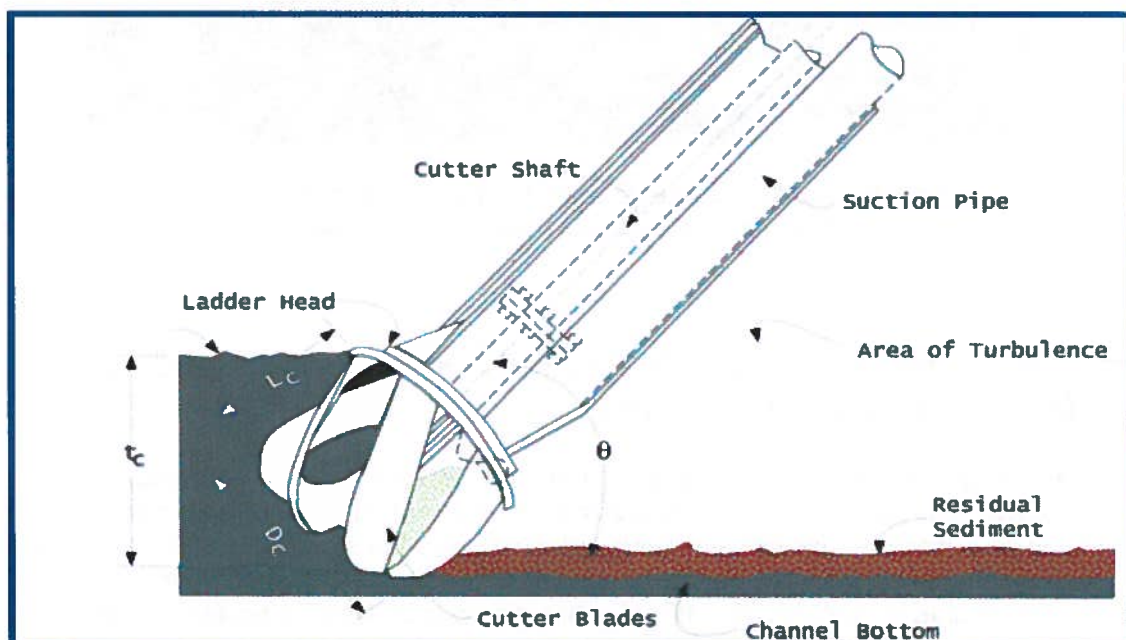


Figure F6 Mode d'opération d'une tête désagrégatrice



Figure F7 Dragage hydraulique à tête désagrégatrice en action avec ses tuyaux de pompage des sédiments dragués vers le site de dépôt

2 **Analyse des modalités de gestion des matériaux de dragage dans le secteur de l'estuaire**

Le principal objectif des méthodes de traitement est d'altérer les matériaux contaminés de manière à les rendre conformes aux critères et aux objectifs établis par les agences de réglementation. Les contaminants présents dans les sédiments sont habituellement adsorbés à la surface des particules solides de sédiments. Dans certains cas, les contaminants présentent une affinité marquée pour un type particulier de particule. Souvent, ce sont les fines particules de moins de 40 micromètres (μm) de diamètre qui retiennent la majorité des contaminants.

Habituellement, le degré d'intensité du pouvoir adsorbant rend le traitement des sédiments difficile et très spécifique au projet. Le traitement peut être extrêmement compliqué lorsque cette attraction est forte entre les contaminants et les fines particules, car celles-ci sont particulièrement réfractaires au traitement physique.

La séparation à l'aide d'hydrocyclone des déblais de dragage joue un rôle déterminant dans le processus de traitement, en particulier si cette étape est suivie d'un nettoyage (polissage) par flottation ou d'un classement granulométrique (au moyen d'un classificateur à courant ascendant) sur lit fluidisé (Environnement Canada, 1997).

Toutefois, il serait plus prudent de procéder à des études de traitement rigoureuses avant d'envisager un procédé de traitement compte tenu que nous disposons que de très peu d'information.


De plus, la ségrégation des matériaux implique la mise en place de bassin d'assèchement et de bassins pour le traitement des eaux d'effluent. Un minimum de trois bassins (deux bassins de 44 X 44 m et un bassin de 44 X 100 m) sont nécessaires pour le traitement des sédiments provenant de l'estuaire de la rivière Saint-Charles.

Compte tenu des superficies importantes nécessaires pour la mise en place des infrastructures et le manque d'information relatif aux propriétés physiques des sédiments, cette option n'a pas été retenue.



ANNEXE G

*Analyse de la dynamique
sédimentaire de la plage des
battures de Beauport*

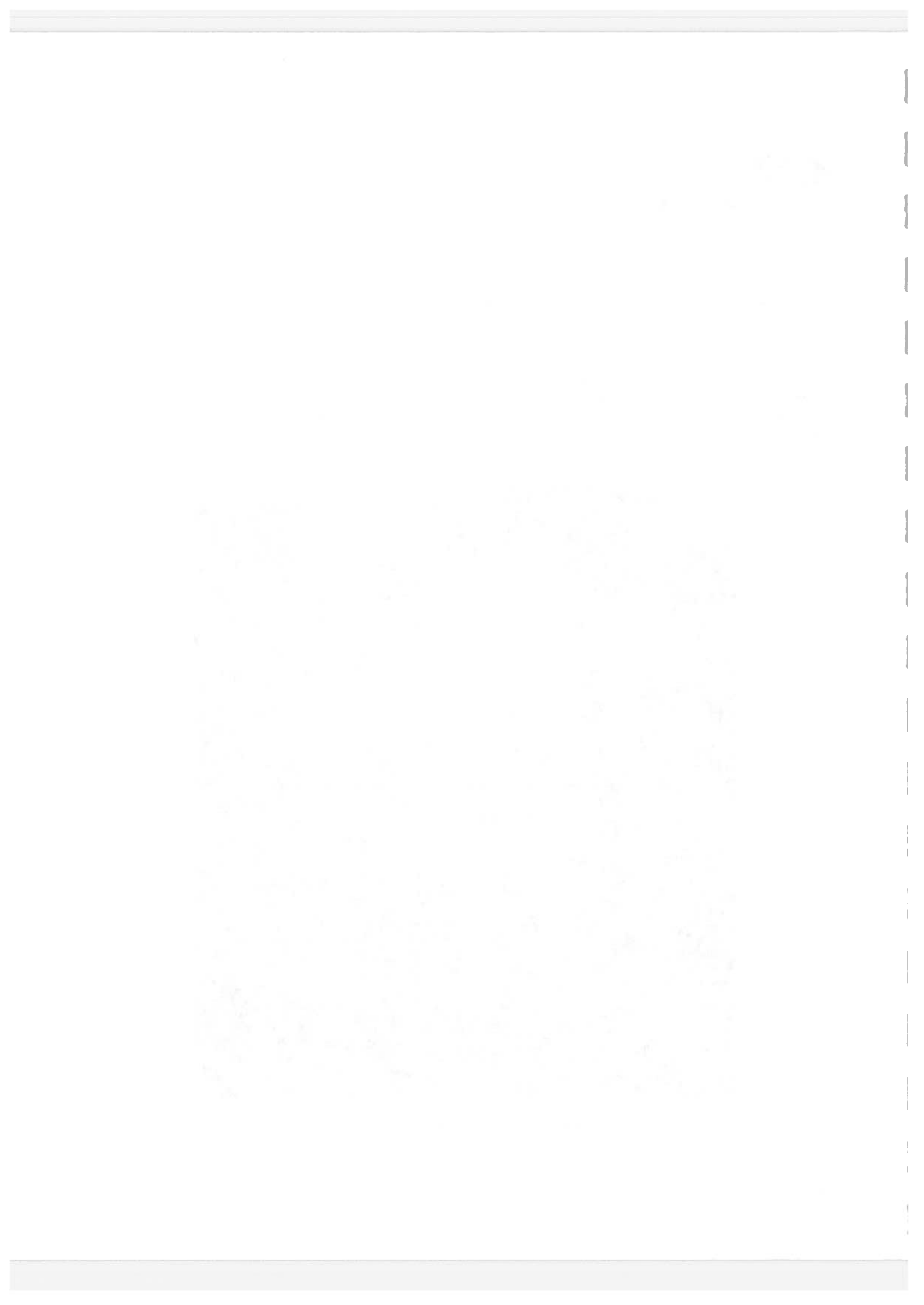


Analyse de la dynamique sédimentaire actuelle de la plage des battures de Beauport

Une visite a été effectuée en juillet 2003 sur la plage des battures de Beauport. Une série de photos ont été prises à cette occasion sur la plage à marée basse. Il y a beaucoup d'indices d'un déplacement continu des sédiments de cette plage du sud vers le nord devant les installations nautiques de la baie de Beauport. L'image suivante tirée de Google Earth permet d'indiquer le début de la zone en érosion ou limite d'inversion du transport littoral (limite sud de la zone 1 de l'image) de même que les différentes zones d'intérêt.



Figure G1 Image satellite de la plage des battures de Beauport



Zone 1 : cette zone est illustrée par les photos suivantes où on voit bien l'érosion en haut de plage et le plaquage de matériaux grossiers laissé en place par l'érosion sélective du sable (et des autres particules fines) qui se produit sur la plage.



Figure G2 Limite sud de la zone 1 – Érosion / plaquage de galets

La photo G3 est une illustration du talus d'érosion en haut de plage. Ce talus d'érosion est le résultat d'attaque des vagues lors des épisodes de très hauts niveaux d'eau.



Figure G3 Traces d'un talus d'érosion de niveaux d'eau hauts exceptionnels

Zone 2 : cette zone intermédiaire est illustrée par la photo G4 où on voit apparaître l'alternance de plaques de gravier et de plaques de sable.



Figure G4 Alternance de plaques de sables, graviers et galets dans la zone 2

Zone 3 : cette deuxième zone intermédiaire est illustrée par la photo G5 où on voit également l'alternance de plaques de gravier et de plaques de sable. On note cependant une diminution de la grosseur des matériaux de la photo G2 vers la photo G5



Figure G5 Zones avec sable et gravier du côté nord de la plage

Épi : la partie nord de la plage des battures est limitée par un épi naturel qui semble s'appuyer sur un substrat très grossier (ancienne digue / chemin de construction de 1967) – figure G6.



Figure G6 Épi stabilisant partiellement l'extrémité nord de la plage des battures

Zone 4 : au nord de cet épi, on ne retrouve que du sable qui "envahit" des zones silteuses/argileuses. Le gravier et les cailloux restent sur la « plage ». La végétation qui n'est pas très présente du côté sud de l'épi montre une vitalité plus grande du côté nord - voir figure G7.



