

ÉTUDE DES RÉPERCUSSIONS
ENVIRONNEMENTALES DE L'EXTENSION
DU PORT DE QUÉBEC

ASPECTS BIOPHYSIQUES

Énoncé des incidences environnementales



Ports Canada

**Port de
Québec**

**Port of
Quebec**

Canada

EQUIPE DE TRAVAIL

Diane Archambault, biologiste
Monique Béland, biologiste
Jacques Bérubé, biologiste
Michel Bilodeau, technicien en sciences naturelles
Thérèse Cardinal, secrétaire
Rachel Charron, dessinatrice
Richard Couture, océanographe
Richard Cyr, technicien en sciences naturelles
Guy Desmarais, géomorphologue
Michel Fortin, technicien en cartographie
Nina Giguère, dessinatrice
Hélène Gilbert, biologiste
Daniel Guérette, technicien en cartographie
Pierre Hébert, technicien en cartographie
Donald Labrie, ingénieur civil
Norbert Lafond, dessinateur
Denis Lévesque, technicien en sciences naturelles
Richard Northon, chimiste
Rénald Pelletier, technicien en sciences naturelles
Diane Samson, opératrice en traitement de textes
Jean-Pierre Savard, océanographe
Pierre Shoiry, ingénieur civil
Gervais Simard, technicien en géologie
Marie Simard, opératrice en traitement de textes
Luc Trépanier, géographe, chef d'atelier
Micheline Vallerand, opératrice en traitement de textes
Claude Yockell, acousticien

PARTICIPATION SPECIALE

Jean-Baptiste Sérodes, ing., Ph. D. (Sédimentologie)
Jacques Rosa, technicien en sciences naturelles (Inventaires
ornithologiques)

Robert Hamelin, biologiste
Chargé de projet

Pierre Lacroix, ing., Ph. D.
Directeur de l'étude

TABLE DES MATIERES

	<u>PAGE</u>
EQUIPE DE TRAVAIL	i
TABLE DES MATIERES	iii
LISTE DES TABLEAUX	xi
LISTE DES FIGURES	xv
LISTE DES CARTES	xvii
1.0 INTRODUCTION	1
1.1 Cadre de l'étude	1
1.2 Mandat du groupe-conseil Roche associés ltée	2
1.3 Territoire à l'étude	4
1.3.1 Localisation	4
1.3.2 Historique des empiétements sur les battures	9
2.0 ASPECTS PHYSIQUES	15
2.1 Environnement sonore	15
2.1.1 Méthodologie	16
2.1.2 Niveau de bruit actuel dans le territoire à l'étude	19
2.1.3 Conclusions	21
2.2 Climat	21
2.2.1 Méthodologie	22
2.2.2 Vent	22
2.2.3 Brouillard	22

	<u>PAGE</u>	
2.3	Qualité de l'air ambiant	25
2.3.1	Méthodologie	27
2.3.1.1	Limites de l'étude	27
2.3.1.2	Technique d'échantillonnage	28
2.3.1.3	Normes de la qualité de l'air	33
2.3.2	Concentration moyenne des particules en suspension et des retombées de poussières dans le territoire à l'étude	34
2.3.3	Corridor de dispersion et zones actuellement affectées par les polluants atmosphériques	38
2.3.4	Sources de pollution atmosphérique dans le secteur	42
2.4	Géomorphologie du littoral	42
2.4.1	Méthodologie générale	43
2.4.2	Contexte physique	44
2.4.3	Géomorphologie du littoral	45
2.4.3.1	Types de rivage	45
2.4.3.2	Unités géomorphologiques des battures	49
2.5	Hydrodynamique	52
2.5.1	Méthodologie	53
2.5.2	Fiabilité et limites des méthodes (évaluation de la méthodologie)	59
2.5.2.1	Vitesse de courant	59
2.5.2.2	Fluctuations de courant	62
2.5.2.3	Conclusions	65
2.5.3	Patron de circulation	66
2.5.3.1	Résultats	66
2.5.3.2	Discussion	69

	<u>PAGE</u>
2.5.4 Ecoulement résiduel sur les battures de Beauport	71
2.6 Sédimentologie	74
2.6.1 Processus sédimentologiques	76
2.6.1.1 Transport des sédiments non cohésifs par charriage sur le fond	76
2.6.1.2 Transport et accumulation des sédiments en suspension	79
2.6.2 Bilan des zones d'accumulation de l'année 1982	84
2.6.2.1 Méthodologie	84
2.6.2.2 Aires de sédimentation	89
2.6.2.3 Conclusions	91
2.7 Qualité des sédiments	91
2.7.1 Méthodologie	93
2.7.2 Granulométrie	96
2.7.3 Géochimie	103
2.7.4 Conclusions	107
2.8 Qualité des eaux	107
2.8.1 Méthodologie	109
2.8.2 Caractéristiques physico-chimiques de l'eau	113
2.8.3 Conclusions	118
2.9 Glaces	118
2.9.1 Englacement	119
2.9.2 Dégagement du fleuve	123
2.9.3 Dégagement des battures	123
3.0 ASPECTS BIOLOGIQUES	127
3.1 Végétation	127
3.1.1 Méthodologie	130
3.1.2 Evolution récente des groupements végétaux	135

	<u>PAGE</u>	
3.1.3	Biomasse des principales espèces	136
3.1.4	Interactions entre la végétation et les processus physiques	139
3.1.5	Conclusions	143
3.2	Faune benthique	144
3.2.1	Méthodologie	146
3.2.2	Faune benthique des battures de Beauport	150
3.2.3	Discussion	163
3.2.3.1	Comparaison avec la faune benthique décrite dans d'autres études	163
3.2.3.2	Interactions faune benthique - milieu environnant	165
3.2.3.3	Relations faune benthique - flore	168
3.2.3.4	Répartition verticale des organismes	169
3.2.4	Conclusions	169
3.3	Faune ichtyenne	170
3.4	Faune avienne	175
3.4.1	Abondance et diversité de la faune avienne	176
3.4.1.1	Limicoles	176
3.4.1.2	Anatidés et laridés	177
3.4.2	Utilisation du milieu par la faune avienne	180
3.4.2.1	Méthodologie	181
3.4.2.2	Utilisation des différents habitats	184
3.4.3	Conclusions	199
4.0	POTENTIEL D'EPURATION	203
4.1	Méthodologie et zone d'étude considérée	205
4.2	Potentiel d'auto-épuration	206
4.2.1	Substances inertes	206
4.2.2	Microorganismes	208
4.2.3	Substances dégradables	209

	<u>PAGE</u>	
4.3	Le cas de l'estuaire du Saint-Laurent	211
4.4	Potentiel d'épuration des marais	218
4.4.1	Nomenclature	218
4.4.2	Variables indicatrices	219
4.4.2.1	Eléments nutritifs	220
4.4.2.2	Oxygène	221
4.4.2.3	Métaux en trace	222
4.4.2.4	Solides en suspension	223
4.4.2.5	Microorganismes	223
4.4.2.6	Chaîne alimentaire	224
4.5	Le cas des battures de Beauport	226
4.5.1	Méthodologie	226
4.5.2	Traitement tertiaire des eaux par la végétation des battures	228
4.5.3	Traitement chimique par la chaîne alimentaire	233
4.5.4	Oxygène	233
4.5.5	Métaux en trace	234
4.5.6	Suspensoïdes	236
4.6	Conclusions	237
5.0	ANALYSE DES REPERCUSSIONS RELIEES A LA CONSTRUC- TION ET A LA PRESENCE DE L'AIRES D'EXTENSION	239
5.1	Description sommaire du projet	239
5.2	Méthodologie	245
5.2.1	Composantes du projet	245
5.2.1.1	Activités de construction	246
5.2.1.2	Présence de l'aménagement portuaire	248
5.2.2	Eléments du milieu récepteur	248
5.2.3	Grille de contrôle	249
5.2.4	Evaluation des répercussions	251
5.2.5	Matrice des répercussions	253
5.2.6	Présentation des recommandations, des mesures d'insertion et du pro- gramme de surveillance des travaux de dragage	253

	<u>PAGE</u>
5.3 Description des répercussions reliées à la construction et à la présence de l'aire d'extension	254
5.3.1 Activités de chantier	254
5.3.1.1 Qualité du milieu sonore	254
5.3.1.2 Qualité de l'air	258
5.3.1.3 Qualité de l'eau	259
5.3.1.4 Faune avienne	259
5.3.2 Transport des matériaux	261
5.3.2.1 Qualité du milieu sonore	261
5.3.2.2 Qualité de l'air	264
5.3.3 Mise en place des caissons	264
5.3.4 Dragage du site de mise en place des caissons et de l'avant-quai	265
5.3.4.1 Généralités	265
5.3.4.2 Qualité de l'eau	267
5.3.4.3 Qualité des sédiments	268
5.3.4.4 Faune benthique	269
5.3.4.5 Faune ichtyenne	270
5.3.5 Mise en place des digues en sable et remplissage de l'arrière-quai	271
5.3.6 Présence de l'aménagement portuaire	275
5.3.6.1 Hydrodynamique	275
5.3.6.2 Sédimentologie	287
5.3.6.3 Géomorphologie du littoral	290
5.3.6.4 Glaces	291
5.3.6.5 Végétation	291
5.3.6.6 Faune benthique	293
5.3.6.7 Faune ichtyenne	295
5.3.6.8 Faune avienne	295
5.3.6.9 Potentiel d'épuration	298
5.4 Matrice des répercussions	298
5.5 Recommandations, mesures d'insertion et programme de surveillance des travaux de dragage	301
5.5.1 Activités de chantier	301
5.5.1.1 Qualité de l'air	301
5.5.1.2 Qualité de l'eau	302
5.5.1.3 Faune avienne	303

	<u>PAGE</u>	
5.5.2	Transport des matériaux	303
5.5.2.1	Généralités	303
5.5.2.2	Qualité du milieu sonore	304
5.5.2.3	Qualité de l'air	305
5.5.3	Activités de dragage et de rem- blayage hydraulique	305
5.5.4	Répercussions résiduelles	312
6.0	RISQUES ENVIRONNEMENTAUX RELIES A L'EXPLOI- TATION DE LA ZONE D'EXTENSION	315
6.1	Risques reliés à la manutention et au stockage des marchandises	316
6.1.1	Catégories de produits	316
6.1.2	Eléments sensibles du milieu	318
6.1.3	Evaluation des risques environ- nementaux	319
6.1.3.1	Manutention et stockage	319
6.1.3.2	Niveau de bruit	322
6.1.3.3	Qualité de l'air	324
6.1.3.4	Déversements accidentels	327
6.1.4	Recommandations et mesures d'at- ténuation des risques	328
6.1.4.1	Etudes d'impacts prélimi- naires	328
6.1.4.2	Zones à privilégier	329
6.1.4.3	Respect des normes et mesures d'atténuation préventives	329
6.1.4.4	Mesures d'urgence	331
6.2	Risques reliés au trafic maritime	332
6.3	Risques reliés aux activités connexes	332
6.3.1	Activités de service, infrastruc- tures et industries connexes	332
6.3.2	Transport routier et ferroviaire	333
6.3.3	Entretien du port	335
6.3.4	Zone de libre accès	335
6.4	Conclusions	336

	<u>PAGE</u>
7.0 SYNTHÈSE DES REPERCUSSIONS	337
7.1 Phase de construction	338
7.2 Présence de l'aménagement portuaire	340
7.3 Utilisation de la zone d'extension	344
7.3.1 Manutention et stockage des marchandises	345
7.3.2 Trafic maritime, activités connexes, transport et entretien	348
 BIBLIOGRAPHIE	 351

LISTE DES TABLEAUX

	PAGE
TABLEAU 2.1 : Rose des vents annuels	23
TABLEAU 2.2 : Fréquence des phénomènes de brouillard	24
TABLEAU 2.3 : Normes de qualité de l'atmosphère	33
TABLEAU 2.4 : Particules en suspension (1979-1982)	35
TABLEAU 2.5 : Retombées de poussières (1979-1982)	36
TABLEAU 2.6 : Variables mesurées aux différentes stations d'échantillonnage	95
TABLEAU 2.7 : Caractéristiques physico-chimiques des sédiments des battures de Beauport	97
TABLEAU 2.8 : Caractéristiques physico-chimiques des sédiments des battures de Beauport (Sérodes, 1978)	98
TABLEAU 2.9 : Caractéristiques physico-chimiques des sédiments dans la région de Québec	102
TABLEAU 2.10 : Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de la région de Québec	115
TABLEAU 3.1 : Plantes endémiques reconnues sur les battures de Beauport	129
TABLEAU 3.2 : Biomasse aérienne des principales espèces, les 15 et 16 septembre 1982	137
TABLEAU 3.3 : Caractéristiques générales de la faune benthique pour l'ensemble des zones étudiées	151
TABLEAU 3.4 : Principales caractéristiques de la faune benthique des différentes zones du secteur des battures à l'étude	152

	PAGE
TABLEAU 3.5 : Composition taxonomique des peuplements benthiques des différentes zones des battures de Beauport et importance des différentes populations d'organismes au sein de ces zones	154
TABLEAU 3.6 : Abondance des différents groupes d'organismes et leur importance relative (%) pour les stations 5, 6 et 7	161
TABLEAU 3.7 : Abondance des différents groupes d'organismes recueillis lors de l'échantillonnage de benthos au moment de l'abattage d'oiseaux	162
TABLEAU 3.8 : Abondance des différents groupes d'organismes et leur importance relative (%) pour les stations 8, 9, 10, 11 et 12	164
TABLEAU 3.9 : Liste et abondance relative des espèces de poissons capturés dans le fleuve Saint-Laurent aux environs de Québec	173
TABLEAU 3.10 : Résultats d'inventaires de limicoles réalisés dans le territoire à l'étude en 1980 et en 1982	178
TABLEAU 3.11 : Utilisation des battures de Beauport et de l'ensemble de la région de Québec par la sauvagine et les laridés	179
TABLEAU 3.12 : Comportement des oiseaux à l'automne 1982, en fonction des phases de la marée et des types de milieu	188

	PAGE
TABLEAU 3.13 : Comportement des oiseaux au printemps 1983, en fonction des phases de la marée et des types de milieu	189
TABLEAU 3.14 : Description des contenus stomacaux de bécasseaux semi-palmés	195
TABLEAU 3.15 : Abondance relative moyenne des organismes benthiques aux sites d'abattage des oiseaux	197
TABLEAU 3.16 : Synthèse de l'utilisation des différents habitats présents dans la zone d'étude par les principaux groupes d'oiseaux	200
TABLEAU 4.1 : Contribution relative (%) des quatre principales sources de contaminants dans l'estuaire	213
TABLEAU 4.2 : Biomasse des parties aériennes de végétaux	229
TABLEAU 4.3 : Bilan de l'azote et du phosphore	230
TABLEAU 4.4 : Concentration en métaux en trace de la végétation	235
TABLEAU 5.1 : Caractéristiques techniques reliées aux différentes phases de construction de l'aire d'extension	244
TABLEAU 5.2 : Grille de contrôle	250
TABLEAU 5.3 : Comparaison entre les niveaux de bruit existants et les résultats des calculs prévisionnels concernant les activités de chantier, en termes de niveaux de bruit équivalents (Leq)	256
TABLEAU 5.4 : Niveau de bruit équivalent (Leq) résultant du transport des matériaux	262

	PAGE
TABLEAU 5.5 : Matrice des répercussions sur l'environnement biophysique	299
TABLEAU 5.6 : Critères d'évaluation de la qualité des produits d'excavation du dragage	311
TABLEAU 5.7 : Matrice des répercussions résiduelles sur l'environnement biophysique	313
TABLEAU 6.1 : Liste des produits susceptibles d'être manutentionnés au port de Québec	317
TABLEAU 6.2 : Evaluation des risques environnementaux biophysiques reliés à la manutention et au stockage des marchandises dans la zone d'extension du port de Québec	320
TABLEAU 6.3 : Comparaison entre les niveaux de bruit existants et les résultats des calculs prévisionnels concernant l'utilisation de la péninsule en termes de niveau de bruit équivalent (Leq)	323

LISTE DES FIGURES

	PAGE
FIGURE 2.1 : Comparaison des vitesses et directions prédites (modèle hydraulique) et mesurées aux stations d'échantillonnage	60
FIGURE 2.2 : Comparaison des vitesses observées à mi-profondeur et au fond avec celles observées en surface (stations SP-4, 1982)	61
FIGURE 2.3 : Séries temporelles de vitesse de courant	63
FIGURE 2.4 : Comparaison des séries temporelles de vitesses	67
FIGURE 2.5 : Vecteur progressif de vitesse, station S-1	72
FIGURE 2.6 : Vecteur progressif de vitesse, station S-2	73
FIGURE 3.1 : Séquences végétales	141
FIGURE 3.2 : Localisation des oiseaux à l'automne, en fonction des phases de la marée	185
FIGURE 3.3 : Localisation des oiseaux au printemps, en fonction des phases de la marée	186
FIGURE 5.1 : Phases de réalisation du projet d'extension du port de Québec	241

LISTE DES CARTES

	PAGE
CARTE 1.1 : Territoire à l'étude	5
CARTE 1.2 : Composantes physiques de la partie ouest des battures de Beauport	7
CARTE 1.3 : Evolution historique de l'empiétement des battures de Beauport	11
CARTE 2.1 : Environnement sonore	17
CARTE 2.2 : Particules en suspension	29
CARTE 2.3 : Retombées de poussières	31
CARTE 2.4 : Probabilité de dispersion dans les cas d'émission de particules (état actuel)	39
CARTE 2.5 : Géomorphologie du littoral	47
CARTE 2.6 : Localisation des stations de relevés hydrauliques	57
CARTE 2.7 : Distribution des vitesses maximales	77
CARTE 2.8 : Vitesses résiduelles	81
CARTE 2.9 : Aires de sédimentation	87
CARTE 2.10 : Granulométrie	94
CARTE 2.11 : Qualité de l'eau	111
CARTE 2.12 : Régime des glaces	121
CARTE 2.13 : Progression du dégagement du champ de glace en 1983	125
CARTE 3.1 : Végétation	133

	PAGE
CARTE 3.2 : Faune benthique	147
CARTE 5.1 : Vitesses maximales après l'aménagement	277
CARTE 5.2 : Différences de vitesses maximales	279
CARTE 5.3 : Vitesses résiduelles après l'aménagement	283
CARTE 6.1 : Probabilité de dispersion dans les cas d'émission de particules (après l'extension projetée)	325

1.0 INTRODUCTION

1.1 CADRE DE L'ETUDE

A la suite du dépôt de l'étude d'impact (EIE), réalisée par la firme Pluram Inc., et de la tenue d'une réunion d'information publique le 17 février 1982, la Commission d'évaluation environnementale pour le projet d'extension du port de Québec en arrivait à la conclusion que l'étude soumise à son attention comportait des lacunes importantes relativement à la description du projet et à l'évaluation des répercussions environnementales.

A ce sujet, dans une lettre adressée aux responsables du Port de Québec le 10 mai 1982, elle faisait parvenir une liste des sujets qui devaient être étudiés avant la poursuite de l'examen du projet.

Plusieurs des questions formulées par la Commission dans cette lettre visent à obtenir une description claire et précise du projet d'extension, de même qu'une identification et une analyse détaillée des répercussions environnementales associées à la présence et aux phases de construction et d'utilisation des nouvelles infrastructures portuaires.

Pour répondre aux demandes de la Commission, les responsables du Port de Québec ont confié au Groupe-conseil Roche associés ltée le mandat de réaliser l'étude des aspects biophysiques reliés à un nouveau projet d'extension portuaire de 42,5 ha. La justification de ce nouveau projet, le choix du site d'implantation, la conception et l'élaboration des méthodes de construction sont l'oeuvre du Port de Québec.

D'ailleurs, la description et la justification des différentes composantes du projet de même que l'analyse des répercussions socio-économiques font l'objet d'un rapport préparé par Port de Québec*.

1.2 MANDAT DU GROUPE-CONSEIL ROCHE ASSOCIES LTEE

Le mandat du Groupe-conseil Roche associés ltée a consisté exclusivement à fournir une évaluation objective et réaliste des répercussions qui découleront de la réalisation du projet conçu par le Port de Québec sur les composantes du milieu biophysique. Dans le cas de certaines composantes telles que la qualité de l'air, l'environnement sonore et la qualité de l'eau, les répercussions sur le milieu humain ont également été considérées.

Le mandat visait également à donner une description détaillée des mesures d'insertion et de compensation qui permettront de réduire l'importance des répercussions négatives du projet ainsi qu'une évaluation systématique des répercussions résiduelles non corrigibles.

Dans cette optique, les composantes les plus caractéristiques du milieu biophysique ont été analysées et décrites en fonction des préoccupations de la Commission. Dans la mesure où elles permettaient une évaluation plus juste des

* Port de Québec, 1983. Etude des répercussions environnementales de l'extension du Port de Québec. Aspects socio-économiques.

conséquences environnementales du projet sur les composantes du milieu biophysique, les interrelations entre les courants, la nature des dépôts, la végétation, la faune benthique et les oiseaux ont également été analysées.

En ce qui concerne la structure du rapport, les chapitres 2.0 et 3.0 décrivent les aspects physiques et les ressources biologiques, le chapitre 4.0, le potentiel d'auto-épuration des battures de Beauport et les chapitres 5.0 et 6.0 présentent l'analyse des répercussions environnementales.

La structure des chapitres 2.0, 3.0 et 4.0 suit la séquence de présentation suivante:

- a) un résumé des préoccupations de la Commission desquelles ont été déduits les principaux points à analyser pour chacune des composantes à l'étude;
- b) une description des méthodes de travail, d'échantillonnage et d'analyse;
- c) les résultats obtenus, y compris l'analyse des interrelations avec d'autres composantes du milieu, s'il y a lieu;
- d) une courte conclusion lorsqu'elle favorise une meilleure compréhension des points techniques discutés à la section précédente.

Le chapitre 5.0 reprend les grandes lignes du projet et des étapes de construction présentées en détail dans le rapport du Port de Québec, la méthodologie d'évaluation des répercussions environnementales associées aux activités de construction du projet et à la présence du périmètre de développement, ainsi que l'analyse de ces répercussions. Les mesures de mitigation applicables sont également présentées ainsi que l'évaluation des répercussions résiduelles.

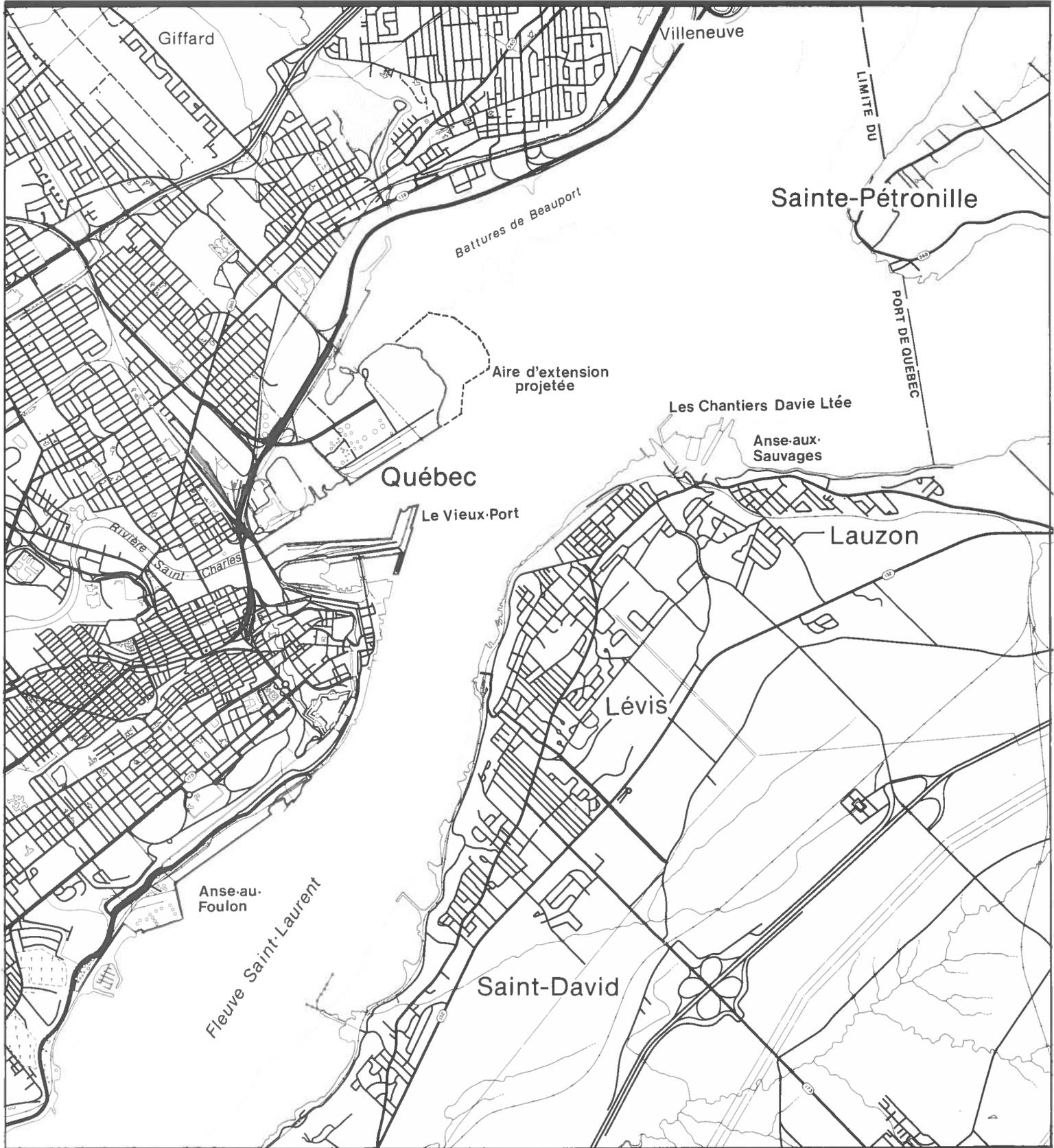
Le chapitre 6.0 fait ressortir les risques environnementaux rattachés aux divers types d'utilisation possible du périmètre de développement, la nature de ces risques et les meilleures techniques de contrôle actuellement connues et expérimentées pour les réduire.

1.3 TERRITOIRE A L'ETUDE

1.3.1 Localisation

Les battures de Beauport sont situées sur la rive nord du fleuve Saint-Laurent, immédiatement à l'est de la Ville de Québec (carte 1.1). Elles font partie du territoire soumis à la juridiction du Port de Québec, qui s'étend entre l'embouchure de la rivière Cap-Rouge et celle de la rivière Montmorency.

Pour l'étude de la plupart des composantes du milieu biophysique, l'embouchure de la rivière Saint-Charles et le prolongement du boulevard des Chutes constituent respectivement les limites est et ouest de la zone d'étude (carte 1.2). Il



TERRITOIRE À L'ÉTUDE



Étude des répercussions
environnementales
de l'extension du
Port de Québec



CARTE 1.1

Échelle : 1:50 000
0 500 1000 2000 mètres

Date: Septembre
1983

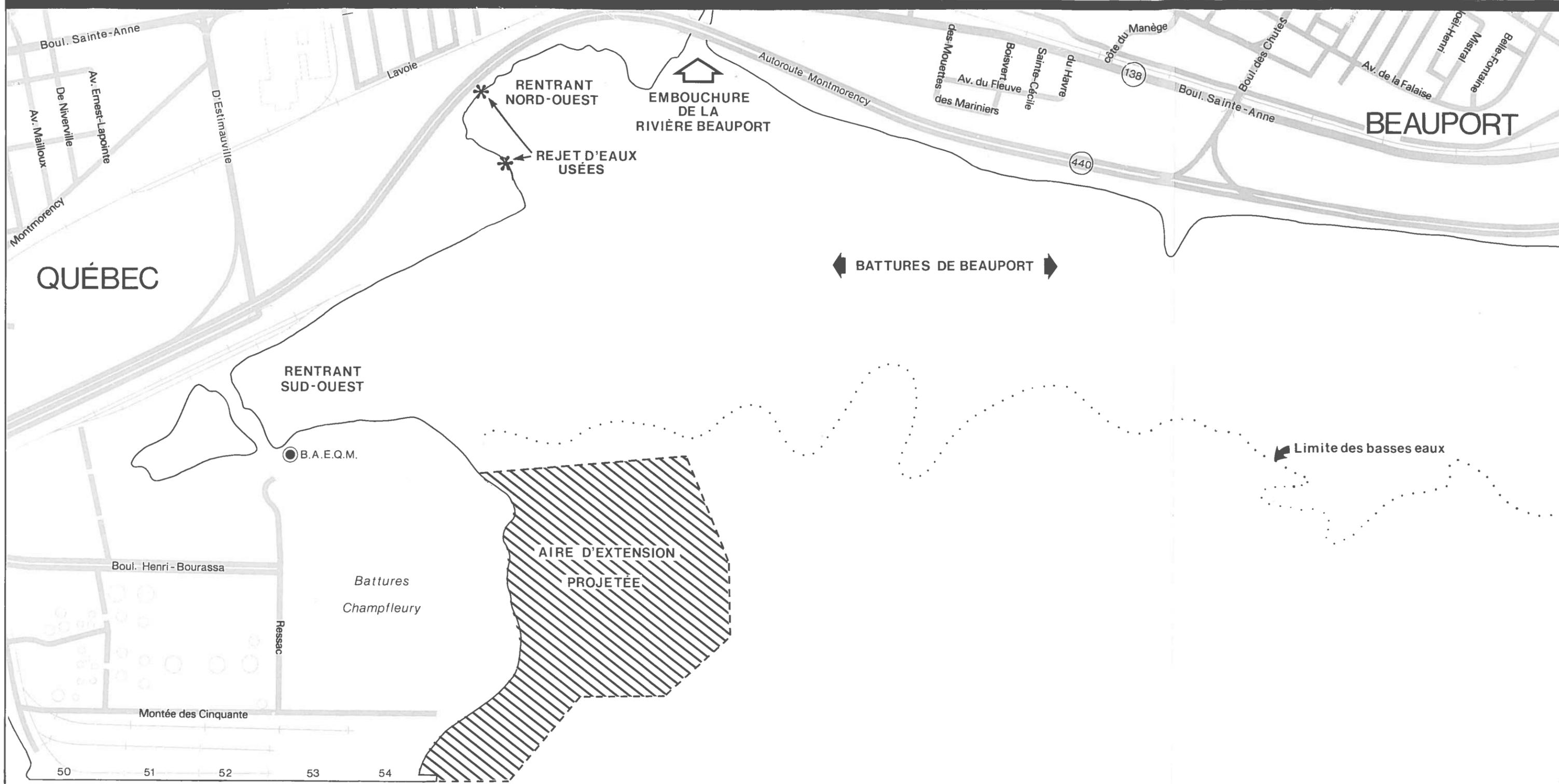
Source du fond de plan : C.U.Q. 1982

N° de projet: 2694

ASPECTS BIOPHYSIQUES

ROCHÉ





**COMPOSANTES PHYSIQUES DE LA PARTIE OUEST
DES BATTURES DE BEAUPORT**

ÉCHELLE 1:10 000



N° DE DOSSIER : 2694

SOURCE DU FOND DE PLAN
C.U.Q. (1982) CARTE N° 1 ET 4

DATE : SEPTEMBRE 1983



CARTE
1.2

Étude des répercussions
environnementales
de l'extension du
Port de Québec



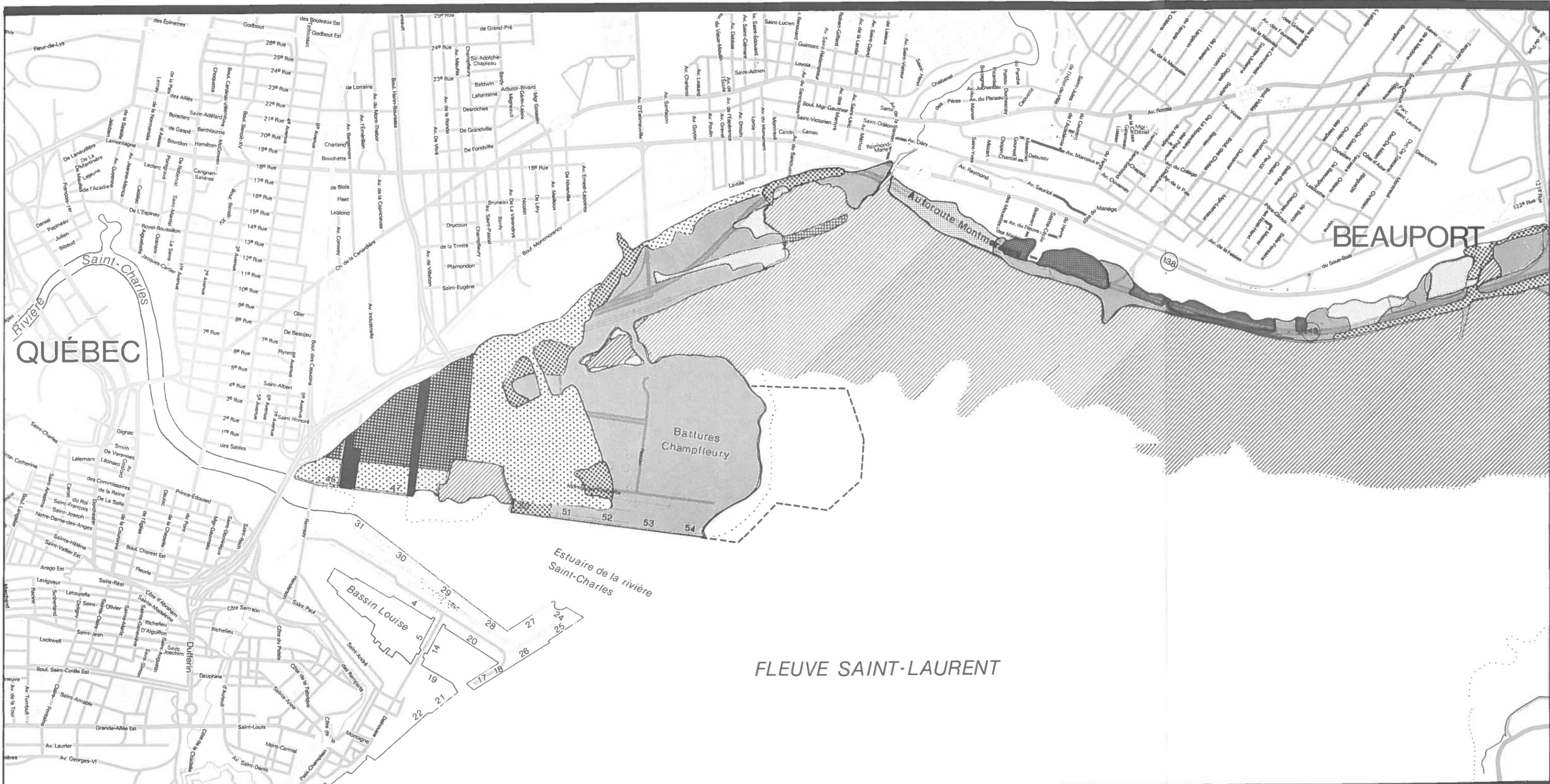
ASPECTS BIOPHYSIQUES **ROCHE**

faut toutefois noter que pour certains éléments du milieu, l'aire d'étude s'étend au-delà des battures proprement dites pour remonter jusqu'au pont de Québec vers l'ouest et jusqu'au pont de l'Ile d'Orléans vers l'est (qualité de l'eau, qualité des sédiments, hydrodynamique du fleuve, etc.). De même, pour l'étude de la qualité de l'air ambiant et de l'environnement sonore, les secteurs résidentiels adjacents au port de Québec ont été englobés dans l'aire d'étude.

Il est important de souligner que, dans la présente étude, l'appellation "battures de Beauport" concerne uniquement la zone intertidale située à l'est de l'embouchure de la rivière Saint-Charles. Quant à la péninsule actuelle, également connue sous les noms de "battures" ou "battures de Beauport", elle est désignée ici sous l'appellation de "battures Champfleury".

1.3.2 Historique des empiétements sur les battures

La configuration actuelle du littoral des battures de Beauport découle essentiellement des nombreux empiétements réalisés depuis le siècle dernier. Parmi les intervenants impliqués dans ces empiétements figurent le Port de Québec, la Papeterie Reed (anciennement Anglo Pulp), le ministère des Transports du Québec et le Canadien National. La carte 1.3 présente l'évolution des empiétements sur le fleuve depuis 1886 (Laurin, 1979). Cet auteur estime que les empiétements réalisés sur le fleuve et sur les battures entre 1887 et 1978 s'élevaient à plus de 219 ha.



ÉVOLUTION HISTORIQUE DE L'EMPIÈTEMENT DES BATTURES DE BEAUPORT

- | | | | | | |
|---|-------------|---|-------------|---|----------------------------|
|  | En 1887 |  | 1944 à 1961 |  | Zone naturelle de l'estran |
|  | 1887 à 1928 |  | 1961 à 1978 |  | Zone perturbée de l'estran |
|  | 1928 à 1944 |  | 1978 à 1982 | | |

Modifiée et adaptée de Laurin (1979)

ÉCHELLE : 1 : 20 000



N° DE DOSSIER : 2694

SOURCE DU FOND DE PLAN : C.U.Q. (1982) CARTE N°1 ET 4

DATE : SEPTEMBRE 1983



CARTE 1.3

Étude des répercussions environnementales de l'extension du Port de Québec



ASPECTS BIOPHYSIQUES



L'examen de photographies aériennes prises entre 1978 et 1982 a permis de constater que 162 ha s'étaient ajoutés pour porter le total des empiétements à 381 ha, couvrant 31% de la superficie estimée des battures originales.

Selon les informations obtenues des autorités du Port de Québec, aucun empiétement n'a été fait par eux dans le secteur des battures de Beauport depuis 1978. Les empiétements faits par le Port de Québec totaliseraient actuellement 85 ha, ce qui correspond à environ 23% des 381 ha remblayés depuis 1886.

2.0 ASPECTS PHYSIQUES

Les aspects physiques occupent une place importante dans l'étude des caractéristiques propres à une région donnée. Plusieurs de ces éléments peuvent exercer leur influence sur les incidences possibles du projet d'extension du port de Québec sur le milieu environnant. Dans ce chapitre, les caractéristiques physiques les plus marquantes du territoire à l'étude ont été analysées. Selon les éléments étudiés, ce territoire comprend le fleuve Saint-Laurent entre le pont de Québec et Montmagny (bras nord et bras sud), les battures de Beauport et les secteurs résidentiels adjacents à la propriété du port de Québec.

Les aspects physiques du milieu qui ont fait l'objet de discussions particulières lors du processus fédéral d'évaluation et d'examen en matière d'environnement relatif au projet d'extension du port de Québec ont été considérés et traités en priorité.

Ces composantes sont: le milieu sonore, le climat, la qualité de l'air ambiant, la géomorphologie du littoral, l'hydrodynamique, les processus sédimentologiques, la qualité de l'eau, la qualité des sédiments et les glaces.

2.1 ENVIRONNEMENT SONORE

Parmi les commentaires reçus par la Commission environnementale, divers intervenants ont indiqué leur préoccupation en ce qui concerne l'environnement sonore. Afin de répondre à

toutes les interrogations, l'étude du milieu sonore a évalué dans la situation actuelle:

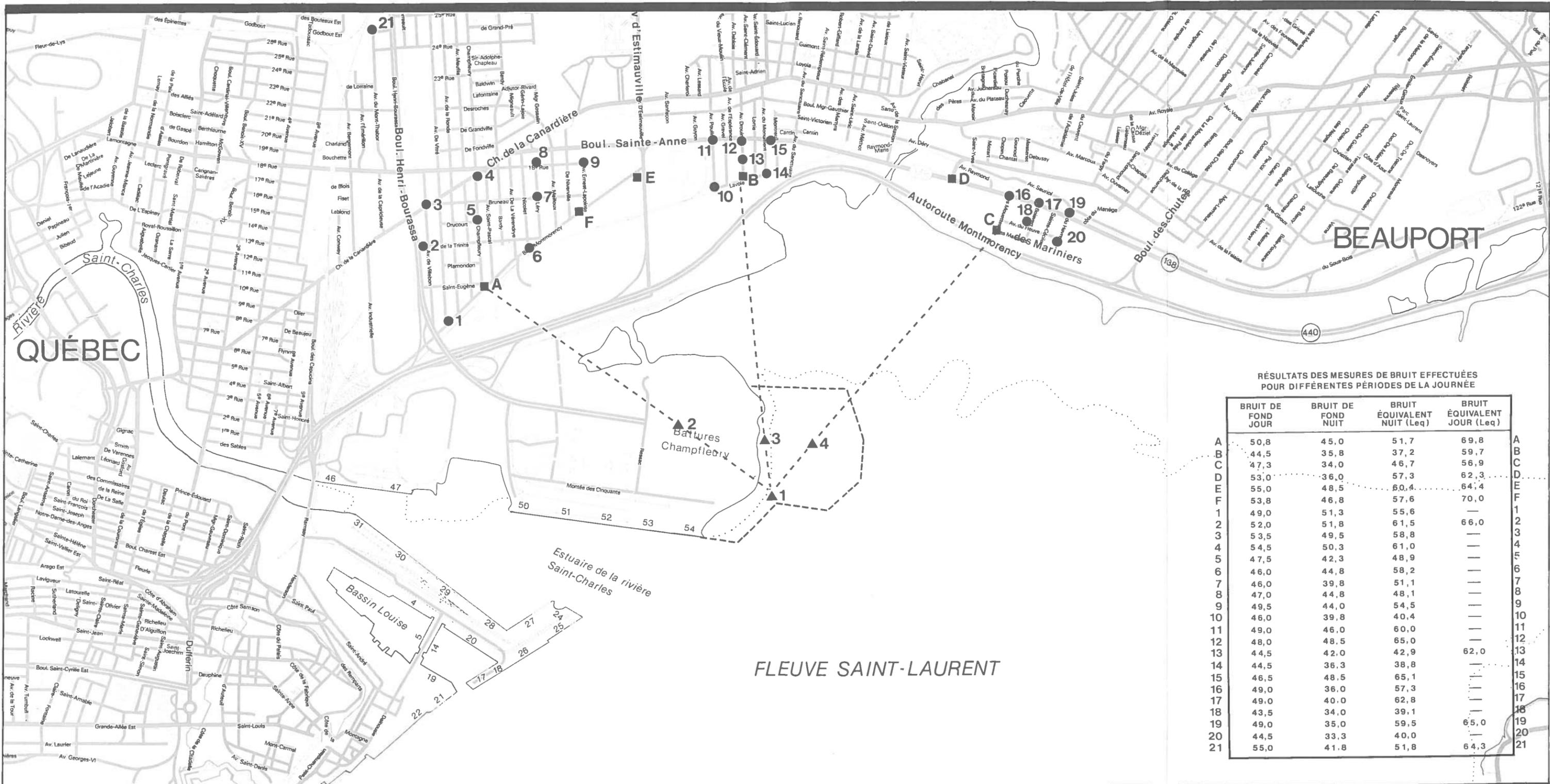
1. Les niveaux de bruit équivalent diurnes et nocturnes sur les axes routiers.
2. Les niveaux de bruit équivalent diurnes et nocturnes dans les quartiers résidentiels.

Ces mesures de base permettront dans un chapitre ultérieur d'établir des prédictions quant à l'augmentation du niveau sonore lors des phases de construction et d'utilisation de la zone d'extension prévue par le Port de Québec.

D'une manière générale, le territoire à l'étude est délimité par les boulevards Henri-Bourassa à l'ouest, des Chutes à l'est, Sainte-Anne au nord et l'autoroute Dufferin-Montmorency au sud (carte 2.1). Il couvre les secteurs susceptibles de subir des répercussions lors de l'agrandissement et de l'exploitation de la zone d'extension du port de Québec. Pour parfaire la connaissance du milieu, notamment en ce qui a trait au transport, une station a été ajoutée à l'extérieur de ce quadrilatère, le long du boulevard Henri-Bourassa (station 21).

2.1.1 Méthodologie

Dans le but d'évaluer la qualité sonore du milieu actuel, les niveaux de bruit équivalent diurnes et nocturnes ont été mesurés au cours des premières semaines de février 1983. Pour ce faire, des analyses statistiques ont été réalisées sur des périodes de vingt minutes en cinq points stratégiques



RÉSULTATS DES MESURES DE BRUIT EFFECTUÉES POUR DIFFÉRENTES PÉRIODES DE LA JOURNÉE

	BRUIT DE FOND JOUR	BRUIT DE FOND NUIT	BRUIT ÉQUIVALENT NUIT (Leq)	BRUIT ÉQUIVALENT JOUR (Leq)	
A	50,8	45,0	51,7	69,8	A
B	44,5	35,8	37,2	59,7	B
C	47,3	34,0	46,7	56,9	C
D	53,0	36,0	57,3	62,3	D
E	55,0	48,5	60,4	64,4	E
F	53,8	46,8	57,6	70,0	F
1	49,0	51,3	55,6	—	1
2	52,0	51,8	61,5	66,0	2
3	53,5	49,5	58,8	—	3
4	54,5	50,3	61,0	—	4
5	47,5	42,3	48,9	—	5
6	46,0	44,8	58,2	—	6
7	46,0	39,8	51,1	—	7
8	47,0	44,8	48,1	—	8
9	49,5	44,0	54,5	—	9
10	46,0	39,8	40,4	—	10
11	49,0	46,0	60,0	—	11
12	48,0	48,5	65,0	—	12
13	44,5	42,0	42,9	62,0	13
14	44,5	36,3	38,8	—	14
15	46,5	48,5	65,1	—	15
16	49,0	36,0	57,3	—	16
17	49,0	40,0	62,8	—	17
18	43,5	34,0	39,1	—	18
19	49,0	35,0	59,5	65,0	19
20	44,5	33,3	40,0	—	20
21	55,0	41,8	51,8	64,3	21

ENVIRONNEMENT SONORE

- Localisation des points d'analyse statistique de bruit
- Localisation des points de mesures des niveaux de bruit de fond et équivalent
- ▲ Localisation des points sources utilisés pour les calculs previsionnels
- Plan de coupe acoustique

ÉCHELLE : 1 : 20 000



N° DE DOSSIER : 2694

SOURCE DU FOND DE PLAN : C.U.Q (1982) CARTE N°1 ET 4

DATE : SEPTEMBRE 1983



CARTE 2.1

Étude des répercussions environnementales de l'extension du Port de Québec



ASPECTS BIOPHYSIQUES



(points A à F, carte 2.1) du territoire à l'étude. De plus, toujours en utilisant la même procédure de mesures, les niveaux de bruit de fond et équivalent ont été mesurés sur de courts intervalles de temps, environ 5 minutes chacun, à une vingtaine de stations (points 1 à 21, carte 2.1) réparties uniformément en pourtour et à l'intérieur des secteurs à vocation principalement résidentielle.

Les mesures ont été effectuées à l'aide d'un analyseur statistique, modèle 4426 (Bruël Kjaer), d'une imprimante associée, modèle 2312 (Bruël Kjaer) et d'un sonomètre, modèle 2225 (Bruël Kjaer).

2.1.2 Niveau de bruit actuel dans le territoire à l'étude

A) Axes routiers

A partir de l'analyse statistique des niveaux de bruit, on constate que les boulevards Sainte-Anne et Henri-Bourassa, de même que l'avenue d'Estimauville, représentent des sources de bruit importantes, conséquences du fort débit de circulation qui s'y retrouve. Les résultats présentés à la carte 2.1 indiquent que les analyses de bruit effectuées en dehors des heures de pointe, le long de ces parcours (points D, E et 2), fournissent des niveaux de bruit équivalent (Leq) diurnes sensiblement identiques, variant entre 62,3 et 66,6 dB(A); pour leur part, les niveaux de bruit équivalent (Leq) nocturnes oscillent entre 57,3 et 61,5 dB(A), soit seulement 5 dB(A) plus bas que le Leq diurne.

Cependant, l'autoroute Dufferin-Montmorency, nouvellement ouverte à la circulation, est, en dehors des heures de pointe, une source de bruit beaucoup moins importante; le niveau de

bruit équivalent diurne obtenu à la plus proche résidence (point C, carte 2.1) est de 56,9 dB(A) alors qu'en période nocturne, il n'est plus que de 46,7 dB(A).

B) Secteurs résidentiels

Trois secteurs résidentiels sont enchassés à l'intérieur du quadrilatère formé par les axes routiers mentionnés précédemment. Ceux-ci présentent des caractéristiques communes quant aux types d'habitations et de commerces qui s'y retrouvent. Le secteur le plus important est compris entre le boulevard Henri-Bourassa, l'avenue d'Estimauville, le Chemin de la Canardière, le boulevard Sainte-Anne et l'autoroute Dufferin-Montmorency. Les mesures de bruit de fond recueillies à différents endroits du quartier démontrent l'influence sonore de ces voies de circulation qui tendent à maintenir en période diurne les niveaux de bruit de fond, au périmètre du secteur, à des valeurs de l'ordre de 49 à 55 dB(A), alors que pour les points les plus éloignés, au centre du secteur, le bruit de fond est de 46 dB(A) (carte 2.1). Le même phénomène s'observe en période nocturne bien que le niveau de bruit de fond soit de l'ordre de 47 à 52 dB(A) au périmètre et de 40 à 42 dB(A) au centre du quartier.

Les deux autres secteurs résidentiels sont situés à l'est de l'avenue d'Estimauville, entre l'autoroute Dufferin-Montmorency et le boulevard Sainte-Anne. On y retrouve des habitations unifamiliales et multifamiliales de 1 à 3 niveaux, de même que quelques commerces ou industries légères. Dans ces secteurs, les niveaux de bruit de fond obtenus de

jour sont également reliés à la circulation routière. Ils atteignent 49 dB(A) à proximité du boulevard Sainte-Anne et diminuent jusqu'à 44 dB(A) pour les points qui en sont le plus éloignés, soit à proximité de l'autoroute Dufferin-Montmorency (carte 2.1). En période nocturne, les résultats de mesures aux points localisés en bordure de l'autoroute donnent des valeurs relativement semblables, de l'ordre de 36 dB(A), alors que les résultats obtenus sur le boulevard Sainte-Anne décroissent de 48 à 35 dB(A) en s'éloignant de l'avenue d'Estimauville.

2.1.3 Conclusions

Le niveau de bruit dans les secteurs résidentiels du territoire à l'étude est relativement élevé quelle que soit la période de la journée et la circulation routière sur les grandes artères en est la cause principale. Le bruit est généralement uniforme sur l'ensemble du territoire, si ce n'est deux petits quartiers résidentiels bordés par les rues Lavoie et des Mariniers où les niveaux de bruit nocturnes sont généralement moins élevés.

2.2 CLIMAT

La description de cette composante du milieu physique nécessite habituellement l'analyse de plusieurs paramètres. Toutefois dans le cadre de la présente étude, seuls le vent et le brouillard sont analysés, compte tenu de leur interrelation possible avec certaines composantes du projet. Le vent joue en effet un rôle prédominant dans le phénomène de dispersion des poussières alors que le brouillard est un élément naturel pouvant augmenter les risques d'accidents et de déversements accidentels.

2.2.1 Méthodologie

Les données présentées dans les sections qui suivent sont tirées des statistiques accumulées pour l'aéroport de Sainte-Foy puisqu'il n'existe pas de données plus précises valables pour le port de Québec. Ces statistiques sont suffisamment représentatives pour l'ensemble du territoire de la C.U.Q., quoique le microclimat du port de Québec présente sûrement quelques particularités, à cause de la proximité du fleuve.

2.2.2 Vent

Les données relatives au vent (vitesse et orientation) sont présentées au tableau 2.1. La situation géographique particulière de Québec et l'orientation de la vallée du Saint-Laurent ont pour effet de canaliser les vents le long de la vallée, soit selon l'axe nord-est et sud-ouest. Ainsi la fréquence moyenne annuelle des vents est de 13,6% de l'est-nord-est, 7,0% du nord-est, 11,8% du sud-ouest, 16,1% de l'ouest-sud-ouest et de 10,8% de l'ouest. La vitesse moyenne des vents est de 16 km/h et on retrouve les vitesses maximales dans le sens des vents prédominants.

2.2.3 Brouillard

Aucune donnée concernant le brouillard n'est enregistrée au Port de Québec, c'est pourquoi les informations présentées ici proviennent de l'aéroport de Sainte-Foy. Il faut noter que la Gestion du Trafic Maritime obtient ses rapports météorologiques de cette même source. Les résultats sont exprimés sous forme de pourcentage, c'est-à-dire qu'ils indiquent la proportion du temps durant le mois, où la visibilité était inférieure à 0,8 km, sans tenir compte de l'étendue du phénomène ni de sa durée (tableau 2.2).

TABLEAU 2.1: ROSE DES VENTS ANNUELS

DIRECTION	VITESSE MOYENNE (km/h)	FREQUENCE MOYENNE %
N	9,7	5,7
NNE	8,8	3,9
NE	14,5	7,0
ENE	19,7	13,6
E	16,2	5,5
ESE	9,4	0,8
SE	8,2	0,6
SSE	7,8	0,5
S	9,9	1,4
SSO	15,3	3,4
SO	19,4	11,8
OSO	20,2	16,1
O	18,7	10,8
ONO	18,5	4,7
NO	16,2	4,0
NNO	14,5	3,3
Calme		6,9
Toutes directions	16,0	

Source: Rapports météorologiques. Aéroport de Sainte-Foy

TABLEAU 2.2: FREQUENCE DES PHENOMENES DE BROUILLARD(1)

ANNEE MOIS	1957-1966 (%)	1981 (%)	1982 (%)
JANVIER	7,0	0	0
FEVRIER	7,4	28,6	0
MARS	7,2	6,5	9,7
AVRIL	11,8	6,7	3,3
MAI	8,7	6,5	0
JUIN	9,8	6,7	3,3
JUILLET	9,1	6,5	3,2
AOUT	12,1	3,2	3,2
SEPTEMBRE	12,4	0	6,7
OCTOBRE	11,6	12,9	9,7
NOVEMBRE	17,9	13,3	20,0
DECEMBRE	13,5	16,1	29,0
MOYENNE ANNUELLE	10,7	8,8	7,4

(1) La fréquence des phénomènes de brouillard est exprimée ici sous forme de pourcentage, soit la proportion du temps où la visibilité était inférieure à 0,8 km, sans tenir compte de l'étendue du phénomène ni de sa durée. Ainsi, en février 1981, des phénomènes de brouillard ont été notés 8 jours sur 28 jours, soit 28,6% du temps.

Source: Rapports météorologiques. Aéroport de Sainte-Foy.

L'observation des données révèle que le brouillard est plus fréquent tôt au printemps et durant tout l'automne, notamment aux mois de novembre et décembre. Toutefois, malgré l'absence de données concernant le port de Québec même, on peut supposer que l'apparition de brouillard y est plus fréquente qu'à l'aéroport de Sainte-Foy, notamment lorsque la température de l'air est basse (automne-hiver). A ces températures, le fleuve donne en effet lieu à des phénomènes de brouillard très localisé.

2.3 QUALITE DE L'AIR AMBIANT

Une région donnée peut être caractérisée comme ayant un potentiel élevé de pollution atmosphérique lorsque les conditions météorologiques que l'on y retrouve favorisent l'accumulation des polluants émis dans l'atmosphère. La capacité de dispersion des polluants dans l'atmosphère est fonction directe de la hauteur de mélange et de la vitesse du vent. L'effet combiné de ces deux facteurs permet d'établir un coefficient de ventilation, lequel sert à délimiter les zones dont l'air risque, selon toute probabilité, d'être de mauvaise qualité. Dans le cas où les valeurs de ce coefficient demeurent inférieures à $6\ 000\ \text{m}^2/\text{s}$ dans l'après-midi, la zone est considérée comme ayant un potentiel élevé de pollution atmosphérique (Stackpole, 1967; Gross, 1970).

Selon Portelli (1977), la climatologie des coefficients de ventilation du Canada montre que pour la plus grande partie du pays, les valeurs sont inférieures à $6\ 000\ \text{m}^2/\text{s}$. L'inter-

pollution des isogrammes de Portelli montre que la région de Québec se classe dans cette catégorie, c'est-à-dire qu'il s'agit d'une région à potentiel élevé de pollution atmosphérique.

De plus, l'étude de Portelli indique que le potentiel de pollution atmosphérique augmente à l'automne, pour être à son plus haut niveau l'hiver. C'est donc en été que les couches de mélange sont les plus épaisses et que, par conséquent, les conditions de dispersion sont les plus favorables.

De nombreux problèmes de pollution atmosphérique ont déjà été signalés dans le secteur à l'étude de sorte que la Commission d'évaluation environnementale et plusieurs intervenants se préoccupent de la qualité de l'air ambiant dans les secteurs avoisinant le port de Québec et s'interrogent sur les incidences environnementales que pourrait avoir à ce sujet la réalisation du projet d'extension du port de Québec.

Dans cette optique, l'étude de la qualité de l'air ambiant a été réalisée en fonction de trois objectifs distincts, à savoir:

1. connaître la concentration moyenne actuelle des particules en suspension et le taux de retombées de poussières dans le territoire à l'étude;
2. identifier les corridors de dispersion des particules en suspension les plus usuels ainsi que les zones actuellement les plus affectées par les contaminants atmosphériques;

3. énumérer les principales sources de contamination;

2.3.1 Méthodologie

2.3.1.1 Limites de l'étude

L'évaluation de la qualité de l'air ambiant dans la zone périphérique du port de Québec a été basée sur la compilation de toutes les données existantes depuis 1978. Il existe des données antérieures à cette date, mais l'addition de cinq nouvelles stations en 1978 dans le territoire à l'étude rend l'information plus complète à partir de ce moment. Les informations obtenues portent essentiellement sur les matières particulaires puisqu'elles représentent les principaux contaminants émis dans le secteur, et que la grande majorité des stations d'échantillonnage servent à la mesure de ce type de contaminants. Toutefois, en raison du nombre insuffisant de données existantes sur les caractéristiques chimiques et physiques de ces contaminants, l'étude de la qualité de l'air ambiant porte essentiellement sur la quantité de contaminants émis plutôt que sur leurs caractéristiques chimiques.

Les contaminants considérés dans cette étude sont les particules en suspension et les retombées de poussières. Ces dernières ont généralement un diamètre supérieur à 20 microns et sédimentent rapidement.

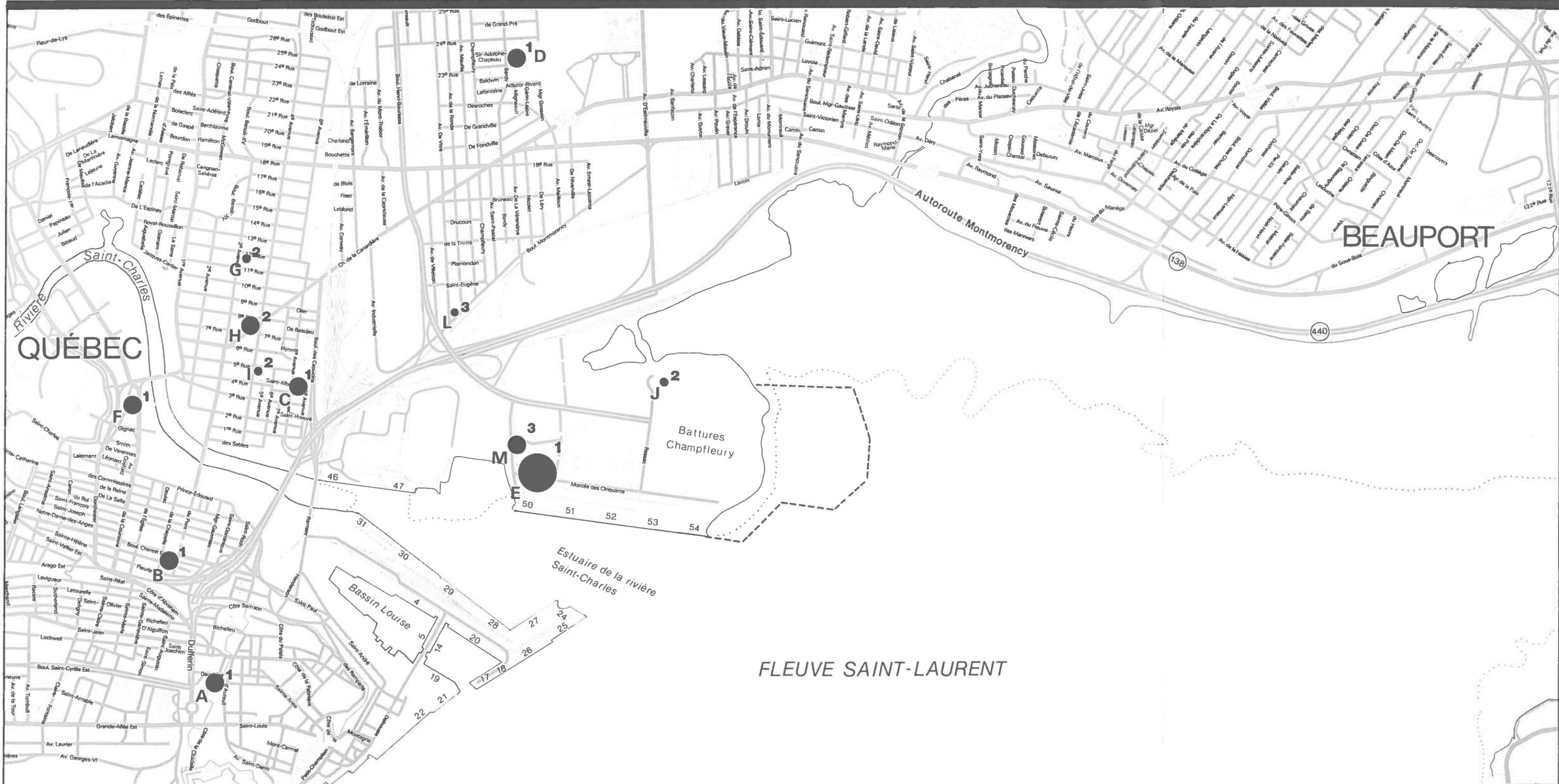
Au total, quatorze stations ont été retenues en raison de leur situation à proximité du port de Québec et elles proviennent du réseau d'échantillonnage provincial, de la C.U.Q. et du Port de Québec. Elles sont localisées sur les cartes 2.2 et 2.3 et se répartissent comme suit:

- six stations du réseau du ministère de l'Environnement du Québec;
- cinq stations de la Communauté urbaine de Québec;
- trois stations du réseau du Port de Québec.

2.3.1.2 Technique d'échantillonnage

Les particules en suspension dans l'atmosphère sont étudiées à douze des quatorze stations retenues. Elles sont prélevées à l'aide d'un échantillonneur à grand débit (1,1 à 1,7 m³/min), pourvu d'un filtre (20 x 25 cm) en fibre de verre placé horizontalement sous une enceinte protectrice. Le filtre est capable de retenir près de 100% des particules supérieures à 0,3 µm de diamètre. Après une période d'échantillonnage de 24 heures, le filtre, pesé avant son utilisation, est enlevé et pesé à nouveau afin de connaître la quantité de particules recueillies. Les résultats sont exprimés en ug/m³.

Les retombées de poussières sont quant à elles mesurées à l'aide de récipients cylindriques normalisés, contenant un liquide collecteur, et ouverts au sommet. Ces récipients sont exposés à l'air libre pendant une période d'environ 30 jours. Une fois les particules recueillies, on rejette cel-



PARTICULES EN SUSPENSION
 Représentation de la qualité de l'air selon
 l'emplacement des stations actuelles

($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

(moyenne sur une période variant de 1 à 4 ans)

- | | | |
|---------|---------------|---------------------------------------|
| ● 30-60 | ● 91-120 | A Identification de la station |
| ● 61-90 | ● 121 et plus | 1 Station du MENV I Q |
| | | 2 Station de la C.U.Q. |
| | | 3 Station du Port de Québec |

ÉCHELLE : 1 : 20 000



N° DE DOSSIER : 2694

SOURCE DU FOND DE PLAN :
 C.U.Q. (1982) CARTE N°1 ET 4

DATE : SEPTEMBRE 1983



CARTE
 2.2

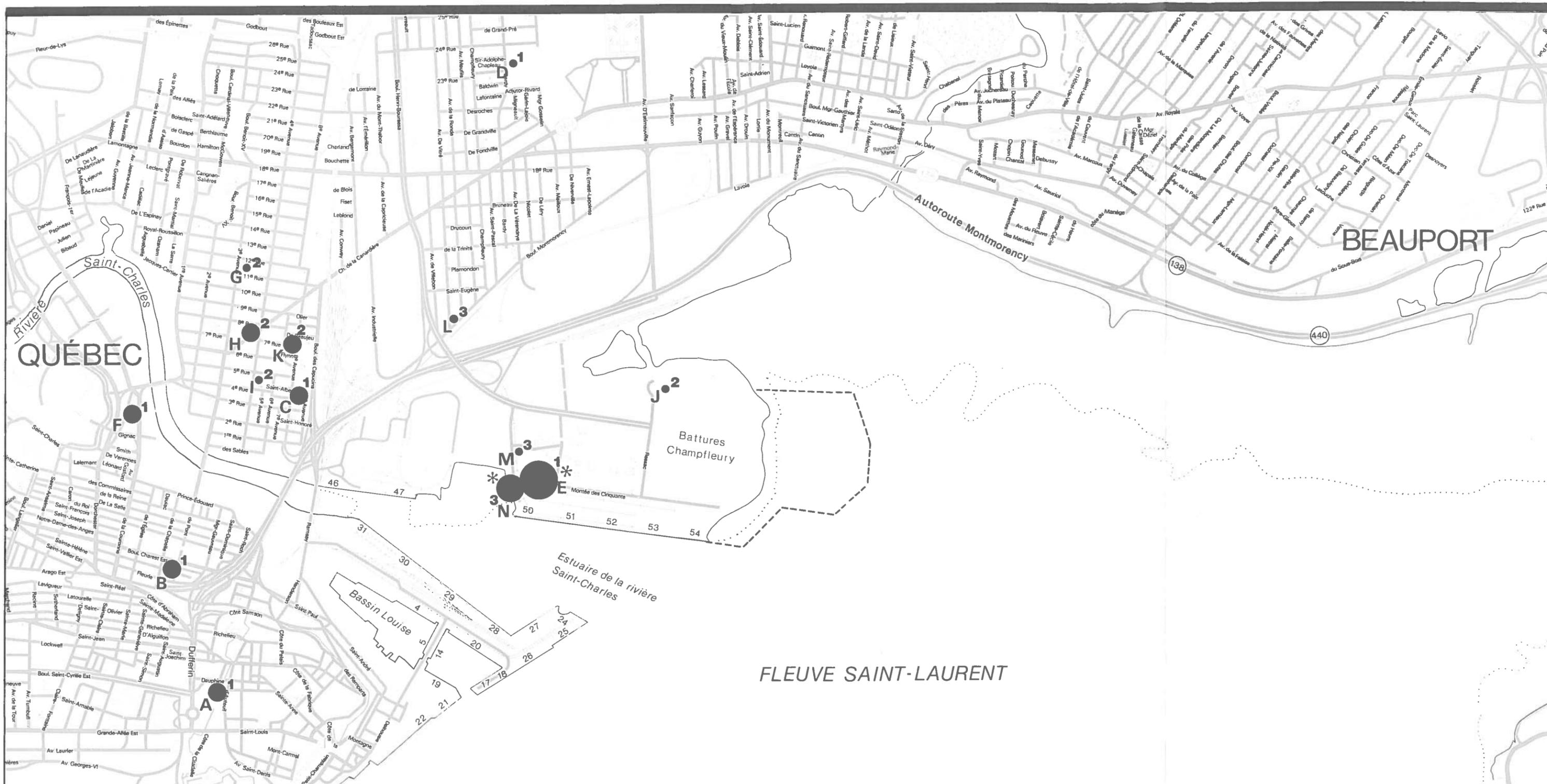
Étude des répercussions
 environnementales
 de l'extension du
 Port de Québec



ASPECTS BIOPHYSIQUES



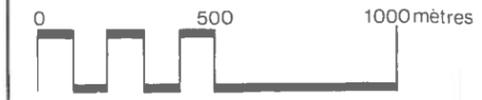




RETOMBÉES DE POUSSIÈRES
 Représentation de la qualité de l'air selon
 l'emplacement des stations actuelles
 (tonnes/km²/mois)
 (moyenne sur une période variant de 1 à 4 ans)

- 3,0 - 6,0
- 6,1 - 9,0
- 9,1 - 12,0
- 12,1 et plus
- * Station source
- A Identification de la station
- 1 Station du MENVIQ
- 2 Station de la C.U.Q.
- 3 Station du Port de Québec

ÉCHELLE : 1 : 20 000



N° DE DOSSIER : 2694
 SOURCE DU FOND DE PLAN :
 C.U.Q. (1982) CARTE N°1 ET 4
 DATE : SEPTEMBRE 1983

CARTE
2.3

Port de Québec

**Étude des répercussions
 environnementales
 de l'extension du
 Port de Québec**

NORD

ASPECTS BIOPHYSIQUES **ROCHE**

les ayant un diamètre supérieur à 1,5 mm, puis l'on procède à la pesée de la fraction restante après évaporation du liquide capteur. Les résultats sont exprimés en tonnes métriques par kilomètre carré par mois ($t/km^2/mois$).

2.3.1.3 - Normes de qualité de l'air

L'interprétation des résultats se fait normalement à l'aide des normes de qualité de l'atmosphère relatives aux poussières en suspension et aux retombées de poussières. Le règlement sur la qualité de l'atmosphère a été publié par le ministère de l'Environnement dans la Gazette Officielle du Québec, le 14 janvier 1981 (décret 3843-80, 17 décembre 1980) et les normes d'air ambiant sont présentées au tableau 2.3.

TABLEAU 2.3: NORMES D'AIR AMBIANT

NATURE DES CONTAMINANTS	VALEUR MOYENNE	DUREE
Poussières en suspension	0 - 150 ug/m^3	Moyenne sur 24 heures
	0 - 70 ug/m^3	Moyenne géométrique annuelle
Retombées de poussières	0 - 7,5 t/km^2	Moyenne sur 30 jours

Source: MENVIQ (1981)

2.3.2 Concentration moyenne des particules en suspension et des retombées de poussières dans le territoire à l'étude

Les tableaux 2.4 et 2.5 présentent les valeurs moyennes des particules en suspension et des retombées de poussières pour la période 1979-1982. Le nombre de données disponibles varie en fonction des réseaux et, bien qu'il y ait peu de données disponibles pour le réseau du Port de Québec, les stations du ministère de l'Environnement du Québec et celles de la Communauté urbaine de Québec (C.U.Q.) fournissent un ensemble de données représentatives de la qualité de l'air dans le territoire à l'étude⁽¹⁾.

En ce qui concerne les particules en suspension, on note que la moyenne des résultats durant la période de 1979-1982 à cinq stations sur les quatorze étudiées présente des dépassements de la norme moyenne géométrique annuelle de 70 ug/m^3 . Ces stations sont principalement localisées à l'intérieur des limites du port de Québec et dans les secteurs limitrophes situés de part et d'autre de la rivière Saint-Charles (carte 2.2). Les neuf autres stations, où la norme annuelle est respectée, ont toutefois enregistré à l'occasion des dépassements de la norme journalière de 150 ug/m^3 .

