

LA SOCIÉTÉ CANADIENNE DE SEL LTÉE

ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

Programme décennal de dragage d'entretien
du chenal maritime de Mines Seleine
à Grande-Entrée, Îles-de-la-Madeleine



- RAPPORT PRINCIPAL -

Présenté au ministère du Développement durable,
de l'Environnement et des Parcs du Québec

Mai 2006

LA SOCIÉTÉ CANADIENNE DE SEL LTÉE

ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

Programme décennal de dragage d'entretien
du chenal maritime de Mines Seleine
à Grande-Entrée, Îles-de-la-Madeleine

- RAPPORT PRINCIPAL -

Présenté au ministère du Développement durable,
de l'Environnement et des Parcs du Québec

Mai 2006

CJB Environnement inc.

3950, boul. Chaudière, Bureau 140
Sainte-Foy (QC), Canada, G1X 4M8
Tél. : 418-657-6859
Télec. : 418-657-1325
info@cjb-environnement.com
<http://cjb-environnement.com>

ÉQUIPE DE TRAVAIL

La Société canadienne de Sel, Limitée

Guy P. Genois., Directeur des opérations maritimes

James W. Maillet, ing., Ingénieur de la production

CJB Environnement inc.

Danielle Bédard, cartographe

Monique Béland, biologiste

Jacques Bérubé, directeur de projet, biologiste

Gilles Bordeleau, ing. M.Sc. hydrologie

Jonathan M. Olson, M.Sc., biologiste

Céline Porcher, M.Sc., biologiste

Marie-Chantale Sauvageau, biologiste

Jonathan M. Olson, M.Sc., biologiste

Jacques Bérubé, biologiste

TABLE DES MATIÈRES

1.	Mise en contexte du projet	1
1.1	Présentation de l’initiateur	1
1.2	Contexte et raison d’être du projet	1
1.2.1	Résumé du projet	1
1.2.2	Activités de Mines Seleine	3
1.2.2.1	Activités d’exploitation	3
1.2.2.1.1	Droits d’exploitation	3
1.2.2.1.2	Produit	3
1.2.2.1.3	Volume de production	3
1.2.2.1.4	Marché	4
1.2.2.1.5	Transformation	4
1.2.2.1.6	Entreposage	4
1.2.2.2	Activités de transport	4
1.2.2.2.1	Infrastructures portuaires	4
1.2.2.2.1.1	Capacité de chargement	4
1.2.2.2.1.2	Port	5
1.2.2.2.1.3	Chenal	5
1.2.2.2.2	Transport du sel	7
1.2.2.2.2.1	Affrètement des minéraliers	7
1.2.2.2.2.2	Réglementation maritime	7
1.2.3	Problématique du chenal de Grande-Entrée	8
1.2.3.1	Évaluation du problème	8
1.2.3.2	Variation des coûts de transport en fonction de l’ensablement	10
1.3	Solutions de rechange au projet	10
1.3.1	Aménagement portuaire à l’extérieur de la lagune	10
1.3.2	Utilisation du port de Cap-aux-Meules	11
1.3.3	Transport sans entretien du chenal	11
1.3.4	Transbordement avec des petits navires	12
1.3.5	Dragage du chenal à une profondeur inférieure	12
1.3.6	Dragage du chenal à une profondeur supérieure	13
1.3.7	Justification de la solution retenue	13
1.4	Résumé	13
2.	Description du milieu récepteur	15
2.1	Délimitation de la zone d’étude	15
2.2	Description des composantes pertinentes	15
2.2.1	Milieu physique	15
2.2.1.1	Contexte climatique	15
2.2.1.2	Régime des vents	15
2.2.1.3	Régime des glaces	19
2.2.1.4	Hydrodynamique	19
2.2.1.4.1	Stratification des eaux	19
2.2.1.4.2	Courants	20
2.2.1.4.3	Marées	20
2.2.1.4.4	Vagues	20
2.2.1.5	Géologie	21
2.2.1.5.1	Contexte géomorphologique général	21
2.2.1.5.2	Contexte géomorphologique lagunaire	21
2.2.1.5.3	Cadre géologique du substratum rocheux	23

2.2.1.6	Régime sédimentologique.....	25
2.2.1.6.1	Cadre sédimentologique général.....	25
2.2.1.6.2	La lagune et le chenal de la Grande-Entrée.....	25
2.2.1.6.2.1	Modifications dans la lagune lors de la construction du chenal.....	25
2.2.1.6.2.2	Stabilité des sites de dépôts dans la lagune.....	26
2.2.1.6.2.3	Ensablement du chenal et dragages d'entretien.....	27
2.2.1.6.3	Le site de dépôt D.....	28
2.2.1.6.4	Le nouveau site de mise en dépôt.....	31
2.2.1.6.4.1	Régime des vagues.....	31
2.2.1.6.4.2	Régime des courants.....	31
2.2.1.6.4.2.1	Courants vers l'est.....	32
2.2.1.6.4.2.2	Courants vers l'ouest.....	32
2.2.1.6.4.3	Conclusion de l'analyse des régimes de vagues et des courants.....	32
2.2.1.7	Caractéristiques physico-chimiques des sédiments.....	33
2.2.1.7.1	Le chenal de navigation.....	33
2.2.1.7.1.1	Secteur du bassin.....	33
2.2.1.7.1.2	Secteur de la courbe.....	34
2.2.1.7.1.3	Secteur des sables.....	34
2.2.1.7.1.4	Mise en contexte de la contamination observée.....	35
2.2.1.7.1.5	Toxicité des sédiments.....	37
2.2.1.7.2	Le site de dépôt D.....	37
2.2.1.7.3	Le nouveau site de mise en dépôt.....	38
2.2.1.8	Physico-chimie de l'eau.....	39
2.2.1.9	Qualité de l'eau.....	39
2.2.2	Milieu biologique.....	40
2.2.2.1	Flore.....	40
2.2.2.1.1	Végétation terrestre et littorale.....	40
2.2.2.1.2	Macrophytes aquatiques.....	40
2.2.2.1.3	Espèces végétales à statut précaire.....	41
2.2.2.2	Plancton.....	44
2.2.2.2.1	Phytoplancton.....	44
2.2.2.2.2	Zooplancton.....	44
2.2.2.3	Benthos.....	45
2.2.2.3.1	Mollusques.....	47
2.2.2.3.1.1	Moule bleue.....	48
2.2.2.3.1.2	Mye commune.....	48
2.2.2.3.1.3	Mactre de Stimpson.....	50
2.2.2.3.1.4	Mactre de l'Atlantique.....	50
2.2.2.3.1.5	Quahog nordique.....	50
2.2.2.3.1.6	Pétoncle géant.....	51
2.2.2.3.1.7	Natrice commune du nord.....	52
2.2.2.3.2	Échinodermes.....	52
2.2.2.3.2.1	Oursin vert.....	52
2.2.2.3.2.2	Dollar de sable.....	53
2.2.2.3.3	Crustacés.....	53
2.2.2.3.3.1	Homard d'Amérique.....	53
2.2.2.3.3.2	Crabe commun.....	55
2.2.2.3.3.3	Crabe des neiges.....	56
2.2.2.4	Poissons.....	56
2.2.2.4.1	Hareng Atlantique.....	56
2.2.2.4.2	Maquereau bleu.....	56

2.2.2.4.3	Morue franche	57
2.2.2.4.4	Éperlan arc-en-ciel	58
2.2.2.4.5	Anguille d'Amérique	58
2.2.2.4.6	Plie rouge	58
2.2.2.4.7	Espèces à statut précaire.....	60
2.2.2.5	Oiseaux	60
2.2.2.5.1	Grèbe esclavon	62
2.2.2.5.2	Pluvier siffleur.....	62
2.2.2.5.3	Sterne de Dougall.....	63
2.2.2.6	Mammifères.....	63
2.2.2.6.1	Mammifères marins	63
2.2.2.6.2	Mammifères terrestres.....	65
2.2.3	Milieu humain.....	65
2.2.3.1	Contexte social-humain	65
2.2.3.1.1	La démographie.....	65
2.2.3.1.2	La structure familiale	66
2.2.3.1.3	La scolarité.....	66
2.2.3.1.4	Les langues officielles.....	66
2.2.3.2	Marché du travail et main-d'œuvre.....	67
2.2.3.2.1	Indicateurs du marché	67
2.2.3.2.2	Les emplois	67
2.2.3.2.3	Les revenus	68
2.2.3.3	Territoire	69
2.2.3.3.1	Aménagement du territoire	69
2.2.3.3.2	Patrimoine bâti	69
2.2.3.3.3	Aires de conservation.....	69
2.2.3.4	Infrastructures	69
2.2.3.4.1	Transport	69
2.2.3.4.2	Navigation.....	69
2.2.3.4.3	Énergie	71
2.2.3.4.4	Eau potable et assainissement	71
2.2.3.5	Activités commerciales.....	71
2.2.3.5.1	Activités agricoles.....	71
2.2.3.5.2	Activités minières	72
2.2.3.5.3	Pêche commerciale	72
2.2.3.5.4	Aquiculture.....	74
2.2.3.5.5	Récréo-tourisme	75
2.2.3.5.6	Secteurs économiques secondaire et tertiaire.....	75
3.	Description du projet et des variantes de réalisation	76
3.1	Détermination des variantes.....	76
3.1.1	Alternatives et variantes d'intervention de dragage.....	76
3.1.1.1	Fréquence du dragage	76
3.1.1.2	Période de dragage.....	77
3.1.2	Alternatives et variantes d'équipements de dragage.....	79
3.1.2.1	Dragues mécaniques	79
3.1.2.1.1	Drague à benne preneuse	81
3.1.2.1.2	Drague à cuiller	84
3.1.2.1.3	Drague rétrocaveuse.....	84
3.1.2.2	Dragues hydrauliques	84
3.1.2.2.1	Drague aspiratrice simple.....	85
3.1.2.2.2	Drague suceuse à désagrégateur.....	85

3.1.2.2.3	Drague autoporteuse	85
3.1.2.3	Dragues spéciales.....	87
3.1.3	Alternatives et variantes de gestion du matériel dragué	87
3.1.3.1	Immersion en mer	87
3.1.3.1.1	Site de dépôt D.....	87
3.1.3.1.2	Nouveau site de dépôt immergé dans le secteur du dépôt D.....	89
3.1.3.1.3	Nouveau site de dépôt immergé dans un autre secteur	90
3.1.3.1.4	Dispersion en mer	90
3.1.3.2	Confinement en milieu aquatique	91
3.1.3.3	Dépôt en berge et recharge de plages	92
3.1.3.3.1	Recharge de la plage érodée de la Dune du Nord	93
3.1.3.3.2	Recharge de la partie érodée de la plage de la Martinique.....	94
3.1.3.3.3	Conclusion concernant la recharge de plages	94
3.1.3.4	Confinement en berge.....	94
3.1.3.5	Mise en dépôt en milieu terrestre.....	95
3.1.3.5.1	Aménagement d'un banc d'emprunt dans le secteur du centre de traitement des déchets	96
3.1.3.5.2	Aménagement d'un banc d'emprunt sur la propriété de Mines Seleine	97
3.1.3.6	Confinement sécuritaire en milieu terrestre	98
3.1.3.7	Utilisation des matériaux à des fins d'aménagement faunique.....	99
3.1.3.7.1	Réaménagement des îlots B et C.....	99
3.1.3.7.2	Aménagement d'un nouvel îlot.....	100
3.1.3.7.3	Restauration de dunes	100
3.1.3.8	Valorisation des sables dragués	101
3.1.3.8.1	Utilisation des sables comme remblai et matériel de construction	101
3.1.3.8.2	Utilisation comme sable d'épandage sur les routes	102
3.2	Sélection de la variante ou des variantes pertinentes au projet.....	102
3.2.1	Sélection des variantes d'intervention de dragage.....	102
3.2.1.1	Fréquence du dragage	102
3.2.1.2	Période du dragage.....	103
3.2.2	Sélection de l'équipement de dragage	103
3.2.3	Sélection du mode de gestion du matériel dragué.....	107
3.2.3.1	Faisabilité économique	110
3.2.3.2	Faisabilité technique	110
3.2.3.3	Gestion des sédiments fins.....	111
3.2.3.4	Impacts sur le milieu.....	113
3.2.3.5	Conclusion	114
3.3	Description des variantes sélectionnées.....	115
4.	Analyse des impacts de la variante sélectionnée.....	118
4.1	Détermination et évaluation des impacts	118
4.1.1	Composantes du projet.....	118
4.1.1.1	Dragage des sédiments fins aux chaînages inférieurs à 4200 m.....	118
4.1.1.2	Dragage des sables aux chaînages supérieurs à 4200 m	118
4.1.1.3	Immersion en mer du matériel dragué	119
4.1.1.4	Mise à disposition du matériel dragué dans les chaînages supérieurs à 4200 m.....	119
4.1.2	Éléments du milieu	119
4.1.3	Identification des répercussions.....	119
4.1.4	Identification des répercussions.....	119
4.1.5	Analyse des impacts du projet	123
4.1.5.1	Impacts des travaux de dragage des sédiments fins.....	123
4.1.5.1.1	Impacts sur le milieu physique.....	123

4.1.5.1.1.1	Impacts sur l'hydrodynamique, la bathymétrie et la sédimentologie	123
4.1.5.1.1.2	Impacts sur la qualité de l'eau	123
4.1.5.1.1.3	Impacts sur la qualité et la nature des sédiments	124
4.1.5.1.1.4	Impacts sur l'environnement sonore.....	124
4.1.5.1.2	Impacts sur le milieu biologique.....	125
4.1.5.1.2.1	Impacts sur la flore.....	125
4.1.5.1.2.2	Impacts sur le plancton.....	125
4.1.5.1.2.3	Impacts sur la faune benthique.....	125
4.1.5.1.2.4	Impacts sur la faune ichthyenne.....	126
4.1.5.1.2.5	Impacts sur l'avifaune.....	127
4.1.5.1.2.6	Impacts sur les mammifères marins.....	127
4.1.5.1.2.7	Impacts sur les espèces à statut précaire	128
4.1.5.1.3	Impacts sur le milieu humain	128
4.1.5.1.3.1	Impacts sur la navigation	128
4.1.5.1.3.2	Impacts sur les activités minières.....	128
4.1.5.1.3.3	Impacts sur la pêche commerciale	128
4.1.5.1.3.4	Impacts sur l'aquiculture	129
4.1.5.1.3.5	Impacts sur les activités récréo-touristiques.....	130
4.1.5.1.3.6	Impacts sur la qualité de vie.....	130
4.1.5.2	Impacts des travaux de dragage des sables	130
4.1.5.2.1	Impacts sur le milieu physique.....	130
4.1.5.2.1.1	Impacts sur l'hydrodynamique, la bathymétrie et la sédimentologie	130
4.1.5.2.1.2	Impacts sur la géologie.....	130
4.1.5.2.1.3	Impacts sur la qualité de l'eau	130
4.1.5.2.1.4	Impacts sur la qualité et la nature des sédiments	131
4.1.5.2.1.5	Impacts sur l'environnement sonore.....	131
4.1.5.2.2	Impacts sur le milieu biologique.....	131
4.1.5.2.2.1	Impacts sur la flore.....	131
4.1.5.2.2.2	Impacts sur le plancton.....	131
4.1.5.2.2.3	Impacts sur la faune benthique.....	132
4.1.5.2.2.4	Impacts sur la faune ichthyenne.....	133
4.1.5.2.2.5	Impacts sur l'avifaune.....	134
4.1.5.2.2.6	Impacts sur les mammifères marins.....	134
4.1.5.2.2.7	Impacts sur les espèces à statut précaire	134
4.1.5.2.3	Impacts sur le milieu humain	135
4.1.5.2.3.1	Impacts sur la navigation	135
4.1.5.2.3.2	Impacts sur les activités minières.....	135
4.1.5.2.3.3	Impacts sur la pêche commerciale	135
4.1.5.2.3.4	Impacts sur l'aquiculture	136
4.1.5.2.3.5	Impacts sur les activités récréo-touristiques.....	136
4.1.5.2.3.6	Impacts sur la qualité de vie.....	136
4.1.5.3	Impacts de l'immersion en mer des sédiments dragués	136
4.1.5.3.1	Impacts sur le milieu physique.....	136
4.1.5.3.1.1	Impacts sur la bathymétrie	136
4.1.5.3.1.2	Impacts sur l'hydrodynamique	137
4.1.5.3.1.3	Impacts sur la sédimentologie.....	137
4.1.5.3.1.4	Impacts sur la qualité de l'eau	137
4.1.5.3.1.5	Impacts sur la qualité et la nature des sédiments	137
4.1.5.3.1.6	Impacts sur l'environnement sonore.....	138
4.1.5.3.2	Impacts sur le milieu biologique.....	138
4.1.5.3.2.1	Impacts sur le plancton.....	138

4.1.5.3.2.2	Impacts sur la faune benthique.....	138
4.1.5.3.2.3	Impacts sur la faune ichthyenne.....	138
4.1.5.3.2.4	Impacts sur les mammifères marins.....	139
4.1.5.3.2.5	Impacts sur les espèces à statut précaire.....	139
4.1.5.3.3	Impacts sur le milieu humain.....	139
4.1.5.3.3.1	Impacts sur la navigation.....	139
4.1.5.3.3.2	Impacts sur la pêche commerciale.....	140
4.2	Atténuation des impacts de la variante sélectionnée.....	140
4.2.1	Mesures d'atténuation à respecter.....	140
4.2.2	Efficacité des mesures d'atténuation.....	150
4.3	Choix de la variante optimale.....	150
4.4	Compensation des impacts résiduels.....	150
4.5	Synthèse du projet.....	151
5.	Mise en application du programme de dragage.....	153
5.1	Travaux et études préliminaires.....	153
5.2	Gestion des risques d'accidents.....	153
5.2.1	Estimation des conséquences majeures.....	153
5.2.2	Programmes de maintenance et de surveillance des ouvrages.....	153
5.2.3	Plan des mesures d'urgence.....	153
5.3	Surveillance environnementale.....	154
5.4	Suivi environnemental.....	154
6.	Conclusion.....	156
7.	Bibliographie.....	157
8.	Personnes consultées.....	165

Annexes

Annexe 1	Résultats des échantillonnages antérieurs dans le chenal
Annexe 2	Résultats des échantillonnages antérieurs au site de dépôt D
Annexe 3	Correspondances avec les autorités responsables
Annexe 4	Rapport de la campagne de terrain 2005
Annexe 5	Certificats d'analyses

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1	Localisation de la zone d'étude.....	2
Figure 1.2	Chenal du havre de la Grande-Entrée.....	6
Figure 1.3	Secteurs des eaux admissibles dans les zones protégées de l'archipel des Îles-de-la-Madeleine.....	9
Figure 1.4	Chargement moyen des navires effectuant le transport de sel à partir des installations de Mines Seleine.....	11
Figure 2.1	Roses des vents pour la région des Îles-de-la-Madeleine.....	16
Figure 2.2	Noyaux rocheux et cordons sableux des Îles-de-la-Madeleine.....	22
Figure 2.3	Coupe géologique des Îles-de-la-Madeleine.....	24
Figure 2.4	Bathymétrie du secteur du site de dépôt D.....	29
Figure 2.5	Bathymétrie du dépôt D.....	30
Figure 2.6	Relation entre les teneurs en argile et les concentrations en arsenic des sédiments prélevés en 2005.....	36
Figure 2.7	Substrat et végétation de la lagune de la Grande-Entrée.....	42
Figure 2.8	Faune benthique du secteur du chenal de la Grande-Entrée.....	49

Figure 2.9	Distribution des habitats vitaux des poissons du secteur du chenal de la Grande-Entrée.....	59
Figure 2.10	Occurrence des espèces aviennes à statut précaire et localisation des colonies d'oiseaux marins.....	61
Figure 2.11	Habitats vitaux des mammifères marins du secteur de la Grande-Entrée.....	64
Figure 2.12	Utilisation humaine du territoire des Îles-de-la-Madeleine	70
Figure 3.1	Distribution temporelle des activités humaines et fauniques associées au milieu environnant du chenal de Grande-Entrée	78
Figure 3.2	Mesures d'atténuation proposées en lien avec les activités biologiques pouvant être affectées par les travaux de dragage	80
Figure 3.3	Sites potentiels de gestion des sédiments dragués	88

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1	Jours de navigabilité dans la lagune.....	5
Tableau 2.1	Accumulations de sédiments dans le chenal de la Grande-Entrée.....	27
Tableau 2.2	Granulométrie moyenne aux différents sites en 2005.....	33
Tableau 2.3	Espèces végétales à statut précaire inventoriées dans la zone à l'étude	43
Tableau 2.4	Organismes macrobenthiques communs des Iles-de-la-Madeleine	45
Tableau 2.5	Paramètres socio-économiques aux Îles-de-la-Madeleine	66
Tableau 2.6	Indicateurs du marché du travail.....	67
Tableau 2.7	Nombre de pêcheurs actifs, quantité et valeur des débarquements selon l'année et l'espèce pour le havre de pêche de Grande-Entrée.....	73
Tableau 3.1	Résumé des impacts de dragues à benne preneuse sur la turbidité de l'eau.	82
Tableau 3.2	Évaluation de la performance technique et environnementale de la drague mécanique à benne preneuse et de la drague hydraulique autoporteuse en fonction des variantes de gestion des matériaux et des différents types de matériaux à draguer	105
Tableau 3.3	Comparaison des options de gestion potentielles des sédiments dragués dans le chenal de Grande-Entrée.	108
Tableau 4.1	Matrice d'interrelations entre les composantes du projet et les éléments du milieu	120
Tableau 4.2	Abaques utilisés pour l'évaluation de l'importance des impacts sur les éléments du milieu.....	122
Tableau 4.3	Synthèse de l'évaluation des impacts et des mesures d'atténuation recommandées	141

1. Mise en contexte du projet

1.1 Présentation de l'initiateur

Les installations portuaires de Mines Seleine et le chenal de Grande-Entrée sont des installations privées dont les droits d'exploitation appartiennent à Mines Seleine, une division de la Société canadienne de Sel Limitée. Mines Seleine est l'initiateur du projet de dragage d'entretien du chenal. CJB Environnement inc. a été mandaté par Mines Seleine en tant que consultant en environnement pour préparer l'étude d'impact pour le programme décennal de dragage d'entretien du chenal maritime à Grande-Entrée.

Les coordonnées de l'initiateur et de son consultant sont les suivantes :

Nom :	Mines Seleine inc., division de la Société canadienne de Sel Limitée	CJB Environnement inc.
Adresse :	755, boulevard Saint-Jean Pointe-Claire, Québec H9R 5M9	3950, boulevard Chaudière, Bureau 140 Sainte-Foy, Québec G1X 4M8
Téléphone :	(514) 630-0900	(418) 657-6859
Télécopieur :	(514) 694-2451	(418) 657-1325
Courriel :	ggenois@windsorsalt.com	j.berube@cjb-environnement.com
Responsables du projet :	Guy P. Genois, Directeur, Opérations maritimes James W. Maillet, Ingénieur de production	Jacques Bérubé, biologiste

Ce programme décennal de dragage d'entretien est le deuxième programme proposé par Mines Seleine. Le premier programme décennal de dragage d'entretien a été mis en œuvre entre 1992 et 2002 et il a donné lieu à trois interventions de dragage d'entretien, soit en 1992, 1997 et 2002. Le premier programme décennal de dragage d'entretien a fait l'objet d'une étude d'impact sur l'environnement en vertu de l'article 31.1 de la Loi sur la qualité de l'environnement. Cette étude passait en revue les variantes de réalisation et a permis d'identifier les mesures de mitigation permettant d'atteindre les objectifs d'entretien du chenal tout en minimisant les impacts sur l'environnement biophysique et humain (Groupe Environnement Shoener inc., 1991).

Il faut noter que La Société canadienne de Sel Limitée s'est dotée en 1993 d'une politique environnementale qui intègre le principe de gestion de l'environnement à toutes les phases de ses activités d'affaires et que la présente étude s'inscrit dans la perspective de cette politique corporative.

1.2 Contexte et raison d'être du projet

1.2.1 Résumé du projet

La découverte d'importants gisements de sel aux Îles-de-la-Madeleine a conduit à l'exploitation du gisement de Grosse-Île en 1982, par Mines Seleine, une division de la Société canadienne de Sel Limitée. Cet aménagement industriel a nécessité la construction d'un quai de chargement du minerai de sel dans la lagune de Grande-Entrée et le creusage d'un chenal de navigation sur une longueur de 10,7 km, dont 7,8 km à l'intérieur de la lagune. Ce chenal a été creusé à une profondeur de 7,3 m à l'intérieur de la lagune et de 8,3 m à l'extérieur. La localisation de la zone à l'étude est présentée à la Figure 1.1.

Sous l'action de la dérive littorale, les matériaux sableux présents dans la lagune et sur la côte ont tendance à s'accumuler progressivement dans le chenal. La perte de profondeur ainsi occasionnée augmente les risques d'accidents maritimes et contribue à hausser les coûts de transport du sel puisque les navires ne peuvent circuler qu'à cargaison réduite.

Suite à la mise en œuvre d'un premier programme décennal de dragage d'entretien entre 1992 et 2002, le projet à l'étude vise la réalisation d'un second programme décennal qui permettra à la compagnie de planifier les opérations de dragage nécessaires à l'entretien de son chenal de navigation au cours des prochaines années tout en intégrant les considérations environnementales qui sont reliées à de telles opérations. Ce projet vise donc essentiellement les travaux de dragage qui seront nécessaires pour maintenir les profondeurs initiales dans le chenal de navigation de Grande-Entrée ainsi que la gestion à long terme des sédiments et des sables qui seront excavés.

1.2.2 Activités de Mines Seleine

Pour être en mesure de juger de l'importance des problèmes de transport auxquels fait face Mines Seleine, il convient, dans un premier temps, de dresser un bilan de ses activités d'exploitation et de transport.

1.2.2.1 Activités d'exploitation

1.2.2.1.1 Droits d'exploitation

Les droits de propriété de Mines Seleine ont été acquis de la Société québécoise d'exploitation minière (SOQUEM) en 1988 par la Société canadienne de Sel, laquelle appartient à Morton International inc. En 1999, Morton International a été acquis par Rohm & Haas. Le changement de propriétaire intervenu en 1988 a impliqué le transfert du bail minier no 172 obtenu en 1979 du ministère de l'Énergie et des Ressources en vertu de l'article 84 de la loi sur les mines (L.R.Q.C.-M-13).

En ce qui concerne l'exploitation du port et du chenal de navigation de Grande-Entrée, une approbation de Transports Canada en vertu de la Loi concernant la Protection des Eaux Navigables a été émise le 22 août 1980 pour une période de 25 ans et a été reconduite pour une période de trente ans le 22 août 2005.

1.2.2.1.2 Produit

Le gisement en exploitation, le Rocher du Dauphin, est un des 7 dômes de sel identifiés aux Îles-de-la-Madeleine. Après 23 ans d'exploitation, les réserves encore en place sont suffisantes pour soutenir la production bien au-delà de la période de 10 ans couverte par le programme de dragage d'entretien proposé. Des sondages effectués par carottage en 1999 ont confirmé la continuité en profondeur entre le Rocher du Dauphin et le dôme de Grosse-Île à l'est où les droits miniers appartiennent également à la Société canadienne de Sel. Les réserves du dôme de Grosse-Île sont estimées à 110 millions de tonnes et sont exploitables à partir des installations actuelles.

Le gîte est exploité par un procédé à sec dans le but de mettre sur le marché du sel d'épandage qui requiert une teneur moyenne de 94,5%, pour répondre aux normes du ministère des Transports. D'autres produits, comme le sel de table, fabriqué à partir des fines provenant du concassage et du tamisage, et le sel chimique, utilisé par des entreprises manufacturières, pourraient être potentiellement fabriqués à partir de la même matière première.

1.2.2.1.3 Volume de production

Grâce à l'ajout d'installations d'entreposage en surface au début des années 1990, le cycle de production de la mine est maintenant échelonné sur 11 mois. La capacité de l'usine souterraine est de 32 400 tonnes

par semaine. Ceci a mené à une production annuelle d'environ 1,5 millions de tonnes extraites de la mine depuis 1990, ce qui donne environ 1,3 millions de tonnes expédiées par année.

1.2.2.1.4 *Marché*

La production de Mines Seleine est exportée vers quatre grands secteurs du marché. Le marché du Québec accapare la majeure partie de la production, suivi du marché de la Côte-Est américaine, celui de Terre-Neuve et celui de l'Ontario.

Depuis 1982, la production est acheminée par navires vers un des ports de déchargement, puis réacheminée vers les marchés gouvernementaux et municipaux. Mines Seleine utilise 17 différents ports au Québec, 9 à Terre-Neuve et 6 aux États-Unis.

1.2.2.1.5 *Transformation*

La matière première subit toutes ses étapes de transformation à l'usine localisée sous terre. L'opération consiste principalement en un concassage et un tamisage du minerai afin de lui conférer une dimension appropriée à son usage comme sel d'épandage sur les routes. Lors de cette opération, les fines sont rejetées avec les stériles pour remplir les chambres dont l'excavation est terminée. Par la suite, un anti-agglomérant (ferrocyanure de sodium) est ajouté en très faible quantité afin d'empêcher l'agglomération des particules de sel.

1.2.2.1.6 *Entreposage*

Avec les modifications apportées en 1990, la capacité totale d'entreposage a été augmentée à 350 000 tonnes. Afin de réduire la manutention, le système d'entreposage a été automatisé à l'aide d'une série de bandes transporteuses interconnectées. L'usine de concassage alimente l'entrepôt souterrain qui redistribue le sel vers l'entrepôt et l'aire de stockage en surface. La pile extérieure est remplie directement à partir des bandes transporteuses.

1.2.2.2 **Activités de transport**

1.2.2.2.1 *Infrastructures portuaires*

1.2.2.2.1.1 **Capacité de chargement**

La vitesse de chargement des navires est fonction du volume de sel présent dans les divers entrepôts et au débit (volume et temps) assuré par les bandes transporteuses. Le chargement s'effectue toujours à partir de l'entrepôt de reprise qui est le seul à être relié au chargeur à navire situé sur le quai. Par conséquent, le contenu de toutes les autres aires de stockage doit être convoyé vers l'entrepôt de reprise avant d'être chargé sur les navires. Cette dernière procédure exige l'emploi de chargeuses mécaniques. La durée du chargement est de l'ordre de 12 heures pour un navire de 20 000 t.

En considérant le volume de production hebdomadaire, le tonnage entreposé et les autres facteurs externes (difficulté de navigation, bris mécaniques, entretien, etc.) la capacité moyenne de chargement s'établit à deux navires par semaine avec des pointes possibles de trois navires par semaine avec des entrepôts pleins.

Avec 40 semaines de navigation possible dans la lagune de Grande-Entrée (voir Tableau 1.1), la capacité de chargement est suffisante pour supporter un volume de production de 1,5 millions de tonnes.

Tableau 1.1 Jours de navigabilité dans la lagune

Année	Début	Fin	Durée en Jours
1990	11 avril	7 janvier	272
1991	8 avril	9 janvier	277
1992	12 avril	5 janvier	269
1993	9 avril	8 janvier	275
1994	8 avril	9 janvier	277
1995*	7 avril	26 août	142
1996*	---	---	---
1997*	10 septembre	24 janvier	137
1998	12 avril	11 janvier	275
1999	10 avril	13 janvier	278
2000	12 avril	29 janvier	293
2001	4 avril	27 janvier	299
2002	6 avril	28 janvier	298
2003	17 avril	12 février	302
Moyenne 1990 – 2003 :			283 jours

* Production interrompue entre mai 1995 et août 1997 – Infiltration d'eau

1.2.2.2.1.2 Port

Situé à proximité des installations minières, le port est la propriété de Mines Seleine et est régi par un maître de port. La société met à la disposition des usagers un relevé bathymétrique annuel ainsi qu'une brochure décrivant les installations portuaires, les conditions d'utilisation et d'autres dispositions d'ordre général. Le quai est une construction sur pilotis. Il est conçu et réservé uniquement au chargement du sel. Il s'agit donc d'une installation portuaire très spécialisée et il ne comporte aucune structure ou équipement qui permette de manutentionner de l'équipement lourd ou de la marchandise. Aucun service n'est disponible à quai.

Deux navires peuvent être amarrés simultanément au quai : du côté est, un navire n'excédant pas 228,6 m peut accoster sur une longueur de 300 m, tandis que seuls les navires plus petits que 121,9 m peuvent être amarrés du côté ouest en raison des hauts-fonds.

Le chargement s'effectue à l'aide d'un chargeur fixe et les navires se déplacent latéralement à l'aide de leurs treuils pour le chargement de chacune de leurs cales. Même si la flèche du chargeur pivote sur 250 degrés, les navires ne peuvent être chargés que du côté est du quai en raison de la présence de hauts-fonds du côté ouest. Les navires disposent d'un bassin de manœuvre suffisant pour leur permettre d'accoster tribord à quai, bien qu'ils préfèrent généralement pivoter à l'extrémité du quai sans se servir du bassin de manœuvre.

1.2.2.2.1.3 Chenal

Balisé sur toute sa longueur (10,7 km) par 34 bouées lumineuses (Figure 1.2), le chenal est aussi pourvu d'amers. Pour la partie située à l'intérieur de la lagune de Grande-Entrée, la pose des aides à la navigation est sous la responsabilité de Mines Seleine alors que la Garde côtière a la responsabilité des aides à la navigation dans la partie du chenal à l'extérieur de la lagune.

Lors de son dragage initial en 1981-1982, le chenal atteignait une profondeur de 7,3 m à l'intérieur de la lagune et 8,3 m à l'extérieur. La largeur du chenal est de 100 m avec des pentes latérales de 20 m, pour une largeur totale de 140 m.

Le chenal est ouvert à la navigation durant une moyenne de 283 jours par année, ouvrant au début d'avril grâce au service d'un brise-glace et fermant généralement en janvier ou février (Tableau 1.1).

1.2.2.2.2 Transport du sel

1.2.2.2.2.1 Affrètement des minéraliers

À l'exception de ce qui est vendu sur le marché local des Îles-de-la-Madeleine, tout le transport du sel vers les marchés extérieurs doit nécessairement s'effectuer par voie maritime. De 1990 à 2003, une quantité de 15 313 318 tonnes de sel a été expédiée à partir des installations du quai de Mines Seleine.

De 1990 à 2003, 22 minéraliers différents ont été affrétés pour un total de 839 voyages. Ces minéraliers sont chargés à quai avec les équipements de Mines Seleine et la plupart d'entre eux sont pourvus d'équipements auto-déchargeurs leur permettant de livrer le produit à leur point d'arrivée. Les cargaisons des navires affrétés durant cette période ont varié de 1100 à 25 000 tonnes.

Cependant, l'utilisation de navires de très petit tonnage a été exceptionnel puisque seulement 0,4 % du transport de 1990 à 2003 a été effectué par des navires jaugeant moins de 18 000 t à un tirant d'eau de 7,3 m. En effet, environ 70 % du transport a été fait par le Saunière (18 000 t à un tirant d'eau de 7,3 m) et le reste a été assuré par d'autres navires jaugeant en général autour de 22 000 t à un tirant d'eau de 7,3 m.

Actuellement, le navire moteur Saunière est dédié au transport du sel et il est lié par un contrat de location à coût fixe. Des contrats d'affrètement à la tonne sont également en cours avec d'autres navires moteurs.

La majeure partie du transport est effectuée entre les mois d'avril et décembre. Les mois de janvier et février ne représentent qu'un fort petit tonnage puisqu'ils se situent aux limites de la saison de navigation dans le chenal.

1.2.2.2.2.2 Réglementation maritime

Les navires transitant dans le chenal de Grande-Entrée sont soumis aux mêmes règlements que les navires circulant sur le fleuve et le golfe Saint-Laurent. Une réglementation spéciale concernant les eaux de ballast s'applique cependant aux Îles-de-la-Madeleine. Afin d'assurer une stabilité aux navires voyageant à vide, une partie de leur cargaison est remplacée par de l'eau. Cette eau de ballast est pompée à l'intérieur d'une double paroi isolée des cales de cargo. Lors du chargement des navires, cette eau est évacuée proportionnellement au volume de cargaison.

Ces eaux de ballast sont susceptibles de provenir de multiples ports canadiens et américains dont la qualité des eaux peut varier considérablement. Pour empêcher tout déversement d'eau de ballast exogène au milieu, le ministère des Pêches et des Océans a imposé un avis aux navigateurs s'appliquant à l'ensemble de l'archipel.

Ainsi, en vertu de la Loi sur les Pêches (le 5 novembre 1982), Transports Canada maintient l'avis aux navigateurs No 995 qui interdit de déposer ou de permettre le dépôt à l'intérieur d'un périmètre de 10 miles marins autour de l'archipel, d'une substance nocive qui peut altérer ou détériorer l'habitat du poisson.

Sont alors considérées comme potentiellement nocives, les eaux de ballast provenant des secteurs suivants (Figure 1.3) :

- à l'est du 50° de longitude, à l'ouest du 65° de longitude, au sud du 44° de latitude, au nord du 52° de latitude;
- dans la baie de Fundy;

- à l'ouest d'une ligne tirée de Caraquet jusqu'à l'extrémité est de l'île d'Anticosti et, de là, jusqu'à Natashquan;
- les eaux situées en deçà de cinq milles marins de la côte.

Les capitaines de navire qui prévoient évacuer leurs eaux de ballast à l'intérieur du périmètre de sécurité doivent se conformer aux directives suivantes :

- aviser le MPO trois jours à l'avance de la date et de l'heure d'arrivée du navire;
- donner accès aux livres de bord, au représentant du MPO;
- attester de la provenance de l'eau de ballast;
- permettre le prélèvement d'échantillons.

1.2.3 Problématique du chenal de Grande-Entrée

1.2.3.1 Évaluation du problème

L'ensablement régulier et graduel du chenal maritime de Mines Seleine oblige éventuellement les minéraliers à réduire de façon significative leur cargaison, ce qui augmente d'autant le coût de transport du sel.

Les relevés bathymétriques effectués à chaque printemps montrent que sous l'effet conjugué des courants et des vagues, le chenal subit les effets de la sédimentation, mais aussi de l'érosion. La sédimentation, ou plus précisément l'accumulation de sables, est beaucoup plus active dans la partie hauturière du chenal et c'est entre les chaînages 9000 m et 10 000 m que l'on retrouve les taux d'ensablement les plus importants. Dans ce cas, l'ensablement est dû à la présence du chenal lui-même, qui fait en sorte d'interrompre le cheminement des sables qui transitent naturellement le long de la côte sous l'action de la dérive littorale. Cette interruption se traduit d'abord par une accumulation progressive de chaque côté du chenal, provoquant un rétrécissement de celui-ci. Puis, graduellement, l'accumulation amène une réduction de la profondeur sur toute la largeur du chenal, menant au terme de quelques années à une contrainte sévère qui limite gravement la navigation des navires à fort tirant d'eau. L'ensablement progressif du chenal dans sa partie hauturière oblige donc les navires à emprunter un corridor de plus en plus étroit pour ensuite imposer une limitation progressive de leur cargaison. Ces conditions, tout en limitant l'efficacité du transport maritime et en augmentant les coûts, limitent la marge de manœuvre des navires et contribuent à accroître les risques de navigation. Éventuellement, cet ensablement rendrait le chenal inutilisable.

La sédimentation est généralement beaucoup moins active à l'intérieur de la lagune. À certains endroits, ce sont même plutôt les effets de l'érosion qui sont prédominants, avec des profondeurs de 9 à 10 m enregistrées dans le secteur de la passe. L'érosion est alors causée par le déplacement des masses d'eau sous l'action de la marée; ce déplacement étant confiné dans l'étroite section que représente le chenal, ceci engendre des vitesses suffisamment élevées pour assurer le déplacement des sables et des matières plus fines vers des zones du chenal où les vitesses sont plus modérées. Certains secteurs à l'intérieur de la lagune sont toutefois sujets à la sédimentation. Il s'agit à la fois de l'accumulation de particules fines et de sables qui transitent lentement dans la lagune sous l'action des courants et des vagues engendrés par le vent et la marée et qui sont trappées dans la dépression que constitue le chenal, à la faveur des conditions plus abritées qui le caractérisent.

Il faut noter que les abords du quai et le bassin de manœuvres ont fait l'objet d'un entretien lors du dragage de 2002 et qu'il s'agissait de la première intervention majeure dans ce secteur de navigation depuis la création du port en 1982. Il est permis de penser que, dans des conditions comparables à celles qui ont caractérisé le milieu au cours des deux dernières décennies, aucune intervention de dragage ne sera nécessaire dans ce secteur au cours des dix prochaines années.

1.2.3.2 Variation des coûts de transport en fonction de l'ensablement

En raison de l'éloignement des principaux marchés, les coûts de transport sont un facteur déterminant pour la fixation des prix de vente du sel exploité aux Îles-de-la-Madeleine. La hausse continue des coûts de transport met en danger la position concurrentielle de Mines Seleine sur les marchés canadien et américain. Cette hausse dans les coûts est en bonne partie engendrée par une perte de rendement des navires affrétés en raison de l'ensablement du chenal. En effet, les coûts de transport de sel de Mines Seleine varient de façon inversement proportionnelle à la capacité de chargement des principaux navires utilisés, et cette capacité de chargement est directement affectée par le tirant d'eau du navire. Ainsi, même avec une profondeur de 7,3 m, les navires de plus de 20 000 t naviguent à cargaison réduite dans la lagune puisque leur chargement maximal exige un tirant d'eau supérieur à la profondeur du chenal.

Comme la capacité de chargement des navires est directement liée à la profondeur du chenal, à une certaine profondeur, l'accroissement des coûts devient prohibitif. Il faut noter que la profondeur la plus faible d'un des secteurs du chenal délimite le tirant d'eau maximal utilisé sur l'ensemble du chenal un peu à la manière du maillon le plus faible d'une chaîne. À une certaine profondeur, le chenal devient inutilisable, puisque pour naviguer, les navires requièrent une profondeur minimum, même à vide.

Tel qu'illustré à la Figure 1.4, le chargement moyen des navires est beaucoup plus élevé à la suite des travaux de dragage et diminue graduellement par la suite jusqu'au prochain dragage. On doit noter que les travaux de dragage ont tous eu lieu à la fin de l'été et que les années avec dragage sont généralement celles avec les plus faibles chargements moyens à l'exception de 1997, année pour laquelle les travaux à la mine ont repris en août, ayant été interrompus depuis mai 1995, et pour laquelle le chargement moyen représente une valeur après dragage.