Figure G7 Zone sableuse-silteuse au nord de l'épi (début du « rentrant sud-ouest »)

Il est difficile de faire l'hypothèse d'une relative stabilité de la plage des battures de Beauport. La tendance au déplacement des sédiments du sud vers le nord par les vagues est une tendance lourde, simplement entravée par la présence d'un plaquage de matériaux relativement grossiers (graviers et galets) dans la partie sud de la plage. Inexorablement, le sable migre vers les secteurs nord-ouest à nord-est et à moyen terme, la plage des battures de Beauport ne devrait plus être qu'une plage de galets de plus en plus grossiers avec le temps. L'épi situé du côté nord de la plage est beaucoup trop petit pour retenir le sable qui le contourne pour se diriger vers les zones plus calmes du « rentrant sud-ouest ».

La migration continue des sables nuit à la végétation de la partie sud-est du « rentrant sud-ouest » qui a du mal à se fixer dans ce milieu trop mobile.



Figure G8 Photo aérienne de 2005 montrant le déplacement des sédiments de la plage vers le rentrant sud-ouest (flèche).

Idéalement, il faudrait construire un épi assez important en longueur du côté nord de la plage des battures pour éviter que tout ce sable ne migre vers la zone marécageuse au nord de l'épi et pour permettre le développement d'une plage mieux orientée par rapport aux vagues dominantes (E et ENE).

Dans l'hypothèse de la mise en place d'un remplissage en matériaux granulaires fins sur la plage actuelle (sable provenant du dragage de l'extension des quais 54 et 55 par exemple), l'absence de placage grossier sur la nouvelle plage va permettre une migration relativement intense du sable vers le nord sous l'effet des vagues. Cette migration des particules fines ne diminuera que

lorsque l'effet de granulo-classement par les vagues aura fait apparaître un nouveau plaquage de gravier et galets sur cette plage.

Résultat de la modélisation des vagues sur la place actuelle (GCL 2007)

Le Groupe-conseil LaSalle (GCL) a réalisé une modélisation des vagues dans la baie de Beauport de façon à évaluer la dynamique sédimentaire de la plage des battures de Beauport. Cette modélisation a été précédée par l'analyse des vagues frappant cette plage de façon à déterminer les caractéristiques des vagues les plus significatives en termes de transport littoral (voir tableau E4 de l'annexe E). Quatre (4) cas de vagues ont ainsi été définis et les deux cas de vagues les plus importants pour la dynamique sédimentaire de la plage ont été testés sur le modèle MIKE 21 du GCL. Les cas simulés sont :

- Direction ENE : Hs = 0,76 m et Tp = 3,9 s
- Direction Est : Hs = 0,71 m et Tp = 3,9 m

Les courants littoraux calculés par le modèle MIKE 21 et illustrés sur les figures suivantes donnent une idée du potentiel de transport des sédiments lors de tempêtes d'est et d'est-nord-est. On constate sur les figures suivantes la présence du point d'inflexion de la figure G1 (partie sud de la zone 1) où les courants littoraux s'inversent. On y constate aussi les très forts courants littoraux qui se développent sur la plage des battures, au droit de l'épi de la figure G1 et même à l'ouest de l'épi. Comme les vagues d'ouest sont de très faible amplitude, même si elles sont plus fréquentes que les vagues d'est, elles ne réussissent pas à équilibrer l'intense transport des sables vers le nord-ouest que provoquent les vagues des tempêtes du secteur est sur la plage. Les seuls sédiments susceptibles de demeurer sur la plage actuelle des battures de Beauport sont les graviers grossiers et les cailloux qu'on retrouve au sud de la plage (zone 1 - figure G2).

Il est intéressant de noter que les courants générés par les vagues sont presque aussi intenses du côté ouest de l'épi de la figure G1, dans le rentrant sud-ouest. Cette intrusion de sable rend très difficile la croissance des végétaux dans cette partie du rentrant sud-ouest, le sable y étant trop mobile.

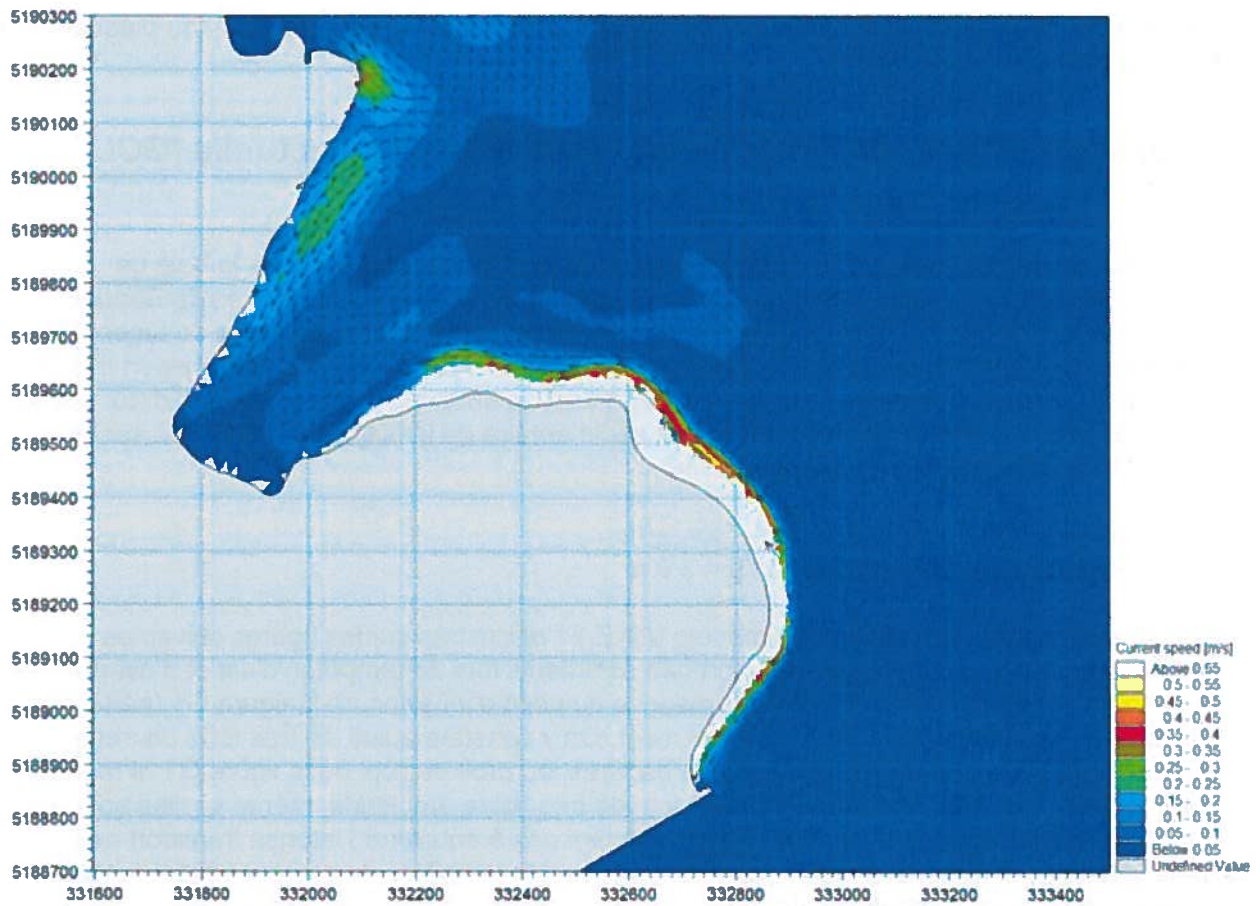


Figure G9 Courants générés par les vagues de tempête d'est sur la plage actuelle

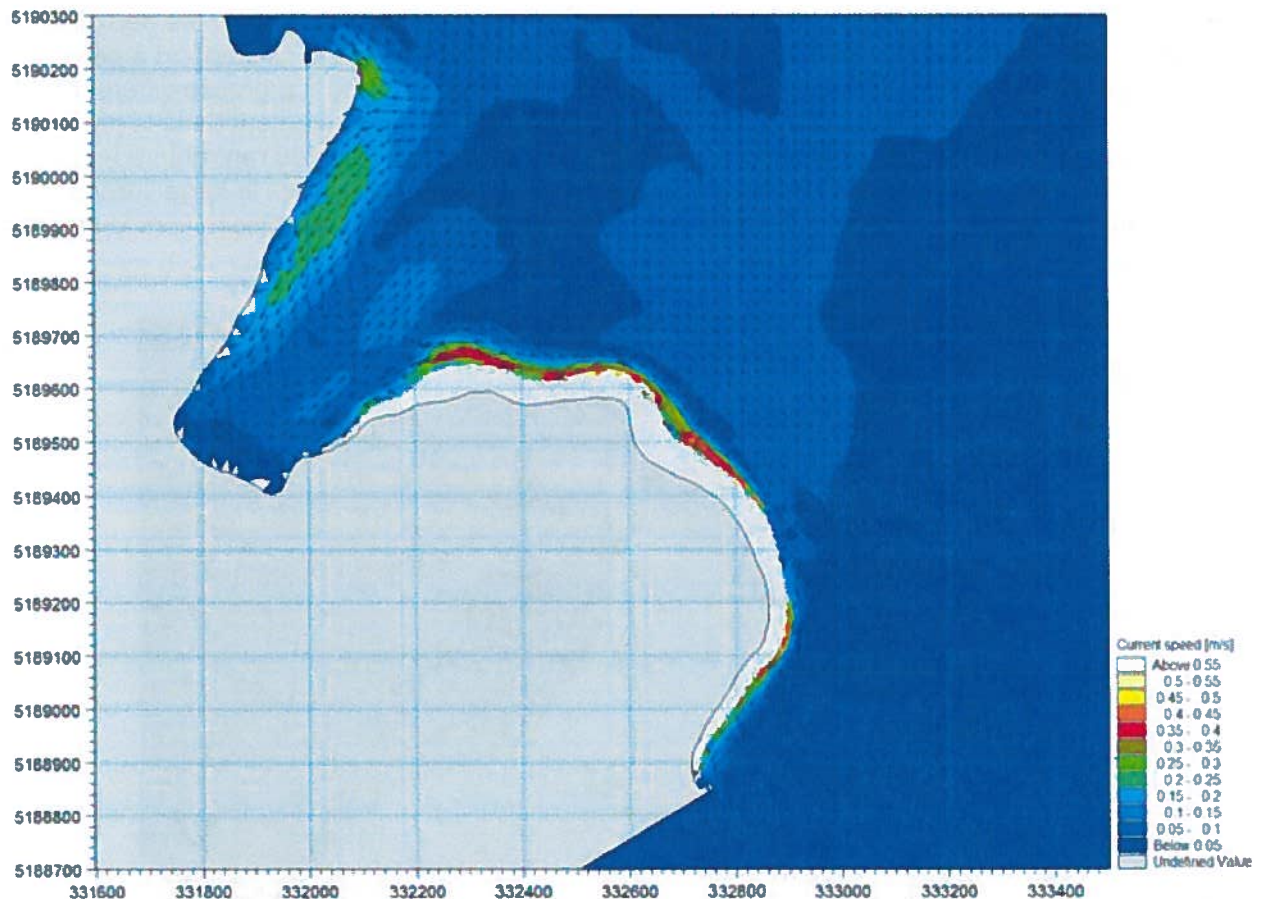


Figure G10 Courants générés par les vagues de tempête d'est-nord-est sur la plage actuelle

Résultats de la modélisation des vagues sur la plage proposée (CGL 2007)

Le Groupe-conseil LaSalle (GCL) a également réalisé une modélisation des vagues dans la baie de Beauport de façon à évaluer la dynamique sédimentaire de la plage des battures de Beauport selon les configurations proposées dans ce rapport. Cette modélisation a utilisé les mêmes caractéristiques de vagues que celles utilisées pour la plage actuelle.