(1) En raison du nombre important de données, l'ensemble des valeurs quotidiennes n'est pas présenté dans ce rapport. Ces données sont contenues dans les rapports mensuels et annuels préparés par le Groupe-conseil Roche associés ltée pour le compte de la Communauté urbaine de Québec (Roche Ass. ltée, 1978-1983) ainsi que pour le Port de Québec (Roche Ass. ltée, 1982-83).

TABLEAU 2.4: PARTICULES EN SUSPENSION (1979-1982)

IDENTIFICATION DE LA STATION	CODE D'IDENTIFICATION SUR LA CARTE 2.2	NOMBRE DE DONNEES QUO- TIDIENNES	CONCENTRATION MOYENNE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
502*	A	277	67
503*	B	244	89
504*	C	305	84
505*	D	210	63
516*	E	154	128
555*	F	171	79
Ecole St-Fidèle**	G	471	45
Librairie Cana- dienne**	H	456	64
Ecole St-Charles**	I	479	57
BAEQM**	J	453	35
Giguère***	L	68	45
B.P.***	M	66	76

* Gouvernement du Québec. Ministère de l'Environnement.

** Communauté urbaine de Québec.

*** Port de Québec. Le réseau a été mis en opération en 1982.

N.B. Les particules en suspension ne sont pas prélevées aux stations "Ecole Saint-Maurice" et "Hangar".

TABLEAU 2.5: RETOMBÉES DE POUSSIÈRES (1979-1982)

IDENTIFICATION DE LA STATION MENSUELLE	CODE D'IDENTIFICATION SUR LA CARTE 2.3	NOMBRE DE DONNÉES	RETOMBÉES MOYENNES (t/km ² /mois)
502*	A	33	6,1
503*	B	26	7,2
504*	C	33	8,3
505*	D	22	6,0
516*	E	22	12,7
555*	F	22	6,4
Ecole St-Fidèle**	G	48	4,5
Librairie Cana- dienne**	H	48	8,2
Ecole St-Charles**	I	47	5,0
BAEQM**	J	47	3,3
Ecole St-Maurice**	K	48	6,7
Giguère***	L	7	3,3
B.P.***	M	7	5,8
Hangar***	N	7	9,2

* Gouvernement du Québec. Ministère de l'Environnement.

** Communauté urbaine de Québec.

*** Port de Québec. Le réseau a été mis en opération en 1982.

N.B.: Les stations localisées près ou à l'intérieur des limites de la zone portuaire sont nommées stations-sources et servent à identifier et caractériser les sources. Il est normal de retrouver des valeurs élevées au niveau de ces stations.

Il en est de même pour les retombées de poussières. Les résultats du tableau 2.5 montrent de façon évidente que quatre stations (C, E, H et N) ont des dépassements de la norme mensuelle de $7,5 \text{ t/km}^2$. Les valeurs obtenues à ces stations varient entre 8,2 et $12,7 \text{ t/km}^2/\text{mois}$. Ces stations sont localisées également dans les limites du port de Québec et les secteurs résidentiels limitrophes, situés de part et d'autre de la rivière Saint-Charles (carte 2.3).

Ainsi, dans les secteurs habités situés à la périphérie du port de Québec, on remarque dans la situation actuelle des niveaux de pollution élevés dont plusieurs dépassent même les normes. Ces dépassements sont plus évidents si l'on considère les valeurs quotidiennes de particules en suspension. Il faut noter que ces dépassements sont attribuables à plusieurs sources d'émission de poussières présentes dans le secteur (Reed, Incinérateur de Québec, Port de Québec, etc.).

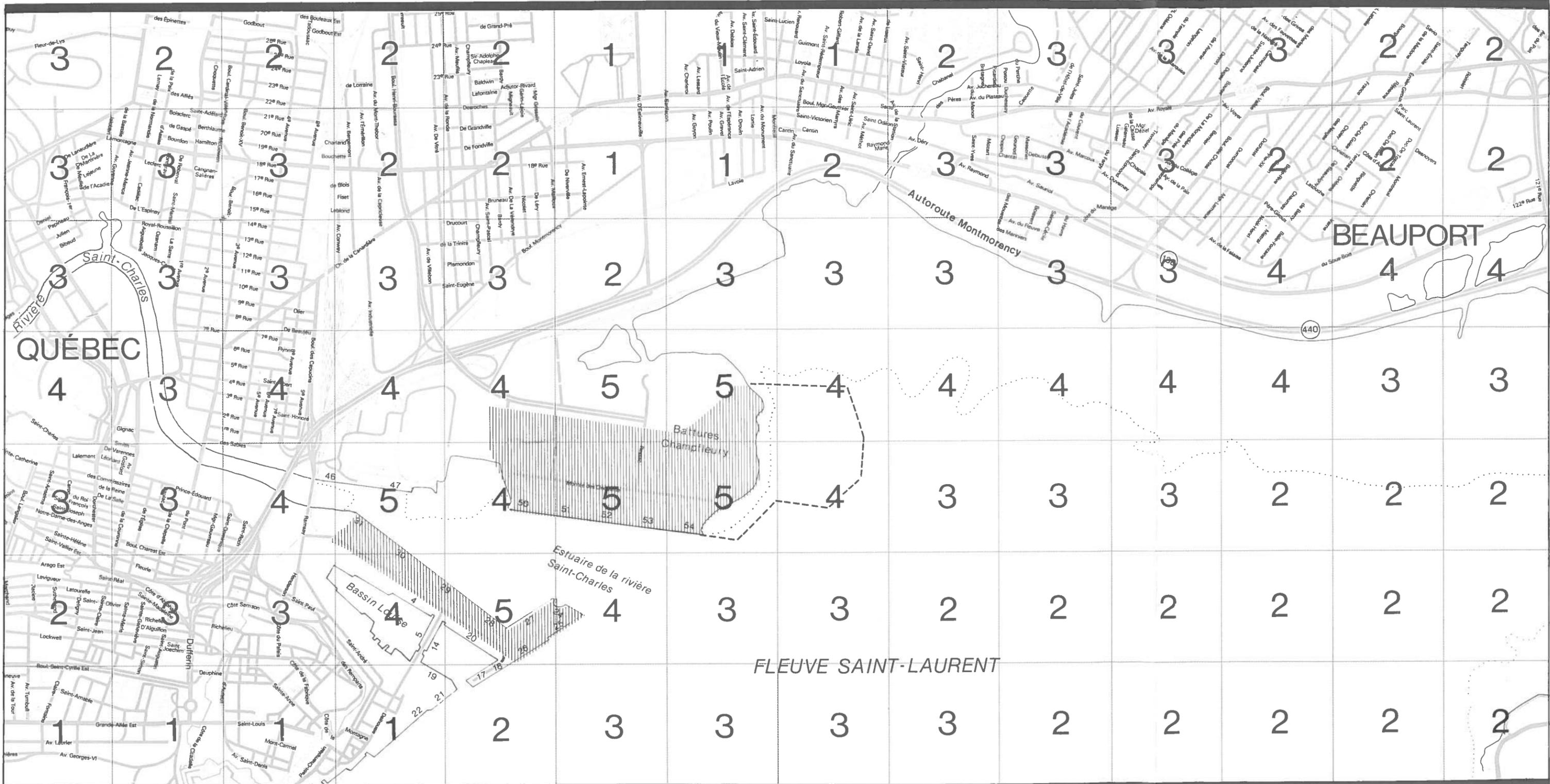
Par ailleurs, il est intéressant de constater à partir de l'étude réalisée par le Groupe-conseil Roche associés ltée depuis 1978 jusqu'à aujourd'hui que, de façon générale, la qualité de l'air s'améliore quelque peu et de façon graduelle sur l'ensemble du réseau de la C.U.Q. Cette constatation fait cependant exception pour la station de l'école Saint-Maurice (K) où l'on a enregistré une hausse appréciable des retombées de poussières au cours de plusieurs mois en 1982.

2.3.3 Corridor de dispersion et zones actuellement affectées par les polluants atmosphériques

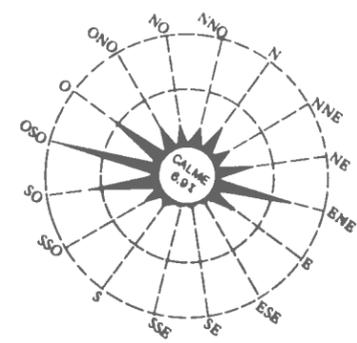
Le secteur à l'étude a été morcelé à l'aide d'une grille et une probabilité de dispersion dans les cas d'émission de particules a été associée à chacune des zones de 0,25 km² (carte 2.4). La valeur de la probabilité, variant entre 1 et 5, a été établie uniquement en fonction de la fréquence de direction des vents et elle suppose que le port de Québec constitue une source continue et uniforme d'émission de particules. Ainsi, selon ce modèle, si des particules étaient émises chaque jour pendant une grande période de temps à partir de plusieurs points répartis uniformément sur la zone portuaire actuelle, il serait plus probable qu'elles s'accumulent dans les zones dont la valeur de la probabilité est élevée plutôt que dans celles dont la valeur est faible. Il est bien évident toutefois que si des activités générant beaucoup de poussières sont éventuellement réalisées pendant une journée où le vent souffle dans une direction inhabituelle, les particules émises pourraient atteindre les zones dont la valeur est faible plutôt que celles dont la valeur est élevée.

Par ailleurs, il faut noter que les valeurs de probabilité ne tiennent pas compte du fait que les concentrations de particules diminuent progressivement avec l'éloignement de la source d'émission.

L'analyse de cette carte indique que les deux principaux corridors de dispersion de particules en suspension affectant les secteurs habités se situent en direction nord-nord-est et ouest-sud-ouest.



**PROBABILITÉ DE DISPERSION
DANS LE CAS D'ÉMISSION DE PARTICULES
(ÉTAT ACTUEL)**



1 ← → 5
Probabilité faible Probabilité élevée

Zone portuaire (considérée comme étant une source d'émission uniforme et continue)

N.B. Les valeurs de probabilité sont uniquement fonction de la fréquence des directions des vents. Elles ne tiennent pas compte de la distance de la source.

ÉCHELLE : 1 : 20 000



N° DE DOSSIER : 2694
SOURCE DU FOND DE PLAN :
C.U.Q (1982) CARTE N°1 ET 4
DATE : SEPTEMBRE 1983

CARTE
2.4

Port de Québec

**Étude des répercussions
environnementales
de l'extension du
Port de Québec**

NORD

ASPECTS BIOPHYSIQUES

En fonction de ces deux principaux corridors de dispersion des particules en suspension, on note que les secteurs résidentiels les plus sujets à recevoir des contaminants atmosphériques en provenance des installations portuaires se situent de part et d'autre de la rivière Saint-Charles ainsi qu'à l'est de la rivière Beauport (carte 2.4).

Bien que les zones délimitées cadrent assez bien avec les résultats d'échantillonnage des stations de mesure du MENVIQ et de la C.U.Q., les techniques actuelles ne nous permettent pas de déterminer précisément la contribution de chacune des sources à l'émission des poussières totales qui affectent ces zones. D'une part, il existe dans le secteur immédiat d'autres sources importantes de matières particulaires situées dans le même axe d'influence que le port de Québec. D'autre part, on ne connaît pas suffisamment les quantités et la nature des contaminants émis à la source, le coefficient de dispersion des contaminants et la hauteur de mélange pour établir clairement la contribution du port de Québec en termes de tonnes de retombées de poussières dans ces secteurs.

2.3.4 Sources de pollution atmosphérique dans le secteur

Il est impossible sur la base de nos connaissances actuelles de quantifier la contribution du port de Québec ou de toute autre source d'émission à la pollution atmosphérique dans la zone périphérique du port. En effet, il existe de nombreuses sources qui souvent émettent des contaminants atmosphériques de même nature.

Néanmoins, il demeure que les sources majeures de pollution sont d'origine industrielle. Elles sont attribuables aux activités de l'incinérateur de Québec, de la Papeterie Reed Ltée et des Ports nationaux avec leurs composantes industrielles. Cependant, il ne faut pas sous-estimer l'importance que peuvent avoir l'automobile et le chauffage domestique sur la qualité de l'air. Au cours de certaines périodes de l'année, ces dernières sources peuvent être plus importantes que les sources industrielles.

2.4 GEOMORPHOLOGIE DU LITTORAL

La présente section vise à préciser les mécanismes responsables de la mise en place des différentes unités géomorphologiques du littoral afin, d'une part, d'évaluer leur vulnérabilité aux agents dynamiques et, d'autre part, de prévoir la nature et l'importance des répercussions découlant du projet d'extension du Port de Québec.

L'étude aborde successivement les thèmes suivants:

1. situation des battures de Beauport dans leur contexte physique;
2. description et cartographie détaillées des unités géomorphologiques composant les battures et analyse de leur répartition.

2.4.1 Méthodologie générale

La méthodologie utilisée pour l'étude géomorphologique des battures de Beauport se divise en trois étapes.

La première étape a consisté en l'analyse des documents traitant des battures et de leurs environs sous les aspects géologique, géomorphologique et hydrodynamique.

Par la suite, dans le but d'identifier et de délimiter les unités géomorphologiques, une série de photographies aériennes verticales et obliques à différentes échelles ont été analysées. Finalement, des relevés sur le terrain, comprenant des levés topographiques au transit, ont été effectués. Les données ainsi obtenues ont fait l'objet d'une carte au 1: 10 000 et de trois séquences végétales présentées à la section 3.1.4 (figure 3.1).

2.4.2 Contexte physique

Les battures de Beauport sont soumises à des marées moyennes de 4 m d'amplitude, les marées de vive-eau pouvant atteindre une amplitude de 5,6 m (Service hydrographique du Canada, 1982). Une telle amplitude, associée à la faible pente du littoral, a pour conséquence l'existence de la zone appelée "batture".

Dans les parties ouest et centre, les battures sont constituées de sédiments meubles recouverts par endroits de vase très molle (sédiment récent). L'encaissement de la rivière Beauport dans les battures révèle une épaisseur de dépôts de l'ordre de 1 m dans la partie centrale de l'estran. Toutefois, des sondages effectués lors de la construction de l'autoroute 440 ont permis de trouver des épaisseurs de sédiments meubles dépassant 10 m.

La présence d'affleurements rocheux à 1,4 km à l'est de l'embouchure de la rivière Beauport nous incite à considérer les battures dans ce secteur comme une plate-forme rocheuse littorale recouverte de sédiments sableux. Le substratum rocheux consiste en un shale calcareux contenant des inter-lits de grès lithiques, le tout appartenant à la formation Saint-Augustin du groupe de l'Utica inférieur (Saint-Julien et Osborne, 1973). Les roches ont en général une direction nord-est avec un pendage moyen de 60 à 65° vers le sud-est.

La section suivante décrit en détail les différentes unités géomorphologiques qui composent la rive et les battures elles-mêmes.

2.4.3 Géomorphologie du littoral

La synthèse des données obtenues à partir de l'interprétation de photographies aériennes obliques et verticales et des différents relevés de terrain a servi à dresser une carte au 1: 10 000 montrant les divers types de rivages et les différentes unités géomorphologiques des battures (carte 2.5).

2.4.3.1 Types de rivage

Deux types de rivage caractérisent la zone située à la limite supérieure des battures actuelles. Il s'agit de la rive marquée par un talus et de celle où il y a accumulation sous forme de plage. La carte 2.5 illustre la nature des rivages et leur répartition.

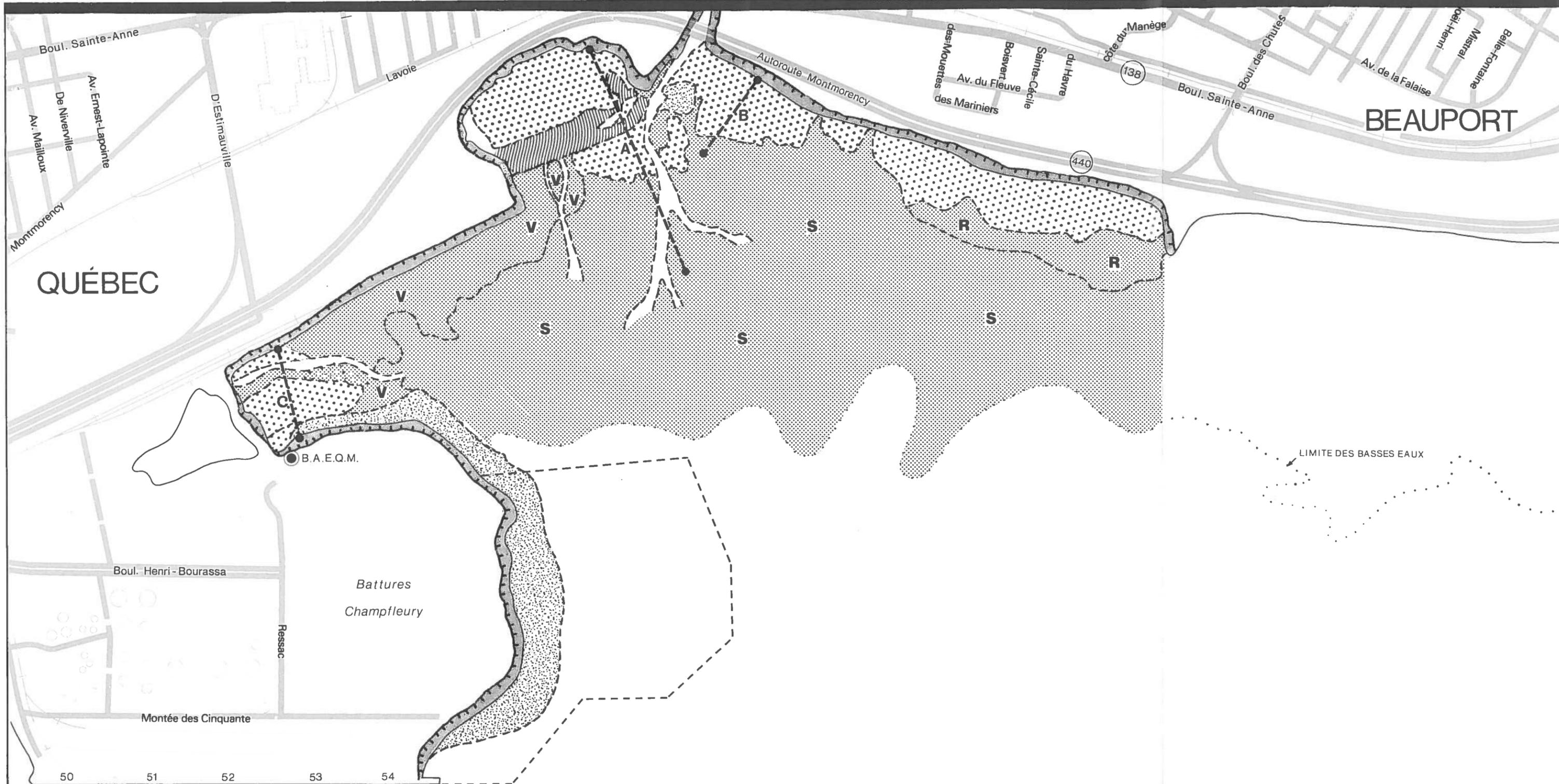
a) Talus

La rive qui forme la limite externe des divers empiétements sur tout le pourtour des battures étudiées est marquée par un talus qui présente une rupture de pente et qui est composé de matériaux provenant de remblayages successifs. Sa hauteur varie de 5 m dans le secteur est à 0,9 m dans le secteur sud-ouest.

b) Plage

Située au pied du talus dans la partie sud-ouest des battures, la plage est constituée de sédiments sableux provenant des remblayages antérieurs.





GÉOMORPHOLOGIE DU LITTORAL

UNITÉS GÉOMORPHOLOGIQUES



Schorre inférieur



Slikke
V : vaseuse
S : sableuse
R : rocheuse

LE RIVAGE



Talus



Plage



Zone remblayée



Zone perturbée



Transect de relevés topographiques

ÉCHELLE 1:10 000



N° DE DOSSIER : 2694

SOURCE DU FOND DE PLAN
 C.U.Q. (1982) CARTE N°1 ET 4

DATE : SEPTEMBRE 1983



CARTE
 2.5

Étude des répercussions
 environnementales
 de l'extension du
 Port de Québec



ASPECTS BIOPHYSIQUES



2.4.3.2 Unités géomorphologiques des battures

Etant donné que les battures présentent des caractéristiques différentes dans les rentrants sud-ouest et nord-ouest ainsi que sur le reste des battures, nous avons effectué au transit trois transects topographiques transversaux à l'estran afin de caractériser chacun des secteurs (carte 2.5).

En outre, les relevés terrestres, couplés à l'analyse de différentes séries de photographies aériennes, ont permis de délimiter les unités géomorphologiques sur la carte 2.5. Ces unités sont, du rivage vers le large, le schorre supérieur associé aux matériaux de remblayage, le schorre inférieur correspondant à la partie recouverte de végétation des battures et la slikke dans la partie dénudée des battures.

a) Schorre supérieur

Le schorre supérieur correspond à la zone submergée uniquement lors des marées hautes de vive-eau. Dans le secteur étudié, cette unité est totalement absente suite à un envahissement progressif par les divers empiétements qui, avec les années, se sont même étendus jusque dans le schorre inférieur.

b) Schorre inférieur

Le schorre inférieur représente la partie des battures inondée lors des marées hautes moyennes. Il correspond au marais pré-salé des français, au lower marsh des anglo-saxons et à

la haute slikke définie marégraphiquement (Gauthier, 1978). Dans le secteur d'étude, le schorre inférieur représente une superficie approximative de 28,8 ha soit 15% de la superficie totale des battures (carte 2.5). Sa largeur varie selon les transects établis de 134 m (transect B) à 447 m (transect A) dans la partie centrale. Cette zone, dont la surface s'incline vers le fleuve (altitude⁽¹⁾ variant de 4,0 à 1,1 m), supporte une végétation hydrophile continue.

Etant de plus lié à une sédimentation estivale de matériaux fins non négligeable (section 2.6.2), le schorre inférieur étudié s'apparente ainsi au schorre vaseux à tapis végétal continu de la classification morpho-sédimentologique des schorres du Saint-Laurent (Dionne, 1968). Comme on le verra plus en détail au chapitre décrivant la végétation des battures de Beauport (section 3.1), le schorre inférieur abrite deux grands groupements végétaux.

c) Slikke

La slikke forme à la limite inférieure du schorre une bande de largeur variable où il n'y a pas de végétation littorale. De la bordure du schorre à la limite des basses mers, la slikke s'incline en milieu ouvert très faiblement avec une pente de 0,3%. Les conséquences de l'action glacielle sont omniprésentes; on y note la présence de gros blocs erratiques ou d'amas de blocs et de cailloux. La superficie occupée par la slikke représente 128,3 ha soit 68% de la superficie des battures étudiées.

(1) Les altitudes sont établies au-dessus du zéro marégraphique.

Trois types de slikke caractérisent la batture étudiée soit la slikke vaseuse, la slikke sableuse et la slikke rocheuse.

- La slikke vaseuse

La slikke vaseuse se retrouve dans la partie ouest du rentrant sud-ouest. Elle occupe l'aire d'accumulation des vases récentes apportées par le transport en suspension.

- La slikke sableuse

A la zone d'accumulation vaseuse succède vers le large une zone dynamique favorisant l'accumulation sableuse sous forme de bancs isolés dont la dimension et l'emplacement changent avec le temps.

- La slikke rocheuse

Localisée au nord-est du secteur étudié, la slikke rocheuse correspond à la plate-forme rocheuse dénudée ou faiblement recouverte par les sédiments meubles. Elle correspond à la zone où les vitesses maximales de courant sont élevées (section 2.5).

Il ressort de cette analyse géomorphologique des battures de Beauport que la distribution des différentes unités identifiées est en relation avec la pente de l'estran, l'altitude par rapport au niveau de la marée (durée, fréquence et profondeur des immersions), les courants et le type de substrat.

On retrouve une dénivellation d'environ 3,4 m entre la limite supérieure du schorre et la limite des basses eaux, le passage entre le schorre et la slikke s'effectuant sur l'ensemble des battures approximativement à la même altitude.

Il est à souligner que la pente de la slikke est, sur tous les transects étudiés, sensiblement la même alors qu'au niveau du schorre, la pente varie selon les transects.

2.5 HYDRODYNAMIQUE

Les courants, aux environs de Québec, sont générés principalement par la marée (de type semi-diurne). L'écoulement fluvial de 11 000 m³/s en moyenne contribue également à maintenir les forts courants observés un peu partout dans le chenal principal du Saint-Laurent. TransportsCanada (1968), Piette, Audy et associés (1970) et Roche associés ltée (1983) ont observé des courants de 150 à 200 cm/s dirigés autant vers l'amont que vers l'aval. Ces courants sont généralement alignés dans l'axe du fleuve, sauf près des rivages où des obstacles topographiques provoquent localement des remous et des tourbillons.

Les battures de Beauport constituent un sous-système qui s'inscrit dans le patron de circulation général du Saint-Laurent. Situées à la rencontre des bras nord et sud de l'île d'Orléans, les battures de Beauport sont soumises aux influences des courants échangés entre ces deux chenaux. D'après Piette, Audy et associés (1970), environ 10% du débit fluvial s'écoule par le bras nord. La faible profondeur de

ce chenal accentue la déformation de l'onde de marée, ce qui provoque une réponse assez complexe des courants au niveau de Beauport. Ce patron de circulation affecte la sédimentation locale et la distribution des groupements végétaux sur les battures. Dans ce contexte, la Commission d'évaluation environnementale s'interroge sur les modifications hydrodynamiques que pourrait entraîner le projet d'extension du port de Québec sur les battures.

Dans cet objectif, la présente section vise à :

1. Etudier les caractéristiques hydrodynamiques des battures à l'aide d'observations directes sur le terrain et d'observations sur un modèle hydraulique;
2. Déterminer l'importance respective des différents facteurs (vents, marées, écoulement fluvial, etc.) sur le patron de circulation;
3. Décrire le patron de circulation sur les battures de Beauport ainsi que sa variabilité spatio-temporelle afin d'évaluer les conséquences environnementales de l'extension prévue sur les courants, la sédimentation et la végétation.

2.5.1 Méthodologie

Pour atteindre ces objectifs, on a réalisé une campagne d'échantillonnage sur le terrain ainsi qu'une étude sur modèle hydraulique. Le modèle hydraulique utilisé a été déve-

loppé en 1971 par les Laboratoires d'hydraulique LaSalle pour la Direction des Ports Nationaux (Transports Canada). Après quelques ajustements, le modèle a été remis en service pour vérifier les conséquences possibles du projet d'extension du port de Québec sur les conditions locales d'écoulement et le comportement des glaces sur les battures de Beauport (rapport LHL-878; Laboratoire d'hydraulique LaSalle, 1983).

Ce modèle a été étalonné par des mesures directes des courants aux limites. Il s'agit d'un modèle avec distorsion s'appuyant sur les règles de similitude de Froude. La marée simulée est asymétrique, semi-diurne et d'une amplitude constante fixée à 5,2 m. Les courants sont mesurés par chronophotographie de confettis se déplaçant en surface. Chaque photographie fournit une mesure de la vitesse intégrée pendant 20 minutes. L'intervalle est de 1,5 heure en moyenne entre deux photographies, soit huit mesures par cycle de marée semi-diurne (12,42 heures).

Le modèle a été utilisé pour simuler le patron de circulation avant et après aménagement. C'est un outil très utile pour obtenir une vue d'ensemble des conditions d'écoulement et pour prédire les modifications que subira le patron de circulation. Il faut cependant tenir compte d'un certain nombre de conditions et de restrictions pour garantir une bonne interprétation. On peut énumérer les suivantes:

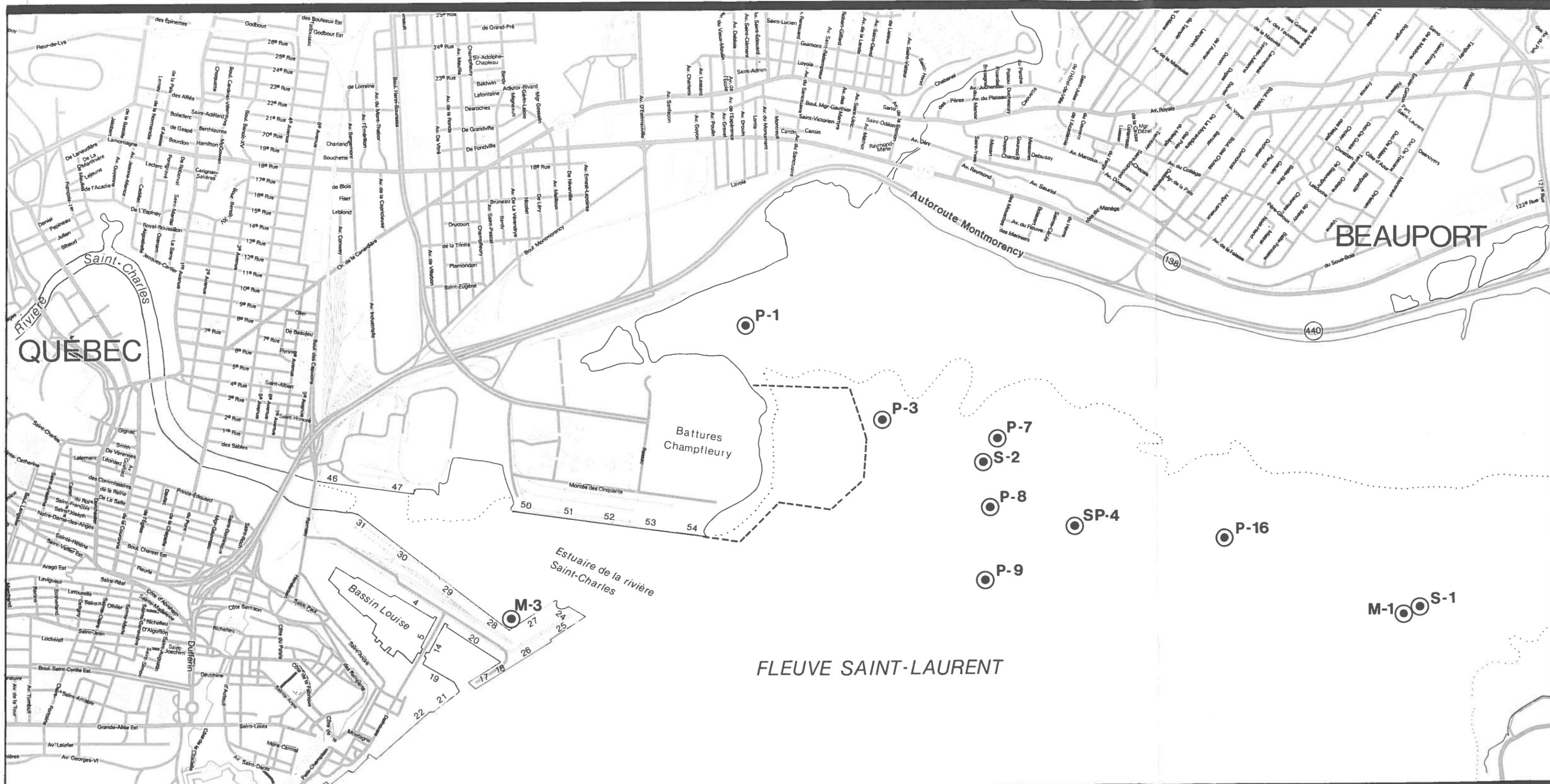
1. A faibles profondeurs, la distorsion créée par le frottement sur le fond peut introduire des variations. Il faut donc vérifier la corrélation entre les courants prédits et observés sur les battures;

2. la chronophotographie de confettis fournit le patron de circulation en surface. Il faut vérifier si ces valeurs sont représentatives de la circulation sur l'ensemble de la colonne d'eau. Par exemple, le transport des sédiments est en grande partie influencé par les courants qui prévalent au niveau du fond;
3. l'amplitude de la marée simulée est fixée à 5,2 m alors qu'en conditions naturelles, elle varie de 4,1 à 5,8 m. Plusieurs autres variables ne sont pas simulées, telles le vent, les vagues, les crues, etc. Pour évaluer la variabilité du milieu, il est essentiel de mesurer ou d'évaluer l'influence de ces variables sur les courants.

A cette fin, une campagne d'échantillonnage a été réalisée en octobre et novembre 1982. La hauteur des marées a été mesurée à l'aide de deux limnigraphes Aanderaa mouillés pendant une période de 20 à 30 jours de part et d'autre des battures. La position des stations est indiquée à la carte 2.6.

Deux courantomètres Aanderaa (RCM-4) ont été mouillés simultanément. Ces appareils ont permis de recueillir des séries temporelles de vitesses et de directions du courant, ainsi que la pression et la température de l'eau. Des profils verticaux ont été recueillis avec un courantomètre Endeco (M-110) en différents points des battures (carte 2.6).





LOCALISATION DES STATIONS DE RELEVÉS HYDRAULIQUES

- M** Station marégraphique
 - S** Station finie de courantométrie
 - P** Station finie de profilage vertical
 - SP** Série temporelle de profilage vertical (13 heures)
- Localisation des stations

ÉCHELLE: 1: 20 000



N° DE DOSSIER : 2694
 SOURCE DU FOND DE PLAN:
 C.U.Q (1982) CARTE N°1 ET 4
 DATE : SEPTEMBRE 1983



CARTE
2.6

**Étude des répercussions
 environnementales
 de l'extension du
 Port de Québec**



ASPECTS BIOPHYSIQUES **ROCHÉ**

Les données recueillies lors de cette campagne ont permis de comparer les courants "prédits" (modèle hydraulique) et "observés" (mesures sur le terrain). Ces données permettent également d'évaluer la variabilité à court et à moyen terme des courants observés, d'établir la contribution des principales forces (écoulement fluvial, marées, vent) au patron de circulation, de définir un cadre général d'interprétation du modèle et de situer le problème de l'extension du port de Québec dans le contexte plus global de la circulation estuarienne.

2.5.2 Fiabilité et limites des méthodes (évaluation de la méthodologie)

2.5.2.1 Vitesse de courant

Les courants "prédits" et "observés" en surface sont comparés à la figure 2.1. Les mesures sur le terrain ont été effectuées par une journée de vent faible, lors de marées de 5,2 m d'amplitude (30 novembre 1982). La corrélation obtenue est très acceptable, autant pour la vitesse que pour la direction des courants. Le modèle est donc fiable pour reproduire le patron de circulation en surface.

La figure 2.2 illustre la relation entre les courants mesurés en surface, à 5 et à 10 m à la station SP-4, durant un cycle de marée (13 heures). La correspondance entre les courants mesurés en surface et à mi-profondeur (5 m) est très bonne. Par contre, la courbe reliant les vitesses de surface et de fond (10 m) s'infléchit lorsque la vitesse augmente, indi-

Comparaison des vitesses et des directions prédites (modèle hydraulique) et mesurées aux stations d'échantillonnage

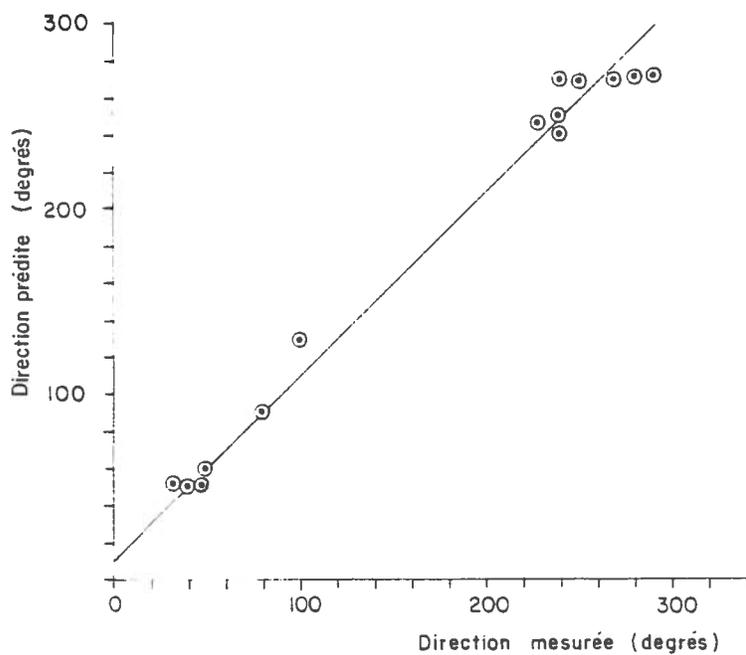
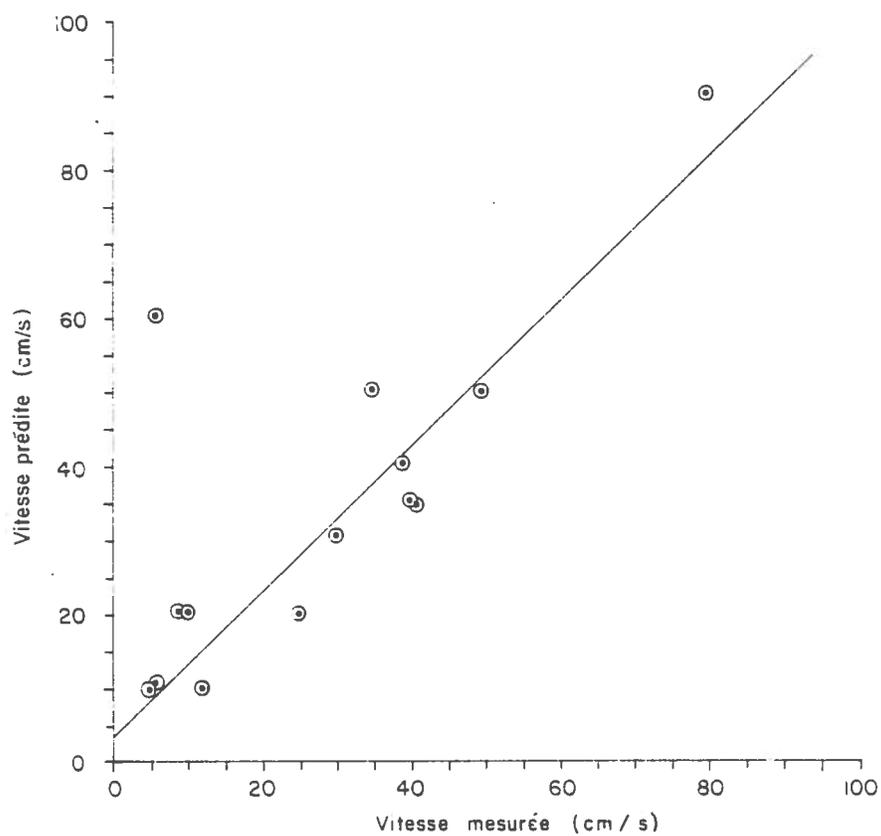


Figure 2.1

Comparaison des vitesses observées à mi-profondeur
et au fond avec celles observées en surface
(Station SP-4, 1982)

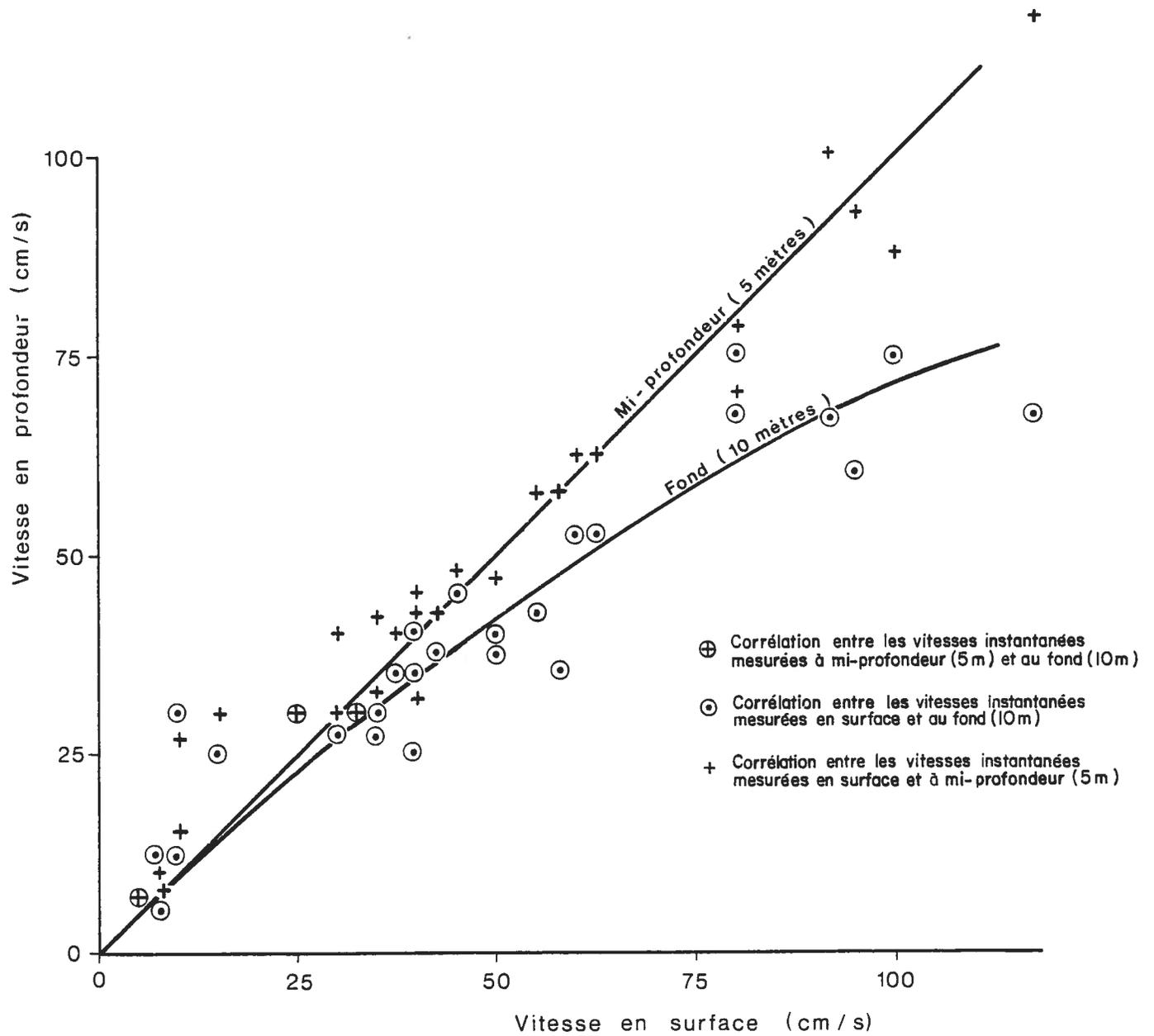


Figure 2.2

quant un profil logarithmique. Ce phénomène est courant et a été décrit par Sternberg (1968, 1972). Le modèle hydraulique simule bien les courants dans l'ensemble de la colonne d'eau, sauf ceux du fond où les valeurs simulées sont qualitatives plutôt que quantitatives.

2.5.2.2 Fluctuations de courant

La variabilité des courants a été étudiée à l'aide du mouillage de la station S-2. Le courantomètre utilisé a enregistré la vitesse et la direction du courant à intervalles fixes de 5 minutes durant 15 jours. L'instrument était mouillé à 1,2 m au-dessus du fond, par 2,5 m de profondeur à marée basse. Les résultats sont illustrés à la figure 2.3.

Sur la figure 2.3, les graphiques (e) et (d) présentent les observations de vitesses exprimées sous forme de deux composantes vectorielles lissées, orientées dans l'axe nord-sud (composante U) et est-ouest (composante V). Le lissage de la courbe par moyenne mobile (haute-passe) permet d'éliminer le bruit à haute fréquence du signal principal et de conserver les fréquences diurnes, semi-diurnes et bi-mensuelles (Godin, 1972). Ces graphiques montrent qu'aux marées de morte-eau, la vitesse est d'environ 40% inférieure à celle des marées de vive-eau. Les graphiques 2.3 (e) et (d) mettent donc en évidence la relation entre le courant et la marée semi-diurne.

Les graphiques 2.3 (c) et (b) illustrent les mêmes données ayant subi un lissage par filtre basse-passe. Dans ce cas, les fréquences semi-diurnes sont filtrées et seules les bas-

Séries temporelles de vitesse du courant

- (a) Vecteur vent
 - (b) Composante résiduelle Est-Ouest
 - (c) Composante résiduelle Nord-Sud
 - (d) Composante Nord-Sud
 - (e) Composante Est-Ouest
- (Octobre 1982 ; station S-2)

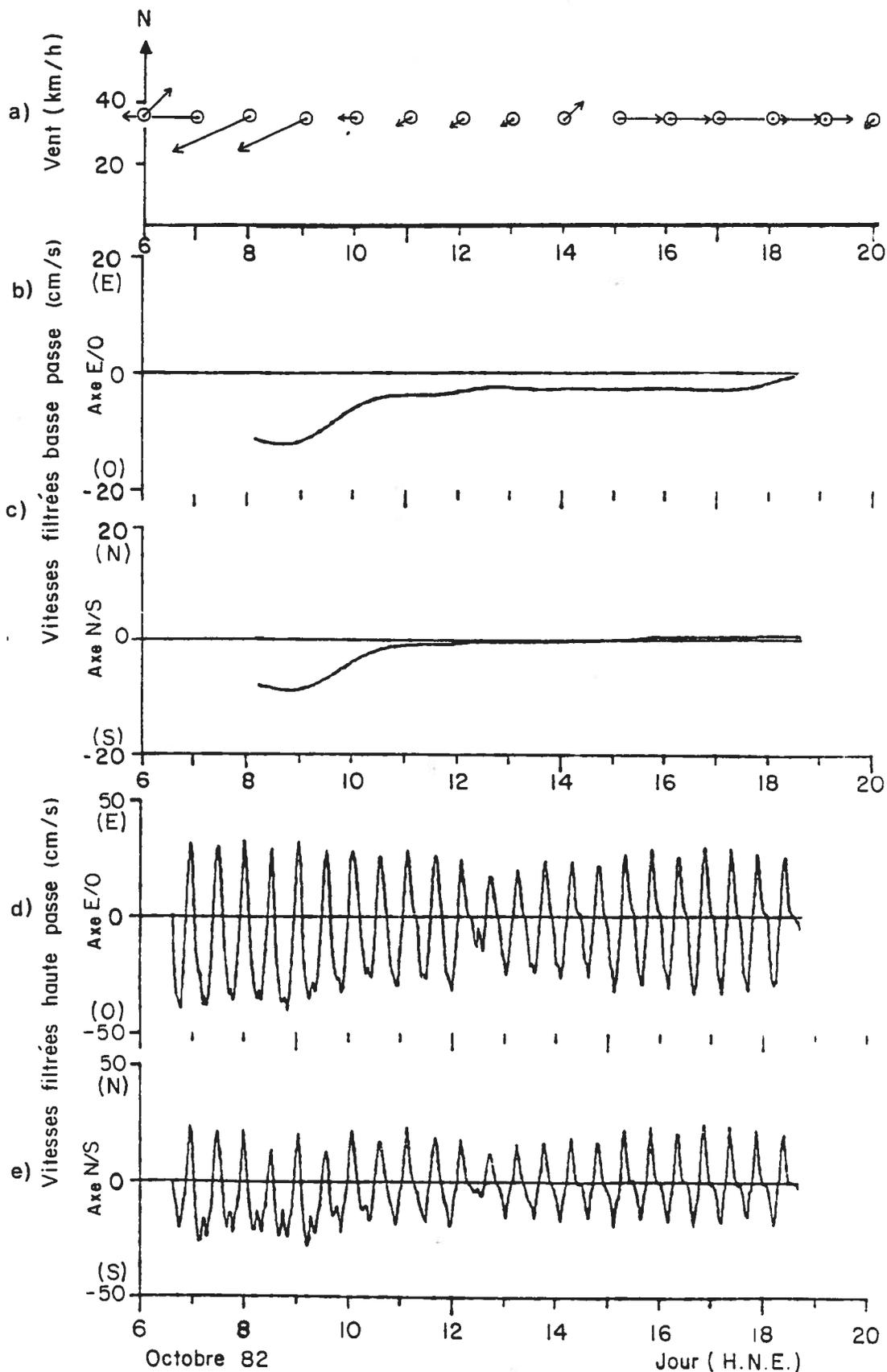


Figure 2.3

ses fréquences sont conservées (Godin, 1972). Cette façon de traiter les données permet d'évaluer l'importance cumulée de l'apport fluvial (courant résiduel) et des constituantes harmoniques bi-mensuelles à la circulation sur les battures. Le graphique 2.3 (b) montre que la vitesse résiduelle est généralement d'environ 3,5 cm/s en direction ouest, sauf les 8 et 9 octobre alors qu'elle atteignait 10-15 cm/s en direction sud-ouest. La présence d'une vitesse résiduelle différente ces deux journées coïncide avec le passage d'un vent du nord-est de 10 à 20 noeuds. Le vecteur vent est illustré au graphique 2.3 (a).

En résumé, l'analyse des données de la station S-2 (figure 2.3) montre que le courant sur les battures est dominé par le battement semi-diurne de la marée, laquelle peut générer des courants de l'ordre de 50 cm/s à la station S-2. Aux marées de morte-eau, les vitesses maximales diminuent d'environ 40%. L'écoulement résiduel, associé au débit fluvial, correspond à environ 10% de l'écoulement. Il est très uniforme en direction ouest et ne semble pas être influencé par les fluctuations bi-mensuelles (morte-eau/vive-eau) de la marée. Par contre, la présence de vents du nord-est de 10 à 20 noeuds suffit à produire une anomalie considérable de l'écoulement résiduel. Le vecteur vitesse résiduelle tourne alors vers le sud-ouest et augmente à 10-15 cm/s, soit près de 30 à 50% de la vitesse moyenne causée par la marée. Cet effet n'est pas négligeable et devrait être pris en considération lors de l'étude du transport en suspension.

2.5.2.3 Conclusions

En conclusion, l'analyse comparative des données "prédites" et des observations sur le terrain permet de fixer les limites suivantes à la méthodologie utilisée:

1. Le modèle reproduit bien les vitesses et les directions du courant en surface et à mi-profondeur sur les battures;
2. par contre, les vitesses dans la couche limite au-dessus du fond sont plus faibles que celles de surface et cette différence augmente exponentiellement lorsque la vitesse de surface augmente;
3. les vitesses prédites représentent des conditions moyennes maximales. Les vitesses observées en nature sont généralement plus faibles que les valeurs prédites;
4. certaines variables non mesurables sur le modèle sont importantes. Ainsi, l'écoulement fluvial contribue à la circulation sur les battures dans une proportion de 10 à 15%. Le vent exerce également une influence appréciable sur l'écoulement, surtout lorsqu'il vient du nord-est. Aucune relation n'a pu être établie entre les effets saisonniers (crues et étiage) et les courants, faute de données saisonnières. De même, aucune corrélation n'a pu être établie entre la pression atmosphérique et le courant, ce qui semble indiquer que l'influence du champ de pression atmosphérique est négligeable.

2.5.3 Patron de circulation

2.5.3.1 Résultats

La circulation de l'eau sur les battures de Beauport a été décrite dans le rapport du Laboratoire d'hydraulique LaSalle (1983). Nous reprenons ici les commentaires ayant des applications environnementales. Ceux-ci sont complétés par l'analyse des observations recueillies sur le terrain.

Le courant est directement relié au cycle de marée. Dans le chenal principal (bras nord de l'Île d'Orléans), les étales de marée se produisent environ deux heures après les marées haute et basse. Sur les battures de Beauport, le cycle de courant est déphasé par rapport au chenal principal. Ce phénomène est illustré à la figure 2.4 qui compare la vitesse du courant à mi-profondeur aux stations S-1 (entrée du bras nord de l'Île d'Orléans) et S-2 (limite inférieure des basses eaux) (carte 2.6). Le reflux commence une heure plus tôt à la station S-2 que dans le chenal principal, (station S-1) situé à 500 mètres en aval de la station S-2. Le reflux est très court à la station S-2 et ne dure que quatre heures comparativement à près de 8 heures à la station S-1. Ce décalage du flux et du reflux entre les deux stations est très élevé pour une si courte distance.

Comparaison des séries temporelles de vitesses

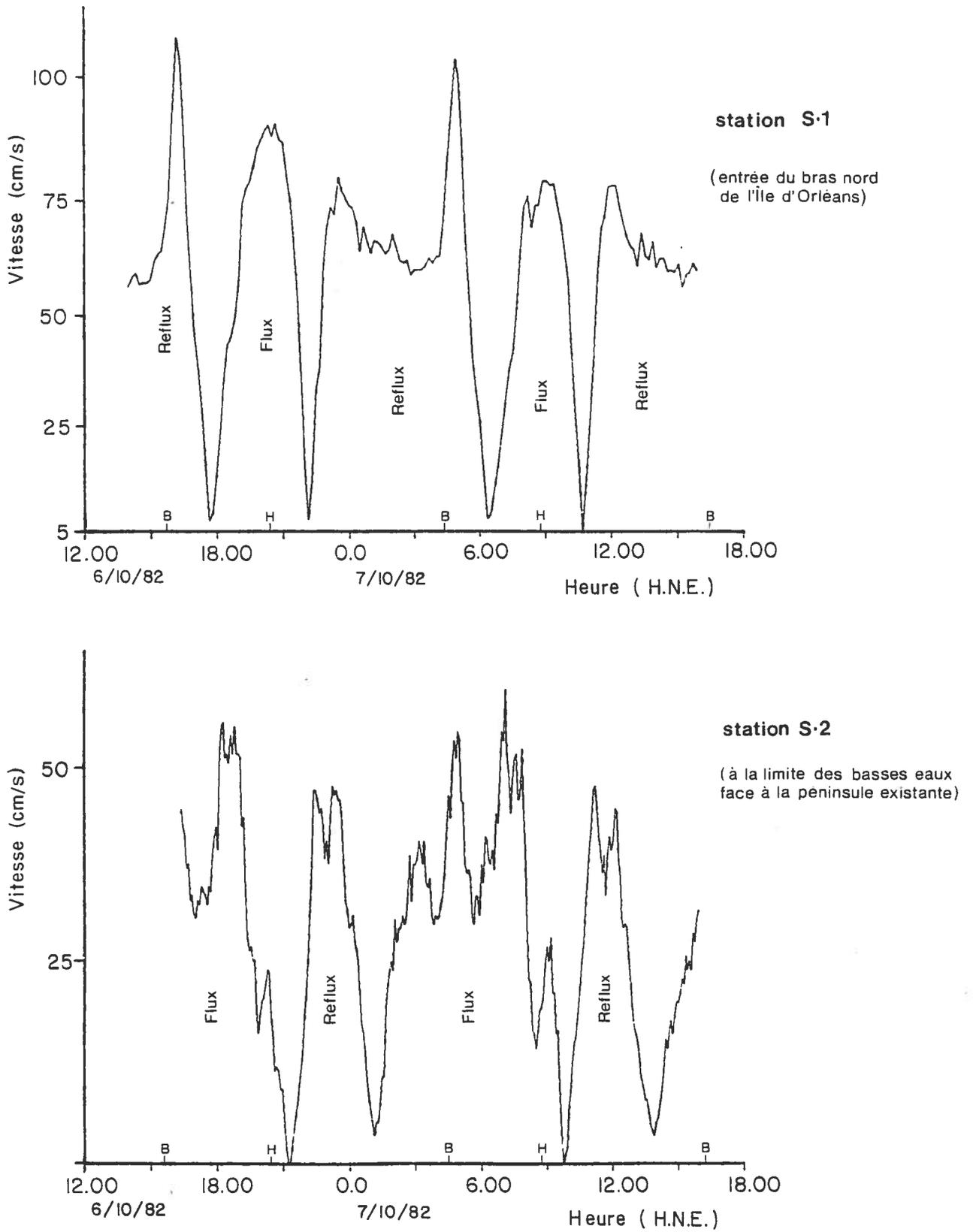


Figure 2.4

La séquence des événements peut être décrite ainsi:

1. Peu après l'heure de la marée haute (pleine mer), les battures commencent à se vider du côté nord. Se produit alors un grand mouvement anticyclonique (dans le sens des aiguilles d'une montre). L'eau entre sur les battures par le côté sud et ressort du côté nord. Ce mouvement est illustré à la planche (1) du rapport LHL-878 (Laboratoire d'hydraulique LaSalle, 1983);
2. environ deux heures après la marée haute (H + 2), l'étale de marée se produit dans le chenal principal alors que le reflux est bien engagé sur les battures de Beauport. A (H + 3), le reflux se poursuit partout dans le chenal principal et sur les battures. Le courant est dirigé parallèlement à l'axe du fleuve, sauf dans le rentrant sud-ouest qui se vidange en direction sud-est, perpendiculairement au mouvement général. L'étale de marée survient peu après sur les battures (figure 2.4);
3. quatre heures et demie après la marée haute (H + 4,5), l'eau encore présente sur les battures se vidange en direction sud-est. Le reflux atteint son maximum dans le chenal principal et le flux s'amorce déjà, près de la rive de Beauport dans la partie nord-est des battures. Le flux augmente juste à la limite inférieure des basses eaux et prend la forme d'une mince bande d'eau qui se dirige vers le sud-ouest entre la limite des basses eaux et la rupture de pente qui marque la bordure du chenal maritime. La station S-2 est située dans cette zone, au-delà

de laquelle prévaut un courant de plus de 100 cm/s dirigé vers l'aval. Le fort cisaillement qui se produit entre ces deux courants provoque des tourbillons et de fortes turbulences. Ce phénomène se produit jusqu'à marée basse (H + 8);

4. à ce moment, les battures se remplissent d'eau et un courant de flux de 30 à 50 cm/s se développe en direction ouest sur l'ensemble des battures. Le courant commence à ralentir dans le chenal principal et l'étale de marée basse survient environ 1,5 heures après la marée basse;
5. au moment où s'amorce le flux dans le chenal principal, le courant atteint son maximum dans les rentrants sud-ouest et nord-ouest. A mesure que le flux se développe (H + 11) dans le chenal et à la limite inférieure des basses eaux, le courant diminue dans la zone intertidale et tourne lentement vers le nord. Environ une heure avant la marée haute, l'étale se produit sur les battures et le reflux commence à se faire sentir. Le cycle recommence alors en suivant toutes les étapes décrites ci-dessus.

2.5.3.2 Discussion

Le déphasage entre les courants observés sur les battures et dans le chenal principal est lié au fait que l'onde de marée du Saint-Laurent est coupée en deux par l'Île d'Orléans. La partie de l'onde de marée qui voyage dans le bras nord se déplace plus rapidement et se déforme davantage en raison de la

profondeur d'eau plus faible dans ce bras que dans le bras sud. Ces deux parties de l'onde de marée se rejoignent au niveau de Beauport et sont alors légèrement déphasées et déformées. Ce phénomène a pu être vérifié à l'aide des données marégraphiques recueillies aux stations M-1 et M-3 (carte 2.6). Une analyse des signaux marégraphiques par corrélation croisée et une comparaison des séries temporelles de différences de niveaux entre les stations M-1 et M-3 ont permis de vérifier que la pente du plan d'eau bascule très rapidement à marée haute et à marée basse, indiquant un déphasage de la constituante M-4. Ceci indique que la limite des battures de Beauport joue un rôle d'exutoire lors du réajustement des niveaux.

L'eau échangée entre les deux chenaux lors de ce réajustement transite en grande partie par les battures de Beauport. Cet échange d'eau modifie le patron de circulation sur les battures, lesquelles agissent comme un amortisseur absorbant une bonne partie de l'énergie dissipée par la séparation de l'onde de marée de part et d'autre de l'Ile d'Orléans.

Ce phénomène a pour effet de réduire de près de moitié la durée et la force du reflux dans la partie centrale des battures et de favoriser le flux. L'importance de ce phénomène n'est pas très marquée en ce qui concerne les courants mais est considérable pour le transport des matières en suspension, surtout influencé par l'écoulement résiduel.

2.5.4 Ecoulement résiduel sur les battures de Beauport

L'écoulement résiduel est complètement modifié par le réajustement des niveaux. L'écoulement résiduel sur les battures et dans le bras nord peut être illustré en comparant les vecteurs cumulatifs de déplacement calculés à partir des données de courant aux stations S-1 et S-2. Ces vecteurs cumulatifs sont illustrés aux figures 2.5 et 2.6 et sont obtenus en mettant bout à bout les déplacements successifs de l'eau mesurés à intervalles fixes (de 5 ou 10 minutes) pendant plusieurs jours.

La figure 2.5 montre le vecteur cumulatif obtenu à la station S-1. Le déplacement net ou résiduel pour la période d'observation est dirigé vers le nord-est. La vitesse résiduelle pour cette période correspond au déplacement net divisé par le temps total d'observations et correspond à 19 cm/s, ce qui représente environ 30% de la vitesse moyenne du courant. Cela signifie que la contribution du débit fluvial (intégration de la vitesse résiduelle de la section) aux courants passant dans le chenal nord équivaut à près de la moitié de celle de la marée.

A la station S-2 (figure 2.6), le déplacement net est beaucoup plus faible. Mis à part les six ou sept premiers cycles de marée, influencés par le vent du nord-est, la vitesse résiduelle est à peine de 3 cm/s, soit environ 10% du courant moyen. L'influence du débit fluvial à la station S-2 n'est donc que de 12% par rapport à la marée, ce qui est beaucoup plus faible que dans le chenal maritime.

Vecteur progressif de vitesse, station S-1

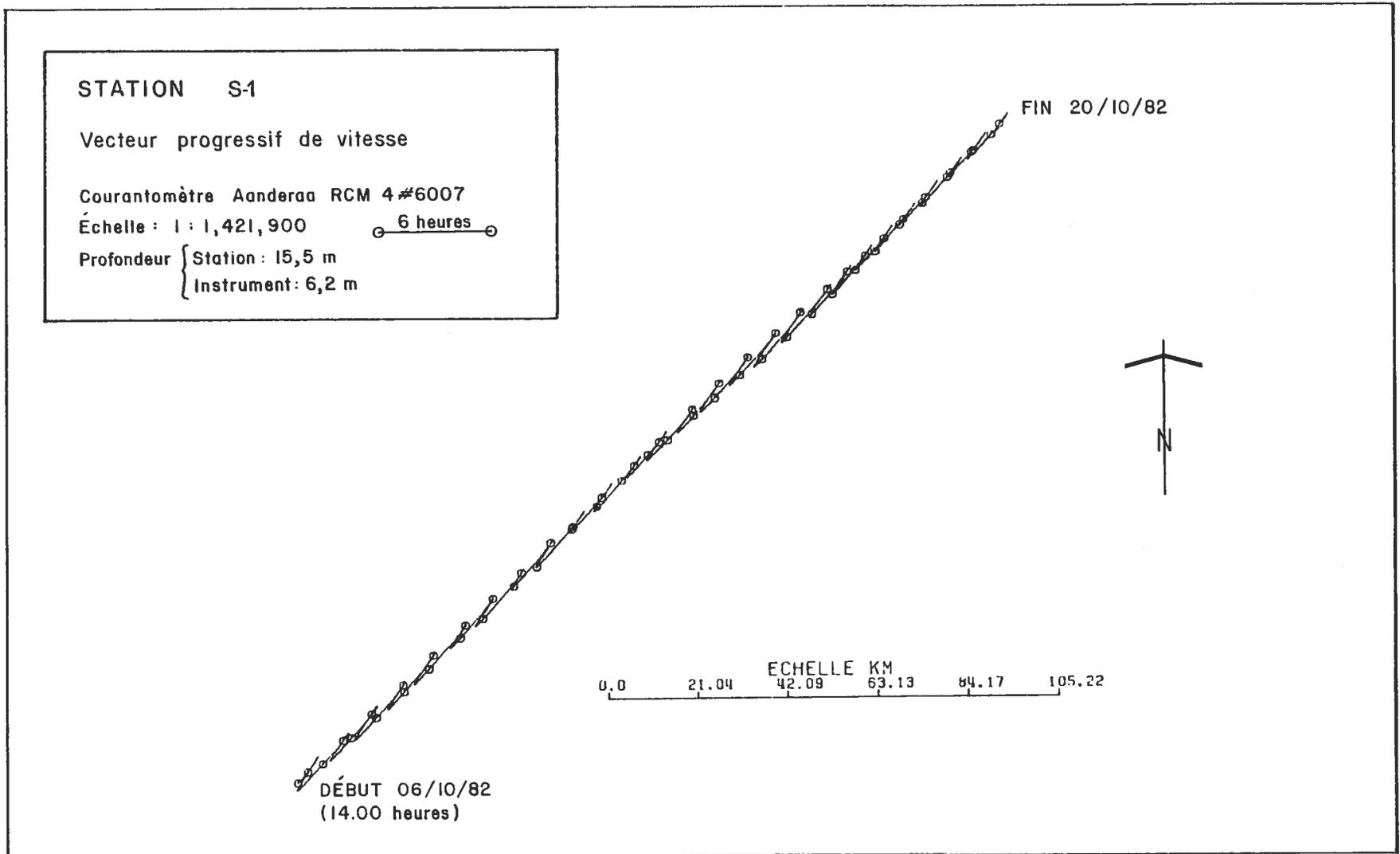


Figure 2.5

Vecteur progressif de vitesse, station S-2

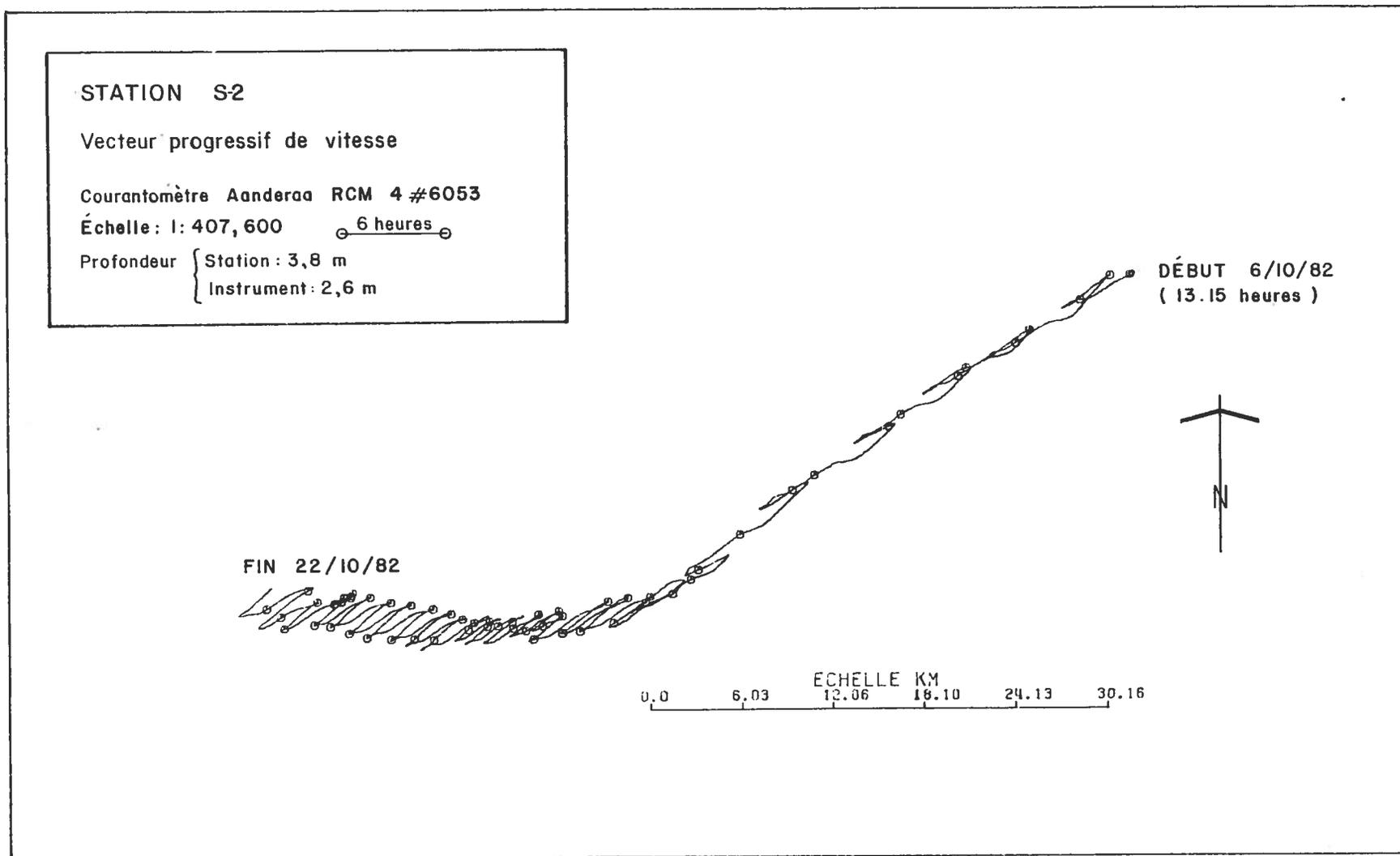


Figure 2.6

2.6 SEDIMENTOLOGIE

Une revue de la littérature montre qu'il n'existe aucune donnée spécifique à la sédimentation sur les battures de Beauport, exception faite du secteur à l'est de la rivière Beauport (battures de Cap-Tourmente) où quelques données sur l'accumulation estivale ont été obtenues (Sérodes, 1980; Troude et al., 1983).

Cependant plusieurs études sectorielles relatives au bilan sédimentaire ont été effectuées sur les battures de l'estuaire moyen du Saint-Laurent. Ainsi, même si la plupart des études dénotent une accumulation estivale suivie d'une érosion entre l'automne et le printemps, il n'en demeure pas moins que les conclusions portant sur le bilan net de ces processus sont très variables. Certaines études, dont celle de Sérodes (1980), favorisent un bilan positif tendant vers l'accroissement des battures. Ce dernier, en effectuant la datation des couches récentes de sédiments, en arrive à la conclusion que, par exemple, la batture de Cap-Tourmente subit une accumulation nette moyenne (Sérodes et Troude, en préparation). Sérodes (1980) suggère par ailleurs un phénomène semblable sur les battures de Beauport mais en soulignant que le taux de sédimentation doit y être beaucoup plus faible. Par contre, d'autres études postulent un bilan net faible, voire même nul ou négatif, pour certaines années (Dionne, 1981). De plus, divers indices laissent croire à cet auteur qu'à long terme, il y a prévalence de l'érosion sur la sédimentation en certains endroits.

Par ailleurs, Sérodes et al. (1983) ont trouvé au niveau des estrans de Kamouraska un certain équilibre du cycle sédimentologique annuel. Ainsi, les sédiments fins des slikkes sont érodés au cours de l'été et de l'automne tandis qu'on observe un dépôt au cours de l'hiver sous le pied de glace qui restreint l'action érosive du vent, des vagues et des courants. Le schorre ne semble pas présenter de sédimentation notable, la végétation y étant trop courte et trop dense pour la favoriser.

Or, bien qu'il demeure très difficile d'établir un bilan sédimentaire des battures de Beauport sans obtenir au préalable des données sur une longue période de temps, il nous est néanmoins apparu nécessaire, suite aux préoccupations de la Commission environnementale à ce sujet, d'en connaître le comportement sédimentologique à une période donnée de l'année. Ce comportement fut estimé à partir d'informations relatives à deux points majeurs, soit:

1. les principaux processus sédimentologiques, c'est-à-dire les phénomènes de transport hydraulique des sédiments s'effectuant sur les battures de Beauport, et
2. les conséquences de tels processus sur l'accumulation des sédiments au cours de l'année 1982.