1.3 Solutions de rechange au projet

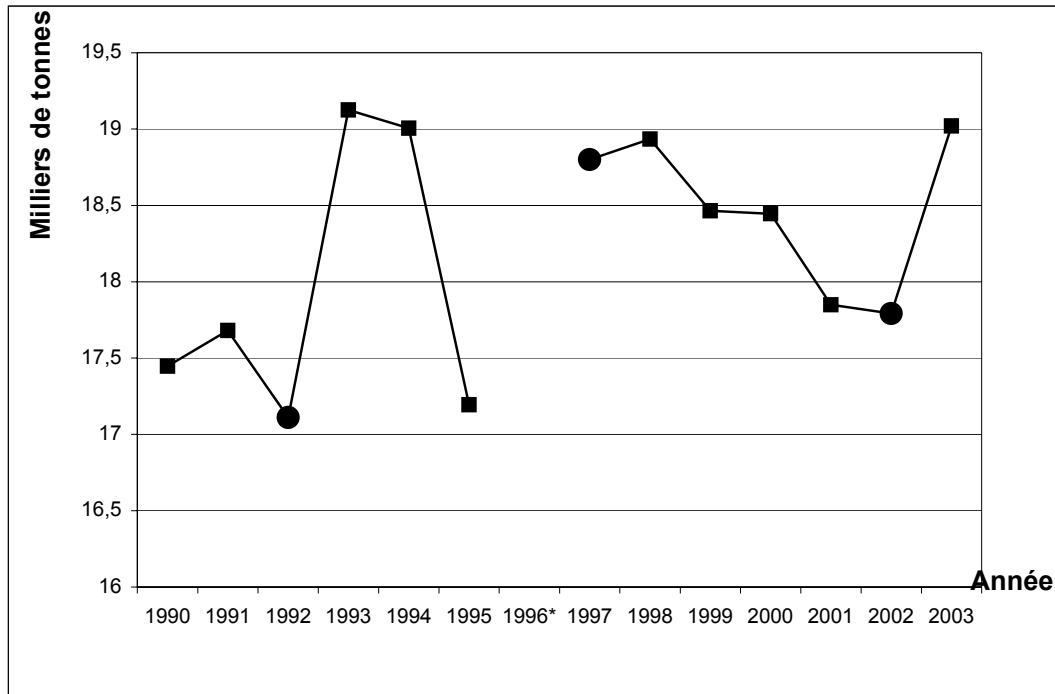
Six solutions autres que le dragage du chenal jusqu'à sa profondeur initiale de 7,3 m à l'intérieur de la lagune et 8,3 m à l'extérieur ont été examinées pour répondre au problème d'augmentation des coûts de transport du minerai de sel vers le continent. Ces options ont été analysées en fonction de leur faisabilité environnementale, sociale, économique et technique.

1.3.1 Aménagement portuaire à l'extérieur de la lagune

Lors de l'élaboration du projet de mine de sel à Grosse-Île, des études de localisation ont été effectuées pour l'aménagement d'un port de chargement. En raison de sa proximité des installations de production, le port de Leslie avait fait l'objet d'études plus approfondies. Cette proposition, qui a donné lieu aux audiences publiques de 1978, fut rejetée par la suite pour plusieurs raisons, notamment à cause du très haut taux d'ensablement prévu dans ce secteur.

Cette option doit être rejetée pour les mêmes raisons qu'à l'époque, mais aussi parce qu'elle viendrait s'ajouter aux impacts déjà engendrés dans la lagune de Grande-Entrée par les installations portuaires et le chenal existant. Comme les coûts d'une nouvelle installation portuaire avaient été évalués à 30 millions de dollars en 1978 (CEE, 1978, cité dans Groupe Environnement Shooner inc., 1991) (équivalent à environ 86,3 millions de dollars 2004), cette solution s'avère disproportionnée par rapport aux coûts actuels de transport dans le chenal et il apparaît évident que cet investissement ne pourrait en aucune façon être amorti même à long terme.

Figure 1.4 Chargement moyen des navires effectuant le transport de sel à partir des installations de Mines Seleine



* Production interrompue entre mai 1995 et août 1997 en raison d'une infiltration d'eau dans la mine. Les points circulaires représentent les données pour les années où il y a eu du dragage.

1.3.2 Utilisation du port de Cap-aux-Meules

L'utilisation du port de Cap-aux-Meules est limitée en raison de sa localisation en milieu urbain, milieu qui ne pourrait supporter une aire d'entreposage pour 300 000 à 400 000 t de minerai sans affecter, fondamentalement, le milieu physique et humain : modification de la trame urbaine, écran sur le paysage, modification au réseau routier, etc.

À lui seul, le transport de 1,5 millions de tonnes de minerai de sel de Grosse-Île à Cap-aux-Meules, exigerait le passage de 200 camions par jour ouvrable ce qui représente, sur une période de huit heures, un camion à toutes les deux minutes et demi. Du seul point de vue environnemental, le transport par réseau routier ne peut être acceptable, non plus que la construction d'un réseau ferroviaire ou l'amélioration du réseau routier qui devraient nécessairement traverser les systèmes dunaires de la partie est de l'archipel et affecter leur écologie fragile.

1.3.3 Transport sans entretien du chenal

Cette option apparaît techniquement peu réaliste. En considérant le taux moyen historique d'ensablement de 0,2 m par année dans la zone hauturière ainsi que dans les environs du chaînage 7500, avec la marge de sécurité de 1,0 m prévue en raison de la houle, en 2007, les cargaisons transportées devront l'être en fonction d'un tirant d'eau inférieur à 6,5 m à moins de transiter par temps calme seulement. Même si les navires profitent de la hauteur de la marée pour augmenter leur tirant d'eau, cette technique ne permettra

pas de maintenir une capacité de chargement acceptable pendant longtemps si aucun dragage n'est effectué.

Par exemple, par rapport à un chenal entretenu à 7,3 et 8,3 m, la perte d'efficacité du Saunière sera de 17 % en 2007, et cette perte d'efficacité augmentera d'année en année jusqu'au point de ne plus pouvoir naviguer dans le chenal. Pour les petits transporteurs, la situation n'est guère plus acceptable car ils exigent des tirants d'eau qui se rapprochent beaucoup de ceux des plus gros minéraliers. Ainsi, rapidement, les différents autres navires ne pourraient plus circuler dans le chenal, qui ne cessera pas de se combler progressivement jusqu'à l'atteinte d'un état d'équilibre vraisemblablement proche de l'état initial d'avant 1981, ce qui, à moyen terme, compromettra complètement toute navigation commerciale. Comme cette solution apparaît inacceptable à court et long terme, elle n'est pas retenue.

1.3.4 Transbordement avec des petits navires

L'utilisation de navires à plus faible tirant d'eau, qui rechargeraient en haute mer le Saunière ou d'autres gros transporteurs est, à première vue, une option attirante. Elle permettrait de réduire légèrement la profondeur du chenal en utilisant de petits navires dont le tirant d'eau est de l'ordre de 7,0 m avec une cargaison maximale de 6500 t.

Pour être efficace, cette technique exige l'emploi de navires auto-déchargeurs qui opèrent dans des zones à l'abri des intempéries et avec une très bonne coordination des déplacements de la flotte. Techniquement, cette option apparaît irréaliste et économiquement non viable pour les raisons suivantes :

- les petits navires n'ont pas de système auto-déchargeur à courroie;
- l'absence d'abri naturel à l'extérieur des lagunes rend les activités de transbordement de bord-à-bord imprévisibles et peu sécuritaires;
- l'absence de cabotage autour des Îles-de-la-Madeleine obligerait le promoteur à affréter des navires spéciaux;
- Sur la base d'un calcul préliminaire théorique, le temps de chargement serait de 72 heures comparativement aux 12 heures actuelles ; en plus d'entraîner des coûts très élevés, cette situation se traduit par des temps totaux affectés au transbordement qui rendent pratiquement impossible le transport des quantités annuelles expédiées actuellement;
- l'éloignement et les conditions de navigation dans le golfe engendrent une grande difficulté à coordonner l'affrètement de deux navires aux Îles-de-la-Madeleine;
- la fréquence des navires affrétés, un par deux ou trois jours, est insuffisante pour assurer une coordination économique rentable;
- l'utilisation de gros transporteurs (100 000 t) n'est pas appropriée puisque la majorité des ports de destination ne seraient plus accessibles.

En fait, en raison du pourcentage de récurrence des vagues supérieures à 2,0 m (12 à 40%) (Vigeant, 1984, cité dans Groupe Environnement Shooner inc., 1991) et l'absence de havre naturel à l'extérieur des lagunes, cette technique ne pourrait être utilisée qu'environ quatre mois par année. Le transbordement de petits navires vers de plus gros transporteurs n'apparaît donc pas comme une alternative réaliste d'autant plus que les navires à faible tirant d'eau n'ont pas de système d'auto-déchargement à courroie et que le chargement d'un navire du type du Saunière exigerait au moins trois jours au lieu de 12 heures.

1.3.5 Dragage du chenal à une profondeur inférieure

Le maintien du chenal à une profondeur inférieure à sa profondeur initiale de 7,3 m dans la lagune et 8,3 m à l'extérieur permettrait de diminuer le volume du prochain dragage ou même, selon la profondeur voulue, de reporter le prochain dragage à une date plus lointaine. Par contre, puisque le taux d'ensablement et de sédimentation restera inchangé, les volumes et la fréquence des dragages d'entretien

seront par la suite semblables à ceux nécessités actuellement pour le maintien des profondeurs initiales du chenal. À long terme, les impacts environnementaux de cette option seront donc très probablement semblables à ceux de l'entretien du chenal à sa profondeur initiale.

De plus, tel que discuté à la section 1.2.3.2, les coûts de transport seraient plus élevés avec un chenal moins profond. En effet, même à une profondeur de 7,3 m les principaux navires utilisés pour le transport du sel opèrent à cargaison réduite. Puisque que le chargement moyen des navires serait plus faible, une augmentation du nombre et de la fréquence des navires serait nécessaire pour pouvoir expédier le même tonnage de sel annuellement, ce qui augmenterait le risque d'accident. Étant donné l'augmentation des coûts de transport qui résulterait de la diminution de la profondeur du chenal et l'absence d'avantages environnementaux à long terme par rapport au maintien des profondeurs initiales du chenal, cette option n'est pas retenue.

1.3.6 Dragage du chenal à une profondeur supérieure

L'approfondissement du chenal pourrait se traduire par une diminution des coûts de transport en permettant aux plus gros minéraliers desservant Mines Seleine de naviguer dans le chenal avec leur chargement maximal. Ceci pourrait mener à des économies d'environ 60 % sur les coûts de transport (calculé en supposant une utilisation du Saunière à son tirant d'eau maximal de 8,9 m par rapport au chenal à sa profondeur initiale). Par contre, un approfondissement du chenal augmenterait évidemment le volume à draguer lors du prochain dragage. De plus, l'approfondissement du chenal nécessiterait aussi son élargissement puisque les pentes de chaque côté du chenal devraient avoir le même angle qu'actuellement. Par la suite, les dragages d'entretien seraient possiblement plus espacés dans le temps et plus importants en termes de volumes à retirer. Bien que cette option puisse éventuellement être considérée dans le futur, elle n'est pas retenue à moyen terme en raison des coûts élevés qu'elle comporte.

1.3.7 Justification de la solution retenue

L'entretien du chenal à sa profondeur initiale de 7,3 et 8,3 m, respectivement à l'intérieur et à l'extérieur de la lagune, apparaît comme la solution la plus judicieuse pour la Société canadienne de Sel. Sur la base des données accumulées entre 1982 et 2002 et qui établissent la moyenne historique à environ 50 000 m³ d'accumulation par année, un volume total de l'ordre de 750 000 m³ devra être dragué au cours des 10 ans visés par le programme proposé, soit environ 250 000 m³ la première année et 500 000 m³ durant le reste du programme.

Cette option a l'avantage de limiter les impacts environnementaux et de permettre à l'entreprise de maintenir des coûts de transport et une sécurité à la navigation acceptables. Avec cette alternative, le coût de transport sera réduit de 17 % par rapport à un chenal entretenu à 6,5 m. Inversement, l'approfondissement du chenal à 9 m pourrait diminuer les coûts de transports de 60 %, mais cette option causerait une augmentation significative des impacts environnementaux appréhendés. Quant aux solutions autres que le dragage, aucune de celles-ci ne paraissent acceptables sur les plans techniques, économiques et environnementaux.

Le choix judicieux d'un programme de dragage et des aires de déposition ainsi que l'élaboration d'un programme de suivi environnemental pourraient réduire les effets négatifs éventuels sur les milieux humain, physique et biologique d'un entretien du chenal à sa profondeur initiale. Cette proposition apparaît donc la plus acceptable pour Mines Seleine.

1.4 Résumé

Depuis 1982, Mines Seleine exploite une mine de sel à Grosse-Île, Îles-de-la-Madeleine. Devenu propriété de la Société canadienne de Sel en 1988, l'entreprise a augmenté graduellement sa production à 1,5

millions de tonnes et mis en place l'infrastructure de production et de transport pour maintenir ce volume de production. Le minerai de sel est transporté vers le continent à l'aide de minéraliers qui empruntent un chenal maritime situé dans la lagune de Grande-Entrée. Ce chenal de 10,7 km est entretenu périodiquement à une profondeur de 7,3 m à l'intérieur de la lagune et 8,3 m à l'extérieur. Entre 1990 et 2003, 839 minéraliers ont transporté un total de 15,3 millions de tonnes de sel en empruntant ce chenal.

L'ensablement graduel du chenal mène à une diminution progressive de la profondeur et de la largeur du chenal. La profondeur la plus faible d'un secteur du chenal délimite le tirant d'eau maximal utilisé sur l'ensemble du chenal par les minéraliers. Plus cette profondeur est faible, plus les coûts de transport sont élevés. De plus, la sécurité de la navigation est compromise lorsque la profondeur ou la largeur du chenal devient trop faible.

Pour maintenir des coûts de transports raisonnables pour Mines Seleine de même que pour assurer la sécurité de la navigation dans le chenal de Grande-Entrée, il est proposé d'établir un programme décennal de dragage d'entretien visant le maintien de la profondeur initiale du chenal, soit 7,3 à l'intérieur de la lagune et 8,3 à l'extérieur.

Quatre solutions autres que le dragage ont été examinées pour répondre au besoin d'amélioration des conditions de transport : l'aménagement portuaire à l'extérieur de la lagune, l'utilisation du port de Cap-aux-Meules, le transbordement du sel avec des petits minéraliers et l'utilisation du chenal sans entretien. Comme ces solutions ont été jugées inacceptables, l'entretien du chenal s'avère la seule solution retenue par Mines Seleine.

Le dragage du chenal et son maintien à des profondeurs autres que sa profondeur initiale ont été considérés. Ces options se sont avérées peu acceptables sur les plans environnementaux et économiques. Le maintien du chenal à sa profondeur initiale, qui correspond à la solution retenue au cours de la dernière décennie, a été retenu puisque cette option permet de limiter les impacts environnementaux et de maintenir des coûts de transport acceptables.

2. Description du milieu récepteur

2.1 Délimitation de la zone d'étude

Les limites de la zone d'étude correspondent aux deux plans d'eau situés dans le secteur nord-est des Îles-de-la-Madeleine dans lesquels la totalité des activités de dragage et de gestion des matériaux dragués ont lieu, soit le havre de la Grande-Entrée, qui correspond à la partie nord-est de la lagune de la Grande-Entrée à proximité de l'île de la Grande-Entrée et de la Grosse-Île, et la baie de la Grande-Entrée (Figure 1.1). Tous les impacts sur le milieu aquatique, incluant la mise en suspension et la déposition de particules sédimentaires fines, ce qui correspond à l'impact pouvant affecter la plus grande superficie, devraient se limiter à ces deux plans d'eau. De plus, l'ensemble des activités humaines (activités minières de Mines Seleine, aquaculture, pêche, etc.) et des éléments du milieu terrestre (colonies d'oiseaux, plages, milieu dunaire, etc.) potentiellement affectés se retrouvent tous à l'intérieur de ces deux plans d'eau ou sur les îles et les dunes qui les délimitent.

On peut noter que certaines variantes de gestion du matériel dragué analysées aux sections 3.1.3 et 3.2.3 seraient localisées à l'extérieur de cette zone d'étude. Certains éléments du milieu potentiellement affectés par les activités prévues selon ces variantes sont donc décrits à ces sections. On peut noter que les variantes possibles et les impacts associés à celles-ci se limitent à la région des Îles-de-la-Madeleine.

2.2 Description des composantes pertinentes

2.2.1 Milieu physique

2.2.1.1 Contexte climatique

Le climat est surtout de type maritime, frais et humide, en raison de la proximité de l'océan Atlantique et de l'effet de ses courants. Les précipitations annuelles moyennes atteignent 1 000 mm à l'intérieur des terres et 1 425 mm le long de la côte. Les températures moyennes varient de -2,5 °C à -10 °C en janvier et s'élèvent à environ 18 °C en juillet (ZIP IDLM, 2002).

2.2.1.2 Régime des vents

Les vents sont omniprésents aux Îles-de-la-Madeleine, et constituent un important facteur climatique. La rose des vents produite à partir des vents mesurés à Havre-aux-Maisons (latitude : 47,42°N longitude : -61,78°E) indique que les vents dominants sont du sud-ouest, de l'ouest et du nord-ouest (Figure 2.1). La vitesse moyenne est de 31,1 km/h alors que la vitesse moyenne mensuelle maximale est de 37,8 km/h et elle est observée au mois de décembre (Long, 2002). La vitesse maximale répertoriée dans les rafales est de 152 km/h. À la fin de l'automne et au début de l'hiver, la remontée des tempêtes tropicales le long de la côte nord-est des États-Unis peut entraîner des vents violents sur le littoral des îles depuis le sud-est (Long, 2002). L'étude des roses des vents mensuelles indique que les vents à des vitesses supérieures à 40 km/h sont majoritairement observés pendant les mois d'octobre, de novembre, de décembre et de janvier.

L'influence du vent sur les vagues est liée à trois paramètres : son intensité, sa durée et le fetch, qui correspond à la distance horizontale parcourue sans rencontrer d'obstacle. Pour le secteur à l'étude, la direction du vent pour laquelle le milieu marin est le plus influencé, varie du nord-est au sud-ouest, la côte madelinienne offrant une protection contre les vents d'ouest et du nord-ouest.

2.2.1.3 Régime des glaces

Les conditions de glace dans le golfe du Saint-Laurent varient grandement d'une année à l'autre puisqu'elles sont tributaires des conditions climatiques et météorologiques. La côte ouest des Îles-de-la-Madeleine est sujette à l'accumulation de glaces poussées par les vents dominants du nord-ouest. La côte est des îles ne subit toutefois pas cette influence.

Les Îles-de-la-Madeleine sont sous l'emprise des glaces entre le mois de janvier et le mois d'avril. Généralement, la date de prise de la glace est autour du 15 janvier et celle de la débâcle vers le 15 mars (Service canadien des glaces, 2005). Pendant cette période, la présence du couvert de glace annule les effets du vent sur la formation de vagues. Selon les pêcheurs, la création du chenal a favorisé la sortie des glaces de la lagune plus tôt au printemps. La libération des glaces se fait en quelques jours (Groupe Environnement Shooner, 1991).

L'épaisseur de la glace, le type de glace et sa couverture spatiale varient au cours de la saison hivernale. Les médianes régionales pour la période entre 1971 et 2000 pour la zone à l'étude, fournies dans l'Atlas des glaces du Service canadien des glaces (2005), présentent ces variations. À partir de la mi-janvier, de la jeune glace d'une épaisseur entre 10 et 15 cm d'épaisseur très peu résistante à la houle est présente dans la lagune en faible concentration, les floes sont séparés par de nombreux chenaux. Ce type de glace évolue en glace très serrée presque soudée au début de février. À cette période, il s'agit d'une jeune glace avec une épaisseur entre 15 à 30 cm qui aura tendance à former des crêtes sous l'effet de la pression. À partir de mars jusqu'à la mi-avril, la glace dans la lagune aura une épaisseur variant entre 30 cm et 2 m et sera très serrée, particulièrement dans la portion ouest. Toutefois, vers la mi-avril, ces observations ne sont valides que pour l'extrémité est de la lagune de Grande-Entrée. À la mi-avril, l'eau libre domine la lagune avec seulement quelques petites concentrations de glace de mer présentes.

La glace présente dans la région adjacente à l'entrée de la lagune de Grande-Entrée à la mi-janvier est récemment formée et a une épaisseur inférieure à 10 cm. Il y a encore plus d'eau que de glace. En février, les floes commencent à être en contact. La glace épaissit et les floes se resserrent début mars, et ce, jusqu'à la mi-mars. À partir de ce moment, la glace plus au large est de moins en moins épaisse pour, finalement, disparaître complètement de l'entrée de la lagune dès le début avril.

2.2.1.4 Hydrodynamique

Les Îles sont intimement liées à la dynamique hydrologique du golfe du Saint-Laurent. Il faut donc aussi comprendre les règles qui régissent le golfe. Dans le golfe du Saint-Laurent, le mouvement des masses d'eau résulte de l'écoulement produit par l'apport en eau douce du fleuve Saint-Laurent et de ses tributaires, des courants de marées, des courants générés par le vent et des courants de densité.

2.2.1.4.1 Stratification des eaux

Contrairement au golfe qui a trois couches d'eau distinctes en été, le plateau madelinien n'a que deux couches en période estivale. Cette différence est due à la profondeur moins élevée sur le plateau. La couche profonde reste froide avec une température aux environs de 0 °C tandis que la couche superficielle d'une profondeur d'environ 10 m a une température moyenne de 16 °C, et la salinité y est moindre que dans la couche profonde. Dans certains secteurs de Îles où l'apport local en eau douce par les cours d'eau est plus élevé, la salinité de l'eau est modifiée. Ce changement entraîne la formation d'habitats pour les organismes adaptés à une salinité moindre que celle du milieu marin (ZIP IDLM, 2002).

2.2.1.4.2 Courants

D'après Lefavre (2002), les caractéristiques d'un système côtier sont bien établies dans la baie de Grande-Entrée. Les courants longent la côte dans une direction privilégiée et alternent entre l'est ou l'ouest en fonction de la direction générale des vents. De plus, l'intensité des courants est proportionnelle à l'intensité du vent. Les données ont permis d'établir qu'il y avait un rapport de 1,37 % pour les courants de l'est et de 0,72 % pour les courants de l'ouest entre l'intensité du courant et celle du vent.

Le suivi spatial de la salinité et de la température dans la lagune suggère que l'eau du golfe entre dans la lagune par le chenal de la Grande-Entrée et se dirige vers les parties les plus profondes pour ensuite atteindre le bassin à l'ouest (Koutitonsky et Navarro, 2002). La vitesse moyenne du courant dans la lagune lors des recherches de Koutitonsky et Navarro (2002) dans la lagune au mois de mai variait de 1 à 5 cm/s. De plus, l'analyse des résultats semble indiquer qu'il faudrait environ de 10 à 20 jours pour que les eaux de la lagune se renouvellent.

2.2.1.4.3 Marées

La présence du point amphidromique de la marée à moins de 50 km à l'ouest des Îles-de-la-Madeleine fait en sorte que le cycle de la marée dans l'archipel est particulier. Dans la partie nord du plateau madelinien, la marée n'a qu'un cycle, une marée haute et une marée basse (type diurne). Toutefois, ailleurs aux Îles, le type diurne ou semi-diurne sera retrouvé selon les jours (ZIP IDLM, 2002). Les amplitudes de marées sont généralement faibles (0,58 m) et les courants de marées ont une vitesse qui ne dépasse pas 14 à 31 cm/s (Long, 2002 et ZIP IDLM, 2002).

Koutitonsky et Navarro (2002) ont étudié l'océanographie physique de la lagune de Grande-Entrée. Ils ont observé que la marée prenait 3 heures pour progresser de l'entrée de la lagune vers celle de Havre-aux-Maisons à une vitesse entre 0,2 et 0,5 m/s. Dans la partie est de la lagune, la vitesse du courant de marée est plutôt inférieure à 0,05 m/s. L'amplitude des marées varie entre 0,05 m et 0,5 m à la marée de morte-eau et la marée de vive-eau, respectivement. Dans la baie de Grande-Entrée, le marnage varie entre 0,6 m en morte-eau à 0,9 m en vive-eau (Long, 2002). Il faut noter que les courants de vidange ou de remplissage au niveau de l'entrée de la lagune ne perturbent pas le site du dépôt D (Long, 2002).

2.2.1.4.4 Vagues

La côte est des Îles-de-la-Madeleine est un milieu à l'abri des vagues provenant de l'ouest. Elle est plutôt exposée aux vagues de tempêtes du nord-est, à la réfraction des vagues d'ouest et à la houle atlantique qui pénètre dans le golfe du Saint-Laurent. Conséquemment, la côte est un environnement qui subit de grandes variations dans le régime des vagues (Long, 2002). Les vents variant du nord-est au sud-ouest sont les plus susceptibles d'influencer la nature des vagues dans l'aire du site à l'étude. Les vents violents provenant du sud-est lors de la remontée des tempêtes tropicales le long de la côte nord-est des États-unis peuvent atteindre le littoral (Long, 2002).

L'influence des vents sur les vagues se limite à la période pendant laquelle le couvert de glace est absent, soit d'avril à décembre. Pendant cette période, le temps calme est observé environ 2% du temps. L'analyse statistique des vagues à partir des données de vent entre 1979 à 2000 indique que les vagues d'une hauteur supérieure à 3 m proviennent de vents variant entre le nord-est et le sud-est. De plus, les hauteurs et les périodes de pointe des vagues prédites à partir des vents montrent qu'elles sont maximales pendant la fin de la période automnale (Ouellet, 2002).

2.2.1.5 Géologie

2.2.1.5.1 Contexte géomorphologique général

Le plateau madelinien occupe la partie sud-ouest du golfe du Saint-Laurent. Il s'agit d'une grande plateforme de 79 350 km² légèrement inclinée vers le chenal Laurentien. Son relief est accidenté avec des bancs peu profonds (bancs de Bradelle, de l'Orphelin, de Pieter, de Bennet et des Américains), des îles (Île du Prince-Édouard et Îles-de-la-Madeleine) et des fosses dans le sens nord-sud qui rejoignent le chenal (fosses des Chaleurs, de Shédiac, de Bradelle-Est, de Bradelle-Ouest et du Cap-Breton) (Gagnon *et al.*, 1997).

L'archipel est entouré d'une zone de hauts-fonds d'une profondeur inférieure à 50 m, composée d'une série d'affleurements rocheux. Chaque île comporte un noyau rocheux composé de roches volcaniques (basalte et calcaires cristallins) appartenant à la formation du Cap du Diable, datant d'environ 330 millions d'années. La formation de Havre-aux-Maisons est plus ancienne (plus de 340 millions d'années) et est composée de roches sédimentaires (calcaires, schistes calcaireux, argilite et gypse). On la retrouve généralement sur les flancs des collines ou dans les dépressions. Les collines centrales ont commencé à se former, il y a environ 286 millions d'années par la déposition de grès. Elles composent aujourd'hui les reliefs en caps élevés et en falaises abruptes typiques des Îles. Cette formation prend son origine dans les sédiments marins et compose la majorité de la superficie des Îles-de-la-Madeleine (ZIP IDLM, 2002).

L'archipel des Îles-de-la-Madeleine est constitué d'une série d'affleurements rocheux, l'île de Grande-Entrée en est un exemple, d'une superficie totale d'environ 400 km². Les îles sont généralement ceinturées de falaises résistantes s'avancant dans la mer. Il y a deux grands systèmes de cordons littoraux doubles renfermant des lagunes qui relient les îles entre elles (Figure 2.2). Du côté lagunaire, les marées ont contribué au développement de marais et de vasières tandis que du côté de la mer, il y a des plages de sable fin. Les flèches sableuses supportent de vastes champs de dunes, en partie stabilisées par la végétation (Gagnon *et al.*, 1997).

La lagune de Grande-Entrée est bordée par la dune du Nord et du Sud, et à son extrémité est, par l'île de l'Est, la Grosse Île et l'Île de la Grande-Entrée. La passe de Grande-Entrée est un des deux exutoires de la lagune du même nom. Il s'agit d'une passe classique constitué de deux deltas de part et d'autres de la passe : le delta jusant à l'extérieur et le delta de flot à l'intérieur de la lagune. La passe est en équilibre dynamique entre le transit littoral qui forme la flèche, l'action érosive des tempêtes et le courant de remplissage et de vidange de la marée. De nos jours, la passe est maintenue par dragage afin de conserver une profondeur de 8,3 m, sur une distance de 2 912,4 m, entre les chaînages 7807 m et 10 720,4 m (Long, 2002).

2.2.1.5.2 Contexte géomorphologique lagunaire

La lagune se développe lorsqu'un cordon sablonneux isole, presque complètement de la mer, un plan d'eau peu profond. Le cordon est généralement percé d'un nombre plus ou moins grand d'ouvertures que l'on nomme passes. Les caractéristiques physiques de la lagune dépendent de l'équilibre qui est maintenu entre les différents facteurs suivants : courants de la marée, la houle, les vagues de tempête et les patrons de transport sédimentaire (Long, 2002).

La lagune de Grande-Entrée a une seule passe importante qui fait le lien entre le milieu lagunaire et le milieu hauturier. L'équilibre sédimentaire qui s'établit en réponse aux conditions dynamiques se trouve occasionnellement perturbé par des événements extrêmes. Les tempêtes peuvent aussi causer des dépositions massives ou causer de l'érosion localisée. Conséquemment, l'extrémité nord-est de la dune du Sud peut subir des modifications très perceptibles au gré des événements météorologiques. Une étude réalisée en 1976 indiquait que la superposition des photographies aériennes de 1952, 1963 et 1970 démontrait que cette portion de la dune s'était déplacée vers l'intérieur de la lagune d'environ 400 m et que la passe s'était élargie de 100 m (Tiphane, 1976, cité dans Groupe Environnement Shooner inc., 1991). À partir de 1982, la présence du chenal de navigation a en quelque sorte stabilisé la plupart de ces mouvements côtiers, ce qui se traduit, en partie par des accumulations de sable dans le chenal.

2.2.1.5.3 Cadre géologique du substratum rocheux

Les Îles-de-la-Madeleine font partie du bassin carbonifère des maritimes. Leur formation géologique la plus ancienne remonte à plus de 300 millions d'années. À cette époque, de grandes quantités de sédiments provenant du relèvement de certaines zones de rift de Fundy s'accumulent dans les zones affaissées. Par la suite, un important dépôt de carbonates et d'évaporites, estimé à environ 5 km d'épaisseur, recouvre la majeure partie du bassin. Finalement, des phases successives de déformation et d'érosion entraînent la sédimentation de grès rouge sur tout le bassin (Long, 2002).

Les Îles-de-la-Madeleine reposent sur une épaisseur élevée de roche sédimentaire, celle-ci étant évaluée à un total d'environ 9 km. Les évaporites présentes dans le sous-sol des Îles étaient plus légères que les autres roches et ont donc eu tendance à se soulever par le relèvement isostatique. Par la suite, les couches d'évaporites réchauffées et liquéfiées par la pression, exerçaient une pression sur les roches sus-jacentes. Ces mécanismes sont responsables de l'émergence des Îles-de-la-Madeleine, chacune reposant sur le sommet d'un dôme de sel (Long, 2002). À la Figure 2.3, le bleu azur représente les évaporites du groupe Windsor qui ont été remobilisées en diapirs.

Les noyaux rocheux sont constitués principalement par des grès rouges qui surmontent des sédiments terrigènes, des carbonates, des évaporites, des volcanoclastiques et des laves. Les falaises sont composées de grès rouge friables dont la granulométrie est comprise entre 0,5 mm et 0,06 mm. Le long de la rive de la baie de Grande-Entrée, les falaises ne sont constituées que de grès rouges. Seule l'île Boudreau, située au sud-est de la Grande-Entrée est constituée des roches mississippiennes de la formation de Windsor. L'effet de l'érosion marine sur ces grès est à l'origine des sables moyens à très fins qui forment les cordons sableux, les flèches et les sédiments de l'avant-côte (Long, 2002).

La plate-forme rocheuse sous-marine a une forme ovale avec un étirement sud-ouest nord-est qui reflète les structures appalachiennes. Elle débute à -62 m et s'étend sur une distance de 55 à 65 km à l'ouest et de 18 à 45 km à l'est. Sa pente varie de 0,8 à 1,9 m par kilomètre. L'ensemble est constitué par un arc anticlinal dont certaines couches érodées forment les lignes rocheuses qui modèlent le fond marin sur son flanc nord-est, et principalement entre la pointe de l'est et la partie sud de la baie de la Grande Entrée. De plus, à l'intérieur de ce vaste arc anticlinal, se développent des séries d'anticlinaux et de synclinaux mineurs qui constituent les corps des affleurements rocheux dans la zone d'étude entre la pointe de l'Est et la partie ouest de la baie de Grande-Entrée (Long, 2002).

2.2.1.6 Régime sédimentologique

2.2.1.6.1 Cadre sédimentologique général

Les sables moyens qui proviennent du transport littoral ou des stocks au large constituent les plages tandis que le fond des lagunes est composé de sables moyens à très fins.

Les passes qui ouvrent les cordons dunaires sont constitués par deux deltas, l'un de jusant en direction du large et l'autre de flot en direction de la lagune. Les différentes parties du delta sont composées de sables moyens à grossiers qui dérivent du transport littoral le long des cordons sableux. L'étude de Mercier (1987, cité dans Long, 2002) indique qu'un déficit de 6 700 m³/an se produit au nord de la baie de Grande-Entrée, le long de la côte entre la pointe de Old-Harry et celle de la Grande-Entrée. Cette érosion serait accompagnée d'un transit en direction de la passe de Grande-Entrée. Par la suite, au sud de cette passe un transit atteignant 51 000 m³/an se produirait toujours en direction du sud-ouest le long de la flèche sableuse qui subirait un engraissement. Conséquemment, la baie connaîtrait une légère phase de sédimentation. Cet apport sédimentaire permet de maintenir en partie l'existence d'un film sédimentaire qui recouvre l'avant-côte et qui migre au gré des tempêtes.

Au large, sur le flanc des Îles-de-la-Madeleine, Loring et Nota (1973, cité dans Long, 2002) décrivaient trois types de substrats sédimentaires. Le premier touche la côte, de part et d'autre de la baie de Grande-Entrée et s'étend depuis le littoral jusqu'à une profondeur d'environ -20 m sur la partie sud et centrale et jusqu'à -30 m sur la partie nord, zone où est situé le dépôt D. Ce type de substrat est formé par des sédiments grossiers à moyens dont la taille des grains varie de 0,25 mm à 2 mm. Ce substrat se substitue au large par des sédiments graveleux bien triés. Au large de la première entité, un cône de sable très fin s'étire depuis -20 m jusqu'à une profondeur qui varie de -50 à -60 m. Il semble que ce type de substrat résulte de la migration des sédiments autour des îles et qu'il représente l'aire de sédimentation des sables très fins. Des données récentes indiquent que le substratum rocheux contrôle en grande partie le transport et la mise en place des différents faciès sédimentaires. En effet, le substrat de sable grossier semble former un film sédimentaire dont l'épaisseur doit être de l'ordre du mètre dans les parties les plus épaisses. Ce film devrait même recouvrir un lag (dépôt résiduel d'érosion) qui devrait être constitué de galets et gravier et qui se serait mis en place durant la transgression marine au fur et à mesure que le substratum rocheux était érodé. Ce milieu se retrouve entre les affleurements rocheux et en fenêtre lorsque le film sableux est discontinu.

Dans la zone près des côtes entre 0 et -15 m où la houle est active, les sédiments migrent en continu entre le système dunaire et les petits fonds qui sont occupés par les barres d'avant-côte. Une partie, la plus fine, peut être exportée au large pour former le cône mentionné précédemment.

2.2.1.6.2 La lagune et le chenal de la Grande-Entrée

2.2.1.6.2.1 Modifications dans la lagune lors de la construction du chenal

La lagune de la Grande-Entrée couvre une superficie totale d'environ 68 km². Cependant, la partie de la lagune qui est tributaire de la passe de la Grande-Entrée, c'est-à-dire le secteur nord-est, a été évalué à 55 km² (Bourget, 1976 cité dans Groupe Environnement Shooner inc., 1991). Dans cette portion de la lagune, les profondeurs d'eau sont de l'ordre de 2 m du côté ouest et varient entre 4 et 7 m du côté est du chenal. Avant l'avènement de Mines Seleine, la passe de la Grande-Entrée avait une profondeur maximale de 9 m, directement au droit de la Grande-Entrée (Ouellet, 1979 cité dans Groupe Environnement Shooner inc., 1991).

Les opérations de construction du chenal ont été réparties sur trois années, soit de 1980 à 1982. Au cours de ces trois années, près de 4 000 000 m³ de sables et de sédiments ont été dragués. Les matériaux dragués ont été distribués sur cinq sites de dépôt, dont quatre localisés à l'intérieur de la lagune (voir Figure 1.2). Parmi les quatre sites dans la lagune, on retrouve les deux îlots artificiels (sites B et C), qui sont constitués surtout de sable fin et qui ont reçu respectivement 1 536 951 m³ et 1 410 570 m³ de sables et de sédiments. Les deux autres sites dans la lagune, A et F, ont reçu 345 222 m³ et 77 266 m³ lors de la construction du chenal. On peut noter que 6000 m³ de matériaux dragués lors d'un premier dragage d'entretien en 1985 ont été déposés au site F. La bathymétrie de la lagune a donc été modifiée par le dragage du chenal et par la création d'îlots artificiels à l'intérieur de la lagune. L'îlot B, situé à 1 km au sud-est du quai de chargement, a été assis sur un fond reposant à une profondeur moyenne de 3 m. Quant à l'îlot C, situé tout près de la passe de la Grande-Entrée, il a été créé dans une zone peu profonde (environ 1 m) en conditions naturelles. Le cinquième site de mise en dépôt, le dépôt D, est localisé à l'extérieur de la lagune. Celui-ci a reçu 584 069 m³ de matériel lors de la construction du chenal.

Le site de dépôt A est situé sur la rive, près du quai de chargement. Lors du dépôt des matériaux à ce site, trois digues disposées en chicane ont été mises en place afin de diminuer la vitesse d'écoulement. À la fin des travaux, les sédiments ont été recouverts d'une couche de grès (10 à 20 cm d'épaisseur), puis ensemencés avec un mélange d'herbacées. Lors des dépôts au site A et sur les îlots B et C, des membranes de sédimentation ont été utilisées. Enfin, la stabilisation des îlots B et C a été favorisée par l'ensemencement et la transplantation d'ammophile (Lamoureux, 1984 cité dans Groupe Environnement Shooner inc., 1991). Pour les sites immergés D et F, un suivi bathymétrique a été effectué. Le relevé bathymétrique de 1982 a montré qu'au site F, la couche de dépôts, relativement uniforme, avait une épaisseur d'environ 10 cm. Les détails concernant le site D, qui a aussi été utilisé pour le dépôt du matériel dragué lors des dragages d'entretien de 1992, 1997 et 2002, sont présentés à la section 2.2.1.6.3.

2.2.1.6.2.2 Stabilité des sites de dépôts dans la lagune

Suite au dragage initial du chenal de navigation, un programme quinquennal de suivi environnemental visant à évaluer la stabilité des îlots et du chenal de navigation a été mis en place. Dans le cadre de ce programme, Mines Seleine a effectué des relevés bathymétriques annuels du chenal de navigation (Drapeau, 1988 cité dans Groupe Environnement Shooner inc., 1991) ainsi que des relevés d'arpentage des îlots B et C (Drapeau *et al.*, 1985b cité dans Groupe Environnement Shooner inc., 1991). L'INRS-Océanologie, le ministère des Pêches et Océans Canada et le Service hydrographique canadien ont collaboré aussi au programme. Ainsi, des profils de plage des îlots artificiels de même que des échantillons du fond marin s'ajoutent à la banque de données concernant le chenal et les îlots.

Les données de Drapeau (1985a cité dans Groupe Environnement Shooner inc., 1991) montraient peu de changement à la partie émergée de la longitudinale nord-ouest de l'îlot B, par contre une accumulation de sédiments a été observée dans la partie immergée. Une telle situation, d'autant plus que la ligne de rivage n'avait pas bougé, suggère un réarrangement des sédiments immergés plutôt qu'une érosion des sédiments émergés. En ce qui concerne la longitudinale sud-est de ce même îlot, les variations annuelles étaient beaucoup plus importantes. Dans ce cas, il s'agissait d'un affaissement de la rive, les sédiments étant toutefois retenus près de l'îlot au lieu de s'étendre sur le fond (Drapeau, 1985a cité dans Groupe Environnement Shooner inc., 1991).

La stabilité de l'îlot C a été analysée via l'élaboration d'une série de profils longitudinaux et transversaux de 1978 à 1986 (Drapeau 1985a et Drapeau, 1988 cités dans Groupe Environnement Shooner inc., 1991). Ces données ont mis en évidence un déplacement vers le sud-est du chenal naturel situé au sud-est de l'îlot. Sur certaines de ses faces, un affaissement de l'îlot était observé, mais sans provoquer un ensablement des chenaux. La présence du chenal de navigation ne semblait pas affecter la stabilité de l'îlot. Le côté de l'îlot C qui est soumis à l'action des vagues dont la propagation se fait par la passe de la

Grande-Entrée était le plus instable. De ce côté, un recul important du talus a été observé entre 1982 et 1986, ce recul s'élevant à 10 m de 1983 à 1984. De plus, les sédiments érodés se s'accumulaient pas en bas de plage, ce qui ne favorise pas la stabilité de l'îlot (Drapeau, 1985a cité dans Groupe Environnement Shooner inc., 1991). Sur au moins un côté, un profil stable, qui a été décrit comme une extension de l'îlot vers la lagune (Drapeau, 1988 cité dans Groupe Environnement Shooner inc., 1991), avait été atteint en 1984.

2.2.1.6.2.3 Ensablement du chenal et dragages d'entretien

Il y a, en moyenne, une accumulation d'environ 50 000 m³ de sédiments dans le chenal de la Grande-Entrée par année. Les volumes de sédiments accumulés selon les bathymétries précédant les dragages d'entretien sont présentés au Tableau 2.1. L'intérieur de la lagune est beaucoup moins actif sur le plan sédimentologique que l'extérieur (Robert Hamelin et Associés, 2002). Dans la partie du chenal de navigation à l'intérieur de la lagune, l'ensablement est plus lent et est caractérisé par la présence de sédiments comportant une portion importante de particules fines dans les secteurs du bassin et de la courbe (chaînage 258 à 4200). Le phénomène de sédimentation dans la lagune est surtout présent après la courbe (chaînage 4200) et il s'accroît en s'approchant de l'extérieur de la lagune. C'est à l'extérieur de la lagune entre les chaînages 9000 et 10 000 que l'on retrouve les taux d'ensablement les plus importants. Le régime sédimentologique de la partie extérieure du chenal est régi par la dynamique de la passe de la Grande-Entrée et du nord de la baie de la Grande-Entrée, tel que décrit à la section 2.2.1.6.1.

Tableau 2.1 Accumulations de sédiments dans le chenal de la Grande-Entrée

	Secteur du chenal	Année de la bathymétrie			
		1990 ¹	1997 ²	2002 ³	2005 ⁶
Accumulation totale	Intérieur de la lagune	112 165	17 600 ⁴	91 144	81 245
	Extérieur de la lagune	254 655	135 900	208 856	108 560
	Total	366 820	153 500	300 000	189 805
Nombre d'années depuis le dragage précédant la bathymétrie		8	5	5	3
Accumulation annuelle moyenne	Intérieur de la lagune	14 021	19 520 ⁵	18 229	36 187
	Extérieur de la lagune	31 832	27 180	41 771	27 082
	Total	45 853	46 700 ⁵	60 000	63 269

¹ Groupe Environnement Shooner inc., 1991

² Robert Hamelin et Associés inc., 1997

³ Robert Hamelin et Associés inc., 2002

⁴ Cette valeur n'inclue pas les volumes accumulés dans le bassin de tournage (environ 80 000 m³).

⁵ Ces valeurs sont ajustées en incorporant une accumulation estimée à 80 000 m³ dans le bassin de tournage.

⁶ Volume à draguer en fonction des limites théoriques du chenal, pour une profondeur de 7,3 m à l'intérieur et 8,3 m à l'extérieur.