La première configuration de la plage proposée a donné les résultats illustrés sur les deux figures suivantes. On y constate que les courants littoraux ont diminué d'intensité par rapport à ceux qu'on voyait dans les mêmes conditions de vagues sur la plage actuelle. La grosse différence avec la configuration de plage actuelle est que les courants littoraux s'inversent dans la partie nord de la plage. Les vagues provoqueraient même un retour de courant du rentrant sud-ouest vers la baie un peu au large de la pointe de l'épi et les sédiments « tirés vers le large » dans la partie nord de la plage re-circuleraient en avant de la plage au lieu d'être poussés vers le rentrant sud-ouest.

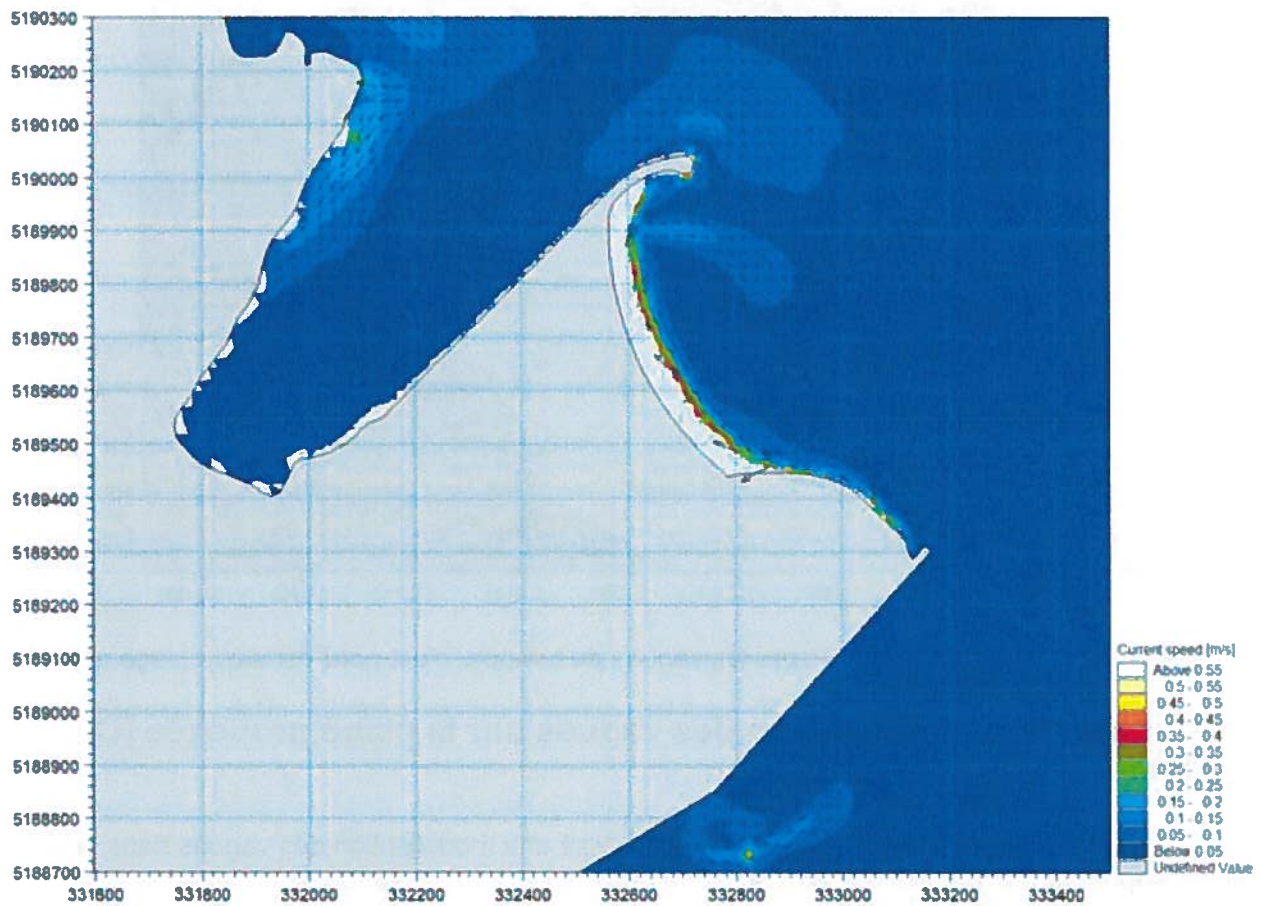


Figure G11 Courants générés par les vagues de tempête d'est sur la 1^e configuration de plage proposée

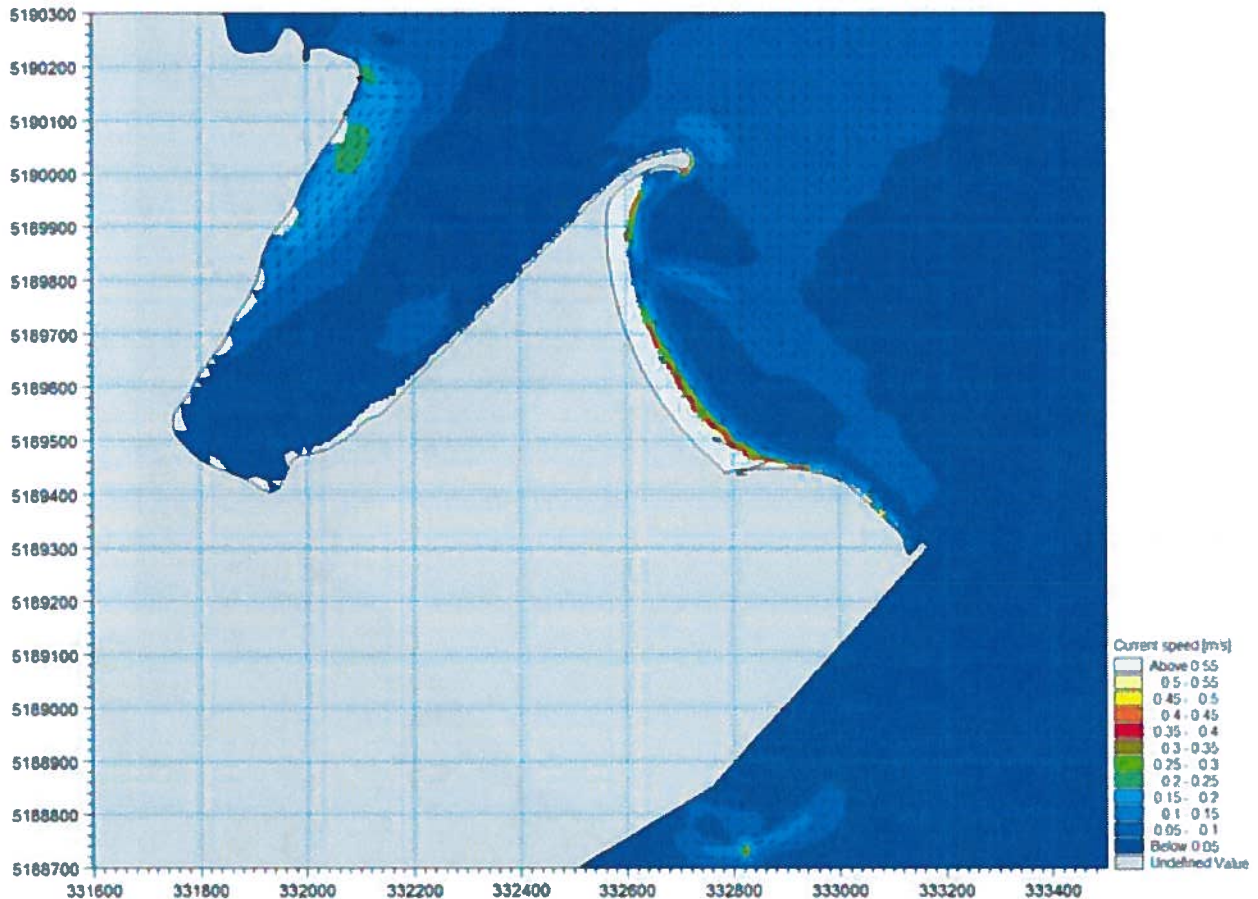


Figure G12 Courants générés par les vagues de tempête d'est-nord-est sur la 1^e configuration de plage proposée

La deuxième configuration de la plage est une tentative de recentrer vers le milieu de la plage la zone de « fuite vers le large » des sédiments au droit de la convergence des courants littoraux. Les résultats de cette deuxième modélisation sont illustrés sur les figures suivantes. On y constate une certaine amélioration pour les vagues de l'est-nord-est, mais l'amélioration est un peu moins évidente pour les vagues d'est.