Ces deux points sont traités dans les sections suivantes.

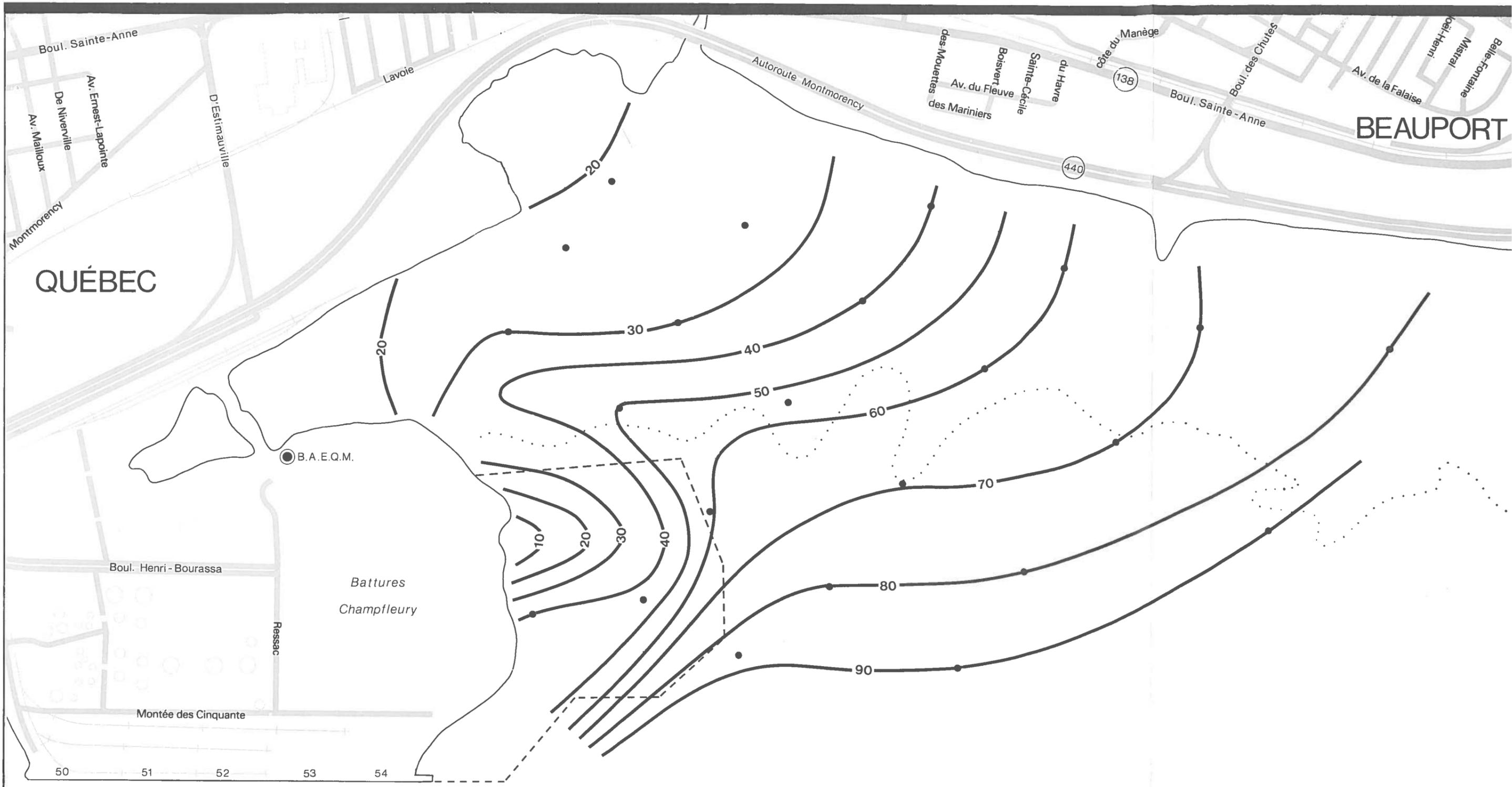
2.6.1 Processus sédimentologiques

Deux modes de transport des sédiments prévalent sur les battures de Beauport: le transport par charriage sur le fond des sédiments non cohésifs (sables et silts) et le transport en suspension des sédiments cohésifs (particules argileuses). La relation entre le patron de circulation et la distribution des dépôts superficiels est différente pour chacun des deux modes de transport. En général, le transport par charriage des sédiments non cohésifs est plutôt relié aux vitesses maximales du courant alors que le transport en suspension des sédiments cohésifs dépend de plusieurs facteurs combinés tels que la vitesse résiduelle, la présence de végétation, les vitesses maximales, la durée de l'étale de marée haute, les glaces, etc.

2.6.1.1 Transport des sédiments non cohésifs par charriage sur le fond

La carte 2.7 illustre la distribution des vitesses maximales sur les battures en conditions naturelles (d'après les résultats du modèle hydraulique). Ces valeurs ne sont pas représentatives des vitesses dans la couche de fond mais illustrent néanmoins une tendance identique.

Au-delà d'une vitesse maximale de surface de 50 cm/s, les sédiments observés sur le fond sont grossiers et très pauvres en particules fines et moyennes. Dans cette zone, le stress sur le fond est trop élevé pour que des particules de la taille des sables puissent se déposer. Entre les isoplèthes



DISTRIBUTION DES VITESSES MAXIMALES

- 30 — Isoplèthe de vitesse maximale (cm/s)
- Point de mesure

ÉCHELLE 1:10 000



N° DE DOSSIER : 2694

SOURCE DU FOND DE PLAN
C.U.Q. (1982) CARTE N° 1 ET 4

DATE : SEPTEMBRE 1983



Étude des répercussions
environnementales
de l'extension du
Port de Québec

ASPECTS BIOPHYSIQUES

de 30 et 50 cm/s, on retrouve des matériaux bien classés de la taille du sable fin à moyen. De nombreuses dunes, rides et flèches indiquent que ce sable subit un transport actif vers l'intérieur des battures, en direction de l'isoplèthe de 30 cm/s. Dans la zone calme située en-deçà de l'isoplèthe de 30 cm/s, les tailles des sédiments s'affinent et on voit apparaître de la boue (silts et argiles) ainsi que de la végétation.

2.6.1.2 Transport et accumulation des sédiments en suspension

L'accumulation et le transport des particules fines sont plus complexes à étudier que le transport par charriage. Les sédiments fins (silts et argiles) se déposent en général dans les zones calmes mais le rythme d'accumulation peut aussi être facilement lié à la présence de végétation (Sérodes, 1980; Sérodes et al., 1983). De plus, le fait qu'une zone soit soumise à de forts courants n'empêche pas nécessairement les particules fines de s'y accumuler. L'accumulation peut être possible à condition qu'il existe des périodes suffisamment longues de faibles vitesses pour que les sédiments aient le temps de se déposer et de devenir cohésifs. Ces conditions surviennent habituellement aux étales de marée.

Aux environs de Beauport, il est difficile d'établir la variable dont l'influence est déterminante pour le transport en suspension. Le patron de vitesses résiduelles (carte 2.8) est orienté dans le sens des zones de dépôt. Les particules fines présentes dans les dépôts superficiels se retrouvent



VITESSES RÉSIDUELLES

→ 3.0 Vitesse du courant (cm/s)

ÉCHELLE 1:10 000



N° DE DOSSIER : 2694
 SOURCE DU FOND DE PLAN
 C.U.Q. (1982) CARTE N°1 ET 4
 DATE : SEPTEMBRE 1983



CARTE
2.8

Étude des répercussions
 environnementales
 de l'extension du
 Port de Québec



ASPECTS BIOPHYSIQUES **ROCHIE**

principalement dans la zone où les vitesses résiduelles sont faibles ($<1,0$ cm/s). Or, le patron de vitesses maximales en surface (carte 2.7) est orienté de la même façon dans cette zone. Il semble que cet endroit soit le seul où la durée de l'étale est assez longue et coïncide avec des vitesses assez faibles pour qu'une accumulation réelle soit possible. Les données du Laboratoire d'hydraulique LaSalle montrent de plus que les glaces ont tendance à fondre sur place dans cette zone, ce qui favorise l'accumulation de sédiments (section 2.9). Enfin, il est possible que la végétation présente dans la partie supérieure de la zone intertidale et dans le rentrant sud-ouest favorise également une certaine rétention des particules.

En résumé, la batture située au niveau du rentrant sud-ouest et du rentrant nord-ouest correspond aux seules zones qui présentent des conditions d'écoulement suffisamment calmes pour qu'un dépôt notable de particules fines soit possible. Dans ces zones, les vitesses résiduelles et maximales faibles ainsi que la végétation assez dense favorisent l'accumulation des particules fines. Bien que les données disponibles ne permettent pas d'établir avec certitude qu'une accumulation nette à long terme se produit, cette hypothèse semble la plus plausible.

Dans la partie nord des battures et dans toute la zone intertidale et infralittorale (zones centrale et avant-batture), l'accumulation de particules fines est très faible ou absente. Ces zones présentent des conditions hydrodynamiques trop turbulentes pour que la sédimentation des argiles se réalise.

Les vitesses résiduelles sont dirigées parallèlement à la côte et les vitesses maximales sont assez élevées (> 40 cm/s). A tout ceci s'ajoutent l'érosion printanière résultant des mouvements du pied de glace et la faible densité ou l'absence de végétation, qui empêchent l'accumulation des sédiments fins (Sérodès et al., 1983).

2.6.2 Bilan des zones d'accumulation de l'année 1982

Cette section vise essentiellement à présenter les conséquences des processus sédimentologiques au cours de l'année 1982. Comme on l'a indiqué dans la section précédente, l'évaluation du bilan sédimentaire des battures de Beauport à partir de données recueillies à une seule période de l'année demeure très relative. Toutefois, ceci nous permet de décrire un des faciès possibles de la sédimentation s'effectuant sur les battures et ce, en fonction des processus sédimentologiques précédemment décrits.

2.6.2.1 Méthodologie

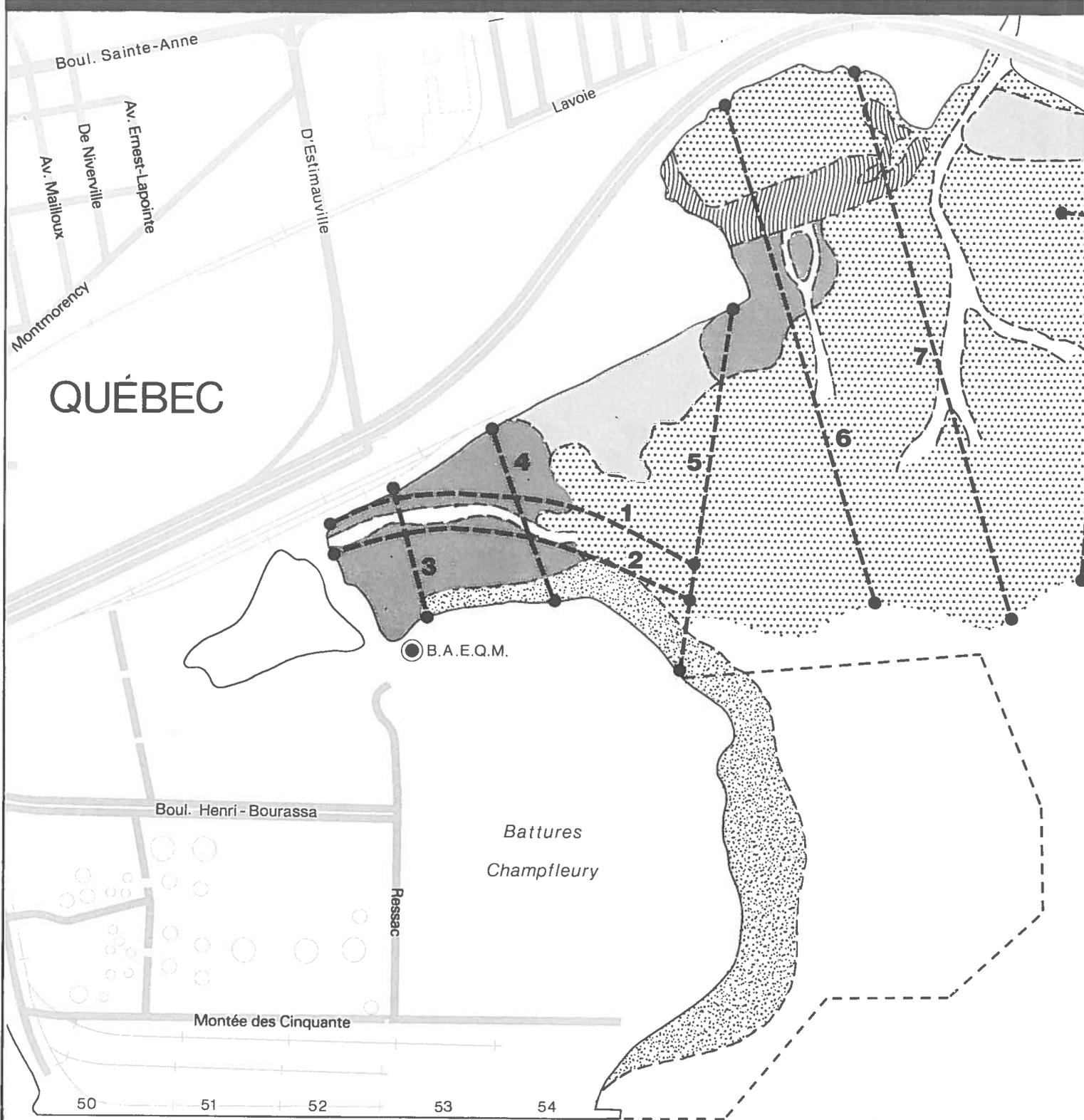
Pour obtenir une illustration de la distribution spatiale des sédiments récents, l'épaisseur de la couche superficielle de sédiments a été mesurée en plusieurs points dans la zone d'étude. Les mesures ont été effectuées entre le 29 septembre et le 1er octobre 1982. L'automne a été la période choisie du fait qu'elle suit l'accumulation maximale estivale sur les battures, ce qui nous permet ainsi de connaître les aires de sédimentation maximale.

Bien qu'aucune mesure n'ait été prise au printemps dès le départ des glaces, et que, par conséquent, il soit impossible de déterminer l'accumulation estivale précise, il est toutefois possible de définir les zones de plus ou moins grande sédimentation, compte tenu de la variabilité spatiale de l'épaisseur de la couche molle.

La technique utilisée a consisté à mesurer l'épaisseur de la vase molle, à l'aide d'un pénétromètre de fabrication artisanale, à tous les 8 mètres le long de transects (carte 2.9). L'appareil consistait en une tige de métal, graduée en centimètres, d'une longueur de 30 cm et d'un diamètre de 50 mm. L'utilisateur (toujours le même) la laissait s'enfoncer dans le substrat sous la seule action de la gravité et notait la profondeur au moment où elle s'immobilisait. La couche ainsi mesurée, constituée de vase molle, correspond à la couche la moins dense. Sachant que les couches plus profondes et non récemment déposées sont généralement plus compactes, les épaisseurs alors obtenues sont en fait une valeur minimale de l'accumulation qui s'est effectuée entre le printemps et l'automne 1982. Plus de 500 valeurs ont ainsi été obtenues le long de 9 transects.

L'analyse de la répartition spatiale des sédiments récents se base également sur l'interprétation des photographies aériennes obliques prises au cours de l'automne 1982.





AIRES DE SÉDIMENTATION

ÉPAISSEUR DE SÉDIMENTS
RÉCENTS



0 à 3 cm



4 à 7 cm



8 cm et plus



Zone perturbée



Plage



Transect de relevés sédimentolo

2.6.2.2 Aires de sédimentation

Les sédiments récents des battures ont été répartis selon trois grandes classes d'épaisseur basées sur les relevés obtenus, soit: 0-3 cm, 4-7 cm et plus de 8 cm. Cette classification nous permet ainsi de diviser les battures en différentes aires de sédimentation.

La carte 2.9 montre que la majeure partie des battures, soit 88%, est recouverte par une épaisseur de sédiments récents, le reste correspondant aux secteurs perturbés et à la plage. Environ 74% de la superficie des battures appartient à la classe 0-3 cm. Ceci correspond en fait aux différents secteurs des battures où les vitesses maximales observées sont supérieures à 20 cm/s et où les vitesses résiduelles sont au-delà de 1 cm/s. En effet, la fraction fine (silts et argiles) ne parvient à sédimenter de manière appréciable qu'à des vitesses maximales inférieures à 30 cm/s et des vitesses résiduelles inférieures à 1 cm/s.

La classe d'épaisseur de 4-7 cm (6,5%) se retrouve associée à la bande de l'estran abritant de la végétation dans la partie nord des battures (carte 2.9). Elle apparaît également dans le rentrant sud-ouest dans une zone comprise entre deux aires de sédimentation maximale. Deux facteurs importants semblent favoriser une accumulation plus élevée de vase (silts et argiles), soit les conditions hydrodynamiques et la présence de végétation. En effet, comme on le verra plus en détails dans la section sur la végétation (section 3.1), on a noté la présence de scirpe américain dans ces secteurs des battures.

Par ailleurs, les vitesses maximales enregistrées y sont réduites (voisines de 20 cm/s) de même que les vitesses résiduelles (≤ 1 cm/s). Toutefois, la bande d'accumulation dans la partie nord des battures est très étroite, les conditions hydrodynamiques devenant rapidement turbulentes à mesure qu'on s'éloigne de la rive.

La classe d'épaisseur de 8 cm et plus occupe, quant à elle, le rentrant sud-ouest et le secteur à proximité du rentrant nord-ouest, soit environ 7,5% de l'ensemble de la superficie des battures étudiées. L'accumulation de la fraction fine est encore plus marquée au niveau du rentrant sud-ouest (20 cm) ainsi qu'à proximité du rentrant nord-ouest (10 cm) et ce, pour les mêmes raisons citées précédemment c'est-à-dire la présence de végétation et de vitesses maximales et résiduelles réduites (section 2.6.1.2).

La carte des aires de sédimentation a par ailleurs permis d'évaluer à $26\ 622\ m^3$ la quantité minimale de sédiments récents accumulés, au moment de l'échantillonnage. Pour ce faire, une valeur moyenne pour l'épaisseur des sédiments des classes 0-3 cm et 4-7 cm fut considérée. Quant à la classe de 8 cm et plus, la valeur de 8 cm fut utilisée sachant toutefois que l'épaisseur maximale atteinte à certains endroits est de 20 cm (ex.: rentrant sud-ouest).

2.6.2.3 Conclusions

La répartition de l'accumulation des sédiments récents dans le secteur des battures de Beauport étudié indique une tendance générale à l'accumulation allant d'est en ouest, avec une nette accentuation dans le rentrant sud-ouest.

Or, il appert que le patron de distribution spatiale des sédiments récents sur les battures est régi principalement par des processus hydrodynamiques (vitesses maximales et résiduelles) ainsi que par la présence de végétation qui peuvent interférer avec les sédiments charriés et en suspension. Toutefois, on ne doit pas négliger l'action d'agents naturels tels que les vents, les vagues et les glaces qui peuvent, selon l'orientation de leur déplacement, modifier le patron général de distribution (Sérodes, 1980; Sérodes et al., 1983).

2.7 QUALITE DES SEDIMENTS

L'évaluation de la qualité géochimique des sédiments est une méthode couramment utilisée pour la détermination des conditions chimiques d'un milieu aquatique. Par opposition à la qualité chimique de l'eau, celle des sédiments constitue une empreinte relativement stable intégrant les différents événements chimiques de l'histoire du milieu aquatique. Par ailleurs, le niveau de pollution mesuré dans les sédiments n'est pas un reflet inconditionnel des impacts locaux. En effet, les sédiments prélevés à un endroit contiennent des particules de diverses origines qui étaient en suspension dans l'eau depuis un certain temps ou qui ont été transportées par saltation.

Les métaux en trace et certains agents organiques sont les principales variables mesurées dans la détermination de la qualité géochimique d'un sédiment. Cependant, l'incorporation de ces éléments et molécules dans la structure des particules sédimentaires suit un patron relativement harmonieux. En effet, les métaux en trace s'associent préférentiellement aux petites particules (de Groot, 1964). Par conséquent, l'analyse de la qualité géochimique des sédiments nécessite une étude interreliant la concentration des polluants à la granulométrie des sédiments.

Les différentes interrogations soulevées lors des réunions publiques tenues par la Commission environnementale portaient principalement sur le devenir des caractéristiques physico-chimiques des sédiments au niveau des battures de Beauport et dans la région voisine lors des activités de construction (ex.: dragage). Afin de répondre à ces interrogations, les sections qui suivent décrivent les principaux éléments qui caractérisent ces sédiments, soit:

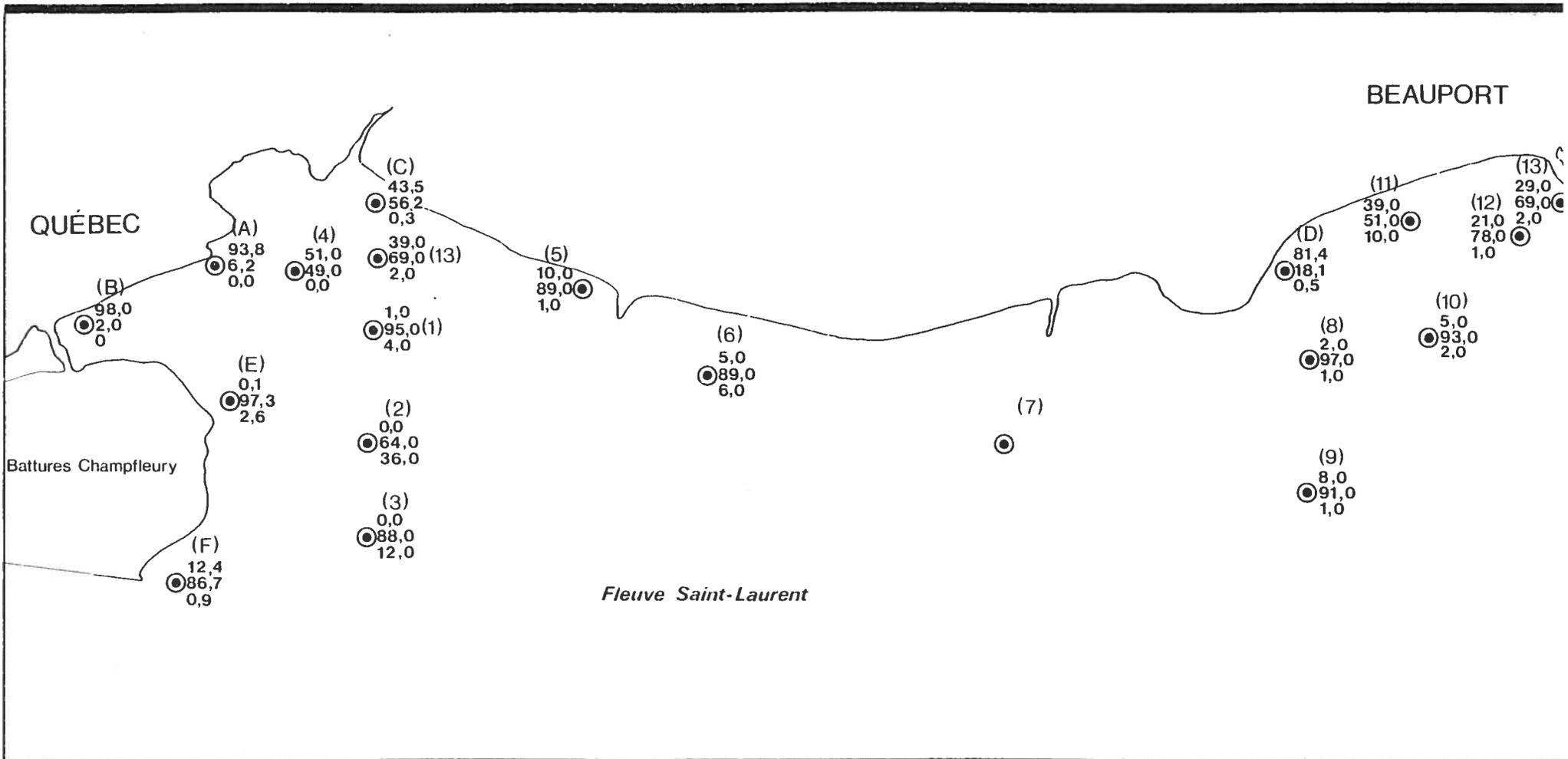
1. les caractéristiques granulométriques des sédiments retrouvés sur les battures de Beauport et dans les environs;
2. la teneur en différents composés (métaux en trace, composés organiques) de ces sédiments et les interrelations entre leurs caractéristiques granulométriques et leurs qualités chimiques.

2.7.1 Méthodologie

Des prélèvements de sédiments ont été effectués le 22 août 1982 dans six secteurs de la zone intertidale des battures de Beauport. La carte 2.10 indique la localisation des six stations de prélèvement. Les échantillons, recueillis à l'étale de marée basse, ont été conservés à 2°C jusqu'au moment de leur analyse.

La détermination de la teneur en arsenic (As), cadmium (Cd), cuivre (Cu), plomb (Pb), zinc (Zn), chrome (Cr) et du carbone total (carbone organique et carbonates) a été effectuée selon le protocole proposé par Walton (1980). L'analyse des BPC et des HCB a été réalisée selon la méthode mise au point par le B.E.S.T. (1980). Le contenu en phosphore total et en huiles et graisses a été évalué à partir de la méthodologie de l'A.P.H.A. (1975).

A titre comparatif, les résultats géochimiques obtenus par Sérodes (1978) suite à un échantillonnage effectué dans le même secteur seront aussi présentés dans cette section. Les stations d'échantillonnage retenues pour cette étude sont indiquées à la carte 2.10. Le tableau 2.6 donne l'identification des différentes variables considérées lors de l'analyse des sédiments recueillis par Roche associés ltée (stations A à F) et par Sérodes (1978) (stations 1 à 13).



GRANULOMÉTRIE

● Silt+Argile (%)
 ○ Sable (%)
 ○ Gravier (%)

Station d'échantillonnage

(A) Roche associées Itée

(1) Sérodes, 1978

Note : Les données de la carte de base sont approximatives



Étude des répercussions
 environnementales
 de l'extension du
 Port de Québec

CARTE 2



Date Sept
 1983

N° de projet :

Source du fond de plan : C.U.Q. 1982

ASPECTS BIOPHYSIQUES

ROC

TABLEAU 2.6: VARIABLES MESUREES AUX DIFFERENTES STATIONS
D'ECHANTILLONNAGE

STATION	VARIABLE
<u>Roche Associés ltée</u>	
A à F	Cd, Cr, Cu, Pb, Zn, P, Hg, As, BPC, HCB, solides volatils, carbone total, huiles et graisses, granulométrie
<u>Sérodés (1978)</u>	
1	Pb, Hg, Zn, Cu, P, carbone organique, granulométrie
2	Hg, P, carbone organique, granulométrie
3	P, carbone organique, granulométrie
4	P, carbone organique, granulométrie
5	P, carbone organique, granulométrie
6	Pb, Hg, Zn, Cu, P, carbone organique, granulométrie
7	Hg, Cr, Zn, Cu, P, carbone organique
8	P, carbone organique, granulométrie
9	Granulométrie
10	Pb, Hg, Zn, Cu, P, carbone organique, granulométrie
11	P, carbone organique, granulométrie
12	Pb, Hg, Zn, Cu, P, carbone organique, granulométrie
13	P, carbone organique, granulométrie

On a également considéré les qualités physico-chimiques des sédiments d'autres secteurs voisins du fleuve, soit: l'Anse-aux-Sauvages (Roche associés ltée, 1982) et le secteur en amont de l'estuaire de la rivière Saint-Charles (Sérodes, 1978). De plus, on présente dans cette section les résultats de l'analyse des qualités physico-chimiques des sédiments retrouvés dans l'embouchure des principaux tributaires se déversant dans le fleuve Saint-Laurent à proximité des battures de Beauport, notamment en amont (Sérodes, 1978; Roche associés ltée, 1983).

En plus d'avoir analysé les qualités chimiques des sédiments, leurs caractéristiques granulométriques ont aussi été considérées, permettant ainsi de voir s'il existe des relations entre la granulométrie et la teneur en métaux en trace et/ou composés organiques.

2.7.2 Granulométrie

Les tableaux 2.7 et 2.8 présentent la répartition granulométrique détaillée des sédiments de surface des battures de Beauport. La carte 2.10 illustre la distribution spatiale des différentes fractions granulométriques.

A la lecture des tableaux, on constate que la granulométrie des sédiments manifeste une distribution hétérogène sur l'étendue des battures. Les sédiments prélevés aux stations A, B et D contiennent une proportion en silt et argile supérieure à 80%. D'un point de vue hydrodynamique, deux de ces stations (A et B) se retrouvent dans des zones calmes où les

TABLEAU 2.7: CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHEMIQUES DES SEDIMENTS DES BATTURES DE BEAUPORT

PARAMETRES	CRITERE(1)		STATIONS					
	ACCEPTABILITE	NON-ACCEPTABILITE	A	B	C	D	E	F
Granulométrie								
Gravier (%)	-	-	0	0	0,3	0,5	2,6	0,9
Sable (%)	-	-	6,2	2,0	56,2	18,1	97,3	86,7
Silt (%)	-	-	86,8	84,0	37,5	71,9	0,1	12,4
Argile (%)	-	-	7,0	14,0	6,0	9,5	-	-
Analyse chimique								
Cadmium (mg/kg)	5	8	2,3	2,7	0,7	1,2	<0,2	2,0
Chrome (mg/kg)	70	90	24,0	47,0	22,0	30,0	6,0	16,0
Cuivre (mg/kg)	30	60	<u>40,0</u>	<u>94,0</u>	<u>30,0</u>	<u>31,0</u>	6,0	<u>106,0</u>
Plomb (mg/kg)	20	60	<u>85,0</u>	<u>136,0</u>	<u>33,0</u>	<u>77,0</u>	<u>26,0</u>	<u>32,0</u>
Zinc (mg/kg)	80	175	<u>504,0</u>	<u>448,0</u>	<u>195,0</u>	<u>189,0</u>	23,0	<u>695,0</u>
Phosphore (mg/kg)	700	1 000	<u>1 340,0</u>	<u>960,0</u>	<u>860,0</u>	<u>1 070,0</u>	188,0	<u>1 210,0</u>
Mercure (mg/kg)	0,3	1,0	<u>0,40</u>	<u>0,42</u>	<u>0,33</u>	0,28	0,24	<0,5
Arsenic (mg/kg)	3	6	0,4	<u>3,2</u>	0,7	1,0	<u>3,0</u>	2,1
BPC (mg/kg)	0,05	0,1	0,048	<u>0,063</u>	0,018	0,037	0,003	<u>0,120</u>
HCB (mg/kg)	-	-	0,0004	<u>0,0002</u>	0,0004	0,0004	0,0002	<u>0,0007</u>
Solides volatils (%)	4	8	<u>4,4</u>	<u>10,2</u>	3,0	3,3	0,9	1,5
Carbone total (%)	1,5	5,0	<u>2,50</u>	<u>3,41</u>	1,10	1,87	0,41	0,99
Carbone organique (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
Huiles et graisses (mg/kg)	1 000	2 000	670,0	<u>1 920,0</u>	400,0	460,0	<250,0	<u>1 000,0</u>

(1) Critère d'évaluation de la qualité des produits d'excavation de dragage établi en regard de leur rejet en eau libre (Vigneault, 1978)

Les valeurs soulignées en tirets dépassent le critère d'acceptabilité uniquement; les valeurs soulignées d'un trait continu dépassent les critères d'acceptabilité et de non-acceptabilité.

TABLEAU 2.8: CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES SEDIMENTS DES BATTURES DE BEAUPORT (Sérodès, 1978)

PARAMETRES	CRITERE(1)		STATIONS												
	ACCEPTA- BILITE	NON- ACCEPTA- BILITE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<u>Granulométrie</u>															
Gravier (%)	-	-	4,0	36,0	12,0	0,0	1,0	6,0		1,0	1,0	2,0	10,0	1,0	2,0
Sable (%)	-	-	95,0	64,0	88,0	49,0	89,0	89,0		97,0	91,0	93,0	51,0	78,0	69,0
Silt (%)	-	-	1,0	0,0	0,0	34,0	10,0	5,0		2,0	8,0	5,0	39,0	21,0	18,0
Argile (%)	-	-	0,0	0,0	0,0	17,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0
<u>Analyse chimique</u>															
Cadmium (mg/kg)	5	8													
Chrome (mg/kg)	70	90							67,9						
Cuivre (mg/kg)	30	60	1,5					6,1	10,0			12,0		7,7	
Plomb (mg/kg)	20	60	1,0					4,0				2,0		11,0	
Zinc (mg/kg)	80	175	23,0					77,0	65,0			9,0		57,0	
Phosphore (mg/kg)	700	1 000	390,0	323,0	420,0	<u>1 268</u>	488	517,0	<u>1 240,0</u>	613,0	<u>739,0</u>	<u>732,0</u>	<u>921,0</u>	<u>1 394,0</u>	<u>1 366</u>
Mercure (mg/kg)	0,3	1,0	0,020	0,042				0,074	0,039			0,110		0,120	
Carbone orga- nique (%)	-	-	0,31	0,43	0,36	1,83	0,51	0,36	0,23	0,10	0,36	0,31	0,27	1,16	1,1

(1) Critère d'évaluation de la qualité des produits d'excavation de dragage établi en regard de leur rejet en eau libre (Vigneault, 1978)

Les valeurs soulignées en tirets dépassent le critère d'acceptabilité uniquement; les valeurs soulignées d'un trait continu dépassent les critères d'acceptabilité et de non-acceptabilité.

vitesse maximale de courant sont inférieures à 30 cm/s, ce qui permet une sédimentation plus importante des silts et argiles à travers la colonne d'eau (section 2.6: Sédimentologie).

Les sédiments recueillis aux stations E,F, (tableau 2.7) et aux stations 1, 3, 5, 6, 8, 9 et 10 (tableau 2.8) contiennent plus de 80% de particules dont le spectre de taille correspond à celui du sable. Les stations situées dans la zone intertidale (stations E, F, 1, 5 et 6) sont toutes regroupées dans le secteur nord-ouest des battures où les vitesses maximales sont telles qu'elles permettent le dépôt de sédiments dont la taille est inférieure ou égale à celle du sable. Toutefois, comme on l'a vu antérieurement, la faible proportion de fraction fine (silts et argiles) pourrait être en partie masquée par le transport de sable et/ou serait arrachée périodiquement lors de tempêtes. Dans le secteur plus à l'est (stations 11, 12 et 13) de la zone intertidale, les sables représentent plus de 50% du matériau auquel est associé plus de 20% de silt et argile, ce qui semblerait indiquer que l'érosion hydraulique y serait quand même assez restreinte. Les stations 3, 8, 9 et 10 sont, quant à elles, situées sous la ligne des basses eaux et se retrouvent ainsi constamment submergées. Selon le patron de distribution granulométrique, on constate que la fraction fine y est faiblement représentée (<10%), par opposition à la fraction sableuse et/ou graveleuse (tableaux 2.7 et 2.8), ce qui tend à indiquer un certain dynamisme hydraulique limitant l'accumulation de sédiments fins (silts et argiles).

Deux grands points ressortent de cette description granulométrique des battures. Premièrement, sur une même radiale, les stations situées dans la zone intertidale présentent généralement une granulométrie plus fine que celles situées sous la ligne des basses eaux. Deuxièmement, on peut dépeindre le portrait granulométrique des battures de Beauport en trois grandes zones caractéristiques: 1. le rentrant sud-ouest (stations A et B) et la station D sont des zones de sédimentation préférentielle pour les silts et argiles; 2. le secteur ouest des battures (stations E, F, 1, 2, 3, 5, 6) où la fraction fine (silts et argiles) serait en partie masquée par le transport de sable et/ou serait arrachée périodiquement lors de tempêtes; et 3. le secteur est où les sables prédominent avec une contribution significative des silts et argiles.

Outre ces données sur la nature granulométrique des sédiments des battures de Beauport, il existe également des données géotechniques provenant de forages effectués dans la future zone des travaux d'aménagement des quais (Laboratoire d'Inspection et d'Essais Inc., 1977, 1981).

Pour l'ensemble des forages, les résultats obtenus ont révélé qu'en surface, on retrouvait un lit de vase composé de sable, de silt, d'argile, de morceaux de bois, de racines et autres matières organiques. L'épaisseur de ce lit de vase variait, selon les endroits, entre 20 et 150 cm. Cette couche de vase repose sur un dépôt de sable moyen gris dont l'épaisseur varie entre 45 et 60 m. La composition granulo-

métrique globale de ce sable varie quelque peu selon les points de forage. Toutefois, la proportion de sable demeure en tout temps supérieure à 50%. Ce sable présente par ailleurs une granulométrie serrée ou très serrée.

Par ailleurs, les valeurs d'indice de pénétration standard obtenues lors des forages exécutés à proximité des futurs quais 55 et 56 indiquent que le matériau serait dans un état lâche à dense et le plus souvent compact (Laboratoire d'Inspection et d'Essais Inc., 1981).

Quant aux secteurs du fleuve voisins des battures, les quelques données disponibles révèlent à nouveau un patron de distribution granulométrique hétérogène (tableau 2.9). Dans les sédiments recueillis dans l'embouchure de la rivière Etchemin, à Saint-David et à l'Anse aux Sauvages, la proportion de matériaux fins (silts et argiles) est non négligeable (voisine de 60%), indiquant ainsi que le dynamisme hydraulique de ces secteurs est modéré et suffisant pour permettre la sédimentation de la fraction fine. Néanmoins, la fraction sableuse demeure non négligeable pour l'ensemble des stations visitées, sauf à l'embouchure de la rivière Etchemin.

On se doit de noter que la nature des sédiments retrouvés dans l'estuaire de la rivière Saint-Charles est particulière. En effet, le fond de l'estuaire est principalement constitué de résidus de fibres de bois et de résidus de pâte et papier provenant des rejets antérieurs de l'Anglo Pulp (aujourd'hui Papeterie Reed Ltée).

TABLEAU 2.9: CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHEMIQUES DES SEDIMENTS DANS LA REGION DE QUEBEC

PARAMETRES	CRITERE(1)		SECTEUR AMONT DE LA RIVIERE SAINT-CHARLES(2)			ESTUAIRE DE LA SAINT-CHARLES		ANSE AUX SAUVAGES	
	ACCEPTABILITE	NON-ACCEPTABILITE	MARINA SILLERY	EMBOUCHURE RIVIERE ETCHEMIN	SAINTE-DAVID-DE-L'AUBERIVIERE	(2)	(3)	(2)	(4)
<u>Granulométrie</u>									
Gravier (%)	-	-	3,5	-	2,8	-	-	0,6	-
Sable (%)	-	-	96,5	7,0	39,1	100,0	-	38,7	+ (6)
Silt (%)	-	-	-	67,4	38,8	-	-	40,1	+ (6)
Argile (%)	-	-	-	-	19,3	-	-	20,6	-
<u>Analyse chimique</u>									
Cadmium (mg/kg)	5	8	-	-	-	-	3,7	-	0,8
Chrome (mg/kg)	70	90	37,5	<u>76,8</u>	<u>98,1</u>	<u>145,9</u>	39	<u>77,5</u>	27
Cuivre (mg/kg)	30	60	10,2	<u>43,6</u>	<u>39,0</u>	<u>173,4</u>	<u>118</u>	<u>32,0</u>	27
Plomb (mg/kg)	20	60	5	<u>33,0</u>	24	25	98	<u>20,0</u>	<u>40,0</u>
Zinc (mg/kg)	80	175	32	<u>168</u>	<u>168</u>	<u>2 884</u>	<u>1 174</u>	<u>14,5</u>	<u>130,0</u>
Phosphore (mg/kg)	700	1 000	-	-	-	-	922	-	<u>854</u>
Mercure (mg/kg)	0,3	1,0	0,228	0,045	-	<u>0,39</u>	0,52	0,235	<u>0,71</u>
Arsenic (mg/kg)	3	6	-	-	-	-	0,95	-	1,07
BPC (mg/kg)	0,05	0,1	-	-	-	-	<u>0,27</u>	-	0,26
HCB (mg/kg)	-	-	-	-	-	-	0,007	-	-
Solides volatils (%)	4	8	-	-	-	-	<u>30,71</u>	-	2,8
Carbone total (%)	1,5	5,0	-	-	-	-	<u>12,48</u>	-	-
Carbone organique (%)	-	-	0,09	2,55	-	37,95	-	1,41	-
Huiles et graisses (mg/kg)	1 000	2 000	-	-	-	-	<u>4 733</u>	-	<290

- (1) Critère d'évaluation de la qualité des produits d'excavation de dragage établi en regard de leur rejet en eau libre (Vigneault, 1978)
 (2) Sérodes (1978)
 (3) Valeur obtenue à partir de la moyenne des échantillons prélevés par Roche associés ltée (1983)
 (4) Valeur obtenue à partir de la moyenne des échantillons prélevés par Roche associés ltée (1982)
 (5) L'ensemble des échantillons était composé de pâte de petites fibres de bois contenant des traces de sable et/ou silt
 (6) + Indique la présence de ces éléments dans les échantillons

Les valeurs soulignées en tirets dépassent le critère d'acceptabilité uniquement; les valeurs soulignées d'un trait continu dépassent les critères d'acceptabilité et de non-acceptabilité

2.7.3 Géochimie

Comme il a été démontré dans la section décrivant la sédimentologie des battures de Beauport (section 2.6), les sédiments de surface correspondent principalement aux dépôts annuels des battures. Dû aux caractéristiques hydrodynamiques de la zone d'étude, ces dépôts seront, soit érodés, soit recouverts par de nouveaux dépôts. Par conséquent, la présente section vise surtout à établir la qualité géochimique des sédiments des battures de Beauport et des régions voisines du fleuve pour l'année en cours. Il est à noter que seule l'atteinte d'un état d'équilibre entre le régime sédimentologique et la charge de polluants (c'est-à-dire dans des conditions reproductibles d'année en année) permettrait d'étendre les conclusions sur les années à venir.

Les tableaux 2.7 et 2.8 présentent les valeurs de différents paramètres chimiques analysés à partir des prélèvements de sédiments recueillis aux 19 stations réparties sur les battures de Beauport et rapportées par Sérodes (1978) et Roche associés ltée en août 1982 (section 2.7.1). Ces tableaux indiquent par ailleurs les critères d'acceptabilité et de non-acceptabilité établis pour le rejet en eau libre de produits d'excavation provenant d'un dragage (Vigneault, 1978).

Seul le phosphore total a été évalué à toutes les stations. Pour les stations rapportées par Sérodes (1978), cet élément est le seul qui, à certains endroits, dépasse le critère d'acceptabilité (stations 9, 10, 11) et de non-acceptabilité

(stations 4, 7, 12, 13) (tableau 2.8). A l'exception de la station 4, les six autres stations se retrouvent dans la partie est des battures où les sédiments renferment une certaine proportion de sédiments fins (silts et argiles). La station 4, localisée à proximité du rentrant nord-ouest, contient elle aussi une proportion non négligeable de sédiments fins (plus de 50% de silts et argiles). C'est par ailleurs à ces sept stations que les concentrations des autres paramètres analysés sont parmi les plus élevées, demeurant toutefois inférieures aux critères d'acceptabilité. Quant aux autres stations (1, 2, 3, 5, 6, 8) où la granulométrie est plus grossière et où la fraction fine dépasse rarement 5%, les teneurs en phosphore s'avèrent acceptables.

En vue de vérifier s'il existait une corrélation possible entre la teneur en phosphore total et la granulométrie, le coefficient de corrélation (r) entre la concentration en phosphore total et le pourcentage de la fraction fine (silts et argiles) a été calculé; la valeur obtenue pour r était de 0,74, valeur significative à 95%. Ce résultat confirme que ces deux variables indépendantes fluctuent de la même manière. On peut donc soupçonner que les concentrations les plus élevées en phosphore total aux battures de Beauport se retrouveront associées aux sédiments dont la proportion en fraction fine (silts et argiles) sera relativement importante.

Les stations A à F, situées à une altitude plus élevée dans la zone intertidale présentent, pour les différents paramètres analysés, notamment les métaux en trace, des teneurs supérieures aux critères d'acceptabilité et/ou de non-

acceptabilité et ce, à la plupart des stations échantillonnées (tableau 2.7). C'est à la station E, où la granulométrie est la plus grossière (plus de 95% de sable et gravier), qu'on observe les plus faibles teneurs en métaux en trace et autres éléments.

Burton et Liss (1976) suggèrent que les métaux en trace sont largement associés à la fraction fine des sédiments. Ainsi, plus la fraction fine d'un sédiment est importante, plus sa teneur relative en métaux en trace devrait être élevée. En effet, les forces électrostatiques sont plus prononcées entre la fraction silts-argiles et les métaux en trace (charge bivalente) qu'entre les sables-graviers et ces métaux (Berner, 1971). Cette attraction est souvent facilitée par un agent chélateur tel que la matière organique. Pour les sédiments des battures de Beauport, un coefficient de corrélation (r) positif a été obtenu entre le plomb (Pb) et le carbone total ($r = 0,98$) ainsi qu'entre le mercure (Hg) et le carbone total ($r = 0,87$), valeur significative à 95%. De plus, le carbone total semble fortement associé à la fraction silteuse (coefficient de corrélation de 0,91).

Dans le cas du cuivre (Cu), du zinc (Zn) et du phosphore total, la corrélation avec la fraction silteuse n'est pas significative. Ceci peut être dû à la concentration élevée de ces métaux à la station F dont le substrat est composé à 86,7% de sable. Selon le patron hydrodynamique de ce secteur du fleuve, la contamination pourrait provenir de l'estuaire de la rivière Saint-Charles par l'intermédiaire de sédiments contaminés ayant été transportés par saltation (Roche asso-

ciés ltée, 1983). Ainsi, en éliminant la station F du calcul du coefficient de corrélation, il devient significatif. Donc, comme pour la distribution de la fraction fine (silts et argiles) des sédiments, les métaux en trace dont la teneur excède les critères d'acceptabilité et de non-acceptabilité pour un rejet en eau libre, semblent circonscrits à la bande supérieure de la zone intertidale.

Quant aux éléments organiques, leur concentration ne dépasse les critères d'acceptabilité et/ou de non-acceptabilité qu'aux stations A, B et F (tableau 2.7). A l'exception de cette dernière station dont l'origine de la contamination semble provenir de l'estuaire de la rivière Saint-Charles, le faciès granulométrique des autres stations (A et B) est constitué à plus de 90% de sédiments fins (silts et argiles). Ces derniers, tout comme pour les métaux en trace, pourraient agir comme trappe à contaminants.

L'analyse chimique des sédiments d'autres secteurs avoisinants du fleuve révèle des teneurs élevées en métaux en trace et autres éléments. Les concentrations obtenues dépassent généralement les critères d'acceptabilité et/ou de non-acceptabilité et ce, peu importe la granulométrie des sédiments. Il demeure que les teneurs les plus importantes ont été enregistrées pour les sédiments de l'estuaire de la rivière Saint-Charles qui, dans certains cas, étaient principalement composés de petites fibres de bois contenant des traces de sable et/ou de silt, et qui pourraient ainsi agir comme buvard (tableau 2.9).

2.7.4 Conclusions

Dans l'ensemble, la qualité chimique des sédiments de ce secteur du fleuve est mauvaise. En effet, dans la plupart des cas, la teneur en métaux en trace et autres éléments (BPC, huiles et graisses, carbone total, etc.) est élevée et dépasse les critères d'acceptabilité et/ou de non-acceptabilité établis pour le rejet en eau libre de sédiments dragués (Vigneault, 1978).

Quant aux sédiments des battures de Beauport, ils sont fortement contaminés par les métaux en trace. Cependant, la distribution de ces derniers n'est pas homogène. Ils se concentrent surtout à la limite des hautes eaux et sont principalement associés à la fraction fine (silts et argiles) des sédiments.

2.8 QUALITE DES EAUX

Sous nos latitudes, une description adéquate de la qualité des eaux des estuaires ne peut être obtenue que sur la base d'un programme d'échantillonnage visant à faire ressortir les principaux cycles de variabilité de la qualité des eaux. Ceci permet ainsi d'identifier les écarts ponctuels sur le plan physico-chimique. Par ailleurs, il est connu que les éléments climatologiques (vents, précipitations, glace, etc.) peuvent induire un cycle annuel de variabilité sur les eaux de l'estuaire du Saint-Laurent.

Ainsi, lorsqu'il est difficile d'élaborer un programme d'échantillonnage permettant de couvrir directement les cycles (annuel, semi-diurne, etc.) dans leur ensemble, l'alternative logique est de concilier les données de travaux effectués antérieurement par d'autres chercheurs dans la zone d'étude afin de reconstituer une image de la tendance générale. Puisque l'échéancier de travail de la présente étude sur le terrain ne permettait pas de couvrir le cycle annuel de la qualité physico-chimique des eaux des battures de Beauport, l'analyse a été basée sur les résultats obtenus par Eco-Recherches Ltée (1974), Gouin et Malo (1977), Roche associés ltée (1982) et Janson et Sloterdijk (1982).

Cette analyse tentera également de répondre aux différentes interrogations soulevées lors des réunions d'information publiques tenues par la Commission environnementale, à savoir:

1. une analyse plus approfondie de la qualité de l'eau de l'ensemble de la région de Québec et ce, en regard des processus hydrodynamiques s'y déroulant;
2. l'importance de l'apport en charge pour différents éléments (solides en suspension, métaux) attribuable aux rejets urbains de la municipalité de Beauport, via la rivière Beauport.

2.8.1 Méthodologie

Aucun échantillon d'eau n'a été prélevé dans la zone immédiate des battures de Beauport dans le cadre de la présente étude. Tel que mentionné plus haut, une mesure ponctuelle des variables physico-chimiques ne permettait pas d'ajouter aux études citées précédemment des éléments d'information pertinents dans l'établissement de la tendance générale de la qualité des eaux.

Sur la base des connaissances des processus de mélange de cette région de l'estuaire moyen du Saint-Laurent (section 2.5: Hydrodynamique), il est possible d'avancer que sur une échelle temporelle variable, des mesures prises en face de Québec et en aval de l'Ile d'Orléans peuvent, selon les courants de marée, être en partie le reflet de la qualité de l'eau au niveau des battures. Toutefois, il est à noter que toute masse d'eau qui prend au-delà de six heures pour parvenir aux battures ne présentera pas nécessairement les mêmes caractéristiques physico-chimiques qu'à son point d'origine situé en aval ou en amont des battures. En effet, certaines des caractéristiques (ex.: O_2 dissous, concentration des métaux, nitrates, phosphates) peuvent être modifiées par les processus physiques (courant, salinité, précipitation, etc.) et l'activité biologique des organismes (photosynthèse, respiration, etc.) s'effectuant au sein de la masse d'eau.

La carte 2.11 montre la localisation des différentes stations et zones d'échantillonnage de la région étudiée. En progressant de l'amont vers l'aval, on rencontre en premier lieu la





QUALITÉ DE L'EAU

Station et aire d'échantillonnage

- * Roche associés Itée, 1982
- * Roche associés Itée, 1983
- Éco-Recherches Ltée 1974
- Janson et Sloterdijk, 1982

▨ Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent, 1978



**Étude des répercussions
environnementales
de l'extension du
Port de Québec**



CARTE **2.11**

Échelle. 1: 50 000
0 500 1000 2000 mètres

Date: Septembre 1983

Source du fond de plan : C.U.Q. 1982

N° de projet: 2694

ASPECTS BIOPHYSIQUES

ROCHE



zone 23 étudiée par Gouin et Malo (1977); elle s'étend le long de la rive nord du chenal du fleuve Saint-Laurent, entre Neuville et Québec. Janson et Sloterdijk (1982) ont également évalué la qualité de l'eau à la hauteur de Québec; les quatre stations, visitées entre juillet 1977 et août 1979, forment une radiale entre Québec et Lévis. Les prélèvements d'eau aux battures de Beauport et dans le secteur immédiat ont été effectués par Eco-Recherches Ltée (1974). Les stations 26 et 27 sont les seules stations localisées à proximité des battures; quant aux stations 22, 23, 24 et 25, elles constituent un prolongement des stations 26 et 27 vers l'Anse-aux-Sauvages. Dans ce dernier secteur, plus précisément dans la partie ouest, des échantillons d'eau ont également été prélevés par Roche associés Ltée (1982). A environ 36 km en aval des battures de Beauport, Eco-Recherches Ltée (1974) a évalué la qualité physico-chimique de l'eau et ce, à 7 stations (stations 28 à 34) réparties sur une radiale comprise entre Cap-Tourmente et Montmagny. Les stations 28 à 32 sont situées dans le chenal sud du fleuve tandis que les stations 33 et 34 sont dans le chenal nord.

Il est à noter que les observations effectuées par Janson et Sloterdijk (1982) se sont poursuivies au cours de deux années consécutives tandis que les stations visitées lors des autres études ont fait l'objet de prélèvements ponctuels.

2.8.2 Caractéristiques physico-chimiques de l'eau

La qualité physico-chimique de l'eau est définie à partir des critères du plein usage, selon lesquels la qualité de l'eau doit permettre l'alimentation en eau potable, la baignade et

le maintien des ressources biologiques essentielles. Ces critères ainsi que les valeurs obtenues pour la région étudiée sont présentés au tableau 2.10.

Selon les données disponibles, on constate que l'eau dans les environs des battures de Beauport présente d'importants problèmes de turbidité. En effet, les valeurs obtenues pour ce paramètre sont supérieures au critère du plein usage et la transparence de l'eau dépasse rarement 1 m (transect Beauport-Anse-aux-Sauvages; Eco-Recherches Ltée, 1974). Ces conditions de forte turbidité semblent être principalement attribuables aux effluents municipaux (ex.: villes de Québec, Beauport, Lévis) et industriels (ex.: Papeterie Reed Ltée) se déversant dans ce secteur du fleuve, ainsi qu'à la décharge de nombreux cours d'eau, notamment la rivière Saint-Charles. Face à ces éléments, on peut s'attendre à ce que l'eau recouvrant les battures à marée haute présente également des problèmes de turbidité d'autant plus que la rivière Beauport se déverse à cet endroit. A ce titre, pour 1981, Marsalek (1982) a estimé la charge annuelle de solides en suspension contenue dans les rejets urbains de la communauté de Beauport à plus de 900 tonnes.

Les bactéries coliformes s'avèrent être un autre paramètre dont les concentrations dépassent souvent le critère du plein usage. Le seuil de qualité est dépassé, tant pour les coliformes totaux que pour les coliformes fécaux. Cependant, les eaux à proximité des battures de Beauport (stations 26 et 27) sembleraient contenir moins de coliformes fécaux que celles

TABEAU 2.10: CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHEMIQUES DE L'EAU DE LA REGION DE QUEBEC

PARAMETRES	CRITERE DU PLEIN USAGE	SECTEUR EN AMONT DE L'ESTUAIRE DE LA RIVIERE SAINT-CHARLES				TRANS CI DE MONT-ANSE-AUX-SAUVAGES						TRANS CI CAP-TOURMENTE - MONTMAGNY						PARTI DE L'ANSE-AUX-SAUVAGES (iv)		
		9023	9024	9025	9037	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33		34	
		(i)	(ii)					(iii)						(iii)						
pH	6,5-9		7,7	7,6	7,6	7,8	7,5	7,7	7,6	7,4	7,4	7,5	7,2	7,1	7,6	7,8	7,4	7,5	7,2	7,1
Transparence de l'eau (cm)	-						55,8	63,5	66,0	45,7	50,8	-	45,7	137,1	106,8	45,7	15,0	15,0	15,0	
Turbidité (U.L.I.)	5	<u>1</u>	<u>5,8</u>	<u>7,0</u>	<u>5,5</u>	<u>5,9</u>														
Solides en suspension (mg/l)	25	<u>4</u>																		
Saturation en oxygène (%)	-						81	63	59,6	61	64	88	75	67	74	70	83	97	84,3	
Oxygène dissous (mg/l)	>6						8,8	6,5	6,2	6,6	6,9	9,5	8,2	7,3	7,9	7,6	8,7	10,0	8,8	
Demande chimique O ₂ (mg/l)	11	<u>1</u>																		
Coliformes totaux (N/100 cc)	1 000	<u>1</u>					<u>1 100</u>	<u>24 000</u>	<u>1 500</u>	<u>9 300</u>	<u>4 000</u>	<u>9 300</u>	<u>390</u>	<u>240</u>	<u>240</u>	<u>460</u>	<u>230</u>	<u>230</u>	<u>430</u>	<u>1 723</u>
Coliformes fécaux (N/100 cc)	90-200	<u>1</u>					<u>460</u>	<u>1 500</u>	<u>430</u>	<u>9 300</u>	<u>210</u>	<u>240</u>	<u>240</u>	<u>49</u>	<u>240</u>	<u>43</u>	<u>230</u>	<u>33</u>	<u>33</u>	<u>306</u>
Nitrites + nitrates (mg/l)	0,20	<u>3</u>	0,083	0,163	0,061	0,06														
Phosphore total (mg/l)	0,1		0,065	0,035	0,061	0,057														0,16
Phosphore inorganique (mg/l PO ₄)	0,02	<u>1</u>																		
Azote ammoniacal (mg/l N)	0,02	<u>1</u>																		
Azote assimilable (mg/l N)	0,02	<u>3</u>																		0,05
Cadmium total (mg/l)	0,004	2	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001														<0,002
Chrome total (mg/l)	0,05	4	<0,000	-	0,002	0,001														0,009
Cuivre total (mg/l)	0,005	3	0,003	(0,014)	0,006	0,003														0,020
Fer total (mg/l)	0,3	<u>1</u>	<u>0,200</u>	<u>(0,754)</u>	<u>0,582</u>	<u>0,635</u>														<u>0,45</u>
Mercuré (mg/l)	0,0002	<u>1</u>	<u>0,01</u>	<u>(0,01)</u>	<u>0,01</u>	<u>0,02</u>														-
Nickel total (mg/l)	0,025	4	0,002	(0,06)	0,001	0,001														0,002
Plomb total (mg/l)	0,025	4	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001														0,04
Zinc total (mg/l)	0,03	4	<u>0,13</u>	<u>(0,077)</u>	0,009	0,008														0,005

- (i) D'après le Comité d'Étude sur le fleuve Saint-Laurent (1978)
 1: la moyenne dépasse le critère du plein usage
 2: 20% des mesures dépassent le critère du plein usage
 3: 10% des mesures dépassent le critère du plein usage
 4: Aucune mesure ne dépasse le critère du plein usage
 (ii) D'après Janson et Sloterdijk (1982); valeur médiane. Les valeurs entre parenthèses ne sont basées que sur une seule donnée.
 (iii) D'après Eco-Recherches ltée (1974)
 (iv) D'après Roche associés ltée (1982). Valeur basée sur la moyenne de huit échantillons.

Les valeurs soulignées indiquent que les paramètres dépassent le critère du plein usage.

de la zone couverte par les stations 22, 23, 24 et 25, de même que celles de la région en aval des battures de Beauport (transect Cap Tourmente-Montmagny) (Eco-Recherches Ltée, 1974). Les coliformes totaux, quant à eux, varient beaucoup d'une station à l'autre sans présenter un patron de distribution spatiale très cohérent.

Le pourcentage de saturation en oxygène entre les stations 22 à 27 varie de 59% à 88%. Selon les données d'Eco-Recherches Ltée (1974), les eaux du chenal de navigation (stations 24 et 25) seraient, à ce niveau du fleuve, moins saturées en oxygène que les eaux à proximité des battures de Beauport (stations 26 et 27). Cet état de fait pourrait s'expliquer par un rapport surface/volume des eaux plus important au niveau des battures qu'au niveau du chenal, ce qui occasionnerait une meilleure diffusion de l'oxygène dans les eaux des battures de Beauport. De plus, les hauts-fonds situés à proximité des battures de Beauport favorisent un mélange turbulent des eaux, permettant de maintenir un pourcentage de saturation relativement élevé. La masse d'eau en aval de l'Île d'Orléans (stations 28 à 34) présente un pourcentage de saturation en oxygène légèrement plus élevé, de 67% à 97%. Cet état de fait pourrait aussi s'expliquer par les nombreux hauts-fonds dans ce secteur du fleuve qui favoriseraient un régime turbulent de l'eau.

Suite à l'analyse des résultats de la concentration totale de métaux dans l'eau pour la zone à l'étude, on constate, pour un même secteur, certaines variations de la teneur en cuivre (Cu) et en zinc (Zn) de l'eau (tableau 2.10). Ainsi, deux

des quatre stations visitées par Janson et Sloterdijk (1982) présentent des concentrations supérieures aux critères du plein usage tandis que les deux autres stations ont des concentrations inférieures. Ces différences de concentration expriment bien la complexité du patron de distribution des cations dans l'eau. Par ailleurs, on observe des concentrations en plomb (Pb) supérieures au critère du plein usage dans la portion ouest de l'Anse-aux-Sauvages (tableau 2.10). De façon générale, on peut suggérer que les eaux submergeant les battures de Beauport peuvent contenir, durant des périodes indéterminées, des concentrations en cuivre, en plomb et en zinc supérieures aux critères du plein usage. Pour l'instant, il est impossible d'identifier les sources de contamination sporadique, dû à l'hétérogénéité de la distribution. Par ailleurs, Marsalek (1982) a évalué la charge annuelle en zinc et plomb contenue dans les rejets urbains de la communauté de Beauport à 2,5 et à 1,6 tonnes respectivement.

Le fer (Fe) et le mercure (Hg) dépassent les critères du plein usage autant au niveau du transect effectué entre Québec et Lévis qu'à l'Anse-aux-Sauvages (tableau 2.10).

La concentration en mercure est deux fois supérieure au critère du plein usage aux stations visitées par Janson et Sloterdijk (1982). Selon de Groot et al. (1976), le mercure se retrouve généralement associé à la matière organique particulaire en suspension. A partir des données et des infor-

mations que nous possédons, il est raisonnable de suggérer que les concentrations en mercure dissous au niveau des battures devraient être comparables à celles mesurées aux stations en amont et qu'elles seraient ainsi supérieures au critère du plein usage.

2.8.3 Conclusions

A partir des données déjà publiées, la qualité des eaux des battures de Beauport peut être considérée comme étant de moyenne à mauvaise. Les principaux problèmes sont attribuables à la teneur élevée en coliformes totaux et en mercure. De plus, il est possible qu'à certaines périodes de l'année, d'autres paramètres tels que la turbidité, le cuivre, le plomb et le zinc dépassent les critères du plein usage. A cet effet, la turbidité peut devenir une variable importante lors de la crue printanière.

2.9 GLACES

Lors des réunions publiques tenues par la Commission environnementale, plusieurs interrogations ont été soulevées concernant le régime des glaces du territoire à l'étude et, plus particulièrement, les modifications au régime des glaces qui pourraient survenir à la suite de l'extension du port de Québec. D'une manière plus spécifique et dans un cadre local, des craintes ont été formulées quant à la possibilité que l'extension du port de Québec retarde le dégagement des glaces des battures et, du même coup, la reprise de la végétation.

Afin de répondre à ces questions et de vérifier certaines hypothèses énoncées, des simulations sur modèle réduit du dégagement des glaces ont été effectuées par le Laboratoire d'hydraulique LaSalle (LHL) en conditions actuelles et après aménagement. Un suivi de l'évolution du couvert de glace a également été effectué sur le terrain aux mois de mars et d'avril 1983, ce qui a permis de vérifier les hypothèses du modèle et de valider les résultats obtenus avec le modèle réduit.

Ces études ont permis de répondre aux questions suivantes:

1. Comment et quand se fait l'englacement dans le territoire à l'étude;
2. Comment et quand se dégage le fleuve à la hauteur des battures de Beauport;
3. Comment se dégagent les battures de Beauport.

La connaissance des mécanismes qui régissent la formation et la désagrégation du couvert de glace permettra de prédire les conséquences de l'extension du port sur ces phénomènes.

2.9.1 Englacement

A partir des observations journalières sur les conditions de glace du fleuve Saint-Laurent enregistrées par le Centre des glaces d'Environnement Canada, un profil général du régime des glaces a pu être déterminé. Malgré la grande variabilité

des paramètres contrôlant la formation et la croissance de la glace d'année en année, un schéma normal de formation et d'évolution des glaces a pu être établi. La carte 2.12 illustre le mode d'englacement normal du fleuve Saint-Laurent à la hauteur de Québec.

Au début de décembre et jusqu'à la fin de ce mois, la glace se forme dans les zones d'eau peu profondes, soit dans les anses et les battures (zone I, carte 2.12). Cette glace nouvelle se détache rapidement des côtes sous l'action des marées et des courants, s'agglomère et dérive peu à peu vers l'aval. Toutefois, vers la fin de décembre, cette glace se fixe de façon permanente à la rive et s'épaissit avec le mouvement vertical des marées.

L'augmentation de la concentration des glaces de dérive favorise la progression du couvert de glace de la zone I. Normalement, vers la mi-janvier, le couvert de glace permanent s'étend jusqu'à la limite de la zone II, tel que montré à la carte 2.12. Le bras nord du fleuve Saint-Laurent est alors complètement recouvert de glace. La zone III, qui correspond au chenal principal du fleuve, demeure une zone de transport des glaces de dérive. Au cours de l'hiver, la concentration des glaces dans cette zone est fort variable. De plus, l'action des marées favorise souvent une accumulation des glaces de dérive au niveau de la pointe de Lévis.



RÉGIME DES GLACES

- I  Zone de formation des premières glaces de rives
(Au début de janvier)
- II  Zone de progression du couvert de glace
(Mi-janvier)
- III  Zone de transport des glaces de dérive



Étude des répercussions environnementales de l'extension du Port de Québec



CARTE 2.12

Échelle: 1: 50000
0 500 1000 2000 mètres

Date: Septembre
1983

Source du fond de plan: C.U.O. 1982

N° de projet: 2694

ASPECTS BIOPHYSIQUES

ROCHE



2.9.2 Dégagement du fleuve

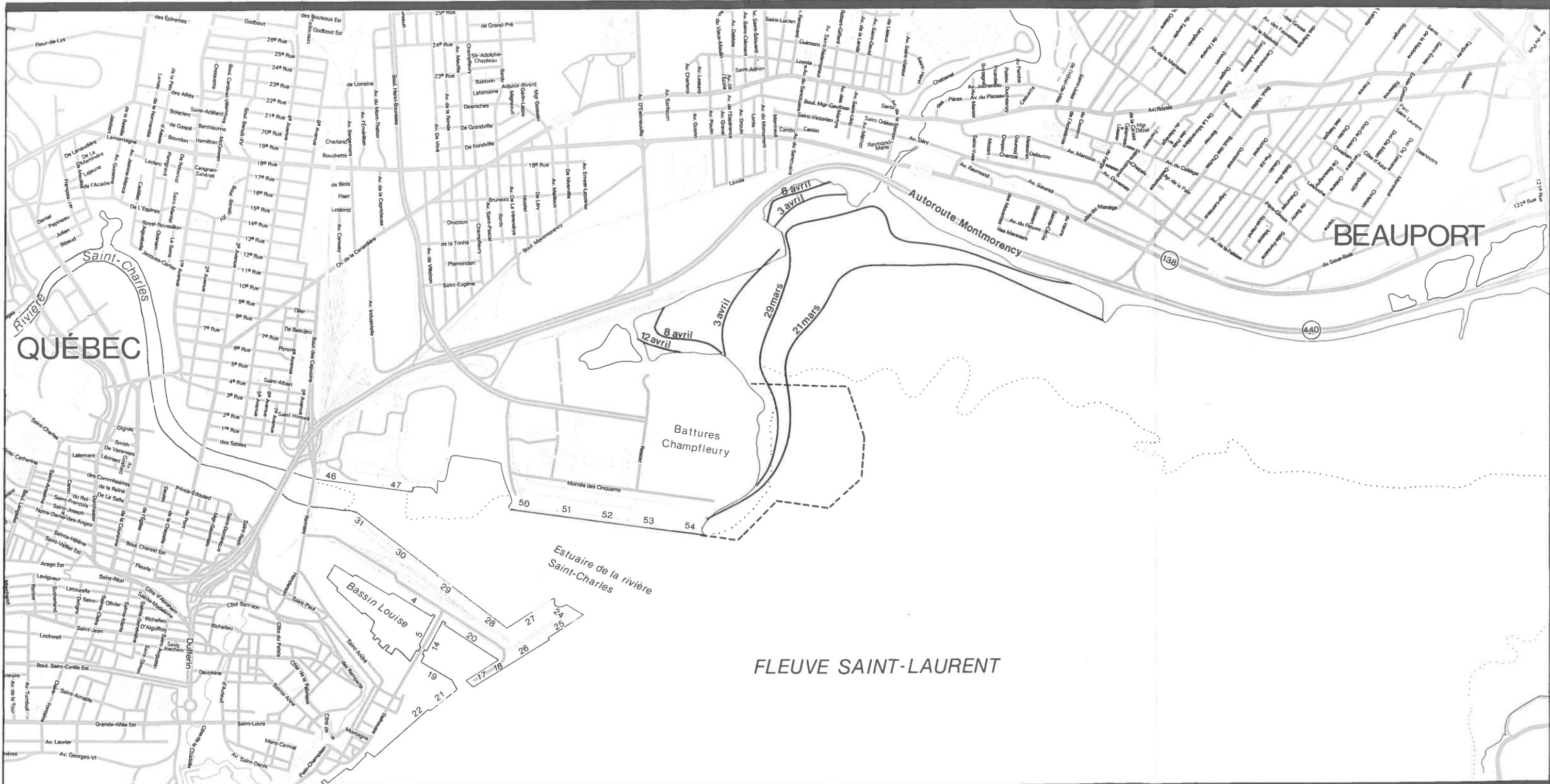
Au début de mars, le réchauffement graduel de l'air limite la formation de nouvelles glaces et l'épaississement des glaces en place. On note alors une diminution de la concentration des glaces de dérive et une augmentation des zones d'eau libre dans le chenal principal. L'affaiblissement mécanique des glaces fixées aux rives rend celles-ci vulnérables aux fluctuations des marées, à l'action des vagues générées par les vents, et au passage des navires. De grandes sections se détachent et sont emportées par le courant. Les grandes marées du début du printemps détachent les glaces de la zone I qui transportent avec elles une quantité parfois importante de sédiments, de plantes et de roches de fortes dimensions. Les premiers signes de fonte sont généralement apparents entre la mi-mars et le début avril. Le dégagement complet des glaces prend normalement environ 15 jours. Le fleuve Saint-Laurent à la hauteur de Québec se retrouve normalement libre vers la mi-avril. Toutefois, des dates aussi hâtives que le 28 mars et aussi tardives que le 3 mai ont déjà été observées.

2.9.3 Dégagement des battures

Selon nos observations sur le terrain, le couvert de glace de la zone II semble se dégager rapidement au printemps. Toutefois, la partie restante des glaces, dans la partie supérieure des battures, fond en bonne partie sur place et est dispersée graduellement sous l'action des grandes marées et,

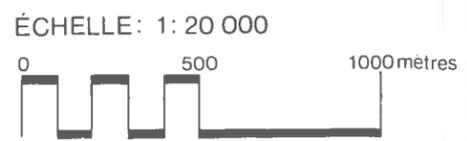
surtout, sous l'action des vents d'ouest. Les vents du nord-est ont quant à eux un effet contraire, repoussant les glaces vers le fond des battures, notamment dans les rentrants sud-ouest et nord-ouest.