Les processus d'érosion et de sédimentation varient d'un endroit à l'autre dans le chenal de navigation. En plus de l'augmentation de la sédimentation vers l'extérieur du chenal, certains secteurs présentent des conditions d'érosion et d'autres des conditions de sédimentation ou d'érosion faibles à nulles. Les secteurs en érosion semblent surtout limités à l'ancien chenal naturel (chaînages 8000 à 8350) et au secteur au nord de l'îlot B (chaînages 1320 à 2227) (Robert Hamelin et Associés, 2002). On doit noter que ces endroits étaient encore plus profonds avant le creusage du chenal (Long, 2002b cité dans Robert Hamelin et Associés, 2002). Globalement, les sédiments du chenal demeurent très dynamiques puisque les variations hebdomadaires sont aussi importantes que les variations annuelles (Drapeau, 1985b cité dans Groupe Environnement Shooner inc., 1991). Les sédiments sont particulièrement dynamiques dans le delta interne, où un transport sédimentaire important se traduit sous forme de migration de rides hydrauliques pouvant atteindre 250 cm en direction de l'amont (Long, 2002b cité dans Robert Hamelin et Associés, 2002).

2.2.1.6.3 Le site de dépôt D

Le fond de la baie de la Grande-Entrée est recouvert d'une couche sédimentaire formée de sable moyen à sable fin qui est en migration constante. Cette couche aurait une épaisseur d'environ 1 m dans les parties les plus épaisses. La distribution de cette couche sédimentaire n'est pas continue puisque le transport sédimentaire est affecté par les formes du substratum rocheux qui contrôle en grande partie le transport (Long, 2002).

Le site de dépôt D original a été caractérisé à l'aide d'un sonar à balayage ainsi que d'un échosondeur par l'équipe de l'INRS en 1981 suite au dépôt de 300 850 m³ de sédiments. Il est situé sur la couche sédimentaire sableuse mais de laquelle émergent des affleurements rocheux dont la hauteur dépasse rarement 1 m. La profondeur moyenne de ce site est d'environ 13 m et les sédiments déposés lors de la construction du chenal ont une épaisseur maximale d'environ 4 m, ce qui place le sommet de la dune à une profondeur de 9 m. Situé à la limite des affleurements rocheux, ce site présente un fond sableux sauf à son extrémité est. L'étendue des affleurements rocheux du secteur est bien illustrée dans le relevé bathymétrique du Service hydrographique du Canada (Figure 2.4), sur lequel les monticules de 1982 et de 1992 sont bien visibles. À partir de ces informations, il est permis de conclure que les premiers dépôts ont été faits sur la bordure des affleurements rocheux, mais que les dépôts postérieurs à 1992 ont eu lieu sur la zone de fond plat et sableux qui s'étend sur une grande superficie du côté est du dépôt D.

Dans le cadre du premier programme décennal de dragage d'entretien du chenal, l'aire du dépôt D a été étendue vers le nord-est. La superficie totale du dépôt D suite à son extension est de 903 900 m² (1310 x 690 m). Cette extension du dépôt D a été utilisée pour la gestion du matériel dragué en 1992, 1997 et 2002. Les volumes déposés étaient de 607 813 m³ en 1992, 192 469 m³ en 1997 et 283 091 m³ en 2002. La grande majorité de ce matériel est constitué de sable grossier avec une faible proportion de sable fin. On doit aussi noter qu'une certaine quantité, 88 000 m³ en 1992, 15 154 m³ en 1997 et 21 537 m³ en 2002, de matériel comportant des proportions importantes (environ 15 à 76 %) d'argile et de silt a été déposée sur le site, mais dans tous les cas ce matériel a été recouvert et confiné sous 1 à 3 m de sable. Suite à ces mises en dépôt, le site est caractérisé par une série de monticules de sable dont les pics atteignent les niveaux de -10 à -10,5 m avec des pentes graduelles qui rejoignent la profondeur d'environ -13 m du milieu environnant (Figure 2.5).

Le transport des sédiments au site de dépôt D dépend de l'action des vagues et des courants qui, dans certaines conditions, peuvent fournir l'énergie nécessaire pour remettre les sédiments en suspension. En 2000 et 2001, une série d'études visant à caractériser la stabilité du dépôt D a été réalisée. Chacune de ces études abordait un aspect différent de la question, soit les vents et les vagues (Ouellet, 2002), la sédimentologie (Long, 2002), la circulation (Lefaiivre, 2002) et l'analyse comparative des bathymétries (Ropars, 2002). Une synthèse des résultats de ces quatre études est présentée dans Robert Hamelin et Associés inc. (2002b).

Ces études ont confirmé que les sédiments du dépôt D se trouvant à une profondeur moindre que 15 m sont soumis à un remaniement, principalement par l'action du vent et des vagues, notamment lors d'événements extrêmes comme les tempêtes. Cependant, la remobilisation des sédiments du site se traduit surtout par un écrêtage des monticules et un étalement relativement limité des sédiments (Robert Hamelin et Associés inc., 2002b). Cette remobilisation a été observée lors de la comparaison des bathymétries qui a montré que le sommet du monticule de 1992 s'est affaissé d'environ 0,5 m entre 1995 et 2000 et que celui de 1982 s'est affaissé d'environ 0,3 m (Robert Hamelin et Associés inc., 2002b). Ces études ont aussi démontré que les sables provenant du dépôt D transitent en quantité relativement faible sur les affleurements rocheux avoisinants et qu'il est peu probable que les sédiments transportés se déposent sur les affleurements rocheux (Lefaiivre, 2002).

2.2.1.6.4 Le nouveau site de mise en dépôt

Puisque l'espace non utilisée du dépôt D est insuffisante pour accueillir le volume de dragage prévu dans les dix prochaines années, l'établissement d'un nouveau site de mise en dépôt est proposé. La justification du choix du nouveau site est présentée à la section 3.1.3.1.2. Le nouveau site de mise en dépôt proposé est localisé à environ 5 km à l'est-sud-est du dépôt D (voir Figure 3.3). Tel qu'illustré à la Figure 2.4, il se trouve à une plus grande distance des affleurements rocheux que le site de dépôt D. Une bathymétrie du site réalisée en mai 2005 (voir figures 8 et 9 de l'annexe 4) montre que ce site est très plat, ayant une profondeur variant de 15,1 m au coin nord-ouest à 15,9 m au coin sud-ouest, résultant en une dénivelée de 0,8 m sur une distance d'environ 1600 m. L'échantillonnage des sédiments et la caractérisation du milieu benthique effectués en septembre 2005 à l'endroit du nouveau site de mise en dépôt indiquent que le site est caractérisé par un fond sableux très uniforme. En effet, toutes les observations enregistrées au nouveau site de mise en dépôt ainsi que dans les zones de référence choisies à l'est et à l'ouest de celui-ci, incluant des relevés bathymétriques, l'échantillonnage des sédiments et l'enregistrement de séquences vidéo par plongeur, démontrent que ce site se trouve dans une vaste zone où la profondeur, la topographie, la nature des sédiments et l'habitat benthique présentent très peu de variabilité.

Puisque le nouveau site de mise en dépôt se trouve dans le même secteur que le site de dépôt D, il a été possible d'analyser les données provenant des études de Ouellet (2002), Long (2002), Lefaivre (2002), Ropars (2002) et Robert Hamelin et Associés inc. (2002b) pour établir jusqu'à quel point les conclusions de ces études sont applicables à ce nouveau site. Partant du principe général que les vagues génèrent des vitesses au fond qui, jumelées aux courants, brassent les sédiments et que ces mêmes courants les transportent, cette analyse a porté sur deux aspects, soient le régime des vagues et le régime des courants.

2.2.1.6.4.1 Régime des vagues

Dans l'étude des vents et des vagues (Ouellet, 2002) le dépôt D comportait une exposition aux fetchs de forte amplitude (n'interceptant pas les Îles-de-la-Madeleine) moins importante que celle du site du dépôt projeté. Cette exposition passerait d'un angle de 128° pour le site du dépôt D à un angle de 162° au maximum pour le nouveau site projeté. Cette augmentation de l'exposition de 27 % s'effectue principalement dans les directions nord-est et sud-sud-est. Selon les roses des vents des stations 705C2G9 et 7053KGR (figures 15 et 16, Ouellet, 2002), ces directions sont caractérisées par des vents moins intenses que la moyenne. On peut donc affirmer de façon conservatrice qu'au site projeté, le seuil de mobilisation théorique du sable sera dépassé au maximum 27 % du temps de plus qu'au site du dépôt D. Ceci, étant exclusivement dû à l'augmentation de l'exposition au vent venant du large du nouveau site. Il est sous-entendu que les vents en provenance des Îles-de-la-Madeleine n'influent pas de façon significative le temps de mobilisation du fond.

En contrepartie, la profondeur du fond augmentera d'environ 2 m, passant approximativement de 12 m à 14 m. Ceci se traduira par le changement du pourcentage du temps pour lequel le seuil de mobilisation est dépassé, passant de 3,5 % à 2,1 % (tableau 2, Robert Hamelin et Associés inc., 2002b). Cette réduction du temps où le fond peut être mobilisé par les vagues représente une réduction de 40 % du temps. Ainsi, l'augmentation du temps de mobilisation due à l'exposition au vent sera totalement compensée par la diminution de la mobilisation due à l'augmentation de la profondeur.

Il est important de mentionner que selon l'étude sédimentologique (Long, 2002), la limite d'influence des vagues a été établie à une profondeur de 15 m, soit une profondeur s'apparentant à celle du dépôt projeté.

2.2.1.6.4.2 Régime des courants

L'étude de circulation des courants (Lefaivre, 2002) a montré que le régime courantométrique de la zone à l'étude est du type système côtier. Ainsi, les courants engendrés par les vents ont une direction générale

privilegiée, vers l'ouest ou vers l'est suivant la provenance des vents. Les résultats du modèle de prévision de courants ont montré une bonne correspondance en terme de direction avec les relevés des courantomètres installés à l'automne 2000 et à l'hiver 2001. Toutefois, il faut garder en tête que les intensités illustrées sur les figures 10 à 13 (Lefaivre, 2002 et Robert Hamelin et Associés inc., 2002b) sont surestimées par rapport aux observations d'en moyenne 3,3 fois pour les courants illustrés vers l'est et de 5,3 fois pour les courants illustrés vers l'ouest.

Notons que le modèle ayant servi à simuler ces courants, bâti en multiples couches superposées, considère que les pertes énergétiques sont induites par la friction du fond marin. En fonction de cette hypothèse, pour une colonne d'eau verticale donnée, les vitesses du courant seront maximales en surface et minimales au fond. L'analyse des résultats de deux couches supérieures, immédiates et successives nous permet de connaître la tendance à la couche sous-jacente.

2.2.1.6.4.2.1 Courants vers l'est

Afin de mesurer quantitativement la tendance d'affaiblissement des courants avec l'augmentation de la profondeur, on peut comparer les figures 10 et 12 (Lefaivre, 2002). Considérant que la zone de dépôt projeté se trouve en direction est-sud-est du dépôt D conduisant à une augmentation des profondeurs de l'ordre de 2 m par rapport au fond naturel du dépôt D ces figures montrent que les courants tendent à diminuer en intensité d'un ordre de 20 %. À la limite, un position à 5 km vers l'est-sud-est ferait passer la zone de dépôt en dehors du système de courant côtier, diminuant fortement l'intensité du courant de fond.

D'une façon générale, l'emplacement du nouveau site de dépôt aura aussi tendance à redresser l'orientation des courants d'une vingtaine de degrés passant généralement de l'est-nord-est vers l'est (figure 12, Lefaivre, 2002).

2.2.1.6.4.2.2 Courants vers l'ouest

Concernant les courants dirigés vers l'ouest, la tendance d'affaiblissement des courants avec la profondeur peut être estimée en comparant les figures 11 et 13 (Lefaivre, 2002), respectivement pour le site du dépôt D et pour le site de dépôt E. Ces figures montrent que si le nouveau site se trouve à l'est-sud-est du dépôt D, il y aura une importante réduction de l'intensité prévue des courants, pouvant représenter moins de la moitié de ceux retrouvés au droit du dépôt D, jumelée à une forte variation de l'orientation des courants.

2.2.1.6.4.3 Conclusion de l'analyse des régimes de vagues et des courants

Le nouveau site de dépôt sera plus exposé aux vagues venants du large. Toutefois, étant donnée l'augmentation de la profondeur, la mobilité du fond sera globalement réduite. L'intensité des courants générés par les vagues sera aussi diminuée d'une façon générale. Les conclusions sur les vagues et les courants des études réalisées en 2000 et 2001 pour le site du dépôt D, peuvent, de façon conservatrice, être appliquées au site projeté.

Il faut par ailleurs ajouter que Ouellet (2002), dans son étude des vents et des vagues a considéré des grains de sable de diamètre moyen égal à 0,20 mm. Cette hypothèse, parfaitement justifiable, s'avère toutefois sécuritaire lorsque l'on observe les résultats d'échantillonnage des sables à draguer effectués en 2005. En effet, les relevés de 2005 indiquent que le diamètre moyen des grains des sables à draguer (soit le diamètre représentant le filtre théorique que passe 50 % de la masse de la moyenne des échantillons) est de 0,25 mm, tel que montré au Tableau 2.2.

Tableau 2.2 Granulométrie moyenne aux différents sites en 2005

Zone	Sables à draguer	Site de mise en dépôt D	Nouveau site de mise en dépôt
Nombre d'échantillons	11	2	6
Tamis	% passant moyen	% passant moyen	% passant moyen
10 mm	100,0	99,5	96,5
5 mm	99,9	98,0	94,7
2 mm	99,7	98,0	92,7
1,25 mm	99,6	98,0	92,3
400 µm	93,9	97,0	88,7
315 µm	84,7	92,5	82,2
160 µm	5,2	43,5	30,0
80 µm	1,3	5,6	1,7
D₅₀ moyen (mm)	0,25	0,18	0,21

Il faut noter que selon les équations de Soulsby, la vitesse critique est fonction entre autres du diamètre moyen des grains (D_{50}). Pour une profondeur de 12 m, la vitesse critique d'entraînement des sédiments pour un diamètre de 0,25 mm est de 8 % supérieure à celle correspondant à des grains de diamètre de 0,20 mm, utilisés comme hypothèse de base par Ouellet (2002). Ce gain est appréciable et permet d'envisager une stabilité du dépôt accrue par rapport aux évaluations faites antérieurement.

2.2.1.7 Caractéristiques physico-chimiques des sédiments

2.2.1.7.1 Le chenal de navigation

Les caractéristiques physico-chimiques des sédiments qui s'accumulent dans le chenal de navigation sont restées relativement constantes au cours des années. Par contre, ces caractéristiques varient selon les secteurs du chenal. En général, les sédiments à draguer dans les sections du chenal les plus au fond de la lagune (le bassin et la courbe) contiennent une fraction importante de particules fines (silts et argiles) et présentent des teneurs plus importantes pour certains paramètres chimiques, notamment l'arsenic et le cadmium. En contrepartie, les secteurs de la passe et de l'extérieur de la lagune sont caractérisés par des sédiments constitués presque entièrement de sables propres relativement grossiers.

2.2.1.7.1.1 Secteur du bassin

Le secteur du bassin (aire de manœuvre à proximité du quai de Mines Seleine) a fait l'objet d'échantillonnages en 1990, 2001 et 2005. Les résultats d'analyses de ces échantillons sont présentés à l'annexe 1 pour les résultats des analyses antérieures et à l'annexe 4 pour les résultats de 2005. Ce secteur présente des sédiments composés de 28 % à 85 % de sable (dont au moins la moitié est composée de sables fins), de 6 % à 49 % de silt et de 7 % à 19 % d'argile. Une petite quantité de gravier (moins de 1 %) a été retrouvée dans certains échantillons. En 2005, les résultats sont très homogènes. Les sédiments sont presque entièrement composés de sables fins, de silt et d'argiles; les sédiments fins (silts et argiles) représentent toujours plus de 35 % des sédiments avec un maximum de 71,5 %.

Les résultats de la caractérisation de 2005 indiquent des dépassements pour l'arsenic, qui dépasse le RPQS et le SEM dans six échantillons sur huit, et pour le cadmium, qui dépasse légèrement le critère d'immersion en mer dans deux échantillons. Aucune autre substance ne dépasse les critères applicables, et

les HAP et BPC sont tous non détectés dans ces échantillons. Il faut noter que, lors des campagnes d'échantillonnages précédant le dernier dragage (soit en 1990 et en 2001), le secteur du bassin présentait plusieurs dépassements du seuil d'effets néfastes (SEN) des critères du Centre Saint-Laurent (1992a) et des recommandations pour la qualité des sédiments (RPQS) du Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) pour l'arsenic (CCME, 2003). En ce qui a trait au cadmium, plusieurs échantillons prélevés dans ce secteur présentaient des dépassements du critère d'immersion en mer et certains échantillons dépassaient aussi le RPQS ou le seuil d'effets mineurs (SEM) du Centre Saint-Laurent (1992a). Quelques dépassements des critères du CCME ou du Centre Saint-Laurent étaient également notés en ce qui concerne le cuivre, le nickel, le plomb et certains hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Les biphényles polychlorés (BPC) n'étaient pas détectés dans ce secteur et il n'y a eu aucun dépassement des critères applicables pour le chrome, le mercure et le zinc.

2.2.1.7.1.2 Secteur de la courbe

Le secteur de la courbe a été échantillonné en 1990, en 1997, en 2001 et en 2005. Les résultats d'analyses de ces échantillons sont présentés à l'annexe 1 pour les résultats des analyses antérieures et à l'annexe 4 pour les résultats de 2005. Ce secteur présente des caractéristiques très semblables à celles du bassin. Les sédiments de la courbe sont constitués de 14,5 % à 77 % de sable, principalement du sable fin, de 12 % à 64,1 % de silt et de 7 % à 42 % d'argile. Jusqu'à 2 % de gravier a aussi été retrouvé dans les échantillons provenant de la courbe lors des caractérisations précédant le dernier dragage. Les échantillons prélevés en 2005 dans la courbe ne contiennent aucun gravier et sont constitués de moins de 5 % de sables grossiers et moyens.

Les résultats de la caractérisation de 2005 révèlent une contamination moins importante que par le passé. En effet, seul l'arsenic dépasse les critères actuellement applicables. Les teneurs sont supérieures au RPQS et au SEM dans tous les échantillons prélevés dans la courbe, par contre, aucun échantillon ne dépasse le SEN. Aucun HAP ou BPC n'est détecté dans les échantillons prélevés en 2005 dans la courbe.

Il faut noter que plusieurs échantillons prélevés dans la courbe avant le dernier dragage (soit les caractérisations de 1990, 1997 et 2001) présentaient des teneurs en arsenic supérieures au SEM et au RPQS et que deux échantillons dépassaient également le SEN. En ce qui concerne le cadmium, quatre de ces échantillons dépassaient le critère d'immersion en mer; des dépassements du seuil sans effet (SSE) du Centre Saint-Laurent (1992a), du SEM et du RPQS avait aussi été notés. Un dépassement du RPQS et du SSE pour le mercure avait par ailleurs été observé. On pouvait aussi noter un dépassement du SSE pour le nickel et deux pour le plomb. Aucun autre métal n'affichait des dépassements des critères applicables. En ce qui a trait aux paramètres organiques mesurés en 1990, 1997 et 2001, un échantillon avait des teneurs en anthracène supérieures au SSE et au RPQS et trois échantillons dépassaient ces mêmes critères pour le phénanthrène. Aucun autre paramètre organique ne présentait des dépassements des critères applicables et la plupart étaient non détectés.

2.2.1.7.1.3 Secteur des sables

Les sédiments qui s'accumulent dans le secteur du chenal suivant la courbe ont été échantillonnés en 1990, en 1997, en 2001 et en 2005. Ces sédiments sont constitués presque entièrement de sable (75 % à 99 % avec la majorité des échantillons constitués de plus de 95 % de sable). La plupart des échantillons ont moins de 1 % de silt ou d'argile, avec des maximums de 7,6 % et 4,4 % respectivement. De petites quantités de gravier ont été observées dans certains échantillons et, dans un cas, il y avait plus de 20 % de gravier. On peut noter que les échantillons prélevés en 2005 dans le secteur des sables du chenal (chaînage supérieur à 4200 m) sont particulièrement uniformes puisqu'ils sont tous constitués à plus de 97 % de sables, 10 échantillons sur 11 étant constitués de plus de 94 % de sables fins.

En 2005, aucune substance n'a été observée à des concentrations dépassant les critères applicables dans le secteur des sables suivant la courbe. Plusieurs substances, dont le cadmium, le mercure, le plomb, les HAP et les BPC, n'ont même pas été détectées dans ces échantillons. Lors des échantillonnages précédant le dragage de 2002, les concentrations mesurées dans les échantillons du secteur du chenal suivant la courbe sont presque toutes inférieures aux critères applicables, autant pour les paramètres organiques qu'inorganiques. Les seules exceptions consistaient en quelques dépassements du SSE pour l'arsenic et en un dépassement du SSE et du RPQS pour le mercure.

2.2.1.7.1.4 Mise en contexte de la contamination observée

Au cours des dernières années, très peu de dépassements des critères d'usage du MDDEP pour les sols selon la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* (MEF, 1998) ont été observés dans les sédiments échantillonnés dans le chenal de navigation de Grande-Entrée, indépendamment du secteur. Au total, sur la base des caractérisations menées en 1997, en 2001 et en 2005, on note 15 dépassements du critère A et 1 dépassement du critère B pour l'arsenic, ainsi que quelques dépassements du critère A pour certains HAP. Tous ces dépassements ont été observés soit dans le secteur du bassin soit dans le secteur de la courbe. On peut noter que quelques faibles dépassements du critère A pour le cadmium ont été identifiés dans les sédiments de la lagune en dehors du chenal. Il est important de noter que tous les dépassements des critères du MDDEP ont été observés avant le dragage de 2002. Lors de la caractérisation de 2005, aucune substance n'a été mesurée à des concentrations dépassant ces critères dans les sédiments du bassin ou le chenal de navigation de Grande-Entrée, incluant le critère A qui représente les teneurs de fonds des métaux dans les sols de la province géologique des Appalaches.

Pour ce qui concerne le cadmium, il n'y a pas de dépassement du critère A (teneur de fond géologique) dans le chenal et il n'y a que de très faibles dépassements de ce critère dans l'ensemble des mesures prises dans la lagune de Grande-Entrée. Il est donc permis de croire que les teneurs en cadmium mesurées dans les sédiments fins du chenal sont d'origine naturelle malgré le dépassement occasionnel des critères applicables aux sédiments.

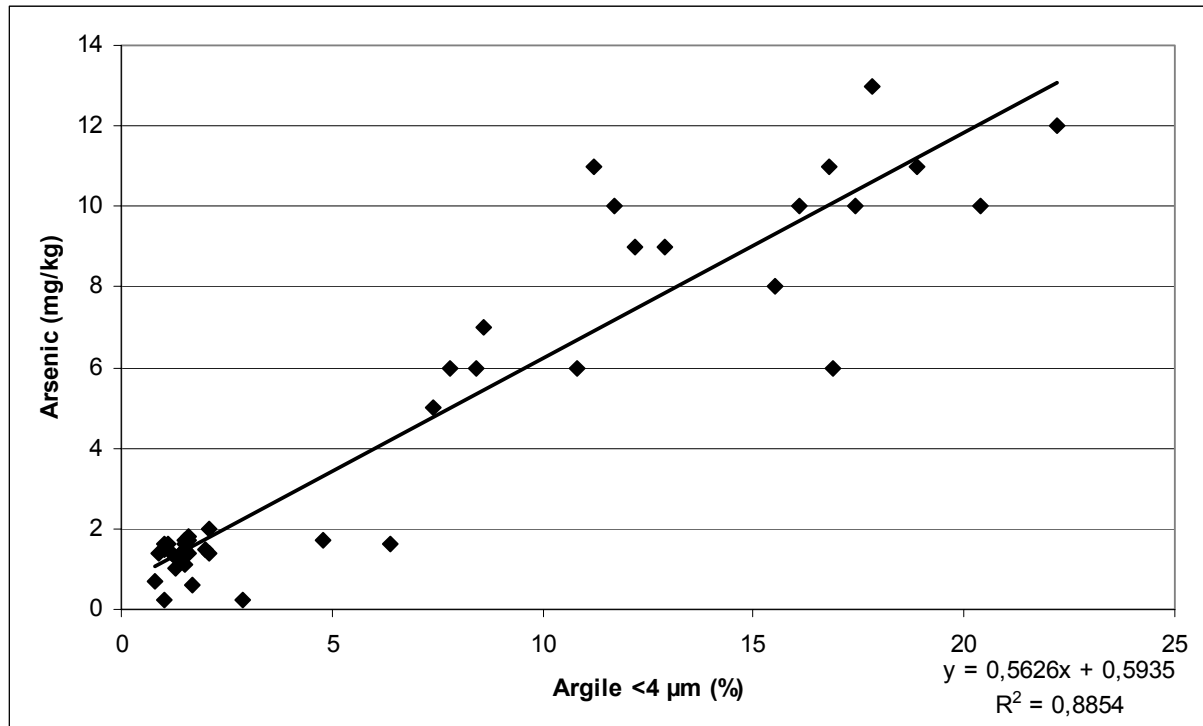
En ce qui concerne les faibles dépassements de HAP dans les sédiments échantillonnés avant le dragage de 2002, ils apparaissent très ponctuels. En 2005, une seule détection de HAP (teneurs en phénanthrène, fluoranthène et pyrène inférieures aux critères de sédiments ou de sols applicables) est notée et elle provient d'un échantillon de référence (LGE1) récolté dans des sédiments fins de la lagune de Grande-Entrée. Les teneurs maximales minimales dans les sédiments de la lagune et l'absence de détection de HAP dans l'ensemble des échantillons caractérisant les sédiments qui feront l'objet du prochain dragage indiquent clairement que les HAP ne sont à l'origine d'aucune problématique ou limitation en ce qui concerne la gestion des sédiments.

Un échantillonnage couvrant l'ensemble de la lagune a été réalisé par le Groupe Environnement Shooner inc. (1991) pour établir la distribution de quatre métaux lourds : l'arsenic, le cadmium, le nickel et le zinc. À partir de ces analyses, les auteurs ont conclu que les concentrations en arsenic et en nickel étaient semblables entre le chenal intérieur et l'ensemble de la lagune, et que les concentrations en cadmium et en zinc étaient plus importantes dans la lagune que dans le chenal (Groupe Environnement Shooner inc., 1991). Ces résultats indiquaient que les teneurs en métaux des particules fines du bassin et de la courbe du chenal sont associés à une origine qui agit au niveau de l'ensemble de la lagune. Ceci étant dit, tel que la distribution des métaux dans le chenal l'indique, la présence des métaux n'est pas aléatoire, elle est étroitement liée à la présence de particules fines dans les sédiments.

Le Groupe Environnement Shooner inc. (1991) et Robert Hamelin et Associés inc. (2001) en étaient en effet venus à la conclusion que la concentration en arsenic observée dans le chenal et la lagune est reliée aux fortes concentrations qui se retrouvent à l'état naturel dans le milieu et que cette concentration, sur

certaines zones de la lagune, est due uniquement à la présence de particules fines dans les sédiments (Groupe Environnement Shooner inc., 1991). La relation entre la présence de particules fines et les teneurs en arsenic a été confirmée lors de la caractérisation réalisée en 2005 dans le cadre de la présente étude puisqu'une relation proportionnelle a été observée entre les concentrations en arsenic et les teneurs en particules plus petites que 4 µm. Cette relation est présentée à la Figure 2.6.

Figure 2.6 Relation entre les teneurs en argile et les concentrations en arsenic des sédiments prélevés en 2005.



Note : la moitié de la limite de détection a été utilisée comme concentration d'arsenic lorsque cette substance était non détectée. Pour les échantillons ayant moins de 6,5 % de sédiments fins, le pourcentage d'argile peut aussi inclure des particules de 4 µm à 80 µm de diamètre (silt).

Il n'y a pas de sources potentielles anthropiques d'arsenic au pourtour de la lagune de Grande-Entrée (Robert Hamelin et Associés inc., 2001), hormis la pollution diffuse associée à la combustion de combustibles fossiles, liée aux activités de toutes les communautés humaines modernes. De façon générale, les principales sources d'arsenic dans l'estuaire et dans le golfe du Saint-Laurent sont dues à l'érosion du sol et aux apports atmosphériques liés à la combustion des combustibles fossiles et aux émissions des fonderies et mines (Edenborn *et al.*, 1986 et Belzile, 1988).

Plusieurs études démontrent une corrélation entre l'arsenic et le fer dans les sédiments marins (Belzile, 1988). Une première étude sur la spéciation de l'arsenic en milieu marin a mis en évidence l'absence d'arsenic dissous dans l'eau mais la présence d'arsenic sous forme d'arsenate dans les sédiments même anoxiques. À cela s'ajoute l'étude de Peterson et Carpenter (1986 cité dans Belzile, 1988) qui suggère que les oxydes de manganèse et de fer sont des composantes importantes de la régulation de la distribution de l'arsenic dans les sédiments marins. De plus, Edenborn *et al.* (1986) ont démontré que la diagenèse (ensemble des changements biochimiques et physico-chimiques affectant un sédiment après son dépôt) de l'arsenic implique la libération d'arsenic et de fer dans l'eau interstitielle.

La diagénèse de l'arsenic dans l'estuaire du Saint-Laurent implique la libération simultanée d'arsenic dans l'eau interstitielle lorsque les oxydes de fer sont réduits dans le sédiment anoxique, sa migration par diffusion le long d'un gradient de concentration vers la surface, et ensuite, sa séquestration par précipitation et adsorption par les oxydes de fer près de l'interface eau/sédiment (Belzile, 1988). Une étude de Belzile (1988) portant sur le devenir de l'arsenic dans les sédiments dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent rapporte des concentrations d'arsenic entre 9 et 18 mg/kg dans le golfe et jusqu'à 30 mg/kg dans l'estuaire sous l'interface eau/sédiment (la valeur maximale observée en 2005 était de 13 mg/kg alors que les valeurs relevées dans la courbe et le bassin du chenal de Grande-Entrée variaient dans le passé entre 6 et 22 mg/kg avec une valeur extrême de 39 mg/kg;). La bioturbation observée dans les sédiments peut accentuer le cycle du fer dans les sédiments marins, et conséquemment, le cycle de l'arsenic (Belzile, 1988).

Dans les profondeurs du golfe, où les taux de sédimentation sont faibles et l'activité biologique réduite, c'est la formation de pyrite qui régit le cycle de l'arsenic. Cependant, la perturbation constante du sédiment par l'activité biologique dans la lagune de Grande-Entrée ne favorise pas la formation de pyrite. Le cycle de l'arsenic serait vraisemblablement plutôt régi par les conditions décrites pour l'estuaire. Ainsi, les concentrations élevées d'arsenic mesurées dans les sédiments de surface du chenal et de la lagune de Grande-Entrée, qui sont du même ordre de grandeur que celles mesurées par Belzile (1988), sont très probablement le résultat de la bioturbation des sédiments, qui accentue le cycle naturel du fer et de l'arsenic.

Il est très important de noter par ailleurs que la valeur « bruit de fond naturel » établie par le MDDEP pour l'arsenic s'élève à 15 mg/kg pour la région géologique des Appalaches, qui recoupe les Îles-de-la-Madeleine et qu'aucun échantillon prélevé en 2005 ne dépasse cette concentration pour l'arsenic.

2.2.1.7.1.5 Toxicité des sédiments

Avant le dragage de 2002, des tests de toxicité (essai sur la survie des amphipodes marins *Eohaustorius estuarius* et essai sur la fertilisation de l'oursin de mer *Lytechinus pictus*), ont été réalisés sur les sédiments provenant du bassin et de la courbe du chenal ainsi que sur des sédiments témoins prélevés dans la lagune (Beak International inc, 2002). La mortalité des amphipodes était plus élevée dans certains des échantillons provenant du chenal par rapport aux échantillons témoin, mais le taux de mortalité était toujours sous le seuil acceptable de 20 %. Dans le cas de l'essai sur l'oursin, une toxicité modérée a été observée dans la plupart des échantillons provenant du chenal, qui présentaient des IC25 de 54,5 % à >100 %. Selon Beak International inc. (2002), ces effets étaient surtout liés à la présence d'azote ammoniacal dans les sédiments testés. Les auteurs ont conclu que ces sédiments pouvaient être déposés au site de dépôt D sans causer d'effets toxiques significatifs.

Suite à la revue des résultats d'analyse de 2005, et suivant les recommandations des représentants du MDDEP et d'Environnement Canada, il a été jugé que la réalisation de tests de toxicité n'était pas nécessaire pour juger de l'acceptabilité du dépôt en mer des sédiments fins enrichis en arsenic dans la mesure où il est prévu que ces sédiments seront gérés de la même façon qu'en 2005, c'est à dire qu'ils seront recouverts par une couche d'un mètre de sables propres et qu'ils seront placés dans un site stable (communications écrites de M. Jean Sylvain, MDDEP et de M. Donald St-Laurent, EC présentées à l'annexe 3). Cette décision est en partie basée sur le fait que ces sédiments présentent seulement des faibles dépassements du RPQS ou du SEM et qu'ils sont d'une qualité semblable ou meilleure que ceux dragués en 2002.

2.2.1.7.2 Le site de dépôt D

Le site de mise en dépôt D et sa zone environnante ont été échantillonnés à plusieurs reprises. Une investigation a eu lieu dans la future zone de rejet en 1990 et des campagnes d'échantillonnage ont été

menées en 1997 sur les monticules créés par les dépôts ainsi que dans des zones de référence à l'extérieur mais à proximité du site de dépôt D. Les résultats d'analyses de ces échantillons sont présentés à l'annexe 2. Deux échantillons ont aussi été prélevés dans la partie non utilisée du dépôt D lors de l'échantillonnage réalisé en 2005 dans le cadre de la présente étude (voir annexe 4).

La granulométrie des sédiments n'a pas été analysée dans les échantillons prélevés au site du futur dépôt D avant les mises en dépôt antérieures. Par contre, des données de granulométrie proviennent des zones de référence à proximité et de l'échantillonnage en 2005 de la partie non utilisée du site de dépôt. Celles-ci indiquent que le secteur est caractérisé par un fond de sable avec très peu de silt ou d'argile (0 % à 6,4 %) et une quasi absence de gravier. Les deux échantillons prélevés en 2005 étaient constitués respectivement de 4 % et de 0 % de gravier. Les sédiments en surface des monticules du dépôt D sont également presque entièrement constitués de sable. Très peu de dépassements des critères applicables ont été notés dans les sédiments prélevés au site de dépôt D ou à proximité. Un échantillon recueilli au site de dépôt D avant les mises en dépôt dépassait très légèrement le SSE, ainsi que le critère A, pour les BPC totaux et un échantillon prélevé juste à l'extérieur de l'aire de dépôt utilisée en 1997 dépassait légèrement le SSE pour l'arsenic. Aucun autre critère applicable (Centre Saint-Laurent, CCME, MENV ou Critère d'immersion en mer) n'a été dépassé pour l'ensemble des paramètres évalués. Aucun dépassement des critères applicables n'a été détecté dans les échantillons de 2005.

L'absence de particules fines et de dépassements des critères de qualité des sédiments dans les sédiments de surface des monticules du dépôt D constitue un indice que le confinement des sédiments du bassin et de la courbe du chenal par recouvrement avec les sables dragués dans les secteurs suivant la courbe a atteint les objectifs visés.

Lors du programme d'échantillonnage des monticules du dépôt D et des zones de référence à proximité de celui-ci en 1997, les tests de toxicité suivants ont été réalisés : bioessai Microtox en phase solide, bioessai Microtox en phase liquide, essai sur la fécondation de l'oursin de mer (*Lytechinus pictus*) et bioessai sur la survie de l'amphipode marin (*Rhepoxinius abronius*) (St-Laurent *et al.*, 2000). À l'exception de l'essai de fécondation chez l'oursin, aucun de ces tests n'a montré une réponse toxique significativement différente entre les monticules du dépôt D et les zones de référence. Dans le cas de l'essai chez l'oursin, l'inhibition de la fertilisation était plus élevée pour les sédiments venant des zones de référence (St-Laurent *et al.*, 2000). L'absence de toxicité chez les sédiments des monticules du dépôt D concorde avec l'absence de contamination dans ces sédiments et vient confirmer que l'immersion de sédiments au dépôt D n'a pas eu d'effets négatifs sur la qualité du milieu.

2.2.1.7.3 Le nouveau site de mise en dépôt

Dix stations d'échantillonnage ont été visitées à l'intérieur des limites du nouveau site de mise en dépôt (voir figure 2 de l'annexe 4) et les observations visuelles effectuées à toutes ces stations indiquent que le milieu est uniforme sur l'ensemble du site. Des échantillons de sédiments visant la caractérisation physico-chimique du site ont été prélevés à 6 de ces 10 stations (E2, E3, E4, E7, E8, E9). Tous les échantillons analysés sont constitués majoritairement de sables fins. Pour ce qui concerne 5 des 6 échantillons, les sédiments sont composés de plus de 90 % de sables fins et de 3 % à 4 % de sables moyens ou grossiers. De petites quantités de graviers (jusqu'à 3 %) et de silt et argile (1,6 % à 2,1 %) sont également présentes dans ces échantillons. Le sixième échantillon (E9) a une composition différente, étant constitué de seulement 58,5 % de sables fins, de 25 % de gravier avec une teneur plus élevée en sable grossier et moyen (7 % et 8 % respectivement).

Les 6 échantillons analysés présentent tous des concentrations très faibles pour les métaux, et aucun métal n'affiche une teneur dépassant un critère applicable. En fait, dans plusieurs cas, ces substances sont non détectées. Le cadmium, le mercure et le plomb sont non détectés dans tous les échantillons. C'est aussi le

cas des BPC. En ce qui concerne les HAP, ces substances sont toutes non détectées dans 5 des 6 échantillons. Par contre, plusieurs HAP sont détectés dans l'échantillon E7 et quelques-uns dépassent le SSE ou le SEM du Centre Saint-Laurent ou le RPQS du CCME. L'acénaphthylène dépasse même le critère CEP (concentration produisant un effet probable) du CCME. De plus, la concentration de HAP totaux mesurée dans cet échantillon dépasse le critère d'immersion en mer.

Lors de la caractérisation de 2005, des échantillons ont aussi été prélevés dans deux aires de référence, une à l'est du nouveau site de mise en dépôt proposé et une à l'ouest (voir figure 2 de l'annexe 4). Des échantillons provenant de 3 stations d'échantillonnage ont été analysés pour leurs caractéristiques physico-chimiques dans chacune de ces deux zones. Les résultats de ces analyses sont présentés à l'annexe 4. Les sédiments à ces stations sont essentiellement identiques à ceux du nouveau site de mise en dépôt. Ils sont constitués de 81 % à 94 % de sable fin avec de petites quantités de sable moyen, de sable grossier, de gravier, de silt et d'argile. Ils présentent des teneurs très faibles en métaux et aucun HAP ou BPC n'est détecté.

2.2.1.8 Physico-chimie de l'eau

La salinité dans les eaux de la lagune connaît un gradient horizontal suite à la fonte des glaces pendant le mois d'avril et de mai (Navarro, 1991, cité dans Koutitonsky et Navarro, 2002). Pendant cette période, la salinité varie entre 26,4 et 30,6 ‰ (Koutitonsky et Navarro, 2002). Sinon, la salinité dans la lagune est similaire à celle des eaux de surface dans le golfe du Saint-Laurent et varie entre 25 et 31,5 ‰ (Poirier & Myrand, 1982 cité dans Koutitonsky et Navarro, 2002). La salinité a aussi été suivie pendant les mois d'août et de septembre lors d'une mission du MPO (Gilbert, 2004). La salinité moyenne pour tout le Golfe dans la couche 0-30 m était de 30,54 ‰ tandis qu'aux Îles-de-la-Madeleine elle était de 30,9 ‰.

Myrand (1991 cité dans Koutitonsky et Navarro, 2002) a étudié la température de l'eau dans la lagune entre les mois de juin et octobre de 1983 à 1990. Les résultats ont démontré que la température en juin est de 8 °C, qu'elle augmente jusqu'à un maximum moyen de 20 °C dans la troisième semaine d'août et qu'elle diminue jusqu'à 9 °C au mois d'octobre. La température a aussi été suivie pendant les mois d'août et de septembre lors d'une mission du MPO (Gilbert, 2004). La température moyenne pour tout le Golfe dans la couche 0-30 m était de 10,7 °C tandis qu'aux Îles-de-la-Madeleine elle était de 11,7 °C.

Lors des travaux de dragage de 2002, des mesures de matière en suspension (MES) ont été enregistrées dans la lagune avant les activités de dragage, du 7 au 17 août 2002. La station située à environ 1 km à l'ouest de la pointe nord-ouest de l'île du chenal avait une valeur moyenne de 2,20 mg/L entre 0 et 30 cm de profondeur et de 2,60 mg/L à 3 m. Les valeurs moyennes devant le parc de moules étaient de 1,70 mg/L et de 5,50 mg/L dans les premiers 30 cm et à 3 m de profondeur, respectivement. Les valeurs près des parcs de pétoncle étaient de 1,70 mg/L et 1,80 mg/L dans les premiers 30 cm et à 3 m de profondeur, respectivement. Il semble donc que dans la partie plus profonde de la lagune, à l'est du chenal, les valeurs de turbidité soient uniformes dans le premier 30 cm de profondeur et moins élevées que celles prises à l'ouest du chenal, partie moins profonde. Les valeurs devant les parcs de pétoncles ont été enregistrées dans une partie plus profonde de la lagune par rapport à celle des parcs de moules (Robert Hamelin et associés, 2003).

2.2.1.9 Qualité de l'eau

Dans le cadre du programme de monitoring du phytoplancton toxique dans le Golfe, des mesures de qualité de l'eau ont été prises à Havre-aux-Maisons (MPO, 2004). Pour la saison estivale de 2002, la concentration moyenne en nitrite était de 0,15 µM/l et 0,06 µM/l pour les nitrates. La concentration en phosphate était de 0,48 µM/l et de 1,31 µM/l en silicate. En 2003, pour la même période, les

concentrations moyennes étaient de 0,16 µM/l, 0,19 µM/l, 0,35 µM/l et 1,80 µM/l pour le nitrite, le nitrate, le phosphate et le silicate, respectivement.

Le suivi du phytoplancton toxique a révélé la présence de certaines espèces dans la région des Îles-de-la-Madeleine. Les principales espèces repérées sont : *Alexandrium pseudogonyaulax*, *Gyrodinium spirale*, *Prorocentrum minimum* et *Pseudo-nitzschia delicatissima*. *Coolia monotis* a aussi été identifiée, elle est seulement présente aux Îles-de-la-Madeleine. Toutefois, la concentration de ces organismes n'était pas assez élevée pour être toxique (MPO, 2004).

Différentes sources de contamination peuvent influencer la qualité de l'eau. Les eaux usées se retrouvent parfois directement dans le milieu marin puisque moins de 40% de la population est raccordée à un système d'épuration. Toutefois, aucun rejet d'origine industrielle n'est noté aux Îles-de-la-Madeleine à l'exception des rejets de déchets de poissons des usines de transformation. De plus, le transport maritime et les activités portuaires sont aussi des sources potentielles de contamination dans le milieu lors d'accidents impliquant des hydrocarbures pétroliers, lors de rejets d'eaux de lavage ou de ballastage ou lors du transbordement de marchandises. Les contaminants qui parviennent aux Îles-de-la-Madeleine par le courant de Gaspé ne sont présents qu'en faible concentration. La source principale actuelle semble être les rejets atmosphériques (ZIP IDLM, 2002).