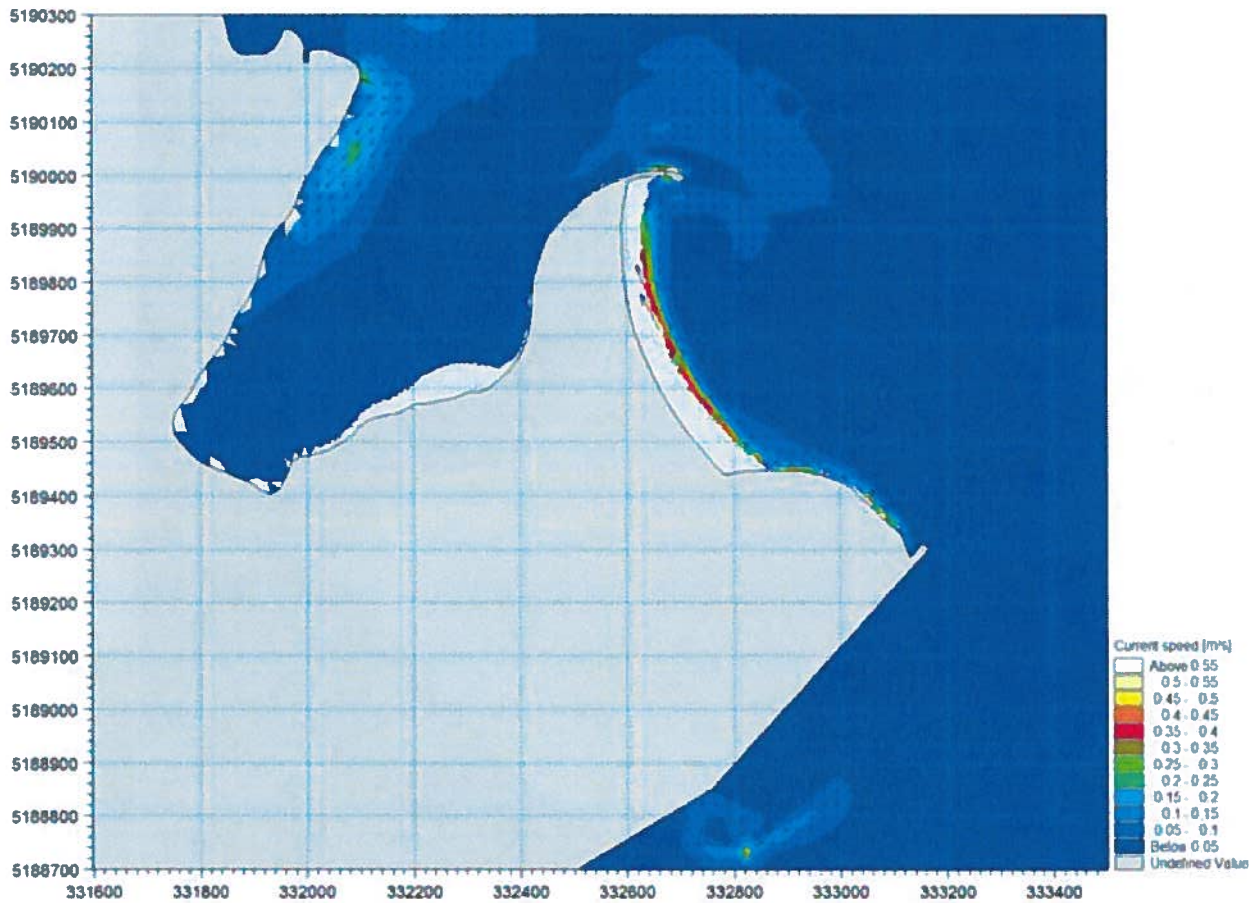


Figure G13 Courants générés par les vagues de tempête d'est sur la 2^e configuration de plage proposée

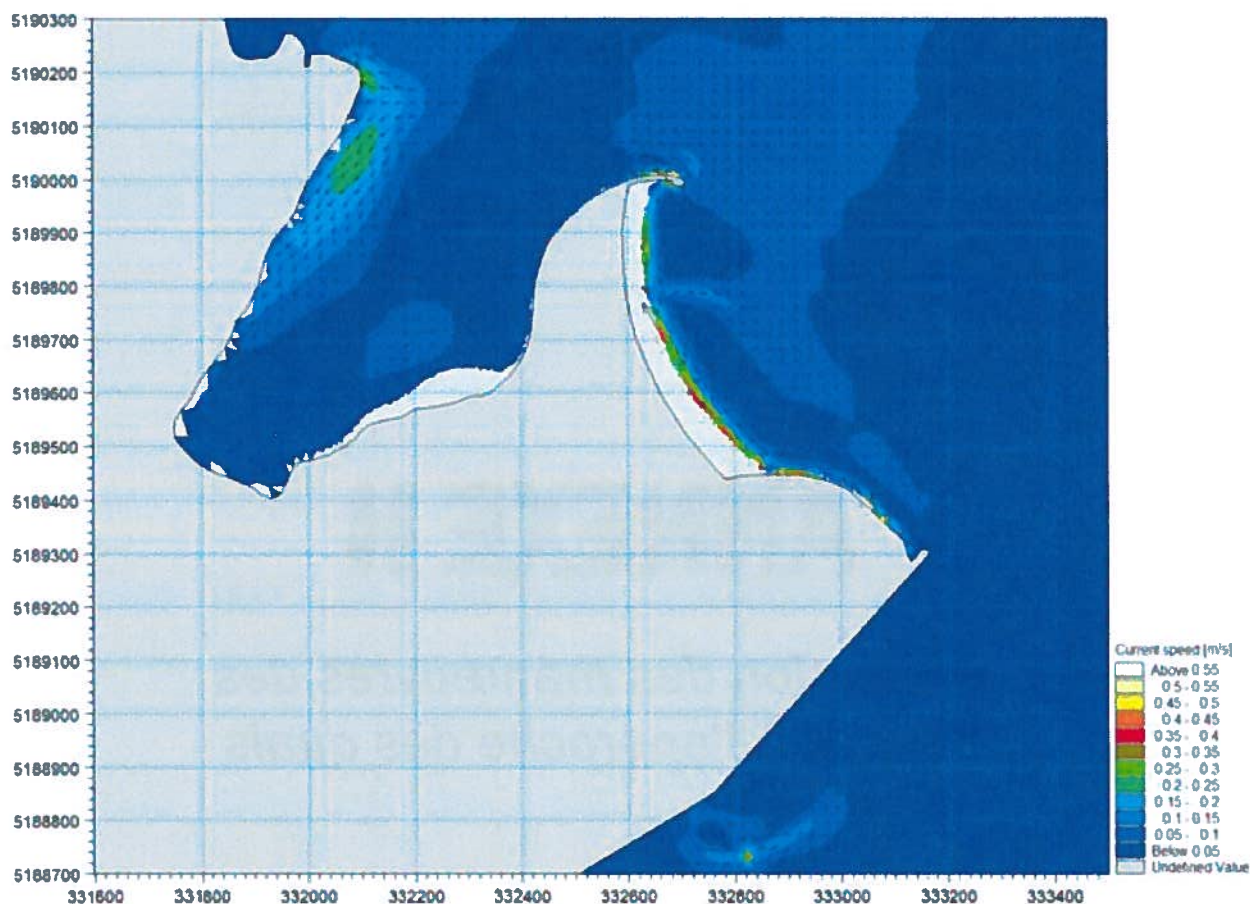


Figure G14 Courants générés par les vagues de tempête d'est-nord-est sur la 2^e configuration de plage proposée

Recommandations pour la suite des études

Les résultats de modélisation du Groupe-conseil LaSalle (GCL) montrent qu'il serait possible d'optimiser la configuration de la plage proposée de façon à y minimiser les déplacements futurs de sable une fois la plage mise en place. D'autres configurations (orientation, position de la plage et de l'épi nord) devraient être testées avant de finaliser la forme de cette plage en vue de la réalisation du projet.

Il serait requis de faire pivoter encore plus la nouvelle plage dans le sens des aiguilles d'une montre pour équilibrer les mouvements de sédiments.



ANNEXE H

Évaluation des manœuvres des navires à l'approche des quais

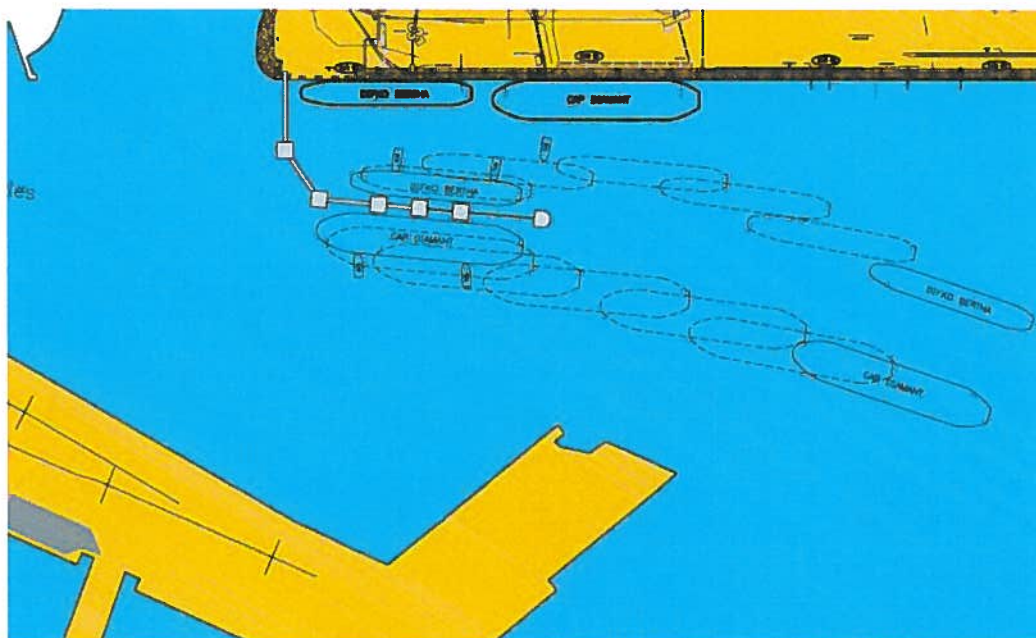


Approche des postes pétroliers

Les manœuvres des navires en approche des postes pétroliers ont été représentées en fonction des discussions qui ont eu lieu avec les pilotes du Port de Québec. Il ne s'agit pas de résultats d'une quelconque modélisation mais d'une simple représentation qui devra être validée par des modélisations plus exactes de ces manœuvres.

Les gros navires en approche (côté sud) du poste pétrolier du bassin de l'estuaire de la rivière Saint-Charles devraient se présenter à l'entrée du bassin à l'étal de courant ou au début du jusant pour éviter d'avoir à prendre de la vitesse pour pénétrer dans le bassin tout en conservant leur manœuvrabilité. Ces navires ralentiraient selon une trajectoire relativement rectiligne pour finir leur manœuvre d'accostage avec l'aide des remorqueurs.