La carte 2.13 illustre la progression de la limite du champ de glace de la zone intertidale lors des derniers stades de la fonte, tel qu'observé sur le terrain en mars et avril 1983.



PROGRESSION DU DÉGAGEMENT DU CHAMP DE GLACE EN 1983

29 mars Limite du champ de glace à une date donnée



N° DE DOSSIER : 2694
 SOURCE DU FOND DE PLAN :
 C.U.Q. (1982) CARTE N°1 ET 4
 DATE : SEPTEMBRE 1983

Port de Québec

Étude des répercussions
 environnementales
 de l'extension du
 Port de Québec

ASPECTS BIOPHYSIQUES

ROCHE

CARTE 2.13

NORD

3.0 ASPECTS BIOLOGIQUES

Ce chapitre constitue le second volet de la description du milieu. Il traite des aspects biologiques du territoire à l'étude, qui sont le plus susceptibles de subir des répercussions découlant du projet d'extension du port de Québec.

Conformément aux préoccupations de la Commission environnementale, quatre composantes biologiques du milieu ont été analysées: la végétation des battures de Beauport, la faune benthique, la faune ichtyenne et la faune avienne. Ces quatre ressources sont traitées de façon à mieux connaître, selon le cas, leur importance relative dans le territoire à l'étude, leurs caractéristiques biologiques, leur habitat, leur régime alimentaire, leur comportement. Cette étude vise également à identifier les interactions de ces composantes avec le milieu physique et/ou avec l'ensemble de la communauté biotique des battures de Beauport.

3.1 VEGETATION

La végétation des battures de Beauport a déjà été décrite et cartographiée par Pluram Inc. (1981). Suite à cette étude, la tenue de réunions d'information publique par la Commission environnementale ainsi que la publication des commentaires des citoyens et des organismes impliqués ont fait ressortir des lacunes importantes, que ce travail tente de combler.

Plusieurs auteurs ont travaillé sur la végétation des battures de l'Ile d'Orléans, de Cap-Tourmente, de la côte de Beau-pré et des îles de Montmagny (Lacoursière et Grandtner, 1971, 1972; Gauthier, 1972; Hill, 1973; Lemieux, 1973; Gauthier et Lavoie, 1975; Doran, 1978). Le groupe Dryade (1980) a fait ressortir que les marécages herbacés situés en aval de Québec représentent un potentiel certain pour les oiseaux migrants. Toutefois, la proximité d'infrastructures citadines les rend difficiles à classifier comme marécages disponibles pour la faune avienne.

Selon Baillargeon (1981), il y a environ douze taxons reconnus comme endémiques⁽¹⁾ sur les battures de Beauport (tableau 3.1). La présence de ces taxons démontre avec certitude l'originalité de cet habitat.

Selon ce même auteur, plusieurs autres taxons seraient disparus récemment à la suite des divers remblayages de la partie haute de la batture de Sillery (boul. Champlain) et de la construction de murs de béton à Cap-Rouge, effectués depuis ces derniers vingt ans. Ces taxons auraient peu de chances de réapparaître, étant donné la destruction permanente de leur habitat.

Dans les conditions naturelles, la composition et la distribution des peuplements végétaux des battures sont étroitement reliées aux variations temporelles et spatiales de différents facteurs physiques (marée, saison, érosion due à la glace, sédimentation, etc.). Ainsi, pour survivre dans un milieu aussi fluctuant, la flore des battures doit posséder une

(1) Groupe de plantes morphologiquement bien reconnaissables dont le centre de distribution se situe aux environs de Québec et qui n'existent nulle part ailleurs que sur les battures.

TABLEAU 3.1: PLANTES ENDEMIQUES RECONNUES SUR LES BATTURES
DE BEAUPORT

Deschampsia cespitosa var. intercotidalis
Zizania aquatica var. brevis
Eriocaulon septangulare var. parkeri
Epilobium ciliatum var. ecomosum
Cicuta maculata var. victorinii
Lycopus americanus var. laurentianus
Gratiola neglecta var. glaberrima
Lindernia dubia var. inundata
Mimulus ringens var. colpophilus
Bidens tripartita var. orthodoxa f. orthodoxa
Bidens tripartita var. orthodoxa f. infirmata
Erigeron philadelphicus var. provancheri
Helenium autumnale var. fylesii

Source: Baillargeon (1981)

assez grande adaptabilité et un pouvoir de régénération très puissant. Donc, la composition floristique est non seulement soumise à l'action envahissante de l'homme, mais également aux facteurs naturels.

En regard des inquiétudes formulées lors des réunions publiques tenues par la Commission environnementale, les objectifs visés par ce travail sont de connaître la capacité de support actuelle des battures pour pouvoir mieux cerner les effets possibles des futures infrastructures portuaires. Pour ce faire, trois aspects sont discutés dans cette section, soit:

1. connaître les principales caractéristiques biologiques (importance, distribution) des groupements végétaux retrouvés;
2. connaître la biomasse des principales espèces par rapport à la superficie qu'elles occupent et par rapport aux résultats d'autres auteurs pour d'autres endroits;
3. connaître les interactions entre la végétation et les caractéristiques du littoral (pente et altitude, niveau de marée) ainsi que les processus physiques (processus hydrodynamiques et sédimentologiques).

3.1.1 Méthodologie

Afin de répondre aux objectifs fixés, un inventaire sur le terrain a été réalisé les 9, 10, 15 et 16 septembre 1982. Dans un premier temps, cet inventaire a consisté à vérifier,

à l'aide des relevés sur le terrain, la cartographie effectuée par Dryade (1980) et par Pluram Inc. (1981). Suite à une photo-interprétation préliminaire, il est apparu essentiel de visiter en tout premier lieu les zones où la végétation était présente mais n'apparaissait pas sur les cartes produites par les deux firmes. L'inventaire a également couvert les zones où Dryade et Pluram Inc. ont identifié de la végétation de même que le site de la presqu'île projetée. Les points d'échantillonnage, choisis le long de transects, sont localisés à la carte 3.1.

Des relevés étaient effectués, à intervalles irréguliers, sur des aires de 2 m² le long des transects. Afin de répondre aux divers objectifs de l'étude, le maximum de données pertinentes étaient recueillies à chaque endroit: recouvrement végétal, profondeur d'enracinement, épaisseur de la vase molle, etc.

Le second objectif de l'inventaire consistait à recueillir des données permettant d'évaluer la biomasse des principales espèces végétales retrouvées sur les battures. Les sites d'échantillonnage de la biomasse aérienne ont été choisis au centre des zones de végétation. Cet échantillonnage a été fait au hasard, à l'intérieur de 5 quadrats de 0,25 m², à partir du centre de la zone, les 15 et 16 septembre 1982. Les espèces choisies pour la mesure de la biomasse aérienne sont Zizania aquatica, Scirpus americanus, Sagittaria latifolia et Najas flexilis, qui sont les plus abondantes dans le milieu. Elles étaient coupées au ciseau au niveau du sol. La biomasse du scirpe a été mesurée à deux endroits,





VÉGÉTATION

- | | | | | | |
|---|--|--|--------------------------------|---|------------------------------------|
|  | Groupement à <i>Zizania aquatica</i> |  | Végétation aquatique dispersée |  | Transects d'étude de la végétation |
|  | Groupement à <i>Scirpus americanus</i> |  | Zone perturbée | | |
|  | Groupement à <i>Sagittaria latifolia</i> |  | Absence de végétation | | |

ÉCHELLE 1:10 000



N° DE DOSSIER : 2694
 SOURCE DU FOND DE PLAN
 C.U.Q. (1982) CARTE N° 1 ET 4
 DATE : SEPTEMBRE 1983

Port de Québec

CARTE 3.1

Étude des répercussions environnementales de l'extension du Port de Québec

ASPECTS BIOPHYSIQUES 



soit dans la portion du schorre dominée surtout par la zizanie ainsi que dans la portion du schorre dominée par le scirpe.

3.1.2 Evolution récente des groupements végétaux

La cartographie des zones de végétation est présentée à la carte 3.1 introduite précédemment. Dans le territoire à l'étude, les groupements à zizanie et à scirpe américain sont les mieux représentés sur les battures. Les groupements végétaux des étages supérieurs sont peu présents puisqu'ils occuperaient des sites aujourd'hui remblayés par des travaux routiers et autres. On retrouve toutefois une variété d'espèces rappelant ces étages supérieurs le long du transect 7 (carte 3.1).

Parmi les groupements à zizanie, il en est un dans le rentrant sud-ouest (transect 4; carte 3.1), qui n'apparaissait pas sur les cartes de Dryade (1980) et Pluram Inc. (1981). Il occupe aujourd'hui une superficie d'environ 5 000 m² sur des épaisseurs de vase molle parmi les plus importantes de la zone à l'étude (section 2.6.2: Bilan des zones d'accumulation de l'année 1982). La colonisation de cette surface par la zizanie, qui est une plante annuelle, est intéressante parce qu'elle est indicatrice de changements dans le milieu en l'espace de deux ans.

La proportion de remblayage dans la partie haute des battures est considérable entre Cap-Rouge et Montmorency. A Québec, il ne subsiste aucun vestige de l'ancienne forêt riparienne bordant cette zone. La partie haute des battures, située

juste au-dessus du groupement à zizanie, n'existe pratiquement plus à cause des nombreux remblayages effectués sur la berge (section 1.3.2: Historique des empiètements sur les battures). En ce qui concerne le groupement à zizanie proprement dit, on le retrouve dans le territoire à l'étude mais une bonne partie du peuplement original a été enfouie sous des remblais sur presque toute la berge entre Cap-Rouge et Québec. Par ailleurs, entre Québec et Montmorency, il ne subsiste, au niveau des échangeurs de l'autoroute, que quelques bassins où les groupements à zizanie et à sagittaire sont présents. Le reste de la côte de Beaupré entre Montmorency et Cap-Tourmente est caractérisé par des battures sur roc et, à cause de la topographie naturelle, l'étage de zizanie y est souvent inexistant. Cet étage est présent sur les grandes battures de Cap-Tourmente et dans quelques battures de l'île d'Orléans. La rive sud en est pratiquement dépourvue.

La portion du schorre qui abrite le scirpe américain est beaucoup moins touchée par les remblayages. Souvent, elle n'est remblayée qu'en partie et la portion ainsi détruite est impossible à évaluer, sauf par des études historiques et des photo-interprétations.

3.1.3 Biomasse des principales espèces

Les données de biomasse aérienne sont présentées au tableau 3.2. Le lieu désigne la zone de végétation le long du transect où l'espèce a été recueillie. Le scirpe a été échantillonné à deux endroits, à cause de son importance dans deux zones de végétation.

TABLEAU 3.2: BIOMASSE AERIENNE DES PRINCIPALES ESPECES, LES 15 ET 16 SEPTEMBRE 1982

ESPECE	LIEU (Réf: Carte 3.1)	POIDS SEC (g/0,25 m ²)	POIDS SEC MOYEN/m ²
<u>Scirpus americanus</u> (parmi le scirpe américain)	Transect 2, Portion du schorre abri- tant du scirpe américain	23,40	122,17
		29,18	
		29,21	
		44,07	
		26,85	
<u>Scirpus americanus</u> (parmi la zizanie)	Transect 8, Portion du schorre abritant de la zizanie aquatique	49,80	108,72
		31,63	
		22,61	
		21,87	
		0,00	
<u>Zizania aquatica</u>	Transect 8, Portion du schorre abritant de la zizanie aquatique	63,90	327,41
		94,00	
		88,41	
		102,17	
		60,78	
<u>Sagittaria latifolia</u>	Transect 5, Portion du schorre abritant de la sagittaire latifoliée	41,34	177,72
		38,14	
		43,82	
		60,98	
		37,87	
<u>Najas flexilis</u>	Transect 2, Slikke	8,98	26,62
		1,39	
		9,38	
		12,80	
		0,73	

Selon Whigham et al. (1978), la biomasse aérienne maximale est atteinte vers la mi-août, du moins pour Zizania aquatica et Sagittaria latifolia. Si l'on compare les biomasses aériennes de la sagittaire, du scirpe et de la zizanie avec les compilations de Whigham et al. (1978), on remarque que les biomasses des battures de Beauport sont parmi les plus faibles biomasses aériennes maximales. Cela s'explique par la date d'échantillonnage (mi-septembre) qui aurait cependant été optimale pour mesurer la biomasse souterraine (Doran, 1978). On peut également expliquer ces résultats par une différence importante de latitude entre Beauport et les stations citées dans Whigham et al. (1978), qui sont situées sur la côte est des Etats-Unis.

Dans le but de comparer la biomasse du scirpe américain des battures de Beauport avec la biomasse des battures de Cap-Tourmente mesurée par Doran (1978), la phytomasse aérienne a été utilisée comme critère d'évaluation de la phytomasse souterraine grâce à l'équation $Y = -1,24 + 0,367 X$. Cette équation a été développée par Doran (loc. cit.). Elle est valable pour l'ensemble de ses stations mais non pour les stations plus marginales prises séparément. Elle peut alors être utilisée comme base de comparaison. Ainsi, la phytomasse souterraine du scirpe serait de $43,60 \text{ g/m}^2$ dans le groupement à scirpe américain et de $38,66 \text{ g/m}^2$ dans le groupement à zizanie aquatique. Au Cap-Tourmente, dans l'association à scirpe américain (sous-association à scirpe américain typique), la phytomasse souterraine en automne est de $11,51 \text{ g/m}^2$; dans l'association à scirpe américain (sous-association à zizanie typique), la phytomasse souterraine en automne est de

14,95 g/m². Les battures de Beauport semblent donc être plus riches que les battures de Cap-Tourmente. Toutefois, le rapport de 2 à 3 entre les chiffres obtenus aux deux sites peut être dû en partie au fait que le scirpe américain a une distribution "en plaques", surtout au Cap-Tourmente où il est brouté annuellement par les Grandes Oies blanches. Il ne faut pas oublier non plus que les battures de Beauport ont une superficie de beaucoup inférieure à celles de Cap-Tourmente.

3.1.4 Interactions entre la végétation et les processus physiques

Le schorre inférieur qui correspond à la zone des battures couverte de végétation (section 2.4: Géomorphologie du littoral), se divise grossièrement en deux parties selon les groupements végétaux qui le colonisent. La partie supérieure est principalement recouverte de zizanie (Zizania aquatica) et la partie inférieure est caractérisée par la prédominance du scirpe américain (Scirpus americanus). L'étagement de ces groupements végétaux n'est pas étranger aux processus physiques, notamment aux processus hydrodynamiques et sédimentologiques, ainsi qu'aux caractéristiques du littoral (ex: pente et altitude, niveau de marée).

La distribution de la zizanie semble principalement reliée à l'altitude ainsi qu'à l'exposition aux vents et aux courants. Dans le secteur étudié ici, les peuplements importants de zizanie se retrouvent dans les milieux abrités, principalement dans les rentrants sud-ouest et nord-ouest. Dans ces

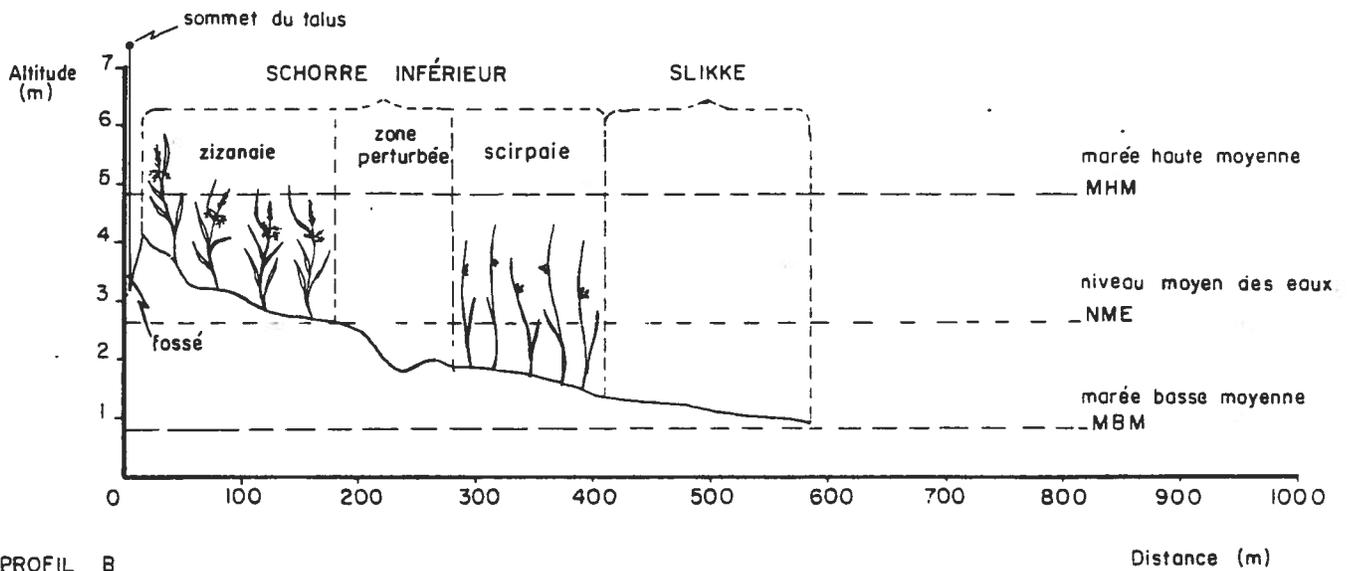
milieux abrités, les vitesses maximales et résiduelles des courants sont assez faibles pour permettre l'accumulation de sédiments fins comme le silt et l'argile, sur lesquels s'installe la zizanie. Toutefois, l'épaisseur des sédiments ne semble pas avoir un rôle important pour la présence de zizanie puisqu'on la retrouve tout aussi bien sur des épaisseurs de 10 cm de sédiments récents (rentrant sud-ouest) que sur moins de 3 cm (rentrant nord-ouest). Ses racines s'étendent autant dans la vase molle que dans le sable sous-jacent.

Puisque la distribution de la zizanie est reliée à l'altitude, la largeur qu'occupent ses peuplements sur l'estran dépend évidemment de la pente des battures. Sur le territoire étudié ici, la zizanie s'étend entre les niveaux de 4,0 m et 1,6 m au-dessus du zéro marégraphique (figure 3.1), ce qui correspond à des largeurs variant entre 36 m et 283 m.

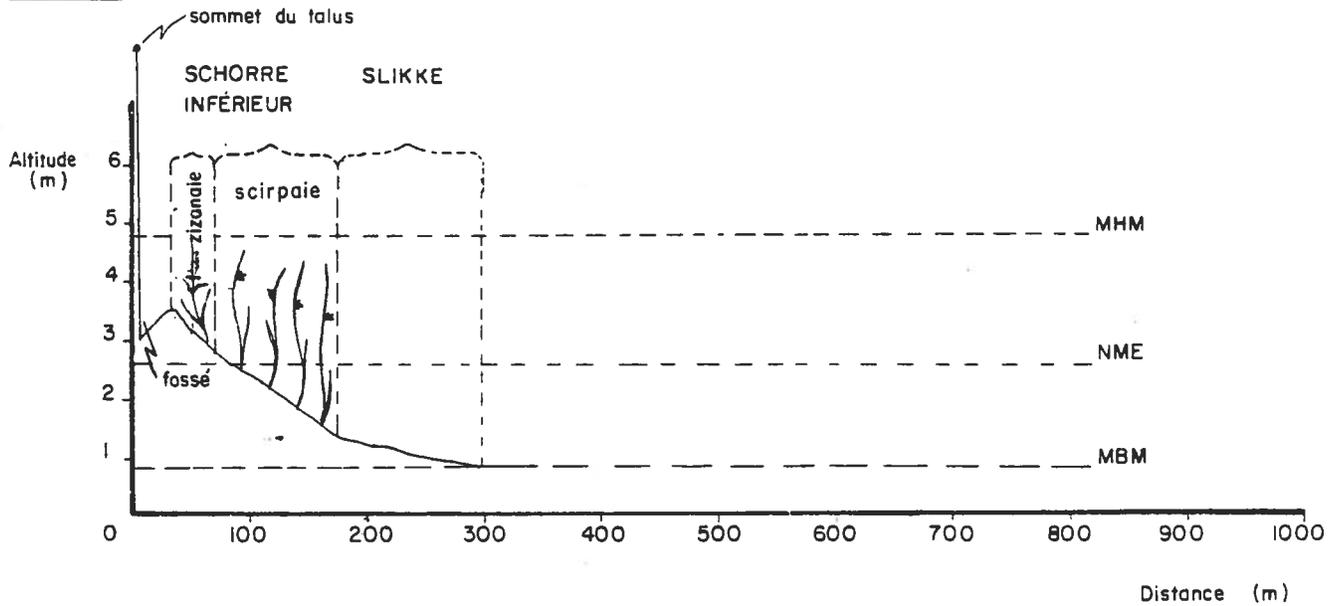
Le cas du rentrant sud-ouest est cependant un peu particulier. En effet, la zizanie s'y étend jusqu'au niveau de 1,1 m pour occuper presque toute la superficie disponible. Rappelons que cette zone n'était pas recouverte de végétation en 1976, tel qu'on peut le voir à l'examen des photographies aériennes datant de cette époque (photo AP-7662). Il semblerait donc que l'accumulation de sédiments, favorisée par l'addition des battures Champfleury, ait donné lieu à la création d'un nouveau milieu propice à la colonisation par les plantes. La zizanie étant une plante annuelle, elle a vraisemblablement pu coloniser ce nouveau milieu plus rapidement que les plantes vivaces comme le scirpe. Elle occupe donc actuellement presque toute la superficie disponible mais, à long terme, on peut s'attendre à ce que le scirpe, qui commence déjà à apparaître dans le milieu, la remplace dans la partie inférieure.

Séquences végétales

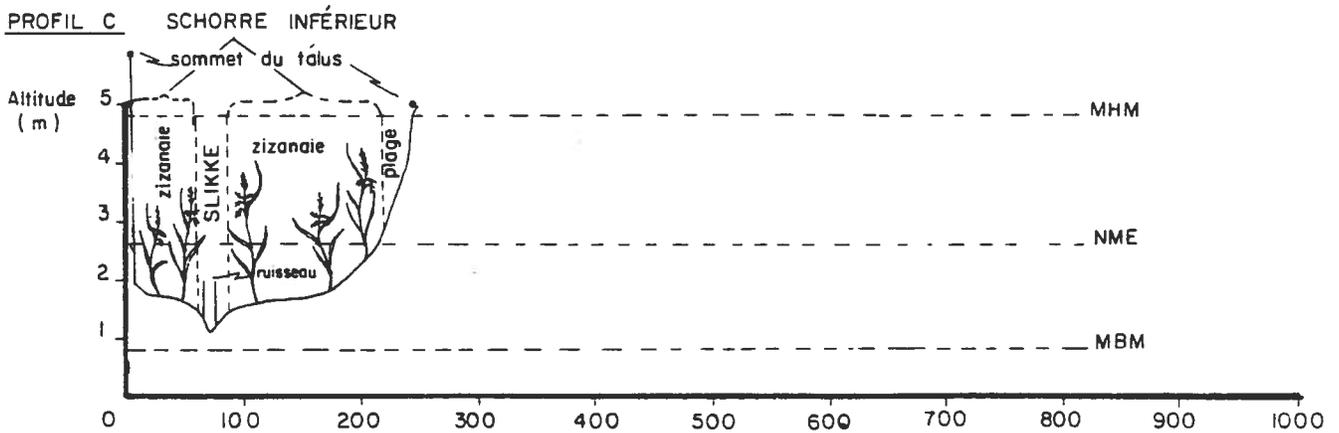
PROFIL A



PROFIL B



PROFIL C



N.B. Les profils A, B etc... font référence aux transects de relevés topographiques A, B etc... localisés à la carte 2.5

Distance (m)

Figure 3.1

Tel que mentionné précédemment, le scirpe occupe des niveaux plus bas que la zizanie. Sur le territoire étudié, il s'étagé entre les niveaux 2,6 m et 1,1 m (figure 3.1). Cette plante vivace possède un puissant système de rhizomes qui lui permet de résister à l'action mécanique des vagues et des glaces et de supporter des vitesses de courants assez élevées. Le substrat demeure toutefois une composante importante de son habitat puisqu'il est absent de la zone de transport actif de sable située dans la partie ouest des battures. L'épaisseur des sédiments récents sous les scirpaies inventoriées dans le secteur à l'étude varie entre 0 et 7 cm.

Ainsi, la zizanie et le scirpe constituent les deux principales espèces des battures de Beauport. La première se retrouve principalement dans les secteurs abrités et supporte un temps d'émersion relativement long, tandis que la seconde, qui tolère des conditions plus sévères de courant et qui résiste à l'action des vagues et des glaces, se retrouve à des niveaux plus bas, bénéficiant d'une durée d'immersion plus longue. Le passage d'un groupement végétal à l'autre s'effectue normalement de façon graduelle (profil B; figure 3.1), mais est parfois marqué par un talus (profil A; figure 3.1).

Les autres principales espèces de plantes répertoriées dans le secteur étudié des battures de Beauport, soit Sagittaria latifolia et Najas flexilis, occupent elles aussi des zones déterminées. Ainsi, les groupements à sagittaires semblent être limités à la partie supérieure du schorre où les vitesses de courant sont faibles, comme par exemple dans la zizanaie du rentrant sud-ouest. Cette plante semble également coloniser plus fréquemment le silt et l'argile que le sable (Hill, 1973).

Le Najas, qui est une plante franchement aquatique, se retrouve plutôt au niveau de la slikke, colonisant même des zones où la vitesse maximale du courant s'approche de 30 cm/s.

Ainsi, la distribution des plantes sur les battures de Beauport est principalement influencée par l'altitude et donc la durée d'émersion, par la vitesse des courants et par le degré d'exposition du milieu. L'épaisseur de vase ne semble pas être un des principaux facteurs.

La végétation peut par contre avoir, jusqu'à un certain point, une influence sur la sédimentation. En effet, les parties aériennes des plantes trappent les sédiments charriés par saltation ou en suspension dans l'eau en réduisant la vitesse d'écoulement tandis que les racines stabilisent les sédiments déposés. L'épaisseur de l'accumulation de cette vase molle ne semble toutefois pas présenter de patron particulier. On a constaté également qu'au niveau des individus de Najas, la vase s'accumule plus facilement, quoique cette accumulation excède rarement 1 cm.

3.1.5 Conclusions

Les groupements végétaux des battures de Beauport sont importants du fait qu'ils sont parmi les derniers de ce type entre Cap-Rouge et Cap-Tourmente. Ce milieu revêt également une certaine importance en tant qu'abri pour plusieurs espèces végétales endémiques et comme nourriture pour la sauvagine. Par ailleurs, la biomasse de scirpe américain produite sur les battures de Beauport est avantageusement comparable à celle de Cap-Tourmente où le broutage par les oies est plus intense.

3.2 FAUNE BENTHIQUE

La faune benthique constitue un des maillons importants de la chaîne alimentaire en milieu aquatique. En effet, elle assure à la fois la transformation et le recyclage du matériel organique et sert par ailleurs de nourriture à d'autres organismes (poissons, oiseaux, mammifères aquatiques) (EPA, 1973; Demers, 1976). D'autre part, les invertébrés benthiques peuvent, en raison de leur déplacement limité, intégrer les changements subis par le milieu physique environnant et devenir, par le fait même, d'excellents indicateurs de la qualité du milieu (Hynes, 1972; EPA, 1973).

Ainsi, l'analyse de la faune benthique des battures de Beauport peut s'avérer un outil important pour décrire les qualités actuelles du milieu ainsi que son potentiel.

Selon les différentes études effectuées au niveau du fleuve (Eco-Recherches Ltée, 1974; Levasseur, 1977; Pluram Inc., 1981), le secteur à l'étude a été reconnu comme étant parmi l'un des plus pauvres quant à la diversité spécifique de sa faune benthique. Les oligochètes représentent le groupe d'organismes dominants (plus de 65% de l'abondance des communautés benthiques inventoriées). Quant à l'abondance des individus, elle est assez variable, pouvant passer de l'absence totale d'individus (embouchure de la rivière Saint-Charles; Levasseur, 1977) à plus de 45 000/m² (battures de Beauport; station B-1; Pluram Inc., 1981).

Toutefois, dans le but de répondre aux diverses interrogations de la Commission environnementale, il fallait préciser davantage les caractéristiques des peuplements benthiques du secteur ouest des battures de Beauport, secteur susceptible d'être affecté par l'extension du port de Québec. Il s'agissait pour cela d'évaluer l'importance réelle et le potentiel que présente la faune benthique et de déterminer la valeur éventuelle du benthos pour la faune ichthyenne et, tout particulièrement, pour la faune avienne.

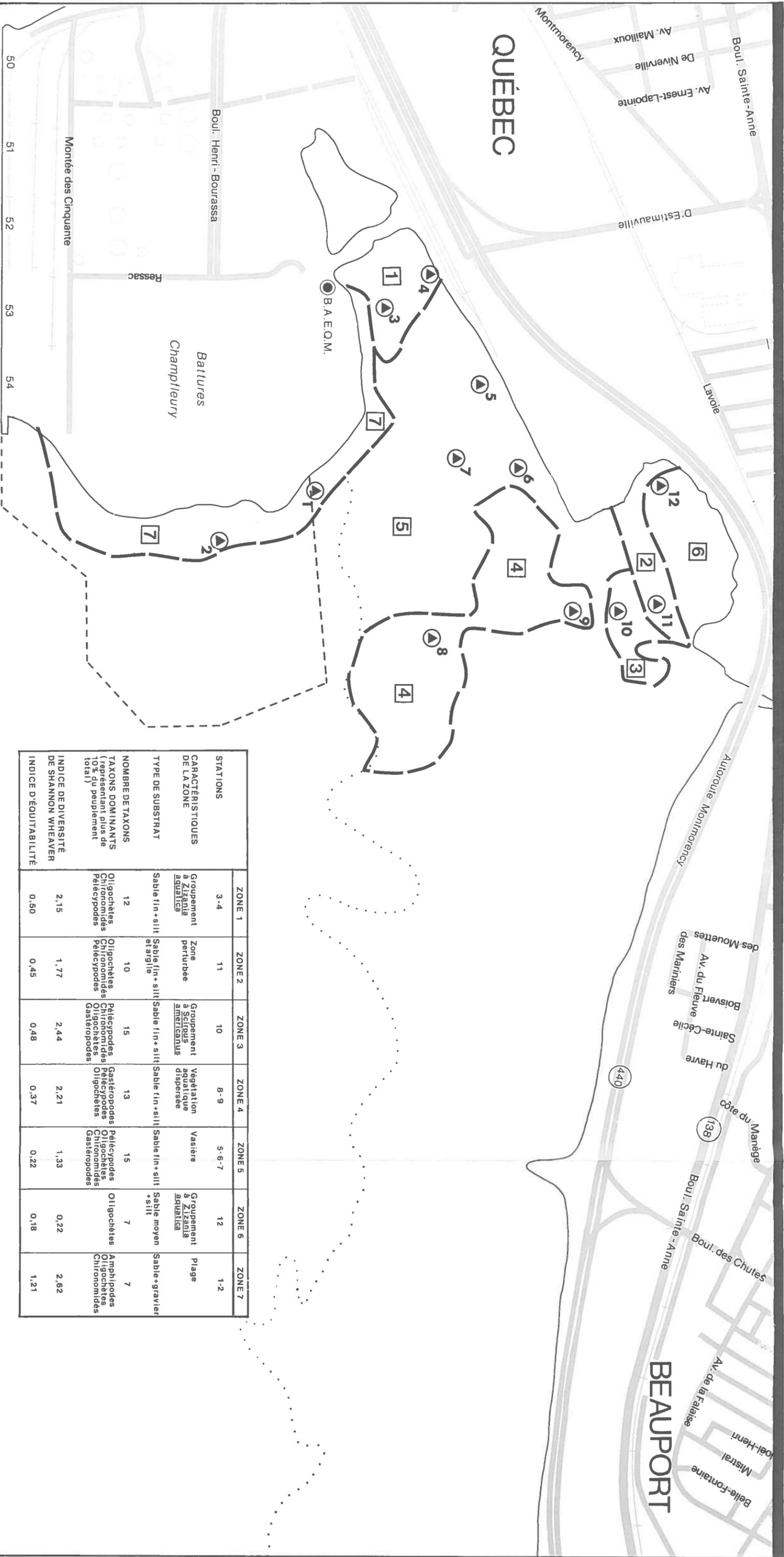
Dans cette optique, la présente étude comporte les aspects suivants:

1. Analyse des principaux paramètres biologiques (composition, abondance, diversité, etc.) de la faune benthique des différents milieux et de sa répartition spatiale dans le milieu.
2. Etude de la répartition verticale des organismes benthiques dans les sédiments, paramètre qui pourrait avoir un lien avec le régime et/ou le comportement alimentaire des oiseaux.
3. Examen de l'influence possible des facteurs physiques (nature du substrat, altitude, degré d'exposition) et biologiques (présence de matières organiques) sur les caractéristiques et la distribution des peuplements benthiques.
4. Etude de la relation entre la végétation aquatique et la faune benthique.

3.2.1 Méthodologie

L'échantillonnage de la faune benthique a été réalisé dans cinq des six zones déterminées lors de l'inventaire de la flore aquatique située à l'ouest du chenal de la rivière Beauport (carte 3.1 présentée précédemment). Le nombre de stations par zone était fonction de l'étendue de la zone à inventorier, variant entre une et trois, et leur localisation (carte 3.2) a été choisie au hasard. Les conditions physiques déterminantes pour la faune benthique (ex.: type de substrat) étaient habituellement uniformes pour une zone de végétation donnée. Exceptionnellement, il est arrivé qu'une même zone de végétation présente des caractéristiques (nature du substrat, degré d'exposition) différentes (ex.: groupement à zizanie) et corresponde à deux zones, d'un point de vue benthique. On retrouve ainsi sept zones de benthos présentées à la carte 3.2 et réparties comme suit:

- zone 1: groupement à Zizania aquatica du rentrant sud-ouest (stations 3 et 4)
- zone 2: zone perturbée à proximité du rentrant nord-ouest (station 11)
- zone 3: groupement à Scirpus americanus à proximité du rentrant nord-ouest (station 10)
- zone 4: végétation aquatique dispersée (Najas flexilis) au niveau de la slikke (stations 8 et 9)



STATIONS	ZONE 1	ZONE 2	ZONE 3	ZONE 4	ZONE 5	ZONE 6	ZONE 7
CARACTÉRISTIQUES DE LA ZONE	3-4	11	10	8-9	5-6-7	12	1-2
TYPE DE SUBSTRAT	Sable fin + silt	Sable fin + silt et argile	Sable fin + silt	Sable fin + silt	Sable fin + silt	Sable moyen	Sable + gravier
NOMBRE DE TAXONS	12	10	15	13	15	7	7
TAXONS DOMINANTS (représentant plus de 10% du peuplement total)	Oligochètes Chironomides Pélicytopodes	Oligochètes Chironomides Pélicytopodes	Pélicytopodes Chironomides Oligochètes Gastéropodes	Gastéropodes Pélicytopodes Oligochètes	Pélicytopodes Oligochètes Chironomides Gastéropodes	Oligochètes Groupement à Zizania aquatica	Amphipodes Oligochètes Chironomides
INDICE DE DIVERSITÉ DE SHANNON WHEAVER	2,15	1,77	2,44	2,21	1,33	0,22	2,62
INDICE D'ÉQUITABILITÉ	0,50	0,45	0,48	0,37	0,22	0,18	1,21

FAUNE BENTHIQUE

- Station de prélèvement du benthos
- Limite approximatives des zones de benthos
- Numéro d'identification des zones de benthos

ECHELLE 1:10 000



N° DE DOSSIER : 2694

SOURCE DU FOND DE PLAN C.U.Q. (1982) CARTE N°1 ET 4

DATE : SEPTEMBRE 1983



Étude des répercussions
environnementales
de l'extension du
Port de Québec

CARTE
3.2

ASPECTS BIOPHYSIQUES ROCHE



- zone 5: vasière (absence de végétation) au niveau de la slikke (stations 5, 6 et 7)
- zone 6: groupement à Zizania aquatica du rentrant nord-ouest (station 12)
- zone 7: plage de sable et de gravier (absence de végétation) située à l'extrémité est des battures Champfleury (stations 1 et 2).

Les échantillons ont été prélevés à l'aide d'une pelle, à la faveur de la marée basse le 28 septembre 1982. Toutes les stations échantillonnées, à l'exception d'une, comportaient deux réplicats. Chaque réplikat se subdivisait en deux portions: la première correspondait aux trois premiers centimètres de sédiments de surface dans lesquels peuvent s'alimenter les limicoles (Myers et al., 1980) et la seconde portion comprenait les sept centimètres sousjacents. Cette profondeur d'échantillonnage a été jugée suffisante puisqu'habituellement, la faune benthique des substrats meubles se concentre surtout dans les huit premiers centimètres de surface (Edmondson, 1971). La surface des prélèvements était de 0,0625 m² (25 cm x 25 cm). Chacun des prélèvements fut immédiatement fixé dans de l'alcool éthylique 95% glycéринé, pour être par la suite tamisé (vide de maille 500 um; tamis U.S. no 35) et trié à l'aide d'une loupe binoculaire.

L'identification des organismes fut effectuée jusqu'au genre, sauf pour les oligochètes. Au moment du tamisage, une évaluation visuelle qualitative de la nature des sédiments recueillis était effectuée.

3.2.2 Faune benthique des battures de Beauport

- Analyse sur le volume global (10 centimètres de profondeur) de sédiments recueillis dans un répliat

Les résultats obtenus indiquent que cinq groupes d'organismes se retrouvent dans plus de 80% des échantillons, soit: les oligochètes, les gastéropodes valvatidés, les pélecypodes sphaeriidés, les amphipodes gammaridés et les diptères chironomidés (colonne 1; tableau 3.3). Par ailleurs, ces mêmes taxons regroupent plus de 95% du nombre total d'individus dénombrés pour l'ensemble des stations (colonne 7; tableau 3.3).

Une analyse des répliat recueillis dans les différentes zones benthiques révèle qu'à l'exception de la plage de sable et de gravier (zone 7), le nombre total d'individus/m² par zone est supérieur à 1 500, variant entre 1 696 et 6 672. En considérant les données d'abondance par zone, on peut diviser ces dernières en cinq groupes distincts selon le gradient décroissant suivant: zones 4-6 (groupement à végétation aquatique dispersée - groupement à Zizania aquatica (rentrant nord-ouest), zones 2-5 (zone perturbée - vasière), zone 3 (groupement à Scirpus americanus), zone 1 (groupement à Zizania aquatica (rentrant sud-ouest), zone 7 (plage) (tableau 3.4).

TABLEAU 3.3: CARACTERISTIQUES GENERALES DE LA FAUNE BENTHIQUE POUR L'ENSEMBLE DES ZONES LITTORALES

TAXON	OCCURRENCE (w) (%) (1)		N (2) (n/m ²)		X (3) (n/m ²)		IMPORTANCE RELATIVE (%) (4)		SURFACE/GLOBAL (%) (5)
	GLOBAL	SURFACE	GLOBAL	SURFACE	GLOBAL	SURFACE	GLOBAL	SURFACE	
Oligochètes	91,7	91,7	14 472	4 968	1 315,6	451,6	39,1	18,8	34,3
Nématodes	9,8	-	8	-	1,9	-	0,02	-	0,0
Hirudinés	69,4	45,5	264	120	24,0	21,2	0,7	0,5	45,5
Glossiphoniidae	54,5	36,4	248	104	22,6	26,0	0,7	0,4	41,9
Glossiphonia	10,0	18,1	160	64	16,0	6,4	0,4	0,3	40,0
Helobdella	40,0	18,1	80	32	8,0	3,2	0,2	0,1	40,0
Erpobdellidae <u>Dina</u>	9,1	9,1	8	8	0,7	0,7	0,02	0,03	100,0
Piscicolidae	9,1	9,1	8	8	0,7	0,7	0,02	0,03	100,0
Gastéropodes	100,0	90,9	9 856	7 584	896	689,5	26,6	28,7	77,0
Amnicolidae	45,5	45,5	352	216	32,0	19,6	0,9	0,8	61,4
Lymnaeidae <u>Lymnaea</u>	9,1	9,1	8	8	0,7	0,7	0,02	0,03	100,0
Physidae <u>Physa</u>	54,5	45,5	208	176	18,9	16,0	0,6	0,7	84,6
Planorbidae	36,4	18,2	48	16	4,4	1,5	0,1	0,06	33,3
Cyraulax	27,3	9,1	32	8	2,9	0,7	0,1	0,03	25,0
Heliosoma	18,2	9,1	16	8	1,5	0,7	0,04	0,03	50,0
Valvatidae <u>Valvata</u>	90,9	90,9	8 616	6 616	771,6	601,5	23,2	25,0	76,8
Viviparidae <u>Viviparus</u>	63,6	63,6	616	480	56,0	43,6	1,7	1,8	77,9
Pélécy-podes Sphaeriidae <u>Pisidium</u>	90,9	90,9	7 016	4 852	604,4	913,1	17,4	18,4	69,2
Amphipodes Gammaridae	81,8	90,9	912	896	82,9	81,5	2,5	3,4	98,3
Anisogammarus	9,1	9,1	64	32	5,8	2,9	0,2	0,1	50,0
Gammarus	72,7	90,9	944	808	69,1	72,8	2,1	3,0	85,6
Synurella	9,1	9,1	32	16	2,9	1,5	0,1	0,1	50,0
Insectes									
Diptères	100,0	100,0	4 976	2 704	452,4	245,8	13,4	10,2	54,3
Chironomidae	100,0	100,0	4 904	2 632	445,8	239,3	13,2	9,1	53,7
Chironomus	100,0	100,0	3 368	1 608	306,2	146,2	9,1	6,1	47,7
Cryptochironomus	72,7	63,6	760	400	69,1	36,4	2,1	1,5	52,6
Procladius	81,8	63,6	752	600	68,4	54,5	2,0	2,3	79,8
Ceratopogonidae <u>Bezzia</u>	45,5	36,34	56	48	5,1	4,4	0,2	0,2	85,7
Probezzia									
Psychodidae <u>Psychoda</u>	9,1	9,1	32	24	2,9	2,2	0,1	0,1	75,0
Lépidoptères Pyralidae Nymphulinae	9,1	9,1	32	16	2,9	1,5	0,1	0,1	50,0
Trichoptères Leptoceridae <u>Nystacides</u>	27,3	9,1	32	32	2,9	2,9	0,1	0,1	100,0
Hydracariens Arrenuræ	27,3	27,3	56	56	5,1	5,1	0,2	0,2	100,0
			37 055	26 420					71,3

(1) Exprimé en fonction de la présence d'un taxon dans une station

 (2) Total du nombre d'individus/m² pour l'ensemble des stations

 (3) Nombre moyen d'individus/m²/station

(4) Nombre d'individus dans un taxon par rapport au nombre total d'individus et ce, pour l'ensemble des stations

(5) Nombre total d'individus d'un taxon contenu dans l'ensemble des prélèvements de surface/au nombre total d'individus du même taxon contenu dans l'ensemble des répliqués globaux.

Le terme "global" signifie que les individus contenus dans les 10 centimètres de surface ont été considérés; le terme "surface" ne représente que les 3 premiers centimètres.

à se concentrer dans les premiers centimètres de surface, les prélèvements effectués à ce niveau représentant en moyenne plus de 65% de l'abondance de ces taxons au sein du réplikat global. Finalement, certains groupes d'organismes tels les diptères chironomidés et les pélécytopodes sphaeriidés, ne semblent pas manifester une répartition verticale définie. En effet, l'abondance relative de leur population au sein des prélèvements de surface correspond en moyenne à 50% de celle contenue dans le réplikat global (tableau 3.5).

- Distribution spatiale des organismes benthiques

L'analyse des différents échantillons recueillis dans une même zone à substrat relativement homogène tend à démontrer que la distribution spatiale des organismes benthiques s'avère très hétérogène et non uniforme. En effet, les valeurs d'écart-type calculées sont pour la plupart élevées (i.e. \geq moyenne) (tableau 3.5), indiquant ainsi une grande variabilité de la répartition des peuplements benthiques au sein d'un même milieu et ce, sur une très faible distance entre les réplikats d'une même station. Les résultats recueillis dans la vase (zone 5) reflètent très bien cette distribution hétérogène (tableau 3.5) tout comme les huit prélèvements de benthos effectués dans le cadre de l'étude de la faune avienne (section 3.4: Faune avienne). En effet, dans ce dernier cas, le nombre moyen d'individus par taxon est généralement de 4 à 10 fois supérieur à celui retrouvé pour les autres prélèvements de benthos effectués dans la même zone (stations 5, 6, 7 (faune benthique); 1, 2, 3, 4 (faune avienne) (tableaux 3.6 et 3.7). Or, le patron de distribution

TABLEAU 3.6: ABONDANCE DES DIFFERENTS GROUPES D'ORGANISMES ET LEUR IMPORTANCE RELATIVE (%) POUR LES STATIONS 5, 6 ET 7 (Les valeurs d'abondance correspondent à la moyenne effectuée à partir des résultats de chaque répliquat; n = 2)

Taxon	Station 5		Station 6		Station 7	
	n moyen/ m ²	%	n moyen/ m ²	%	n moyen/ m ²	%
Oligochètes	192,0	8,4	568,0	39,4	72,0	12,7
Hirudinés	16,0	0,7	16,0	1,1		
Glossiphoniidae	16,0	0,7	20,0	1,1		
<u>Glossiphonia</u>						
<u>Helobdella</u>	16,0	0,7	16,0	1,1		
Erpobdellidae <u>Dina</u>						
Piscicolidae						
Gastéropodes	224,0	9,8	112,0	7,8	128	22,5
Amnicolidae					8	1,4
Lymnaeidae <u>Lymnaea</u>						
Physidae <u>Physa</u>	32,0	1,4				
Planorbidae	8	0,4				
<u>Gyraulus</u>						
<u>Heliosoma</u>	8	0,4				
Valvatidae <u>Valvata</u>	24,0	1,1	16,0	1,1	72,0	12,7
Viviparidae <u>Viviparus</u>	160,0	7,0	72,0	5,0	48,0	8,5
Pélécyropodes						
Sphaeriidae <u>Pisidium</u>	1 768,0	77,3	312,0	21,7	196,0	34,5
Amphipodes Gammaridae	8,0	0,4	32,0	2,2		
<u>Anisogammarus</u>						
<u>Gammarus</u>			8,0	0,6		
<u>Synurella</u>						
Insectes						
Diptères	80,0	3,5	376,0	26,1	176,0	31,0
Chironomidae	80,0	3,5	376,0	26,1	176,0	31,0
<u>Chironomus</u>	40,0	1,8	224,0	15,6	72,0	12,7
<u>Cryptochironomus</u>			8,0	0,6		
<u>Procladius</u>	40,0	1,8	144,0	10,0	104,0	18,3
Ceratopogonidae						
<u>Bezzia-Probezzia</u>						
Psychodidae						
<u>Psychoda</u>						
Lépidoptères Nymphulinae						
Trichoptères						
Leptoceridae <u>Mystacides</u>						
Hydracariens Arrenuræ	16,0	0,7	24,0	1,7	16,0	2,8
Nombre total moyen d'individus	2 288		1 440		568	
n taxons	10		11		8	
\bar{d} (indice de diversité)	1,33		2,57		2,32	
e (indice d'équitabilité)	0,35		0,73		0,84	

TABLEAU 3.7: ABONDANCE DES DIFFERENTS GROUPES D'ORGANISMES RECUEILLIS LORS DE L'ECHANTILLONNAGE DU BENTHOS AU MOMENT DE L'ABATTAGE D'OISEAUX (n ind./m²)

Taxon	STATIONS				\bar{X}	$s_{\bar{X}}$	%
	1	2	3	4			
Nématodes	184,0	24,0		8,0	54,4	87,2	0,7
Oligochètes	9 728,0	2 800,0	1 584,0	816,0	3 732,0	4 080	47,4
Amphipodes Gammaridae <u>Gammarus</u>	464,0	144,0	40,0	160,0	202,4	182,4	2,6
Diptères	1 256,0	1 096,0	856,0	640,0	960,0	367,2	12,3
Chironomidae	1 248,0	1 096,0	856,0	640,0	960,0	267,2	12,2
<u>Chironomus</u>	896,0	576,0	440,0	160,0	518,4	305,6	6,6
<u>Cryptochironomus</u>	64,0	16,0	88,0	32,0	50,4	32,0	0,6
<u>Procladius</u>	288,0	504,0	328,0	448,0	392,0	100,8	5,0
Ceratopogonidae	8,0				2,4	4,0	0,1
Hirudinés Glossiphoniidae	24,0		16,0	72,0	28,0	28,8	0,4
Hydracariens	8,0		8,0	16,0	8,0	6,4	0,1
Gastéropodes	216,0	192,0	1 064,0	8 480,0	580,0	443,1	7,4
Lymnaeidae							
Valvatidae <u>Valvata</u>	192,0	168,0	1 024,0	712,0	524,0	417,6	6,7
Viviparidae <u>Viviparus</u>	24,0	8,0	16,0	56,0	26,4	20,8	0,3
Physidae <u>Physa</u>		16,0		8,0	6,4	8,0	0,1
Amnicolidae			24,0	40,0	16,0	19,2	0,2
Planorbidae <u>Gyraulus</u>				32,0	8,0	16,0	0,1
Pélécytopodes Sphaeriidae	2 544,0	2 880,0	1 776,0	2 016,0	2 304,0	500,4	29,3
<u>Pisidium</u>	2 544,0	2 880,0	1 768,0	2 000,0	2 300,0	509,6	29,2
<u>Sphaerium</u>			8	16	6,4	8,0	0,1

contagieuse d'un taxon donné dans un milieu est un phénomène fréquemment rencontré dans les communautés benthiques (Sanders et al., 1962).

Le dernier point à souligner est celui de la présence de gradients d'abondance au sein des différentes populations. Ces gradients s'établissent selon un axe nord-sud dans le secteur des battures compris entre le chenal d'écoulement de la rivière Beauport et la berge à l'ouest. Ainsi, plus on s'éloigne de la berge située au nord, plus le nombre d'oligochètes tend à diminuer tandis que l'abondance des populations des autres taxons tend à s'accroître pour ensuite chuter à nouveau (stations 12 à 8; tableau 3.8).

Un tableau synthèse des résultats concernant la faune benthique est fourni à la carte 3.2 présentée précédemment.

3.2.3 Discussion

3.2.3.1 Comparaison avec la faune benthique décrite dans d'autres études

Les cinq groupes d'organismes les plus fréquemment observés dans le secteur ouest des battures de Beauport, soit les oligochètes, les gastéropodes valvatidés, les pélecypodes sphaeriidés, les amphipodes gammaridés et les diptères chironomidés, ont également été répertoriés lors d'autres études effectuées dans ce secteur du fleuve (Eco-Recherches Ltée, 1974; Levasseur, 1977; Pluram Inc., 1981). En ce qui concerne l'importance relative des différents groupes d'organismes,

TABLEAU 3.8: ABONDANCE DES DIFFERENTS GROUPE D'ORGANISMES ET LEUR IMPORTANCE RELATIVE (%) POUR LES STATIONS 8, 9, 10, 11 ET 12 (Les valeurs d'abondance correspondent à la moyenne effectuée à partir des résultats de chaque répliquat; n = 2)

Groupe	Station 12		Station 11		Station 10		Station 9		Station 8*	
	n moyen/ m	%								
Hydrozoaires										
Cnidaires										
Siphonaires										
Glossiphoniidae										
<u>Glossiphonia</u>										
<u>Helobdella</u>										
Eupolypodiidae <u>Dina</u>										
Piscicolidae										
Ctenophores										
Amphipodes										
Lymnaeidae <u>Lymnaea</u>										
Physidae <u>Physa</u>										
Planorbidae										
<u>Cyrculus</u>										
<u>Heliosoma</u>										
Valvatidae <u>Valvata</u>										
Viviparidae <u>Viviparus</u>										
Stomatopoda										
Décapodes										
Sphaeriidae <u>Pisidium</u>										
Amphipodes Gammaridae										
<u>Anisogammarus</u>										
<u>Gammarus</u>										
<u>Synurella</u>										
Insectes										
Diptères										
Chironomidae										
<u>Chironomus</u>										
<u>Cryptochironomus</u>										
<u>Procladius</u>										
Ceratopogonidae										
<u>Bezzia-Probezzia</u>										
Psychodidae										
<u>Psychoda</u>										
Lépidoptères Nymphulinea										
Trichoptères										
Leptoceridae										
<u>Mystacides</u>										
Hydracariens Arrenuræ										
Nombre total moyen d'individus	6 416		2 656		5 034		7 872		5 472	
Nombre total de taxons	8		10		15		16		10	
(indice de diversité)	0,18		1,77		2,44		2,09		1,68	
(indice d'équitabilité)	0,13		0,45		0,48		0,34		0,40	

n = 1

les oligochètes représentaient dans la plupart de ces études le taxon dominant. Leur abondance se chiffrait à plus de 65% de la faune benthique par opposition à notre étude où les oligochètes n'en représentent en moyenne que 39% (colonne 7; tableau 3.3). Cela peut être attribuable à divers facteurs tels que le mode d'échantillonnage, la saison, la nature des substrats, la qualité du milieu, etc.

3.2.3.2 Interactions faune benthique - milieu environnant

L'importance même de la communauté benthique (nombre total d'individus/m²) à un endroit donné semble passablement varier selon les études. Ainsi passe-t-on de l'absence totale d'individus (embouchure de la rivière Saint-Charles; Levasseur, 1977) à plus de 45 000 (battures de Beauport, station B-1; Pluram Inc., 1981), nos résultats se situant en moyenne aux environs de 3 300. Ces différences d'abondance peuvent être attribuables à plusieurs facteurs tels la nature du substrat échantillonné, la période d'échantillonnage, la méthode (appareil) utilisée, etc. Les valeurs de diversité spécifique (indice de Shannon-Weaver) obtenues dans le cadre de cette étude sont, sauf exception, supérieures à celles obtenues par Eco-Recherches Ltée (1974), Levasseur (1977) ainsi que celles calculées à partir des données de Pluram Inc. (1981). Les valeurs des indices d'équitabilité demeurent toutefois comparables.

Une analyse plus approfondie des résultats obtenus sur la faune benthique du secteur à l'étude (portion des battures à l'ouest du chenal produit par l'écoulement de la rivière

Beauport) révèle des variations relativement importantes de l'abondance des différents taxons ainsi que de leur distribution et ce, pour les différents milieux (zones) inventoriés. On a pu ainsi subdiviser l'ensemble du secteur échantillonné en trois "habitats benthiques": 1) groupements à végétation (Zizania aquatica (rentrant sud-ouest), Scirpus americanus et à Najas flexilis), zone perturbée et vaseuse abritant quatre groupes taxonomiques (oligochètes, diptères chironomidés, gastéropodes, pélicypodes sphaeriidés); 2) plage dominée par les amphipodes gammaridés et une très faible abondance de mollusques; 3) groupement à Zizania aquatica (rentrant nord-ouest) dominé par les oligochètes. A l'exception du dernier "habitat", la nature du substrat, l'altitude et le degré d'exposition sont les principaux éléments expliquant les différentes compositions fauniques observées. En effet, les organismes sédentaires (i.e. se déplaçant peu ou lentement) tels les mollusques pélicypodes et gastéropodes, les diptères chironomidés, se retrouvent principalement dans des sédiments fins (sable fin et silt) qui s'accumulent dans des milieux où les processus hydrodynamiques (ex.: courants) sont réduits (section 2.6: Sédimentologie).

Par ailleurs, certains de ces organismes (ex.: pélicypodes, diptères chironomidés) sont d'importants filtreurs qui se nourrissent principalement de matières organiques disponibles (Hynes, 1974), éléments retrouvés dans l'eau et les sédiments (sections 2.8 et 2.7). Les gastéropodes se concentrent dans les zones où il y a présence de végétaux et/ou accumulation de débris végétaux qui peuvent leur servir comme abri et nourriture (Hynes, 1974; Doyon et al., 1976).

Un substrat composé principalement de sable grossier et de gravier, comme la plage (carte 3.2), abrite une faune benthique relativement pauvre suite au perpétuel déplacement du substrat par les mouvements d'eau. Aussi retrouvera-t-on des organismes vagiles (ex: amphipodes gammaridés) et/ou des organismes sédentaires capables de s'enfouir plus profondément dans le substrat (ex: oligochètes).

Même si la faune benthique des groupements végétaux de la zone perturbée et de la vasière présente une composition faunique comparable, l'abondance (proportion relative) des différents groupes d'organismes et la richesse spécifique (diversité et équitabilité) des communautés diffèrent quelque peu selon les zones inventoriées, notamment dans le secteur compris entre le chenal de la rivière Beauport et la berge plus à l'ouest. Selon les données d'abondance recueillies, on a observé dans un axe nord-sud une diminution du nombre d'oligochètes parallèlement à l'augmentation du nombre de diptères chironomidés, de gastéropodes et de pélécy-podes (stations 12, 11, 10, 9, 8; tableau 3.8). Ces patrons de distribution et d'abondance des organismes dépeignent le portrait-type d'un milieu aquatique affecté par une source polluante (U.S. Dept of Interior, 1967; Hynes, 1974), en l'occurrence un rejet pluvial et sanitaire localisé dans le rentrant nord-ouest. Le regroupement des différentes zones selon leur degré de dégradation (section 3.2.2) appuie cette hypothèse.

3.4.1 Abondance et diversité de la faune avienne

Au total, plus de 140 espèces d'oiseaux peuvent être observées sur les battures de Beauport. Les principaux groupes qui utilisent ce site sont par ordre d'importance numérique: les limicoles (bécasseaux, pluviers, chevaliers, etc.), les anatidés (canards et oies) et les laridés (goélands).

3.4.1.1 Limicoles

Selon Brousseau (1981), le site de Maizerets accueille 24% de la population totale de limicoles recensés dans la grande région de Québec, soit de Québec à Montmagny. De plus, selon cet auteur, on y observe la plus forte abondance linéaire (6 869 oiseaux/km) de la région.

Le bécasseau semi-palmé constitue sans contredit l'espèce la plus abondante puisque les totaux enregistrés lors de la pointe d'abondance de cette espèce atteignent facilement 10 000 individus pour l'ensemble des battures, ce qui représente plus de 95% des oiseaux de rivage qui y font halte à l'automne.

Le petit chevalier à pattes jaunes représente l'espèce la plus nombreuse après le bécasseau semi-palmé, avec des effectifs qui atteignaient 600 individus en 1980 (Brousseau, 1981). Les autres espèces co-dominantes de limicoles sont le bécasseau minuscule, le bécasseau sanderling, le grand chevalier à pattes jaunes, le pluvier argenté et le pluvier à collier. Au cours de leur passage, ces espèces peuvent avoir

3.2.3.4 Répartition verticale des organismes

La répartition verticale des organismes benthiques dans le substrat semble assez définie et ce, malgré la méthode grossière d'échantillonnage utilisée. L'enfouissement plus prononcé des oligochètes dans le substrat ainsi que, dans une certaine mesure, celui des diptères chironomidés, est sans doute attribuable à leur capacité de survie dans des milieux plus ou moins anoxiques (Hynes, 1974). Par contre, les mollusques pélecypodes et gastéropodes ainsi que les amphipodes gammaridés tolèrent difficilement les déficiences en oxygène d'un milieu, d'où leur présence à proximité de la surface du substrat. Par ailleurs, ces organismes doivent, en raison de leur régime alimentaire (matière organique libre et/ou végétaux) et de leur mode de nutrition (filtration, broutage), se maintenir près ou sur la surface des sédiments (Vader, 1964).

Quant au nombre élevé de valves vides de Pisidium, il est sans doute attribuable à une mortalité naturelle des jeunes individus, mortalité liée à des pressions de surpopulation dans un espace limité. En effet, le nombre de valves vides tend à augmenter parallèlement à l'accroissement du nombre d'individus "entiers" (pleins).

3.2.4 Conclusions

Pour l'ensemble du secteur ici étudié, la faune benthique présente une richesse spécifique (diversité, équitabilité, abondance) relativement élevée comparativement à d'autres

secteurs avoisinants échantillonnés dans cette portion du fleuve et ce, malgré que l'échantillonnage ait été effectué à l'automne. Or, en raison de l'échantillonnage tardif et de l'utilisation intensive des battures par la faune avienne migratrice à ce moment (limicoles), il se peut que le potentiel réel de ce secteur des battures soit sous-estimé.

La relation entre d'une part, la flore aquatique et d'autre part la composition et la richesse de la faune benthique ne semble pas clairement définie, la distribution et la composition de la faune et de la flore étant aussi étroitement liées à l'altitude et aux processus hydrodynamiques. Tout au plus, on peut dire que les diptères chironomidés tendent à se concentrer dans la partie supérieure du littoral, zone où se retrouve le groupement à Zizania aquatica (rentrant sud-ouest), tandis que les mollusques se localisent principalement au niveau de la marée basse, zone occupée par les groupements à végétation dispersée et à Scirpus americanus ainsi que par la vasière.

3.3 FAUNE ICHTYENNE

En raison de la période de l'année (automne 1982) où la présente étude fut amorcée, aucun inventaire additionnel n'a été effectué dans la région à l'étude. Cette section constitue donc une brève revue des principaux travaux réalisés sur les battures de Beauport et dans la région de Québec. En regard des commentaires émis par les intervenants lors des réunions publiques tenues par la Commission environnementale, on y traitera principalement:

1. des principales espèces de poissons susceptibles d'être rencontrées sur les battures de Beauport et dans les environs, ainsi que de leur fréquence relative;
2. des aires potentielles de fraie.

Parmi les études réalisées dans le fleuve à cette hauteur, un seul inventaire a couvert spécifiquement le secteur des battures. Les résultats qu'il présente sont très limités puisqu'ils ne rapportent que les captures réalisées à l'aide de deux filets maillants installés pour une période de 12 heures (Trencia, 1978). Quatre espèces de poissons furent recueillies dans ces deux filets: 114 meuniers rouges (Catostomus catostomus), 3 dorés noirs (Stizostedion canadense), 2 dorés jaunes (S. vitreum) et 1 perchaude (Perca flavescens). Le poulamon atlantique (Microgadus tomcod) a également été capturé à des stations voisines, un peu en aval.

L'auteur (Trencia, 1978) signale les faiblesses de cet inventaire, dues principalement à l'utilisation du filet maillant qui ne capture pas les petits individus ni les espèces de petite taille, pas plus que les espèces qui, comme l'anguille, sont peu vulnérables à cet engin de pêche. Le fait que l'échantillonnage fut de courte durée et très ponctuel dans le temps (13 septembre 1978) a également empêché la capture d'espèces qui utilisent ce milieu de façon saisonnière. Trencia (1978) estime que l'anguille d'Amérique (Anquilla rostrata) est susceptible de fréquenter ce secteur lors de ses migrations et signale que l'éperlan arc-en-ciel (Osmerus mordax) y vient mais plus tard en saison (octobre-décembre).

Malgré le manque d'informations précises concernant ce territoire, il est logique de supposer qu'une telle zone de végétation présentant une productivité biologique élevée attire un grand nombre d'espèces de poissons qui viennent s'y alimenter à la faveur de la marée haute. C'est d'ailleurs probablement le cas de tout le secteur des battures situé entre la rivière Saint-Charles et Cap-Tourmente. Ce type d'habitat étant plutôt rare vers l'amont, la situation marginale du territoire qui nous intéresse lui confère probablement un rôle important. L'hypothèse de la présence à marée haute de nombreux poissons dans le secteur des battures est appuyée par la fréquentation de ces eaux par un grand nombre de canards plongeurs, oiseaux principalement piscivores.

En plus des sept espèces identifiées par Trencia (1978), plusieurs autres sont susceptibles d'utiliser les battures de Beauport. Les inventaires réalisés dans les secteurs avoisinants par Paquet (1974, 1975) et Bergeron (1977) ont en effet révélé la présence de 37 autres espèces, pour un total de 44. La liste de ces espèces ainsi que leur fréquence relative selon les différentes sources sont présentées au tableau 3.9. Les espèces les plus fréquentes dans la région semblent être, par ordre décroissant d'abondance: le fondule barré, le meunier rouge, le poulamon atlantique, la perchaude, le barperche, le meunier noir, le méné à nageoires rouges, l'épinoche à trois épines, l'aloise savoureuse, l'éperlan arc-en-ciel, le grand brochet, la queue à tache noire et le doré jaune. Le fleuve Saint-Laurent à cette hauteur constitue également une voie migratrice pour les espèces comme l'anguille, l'aloise savoureuse et, éventuellement, le saumon atlantique de la rivière Jacques-Cartier⁽¹⁾.

(1) En effet, de nombreux efforts sont actuellement déployés pour restaurer le saumon dans cette rivière.

TABEAU 3.9: LISTE ET ABONDANCE RELATIVE DES ESPECES DE POISSONS CAPTURES DANS LE FLEUVE SAINT-LAURENT AUX ENVIRONS DE QUEBEC

FAMILLE	NOM LATIN ⁽¹⁾	NOM FRANCAIS ⁽¹⁾	NOMBRES CAPTURES ⁽²⁾			ABONDANCE DANS LES PECHES COMMERCIALES ⁽³⁾ (Bergeron, 1977)
			Paquet (1974)	Paquet (1975)	Trencia (1978)	
Pétromyzontidés	<u>Ichthyomyzon unicuspis</u>	Lamproie argentée	1	-	-	
	<u>Petromyzon marinus</u>	Lamproie marine	1	1	-	
Acipenséridés	<u>Acipenser fulvescens</u>	Esturgeon de lac	4	1	-	
	<u>Acipenser oxyrinchus</u>	Esturgeon noir	4	2	-	rare
Clupéidés	<u>Alosa pseudoharengus</u>	Gaspereau	40	9	-	
	<u>Alosa sapidissima</u>	Alose savoureuse	99	45	-	
	<u>Dorosoma cepedianum</u>	Alose à gésier	-	-	-	rare
Salmonidés	<u>Salmo salar</u>	Saumon atlantique	-	1	-	rare
	<u>Salvelinus fontinalis</u>	Omble de fontaine	-	2	-	
	<u>Coregonus clupeaformis</u>	Grand corégone	5	1	-	présence
Osméridés	<u>Osmerus mordax</u>	Eperlan arc-en-ciel	64	61	-	fréquent
Hiodontidés	<u>Hiodon tergisus</u>	Laquaiche argentée	8	-	-	
Esocidés	<u>Esox lucius</u>	Grand brochet	44	66	-	rare
	<u>Esox niger</u>	Brochet maillé	-	-	-	présence
Cyprinidés	<u>Cyprinus carpio</u>	Carpe	33	5	-	rare
	<u>Hybognathus nuchalis</u>	Méné d'argent	-	1	-	
	<u>Notropis atherinoides</u>	Méné émeraude	-	1	-	
	<u>Notropis cornutus</u>	Méné à nageoires rouges	1	242	-	
	<u>Notropis hudsonius</u>	Queue à tache noire	51	57	-	
	<u>Notropis stramineus</u>	Méné paille	-	3	-	
	<u>Semotilus atromaculatus</u>	Mulet à cornes	2	2	-	
	<u>Semotilus corporalis</u>	Duitouche	7	37	-	
	<u>Semotilus margarita</u>	Mulet perlé	1	-	-	
Catostomidés	<u>Catostomus catostomus</u>	Meunier rouge	1 736	283	134	
	<u>Catostomus commersoni</u>	Meunier noir	382	36	-	
	<u>Moxostoma valenciennesi</u>	Suceur jaune	1	-	-	
Ictaluridés	<u>Ictalurus nebulosus</u>	Barbotte brune	1	-	-	rare
Anguillidés	<u>Anguilla rostrata</u>	Anguille d'Amérique	-	1	-	fréquent
Cyprinodontidés	<u>Fundulus diaphanus</u>	Fondule barré	3 680	449	-	
Gadidés	<u>Microgadus tomcod</u>	Poulsmon atlantique	459	129	5	fréquent
Gastérostéidés	<u>Apeltes quadracus</u>	Epinocoe à quatre épines	13	-	-	
	<u>Gasterosteus aculeatus</u>	Epinocoe à trois épines	105	79	-	
	<u>Pungitius pungitius</u>	Epinocoe à neuf épines	1	-	-	
Percopsidés	<u>Percopsis omiscomaycus</u>	Omisco	-	1	-	
Percichthyidés	<u>Morone americana</u>	Bar-perche	181	331	-	Présence
	<u>Ambloplites rupestris</u>	Crapet de roche	-	-	-	Présence
Centrarchidés	<u>Lepomis gibbosus</u>	Crapet-soleil	-	-	-	Présence
	<u>Micropterus dolomieu</u>	Achigan à petite bouche	1	8	-	
	<u>Perca flavescens</u>	Perchaude	301	237	1	Rare
Percidés	<u>Stizostedion canadense</u>	Doré noir	1	18	5	Présence
	<u>Stizostedion vitreum</u>	Doré jaune	32	47	6	Fréquent
	<u>Etheostoma nigrum</u>	Raseux-de-terre	3	7	-	
	<u>Percine caprodes</u>	Dard-perche	6	-	-	
	<u>Liopsetta putnami</u> ⁽³⁾	Plie lisse ⁽³⁾	8	-	-	

(1) Les noms latins et français ainsi que l'ordre systématique utilisés sont tirés de Scott et Crossman (1974).

(2) Territoire couvert: Paquet (1974): Les-Écureuils-Ste-Croix à Cap-Rouge et bras nord de l'île d'Orléans
 Paquet (1975): Pont de Québec à Saint-David et bras sud de l'île d'Orléans
 Trencia (1978): Battures de Beauport: rivière Saint-Charles à rivière Montmorency
 Bergeron (1977): Cap-Rouge à Sainte-Anne de Beaupré (rive nord seulement)

(3) Noms latins et français tirés de Leim et Scott (1966).

Les travaux de Bouchard (1976) portant sur l'identification des frayères du fleuve Saint-Laurent ont désigné la rivière Beauport comme site potentiel de fraie pour les meuniers rouge et noir ainsi que pour la carpe. Les autres frayères potentielles en eau vive de la région se situeraient quant à elles sur les caps rocheux (pointe de Lévy et rochers Maranda à Sainte-Pétronille) et dans les rivières Montmorency et Sainte-Anne. La rivière Boyer, sur la rive sud, est connue pour sa part comme une frayère importante pour l'éperlan.

Par ailleurs, bien que les battures de Beauport puissent apparaître à première vue comme étant une aire potentielle de fraie pour les espèces qui déposent leurs oeufs dans la végétation, le jeu des marées y constitue un élément de perturbation majeur et négatif (Bouchard, 1976). Les poissons ne peuvent en fait frayer que dans les cuvettes non exondées à marée basse. Toujours selon Bouchard (1976), il semble que le bras nord de l'île d'Orléans présente à cet égard des sites de fraie plus intéressants puisqu'il s'y trouve de grandes étendues de végétation non découvertes à marée basse.