2.2.2 Milieu biologique

2.2.2.1 Flore

2.2.2.1.1 Végétation terrestre et littorale

Lamoureux *et al.* (1984) ont étudié la flore terrestre et lagunaire à proximité des installations portuaires de Mines Seleine dans la lagune de Grande-Entrée. La faible représentation des espèces d'habitat mésique (24 %), parmi la cinquantaine d'espèces répertoriées, signifie que le milieu est encore dynamique. Il est en effet soumis à des changements cycliques (formation des dunes de sable) ou évolutifs (comblement de la lagune).

Toutefois, une dizaine d'espèces végétales sont plus fréquentes. Il s'agit de la Fétuque rouge (*Festuca rubra*), de l'Ammophile à ligule courte (*Ammophila brevilligulata*), de la Spartine étalée (*Spartina patens*) et alterniflore (*S. alterniflora*), ainsi que du Jonc de la Baltique (*Juncus balticus*). Suivent le Scirpe vigoureux (*Scirpus validus*), le Myrique de Pennsylvanie (*Myrica pennsylvanica*), la Spartine pectinée (*Spartina pectinata*), le Carex paléacé (*Carex paleacea*) et l'Éléocharide halophile (*Eleocharis halophila*). On retrouve aussi trois espèces rares recensées au Québec mais uniquement dans les îles, soit le Myrique de Pennsylvanie, le Carex silicole (*Carex silicea*) et l'Hudsonie tomentueuse (*Hudsonia tomentosa*).

Dans la zone des sols sablonneux entourant la lagune, l'ammophile joue un rôle de premier plan dans la formation des dunes et la fixation des sols, en raison de son enracinement profond et de sa grande rusticité qui lui permet de stabiliser les sables (Grandtner, 1967, cité dans Groupe Environnement Shooner inc., 1991). En plus de son accroissement rapide effectué au moyen de ses rhizomes. Cette plante a d'ailleurs été utilisée pour la végétalisation des îlots B et C. Depuis, le Caquilier édentulé (*Cakile edentula*) et la Sabline faux-péplus (*Arenaria peploides*) sont présents dans les zones basses et humides des îlots.

2.2.2.1.2 Macrophytes aquatiques

Gagnon (1998) identifie trois types d'habitats productifs parmi les étangs et les lagunes des Îles-de-la-Madeleine. Ces habitats sont particulièrement recherchés par les poissons et les oiseaux. Il y a les herbaçaias salées, les marais à Spartine alterniflore et les herbiers à Zostère.

Les herbaçaias salées sont caractérisées principalement par la présence de carex et de jonc. Elles sont inondées uniquement lors des grandes marées. Dans la zone à l'étude, de petites superficies d'herbaçaias salées sont localisées sur la Pointe de la Grande-Entrée (Figure 2.7).

Les marais à Spartine alterniflore se sont développés sur des sédiments vaseux dans les zones intertidales. Toutefois, la plupart de ces marais sont présents dans la partie nord de la Baie du Havre-aux-Basques. Une petite superficie de ce type de marais se retrouve au nord de la dune du Sud (Figure 2.7).

Les herbiers à zostère sont caractéristiques du centre des lagunes et notamment celle de Grande-Entrée. Cet habitat est présent dans les milieux inondés à substrats sableux. Le fond de la lagune de la Grande-Entrée est recouvert à 20 % de Zostère marine (*Zostera marina*), plus particulièrement au niveau de la zone infralittorale périphérique où sa fréquence d'occurrence a été évaluée à 44 % dans les profondeurs variant de 0,5 à 2 m (De Sève *et al.*, 1978, cité dans Groupe Environnement Shooner inc., 1991). On peut parfois la rencontrer à plus de 4 m de profondeur (Lamoureux *et al.*, 1984, cité dans Groupe Environnement Shooner inc., 1991). Elle est présente à l'ouest du chenal de navigation ainsi qu'entre l'îlot C et la terre ferme où elle forme de vastes herbiers (Lalumière et Proulx, 1992). La Figure 2.7 illustre la répartition et la densité approximative de l'espèce dans la lagune de la Grande-Entrée.

La Zostère marine est une halophyte stricte (Bertrand *et al.*, 1990, cité dans Lalumière et Proulx, 1992). Elle tolère bien les variations de salinité et de température. De plus, il semble que l'espèce soit également bien adaptée aux turbidités élevées puisqu'elle a été répertoriée dans des milieux fréquemment rendus turbides par l'action des vents et des fortes vagues (Lalumière et Proulx, 1992). Cette macrophyte est aussi importante sur le plan de la productivité dans l'écosystème lagunaire, soit 756 g/m² de biomasse moyenne en poids sec. Elle contribue aussi à stabiliser le substrat avec ses rhizomes profonds (Bourget, 1976, cité dans Groupe Environnement Shooner inc., 1991).

Dans la lagune de Grande-Entrée, 27 espèces d'algues macroscopiques ont été recensées. Parmi celles-ci, 5 se classent dans la famille des algues vertes (*Chlorophyceae*), 7 dans la famille des algues brunes (*Phaeophyceae*), 12 dans les algues rouges (*Rhodophyceae*) et trois dans les algues bleues (*Cyanophyceae*). Les espèces les plus communes sont les *Chondrus crispus*, les *Ahnfeltia plicata*, les *Calothrix sp.* et les *Ceramium rubrifforme* (De Sève *et al.*, 1978, dans Lamoureux *et al.*, 1984). Par ailleurs, seules les chlorophycées et les cyanophycées sont présentes en faible abondance dans les zones profondes.

Trois communautés d'algues importantes dominées par *Chondrus crispus* sont présentes dans la lagune: à l'embouchure de la baie de Grosse-Île, sur la côte sud de Grosse-Île et dans la baie de Old Harry. Elles sont généralement situées près des côtes et à moins de 2 m de profondeur.

2.2.2.1.3 Espèces végétales à statut précaire

La base de données du CPNDQ indique que des espèces floristiques à statut précaire sont présentes dans la zone à l'étude. De plus, leurs habitats sont en lien avec le milieu aquatique. Deux espèces sont considérées menacées, le Corème de Conrad (*Corema conredi*) et l'Aster du Saint-Laurent (*Symphotrichum laurentianum*). À cela s'ajoute le Gaylussaquier nain var. de Bigelow (*Gaylussacia dumosa* var. *bigeloviana*), une espèce présente aux Îles-de-la-Madeleine mais non répertoriée dans la zone à l'étude. La Hudsonie tomenteuse (*Hudsonia tomentosa*), le Bident différent (*Bidens heterodoxus*), la Halénie défléchie ssp de Brenton (*Halenia deflexa* subsp. *brentoniana*) et le Troscart de Gaspésie (*Triglochin gaspensis*) sont susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables (SDMV). Le Tableau 2.3 présente les espèces à risque, leur statut et leur localisation.

Tableau 2.3 Espèces végétales à statut précaire inventoriées dans la zone à l'étude

Espèce	Statut	Localisation
Corème de Conrad <i>Corema conredi</i>	M	<ul style="list-style-type: none"> • Réserve nationale de faune de la Pointe-de-l'Est • Dune du Nord, entre l'île aux Loups et Grosse-Île • Cordon littoral Dune du Sud
Hudsonie tomenteuse <i>Hudsonia tomentosa</i>	SDMV	<ul style="list-style-type: none"> • Cordon littoral de la dune du Nord • Lagune de Grande-Entrée : petit îlot avant la dune du Nord • Platières, cordons littoraux et haut-fonds exondés de l'île de l'Est
Aster du Saint-Laurent <i>Symphotrichum laurentianum</i>	M	<ul style="list-style-type: none"> • Réserve nationale de faune de la Pointe-de-l'Est • Buttons et lagune du bassin aux Huîtres • Button de la Grande-Entrée
Troscart de la Gaspésie <i>Triglochin gaspensis</i>	SDMV	<ul style="list-style-type: none"> • Réserve nationale de faune de la Pointe-de-l'Est • Lagune de la Grande-Entrée : Grosse-Île, baie d la Grosse-Île, Dune du Sud, Île du Havre aux Maisons (chenal d'En-Dedans) • Dune du Nord
Bident différent <i>Bidens heterodoxus</i>	SDMV	<ul style="list-style-type: none"> • Réserve nationale de faune de la Pointe-de-l'Est • Lagune de la Grande-Entrée • Île du Havre aux Maisons (chenal d'En-Dedans) • Platière du centre de l'île de l'Est • Anse au Sable • Buttons et lagune de bassin aux Huîtres
Halénie défléchie ssp de Brenton <i>Halenia deflexa ssp. brentoniana</i>	SDMV	<ul style="list-style-type: none"> • Button de l'île Boudreau

M : menacée

SDMV : susceptible d'être désigné menacé ou vulnérable

L'Aster du Saint-Laurent est une plante grasse de petite taille endémique au Golfe du Saint-Laurent. Sa seule présence au Québec est aux Îles-de-la-Madeleine. Cette plante se reproduit à l'automne (ZIP IDLM, 2002). On la retrouve sur des plages abritées et dans les zones à végétation clairsemée ou dense des marais salés, sur un substrat humide à dominance sableuse. Particulièrement, au niveau de l'étage supérieur atteint par les marées hautes d'équinoxe et les vagues de tempête (MENV, 2004). Elle forme des lisières en bordure des lagunes (ZIP IDLM, 2002).

Le Corème de Conrad est un petit arbuste vivace, ramifié qui a une hauteur entre 15 et 60 cm selon l'exposition. Cette espèce est présente dans les dunes où elle a un rôle de stabilisation. Cette plante recouvre littéralement les dunes par endroit. Cette espèce est donc associée aux dunes fixées par la végétation (ZIP IDLM, 2004).

Le Gaylussaquier nain var. de Bigelow est un petit arbuste vivace présent dans les tourbières ombrotrophes, relativement sèches où la végétation est peu dense et relativement basse. Aux Îles-de-la-Madeleine, cette espèce est présente à deux endroits distincts sur l'île-du-Havre-Aubert (ZIP IDLM, 2002).

La Hudsonie tomenteuse est un arbuste vivace qui se développe sur les parties dénudées des dunes en touffe très denses. Cette espèce ne se fixe pas directement sur la plage et se trouve au moins à l'abri du

premier buttereau. Elle préfère aussi les zones fraîchement érodées par le vent tel que les abords des trous de déflation (caoudeyres) (ZIP IDLM, 2002). Le Bident différent au Québec n'est présent qu'aux Îles-de-la-Madeleine dans les parties sablonneuses des marais salés. Il s'agit d'une plante herbacée annuelle à fleurs jaunes et à feuilles opposées qui fleurit en août. Cette plante est difficile à identifier et des recherches supplémentaires sont nécessaires pour déterminer que cette espèce est encore présente aux Îles-de-la-Madeleine (ZIP IDLM, 2002). La Halénie défléchie ssp de Brenton est une herbacée de petite taille et la plante entière est souvent pourprée. Sa floraison a lieu à la fin de l'été. On trouve cette espèce dans les champs ouverts, les landes à camarines et sur les coteaux, faisant généralement face au nord. Il s'agit d'une espèce endémique au golfe du Saint-Laurent (ZIP IDLM, 2002). Le Troscart de Gaspésie occupe les fonds vaseux des marais à Spartine à fleurs alternes et des herbaçaias salées. De plus, cette espèce est endémique au NE de l'Amérique (ZIP IDLM, 2002).

2.2.2.2 Plancton

Le terme plancton englobe l'ensemble des organismes microscopiques en suspension dans la masse d'eau. Dans le cas des organismes planctoniques, on parle de zooplancton pour le plancton animal tandis qu'on utilise le terme phytoplancton pour les organismes du règne végétal.

2.2.2.2.1 *Phytoplancton*

Les rapports annuels sur l'état des écosystèmes dans le golfe du Saint-Laurent produits par Pêches et Océans Canada fournissent des informations sur la distribution et la description du phytoplancton. Les données recueillies en 2001 et en 2002 indiquent que la prolifération du phytoplancton a lieu entre avril et juin. Toutefois, dans le sud du golfe, elle commence plus tôt, soit début avril. L'analyse des concentrations de chlorophylle α , un indicateur de la biomasse photosynthétique présent dans la colonne d'eau, indique que dans la région des Îles-de-la-Madeleine, la concentration varie entre 0 et 2 mg/m³ dans les premiers 10 m de profondeur (MPO, 2002 et 2003). Les rapports ne présentent pas les espèces qui composent la communauté phytoplanctonique dans cette région. Le plancton végétal est parfois responsable de la toxicité de certains mollusques en été.

2.2.2.2.2 *Zooplancton*

Dans le cadre du programme de monitoring de la zone atlantique (PMZA), Pêches et Océans Canada décrit la distribution du zooplancton dans le golfe du Saint-Laurent. Les données récoltées en 2001 indiquent que la biomasse de zooplancton observée était le triple et le double respectivement au printemps et à l'automne de celle enregistrée l'année précédente le long du transect des Îles-de-la-Madeleine (MPO, 2002). Par contre, l'abondance du zooplancton était plus faible suite à une baisse des œufs d'invertébrés et de copépodes en 2001. De plus, ces derniers constituaient respectivement 65% et 85% de la composition du zooplancton présent en juin et en décembre. Au mois de juin, les espèces prédominantes étaient *Calanus finmarchius*, *C. hyperboreus* et *Metridia longa* tandis qu'en décembre il s'agissait des *Oithona* spp. (MPO, 2002 et 2003). Les mêmes tendances ont été observées en 2002, à l'exception de l'abondance du zooplancton qui a retrouvé les valeurs antérieures à 2001 (MPO, 2003).

La communauté zooplanctonique de la lagune de Grande-Entrée et sa région est décrite dans Burton *et al.* (1977). Les copépodes dominent la communauté aussi bien dans la lagune que dans le havre. Ensuite, en moins grande abondance, on trouve des larves de gastéropodes (possiblement *Mitella* sp.), de bivalves et de polychètes (*Polydora* sp., *Spionidae*). Par ailleurs, les ostracodes, les isopodes (*Idotea balthica*, *I. phophorea*, *Heara marina*), les amphipodes (*Gammarus oceanicus*, *Corophium insidiosum*) et les foraminifères sont peu abondants et typiquement épibenthiques. Des études sur le homard ont trouvé très peu de larves de cet organisme dans la lagune et celles présentes étaient du stade IV uniquement (Hudon *et al.*, 1986; Munro et Therriault, 1983).

Dans le groupe dominant des copépodes, les espèces calanoïdes sont les plus nombreuses. La plus abondante, *Acartia hudsonica*, est une espèce apparemment peu commune dans le golfe du Saint-Laurent (Burton *et al.*, 1979). Les autres espèces sont *Pseudodiaptomus coronatus*, *Centropages hamatus*, *Tembra longicornis*, *Tortanus discandatus* et *Eurytemora herdmani*. Les cyclopoïdes sont représentés uniquement par *Oithona sp.* Enfin, les espèces harpacticoïdes sont *Alteutha oblonga*, *Longipedia sp.*, *Metis sp.*, *Microsetella norvegica* et *Harpacticus sp.* sont épibenthiques.

2.2.2.3 Benthos

La faune macrobenthique présente aux Îles-de-la-Madeleine est composée en grande partie d'invertébrés. Des espèces communément rencontrées sont listées au Tableau 2.4.

Dans le cadre du suivi environnemental réalisé au dépôt D en 1997 et 2001, une caractérisation de la communauté d'invertébrés benthiques a été effectuée (St-Laurent *et al.*, 2000 et 2004). Les stations d'échantillonnage se situaient à environ 5 km au sud-ouest du port de Grande-Entrée. L'identification des invertébrés a démontré la présence de bivalves, de polychètes, d'amphipodes, d'isopodes et d'échinodermes.

Tableau 2.4 Organismes macrobenthiques communs des Îles-de-la-Madeleine

Groupes	Espèces	
	Nom commun	Nom scientifique
Mollusques bivalves	Moule bleue Pétoncle géant Mye commune Couteau de mer Mactre de l'Atlantique Mactre de Stimpson	<i>Mytilus edulis</i> <i>Placopecten magellanicus</i> <i>Mya arenaria</i> <i>Ensis directus</i> <i>Spisula solidissima</i> <i>Mactromeris polynyma</i>
Gastéropodes	Buccin commun Littorine Lunatie de l'Atlantique Patelle Crepidule	<i>Buccinum undatum</i> <i>Littorina littorea</i> <i>Lunatia heros</i> <i>Acmea testudinalis</i> <i>Crepidula fornicata</i>
Echinodermes	Oursin vert Étoile de mer Ophiure paquerette Concombre de mer	<i>Strongylocentrotus droebachiensis</i> <i>Henricia sanguinolenta</i> , <i>Asterias vulgarensis</i> , <i>Leptasterias polaris</i> <i>Ophiopholis aculeata</i> <i>Cucumaria frondosa</i>
Crustacés	Crabe commun Crabe des neiges Homard d'Amérique Balane	<i>Cancer irroratus</i> <i>Chionocetes opilio</i> <i>Homarus americanus</i> <i>Balanus sp.</i>
Éponges et cnidaires	Anémone de mer Méduse	<i>Tealia feline</i> , <i>Bunodactis stella</i> , <i>Stomphia coccinea</i> <i>Cyanea capillata</i>

Source : ZIP IDLM, 2002

En 2001, la communauté benthique était essentiellement composée de mollusques et de polychètes avec 68% et 29% du nombre total d'organismes tandis que les échinodermes, les crustacés et les autres représentaient 3% (St-Laurent *et al.*, 2004). Cependant, en 1997, les échinodermes étaient majoritaires (St-Laurent *et al.*, 2000). Par contre, si on retire ces organismes, les mollusques et les polychètes se retrouvent

dans des proportions semblables à celles de 2001 (St-Laurent *et al.*, 2004). Les mollusques récoltés sont surtout des bivalves (approx. 60%). De plus, on a remarqué que les espèces dominantes étaient différentes pour chaque période d'échantillonnage. En 2001, les bivalves *Spisula solidissima* et *Tellina agilis* et le polychète *Spiophanes* étaient les plus nombreux. Ces espèces sont caractéristiques des fonds sablonneux (Abbot, 1982, cité dans St-Laurent *et al.*, 2004). En 1997, l'échinoderme *Echinarachius parma*, le bivalve *Tellina agilis* et le gastropode *Nassarius trivittatus* étaient les espèces abondantes (St-Laurent *et al.*, 2004). Cependant, il est à noter que le bivalve *Spisula solidissima* connaît des années de recrutement variables (Weissberger, 1998, cité dans Environnement Canada 2004). Ces observations concordent avec des données antérieures. Elouard *et al.* (1983) avaient déjà observé la prépondérance des échinodermes en 1982 quelques mois après l'immersion des déblais de dragage. De plus, à la même époque, les espèces *Nassarius trivittatus*, *Tellina agilis* et *Spiophanes bombyx* avaient aussi été observées en grand nombre.

L'étude des modes alimentaires des invertébrés benthiques indique que les filtreurs et les détrivores de surface étaient les plus présents en 2001 suivi des carnivores (St-Laurent *et al.* 2004). En 1997, les détrivores de surface étaient plus nombreux suivi des carnivores (St-Laurent *et al.* 2000).

Des études antérieures effectuées par Élouard *et al.* (1983) ont démontré que les communautés benthiques étaient dominées, en ordre décroissant, par les bivalves, les polychètes, les gastéropodes, les crustacés et les échinodermes. De plus, quel que soit l'habitat, le nombre d'espèces diminue de juin à octobre mais il y a une augmentation du nombre d'individus. De plus, Bourget (1976) a démontré qu'il n'y a pas de différence significative entre l'intérieur et l'extérieur de la lagune pour ce qui est de la richesse ou de la diversité des espèces. Il a remarqué qu'au début de l'été les différents habitats sont similaires mais qu'à la fin ils sont tous perturbés et très peu similaires. Le fort recrutement local d'échinodermes serait responsable de cette observation. Ainsi, selon Bourget (1976), le milieu lagunaire semble être instable.

St-Laurent *et al.* (2004) ont démontré que les communautés benthiques présentes dans les zones d'immersion de déblais de dragage ne redeviendront probablement pas semblables aux zones de référence en ce qui a trait à la composition taxonomique et à l'abondance. Cette dissimilitude proviendrait de la profondeur et de la granulométrie des sédiments qui diffèrent entre les zones. Toutefois, les zones d'immersion retrouvent une communauté benthique diversifiée et équilibrée. Cette étude a déterminé qu'il faut entre 4 et 10 ans à une communauté pour retrouver ces conditions.

Lors de la campagne de terrain réalisée à l'automne 2005, dans le cadre de la présente étude, des travaux ont été conduits visant la description de la faune benthique au nouveau site de mise en dépôt proposé ainsi qu'à deux zones de référence localisées respectivement à l'ouest et à l'est du nouveau site projeté. Ces travaux ont consisté à enregistrer des séquences vidéo à l'aide d'une caméra manipulée par un plongeur et à effectuer l'identification de la faune benthique présente dans des échantillons de sédiments. Les méthodes utilisées ainsi que les résultats détaillés de ces travaux sont présentés à l'annexe 4.

Les résultats de la caractérisation du secteur à l'étude, incluant le nouveau site de mise en dépôt et les zones de référence indiquent que le milieu dans cette grande aire est très uniforme, étant constitué de sables relativement fins, propres et étalés sur un fond très plat. Les mesures de la profondeur aux différentes stations sont toutes semblables, affichant une différence de moins d'un mètre entre la station la plus profonde et la station la moins profonde (voir annexe 4).

Cette uniformité est aussi apparente en ce qui concerne la faune benthique de grande taille. Les organismes relativement gros, tels que ceux visibles dans les séquences vidéo (Dollar de sable (*Echinarachnius parma*), Quahog nordique (*Arctica islandica*), Crabe commun (*Cancer irroratus*), Homard d'Amérique (*Homarus americanus*), Natice commune du nord (*Lunatia heros*), Bernard l'hermite et les poissons) ainsi que les gros organismes récoltés dans les sédiments (Dollars de sables, Quahog nordique, Mactre de l'Atlantique (*Spisula solidissima*), Couteau (*Ensis directus*) et Natice commune du

nord), sont tous distribués de façon uniforme à travers les différentes zones. De plus, les listes des espèces benthiques présentes dans les échantillons de sédiments prélevés dans les différentes zones sont pratiquement identiques. En plus des espèces mentionnées ci-dessus, ces listes incluent une diversité de petits bivalves (incluant *Tellina agilis*, *Siliqua costata*, *Modiolus modiolus*, *Cerastoderma pinnulatum*, deux petits bivalves qui sont possiblement des juvéniles du quahog et de la mactre, et deux espèces de petites palourdes non identifiées), des petits crustacés surtout représentés par des amphipodes et un nombre assez important de vers polychètes. On note aussi la présence assez commune de la Nasse de la Nouvelle-Angleterre (*Nassarius trivittatus*).

Dans toutes les zones du secteur à l'étude, les observations effectuées à l'aide de la caméra vidéo indiquent que le Dollar de sable est l'organisme le plus présent et probablement le plus important en terme de biomasse, surtout si on considère la grande taille que peut atteindre cette espèce. Parmi les espèces pouvant avoir un intérêt commercial, le Quahog nordique est le plus commun, étant retrouvé à presque toutes les stations. La Naticte commune du nord est aussi observée à plusieurs stations. Les autres espèces pouvant avoir un intérêt économique, comme le Homard d'Amérique, le Crabe commun, La Mactre de l'Atlantique et la plie, sont présents à une densité beaucoup plus faible, n'étant chacun observés que dans un nombre très restreint de stations. Les observations de ces espèces sont réparties uniformément à l'intérieur du secteur couvert par les relevés (incluant le nouveau site de mise en dépôt et les deux zones de référence).

En ce qui a trait aux résultats de l'observation des plus petits organismes récoltés dans les sédiments, des différences entre les zones du secteur à l'étude peuvent être notées. En effet, on observe une quantité et une diversité un peu plus faibles dans les zones de référence qu'au nouveau site de mise en dépôt proposé, en particulier pour ce qui concerne la zone de référence à l'ouest. Cette différence est particulièrement avérée en ce qui concerne les petits bivalves. En effet les nombres d'espèces ainsi que les nombres d'individus de petits bivalves sont plus faibles à chaque station de la zone de référence ouest qu'aux stations du nouveau site de mise en dépôt.

En conclusion, la caractérisation de 2005 indique que la faune benthique du nouveau site de mise en dépôt est dominée surtout par un échinoderme, le Dollar de sable, des bivalves et des vers polychètes. Le Quahog nordique est la seule espèce pouvant avoir un intérêt économique qui est régulièrement observée dans le secteur. Bien que le Crabe commun, le Homard d'Amérique, la Mactre de l'Atlantique et la plie sont présents en petits nombres, aucune de ces espèces susceptibles de faire l'objet d'une exploitation commerciale dans la région n'est présente en grand nombre dans le secteur. Les zones de référence présentent un habitat et une faune benthique identiques à ceux du nouveau site de mise en dépôt à ceci près que la diversité des petits organismes benthiques est relativement plus faible dans ces zones, particulièrement dans la zone de référence ouest.

2.2.2.3.1 Mollusques

D'après les informations obtenues de SIGHAP, les mollusques susceptibles d'être présents dans la région de la lagune de Grande-Entrée sont la Moule bleue (*Mytilus edulis*) et la Mye commune (*Mya arenaria*). Selon J. Richard (MPO, comm. pers.), la Mactre de Stimpson est aussi présente. De plus, le MAPAQ (2003) rapporte l'élevage des juvéniles du Pétoncle géant (*Placopecten magellanicus*) dans la lagune. La Naticte commune du nord et le Quahog nordique ont été observés de façon régulière au nouveau site de mise en dépôt. Il s'agit d'espèces ayant un potentiel commercial. Quelques individus de la Mactre de l'Atlantique, une espèce pêchée aux Îles-de-la-Madeleine, ont aussi été observés de façon sporadique dans le secteur du nouveau site de mise en dépôt (voir annexe 4).

2.2.2.3.1.1 Moule bleue

Ce mollusque a connu, depuis sa mise en culture dans les Îles-de-la-Madeleine, un essor économique important. Il y a trois champs d'aquaculture de la Moule bleue dans la partie est de la lagune de Grande-Entrée. La Moule bleue est présente en banc à l'état sauvage à l'ouest de Pointe aux Loups, dans la baie de Grosse-Île, autour de l'île aux Loups-Marins et au nord de l'île de Grande-Entrée (Figure 2.8).

Elle se trouve habituellement en milieu intertidal, attaché par son byssus aux rochers et aux cailloux. Les moules ont la capacité de croître dans un large éventail de conditions environnementales. Elles peuvent tolérer une gamme étendue de salinité soit de 0 à 31 ‰, mais la valeur optimale est de 26 ‰. Dans le golfe, les moules peuvent aussi tolérer une gamme étendue de températures soit entre sous zéro et 25 °C. Bien que le taux de croissance des moules soit réduit à basses températures, elles peuvent tout de même afficher une forte croissance dans des eaux froides où la nourriture est très abondante (MPO, 2003b).

Les moules se nourrissent en filtrant activement les particules en suspension dans l'eau qui entre et qui sort de la cavité du manteau en passant par les siphons dentelés. La respiration se fait quand un courant d'eau passe sur les branchies de la moule. Le phytoplancton, vivant et mort, constitue la principale source de nourriture, mais d'autres sources de carbone, comme des macrophytes en décomposition ou des détritiques en suspension peuvent aussi compléter son régime alimentaire (MPO, 2003b).

Aux Îles-de-la-Madeleine, la reproduction de la Moule bleue s'amorce au printemps lorsque la température de l'eau atteint 10 à 12 °C, vers la fin mai, et va jusqu'à la fin du mois de septembre (Poirier et Myrand, 1982). Il y a deux périodes de pointe d'émission des larves. Une première plus importante survient de la mi-juin jusqu'au début août et une seconde, moins forte, au mois de septembre. La fécondation se fait dans la colonne d'eau et, en très peu de temps, les embryons deviennent des larves qui nagent librement. Il faut seulement cinq heures pour que l'embryon commence à nager, à se nourrir de petites cellules de phytoplancton et à grossir pour atteindre le dernier stade larvaire, celui des larves véligères, souvent appelées collectivement naissain. Les larves nagent librement pendant trois à quatre semaines, jusqu'à la métamorphose finale, où elles cherchent à se fixer.

La commercialisation de la moule d'élevage a débuté en 1984-1985 aux Îles-de-la-Madeleine. Les cultures présentes dans la lagune de Grande-Entrée sont bien protégées des intempéries fréquentes aux Îles. De plus, les résultats du suivi du phytoplancton toxique dans les mollusques du Saint-Laurent de 1989 à 1994 ont montré que dans la région des Îles-de-la-Madeleine les concentrations de phytoplancton toxique étaient faibles et donc que la toxicité des mollusques a toujours été sous la norme (Blasco *et al.* 1998).

2.2.2.3.1.2 Mye commune

La Mye commune est présente partout dans la zone intertidale de la lagune de Grande-Entrée (voir Figure 2.8) mais principalement dans la région de la dune du Nord (J. Richard, MPO, comm. pers. et ZIP IDLM, 2002). C'est à cet endroit que la cueillette de myes s'effectue par la population locale. C'est habituellement dans des aires sableuses ou vaseuses protégées de la zone intertidale inférieure, où les températures sont inférieures à 28 °C et où les salinités dépassent 4 à 5 ‰ que l'on observe une abondance maximale de myes (Abraham et Dillon, 1986). La mye est donc eurytherme et euryhaline. Pendant l'hiver, les myes peuvent survivre à des températures inférieures au point de congélation. Pendant les périodes de stress causé par la chaleur naturelle à court terme, les myes rentrent leur siphon et vivent en anaérobiose dans la vase fraîche. La mye tolère très bien les fluctuations de l'oxygène et est relativement tolérante à la turbidité.

2.2.2.3.1.3 Mactre de Stimpson

À partir de 2005, des permis de pêche pour la Mactre de Stimpson (*Mactromeris polynyma*) dans la lagune seront émis. Pour l'instant, cette espèce fait seulement l'objet d'une cueillette récréative. La mactre est un bivalve benthique et sédentaire qui vit sous la ligne de basse-marée à des profondeurs inférieures à 60 m (MPO, 2002c). Elle vit généralement enfouie dans le sédiment, de préférence sableux, en groupes nommés «gisements».

La reproduction des mactres est externe. Suite à l'éclosion des œufs, un stade larvaire pélagique précède la vie benthique. Il faudrait à la Mactre de Stimpson environ 15 ans pour atteindre la taille minimale de 80 mm pour sa récolte.

On retrouve deux zones de concentration de la Mactre de Stimpson dans la lagune de grande-Entrée (J. Richard, comm. pers). Elles seraient situées autour des îlots B et C créés suite aux premières activités de dragage du chenal. Il semblerait que ces sites soient des aires de multiplication (pouponnières) pour la mactre (ZIP IDLM (comité de gestion lagune G-E, 2003). La mactre est présente en grand nombre, et est pêchée d'avril à novembre dans la lagune de Grande-Entrée (ZIP IDLM comité de gestion lagune G-E, 2003).

2.2.2.3.1.4 Mactre de l'Atlantique

La Mactre de l'Atlantique (*Spisula solidissima*) est un grand bivalve benthique qui préfère les substrats sablonneux et qui se trouve dans l'infralittoral (Giguère *et al.*, 2005). Dans le Golfe Saint-Laurent, les plus grandes concentrations se retrouvent dans la partie supérieure de l'infralittoral. Les plus fortes concentrations de cette espèce sont retrouvées dans des substrats de sable moyen et de gravier, mais il est possible de la trouver dans un substrats mixte de sable, de vase et de gravier (Giguère *et al.*, 2005).

Aux Îles-de-la-Madeleine, les concentrations de Mactre de L'Atlantique sont retrouvées sur le côté sud-est des îles et dans la lagune de Grande-Entrée. Les concentrations les plus importantes sont retrouvées à des profondeurs de moins de 5 m (Giguère *et al.*, 2005). La mactre est observée à une densité faible au nouveau site de mise en dépôt, à une profondeur de 16 m (voir annexe 4). Cette espèce avait aussi été retrouvée lors de la caractérisation de la faune benthique du dépôt D (St-Laurent *et al.*, 2004). De plus grandes concentrations sont retrouvées le long de la dune du sud et dans la lagune de Grande-Entrée (Giguère *et al.*, 2005).

Une pêche commerciale mécanisée à la drague hydraulique s'est développée au cours des dernières années pour cette espèce et celle-ci est gérée par le biais de permis de pêche, d'un contingent global, d'une saison de pêche restreinte et d'une taille minimale des spécimens débarqués (Giguère *et al.*, 2005). Les débarquements commerciaux atteignent généralement le contingent de 113,1 tonnes. Une cueillette manuelle récréative de cette espèce est aussi pratiquée aux Îles-de-la-Madeleine. Cette cueillette est peu réglementée ou étudiée (Giguère *et al.*, 2005).

La Mactre de l'Atlantique a une croissance assez rapide, pouvant atteindre la taille commerciale de 76 mm en 4 ou 5 ans aux Îles-de-la-Madeleine. La période de ponte de l'espèce a principalement lieu de juillet à septembre, mais le cycle reproducteur peut varier entre les régions et les années (Giguère *et al.*, 2005).

2.2.2.3.1.5 Quahog nordique

Le Quahog nordique (*Arctica islandica*) est un gros bivalve qui est, comme les mactres, communément appelé palourde. L'espèce est retrouvée dans l'Atlantique nord, de l'Arctique jusqu'au cap Hatteras en Caroline du Nord (MPO, 1998). L'espèce est retrouvée à des profondeurs de plus de 4 mètres. Un

spécimen vivant a déjà été récolté à une profondeur de 482 m (MPO, 1998). Le Quahog nordique préfère les fonds vaseux ou sablonneux dans lesquels il s'enfouit jusqu'à une profondeur de 12 cm. Il est moins présent sur des fonds de gravier ou d'argile (MPO, 1998). Des adultes de cette espèce sont présents à presque toutes les stations d'échantillonnage du nouveau site de mis en dépôt (voir annexe 4). De plus des juvéniles du Quahog nordique ont été observés à toutes les stations de microbenthos (cette identification n'est cependant pas hors de tout doute, s'agissant de petits bivalves ayant la forme et les caractéristiques générales de cette espèce, mais dont les dimensions empêchent de statuer formellement sur leur identification). Cette espèce avait été notée en nombre relativement restreint lors des caractérisations de la faune benthique au dépôt D (St-Laurent *et al.*, 2004).

Le Quahog nordique se reproduit à l'année longue, mais la reproduction atteint son apogée entre juillet et septembre (MPO, 1998). Les œufs et les larves font partie du zooplancton et se déposent sur le substrat après la métamorphose en juvénile. Le développement des larves peut prendre de 32 à 55 jours selon la température (Cargnelli *et al.*, 1999). Les juvéniles ont un taux de croissance assez élevé, mais le recrutement des juvéniles à la population adulte est très faible, probablement à cause de facteurs environnementaux (mauvais substrats, températures élevées) et de la prédation des jeunes juvéniles (Cargnelli *et al.*, 1999). Une fois qu'il ont atteint la maturité, à une grandeur de 48 mm et un âge moyen de 13 ans (MPO, 1998), les Quahogs nordiques ont un taux de croissance très faible, mais ils peuvent survivre très longtemps (Cargnelli *et al.*, 1999) : il a été confirmé qu'un individu de cette espèce a vécu 374 ans (Schöne, *et al.*, 2005).

Le Quahog nordique fait l'objet d'une pêche commerciale dans le nord-est des États-Unis et en Nouvelle-Écosse (MPO, 1998), mais n'est pas exploité aux Îles-de-la-Madeleine.

2.2.2.3.1.6 Pétoncle géant

L'élevage des juvéniles du Pétoncle géant (*Placopecten magellanicus*) est pratiqué dans la lagune. Les parcs de pétoncles sont localisés à quelques 600 m du chenal de la Grande-Entrée et à 3 m de profondeur (Robert Hamelin et Associés inc., 2002). Le captage des naissains pour l'élevage se fait dans les bancs naturels dans le secteur sud-ouest des IDLM, à une dizaine de kilomètres de Havre-aux-Maisons. Les fonds de pêche pour le pétoncle aux Îles-de-la-Madeleine se situent à l'extérieur de la lagune. Les zones de pêche connues sont celles de l'Étang du Nord (pointe du Ouest), du Dix-Milles, de la Chaîne-de-la-Passe, au sud-ouest de l'île Brion et du Banc de l'Est (Giguère *et al.* 2000).

Le pétoncle vit dans des eaux peu profondes entre 20 et 40 mètres et se nourrit d'épifaune en suspension. Il préfère des substrats durs ou rocaillieux. Le pétoncle exige de fortes concentrations d'oxygène. Cette espèce est sténohaline, c'est-à-dire qu'elle exige une salinité d'au moins 30 ‰. Elle est très sensible et relativement intolérante à la pollution et aux fortes concentrations de fines particules en suspension (Cranford et Gordon, 1992). Les pétoncles sont aussi très sensibles aux fluctuations de température. Par le passé, des mortalités massives de pétoncles en eaux peu profondes (de 12 à 20 m ou moins) ont été attribuées à des oscillations de la thermocline. La limite supérieure létale absolue est de 22,5 °C, bien que l'on note des stress importants bien en deçà de cette limite. Les températures optimales de croissance sont de 10 à 15 °C. En dessous de 8 °C, la croissance ralentit.

La ponte chez le Pétoncle géant aux Îles-de-la-Madeleine se produit de la fin août à la mi-septembre (Giguère *et al.*, 2000). Elle a lieu généralement après une tempête d'automne qui mélange les nappes d'eau et cause une augmentation de la température sur le fond. Dans les parcs présents dans la lagune, on a déjà observé une première ponte à la fin juillet. Cette ponte hâtive a été attribuée au fait que la température de l'eau de la lagune est plus élevée (J. Côté, IMAQUA, comm. pers cité dans Robert Hamelin et associés, 2002). Suite à la ponte, les larves pélagiques se dispersent pour une période d'environ 5 semaines avant de se fixer sur le fond (Giguère *et al.*, 2000).

L'alimentation du pétoncle a été intensivement étudiée ainsi que l'influence de la remise en suspension de particules dans la colonne d'eau. La concentration de particules de limon et d'argile présente dans la colonne d'eau peut influencer le taux de filtration des bivalves et, conséquemment, influencer la croissance de ces organismes (Cranford et Gordon, 1992). Les pétoncles ont un taux élevé de traitement des particules à des faibles concentrations en seston et ce taux est significativement réduit au fur et à mesure que la concentration en seston augmente. Cette diminution est accompagnée d'une augmentation de production de pseudofaeces. Une étude effectuée par Bacon *et al.* (1998, cité dans Robert Hamelin et Associés inc., 2002) sur les bancs de pétoncle du Banc Georges a permis d'observer que, à des concentrations supérieures à 10 mg/L, les pétoncles diminuaient leur taux de traitement de particules. Dans cette région le substrat est à dominance de gravier et de sable avec une granulométrie entre 125 et 500 µm. Cependant, Cranford et Gordon (1992) ont observé le même phénomène à des concentrations en argile de 2 mg/L. Ils ont remarqué que les pétoncles étaient incapables de compenser la présence d'argile. Ils ont aussi observé une mortalité accrue, une diminution des tissus et l'absence du développement des gonades chez des pétoncles exposés à des concentrations de bentonite (10 mg/L) douze heures par jour pendant 34 jours. Il est important de noter que la présence de particules en suspension à des concentrations entre 10 et 40 mg/L entraîne la fermeture de la coquille du pétoncle (Cranford, MPO, comm. pers. cité dans Hamelin et associés, 2002). Le pétoncle entre dans un mode de survie en arrêtant de s'alimenter et en maintenant uniquement ses fonctions vitales.

2.2.2.3.1.7 Natice commune du nord

La Natice commune du nord (*Lunatia heros*) est un gros escargot marin qui est retrouvé de la zone intertidale jusqu'à des profondeurs assez élevées, surtout dans le sud de sa distribution (MPO, 1997; Gosner, 1978). On retrouve cette espèce, qui est présente dans tout le golfe Saint-Laurent, sur des fonds de vase, de sable ou d'un mélange de sable et gravier (MPO, 1997). Elle est capable de s'enfouir jusqu'à 15 cm dans ces fonds. Des natices sont présentes en petits nombres à plusieurs stations au nouveau site de mise en dépôt ainsi que dans les deux zones de référence (voir annexe 4). Il s'agit probablement de Natices communes du nord, mais il faut noter que d'autres espèces de natices, plus petites et pouvant être confondues avec les Natices communes du nord juvéniles, se retrouvent dans les eaux canadiennes.

La Natice commune du nord est carnivore et préfère se nourrir de bivalves tels que la Mactre de l'Atlantique et les moules qu'elle dévore en perçant un trou dans leurs coquilles pour y introduire sa bouche (MPO, 1997). L'accouplement a lieu au printemps, quand la température de l'eau augmente. Les femelles pondent des colliers d'œufs du début mai à septembre, avec un pic en juillet. La natices passe ensuite par un stade de larve planctonique qui dure de 4 à 7 jours (MPO, 1997). La croissance est assez lente et les individus ayant des coquilles de 50 mm sont âgés d'environ 10 ans (MPO, 1997).

Il n'y a pas de pêche commerciale visant spécifiquement les natices en Amérique du nord. Par contre, cette espèce fait un excellent appât pour les poissons de fond et les prises accessoires dans la pêche au homard commandent de bons prix dans les petits marchés locaux (MPO, 1997). De plus, les Acadiens ont largement consommé les natices dans le passé et le pied de la natices est considéré comme un produit fin à certains endroits (MPO, 1997).

2.2.2.3.2 Échinodermes

2.2.2.3.2.1 Oursin vert

Au Québec, l'Oursin vert (*Strongylocentrotus droebachiensis*) est actuellement peu exploité mais présente un potentiel commercial (MPO, 2000). Son exploitation aux Îles-de-la-Madeleine a commencé en 1994 dans le cadre d'un programme d'essai mais ce n'est qu'en 1997 que la pêche exploratoire a démarré (Pelletier *et al.*, 2001). Les données de SIGHAP (2005) indiquent un habitat vital ponctuel d'Oursins vert

dans la lagune de Grande-Entrée ainsi que plusieurs autres au sud de l'île de Grande-Entrée (Figure 2.8). Aux Îles-de-la-Madeleine, les secteurs Les Demoiselles, Gros-Cap et l'Île Shag sont exploités pour la pêche à l'Oursin vert (Pelletier *et al.*, 2001). Il n'y a aucune pêche commerciale de l'Oursin vert dans la lagune de Grande-Entrée.

Présentement, les données biologiques spécifiques à l'Oursin vert sont limitées. Toutefois, on sait que chez l'oursin la ponte a lieu au printemps lors des premières floraisons printanières de phytoplancton, et qu'elle se déroule vers avril-mai dans le golfe du Saint-Laurent. La larve pélagique issue de l'œuf fécondé dérive pendant 2 à 5 mois dans les eaux de surface avant de s'établir sur le fond. A cette période, l'oursin juvénile ne mesure que 0,5 mm. Lorsque sa taille sera entre 18 et 25 mm, l'Oursin vert aura atteint sa maturité sexuelle, ce qui correspond à 2 ou 3 ans années de croissance (MPO, 2000). Dans le golfe du Saint-Laurent, l'oursin atteint sa maturité sexuelle à un poids corporel de 10 g ou à une taille approximative de 30 mm. Selon des données non publiées, l'espérance de vie de l'Oursin vert aux IDLM serait de 19-20 ans (Pelletier *et al.*, 2001).