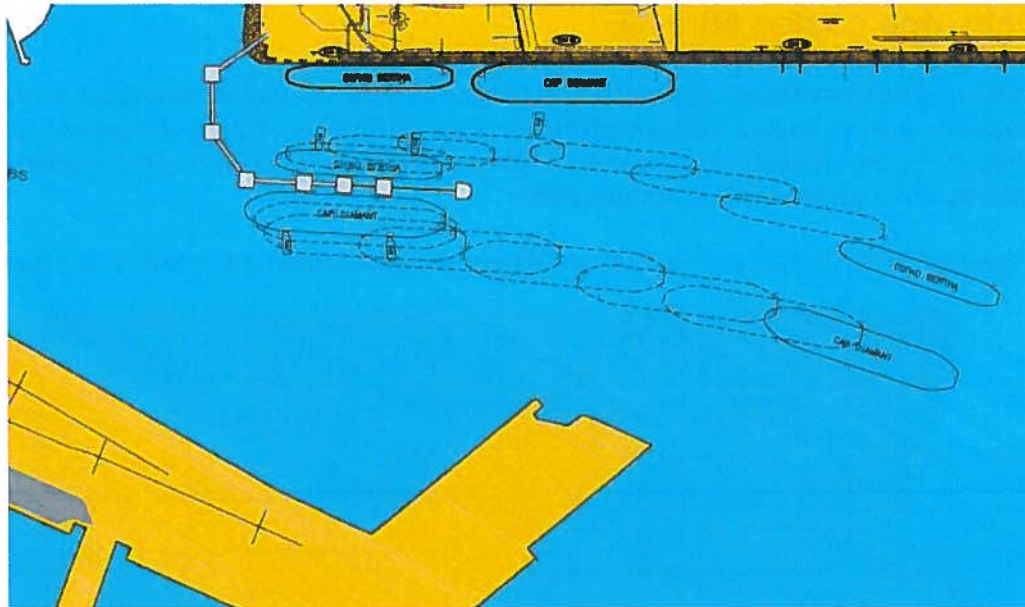
Les petits navires (côté nord du poste pétrolier) suivraient une trajectoire relativement parallèle à celle des plus gros navires. Leurs contraintes au niveau de la fenêtre de marée favorable à leur entrée dans le bassin sont moins grandes que pour les gros navires, leur distance de freinage étant plus courte. Par contre, ces petits navires vont avoir à manœuvrer près des navires se trouvant aux quais 50 et 51. Pour faciliter cette manœuvre d'approche des petits navires sans nuire à celle des gros navires, une rotation de quelques degrés de l'alignement du poste pétrolier serait recommandée (cinq degrés pour l'option 1, trois degrés pour les options 2 et 3).



DUCS D'ALBE-SCÉNARIO 1 (-5°) / ACCOSTAGE

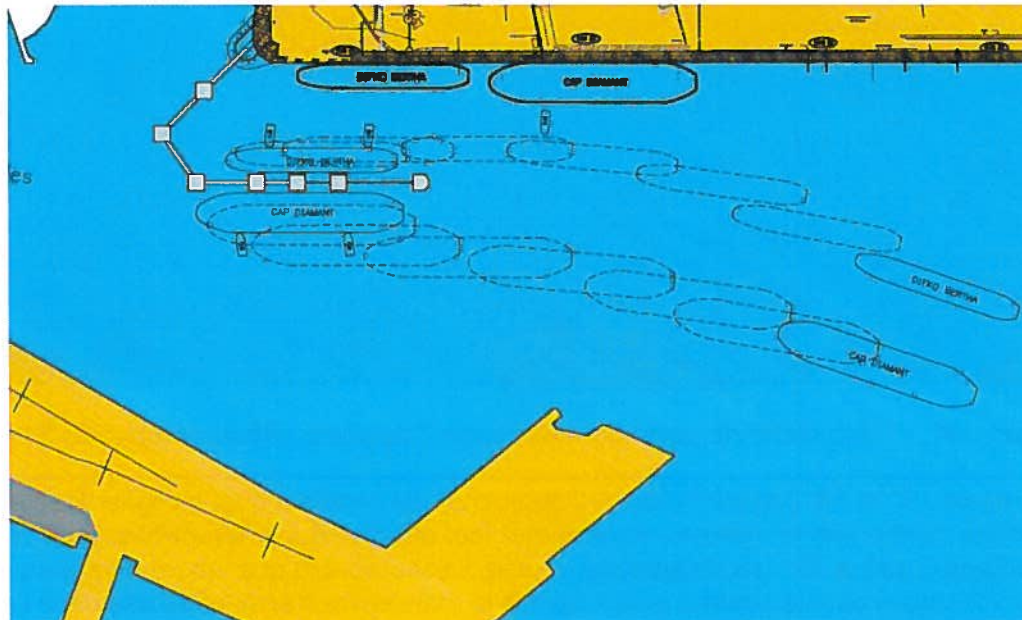
Figure H1 Approche des postes pétroliers – Scénario 1 incliné de 5 degrés





DUCS D'ALBE-SCÉNARIO 2 (-3°) / ACCOSTAGE

Figure H2 Approche des postes pétroliers – Scénario 2 incliné de 3 degrés



DUCS D'ALBE-SCÉNARIO 3 / ACCOSTAGE

Figure H3 Approche des postes pétroliers – Scénario 3 parallèle

Pour les gros navires minéraliers, la manœuvre de retournement dans l'avant-bassin ne pourra se faire qu'avec des conditions de courant favorables (essentiellement à l'étal de courant), sans doute à marée haute et sans gros vent de nord-est.

Approche des postes 54 et 55

Les manœuvres des navires en approche des postes 54 et 55 ont été représentées en fonction des discussions qui ont eu lieu avec les pilotes du Port de Québec. Il ne s'agit pas de résultats d'une quelconque modélisation mais d'une simple représentation qui devra être validée par des modélisations plus exactes de ces manœuvres.

En fonction de la direction des courants, les navires pourraient faire leur approche des postes à quai 54 et 55 soit vers l'amont, soit vers l'aval. Il est cependant probable que, la plupart du temps, les navires vont avoir tendance à faire une manœuvre d'arrêt dans l'avant-bassin de la rivière Saint-Charles, à l'abri des courants, suivie d'une manœuvre de retournement ou d'une manœuvre de recul avec l'aide des remorqueurs.

La présence de navires aux autres postes à quai pèsera certainement dans les décisions que prendront les pilotes à propos de cette manœuvre d'approche des quais.

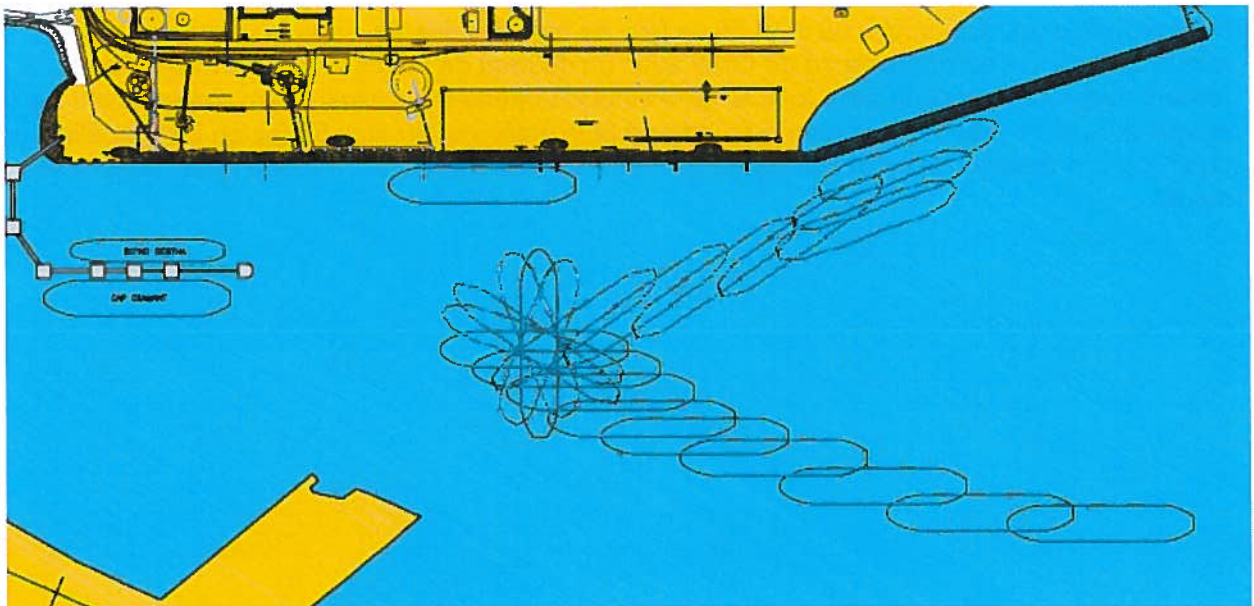


Figure H5 Approche du poste 54 – Retournement dans l'avant-bassin

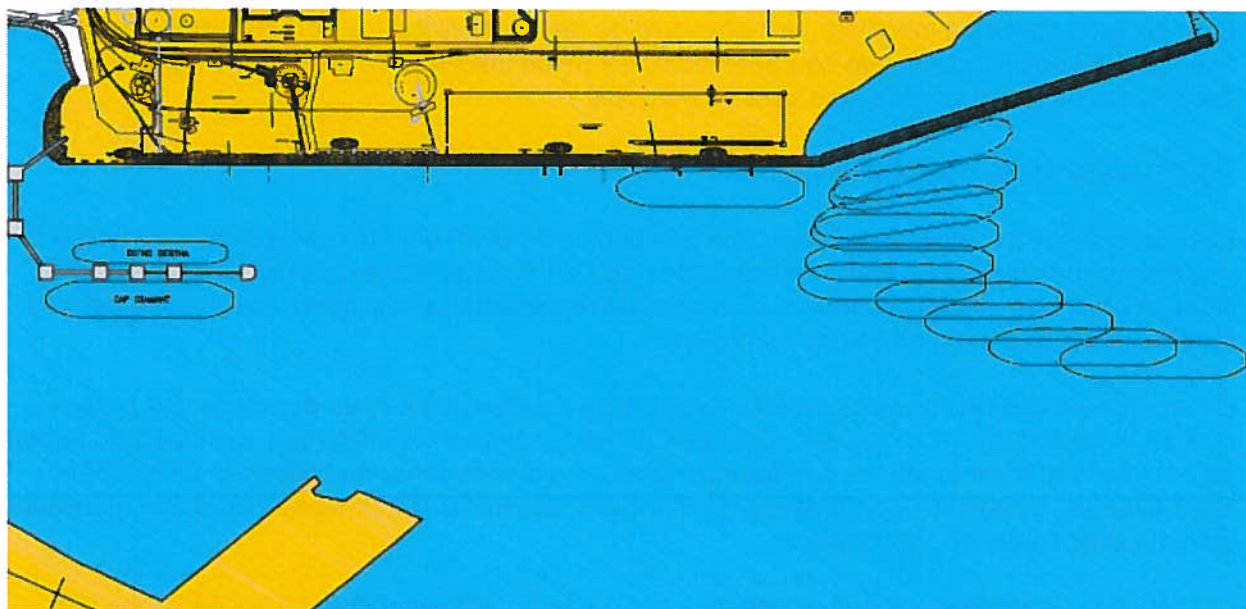


Figure H6 Approche du poste 54 – Recul au droit du quai

Il est probable que l'approche au quai 55 se fera de manière directe, sans manœuvre de retournement, soit en provenance de l'aval avec un courant de jusant, soit en provenance de l'amont avec un courant de flot. Compte tenu du phénomène de « cisaillement » de courant qui se produit à certains stades de la marée à partir de l'extrémité est du quai 55 (selon les modélisations du GCL), ces manœuvres d'approche du quai 55 ne se feront pas à n'importe quel stade de la marée.

ANNEXE I

*Évaluation des glaces aux
postes à quai 54 et 55*



Évaluation des glaces devant les quais 54 et 55

Certaines photos du couvert de glace ont été recueillies de façon à évaluer la façon dont les glaces se déplacent devant les quais 54 et 55. Ces photos illustrent les différentes zones stables et mobiles de la glace au droit des futurs quais.