En conclusion, le secteur des battures de Beauport concerné par le projet d'extension du port de Québec est fréquenté par de nombreuses espèces de poissons, notamment à marée haute, toutefois, on n'y retrouve aucune zone potentielle pour la fraie de ces espèces. Il faut noter que la rivière Beauport constitue un site potentiel pour les espèces qui fraient en eau vive, notamment les deux espèces de meunier et la carpe.

3.4 FAUNE AVIENNE

L'importance des battures de Beauport pour la faune avienne a déjà été mise en évidence par de nombreux auteurs et tous s'accordent à dire que les battures constituent un milieu unique tant par la diversité spécifique exceptionnelle qui s'y retrouve que par l'utilisation intensive qu'en font des milliers d'oiseaux aquatiques lors de leurs migrations printanière et automnale (Arsenault, 1974; Bourget, 1974; Bourget et al., 1976; ABQ⁽¹⁾, 1978; Dupuis et Bourget, 1978; Fortin et al., 1978; Gauthier et Lehoux, 1978; Gauthier et al., 1979; C.O.Q.⁽²⁾, 1979; Dryade, 1980; Brousseau, 1981). Un bref aperçu de ces travaux est présenté dans la première partie de la présente section afin d'illustrer la diversité et l'abondance de la faune avienne qui fréquente les battures de Beauport.

Toutefois, conformément aux préoccupations de la Commission environnementale, la présente étude consiste surtout en une description de l'utilisation des différents habitats par les oiseaux. Ce type d'approche devrait permettre d'évaluer les modifications de la faune avienne qui pourraient découler des transformations induites au niveau de l'habitat par l'implantation de nouveaux aménagements portuaires à proximité des battures.

(1) Association des Biologistes du Québec

(2) Club des Ornithologues du Québec Inc.

3.4.1 Abondance et diversité de la faune avienne

Au total, plus de 140 espèces d'oiseaux peuvent être observées sur les battures de Beauport. Les principaux groupes qui utilisent ce site sont par ordre d'importance numérique: les limicoles (bécasseaux, pluviers, chevaliers, etc.), les anatidés (canards et oies) et les laridés (goélands).

3.4.1.1 Limicoles

Selon Brousseau (1981), le site de Maizerets accueille 24% de la population totale de limicoles recensés dans la grande région de Québec, soit de Québec à Montmagny. De plus, selon cet auteur, on y observe la plus forte abondance linéaire (6 869 oiseaux/km) de la région.

Le bécasseau semi-palmé constitue sans contredit l'espèce la plus abondante puisque les totaux enregistrés lors de la pointe d'abondance de cette espèce atteignent facilement 10 000 individus pour l'ensemble des battures, ce qui représente plus de 95% des oiseaux de rivage qui y font halte à l'automne.

Le petit chevalier à pattes jaunes représente l'espèce la plus nombreuse après le bécasseau semi-palmé, avec des effectifs qui atteignaient 600 individus en 1980 (Brousseau, 1981). Les autres espèces co-dominantes de limicoles sont le bécasseau minuscule, le bécasseau sanderling, le grand chevalier à pattes jaunes, le pluvier argenté et le pluvier à collier. Au cours de leur passage, ces espèces peuvent avoir

une importance numérique respective s'élevant à plusieurs centaines d'individus. En tout, trente-trois espèces d'oiseaux de rivage peuvent être observées sur les battures de Beauport.

Le tableau 3.10 présente les résultats d'inventaires de limicoles réalisés dans le territoire à l'étude en 1980 et en 1982. Bien que limitées, notamment en ce qui concerne l'inventaire tardif effectué en 1982, ces observations permettent tout de même d'apprécier l'importance et la diversité des oiseaux de rivage qui fréquentent les battures.

3.4.1.2 Anatidés et laridés

Il est possible d'observer une trentaine d'espèces d'anatidés sur les battures de Beauport (C.O.Q., 1979). Les plus abondantes sont les grands et petits morillons, le canard noir, la Bernache du Canada, le canard malard, le canard pilet, le garrot commun, le bec-scie commun, le bec-scie à poitrine rousse, la sarcelle à ailes bleues et la sarcelle à ailes vertes. Quant aux laridés, les espèces les plus communes sont le goéland argenté, le goéland à bec cerclé et le goéland à manteau noir.

Le tableau 3.11, obtenu à partir de données du Service Canadien de la Faune datant de 1976 (Gauthier et Lehoux, 1978), présente une estimation de l'utilisation des battures de Beauport (entre l'embouchure de la rivière Saint-Charles et le pont de l'Ile d'Orléans) et de l'ensemble de la région de Québec par la sauvagine et les laridés. Ces résultats met-

TABLEAU 3.10: RESULTATS D'INVENTAIRES DE LIMICOLES REALISES DANS
LE TERRITOIRE A L'ETUDE EN 1980 ET EN 1982

ESPECES	PERIODES D'OBSERVATION	
	10-08-80	28-08-82
Pluvier à collier	11	1
Pluvier kildir	5	1
Pluvier argenté	12	
Pluvier à ventre noir		2
Tourne-pierre roux	5	
Maubèche branle-queue	30	1
Chevalier solitaire		1
Petit chevalier à pattes jaunes	35	6
Grand chevalier à pattes jaunes	7	7
Bécasseau à poitrine cendrée		1
Bécasseau minuscule	10	15
Bécasseau semi-palmé	9 500	97
Bécasseau sanderling		4
Bécasseau roux	2	
Bécasseau sp.		1 350

Sources: 1980 - Brousseau (1981);
1982 - Roche associés ltée

TABLEAU 3.11: UTILISATION DES BATTURES DE BEAUPORT ET DE L'ENSEMBLE DE LA REGION DE QUEBEC PAR LA SAUVAGINE ET LES LARIDES*

	BATTURES DE BEAUPORT	ABONDANCE ABSOLUE (OIS.-JOUR X 1 000)		ABONDANCE RELATIVE (OIS.-JOUR X km x 1 000)	
		REGION DE QUEBEC	POURCENTAGE	BATTURES DE BEAUPORT	REGION DE QUEBEC
<u>PRINTEMPS</u>					
Grande Oie blanche	14,1	1 114,3	1,3	1,7	12,3
Bernache du Canada	18,3	105,5	17,3	2,2	1,2
Canards barboteurs	0,0	128,9	0,0	0,0	1,4
Canards plongeurs	20,8	233,6	8,9	2,5	2,6
Laridés	1,7	5,0	34,0	0,2	0,1
<u>AUTOMNE</u>					
Grande Oie blanche	0,0	0,0	-	0,0	0,0
Bernache du Canada	0,0	0,0	-	0,0	0,0
Canards barboteurs	28,2	159,5	17,7	3,4	1,8
Canards plongeurs	64,7	283,3	22,8	7,8	3,1
Laridés	39,0	127,4	30,6	4,7	1,4

* L'ensemble de la région de Québec comprend la rive nord du fleuve entre Neuville et la rivière Sainte-Anne ainsi que la rive nord de l'île d'Orléans, ce qui représente 90,8 km. Les battures de Beauport occupent ici 8,3 km, soit 9,1% de l'ensemble de la région.

Source: S.C.F. (1976) in Gauthier et Lehoux (1978).

tent en évidence l'importance de la région à l'étude lors des migrations puisque, tout en occupant seulement 9,1% des berges de la rive nord de la région métropolitaine de Québec, les battures accueillent au printemps 34,0% des laridés et 17,3% des Bernaches du Canada de passage dans la région. A l'automne, on y retrouve 17,7% des canards barboteurs, 22,8% des canards plongeurs et 30,6% des laridés en migration. Dans chacun des cas, les battures présentent une densité d'oiseaux (abondance relative) deux fois supérieure à celle qui caractérise l'ensemble de la région.

Dans le cadre des dénombrements réalisés pour les fins de la présente étude, les nombres maximums de canards barboteurs observés à l'automne et au printemps sur les battures (entre l'embouchure de la rivière Saint-Charles et celle de la rivière Beauport) ont été respectivement de 118 et de 43. Aucun canard plongeur n'a été observé à l'automne alors qu'au printemps le nombre maximum a été de 602. Les Grandes Oies blanches ont été absentes du territoire à l'étude durant les deux périodes d'observation et, au printemps, le nombre maximum de Bernaches du Canada s'est élevé à 138.

3.4.2 Utilisation du milieu par la faune avienne

Dans le but d'étayer les informations en provenance du C.O.Q. et du S.C.F., l'étude de l'utilisation du milieu par la faune avienne a donné lieu à deux types de relevés sur le terrain au cours de l'automne 1982 et du printemps 1983. Le premier a consisté en des inventaires détaillés permettant de dénombrer et de localiser tous les oiseaux présents à l'automne et

au printemps. D'autre part, des contenus stomacaux et des prélèvements de benthos ont été analysés dans le but d'établir une relation entre les ressources disponibles dans le milieu et l'utilisation qui en est faite par le bécasseau semi-palmé à l'automne.

3.4.2.1 Méthodologie

A- Inventaire

Les inventaires ont été réalisés à partir de la berge à l'aide de jumelles et d'un télescope. Suivant une méthode utilisée par le S.C.F., les oiseaux ou les groupes d'oiseaux ont été identifiés, dénombrés et localisés sur une carte de la zone à l'étude (1: 15 000). Le comportement des oiseaux a été noté (alimentation, repos, soin, agression, etc.) ainsi que toutes les informations concernant les facteurs de dérangement (présence de planches à voile, d'observateurs, etc.).

Au cours de l'automne, cinq inventaires ont été réalisés (28-8, 11-9, 17-9, 24-9 et 20-10) et lors des deux premières visites, plusieurs passes successives ont permis de localiser les oiseaux à différentes phases de la marée. Cette façon de procéder s'est avérée d'autant plus intéressante que les principales espèces présentes, les limicoles, forment des groupes serrés et très mobiles qui réagissent continuellement aux dérangements et aux changements de la marée. A l'automne, les phases de la marée ont donc été définies comme suit:

Basse: B-1 h à B+1 h
 Montante: B+1 h à H-1 h
 Haute: H-1 h à H+1 h
 Baissante: H+1 h à B-1 h

Au printemps, six inventaires ont été réalisés (21-4, 27-4, 3-5, 6-5, 12-5, 16-5). Il est apparu que, contrairement à l'automne, les oiseaux étaient très stables au cours du cycle de marée ainsi que d'une visite à l'autre. Cette stabilité est probablement due au fait qu'on observe beaucoup moins de dérangements au printemps (planche à voile, activités de plage, navigation de plaisance, chasse) et qu'on ne retrouve pas, comme à l'automne, d'espèces aussi mobiles que les limicoles. Par ailleurs, comme le niveau moyen du fleuve est sensiblement plus élevé au printemps, les marées basses de vive-eau ne découvrent pas autant ni aussi longtemps les battures qu'à l'automne, réduisant la longueur des périodes baissantes ou montantes.

Pour ces raisons et afin de simplifier la présentation des résultats, au printemps, les phases de la marée ont été définies d'une façon plus générale qu'à l'automne, c'est-à-dire:

Basse: B-2,5 h à B+2,5 h

Haute: B+2,5 h à B-2,5 h

B- Contenus stomacaux

Au cours de l'automne, trente spécimens de bécasseau semi-palmé ont été prélevés sur les battures de Beauport, dans une zone où cette espèce avait été fréquemment observée au cours des inventaires. Les oiseaux ont été prélevés peu après une marée haute, alors qu'ils recommençaient à s'alimenter suite à une période de repos. Ils ont été abattus à l'aide d'un

fusil de calibre 12 en 4 prélèvements effectués à quelques minutes d'intervalle. Une solution de formol 10% était aussitôt introduite dans le tube digestif des oiseaux pour éviter toute digestion post-mortem. Au laboratoire, les tubes digestifs ont été isolés et placés dans une solution d'alcool à 70%.

L'étude des contenus stomacaux a été réalisée à la loupe binoculaire. Lorsque le permettait l'état des proies, l'identification taxonomique fut poussée jusqu'au genre. Un dénombrement fut également réalisé. Les résultats sont exprimés selon la méthode des nombres (pourcentage d'un type de proie sur le nombre total de proies ingérées), celle des poids moyens (une estimation du poids moyen de chaque type de proie permet de pondérer les résultats issus de la méthode des nombres) et celle de la fréquence d'occurrence (le pourcentage d'estomacs où chaque type de proie a été observé sur le nombre total d'estomacs).

A chacun des 4 sites où les oiseaux ont été capturés, 3 échantillons du substrat ont été recueillis dont 2 pour l'analyse des organismes benthiques et 1 pour une analyse granulométrique des sédiments. Les échantillons occupaient un volume de 25 cm x 25 cm x 3 cm et étaient récoltés à l'aide d'un emporte-pièce lancé au hasard dans un rayon de quelques mètres autour du point d'abattage. Les méthodes de récolte, de conservation, de tamisage et d'analyse sont présentées en détail à la section 3.2 traitant de la faune benthique.

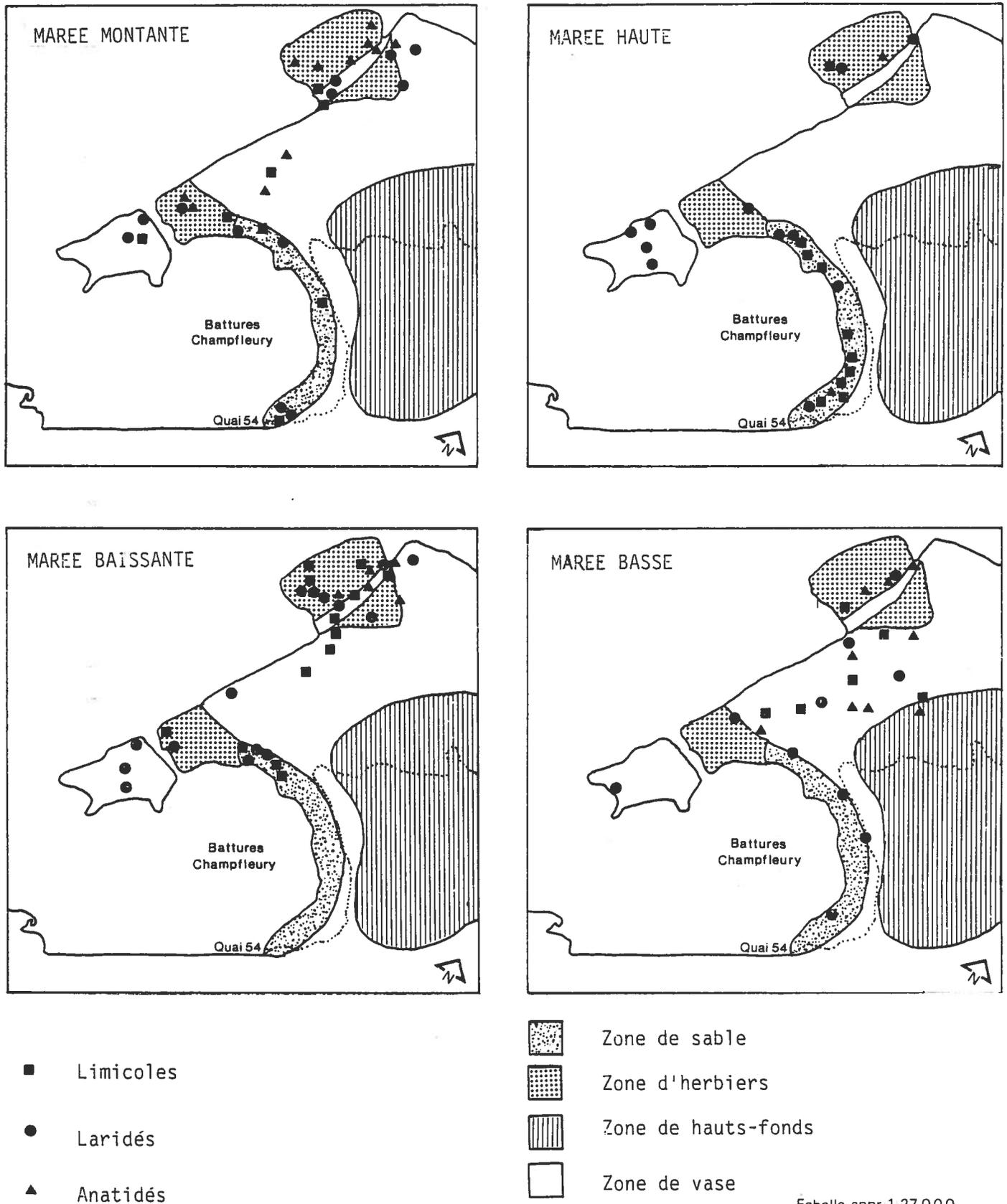
3.4.2.2 Utilisation des différents habitats

Les battures de Beauport sont généralement plus importantes pour la faune avienne au cours des migrations automnale et printanière qu'en toute autre période de l'année. L'utilisation du milieu par les oiseaux se définit alors principalement en termes d'alimentation et de repos. En effet, bien que plusieurs espèces d'oiseaux aquatiques nichent dans la région de Québec, le secteur à l'étude, entre l'embouchure de la rivière Saint-Charles et celle de la rivière Beauport, n'est vraisemblablement pas utilisé pour la reproduction puisque la limite des hautes eaux atteint les digues et les remblais actuels.

Certaines zones ou portions des battures peuvent donc être affectées à l'alimentation et/ou au repos selon les espèces, les phases de la marée, le type de substrat ou la saison. Les figures 3.2 et 3.3 présentent d'une manière schématique les résultats des inventaires réalisés à l'automne 1982 et au printemps 1983 sur les battures de Beauport. Elles fournissent la localisation des principales bandes d'oiseaux en fonction des phases de la marée et de la répartition générale des types d'habitats qui se retrouvent dans la zone d'étude.

Il faut souligner que, contrairement à l'automne, les oiseaux observés au printemps étaient pour la plupart dispersés en petits groupes de quelques individus. Comme il était pratiquement impossible de dénombrer et de localiser chacun de ces petits groupes, la figure 3.3 présente les périmètres à l'intérieur desquels plusieurs petits groupes d'oiseaux ont été dénombrés.

Localisation des oiseaux à l'automne, en fonction des phases de la marée

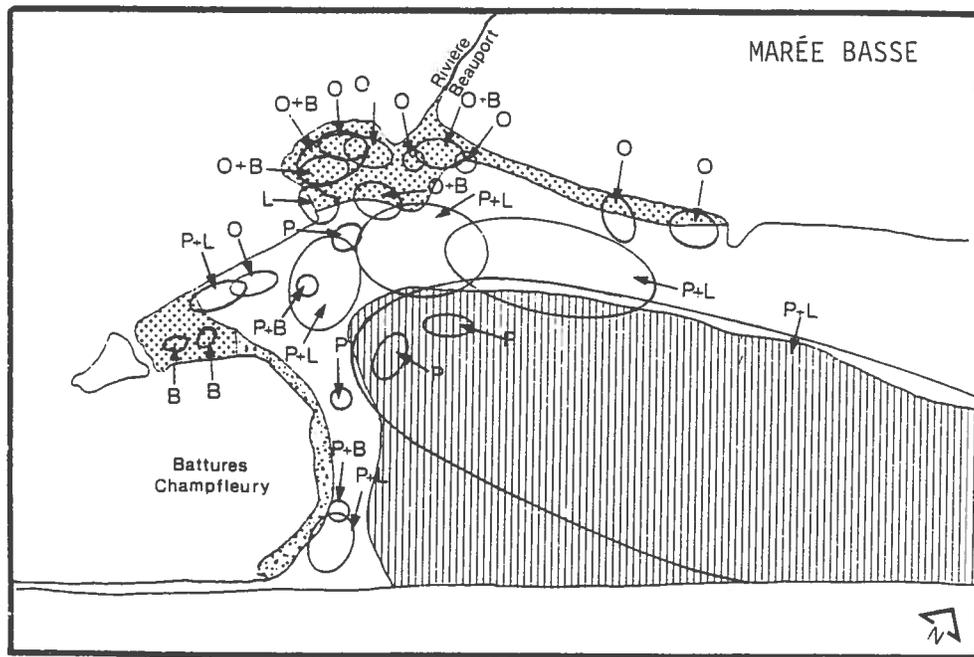
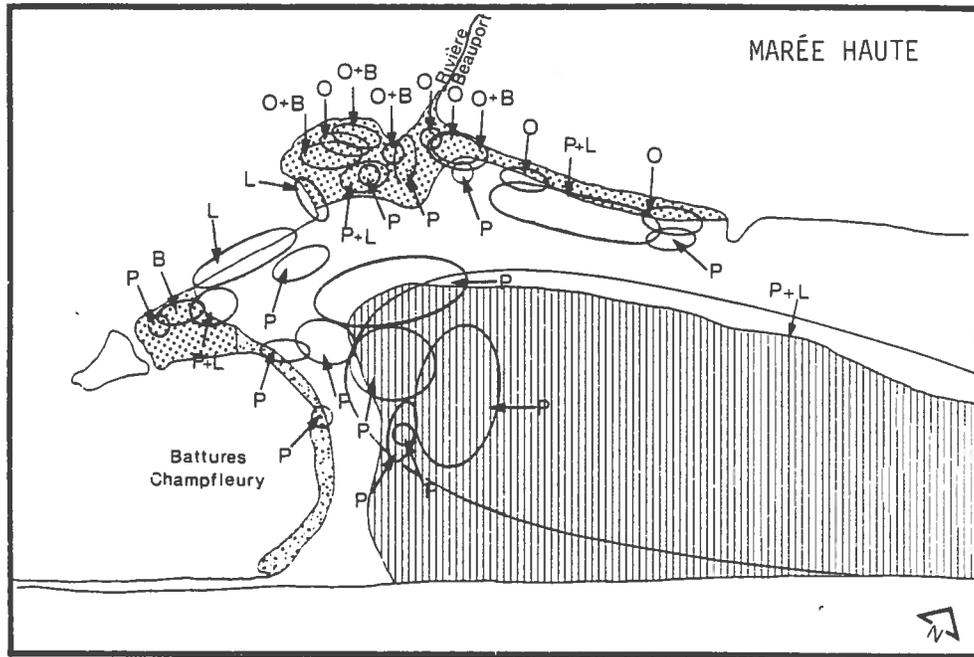


Echelle appr 1 27 000

* Tous les groupes d'oiseaux observés au cours des inventaires réalisés les 28-8, 11-9, 17-9, 24-9 et 20-10 ont été cartographiés. Les groupes de limicoles, de laridés et d'anatidés comptent respectivement plus de 5, 20 et 2 individus. Les phases de la marée sont définies dans la section méthodologie.

Figure 3.2

Localisation des oiseaux au printemps, en fonction des phases de la marée



- B Barboteurs
- O Oies
- P Plongeurs
- L Laridés

-  Zone de sable
-  Zone d'herbiers
-  Zone de hauts-fonds
-  Zone de vase

Échelle appr: 1:32 000

* Tous les groupes d'oiseaux observés au cours des inventaires réalisés au printemps ont été cartographiés. Les phases de la marée sont définies dans la section méthodologie.

Figure 3.3

Les tableaux 3.12 et 3.13 présentent les types de comportements qui caractérisaient les groupes d'oiseaux à l'automne 1982 et au printemps 1983, en fonction des phases de la marée et des types de milieu. Il faut noter que ces résultats correspondent directement à ceux présentés aux figures 3.2 et 3.3 puisque comme pour ces dernières, tous les résultats des inventaires réalisés au cours d'une même saison sont regroupés en fonction des phases de la marée et des types d'habitat. Les nombres totaux qui apparaissent dans ces tableaux n'ont qu'une valeur indicative; ils permettent de mieux apprécier les valeurs exprimées sous forme de pourcentage. En ce qui concerne les comportements qui sont notés "autres", à l'automne, il s'agit pour la plupart d'oiseaux observés au vol alors qu'au printemps, il s'agit surtout d'oiseaux posés sur l'eau ou qui nagent sans s'alimenter.

En ce qui a trait aux dérangements, au cours de chacun des inventaires effectués à l'automne, on a noté la présence de véliplanchistes qui, par leurs activités, affectaient une partie de la plage de sable ainsi que la zone de hauts-fonds. A certains moments, on a pu dénombrer jusqu'à soixante planches à voile dans la zone à l'étude. Cette activité constitue donc de loin le dérangement le plus important observé au cours des relevés. Par ailleurs, la présence de chasseurs a été notée à quelques reprises sur les battures, dans les zones de végétation. Toutefois, les effets de ce type de dérangement sont relativement ponctuels dans le temps et dans l'espace et ils n'affectent pas réellement l'ensemble des résultats. Enfin, plusieurs observateurs d'oiseaux ont été notés sur les berges et leurs effets sont des moins impor-

TABLEAU 3.12 COMPORTEMENT DES OISEAUX À L'AUTOMNE 1982, EN FONCTION DES PHASES DE LA MARÉE ET DES TYPES DE MILIEU

	MARÉE MONTANTE			MARÉE HAUTE			MARÉE BAISSANTE			MARÉE BASSE		
	Alimen- tation	Repos	Autres									
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
LIMICOLES	(nb:799)			(nb:1240)			(nb:1730)			(nb:1546)		
- Zone de sable	3	-	-	32	59	8	10	16	17	-	-	-
- Zone d'herbiers	14	-	-	-	-	1	1	-	10	-	-	-
- Zone de vase	19	-	64	-	-	-	26	-	20	76	-	24
BARBOTEURS	(nb:163)			(nb:17)			(nb:136)			(nb:94)		
- Zone de sable	-	-	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-
- Zone d'herbiers	9	9	38	41	47	-	24	16	50	3	7	16
- Zone de vase	-	-	44	-	-	-	4	-	6	39	31	4
LARIDÉS	(nb:1729)			(nb:2700)			(nb:2268)			(nb:1735)		
- Zone de sable	2	15	11	-	15	13	-	4	18	4	-	16
- Zone d'herbiers	-	16	-	-	30	-	-	12	5	1	-	1
- Zone de vase	4	21	31	2	38	2	1	20	40	40	18	20

TABLEAU 3.13 COMPORTEMENT DES OISEAUX AU PRINTEMPS 1983, EN FONCTION DES PHASES DE LA MARÉE ET DES TYPES DE MILIEU

	MARÉE HAUTE			MARÉE BASSE		
	Alimentation %	Repos %	Autres %	Alimentation %	Repos %	Autres %
BARBOTEURS	(nb:35)			(nb:77)		
- Zone de vase	3	-	-	8	3	1
- Zone d'herbiers	9	77	11	66	17	5
OIES	(nb:211)			(nb:348)		
- Zone de vase	-	-	-	1	-	-
- Zone d'herbiers	10	75	15	74	20	5
PLONGEURS	(nb:820)			(nb:1310)		
- Zone de vase	8	8	16	8	28	15
- Zone d'herbiers	2	2	4	-	-	-
- Zone de sable	1	1	1	-	-	-
- Zone de hauts-fonds	15	15	27	7	27	15
LARIDÉS*	20	55	25	25	45	30

* Les laridés ont été observés dans tous les milieux, y compris les milieux terrestres. Toutefois, à la lumière des informations obtenues à l'automne et compte tenu des exigences relativement restreintes de ces oiseaux à l'égard du milieu naturel proprement dit, il est apparu peu opportun de détailler davantage leur comportement au printemps.

tants étant donné l'objectif de leur présence sur les battures. Il faut noter qu'au printemps, en dehors de quelques observateurs et de quelques planches à voile, peu de dérangements ont été enregistrés au cours des visites effectuées sur les battures.

A) Laridés

La plupart des espèces de laridés sont présentes sur les battures de Beauport tout au long de l'année, mais tout particulièrement lors des migrations automnales.

Les résultats des observations effectuées dans le cadre de la présente étude ont permis de confirmer que, dans un contexte urbain, les comportements des laridés semblent autant reliés aux activités humaines environnantes qu'à des exigences écologiques particulières à l'égard du milieu naturel. Ainsi, à des fins d'alimentation ou de repos, ils utilisent aussi bien tous les types d'habitats présents sur les battures que les milieux terrestres adjacents (dignes, remblais, péninsule existante, effluent d'égout, stationnements, restaurants, etc.).

B) Canards barboteurs

Les inventaires réalisés dans la zone à l'étude ont permis d'identifier plusieurs espèces de canards barboteurs: le canard noir, le canard malard, le canard pilet, la sarcelle à ailes vertes et la sarcelle à ailes bleues.

Les résultats des relevés effectués à l'automne 1982 indiquent que les canards barboteurs utilisent, à des fins d'alimentation et de repos, les zones de végétation du rentrant nord-ouest au montant, au baissant ainsi qu'à marée haute. A marée basse, ils étendent leur utilisation du milieu à la zone de vase et ils y exploitent les plantes aquatiques qui recouvrent cette zone çà et là.

Au printemps, les canards barboteurs sont beaucoup moins mobiles qu'à l'automne. Ils se concentrent principalement dans les zones d'herbiers du rentrant nord-ouest et ils s'y alimentent le temps durant lequel la zone leur est rendue accessible par la marée basse. A marée haute, ils demeurent dans cette zone ou se déplacent un peu à l'est.

Au cours de l'automne 1982 et du printemps 1983, les relevés n'ont pas mis en évidence une utilisation forte du rentrant sud-ouest par les canards barboteurs, en dépit de la présence d'herbiers dans cette zone.

C) Oies

Au cours des relevés effectués à l'automne 1982 et au printemps 1983, la Grande Oie blanche n'a pas été aperçue sur les battures de Beauport. Quant à la Bernache du Canada, elle a séjourné sur les battures tout au long de la période couverte par les inventaires printaniers.

A marée haute comme à marée basse, les oiseaux se sont concentrés dans la zone d'herbiers située dans le rentrant nord-ouest ainsi que le long des berges à l'est de ce rentrant. Comme dans le cas des canards barboteurs, le rentrant sud-ouest n'a pratiquement pas été utilisé par la Bernache du Canada au cours du printemps 1983. Cette absence est probablement reliée au très faible pourcentage de couverture du scirpe américain dans ce rentrant.

D) Canards plongeurs

Au cours de l'automne 1982, aucun canard plongeur n'a été identifié dans la zone à l'étude et ce, en dépit du fait que les inventaires se soient poursuivis jusqu'en date du 20 octobre. Cette date correspond au sommet de la migration des canards plongeurs dans la région de Québec.

Cette absence des canards plongeurs dans la zone d'étude est sûrement liée aux dérangements continuels qui sont occasionnés par les véliplanchistes. En effet, à chacune des visites automnales, même les plus tardives, plusieurs planches à voile ont été notées dans la zone de hauts-fonds qui fait face aux battures. Les oiseaux sont probablement repoussés vers l'est, dans le chenal nord de l'île d'Orléans.

Les relevés effectués au printemps 1983 ont permis de dénombrer un grand nombre de canards plongeurs dans la zone d'étude (grand et petit morillon, bec-scie commun, garrot commun). Les résultats indiquent que les oiseaux utilisent tous les milieux présents mais qu'ils sont surtout concentrés dans la zone de hauts-fonds et dans la zone de vase. Ils s'alimentent principalement au moment de la marée haute. Il

faut noter que les canards plongeurs ont été les seuls oiseaux à utiliser régulièrement le rentrant sud-ouest à marée haute.

E) Limicoles

- Utilisation du milieu

Les limicoles ne séjournent sur les battures de Beauport qu'au cours de leur migration automnale. La migration printanière de la plupart des espèces s'effectue par un corridor situé plus à l'ouest.

D'après Morrison et Harrington (1979), l'abondance des ressources alimentaires et la présence d'aires de repos sont les facteurs importants qui conditionnent la distribution des oiseaux de rivage.

Recher (1966) estime, quant à lui, que l'abondance et la diversité des oiseaux de rivage sont déterminées avant tout par la disponibilité des aires d'alimentation et par la diversité des habitats plutôt que par la densité des organismes-proies, qui sont généralement surabondants. En ce qui concerne les battures de Beauport, il apparaît clairement que les conditions qui y sont offertes sont excellentes sous tous les rapports puisqu'on y retrouve des concentrations remarquablement élevées de limicoles.

D'une manière générale, les observations effectuées à l'automne 1982 indiquent que la plupart des oiseaux occupent les zones vaseuses à partir du moment où elles sont découvertes par la marée baissante. Ils y trouvent en abondance les organismes benthiques dont ils s'alimentent. A marée haute, ils se réfugient au niveau supérieur de la zone sableuse qui borde l'extrémité de la péninsule existante. Ce patron comportemental est approximativement suivi par la plupart des espèces de limicoles. Toutefois, il faut noter que certaines espèces utilisent également les chenaux, les zones herbacées, les hauts-fonds ou la zone sableuse pour s'alimenter.

- Diète des bécasseaux semi-palmés

Le bécasseau semi-palmé constitue environ 90% des effectifs de limicoles fréquentant les battures de Beauport et, pour cette raison, il est apparu important d'examiner la composition de son régime alimentaire.

Les résultats de l'analyse des contenus stomacaux sont présentés au tableau 3.14. Ces résultats indiquent qu'au moment de leur capture, les oiseaux avaient une nette préférence pour les larves de chironomidés et, plus spécialement, pour celles du genre Chironomus, qui se retrouvent dans tous les estomacs étudiés et qui constituent en moyenne 80% des organismes prélevés par les oiseaux, que ce soit en nombre ou en poids. Les graines de Najas flexilis semblent également importantes dans la diète du bécasseau semi-palmé puisqu'on a retrouvé jusqu'à 65 de ces graines dans un seul estomac. Tous les autres organismes identifiés dans les contenus sto-

TABLEAU 3.14: DESCRIPTION DES CONTENUS STOMACAUX DE BECASSEaux SEMI-PALMES

	NOMBRE MOYEN (n=30)	NOMBRE MAXIMUM DANS UN ESTOMAC	POURCENTAGE(1) (%)	FREQUENCE D'OCCURRENCE(2) (%)	POIDS MOYEN(3) (%)
Nematoda	0,1	2	<0,1	10	-
Oligochaeta	1,0	7	0,7	30	<0,1
Amphipoda Gammaridae <u>Gammarus</u>	0,6	6	0,4	27	0,1
Diptera Chironomidae	12,3	42	8,8	100	
<u>Chironomus</u>	111,4	225	80,0	100	
<u>Procladius</u>	5,9	15	4,2	90	
<u>Cryptochironomus</u>	0,2	2	0,1	17	
TOTAL Chironomidae	129,8	264	93,1	100	87,7
Hirudinea Glossiphonidae	0,3	3	0,2	17	-
Hydracharina	0,5	5	0,4	23	-
Gasteropoda	0,9	22	0,6	13	5,1
Pelecypoda	1,2	14	0,9	37	1,6
Graines de <u>Najas flexilis</u>	4,8	65	3,4	40	5,5

(1) Pourcentage d'un type de proie sur le nombre total de proies ingérées.

(2) Pourcentage d'estomacs où chaque type de proie a été observé sur le nombre total d'estomacs.

(3) Pourcentage du poids d'un type de proie sur le poids total constitué par l'ensemble des proies ingérées. Il est à souligner que certains organismes ne se retrouvent pas en nombre suffisant pour être pesés.

macaux ne semblent pas faire l'objet d'une prédation soutenue puisqu'ils ne se retrouvent qu'occasionnellement et en nombre très restreint. D'une manière générale, ces résultats corroborent ceux obtenus par Baker (1977) où plus de 50% de la diète des bécasseaux semi-palmés, dans leurs aires de nidification, était composée de larves de chironomidés.

Il faut noter que les 30 estomacs analysés présentaient très peu de variabilité dans la composition de leur contenu, ce qui est probablement relié au comportement grégaire de cette espèce de limicoles qui exploite le milieu en bandes très compactes.

Le tableau 3.15 présente les résultats de l'analyse de la faune benthique qui occupe les premiers centimètres de sédiments au site d'abattage des oiseaux. Ces résultats montrent que le peuplement benthique est largement dominé par les oligochètes et les pélécy-podes, accompagnés des diptères chironomidés et des gastéropodes. Tel que présenté dans la section 3.2.3.2, l'abondance des organismes et la composition du peuplement dans la zone où les oiseaux ont été observés et abattus est vraisemblablement reliée à la présence d'un effluent, localisé dans le rentrant nord-ouest, dont la charge en matériel organique est visiblement très élevée (égout sanitaire et pluvial). L'exploitation de cette zone par les oiseaux, autant limicoles que laridés, est donc peu surprenante.

TABLEAU 3.15: ABONDANCE RELATIVE MOYENNE DES ORGANISMES BENTHIQUES AUX SITES D'ABATTAGE DES OISEAUX

	NOMBRE MOYEN (ind./m ²) (n=8)	ECART-TYPE	POURCENTAGE
Nematoda	54,1	86,4	0,7
Oligochaeta	3 732,0	3 926,4	47,4
Amphipoda Gammaridae <u>Gammarus</u>	202,1	177,6	2,6
Diptera Chironomidae <u>Chironomus</u>	518,1	352,0	6,6
<u>Procladius</u>	392,0	163,2	5,0
<u>Cryptochironomus</u>	50,1	41,4	0,6
Ceratopogonidae	2,1	5,6	0,1
Hirudinea Glossiphonidae	28,0	43,2	0,4
Hydracharina	8,0	12,2	0,1
Gasteropoda Valvatidae	524,8	444,8	6,7
Viviparidae <u>Viviparus</u>	26,1	36,8	0,3
Physidae <u>Physa</u>	6,1	8,0	0,1
Amnicolidae	16,0	19,2	0,2
Planorbidae <u>Gyraulus</u>	8,0	14,4	0,1
Pelecypoda Sphaeridae <u>Pisidium</u>	2 300,8	1 171,2	29,2
<u>Sphaerium</u>	6,1	8,0	0,1

L'examen comparé des résultats des contenus stomacaux et du peuplement benthique semble démontrer une exploitation sélective du milieu par les oiseaux. Ceci s'explique d'une part par le comportement alimentaire de l'oiseau et d'autre part, par la distribution verticale des ressources qui occupent les battures. En effet, tout comme plusieurs oiseaux de rivage, le bécasseau semi-palmé localise visuellement les organismes ou les structures qu'il prélève dans le milieu (Recher, 1966; G. Michaud, comm. pers.). Ainsi, lorsque la marée découvre les battures, les larves de chironomidés se distinguent très facilement puisqu'elles "frétilent" dans le film d'eau qui recouvre le substrat alors que la majorité des autres organismes sont enfouis dans les sédiments. De cette façon, en dépit de leur proportion relativement faible dans le peuplement benthique, les chironomidés se retrouvent en grand nombre dans les contenus stomacaux.

Il faut bien noter que cette étude a été menée d'une manière ponctuelle et que, dans une zone adjacente, dans l'éventualité où un autre type de ressource aurait été davantage disponible et visible, les oiseaux auraient pu avoir une alimentation différente. Ainsi, dans une étude menée aux Iles-de-la-Madeleine (Doyon et al., 1976), les auteurs ont démontré que le bécasseau semi-palmé présentait un régime alimentaire varié, constitué de graines, de mollusques, de crustacés et d'insectes.

Il est bien évident que cette analyse de la diète du bécasseau semi-palmé ne constitue qu'une ébauche et qu'elle ne saurait être complète sans porter sur un plus grand nombre

d'oiseaux tout au long de leur séjour sur les battures. Toutefois, les renseignements recueillis permettent d'une part, de mettre en évidence le comportement alimentaire opportuniste du bécasseau semi-palmé et d'autre part, d'identifier quelques-uns des éléments qui occupent probablement une place importante dans le régime alimentaire de cet oiseau sur les battures de Beauport.

F) Synthèse

Le tableau 3.16 présente une synthèse de l'utilisation du milieu par la faune avienne.

3.4.3 Conclusions

En conclusion, il apparaît clairement que la diversité et l'abondance des oiseaux qui fréquentent les battures, ne sont pas étrangères à la variété des habitats qui la composent. En effet, les herbiers et les hauts-fonds accueillent au printemps et à l'automne une grande quantité d'anatidés alors que les zones vaseuses et sableuses sont d'un intérêt capital pour les limicoles lors de leur séjour automnal. Une perte d'habitat, quel qu'il soit, peut donc avoir pour conséquence directe un appauvrissement de la diversité ou une diminution de l'abondance de la faune avienne.

Au fil des ans, l'empiètement sur les battures a affecté les zones d'herbier d'une manière importante et, par conséquent, la faune avienne qui y était associée. Ainsi, dans son mémoire soumis aux audiences publiques sur le projet d'autorou-

TABEAU 3.16: SYNTHÈSE DE L'UTILISATION DES DIFFÉRENTS HABITATS PRÉSENTS DANS LA ZONE D'ÉTUDE PAR LES PRINCIPAUX GROUPES D'OISEAUX

	LARIDÉS	CANARDS BARBOTEURS	OIES	CANARDS PLONGEURS	LIMICOLES
HERBIERS A SAGITTAIRE, A ZIZANIE OU A SCIRPE (0,3 km ²)		A l'automne comme au printemps, les barboteurs utilisent les zones d'herbiers pour s'alimenter et pour se reposer, notamment la zone d'herbier du rentrant nord-ouest.	Les Bernaches du Canada occupent les zones d'herbiers du rentrant nord-ouest tout au long du printemps, à marée haute comme à marée basse.	Les zones d'herbiers sont utilisées occasionnellement par les canards plongeurs à marée haute, au printemps.	Lors du passage des limicoles à l'automne, ces zones sont relativement peu utilisées mais elles peuvent être importantes pour quelques espèces (grand et petit chevalier à pattes jaunes).
ZONE DE VASE (0,6 km ²)	La plupart des espèces de laridés sont présentes sur les battures tout au long de l'année mais, plus spécialement, lors des migrations automnales. Généralement opportunistes, elles exploitent tous les types d'habitats à des fins d'alimentation ou de repos.	A l'automne, les plantes aquatiques qui recouvrent la zone de vase sont exploitées par les canards barboteurs à marée basse.		Au printemps, les canards plongeurs occupent généralement toute la zone de hauts-fonds ainsi qu'une partie des zones de vase à marée haute. A l'automne, les dérangements occasionnés par la plunche à voile forcent généralement les canards plongeurs à utiliser d'autres secteurs que ceux situés dans la zone à l'étude.	Lors du passage des limicoles à l'automne, plusieurs espèces utilisent ces zones pour s'alimenter à marée basse.
ZONE DE HAUTS-FONDS					Lors du passage des limicoles à l'automne, certaines espèces (phalaropes) utilisent ces zones pour s'alimenter.
ZONE DE SABLE (0,1 km ²)				La zone de sable est occasionnellement utilisée par les canards plongeurs à marée haute au printemps.	A marée haute, les zones de sable constituent des aires de repos pour les limicoles en migration à l'automne. Certaines espèces (bécasseau sanderling) utilisent ces zones pour s'alimenter.

te 440 sur les battures de Beauport, Environnement Canada estime qu'entre 1969 et 1977, les effectifs d'oiseaux (Grande Oie blanche, Bernache du Canada et canard noir) fréquentant les battures ont diminué de plus de 80% alors qu'on enregistrait parallèlement une perte de 42% de l'habitat herbacé suite aux divers remblayages*.

* Il faut noter que ces estimations ne peuvent être ni confirmées, ni infirmées par les informations en provenance du Club des Ornithologues du Québec car le biais relié à la fréquence et à la qualité des observations au cours des années est trop important.



4.0 POTENTIEL D'EPURATION

Mondialement, la distribution des grands centres urbains et des complexes industriels se limite généralement à la bordure des principaux cours d'eau, des estuaires et des côtes océaniques. Les résidus déversés par ces centres et complexes sont généralement dispersés, atténuant les effets souvent néfastes près de la source polluante. Dépendant de la nature chimique et de l'abondance des produits rejetés dans le milieu aquatique, la qualité du milieu peut être modifiée en aval de la source de rejet.

Avec le temps, ces rejets se sont accumulés et ont causé une détérioration importante de certains estuaires, notamment sur la côte est américaine. Cela a stimulé depuis les deux dernières décennies l'implantation d'usines d'épuration visant à réduire le niveau de pollution des cours d'eau récepteurs. A l'heure actuelle, la majorité des résidus, susceptibles de nuire à l'usage normal des ressources aquatiques, sont devenus techniquement contrôlables. Par conséquent, l'élimination de ces résidus n'est plus une question technologique mais plutôt économique. Ainsi, de par notre mode de vie, un certain degré de pollution est inévitable. Son importance dépend uniquement de nous. Mais, dans beaucoup de pays industrialisés, la notion de protection de l'environnement aquatique semble perçue comme un frein à un développement économique efficace.

Heureusement, alors que l'intervention partielle de l'homme dans la réduction du niveau de pollution est très contemporaine, le milieu naturel a, depuis toujours, servi de tampon à des écarts aux conditions normales de l'environnement aquatique. Ce phénomène est communément appelé potentiel d'épuration naturelle d'un milieu aquatique.

Peu de travaux ont été orientés de façon à améliorer notre connaissance sur ce potentiel d'épuration. Les plus connus nous proviennent de la côte est américaine et, plus particulièrement, des zones estuariennes débouchant sur l'Atlantique. Ces différents travaux seront cités tout au long du présent chapitre. Pour l'instant, il est clair qu'une détermination quantitative du potentiel d'épuration naturelle d'une zone bien déterminée nécessite des sondages très élaborés et ce, sur une très longue période de temps, de façon à couvrir toute les fréquences possibles d'épuration. A titre d'exemple, citons les travaux de Nixon et Oviatt (1973) qui ont nécessité douze années de recherches sur le terrain.

Dans les cours d'eau, il y a deux formes principales d'épuration naturelle soit: l'auto-épuration de l'eau (la capacité d'une masse d'eau à améliorer d'elle-même sa qualité physico-chimique) et l'épuration naturelle de l'eau par la phase solide (la capacité d'un type de sédiment, de végétation et d'organismes, à améliorer la qualité des eaux environnantes). Dans le présent chapitre, nous tenterons de déterminer le potentiel auto-épurateur du fleuve Saint-Laurent et le potentiel épurateur des battures de Beauport. Ces deux types d'épuration sont difficilement dissociables mais, pour faci-

litér la compréhension, nous avons évalué séparément ces deux mécanismes. Chacun d'eux comportera à la fois une partie théorique introduisant les travaux les plus pertinents ainsi que les mécanismes suggérés, suivie d'une partie appliquée intégrant, à la zone d'étude proprement dite, les analyses que nous y avons effectuées ainsi que les grands courants de pensée sur le pouvoir épurateur énoncés dans la partie théorique.

Dans le cas précis des battures de Beauport, nous avons tenté de répondre aux questions suivantes: Les battures constituent-elles un piège pour la matière particulaire de diverses natures chimiques provenant des eaux du fleuve? Quelle est leur contribution dans la réduction de la concentration des éléments nutritifs des eaux du fleuve? Représentent-elles un siphon pour les métaux en trace? Assurent-elles une réoxygénation des eaux du fleuve Saint-Laurent?

4.1 METHODOLOGIE ET ZONE D'ETUDE CONSIDEREE

Puisqu'il était évidemment impossible d'orienter notre programme d'échantillonnage sur une très longue période de temps, nous avons récolté les variables les plus susceptibles de nous fournir une évaluation du potentiel épurateur selon notre échéancier expérimental. La méthodologie particulière à chaque variable est énoncée lorsque ladite variable intervient dans le présent chapitre.

Dans le cas du potentiel d'auto-épuration, la zone d'étude considérée correspond à l'ensemble de l'estuaire du Saint-Laurent, soit: l'estuaire supérieur, l'estuaire moyen et l'estuaire maritime.

La zone d'étude du potentiel épurateur des battures de Beauport comprend une superficie de 520 hectares soit la zone intertidale limitée à l'ouest par l'embouchure de la rivière Saint-Charles et à l'est par le pont de l'Ile d'Orléans.

4.2 POTENTIEL D'AUTO-EPURATION

Un des ouvrages de synthèse les plus complets sur le pouvoir d'auto-épuration de la colonne d'eau a été produit par Velz (1970). Cet auteur définit l'auto-épuration des eaux comme étant la capacité d'un cours d'eau d'assimiler des résidus ou polluants de façon à rétablir la qualité naturelle des eaux.

Evidemment, le pouvoir auto-épurateur varie avec chaque type de polluant mais, dans un but de simplification, on peut les regrouper en trois grandes classes de résidus: les produits chimiques inertes (minéral ou organique), les bactéries et la matière organique dégradable.

4.2.1 Substances inertes

Les produits chimiques inertes subissant peu ou pas de transformation se retrouvent sous forme dissoute, colloïdale et particulaire. La matière particulaire ainsi que la fraction colloïdale floculée sont éliminées de la colonne d'eau par

sédimentation le long d'un cours d'eau où la vitesse d'écoulement permet le dépôt. Pour ce qui est de la fraction dissoute, le principal facteur d'auto-épuration est la dilution. S'il n'y a qu'une source unique de polluants le long d'un cours d'eau, l'auto-épuration est fonction de l'écoulement et du mélange. Ainsi, dans le cas du déversement d'une substance inerte, il existe une relation linéaire entre la concentration de cette substance et la distance parcourue de la source ponctuelle de rejet. En réalité, le long d'un estuaire, il existe plusieurs sources de rejet produisant plusieurs pics d'abondance sur une courbe de concentration tracée en fonction de l'axe longitudinal d'un estuaire. Si, en plus, le milieu est sujet aux oscillations marégraphiques, on ne peut déterminer le temps de résidence d'un polluant à partir d'une mesure ponctuelle d'écoulement. On doit plutôt déterminer une vitesse résiduelle d'écoulement permettant de lisser l'effet des courants de marées montante et descendante.

Ainsi, dans le cas de substances chimiques inertes, les dangers de contamination environnementale sont atténués par l'effet de diffusion. Les conditions varient dans un cours d'eau selon le nombre de sources de rejet et selon son hydrodynamisme.

4.2.2 Microorganismes

Dans un cours d'eau recevant des rejets d'égouts domestiques contaminés par des microorganismes, l'auto-épuration est fonction de la dilution et de la température. Le facteur dilution agit sur les populations microbiennes en diminuant la concentration bactérienne. La loi de Chick (1808) (Velz, 1970) permet de modéliser une telle modification quant à l'abondance relative des bactéries:

$$\frac{dB}{dt} = kB_0$$

où B_0 = nombre de microorganismes dans la population initiale
 B = nombre résiduel
 t ou S = temps ou distance de la source
 k = constante de dilution

Cette relation produit une droite semi-logarithmique d'extinction de la population. En milieu naturel, on peut observer une déviation plus ou moins importante de cette droite due à un taux naturel de mortalité causée par des variations de la température, du pH, du taux de sédimentation et de la disponibilité des éléments nutritifs le long d'un cours d'eau.

La température constitue, selon Velz (1970), le deuxième facteur responsable de l'auto-épuration. A une augmentation de la température de l'eau correspond une augmentation de l'ac-

tivité biologique. Par contre, dans le cas de bactéries coliformes se retrouvant dans un cours d'eau où les caractéristiques physico-chimiques sont de moins bonne qualité que les conditions initiales de développement (par exemple: faible concentration en éléments nutritifs), une augmentation de la température correspond à une augmentation du taux de mortalité.

Par conséquent, l'auto-épuration de l'eau, quant à son contenu microbien, dépend à la fois de la dilution et des caractéristiques physico-chimiques du milieu d'observation.

4.2.3 Substances dégradables

Le troisième grand type de résidus rencontré dans les cours d'eau est la matière organique dégradable. Dans ce cas, l'auto-épuration est presque essentiellement due à un processus biochimique. Les bactéries aérobiques sont les plus grands consommateurs de cette matière organique non-vivante. Au cours du processus, elles oxydent les résidus organiques à l'aide de l'oxygène dissous puisé dans le milieu aquatique en vue d'augmenter leur biomasse et de produire du gaz carbonique. Evidemment, cette réaction est fonction de la disponibilité de l'oxygène dissous. La méthode classique pour déterminer le potentiel d'oxydation de la matière organique dégradable est la détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO_5) généralement réalisée in vitro durant 5 jours.

S'il advient un déficit en oxygène, la matière organique sera prise en charge par les microorganismes anaérobiques utilisant l'oxygène associé aux sulfates et aux nitrates. L'efficacité de la réaction sera moins grande qu'en milieu aérobie et il y aura production de soufre d'hydrogène, d'ammoniac et de méthane.

Alors que la demande en oxygène est un phénomène biologique, son réapprovisionnement dans un cours d'eau dépend des conditions physico-chimiques telles le potentiel de diffusion à l'interface eau-atmosphère. Ce potentiel de diffusion varie en fonction des facteurs hydrodynamiques et de la température de l'eau.

Il ne faut pas négliger l'aspect trophique de la transformation de la matière organique (Conover, 1978). Cette transformation constitue une variante de l'auto-épuration de la matière organique dans la colonne d'eau. Elle est réalisée via divers niveaux métaboliques de la chaîne alimentaire aquatique. Ainsi, plutôt que d'avoir une chaîne alimentaire fondée sur la productivité primaire et possédant différents niveaux trophiques, telle que définie par Lindeman (1942), il serait alors question d'un "detritus food chain" (Darnell, 1967). Cette auto-épuration trophique s'applique autant à la chaîne alimentaire pélagique que benthique.

4.3 LE CAS DE L'ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT

Une évaluation qualitative de l'auto-épuration des eaux de l'estuaire du Saint-Laurent nécessite une analyse très détaillée de tous les polluants rejetés dans les eaux, une étude systématique de toutes les sources ponctuelles de rejet, une analyse hydrodynamique intégrant également les variations saisonnières de l'écoulement des eaux de l'estuaire ainsi qu'une détermination de la fraction de l'auto-épuration réalisée uniquement par la colonne d'eau et non par transformation chimique au niveau des sédiments.

D'après les règles que nous venons d'énoncer, il appert qu'une évaluation de l'auto-épuration limitée à la zone d'intérêt de la présente étude, soit les eaux avoisinantes des battures de Beauport, ne fournit pas un portrait significatif de l'état véritable d'auto-épuration. En prenant le cas de l'auto-épuration par dilution, il faut comprendre que, de toute évidence, ce mécanisme nécessite l'étude d'une section longitudinale minimale pouvant s'étendre au-delà de la zone de Québec dans le cas de certains polluants. De plus, l'estuaire supérieur (secteur en amont de l'île d'Orléans) contient un nombre important de sources de rejet (I.N.R.S. - Eau, 1975; Gouin et Malo, 1977). Or, il n'est pas possible de suivre le processus auto-épuratoire de chacune d'entre elles, dû à l'addition de nouvelles sources contaminantes à l'aval de l'axe d'écoulement.

Ainsi, l'estuaire du Saint-Laurent sera divisé en trois tronçons principaux: l'estuaire supérieur (secteur amont de l'Île d'Orléans), l'estuaire moyen (entre l'Île d'Orléans et Tadoussac) et l'estuaire maritime (entre Tadoussac et Pointe des Monts). Cette nomenclature respecte les standards utilisés lors du Symposium sur l'Océanographie du Saint-Laurent (El-Sabh et al., 1979).

Ces tronçons estuariens reçoivent des quantités inégales de matières polluantes. Selon Gouin et Malo (1977) et Malo (1978a), l'estuaire supérieur reçoit les rejets d'un plus grand nombre d'émissaires domestiques industriels et pluviaux que les estuaires moyen et maritime. Le tableau 4.1 illustre bien cette disproportion en faisant apparaître l'estuaire supérieur comme étant le bassin de polluants le plus important. D'ailleurs, selon Malo (1978a), la qualité des eaux de l'estuaire moyen et, surtout, de l'estuaire maritime dépend davantage du débit massique de l'estuaire supérieur que de la contribution des émissaires situés en aval de l'Île d'Orléans.

Par conséquent, tout élément polluant de nature conservative suivra l'écoulement résiduel des eaux de l'estuaire dans l'axe amont-aval.

Dans l'estuaire maritime, l'eau douce, qui constitue un bon traceur (El-Sabh, 1979), est surtout limitée à la couche de surface à cause de la présence d'une couche d'eau sous-jacente d'origine principalement marine. Ainsi, El-Sabh (1979) estime que le temps de résidence d'un polluant dont le

che en sels nutritifs. Cette remontée est causée par une zone "d'upwelling" près du Saguenay (Steven, 1974) et par advection verticale (Sinclair et al., 1976). Drapeau (1980) suggère que la plus grande partie des sels nutritifs introduits dans le système estuaire-golfe provient des eaux océaniques profondes qui pénètrent par le détroit de Cabot pour remplacer les eaux qui sortent en surface. Selon Hassan (1975), le volume d'eaux profondes entraînées dans la couche de surface est 24 fois supérieur au volume d'eau douce introduit. Evidemment, ceci ne constitue qu'un ordre de grandeur pour l'ensemble du Saint-Laurent. Il n'en demeure pas moins une contribution importante dans la couche de surface d'éléments nutritifs provenant des eaux profondes.

Par conséquent, les teneurs élevées en azote et en phosphore mesurées en aval de Montmagny ne sont pas une indication du faible pouvoir auto-épurateur du Saint-Laurent mais plutôt une mesure de plusieurs apports potentiels dont l'enrichissement par remontée d'eau profonde serait le plus significatif.

Par ailleurs, la majeure partie de ces éléments nutritifs sont transformés chimiquement grâce à l'assimilation par le phytoplancton en période de croissance. Cette transformation constitue la base de notre chaîne alimentaire marine et assure la survie des différents niveaux trophiques du biotope aquatique du Saint-Laurent.

Pour terminer, mentionnons que la concentration des éléments nutritifs varie en plus selon un mode spatio-temporel. Ainsi, Coote et Yeats (1979) démontrent que la concentration des

nitrate ne dépasse pas 1 $\mu\text{g}/\text{l}$ dans la zone euphotique du golfe Saint-Laurent durant la période estivale. Ceci signifie que l'écoulement résiduel estuarien et l'advection verticale ne permettent même pas d'assurer un apport suffisant à la production primaire. Ceci a déjà été observé par Steven (1974) qui qualifie la production primaire estivale du golfe comme étant limitée par la disponibilité des sels nutritifs.

La turbidité et les solides en suspension constituent les deux autres variables jugées polluantes pour les eaux de l'estuaire en aval de Montmagny (Malo, 1978b). D'après Sinclair (1977), les eaux de l'estuaire maritime sont trop turbides pour permettre une floraison phytoplanctonique printanière. Selon ce même auteur, cette turbidité est causée par la crue printanière qui charrie beaucoup de matériaux de drainage. A la fin de juin, la qualité de la transparence de l'eau redevient adéquate pour initier la phase exponentielle de la floraison printanière.

Par ailleurs, une mission océanographique réalisée dans le Saint-Laurent entre l'embouchure du Saguenay et le détroit de Cabot en août 1982 a montré que la concentration de solides en suspension était, à ce moment, inférieure à 1 mg/l et que la majorité des particules étaient de taille inférieure à 2 μm (Couture, comm. pers.; Univ. McGill). Ceci confirme que les grosses particules se sont déjà déposées sur le fond ne laissant dans la colonne d'eau qu'une faible charge de suspensoides. Evidemment, ce patron de distribution peut varier dans l'espace et dans le temps mais la période de fluctuation se confine à un cycle annuel.

C'est dans l'estuaire moyen que l'on observe une zone de turbidité maximum (Kranck, 1979). A cause de ses caractéristiques bathymétriques et hydrodynamiques, l'estuaire moyen constitue la zone principale de sédimentation et de resuspension de l'estuaire.

Il est donc plausible de suggérer que la turbidité et la concentration de suspensoides sont sujettes à des fluctuations spatio-temporelles et que leur présence au niveau de l'estuaire maritime ne peut être attribuée uniquement à la présence des émissaires polluants de l'estuaire supérieur.

En conclusion, l'auto-épuration des eaux de l'estuaire Saint-Laurent semble être démontrée. Les eaux polluées de l'estuaire supérieur sont épurées, soit par transformation dans la colonne d'eau, soit au niveau de la couche sédimentaire, le long de leur écoulement résiduel dans les estuaires moyen et maritime. Cependant, certaines questions restent encore en suspens: l'estuaire ne sera-t-il pas bientôt saturé de certains polluants, ne pouvant alors remplir son rôle auto-épurateur? Quel est le devenir à long terme de ces polluants? Est-ce que l'approche ponctuelle de prélèvement d'échantillons produit une image réelle de l'épuration? Nous sommes encore loin d'une réponse finale à ces questions mais l'information cumulée sur l'océanographie du Saint-Laurent depuis la dernière décennie contribue à l'amélioration de nos connaissances.

4.4 POTENTIEL D'ÉPURATION DES MARAIS

Dans la section précédente, nous avons fait ressortir les points saillants de l'auto-épuration de la colonne d'eau. De plus, nous avons à quelques reprises fait allusion à la disparition de certains polluants via la couche sédimentaire. De par ces implications dans ce rapport, ce deuxième aspect se doit d'être qualifié et quantifié dans un cadre plus élaboré. Ainsi, nous tenterons dans les paragraphes suivants de mieux circonscrire la question de l'épuration des eaux à l'interface eau-sédiment. Une attention particulière sera portée à la compréhension des mécanismes d'épuration de la zone intertidale et de drainage, communément appelée marais ou batture.

4.4.1 Nomenclature

Pour mieux se situer, on peut qualifier un marais ou une batture comme une zone tampon entre un écosystème aquatique et un écosystème terrestre. En milieu marin ou saumâtre, ces espaces inondés sont communément appelés marais salants alors qu'en milieu d'eau douce, on utilise les expressions marais d'eau douce, battures ou terres humides ("freshwater wetlands"). L'une des principales caractéristiques de ces milieux est de contenir une abondante flore vasculaire adaptée à diverses fréquences d'inondation. En milieu marin, ces fréquences d'inondation sont presque exclusivement contrôlées par l'oscillation marégraphique. En milieu d'eau douce, le niveau des eaux est régi par les fluctuations du ruissellement ou par des variations du niveau de l'eau là où l'incur-sion marégraphique se fait toujours sentir.

La majorité des travaux réalisés à ce jour se sont principalement attardés à décrire les marais de type salant situés sur la côte ouest de l'Atlantique Nord. Parmi les principaux, mentionnons l'étude de Teal (1962) sur le transfert d'énergie dans la chaîne alimentaire d'un marais salant en Georgie (E.-U.), celle d'Odum et de la Cruz (1967) et celle de McIntyre et Dunstan (1976) sur le flux de la matière organique entre un marais et les eaux côtières. Dans les eaux canadiennes, les ouvrages de Mann (1972), McIver (1972) et Couture (1979a) constituent les traités les plus complets sur le potentiel énergétique de nos marais salants.

L'intérêt suscité par l'étude des marais est lié à deux grandes caractéristiques: d'une part, le haut niveau de productivité primaire observé sur les battures ou marais et, d'autre part, l'épuration des eaux par les battures. Le premier point est de loin le plus étudié. Quant au pouvoir épuratoire, il n'a été l'objet que de quelques études. Les plus pertinentes furent réalisées aux Etats-Unis. C'est donc à partir de ces travaux et des données récoltées dans la zone d'étude que le pouvoir épuratoire des battures de Beauport sera évalué.

4.4.2 Variables indicatrices

Lorsqu'on traite de l'épuration naturelle des eaux par les battures, on fait souvent référence à la disparition ou transformation de certains constituants dissous ou particulaires qui peuvent causer une perturbation au sein de l'environnement. Cet effet perturbateur est généralement attri-

bué à l'abondance ou à la concentration d'un constituant plutôt qu'à sa nature chimique. Les milieux aquatiques, favorisant la présence morphologique de battures ou marais, ont fait l'objet de quelques études quant à leur rôle épuratoire. Ce pouvoir épurateur est généralement déterminé à partir d'une augmentation de la qualité des eaux baignant les battures. Les indicateurs généralement utilisés sont: les éléments nutritifs, l'oxygène, les métaux en trace, les solides en suspension, les microorganismes et l'incorporation de certains constituants dans la chaîne alimentaire aquatique.

4.4.2.1 Eléments nutritifs

Dans les marais salants de la Caroline du Nord, Williams (1966) a observé une diminution notable de la concentration des éléments nutritifs des eaux estuariennes. Cette diminution fut attribuée à l'incorporation des sels nutritifs au niveau des battures par les plantes halophytes telles Spartina alterniflora et Zostera spp. Le pouvoir d'enrichissement des végétaux à partir des battures fut si important que la concentration résiduelle des éléments nutritifs devenait limitative pour la production phytoplanctonique estivale. Par conséquent, il y a eu diminution de la concentration des sels nutritifs dans l'eau via un enrichissement pour les battures. Dans la région de Beaufort (E.U.), Thayer (1974) a observé le même phénomène d'épuration des eaux saumâtres.

En eau douce, Grant et Patrick (1970) observent une diminution analogue de la concentration des éléments nutritifs des eaux traversant la surface des battures. Cependant, il fut

impossible de relier cette diminution de concentration dans la phase aqueuse au profit des plantes marécageuses. En effet, une réduction significative des $P-PO_4$, $N-NH_3$ et $N-NO_3$ ne fut respectivement observée que dans 57%, 66% et 63% des échantillons. Cette faible résolution semble être causée par la non-linéarité de l'écoulement des eaux sous l'influence du prisme de la marée. Dans les milieux d'eau douce où l'onde marégraphique n'est pas ressentie, l'épuration des eaux de leurs sels nutritifs a été clairement associée à l'effet d'adsorption des sédiments fins des battures et à l'incorporation dans les végétaux (Lee et al., 1975; Whigham et Simpson, 1976).

Sous nos latitudes, la productivité des battures est ralentie par une diminution des radiations solaires en période hivernale et le bris mécanique de la surface des battures par les glaces. Ainsi, ce potentiel de trappe à éléments nutritifs semble temporaire. Les végétaux, ayant incorporé les sels nutritifs, sont périodiquement érodés par la glace et transportés hors des battures vers les cours d'eau principaux. L'aspect bénéfique de l'épuration des eaux demeure cependant non négligeable puisqu'une bonne fraction de l'azote et du phosphore a pu être transformée en protéines végétales donc sous une forme chimique mieux assimilable.

4.4.2.2 Oxygène

Un deuxième indicateur de l'épuration est une augmentation de la concentration du contenu en oxygène des eaux quittant les battures. La photosynthèse des végétaux indigènes des battu-

res peut constituer une source de ré-oxygénation par utilisation du gaz carbonique et production d'oxygène. Cependant, il n'est pas évident que le bilan de la production d'O₂ par les battures soit uniquement attribuable à la photosynthèse. Tsivoglou (1967) considère que l'apport le plus notable en oxygène proviendrait de l'échange gazeux à l'interface air-eau. Selon cet auteur, cette diffusion de l'oxygène dissous est d'autant plus favorisée lorsque les eaux sont turbulentes. Ainsi, la faible profondeur des eaux baignant généralement les battures, associée à des périodes de vent, provoque un mélange turbulent des eaux assurant le plus important potentiel de ré-oxygénation des eaux des battures. Dans les marais d'eau douce, Grant et Patrick (1970) ainsi qu'Hartland-Rowe (1973) ont mesuré une augmentation significative du contenu en oxygène dissous des eaux submergeant les battures. Par contre, ces auteurs ne mentionnent pas si cet enrichissement est dû à l'écoulement turbulent des eaux.

4.4.2.3 Métaux en trace

L'épuration des métaux en trace par les battures n'apparaît pas dans beaucoup d'études. L'emphase est généralement mise sur les sels nutritifs et l'oxygène dissous. Dans la littérature consultée, seuls Lee et al. (1975) suggèrent une forme d'épuration par co-précipitation des carbonates de calcium et des métaux en trace sur les dépôts de surface des battures. Evidemment, cet équilibre demeure précaire puisque les conditions d'oxydoréduction et de pH gèrent le produit de solubilité des carbonates de calcium (Förstner, 1979).

4.4.2.4 Solides en suspension

Le caractère protégé d'une batture favorise le dépôt de suspensoïdes de faible taille alors que les chenaux d'une rivière ou d'un estran, à cause de leur hydrodynamisme, tendent à conserver en suspension ces petites particules. Le potentiel de dépôt d'une batture permet donc de réduire la charge en suspensoïdes des eaux environnantes (Lee et al., 1975). Naturellement, ce potentiel de dépôt est fonction de la morphologie de la batture et de son hydrologie. Les végétaux contribuent aussi au potentiel de rétention des suspensoïdes et assurent une stabilité des dépôts sédimentaires qui, autrement, seraient facilement érodables (Gauthier et al., 1980). La partie aérienne des végétaux améliore la sédimentation en réduisant les vitesses d'écoulement alors que les racines et rhizomes maintiennent en place le substrat récemment déposé.

4.4.2.5 Microorganismes

Selon Hartland-Rowe (1973), les marais peuvent contribuer à réduire le nombre de coliformes contenus dans l'eau. Cet auteur ne précise pas les mécanismes d'épuration microbienne. Néanmoins, dans un chenal marécageux d'une longueur de 60 km, il a observé une réduction du nombre de coliformes, passant de 1 600/100 ml à la tête du chenal à 12/100 ml à son embouchure. Une telle réduction ne peut être causée que par la dilution des eaux de ruissellement. Puisque Floodgate (1972) a mis en évidence la capacité qu'ont les bactéries de coloni-

ser le matériel en suspension, il est plausible de suggérer que la diminution des comptes bactériens mesurés par Hartland-Rowe (1973) soit aussi fonction du taux de sédimentation de certains suspensoïdes.

4.4.2.6 Chaîne alimentaire

Tel qu'il a été mentionné précédemment, les marais constituent une zone très productive où certains constituants sont retirés de la colonne d'eau pour être incorporés dans la biomasse des végétaux indigènes des battures. Eventuellement, une partie de cette biomasse est subséquemment retirée des battures et emprunte l'écoulement général des rivières et des estuaires. Sous nos latitudes nordiques, ce phénomène de transport est accentué par l'érosion glacielle annuelle et le bris mécanique lors de tempêtes.

La plus grande partie de la littérature traitant du transport de débris végétaux hors des marais provient de travaux réalisés en milieu saumâtre. Darnel (1967) ainsi qu'Odum et de la Cruz (1967) observent que le véhicule introduisant les débris végétaux dans la colonne d'eau n'est autre que le courant de marée et que ce mécanisme est à son maximum lors du jusant de la marée de vive-eau.

Couture (1979a) mesure un transport équivalent à 0,4 g de débris pour chaque mètre cube d'eau sortant des estuaires à hauts-fonds bordant le sud du golfe Saint-Laurent. Cette valeur, multipliée par le débit annuel s'écoulant de tous ces petits estuaires à marais salant, produit une masse importante de matières organiques en suspension transportée vers les eaux du golfe Saint-Laurent.

L'intérêt de connaître le transport des débris vers les rivières et estuaires permet d'obtenir une évaluation de la concentration de certains constituants chimiques durant leur transit sur les battures. Il a été mentionné précédemment qu'une fraction de l'azote et du phosphore dissous est emmagasinée par les plantes. Par photosynthèse, ces constituants chimiques entrent presque essentiellement dans la synthèse de protéines végétales. Sous cette forme, l'azote et le phosphore ne constituent plus une menace pour l'environnement. Ces éléments entrent plutôt dans la chaîne alimentaire de l'écosystème via les herbivores (Teal, 1962).