Lors d'une campagne d'échantillonnage, Pelletier *et al.* (2001) ont obtenu des densités d'oursins qui variaient entre 0 et 83,3 oursins/m². De plus, la répartition d'oursins de différentes tailles était hétérogène à chaque site. Les résultats ont aussi démontré que la présence d'oursins dans le milieu semble liée au type de substrat. Les endroits de sédiments fins tels que du sable et du gravier avaient les plus faibles densités tandis que les zones de substrats durs grossiers composés de gros blocs ou de roche mère avaient les plus fortes concentrations d'individus. À première vue, il n'y a aucune relation entre la profondeur et la densité d'oursins présents. Toutefois, les résultats indiquent que les densités ont tendance à être plus élevées à des profondeurs supérieures à 3 m (Pelletier *et al.*, 2001).

D'après des études antérieures, l'oursin affiche une préférence alimentaire pour les algues laminaires (Pelletier *et al.*, 2001). De plus, les oursins en bordure des champs de laminaires ou présents dans des zones de courants alimentées régulièrement par des algues à la dérive auraient une croissance plus rapide (MPO, 2000).

2.2.2.3.2.2 Dollar de sable

Le Dollar de sable (*Echinarachnius parma*) est l'espèce benthique dominante au nouveau site de mise en dépôt (voir détails à l'annexe 4). Cette espèce se retrouve sur les fonds sableux de l'infra littoral jusqu'à des profondeurs de 792 m où elle se nourrit de diatomes et d'autres microorganismes (Gosner, 1978). À notre connaissance, cette espèce n'est pas pêchée et ne présente aucun intérêt commercial à part la collection et la vente des individus morts blanchis.

2.2.2.3.3 Crustacés

2.2.2.3.3.1 Homard d'Amérique

Les Îles-de-la-Madeleine est la région au Québec où l'exploitation commerciale du Homard d'Amérique (*Homarus americanus*) est la plus importante. Les captures totales représentent 63% (2 025 t) des captures de homard au Québec (MPO, 2004b). De plus, cette industrie compte pour 66% de tous les revenus de pêche des Îles-de-la-Madeleine pour seulement 17% du volume des débarquements. Le homard est donc une espèce commercialement importante pour les Îles-de-la-Madeleine. Cependant, la lagune de Grande-Entrée est un sanctuaire où la pêche au homard est interdite depuis le début du siècle dernier (1905). À cette époque, la lagune était soupçonnée d'être un milieu important pour la reproduction du homard aux îles. Malgré cette interdiction, le braconnage du homard s'est toujours pratiqué dans la lagune (ZIP IDLM, 2003).

D'après les informations obtenues de SIGHAP (2005), le Homard d'Amérique serait présent à l'année et exploité au sud de l'Île de Grande-Entrée et de l'île du Havre aux Maisons et au nord de Grosse-île. L'une des études les plus importantes réalisées sur la migration du homard autour des îles a montré que les déplacements se font surtout le long de la côte, sans orientation précise (Bergeron, 1967). Des études plus récentes ont mis en évidence l'existence de migrations actives du homard entre la côte et les lagunes au printemps (entre la mi-mai et la fin juin) et l'inverse à l'automne (au mois d'octobre). Ces migrations seraient liées au réchauffement et au refroidissement des masses d'eau au seuil critique de 11 °C dans la lagune (Munro et Therriault, 1983). Suite à sa sortie de la lagune à l'automne, le homard demeurerait en grande partie à proximité des embouchures, ce qui expliquerait les retours élevés dans la lagune au printemps.

Le homard a été observé très ponctuellement, généralement un seul individu à la fois, à quelques stations lors de la réalisation des enregistrements vidéo au nouveau site de mise en dépôt au large de Grande-Entrée. Les détails de ces observations sont présentés à l'annexe 4.

Dubé (1990) a étudié l'abondance et la distribution de la population de homards à l'intérieur de la lagune de Grande-Entrée pendant les travaux de 1980 à 1984. Les résultats ont démontré que l'abondance des homards d'une longueur céphalothoracique entre 60 et 130 mm s'est maintenue entre 1980 et 1985. La distribution spatiale évaluée à partir du rendement de pêche au casier n'a révélé aucun changement détectable dans la répartition du homard à l'intérieur de la lagune pour cette même période. La population de homard de taille commerciale a été évaluée à 90 000 individus entre la mi-août et le mois de novembre. L'étude a démontré que les densités les plus faibles étaient en mai près de l'embouchure et les plus élevées de juillet à octobre dans les secteurs est et centre-est de la lagune. La distribution du homard dans la zone à l'étude est illustrée à la Figure 2.8. Cependant, des recherches ont montré qu'il y avait un très faible pourcentage de femelles de taille adulte dans la lagune, mais que ces observations seraient vraisemblablement le résultat d'une plus grande mobilité chez les mâles (Bergeron, 1967; Munro et Therriault, 1983; Dubé, 1990).

Dubé (1990) suggère que la présence de petits homards (20-29 mm) dans la lagune de Grande-Entrée indique la production de jeunes homards dans cette zone. Toutefois, l'échantillonnage de zooplancton (Burton *et al.*, 1997) et du benthos (Élouard *et al.*, 1983; St-Laurent *et al.*, 2000 et 2004) n'a révélé la présence d'aucune larve de homard. L'absence de larves aux stades I, II et III, mais leur présence en faible quantité au stade IV trouvés par Hudon *et al.* (1986) concorde avec les résultats de Munro et Therriault (1983), montrant la quasi absence de femelles ovigères à l'intérieur de la lagune et suggère que les larves y sont principalement transportées par les courants de marée.

Les travaux de Dubé (1990) et de Munro et Therriault (1983) ont cependant mis en évidence deux périodes de mue à l'intérieur de la lagune, comparativement à une seule pour la majorité des homards vivant sur la côte sud des îles (Munro et Therriault, 1983). L'avantage de migrer à l'intérieur de la lagune pourrait donc se situer au niveau de la croissance. La faible présence de femelles et l'absence totale de larves aux premiers stades de développement (I, II et III) semblent indiquer que la lagune n'est pas fréquentée par le homard pour la reproduction, mais qu'elle constituerait un milieu favorable pour une croissance plus rapide.

L'écologie des juvéniles a été fort étudiée autour des îles. Les aires principales de production d'œufs et de larve du premier stade sont localisées à l'extérieur de la lagune à Grosse-île (nord-est) et à la Cormorandière (sud-est) (Attard et Fradette, 1985, cités dans Hudon *et al.*, 1986). Le patron général de dispersion et d'abondance des larves produites est associé au régime des courants, elle contourne la Pointe de l'Est pour se concentrer dans la baie de Plaisance par un mouvement giratoire des eaux (Hudon *et al.*, 1986). L'abondance des larves de stades plus avancés est faible au sud-est et pratiquement nulle au

nord-est des îles, alors que la baie de Plaisance recèle peu de larves de stade I, mais une très forte proportion de larves aux stades III et IV.

Les larves à l'état planctonique (stades I à IV) sont produites tout l'été. Le début de leur apparition au stade I est synchronisé avec l'accroissement rapide de la température de l'eau, à la fin du mois de juin, atteignant le stade IV lorsque la température en surface atteint son maximum en août (Hudon et Fredette, 1988). Elles se retrouvent principalement en surface mais les larves du stade I, influencées par l'intensité lumineuse, peuvent pénétrer jusqu'à 2,4 m de profondeur durant la nuit, contrairement aux larves de stades II, III, IV qui se tiennent près de la surface en tout temps (Hudon *et al.*, 1986). On estime que la déposition benthique des individus rendus au stade IV doit se faire tard en été, de la mi-août jusqu'à la mi-septembre (Hudon et Fredette, 1988).

Au début de leur vie benthique, les larves affectionnent plus particulièrement les substrats à proximité des fonds rocheux (Hudon *et al.*, 1986). Les densités naturelles maximales des postlarves (<25 mm) et des juvéniles (25-76 mm) ont été localisées aux emplacements rocheux peu profonds tandis que les sables n'abritent pas de homards à ces stades (Hudon, 1987).

2.2.2.3.3.2 Crabe commun

Le Crabe commun (*Cancer irroratus*) aussi connu sous le nom de Crabe tourteau est très prolifique, et particulièrement abondant dans la lagune de Grande-Entrée. Cependant, son exploitation commerciale a été tardive. Elle a commencé de façon expérimentale en 1974 dans le golfe du Saint-Laurent mais la pêche n'a réellement pris qu'un essor en 1995. En 2001, les débarquements de Crabe commun aux Îles comptaient pour 47 % de ceux de l'ensemble du Québec. Les captures proviennent principalement de la Baie de Plaisance, de la région au sud-ouest de l'île du Havre aux Maisons et se font à des profondeurs inférieures à 20 m. L'aire de concentration exploitée du Crabe commun est illustrée à la Figure 2.8. La saison de pêche a lieu généralement à la mi-août pour se terminer début novembre (MPO, 2002b).

Le Crabe commun a été observé lors de la réalisation des enregistrements vidéo au nouveau site de mise en dépôt au large de Grande-Entrée. Ce crustacé est présent dans la majorité des transects, mais en nombre restreint (1 ou 2 individus par station). De plus, un individu a été récolté dans un des échantillons de sédiments visant l'analyse de la faune microbenthique. Il est permis de conclure que le crabe est présent de façon régulière dans le secteur du nouveau site de mise en dépôt, mais à faible densité. Les détails de ces observations sont présentés à l'annexe 4.

Cette espèce est associée à différents types de substrats. Les crabes de taille commerciale, largeur de carapace supérieure à 50 mm, vivent sur des fonds de sable ou de vase tandis que ceux avec une taille inférieure se trouvent dans des substrats rocheux, là où l'on trouve le homard. Les femelles ovigères montrent une préférence pour les substrats meubles où elles peuvent s'enfouir.

La reproduction du Crabe commun a lieu à l'automne, suite à la mue des femelles, alors que leur carapace est encore molle. Les femelles atteignent leur maturité sexuelle autour de 60 mm de largeur de carapace et les mâles à 70 mm. Les femelles pondent des œufs qu'elles gardent sous leur abdomen pendant près de 10 mois. L'éclosion des œufs a lieu l'été suivant la ponte. Les larves demeurent dans la colonne d'eau de la mi-juin à la mi-septembre. À l'automne, les larves se métamorphosent en petits crabes et commencent peu après leur vie benthique. Les juvéniles se retrouvent principalement à faible profondeur sur des substrats où des abris leur offrent une protection contre les prédateurs et le brassage des eaux. Les données sur la croissance du Crabe commun sont rares. Toutefois, des données provenant de régions plus au sud indiquent que le crabe pourrait atteindre sa taille commerciale vers 5 ou 6 ans et aurait une longévité d'environ 7 ans (MPO, 2002b).

L'analyse des contenus stomacaux de homard a démontré que le Crabe commun est une proie importante pour celui-ci à partir du premier stade larvaire.

2.2.2.3.3 Crabe des neiges

Le Crabe des neiges (*Chionoecetes opilio opilio*) est une espèce à caractère commercial très importante au Québec, et est parmi les plus lucratives pour les Îles-de-la-Madeleine. Toutefois, il est absent des lagunes et de la baie de Grande-Entrée puisqu'il vit, selon les données de Lafleur *et al.* (1984), dans le golfe du Saint-Laurent à des profondeurs variant entre 50 et 200 m.

2.2.2.4 Poissons

Il y a 122 espèces de poissons dans le golfe du Saint-Laurent. Selon les habitats fréquentés, on distingue plusieurs catégories : poissons de fond, pélagique et littoraux. Plusieurs de ces espèces de poissons sont exploitées dans la région des Îles-de-la-Madeleine. Les espèces commercialement importantes sont présentées plus en détail ci-dessous.

Deux espèces de poissons ont été observées lors de la caractérisation du site nouveau site de mise en dépôt : la plie et le Chaboisseau à dix-huit épines (*Myoxocephalus octodecemspinus*). L'identification de la plie ne peut être précisée au niveau de l'espèce, mais il s'agit d'une espèce de la famille Pleuronectidae, probablement la Plie rouge (*Pseudopleuronectes americanus*). Ces espèces sont observées de façon très ponctuelle (voir détails à l'annexe 4).

2.2.2.4.1 Hareng Atlantique

Aux Îles-de-la-Madeleine, le Hareng atlantique (*Clupea harengus*) fut très abondant jusqu'au début des années 1970. Les débarquements ont alors fortement diminué. Cet effondrement des stocks est relié à deux causes : la surpêche et la difficulté du recrutement (Cleary et Morgan, 1981).

Le hareng est un poisson pélagique qui se déplace en banc. La population présente dans le sud du golfe Saint-Laurent a deux composantes intéressantes. Il s'agit des reproducteurs de printemps et d'automne. Les plus grandes populations de reproducteurs de printemps sont présentes aux Îles-de-la-Madeleine. Ils se reproduisent en avril, mai et début juin à une profondeur inférieure à 10 m. Spénard (1979) estime que la lagune de Grande-Entrée est une zone de fraie aussi concentrée que celle le long des côtes des Îles-de-la-Madeleine. La période de reproduction débiterait aux environs de la mi-avril jusqu'à la mi-mai pour se terminer vers le mois de mai, selon les années. Les harengs ne sont présents dans la lagune que pendant cette période de reproduction. Lamoureux *et al.* (1984) croient que les bas de zone intertidale combinés à la présence de courants de marée sont des conditions propices à la fraie. Il semble aussi que le hareng peut utiliser une variété de substrats (gravier, roches, sables ou algues) (Tibbo *et al.*, 1963). Suite à leur fertilisation, les œufs adhèrent au substrat.

Les informations fournies par SIGHAP (2005) indiquent deux aires de reproduction pour le Hareng Atlantique dans la lagune de Grande-Entrée. Ces zones sont situées au sud de la Grosse-Île et à l'ouest de la Longue Pointe (Figure 2.9). Il y a aussi une concentration exploitée à la sortie de la lagune à l'extrémité est de la dune du Sud.

2.2.2.4.2 Maquereau bleu

Les Îles-de-la-Madeleine constituent le principal secteur du golfe où le maquereau est exploité. Les données de SIGHAP (2005) indiquent une concentration de Maquereau bleu (*Scomber scombrus*) exploitée au printemps et à l'été à environ 3 km au sud de l'Île de Grande-Entrée et une autre exploitée à l'été et à l'automne au nord de la dune du Nord (Figure 2.9).

Le Maquereau bleu est une espèce qui a deux aires de pontes distinctes dans le golfe du Saint-Laurent. La première le long des côtes du New Jersey et une autre dans le sud du golfe à l'ouest des Îles-de-la-Madeleine et au sud du chenal Laurentien. La température de l'eau de surface dans cette dernière zone est plus chaude qu'ailleurs dans cette partie du golfe. C'est donc là qu'on observe la plus importante concentration d'œufs de Maquereau bleu. La ponte a généralement lieu en juin et au début juillet.

C'est la température de l'eau qui influence le patron et le déroulement des migrations annuelles ainsi que la profondeur à laquelle le Maquereau bleu se déplace. L'espèce préfère des eaux dont la température est supérieure ou égale à 7 °C. Pour cette même raison, le vent influence indirectement le maquereau. En effet, des vents forts peuvent être à l'origine de remontées d'eaux froides vers la surface. L'essentiel des migrations du Maquereau bleu vers le golfe du Saint-Laurent se fait en juin et ce de façon rapide. En effet, 75 % des débarquements sont effectués approximativement en 14 jours. La migration se termine début juillet. La migration automnale se fait à partir du mois de septembre.

Entre 1990 et 2000, le Québec se situait au troisième rang en importance pour la moyenne de débarquements par année pour le maquereau avec 3596 tonnes/an. De plus, une grande majorité de ces pêches provenaient de la zone des Îles-de-la-Madeleine avec une moyenne de 3224 tonnes/an. En 2003, les statistiques pour les Îles-de-la-Madeleine indiquent que 17 tonnes (poids vif) de Maquereau bleu ont été enregistrées et les résultats préliminaires de 2004 sont de 12 tonnes (poids vif) (MPO, 2004d).

2.2.2.4.3 Morue franche

La Morue franche (*Gardus morhua*) est une espèce répertoriée sur le registre de la Loi des espèces en Péril (LEP). La morue présente aux Îles-de-la-Madeleine appartient à la population des Maritimes. Le statut de cette population est considéré préoccupant. Le taux de déclin de la population calculé sur les trois dernières générations est de 14 %. Le facteur principal lié à cette baisse est la surpêche. Toutefois, l'altération de l'écosystème et de l'habitat benthique par les engins de pêche ont joué un rôle dans cette diminution (COSEPAC, 2003). La population des Maritimes est composée de 5 stocks. Seuls les stocks du sud du Golfe et du détroit de Cabot font l'objet d'interdiction de pêche depuis 1993. Les autres, ouest de la plate-forme Néo-Écossaise, Baie de Fundy et une partie du banc Georges, n'ont pas été visés par les fermetures de pêche. Malgré ces arrêts, la population de Morue franche a peu augmenté. En 2003, la pêche commerciale a débarqué 12 tonnes (poids vif) de morue aux Îles-de-la-Madeleine et 8 tonnes (préliminaire) en 2004 tandis que la quantité pour l'ensemble du Québec était respectivement de 64 t et 747 t en 2003 et 2004. Les données de SIGHAP (2005) indiquent une concentration de morue à environ 3 km au sud de la dune du Sud (Figure 2.9). La pêche se déroule majoritairement au mois de juillet.

La morue est un poisson de fond. Elle fraie autour des Îles-de-la-Madeleine de la fin avril au début juillet. Les individus qui composent la population des Maritimes sont reconnus pour leurs migrations. La migration automnale commence à la fin octobre. Au mois de novembre, elle se concentre au large du Cap-Breton (N-E). Ensuite, elle se dirige au large de la Nouvelle-Écosse le long du chenal Laurentien où elle séjourne pour l'hiver. La migration printanière a lieu généralement à la mi-avril, mais celle-ci dépend de la rupture des glaces dans le golfe.

Selon les données disponibles, les caractéristiques d'habitats essentiels pour la morue serait celles nécessaires au stade juvénile pour les premières années de sa vie (1 à 4 ans). À cette période, la morue s'installe sur le fond et semble préférer un habitat hétérogène composé de structures verticales comme la Zostère marine (*Zostera marina*) dans les eaux littorales. On ne connaît pas les préférences de la morue une fois son stade adulte atteint. Une fois de plus, les exigences d'habitat au niveau de la fraie sont inconnues. On sait que la Morue franche fraie à des profondeurs entre une dizaine et une centaine de mètres. L'œuf vit ensuite dans la couche d'eau comprise entre 10 et 50 m (COSEPAC, 2003).

2.2.2.4.4 *Éperlan arc-en-ciel*

L'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) est une espèce pélagique anadrome qui vit en banc. Elle est sensible à l'éclairement et à la température ce qui explique sa présence près des côtes le jour. Cette espèce fraie la nuit au-dessus d'un fond de gravier. Toutefois, on ne connaît pas l'origine des éperlans présents aux Îles. Quelques sites de frai ont été localisés dans les embouchures de certains ruisseaux des Îles-de-la-Madeleine. Cependant, ces habitats ne semblent pas pouvoir soutenir la population telle qu'on l'observe pendant la pêche.

La pêche de l'Éperlan arc-en-ciel se fait surtout à l'automne et à l'hiver. Cette pêche est effectuée à la morte-saison. Il existe une pêche amateur qui a lieu pendant les mois d'été et d'hiver dans le havre de Grande-Entrée et au sud de la Pointe-aux-Loups (ZIP IDLM, 2002). Toutefois, elle n'est pas répertoriée dans les débarquements enregistrés aux Îles-de-la-Madeleine. Les zones de présence de l'espèce à l'automne et à l'hiver sont illustrées à la Figure 2.9.

2.2.2.4.5 *Anguille d'Amérique*

Il n'y a aucune pêche commerciale de l'Anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) aux Îles-de-la-Madeleine. Elle constitue plutôt une prise complémentaire. Cette espèce est considérée prioritaire par le plan d'action Saint-Laurent Vision 2000 suite à un bilan environnemental effectué par le MENV pour les Îles-de-la-Madeleine (ZIP IDLM, 2002). L'anguille est une espèce catadrome qui se reproduit seulement dans la partie occidentale de la mer des Sargasses entre février et avril. Sa migration de frai a lieu entre les mois d'août et de décembre. Le point culminant de cette migration est pendant le dernier quartier de la lune en septembre et en octobre.

Les informations de SIGHAP (2005) indiquent que l'Anguille d'Amérique est présente dans la lagune et ses alentours. L'espèce est présente au sud et à l'extrémité ouest de l'île de Grande-Entrée, au sud de Grosse-Île, à l'est de la Longue-Pointe et à la Pointe Old-Harry (Figure 2.9). De nos jours, l'anguille est pêchée principalement dans la Baie de Old Harry et à la Pointe de l'Est, à l'automne et à l'hiver (ZIP IDLM, 2002).

2.2.2.4.6 *Plie rouge*

La plie rouge (*Pseudopleuronectes americanus*) est un poisson plat côtier présent, notamment, dans le sud du golfe St-Laurent. Cette espèce est associée à des fonds mous ou légèrement mous à moins de 40 m de profondeur. La fraie a lieu à la fin de l'hiver ou au début du printemps. Les femelles pondent plusieurs centaines de milliers d'œufs qui se déposent au fond et se fixent aux roches ou à la végétation. Une fois les larves écloses, elles dérivent pendant 2 à 3 mois avant la métamorphose. La Plie rouge ne quitte pas le golfe à l'automne pour hiverner dans les zones profondes. On la trouve dans les estuaires des grandes rivières dans le sud du golfe (R. Morin, comm. pers.). Une zone de concentration faible d'adultes a été répertoriée à une distance d'environ 1 à 5 km à l'est de la côte de l'île de Havre-aux-Maisons (Belzile, 1999). La lagune de Grande-Entrée pourrait aussi être une aire d'hivernage potentielle pour la population locale de plie rouge (R. Morin, comm. pers.). Les études effectuées dans le sud du Golfe indiquent que la plie rouge occupe les zones côtières et ne se déplace que sur de courtes distances (< 25 km) (R. Morin, comm. pers.).

Trois petits pleuronectidés, probablement des Plies rouges, ont été observés lors de la caractérisation du nouveau site de mise en dépôt et des zones de références (voir annexe 4). La distribution de ces observations et l'uniformité du milieu en général indiquent que cette espèce est probablement présente dans l'ensemble de ce secteur, mais à faible densité.

La plie rouge se nourrit d'organismes benthiques particulièrement des mollusques et de petits crustacés. Elle peut également se nourrir d'œufs d'autres poissons, hareng et capelan, regroupés en banc pour frayer (MPO, 2004c).

Dans la région des Îles-de-la-Madeleine, la plie rouge est gérée par quotas depuis 1996. Elle sert d'appâts pour les pêcheurs de homards. Sa pêche répond aussi à un besoin des marchés de consommation qui considère sa chair de bonne qualité (MPO, 2004c).

2.2.2.4.7 Espèces à statut précaire

Trois espèces ichtyennes à statut précaire ont une aire de distribution recoupant les Îles-de-la-Madeleine : la Morue franche, présentée à la section 2.2.2.4.3, l'Esturgeon noir (*Acipenser oxyrinchus*), qui est susceptible d'être désigné menacé ou vulnérable au Québec, et le Loup Atlantique (*Anarhichas lupus*), qui a le statut fédéral d'espèce préoccupante et est inclus à l'annexe 1 de la LEP. Étant donné que le Loup Atlantique préfère les milieux rocaillieux (Environnement Canada, 2004) et que l'Esturgeon noir se reproduit en eau douce (Bernatchez et Giroux, 2000), l'aire à l'étude n'est pas considérée comme étant d'une importance particulière pour ces deux espèces.

2.2.2.5 Oiseaux

Il y a 317 espèces d'oiseaux observés aux Îles-de-la-Madeleine (Gagnon, 1998). Parmi ces espèces, certaines se retrouvent sur le territoire pour nicher et élever leurs jeunes, pour s'alimenter lors de leurs migrations, pour hiverner ou encore ne font que des incursions occasionnelles dans la région. Un total de 86 espèces nicheuses sont associées aux milieux marins et côtiers du secteur. Plusieurs espèces coloniales sont présentes dont les principales sont : le Fou de Bassan (*Morus bassanus*), la Mouette tridactyle (*Rissa tridactyla*), la Sterne pierregarin (*Sterna hirundo*) et le Cormoran à aigrettes (*Phalacrocorax auritus*). Les colonies d'oiseaux marines présentes dans la zone à l'étude sont localisées à la Figure 2.10. Les Îles-de-la-Madeleine abritent la seule colonie de Sterne de Dougall (*Sterna dougallii*) du Québec, une espèce dont le statut est classé en voie de disparition selon la LEP, et la seule colonie de Guillemot de Brünnich (*Uria lomvia*) du golfe du Saint-Laurent. On a aussi répertorié 1 espèce d'oise, 9 espèces de canards barboteurs, 5 espèces de canards plongeurs, 1 espèce de canard de mer et 6 espèces d'oiseaux de rivage qui nichent aux Îles-de-la-Madeleine (Gagnon, 1998).

Les bases de données du Service Canadien de la Faune (SCF) indiquent aussi la présence de plusieurs espèces de canards barboteurs, de Canards kakawi (*Clangula hyemalis*), de Bernache du Canada (*Branta canadensis*) et de Bernache cravant (*Branta bernicla*) qui fréquentent la lagune de Grande-Entrée. On y retrouve également des becs-scie, des eiders et des Sarcelles à ailes bleues (*Anas discors*) ainsi que plusieurs individus de la famille des Laridae (Daniel Bergeron, SCF, comm. pers.).

À cela s'ajoute la présence de deux colonies d'oiseaux marins situées dans la lagune de Grande-Entrée, l'îlot Rouge et l'îlot C. On retrouve parmi ces colonies plusieurs espèces : Guillemot à miroir (*Cepphus grylle*), Goéland à manteau noir (*Larus marinus*), Goéland argenté (*Larus argentatus*), Cormoran à aigrettes et Sterne pierregarin (Daniel Bergeron, SCF, comm. pers.).

Les îlots créés par le dragage du chenal au début des années 1980 ont été colonisés par les oiseaux de mer. Sur l'îlot C, d'importantes colonies de Sternes pierregarin et de Sternes arctique (*Sterna paradisaea*) ainsi que de Goélands à manteau noir et de Goélands argenté sont présentes. La Sterne de Dougall y a été observée pour la première fois en 1987. Le Pluvier siffleur (*Charadrius melodus*) est présent sur l'îlot B où l'on trouve aussi des Goélands argentés et à manteau noir.

Le Pluvier siffleur, la Sterne de Dougall et le Grèbe esclavon (*Podiceps auritus*) sont des espèces présentes aux Îles-de-la-Madeleine et qui ont un statut précaire. Le pluvier et la sterne sont classés en voie de disparition selon la LEP tandis que le Grèbe esclavon n'a aucun statut au niveau fédéral. Cependant, cette espèce est désignée menacée au Québec. Il en est de même pour le Pluvier siffleur tandis que la Sterne de Dougall est désignée susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable (SDMV). La Figure 2.10 indique les occurrences de l'avifaune à statut précaire dans la zone à l'étude.

2.2.2.5.1 Grèbe esclavon

Le Grèbe esclavon (*Podiceps auritus*), autrefois connu sous le nom de Grèbe cornu, est un oiseau aquatique, considéré comme l'un des attrait dominants de l'avifaune des Îles-de-la-Madeleine (MRNFP, 2001). En effet, il s'agit du seul endroit où niche cette espèce au Québec. On estime qu'il y a entre 10 et 20 couples qui nichent en bordure des petits étangs d'eau douce, principalement sur la dune du Nord et la pointe de l'Est (Gagnon, 1998 et ZIP IDLM, 2002). Entre 1990 et 1999, la population a fluctué entre 6 et 17 couples. La taille de la population québécoise de grèbe esclavon demeure donc très faible. Néanmoins, ce rassemblement représenterait plus de 70% de l'ensemble de la population de l'est de l'Amérique du Nord (Gagnon, 1998). Le grèbe esclavon est présent aux Îles-de-la-Madeleine de la fin avril jusqu'à la fin septembre (MRNFP, 2001).

Le climat et la prédation constituent les principaux facteurs naturels qui limitent la population. À cela s'ajoute, le dérangement causé par la présence humaine qui peut occasionner l'abandon des sites de nidification, la modification des habitats, l'accumulation de grenailles de plomb dans les étangs pouvant entraîner l'intoxication des oiseaux et l'arrivée récente du grèbe à bec bigarré (*Podilymbus podiceps*), qui occasionne une compétition pour les étangs disponibles (MRNFP, 2001).

La présence d'eau libre entrecoupée de végétation émergente, sous forme d'îlots ou de presqu'île, semble importante pour le Grèbe esclavon. La présence de végétation émergente est nécessaire pour fixer le nid, le camoufler et servir d'abri aux adultes et aux jeunes. Le nid a la particularité d'être flottant. Cette végétation sert également à contrer l'effet destructeur que peuvent avoir les vagues sur les nids. La très grande majorité des nids trouvés aux Îles-de-la-Madeleine sont construits à travers des herbiers émergents composés essentiellement de Scirpe des étangs (*Scirpus lacustris*) (MRNFP, 2001). La ponte s'effectue généralement au cours des derniers jours de mai et au début de juin. Il y a habituellement 4 ou 5 œufs et l'incubation commence avec le premier œuf et dure entre 22 et 25 jours.

2.2.2.5.2 Pluvier siffleur

Les Îles-de-la-Madeleine sont le seul endroit où niche le Pluvier siffleur (*Charadrius melodus*) au Québec. Entre 1987 et 1994, la population est passée de 37 à 50 couples nicheurs. Le Pluvier siffleur se rencontre sur la majorité des grandes plages. Il niche annuellement sur la plage de la Martinique-Havre Aubert, la plage de l'Ouest, la plage de l'Hôpital, la Digue, la Pointe, la plage de la Dune du Sud, la plage du Bassin aux Huîtres, la plage du Sandy Hook et sur les plages entourant la pointe de l'Est. Occasionnellement, il se reproduit à la plage de l'île Brion (Catherine Bernier, MRNFP, comm. pers.). Le Pluvier siffleur arriverait sur les aires de nidification entre la fin avril et le début mai. À l'automne, le départ se ferait graduellement à mesure que les adultes terminent l'élevage des jeunes. Les couples qui ont perdu leur nid ou leur nichée quittent probablement dès le début juillet. Il arrive qu'au début septembre quelques oiseaux soient encore aux sites de nidification, mais la majorité quitte entre la mi-juillet et la mi-août (MRNFP, 2001b).

Le Pluvier siffleur niche sur les plages de sable les plus larges, particulièrement dans les aires parsemées de coquillages et de galets. À l'occasion, certains nids sont construits dans les dunes à travers l'ammophile à ligule courte, mais toujours près de la plage. Ils sont généralement situés sur les plages du côté de la mer, mais suite à l'éclosion des œufs, les adultes et les jeunes se déplacent souvent sur les plages du côté

lagunaire pour s'alimenter. Le littoral lagunaire offre des ressources alimentaires plus abondantes et variées que les plages du côté de la mer.

Le nid du pluvier siffleur est constitué d'une simple dépression dans le sable, généralement situé dans des endroits avec peu ou pas de végétation. La couvée compte habituellement quatre œufs avec une durée moyenne de l'incubation de 28 jours. En Amérique du Nord, on a observé que l'âge de l'envol peut varier entre 21 et 35 jours. Il est important de noter que le Pluvier siffleur ne tolère aucune perturbation durant les semaines d'incubation des œufs, ni durant les premiers jours de vie des poussins (MRNFP, 2001b).

2.2.2.5.3 Sterne de Dougall

Les Sternes de Dougall (*Sterna Dougallii*) sont des oiseaux aquatiques marins qui ont l'habitude de construire leur nid sur des îlots ou îles au large des côtes. Elles ont aussi tendances à construire leurs nids sous de grosses pierres ou à travers des touffes d'ammophiles à l'intérieur des aires de nidification de grandes colonies de Sternes pierregarins et arctiques. La population actuelle aux Îles-de-la-Madeleine est évaluée à moins de cinq couples. Dans la zone à l'étude, la Sterne de Dougall niche uniquement sur l'îlot C.

Les Sternes de Dougall commencent à s'accoupler à l'âge de trois ans et nichent en colonies. La reproduction se déroule de la fin mai à la fin août. Le nid est construit sur le sol, et parfois capitonné de végétation. Une couvée contient habituellement 2 ou 3 œufs. Après l'envol du nid à la fin du mois d'août, les juvéniles se dispersent vers des aires de ravitaillement situées le long de la côte nord-est des États-Unis, avant de migrer vers le sud fin août - début septembre. Les adultes quittent vers la mi-septembre.

2.2.2.6 Mammifères

2.2.2.6.1 Mammifères marins

Une douzaine d'espèces de mammifères marins peuvent fréquenter le secteur des Îles-de-la-Madeleine. Parmi ceux-ci, les grands rorquals ne s'approchent généralement pas des îles. Le Marsouin commun (*Phocoena phocoena*), le Dauphin à flancs blancs (*Lagenorhynchus acutus*), le Globicéphale noir de l'Atlantique (*Globicephala melas*) et le Petit rorqual (*Balaenoptera acutorostrata*) sont des visiteurs rares ou irréguliers près des Îles (Gagnon, 1998).

Deux espèces de mammifères marins sont présents dans l'aire à l'étude, le Phoque commun (*Phoca vitulina*) et le Phoque gris (*Halichoerus grypus*) (SIGHAP, 2005). Ces espèces fréquentent les IDLM à l'année. On les retrouve au sud-ouest de la Grosse-Île aux environs de l'îlot B, à l'est de la Dune du Sud et à la pointe de l'Est (Figure 2.11). De plus, on retrouve une aire de reproduction du Phoque commun et une échouerie potentielle à l'extrémité est de la dune du Sud (Figure 2.11). Le Phoque du Groenland (*Pagophilus groenlandica*) peut aussi être parfois observé aux Îles-de-la-Madeleine dans la région de la Dune du Nord (ZIP IDLM, 2002 et 2003). La chasse aux phoques gris et du Groenland est permise dans le golfe du Saint-Laurent incluant les Îles-de-la-Madeleine (ZIP IDLM, 2002).

L'accouplement du Phoque commun s'effectue dans les eaux ou sur les barres de sable et les récifs de la fin juillet au début de septembre. Les naissances ont lieu l'année suivante entre la mi-mai et la mi-juin. Le Phoque gris se reproduit et met bas sur la banquise ou sur les îlots rocheux entre janvier et février. Il passe le reste de l'année près des côtes dans les eaux tempérées ou froides (Banfield, 1977).

2.2.2.6.2 Mammifères terrestres

Il existe une faune terrestre limitée aux Îles-de-la-Madeleine car, par définition, les milieux insulaires sont pauvres en mammifères terrestres. Toutefois, on répertorie 9 espèces aux Îles, celles-ci sont : le Lièvre d'Amérique (*Lepus americanus*), le Tamia rayé (*Tamias striatus*), l'Écureuil roux (*Tamiasciurus hudsonicus*), le Rat surmulot (*Rattus norvegicus*), le Vison d'Amérique (*Mustela vison*), le Vespertilion brun (*Myotis lucifugus*), la Souris sylvestre (*Peromyscus maniculatus*), le Campagnol des champs (*Microptus pennsylvanicus*) et le Renard roux (*Vulpes vulpes*) (ZIP IDLM, 2002).

Le Renard roux a été observé aux environs de la baie Clarke, le long de l'extrémité est de la lagune et à l'extrémité ouest de la Dune du Sud.

2.2.3 Milieu humain

Depuis 2002, les sept municipalités présentes aux Îles sont réunies sous une même entité, soit la municipalité des Îles-de-la-Madeleine. Cette nouvelle entité comprend les villages de : l'Île-d'Entrée, l'Île-du-Havre-Aubert, l'Étang-du-Nord, Fatima, Cap-aux-Meules, Havre-aux-Maisons, Grosse-Île et Grande-Entrée. Grosse-Île s'est vu attribué le statut d'arrondissement afin de conserver son statut bilingue.

2.2.3.1 Contexte social-humain

Les données présentées dans cette section sont tirées de la fiche territoriale de la MRC Les Îles-de-la-Madeleine (Emploi Québec, 2004). La majorité des informations résumées dans ce rapport proviennent des données recueillies suite au recensement de 2001.

2.2.3.1.1 La démographie

Les Îles-de-la-Madeleine ont connu une croissance démographique jusqu'en 1986 mais depuis la tendance est à l'inverse. Ainsi, entre 1986 et 2001, les données indiquent un déclin de 11,8%. La population des Îles en 2001 était de 12 824 personnes. Pour cette même année, la population de la région des MRC Gaspésie-IDLM était de 96 924 personnes et celle du Québec de 7 237 479.

Le taux de natalité entre 1996 et 2000 était de 7,9 par 1000 habitants et l'indice de fécondité, nombre d'enfants par femme, de 1,13 (MSSS, 2004 cités dans Emploi Québec, 2004). Ces indices sont inférieurs à ceux de la région et de la province. Le taux de mortalité (nombre annuel moyen de décès par 100 000 habitants) est de 1 036,4 chez les hommes et de 507,1 chez les femmes. Le nombre annuel moyen de décès est de 66,6 chez les hommes et de 47,2 chez les femmes. En ce qui a trait à l'espérance de vie, elle était de 73 ans chez les hommes et de 82,3 chez les femmes. L'espérance de vie chez les femmes des Îles-de-la-Madeleine est supérieure à celle de la province.

La population des Îles-de-la-Madeleine subit la pression de l'exode rural. Entre 1991 et 2002, la baisse annuelle de population était de 0,9 %. Ce solde migratoire négatif équivaut à 122 personnes annuellement. Ce phénomène est accentué dans les groupes d'âges 15 -19 ans et 20 - 24 ans ce qui correspond à la période où les jeunes quittent les Îles pour continuer leurs études ou pour chercher un emploi. Cependant, pour les années 2002-2003, les données indiquent que les personnes âgées entre 25 et 34 ans effectuent un retour aux Îles. Ce phénomène n'a été observé qu'aux Îles, et est probablement lié au léger regain économique de la région. De plus, on observe que les agglomérations situées aux extrémités de l'Île ont vu leur population diminuer au profit de l'île centrale de Cap-aux-Meules qui aujourd'hui concentre plus de 57% de la population des Îles (MRC IDLM, 2004). Le Tableau 2.5 présente différents paramètres socio-économiques selon les localités des Îles-de-la-Madeleine.

Tableau 2.5 Paramètres socio-économiques aux Îles-de-la-Madeleine

Localité	Population 1996	Population 2001	Total logements privés	Superficies terres	Densité population
Îles-de-la-Madeleine	13 802	12 824	5 829	205,53	62,4
Ile-du-Havre-Aubert	2 618	2 275	990	65,41	34,8
Etang-du-Nord	3 087	2 944	1 252	25,76	114,3
Cap-aux-Meules	1 661	1 659	645	3,6	461,2
Fatima	2 966	2 686	1 096	26	103,3
Havre-aux-Maisons	2 211	2 057	841	39,66	51,9
Grande-Entrée	692	660	248	7,81	84,6
Grosse-Île	567	543	217	37,3	14,6

2.2.3.1.2 La structure familiale

Le recensement effectué par Statistiques Canada en 2001 indique que la population est composée à 58,5 % de familles avec un couple marié, 29,7 % de famille avec un couple en union libre et 11,8 % de familles monoparentales. Parmi ces familles monoparentales, 9,5 % ont un parent de sexe féminin et 2,3 % un parent de sexe masculin.

La composition des ménages a aussi été étudiée : 35 % des ménages ont des enfants et 33 % n'ont pas d'enfants. À cela s'ajoute 20 % de ménages formés d'une seule personne et 12 % qui appartiennent à un autre type de ménage (p.e. co-locataires, bi-génération, etc.).

2.2.3.1.3 La scolarité

La population de la région Gaspésie-IDLM est moins scolarisée que la population de l'ensemble du Québec. Cette situation est due à un exode plus important des personnes instruites, à la faible exigence de scolarité de plusieurs emplois liés aux ressources naturelles, à l'absence d'université sur le territoire et au manque d'emplois. Parmi la population de plus de 15 ans, 30% ont fait des études post-secondaires sans diplôme universitaire, 22% ont moins de 9 ans de scolarité ou 9 à 13 ans de scolarité, 19,5% ont un diplôme d'études secondaires et 6,5% un diplôme universitaire.

En ce qui a trait à la répartition du plus haut niveau de scolarité atteint chez la population active expérimentée c'est-à-dire chez les travailleurs et chômeurs qui ont travaillé entre janvier 2000 et mai 2001, on remarque que 37% ont un niveau inférieur au certificat d'études secondaires, 21 % ont un certificat d'études secondaires et/ou certaines études post-secondaires, 14% un certificat ou diplôme d'une école de métiers, 18% un certificat ou diplôme d'études collégiales et 11% un certificat ou diplôme universitaire.

2.2.3.1.4 Les langues officielles

La connaissance des langues officielles se répartit comme suit : 74,9 % français seulement, 21,3 % français et anglais et 3,8 % anglais seulement. Les minorités anglophones se concentrent dans les régions de Grosse-Île et de l'Île d'Entrée.

2.2.3.2 Marché du travail et main-d'œuvre

2.2.3.2.1 Indicateurs du marché

Les indicateurs du marché du travail sont basés sur des mesures qui sont mises à jour aux cinq ans lors du recensement. Toutefois, ces données reflètent le mois de mai des années de recensement. Il faut donc les utiliser avec prudence puisque la plupart des emplois ont un caractère saisonnier aux Îles-de-la-Madeleine. Conséquemment, l'activité en mai est plus faible que celle qui serait observée en juillet mais plus forte que celle observée en mars.

Entre 1996 et 2001, le nombre de personnes occupées a augmenté de 7,9% et le nombre de chômeurs a baissé de 40,8%. Ainsi, le taux de chômage de la MRC des Îles-de-la-Madeleine a baissé de 10,4 points, le taux d'activité a augmenté de 0,4 point et le taux d'emploi de 7 points. De plus, le taux de chômage de la MRC est inférieur à celui de la région et est le deuxième plus faible des six MRC de la région. Les indicateurs de marché pour les Îles-de-la-Madeleine, la région et l'ensemble du Québec sont présentés au Tableau 2.6.

Tableau 2.6 Indicateurs du marché du travail

Paramètres	IDLM			Gaspésie et IDLM			Québec		
	1991	1996	2001	1991	1996	2001	1991	1996	2001
Taux de chômage (%)	22,4	27,9	17,5	25	27,8	22,4	12,1	11,8	8,20
Taux d'activité (%)	67	63	63,4	58	54	53,7	65	62	64,20
Taux d'emploi (%)	52,2	45,3	52,3	43,4	39,3	41,6	57,3	55	58,9

Les données de 2001 ont été utilisées pour comparer les indicateurs du marché en fonction du sexe. Les femmes des Îles-de-la-Madeleine affichent un taux d'activité plus élevé que celui de l'ensemble de la région (58,3 % contre 49 %) et de la province. Cependant, le taux de chômage des femmes (19,1 %) est supérieur à celui des hommes (16,3 %) aux Îles-de-la-Madeleine. Cette situation est probablement le résultat du caractère saisonnier de l'activité économique sur l'archipel qui fait davantage appel aux femmes dans les usines de transformation des produits de la pêche.