La photo du 2 février 1974 (GCL 2006) montre un couvert de glace fixe s'étendant jusqu'au chenal profond. Les mouvements des navires ont réussi à déstabiliser une partie du couvert de glace devant les quais 52 et 53. Les glaces circulent dans le chenal loin des quais.

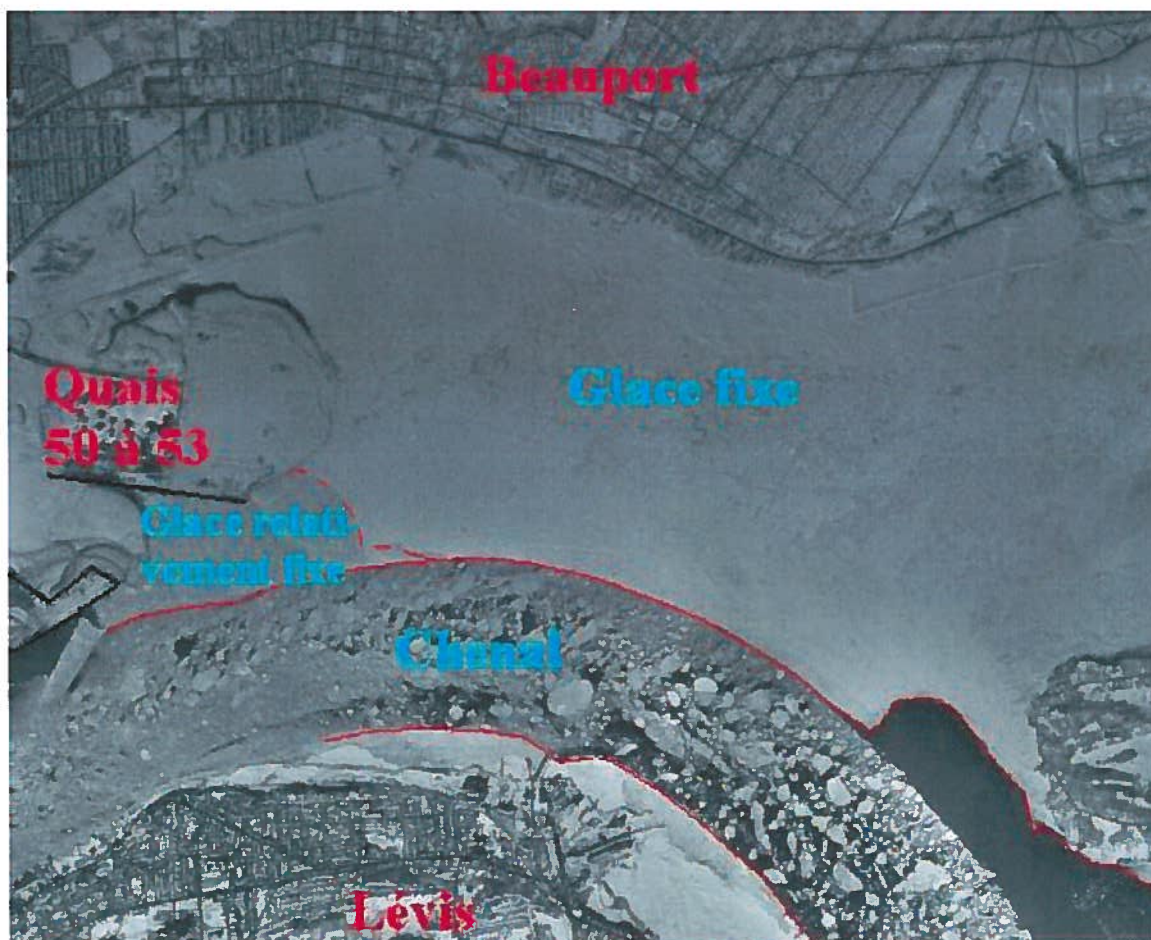
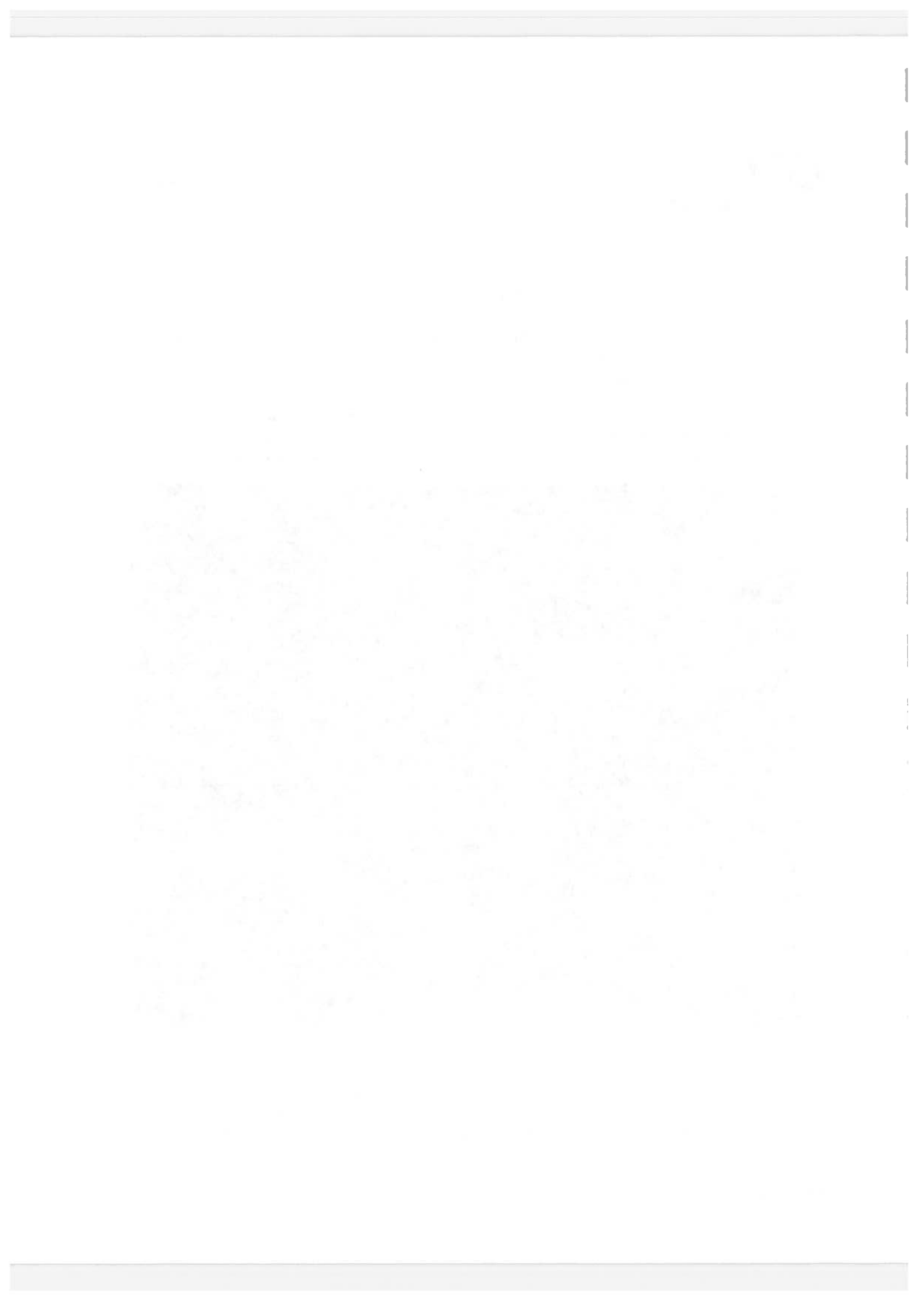


Figure I1 Photo aérienne du 2 février 1974

La photo du 19 février 2006 (nord vers le haut) montre un scénario relativement similaire au précédent, soit un couvert de glace fixe assez large au niveau des battures de Beauport, débordant les quais de plusieurs centaines de mètres vers le centre du chenal. Par contre, à cette



date, les accès aux quais 52 et 53 étaient bien dégagés. La glace circule dans le chenal, sans vraiment risquer d'aller frapper les quais.

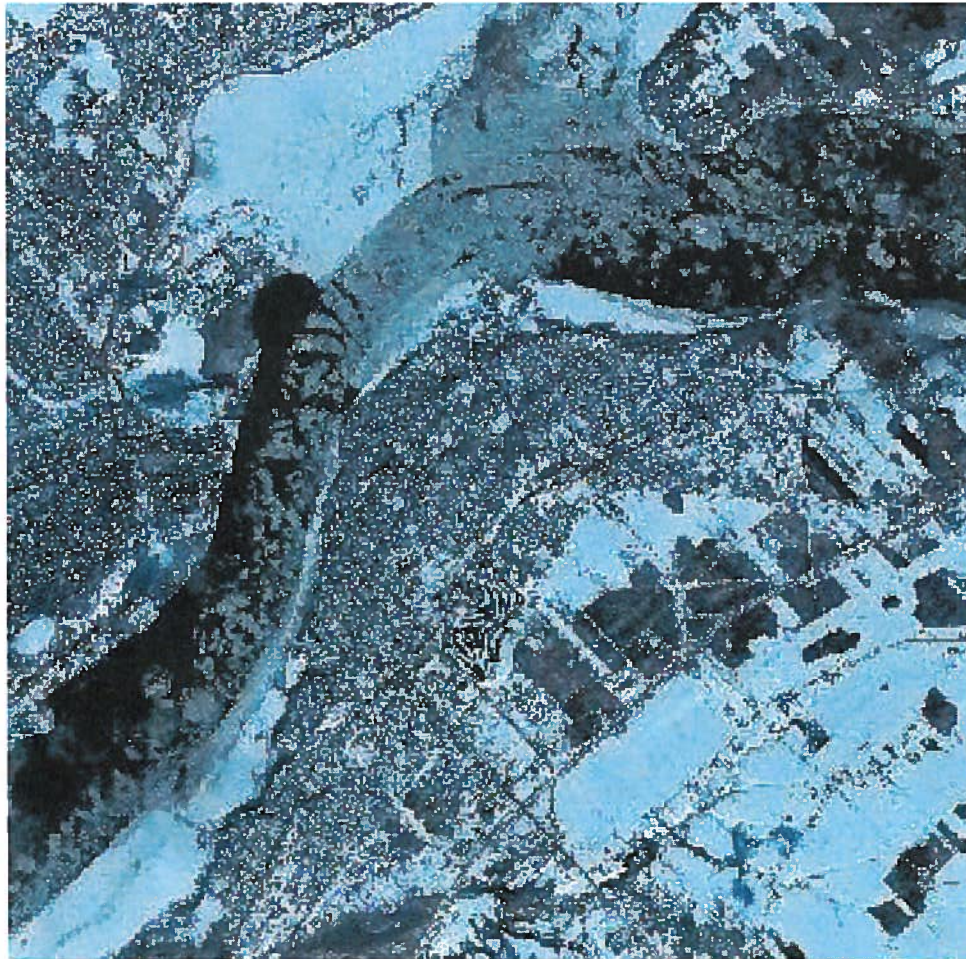


Figure I2 Photo aérienne du 19 février 2006

La photo du 27 janvier 2007 (nord vers le haut) montre, à l'inverse des deux autres photos, un scénario où le couvert de glace fixe est pratiquement absent au niveau des battures de Beauport. À cette date, les accès aux quais 52 et 53 étaient tout à fait dégagés. La glace circulait librement dans tout le plan d'eau, aussi bien dans le chenal que sur les battures, risquant d'aller frapper les quais. La saison hivernale de 2006-2007 a commencé très tard et cette photo est sans doute représentative de conditions transitoires, au début de la prise des glaces sur le Fleuve ou au moment de la débâcle.