Lorsque les végétaux sont véhiculés dans la colonne d'eau sous forme de débris, ils constituent le tripton (matière organique non-vivante). Comme le phytoplancton, le tripton se situe au premier niveau trophique de la chaîne alimentaire aquatique. En effet, il est de plus en plus évident que le phytoplancton ne constitue pas la seule base trophique de la chaîne alimentaire aquatique (Poulet, 1973). Dans nos latitudes nordiques, le tripton peut constituer un palliatif important en période de faible productivité phytoplanctonique pour les autres niveaux trophiques (Couture, 1979b) de la chaîne alimentaire pélagique. Si le tripton n'est pas immédiatement brouté par les herbivores pélagiques, il peut être pris en charge par les microorganismes pélagiques. Selon Odum et de la Cruz (1967), le vieillissement de ces débris a permis d'observer que les microorganismes colonisateurs produisent une augmentation du contenu en protéines du tripton. Il en résulte donc une valeur nutritive rehaussée pour des producteurs secondaires éventuels.

TABLEAU 4.3: BILAN DE L'AZOTE ET DU PHOSPHORE

<u>Espèces</u>	<u>Poids sec</u> (tonnes métriques)	<u>Azote</u> (%)	<u>Phosphore</u> (%)	<u>Azote</u> (kg)	<u>Phosphore</u> (kg)
<u>Submergée</u>	11	2,56	0,20	280	22
<u>Najas</u>					
<u>Emergée</u>					
Zizanie	36				
Scirpe	18	1,42	0,19	860	110
Sagittaire	6,6				
			TOTAL	1 140	132

saison estivale, une partie de la biomasse végétale a pu être érodée et serait donc soustraite de l'inventaire. En contrepartie, la période d'échantillonnage correspond à la période d'abondance maximale des végétaux.

A partir de ces données d'azote et de phosphore des plantes, il est possible d'avancer une valeur traduisant la part de l'épuration des eaux du fleuve par les végétaux des battures de Beauport. Pour ce faire, nous produisons un petit modèle d'épuration nécessitant la masse d'azote et de phosphore contenue dans la biomasse végétale des battures, le débit d'eau douce mesuré en face de Québec (El-Sabh, 1979) ainsi que la concentration en azote et phosphore dissous mesurée également en face de Québec (Janson et Sloterdijk, 1982).

Selon Janson et Sloterdijk (1982), il s'écoule annuellement $3,3 \times 10^{11} \text{ m}^3$ d'eau en face de Québec et la concentration moyenne en azote total dissous mesurée en face de Québec est de 0,42 mg/l. Cette valeur moyenne provient de onze échantillons prélevés entre 1960 et 1979. Ainsi, 138 600 tonnes d'azote dissous sous toutes formes traversent la région de Québec via le fleuve. Puisque la végétation vasculaire des battures de Beauport contenait environ 1,14 tonne d'azote, le pourcentage d'épuration de l'azote du fleuve par les battures serait de l'ordre de 0,001%. Tel que mentionné précédemment, cette valeur ne tient pas compte de la biomasse végétale qui a pu être érodée durant l'été. De plus, elle ne prend pas en considération l'évapo-transpiration des végétaux, la biomasse végétale broutée par les producteurs secondaires et le poids sec en azote et en phosphore contenu dans les racines.

Bien que le pourcentage avancé semble négligeable à première vue, la conversion de ce pourcentage en volume d'eau épurée pour les besoins d'une population moyenne nous offre une image plus tangible du pouvoir épuratoire. Sachant que ce 1,14 tonne d'azote fixé correspond à l'épuration d'environ 2 700 000 m³ d'eau annuellement et que l'utilisation moyenne quotidienne d'une personne se chiffre à 0,37 m³ d'eau (100 gallons U.S.), l'épuration en azote des eaux du fleuve par les battures de Beauport correspond au besoin de 7 300 000 jours-consommateurs ou l'équivalent de 20 000 personnes durant les cinq mois de productivité des battures.

Bien que cette valeur demeure très discutable (vu les lacunes énoncées dans les hypothèses de base), elle constitue tout de même une première approche numérique offerte sur le pouvoir épuratoire par traitement tertiaire naturelle pour l'azote. Elle ouvre la voie à des études beaucoup plus étoffées comme celles réalisées par Nixon et Oviatt (1973) ainsi que Redfield (1972), qui ont nécessité des données recueillies sur une période de douze ans.

L'approche utilisée pour le phosphore est la même que celle utilisée pour l'azote. Sachant que les eaux du fleuve transportent 20 460 tonnes de phosphate inorganique dissous et que les végétaux en ont fixé environ 0,132 tonne, le pourcentage d'épuration est alors de l'ordre de 0,001% pour le phosphore. Pour un volume d'eau d'environ 2 200 000 m³, cela correspond aux besoins de 6 000 000 jours-consommateurs ou l'équivalent d'environ 16 000 personnes durant les mois de productivité primaire.

4.5.3 Traitement chimique par la chaîne alimentaire

La biomasse végétale des battures est érodée annuellement et retourne en grande partie dans le couloir fluvial du Saint-Laurent. L'azote et le phosphore, alors immobilisés par les plantes, retournent dans les eaux du Saint-Laurent. Ces constituants ont été biochimiquement transformés et s'échappent principalement sous forme de protéines végétales. Par conséquent, on ne peut considérer cette part de l'épuration par transformation de la nature chimique de l'azote et du phosphore. En effet, ces constituants retournent dans la colonne d'eau sous forme détritique pouvant même participer au bilan énergétique de la chaîne alimentaire aquatique du Saint-Laurent.

4.5.4 Oxygène

En raison des contraintes physiques qui ne permettent pas de mesurer l'épuration au moyen de la réoxygénation des eaux au niveau des battures, il est impossible de fournir un ordre de grandeur de ce phénomène. Cependant, le faible temps de résidence des eaux submergeant les battures (cycle de marée semi-diurne) permet de suggérer que les eaux ne sont jamais anoxiques. De plus, la faible profondeur des eaux submergeantes, associée au mélange turbulent induit en période de vent, implique une diffusion air-eau de l'oxygène permettant de maintenir la concentration en oxygène des eaux près de leur pourcentage de saturation. Par conséquent, cette analyse qualitative indique que les battures contribuent vraisemblablement à réoxygéner une fraction du volume des eaux du fleuve Saint-Laurent.

4.5.5 Métaux en trace

Un troisième aspect traité dans cette section est l'épuration des métaux en trace. Les tableaux 2.7 et 2.8, présentés dans la section Qualité des sédiments, nous ont indiqué que les sédiments déposés sur les battures sont fortement contaminés en cuivre, en plomb et en zinc. Des études effectuées par Roche associés ltée (1983) pour la rivière Saint-Charles suggèrent que les métaux en trace mesurés dans les sédiments de surface des battures de Beauport proviendraient en bonne partie de ce tributaire et que les teneurs, à ces deux endroits, sont comparables. Par conséquent, l'épuration des métaux en trace des eaux du fleuve via les sédiments de surface des battures n'est pas évidente.

Toutefois, une autre forme possible d'épuration des métaux en trace, vérifiée dans cette étude, est l'incorporation par les végétaux. Le tableau 4.4 donne la concentration en cuivre, en plomb et en zinc, dosée chez Zizania aquatica aux stations 2 et 3 (carte 3.1), ainsi que le contenu moyen en zinc et en cuivre mesuré par Boyd (1978) dans l'ensemble des végétaux au niveau des battures d'eau douce de la côte ouest atlantique.

Pour les deux stations des battures de Beauport, on constate une relation inverse entre le contenu dans les plantes et dans les sédiments. Cela ne signifie pas que les plantes contribuent effectivement à l'épuration des métaux en trace. En effet, les contenus en métaux en trace des sédiments de Beauport sont du même ordre de grandeur que ceux de la rivière Saint-Charles (Roche associés ltée, 1983). De plus, la

TABLEAU 4.4: CONCENTRATION EN METAUX EN TRACE DE LA VEGETATION

Source	Plomb (ppm)	Cuivre (ppm)	Zinc (ppm)
<u>Beauport</u>			
(Zizanie)			
Station 2	6	6	42
Station 3	12	10	51
<u>Boyd_(1978)</u>		$\bar{X} = 40 \pm 6$ (1-90) ⁽¹⁾	$\bar{X} = 80 \pm 10$ (20-267) ⁽¹⁾

(1) Les valeurs entre parenthèses représentent le minimum et le maximum

concentration des métaux en trace des sédiments de Beauport varie grandement d'une station à une autre et ce, même aux stations exemptes de végétation. Par conséquent, cette distribution des métaux en trace suggère plutôt que les végétaux ne contribuent pas à l'épuration du zinc, du plomb et du cuivre (J.B. Sérodes, comm. pers.). D'ailleurs, la comparaison de nos résultats à ceux de Boyd (1978) indique que, dans le cas du cuivre et du zinc, les concentrations mesurées à Beauport s'approchent davantage de la valeur minimum mesurée que de la moyenne suggérée par cet auteur.

4.5.6 Suspensoïdes

Le potentiel épurateur des battures sur les suspensoïdes contenus dans le fleuve semble négligeable. Le seul aspect bénéfique serait la rétention cumulative de dépôts contaminés. Mais, en contrepartie, l'érosion printanière de ces dépôts contaminés introduit sur une courte période de temps un volume important de matériel particulaire dans la colonne d'eau. L'impact de ce déversement dans le milieu reste à préciser avant de pouvoir affirmer si ce mode de rétention des suspensoïdes produit un effet positif ou négatif sur l'environnement.

En dernier lieu, aucune conclusion ne peut être portée sur l'épuration de l'eau par les microorganismes. Une étude de la sorte nécessite un échantillonnage exhaustif et un "monitoring" du métabolisme microbien au niveau des battures de Beauport.

4.6 CONCLUSIONS

En somme, l'auto-épuration des eaux du Saint-Laurent offre un meilleur potentiel épurateur que l'ensemble des battures de Beauport. Evidemment, entre ces deux milieux, l'échelle spatiale demeure disproportionnée. Cet artéfact a sûrement contribué à diminuer l'importance de l'épuration par les battures. C'est pourquoi une compréhension et une évaluation raisonnable de l'épuration par les battures nécessitent une analyse du potentiel épurateur étendue à l'ensemble des battures du Saint-Laurent. Tel qu'énoncé par Allen (1976), si l'on ne mesure pas l'effet cumulatif d'épuration de plusieurs battures d'un même système aquatique, on ne mesurera jamais d'effets significatifs et on aura toujours l'illusion de pouvoir intervenir sans dommages dans de tels milieux.



5.0 ANALYSE DES REPERCUSSIONS RELIEES A LA CONSTRUCTION ET A LA PRESENCE DE L'AIRE D'EXTENSION

5.1 DESCRIPTION SOMMAIRE DU PROJET

Le concept d'aménagement du nouveau projet d'extension portuaire et les méthodes de construction qui seront utilisées pour sa mise en oeuvre ont été élaborés par le Port de Québec et la description détaillée de ces aspects apparaît dans un document séparé*. Toutefois, pour faciliter la lecture du présent chapitre, il convient de fournir ici une description sommaire des principales composantes de ce projet.

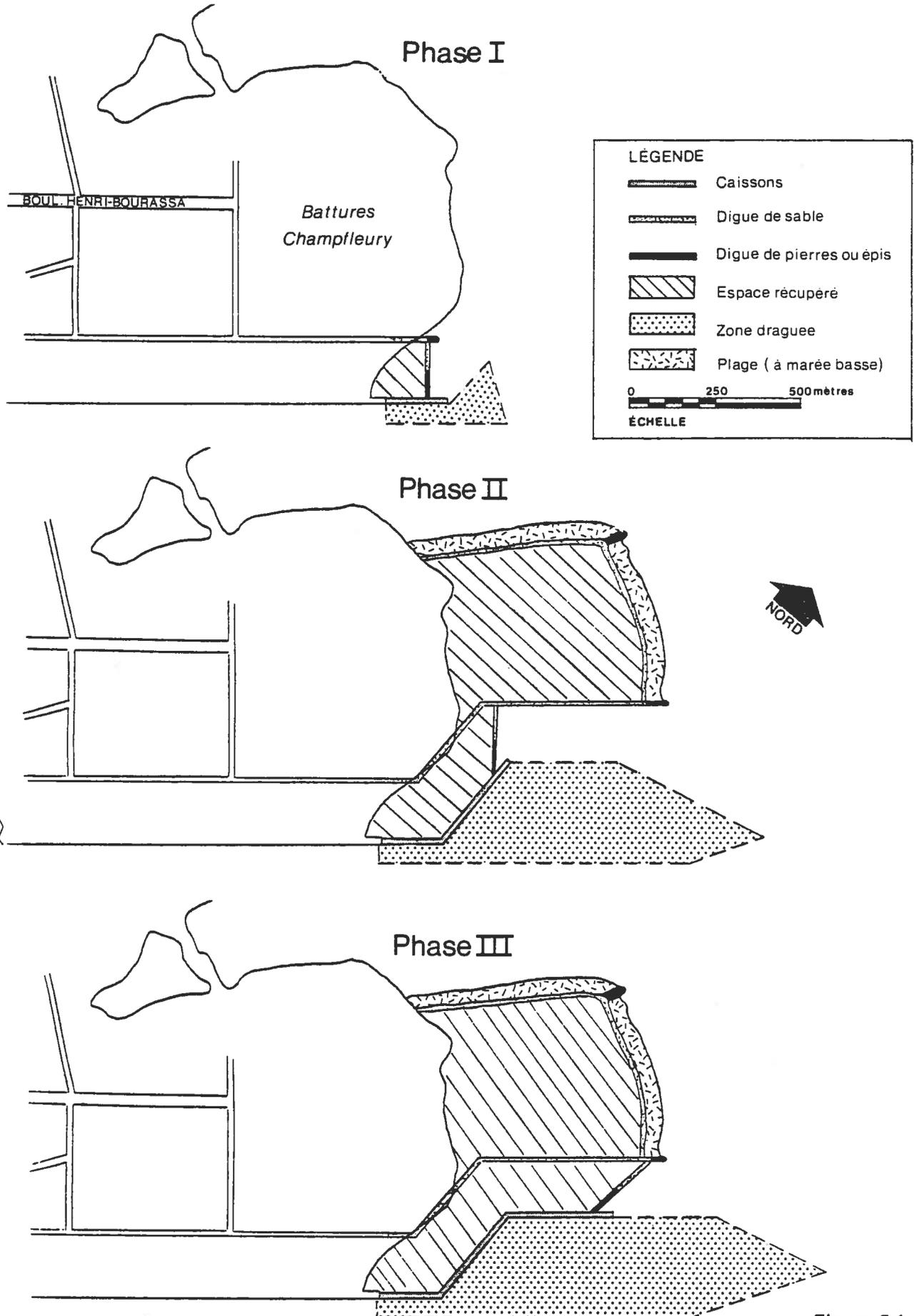
Le projet d'extension du port de Québec consiste en l'addition d'une aire supplémentaire de 42,5 ha à l'extrémité nord-est du secteur Beauport existant. La nouvelle zone sera constituée d'une aire portuaire de 38 ha et d'une plage de 4,5 ha. Elle aura une largeur moyenne de 600 m et sera comprise entre la ligne des basses eaux au nord-ouest et le prolongement du quai 54 au sud-est. Sa longueur maximale sera d'environ 600 m. Il faut noter que le projet a été conçu de manière à équilibrer les quantités de matériaux manipulés lors du dragage et du remplissage.

* Port de Québec, 1983. Etude des répercussions environnementales de l'extension du port de Québec. Aspects socio-économiques.

La construction du projet d'extension devrait se réaliser en trois phases consécutives: (1) le prolongement du quai 54 sur une longueur de 183 m, (2) la construction du quai 55 sur une longueur de 305 m, la création d'une aire portuaire de 25 ha et d'une plage de 4,5 ha et (3) la construction du quai 56 sur une longueur de 305 m et l'addition de 8 ha à l'aire portuaire pour porter sa superficie totale à 42,5 ha (figure 5.1).

Les quais seront constitués de caissons de béton et ils seront construits sur la terre ferme, à proximité immédiate du site où ils seront mis en place. Le site de mise en place du caisson sera dragué hydrauliquement jusqu'à la profondeur désirée et une couche de pierres de carrière sera déposée pour constituer une assise de fondation au caisson. Finalement, le caisson, qui constitue une structure flottante, sera mis à l'eau et acheminé au site de mise en place où il sera coulé puis rempli avec du découvert de carrière. De la pierre de carrière sera ensuite déversée derrière et devant le caisson pour assurer son support. Une route en sable sera construite parallèlement aux caissons à une distance d'environ 100 m et reliera l'aire actuelle à l'extrémité de la ligne des caissons. L'enceinte ainsi formée sera reliée au fleuve par des tuyaux permettant la circulation de l'eau entre l'enceinte et le fleuve en fonction des marées. A chaque phase, un parement de pierres d'une centaine de mètres sera construit sur le côté extérieur de la section nord-est de la route. Par ailleurs, un épi de protection en pierre sera installé dans le prolongement de la route d'accès et il s'étendra jusqu'à la ligne des basses eaux. Ces mesures ont pour but de protéger les caissons et d'éviter l'ensablement des approches.

Phases de réalisation du projet d'extension du Port de Québec



Afin de contenir le matériel dragué durant la phase 2, une digue de sable sera construite autour du périmètre d'extension. Le sable proviendra du dragage hydraulique de l'avant-quai et il comportera une proportion très faible de matériaux fins. Cette digue suivra au nord-ouest la ligne de basse marée et elle se rendra au nord-est jusqu'à la limite de la phase 3 pour rejoindre la route de sable au point où l'épi de protection sera érigé. Pour évacuer les eaux qui accompagneront le matériel de remplissage, des séries de tuyaux seront placés à différentes hauteurs, dans la digue de sable et ce, en deux points distincts de la digue. D'autre part, pour assurer une protection contre l'érosion par les vagues, un second épi en pierre sera construit en un point situé à l'extrémité nord de la digue de sable (figure 5.1).

Les digues de sable et les routes seront construites en respectant des pentes de 1:3 sous la ligne des basses eaux, de 1:10 dans la zone intertidale et de 1:1 au-dessus de la ligne des hautes eaux.

Le dragage de l'avant-quai à une profondeur de -18 m marégraphique sera réalisé à l'aide d'une drague hydraulique. Les matériaux excavés seront presque essentiellement constitués de sables. Ils serviront en premier lieu à la construction des digues et, par la suite, ils seront déposés dans l'enceinte formée par les digues et les caissons. Pendant le remplissage de chacune des phases, la drague procédera à des coupes verticales d'environ 3 m pour assurer le meilleur mélange possible des matériaux fins de surface et des sables sous-jacents. A la fin du remplissage, les matériaux fins

qui auront sédimenté en périphérie des digues seront récupérés s'ils ne présentent pas une capacité de support suffisante. Dans un tel cas, ils seront mélangés aux matériaux contenus dans l'aire de remplissage et l'espace restant sera comblé avec du sable contenant le moins possible de particules fines. Durant la réalisation de la phase 2, le remplissage de l'espace compris entre les caissons et la digue de sable constituera la dernière étape de cette phase et il sera réalisé en utilisant un sable contenant le moins possible de matières fines.

Quatre types de matériaux seront requis pour la construction des quais et des arrières-quais.

- du béton pour la construction des caissons
- du découvert de carrière pour le remplissage des caissons
- de la pierre de carrière pour le lit et le support des caissons ainsi que pour les parements et les épis de protection
- du sable pour l'arrière-quai

Le sable proviendra du dragage de l'avant-quai alors que les matériaux de carrière (découvert et pierre) seront acheminés par camion sur le site en provenance des carrières de la région ou des différents chantiers qui pourraient être en opération au moment de la construction. Quant au béton, il sera soit acheminé par bétonnière en provenance des différentes usines de la région, soit fabriqué sur place. Les volumes requis ont été calculés à partir d'un relevé bathymétrique très détaillé du secteur Beauport et d'une couverture photogrammétrique récente de ce même secteur. Les résultats pour chaque phase de construction ainsi que pour la totalité du projet sont présentés au tableau 5.1.

TABLEAU 5.1: CARACTERISTIQUES TECHNIQUES RELIEES AUX DIFFERENTES PHASES DE CONSTRUCTION DE L'AIRES D'EXTENSION

	PHASE 1	PHASE 2	PHASE 3	TOTAL
	PROLONGEMENT DU QUAI 54	CONSTRUCTION DU QUAI 55	CONSTRUCTION DU QUAI 56	
éclais de réalisation (semaine)	6	10	10	26
dragage				
Superficie approximative (ha)	4	16	8	28
Volume (m ³)	150 000	1 750 000	700 000	2 600 000
superficie de l'aména- gement portuaire (ha)	3	29	6	38 ⁽¹⁾
matériaux transportés par camion:				
A- Caissons				
- Découvert de carrière (m ³)	43 000	71 000	71 000	185 000
- Béton (m ³)	20 000	33 500	33 500	87 000
B- Support de cais- sons				
- pierre de car- rière (m ³)	49 500	82 500	82 500	214 500
C- Digue de pierre et épi				
- pierre de car- rière (m ³)	11 000	13 000	10 000	34 000
Volume total (m ³) (A+B+C)	123 500	200 000	197 000	520 500

1) Superficie à marée haute; à marée basse, on devrait ajouter la superficie de la plage de 4,5 ha.

Dans des conditions normales, la réalisation des trois étapes de construction (quai, digues et dragage) se fait généralement à un rythme moyen équivalent à un caisson par semaine, soit une longueur approximative de 30 à 35 m. Ceci signifie que la totalité du projet pourrait être réalisée à l'intérieur d'un délai de 5 à 7 mois. Cependant, il est probable que la réalisation de l'ensemble du projet s'échelonne sur plusieurs années. En effet, la construction des infrastructures portuaires est fonction des besoins d'espace de la clientèle à venir et il est peu probable que des clients potentiels pour tout le site se présentent en même temps.

5.2 METHODOLOGIE

L'analyse des répercussions reliées à la construction et à la présence de l'aire d'extension du port de Québec a pour but d'identifier et de quantifier les interrelations qui existent entre d'une part les différentes composantes du projet pouvant affecter le milieu biophysique et, d'autre part, les éléments sensibles de ce milieu, c'est-à-dire les éléments susceptibles de subir des répercussions.

5.2.1 Composantes du projet

Les composantes du projet d'extension du port de Québec se partagent en deux catégories distinctes, soit les activités de construction et la présence proprement dite de l'aménagement portuaire.

TABLEAU 5.2: GRILLE DE CONTROLE

ELEMENTS DU MILIEU	COMPOSANTES DU PROJET	ACTIVITES DE CHANTIER	TRANSPORT DES MATERIAUX	MISE EN PLACE DES CAISSONS	DRAGAGE DU SITE DE MISE EN PLA- CE DES CAISSONS ET DE L'AVANT- QUAI	MISE EN PLACE DES DIGUES DE SABLE ET REM- PLISSAGE DE L'ARRIERE-QUAI	PRESENCE DE L'AMENA- GEMENT POR- TUAIRE
Qualité du milieu sonore		X	X				
Qualité de l'air		X	X				
Hydrodynamique							X
Régime des glaces							X
Sédimentologie							X
Géomorphologie							X
Qualité de l'eau		X		X	X	X	
Qualité des sédiments					X		
Végétation							X
Faune benthique					X		X
Faune ichtyenne					X		X
Faune avienne		X					X
Potentiel d'épuration							X

X : interrelation prévisible

Il est important de souligner que, pour éviter les répétitions inutiles, les interrelations reliées à la présence des diverses structures ne se retrouveront qu'au niveau de la composante "présence de l'aménagement portuaire". Par exemple, même si la mise en place de l'arrière-quai occasionne des répercussions sur la faune benthique en supprimant pour toujours une portion d'habitat, c'est sous la composante "présence de l'aménagement portuaire" que cette répercussion sera notée. De la même manière, il faut rappeler que toutes les répercussions qui relèvent de l'activité humaine et de la présence de la machinerie pendant la construction sont notées au niveau de la composante "activités de chantier".

5.2.4 Evaluation des répercussions

L'évaluation des interrelations identifiées à l'aide de la grille de contrôle s'effectue sur la base de trois critères: le type de répercussion, l'importance de la répercussion et la possibilité de corriger les répercussions négatives.

Suivant son type, une répercussion peut être positive ou négative. Dans le cas où une répercussion est évidente mais qu'il est non avenu de conclure quant à son type, elle sera tout simplement désignée comme étant une interaction.

L'importance d'une répercussion peut être qualifiée de mineure, moyenne ou majeure. Cette estimation englobe un bon nombre de facteurs et reflète la sommation de ceux-ci. Les facteurs considérés dans le cadre de cette étude sont les suivants:

1. L'intensité de l'intervention: Une ressource ou un processus peuvent être modifiés légèrement ou d'une manière importante. L'intensité de l'intervention peut varier de faible à forte.
2. La valeur de la ressource affectée: Ce facteur fait référence à la rareté ou à l'unicité d'une ressource: plantes endémiques, oiseaux ou poissons en grande concentration, etc. La valeur peut varier de petite à grande.
3. La durée de la répercussion: Ce facteur fait référence aux effets temporaires et permanents. Généralement, les activités de construction auront des effets temporaires alors que la présence de l'aménagement portuaire aura des effets permanents.
4. La fréquence de la répercussion: Une activité peut avoir des effets qui seront intermittents ou continus.
5. L'étendue de la répercussion: La répercussion peut être locale (port de Québec et ses environs immédiats), régionale (ville de Québec et la région) ou extra-régionale (échelle provinciale, nationale ou internationale).
6. La réversibilité de la modification: Une répercussion peut être réversible ou irréversible. Dans le premier cas, des phénomènes naturels pourront corriger les modifications engendrées par le projet.

7. La probabilité que la répercussion survienne: Certaines répercussions sont peu probables alors que d'autres sont réelles.

Enfin, une répercussion négative peut être corrigible ou incorrigible. Une répercussion est corrigible lorsque des mesures de compensation, de protection ou d'atténuation sont aptes à minimiser son effet. A ce sujet, il faut signaler que l'importance de l'impact assume que les normes gouvernementales en matière d'environnement seront respectées (Loi sur la qualité de l'environnement).

5.2.5 Matrice des répercussions

Suite à la description détaillée des répercussions sur le milieu naturel, la section 5.4 présente une synthèse qui permet d'avoir une vision globale des enjeux environnementaux du projet. Ainsi, dans le but de fournir une image schématique permettant de relever rapidement les éléments du projet qui affectent le plus l'environnement, tout autant que les éléments du milieu qui sont les plus affectés, une matrice d'impact sur l'environnement est élaborée, mettant en relation les composantes du projet et les éléments sensibles du milieu biophysique.

5.2.6 Présentation des recommandations des mesures d'insertion et du programme de surveillance des travaux de dragage

Une dernière section présente les recommandations, mesures de protection, propositions d'aménagement et autres interventions permettant de minimiser l'ampleur des répercussions né-

gatives et un programme de surveillance des travaux de dragage permettant de vérifier la dispersion des solides en suspension et le degré de contamination des eaux dans le secteur des travaux (section 5.5). Cette section présente également une matrice des répercussions résiduelles associées au projet.

5.3 DESCRIPTION DES REPERCUSSIONS RELIEES A LA CONSTRUCTION ET A LA PRESENCE DE L'AIRES D'EXTENSION

Pour toutes les composantes du projet, la présente section fournit une description détaillée et une évaluation relative des répercussions sur les éléments du milieu biophysique, pour chaque interrelation identifiée à l'aide de la grille de contrôle (section 5.2.3). L'évaluation des répercussions n'est pas effectuée systématiquement pour chacune des trois phases de construction, mais lorsqu'il y a des différences entre les répercussions engendrées au cours des trois phases, celles-ci sont présentées. Il faut noter que les interrelations du projet avec certains éléments du milieu biophysique ont été examinées en fonction des répercussions qu'elles peuvent induire au niveau humain, notamment en ce qui concerne la qualité du milieu sonore, la qualité de l'air et les prises d'eau servant à l'alimentation en eau potable.

5.3.1 Activités de chantier

5.3.1.1 Qualité du milieu sonore

L'étude du milieu sonore, présentée au début du chapitre 2.0, a permis d'évaluer les niveaux de bruit équivalent maximums actuels sur les axes routiers et dans les secteurs résiden-

tiels (carte 2.1). Sur les axes routiers, les niveaux de bruit équivalent mesurés varient de 62,3 à 66,6 dB(A) le jour et de 57,3 à 61,5 dB(A) la nuit. Dans les secteurs résidentiels, les niveaux diurnes sont de 49 à 55 dB(A) au périmètre et de 44 à 46 dB(A) au centre, les niveaux nocturnes sont légèrement plus bas, oscillant de 47 à 52 dB(A) au périmètre et de 35 à 42 dB(A) au centre. Ces résultats permettent de qualifier ces zones comme bruyantes, compte tenu qu'elles sont soumises à un bruit relativement élevé généré sur les différentes artères de circulation routière et ferroviaire qui les traversent.

Afin d'évaluer les répercussions dues aux activités de chantier durant la construction de l'aire d'extension, une source de bruit ponctuelle a été estimée et établie à une puissance acoustique d'environ 124 dB(A), représentant les divers équipements requis pour ces travaux (grue mobile, béliers mécaniques et pompes à béton). Cette source a été localisée au point 1, soit le centre des activités de construction (carte 2.1). D'autre part, des activités de camionnage ont été simulées aux points 2, 3 et 4. Les calculs ont ensuite été effectués suivant les trois plans de coupe acoustique identifiés 1-2-A, 1-3-B et 1-4-C.

Les résultats des calculs, présentés au tableau 5.3, donnent pour ces sources un niveau de bruit équivalent de 50,4 dB(A) au point A, de 51,5 dB(A) au point B et de 50,8 dB(A) au point C. Ces niveaux de bruit calculés pour une heure consécutive d'opération devraient être sensiblement uniformes pour toute la journée car les travaux sont prévus sur une base de 24 heures.

TABLEAU 5.3: COMPARAISON ENTRE LES NIVEAUX DE BRUIT EXISTANTS ET LES RESULTATS DES CALCULS PREVISIONNELS CONCERNANT LES ACTIVITES DE CHANTIER, EN TERMES DE NIVEAUX DE BRUIT EQUIVALENTS (Leq)

LOCALISATION DU POINT D'EVACUATION(1)	NIVEAU DE BRUIT ACTUEL			NIVEAU DE BRUIT ESTIME ENGENDRE PAR LES ACTIVITES DE CHANTIER dB(A)	NIVEAU DE BRUIT RESULTANT		
	JOUR dB(A)	NUIT dB(A)	24 HEURES		JOUR dB(A)	NUIT dB(A)	24 HEURES
A	69,8	51,7	66,8	50,4	69,9	54,1	67,0
B	59,7	37,2	56,7	51,5	60,3	51,6	57,8
C	56,9	46,7	54,2	50,8	57,8	52,2	55,8

(1) Voir carte 2.1 présentée précédemment

Ainsi, si on ajoute ces niveaux de bruit aux niveaux de bruit actuels, les niveaux de bruit équivalent résultants seront pratiquement égaux aux niveaux diurnes actuels. Toutefois durant la nuit, l'augmentation sera appréciable, de l'ordre de 14 dB(A) au point B et 5,5 dB(A) au point C. Les propriétés en bordure des rues Lavoie, des Mariniers et de l'avenue du Fleuve (carte 2.1) seront sujettes, durant la nuit, à des augmentations du niveau sonore variant de 0 à 14 dB(A) selon les endroits et selon les travaux effectués. Par contre, les autres propriétés du secteur affecté profiteront de l'effet d'écran procuré par ces premières résidences. Ailleurs, le bruit généré par la circulation routière s'effectuant sur le boulevard Sainte-Anne et les autres artères importantes couvrira les bruits générés par le chantier.

Les activités de chantier devraient donc entraîner une augmentation du niveau sonore durant la nuit de 0 à 14 dB(A) et l'intensité de l'intervention sera relativement forte. En effet, d'une part les bruits générés seront différents de ceux que les gens sont habitués d'entendre, ce qui les rendra faciles à identifier et à localiser. Par ailleurs, la qualité du milieu sonore constitue un élément de grande valeur. Dans l'ensemble, en tenant compte également du caractère temporaire de cette intervention, de sa fréquence occasionnelle et de son étendue très locale, les répercussions des activités de chantier sur la qualité du milieu sonore sont jugées négatives et d'importance moyenne.

5.3.1.2 Qualité de l'air

L'étude de la qualité de l'air ambiant a démontré que les normes concernant les particules en suspension et les retombées de poussières sont régulièrement dépassées dans le secteur à l'étude. Ces paramètres présenteront des valeurs encore plus élevées lors de la construction de l'aire d'extension. En effet, sur le site des travaux, la circulation des camions transportant les matériaux nécessaires à la construction des digues et des caissons sera responsable de soulèvements de poussières, notamment pendant les périodes sèches. Si le béton nécessaire à la construction des caissons est fabriqué sur le site des travaux au lieu d'être transporté, cette activité génèrera également des poussières.

Par ailleurs, certaines pratiques courantes sur les chantiers, comme les feux de déchets, sont également susceptibles d'être responsables d'une dégradation de la qualité de l'air. Il faut toutefois noter que les règlements du Port de Québec interdisent de telles pratiques dans les limites du territoire soumis à sa juridiction.

Sur la base de l'étude de la qualité de l'air, il apparaît que les quartiers résidentiels les plus susceptibles d'être affectés par ces émissions de poussières sont ceux situés de part et d'autre de la rivière Saint-Charles, à l'ouest des installations portuaires ainsi que le secteur Beauport, à l'est de la rivière Beauport (carte 2.4 présentée précédemment).

Dans l'ensemble, les répercussions des activités de chantier sur la qualité de l'air seront donc négatives, mais compte tenu de leur faible intensité ainsi que de leur caractère temporaire (durée des travaux), occasionnel (passage des camions et période sèche seulement) et local, elles sont jugées mineures. Il faut noter que le soulèvement de poussières lors de la circulation des camions sur le chantier, de même que les effets attribuables aux pratiques courantes de chantier sont facilement corrigibles (section 5.5.1).

5.3.1.3 Qualité de l'eau

Certaines pratiques courantes reliées à des négligences ou à une mauvaise connaissance des lois relatives à la qualité de l'environnement engendrent des répercussions négatives sur la qualité de l'eau (rejet d'eaux domestiques, utilisation de produits pétroliers comme abat-poussières, etc.). Toutefois, le caractère temporaire, intermittent, local et peu probable de ces pratiques fait que les répercussions sont jugées mineures. Elles sont également corrigibles et des mesures à cet effet sont présentées à la section 5.5.1.

5.3.1.4 Faune avienne

La faune avienne qui fréquente les battures de Beauport lors des migrations automnales et printanières est remarquable tant par la diversité des espèces que par les densités d'oiseaux qui y sont observées. Les principaux groupes qui utilisent ce site sont, par ordre décroissant d'abondance, les limicoles (bécasseaux et pluviers), les anatidés (canards et oies) et les laridés (goélands).

La plupart des activités de chantier reliées à la construction de l'aire d'extension affecteront la faune avienne qui fréquente les battures de Beauport. Ainsi, les bruits, les mouvements de camions, de machinerie ou de bateaux auront pour effet de déranger et d'éloigner les oiseaux dans un rayon qui pourra atteindre quelques centaines de mètres autour de l'aire des travaux.

Il faut préciser que les travaux auront des répercussions beaucoup plus faibles s'ils sont exécutés durant la période estivale (mi-mai à mi-août) plutôt qu'au moment des migrations, alors que les zones de vase et les hauts-fonds, à proximité immédiate du site des travaux, sont utilisés intensivement par les limicoles à l'automne et par les canards plongeurs au printemps. Il faut également noter que les répercussions attendues seront fonction de l'ampleur des travaux réalisés. Ainsi, les dérangements associés à la phase 1 des travaux seront moins importants que ceux qui accompagneront les phases 2 et 3.

En dépit du fait que les activités de construction seront de courte durée et qu'elles auront des effets temporaires et réversibles, la grande valeur de la ressource, la permanence de l'intervention tout au long des phases de construction ainsi que le caractère extra-régional qui marque la faune avienne migratrice font que, globalement, les répercussions des activités de chantier à l'égard de la faune avienne sont négatives et d'importance moyenne. Ces répercussions sont toutefois corrigibles et, à cet effet, une mesure d'insertion est présentée à la section 5.5.1.

5.3.2 Transport des matériaux

5.3.2.1 Qualité du milieu sonore

Le camionnage nécessaire pour la réalisation des travaux a été évalué à partir des quantités de matériaux et des échéanciers fournis par le Port de Québec. Ainsi, le taux de camionnage devra être maintenu pendant toute la durée des travaux à une moyenne de 37 passages de camions par heure, 24 heures sur 24 et ce, 5 jours par semaine, afin de rencontrer les échéanciers de construction prévus.

Le niveau de bruit équivalent (Leq) résultant est évalué par calcul à 69,5 dB(A) à 3,5 m de la voie de circulation pour une période d'une heure et pour une vitesse moyenne des camions de 50 km/h (à 90 km/h, la valeur serait de 71 dB(A)). Cette valeur est obtenue à l'aide d'un modèle mathématique mis au point par Mignerou (1980), considérant un poids lourd équivalent à 25 automobiles.

Le niveau de bruit équivalent (Leq) résultant au niveau des demeures pourra varier suivant le parcours qui sera retenu et la distance des maisons qui le borderont. Le tableau 5.4 donne, pour différentes distances entre les maisons et l'axe routier, le niveau de bruit équivalent (Leq) résultant.

A titre d'exemple, si le transport des matériaux se fait en empruntant le boulevard Henri-Bourassa où certaines maisons sont situées à 70 m de la voie, le niveau de bruit équivalent originant uniquement des activités de camionnage sera de 51,5 dB(A) pour une période d'une heure. En ajoutant le camion-

TABLEAU 5.4: NIVEAU DE BRUIT EQUIVALENT (Leq) RESULTANT DU
TRANSPORT DES MATERIAUX

DISTANCE ENTRE LES MAISONS ET LA VOIE <u>(m)</u>	NIVEAU DE BRUIT EQUIVALENT (Leq) RESULTANT <u>(dB(A))</u>
3,5	69,5
10,0	63,5
25,0	58,0
50,0	53,5
75,0	51,5
100,0	49,5

Calculs effectués en considérant 37 passages de camion par heure, 24 heures par jour, 5 jours par semaine, à une vitesse moyenne de 50 km/hre.

nage au niveau de bruit équivalent de 64,3 dB(A) obtenu actuellement pour une période d'une heure le jour face aux maisons de la rue Perreault au coin de la 24e Rue, la résultante serait plus élevée de 0,2 dB(A), ce qui paraît négligeable. Cependant, en période nocturne, le niveau de bruit résultant pour une période d'une heure serait supérieur de 2,8 dB(A) au niveau de 51,8 dB(A) obtenu à 02 h 00 au même point. Sur une base de 24 heures, il faut noter que le niveau de bruit équivalent en ce point passera de 61,5 dB(A) à 61,9 dB(A).

En résumé, les répercussions du camionnage seront d'autant plus importantes que le niveau de bruit régnant dans le quartier sera faible et que la distance entre les habitations et la voie de circulation sera petite. Bien que l'augmentation prévue du niveau de bruit équivalent (Leq) sera faible sur les grandes voies de circulation et temporaire, les répercussions du transport sur la qualité du milieu sonore sont considérées comme moyennes. En effet, elles pourraient être ressenties à une échelle régionale et l'intensité pourrait s'avérer forte à proximité de certains secteurs résidentiels, selon la provenance des matériaux. De plus, il faut noter que les pointes de bruit seront beaucoup plus élevées que les niveaux de bruit équivalent calculés, ce qui pourrait constituer un dérangement important pour les résidents surtout en période nocturne. Cependant, les inconvénients associés à l'augmentation du niveau de bruit due au camionnage en période nocturne sont corrigibles (section 5.5.2).

5.3.2.2 Qualité de l'air

Lors du transport des matériaux, la qualité de l'air ambiant sera affectée par le soulèvement de poussières et par les émanations des camions. Cependant, il est important de signaler que selon la Loi sur la qualité de l'environnement du Québec, les carrières doivent limiter la quantité de poussières produites sur leur territoire (Arrêté en conseil 2521-77, Règlement 77-436 relatif aux carrières et sablières) tandis que le code de la sécurité routière oblige le recouvrement par une bâche de tout chargement susceptible de générer des poussières (article 418). Par ailleurs, on considère que les camions circuleront principalement sur les boulevards ou voies rapides, de sorte que leurs émanations ne toucheront pas directement ou peu les quartiers résidentiels.

Ainsi, dans l'ensemble, les répercussions négatives du transport des matériaux sur la qualité de l'air, bien que susceptibles de présenter un caractère régional, seront peu probables et temporaires, ce qui leur confère une importance mineure. Des recommandations sont présentées à la section 5.5.2 pour corriger ces répercussions négatives.

5.3.3 Mise en place des caissons

L'aménagement de la route de construction, la préparation de l'assise des caissons, leur mise en place, leur remplissage ainsi que les déversements de la pierre nécessaire à leur support et aux ouvrages de protection affecteront la qualité de l'eau au site des travaux en occasionnant localement une légère augmentation de la turbidité.

Cependant cette intervention présente une intensité relativement faible étant donné la turbidité déjà élevée dans ce secteur et la grande capacité de dilution du fleuve Saint-Laurent. De plus, compte tenu de sa courte durée et de son caractère local et réversible, cette répercussion négative est jugée mineure.

Les autres répercussions résultant de cette activité sur l'environnement sonore et la faune avienne ont déjà été intégrées et discutées dans l'évaluation des répercussions relatives aux activités de chantier.

5.3.4 Dragage du site de mise en place des caissons et de l'avant-quai

5.3.4.1 Généralités

La mise en place des caissons et de leur assise à une profondeur de -21,1 m nécessitera le creusage d'une tranchée qui présentera une largeur moyenne de 75 m sur toute la longueur des nouveaux quais (793 m). Cette largeur est obtenue en considérant que la profondeur moyenne actuelle est de -3 m, que la largeur des caissons sera de 17 m et que les pentes de la tranchée seront de l'ordre de 1,5:1 (L.I.E., 1977 et 1981).

Par la suite, et tel que présenté lors de la description sommaire du projet (section 5.1), un dragage hydraulique est prévu pour amener la zone de l'avant-quai à une profondeur de -18 m par rapport au zéro marégraphique. Ce dragage couvrira approximativement, pour chacune des trois phases, des superficies respectives de 4, 16 et 8 hectares (tableau 5.1 présenté précédemment).

La superficie totale draguée sera donc d'environ 32 ha pour un volume prévu de 2 600 000 m³ pour la zone de l'avant-quai et d'environ 380 000 m³ supplémentaires à l'arrière de cette zone, pour la mise en place des caissons.

D'après les forages effectués dans ce secteur en 1977 et 1981 (L.I.E., 1977 et 1981), les matériaux sont principalement composés de sable et s'étendent sur une profondeur d'au moins 60 m. Dans le prolongement du quai 54, les sables sont recouverts d'une couche de vase sableuse récente, dont l'épaisseur varie de 15 à 150 cm, selon les sondages. Les échantillons prélevés (Roche 1982; L.I.E. 1977 et 1981) ont montré que dans cette couche superficielle, la proportion de particules fines (<0,075 mm; tamis USS 200) varie de 0 à 25%, selon les endroits.

En supposant une profondeur moyenne uniforme de 1 m sur la totalité de la superficie à draguer (32 ha) et un pourcentage de particules fines de l'ordre de 20%, le volume total maximum de sédiments fins susceptibles d'occasionner des problèmes de contamination et de turbidité, lors du dragage, sera de l'ordre de 64 000 m³. En effet, les analyses de ces sédiments de surface montrent qu'ils présentent un degré de contamination relativement élevé par les métaux en trace comme le zinc et le cuivre.

Par contre, le sable sous-jacent et les sédiments fins qu'il contient sont des matériaux qui se sont déposés avant l'industrialisation de la région et ces matériaux ne présentent généralement pas de contamination. L'analyse des échantil-

lons recueillis lors des sondages géotechniques a démontré que le pourcentage de particules fines ($<0,075$ mm) est très faible dans cette couche sous-jacente, variant habituellement de 0 à 4% et ce, à toutes les profondeurs (L.I.E., 1977 et 1981).

5.3.4.2 Qualité de l'eau

Le dragage hydraulique des sédiments entraînera une augmentation du taux de matières en suspension dans les environs immédiats du site de dragage. Cette augmentation sera principalement occasionnée par le remaniement des sédiments fins contenus dans la couche de vase sableuse superficielle. Toutefois, cette augmentation sera faible puisque la drague suceuse refouleuse est l'une des dragues qui créent le moins de turbidité et que le pouvoir de dilution du fleuve est considérable dans le territoire à l'étude. En effet, on estime à un maximum de 10% le pourcentage de matériaux fins remis en suspension par ce type de drague (Acres Consulting Services Ltd., 1972 et Barnard, 1978).

Ainsi en se basant sur une production en volume de l'ordre de $4\ 000\text{ m}^3$ /heure dont 20% sont des résidus solides contenant en moyenne 10% de particules passant le tamis USS 200 et sur une remise en suspension de l'ordre de 10% de ces particules fines, la quantité de matériaux remis en suspension sur une base horaire serait d'environ 8 m^3 .

Compte tenu des courants et du pouvoir de dilution du fleuve dans le secteur des travaux de dragage, cette remise en suspension entraînera une augmentation de la turbidité très faible et très locale.

Par ailleurs, des tests d'élutriation réalisés sur les échantillons de sédiments provenant du site de dragage et de l'estuaire de la rivière Saint-Charles démontrent que les contaminants associés aux particules fines ne présentent pas de tendance à la désorption (Roche Ass. ltée, 1983), de sorte qu'une contamination chimique des eaux n'est pas à craindre lors de l'excavation.

Etant donné la valeur de la ressource affectée, le pouvoir de dilution du fleuve et la stabilité chimique des contaminants et considérant que l'intervention est faible, de durée temporaire et réversible, les répercussions du dragage sur la qualité de l'eau du fleuve dans le secteur des battures de Beauport sont jugées négatives et mineures.

Il en est de même pour la qualité de l'eau du fleuve dans le secteur de l'île d'Orléans et de l'Anse aux Sauvages où la turbidité générée par l'excavation des sédiments sera imperceptible, peu important les phases de la marée, compte tenu de la distance et du pouvoir de dilution du fleuve.

5.3.4.3 Qualité des sédiments

Le dragage de l'aire destinée à recevoir les caissons et de celle de l'avant-quai aura comme conséquence d'éliminer la couche des sédiments fins de surface qui, dans ce secteur du

fleuve, sont contaminés par les métaux en trace (section 2.7: Qualité des sédiments). Les activités de dragage auront donc un effet épurateur sur le site du dragage lui-même en améliorant la qualité des sédiments de surface. Cet effet sera cependant limité à la zone même des travaux de dragage et sera temporaire puisque des sédiments contaminés sont continuellement charriés par le fleuve. Pour ces raisons, le dragage engendre une répercussion positive mineure et temporaire sur cette composante du milieu récepteur.

5.3.4.4 Faune benthique

Bien que le dragage des sites de mise en place des caissons et de l'avant-quai entraînera la destruction d'une partie de l'habitat de la faune benthique dans le secteur ouest des battures, ces travaux n'affecteront qu'un petit nombre d'organismes. En effet, il a été démontré (section 3.2: Faune benthique) que le peuplement benthique de ce secteur précis des battures présente une densité peu élevée ainsi qu'une faible diversité.

Par ailleurs, quoique la surface des caissons et celle située à l'arrière seront définitivement perdues, l'aire correspondant à l'avant-quai demeurera accessible à la recolonisation par les organismes benthiques, phénomène fréquemment observé dans les aires nouvellement draguées (Stickney et Perlmutter, 1975; McCauley et al., 1976).

Compte tenu de la valeur relativement faible de la ressource à cet endroit, de l'étendue locale de la répercussion et de son caractère réversible (pour l'avant-quai), le dragage des sites de mise en place des caissons et de l'avant-quai entraînera des répercussions négatives mineures sur la faune benthique.

5.3.4.5 Faune ichtyenne

Bien que les activités de dragage puissent affecter temporairement les conditions du milieu en augmentant la turbidité, il est peu probable que la faune ichtyenne en soit affectée de façon importante.

En effet, le secteur qui sera touché ne semble pas être préférentiellement utilisé par la faune ichtyenne comme aire de fraie, d'alevinage ou de rassemblement. De plus, à l'inverse des organismes benthiques qui sont peu mobiles, les poissons éviteront les zones à turbidité élevée et ils y reviendront dès que les conditions du milieu seront acceptables.

Donc, étant donné la durée relativement courte des interventions, leur faible intensité, leur étendue locale et leur réversibilité, les répercussions des activités de dragage sur la faune ichtyenne sont considérées comme négatives mineures.

5.3.5 Mise en place des digues en sable et remplissage de l'arrière-quai

A- Mise en place des digues en sable

Au cours des phases 2 et 3, les matériaux dragués serviront en premier lieu à construire des digues de ceinture qui délimiteront l'aire de remplissage de l'arrière-quai. Dans la mesure du possible, ces digues seront construites avec du sable provenant des couches sous-jacentes parce que ces dernières contiennent une faible proportion de matériaux fins (moins de 4% passant le tamis no 200).

En se basant sur les études de Schroeder et Shields (1983), la concentration des solides en suspension à la sortie du pipeline devrait se situer aux environs de 150 g/l.

L'augmentation de la turbidité résultant de cette opération sera très locale et s'atténuera très rapidement pour ne plus être perceptible à quelques centaines de mètres du point de rejet.

A titre de comparaison, on peut mentionner l'étude réalisée par Gordon (1974), lors du rejet par barge de résidus de dragage fortement silteux et non-cohésifs dans un cours d'eau soumis à l'influence des marées. Même dans ces conditions particulièrement défavorables, les résultats de cette étude ont démontré que:

- a) 99% des résidus rejetés par barge s'écoulent rapidement vers le fond dans un jet turbulent,
- b) l'extension latérale du panache de dispersion équivaut sensiblement à 30% de la profondeur de la colonne d'eau,
- c) lors du déversement de $2\ 000\ m^3$ de résidus dans un site de 20 m de profondeur, seulement 18% du nuage de particules est transporté en dehors d'un rayon de 30 m et très peu au-delà de 120 m,
- d) la turbidité résiduelle dans la colonne d'eau qui est entraînée par la marée contient moins de 1% des résidus déchargés et les particules entraînées sédimentent en fonction de leur masse spécifique.

B- Remplissage de l'arrière-quai

Une fois la construction des digues complétée, les résidus de dragage seront déversés à l'intérieur des zones de remplissage formées par les digues, les caissons et la zone portuaire existante. Au cours des phases de construction I et III, les temps de séjour des eaux dans les enceintes de remplissage seront très réduits de telle sorte que les répercussions attendues seront équivalentes à celles de la construction des digues en sable. En ce qui concerne la phase II, qui représente plus de 65% du volume et 75% de la superficie à draguer, l'aire de remplissage assurera un temps de renouvellement des eaux de plus de 24 heures jusqu'à ce que les 2/3 du bassin soient remblayés. On profitera de cette situation

pour draguer le plus rapidement possible les résidus de surface avec une partie des sables sous-jacents (coupe verticale de 3 m). Ces résidus de surface comportent la plus forte portion de matériaux fins (0 à 25% passant le tamis 200 pour le premier mètre d'épaisseur) et ils pourront ainsi profiter d'un temps de sédimentation maximum.

Avec une opération normale durant la phase 2, la zone de remblayage constituera donc une excellente trappe à sédiments et la concentration des solides en suspension à la sortie des tuyaux devrait être de l'ordre de 10 à 20 mg/l. Dans le cas le plus pessimiste, on peut assumer que 1% de la masse totale déversée chaque jour dans l'enceinte restera en suspension et retournera au fleuve à la faveur de la marée baissante. En raison de la grandeur de l'aire de remblayage et du diamètre des tuyaux de sortie (60 cm), cette sortie d'eau est estimée à quelque 200 000 m³/j. Dans ce contexte, la concentration de solides en suspension à la sortie des tuyaux serait de l'ordre de 720 mg/l et ne serait plus perceptible à une distance de 200 m du point de rejet à cause du pouvoir de dilution considérable du fleuve.

Au cours de la réalisation de la phase II, une fois les 2/3 de l'arrière-quai remblayés, le temps de résidence de l'eau à l'intérieur du bassin sera inférieur à 24 heures mais le pourcentage de particules fines dans le matériel à draguer sera inférieur à 4%. Dans le pire des cas, on reviendra à une situation équivalente à celle qui prévalait lors de la construction des digues de ceinture.

Il est également à noter que, quelle que soit la phase de construction, la dispersion des sédiments ne se fera pas vers l'amont, compte tenu des conditions de courant dans le secteur d'étude. De plus, les quantités de matériaux fins déversées seront beaucoup trop faibles pour affecter la qualité de l'eau brute dans le secteur de l'Anse aux Sauvages où se trouve la prise d'alimentation en eau potable de Lauzon.

Finalement, une altération des conditions chimiques de l'eau est peu susceptible de se produire lors des opérations de mise en place des digues et de remplissage. En effet, les résultats des tests d'élutriation réalisés lors d'une étude pour le dragage des quais de l'estuaire de la rivière Saint-Charles, localisés à proximité de l'aire d'étude, ont démontré que les contaminants associés aux sédiments à draguer n'avaient pas tendance à passer en solution et que, au contraire, dans certains cas, les contaminants dissous dans l'eau étaient adsorbés par les sédiments mis en suspension (Roche Ass., 1983).

Ainsi, en raison de sa courte durée, de sa faible intensité, de son étendue locale, de sa fréquence occasionnelle, de sa réversibilité et de la faible valeur de la ressource, cette répercussion est jugée négative et mineure. Par ailleurs, certaines recommandations sont présentées à la section 5.5.4 dans le but d'assurer une sédimentation optimum des particules fines et de vérifier la dispersion des matières en suspension.

5.3.6 Présence de l'aménagement portuaire

Tous les effets reliés à la présence des structures constituant la zone d'extension (quais, digues, arrière-quai) sont traités d'une manière globale dans la présente section. Il faut cependant signaler que les essais sur modèle hydraulique des conditions hydrodynamiques futures n'ont été effectués qu'en fonction de l'aire d'extension globale. Comme la connaissance des processus hydrodynamiques est essentielle pour prédire les effets sur tous les autres éléments du milieu biophysique, ceux-ci ont également été étudiés seulement en présence de l'aire d'extension globale.

Rappelons par ailleurs que les risques environnementaux reliés à l'exploitation de la zone d'extension sont traités au chapitre 6.0 du présent rapport.

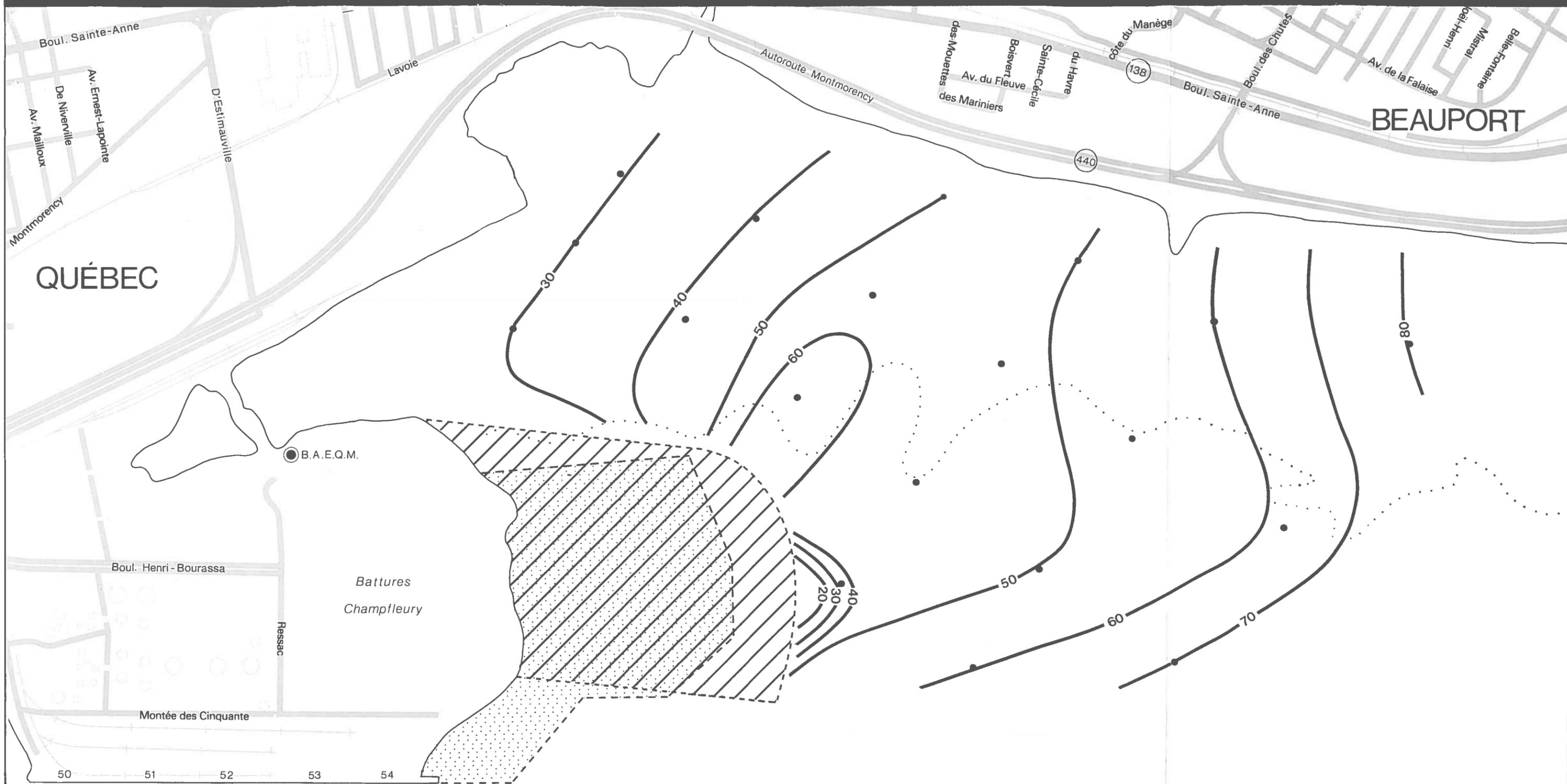
5.3.6.1 Hydrodynamique

Afin d'étudier les effets de la présence de l'aménagement portuaire projeté sur les caractéristiques hydrodynamiques du secteur, des essais ont été réalisés sur le modèle hydraulique ayant servi aux études des conditions actuelles (Laboratoire d'Hydraulique LaSalle, 1983). Les modalités d'utilisation de ce modèle et des résultats qu'il fournit sont présentées à la section 2.5. Il convient de signaler qu'au moment où ces essais ont été réalisés, la forme de l'aire d'aménagement projeté était quelque peu différente de celle actuellement à l'étude. La forme qui a été étudiée à ce moment appa-

raît en pointillé sur les cartes présentant les résultats (cartes 5.1 à 5.3). Selon les connaissances acquises sur l'hydrodynamique de ce secteur et compte tenu que le modèle présentait une superficie un peu plus grande que celle du périmètre de développement projeté, on peut présumer que, dans le pire des cas, les effets de l'aménagement portuaire actuellement à l'étude seront un peu moins importants que ceux observés sur le modèle et décrits ici.

Les résultats obtenus sur le modèle hydraulique indiquent que le patron de circulation sera légèrement modifié par l'aménagement projeté. La distribution des vitesses maximales après l'aménagement est illustrée à la carte 5.1. Les vitesses observées sont du même ordre de grandeur que celles mesurées avant l'aménagement (carte 2.7), quoique la forme des isoplèthes de courant maximum soit différente et orientée davantage parallèlement à la rive.

La distribution des différences de vitesses maximales (vitesse après aménagement moins vitesse avant aménagement) sur les battures est illustrée à la carte 5.2. Les valeurs positives et négatives indiquent respectivement les zones où les vitesses maximales ont augmenté et diminué. La seule zone où l'on constate une légère augmentation est située au nord de la future zone d'extension. Cette augmentation est due à un rétrécissement du goulot donnant accès au rentrant sud-ouest, ce qui accélère les courants lors du flux et du reflux. En fait, la carte 5.2 montre que la présence de l'aménagement portuaire aura surtout pour effet de réduire les vitesses maximales, notamment dans la zone située à son nord-est, où des baisses de plus de 40 cm/s sont enregistrées.



VITESSES MAXIMALES APRÈS L'AMÉNAGEMENT

-  Isoplèthe de courant maximum (cm/s)
-  Point de mesure
-  Limite de l'aménagement étudié sur modèle physique (Laboratoire d'hydraulique Lasalle, 1983)
-  Limite de l'aire d'extension projetée

ÉCHELLE 1:10 000



N° DE DOSSIER : 2694

SOURCE DU FOND DE PLAN
C.U.Q. (1982) CARTE N° 1 ET 4

DATE : SEPTEMBRE 1983

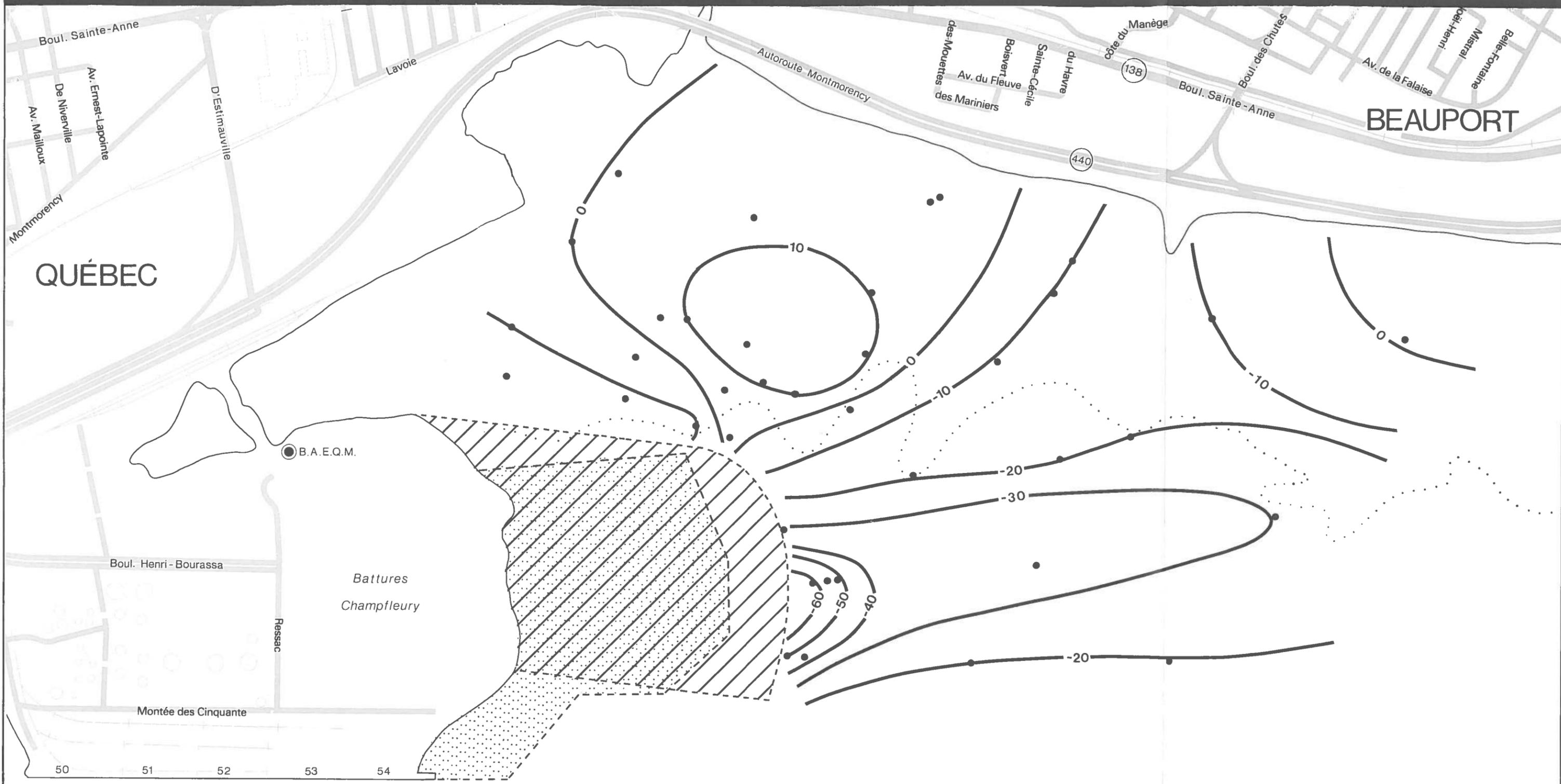


CARTE
5.1

Étude des répercussions
environnementales
de l'extension du
Port de Québec



ASPECTS BIOPHYSIQUES **ROCHÉ**



DIFFÉRENCES DE VITESSES MAXIMALES

-  Isoplèthe des différences de courant maximum (cm/s)
(vitesse après l'aménagement - vitesse avant l'aménagement)
-  Point de mesure
-  Limite de l'aménagement étudié sur modèle physique
(Laboratoire d'hydraulique Lasalle, 1983)
-  Limite de l'aire d'extension projetée

ÉCHELLE 1:10 000



N° DE DOSSIER : 2694

SOURCE DU FOND DE PLAN
C.U.Q. (1982) CARTE N° 1 ET 4

DATE : SEPTEMBRE 1983



**Étude des répercussions
environnementales
de l'extension du
Port de Québec**

ASPECTS BIOPHYSIQUES



CARTE
5.2

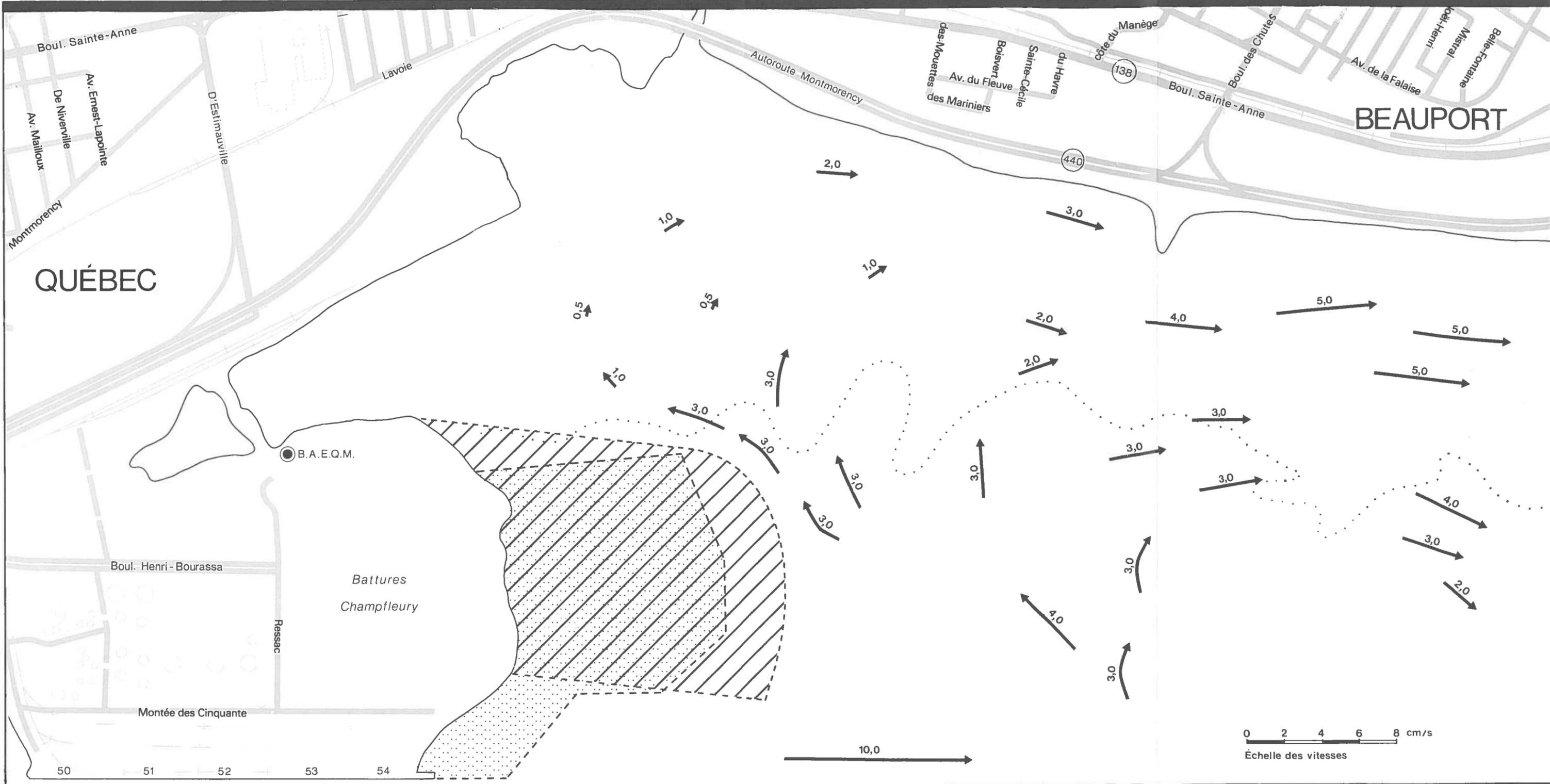


QUÉBEC

BEAUPORT

Le patron de circulation résiduelle sera lui aussi modifié. La carte 5.3 illustre le patron de circulation résiduelle après l'aménagement reconstitué à partir des données du Laboratoire d'hydraulique LaSalle (1983). La principale différence réside dans le fait que la zone des faibles vitesses résiduelles s'étendra à l'ensemble du rentrant sud-ouest agrandi, c'est-à-dire jusqu'à l'extrémité du périmètre de développement. Il en résultera une diminution probable de l'influence des vents du nord-est sur l'écoulement résiduel sur les battures, notamment dans les rentrants sud-ouest et nord-ouest; les vents du nord-est affecteront beaucoup moins le patron de circulation nette dans ces zones, comme ils le font actuellement en accélérant le vecteur vitesse résiduelle et en l'orientant vers le sud-ouest (section 2.5.2.2).

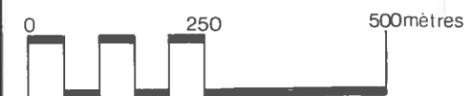
Une conséquence inattendue de l'extension du port est la distance sur laquelle les effets se feront sentir en aval de l'aménagement portuaire. En effet, bien que les variations observées soient faibles, elles se propageront vraisemblablement jusqu'à l'intérieur du bras nord du fleuve à la hauteur de l'île d'Orléans. On voit effectivement sur la carte 5.2 que les zones de modification des vitesses au nord-est de l'aire d'extension se prolongent au-delà de la zone d'étude et on peut supposer qu'elles rejoignent le bras nord de l'île d'Orléans. Ce phénomène semble lié au fait que le réajustement des niveaux d'eau s'effectue en partie sur les battures de Beauport. Il est probable qu'une partie plus importante de l'onde de marée sera réfléchiée dans le bras nord et que le mode d'écoulement du débit fluvial sera légèrement différent.