2.2.3.2.2 Les emplois

Les données du recensement de 2001 indiquent que le nombre de personnes ayant touché un revenu d'emploi en 2000 est de 5140. Parmi les emplois exercés, 29 % étaient considérés hautement qualifiés et 19 % étaient jugés sans exigences particulières. Les observations au niveau de la durée des emplois indiquent clairement la saisonnalité des emplois aux Îles. En effet, 36 % des hommes ont un emploi annuel tandis que cette proportion augmente à 46% chez les femmes. À titre comparatif, la proportion pour le Québec est de 66 % chez les hommes et de 61% chez les femmes.

En 2001, les professions les plus courantes étaient : patrons de bateaux de pêche et pêcheurs indépendants, manœuvres dans la transformation du poisson et matelots de pont sur les bateaux avec respectivement 510, 425 et 280 personnes. Plusieurs professions telles que vendeurs et commis-vendeurs, vente au détail, directeur de la vente au détail, commis à la comptabilité et personnel assimilé, caissiers, nettoyeurs, cuisiniers, secrétaires et infirmiers diplômés (sauf domaine juridique et médical) employaient respectivement environ une centaine de personnes.

En ce qui a trait aux travailleurs autonomes, ils représentent 12,5 % des hommes et 8 % des femmes qui avaient un emploi lors du recensement. Les travailleurs autonomes de sexe masculin étaient surtout

répertoriés dans les groupes suivants : personnel spécialisé du secteur primaire (p.e. capitaine), cadre intermédiaire et autre personnel de gestion (p.e. propriétaire-directeur commerce ou restaurant) et personnel des métiers et personnel spécialisé dans la conduite du matériel de transport et de la machinerie (p.e. mécanicien, réparateur). Les travailleurs autonomes de sexe féminin étaient majoritairement répartis entre deux groupes, soit le personnel spécialisé des ventes et des services (p.e. coiffeur) ou soit les cadres intermédiaires et autre personnel de gestion.

Le secteur d'emploi en importance en fonction du nombre de personnes embauchées aux Îles-de-la-Madeleine est l'agriculture, la foresterie, la pêche et la chasse. La branche principale est la pêche avec 900 personnes sur 950 pour ce secteur. Le secteur de la fabrication emploie 735 personnes dont 595 qui travaillent à la préparation et au conditionnement des poissons et fruits de mer. Le secteur des soins de santé et de l'assistance sociale est aussi important, en terme de nombres d'employés, que celui de la fabrication. Le commerce de détail emploie 545 personnes avec la majorité des emplois situés dans les magasins d'alimentation. Les autres secteurs d'emploi inventoriés aux Îles en ordre d'importance sont ceux de l'administration publique ou autre service, de l'hébergement et du service de restauration, du service d'enseignement, du transport et de l'entreposage, du service public, de la construction, de l'extraction minière, de la finance et de l'assurance et du commerce du gros.

2.2.3.2.3 Les revenus

Le revenu moyen de la population active en 2000 était de 23 520 \$. Chez les hommes, le revenu moyen était de 27 286 \$ tandis que chez les femmes il était de 19 382 \$. Par rapport aux revenus moyens enregistrés en 1992, on observe une augmentation de 7 % pour les hommes et 15 % pour les femmes. Ces progressions sont inférieures à celles enregistrées pour la région et la province.

Le salaire hebdomadaire moyen pour un travail à temps plein pendant toute l'année aux Îles était de 837 \$ et de 584 \$ pour les hommes et les femmes, respectivement. Le salaire horaire moyen était de 18,30 \$ pour les hommes et de 15,80 \$ pour les femmes.

Lorsque les liens entre les revenus d'emploi et les niveaux de compétence sont analysés, on observe que les revenus moyens des travailleurs des Îles sont inférieurs à ceux du Québec pour les niveaux de compétence gestion, intermédiaire et élémentaire. Cependant, pour les niveaux professionnels et techniques, le revenu est supérieur ou semblable à la moyenne provinciale.

Les prestataires de l'assistance-emploi aux Îles-de-la-Madeleine sont majoritairement des prestataires de longue durée c'est-à-dire de 4 ans et plus. En décembre 2002, les hommes entre 50 et 59 ans étaient la catégorie où il y avait le plus de prestataires d'emplois. De plus, les prestataires féminins représentent presque la moitié des prestataires de la MRC des Îles. Cette proportion pour le sexe féminin est supérieure à celle observée dans les autres MRC de la région. De plus, en 2001, les Îles-de-la-Madeleine affichaient un taux de dépendance face à l'assistance-emploi très inférieur à celui de la région (4,5% contre 9,9 %) et légèrement inférieur à celui du Québec (7,3 %). Ainsi, entre 1996 et 2004, le nombre de prestataires de la Sécurité du revenu a diminué de 72,3 % aux Îles comparativement à 49,5 % pour la région et 40 % pour la province. Parmi les bénéficiaires sans contraintes ou avec contraintes temporaires de l'assistance-emploi, 76 % sont des personnes seules, 11 % des couples sans enfants, 8 % des familles monoparentales et 5 % des couples avec enfants. Les secteurs professionnels les plus courants chez les prestataires en 2004, en terme de nombre de personnes, étaient matelots de pont sur les bateaux de pêche, manœuvres dans la transformation du poisson et manutentionnaires.

2.2.3.3 Territoire

2.2.3.3.1 Aménagement du territoire

Aux Îles-de-la-Madeleine, l'affectation du territoire se répartit comme suit : 54 % rurale, 40 % conservation et 6 % urbaine. Dans la zone rurale, on retrouve des zones agro-forestières, agricoles et des aires d'habitats semi-intensif et rural le long du réseau routier. L'affectation de conservation est formée du milieu aquatique, lagunes, baies intérieures et territoire marin immédiat, et du milieu terrestre, dunes et partie d'îles et îlots non habités. La zone urbaine est concentrée à l'Étang-du-Nord, à Cap-aux-Meules et à Fatima (Bibeault *et al.*, 1997). L'affectation du territoire est illustrée à la Figure 2.12.

2.2.3.3.2 Patrimoine bâti

Le golfe du Saint-Laurent a une signification patrimoniale en soit à cause de son rôle historique en matière d'exploitation des ressources naturelles. De plus, la colonisation du secteur par les pêcheurs a laissé des vestiges historiques, particulièrement à l'île-du-Havre-Aubert au site de la Grave. Il y a aussi un monument historique à l'Étang-du-Nord, l'église Saint-Pierre de Lavernière (Gagnon, 1998).

2.2.3.3.3 Aires de conservation

Plusieurs sites sont protégés sous la juridiction du Service canadien de la faune aux Îles-de-la-Madeleine. La Réserve nationale de faune de la Pointe-de-l'Est a une superficie de 6,8 km² et bénéficie d'une protection des espèces fauniques et floristiques considérées rares ou menacées en plus des habitats pour les oiseaux migrateurs. On retrouve également deux zones d'interdiction de chasse : Havre-aux-Basques et du Portage. À cela s'ajoute la Réserve écologique de l'Île-Brion située à proximité des Îles-de-la-Madeleine (Gagnon, 1998).

2.2.3.4 Infrastructures

2.2.3.4.1 Transport

Aux Îles-de-la-Madeleine, on retrouve 300 km de réseau routier dont 114 km de chemins municipaux. La route 199 est l'artère principale. Il n'y a aucun transport ferroviaire aux Îles-de-la-Madeleine. L'aéroport des Îles-de-la-Madeleine à Havre-aux-Maisons est sous juridiction fédérale. Les infrastructures liées au transport maritime sont très présentes (Gagnon, 1998).

Plusieurs quais et petits ports offrent des possibilités d'accostage ainsi que des aménagements pour le débarquement des captures de pêche. De petits havres de pêche destinés aux pêcheurs et aux plaisanciers sont aussi présents. Les installations portuaires principales aux Îles-de-la-Madeleine sont situées à Cap-aux-Meules et à Havre-Aubert (Gagnon, 1998). Mines Seleine opère par ailleurs un quai spécialisé pour le chargement du sel et un chenal de navigation donnant accès à ce quai dans la lagune de Grande-Entrée. Ces dernières installations sont décrites à la section 1.2.2.2.1.

2.2.3.4.2 Navigation

La navigation dans la zone à l'étude est surtout commerciale. Elle est liée aux activités de pêche rattachées au port de pêche de Grande-Entrée et à celles de la Mine Seleine. Les statistiques concernant la navigation en lien avec les activités de Mines Seleine sont décrites à la section 1.2.2.2.2. Le nombre de pêcheurs actifs et le nombre de bateaux selon l'espèce débarquée au port de pêche de Grande-Entrée sont présentés à la section 2.2.3.5.3.

Une dizaine de plaisanciers de la région ont leurs bateaux au port de pêche de Grande-Entrée. Pendant la période estivale, de 25 à 50 voiliers de l'extérieur séjournent au port pour des périodes variant de une journée à quelques semaines. Un opérateur touristique qui offre des excursions en mer pour faire de l'observation ou de la pêche au maquereau a aussi son bateau au havre de pêche de Grande-Entrée (Roland Cyr, comm. pers.)

2.2.3.4.3 Énergie

Les IDLM sont alimentées par deux centrales thermiques diesel, une à la limite de Cap-aux-Meules et de l'Étang-du-Nord et l'autre sur l'île d'Entrée. Une ligne de répartition de 69 kV reliée à trois postes de distribution à l'île-du-Havre-Aubert, Havre-aux-Maisons et Grosse-Île alimente les municipalités (Gagnon, 1998).

2.2.3.4.4 Eau potable et assainissement

La population des Îles est entièrement alimentée en eau souterraine dont 90 % par un réseau municipal et 10 % par les puits individuels. Cinq réseaux de distribution sont présents aux Îles et ceux-ci n'ont aucun traitement pour l'eau potable (MENV, 2000). L'eau potable aux Îles-de-la-Madeleine est une des ressources les plus vitales mais aussi des plus menacées. La nappe phréatique d'eau douce repose sur une couche salée. Conséquemment, au fur et à mesure que l'eau douce est consommée, la couche d'eau salée comble le vide. La nappe se recharge en absorbant 30 % des précipitations annuelles. La pression qu'exerce le tourisme sur la demande en eau potable commande une meilleure gestion de l'utilisation de cette ressource pour éviter une surexploitation qui entraînerait une contamination en eau salée suite au surpompage de l'eau souterraine (ZIP IDLM, 2002).

Au cours des années, le rejet de grands volumes d'eaux usées municipales a contribué à la dégradation du milieu naturel, ce qui a entraîné la fermeture de plages, l'interdiction de cueillette de mollusques, la dégradation visuelle ainsi que des pertes d'usages récréo-touristiques. À la fin des années 90, des stations d'assainissement ont été mises en place pour remédier à la situation. Cinq villages sont munis de stations d'assainissement des eaux usées de type étang aéré : Cap-aux-Meules, Fatima, Havre-Aubert, Havre-aux-Maisons et l'Étang-du-Nord (MAMSL, 2004). Ces systèmes sont situés en bordure des puits d'eau douce qui alimentent les Îles. Ces stations desservent moins de 40 % de la population. Parmi les habitations non-raccordées à un réseau d'égout, environ la moitié utilise des puisards ou des installations septiques non conformes. Ces eaux usées non traitées aboutissent majoritairement dans le milieu marin en empruntant les canaux en bordure des chemins, les tranchées et/ou les ruisseaux (ZIP IDLM, 2002). Aucun rejet d'eau usées d'origine industrielle n'est enregistré aux Îles à l'exception des rejets de déchets de poissons provenant des usines de transformation des produits de la mer (ZIP IDLM, 2002).

2.2.3.5 Activités commerciales

2.2.3.5.1 Activités agricoles

En 1999 les exploitations agricoles totalisaient 29 exploitants agricoles (ZIP IDLM, 2002). Les activités étaient surtout confinées à l'Étang-du-Nord. Les cultures sont surtout axées vers la production de fourrages, foin et mélanges de céréales (Bibeault *et al.*, 1997). Le développement de l'industrie maraîchère en serre et en terre a connu un regain dans les années 1980. La production animale bovine de boucherie est aussi présente aux Îles. La présence d'un producteur avicole a permis l'autosuffisance en œufs pour les Madelinots. De nos jours, l'agriculture connaît une hausse grâce à l'essor de la culture d'aliments biologiques, la fabrication de fromage au lait cru et d'autres produits «du terroir» qui voient leur popularité augmenter. L'agriculture reste une activité marginale mais qui génère des retombées économiques de près d'un million de dollars annuellement (ZIP IDLM, 2002).

La cueillette de la canneberge est aussi une nouvelle activité pratiquée par les Madelinots qui la récoltent pour des fins personnelles ou commerciales. Cette activité se déroule dans les milieux humides d'eau douce, un milieu fragile de l'archipel, vulnérable au piétinement.

2.2.3.5.2 Activités minières

En 1982, l'ouverture à l'exploitation d'un gisement de sel a nécessité l'injection de capitaux très importants de SOQUEM. La lourdeur des frais de financement à long terme a entraîné des difficultés de rentabilité financière. En 1988, la Société canadienne de Sel Ltée se porte acquéreur de l'entreprise gouvernementale et augmente graduellement sa capacité de production annuelle à 1,5 millions de tonnes.

Dans une perspective du développement économique durable, l'entreprise Mines Seleine joue un rôle moteur, en fournissant la majeure partie des emplois permanents de l'industrie de base des Îles-de-la-Madeleine et en induisant par la suite des activités aux niveaux secondaire et tertiaire.

En 1988, S.N.C. évaluait les retombées économiques de l'entreprise à 10 millions \$ par année (S.N.C. – 1989), ce qui la plaçait au troisième rang des activités économiques de l'archipel. À l'automne, elle prend la relève des industries de la pêche et du tourisme. Avec des activités prolongées sur 11 mois par année, elle fournit maintenant 10 à 15 % de tous les emplois permanents de l'archipel, avec des retombées économiques de l'ordre de 12 millions\$ annuellement.

L'entreprise emploie 173 travailleurs. La nature même de l'entreprise exige la présence de cadres et d'ouvriers spécialisés dont les profils académiques et professionnels ne correspondent pas typiquement à ceux des Îles-de-la-Madeleine. Malgré cela, la majorité (95 %) des travailleurs sont d'origine madelinienne.

2.2.3.5.3 Pêche commerciale

La pêche est l'activité économique la plus importante aux Îles-de-la-Madeleine. L'exploitation du milieu marin demeure la première source d'emploi autant dans l'industrie primaire que secondaire. En 2002, la valeur des débarquements aux Îles était de 41,2 millions de dollars pour un volume de 11 461 tonnes métriques, toutes espèces confondues. Le homard était la ressource la plus rentable avec environ 29 millions de dollars de revenus pour 18% du volume des débarquements. De plus, environ 63 % des captures de homard au Québec sont enregistrées aux Îles-de-la-Madeleine (MPO, 2004b). Le Crabe des neiges et le hareng sont deux autres espèces qui sont présentes en grand nombre dans les captures. La flotte des bateaux de pêche s'élevait à 412 en 2000 avec environ la moitié mesurant moins de 35 pieds. Il y avait 1 358 permis de pêches valides. Parmi ces permis, on en dénombre 376 pour le maquereau, 347 pour le hareng, 328 pour le homard et 7 pour le crabe des neiges.

Les Îles-de-la-Madeleine n'échappent pas à la baisse des débarquements qui touche l'ensemble des pêches commerciales. Cette baisse est attribuable majoritairement à la rupture des stocks de poissons de fond. En effet, en 1985, ces poissons représentaient plus de 75 % des débarquements totaux, alors qu'en 1995 cette proportion est tombée à 5 %. Toutefois, cette industrie procure encore un emploi direct ou indirect à 60 % de la population des Îles et ce, malgré le moratoire sur la pêche aux poissons de fond (ZIP IDLM, 2002).

En 1999, l'ensemble des débarquements, toutes espèces confondues, représentait plus de 30 millions de dollars. Le Homard d'Amérique et le Crabe des neiges contribuaient à 92 % de la valeur des débarquements totaux aux Îles-de-la-Madeleine en 1995. Ils sont au premier rang en importance économique pour les Îles. Cependant, en terme de volume de débarquement, ce sont les poissons pélagiques qui prennent le dessus (ZIP IDLM, 2002). En 2003, l'espèce pélagique prédominante dans les débarquements était le hareng avec 2 447 t (poids vif) (MPO, 2004b).

Il faut noter que plusieurs espèces auparavant considérées comme non commerciales font l'objet de pêches exploratoires et même commerciales. Ces espèces sont : l'Aiguillat commun, le Couteau de mer (mollusque), la Limande à queue jaune, le Crabe commun et le Crabe hyas (ZIP IDLM, 2002).

Il y a 19 ports de pêche aux Îles-de-la-Madeleine. Les ports de Cap-aux-Meules et de Grande-Entrée accueillent plus de 60% des débarquements. Les débarquements effectués entre 2000 et 2004 au havre de pêche de Grande-Entrée sont présentés au Tableau 2.7. On constate que la quantité débarquée au port de Grande-Entrée augmente à chaque année. Les principales espèces débarquées en termes de poids sont : le hareng, le homard, le crabe des neiges et le maquereau.

Tableau 2.7 Nombre de pêcheurs actifs, quantité et valeur des débarquements selon l'année et l'espèce pour le havre de pêche de Grande-Entrée.

Année	Espèce	Nombre de bateaux	Nombre de pêcheurs	Quantité (kg)	Valeur (\$)	Début - fin des opérations (*)
2000	Morue	11	10	6 051	5 847	S/O
	Flétan Atlantique	8	8	2 746	14 205	S/O
	Hareng	93	93	3 474 636	578 414	10 avril – 7 sept
	Maquereau	6	6	94 403	47 999	S/O
	Mactre	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
	Buccin	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
	Homard	109	109	695 343	8 508 788	13 mai – 8 juil
	Crabe commun	20	20	69 838	60 918	S/O
	Crabe des neiges	3	3	161 231	894 220	16 avril – 18 juil
	Limande à queue jaune	4	4	5 536	4 235	S/O
	Autres espèces §	S/O	S/O	73 020	65 833	S/O
	TOTAL	154	154	4 582 804	10 180 459	
2001	Morue	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
	Flétan Atlantique	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
	Hareng	71	71	2 386 929	368 359	16 avril – 16 mai
	Maquereau	7	7	144 793	64 861	20 août – 29 sept
	Mactre	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
	Buccin	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
	Homard	109	109	717 543	9 102 608	12 mai – 7 juil
	Crabe commun	4	4	70 139	61 168	19 août – 1 oct
	Crabe des neiges	5	5	148 757	624 116	21 avril – 17 juin
	Autres espèces §	S/O	S/O	32 647	33 520	
	TOTAL	148	150	3 500 807	10 254 631	

Année	Espèce	Nombre de bateaux	Nombre de pêcheurs	Quantité (kg)	Valeur (\$)	Début - fin des opérations (*)
2002	Morue	9	9	10 607	9 127	30 juil – 26 oct
	Flétan Atlantique	6	5	2 536	14 586	31 juil – 26 oct
	Hareng	103	103	1 357 161	320 555	16 avril – 10 mai
	Maquereau	14	14	459 403	183 751	17 août – 25 oct
	Mactre	3	3	68 114	57 756	2 sept – 28 nov
	Buccin	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
	Homard	106	107	679 239	9 641 427	18 mai – 13 juil
	Crabe commun	6	6	75 324	50 624	15 juin – 26 oct
	Crabe des neiges	7	7	235 214	1 097 768	14 avril – 29 juin
	Autres espèces §	S/O	S/O	44 513	29 595	
	TOTAL	166	167	2 932 111	11 405 189	
2003	Morue	9	9	2 058	2 295	15 juil – 10 oct
	Flétan Atlantique	9	9	1 858	10 500	4 août – 1 oct
	Hareng	52	52	825 039	202 152	25 avril – 23 mai
	Maquereau	35	35	987 941	430 107	12 août – 10 oct
	Mactre	3	3	81 266	71 416	8 avril – 5 nov
	Mactre de Stimpson	3	3	31 325	20 987	30 juil – 19 nov
	Buccin	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
	Homard	107	107	729 394	9 312 305	10 mai – 5 juil
	Crabe commun	7	6	73 819	56 266	24 mai – 12 nov
	Crabe des neiges	10	10	256 371	1 606 777	12 mai – 3 juil
	Autres espèces §	S/O	S/O	36 648	42 981	
TOTAL	132	132	3 025 720	11 755 787		
2004 ¹	Morue	13	13	13 900	15 301	3 août - 20 oct
	Flétan Atlantique	12	12	6 960	40 026	3 août - 19 oct
	Hareng	114	115	2 731 517	722 001	5 mars - 22 nov
	Maquereau	7	7	54 133	18 470	7 sept - 25 oct
	Mactre	3	3	82 259	72 540	1 sept - 10 déc
	Buccin	3	3	70 950	72 963	2 juin - 20 nov
	Homard	108	108	813 758	10 331 951	15 mai - 10 juil
	Crabe commun	6	6	65 783	49 202	30 août - 20 nov
	Crabe des neiges	35	35	767 306	5 070 435	26 avril - 27 juil
	Autres espèces §	S/O	S/O	4 384	6 476	
	TOTAL	204	206	4 610 950	16 399 365	

¹ Données préliminaires en date du 18 mars 2005

§ La catégorie «Autres espèces» regroupe les espèces pour lesquelles moins de 3 pêcheurs ont effectué des débarquements.

(*) Pour le maquereau et le homard, les dates d'opération correspondent au dernier jour de la semaine pour laquelle des débarquements ont été enregistrés.

Source : Pêches et Océans, région du Québec

2.2.3.5.4 *Aquiculture*

Au cours des dernières années, les activités d'aquiculture ont pris de l'ampleur aux Îles-de-la-Madeleine. Cette activité vise principalement l'élevage de bivalves (moules, pétoncles, myes et huîtres). Des expériences sur l'élevage d'oursins verts sont en développement (ZIP IDLM, 2002). Cette pratique se déroule en milieu côtier ou lagunaire, particulièrement dans les lagunes du Havre-aux-Maisons et de la Grande-Entrée.

Deux compagnies font l'élevage commercial de la Moule bleue. Elles opèrent dans la lagune du Havre-aux-Maisons et de la Grande-Entrée ainsi que dans la baie du Bassin pour le captage de naissain. Également, deux promoteurs font l'élevage du Pétoncle géant. Un premier qui fait du grossissement de pétoncles dans la lagune du Havre-aux-Maisons afin d'ensemencer les fonds de pêche et un second qui réalise le grossissement des pétoncles jusqu'à leur taille commerciale dans la lagune de Grande-Entrée. Ces deux producteurs font la collecte de naissain dans un secteur fermé à la pêche, le Fond du sud-ouest. À cela s'ajoute une autre entreprise qui expérimente l'élevage de la Mye commune dans la baie du Cap-Vert dans la lagune du Havre-aux-Maisons (ZIP IDLM, 2002).

La compagnie Grande-Entrée Aquaculture fait de la mytiliculture dans la lagune de Grande-Entrée. Elle opère pendant toute l'année dans la lagune (Carlos Éloquin, comm. pers). La compagnie IMAQUA opère des installations de pectiniculture dans la lagune. Elle opère de mai à octobre (Guglielmo Tita, comm. pers.).

Avec l'effondrement des stocks de plusieurs espèces de poissons, l'aquaculture vient pallier la situation en amenant une nouvelle industrie dans laquelle l'élevage de pétoncles prend de plus en plus d'importance (ZIP IDLM, 2002).

2.2.3.5.5 *Récréo-tourisme*

Le milieu insulaire des Îles-de-la-Madeleine est parmi les sites touristiques les plus connus et les plus réputés du Québec. Plusieurs activités sont liées à la mer comme le nautisme, la pratique de la voile, les croisières et les excursions en mer, la pêche, la plage et la plongée sous-marine. Les Îles ont vu le nombre de visiteurs passer de 18 776 en 1975 à 41 600 en 2001. La majorité des activités que pratiquent ces touristes lors de leurs visites se fait à l'extérieur. Ces activités entraînent donc une pression sur le milieu dunaire qui, en certains endroits, est fortement perturbé par l'accès aux plages où l'on pratique la promenade, la baignade, etc.

L'écotourisme est aussi très développé aux Îles-de-la-Madeleine. Par exemple, dans les secteurs de Grosse-Île et de Grande-Entrée, on peut pratiquer l'observation de la faune et de la flore, la cueillette de mollusques, le kayak de mer, l'exploration de cavernes, la randonnée.

2.2.3.5.6 *Secteurs économiques secondaire et tertiaire*

Le répertoire des produits aquatiques du MAPAQ (2003) répertorie 11 entreprises de transformation de produits aquatiques aux Îles-de-la-Madeleine. Ces entreprises opèrent de façon saisonnière à l'exception de deux, situées à Cap-aux-Meules. Ces entreprises ont employé en 2001 et 2002 un total de 769 et 808 employés respectivement. De plus, elles ont produit 28 % et 23 % de la quantité totale de produits au Québec. Ces usines emploient environ 20 % de la main-d'œuvre présente aux Îles (ZIP IDLM, 2002).

3. Description du projet et des variantes de réalisation

3.1 Détermination des variantes

3.1.1 Alternatives et variantes d'intervention de dragage

3.1.1.1 Fréquence du dragage

Dans le cadre du premier programme décennal de dragage d'entretien du chenal de la Grande-Entrée, les dragages ont été réalisés à des intervalles de 5 ans. Cette fréquence est principalement conditionnée par le mode et le taux d'ensablement de la partie hauturière du chenal. En effet, c'est entre les chaînages 9000 m et 10 000 m que l'on retrouve les taux d'ensablement les plus importants. Dans ce cas, il convient de rappeler que l'ensablement est dû à la présence de la « barrière hydrosédimentologique » que constitue le chenal, qui fait en sorte d'interrompre le cheminement des sables qui transitent naturellement le long de la côte sous l'action de la dérive littorale. Cette interruption se traduit d'abord par une accumulation progressive de chaque côté du chenal, provoquant un rétrécissement de celui-ci. Puis, graduellement, l'accumulation amène une réduction de la profondeur sur toute la largeur du chenal, menant au terme de quelques années à un encombrement qui limite graduellement la navigation des navires à fort tirant d'eau jusqu'à atteindre une limite sévère qui commande une intervention de dragage. Au cours des premières années suivant un dragage, l'ensablement progressif du chenal dans sa partie hauturière oblige donc les navires à emprunter un corridor de plus en plus étroit pour ensuite, au cours des années suivantes, imposer une limitation progressive de leur cargaison. La période de cinq ans représente, selon les taux d'ensablement historiques observés au cours de la dernière décennie, la plus longue période entre les dragages avant que la sécurité de la navigation soit compromise et que les coûts du transport maritime deviennent prohibitifs.

En principe, des dragages plus fréquents, visant des volumes plus petits, permettraient de diminuer le phénomène de la perte de capacité de chargement des navires avec le temps, bien que cette réduction tende à survenir non pas de façon linéaire mais plutôt suivant une progression de type exponentielle pour les raisons citées plus haut. Le principal avantage résiderait alors dans le fait que les volumes à draguer et possiblement les superficies touchées seraient plus faibles. D'autre part, les dragages étant moins importants, ils seraient susceptibles de moins perturber le milieu, bien que si les travaux étaient réalisés avec des équipements plus modestes, ils pourraient s'étendre sur une aussi longue période de temps. En contrepartie, des dragages moins fréquents font en sorte que les périodes sans perturbation associée au dragage sont plus longues. Des dragages plus importants et moins fréquents font aussi diminuer les coûts de mobilisation de l'équipement de dragage puisque ces équipements, qui doivent être déplacés sur de très grandes distances pour venir effectuer des travaux aux Îles-de-la-Madeleine, doivent être mobilisés moins souvent. De la même façon, les coûts totaux associés à la surveillance et au suivi des travaux, qui impliquent le déplacement d'équipes de spécialistes à partir des grands centres, sont aussi diminués lorsque la fréquence des travaux est plus faible.

En fait, le bilan des opérations et des observations recueillies au cours de la dernière décennie de même que la prise en compte des préoccupations exprimées par la population locale mènent à la conclusion que la fréquence de dragage d'environ cinq ans correspond à une formulation qui paraît optimale et à une balance entre les besoins en termes de navigation, les répercussions environnementales et sociales et les coûts.

Par ailleurs, il fait noter que les taux d'ensablement et de sédimentation différents qui caractérisent les autres secteurs du chenal conduisent possiblement à des besoins de dragage qui peuvent être différents.

Ainsi, bien que les phénomènes de sédimentation et d'ensablement soient beaucoup moins actifs à l'intérieur de la lagune, certains secteurs doivent être dragués plus ou moins régulièrement, entre autres dans la zone entre les chaînages 5000 et 6000 ainsi qu'aux environs du chaînage 7500. Il s'agit de l'accumulation de sables et d'une faible proportion de particules fines qui transitent lentement dans la lagune sous l'action des courants et des vagues engendrés par le vent et la marée et qui sont trappées dans la dépression que constitue le chenal, à la faveur des conditions plus abritées qui le caractérisent. Il serait donc possible de draguer les secteurs de l'intérieur de la lagune moins fréquemment que les secteurs de l'extérieur et de la passe puisque ces derniers ont un taux d'accumulation plus élevé. Cette approche a d'ailleurs été retenue par le passé en ce qui concerne plus précisément le secteur du bassin de manœuvre. En effet, ce secteur, entre les chaînages 258 et 900, a été dragué seulement une fois depuis la création du chenal en 1982, soit lors du dragage de 2002. Le secteur immédiatement adjacent au bassin, chaînage 900 à 2227, a pour sa part été dragué en 1992 et 1997 mais pas en 2002. La diminution de la fréquence de dragage du secteur du bassin et de la courbe comporte des avantages puisque se sont ces secteurs qui présentent des sédiments fins dont le dragage nécessite l'application de plusieurs mesures de mitigation et d'un programme élaboré de suivi de la qualité de l'eau.

3.1.1.2 Période de dragage

Les trois derniers dragages d'entretien de 1992, 1997 et 2002 ont tous eu lieu à la fin de l'été, soit en août et au début septembre. Cette période a été retenue en fonction des diverses contraintes biologiques, météorologiques et humaines associées au milieu environnant du chenal de Grande-Entrée.

Certaines contraintes sont liées à l'accessibilité de la lagune et à la navigabilité du chenal selon les saisons. Dans ce cas, les restrictions sont dues à l'impossibilité ou la grande difficulté de réaliser les travaux plutôt qu'à la prise en compte d'enjeux environnementaux. La principale restriction de ce type réside dans l'impossibilité de conduire les travaux durant la période de présence du couvert de glace de janvier à la fin avril. La seconde restriction d'ordre météorologique survient à l'automne et au début de l'hiver, une période durant laquelle les conditions de vent (voir section 2.2.1.2) et de vagues peuvent rendre la navigation difficile et ralentir ou même entraîner la suspension des travaux, ce qui se traduit par des risques et des coûts accrus. Ce problème est particulièrement aigu à partir de la mi-octobre.

Par contre, divers activités humaines et fauniques ont lieu durant la période propice au dragage dans le secteur de la lagune de Grande-Entrée (voir Figure 3.1). Selon la localisation et la nature de ces activités, certaines ne devraient pas être affectées par le projet à l'étude. Cependant, certaines activités fauniques présentées à la Figure 3.1 qui ne devraient pas être affectées par les travaux de dragage pourraient être touchées par les activités associées à certaines options de gestion des sédiments. Par exemple, la gestion de matériel sur les plages ou à proximités de celles-ci pourrait affecter la reproduction du Pluvier siffleur et ne devrait pas être réalisée du 7 mai au 31 juillet. Cette période s'applique aussi aux îlots, mais dans ce cas elle doit être étendue jusqu'au 7 août pour limiter les impacts potentiels sur la nidification de la Sterne de Dougall.

D'autres activités biologiques sensibles pourraient être affectés par les travaux de dragage et nécessitent une protection via des mesures d'atténuation créant des contraintes aux activités de dragage. Les périodes affectées par ces contraintes sont illustrées à la Figure 3.2. Dans la partie du chenal à l'intérieur de la lagune, les principales activités biologiques saisonnières en milieu aquatique sont la période de fraie du hareng et la période de dispersion de larves de la Moule bleue. Les mesures d'atténuation suivante sont associées à ces activités biologiques :

- Aucun dragage au niveau des chaînages inférieurs à 7350 m du 15 avril au 15 mai pour éviter la période de fraie du Hareng Atlantique.

- Chargement de la drague à 60 %, pour limiter la surverse, lors du dragage du bassin et de la courbe (chaînages 258 à 4200 m) du 15 juin au 31 juillet pour éviter un impact sur la qualité de l'eau durant une période sensible chez la Moule bleue.
- Dragage un jour sur deux dans le secteur entre les chaînages 4200 m et 4600 m et le secteur entre les chaînages 4600 m et 7350 m du 15 juin au 31 juillet pour éviter un impact sur la Moule bleue.
- Dragage deux jours sur trois, du 1 avril au 24 septembre au niveau des chaînages inférieurs à 4200 m (268 m à 2227 m, 2227 m à 3719 m, 3719 m à 4200 m) à moins qu'une des contraintes plus sévères mentionnées ci-dessus soit applicable. Cette mesure vise à réduire les effets potentiels sur la fraie du hareng et la dispersion des larves de moule lors de périodes d'activités biologiques réduites mais tout de même sensibles.
- Dragage deux jours sur trois entre le 1 avril et le 7 août, et entre le 25 août et le 24 septembre au niveau des chaînages 4200 m à 7350 m (4200 m à 4600 m, et 4600 m à 7350 m), à moins qu'une des contraintes plus sévères mentionnées ci-dessus soit applicable. Cette mesure vise à réduire les effets potentiels sur la fraie du hareng et la dispersion des larves de moule lors de périodes d'activités biologiques réduites mais tout de même sensibles.

Dans le secteur de la passe, chaînages 7350 m à 8650 m, l'activité biologique de pointe la plus importante est la migration des homards. Aucun dragage ne devrait donc avoir lieu dans ce secteur lors de la migration vers l'intérieur de la lagune du 17 mai au 21 juillet ni durant la migration vers l'extérieur de la lagune du 24 septembre au 15 octobre.

Dans le secteur du chenal à l'extérieur de la lagune, chaînages 8650 m à 10 720 m, les activités fauniques principales pouvant être affectées par les travaux de dragage sont la dispersion de larves de pétoncles et de homards. Le dragage est donc limité à deux jours sur trois dans le secteur de 8650 m à 9500 m et le secteur de 9500 m à 10 720 m durant le mois de juillet pour éviter d'affecter la dispersion des larves de homard et durant le mois de septembre pour limiter les impacts sur la dispersion des larves de pétoncles.

3.1.2 Alternatives et variantes d'équipements de dragage

Pour effectuer les travaux d'approfondissement, diverses alternatives peuvent être envisagées. Parmi les équipements disponibles, on retrouve les dragues mécaniques, les dragues hydrauliques et les dragues spéciales (Centre Saint-Laurent, 1992b).

3.1.2.1 Dragues mécaniques

Les dragues mécaniques sont utilisées aussi bien pour les matériaux durs que pour les matériaux meubles. Elles retirent les sédiments par application directe d'une force mécanique sur le fond. Un des grands avantages de ce type de drague réside dans le fait que les sédiments dragués conservent pratiquement la densité qu'ils avaient alors qu'ils étaient en place, ce qui réduit la quantité d'eau recueillie au moment de l'excavation. Elles peuvent également être opérées et manœuvrées dans des zones restreintes et confinées. Elles sont bien adaptées pour des travaux qui impliquent des volumes relativement réduits.

Les principaux désavantages des dragues mécaniques sont qu'elles ont généralement un rendement relativement faible, plus faible que les dragues hydrauliques, et que leur utilisation peut être fortement limitée par la présence de vagues et de houle. De plus, selon les types d'équipements, les dragues mécaniques peuvent être mal adaptées au dragage de matériaux fins non cohésifs. Enfin, les dragues mécaniques présentent aussi un désavantage important du fait qu'elles opèrent sur un point fixe et qu'elles représentent une entrave à la navigation. Dans le cas du chenal de la Grande-Entrée, ceci est d'autant plus pénalisant que, étant donnée l'étroitesse du chenal, une drague mécanique serait forcée de quitter le chenal (soit en revenant vers le bassin dans la lagune, soit en se déplaçant vers la mer) pour laisser un espace de manœuvre sécuritaire aux navires entrant ou quittant le port. Ces allers-retours forcés de la drague sur quelques kilomètres à chaque passage de navire représenteraient des pertes de temps importantes (pouvant aller jusqu'à deux ou trois heures à chaque passage) engendrant à la fois des coûts additionnels substantiels et des délais à un chronogramme de travail déjà rendu très serré par les contraintes imposées par les milieux biologique et humain.

Il existe trois principaux types de dragues mécaniques à savoir : la drague à benne preneuse, la drague à cuiller et la drague rétrocaveuse. Un quatrième type de drague mécanique, la drague à godet, n'est pas considérée ici en raison du fait qu'il ne s'agit pas d'une drague usuelle dans l'est de l'Amérique du Nord.

3.1.2.1.1 Drague à benne preneuse

Ce sont des engins flottants qui peuvent être automoteurs ou manœuvrés par des remorqueurs. L'engin mouillé sur ses ancrs ou sur des points d'amarrage travaille sur point fixe. Il peut être équipé de puits à clapets dans lesquels sont déversés les déblais mais le plus souvent, il est utilisé en tandem avec des chalands ou des barges. Ces dragues sont montées sur une grue et sont utilisées pour extraire des sédiments fins consolidés, des sables et des graviers. La benne descend jusqu'au fond en position ouverte et pénètre dans les matériaux à draguer sous l'effet de son poids et de l'action du mécanisme de fermeture. Après la remontée, les déblais de dragage sont déchargés en relâchant le filin fermant la benne. Le rendement moyen de la drague à benne preneuse est d'environ 30 m³/h et peut atteindre le triple et même plus lorsque la couche de matériau à enlever est épaisse, que le dragage n'exige pas de repositionnements fréquents, que le matériau se prête bien à l'excavation ou qu'il s'agit d'une drague ayant une benne de haute capacité. Le rendement dépend aussi de la profondeur de dragage qui reste limité à environ 20 mètres. Au-delà de cette profondeur la durée de descente et de remontée de la benne fait rechuter le rendement.

Les dragues à benne preneuse sont des engins peu encombrants et relativement précis qui s'adaptent bien aux opérations en eau agitée, car ils n'ont pas de liaison rigide avec le fond. Elles sont toutefois limitées par des conditions de vagues et de houle plus sévères. En raison de leur précision, elles sont plus particulièrement intéressantes pour les travaux à proximité des quais, dans les bassins étroits ou les darses. Elles sont également utilisées dans le cadre de travaux ponctuels impliquant des volumes relativement faibles dans les chenaux de navigation. Lorsque les volumes deviennent plus importants, deux ou trois dragues à bennes preneuses doivent être mises à contribution pour rencontrer des échéanciers convenables.

Selon Palermo (1990), 20 à 30 % du contenu d'une benne preneuse peut être « perdu » entre le moment où le godet quitte le fond avec sa charge et celui où il se déverse dans la barge. Par contre, la grande majorité de ce matériel est perdue au moment précis où le godet s'arrache du fond et ces matériaux « perdus » demeurent relativement cohésifs et se redéposent rapidement au site même de l'aire de dragage (Bowen *et al.*, 1992). Selon Tavolaro (1984, cité dans Environnement Canada, 1994), il n'y aurait en général qu'une très faible proportion (2 %) de la masse de matériel dragué qui serait effectivement mise en suspension dans la colonne d'eau et perdue lors d'un dragage à l'aide d'une benne preneuse, en incluant les pertes au niveau de la benne et celles occasionnées par la surverse des chalands. Des estimés encore plus faibles, de

l'ordre de 0,25 %, ont été calculés par Hayes et Wu (2001). Dans ce dernier cas, il faut noter que les dragues utilisées étaient très imposantes et avaient des productions mesurées en centaines de m³/h (Hayes et Wu, 2001). Il est aussi possible de diminuer la remise en suspension lors de l'opération d'une drague à benne preneuse en utilisant une benne étanche et par l'application de certaines bonnes pratiques d'opération telles qu'en réduisant les vitesses de descente et de remontée de la benne et en évitant la surcharge des barges (Robert Hamelin et Associés inc., 1997c).

Ces pertes en matériel engendrent une remise en suspension de sédiments et une augmentation de la turbidité des eaux qui varie selon le type de matériel dragué, les équipements utilisés et les conditions hydrologiques. En général, lors du dragage de matériaux grossiers tels que du sable, les effets sur la qualité de l'eau sont très faibles ou même indétectables. Par contre, lors du dragage de matières fines, des nuages de turbidité importants sont créés à proximité de la drague (voir Tableau 3.1).

Tableau 3.1 Résumé des impacts de dragues à benne preneuse sur la turbidité de l'eau.