Figure I3 Photo aérienne du 27 janvier 2007

ANNEXE J

*Liste des dispositions
législatives et réglementaires*



Loi canadienne sur l'évaluation environnementale (1992, ch. 37)

Articles : 9, 16, 18, 21, 24, 71(1) à 74(4)

- Règlement sur la liste d'inclusion (DORS/94-637)
- Règlement sur la liste d'étude approfondie (DORS/2005-335)

Loi sur l'Office nationale de l'Énergie (L.R., 1985, ch.N-7)

Partie III : Construction et exploitation des pipelines

Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999), L.C. 1999, c. 33

- Règlement sur l'immersion des déchets en mer, DORS/2001-275
- Règlement sur les demandes de permis pour l'immersion en mer, DORS/2001-276
- Règlement fédéral sur l'enregistrement des systèmes de stockage de produits pétroliers et de produits apparentés sur le territoire domanial et les terres autochtones, DORS/97-10

Loi sur les pêches, L.R.C. 1985, c. F-14

Articles : 35. (1), 35. (2),
37. (1)

Loi sur la protection des eaux navigables, L.R.C. 1985, c. N-22

- Règlement sur les ouvrages construits dans les eaux navigables, C.R.C., c. 1232

Loi sur les espèces en péril, L.C. 1002, c. 29

Article 73. (1)

Loi maritime du Canada, L.C. 1998, c. 10

- Règlement sur les ports publics et installations portuaires publiques, DORS/2001-154

Loi sur la convention concernant les oiseaux migrateurs, L.C. 1994, c. 22

- Règlement sur les oiseaux migrateurs, C.R.C., c. 1035
- Règlement sur les refuges d'oiseaux migrateurs, C.R.C., c. 1036



Règlement sur l'évaluation environnementale concernant les Administrations portuaires canadiennes, C.P. 1999_1324, 28 juillet 1999

Loi sur la qualité de l'environnement, LRQ, c. Q-2,

- Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement, R.R.Q., 1981, c.Q-2,r-9

Autres outils de gestion

- Critères intérimaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments du Saint-Laurent. 1992. Environnement Canada et ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs. 28 p.
- Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés. 1998. Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs. 124 p.

ANNEXE K

Avis juridique

**NON-DISPONIBLE
POUR CONSULTATION**

ANNEXE L

Nature et qualité des sédiments



Secteur des ducs-d'Albe

Toutes ces études démontrent la présence d'une importante épaisseur de matière organique constituée de pâte, de fibres et de copeaux de bois. Selon les techniques de forages utilisées, une vase très liquide est présente à la surface de cette matière organique. Toutefois, nous possédons peu d'information quant à leur consistance (% solide) et leurs propriétés physiques permettant de valider le comportement de cette matière organique et de cette vase lors du dragage. De nouvelles caractérisations de ces matériaux devront être faites afin de confirmer les hypothèses de comportement des matériaux émises dans le cadre de la présente évaluation préliminaire du projet de terminal.

Selon les forages réalisés par Groupe-Conseil TS inc. (2000) dans le secteur du quai 49, les sédiments de surface dans le secteur prévu pour la construction des ducs-d'Albe sont constitués de sable silteux à silt avec un peu de sable, un peu d'argile à argileux et des traces de gravier avec des proportions variables de pâte, de fibres et de copeaux de bois sur des épaisseurs variant entre 1,1 et 6,2 m. Sous-jacent à cet horizon de matière organique, on observe un dépôt constitué de sable avec des traces de gravier et des traces à un peu de silt, brun, lequel a été observé jusqu'à la fin des forages, soit sur des épaisseurs variant entre 2,5 et 13,7 m (Groupe Conseil TS inc., Décembre 2000).

D'après le rapport de caractérisation de Procéan inc. (1992), les matériaux qui se trouvent dans la zone à draguer en vue de la construction des ducs-d'Albe du futur terminal sont « *caractérisés par la présence d'une importante masse de matières organiques provenant des activités de la Daishowa. Au centre de ce secteur, cette masse atteint une épaisseur de 12 mètres et est constituée d'environ 80 % de matières végétales et de 20 % de matières minérales (sable)* ».

Dans le plan d'intervention de Procean inc. (1992) il est noté, à propos des sédiments du secteur central du bassin de l'estuaire de la rivière Saint-Charles, que « *ce sédiment peut atteindre 80 % d'humidité et possède une texture spongieuse qui le rend très difficile à pénétrer avec les techniques de forage traditionnelles. Outre la pâte, les fibres et les copeaux de bois, il est également possible d'y retrouver des écorces et des billes de bois pouvant devenir un obstacle à certaines techniques de dragage.* ».

Selon les forages réalisés par Procéan inc. en 1991, les premiers centimètres (0-30 cm) sont caractérisés par une vase très liquide et, la partie sous-jacente, de plus en plus compact avec la profondeur. Toutefois, les forages réalisés à l'intérieur de la baie près du quai 49 démontreraient l'absence de cette vase liquide à la surface. Les premiers centimètres de ce secteur seraient plutôt composés de fibres de bois (Procéan inc., Février 1992).

Enfin, les échantillons de surface prélevés (0-30 cm) par Procean inc. (1990) à l'aide d'une benne et d'un carottier (station 3.2, 3.2. et 4.3), sont constitués de silt et d'argile dans des proportions variant entre 13 et 84 %. Le pourcentage de solide mesuré se situe entre 30 et 63%.

Tableau 1: Sommaire de la qualité des sédiments dans le secteur des ducs-d'Albe

Numéro du forage	Numéro d'échantillon de surface	Paramètres analysés	Granulométrie	Qualité des sédiments selon les critères intérimaires	Qualité des sédiments selon la politique des sols contaminés	Sources d'information
	3-2		Sable	Teneur égale au SEN pour le Cd (3 mg/kg)	< B pour tous les métaux	Procéan inc., 1990
	3-3		Sable	Teneur entre le SEM et le SEN pour le Cd et le Zn	< B pour tous les métaux	Procéan inc., 1990
3C	-	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, Cot, HGM, HGT, HAPT HAP (I) Hap (H) BPCT	Sable et silt	Dépassement du SEN pour le Cr (101 mg/kg) à 70 cm. Aucune contamination à 130 cm.	< B pour tous les métaux	Procéan inc., 1992
4C	-		Gravier - sable	Dépassement du SEN pour le Cd (18 mg/kg), Cu (292 mg/kg), Pb (304 mg/kg), Zn (3800 mg/kg) à 30, 82,5 et 110 cm. Aucune contamination à 210 cm.	< C pour tous les métaux sauf le > que le RESC pour le Zn	Procéan inc., 1992
F3 CF-3 F3-CF-6	-	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, Mn, S total, COT, HAP, HAM BPC, C ₁₀ -C ₅₀	Sédiment gris avec fibres et copeaux de bois jusqu'à une profondeur de 6 m	Dépassement du SEN pour le Cd (14 mg/kg), Cu (240 mg/kg), Ni (130 mg/kg), Pb (200 mg/kg), Zn (3900 mg/kg), BPC totaux (1 mg/kg) à 200 et 400 cm. Présence de C ₁₀ -C ₅₀ (1800 mg/kg).	> C pour le Zn (mais < RESC) et le soufre total	Groupe Conseil TS inc. 2000
F4 CF-1 F4 CF-3	-	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, Mn, S total, COT, HAP, HAM BPC, C ₁₀ -C ₅₀	Sédiment gris avec copeaux jusqu'à 3 m - Sable trace de silt et gravier jusqu'à 6 m.	Dépassement du SEN pour le As (18 mg/kg), Cd (30 mg/kg), Cu (450 mg/kg), Ni (78 mg/kg), Pb (570 mg/kg), Zn (8200 mg/kg), BPC totaux (2,2 mg/kg) à 100 et 200 cm. Présence de C ₁₀ -C ₅₀ (2000 mg/kg).	> C pour le Cd, Zn et le soufre total > que le RESC pour le Zn	Groupe Conseil TS inc. 2000

Numéro du forage	Numéro d'échantillon de surface	Paramètres analysés	Granulométrie	Qualité des sédiments selon les critères intérimaires	Qualité des sédiments selon la politique des sols contaminés	Sources d'information
F5 CF-1 F5 CF-3	-	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, Mn, S total, COT, HAP, HAM BPC, C ₁₀ -C ₅₀	Sédiment gris avec copeaux jusqu'à 3,5 m - Sable trace de silt et gravier jusqu'à 6 m.	Dépassement du SEN pour le Cd (6,4 mg/kg), Cu (190 mg/kg), Ni (90 mg/kg), Zn (2000 mg/kg), à 100 et 200 cm.	> C pour le Zn et le soufre total < que le RESC pour le Zn	Groupe Conseil TS inc. 2000
	B-1	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, Mn, S total, COT, HAP, HAM BPC, C ₁₀ -C ₅₀	Sable silteux	Dépassement du SEN pour le Cu (210 mg/kg), Ni (800 mg/kg) et le Zn (800 mg/kg).	> C pour le le soufre total	Groupe Conseil TS inc. 2000
	B-2	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, Mn, S total, COT, HAP, HAM BPC, C ₁₀ -C ₅₀	Sable silteux	Dépassement du SEN pour le Cu (130 mg/kg), Ni (230 mg/kg) et le Zn (550 mg/kg)	< C pour tous les métaux	Groupe Conseil TS inc. 2000

RESC : Règlement sur l'Enfouissement des Sols Contaminés, Menv, 2001

Approfondissement des quais

Tableau 2: Sommaire de la qualité des sédiments dans le secteur des quais 50 à 53