VITESSES RÉSIDUELLES APRÈS L'AMÉNAGEMENT

-  Vitesse du courant (cm/s)
-  Limite de l'aménagement étudié sur modèle physique (Laboratoire d'hydraulique Lasalle, 1983)
-  Limite de l'aire d'extension projeté

ÉCHELLE 1:10 000



N° DE DOSSIER : 2694
 SOURCE DU FOND DE PLAN
 C.U.Q. (1982) CARTE N° 1 ET 4
 DATE : SEPTEMBRE 1983



CARTE
5.3

Étude des répercussions
 environnementales
 de l'extension du
 Port de Québec



ASPECTS BIOPHYSIQUES 

Le rapport du B.A.E.Q.M. (1970) montre que le débit fluvial qui transite par le bras nord passe principalement par la couche de surface. Le fait de réduire la largeur effective de transport en empiétant sur le fleuve modifie le débit qui s'écoule sur les battures. Les observations recueillies ont montré que le reflux est beaucoup plus long sur les battures que dans le centre du bras nord, ce qui souligne le rôle important des battures pour l'évacuation de l'eau douce dans le bras nord. Même s'il est difficile de quantifier le phénomène, les données disponibles indiquent que le projet d'extension actuel aura des répercussions négligeables sur le débit net dans le bras nord et sur la réflexion de l'onde de marée. Ces données indiquent en outre que l'ampleur de ces effets pourrait augmenter rapidement si l'on empiétait au-delà de la limite des 55 hectares étudiés sur modèle physique. Il faudrait alors analyser avec soin les aspects hydrodynamiques des projets d'extension dépassant cette limite afin de tenir compte des interactions possibles sur les processus de sédimentation dans les zones avoisinantes. En effet, chaque avancée successive constitue une fermeture progressive de l'entrée du bras nord et, à mesure que se rétrécira cette entrée, des répercussions hydrodynamiques et sédimentologiques se feront de plus en plus sentir dans le bras nord de l'Île d'Orléans et dans la partie ouest de l'estuaire moyen.

A la limite, en cas de fermeture totale, le débit fluvial sera entièrement détourné vers le bras sud, et l'onde de marée pénétrant dans le bras nord sera entièrement réfléchi vers l'estuaire. Il pourrait en résulter une accentuation

appréciable de l'asymétrie latérale qui caractérise l'estuaire moyen. Cette asymétrie se manifeste par une remontée plus prononcée de l'eau salée dans le bras nord que dans le bras sud. Il est impossible, avec les données disponibles, d'évaluer précisément l'importance de cette distorsion mais il y a tout lieu de croire que cette répercussion ne serait pas négligeable, même en cas de restriction partielle de l'entrée du bras nord. Une conséquence possible serait le déplacement de la position moyenne du bouchon vaseux de la zone de turbidité maximum, ce qui pourrait affecter le taux de sédimentation sur les battures avoisinant Cap Tourmente et Montmagny, ainsi qu'à Port-Saint-François et dans le chenal maritime.

Ainsi, dans l'ensemble, les principales interactions de la présence du nouvel aménagement portuaire sur les caractéristiques hydrodynamiques peuvent se résumer comme suit:

- patron de circulation sensiblement identique avec des vitesses maximales de même ordre de grandeur mais des isoplèthes de courant orientés davantage parallèlement à la rive.
- vitesses légèrement augmentées au nord de la presqu'île et diminuées à son nord-est.
- extension de la zone des faibles vitesses résiduelles à tout le rentrant sud-ouest, jusqu'à l'extrémité de la presqu'île.

- modifications négligeables du débit net et de la réflexion de l'onde de marée qui seront ressenties jusque dans le bras nord.

Ces changements seront permanents, continus, irréversibles et réels, mais leur faible intensité et leur caractère local font que l'interaction est jugée mineure. Il ne s'agit ici que d'une interaction puisqu'il est non avvenu de discuter de la valeur positive ou négative des interrelations résultant de la présence de la zone d'extension sur l'hydrodynamique.

Par ailleurs, il faut noter que ces modifications hydrodynamiques n'entraîneront pas un refoulement accru ou plus important des égouts pluviaux de Beauport. La situation qui prévaut actuellement à ce sujet demeurera inchangée puisque le niveau de l'eau et son temps de résidence sur la batture ne seront pas modifiés par le projet.

5.3.6.2 Sédimentologie

Le transport des sédiments sur les battures de Beauport se fait de deux façons: le transport par charriage des sédiments non cohésifs et le transport des sédiments en suspension (section 2.6.1). Nous examinerons ici les conséquences de la présence de l'aménagement portuaire sur ces deux modes de transport des sédiments.

a) Transport par charriage des sédiments non cohésifs

On peut raisonnablement assumer que la distribution future des dépôts de surface sera le reflet de la distribution des vitesses maximales puisque c'est le cas actuellement (section 2.6: Sédimentologie). Ainsi, au-delà de vitesses maximales supérieures à 50 cm/s, les sédiments seront grossiers sans sable; entre 30 et 50 cm/s, les matériaux seront bien classés et leur taille variera de sable fin à moyen; enfin, dans les zones de vitesse inférieure à 30 cm/s, les sédiments seront constitués de boue (silts et argiles) sur laquelle s'installera la végétation. La nouvelle distribution devrait donc correspondre aux isoplèthes d'égale vitesse de la carte 5.1.

La zone de transport actif de sable, actuellement située à la sortie du rentrant sud-ouest, se déplacera vers le nord-est. Ainsi, les rides qui se forment actuellement au nord-est des battures Champfleury se formeront plutôt au nord de la future zone d'extension.

D'autre part, les épis de protection disposés au nord et au sud-est de l'aménagement portuaire assureront la stabilisation des sables qui constitueront l'aire d'extension. Toutefois, il est possible que la plage se modifie légèrement et que le haut de plage subisse un recul de quelques dizaines de mètres jusqu'à ce que les pentes de 1:10 résultant du dragage hydraulique se stabilisent suivant un angle plus faible, comparable à celui qu'on retrouve à l'état actuel, soit 1:20 ou 1:40 à certains endroits.

Par ailleurs, l'expansion de la zone calme située dans le rentrant sud-ouest actuel favorisera probablement la consolidation de la partie actuellement couverte de sable à la sortie de ce rentrant.

Les secteurs situés au large des battures et s'étendant jusqu'au chenal seront quant à eux soumis à une baisse de courant (carte 5.2). Cette baisse sera cependant trop faible pour que cette région devienne un site favorable à l'accumulation de matériaux fins. Il est possible toutefois que la proportion de sable et de silt augmente légèrement dans les dépôts de surface mais de façon négligeable.

b) Transport des sédiments en suspension

L'expansion vers le nord-est des zones calmes situées dans le rentrant sud-ouest favorisera l'accumulation des particules fines. C'est effectivement ce qu'on observe dans ce secteur depuis l'implantation des battures Champfleury. On peut donc prévoir que la zone d'accumulation identifiée dans cette partie des battures augmentera en superficie pendant un certain temps, jusqu'à ce qu'elle atteigne la zone de transport actif située à la sortie du rentrant sud-ouest. Le secteur nord des battures ne devrait cependant pas être modifié.

c) Importance de l'interaction

Dans l'ensemble, les modifications du régime sédimentologique iront dans le sens d'une plus grande accumulation de sédiments, notamment dans la zone du rentrant sud-ouest. Etant donné que ces modifications, quoique de faible intensité, seront permanentes, continues, locales, irréversibles et réelles, l'interaction est jugée moyenne.

5.3.6.3 Géomorphologie du littoral

Les principales modifications des caractéristiques géomorphologiques dues à l'extension du port de Québec se traduiront d'abord par deux phénomènes évidents, à savoir: la modification de la ligne de rivage actuelle et l'implantation d'une plage au nord-est et au nord-ouest de la nouvelle aire d'extension. A plus long terme, la modification de la ligne de rivage conduira à l'extension du schorre (partie des battures couverte de végétation) du rentrant sud-ouest et à l'évolution en slikke vaseuse (partie dénudée des battures) de la slikke sableuse actuellement située à l'arrière du futur périmètre de développement (carte 2.5 présentée précédemment). En effet la réduction des vitesses dans la zone du rentrant sud-ouest favorisera à cet endroit la consolidation des sédiments en place et l'accumulation de sédiments fins (section 5.3.7.2). Cette accumulation de sédiments entraînera pendant un certain temps le rehaussement des fonds, ce qui permettra l'extension du schorre et repoussera la slikke vers l'extrémité de la presqu'île projetée. En fait, le futur rentrant sud-ouest sera une image agrandie du rentrant sud-ouest actuel.

Ces modifications de forte intensité seront locales, permanentes, continues, irréversibles et réelles, de sorte que l'interaction est jugée moyenne.

5.3.6.4 Glaces

Tel qu'expliqué dans les sections précédentes, la présence de l'aménagement portuaire favorisera l'accumulation de matériaux fins dans le fond du rentrant sud-ouest. Le rehaussement des fonds dans ce secteur correspondra à une augmentation de la superficie des battures où les glaces tendent à fondre sur place. En effet, les battures de Beauport se dégagent normalement assez rapidement, sauf dans la partie supérieure où les glaces fondent en bonne partie sur place, avant d'être dispersées par les hautes marées et les forts vents d'ouest (section 2.9). De la même manière, l'aire où la prise des glaces est rapide dans le fond du rentrant sera de plus grande dimension.

Par ailleurs, comme les facteurs déterminants pour l'englacement et le déglacement (courants, marée, température, vents) ne changeront pas ou très peu (courants), la présence de l'aire d'extension n'aura aucun autre effet sur ces phénomènes.

Ainsi, malgré la permanence de ces modifications, leur faible intensité et leur caractère local font que l'interaction est jugée mineure.

5.3.6.5 Végétation

La présence de l'aménagement portuaire entraînera l'extension du schorre dans le rentrant sud-ouest par stabilisation et accumulation de sédiments fins, dû à la réduction des vitesses dans ce secteur (section 5.3.6.3). Le rehaussement des

niveaux favorisera l'installation de végétation, de sorte que l'extension du port de Québec, telle que projetée, aura comme conséquence à long terme l'augmentation de la superficie totale des battures de Beauport colonisée par la végétation.

D'une manière générale, la végétation s'installe sur la partie supérieure des battures, à des niveaux permettant une durée d'exondation plus ou moins longue, selon les espèces (section 3.1). On remarque par ailleurs que les deux principales espèces végétales qu'on y trouve, la zizanie et le scirpe, se distribuent différemment sur les battures. La zizanie occupe les endroits abrités et les plus hauts niveaux, tandis que le scirpe tolère des courants plus forts et des temps d'exondation plus courts. Ainsi, d'une manière générale, les groupements à zizanie et les groupements à scirpe occupent respectivement les parties supérieure et inférieure des battures.

Comme on a pu le constater suite à l'implantation des battures Champfleury, la nouvelle aire propice à la végétation sera d'abord vraisemblablement colonisée dans son ensemble par la zizanie (section 3.1.4). Cette dernière, qui est une plante annuelle, semble en effet pouvoir coloniser rapidement un nouveau milieu. Le scirpe américain, qui est une plante vivace, fera probablement son apparition plus lentement, mais pourra occuper éventuellement toute la partie inférieure du schorre, jusqu'à son altitude maximale de tolérance. Le groupement à zizanie sera alors repoussé vers le fond du rentrant sud-ouest, tandis que le groupement à scirpe en occupera la partie inférieure. A long terme, l'étagement de ces deux groupements sera donc celui qui se retrouve généralement ailleurs sur les battures.

D'autre part, les modifications reliées aux processus hydrodynamiques et sédimentologiques ne devraient pas affecter de façon sensible les groupements végétaux situés dans le rentrant nord-ouest et à l'est de l'embouchure de la rivière Beauport. Les plantes endémiques identifiées sur les battures (tableau 3.1) ne devraient donc pas être affectées par ces modifications.

Ainsi, dans l'ensemble, l'extension du port de Québec aura des répercussions positives à long terme sur la végétation des battures. En effet, les groupements végétaux actuels ne seront pas affectés et la présence de l'aménagement portuaire favorisera une augmentation de la superficie colonisée par la végétation dans le rentrant sud-ouest. Compte tenu de la grande valeur de la végétation intertidale et du caractère permanent, continu, local, irréversible et probable de la répercussion mais également de la superficie relativement petite gagnée par rapport à la superficie déjà colonisée par la végétation, cette répercussion est jugée positive mineure.

5.3.6.6 Faune benthique

Au cours de la réalisation des travaux, la faune benthique du site aura été éliminée soit par le remaniement du fond lors du dragage, soit par le recouvrement par des sédiments lors du remplissage. Si la zone draguée pourra être recolonisée, la superficie de l'aire d'extension sera par contre perdue. Toutefois, cette perte d'habitat est relativement peu importante puisqu'elle touche une zone qui abrite actuellement les populations benthiques les plus pauvres du territoire à l'étude.

Par ailleurs, comme on l'a vu à la section 5.3.6.5, la présence de l'aire d'extension entraînera éventuellement une augmentation de la superficie occupée par la végétation au niveau du rentrant sud-ouest.

Or, selon les résultats décrivant la répartition spatiale de la faune benthique des battures de Beauport (section 3.2), les zones abritant de la végétation apparaissent les plus favorables à la faune benthique. Les caractéristiques des populations (abondance, diversité, équitabilité) y sont en effet les meilleures. Ainsi, la présence de l'aménagement portuaire aura comme conséquence d'augmenter la superficie de l'habitat potentiel pour la faune benthique. Cet accroissement se limitera toutefois à la portion ouest des battures de Beauport (rentrant sud-ouest).

La présence de l'aménagement portuaire entraînera donc la perte d'une superficie peu intéressante pour la faune benthique et cette perte sera compensée par l'accroissement de la superficie des zones de végétation, qui s'avèrent de bons habitats pour une faune benthique abondante et diversifiée. Le bilan de ces modifications devrait donc être positif. Bien que ces modifications seront permanentes, continues, irréversibles et très probables, elles sont toutefois jugées mineures, compte tenu de leur faible intensité et de leur caractère très local.

5.3.6.7 Faune ichtyenne

Pour la faune ichtyenne, la présence de l'aménagement portuaire signifie la perte de cette superficie comme aire d'occupation. Cependant, il faut noter que cette zone n'est vraisemblablement pas utilisée actuellement de façon spéciale par les poissons. Par ailleurs, il est bien clair que l'aire projetée n'entravera pas le passage des espèces de poissons qui utilisent le fleuve Saint-Laurent comme voie de migration (alose savoureuse, anguille d'Amérique, saumon atlantique). Malgré le fait que la perte de la superficie occupée par l'aménagement portuaire sera permanente, continue, irréversible et réelle, les répercussions sont jugées négatives mineures étant donné leur caractère local et surtout leur faible intensité, la superficie perdue ne semblant pas utilisée de façon spéciale.

Il faut signaler par ailleurs que l'agrandissement de la superficie de végétation dans le rentrant sud-ouest pourrait par contre avoir un effet positif sur la faune ichtyenne. Bien que les données actuelles sur la faune ichtyenne soient trop imprécises pour formuler des hypothèses quant à l'utilisation future de cette zone de végétation, on peut supposer qu'elle sera plus productive que les fonds sableux qui disparaîtront.

5.3.6.8 Faune avienne

La présence de l'aménagement portuaire affectera la faune avienne qui fréquente les battures de Beauport en modifiant certaines zones utilisées par les oiseaux migrateurs au printemps ou à l'automne.

L'aménagement portuaire prévu ne différera pas de l'aire existante puisqu'il sera entièrement bordé d'une plage de sable. Les relevés effectués au cours de l'automne 1982 ont démontré que la plage actuelle était utilisée par les limicoles comme aire de repos à marée haute et ce, malgré les nombreux dérangements occasionnés par la planche à voile ou les activités de plage. Morrison et Harrington (1979) estiment que la présence d'aires de repos à proximité des aires d'alimentation constitue un des facteurs importants qui conditionne la distribution des limicoles. En ce sens, suite à l'extension du port, les battures de Beauport présenteront encore des zones propices où les limicoles pourront se reposer.

En ce qui concerne les zones de vase, qui constituent généralement les aires d'alimentation des limicoles à marée basse, elles seront sensiblement modifiées à la hausse par l'accroissement du shore et de la slikke vaseuse du rentrant sud-ouest. Par ailleurs, la présence de l'aire d'extension ne devrait pas constituer un dérangement pour ces oiseaux. En effet, les limicoles exploitent actuellement des secteurs relativement fermés ou bruyants comme le rentrant sud-ouest ou le rentrant nord-ouest, qui est bordé par l'autoroute 440.

Etant donné que les zones de végétation du rentrant nord-ouest ne seront pas touchées par les modifications hydrodynamiques ou sédimentologiques, l'exploitation qu'en font la Bernache du Canada au printemps et les canards barboteurs au printemps et à l'automne ne sera pas non plus affectée. Par ailleurs, la présence de l'aménagement portuaire à une distance de 1 km du rentrant nord-ouest ne devrait pas influen-

cer les activités de ces oiseaux. En effet, des relevés effectués dans le bassin D-4 ont démontré que celui-ci accueillait au printemps des nombres importants de Bernaches du Canada et de Grandes Oies blanches en dépit de ses dimensions modestes (200 m de largeur) et malgré le fait qu'il soit bordé par des autoroutes (Gauthier et al., 1979). En ce qui concerne le rentrant sud-ouest, la présence de l'aménagement portuaire accentuera l'exiguïté de ce milieu et, en dépit du fait que la zone de végétation se prolongera vers l'est, ce secteur ne sera probablement pas plus utilisé par les oies et les canards barboteurs qu'il ne l'a été à l'automne 1982 et au printemps 1983.

Enfin, par sa présence, l'aire d'extension de 38 ha affectera la zone de hauts-fonds utilisée par les canards plongeurs au printemps. Cette répercussion est toutefois relativement faible puisque le périmètre de développement n'occupera qu'une petite partie de la zone utilisée par ces oiseaux, qui s'étend à l'est jusqu'au pont de l'Ile d'Orléans. D'autre part, il faut noter qu'à l'automne, les canards plongeurs n'utilisent plus beaucoup la zone de hauts-fonds à proximité des battures en raison de la présence quasi-permanente de nombreux véliplanchistes. L'extension de la zone portuaire aura possiblement pour effet de reporter un peu plus à l'est le dérangement relié aux planches à voile et par conséquent de repousser davantage les canards plongeurs vers le chenal nord de l'Ile d'Orléans.

En conclusion, il apparaît que la présence de l'aménagement portuaire affectera la faune avienne en réduisant l'aire occupée par les canards plongeurs en migration. Quoique de faible intensité, les répercussions seront permanentes, réelles, continues et irréversibles. De plus, la valeur de la ressource affectée et la portée extra-régionale qui se rattache aux oiseaux migrateurs font que les répercussions sur la faune avienne seront négatives et moyennes.

5.3.6.9 Potentiel d'épuration

L'agrandissement du rentrant sud-ouest aura vraisemblablement pour effet d'augmenter la superficie totale des battures couvertes par de la végétation et, par conséquent, entraînera une légère augmentation de son potentiel épurateur global. Cet effet sera évidemment continu et de longue durée, de sorte que la présence de l'aménagement portuaire peut être considérée comme ayant des répercussions positives mineures sur le potentiel épurateur des battures de Beauport.

5.4 MATRICE DES REPERCUSSIONS

La matrice des répercussions sur l'environnement présentée au tableau 5.5 fournit une image schématique permettant de relever rapidement les composantes du projet qui affecteront l'environnement ainsi que les ressources biophysiques qui seront touchées. Les critères d'évaluation (type, importance et possibilité de corriger) utilisés ici sont les mêmes que ceux décrits dans la section consacrée à la méthodologie (section 5.2.4). Il convient de rappeler que la matrice des

Tableau 5.5 Matrice des répercussions sur l'environnement biophysique

ACTIVITÉS DE CONSTRUCTION				
ACTIVITÉS DE CHANTIER	TRANSPORT DES MATÉRIAUX	MISE EN PLACE DES CAISSONS	DRAGAGE DU SITE DES CAISSONS ET DE L'AVANT-QUAI	REMPUSAGE DE L'ARRIÈRE-QUAI
PRÉSENCE DE L'AMÉNAGEMENT				

MILIEU PHYSIQUE

QUALITÉ DU MILIEU SONORE						
QUALITÉ DE L'AIR						
HYDRODYNAMIQUE						
RÉGIME DES GLACES						
SÉDIMENTOLOGIE						
GÉOMORPHOLOGIE						
QUALITÉ DE L'EAU						
QUALITÉ DES SÉDIMENTS						

LÉGENDE

Type de répercussion



Importance de la répercussion



Recommandations et mesures d'insertion



MILIEU BIOLOGIQUE

VÉGÉTATION						
FAUNE BENTHIQUE						
FAUNE ICTYENNE						
FAUNE AVIENNE						

POTENTIEL D'ÉPURATION						
-----------------------	--	--	--	--	--	--

répercussions constitue une représentation très limitée puisqu'elle néglige délibérément les nuances et les hypothèses, quelquefois très importantes, dont il a été fait mention dans la section 5.3.

Ainsi, il apparaît que les éléments du milieu qui seront le plus affectés par les activités de construction sont la qualité du milieu sonore, la qualité de l'eau et la faune avienne. Il faut cependant noter que toutes ces répercussions affecteront le milieu à court terme. Par ailleurs, plusieurs de ces effets seront corrigibles par l'application de recommandations et de mesures d'insertion appropriées. Les principales répercussions des activités de construction seront les suivantes:

- La qualité du milieu sonore sera perturbée par les activités de chantier aussi bien que par le transport des matériaux. Dans les deux cas, les répercussions sont principalement engendrées par le fait que les travaux se réaliseront sur une base de 24 heures.
- Les activités de chantier, la mise en place des caissons, le dragage de l'avant-quai et le remplissage de l'arrière-quai affecteront la qualité de l'eau en remettant en suspension des sédiments fins, ce qui amènera une augmentation de la turbidité dans le secteur immédiat des travaux.
- Si elles se réalisent au printemps ou à l'automne, les activités de construction affecteront la faune avienne qui utilise les battures lors des migrations.

En ce qui concerne la présence de l'aménagement portuaire, ses principales répercussions découleront de l'extension du rentrant sud-ouest. En effet, la diminution des vitesses maximales et des vitesses résiduelles dans ce rentrant favorisera la sédimentation des particules fines et, vraisemblablement, l'agrandissement de la zone de végétation qui occupe actuellement ce secteur. La faune benthique et la faune ichthyenne pourront profiter de ce type d'habitat, qui présente un bon potentiel pour ces organismes. D'autre part, en ce qui concerne la faune avienne, l'aire d'extension occupera une partie de la zone de hauts-fonds utilisée par les canards plongeurs au printemps.

5.5 RECOMMANDATIONS, MESURES D'INSERTION ET PROGRAMME DE SURVEILLANCE DES TRAVAUX DE DRAGAGE

On retrouve dans la présente section les recommandations et les mesures permettant de minimiser l'intensité des répercussions négatives du projet et un programme de surveillance permettant de vérifier la dispersion des solides en suspension et le degré de contamination des eaux dans le secteur des travaux lors des activités de dragage.

5.5.1 Activités de chantier

5.5.1.1 Qualité de l'air

Afin de réduire la quantité de poussières soulevées périodiquement par le passage des camions et de la machinerie sur le site des travaux, il est recommandé d'arroser les voies de circulation du chantier avec de l'eau ou d'appliquer tout

type d'abat-poussière acceptable sur le plan environnemental. On devra par ailleurs s'assurer que toutes les normes du règlement relatif à la qualité de l'atmosphère seront respectées (A.C. 2929-79). Finalement des clauses spéciales indiquant les normes environnementales à respecter sur les chantiers afin de protéger la qualité de l'air devront être incluses dans les contrats accordés aux entrepreneurs.

5.5.1.2 Qualité de l'eau

Les répercussions appréhendées sur la qualité de l'eau concernent principalement certaines pratiques courantes reliées à des négligences ou à une mauvaise connaissance des règlements relatifs à la qualité de l'environnement: rejet des eaux domestiques, stockage inadéquat de produits pétroliers, utilisation d'huiles usagées comme abat-poussière, etc. Aucune de ces pratiques ne devra être tolérée. Ainsi sur le chantier, des toilettes chimiques devront être installées; les produits pétroliers utilisés devront être stockés de façon sécuritaire sur des aires d'entreposage désignées à cette fin et, après utilisation, l'entrepreneur devra les récupérer et en disposer d'une manière acceptable sur le plan environnemental; la gestion des déchets solides, des matériaux secs et du drainage des aires de stockage de produits toxiques et autres (ciment, huiles, poussières, etc.) devra être faite de façon à éviter la contamination des eaux naturelles.

Comme pour le cas de la qualité de l'air, des clauses stipulant les normes environnementales à respecter devront être incluses dans les contrats accordés aux entrepreneurs. Une surveillance devra être exercée pour s'assurer que ces normes ainsi que la Loi sur la qualité de l'environnement dans son ensemble seront respectées.

5.5.1.3 Faune avienne

Afin de réduire l'importance des répercussions sur la faune avienne pendant les activités de construction, il est recommandé que la construction des digues de sable ainsi que la mise en place de la route et des caissons se réalisent en dehors des périodes de migration printanière et automnale. Les oiseaux migrateurs sont présents sur les battures en très grand nombre entre la mi-avril et la mi-mai au printemps et entre la mi-août et la fin du mois d'octobre à l'automne. Si les travaux de construction sont réalisés à l'intérieur des treize semaines qui séparent ces deux périodes, on peut considérer que les répercussions des activités de chantier sur la faune avienne deviendraient pratiquement négligeables. Cette mesure apparaît facilement applicable puisque la durée de chacune des phases de construction ne dépasse pas 10 semaines.

5.5.2 Transport des matériaux

5.5.2.1 Généralités

Afin de réduire les inconvénients du transport sur la circulation et de réduire les risques d'accidents, on veillera à optimiser l'horaire de transport en évitant les heures de

pointe. De plus, si le trajet emprunté le jour par les camions doit traverser des zones résidentielles et si les travaux sont réalisés pendant la période scolaire, il est alors recommandé de ne pas interférer avec les trajets des autobus scolaires et de prévoir des brigadiers scolaires aux intersections achalandées.

5.5.2.2 Qualité du milieu sonore

Afin de réduire les inconvénients dus à l'augmentation du niveau de bruit attribuable au camionnage, une attention particulière devra être apportée dans le choix du parcours à emprunter pour le transport des matériaux de remblai. Il faudra s'assurer, dans ce choix, que le trajet se fait sur des artères principales et comporte un minimum de résidences localisées en bordure des voies. De plus, il serait souhaitable de cesser les activités de camionnage entre 23 heures et 6 heures. Si aucun camionnage ne se fait durant cette période, le nombre de passages de camions durant le jour passera de 37 à 52 par heure, ce qui réduirait les répercussions sur le milieu sonore au cours de la nuit sans pour autant augmenter de manière significative les niveaux de bruit existant le jour (l'augmentation sera de l'ordre de 1 dB(A)).

Dans les cas où cette mesure ne serait pas applicable parce que certains travaux ne peuvent être interrompus ou qu'ils doivent être réalisés en fonction de la marée, on devra, si possible, prévoir le transport des matériaux le jour et leur stockage temporaire sur le site des travaux. Autrement, le transport de nuit devrait éviter complètement les zones résidentielles même si les trajets devaient être sensiblement allongés.

Finalement, pour réduire les bruits de freinage et d'accélération, il faudra s'assurer d'une signalisation routière qui favorisera les camions dans les zones résidentielles.

5.5.2.3 Qualité de l'air

Il faudra s'assurer que dans toutes les étapes du transport des matériaux, la loi sur la qualité de l'environnement sera suivie, de même que l'article 418 du code de la sécurité routière obligeant le recouvrement par des bâches des chargements susceptibles de générer des poussières. En outre, afin de réduire le plus possible les problèmes causés par les émanations nocives des camions, on devra veiller à ce que ceux-ci empruntent des artères principales et choisissent celles qui sont les moins bordées de résidences.

5.5.3 Activités de dragage et de remblayage hydraulique

Le programme de dragage proposé par le Port de Québec comporte déjà un certain nombre de mesures qui sont de nature à réduire les répercussions associées aux activités de dragage et les principales composantes de ce programme devraient faire partie intégrante de l'appel d'offres qui sera préparé par le Port de Québec pour l'octroi du contrat de dragage, à savoir:

- a) l'utilisation d'une drague hydraulique de type suceuse-refouleuse.

- b) la réalisation de sondages et d'analyses granulométriques avant la réalisation du dragage pour déterminer les endroits où la couche de vase de surface est la plus mince de manière à utiliser des matériaux contenant un maximum de 4% de particules fines pour la construction des digues de ceinture.
- c) la construction d'un épi recouvert de pierres, aux extrémités sud-est et nord de la future aire d'extension, pour assurer la protection des digues de sable contre l'érosion.
- d) la localisation des deux batteries de tuyaux superposés devant servir de déversoir dans la section est des digues de ceinture pour assurer une circulation d'eau acceptable entre le fleuve et la zone de remblayage.
- e) l'enrochement des pentes au niveau des tuyaux (déversoirs) qui assureront la circulation de l'eau entre le fleuve et l'aire de remblayage.
- f) le maintien d'une hauteur minimale de 1 m entre le niveau du sol et la première série de tuyaux qui sera placée dans la digue de sable.
- g) la surveillance et la correction immédiate de toute érosion des digues (notamment à proximité des tuyaux de sortie) qui pourrait entraîner un déversement incontrôlé des résidus de dragage dans le fleuve.

- h) l'excavation de la couche de surface par une coupe verticale d'environ 3 m d'épaisseur pour assurer un bon mélange des sables et des particules fines à l'intérieur de la zone de dépôt.
- i) l'excavation de la couche de surface sur toute la zone à draguer avant que le remblayage des 2/3 de la zone de l'arrière-quai ne soit complété, de façon à bénéficier d'un temps de sédimentation maximum.
- j) l'utilisation de matériaux de dragage ou autres contenant moins de 4% de particules fines pour compléter le remplissage du dernier tiers de la zone de l'arrière-quai.

Par ailleurs en plus d'aviser les navigateurs de la date et de la durée des travaux, le Port de Québec devrait également informer de ses intentions les municipalités qui puisent leur eau dans le fleuve, plus particulièrement la municipalité de Lauzon.

Il s'agira également de mettre en oeuvre un programme de surveillance des travaux de dragage. Ce programme aura pour but de vérifier la dispersion des particules fines et la concentration des contaminants dissous dans l'eau lors des activités de dragage et de remblayage hydraulique.

L'application de ce programme de surveillance est rendue nécessaire du fait que les travaux de dragage des phases 2 et 3 pourraient être reportés sur plusieurs années. Durant ce laps de temps, la nature des contaminants associés aux sédiments à draguer pourrait changer.

La réalisation d'un tel programme permettra donc de vérifier l'importance réelle de la remise en suspension des particules fines par rapport aux hypothèses élaborées dans la section des impacts. Elle permettra également de déterminer la nature et le degré de contamination des eaux lors des activités de dragage.

A ce sujet, nous recommandons qu'une analyse des contaminants présents dans les sédiments de surface soit effectuée avant les dragages des phases 2 et 3 si plus d'un an sépare la réalisation de chacune des phases de construction. L'étude de la composition des sédiments devra comprendre l'analyse des huiles et graisses, des BPC, des solides volatils et des métaux totaux (Zn, Cu, Pb, Hg).

Les contaminants dont la concentration en mg/kg dans les sédiments dépasserait les critères proposés par Vigneault (1978) pour l'évaluation de la qualité des produits d'exca-
vation du dragage (tableau 5.6) devront être analysés lors des travaux de dragage pour mesurer leur concentration sous forme dissoute dans l'eau. Dans le cas où la concentration des contaminants présents dans les sédiments ne dépasserait pas les critères de Vigneault (1978), le programme de suivi devrait tout de même être maintenu pour vérifier la turbidité et la dispersion des solides en suspension dans le secteur des travaux.

Ce programme de surveillance devrait être réalisé au cours de chacune des phases de réalisation des travaux selon les modalités proposées ci-après:

A. Avant la réalisation des travaux:

Des prélèvements d'eau devraient être effectués

- a) au site de dragage (100 m en aval ou en amont de la drague dépendant du moment de la marée) dans l'heure qui précède l'étale de marée haute et dans l'heure qui précède l'étale de marée basse;
- b) sur la batture de Beauport en face de l'embouchure de la rivière Beauport et à mi-chemin entre le site des travaux et le pont de l'Ile d'Orléans dans la demi-heure qui précède l'étale de marée haute;
- c) en trois points équidistants placés sur un axe longitudinal localisé à 500 m de la sortie des tuyaux de déversement de la digue nord. Le premier point devrait être placé en ligne droite avec le prolongement du quai 54 et le dernier avec la limite nord de la zone d'extension.

Ces échantillons devraient être recueillis sur toute la colonne d'eau à trois reprises au cours de la semaine précédant le début des travaux de dragage. Les analyses effectuées auront pour but de connaître la qualité de l'eau au site de dragage et dans le secteur des battures de Beauport. Lors de cet échantillonnage, il serait bon d'avoir un aperçu de la concentration sous forme dissoute dans l'eau des contaminants retrouvés en concentration excessive dans les sédiments de surface. Les résultats obtenus serviront de concentration-témoin et permettront de mesurer la variation des paramètres étudiés (solides en suspension et contaminants dissous) lors des activités de dragage.

B. Pendant la réalisation des travaux

Lors de la réalisation des travaux, le prélèvement des échantillons d'eau devrait être réalisé selon la procédure établie précédemment à raison de 2 fois par semaine. Pour obtenir des données pertinentes, il serait utile de commencer la campagne de prélèvement seulement un cycle de marée après le début des travaux de dragage. Quant à l'analyse des paramètres, elle devrait se limiter aux solides en suspension et aux contaminants dont la concentration dans les sédiments est supérieure aux critères de Vigneault (1978) (tableau 5.6).

Si la concentration des contaminants dissous dans l'eau dépassait de 1,5 fois la concentration actuelle des eaux du fleuve, en tenant compte de la variabilité naturelle de certains paramètres dans le milieu hydrique, les travaux de dragage et de remplissage de l'arrière-quai devraient être interrompus jusqu'au retour des conditions normales, peu importe la cause du dérangement. Dans la mesure où les contaminants émis n'entraînent pas un dépassement de ce critère, la surveillance des travaux pourrait être réduite à une seule série de prélèvements à partir de la troisième semaine d'application du programme de surveillance des travaux de dragage.

En ce qui concerne les solides en suspension, il est important de mesurer leur concentration aux différentes stations de contrôle proposées de manière à s'assurer que les activités de dragage ne sont pas susceptibles d'entraîner une augmentation supérieure à 50 mg/l à la prise d'eau de Lauzon.

TABLEAU 5.6: CRITERES D'EVALUATION DE LA QUALITE DES PRODUITS D'EXCAVATION DU DRAGAGE

PARAMETRES	CONCENTRATION DANS LES SEDIMENTS SECS	
	ACCEPTABLE (mg/kg)	NON ACCEPTABLE (mg/kg)
Carbone total %	1,5	5,0
Solides volatils	40 000	80 000
Phosphore total	700	1 000
Arsenic	3	6
Cadmium	5	8
Cuivre	30	60
Mercuré	0,3	1,0
Plomb	20	60
Zinc	80	175
Chrome	70	90
BPC	0,05	0,1
Huiles et graisses	1 000	2 000

Source: Vigneault (1978)

5.5.4 Répercussions résiduelles

L'application de l'ensemble des recommandations et des mesures d'insertion contribuera à modifier les répercussions décrites précédemment. Le tableau 5.7 présente la matrice des répercussions résiduelles du projet sur l'environnement biophysique, c'est-à-dire l'évaluation des répercussions après application de ces mesures.

Ainsi, il apparaît que les répercussions des activités de chantier sur la qualité de l'air et sur la qualité de l'eau pourront être réduites par l'application des recommandations et des mesures présentées précédemment. En ce qui a trait aux répercussions des activités de chantier sur la faune avienne, si les travaux sont réalisés en été, les répercussions passeront de moyennes à négligeables.

Par ailleurs, les mesures proposées pour le transport des matériaux devraient permettre de réduire le niveau des interactions sur le milieu sonore et sur la qualité de l'air (utilisation d'artères principales, réduction du transport nocturne et recouvrement des chargements).

Globalement les principales interactions des activités de construction qui subsistent concernent l'augmentation du niveau sonore, les autres répercussions ou interactions étant mineures.

Tableau 5.7 Matrice des répercussions résiduelles sur l'environnement biophysique

ACTIVITES DE CONSTRUCTION					PRÉSENCE DE L'AMÉNAGEMENT
ACTIVITES DE CHANTIER	TRANSPORT DES MATERIAUX	MISE EN PLACE DES CAISSONS	PRAGAGE DU SITE DES CAISSONS ET DE L'AVANT-QUAI	REMPLISSAGE DE L'ARRIERE-QUAI	

MILIEU PHYSIQUE

QUALITÉ DU MILIEU SONORE						
QUALITÉ DE L'AIR						
HYDRODYNAMIQUE						
RÉGIME DES GLACES						
SEDIMENTOLOGIE						
GÉOMORPHOLOGIE						
QUALITÉ DE L'EAU						
QUALITÉ DES SÉDIMENTS						

LÉGENDE

Type de répercussion



Importance de la répercussion



MILIEU BIOLOGIQUE

VÉGÉTATION						
FAUNE BENTHIQUE						
FAUNE ICTHYENNE						
FAUNE AVIENNE						

POTENTIEL D'ÉPURATION						
-----------------------	--	--	--	--	--	--

En ce qui concerne la présence de l'aménagement portuaire, les interactions moyennes au niveau de la sédimentologie et les répercussions positives qui découlent de cette modification ne sont pas touchées.

Dans l'ensemble, il est justifié de penser qu'à la suite de l'extension du port de Québec, l'état des battures de Beauport sera très peu altéré. La superficie de la zone intertidale ne sera pas modifiée et les différents éléments du milieu biophysique ne subiront aucune répercussion négative majeure. La seule répercussion négative moyenne concerne la faune avienne et elle réfère à la perte inévitable d'une partie de la zone de hauts-fonds utilisée par les canards plongeurs au printemps.

6.0 RISQUES ENVIRONNEMENTAUX DE L'EXPLOITATION DE LA ZONE D'EXTENSION SUR LE MILIEU BIOPHYSIQUE

La nouvelle superficie dont on envisage la création au port de Québec sera le siège d'activités portuaires susceptibles d'avoir des répercussions sur l'environnement biophysique. Bien qu'il soit pour le moment impossible pour le Port de Québec de préciser quelles seront les futures utilisations de la zone d'extension, il convient à ce stade d'identifier les risques environnementaux reliés aux différentes activités qui pourraient s'y dérouler. Il sera donc question au cours du présent chapitre des activités reliées à l'exploitation de la zone d'extension et des répercussions qu'elles pourraient engendrer sur les éléments du milieu biophysique extérieur au site même.

La principale source de répercussions prévisibles concerne évidemment la manutention, le stockage et les déversements accidentels des divers produits qui seront éventuellement transbordés au port de Québec. Toutefois, il faut également appréhender des problèmes environnementaux causés par le trafic maritime (circulation, ravitaillement des navires, déchargement de lest) ainsi que par les activités connexes (activités de service, industries connexes, infrastructures, entretien). Concernant ces dernières activités, il convient de rappeler ici que, conformément aux volontés exprimées par les autorités du Port de Québec, l'utilisation de la zone d'extension devrait être conforme aux plus récentes orientations contenues dans les propositions du schéma d'aménagement de la Communauté urbaine de Québec. De ce fait, les

industries lourdes ou à fort gabarit telles les industries pétrochimiques, la transformation des métaux, les aluminières, les raffineries, les scieries, les sidérurgies et les usines de pâtes et papiers ne pourraient pas s'implanter dans la zone d'aménagement portuaire proposée.

6.1 RISQUES RELIES A LA MANUTENTION, AU STOCKAGE ET AUX DEVERSEMENTS ACCIDENTELS DES MARCHANDISES

Tel que mentionné précédemment, on ne sait pas quelles seront les marchandises transitées dans la zone d'extension du port. Les utilisations futures dépendront en effet de l'évolution du marché et des demandes provenant des clients potentiels. La démarche qui est adoptée ici consiste donc à définir le risque environnemental rattaché aux différents produits qui pourraient être manutentionnés, stockés ou accidentellement déversés. Pour ce faire, une liste de tous les produits potentiels a été établie à partir des produits ayant déjà été manutentionnés et stockés au port de Québec et de certains produits se rattachant à des marchés potentiels. Cette liste est fournie au tableau 6.1 et il est important de préciser qu'elle ne présente aucun caractère prédictif puisqu'elle ne reflète ni les perspectives de marché ni l'instabilité de ces mêmes marchés.

6.1.1 Catégories de produits

Les différents produits apparaissant sur la liste ont d'abord été regroupés en fonction de la nature des risques environnementaux qu'ils sont susceptibles de représenter pour le mi-

TABLEAU 6.1: LISTE DES PRODUITS SUSCEPTIBLES D'ETRE MANUTENTIONNES AU PORT DE QUEBEC

<u>VRACS SOLIDES</u>	<u>VRACS LIQUIDES</u>
Céréales (silo à céréales)	Huiles végétales (lin, colza, tournesol, etc.)
Alumine	
Charbon - bitume - anthracite - coke	Mélasses
Ciment	Produits chimiques - styrène monomère - benzène - calcium liquide - anhydride acétique - herbicides - toluène - xylène - acide sulfurique - acétate d'éthyle - BTX
Pierre à ciment ("clinker")	Hydrocarbures (essence, huile à chauffage, etc.)
Cuivre	
Nickel	
Potasse	
Fer	
Ferraille	<u>MARCHANDISES GENERALES</u>
Gypse	Conteneurs
Sel	Ro-Ro Remorques de camion Wagons de chemin de fer automobiles
Soufre	
Zinc	Terminal forestier bois d'oeuvre papier pâte de bois copeaux de bois bois de pulpe

lieu biophysique. Ce regroupement permet de séparer les vracs solides, les vracs liquides et les marchandises générales. Ensuite pour les vracs solides, l'utilisation des critères toxicité et susceptibilité à l'érosion éolienne ont permis de créer trois catégories: les produits non toxiques et non sujets à l'érosion éolienne, les produits non toxiques et sujets à l'érosion éolienne et enfin les produits toxiques et sujets à l'érosion éolienne. Les céréales constituent toutefois une classe à part, étant donné leur caractère non toxique et la façon dont elles sont stockées (silos). Enfin, les vracs liquides sont divisés selon qu'il s'agit de produits alimentaires, chimiques ou pétroliers et les marchandises générales sont traitées ensemble sur la base du faible risque qu'elles représentent pour l'environnement.

Cette classification devrait permettre de prévoir les risques de tout autre produit non indiqué sur la liste étudiée ici en le situant à l'intérieur de l'une ou l'autre des catégories.

6.1.2 Éléments sensibles du milieu

Six éléments du milieu biophysique ont été retenus comme étant susceptibles d'être affectés lors de la manutention, du stockage ou d'un déversement accidentel. Il s'agit de la qualité de l'air, du milieu sonore, de la qualité de l'eau, de la qualité des sédiments, de l'ensemble des éléments biologiques aquatiques (flore, faunes benthique, ichtyenne et avienne) et du potentiel d'épuration du fleuve et des battures de Beauport. Les risques environnementaux sont donc évalués en regard de ces six éléments sensibles.

6.1.3 Evaluation des risques environnementaux

Pour chaque catégorie de produits, on a évalué le risque environnemental relié à la manutention, au stockage et aux déversements accidentels et ce, pour les éléments sensibles du milieu susceptibles d'être affectés dans chaque cas. Les résultats de cet exercice sont compilés au tableau 6.2. Compte tenu de l'imprécision concernant le type de produits, la forme sous laquelle ils seront manutentionnés et stockés, ainsi que leurs quantités, à ce stade-ci, l'évaluation des risques est principalement basée sur les facteurs causaux que ces produits peuvent représenter pour l'environnement. Toutefois, on considère dans la présente étude que chaque produit est manutentionné et/ou stocké en quantités importantes, c'est-à-dire en rapport avec les quantités normalement manipulées au port de Québec ou dans des installations portuaires comparables.

6.1.3.1 Manutention et stockage

Les risques environnementaux reliés à la manutention et au stockage font référence à toutes les pertes de produits normalement enregistrées au cours des manipulations et, en ce sens, concernent uniquement les vracs solides. On suppose en effet que les vracs liquides sont peu susceptibles d'être déversés au cours des activités normales, étant toujours soit dans les bateaux, les pipelines ou les citernes, alors que les vracs solides peuvent être répandus sous forme de poussières sous l'action du vent, par les vibrations ou des per-

TABLEAU 6.2 EVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX BIOPHYSIQUES RELIES A LA MANUTENTION ET AU STOCKAGE DES MARCHANDISES DANS LA ZONE D'EXTENSION DU PORT DE QUEBEC

TERMINAUX	CATEGORIES DE PRODUITS	EXEMPLES DE PRODUITS	ELEMENTS SENSIBLES DU MILIEU BIOPHYSIQUE	ACTIVITES				RECOMMANDATIONS			REMARQUES
				MANUTENTION	STOCKAGE	DEVERSEMENTS		ETUDE D'IMPACT	ZONES A PRIVILEGIER	MESURES D'ATTENUATION DES RISQUES	
						MINEURS	MAJEURS				
VRAC SOLIDE	Non toxique Non sujet à l'érosion éolienne	Clinker Ferraille Sel	Milieu sonore Eau	* *	-- *	-- *	-- *	Non	Non		
	Non toxique Sujet à l'érosion éolienne	Alumine Potasse Ciment Fer Gypse Charbon Soufre	Air Milieu sonore Eau Sédiments Vie aquatique Potential épuration	* * * * * *	** -- ** * * *	-- -- ** * * *	-- -- ** ** ** **	Essentielle pour les produits susceptibles d'être dégradés en produits toxiques (ex. soufre, charbon). Recommandable autrement	Non	-Imperméabilisation des surfaces de stockage -Équipement de manutention adéquat -Recouvrement des camions ou wagons lors du transport en vrac -Interruption des activités lors de vents violents -Entreposage sous hangar, toiles ou citernes -Arrosages avec eau ou liants -Écrans anti-vents	L'alumine, le nickel et le ciment sont toujours entreposés en hangar ou en citerne. Les risques environnementaux reliés à ces produits en particulier sont donc très faibles.
	Toxique Sujet à l'érosion éolienne	Cuivre Nickel Zinc	Air Milieu sonore Eau Sédiments Vie aquatique Potential épuration	** * ** ** ** **	*** -- *** ** ** **	-- -- *** *** *** ***	-- -- *** *** *** ***	Essentielle	Oui (Centre ouest de la presqu'île)	-Murets et fosses de drainage autour des amas -Récupération et traitement des eaux de drainage et du matériel repandu -En plus, pour le charbon: ..arrosages avec liant d'asphalte ou liants chimiques ..combler les interstices des côtés avec de la terre ..augmenter la taille des particules ..arrosage avec de l'huile	
ELEVATEURS A CEREALES	Céréales		Air Milieu sonore Eau	** * *	* -- *	-- -- *	-- -- *	Non	Non		On considère ici que le grain est toujours entreposé dans des éleveurs.
VRAC LIQUIDE	Produits alimentaires	Huile végétale Mélasse	Air Milieu sonore Eau Vie aquatique Potential épuration	-- * -- -- -- --	-- -- -- -- -- --	-- * * *	* ** ** **	Non	Non	-Méthodes sûres de déchargement et de chargement des navires, avec barrières autour de ceux-ci -Remblais autour des citernes contenant des produits toxiques -Récupération et traitement des eaux de drainage	On suppose ici que les équipements de manutention et le stockage ne présentent pas de risques, sauf s'il y a déversement accidentel.
	Produits chimiques	Styrène monomère Benzène Métalchlor Acétique anhydride Toluène BTX Xylène Acide sulfurique Ethylacétate	Air Milieu sonore Eau Sédiments Vie aquatique Potential épuration	-- * -- -- -- -- --	-- -- -- -- -- -- --	-- * *** *** *** *** ***	-- -- *** *** *** *** ***	Essentielle	Oui (Centre de la presqu'île)		
	Hydrocarbures	Essence Huile à chauffage	Air Milieu sonore Eau Sédiments Vie aquatique Potential épuration	-- * -- -- -- -- --	-- -- -- -- -- -- --	* * ** ** ** ** **	** *** *** *** *** *** ***				-L'importance des risques peut varier selon le type d'hydrocarbure (huile lourde plus nocive que l'essence). -Le caractère répétitif des déversements mineurs en augmente le risque.
MARCHANDISES GENERALES	Conteneurs Ra-ra		Milieu sonore	*	--	--	--	Non	Non		
	Produits forestiers	Bois Papier Pâte de bois	Milieu sonore	*	--	--	--	Non	Non		

* Risque faible ** risque modéré *** risque élevé

tes des convoyeurs, etc. Il convient cependant de bien dissocier ces pertes des déversements accidentels mineurs ou majeurs qui, eux, concernent autant les vracs liquides que les vracs solides ou toute autre type de marchandises.

Le risque environnemental des opérations de manutention et de stockage des vracs solides est défini selon trois classes (faible, modéré, élevé), en fonction de la toxicité des produits et du potentiel de déversement dans le milieu naturel. Ces critères servent à définir le risque pour chaque élément sensible, à l'exception du milieu sonore qui est traité à la section suivante (6.1.3.2). En ce qui concerne la qualité de l'air, des précisions sont apportées à la section 6.1.3.3.

Ainsi, les produits très toxiques présentent un risque élevé même lorsqu'ils offrent peu de danger d'être répandus. Un produit peu ou non toxique qui a tendance à se répandre sous l'action du vent présente un risque modéré, tandis qu'un produit non toxique et facilement contenu présente un risque faible (détails au tableau 6.2).

On verra plus loin (section 6.1.4) que certains des risques identifiés ici peuvent être atténués par l'application de mesures de contrôle appropriées. Ces possibilités d'atténuation ne sont toutefois pas considérées dans l'évaluation qui est donnée au tableau 6.2.

6.1.3.2 Niveau de bruit

Pour ce qui est de l'évaluation des risques de répercussions sur le milieu sonore, une analyse a été effectuée en simulant une source ponctuelle de bruit, équivalente à un niveau hypothétique d'une puissance acoustique de 120 dB(A). Celle-ci est localisée au point 1 (carte 2.1 présentée précédemment) et les calculs sont effectués suivant les trois plans de coupe acoustique 1-A, 1-B et 1-C. Les niveaux diurnes résultant de l'exploitation, considérés sur une période de soixante minutes consécutives, sont au point A de 46,5 dB(A), au point B de 47,2 dB(A) et au point C de 46,1 dB(A) (tableau 6.3). Les niveaux nocturnes sont évalués en supposant que les activités sont réduites de moitié, ce qui constitue une hypothèse particulièrement pessimiste puisqu'actuellement très peu d'activités sont réalisées durant la période nocturne.

A titre de comparaison, le niveau de pression acoustique résultant des activités de chargement d'une barge de charbon est de 77 dB(A), mesuré à 15 m. Cette activité comprend des équipements tels que: camion, chargeur, béliet mécanique, camion à bascule, chargeur de barge, tamis vibreur, concasseur et convoyeur. Une telle activité produirait, aux mêmes points d'évaluation A, B et C, des niveaux de bruit respectifs de 34,6, 35,6 et 34,9 dB(A).

TABLEAU 6.3: COMPARAISON ENTRE LES NIVEAUX DE BRUIT EXISTANTS ET LES RESULTATS DES CALCULS PREVISIONNELS CONCERNANT L'UTILISATION DE L'AIRE D'EXTENSION, EN TERMES DE NIVEAU DE BRUIT EQUIVALENT (Leq)

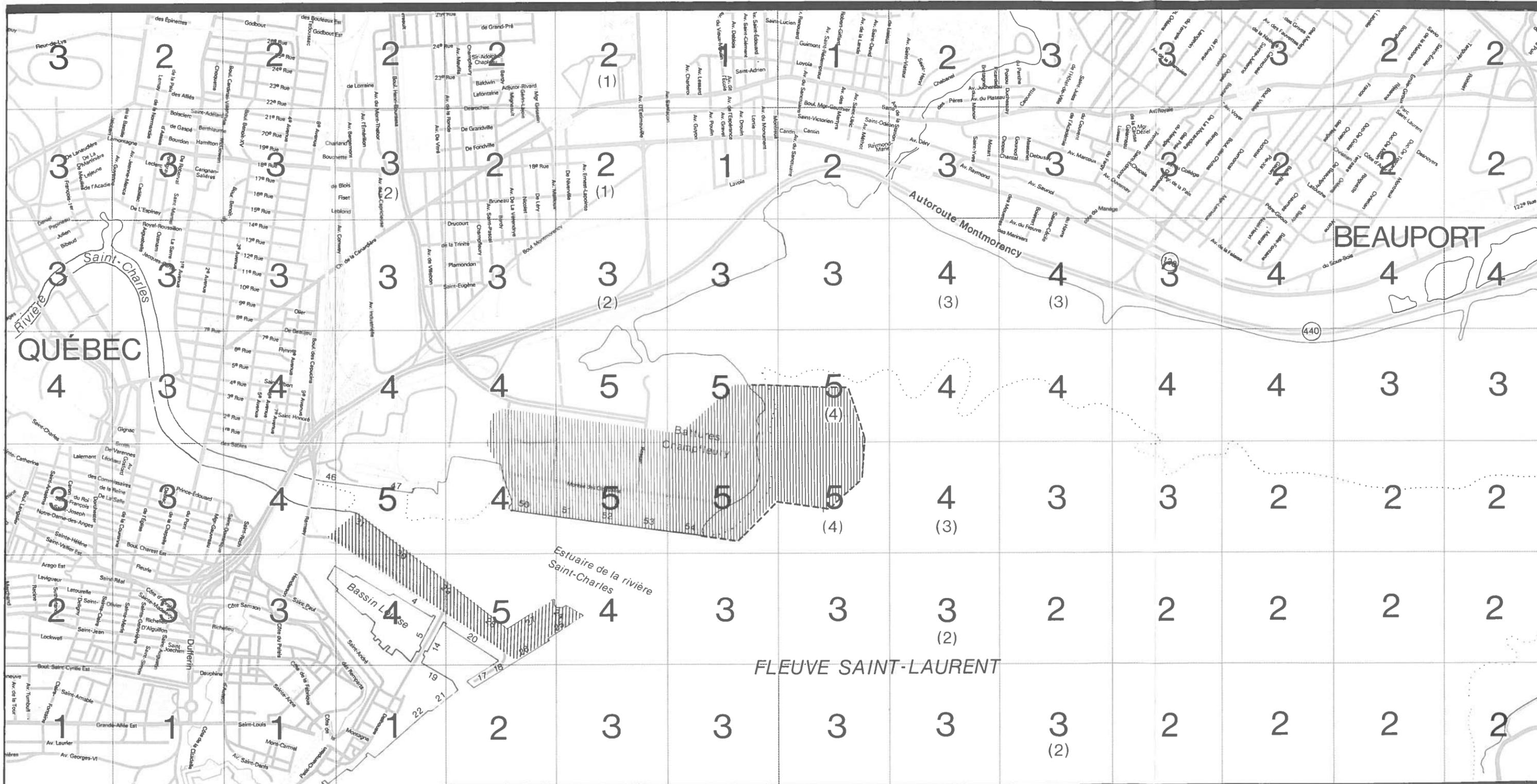
LOCALISATION DU POINT D'EVALUATION (1)	NIVEAU DE BRUIT ACTUEL		NIVEAU DE BRUIT ENGENDRE PAR L'EXPLOITATION		NIVEAU DE BRUIT RESULTANT	
	JOUR	NUIT	JOUR	NUIT	JOUR	NUIT
	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
A	69,8	51,7	46,5	43,5	69,9	52,3
B	59,7	37,2	47,2	44,2	59,9	45,0
C	56,9	46,7	46,1	43,1	57,1	48,2

(1) Carte 2.1 présentée précédemment

Les résultats présentés au tableau 6.3 indiquent que, durant le jour, l'augmentation du niveau de bruit due aux activités portuaires sera négligeable. Toutefois, durant la nuit, en supposant que les activités seront réduites de moitié, l'augmentation du niveau de bruit sera de 8 dB(A) au point B (rue Lavoie) et de 1 dB(A) aux autres points de mesure. Il faut noter que même avec ces augmentations, les niveaux de bruit résultant seront relativement peu élevés.

6.1.3.3 Qualité de l'air

Dans le but d'identifier les zones les plus susceptibles d'être affectées par des retombées éventuelles de poussières, le secteur à l'étude a été morcelé au moyen d'une grille et une probabilité de dispersion dans les cas d'émission de particules a été associée à chacune des zones de 0,25 km² (carte 6.1). La valeur de la probabilité, variant entre 1 et 5, a été établie uniquement en fonction de la fréquence de direction des vents et elle suppose que le port de Québec constitue une source continue et uniforme d'émission de particules. Ainsi, selon ce modèle, si des particules étaient émises chaque jour pendant une grande période de temps, à partir de plusieurs points répartis uniformément sur l'ensemble de la zone portuaire (actuelle et future), il serait plus probable qu'elles s'accumulent dans les zones dont la valeur de probabilité est élevée plutôt que dans celles dont la valeur est faible. Il est bien évident toutefois que si des activités générant beaucoup de poussières sont éventuellement réalisées pendant une journée où le vent souffle dans une direction inhabituelle, les particules émises pourraient atteindre les



**PROBABILITÉ DE DISPERSION
DANS LE CAS D'ÉMISSION DE PARTICULES
APRÈS L'EXTENSION PROJETÉE**



1 ← → 5
Probabilité faible Probabilité élevée

N.B. Les valeurs de probabilité sont uniquement fonction de la fréquence des directions des vents. Elles ne tiennent pas compte de la distance de la source.



Zone portuaire (considérée comme étant une source d'émission uniforme et continue)



() Valeur de la probabilité à l'état actuel quand elle diffère de celle prévue après l'extension du projet

ÉCHELLE: 1: 20 000



N° DE DOSSIER : 2694
SOURCE DU FOND DE PLAN:
C.U.Q (1982) CARTE N°1 ET 4
DATE : SEPTEMBRE 1983

Port de Québec

Étude des répercussions environnementales de l'extension du Port de Québec

ASPECTS BIOPHYSIQUES

ROCHE

CARTE 6.1

NORD

zones dont la valeur est faible plutôt que celles dont la valeur est élevée. Par ailleurs, il faut noter que les valeurs de probabilité ne tiennent pas compte du fait que les concentrations de particules diminuent progressivement avec l'éloignement de la source d'émission.

L'analyse de la carte 6.1 indique que les valeurs de probabilité associées aux installations futures diffèrent très peu de celles qui sont reliées aux installations actuelles. Conséquemment, les deux principaux corridors de dispersion des particules identifiés à la section 2.3.3 (Corridor de dispersion et zones actuellement affectées par les polluants atmosphériques) ne sont pas sensiblement modifiés. En effet, comme dans le cas des installations actuelles, les secteurs résidentiels les plus sujets à recevoir des contaminants atmosphériques en provenance de l'ensemble des installations portuaires futures se situeront de part et d'autre de la rivière Saint-Charles ainsi qu'à l'est de la rivière Beauport.

6.1.3.4 Déversements accidentels

Les déversements accidentels peuvent être dus à des erreurs techniques aussi bien qu'à des conditions naturelles défavorables (tempête, brouillard, etc.). Les risques environnementaux reliés aux déversements accidentels mineurs et majeurs sont évalués en fonction, d'une part, de la toxicité des produits et, d'autre part, de la facilité et de la rapidité avec lesquelles ils peuvent être récupérés. L'évaluation tient compte également de la capacité de dilution du fleuve Saint-Laurent à Québec. Elle prend aussi en considé-

ration le fait que, même si les déversements majeurs sont plus graves, leur probabilité d'occurrence est moins élevée que celle des déversements mineurs, de sorte que les risques environnementaux rattachés à ces deux cas sont souvent de même niveau.

Ainsi, tout déversement mineur ou majeur d'un produit non toxique comme le sel ou le grain a été considéré comme présentant un risque faible pour le milieu. Par contre, les déversements de produits non toxiques comme le soufre ou le charbon présentent un risque modéré, étant donné les possibilités d'altération à long terme même s'il s'agit au départ de matières inertes. Enfin, les produits toxiques représentent un risque toujours élevé, notamment dans le cas des déversements majeurs.

6.1.4 Recommandations et mesures d'atténuation des risques

6.1.4.i Etudes d'impact préliminaires

Dans le but de se conformer aux lois en vigueur au moment de l'implantation d'une activité, une étude d'impact sur le milieu biophysique devra être réalisée pour certaines catégories de produits. Ces cas sont indiqués au tableau 6.2 et il va sans dire que l'évaluation effectuée ici est très sommaire et devrait être révisée avant l'arrivée de clients potentiels dans la zone d'extension. Ainsi, pour tous les produits toxiques, une étude d'impact est considérée comme essentielle avant de procéder à toute activité. Pour certaines catégories de marchandises, l'étude d'impact préliminaire est recommandable ou souhaitable tandis que pour d'autres, comme les conteneurs, la présente étude pourrait être suffisante.

6.1.4.2 Zones à privilégier

Le tableau 6.2 identifie également les cas où des secteurs de l'aire d'extension seraient à éviter ou à privilégier. Cette notion s'applique principalement aux vracs liquides et aux produits toxiques en général qui doivent être placés plutôt au centre de la zone portuaire, de façon à limiter les risques de contamination du milieu aquatique. Signalons qu'il serait également approprié de disposer les vracs solides de façon à réduire l'apport de poussières vers les battures. Il importe enfin de disposer judicieusement les marchandises les unes par rapport aux autres, pour éviter les mélanges dangereux de produits.

6.1.4.3 Respect des normes et mesures d'atténuation préventives

Toutes les normes environnementales fédérales et provinciales de même que celles du Port de Québec devront être rigoureusement respectées par les futurs clients au cours de toutes leurs activités. En plus de ces normes et dans la mesure du possible, certaines mesures supplémentaires pourraient être souhaitables:

a) Vrac solide:

- Recouvrement des camions et des wagons de chemin de fer lors du transport en vrac.
- Equipements de manutention ne permettant pas le soulèvement de poussières hors du site (systèmes fermés de convoyeurs).

- Opérations de chargement et de déchargement effectuées avec précaution pour éviter le soulèvement de poussières.
- Interruption des activités lorsque des vents violents favorisent un soulèvement exagéré de poussières.
- Imperméabilisation des surfaces de stockage.
- Arrosage des amas par temps sec et venteux
- Couverture ou mise sous hangars des produits sujets à l'érosion éolienne.
- Construction d'écrans anti-vents.
- Erection de murets à la base des amas de produits pour retenir le matériel dans les aires prévues à cet effet.
- Mise en place de fossés de drainage autour des amas pour éviter le contact entre les eaux de drainage naturelles et les eaux de ruissellement des amas.
- Collecte et traitement des eaux de ruissellement provenant des aires de stockage.
- Nettoyage du quai, des voies ferrées et des routes pour éviter l'accumulation de produits en dehors des aires de stockage.

b) Vrac liquide:

- Pour les substances qui flottent sur l'eau ainsi que pour le ravitaillement des navires en mazout, installation de barrières flottantes autour des navires avant chargement ou déchargement.
- Mise en place de remblais imperméables autour des citernes contenant des vracs liquides pour contenir le volume de la citerne la plus grosse en cas de déversement accidentel.

6.1.4.4 Mesures d'urgence

Même avec les meilleurs équipements, les meilleures méthodes d'opération et les mesures préventives qui s'y rattachent, il est possible que des déversements accidentels surviennent au cours des activités de manutention ou de stockage. Pour faire face à ces aléas, un plan de mesures d'urgence devra être mis au point avant de commencer une activité. Ce plan d'urgence devra tenir compte des courants, de la marée et des vents et il sera d'autant plus efficace qu'il sera facile d'application. Ce plan comprendra notamment des mesures permettant d'intervenir rapidement de façon à éviter tout dommage irréparable sur les battures de Beauport. Pour un projet ou une installation donné, ce plan d'urgence devra être intégré à l'étude d'impact ou devra faire l'objet d'une étude particulière dans les cas où l'étude d'impact n'est pas jugée essentielle. Dans tous les cas, il devra s'intégrer au plan d'urgence actuellement en vigueur au Port de Québec*.

* Port de Québec, Plan d'urgence maritime. 3^e révision, mai 1983

6.2 RISQUES RELIES AU TRAFIC MARITIME

L'exploitation de la zone d'extension du port de Québec n'impliquera pas une augmentation sensible de la circulation navale. En effet, en supposant une utilisation maximale des nouvelles installations, soit 20 navires par année par quai, le nombre de passages de navires au port de Québec qui est actuellement de 1 500 pourrait augmenter d'environ 3%. En dépit de cette faible augmentation, le plan d'urgence du port de Québec sera révisé selon la procédure actuelle pour tenir compte des risques reliés au trafic et aux aires navigables supplémentaires (collision, échouage, déversement de mazout ou de cargaison, déchargement de lest et de déchets internationaux, etc.).

6.3 RISQUES RELIES AUX ACTIVITES CONNEXES

6.3.1 Activités de service, infrastructures et industries connexes

Dans l'ensemble, on peut supposer que si les normes provinciales et fédérales en matière d'environnement ainsi que les normes d'implantation du Port de Québec sont respectées, aucun risque sérieux ne devrait être appréhendé en rapport avec les activités de service et les infrastructures. Pour ce qui concerne les industries connexes, des informations additionnelles seraient requises afin de permettre une évaluation environnementale valable. Ainsi, il apparaît essentiel qu'une étude d'impact soit réalisée dans le cas d'une industrie utilisant des produits toxiques ou dangereux pour le milieu récepteur.

Quelques mesures d'insertion peuvent être énoncées pour le moment :

- éclairage indirect des superstructures;
- aucun rejet d'eau de refroidissement vers les battures;
- collecte et traitement des eaux de drainage contaminées.

6.3.2 Transport routier et ferroviaire

La seule répercussion prévisible d'une augmentation du transport sur le milieu biophysique est l'augmentation du niveau du bruit, qui proviendra principalement du transport ferroviaire puisqu'aucune augmentation significative du transport routier n'est prévue. Il convient de signaler toutefois que les mesures effectuées dans les secteurs situés à proximité de l'implantation du projet permettent de qualifier cette zone comme déjà relativement bruyante, puisqu'elle est à un niveau de bruit élevé qui provient des différentes artères de circulation routière et des voies ferrées qui la traversent.

Les informations obtenues du Canadien National montrent que, sur les voies traversant le secteur Limoilou le long de la 8^e Avenue et du boulevard des Capucins, le débit ferroviaire journalier est constitué de deux trains par jour pour la période s'étendant de mai jusqu'à décembre inclusivement et de trois trains par jour pour le reste de l'année. Ces trains donnent une moyenne de 95 wagons par jour, pour la première période, soit 21 wagons par locomotive et, pour la période

d'hiver, de 185 wagons, soit 37 wagons par locomotive. Les niveaux de bruit équivalent (Leq) résultants pour une période de 24 heures à 30 m de la voie sont respectivement de 46 et 51 dB(A) pour chacune des périodes de l'année pour des trains circulant à 30 km/h (pour des trains circulant à 80 km/h*, les niveaux de bruit sont respectivement de 51 et de 56 dB(A)).

Il est possible d'évaluer, sur la base de l'hypothèse d'une croissance du transport ferroviaire de l'ordre de 24%, que l'augmentation du bruit par rapport au niveau actuellement produit sera de 1 dB(A). Si l'augmentation du transport ferroviaire est de 50%, il en résultera une augmentation de 2 dB(A) du niveau de bruit actuel et, si elle est de 100%, l'augmentation sera de 3 dB(A).

Il faut noter cependant que cette augmentation ne se fera pas uniformément sur tous les parcours, car il existe actuellement, sur ces voies, un certain pourcentage de trafic non imputable aux activités du secteur des battures. De ce fait, l'augmentation du niveau de bruit sera en-deçà de l'augmentation prévue par rapport au pourcentage d'accroissement, tel que mentionné auparavant, suivant la localisation du passage.

* Analyse de cas de vitesse maximum engendrant des niveaux de bruit maximum)

Ainsi, sur une base de 24 heures, même si le transport ferroviaire devait être le double de celui existant actuellement, l'augmentation du niveau de bruit sera peu perceptible par rapport à celui enregistré dans les quartiers actuellement situés dans le voisinage des voies. Toutefois, il faut rappeler qu'une augmentation du nombre de convois constitue un dérangement plus important qu'une augmentation du nombre de wagons par convoi.

6.3.3 Entretien du port

Il faut prévoir que des dragages d'entretien périodiques seront nécessaires pour maintenir la profondeur requise aux avant-quais de la nouvelle zone portuaire. Ceux-ci devront faire l'objet d'études environnementales qui permettront de déterminer le degré de contamination des sédiments à draguer, le type de drague à utiliser, le mode et le site de dépôt des matériaux excavés.

6.3.4 Zone de libre accès

Le projet d'extension du port de Québec comprend, dans ses prévisions d'utilisation du sol, une zone accessible pour la population ainsi qu'une plage d'une superficie de 4,5 ha, longeant les rives nord et est de l'aire portuaire. La création de cette zone constitue sans contredit une mesure très positive pour ce qui concerne le milieu humain. Pour le milieu biophysique, l'avantage principal de cette bande de verdure sera de constituer un écran contre les poussières et le bruit du côté des battures de Beauport. Elle n'aura cepen-

dant que très peu de conséquences sur les éléments biophysiques, si ce n'est par ricochet sur les éléments du milieu humain. Ainsi, par exemple, si une bande d'arbres à cet endroit constitue un écran bénéfique entre les oiseaux aquatiques et les installations portuaires, la présence d'un grand nombre de véliplanchistes ou de chasseurs à l'automne pourrait par contre avoir un effet négatif sur les oiseaux migrateurs.

6.4 CONCLUSIONS

Ainsi, bien qu'on ne connaisse pas encore quelles seront les utilisations de la zone d'extension, il est possible d'identifier et de qualifier jusqu'à un certain niveau les risques environnementaux reliés aux activités portuaires susceptibles de s'y implanter. Les principaux risques sont reliés à la manutention et au stockage des marchandises, opérations au cours desquelles des déversements accidentels peuvent survenir. Les risques environnementaux reliés aux déversements accidentels sont alors fonction de la toxicité des produits et de leur facilité de récupération.

Certains risques sont également reliés aux activités connexes: trafic maritime, industries connexes, transport, entretien, etc. Enfin, il ne faut pas oublier que dans tous les cas, le niveau de risque augmente avec l'augmentation du taux d'activité.

7.0 SYNTHÈSE DES REPERCUSSIONS

Dans le cadre de son projet d'extension sur les battures de Beauport, le Port de Québec prévoit la construction d'un aménagement portuaire d'une superficie de 42,5 hectares comportant des quais d'une longueur de 793 m, un arrière-quai de 38,0 hectares pour les activités portuaires et l'implantation d'une bande verte ainsi qu'une plage de 4,5 hectares.

Le projet sera réalisé en trois phases distinctes ayant chacune une durée de réalisation variant de 6 à 10 semaines. Cependant, la réalisation globale du projet pourrait s'échelonner sur plusieurs années, le tout en fonction des demandes d'utilisation formulées au Port de Québec par les clients potentiels intéressés à occuper ces nouveaux espaces.