Conditions du site	Emplacement des mesures	Résultats	Référence
Dragage d'argiles dans le chenal navigable du fleuve Saint-Laurent. Bruit de fond de 3-9 UTN.	À proximité de la drague	Maximum de 30-40 UTN	CJB Environnement inc. et Procéan inc., 1999
	150 m en aval	Maximum de 12 UTN	
	200 m en aval	Moyennes de 5 à 9 UTN, maximum de 13 UTN	
Dragage d'argiles dans le chenal navigable du fleuve Saint-Laurent. Bruit de fond de 3,7 à 8,2 mg/L*.	200 m en aval	7,3 à 15,6 mg/L*	CJB Environnement inc. et Procéan inc., 2000
Dragage d'argiles dans le chenal navigable du fleuve Saint-Laurent. Bruit de fond de 1,5 à 7 mg/L*, moyenne de 3 mg/L*.	200 m en aval	1,8 à 6,2 (moyenne de 3) mg/L*. Dans le pire des cas, la mesure était le triple du bruit de fond.	CJB Environnement inc. et Procéan inc., 2000
Dragage de sables dans le chenal navigable du lac Saint-Pierre.	200 à 400 m en aval	Aucune augmentation de la turbidité par rapport au bruit de fond.	Les Consultants Jacques Bérubé inc., 1997a
Dragage de silts argileux dans un bassin du port de Trois-Rivières. Peu de courant dans le bassin. Taux de dragage d'environ 75 m ³ /h depuis environ 24 h avant la prise des mesures. Bruit de fond de 9,6 UTN.	Dans le bassin à 10 m de la drague	25 UTN	CJB Environnement inc., 2002
	À l'ouverture du bassin (toutes les mesures à moins de 100 m de la drague)	14 à 41 (moyenne de 26) UTN	
	15 m en aval du bassin	15 UTN	
	34 m en aval du bassin	9,9 UTN	
Dragage d'argile silteuse et d'argile compactée dans le havre de Boston.	À partir de la drague, de 5 à 20 m de la benne.	8 à 896 (moyenne de 210) mg/L	Hayes <i>et al.</i> , 2000
Dragage de vases aux chantiers de MIL Davie inc. Bruit de fond de 4 à 46,6 (moyenne de 15,68) mg/L	En face des aires de dragage et à la prise d'eau de Lauzon.	3,2 à 116,4 (moyenne de 15,05) mg/L	Robert Hamelin et Associés inc., 1988a

Conditions du site	Emplacement des mesures	Résultats	Référence
Dragage de sables à l'aire d'accostage de QIT-Fer et Titane inc. à Tracy.	5 à 170 m en aval	Aucune augmentation de la turbidité par rapport au bruit de fond.	Roche ltée, 1987 cité dans Environnement Canada, 1994
Dragage d'argile et silt en milieu riverain à Calumet River. Courant de 0 à 0,06 m/s. Bruit de fond de 10 mg/L au fond et 12 mg/L à la surface.	15 à 200 m autour de la drague	Nuage de turbidité de 140 mg/L à 15 m et mesure de 20 mg/L à 150 m (concentrations au-dessus du bruit de fond)	McLellan <i>et al.</i> , 1989
Dragage de sable et argile en milieu d'estuaire saumâtre à Black Rock Harbor. Courant de 0,06 à 0,24 m/s. Bruit de fond de 45 mg/L au fond et 69 mg/L à la surface.	15 à 200 m autour de la drague	Nuage de turbidité de 1100 mg/L à 15 m à 250 mg/L à 200 m (concentrations au-dessus du bruit de fond)	McLellan <i>et al.</i> , 1989
Dragage de silt avec sable et argile en milieu d'estuaire saumâtre à Duwamish. Courant de 0,09 à 0,33 m/s. Bruit de fond de 11 mg/L au fond et 26 mg/L à la surface.	15 à 200 m autour de la drague	Nuage de turbidité de 20 à 160 mg/L (concentrations au-dessus du bruit de fond)	McLellan <i>et al.</i> , 1989
Dragage de silt en milieu d'estuaire à St. John River. Courant de 0 à 0,06 m/s. Bruit de fond de 47 mg/L au fond et 72 mg/L à la surface.	15 à 200 m autour de la drague	Nuage de turbidité de 480 mg/L à 15 m à 100 mg/L à 150 m (concentrations au-dessus du bruit de fond)	McLellan <i>et al.</i> , 1989
Dragage au Havre Merwe à Rotterdam. Bruit de fond de 20 mg/L.	50 m de la drague	Augmentation de 35 mg/L au-dessus du bruit de fond.	Pennekamp <i>et al.</i> , 1996
Dragage avec utilisation d'un écran dans une rivière à IJssel. Bruit de fond de 35 mg/L.	50 m de la drague	Augmentation de 35 mg/L au-dessus du bruit de fond.	Pennekamp <i>et al.</i> , 1996
Dragage de sédiments fins.	244 m de la drague.	105,9 mg/L dans la partie supérieure de la colonne d'eau et 134,3 mg/L en profondeur.	Raymond, 1984

* calculé à partir de données en UTN selon une droite de régression (1 mg/L = 1,0924 UTN, R² = 0,7258)

Étant donné sa capacité de bien travailler dans les profondeurs et avec les types de matériaux présents, la drague mécanique à benne preneuse pourrait être utilisée pour le dragage de petites quantités, par exemple lors d'une intervention exceptionnelle dans le chenal de Grande-Entrée. Il faut cependant noter que le potentiel d'utilisation d'une drague à benne preneuse dépend aussi de son rendement et, étant donné le volume relativement important de matériel à excaver, ce type de drague est *a priori* peu indiqué lors d'un dragage d'entretien régulier à moins que plusieurs unités ne soient mobilisées. D'autre part, ce type de drague, notamment les plus petites, telles que celles qui interviennent généralement dans le Saint-laurent, n'est pas adapté à un travail en continu en haute mer, dans des conditions d'agitation de moyennes à élevées. Enfin, il faut souligner que, étant donnée l'étroitesse du chenal, des dragues à benne preneuse

seraient forcées de quitter le chenal lors de l'arrivée ou du départ d'un navire, faisant en sorte d'augmenter les coûts et les délais de réalisation des travaux.

3.1.2.1.2 *Drague à cuiller*

La drague à cuiller est essentiellement une pelle mécanique montée sur un ponton. Elle est souvent utilisée pour l'extraction de roches tendres brisées et pour l'excavation de dépôts sédimentaires denses immergés. Elle est également utilisée pour des travaux en eaux peu profondes ou encore pour des travaux lourds tels que l'élimination d'anciennes structures. Dans les matériaux où d'autres types de drague peuvent opérer assez facilement, le rendement de la drague à cuiller est comparativement faible. Le dragage avec ce type d'équipement est difficile par mauvais temps, et les pertes de matériaux fins sont importantes lors de la remontée du godet.

En raison de sa construction, la profondeur de dragage maximale ne dépassera généralement pas 12 m. La capacité des godets est variable et le rythme de travail est de l'ordre de 30 à 60 cycles par heure. Étant donné la nature des travaux (dragage de volumes importants de matériaux meubles dans des zones influencées par la houle), la drague à cuiller ne peut être recommandée pour le dragage d'entretien du chenal de la Grande-Entrée.

3.1.2.1.3 *Drague rétrocaveuse*

La drague rétrocaveuse étant à l'origine un excavateur opérant sur terre, elle peut être installée sur le pont renforcé d'un chaland. Le godet de la drague est fixé à un bras de manœuvre articulé sur la flèche, et les matériaux sont extraits en ramenant le godet vers la drague. Les produits de dragage sont déposés sur les rives ou dans des chalands.

La drague rétrocaveuse peut normalement opérer jusqu'à une profondeur d'environ 12 m dans une large gamme de sédiments : petits cailloux, gravier, sable grossier, sable cohésif et argile compacte. Elle est habituellement équipée de godets dont la capacité varie de 1 à 3 m³.

Cette drague peut être opérée avec beaucoup de précision. Toutefois, elle peut occasionner des pertes importantes de matériaux et, pour cette raison, elle est rarement utilisée pour l'excavation de sédiments très fins et peu cohésifs. Étant donné la nature et la quantité du matériel à draguer, la drague rétrocaveuse ne peut être recommandée pour le dragage d'entretien du chenal de la Grande-Entrée.

3.1.2.2 *Dragues hydrauliques*

Les dragues hydrauliques aspirent les sédiments sous forme de boues liquides. Les sédiments sont ensuite refoulés vers les zones de dépôt à l'aide de canalisations, par déchargement latéral, par chargement d'un puits de déblai installé à bord ou par barge. Elles sont généralement montées sur des barges équipées de pompes centrifuges commandées par un moteur diesel ou électrique et raccordées à des pipelines de refoulement montés sur flotteurs.

Les dragues hydrauliques sont généralement plus rapides que les dragues mécaniques. Leur performance sur le plan de la remise en suspension des sédiments au site de l'excavation est généralement meilleure que celle des dragues mécaniques. Elles facilitent aussi le transport du matériel dragué sur de longues distances (Centre Saint-Laurent, 1992b). En contrepartie, l'évacuation du mélange eau-déblais implique parfois des mesures particulières au site de dépôt, comme la mise en place de vastes bassins de décantation et d'équipement de déshydratation, ce qui d'une part engendre des coûts supplémentaires et qui, d'autre part, nécessite un espace relativement grand pour la mise en place des bassins. Enfin, les coûts importants de mobilisation/démobilisation ainsi que les coûts de traitement des eaux font en sorte que ce type d'équipement n'est pas adéquat pour draguer des volumes faibles.

Il existe trois principaux types de dragues hydrauliques à savoir : la drague aspiratrice simple, la drague suceuse à désagrégateur et la drague autoporteuse.

3.1.2.2.1 *Drague aspiratrice simple*

Les sédiments sont retirés par succion et déposés sur des barges ou transportés par canalisation. Ces dragues sont de performance moyenne variant selon les caractéristiques précises de la drague. Leur utilisation est restreinte aux matériaux fins et au petit gravier sans cohésion. Puisque les matériaux solides ne totalisent que 10 à 20 % du matériel refoulé par ces dragues, elles ont le désavantage de nécessiter de vastes terrains de décantation et un drainage important lors de la mise en dépôt en milieu terrestre. De plus, la présence d'un tuyau flottant pour refouler les sédiments provenant de la drague vers les bassins peut interférer avec les activités maritimes et portuaires. Ces dragues sont très sensibles à la houle et aux vagues (Centre Saint-Laurent, 1992b).

Étant donné que les travaux nécessitent le dragage de matériel dans des zones fortement influencées par la houle et où la présence des tuyaux de refoulement pourrait causer des obstacles à la navigation, la drague aspiratrice simple ne peut être recommandée pour le dragage d'entretien du chenal de la Grande-Entrée.

3.1.2.2.2 *Drague suceuse à désagrégateur*

La drague suceuse à désagrégateur est une drague suceuse munie d'un appareil rotatif de désagrégation mécanique monté à l'embouchure d'une élinde. Le désagrégateur réduit les matériaux cohésifs en une boue liquide (80 à 90% d'eau) qui est remontée en surface et refoulée à l'aide de tuyaux de canalisation vers un site de dépôt. Retenue en place par des béquilles qui lui servent de pivot, elle drague par un mouvement latéral en utilisant successivement ses câbles d'amarrage de bâbord et de tribord. L'efficacité du dragage dépend de l'équilibre entre l'action mécanique du désagrégateur et la succion hydraulique. Le rendement varie aussi en fonction de la granulométrie du matériel, de la profondeur d'excavation et de la taille de la drague (Centre Saint-Laurent, 1992b). Elle a l'avantage de draguer tous les types de matériaux avec des rendements variables selon les caractéristiques de la drague (Herbich 1981, cité par Sanexen, 1990), mais le désavantage d'être nuisible à la navigation et d'opérer difficilement dans une houle supérieure à 0,90 m.

Étant donné la nature des travaux (dragage de matériaux meubles dans des zones influencées par la houle et dans un chenal utilisé pour la navigation par plusieurs navires), la drague à désagrégateur ne peut être recommandée pour le dragage d'entretien du chenal de la Grande-Entrée.

3.1.2.2.3 *Drague autoporteuse*

Cette drague est aussi appelée suceuse porteuse ou porteuse. Montée sur des navires océaniques autopropulsés, cette drague aspire les matériaux à l'aide d'élinde suspendues par des bossoirs de chaque côté de la coque. En position de dragage, l'extrémité des élinde prend appui sur le fond et les matériaux sont pompés alors que le navire se déplace à faible vitesse. Le mélange eau-sédiments est stocké à bord dans des puits à déblais, où il décante. Les matériaux décantés sont transportés par la drague elle-même vers l'aire de dépôt où ils sont déchargés suite à l'ouverture du fond des puits à déblais. Le surplus d'eau (pouvant contenir des matières fines qui n'ont pas décanté) est soit rejeté directement à la mer par surverse, soit dirigé dans une conduite qui descend sous la coque du navire (surverse immergée). Cette dernière configuration aide à diminuer les impacts sur la qualité de l'eau liés à la mise en suspension de particules fines, et confère aux dragues équipées d'une surverse immergée un rendement environnemental potentiellement plus élevé.

Ces dragues, qui nécessitent des tirants d'eau de 3,0 à 8,5 m, ont des rendements qui sont variables selon les dragues individuelles et qui peuvent être très élevées. En effet, des rendements jusqu'à 2 520 m³/ heure ont été atteints en 2002 dans le chenal entre les chaînages 8650 m et 10 720 m. Elles ont l'avantage d'opérer en pleine circulation maritime et sous de mauvaises conditions météorologiques et de courants, mais elles ne peuvent excaver des sédiments trop cohésifs.

Puisque ce type de drague n'utilise aucun système d'ancrage, la surface draguée est habituellement irrégulière, ce qui, dans certains cas, mène à l'excavation d'une couche plus épaisse de sédiments pour obtenir la profondeur voulue (Centre Saint-Laurent, 1992b). Lors de l'utilisation de ce type de drague, une remise en suspension de sédiments est causée par (1) la surverse des puits à déblais, (2) l'élinde traînant sur le fond et (3) le mouvement de l'hélice du navire (Centre Saint-Laurent, 1992b). Suivant le type de matériau qui est dragué, les matières en suspension générées par cette drague peuvent être très peu importantes ou encore elles peuvent atteindre plus d'une centaine de grammes par litre au point de décharge de la surverse et quelques grammes par litre au point de contact de l'élinde avec le fond. Dans tous les cas, les teneurs des matières en suspension diminuent exponentiellement en s'éloignant de la drague (Nichols et al., 1990; Barnard, 1978). Nichols *et al.* (1990) ont trouvé que la quantité de matières en suspension diminuait rapidement de 169 000 mg/L au point de surverse à entre 120 et 840 mg/L à 300 m de la drague. Une partie de cette diminution est attribuable au mélange et à la dilution des eaux de surverse dans les eaux environnantes. Il faut noter que la remise en suspension varie beaucoup selon les dragues individuelles et le type de matériel dragué. Par exemple, des concentrations beaucoup plus faibles, même aussi faibles que 15 mg/L, ont été mesurées à proximité de petites dragues autoporteuses (Pennekamp et al., 1996). De la même façon, une série imposante de mesures effectuées à proximité d'une drague autoporteuse opérant dans les sables de la Traverse Nord, dans le chenal navigable du Saint-Laurent, ont permis de conclure que ces travaux avaient très peu d'impact sur la qualité de l'eau, que ce soit lors du dragage ou lors de la mise en dépôt des matériaux en eaux libres (Les Consultants Jacques Bérubé inc., 1997b). Dans ce cas, les hausses de MES générées par la drague étaient ponctuelles, limitées dans l'espace et, à quelques exceptions près, s'inscrivaient à l'intérieur des variations naturelles observables dans le secteur au moment où les travaux étaient réalisés.

À cause des pertes de matériel reliées à la surverse, la drague autoporteuse est peu recommandée en présence de sédiments fortement contaminés (Centre Saint-Laurent, 1992b). Par contre, ces impacts peuvent être grandement diminués en évitant ou limitant la surverse. En effet, les concentrations à proximité d'une drague autoporteuse sans surverse sont de l'ordre de 25 à 200 mg/L et sont limitées au fond de l'eau tandis que les concentrations avec surverse peuvent être très élevées au point de décharge et de l'ordre de 700 mg/L au fond (Hayes, 1986; Havis, 1988). Les quantités de matières en suspension (MES) dans les eaux de la surverse peuvent aussi être diminuées en réduisant le taux de pompage de la drague ou en injectant des flocculants dans le mélange eau-sédiments (Barnard, 1978). De plus, certains systèmes de surverse submergés offrent un rendement optimisé par rapport à la mise en suspension de particules (Barnard, 1978).

Lors du dragage du chenal de la Grande-Entrée en 1992, effectué avec une drague autoporteuse, les observations ont permis de conclure que le dragage dans les secteurs sableux ne causait pas d'impact important sur la qualité de l'eau (Harvey et Boudreault, 1994). Par contre, des augmentations de la turbidité d'environ 90 UTN par rapport au bruit de fond ont été observées juste après le passage de la drague lorsqu'elle draguait à l'intérieur de la lagune, dans les zones d'accumulation de particules plus fines. Des augmentations ponctuelles d'environ 22 UTN ont été observées lors de ce dragage dues à la surverse. La turbidité mesurée à 200 m de la drague était d'environ 10 UTN au-dessus du bruit de fond (Harvey et Boudreault, 1994).

Comme elle est particulièrement bien adaptée au dragage de grands volumes de matériel non-cohésifs dans des zones influencées par les vagues et le courant sans causer d'entrave à la navigation, la drague

hydraulique autoporteuse constitue un choix très intéressant pour le dragage d'entretien du chenal de Grande-Entrée. En effet, la grande mobilité de ce type de drague en fait le seul type pouvant travailler de façon efficace dans le chenal sans avoir de conflits importants avec les activités de navigation. Cette drague est notamment toute indiquée pour le dragage des sables de la partie extérieure du chenal, soit la plus importante part du volume qui doit être retiré lors des dragages d'entretien. C'est d'ailleurs ce type de drague qui a été utilisé lors de tous les dragages d'entretien antérieurs. Il faut souligner que, un peu partout dans le monde, c'est ce type de drague qui est généralement retenu pour le dragage de grands volumes de sables dans les chenaux de navigation maritime en milieu ouvert. Au Québec, ce type de drague est utilisé dans le chenal de la Traverse Nord, où un volume de l'ordre de 70 000 m³ de sables doit être retiré chaque année.

3.1.2.3 Dragues spéciales

Plusieurs systèmes de dragage hydraulique de conception spéciale ont été développés pour aspirer les sédiments en maintenant une teneur élevée en solides ou en réduisant la remise en suspension occasionnée par l'excavation. La plupart des dragues de conception spéciale sont destinées à des travaux de petite et de moyenne envergures et elles sont surtout utilisées pour des projets de restauration, de nettoyage ou encore pour des interventions très particulières mettant le plus souvent en cause des sédiments très pollués. Actuellement, deux types de dragues de conception spéciale peuvent opérer sur le Saint-Laurent : la drague à tarière horizontale et la drague à godet-pompe. Ces deux dragues ne peuvent cependant travailler dans des conditions d'agitation telles que celles qui caractérisent le chenal maritime de Grande-Entrée. De plus, elles ne sont pas conçues pour avoir un rendement élevé. Étant donné la grande quantité de matériel à draguer et les conditions maritimes qui prévalent aux Îles-de-la-Madeleine, les dragues spéciales ne sont pas bien adaptées aux travaux de dragage du chenal de Grande-Entrée.

3.1.3 Alternatives et variantes de gestion du matériel dragué

3.1.3.1 Immersion en mer

L'immersion en mer peut être retenue comme mode de gestion pour des matériaux de tous les types de granulométrie dans la mesure où ils présentent des teneurs en contaminants relativement faibles et dans la mesure où leur mise en dépôt ne contribue pas à dégrader la qualité des matériaux en place ou à détériorer des habitats aquatiques.

3.1.3.1.1 Site de dépôt D

Une partie des sédiments de dragage pourrait être immergée dans l'aire de dépôt D, qui sert à cette fin depuis la création du chenal. De 1980 à 1982, lors de la création du chenal de Grande-Entrée, 584 500 m³ de sables et de sédiments ont été immergés à l'extérieur de la lagune dans un site identifié comme étant le dépôt D. Une extension vers le nord-est du dépôt D a ensuite été délimitée et retenue pour la gestion du matériel dragué lors des trois dragages qui ont eu lieu dans le cadre du premier programme décennal de dragage d'entretien. Ces trois dépôts ont eu lieu en 1992, en 1997 et en 2002. Les volumes déposés ont été de 607 813 m³ en 1992, 192 469 m³ en 1997 et 283 091 m³ en 2002. Ces dépôts ont été mis en place tout en maintenant l'objectif de conserver une profondeur minimale de 10,5 m de façon à assurer la stabilité du dépôt de même que pour garantir une profondeur sécuritaire pour la navigation. La bathymétrie actuelle du dépôt D, montrant l'emplacement des monticules créés lors des dragages antérieurs est présentée à la Figure 2.5. La superficie initiale du dépôt D était de 213 000 m² (310 x 690 m) et sa superficie totale suite à son extension pour le premier programme décennal de dragage est de 903 900 m² (1310 x 690 m). La localisation du dépôt D est présentée à la Figure 3.3.

Plusieurs études ont été menées en 2000 et 2001 pour évaluer la stabilité du dépôt D. Chacune de ces études abordait un aspect différent de la question, soit les vents et les vagues (Ouellet, 2002), la sédimentologie (Long, 2002), la circulation (Lefavre, 2002) et l'analyse comparative des bathymétries (Ropars, 2002). Une synthèse des résultats de ces quatre études est présentée dans Robert Hamelin et Associés inc. (2002b). Ces études ont confirmé que les sédiments du dépôt D se trouvant à une profondeur moindre que 15 m sont soumis à un remaniement, principalement par l'action du vent et des vagues. Selon l'étude des vents et des vagues, les sédiments du site étaient entraînés entre 10 % et 17 % du temps durant l'automne 2000. Cet entraînement aurait lieu lorsque les courants atteindraient de 0,19 à 0,24 m/s et pour des périodes de vagues de 6 à 12 s. Le remaniement des sédiments pourrait se traduire en un déplacement annuel de 300 à 500 m si toutes les tempêtes étaient dans la même direction. De plus, à partir de mesures de courant prises sur le terrain, Long (2002) a estimé que la quantité de matériel transporté serait de $40 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$, ce qui donne un transport total de 28 000 m^3/an pour une largeur de dépôt de 700 m.

Par contre, les tempêtes peuvent venir de toutes les directions et la remobilisation des sédiments du site se traduit surtout par un écrêtage des monticules et un étalement relativement limité des sédiments (Robert Hamelin et Associés inc., 2002b). Cette remobilisation a été observée lors de la comparaison des bathymétries qui a montré que le sommet du monticule de 1992 s'est affaissé d'environ 0,5 m entre 1995 et 2000 et que celui de 1982 s'est affaissé d'environ 0,3 m (Robert Hamelin et Associés inc., 2002b).

Ces études ont aussi démontré que les sables provenant du dépôt D transitent en quantité relativement faible sur les affleurements rocheux avoisinants. De plus, vu les caractéristiques d'intensité et de direction des courants de la baie de la Grande-Entrée, il est peu probable que les sédiments transportés se déposent sur les affleurements rocheux (Lefavre, 2002). En considérant l'ensemble des données recueillies sur ce site, nous estimons que le site de dépôt D continue de constituer un site d'immersion en mer acceptable pour la gestion de sédiments provenant du chenal de Grande-Entrée.

Par contre, l'espace résiduel dans le dépôt D est insuffisant pour permettre d'y immerger la totalité des volumes à draguer prévus pour les dix prochaines années. Sur la base des aires occupées par les volumes déposés antérieurement, un volume de tout au plus 100 000 m^3 pourrait y être mis en dépôt. De plus, le secteur non utilisé du dépôt D constitue la partie la moins profonde du dépôt, ce qui pourrait rendre difficile le respect de la profondeur minimale de 10,5 m dans ce secteur. Pour ces raisons, l'immersion en mer de la totalité des sédiments dragués sur une période de dix ans requiert l'identification d'un site de dépôt utilisable à l'extérieur des limites actuelles du dépôt D.

3.1.3.1.2 Nouveau site de dépôt immergé dans le secteur du dépôt D

Puisque que le dépôt D n'est pas suffisant pour la mise en dépôt des volumes totaux prévus dans le cadre du programme décennal, il est nécessaire d'établir une nouvelle aire de dépôt à l'extérieur des limites du dépôt D. Par ailleurs, étant donné que le secteur du dépôt D est bien caractérisé, que les impacts liés à la mise en dépôt dans ce secteur ont été jugés acceptables lors des années précédentes et qu'il se trouve à proximité du chenal, il apparaîtrait très souhaitable d'établir le nouveau site de mise en dépôt dans ce même secteur. Nous proposons donc l'établissement d'un nouveau site de dépôt à 5 km à l'est-sud-est du site de mise en dépôt D (voir Figure 3.3). Les quatre coins délimitant l'aire proposée sont les suivants : $47^\circ 30,140'N$, $61^\circ 33,317'O$ au nord-ouest, $47^\circ 30,124'N$, $61^\circ 32,043'O$ au nord-est, $47^\circ 29,276'N$, $61^\circ 33,341'O$ au sud-ouest et $47^\circ 29,260'N$, $61^\circ 32,067'O$ au sud-est. Cette aire devrait être assez étendue pour pouvoir y déposer tout le matériel dragué dans le chenal de Grande-Entrée sur une période de beaucoup plus que dix ans. Ainsi, seule une portion de celle-ci sera utilisée dans le cadre du prochain programme décennal de dragage.

L'emplacement précis du nouveau site de dépôt dans le secteur du dépôt D a été déterminé avec le souci de minimiser les impacts potentiels sur les habitats marins tout en continuant d'assurer la stabilité du dépôt

de même qu'une profondeur sécuritaire pour la navigation. Dans le but de minimiser les impacts sur les fonds marins, le nouveau site de dépôt sera localisé dans un secteur présentant peu d'intérêt faunique, particulièrement en ce qui concerne les zones connues de concentration du homard et les zones d'affleurement rocheux. L'emplacement du nouveau site de mise en dépôt par rapport aux affleurements rocheux est illustré à la Figure 2.4. L'ensemble des observations effectuées en 2005 dans le nouveau secteur proposé pour la mise en dépôt permet de conclure qu'il ne présente aucun affleurement rocheux et que le homard y est présent en densité très faible. De plus, le nouveau site envisagé se trouve dans un endroit plus profond du secteur, ce qui est avantageux sur le plan de la stabilité et des quantités de matériaux pouvant y être déposées. La profondeur supérieure du site, par rapport au dépôt D, pourra aussi permettre de faciliter les opérations de dépôt, surtout en ce qui concerne le recouvrement des sédiments fins dans le respect des profondeurs minimales requises.

Sur la base des bathymétries disponibles et de la caractérisation du site réalisée en septembre 2005, les fonds dans ce secteur sont plats, très homogènes et principalement composés de sable fin. À l'exception d'un échantillon présentant des teneurs dépassants les critères applicables pour les HAP, les sédiments du nouveau site de mise en dépôt proposé ne montre aucun signe de contamination. Ainsi, il est permis de croire que la mise en place de monticules de sables propres dans une zone occupée par des fonds sableux n'engendrera pas des impacts environnementaux importants. En se basant sur une analyse des données provenant des études de Ouellet (2002), Long (2002), Lefaiivre (2002) et Ropars (2002) (voir section 2.2.1.6.4), il apparaît que le nouveau site de dépôt prévu sera plus exposé aux vents du large. Toutefois, étant donnée l'augmentation de la profondeur, la mobilité du fond sera globalement réduite. De plus, l'intensité des courants générés par les vagues sera aussi diminuée d'une façon générale. Il est donc jugé que le nouveau site de mise en dépôt sera au moins aussi stable que le dépôt D et ne causera pas plus d'impact aux milieux sensibles environnant, dont l'habitat du homard.

3.1.3.1.3 *Nouveau site de dépôt immergé dans un autre secteur*

Une partie ou la totalité des matériaux dragués pourrait être immergée en eau profonde à l'extérieur de la lagune dans un secteur autre que celui du dépôt D. Tel que pour le nouveau site dans le secteur du dépôt D, le choix d'un nouveau site dans un autre secteur devrait être fait de façon à minimiser les impacts sur les fonds marins tout en assurant la stabilité des matériaux qui y seraient déposés et la sécurité de la navigation. Compte tenu des contraintes associées à la présence d'aires sensibles, notamment en ce qui a trait au homard, tout nouveau secteur devra être localisé à une plus grande distance du chenal que le secteur du dépôt D. Sur les plans technique et économique, les coûts de l'utilisation d'un nouveau site seraient donc nécessairement plus élevés que pour le secteur du dépôt D puisqu'ils dépendraient surtout de la distance entre le site et le chenal.

L'utilisation d'un nouveau site de dépôt dans un autre secteur des Îles-de-la-Madeleine pourrait être envisagée. Cependant, étant donné que les conditions dans le secteur du dépôt D apparaissent acceptables pour l'immersion en mer des matériaux dragués, nous ne croyons pas que l'identification d'un autre secteur pouvant servir à l'immersion en mer soit nécessaire.

3.1.3.1.4 *Dispersion en mer*

Les sédiments présentant une plus haute concentration en sédiments fins pourraient être dispersés en mer. Cependant, étant donné que les sédiments fins dragués dans la lagune présentent une problématique environnementale liée à un enrichissement naturel pour certains paramètres, notamment l'arsenic, la gestion de ces matériaux doit viser à en limiter les pertes dans la colonne d'eau. Par le passé, les sédiments fins ont été confinés sous les sables déposés au site de dépôt D et cette approche doit être conservée. Quant aux matériaux plus grossiers, ils ne peuvent littéralement pas être dispersés en raison de leur masse. La dispersion en mer n'est donc pas une option appropriée pour la gestion du matériel dragué dans le chenal de la Grande-Entrée.

3.1.3.2 Confinement en milieu aquatique

Le confinement en milieu aquatique est une technique efficace et souvent utilisée pour gérer des matériaux qui présentent un potentiel de toxicité (PIANC, 2002). Essentiellement, les sédiments sont déposés dans une dépression naturelle ou artificielle ou encore rejetés dans une zone calme et bien abritée et sont recouverts d'une couche de matériaux propres (Centre Saint-Laurent, 1992b).

Le confinement en milieu aquatique vise à couper tous les contacts directs entre d'une part les sédiments et d'autre part, le milieu aquatique et les organismes qui y vivent. Ses objectifs sont donc, d'une part, de limiter la migration des polluants vers des secteurs non contaminés ou vers des éléments sensibles du milieu et, d'autre part, d'empêcher la biomobilisation de certaines substances par la faune ou la flore benthique au site même du dépôt.

En général, la couche de recouvrement doit avoir une épaisseur minimum de 0,5 mètres. La granulométrie des matériaux formant cette couche doit être suffisamment grossière pour résister à long terme aux conditions d'érosion du milieu tout en étant suffisamment fine pour assurer le confinement adéquat des matériaux contaminés. De façon générale, les matériaux qui rencontrent le mieux ces exigences sont les sables fins à moyens. Un recouvrement en couches successives (fin à grossier) peut également être envisagé. Ce mode de dépôt nécessite l'utilisation de quantités relativement importantes de matériaux grossiers non contaminés pour pouvoir confiner de façon efficace et sécuritaire les volumes de sédiments contaminés.

Pour que le confinement de sédiments contaminés soit efficace, la nature physique du recouvrement ainsi que les méthodes de dépôt des sédiments contaminés et du recouvrement doivent être compatibles. Le recouvrement et la méthode qui permet la mise en place de ce recouvrement sont généralement considérés compatibles lorsqu'ils permettent de recouvrir le matériel contaminé sans le déplacer, l'étaler dans le milieu ou faire en sorte que le matériel du recouvrement se mélange trop au matériel contaminé (Palermo *et al.*, 1998). Par exemple, le recouvrement de matériaux fins meubles sans l'utilisation d'une méthode de rétention latérale n'est pas considéré adéquat (Palermo *et al.*, 1998). Les facteurs les plus importants par rapport au succès technique du recouvrement sont la nature physique des matériaux contaminés et des matériaux de recouvrement, la méthode de dragage de ces matériaux, la méthode de mise en place du recouvrement et le temps de consolidation des matériaux contaminés dans le cas de matériaux fins avec un contenu en eau relativement élevé (Fredette *et al.*, 2000).

Selon PIANC (2002), les avantages des installations de confinement en milieu aquatique sont :

- Le site est maintenu en condition anoxique, donc les métaux lourds resteront relativement immobiles.
- Un tel site n'est pas visible donc sa présence est plus acceptable d'un point de vue esthétique que celle d'un dépôt terrestre.
- Il s'agit d'une intervention relativement facile à compléter.
- Les coûts d'entretien sont relativement faibles.

Selon PIANC (2002), les désavantages des installations de confinement en milieu aquatique sont :

- Le site n'est pas visible, donc non apparent à long terme, ce qui fait en sorte qu'une perturbation accidentelle peut demeurer longtemps ignorée.
- Il existe une probabilité de déplacement du matériel dragué contaminé vers les eaux en raison du contact potentiel lors d'une érosion accidentelle de la couverture.
- Des mesures additionnelles peuvent être nécessaires lors de la mise en dépôt pour éviter la dispersion du matériel dragué contaminé.

Le dragage en séquence des différents secteurs du chenal de la Grande-Entrée permet le recouvrement des sédiments fins présentant un enrichissement pour certains paramètres, notamment l'arsenic et le cadmium, par des sables propres. Une telle intervention lors de l'immersion en mer des matériaux dragués dans le chenal peut être considérée comme une forme de confinement en milieu aquatique.

Ce type de gestion a été retenu lors des dragages d'entretien antérieur du chenal de Grande-Entrée. En 1992, près de 88 000 m³ de matériaux fins ont ainsi été confinés au centre du dépôt. Pour maintenir ce matériel en place, des dépôts de sables et de gravier ont été placés le long des bordures de la zone de confinement. Suite au dépôt des sédiments fins, ceux-ci ont été recouverts à l'aide d'environ 3 m de sables grossiers (Harvey et Boudreault, 1994). Lors du dragage de 1997, la construction d'une digue de confinement a été tentée. Par contre, l'étalement des matériaux grossiers utilisés pour construire cette digue a fait en sorte qu'elle n'a pas atteint la hauteur voulue. Malgré ce fait, la cohésion des sédiments fins a fait en sorte qu'ils ne se sont pas étendus dans le site de dépôt, ce qui a favorisé le recouvrement de ceux-ci. Il a donc été possible d'obtenir un recouvrement de 1 m de matériaux grossiers (Robert Hamelin et Associés inc., 1998). Dans le cas du dragage de 2002, aucune digue n'a été placée autour du site de dépôt des matériaux fins. Dans ce cas, 21 537 m³ de matériaux fins ont été déposés sur une épaisseur d'environ 1 m durant la première partie des travaux de dragage pour être ensuite recouverts d'une couche de 1 m de matériaux grossiers propres (volume total de 261 554 m³) (Robert Hamelin et Associés inc., 2003).

Il est permis de croire que le confinement au site d'immersion en mer des sédiments fins par recouvrement avec des sables demeure une option intéressante dans le cadre du dragage d'entretien du chenal de la Grande-Entrée. Plusieurs éléments militent en faveur de cette option :

- La disponibilité, à chacun des dragages, d'un grand volume de sable pouvant être utilisé comme matériau de recouvrement.
- La stabilité du site de mise en dépôt dans le secteur du dépôt D (Robert Hamelin et Associés, 2002b).
- La démonstration que cette méthode est appropriée pour produire un fond sableux non contaminé au site de mise en dépôt (St-Laurent *et al.*, 2000).

Par contre, il faut noter que le choix des méthodes de dragage et de mise en place des matériaux pourront affecter l'efficacité de cette option.

3.1.3.3 Dépôt en berge et recharge de plages

Le dépôt en berge sans restriction peut être retenu pour des sédiments non pollués lorsque les conditions d'érosion du milieu le permettent. La recharge des plages et des battures sont des exemples de ce type de mise en dépôt.

Les côtes sableuses des Îles-de-la-Madeleine sont en évolution dynamique sous l'action de l'érosion, de la sédimentation et du transport éolien, tous engendrés par des phénomènes naturels tels que les vagues, la marée ou les vents. Il existe cependant relativement peu d'endroits aux Îles où ces manifestations naturelles entrent en conflit de façon directe et importante avec l'utilisation du milieu et où il devient justifié de mettre en place des mesures de protection lourdes telles que des enrochements. Suite à une consultation des intervenants locaux, dont les responsables du ministère des Transports, deux sites en érosion sévère ont été identifiés : la Dune du Nord et la plage de la Martinique. À ces endroits, la route 199 s'approche très près de la mer et des mesures de contrôle et de lutte contre l'érosion ont dû être mises en place pour freiner le recul de la plage. Une intervention de recharge de ces plages pourrait être envisagée, d'autant plus que l'utilisation du sable pour contrer l'érosion est préférable à l'enrochement, ces derniers aménagements soulevant des enjeux esthétiques et de sécurité quant à l'utilisation récréotouristique des plages (Louis Vigneau, MTQ, comm. pers.).

3.1.3.3.1 Recharge de la plage érodée de la Dune du Nord

Il existe deux zones, rapprochées l'une de l'autre, immédiatement à l'est de Pointe-aux-Loups, où la plage est en érosion et où la route 199 est menacée (Figure 3.3). Ces zones, qui ont été enrochées, pourraient probablement accueillir une très grande quantité de sables dragués dans le but de créer une zone tampon entre la mer et la route, ce qui réduirait la probabilité de dommages lors de grands événements d'érosion, notamment lors de tempêtes. Par contre, ce milieu est naturellement instable et des recharges récurrentes devraient être envisagées puisque les sables déposés seront éventuellement érodés.

Puisque ces plages sont en milieu essentiellement marin et que l'eau déversée sur celles-ci s'écoulerait rapidement vers la mer, le dépôt sur les plages pourrait être fait à l'aide d'un équipement hydraulique avec beaucoup moins de manipulations et de contraintes techniques que s'il s'agissait d'un dépôt en milieu terrestre. Par contre, la nécessité d'effectuer une double manipulation des matériaux (une première pour le draguer et une seconde pour le déposer) et la distance qui sépare ces sites des lieux de dragage (distance navigable d'environ 45 km et distance par voie terrestre d'environ 10 km en ligne droite) font en sorte que cette option comporte des coûts très élevés et des contraintes techniques qui la rendent pratiquement impossible à réaliser. En supposant que les travaux seraient réalisés par une drague autoporteuse, comme ce fut le cas entre 1992 et 2002, nous estimons que le coût de dragage avec dépôt sur la plage de la dune du Nord s'élèverait à environ quatre fois et demi le coût du dragage avec immersion en mer au site de dépôt D, les éléments suivants devant être pris en compte :

- Une station temporaire doit être mise en place pour permettre de brancher le navire à un système de conduites terrestres.
- Le temps de transport aller-retour pour contourner la Pointe de l'Est doit être considéré.
- Le temps nécessaire pour vidanger la drague hydrauliquement doit être considéré (20 à 30 minutes pour le couplage et 60 à 75 minutes pour pomper les sédiments)



D'autres options de transfert des matériaux par des conduites terrestres via des postes de surpression ou le transport par route pourraient être envisagées, cependant, elles comportent des répercussions environnementales et des coûts encore plus importants.

Enfin, il faut considérer que cette option est envisageable seulement pour la gestion des sables grossiers et non les sédiments fins, qui devraient alors être gérés séparément, avec des problèmes techniques et des coûts afférents relativement importants.

3.1.3.3.2 *Recharge de la partie érodée de la plage de la Martinique*

L'extrémité est de la plage de la Martinique (Figure 3.3) est en érosion constante et constitue le site le plus problématique des Îles-de-la-Madeleine en ce qui a trait à la protection de la route 199. À cet endroit, la



route est menacée et des structures d'enrochement ont dû être construites sur une longueur de 1350 m. Cette section de la route pourrait faire l'objet d'une recharge à l'aide de sable dragué. L'ensemble des sables dragués pourrait être utilisé à cette fin étant donné l'ampleur du problème d'érosion (Louis Vigneau, MTQ, comm. pers.). Cependant, comme dans le cas précédent, ce site est relativement éloigné du chenal de la Grande-Entrée (distance navigable d'environ 38 km). Sur la base des arguments présentés plus haut, une telle opération de recharge de plage comporterait des coûts très élevés et des contraintes techniques qui la rendent pratiquement impossible à réaliser.

3.1.3.3.3 *Conclusion concernant la recharge de plages*

Il faut noter que, dans le cas de la recharge des plages en érosion, des impacts sont liés à une modification de l'habitat naturel le long de la plage, incluant des pertes d'habitat du poisson, et une modification du régime sédimentaire en direction aval du sens de la dérive littorale. En effet, les sables déposés dans des zones en érosion pourraient augmenter l'ensablement dans les zones d'accumulation associées à ces zones d'érosion. Il s'agit donc d'interventions qui demandent des études préalables et des travaux de conception relativement complexes de même que des évaluations techniques et environnementales qui dépassent le cadre de la présente étude. Il n'est pas envisageable, ni même souhaitable que Mines Seleine intervienne à titre de promoteur ou de chef de file dans une telle intervention prenant place sur les terres publiques qui se situe très loin de son champs d'activité. Nous considérons donc ici que les travaux préliminaires de faisabilité et de conception de même que les acquisitions, les ententes, les permis et les aménagements côtiers et terrestres requis pour de telles interventions de recharge de plage devraient être sous la responsabilité du ministère des Transports du Québec et/ou de la municipalité des Îles-de-la-Madeleine. Dans un tel scénario, la responsabilité de Mines Seleine se limiterait à transporter les matériaux jusqu'à un point de transbordement désigné par les promoteurs d'un projet de recharge de plage et à refouler ces matériaux vers l'aménagement prévu suivant les consignes de ces promoteurs.

3.1.3.4 *Confinement en berge*

Le confinement en berge peut être une solution intéressante pour la mise en dépôt des matériaux dont la qualité varie de bonne à modérée (Centre Saint-Laurent, 1992b). Il consiste à recouvrir les matériaux et à stabiliser le site de dépôt de façon à le protéger contre les conditions du milieu à l'aide de structures appropriées. Les sédiments peuvent par exemple être utilisés comme matériau de remblai dans le cadre d'un projet d'agrandissement ou de construction d'une structure maritime. Les sédiments peuvent également être déposés dans un ouvrage de confinement construit à cet effet (PIANC, 2002).

Comme pour le confinement en milieu aquatique, les objectifs de la protection ou du recouvrement sont, d'une part, d'empêcher la migration des sédiments vers d'autres sites et, d'autre part, d'éliminer tout contact direct avec les sédiments contaminés. Toujours à l'instar du confinement en milieu aquatique, cette intervention a pour effet de réduire de façon très significative les échanges d'eau entre le milieu aquatique et les matériaux, sans toutefois les éliminer complètement; ceci a pour effet de maintenir les conditions physico-chimiques propices aux liaisons entre les sédiments et les contaminants. Des études ont d'ailleurs démontré le respect de ces objectifs sur des périodes de plusieurs années, prouvant l'efficacité à long terme de ce mode d'élimination (Travaux publics Canada, 1991).

Selon PIANC (2002), les avantages des installations de confinement en berge sont :

- Si le site demeure saturé et en condition anoxique, les métaux lourds resteront immobiles.
- Sites généralement très visibles, rendant une perturbation accidentelle du site peu probable.
- Moins de dispersion dans l'eau environnante à cause des digues. La seule possibilité de dispersion est liée à l'effluent du site pendant le remplissage.
- La surveillance est relativement simple et les endroits à surveiller sont facilement accessibles.

Selon PIANC (2002), les désavantages des installations de confinement en île/près des berges sont :

- Ces sites sont construits en eaux libres et peuvent causer une obstruction à la navigation ou à l'utilisation humaine.
- Les digues sont très visibles et peuvent engendrer des préoccupations esthétiques.

Dans le cas qui nous préoccupe, le confinement en berge pourrait être envisagé pour les sédiments fins présentant un enrichissement pour certains paramètres. Il s'agit d'un volume relativement peu important mais qui nécessiterait la mise en place de structures de rétention et d'un recouvrement pouvant représenter des volumes significatifs. L'utilisation d'un site existant pourrait être envisagé.

Des cellules de confinement de matériaux dragués ont été mises en place en 1998 au port de Cap-aux-Meules pour solutionner un problème précis de gestion de matériaux contaminés dans ce port. Ce site est maintenant complété et il n'existe actuellement aux Îles-de-la-Madeleine aucun site de confinement en berge qui serait susceptible d'accueillir des déblais de dragage au cours des prochaines années. Dans ces conditions, un nouveau site devrait être construit sur les berges ou dans la lagune de Grande-Entrée, nécessitant l'aménagement de structures de rétention appropriées. Sur la base des consultations préliminaires menées auprès des intervenants locaux, il apparaît qu'une telle intervention, qui entraînerait un empiètement important, n'est pas souhaitable compte tenu des répercussions sur les habitats lagunaires, sur les activités humaines, sur la qualité de l'eau etc.

Un confinement des matériaux fins sous les matériaux propres lors de la formation ou de l'agrandissement d'un îlot pourrait aussi être considéré si une telle option était retenue. Cependant, l'agrandissement ou la création d'îlots ne sont pas actuellement considérés comme étant des options viables et ne sont pas retenues (voir les sections 3.1.3.7.1 et 3.1.3.7.2).