Numéro du forage	Numéro d'échantillon de surface	Paramètres analysés	Granulométrie	Qualité des sédiments selon les critères intérimaires	Qualité des sédiments selon la politique des sols contaminés	Sources d'information
5C	-	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, Cot, HGM, HGT, HAPT HAP (I) Hap (H) BPCT	Sable et silt	Dépassement du SEN pour le Cd (66,8 mg/kg), Cu (509 mg/kg) et le Zn (6 120 mg/kg) à 20, 130, et 175 cm. Aucune contamination à 265 cm.	> C pour le Cd, Cu et le Zn	Procéan inc., 1992
6B	-	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, Cot, HGM, HGT, HAPT HAP (I) Hap (H) BPCT	Sable et silt	Dépassement du SEN pour le As (17,2 mg/kg), Cd (41 mg/kg), Cu (475 mg/kg) et Zn (10100 mg/kg) à 30, 95, 194 et 225 cm.	> C pour le Cd et le Zn > RESC pour le Zn	Procéan inc., 1992

Numéro du forage	Numéro d'échantillon de surface	Paramètres analysés	Granulométrie	Qualité des sédiments selon les critères intérimaires	Qualité des sédiments selon la politique des sols contaminés	Sources d'information
17A	-	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, Mn, S total, COT, HAP, HAM BPC, C ₁₀ -C ₅₀	Sable	Aucune contamination	-	Procéan inc., 1992
4-3	-	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, Cyanures, H-G total et minéral, TOX, COT, HAP, H. Ali. BPC, OC	Silt -Argile	Dépassement du SEN pour le Cd (4 mg/kg) entre 0 et 10 cm	< C	Procéan inc., 1990
	4-4	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, Cyanures, H-G total et minéral, TOX, COT, HAP, H. Ali. BPC, OC	Silt -Argile	Dépassement du SEN pour le Cd (14 mg/kg), Cu (1385 mg/kg), Ni (1813 mg/kg), Zn (2741 mg/kg) entre 0 et 10 cm	> C < RESC	Procéan inc., 1990
5-3	-	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, Mn, S total, COT, HAP, HAM BPC, C ₁₀ -C ₅₀	Silt -Argile	Dépassement du SEN pour le Cd (4 mg/kg) entre 0 et 10 cm et entre 20 et 30 cm	< C	Procéan inc., 1990
5-4	-	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, Mn, S total, COT, HAP, HAM BPC, C ₁₀ -C ₅₀	Sable et silt	Dépassement du SEN pour le Cd (24 mg/kg), Cu (2724 mg/kg) Ni (67 mg/kg) et Zn (1620 mg/kg) entre 0 et 10 cm et dépassement de As (26 mg/kg), Cd (24 mg/kg), Cu (2724 mg/kg) et Zn (5237 mg/kg) entre 20 et 30 cm	> RESC	Procéan inc., 1990
6-3	-	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, Mn, S total, COT, HAP, HAM BPC, C ₁₀ -C ₅₀	Silt -Argile	Aucune contamination		Procéan inc., 1990

Numéro du forage	Numéro d'échantillon de surface	Paramètres analysés	Granulométrie	Qualité des sédiments selon les critères intérimaires	Qualité des sédiments selon la politique des sols contaminés	Sources d'information
-	6-4	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, Mn, S total, COT, HAP, HAM BPC, C ₁₀ -C ₅₀	Gravier et sable, silt-argile	Dépassement du SEN pour le Cd (4 mg/kg), Cu (210 mg/kg) et Zn (570 mg/kg) entre 0 et 10 cm	< C	Procéan inc., 1990
-	74-1	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, Mn, S total, COT, HAP, HAM BPC, C ₁₀ -C ₅₀	Sable	Aucune contamination	-	Procéan inc., 1990
-	74-2	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, Mn, S total, COT, HAP, HAM BPC, C ₁₀ -C ₅₀	Sable	Aucune contamination	-	Procéan inc., 1990
-	Q50-1	Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, As, COT, Mn, Hg, S total, Hap, C ₁₀ -C ₅₀ , HAM, BPC	Sable silteux	Dépassement du SEN pour le Cu (2000 mg/kg), Ni (5500 mg/kg) et Zn (880 mg/kg)	> RESC	Technisol Environnement, 2002
-	Q51-1	Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, As, COT, Mn, Hg, S total, Hap, C ₁₀ -C ₅₀ , HAM, BPC	Vase	Dépassement du SEN pour le Cd (7,7 mg/kg), Cu (150 mg/kg), Ni (290 mg/kg) et Zn (2200 mg/kg)	> C	Technisol Environnement, 2002
-	Q52-1	Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, As, COT, Mn, Hg, S total, Hap, C ₁₀ -C ₅₀ , HAM, BPC	Sable graveleux	Dépassement du SEN pour le Cd (11mg/kg), Cu (150 mg/kg), Ni (290 mg/kg) et Zn (4600 mg/kg)	> C	Technisol Environnement, 2002
-	Q53-1	Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, As, COT, Mn, Hg, S total, Hap, C ₁₀ -C ₅₀ , HAM, BPC	Sable graveleux	Dépassement du SEN pour le Cd (3,8 mg/kg), Ni (92 mg/kg) et Zn (1500 mg/kg)	> C	Technisol Environnement, 2002

Numéro du forage	Numéro d'échantillon de surface	Paramètres analysés	Granulométrie	Qualité des sédiments selon les critères intérimaires	Qualité des sédiments selon la politique des sols contaminés	Sources d'information
-	Q53-2	Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, As, COT, Mn, Hg, S total, Hap, C10-C50, HAM, BPC	Sable graveleux	Dépassement du SEN pour le Cd (6,3 mg/kg), Cu (150 mg/kg), Ni (1600 mg/kg) et Zn (2900 mg/kg)	> C	Technisol Environnement, 2002

Prolongement des quais 54 et 55

Tableau 3 : Sommaire de la qualité des sédiments dans le secteur du prolongement du quai 53

Numéro du forage	Numéro d'échantillon de surface	Paramètres analysés	Granulométrie	Qualité des sédiments selon les critères intérimaires	Qualité des sédiments selon la politique des sols contaminés	Sources d'information
17A		As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, COT, HAP, HAM, BPC, C10-C50	Sable	Aucune contamination (teneur inférieure au SEN)	-	Procéan inc., 1992
-	75-1	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, Mn, S total, COT, HAP, HAM, BPC, C ₁₀ -C ₅₀	Sable	Aucune contamination (teneur inférieure au SEN)	-	Procéan inc., 1990
-	75-2	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, Mn, S total, COT, HAP, HAM, BPC, C ₁₀ -C ₅₀	Sable	Aucune contamination (teneur inférieure au SEN)	-	Procéan inc., 1990
-	76-1	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, Mn, S total, COT, HAP, HAM, BPC, C ₁₀ -C ₅₀	Sable	Aucune contamination (teneur inférieure au SEN)	-	Procéan inc., 1990
-	76-2	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, Mn, S total, COT, HAP, HAM, BPC, C ₁₀ -C ₅₀	Sable	Aucune contamination (teneur inférieure au SEN)	-	Procéan inc., 1990

Numéro du forage	Numéro d'échantillon de surface	Paramètres analysés	Granulométrie	Qualité des sédiments selon les critères intérimaires	Qualité des sédiments selon la politique des sols contaminés	Sources d'information
-	77-1	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, Mn, S total, COT, HAP, HAM BPC, C ₁₀ -C ₅₀	Sable	Aucune contamination (teneur inférieure au SEN)	-	Procéan inc., 1990
-	77-2	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, Mn, S total, COT, HAP, HAM BPC, C ₁₀ -C ₅₀	Sable	Aucune contamination (teneur inférieure au SEN)	-	Procéan inc., 1990
F-1A	-	-	Sable fin et moyen	-	-	LIE, 1977
F-1B	-	-	Sable fin et moyen	-	-	LIE, 1977
F-2	-	-	Sable et un peu de silt devenant Sable moyen et fin	-	-	LIE, 1977
F-50	-	-	Sable fin à moyen, traces de silt	-	-	LSB, 1989

ANNEXE M

*Effets environnementaux
potentiels*





ANNEXE N

*Estimations du coût
des travaux*

**NON-DISPONIBLE
POUR CONSULTATION**

ANNEXE 0

*Échéancier des travaux
de construction*

**Nouvelles infrastructures portuaires
Beauport 2007, J-4161**

**Port
ÉCHÉANCIER**

Nom de la tâche	Début	Fin	2010											
			Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aoû	Sep				
TERMINAL POUR VRAC LIQUIDE	Lun 10-03-01	Sam 12-09-01	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
Année 1 (2010)	Lun 10-03-01	Mer 10-12-15	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
Aire d'assèchement	Lun 10-03-01	Sam 10-05-15	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
Dragage	Mer 10-09-01	Mer 10-12-15	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
Année 2 (2011)	Jeu 11-09-01	Jeu 11-12-22	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
Construction de 4 ducs-d'Albe	Jeu 11-09-01	Jeu 11-12-22	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
Année 3 (2012)	Jeu 12-03-01	Sam 12-09-01	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
Construction de 3 ducs-d'Albe	Jeu 12-03-01	Mar 12-05-15	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
Superstructure	Mar 12-05-15	Sam 12-09-01	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
APPROFONDISSEMENT DES QUAIS 51 & 52	Lun 10-03-01	Mar 10-12-07	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
Année 1 (2010)	Lun 10-03-01	Mar 10-12-07	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
Aire d'assèchement	Lun 10-03-01	Sam 10-05-15	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
Pieux & palplanches	Sam 10-05-01	Mar 10-09-07	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
Dragage	Mar 10-09-07	Mar 10-12-07	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
PROLONGEMENT DES QUAIS 54 & 55	Sam 10-05-01	Sam 12-06-30	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
Année 1 (2010)	Sam 10-05-01	Dim 10-10-31	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
Fabrication des caissons	Sam 10-05-01	Dim 10-10-31	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
Construction de l'épi (plage)	Mar 10-09-07	Dim 10-10-31	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
Année 2 (2011)	Ven 11-04-01	Jeu 11-12-15	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
Dragage pour la mise en place des caissons	Mar 11-04-05	Ven 11-07-01	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
Dragage de l'aire de manœuvre	Ven 11-07-01	Jeu 11-12-15	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
Assise des caissons	Lun 11-05-02	Lun 11-08-01	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
Mise en place des caissons	Dim 11-05-15	Lun 11-08-15	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
Remplissage des caissons	Dim 11-05-15	Lun 11-08-15	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
Remblayage des caissons	Ven 11-07-01	Jeu 11-09-15	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
Construction dalle et mur de couronnement	Lun 11-08-15	Lun 11-10-31	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
Réaménagement de la plage	Ven 11-04-01	Ven 11-07-01	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
Remblayage de l'arrière quai	Lun 11-08-15	Jeu 11-12-15	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
Construction de la digue de retenue	Mer 11-06-01	Lun 11-08-15	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
Année 3 (2012)	Jeu 12-03-15	Sam 12-06-30	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
Aménagement de l'aire de services	Jeu 12-03-15	Sam 12-06-30	[Bar chart showing activity from Feb to Sep]											
	Tâche		Jalon											
			Récapitulatif											