La mise en oeuvre de chacune des phases comporte la réalisation de travaux variés, à savoir: la construction et la mise en eau de caissons, le transport des matériaux granulaires nécessaires au remplissage de ces derniers, le dragage hydraulique du site de mise en place des caissons et des avant-quais, l'utilisation des résidus de dragage pour la construction de digues de ceinture en sable et le remblayage hydraulique de la zone d'extension.

Dans les sections qui suivent, les répercussions environnementales résultant des activités de construction et de la présence de l'aménagement portuaire sur les composantes biophysiques du milieu récepteur, incluant le milieu sonore et la qualité de l'air ambiant, sont brièvement décrites, de même que les mesures d'insertion correspondantes.

7.1 PHASE DE CONSTRUCTION

Lors des travaux sur le chantier et plus particulièrement durant la phase II, la qualité du milieu sonore du territoire environnant sera affectée par les activités de construction. Ces répercussions temporaires auront une importance moyenne. D'une part, les travaux seront réalisés sur une base de 24 heures et pourraient générer une augmentation du niveau sonore variant de 0 à 14 dB(A) suivant les secteurs résidentiels concernés. D'autre part, ces bruits seront différents de ceux que les gens sont habitués d'entendre et seront ainsi plus facilement perceptibles.

Egalement, le transport des matériaux affectera la qualité du milieu sonore. Les pointes de bruits résultant du passage des camions constitueront le dérangement le plus important pour les résidents en période nocturne. Toutefois, dans le cas où les trajets de transport choisis seront éloignés des secteurs résidentiels et qu'il y aura restriction du transport de matériaux entre 23:00 h et 6:00 h, la répercussion sera alors mineure.

En ce qui concerne la qualité de l'air, l'utilisation d'abat-poussières, l'interdiction des feux de déchet, ainsi que l'application de toutes les normes d'air ambiant du décret 3843-80 et de l'article 418 du code de la sécurité routière (province de Québec) rendront les répercussions sur la qualité de l'air négligeables.

En ce qui a trait à la qualité de l'eau, elle sera principalement affectée par la mise en place des caissons, le dragage des avant-quais et le remplissage de la zone d'extension.

Cette répercussion temporaire résultant de la remise en suspension dans l'eau des sédiments fins est considérée comme mineure en raison du faible pourcentage de particules fines contenues dans les matériaux à draguer ainsi que du fort pouvoir de dilution du fleuve dans la zone immédiate du projet. De plus, le patron de circulation des courants dans le secteur des travaux est peu favorable à la dispersion des sédiments vers le schorre inférieur de la batture de Beauport où l'on retrouve principalement la végétation.

Dans le cadre des activités de dragage, un programme de surveillance des travaux a également été élaboré pour suivre l'évolution des solides en suspension et la concentration des métaux en trace et autres contaminants. Diverses mesures sont également proposées pour réduire le plus possible la remise en suspension des particules fines lors des travaux de dragage et de remblayage de la zone d'extension.

En ce qui concerne les ressources biologiques, la végétation ne sera pas affectée par la réalisation des travaux de construction. Par contre, la faune benthique et la faune ichthyenne subiront une répercussion négative mineure et temporaire.

En effet, la faune benthique du secteur à draguer est pauvre et peu diversifié. Bien que les travaux de dragage entraîneront la destruction complète des organismes présents, il est à prévoir que les organismes limitrophes coloniseront à nouveau le secteur une fois les travaux complétés. Pour sa part, la faune ichthyenne pourrait être incommodée localement par l'augmentation de la turbidité. Cependant, aucune utilisation spéciale du territoire à l'étude par la faune ichthyenne n'a été notée et l'on ne s'attend pas à ce que la modification de l'habitat occasionnée par les activités de dragage affecte le cycle biologique des espèces qui fréquentent les eaux du territoire à l'étude.

Finalement, la faune avienne qui constitue l'élément le plus important du milieu biophysique utilise le secteur à l'étude de façon intensive à l'automne (limicoles) et au printemps (canards plongeurs). La réalisation d'activités de construction au cours de ces deux périodes entraînera un dérangement et un éloignement temporaire des oiseaux. A cause de l'importance de l'avifaune dans le territoire à l'étude, cette répercussion temporaire a été jugée moyenne. Dans le cas où l'échéancier de réalisation des travaux permettra d'éviter ces périodes, les répercussions seront négligeables. Une recommandation a été formulée en ce sens dans notre étude.

7.2 PRESENCE DE L'AMENAGEMENT PORTUAIRE

L'hydrodynamique, le régime des glaces, la géomorphologie et la sédimentologie au site de réalisation des travaux seront modifiés graduellement au cours du projet. L'effet maximum de ces modifications aura lieu toutefois lorsque l'aménagement portuaire sera complété.

La présence de l'aménagement entraînera principalement une extension de la zone des faibles vitesses dans le rentrant sud-ouest jusqu'à l'extrémité de la nouvelle zone d'extension. Les vitesses seront légèrement augmentées au nord de l'aménagement et diminuées au nord-est mais le patron de circulation demeurera sensiblement identique. Cette interaction est permanente, incorrigible mais mineure. De plus, ces modifications dans le régime hydraulique du secteur n'auront aucun effet sur le phénomène de refoulement des égouts pluviaux de la ville de Beauport. La situation qui prévaut actuellement à ce sujet demeurera donc inchangée.

En ce qui concerne la sédimentologie, on peut s'attendre à ce que la nouvelle plage de sable qui sera créée et protégée par des épis subisse avec le temps une légère modification allant dans le sens d'un adoucissement des pentes créées par les activités de dragage, car elle se situera en partie dans une zone active de transport des sables. Par contre, le transport des sédiments en suspension favorisera une plus grande accumulation de sédiments dans le rentrant sud-ouest. Cette interaction permanente est également irréversible et moyenne, compte tenu de l'importance des processus sédimentologiques dans un milieu tel qu'une batture.

La présence de l'aménagement portuaire aura également pour effet, dans un premier temps, de modifier la ligne de rivage et, dans un deuxième temps, de changer les limites du schorre et de la slikke principalement dans le rentrant sud-ouest. Ces modifications de fortes intensités seront permanentes et irréversibles de sorte que l'interaction est jugée moyenne.

En ce qui concerne les glaces, le rehaussement des fonds du rentrant sud-ouest entraînera vraisemblablement une augmentation de la surface où les glaces auront tendance à prendre à l'automne et à fondre sur place au printemps. Toutefois, les facteurs déterminants pour l'englacement et le déglacement tels les courants, la marée, le vent et la température ne sont pas modifiés par la présence de l'aménagement portuaire. Compte tenu de ce fait et de la faible superficie impliquée, cette interaction permanente a été jugée mineure.

Par contre, la présence de l'aménagement portuaire aura une répercussion positive à long terme sur la végétation. Le changement des conditions sédimentologiques dans le rentrant sud-ouest favorisera la colonisation de ce secteur par les plantes. A long terme, l'étalement des groupements de scirpes américains et de zizanie devrait être celui qui se retrouve ailleurs sur les battures. Malgré la grande valeur de la végétation intertidale, cette répercussion positive a été jugée mineure à cause de la faible superficie qui sera colonisée par rapport à la superficie actuelle.

Par ailleurs, la présence de la presqu'île rendra permanente la perte d'un habitat qui abrite actuellement les populations de faunes benthiques les plus pauvres du territoire à l'étude. Cette perte sera compensée à long terme par l'accroissement des zones de végétation dans le rentrant sud-ouest puisque ces dernières constituent de bons habitats pour une faune benthique abondante et diversifiée. On prévoit que le bilan de ces modifications sera positif à long terme.

La faune ichthyenne sera également affectée par l'aménagement portuaire, celui-ci occasionnant une perte de superficie comme aire d'occupation, bien que cette zone soumise à l'influence des marées ne soit pas utilisée de façon spéciale par les poissons. Par contre, il est clair que la zone d'extension n'entravera pas le passage des espèces migratrices telles l'anguille et l'alose qui utilisent le fleuve comme voie de migration. Il faut également signaler que l'augmentation de la végétation dans le rentrant sud-ouest pourrait conduire à une utilisation plus productive de ce milieu par les poissons. Bien que les données actuelles soient trop imprécises pour formuler des hypothèses quant à cette utilisation, elle devrait s'avérer plus diversifiée que celle des fonds sableux qui disparaîtront.

En ce qui concerne la faune avienne, le maintien d'une plage à l'extrémité nord de la nouvelle zone d'extension permettra de réduire considérablement les répercussions environnementales attendues sur les populations de limicoles qui fréquentent les battures de Beauport à l'automne. La plage actuelle constitue une zone de repos pour ces oiseaux lors de la marée haute et son maintien semble essentiel à l'utilisation de ce milieu par les limicoles. Quant aux zones de vase qui constituent généralement les aires d'alimentation de ces oiseaux, elles seront augmentées suite à l'accroissement du schorre et de la slikke vaseuse du rentrant sud-ouest. De même, la Bernache du Canada et les canards barboteurs ne seront pas affectés par la présence de l'aménagement puisque les zones de végétation qu'ils fréquentent demeureront inchangées et que le bruit et les activités humaines ne semblent pas créer de contraintes majeures à l'utilisation de ces habitats, comme le démontre l'utilisation actuelle du bassin D-4 par ces oiseaux.

Seuls les canards plongeurs qui fréquentent au printemps et quelque peu à l'automne les hauts-fonds situés entre la plage actuelle et le pont de l'île d'Orléans perdront une faible partie de leur habitat. Compte tenu de la valeur de la ressource affectée et de la portée extra-régionale qui se rattache aux oiseaux migrateurs, cette répercussion permanente est jugée moyenne.

Finalement, il faut mentionner que l'agrandissement du rentrant sud-ouest et la colonisation d'une plus grande partie de celui-ci auront pour effet d'entraîner une légère augmentation du potentiel d'auto-épuration global. De ce fait, on peut considérer que la présence de la presque île entraînera une répercussion positive mineure mais permanente sur le potentiel épurateur des battures de Beauport.

7.3 UTILISATION DE LA ZONE D'EXTENSION

Le projet conçu par le Port de Québec prévoit que la principale vocation de la zone d'extension devrait s'orienter vers la manutention et le stockage des marchandises générales, des containers (transroulage) et des vracs solides et liquides. Elle pourrait également accueillir certaines industries connexes non polluantes. Ceci découle des volontés exprimées par les autorités du Port de Québec de se conformer aux dernières recommandations contenues dans les propositions du schéma d'aménagement de la C.U.Q. Ainsi, les industries de fort gabarit telles les alumineries, les raffineries, les fonderies, etc. ne pourraient pas s'implanter dans la nouvelle zone d'extension.

7.3.1 Manutention et stockage des marchandises

La nature des produits qui seront manutentionnés et stockés à l'arrière quai reste à déterminer. De l'avis des autorités du Port de Québec, ils dépendront de l'évolution des marchés et des demandes provenant des clients potentiels. Essentiellement, on pourrait y retrouver des marchandises générales, des containers, des vracs solides, des vracs liquides et des industries non polluantes qui peuvent être regroupés en diverses catégories selon la nature du risque environnemental qu'ils représentent.

Au sujet des vracs solides, le stockage à l'air libre des produits toxiques sujets à l'érosion éolienne tels les composés de cuivre et de zinc représentent le risque environnemental le plus élevé. C'est dans les cas de déversement accidentel de ces produits que les composantes du milieu biophysique (eau, sédiments, vie aquatique et potentiel épurateur) seront le plus affectées. Par contre, la manutention de ces produits représente un risque faible à modéré pour les composantes biophysiques et la qualité de l'air.

Il faut noter par ailleurs que les corridors de dispersion de particules et de poussières qui sont le plus sujets à véhiculer des polluants atmosphériques en cas d'émission à partir des nouvelles installations demeureront sensiblement les mêmes qu'actuellement. Ainsi, les secteurs résidentiels les plus susceptibles de recevoir des contaminants atmosphériques en provenance des futures installations portuaires se situent de part et d'autre de la rivière Saint-Charles et à l'est de la rivière Beauport.

Dans cette optique, il est conseillé que, pour tout projet d'implantation impliquant la manutention de produits toxiques volatils ou de produits inertes tels le soufre et le charbon, une étude d'impact spécifique à chacun des projets soit réalisée. Ces études devraient permettre une prise de décision éclairée en ce qui concerne l'acceptabilité du projet et la détermination de la zone d'implantation la plus propice. Ces études devraient également formuler des mesures particulières concernant les techniques de chargement et d'entreposage, les méthodes de contrôle de l'érosion éolienne ainsi que les méthodes de captage et de traitement des eaux contaminées provenant des aires de stockage. D'une manière générale, le secteur centre-ouest de la zone d'extension pourrait constituer une zone d'entreposage privilégiée pour ces produits.

En ce qui concerne les vracs liquides, les risques environnementaux les plus élevés sont associés aux déversements accidentels de produits chimiques et d'hydrocarbures. La qualité de l'eau et des sédiments, la vie aquatique et le potentiel épurateur des battures pourraient être fortement affectés par des déversements de telles natures.

Comme dans le cas des vracs solides, la réalisation d'études d'impact appropriées et l'élaboration de mesures de protection relatives au chargement et au déchargement s'avéreront essentielles dans le cas d'un projet de stockage de vracs liquides. Le centre de la zone d'extension constitue un secteur à privilégier pour l'implantation de réservoirs. Dans le cadre de tout projet d'implantation, un plan de mesure d'urgence spécifique devra également être élaboré et intégré dans le plan général d'urgence du Port de Québec.

Les activités de manutention et de stockage des vracs solides non volatils, des vracs liquides alimentaires et des marchandises générales présenteront peu de risques environnementaux en autant que les normes de protection de l'environnement fédérales et provinciales et les "normes d'implantation du Port de Québec" seront respectées.

Finalement, il faut mentionner que, selon les calculs relatifs au bruit pouvant être engendré par les activités de manutention et de stockage des vracs sur la zone d'extension, l'augmentation du niveau de bruit équivalent sera de l'ordre de 1 dB(A) durant la période diurne. Il faut signaler que dans le cadre des opérations normales du Port de Québec, il n'y a pas de travaux de stockage et de manutention durant la période nocturne. Il arrive cependant, à la lumière des expériences passées, que certaines activités de transbordement aient lieu durant la nuit. L'augmentation du niveau de bruit équivalent résultant pourrait alors être de l'ordre de 8 dB(A) dans le secteur de la rue Lavoie. Cette augmentation a été calculée en supposant que les activités nocturnes généreraient un niveau de bruit équivalent à 50% de celui de la période diurne. Malgré cette hypothèse pessimiste, le niveau de bruit à la hauteur de la rue Lavoie devrait alors osciller autour de 45 dB(A), ce qui est comparable aux niveaux de bruit actuels mesurés dans les autres secteurs situés en périphérie du port de Québec.

7.3.2 Trafic maritime, activités connexes, transport et entretien

Les risques environnementaux associés à l'augmentation du trafic maritime seront minimes puisque, dans le cas d'une utilisation maximale des nouveaux quais, le nombre de passage de navires au port de Québec augmentera d'environ 3% seulement. Le plan d'urgence du Port de Québec devra toutefois être révisé suivant la procédure actuelle pour tenir compte des risques reliés au trafic et aux aires navigables supplémentaires.

Par ailleurs, les activités de services et les infrastructures ne devraient pas présenter de risques sérieux pour l'environnement en autant que les normes provinciales et fédérales en matière d'environnement et les "normes d'implantation du Port de Québec" seront respectées. Pour ce qui concerne les industries connexes, des informations additionnelles seraient requises afin de permettre une évaluation environnementale valable. Ainsi, il apparaît essentiel de réaliser une étude d'impact dans le cas d'industries connexes utilisant des produits toxiques ou dangereux pour le milieu récepteur.

De même, les problèmes de bruit associés au transport routier apparaissent négligeables durant la phase d'utilisation de la zone d'extension parce qu'aucune augmentation significative du transport routier n'est prévue.

Quant au transport ferroviaire, les niveaux de bruit actuel sont de 46 dB(A) pour la période de mai à décembre et de 51 dB(A) pour le reste de l'année (train circulant à 30 km/h). Sur la base de l'hypothèse d'une croissance du transport ferroviaire de l'ordre de 24%, il est possible d'évaluer que l'augmentation du bruit par rapport au niveau de bruit actuel sera de l'ordre de 1 dB(A). Une augmentation de 2 dB(A) résulterait d'une croissance de 50% du trafic tandis qu'une croissance de 100% entraînerait une augmentation de 3 dB(A). Cette augmentation sera peu perceptible par rapport aux niveaux de bruit actuellement enregistrés dans les quartiers situés dans le voisinage des voies.

Finalement, l'entretien du port pourrait nécessiter des dragages d'entretien périodiques pour maintenir la profondeur d'eau requise à l'avant-quai. Ces travaux feront l'objet d'études environnementales spécifiques qui permettront de déterminer le degré de contamination des sédiments à draguer, le type de drague à utiliser, le mode et le site de dépôt des matériaux excavés.



BIBLIOGRAPHIEENVIRONNEMENT SONORE

MIGNERON, J.-G., 1980. Acoustique urbaine. Masson, Paris et Les Presses de l'Université Laval, Québec. 427 p.

QUALITE DE L'AIR AMBIANT

GROSS, E., 1970. The national air pollution potential forecast program. Note de service technique ESSA, WBTM-NMC 47. National Meteorological Center, Suitland (Maryland).

MENVIQ, 1981. Règlement sur la qualité de l'atmosphère. (RRQ, 1981, C.Q-2, r 20).

PORTELLI, R., 1977. Hauteurs de mélange, vitesse du vent et coefficients de ventilation au Canada. Environnement Canada, Etudes climatologiques no 31.

ROCHE ASSOCIES LTEE, 1980 à 1983. Rapport d'étude sur la qualité de l'air ambiant pour la communauté urbaine de Québec et pour le Port de Québec (Rapp. mensuels de juil. 1978 à mai 1983 et rapp. annuels de 1978 à 1982) préparé par ENVIROBEC INC. (1978 et 1979) et le Groupe-conseil Roche associés ltée (1980 à 1983).

STACKPOLE, J.D., 1967. The air pollution potential forecast program. Weather Bureau Tech. Memorandum, WBTM-NMC 43, National Meteorological Center, Suitland (Maryland).

G geomorphologie du littoral

- BUSHAM, P.W., D.H. WEICHERT, F.R. ANGLIN and M.S. BERRY, 1982. New probabilistic strong seismic ground motion maps of Canada: a compilation of earthquake source zones, methods and results. Earth Physic Branch Open File Number 82-83. Ottawa. 205 p., 67 fig.
- DIONNE, J.C., 1968. Morphologie et sédimentologie glacielle, littoral sud du Saint-Laurent. Zeitsch. Géomorph. Sp. Bd., 7: 56-84.
- GAUTHIER, B., 1978. Détermination de la slikke et application au benthos laurentien, Isle-Verte, Québec. Géogr. phys. Quat., Vol. XXXII, no 4: 333-349.
- SERVICE HYDROGRAPHIQUE DU CANADA, 1982. Table des marées et courants du Canada. Volume 3. Fleuve Saint-Laurent et rivière Saguenay. Pêches et Océans.
- ST-JULIEN, P. et F.F. OSBORNE, 1973. Géologie de la région de la ville de Québec. Min. Richesses Naturelles du Québec, rapp. DP-205. 30 p.

Quelques mesures d'insertion peuvent être énoncées pour le moment:

- éclairage indirect des superstructures;
- aucun rejet d'eau de refroidissement vers les battures;
- collecte et traitement des eaux de drainage contaminées.

6.3.2 Transport routier et ferroviaire

La seule répercussion prévisible d'une augmentation du transport sur le milieu biophysique est l'augmentation du niveau du bruit, qui proviendra principalement du transport ferroviaire puisqu'aucune augmentation significative du transport routier n'est prévue. Il convient de signaler toutefois que les mesures effectuées dans les secteurs situés à proximité de l'implantation du projet permettent de qualifier cette zone comme déjà relativement bruyante, puisqu'elle est à un niveau de bruit élevé qui provient des différentes artères de circulation routière et des voies ferrées qui la traversent.

Les informations obtenues du Canadien National montrent que, sur les voies traversant le secteur Limoilou le long de la 8e Avenue et du boulevard des Capucins, le débit ferroviaire journalier est constitué de deux trains par jour pour la période s'étendant de mai jusqu'à décembre inclusivement et de trois trains par jour pour le reste de l'année. Ces trains donnent une moyenne de 95 wagons par jour, pour la première période, soit 21 wagons par locomotive et, pour la période

d'hiver, de 185 wagons, soit 37 wagons par locomotive. Les niveaux de bruit équivalent (Leq) résultants pour une période de 24 heures à 30 m de la voie sont respectivement de 46 et 51 dB(A) pour chacune des périodes de l'année pour des trains circulant à 30 km/h (pour des trains circulant à 80 km/h*, les niveaux de bruit sont respectivement de 51 et de 56 dB(A)).

Il est possible d'évaluer, sur la base de l'hypothèse d'une croissance du transport ferroviaire de l'ordre de 24%, que l'augmentation du bruit par rapport au niveau actuellement produit sera de 1 dB(A). Si l'augmentation du transport ferroviaire est de 50%, il en résultera une augmentation de 2 dB(A) du niveau de bruit actuel et, si elle est de 100%, l'augmentation sera de 3 dB(A).

Il faut noter cependant que cette augmentation ne se fera pas uniformément sur tous les parcours, car il existe actuellement, sur ces voies, un certain pourcentage de trafic non imputable aux activités du secteur des battures. De ce fait, l'augmentation du niveau de bruit sera en-deçà de l'augmentation prévue par rapport au pourcentage d'accroissement, tel que mentionné auparavant, suivant la localisation du passage.

* Analyse de cas de vitesse maximum engendrant des niveaux de bruit maximum)

Ainsi, sur une base de 24 heures, même si le transport ferroviaire devait être le double de celui existant actuellement, l'augmentation du niveau de bruit sera peu perceptible par rapport à celui enregistré dans les quartiers actuellement situés dans le voisinage des voies. Toutefois, il faut rappeler qu'une augmentation du nombre de convois constitue un dérangement plus important qu'une augmentation du nombre de wagons par convoi.

6.3.3 Entretien du port

Il faut prévoir que des dragages d'entretien périodiques seront nécessaires pour maintenir la profondeur requise aux avant-quais de la nouvelle zone portuaire. Ceux-ci devront faire l'objet d'études environnementales qui permettront de déterminer le degré de contamination des sédiments à draguer, le type de drague à utiliser, le mode et le site de dépôt des matériaux excavés.

6.3.4 Zone de libre accès

Le projet d'extension du port de Québec comprend, dans ses prévisions d'utilisation du sol, une zone accessible pour la population ainsi qu'une plage d'une superficie de 4,5 ha, longeant les rives nord et est de l'aire portuaire. La création de cette zone constitue sans contredit une mesure très positive pour ce qui concerne le milieu humain. Pour le milieu biophysique, l'avantage principal de cette bande de verdure sera de constituer un écran contre les poussières et le bruit du côté des battures de Beauport. Elle n'aura cepen-

dant que très peu de conséquences sur les éléments biophysiques, si ce n'est par ricochet sur les éléments du milieu humain. Ainsi, par exemple, si une bande d'arbres à cet endroit constitue un écran bénéfique entre les oiseaux aquatiques et les installations portuaires, la présence d'un grand nombre de véliplanchistes ou de chasseurs à l'automne pourrait par contre avoir un effet négatif sur les oiseaux migrateurs.

6.4 CONCLUSIONS

Ainsi, bien qu'on ne connaisse pas encore quelles seront les utilisations de la zone d'extension, il est possible d'identifier et de qualifier jusqu'à un certain niveau les risques environnementaux reliés aux activités portuaires susceptibles de s'y implanter. Les principaux risques sont reliés à la manutention et au stockage des marchandises, opérations au cours desquelles des déversements accidentels peuvent survenir. Les risques environnementaux reliés aux déversements accidentels sont alors fonction de la toxicité des produits et de leur facilité de récupération.

Certains risques sont également reliés aux activités connexes: trafic maritime, industries connexes, transport, entretien, etc. Enfin, il ne faut pas oublier que dans tous les cas, le niveau de risque augmente avec l'augmentation du taux d'activité.

7.0 SYNTHÈSE DES REPERCUSSIONS

Dans le cadre de son projet d'extension sur les battures de Beauport, le Port de Québec prévoit la construction d'un aménagement portuaire d'une superficie de 42,5 hectares comportant des quais d'une longueur de 793 m, un arrière-quai de 38,0 hectares pour les activités portuaires et l'implantation d'une bande verte ainsi qu'une plage de 4,5 hectares.

Le projet sera réalisé en trois phases distinctes ayant chacune une durée de réalisation variant de 6 à 10 semaines. Cependant, la réalisation globale du projet pourrait s'échelonner sur plusieurs années, le tout en fonction des demandes d'utilisation formulées au Port de Québec par les clients potentiels intéressés à occuper ces nouveaux espaces.

La mise en oeuvre de chacune des phases comporte la réalisation de travaux variés, à savoir: la construction et la mise en eau de caissons, le transport des matériaux granulaires nécessaires au remplissage de ces derniers, le dragage hydraulique du site de mise en place des caissons et des avant-quais, l'utilisation des résidus de dragage pour la construction de digues de ceinture en sable et le remblayage hydraulique de la zone d'extension.

Dans les sections qui suivent, les répercussions environnementales résultant des activités de construction et de la présence de l'aménagement portuaire sur les composantes biophysiques du milieu récepteur, incluant le milieu sonore et la qualité de l'air ambiant, sont brièvement décrites, de même que les mesures d'insertion correspondantes.

7.1 PHASE DE CONSTRUCTION

Lors des travaux sur le chantier et plus particulièrement durant la phase II, la qualité du milieu sonore du territoire environnant sera affectée par les activités de construction. Ces répercussions temporaires auront une importance moyenne. D'une part, les travaux seront réalisés sur une base de 24 heures et pourraient générer une augmentation du niveau sonore variant de 0 à 14 dB(A) suivant les secteurs résidentiels concernés. D'autre part, ces bruits seront différents de ceux que les gens sont habitués d'entendre et seront ainsi plus facilement perceptibles.

Egalement, le transport des matériaux affectera la qualité du milieu sonore. Les pointes de bruits résultant du passage des camions constitueront le dérangement le plus important pour les résidents en période nocturne. Toutefois, dans le cas où les trajets de transport choisis seront éloignés des secteurs résidentiels et qu'il y aura restriction du transport de matériaux entre 23:00 h et 6:00 h, la répercussion sera alors mineure.

En ce qui concerne la qualité de l'air, l'utilisation d'abat-poussières, l'interdiction des feux de déchet, ainsi que l'application de toutes les normes d'air ambiant du décret 3843-80 et de l'article 418 du code de la sécurité routière (province de Québec) rendront les répercussions sur la qualité de l'air négligeables.

En ce qui a trait à la qualité de l'eau, elle sera principalement affectée par la mise en place des caissons, le dragage des avant-quais et le remplissage de la zone d'extension.

Cette répercussion temporaire résultant de la remise en suspension dans l'eau des sédiments fins est considérée comme mineure en raison du faible pourcentage de particules fines contenues dans les matériaux à draguer ainsi que du fort pouvoir de dilution du fleuve dans la zone immédiate du projet. De plus, le patron de circulation des courants dans le secteur des travaux est peu favorable à la dispersion des sédiments vers le schorre inférieur de la batture de Beauport où l'on retrouve principalement la végétation.

Dans le cadre des activités de dragage, un programme de surveillance des travaux a également été élaboré pour suivre l'évolution des solides en suspension et la concentration des métaux en trace et autres contaminants. Diverses mesures sont également proposées pour réduire le plus possible la remise en suspension des particules fines lors des travaux de dragage et de remblayage de la zone d'extension.

En ce qui concerne les ressources biologiques, la végétation ne sera pas affectée par la réalisation des travaux de construction. Par contre, la faune benthique et la faune ichthyenne subiront une répercussion négative mineure et temporaire.

En effet, la faune benthique du secteur à draguer est pauvre et peu diversifié. Bien que les travaux de dragage entraîneront la destruction complète des organismes présents, il est à prévoir que les organismes limitrophes coloniseront à nouveau le secteur une fois les travaux complétés. Pour sa part, la faune ichthyenne pourrait être incommodée localement par l'augmentation de la turbidité. Cependant, aucune utilisation spéciale du territoire à l'étude par la faune ichthyenne n'a été notée et l'on ne s'attend pas à ce que la modification de l'habitat occasionnée par les activités de dragage affecte le cycle biologique des espèces qui fréquentent les eaux du territoire à l'étude.

Finalement, la faune avienne qui constitue l'élément le plus important du milieu biophysique utilise le secteur à l'étude de façon intensive à l'automne (limicoles) et au printemps (canards plongeurs). La réalisation d'activités de construction au cours de ces deux périodes entraînera un dérangement et un éloignement temporaire des oiseaux. A cause de l'importance de l'avifaune dans le territoire à l'étude, cette répercussion temporaire a été jugée moyenne. Dans le cas où l'échéancier de réalisation des travaux permettra d'éviter ces périodes, les répercussions seront négligeables. Une recommandation a été formulée en ce sens dans notre étude.

7.2 PRESENCE DE L'AMENAGEMENT PORTUAIRE

L'hydrodynamique, le régime des glaces, la géomorphologie et la sédimentologie au site de réalisation des travaux seront modifiés graduellement au cours du projet. L'effet maximum de ces modifications aura lieu toutefois lorsque l'aménagement portuaire sera complété.

La présence de l'aménagement entraînera principalement une extension de la zone des faibles vitesses dans le rentrant sud-ouest jusqu'à l'extrémité de la nouvelle zone d'extension. Les vitesses seront légèrement augmentées au nord de l'aménagement et diminuées au nord-est mais le patron de circulation demeurera sensiblement identique. Cette interaction est permanente, incorrigible mais mineure. De plus, ces modifications dans le régime hydraulique du secteur n'auront aucun effet sur le phénomène de refoulement des égouts pluviaux de la ville de Beauport. La situation qui prévaut actuellement à ce sujet demeurera donc inchangée.

En ce qui concerne la sédimentologie, on peut s'attendre à ce que la nouvelle plage de sable qui sera créée et protégée par des épis subisse avec le temps une légère modification allant dans le sens d'un adoucissement des pentes créées par les activités de dragage, car elle se situera en partie dans une zone active de transport des sables. Par contre, le transport des sédiments en suspension favorisera une plus grande accumulation de sédiments dans le rentrant sud-ouest. Cette interaction permanente est également irréversible et moyenne, compte tenu de l'importance des processus sédimentologiques dans un milieu tel qu'une batture.

La présence de l'aménagement portuaire aura également pour effet, dans un premier temps, de modifier la ligne de rivage et, dans un deuxième temps, de changer les limites du schorre et de la slikke principalement dans le rentrant sud-ouest. Ces modifications de fortes intensités seront permanentes et irréversibles de sorte que l'interaction est jugée moyenne.

En ce qui concerne les glaces, le rehaussement des fonds du rentrant sud-ouest entraînera vraisemblablement une augmentation de la surface où les glaces auront tendance à prendre à l'automne et à fondre sur place au printemps. Toutefois, les facteurs déterminants pour l'englacement et le déglacement tels les courants, la marée, le vent et la température ne sont pas modifiés par la présence de l'aménagement portuaire. Compte tenu de ce fait et de la faible superficie impliquée, cette interaction permanente a été jugée mineure.

Par contre, la présence de l'aménagement portuaire aura une répercussion positive à long terme sur la végétation. Le changement des conditions sédimentologiques dans le rentrant sud-ouest favorisera la colonisation de ce secteur par les plantes. A long terme, l'étalement des groupements de scirpes américains et de zizanie devrait être celui qui se retrouve ailleurs sur les battures. Malgré la grande valeur de la végétation intertidale, cette répercussion positive a été jugée mineure à cause de la faible superficie qui sera colonisée par rapport à la superficie actuelle.

Par ailleurs, la présence de la presqu'île rendra permanente la perte d'un habitat qui abrite actuellement les populations de faunes benthiques les plus pauvres du territoire à l'étude. Cette perte sera compensée à long terme par l'accroissement des zones de végétation dans le rentrant sud-ouest puisque ces dernières constituent de bons habitats pour une faune benthique abondante et diversifiée. On prévoit que le bilan de ces modifications sera positif à long terme.

La faune ichthyenne sera également affectée par l'aménagement portuaire, celui-ci occasionnant une perte de superficie comme aire d'occupation, bien que cette zone soumise à l'influence des marées ne soit pas utilisée de façon spéciale par les poissons. Par contre, il est clair que la zone d'extension n'entravera pas le passage des espèces migratrices telles l'anguille et l'alose qui utilisent le fleuve comme voie de migration. Il faut également signaler que l'augmentation de la végétation dans le rentrant sud-ouest pourrait conduire à une utilisation plus productive de ce milieu par les poissons. Bien que les données actuelles soient trop imprécises pour formuler des hypothèses quant à cette utilisation, elle devrait s'avérer plus diversifiée que celle des fonds sableux qui disparaîtront.

En ce qui concerne la faune avienne, le maintien d'une plage à l'extrémité nord de la nouvelle zone d'extension permettra de réduire considérablement les répercussions environnementales attendues sur les populations de limicoles qui fréquentent les battures de Beauport à l'automne. La plage actuelle constitue une zone de repos pour ces oiseaux lors de la marée haute et son maintien semble essentiel à l'utilisation de ce milieu par les limicoles. Quant aux zones de vase qui constituent généralement les aires d'alimentation de ces oiseaux, elles seront augmentées suite à l'accroissement du schorre et de la slikke vaseuse du rentrant sud-ouest. De même, la Bernache du Canada et les canards barboteurs ne seront pas affectés par la présence de l'aménagement puisque les zones de végétation qu'ils fréquentent demeureront inchangées et que le bruit et les activités humaines ne semblent pas créer de contraintes majeures à l'utilisation de ces habitats, comme le démontre l'utilisation actuelle du bassin D-4 par ces oiseaux.

Seuls les canards plongeurs qui fréquentent au printemps et quelque peu à l'automne les hauts-fonds situés entre la plage actuelle et le pont de l'île d'Orléans perdront une faible partie de leur habitat. Compte tenu de la valeur de la ressource affectée et de la portée extra-régionale qui se rattache aux oiseaux migrateurs, cette répercussion permanente est jugée moyenne.

Finalement, il faut mentionner que l'agrandissement du rentrant sud-ouest et la colonisation d'une plus grande partie de celui-ci auront pour effet d'entraîner une légère augmentation du potentiel d'auto-épuration global. De ce fait, on peut considérer que la présence de la presqu'île entraînera une répercussion positive mineure mais permanente sur le potentiel épurateur des battures de Beauport.

7.3 UTILISATION DE LA ZONE D'EXTENSION

Le projet conçu par le Port de Québec prévoit que la principale vocation de la zone d'extension devrait s'orienter vers la manutention et le stockage des marchandises générales, des containers (transroulage) et des vracs solides et liquides. Elle pourrait également accueillir certaines industries connexes non polluantes. Ceci découle des volontés exprimées par les autorités du Port de Québec de se conformer aux dernières recommandations contenues dans les propositions du schéma d'aménagement de la C.U.Q. Ainsi, les industries de fort gabarit telles les alumineries, les raffineries, les fonderies, etc. ne pourraient pas s'implanter dans la nouvelle zone d'extension.

7.3.1 Manutention et stockage des marchandises

La nature des produits qui seront manutentionnés et stockés à l'arrière quai reste à déterminer. De l'avis des autorités du Port de Québec, ils dépendront de l'évolution des marchés et des demandes provenant des clients potentiels. Essentiellement, on pourrait y retrouver des marchandises générales, des containers, des vracs solides, des vracs liquides et des industries non polluantes qui peuvent être regroupés en diverses catégories selon la nature du risque environnemental qu'ils représentent.

Au sujet des vracs solides, le stockage à l'air libre des produits toxiques sujets à l'érosion éolienne tels les composés de cuivre et de zinc représentent le risque environnemental le plus élevé. C'est dans les cas de déversement accidentel de ces produits que les composantes du milieu biophysique (eau, sédiments, vie aquatique et potentiel épurateur) seront le plus affectées. Par contre, la manutention de ces produits représente un risque faible à modéré pour les composantes biophysiques et la qualité de l'air.

Il faut noter par ailleurs que les corridors de dispersion de particules et de poussières qui sont le plus sujets à véhiculer des polluants atmosphériques en cas d'émission à partir des nouvelles installations demeureront sensiblement les mêmes qu'actuellement. Ainsi, les secteurs résidentiels les plus susceptibles de recevoir des contaminants atmosphériques en provenance des futures installations portuaires se situeront de part et d'autre de la rivière Saint-Charles et à l'est de la rivière Beauport.

Dans cette optique, il est conseillé que, pour tout projet d'implantation impliquant la manutention de produits toxiques volatils ou de produits inertes tels le soufre et le charbon, une étude d'impact spécifique à chacun des projets soit réalisée. Ces études devraient permettre une prise de décision éclairée en ce qui concerne l'acceptabilité du projet et la détermination de la zone d'implantation la plus propice. Ces études devraient également formuler des mesures particulières concernant les techniques de chargement et d'entreposage, les méthodes de contrôle de l'érosion éolienne ainsi que les méthodes de captage et de traitement des eaux contaminées provenant des aires de stockage. D'une manière générale, le secteur centre-ouest de la zone d'extension pourrait constituer une zone d'entreposage privilégiée pour ces produits.

En ce qui concerne les vrac liquides, les risques environnementaux les plus élevés sont associés aux déversements accidentels de produits chimiques et d'hydrocarbures. La qualité de l'eau et des sédiments, la vie aquatique et le potentiel épurateur des battures pourraient être fortement affectés par des déversements de telles natures.

Comme dans le cas des vrac solides, la réalisation d'études d'impact appropriées et l'élaboration de mesures de protection relatives au chargement et au déchargement s'avéreront essentielles dans le cas d'un projet de stockage de vrac liquides. Le centre de la zone d'extension constitue un secteur à privilégier pour l'implantation de réservoirs. Dans le cadre de tout projet d'implantation, un plan de mesure d'urgence spécifique devra également être élaboré et intégré dans le plan général d'urgence du Port de Québec.

Les activités de manutention et de stockage des vracs solides non volatils, des vracs liquides alimentaires et des marchandises générales présenteront peu de risques environnementaux en autant que les normes de protection de l'environnement fédérales et provinciales et les "normes d'implantation du Port de Québec" seront respectées.

Finalement, il faut mentionner que, selon les calculs relatifs au bruit pouvant être engendré par les activités de manutention et de stockage des vracs sur la zone d'extension, l'augmentation du niveau de bruit équivalent sera de l'ordre de 1 dB(A) durant la période diurne. Il faut signaler que dans le cadre des opérations normales du Port de Québec, il n'y a pas de travaux de stockage et de manutention durant la période nocturne. Il arrive cependant, à la lumière des expériences passées, que certaines activités de transbordement aient lieu durant la nuit. L'augmentation du niveau de bruit équivalent résultant pourrait alors être de l'ordre de 8 dB(A) dans le secteur de la rue Lavoie. Cette augmentation a été calculée en supposant que les activités nocturnes généreraient un niveau de bruit équivalent à 50% de celui de la période diurne. Malgré cette hypothèse pessimiste, le niveau de bruit à la hauteur de la rue Lavoie devrait alors osciller autour de 45 dB(A), ce qui est comparable aux niveaux de bruit actuels mesurés dans les autres secteurs situés en périphérie du port de Québec.

7.3.2 Trafic maritime, activités connexes, transport et entretien

Les risques environnementaux associés à l'augmentation du trafic maritime seront minimales puisque, dans le cas d'une utilisation maximale des nouveaux quais, le nombre de passage de navires au port de Québec augmentera d'environ 3% seulement. Le plan d'urgence du Port de Québec devra toutefois être révisé suivant la procédure actuelle pour tenir compte des risques reliés au trafic et aux aires navigables supplémentaires.

Par ailleurs, les activités de services et les infrastructures ne devraient pas présenter de risques sérieux pour l'environnement en autant que les normes provinciales et fédérales en matière d'environnement et les "normes d'implantation du Port de Québec" seront respectées. Pour ce qui concerne les industries connexes, des informations additionnelles seraient requises afin de permettre une évaluation environnementale valable. Ainsi, il apparaît essentiel de réaliser une étude d'impact dans le cas d'industries connexes utilisant des produits toxiques ou dangereux pour le milieu récepteur.

De même, les problèmes de bruit associés au transport routier apparaissent négligeables durant la phase d'utilisation de la zone d'extension parce qu'aucune augmentation significative du transport routier n'est prévue.

Quant au transport ferroviaire, les niveaux de bruit actuel sont de 46 dB(A) pour la période de mai à décembre et de 51 dB(A) pour le reste de l'année (train circulant à 30 km/h). Sur la base de l'hypothèse d'une croissance du transport ferroviaire de l'ordre de 24%, il est possible d'évaluer que l'augmentation du bruit par rapport au niveau de bruit actuel sera de l'ordre de 1 dB(A). Une augmentation de 2 dB(A) résulterait d'une croissance de 50% du trafic tandis qu'une croissance de 100% entraînerait une augmentation de 3 dB(A). Cette augmentation sera peu perceptible par rapport aux niveaux de bruit actuellement enregistrés dans les quartiers situés dans le voisinage des voies.

Finalement, l'entretien du port pourrait nécessiter des dragages d'entretien périodiques pour maintenir la profondeur d'eau requise à l'avant-quai. Ces travaux feront l'objet d'études environnementales spécifiques qui permettront de déterminer le degré de contamination des sédiments à draguer, le type de drague à utiliser, le mode et le site de dépôt des matériaux excavés.

BIBLIOGRAPHIEENVIRONNEMENT SONORE

MIGNERON, J.-G., 1980. Acoustique urbaine. Masson, Paris et Les Presses de l'Université Laval, Québec. 427 p.

QUALITE DE L'AIR AMBIANT

GROSS, E., 1970. The national air pollution potential forecast program. Note de service technique ESSA, WBTM-NMC 47. National Meteorological Center, Suitland (Maryland).

MENVIQ, 1981. Règlement sur la qualité de l'atmosphère. (RRQ, 1981, C.Q-2, r 20).

PORTELLI, R., 1977. Hauteurs de mélange, vitesse du vent et coefficients de ventilation au Canada. Environnement Canada, Etudes climatologiques no 31.

ROCHE ASSOCIES LTEE, 1980 à 1983. Rapport d'étude sur la qualité de l'air ambiant pour la communauté urbaine de Québec et pour le Port de Québec (Rapp. mensuels de juil. 1978 à mai 1983 et rapp. annuels de 1978 à 1982) préparé par ENVIROBEC INC. (1978 et 1979) et le Groupe-conseil Roche associés ltée (1980 à 1983).

STACKPOLE, J.D., 1967. The air pollution potential forecast program. Weather Bureau Tech. Memorandum, WBTM-NMC 43, National Meteorological Center, Suitland (Maryland).

GЕOMORPHOLOGIE DU LITTORAL

- BUSHAM, P.W., D.H. WEICHERT, F.R. ANGLIN and M.S. BERRY, 1982. New probabilistic strong seismic ground motion maps of Canada: a compilation of earthquake source zones, methods and results. Earth Physic Branch Open File Number 82-83. Ottawa. 205 p., 67 fig.
- DIONNE, J.C., 1968. Morphologie et sédimentologie glacielle, littoral sud du Saint-Laurent. Zeitsh. Géomorph. Sp. Bd., 7: 56-84.
- GAUTHIER, B., 1978. Détermination de la slikke et application au benthos laurentien, Isle-Verte, Québec. Géogr. phys. Quat., Vol. XXXII, no 4: 333-349.
- SERVICE HYDROGRAPHIQUE DU CANADA, 1982. Table des marées et courants du Canada. Volume 3. Fleuve Saint-Laurent et rivière Saguenay. Pêches et Océans.
- ST-JULIEN, P. et F.F. OSBORNE, 1973. Géologie de la région de la ville de Québec. Min. Richesses Naturelles du Québec, rapp. DP-205. 30 p.

HYDRODYNAMIQUE

GODIN, G., 1972. The analysis of tides. Univ. of Toronto Press, 264 pp.

LABORATOIRE D'HYDRAULIQUE LASALLE, 1983. Battures de Beauport, Extension du port de Québec, Etude sur modèle des conditions d'écoulement sur la batture. Rapport LHL-878, Centre de recherches hydrauliques, Transports Canada. 14 pp., 9 pl.

PIETTE, AUDY, LEPINAY, BERTRAND et LEMIEUX, 1970. Diffusion dans le fleuve Saint-Laurent des eaux usées du Québec Métropolitain. Rapport d'étude et d'avant-projet soumis à BAEQM.

ROCHE ASSOCIES LTEE, 1983. Etude des effets de la diffusion des eaux usées sur le fleuve Saint-Laurent. Rapport pour la CUQ. tome 1, 151 p.

STERNBERG, R.W., 1968. Friction factors in tidal channels with differing bed roughness. Marine Geology 6:243-260.

STERNBERG, R.W., 1972. Predicting initial motion and bed flood transport of sediment particles in shallow marine environment. In: Shelf sediment transport, ed. by D.J.P. SWIFT, D.B. DUANE et O.H. PILKEY, Stroudsburg. Pa. pp. 61-82.

TRANSPORTS CANADA, 1968. Report on St-Augustin hydraulic survey. Manuscrit non publié.

SEDIMENTOLOGIE

- DIONNE, J.C., 1981. Données préliminaires sur la charge sédimentaire du couvert de glace dans la baie de Montmagny, Québec. Géographie physique et Quaternaire, 1981, vol. XXXV, no 2: 277-282.
- SERODES, J.B., 1980. Etude de la sédimentation intertidale de l'estuaire moyen du Saint-Laurent. Environnement Canada, Direction générale des eaux intérieures, Région du Québec, Direction de la planification et Gestion. 28 p.
- SERODES, J.B., M. DUBE et J. DESCHENES, 1983. Etude de la dynamique sédimentaire et du pouvoir de transformation des zones intertidales de l'estuaire moyen du Saint-Laurent. Cas des estrans de Kamouraska. Direction générale des eaux intérieures. Région du Québec. Environnement Canada.
- TROUDE, J.P., J.B. SERODES et B. ELOUARD, 1983. Etude des mécanismes sédimentologiques des zones intertidales de l'estuaire moyen du Saint-Laurent. Cas de la batture de la Pointe aux Prêtres (Batture de Cap-Tourmente). Env. Can., Dir. Gén. Eaux Int., Rapp. GCS-81-02. Contrat 09SD. KL410-0-2006, 69 p.

QUALITE DES SEDIMENTS

- A.P.H.A., 1975. Standard methods for the examination of water and wastewater. 14^e éd. American Public Health Association, Washington, DC 20036.
- BERNER, R.A., 1971. Principles of chemical sediments, McGraw-Hill, New-York, 240 p.
- B.E.S.T., 1980. Les méthodes d'analyse des pesticides organochlorés et des biphényles polychlorés dans l'eau, les sédiments, les boues, les sols, les milieux biologiques, l'air et les hydrocarbures. Comité de normalisation des méthodes d'analyse. Ministère de l'Environnement du Québec.
- BURTON, J.D. and D.S. LISS, 1976. Estuarine Chemistry. Academic Press, New York, 229 p.
- DE GROOT, A.J., 1964. Origin and transport of mud in coastal waters from the Western Scheldt to the Danish frontier. In: Deltaic and shallow marine deposits. Ed. by Van Straaten, L.M., J.U. Coll. Elsevier, Amsterdam. pp. 93-103.
- LABORATOIRE D'INSPECTION ET D'ESSAIS, 1977. Etude géotechnique. Forages complémentaires. Battures de Beauport. Soumis au Conseil des Ports Nationaux. 23 p. et 3 app.

LABORATOIRE D'INSPECTION ET D'ESSAIS, 1981. Quai 56. Battures de Beauport. Etude géotechnique. N/Ref.: G-0281322. Soumis au Conseil des Ports Nationaux. Août 1981. 23 p. et 3 app.

ROCHE ASSOCIES LTEE, 1982. Construction d'une cour d'entreposage d'acier. Etude d'impact sur l'environnement. Rapport final. Rapport soumis aux Chantiers Davie Ltée. Dossier no 1764-0010. 165 p. + 5 annexes.

ROCHE ASSOCIES LTEE, 1983. Dragage des quais de l'estuaire de la rivière Saint-Charles. Evaluation environnementale initiale. Rapport soumis à la Société canadienne des Ports. Port de Québec. Dossier no. 2697. 139 p. + 4 annexes.

SERODES, J.B., 1978. Qualité des sédiments de fond du fleuve Saint-Laurent entre Cornwall et Montmagny. Rapport technique no. 15. Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent. Direction générale des eaux intérieures, 467 p.

VIGNEAULT, Y., 1978. Annexe 6. Plan d'utilisation des matériaux dragués dans le fleuve Saint-Laurent. Rapport soumis au Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent par la Direction régionale des eaux intérieures, 173 p.

WALTON, A., 1980. Méthodes d'échantillonnage et d'analyse des sédiments marins et des matières draguées. Ministère des Pêches et Océans.

QUALITE DES EAUX

- ACRES CONSULTING SERVICES LTD, 1972. Evaluation of procedures for removing and decontaminating bottom sediments in the lower Great Lakes. Canada Center for Inland Waters, Environnement Canada.
- BARNARD, W.D., 1978. Prediction and control of dredged material dispersion around dredging and open-water pipeline operations. U.S. Army Engineer Waterways Experiment. Station Environmental Laboratory. Technical Report DS-78-13.
- COMITE D'ETUDE SUR LE FLEUVE SAINT-LAURENT, 1978. Rapport final du Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent.
- DE GROOT, A.J., W. SALOMON and E. ALLERSMA, 1976. Processus affecting heavy metals in estuarine sediments, In: Estuarine Chemistry. Ed. by Burton, J.D. et D.S. Liss. Academic Press, New York. pp. 131-158.
- ECO-RECHERCHES LTEE, 1974. Etude planctonique et benthique du fleuve Saint-Laurent (tronçon lac Saint-Pierre - Montmagny). Présenté au groupe de travail Québec-Canada sur le fleuve Saint-Laurent. 61 p.
- GORDON, R.B., 1974. Dispersion of dredge spoil dumped in near-shore waters. Estuarine and Coastal Marine Science. Vol. 2.

- GOUIN, D. et D. MALO, 1977. Etude de la qualité générale de l'eau. Rapp. Tech. No 11. Soumis au Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent par les Services de Protection de l'Environnement. 99 p. + 2 annexes.
- MARSALEK, J., 1982. Environmental impact of the proposal extension of the Quebec City Port. Preliminary estimate of pollutant loads from urban runoff, in: Recueil de commentaires sur l'énoncé d'incidences environnementales, Projet d'extension du Port de Québec. Commission d'évaluation environnementale. 10 mai 1982. 286 pp.
- JANSON, M. et H. SLOTERDIJK, 1982. Données sur la qualité des eaux du fleuve Saint-Laurent. Environnement Canada. Dir. Gén. Eaux intérieures. Ottawa, 159 p.
- ROCHE ASSOCIES LTEE, 1982. Construction d'une cour d'entreposage d'acier. Rapport soumis aux Chantiers Davie Ltée. 166 pp. + annexes + 3 plans.
- SCHROEDER, P.R. and F. DOUGLAS SHIELDS, 1983. Chemical clarification of dredged material. Journal of Environmental Engineering. 109(2): 414-427.
- VIGNEAULT, Y., 1978. Annexe 6. Plan d'utilisation des matériaux dragués dans le fleuve Saint-Laurent. Rapport soumis au Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent par la Direction régionale des eaux intérieures, 173 p.

GLACES

PLURAM INC., 1981. Etude des répercussions environnementales de l'extension du port de Québec. Vol. 1. Inventaires et analyses des sites. Nov. 1981, 364 p.

VEGETATION

- BAILLARGEON, G., 1981. Zonation et modification de la composition de la flore vasculaire dans une région urbaine: la colline de Québec. Université Laval, Québec. Thèse de maîtrise, 206 p.
- DORAN, M.A., 1978. Etude écologique de la végétation et de son utilisation par la Grande Oie blanche (Anser caerulescens atlanticus) dans le marais intertidal de la Réserve nationale de la faune de Cap Tourmente, Rapport final, Québec. Environnement Canada, Service canadien de la faune, contrat KL-105-7-0196.
- DRYADE, Le groupe, 1980 a. Habitats propices aux oiseaux migrateurs. Rapport présenté au Service canadien de la faune. Environnement Canada, Région de Québec, 66 pages + dossier cartographique.
- GAUTHIER, B. 1972. Recherches floristiques et écologiques sur l'hydrolittoral de l'archipel de Montmagny. Mémoire de maîtrise, U. Laval. 174 p.
- GAUTHIER, B. et V. LAVOIE, 1975. Limites hydrobiologiques au niveau de l'archipel de Montmagny, estuaire du Saint-Laurent. Naturaliste canadien 102: 653-662.
- HILL, M. 1973. Etude de la croissance de Scirpus americanus à Cap Tourmente, Sainte-Anne de Beaupré et Montmorency. Service canadien de la Faune. 71 p.

LACOURSIERE, E. et M.M. GRANDTNER, 1971. Contribution à l'étude écologique de la végétation riparienne de l'Ile d'Orléans. Naturaliste canadien 98: 443-459.

LACOURSIERE, E. et M.M. GRANDTNER, 1972. Les groupements végétaux ripariens entre Sainte-Famille et la pointe d'Argentenaye, Ile d'Orléans, Québec. Naturalise canadien 99: 469-507.

LEMIEUX, L. 1973. Etude de la densité du Scirpus americanus sur les battures de Cap Tourmente. Service canadien de la faune. 42 p.

PLURAM INC. 1981. Etude des répercussions environnementales de l'extension du Port de Québec. Volume 1 - Inventaires et analyses des sites. 364 p.

WHIGHAM, D.F., J. McCORMICK, R.E. GOOD and R.L. SIMPSON, 1978. Biomass and primary production in freshwater tidal wetlands of the middle Atlantic coast. In: Freshwater wetlands, R.E. Good, D.F. Whigham, R.L. Simpson (éds.). Academic Press, N.Y., San Francisco, London.

FAUNE BENTHIQUE

DEMERS, R., 1976. Le benthos, Phase I. Dir. de la Connaissance de la qualité du milieu (S.P.E.Q.). Etude sur le fleuve Saint-Laurent. 46 pp.

DOYON, D., G. METHOT et R. McNEIL, 1976. Les Iles-de-la-Madeleine: la faune d'invertébrés benthiques des lagunes et leur importance pour les oiseaux de rivage. Dir. des Etudes Bio-Physiques. Office de Planification et de Développement du Québec. OPDQ CREM-CRSE. 181 p. + 20 annexes.

ECO-RECHERCHES LTEE, 1974. Etude planctonique et benthique. Etude du fleuve Saint-Laurent, tronçon Varennes-Montmagny. Environnement Canada, Transports Canada, SPEQ et MRNQ. 164 p.

EDMONDSON, W.T., (éd.) 1971. A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters. IBP Handbook no 17. Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh, 354 p.

EPA, 1973. Biological field and laboratory methods for measuring the quality of surface waters and effluents. Environmental Monitoring Series: EPA-670/4-73-001. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati.

- HYNES, H.B.N., 1972. The ecology of running waters. University of Toronto Press, Suffolk, G.B., 218 p.
- HYNES, H.B.N., 1974. The biology of polluted waters. University of Toronto Press, Cambridge, 190 p.
- LEVASSEUR, H., 1977. Etude du benthos du fleuve Saint-Laurent. Rapport technique no 10. Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent. SPE. 201 p. + Annexes.
- McCAULEY, J.E., D.R. HANEOCK and R.A. PARR, 1976. Maintenance dredging and four polychete worms, In: Proceedings of the Specialty Conference on Dredging and its Environmental Effects. Krinkel, P.A., J. Harrisson et J.C. Bundick III (eds.). Amer. Sos. of Civil Eng., N.Y., 1008 p.
- MYERS, J.P., S.L. WILLIAMS and F.A. PITELKA, 1980. An experimental analysis of prey availability for sanderling (Aves: Scolopacidae) feeding on sandy beach crustaceans. Can. J. Zool. 58: 1564-1574.
- PLURAM INC., 1981. Etude des répercussions environnementales de l'extension du Port de Québec. Conseil des Ports Nationaux. Volume I. Inventaires et Analyses des sites. 364 p.
- SANDERS, H.L., E.M. GOODSMIT, E.L. MILLS and G.E. HAMPSON, 1962. A study of the intertidal fauna of Barnstable Harbor, Massachusetts. Limn. and Oceanogr. 7: 63-79.

STICKENY, R.R. and D. PERLMUTTER, 1975. Impact of intra-coastal waterway maintenance. Dredging on a mud bottom benthos community. Skidaway Institute of Oceanography, Georgia.

U.S. DEPT OF INTERIOR, 1967. Biology of water pollution. A collection of selected papers on stream pollution waste water and water treatment. FWPCA. 290 p.

VADER, W.J.M., 1964. A preliminary investigation into the reactions of the infauna of the tidal flats to tidal fluctuations in water level. Neth. Jour. of Sea Research 2(2): 189-222.

FAUNE ICHTYENNE

- BERGERON, J., 1977. Les poissons et les mollusques. MIC, pour le Comité d'Etude sur le fleuve Saint-Laurent, Rapp. Tech. no 4, Déc. 1977, 57 p.
- BOUCHARD, D., 1976. Localisation des frayères des principales espèces de poissons d'intérêt sportif et commercial dans le fleuve Saint-Laurent (phase 1). Serv. Rech. Biol. Mtl, MTCP, pour le Comité d'Etude sur le fleuve Saint-Laurent, Rapp. Tech., 175 p.
- LEIM, A.H. and W.B. SCOTT, 1966. Fishes of the Atlantic coast of Canada. Fish. res. Board Can., Bull. 155, 485 p.
- PAQUET, G., 1974. Etude physico-chimique et inventaire ichthyologique sommaires du fleuve Saint-Laurent, 1972 et 1973. MTCP, mars 1974, 12 p., 8 tabl., 5 cartes.
- PAQUET, G., 1975. Etude physico-chimique et inventaire ichthyologique sommaires du fleuve Saint-Laurent dans les secteurs pont de Québec-Saint-David et le bras sud de l'île d'Orléans, 1974. MTCP, mai 1975, 13 p., 4 tabl., 5 cartes, annexe photogr.
- SCOTT, W.B. et E.J. CROSSMAN, 1974. Poissons d'eau douce du Canada. Office Rech. Pêcheries Can., Bull. 184, 1026 p.

TRENCIA, G., 1978. Résultats de l'inventaire ichtyologique
sommaire sur les battures de Beauport. MTCP, Serv. Amén.
Exploit. Faune, sept. 1978, 7 p.

FAUNE AVIENNE

- A.B.Q., 1978. Les battures de Beauport. Mémoire présenté par l'Association des Biologistes du Québec aux Audiences Publiques concernant la construction de l'autoroute 440 sur les battures de Beauport. 58 pp. + annexe.
- ARSENAULT, G., 1974. Industrial development in the metro-Quebec area and its impact on waterfowl. In: Canadian Wildlife Service Waterfowl Studies in Eastern Canada, 1969-73. ed by H. Boyd. Can. Wildlife Service Report Series Number 29. pp. 80-83.
- BAKER, M.C., 1977. Shorebird food habits in the Eastern Canadian Arctic. *The Condor* 79: 56-62.
- BOURGET, A., 1974. Migrations de la sauvagine dans la région de Québec. In: Canadian Wildlife Service Waterfowl Studies in Eastern Canada, 1969-73. ed by H. Boyd. Can. Wildlife Service Report Series Number 29. pp. 66-72.
- BOURGET, A., M. CANTIN, G. CHAPDELAIN, P. DUPUIS, S. LEMIEUX, S.G. CURTIS et L. ALLEN, 1976. Description des zones sensibles pour les oiseaux migrateurs au Québec. Cartes des zones sensibles pour les oiseaux migrateurs du Québec. Canada, Env. Canada, Serv. Can. Faune, 198 pp.

BROUSSEAU, P., 1981. Distribution et abondance des oiseaux de rivage le long du Saint-Laurent. Section Cornwall - La Pocatière. Environnement Canada. Service Canadien de la Faune.

C.O.Q., 1979. Le Dernier Mille. Dossiers sur l'environnement: les battures de Beauport. Club des Ornithologues du Québec Inc. 59 pp. + annexes.

DOYON, D., G. METHOT ET R. McNEIL, 1976. Les Iles-de-la-Madeleine: La faune d'invertébrés benthiques des lagunes et leur importance pour les oiseaux de rivage. PIREDIM. Document produit par le CREM et le CERSE pour l'OPDQ. 181 pp.

DRYADE, 1980. Habitats propices aux oiseaux migrateurs. Rapport présenté au Service Canadien de la Faune, Environnement Canada. 66 pp. + dossier cartographique.

DUPUIS, P. et A. BOURGET, 1978. Inventaires et importance des oiseaux aquatiques dans l'estuaire et la Haute Côte-Nord du Saint-Laurent. Rapport soumis au Comité d'Etude sur le fleuve Saint-Laurent par le Service canadien de la faune. 26 pp.

FORTIN, L., S.P. SAVARD et C. AUBERT, 1978. Etude des populations d'oiseaux de la région de Québec. Cahiers d'ornithologie Victor Gaboriault No: 2. Club des Ornithologues du Québec Inc., 201 pp.

- GAUTHIER, J. et D. LEHOUX, 1978. Battures de Beauport (rapport préliminaire). Environnement Canada. Service Canadien de la Faune.
- GAUTHIER, J., D. LEHOUX et J. ROSA, 1979. Intérêt floristique, entomologique du bassin D-4 sur les battures de Beauport. Environnement Canada. Service Canadien de la Faune. 29 pp.
- MORRISON, R.I.G. and B.A. HARRINGTON, 1979. Critical shorebird resources in James Bay and Eastern North America. In: Transaction of the 44th North American Wildlife and Natural Resources Conference 1979, Wildlife Management Institute, Washington, D.C., pp. 498-507.
- RECHER, H.F., 1966. Some aspects of the ecology of migrant shorebirds. Ecology 47(3): 393-407.

POTENTIEL D'EPURATION

- ALLEN, G.W., 1976. Estuarine destruction, a monument to progress. Twenty-ninth north American Wildlife Conference Washington. pp. 324-331.
- B.E.S.T., 1981. Les méthodes d'analyse du cadmium, chrome, cobalt, cuivre, fer, manganèse, nickel, plomb et zinc dans l'eau, les sédiments, les milieux biologiques et l'air. Ministère de l'Environnement du Québec. Rapport no 29, 184 p.
- BOYD, C.E., 1978. Chemical composition of wetland plants. In: Freshwater wetlands. Good R.E., D.F. Whigham, R.L. Simpson (eds.). Academic Press, New-York. pp. 155-168.
- CONOVER, R., 1978. The transformation of organic matter. In: Marine Ecology, Volume IV. Dynamics. Kinne, O. (éd.). John Wiley and Sons. pp. 221-500.
- COOTE, A.R. and P.A. YEATS, 1979. Distribution of nutrients in the Gulf of St. Lawrence. J. Fish. Res. Board Can. 36: 122-131.
- COUTURE, R., 1979 a. Distribution estivale du seston dans un estuaire à hauts-fonds en marge du détroit de Northumberland. Univ. du Québec à Rimouski, Thèse de M.Sc. 70 p.

- COUTURE, R., 1979 b. Relation protéine-glucide-lipide dans le matériel particulaire et chez Eurytemora herdmariæ en fonction des substances de réserve. Proposition de thèse de Ph.D., Marine Sciences Center, Univ. McGill. 38 p.
- DARNELL, R.M., 1967. Organic detritus in relation to the estuarine ecosystem. In: Estuaries. Lauff, G.H. (éd.). American Association for the Advancement of Science, Washington D.C. pp. 376-382.
- DRAPEAU, G., 1980. Appréciation préliminaire de l'estuaire et du golfe Saint-Laurent dans le contexte des aménagements de bassins des principales rivières de la Côte-Nord. Rapport pour la Direction de l'Environnement de l'Hydro-Québec. 46 p.
- DRYADE, Le groupe, 1980. Habitats propices aux oiseaux migrateurs le long des rives de la rivière Richelieu, de la rivière Outaouais, du fleuve Saint-Laurent, de l'estuaire du Saint-Laurent, de la Côte Nord du Golfe Saint-Laurent, de la péninsule de Gaspé et des Iles de la Madeleine. Rapport présenté au Service canadien de la faune, Environnement Canada. Annexe cartographique.
- EL-SABH, M.I., 1979. The lower St. Lawrence estuary as a physical oceanographic system. Nat. Can. 106: 55-73.
- EL-SABH, M.I., E. BOURGET, M.J. BERVERS et J.C. DIONNE, 1979. L'Océanographie de l'estuaire du Saint-Laurent. Nat. Can. 106. 276 p.

- FLOODGATE, G.D., 1972. The mechanism of bacterial attachment to detritus in aquatic systems. In: Detritus and its role in aquatic ecosystems. Melchiorri-Santolini, U. et J.W. Hopton (eds.). Mémoire Dell'Instituto Italiano Di Idrobiologia. Pollanza, Italie. pp. 309-324.
- FORSTNER, U., 1979. Metal concentrations in river, lake and ocean waters. In: Metal pollution in the aquatic environment. Förstner, U. et G.T.W. Wittmann (eds.). Springer-Verlag, New-York. pp. 71-109.
- GAUTHIER, J., D. LEHOUX et J. ROSA, 1980. Les marécages intertidaux dans l'estuaire du Saint-Laurent. Environnement Canada. Service canadien de la faune. 91 p.
- GOUIN, D. et D. MALO, 1977. Qualité générale de l'eau à proximité des berges. Rapport du Comité d'Etude sur le Fleuve Saint-Laurent. Rapport technique no 39. 313 p.
- GRANT, R.R. and R. PATRICK, 1970. Tinicum marsh as a water purifier. In: Two studies of Tinicum Marsh, Delaware and Philadelphia Countries, PA. McCormick, J., RR. Grant et R.R. Patrick (eds.) (Washington: The Conservation Foundation).
- HARTLAND-ROWE, R., 1973. Use of swampland as a natural sink for receipt of sewage effluent. Environmental-Social Committee, Northern Pipelines, Task Force on Northern Oil Development. Report no 73-15, 52 p.

- HASSAN, M.E., 1975. Some effects of river regulation on marginal seas. *Ocean Management* 2: 333-344.
- I.N.R.S.-Eau, 1975. Aspects physiques, chimiques et biologiques du Saint-Laurent sur le tronçon Cornwall-Montmagny. Annexe cartographique. Comité d'Etude sur le Fleuve Saint-Laurent.
- JANSON, M. et H. SLOTERDIJK, 1982. Données sur la qualité des eaux du fleuve Saint-Laurent. Environnement Canada, Direction Générale des eaux intérieures, Ottawa. 159 p.
- KRANCK, K., 1979. Dynamics and distribution of suspended particulate matter in the St. Lawrence estuary. *Nat. Can.* 106: 163-173.
- LEE, G.F., E. BENTLEY and R. AMUNDSON, 1975. Effects of marshes on water quality. In: Coupling of land and water system. Ecological studies. Vol. 10. A.D. Haslin (éd.). Springer Verlag, New York. 309 p.
- LINDEMAN, R.L., 1942. The trophic dynamic aspect of ecology. *Ecology* 23: 399-418.
- MALO, D., 1978 a. Les sources de polluants. In: Comité d'Etude sur le Fleuve Saint-Laurent. Rapport d'étude sur le tronçon en aval de Montmagny, volume 4, chapitre 10. pp. 810-882.

- MALO, D., 1978 b. Qualité de l'eau dans l'estuaire. In: Comité d'Etude sur le Fleuve Saint-Laurent. Rapport d'étude sur le tronçon en aval de Montmagny, volume 3, pp. 465-485.
- MANN, K.H., 1972. Macrophyte production and detritus food chains in coastal waters. In: Detritus and its role in aquatic ecosystems. Proc. IBP-UNESCO Symp. 29: 37-53.
- McINTYRE, G.L. and W.M. DUNSTAN, 1976. Seasonal measurements of carbon, nitrogen, ash, iron, carbohydrates and pigments from geographically different Spartina alterniflora marshes in the southeast. Georgia Mar. Sci. Center Tech. Rep. Ser. no 76-5. 21 p.
- McIVER, A., 1972. Primary and secondary production in Malpeque Bay (P.E.I.) compared with one of its tributaries area the nearly Gulf of St. Lawrence. Univer. McGill, Thèse de M.Sc. 83 p.
- NIXON, S.W. and C.A. OVIATT, 1973. Ecology of New England salt marsh. Ecol. Monogr. 43: 463-498.
- ODUM, E.P. and A.A. DE LA CRUZ, 1967. Particulate organic detritus in a Georgia salt marsh - estuarine system. In: Estuaries. Lauff, G.H. (ed.). Publ. Amer. Ass. Adv. Sci. 83: 383-388.
- POULET, S.A., 1973. Grazing of Pseudocalanus minutus on naturally occurring particulate matter. Limnol. Oceanogr. 18: 564-573.

- REDFIELD, A.C., 1972. Development of New England salt marsh. Ecol. Monogr. 42: 201-237.
- ROCHE ASSOCIES LTEE, 1983. Dragage des quais de l'estuaire de la rivière Saint-Charles. Evaluation environnementale initiale. Rapport soumis au Port de Québec. Société canadienne des Ports. 139 p.
- SINCLAIR, M., 1977. Phytoplankton distributions in the lower St. Lawrence estuary. Ph.D. thesis, Univ. California. 200 pp.
- SINCLAIR, M., M.I. EL-SABH and J.R. BRINDLE, 1976. Seaward nutrient transport in the lower St. Lawrence estuary. J. Fish. Res. Board Can. 33: 1271-1277.
- STEVEN, D.M., 1974. Primary and secondary production in the Gulf of St. Lawrence. Mar. Sc. Center Manus. Rep. no 26: 116 pp.
- TEAL, J.M., 1962. Energy flow in the saltmarsh ecosystem of Georgia. Ecology 43: 614-624.
- THAYER, G.W., 1974. Identity and regulation of nutrients limiting phytoplankton production in the shallow estuaries near Beaufort, N.C. Ecologia 14: 75-92.
- TSIVOGLOU, E.C., 1967. Tracer measurement of stream reaeration. Federal water pollution control administration. U.S. department of the interior, Washington. D.C. 86 pp.

VELZ, C.J., 1970. Applied stream sanitation. Wiley-Interscience, New York. 619 pp.

WHIGHAM, D.F. and R.L. SIMPSON, 1976. The potential use of freshwater tidal marshes in the management of water quality in the Delaware River. In: Biological control of water pollution. Tourbier, J. et R.W. Pearson (eds.), Un. of Penn. Press.: 173-186.

WHIGHAM, D.F., J. McCORMICK, R.E. GOOD and R.L. SIMPSON, 1978. Biomass and primary production in freshwater tidal wetlands of the middle Atlantic coast. In: Freshwater wetlands. Good, R.E., D.F. Washington et R.L. Simpson (eds). Academic Press, New-York, pp. 3-20.

WILLIAMS, R.B., 1966. Annual phytoplankton production in a system of shallow temperate estuaries. In: Barnes, H. (éd.) Some Contemporary studies in marine science. pp. 699-716. George Allen and Unwin Ltd., London.