Faute d'endroit convenable pour sa réalisation, le confinement en berge n'est pas retenu comme option de gestion du matériel dragué dans le chenal de Grande-Entrée.

3.1.3.5 Mise en dépôt en milieu terrestre

La mise en dépôt terrestre consiste à disposer des matériaux dans un lieu terrestre où ils pourront être utilisés comme remblai général. Cette option peut être envisagée pour des matériaux peu contaminés respectant les critères d'utilisation des sols. Avant leur transport vers le site de disposition, les matériaux doivent dans certains cas être déposés temporairement dans des bassins primaires pour les assécher

partiellement avant leur transport vers le lieu de mise en dépôt final en milieu terrestre. C'est notamment le cas lorsqu'ils doivent être transportés sur le réseau routier ou encore en milieu urbain. Il faut aussi prévoir utiliser des camions étanches. Dans le cas de sédiments marins, il faut aussi s'assurer de ne pas contaminer la nappe phréatique par des apports importants en sel.

Dans le cas d'un dragage mécanique, la mise en dépôt terrestre requiert une seconde manipulation au moment de transborder les matériaux de la barge pour les diriger vers le milieu terrestre. Dans des cas semblables, une seconde drague ou une grue terrestre est utilisée. Une troisième manipulation peut également être nécessaire pour mettre les matériaux à bord des camions qui les transporteront au site de mise en dépôt ou au lieu de leur utilisation. Dans le cas d'un dragage hydraulique, le matériel dragué doit être pompé jusqu'au site de dépôt, ce qui nécessite la mise en place d'un système pour la gestion des volumes importants d'eau qui sont pompés avec les sédiments. Si le site final de dépôt est trop éloigné ou ne peut accueillir l'eau de pompage, un système permettant de décanter et d'assécher les sédiments avant leur manipulation et leur transport par des équipements mécaniques terrestres doit être mis en oeuvre. Pour ces raisons, les coûts liés à la mise en dépôt en milieu terrestre sont élevés.

En dépit de l'omniprésence des dépôts de sable, on retrouve peu de lieux d'emprunt exploités de façon appropriée sur les Îles-de-la-Madeleine pouvant fournir les sables nécessaires aux travaux de construction. L'exploitation non réglementée de zones d'extraction de sable a créé plus d'une centaine de percées dans le paysage dunaire. Ces dunes sont très sensibles à l'érosion éolienne, suite à la détérioration de leur couverture végétale. L'énergie éolienne remet en circulation les particules sablonneuses, ce qui déséquilibre à nouveau les pentes et agrandit la percée. De plus, les milieux hydrosédimentaires associés à la présence de dépôts de sable sur les Îles-de-la-Madeleine sont considérés essentiels au maintien des écosystèmes naturels des Îles et tout prélèvement de sable peut devenir une agression contre l'environnement (BPR Groupe-conseil, 2004). Pour remédier à ces problèmes, un contrôle plus sévère des sablières a été mis en place ainsi que des projets de stabilisation des percées existantes et un plan de gestion des sources d'emprunt pour l'approvisionnement en matériaux granulaires a été préparé pour la municipalité des Îles-de-la-Madeleine et pour le ministère des Transports du Québec (BPR Groupe-conseil, 2004). Une des sources potentielles de sable étudiées dans le cadre de ce plan de gestion est la récupération de matériaux de dragage.

Suite à une revue des possibilités techniques et à une consultation auprès des intervenants locaux et des utilisateurs potentiels, notamment le ministère des Transports du Québec, deux sites potentiels ont été identifiés : le secteur du centre de traitement des déchets et le site même de la propriété de Mines Seleine.

3.1.3.5.1 Aménagement d'un banc d'emprunt dans le secteur du centre de traitement des déchets

BPR Groupe-conseil (2004) a réalisé une analyse préliminaire de la possibilité de la récupération du matériel dragué entre les chaînages 5000 et 10 000 pour en faire le dépôt sur le site de l'ancienne sablière à proximité du centre de gestion des matières résiduelles. La localisation du site potentiel est présentée à la Figure 3.3. Ce site a l'avantage de se trouver entre l'aire de dragage et les secteurs ayant les plus grands besoins en sable, soit l'île de Cap-aux-Meules et l'île du Havre-aux-Maisons (BPR Groupe-conseil, 2004). La distance navigable entre la passe de la lagune de Grande-Entrée et ce site de dépôt est d'environ 16 km. La localisation précise du dépôt reste à étudier et, dans le cadre de la présente étude, nous considérons que cette localisation fine de même que les acquisitions, les permis, les études et les aménagements terrestres requis devraient être sous la responsabilité des futurs utilisateurs de ces déblais, soit le ministère des Transports du Québec et/ou la municipalité des Îles-de-la-Madeleine. La gestion des eaux excédentaires, dans le cas d'un pompage hydraulique, serait également assurée par les responsables du site. La responsabilité de Mines Seleine se limiterait, dans ces circonstances, à transporter les matériaux jusqu'à



un point de transbordement désigné par les futurs utilisateurs et à refouler ces matériaux vers l'aménagement qui aurait été créé par ces utilisateurs.

En supposant que les travaux seraient réalisés par une drague autoporteuse, comme ce fut le cas entre 1992 et 2002, il est estimé que le coût de dragage avec mise en dépôt dans le secteur du centre de traitement des déchets serait d'environ trois fois le coût du dragage avec immersion en mer au dépôt D. Le coût additionnel est relié à l'augmentation du temps nécessaire (aller-retour) pour transporter les matériaux et à l'addition d'un délai important

pour vidanger le navire autoporteur, ce qui doit se faire par refoulement hydraulique plutôt que par ouverture du fond du navire (20 à 30 minutes pour le couplage et 60 à 75 minutes pour pomper les sédiments). Le refoulement nécessite par ailleurs l'installation en mer d'un poste de transbordement temporaire pour permettre de brancher le navire à un système de conduites terrestres.

3.1.3.5.2 *Aménagement d'un banc d'emprunt sur la propriété de Mines Seleine*

La mise en dépôt des sables sur la propriété de Mines Seleine pour aménager un banc d'emprunt est envisageable et a été considérée dans le plan de gestion des sources d'emprunt pour l'approvisionnement en matériaux granulaire des Îles-de-la-Madeleine (BPR Groupe-conseil, 2004). Ce banc d'emprunt pourrait être localisé sur la portion de la propriété de Mines Seleine entre le convoyeur et la route 199 (Figure 3.3). Ce site mesure environ 620 m par 100 m et pourrait accueillir 250 000 à 300 000 m³ si des monticules étaient aménagés. Il s'agit essentiellement d'un terrain plat aménagé lors de la création de la mine, dont la vocation est industrielle et qui est constitué de sables recouverts d'une végétation herbacée épars.

Dans le cadre de cette option, les travaux se déroulant sur sa propriété, la responsabilité de Mines Seleine couvrirait les aménagements terrestres requis, le transport des matériaux jusqu'au point de transbordement, le refoulement des matériaux et la gestion des eaux excédentaires. Comme dans le cas



précédent, nous considérons que les futurs utilisateurs de ces déblais, soit le ministère des Transports du Québec et/ou la municipalité des Îles-de-la-Madeleine, auraient la responsabilité de la gestion des déblais et, le cas échéant, de leur vente. En ce sens, cette option ne pourrait être retenue sans la ratification préalable d'une entente entre Mines Séléine et les utilisateurs futurs qui spécifierait notamment l'engagement formel des utilisateurs à évacuer l'ensemble des matériaux déposés sur la propriété à l'intérieur de quelques années.

Cette option nécessite les mêmes infrastructures et méthodes que l'option

précédente et présente donc des avantages et inconvénients similaires. L'avantage principal de ce site de dépôt par rapport au secteur du centre de traitement des déchets est qu'il est plus rapproché du secteur de dragage et que les coûts d'opération seraient moindres. La diminution des coûts d'opération par rapport au secteur du centre de traitement des déchets est principalement due au fait que la décharge du matériel dragué pourrait se faire à partir du quai de Mines Seleine, qui est situé dans un milieu abrité facilitant les opérations de couplage aux équipements de refoulement et diminuant les incertitudes reliées aux intempéries. En ce qui concerne la distance entre le site de dragage et le site de dépôt, celui-ci est moins avantageux qu'il n'y paraît car, même si le site de dépôt sur la propriété de Mines Seleine est adjacent au chenal, les volumes de matériel à draguer les plus importants se trouvent dans le secteur du chenal en dehors de la lagune, à une distance de 8 à 10 km du quai de Mines Seleine.

Globalement, en supposant que les travaux seraient réalisés par une drague autoporteuse, nous estimons que les coûts de dragage avec dépôt terrestre sur la propriété de Mines Seleine seraient de deux à deux fois et demi plus élevés que le coût du dragage avec utilisation du dépôt D. Outre le coût, le principal désavantage de ce site, par rapport au secteur du centre de traitement des déchets, concerne la gestion des eaux excédentaires, qui devrait se faire vers la lagune, engendrant des préoccupations et des impacts potentiels sur la qualité de l'eau de la lagune. Le traitement éventuel des eaux et le suivi de la qualité de l'eau constitueraient des contraintes importantes. Dans le cas où les eaux seraient plutôt dirigées de l'autre côté de la Dune du Nord, pour tenir compte des préoccupations des utilisateurs de la lagune, les mêmes contraintes seraient présentes auxquelles s'ajouteraient des coûts additionnels liés au pompage de l'eau et à la traversée de la route. Un autre inconvénient de ce site réside dans le fait qu'il se trouve à une plus grande distance des secteurs ayant les plus grands besoins en sable, soit l'île de Cap-aux-Meules, l'île du Havre-aux-Maisons et l'île du Havre-Aubert (BPR Groupe-conseil, 2004). Cette distance additionnelle représente des coûts supplémentaires significatifs liés au transport terrestre par camion et des impacts non-négligeables sur la circulation routière.

3.1.3.6 Confinement sécuritaire en milieu terrestre

Le confinement en milieu terrestre consiste à disposer des matériaux dans un lieu approprié de manière sécuritaire et définitive. De façon générale, le confinement en milieu terrestre de matériaux de dragage devrait être retenu uniquement dans le cas de matériaux fortement contaminés. Cette méthode constitue généralement une mesure qui assure une protection appropriée de l'environnement pour ce type de matériel. Le principal objectif d'un dépôt sécuritaire en milieu terrestre est de fournir des conditions qui minimisent non seulement les pertes de matériaux mais également la migration dans l'environnement des polluants contenus dans ces matériaux. L'aménagement des sites de dépôt doit donc comprendre l'utilisation de membranes ou de matériaux de construction imperméables et la collecte et le traitement des eaux de drainage et de lixiviation. Comme dans le cas de la mise en dépôt en milieu terrestre, le confinement en milieu terrestre requiert plusieurs manipulations pour accomplir le séchage et le transport des sédiments. En plus, il nécessite un site de confinement autorisé. Les coûts de cette alternative sont donc très élevés.

Malgré les dépassements des critères applicables aux sédiments dans les sédiments fins du bassin et de la courbe, on observe très peu de dépassements des critères des sols du MENV (MEF, 1998). Tout au plus, l'arsenic dépasse le bruit de fond (critère A) dans certains échantillons et dépasse le critère B (critère d'usage pour milieu résidentiel) dans un seul échantillon prélevé dans la courbe en 1997. Il pourrait donc être possible de disposer de ces matériaux en milieu terrestre avec moins de contrainte qu'en milieu aquatique ou en berge tout en respectant la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés du MENV. À titre d'exemple, un site de confinement pourrait être créé, sans qu'un système élaboré de confinement ne soit nécessaire, possiblement sur la propriété de Mines Seleine, qui a une vocation industrielle. Le terrain décrit plus haut entre la route et le convoyeur pourrait être aménagé pour recevoir ces sédiments, qui pourraient servir à en rehausser légèrement le niveau. Une telle option pourrait

être requise dans le cas où une option de gestion visant uniquement les sables était retenue, comme par exemple leur utilisation pour la recharge de plage.

Évidemment, en ce qui concerne la gestion en milieu terrestre des sédiments sableux, ceux-ci pourraient être déposés en milieu terrestre sans aucune restriction autre que les préoccupations relatives à la contamination de la nappe phréatique par le sel.

En supposant que les travaux seraient réalisés par une drague autoporteuse comme ce fut le cas au cours des dernières années, les sédiments fins pourraient être pompés hydrauliquement à partir d'une station temporaire installée à proximité immédiate du quai de Mines Seleine. Dans le cas où les matériaux seraient dragués mécaniquement, leur transbordement ne pourrait être effectué qu'au quai de Grande-Entrée, pour être ensuite transportés par camion vers la propriété de Mines Séléine ou vers un autre site terrestre approprié. Il faut noter que les installations portuaires de Grande-Entrée ne sont pas conçues pour une telle opération et que des modifications pourraient être requises pour en améliorer la capacité portante par exemple.

3.1.3.7 Utilisation des matériaux à des fins d'aménagement faunique

Comme plusieurs études l'ont démontré au cours des dernières années, le dépôt des matériaux de dragage en eaux libres ou en berge peut aller de pair avec une politique de mise en valeur et de bonification du milieu lorsque les déblais sont utilisés à des fins de restauration, de stabilisation ou de création d'aménagements à caractère faunique. Ce type d'aménagement nécessite souvent des volumes de matériaux très importants. Puisque ce type d'aménagement vise la création d'un habitat sain, il n'est pas compatible avec l'utilisation de matériel présentant des problèmes de contamination ou ayant une nature physique non compatible avec le milieu environnant. Dans le contexte du dragage du chenal de Grande-Entrée et des options d'aménagement présentées ci-dessous, la possibilité d'utiliser les sédiments fins du bassin ou de la courbe du chenal est écartée, à moins de pouvoir les confiner convenablement à l'intérieur de l'aménagement avec des sables.

3.1.3.7.1 Réaménagement des îlots B et C

L'îlot B (île Seleine) et l'îlot C (île du Chenal) ont été créés à partir de sédiments dragués lors de la création du chenal de Grande-Entrée en 1982. Une physiographie uniforme aux formes douces caractérise le profil de l'îlot B (Drapeau, 1989 cité dans Groupe Environnement Shooner inc., 1991). Cet aménagement a atteint rapidement sa stabilité et aucun indice d'érosion active n'est décelable. Le nouvel habitat qui s'est développé sur cette construction anthropique, semble avoir été favorable à la nidification du Pluvier siffleur. L'îlot C a aussi rapidement atteint une stabilité en regard de l'érosion, à l'exception de ses pointes nord-ouest et sud-ouest qui sont encore soumises quelque peu à l'érosion (Groupe Environnement Shooner inc., 1991). Cet îlot est utilisé comme aire de nidification par deux espèces à statut précaire, le Pluvier siffleur et la Sterne de Dougall.

Le Service canadien de la faune (SCF) a, par le passé, montré un intérêt à la réutilisation des sédiments dragués pour améliorer les conditions de nidification du pluvier, qui se sont graduellement détériorées sur ces îlots. L'engraissement de la rive ouest de l'îlot B, l'engraissement de l'îlot C et le contrôle du couvert végétal sur l'îlot C permettraient d'augmenter la superficie de l'habitat. En 1991, il avait été jugé que les îlots B et C pourraient recevoir respectivement 41 912 m³ et 88 636 m³ à cette fin (Groupe Environnement Shooner inc., 1991).

Cette option pourrait aussi réduire en partie les impacts sur l'habitat du poisson par rapport à l'immersion en mer puisqu'une portion du matériel serait déposée en milieu terrestre. Les coûts d'opération de cette option seraient plus élevés que ceux liés à l'immersion en mer en raison du temps qui devrait être imparti au pompage hydraulique des sables à partir de la drague porteuse. Par ailleurs, certaines contraintes

particulières sont associées à cette option. Notamment les travaux doivent se faire en dehors de la période d'utilisation des îlots par la faune avienne et un suivi devrait être fait pour s'assurer de la stabilité du dépôt. La question de la stabilité est particulièrement importante dans le cas de l'îlot C étant donné sa proximité par rapport au chenal, car il ne faudrait pas que les matériaux dragués retournent rapidement ensabler le chenal.

Consultés au sujet des possibilités d'intervenir sur les îlots B et C, les opinions des spécialistes du SCF sont actuellement partagées sur ce sujet et cette option paraît moins souhaitable qu'elle ne l'était (Annie Déziel, Agence canadienne d'évaluation environnementale, courriel du 24 décembre 2004 présenté à l'annexe 3). Ils soulignent notamment la possibilité d'impacts négatifs sur la Sterne de Dougall, car cette espèce préfère camoufler son nid et utilise de préférence des îlots couverts de végétation (Shaffer, 2002). De plus, de telles interventions pourraient causer des pertes d'habitat du poisson au sens de la Loi sur les Pêches puisque les travaux augmenteraient la superficie des îlots au détriment du milieu aquatique adjacent. Les consultations préliminaires menées auprès des représentants de la communauté confirment qu'un autre désavantage important de cette option réside dans le fait que toute intervention empiétant sur le milieu marin de la lagune soulèvera des préoccupations de la part des utilisateurs de ce milieu, notamment les pêcheurs et aquaculteurs, et pourrait être mal vue par l'ensemble de la communauté locale. Étant donné ces contraintes environnementales et les risques de perturber l'habitat d'espèces en voie de disparition, l'absence d'avantages concrets et le peu d'intérêt, voire même les objections, des représentants du milieu, le réaménagement des îlots B et C n'est pas retenu comme option de gestion du matériel dragué dans le chenal de la Grande-Entrée.

3.1.3.7.2 Aménagement d'un nouvel îlot

Un nouvel îlot pourrait être aménagé dans la lagune du côté ouest du chenal entre les chaînages 6000 et 7000. En raison des hauts-fonds dans ce secteur (0,5 à 1,5 m), cette zone ne peut être utilisée pour la culture des moules. Comme une bonne partie des matériaux dragués à l'intérieur de la lagune provient de ce secteur, la construction de cet îlot pourrait éventuellement permettre un dragage hydraulique avec dépôt direct par pipeline. Dans le cas de l'utilisation d'une drague autoporteuse, ce site se trouve aussi relativement près des zones à l'extérieur de la lagune, à la source des plus grands volumes à draguer. Cette option nécessiterait une attention particulière et un suivi à long terme pour s'assurer de la stabilité du dépôt afin d'éviter un ensablement supplémentaire du chenal ainsi qu'une perturbation plus grande que prévue des habitats aquatiques.

L'avantage principal de cette option réside dans le fait qu'elle permettrait la valorisation du matériel dragué en créant un nouvel habitat pour la faune avienne. En effet, les îlots créés en 1982 lors de la création du chenal sont devenus des endroits de nidification de la Sterne pierregarin ainsi que de la Sterne de Dougall et du Pluvier siffleur. En 1991, il avait été jugé qu'un volume de 131 339 m³ pourrait servir à un tel aménagement (Groupe Environnement Shooner inc., 1991).

Malgré le fait que le site en question ne représente pas un habitat d'une importance particulière, il est évident que la création d'un nouvel îlot causerait une perte d'habitat du poisson dans la lagune. Par ailleurs, sur la base des consultations préliminaires menées auprès des représentants de la population, il est permis de croire que les impacts et les préoccupations de la population locale seraient plus importants que pour l'option de l'engraissement de l'îlot B. La création d'un nouvel îlot dans la lagune n'est donc pas retenue comme alternative de gestion du matériel dragué dans le chenal de Grande-Entrée.

3.1.3.7.3 Restauration de dunes

Dans certains secteurs dunaires des Îles-de-la-Madeleine des brèches peuvent se former dans les dunes, quelquefois à la suite d'activités humaines telles que le passage fréquent de véhicules tout-terrains (VTT). La méthode actuellement utilisée pour restaurer ces brèches consiste à mettre en place des capteurs de

sable. Une utilisation potentielle du sable dragué dans le chenal de Grande-Entrée serait donc la restauration de dunes en érosion. Deux secteurs à proximité du chenal présentent des brèches qui pourraient potentiellement recevoir du matériel dragués : sur la dune du Nord à proximité de la propriété de Mines Seleine et dans le secteur de la dune du bassin Est (Benoît Boudreau, comm. pers.).

Les avantages, les inconvénients et les coûts de l'utilisation des sables dragués pour la restauration de dunes sont très semblables à ceux de la création de bancs d'emprunt en milieu terrestre puisque les méthodes de transport et de mise en place seraient semblables. Tel que présenté précédemment, en supposant que les travaux seraient réalisés par une drague autoporteuse, les coûts seraient beaucoup plus élevés que ceux liés à l'immersion en mer puisque le navire devrait être vidé par pompage hydraulique et que les équipements nécessaires au couplage vers des conduites terrestres devraient être mis en place. De plus, le temps nécessaire pour transporter le matériel jusqu'au site prévu pour le déchargement doit être considéré. Le site sur la Dune du Nord, à proximité des installations de Mines Seleine serait le moins coûteux à cet égard en raison de sa proximité et du fait que le refoulement pourrait possiblement se faire à partir des installations portuaires de Mines Seleine.

L'avantage de cette option paraît à première vue évident puisqu'elle permet de restaurer des milieux perturbés. Cependant, un tel type d'intervention représente une nouvelle approche pour des travaux correctifs dans les dunes des Îles-de-la-Madeleine. L'efficacité de cette méthode est inconnue de même que les impacts indirects et les volumes nécessaires, spécifiques aux sites choisis. De plus, dans certains cas, la mise en dépôt de sables marins pourrait avoir un impact négatif sur la nappe phréatique ou sur des bassins d'eau douce ou saumâtre, ce qui pourrait être le cas en ce qui concerne le bassin Est qui est un important bassin d'eau saumâtre (Benoît Boudreau, comm. pers.). Pour ces raisons, une étude de faisabilité approfondie devrait préalablement être menée par les organismes responsables de tels travaux correctifs. En fait, comme dans le cas des bancs d'emprunt, la responsabilité de Mines Seleine serait limitée, dans ces circonstances, à transporter les matériaux jusqu'à un point de transbordement désigné par les promoteurs des travaux de restauration et à refouler ces matériaux vers l'aménagement prévu par ceux-ci. La localisation précise du dépôt de même que les acquisitions, les permis, les études et les aménagements terrestres requis ainsi que la gestion des eaux excédentaires devraient tous être sous la responsabilité des promoteurs de ces travaux de restauration.

Dans ces conditions et dans l'état actuel des choses, l'utilisation de sable dragué pour la restauration de dunes n'est pas retenue comme une option faisable pour la gestion des matériaux dragués dans le chenal de Grande-Entrée.

3.1.3.8 Valorisation des sables dragués

3.1.3.8.1 Utilisation des sables comme remblai et matériel de construction

Nous n'avons pas pris connaissance de projets spécifiques actuellement planifiés qui nécessiteraient de très grands volumes de matériel sableux. Par contre, il y a une demande constante en sable pour l'ensemble des projets de construction et d'infrastructure qui sont mis en oeuvre aux Îles-de-la-Madeleine. Les bancs d'emprunt potentiels mentionnés aux sections 3.1.3.5.1 et 3.1.3.5.2 pourraient servir à l'approvisionnement en sable pour ces divers travaux. Les besoins totaux en matériaux granulaires aux Îles-de-la-Madeleine pour les 10 à 15 prochaines années sont estimés à environ 300 000 m³ (BPR Groupe-conseil, 2004). Ces besoins sont répartis sur le territoire des Îles de la manière suivante : 80 000 m³ pour le secteur de Havre-Aubert, 110 000 m³ pour le secteur de Cap-aux-Meules, 50 000 m³ pour le secteur de Havre-aux-Maisons et 60 000 m³ pour le secteur Nord-Est, qui inclut l'île de Pointe-aux-Loups, la Grosse-île, l'île de l'Est et l'île de la Grande-Entrée (BPR Groupe-conseil, 2004).

Il faut noter que la teneur en chlorures des sables de dragage dépasse la norme du BNQ 2560-600 pour l'utilisation comme matériel d'enrobage (BPR Groupe-conseil, 2004). Cette norme fixe la valeur maximale en chlorure hydrosoluble à 0,1 % pour les éléments en contact avec du béton. Ces matériaux doivent donc être lessivés pendant une période de temps indéterminée avant d'être utilisables (BPR Groupe-conseil, 2004). On doit aussi noter que les sédiments fins venant du bassin et de la courbe du chenal ne sont vraisemblablement pas acceptables comme matériau de construction.

3.1.3.8.2 Utilisation comme sable d'épandage sur les routes

Selon Louis Vigneau (ministère des Transports du Québec, comm. pers.), l'épandage de sable n'est pas une technique utilisée aux Îles-de-la-Madeleine car il est trop léger et facilement emporté par le vent. L'entretien hivernal des routes aux Îles est uniquement assuré par l'épandage de sel.

3.2 Sélection de la variante ou des variantes pertinentes au projet

3.2.1 Sélection des variantes d'intervention de dragage

3.2.1.1 Fréquence du dragage

Pour plusieurs raisons, dans le chenal de Grande-Entrée comme dans la grande majorité des installations portuaires et maritimes, il est toujours considéré préférable de maintenir la fréquence des travaux de dragage d'entretien à une période qui soit la plus longue possible. La principale raison réside dans les économies d'échelle et elle tient à trois éléments : (1) une réduction des coûts associés à la mobilisation/démobilisation des équipements de dragage, (2) une réduction des coûts unitaires en raison des plus grandes quantités qui sont visés par les travaux et (3), une réduction des coûts et efforts liés aux activités connexes et afférentes au dragage, telles que les études, la surveillance et le suivi des travaux.

L'avantage environnemental d'une fréquence de dragage plus longue réside dans le fait d'avoir des périodes de plusieurs années pendant lesquelles le milieu n'est aucunement perturbé par des activités de dragage et par les impacts qui y sont associés. Là aussi, il est permis de croire qu'une forme d'économie d'échelle peut être escomptée. À titre d'exemple, à première vue, on peut penser que des dragages plus fréquents et donc moins importants pourraient mener à des impacts plus faibles, par exemple une durée des travaux plus courte. Cependant, il est possible que, pour des raisons économiques, des travaux moins importants ne puissent être menés par des équipements de dragage aussi imposants et que, au bilan, la durée des travaux demeure la même que pour le dragage d'un plus gros volume. Il est donc permis de penser que l'augmentation de la fréquence des travaux, en augmentant la fréquence des perturbations du milieu, augmenteraient les impacts totaux des travaux, y compris les impacts sociaux.

D'autre part, et c'est probablement le plus important, les impacts enregistrés lors des derniers dragages, qui avaient tous été reportés à la date la plus tardive possible, ont toujours été acceptables. En effet, la remise en suspension n'a jamais dépassé les limites fixées pour la protection des éléments sensibles du milieu et la durée des travaux est demeurée relativement courte en raison de l'utilisation d'équipements de dragage performants.

Dans le cadre du programme décennal précédent, la fréquence de dragage a été de 5 ans. Cette fréquence était essentiellement liée aux zones du chenal ayant les taux d'ensablement les plus élevés, soit dans la passe et à l'extérieur de la lagune. Il est fort probable que cette fréquence demeure à peu près inchangée en ce qui concerne les besoins de dragage futurs dans les secteurs sableux (chaînages supérieurs à 4200 m), quoique des événements extrêmes pourraient commander des travaux à une fréquence plus rapprochée. Par contre, les zones d'accumulation de sédiments fins de la courbe et du bassin ont un taux

d'accumulation plus faible et pourraient être draguées à une fréquence plus longue (aux dix ans par exemple) dans la mesure où le dragage de ces zones peut être dissocié du dragage des sables.

3.2.1.2 Période du dragage

La période de l'année durant laquelle le dragage du chenal de Grande-Entrée se voit limitée par une série de contraintes qui sont présentées en détail à la section 3.1.1.2. La résultante de l'application de ces contraintes est que le dragage des matériaux fins ne peut commencer avant la mi-mai et que l'ensemble des travaux doit se terminer pour le début du mois d'octobre. Si, à ces contraintes, on ajoute le fait que les sédiments fins doivent être dragués avant les sables (voir section 3.2.3.3), les sables de la passe doivent être dragués entre le 21 juillet et le 24 septembre. Ces contraintes ont une incidence directe sur le choix des options de gestion des sédiments et des équipements de dragage puisqu'elles forcent l'adoption d'une option présentant un rendement (volume dragué par période de temps) relativement élevé.

3.2.2 Sélection de l'équipement de dragage

Étant donné que les travaux de dragage du chenal de Grande-Entrée nécessitent l'excavation de très grands volumes de matériaux meubles dans des zones pouvant être fortement influencées par la vague et par la houle et que la remise en suspension des particules fines dans le secteur de la courbe est un enjeu environnemental important, la drague à cuiller et la drague rétrocaveuse peuvent être éliminées comme option potentielle d'équipement de dragage.

Pour sa part, la drague suceuse à désagrégateur peut être éliminée car le dragage de sables meubles ne nécessite pas l'utilisation d'un désagrégateur et parce que la présence de houle dans le secteur à l'étude pourrait limiter de façon importante le rendement de ce type de drague. Ce type de drague est aussi désavantageux puisqu'il constitue un obstacle à la navigation dans le chenal pendant toute la durée des travaux. La vulnérabilité à la houle et les problèmes d'entrave à la navigation sont aussi des obstacles à l'utilisation d'une drague aspiratrice simple. Par ailleurs, ces dragues doivent être utilisées de concert avec un pipeline rejoignant le site de dépôt. Dans le cas d'un rejet à terre, cette conduite aurait une longueur de plus de 10 km, ce qui nécessiterait l'ajout de sur-presseurs, rendant l'opération plus complexe, plus coûteuse et moins fiable. Dans le cas d'un rejet en mer, la conduite devrait avoir une longueur de 7 à 8 km, nécessitant aussi l'ajout de sur-presseurs. Dans ce cas, l'utilisation d'un pipeline en haute mer comporterait des risques importants de bris en raison des conditions de vagues et de houle. Par ailleurs, le rejet par pipeline comporterait aussi des risques plus élevés de dispersion des matériaux, notamment les particules fines, bien que l'utilisation d'un diffuseur submergé serait possible, tout en étant lui aussi exposé aux bris dus aux conditions maritimes. Enfin, bien qu'important, le volume à draguer, même aux cinq ans, est relativement faible pour justifier économiquement la mobilisation d'une drague refouleuse de grand gabarit capable de travailler dans des conditions difficiles et l'installation d'un réseau de conduites, de sur-presseurs, d'un diffuseur, etc. Pour ces raisons, les dragues suceuses refouleuses sont éliminées comme équipement potentiel¹.

Les dragues spéciales sont aussi éliminées puisqu'elles ne sont pas adaptées aux conditions maritimes, aux profondeurs du chenal ni aux grandes quantités de matériel à draguer.

Les deux types de drague qui peuvent être considérées pour le dragage d'entretien du chenal de Grande-Entrée en raison de leur rendement, de leurs caractéristiques techniques et de leur performance environnementale sont la drague mécanique à benne preneuse et la drague hydraulique autoporteuse.

¹ Il faut rappeler que, lors de la construction du chenal, c'est une drague suceuse-refouleuse qui a été utilisée pour exécuter les travaux, mais que, à cette époque, trois éléments différaient largement de la situation actuelle : (1) les quantités de matériaux étaient beaucoup plus importantes, justifiant la mobilisation d'un tel équipement et de ses éléments connexes, (2) le trafic maritime commercial était inexistant et (3) plusieurs sites de mise en dépôt étaient disponibles tout au long du tracé du chenal (dépôts A, B, C, D, et F), éliminant le recours à des conduites de plusieurs kilomètres de long et des stations de sur-pression.

La drague hydraulique autoporteuse a été le type d'équipement retenu pour la réalisation des dragages du chenal dans le cadre du dernier programme décennal de dragage d'entretien. Lors des dragages de 1992, 1997 et 2002, la drague autoporteuse s'est montrée bien adaptée au travail requis et a permis le respect des contraintes environnementales associées au projet, notamment en ce qui concerne le calendrier de travail et le contrôle de la mise en suspension de particules fines dans la lagune. En effet, en raison de son rendement important, de sa grande mobilité, de la compatibilité de son utilisation avec le maintien d'un trafic maritime et de sa capacité à travailler dans des conditions maritimes difficiles, ce type de drague est très bien adapté au dragage de grandes quantités de sables meubles dans les chenaux de navigation maritimes. Par contre, même si les études de suivi ont clairement démontré son efficacité sur le plan environnemental au cours des dragages antérieurs, cette drague n'est pas nécessairement la plus adéquate en ce qui concerne la remise en suspension lors du dragage de matériaux fins tels que ceux qui se trouvent dans le bassin et la courbe du chenal de Grande-Entrée, bien que des mesures peuvent être appliquées pour contrôler l'émission de matières en suspension.

Une grille d'évaluation inspirée du tableau d'appréciation des performances techniques et environnementales des dragues présentée par le Centre Saint-Laurent (1992b) a été montée pour comparer de façon un peu plus rigoureuse et détaillée les performances techniques et environnementales de la drague à benne preneuse et de la drague autoporteuse. Les performances de la drague à benne preneuse et de la drague autoporteuse ont ainsi été comparées en fonction de trois alternatives potentielles de gestion du matériel dragué : l'immersion en mer, le dépôt en berge (rechargement de plages) et le dépôt en milieu terrestre (confinement en milieu terrestre, création de bancs d'emprunts ou restauration de dunes). Les deux dragues ont aussi été comparées en fonction du dragage des deux grands types de matériaux retrouvés dans le chenal, soit les sédiments fins du bassin et de la courbe, et les sables de la passe et de l'extérieur de la lagune.

En s'inspirant des cotes d'appréciation technique et environnementale du Centre Saint-Laurent (1992b), la comparaison quantitative des deux dragues a été menée en attribuant à différents critères d'évaluation les valeurs numériques suivantes : très favorable (2), favorable (1), défavorable (-1) et très défavorable (-2). Il faut souligner que certaines modifications ont été apportées aux critères et aux cotes présentées par le Centre Saint-Laurent (1992b) pour permettre de prendre en compte les caractéristiques spécifiques du dragage du chenal de Grande-Entrée. Les cotes d'appréciation technique et environnementale ont ensuite été pondérées en fonction de l'importance des différents critères techniques et environnementaux selon les différentes variantes de gestion ou le type de matériel. Les cotes d'importance des critères techniques et environnementaux ont été établies sur une échelle de 0 à 4. Un indice de performance globale a été calculé en faisant la somme, pour l'ensemble des critères, du produit de la cote d'appréciation technique ou environnementale de la drague par la cote d'importance du critère selon la variante. Les cotes d'appréciation technique et environnementale, les cotes d'importance et les indices de performance sont présentés au Tableau 3.2.

Pour les variantes de gestion des matériaux par immersion en mer, par rechargement de plages et par dépôt en milieu terrestre, la drague autoporteuse présente un meilleur indice de performance technique et environnementale que la drague à benne preneuse. Les principaux avantages de la drague autoporteuse dans le contexte du dragage du chenal de Grande-Entrée sont :

- une meilleure capacité à exécuter le dragage de gros volumes
- une meilleure mobilité et le fait qu'elle offre peu d'entrave à la navigation
- la meilleure performance en présence de vagues et de houle
- la possibilité d'appliquer des mesures de contrôle de la remise en suspension, en chargeant les puits à un pourcentage de leur capacité ou encore en dirigeant la surverse sous la coque du navire lorsque la drague est équipée de ce type de surverse.

Tableau 3.2 Évaluation de la performance technique et environnementale de la drague mécanique à benne preneuse et de la drague hydraulique autoporteuse en fonction des variantes de modes de gestion potentielles des matériaux et des différents types de matériaux à draguer.

Critères techniques et environnementaux	Cotes d'appréciation selon le type de drague		Cote d'importance des critères selon les variantes					Indice de performance des dragues selon les variantes									
	Drague mécanique à benne preneuse	Drague hydraulique autoporteuse	Variantes de mode de gestion des sédiments			Variantes selon les types de sédiments		Mise en dépôt en milieu aquatique		Rechargement de plages		Mise en dépôt en milieu terrestre		Sédiments fins du bassin et de la courbe		Sables propres des autres secteurs	
			Mise en dépôt en milieu aquatique	Rechargement de plages	Mise en dépôt en milieu terrestre	Sédiments fins du bassin et de la courbe	Sables propres des autres secteurs	Drague mécanique à benne preneuse	Drague hydraulique autoporteuse	Drague mécanique à benne preneuse	Drague hydraulique autoporteuse	Drague mécanique à benne preneuse	Drague hydraulique autoporteuse	Drague mécanique à benne preneuse	Drague hydraulique autoporteuse	Drague mécanique à benne preneuse	Drague hydraulique autoporteuse
Compatibilité avec le volume à draguer (> 100 000 m³)	1	2	3	3	3	0	3	3	6	3	6	3	6	0	0	3	6
Compatibilité avec le volume à draguer (5000 - 100 000 m³)	2	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	6	3	0	0
Compatibilité avec la nature des matériaux (meubles)	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Restrictions dues à la profondeur	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entraves à la navigation	1	2	3	3	3	3	3	3	6	3	6	3	6	3	6	3	6
Restrictions dues aux vagues et à la houle	-1	2	4	4	4	1	4	-4	8	-4	8	-4	8	-1	2	-4	8
Facilité de mobilisation	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Teneurs en solides	2	1	1	0	0	3	0	2	1	0	0	0	0	6	3	0	0
Présence de débris	1	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Restrictions dues au tirant d'eau	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Disponibilité	2	1	3	3	3	3	3	6	3	6	3	6	3	6	3	6	3
Manœuvrabilité	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Restrictions dues au courants	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fiabilité	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coût par unité de production	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Facilité de transport des matériaux	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Remise en suspension au site d'extraction	1	1	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2
Remise en suspension liée aux plages de résidus	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Remise en suspension liée au site de mise en dépôt	1	1	3	2	0	3	2	3	3	2	2	0	0	3	3	2	2
Possibilité de contrôle de la remise en suspension	-1	1	2	0	0	2	0	-2	2	0	0	0	0	-2	2	0	0
Remise en suspension durant le transport	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sécurité pour la santé des travailleurs	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Précision du dragage	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Envergure des installations de gestion et de transport terrestre	-1	-1	0	0	3	1	0	0	0	0	0	-3	-3	-1	-1	0	0
Total								15	33	14	29	9	24	24	25	12	27

De plus, en ce qui concerne le dépôt en berge ou en milieu terrestre, certaines dragues autoportées permettent un dépôt hydraulique direct par refoulement à partir de leur cale, tandis que la drague à benne preneuse nécessiterait des équipements terrestres pour le transport et le placement des sédiments en berge.

Les principaux avantages de la drague à benne preneuse se situent au niveau de sa compatibilité avec les petits volumes et de sa meilleure disponibilité. Il faut par ailleurs noter que la gestion en milieu terrestre de matériel dragué mécaniquement peut être avantageuse en raison de la faible teneur en eau des matériaux ainsi dragués. Toutefois, pour jouir de cet avantage plusieurs manipulations sont nécessaires pour transporter les matériaux vers le site de dépôt et ces manipulations nécessitent des infrastructures portuaires qui permettent d'accoster les chalands et de les vider à l'aide d'équipements terrestre (pelle mécanique ou grue). Ceci serait aussi le cas pour une gestion en berge dans le cas d'un dragage mécanique car les chalands ne pourraient possiblement pas s'approcher suffisamment des plages pour larguer les matériaux aux endroits souhaités. La seule installation dans le secteur du chenal où ce transbordement de sédiment pourrait avoir lieu est le havre de pêche de Grande-Entrée. Par contre, l'utilisation de ces installations n'est pas sans inconvénients puisque la profondeur d'eau au quai est seulement de 2,4 m et que le transport subséquent du matériel par camion jusqu'au site de dépôt serait tenu de traverser les villages de Grande-Entrée et de Grosse-Île pendant la période la plus achalandée par le tourisme. Certaines contraintes sont aussi reliées à cette option, dont la plus importante est l'impossibilité d'utiliser une partie des installations du havre de pêche de Grande-Entrée durant la saison de pêche. Cette option nécessiterait évidemment une entente avec l'administration portuaire de Grande-Entrée.

Dans le cas du dragage de petites quantités de matériaux fins, les deux types de drague obtiennent un indice de performance technique et environnementale comparable, bien que la drague autoportée surpasse la drague mécanique. Les avantages décrits plus haut pour la drague autoportée jouent ici aussi alors que la drague mécanique est avantagée par sa compatibilité avec la quantité de matériaux fins et par le fait qu'elle assure en principe une teneur en eau plus faible (ce qui aide au contrôle de la remise en suspension lors de l'excavation).

Dans le cas du dragage des grandes quantités de sables, la drague autoportée a obtenu le meilleur indice de performance technique et environnementale en raison de la compatibilité avec le volume à draguer, de l'absence d'entrave à la navigation et des faibles restrictions dues aux vagues, qui sont des éléments particulièrement importants dans le contexte du projet à l'étude.

Au-delà de l'analyse théorique effectuée à l'aide de la grille d'appréciation, il faut aussi considérer que le dragage de grands volumes de sédiments à l'intérieur d'une période très limitée impose un rendement minimal relativement élevé aux équipements de dragage retenus. Si on considère une période d'environ deux mois durant laquelle les travaux peuvent se réaliser tout en respectant les restrictions requises pour éviter les conflits avec les éléments sensibles du milieu, le rendement minimal du dragage pour excaver environ 250 000 m³ de matériaux accumulés en 5 ans est d'environ 4200 m³/jour, soit 175 m³/h. Ce rendement représente la moyenne minimale qui doit être maintenue continuellement. De façon plus réaliste, il faut prendre en compte le fait que le rendement sera plus faible dans les secteurs présentant des accumulations plus faibles et ponctuelles, et qu'il y a des périodes durant lesquelles la drague ne peut opérer (déplacements, entretien, réparations, mauvais temps).

Il est évident que le rendement des dragues autoportées varie et que la drague retenue devra être capable de réaliser les travaux à l'intérieur des délais requis. Le fait que le rendement moyen nécessaire ait été dépassé lors des dragages antérieurs à l'aide d'une drague autoportée démontre que des dragues autoportées ayant un rendement suffisant sont disponibles. D'autre part, il est permis de croire que la majorité des dragues à benne preneuses ont un rendement insuffisant pour rencontrer le minimum requis. Seules les plus grandes dragues à benne preneuse pourraient atteindre le rendement voulu, à moins bien

sûr d'utiliser plus d'une drague. On doit cependant noter que l'utilisation de plusieurs dragues simultanément aurait alors comme effet de multiplier les impacts négatifs associés au dragage mécanique, notamment en ce qui concerne les impacts sur la qualité de l'eau et les entraves à la navigation.

Certaines conclusions peuvent être tirées de ces diverses comparaisons entre la drague à benne preneuse et la drague autoporteuse. Premièrement, l'utilisation de la drague autoporteuse est avantageuse dans les conditions qui ont été celles des dragages antérieurs, c'est-à-dire pour des dragages aux cinq ans et une gestion par immersion en mer. L'utilisation de la drague à benne preneuse ne devient avantageuse que lorsque le dragage de sédiments fins en quantité relativement restreinte est considéré. Il est cependant possible que l'utilisation d'une drague à benne preneuse très imposante ayant un rendement beaucoup plus élevé que la moyenne et mieux adaptée aux travaux en mer fasse exception aux règles précédentes. Un tel équipement serait tout de même toujours désavantagé par rapport à une drague autoporteuse, plus mobile, moins encombrante et plus adaptée aux travaux en conditions maritimes difficiles.

Globalement, nous croyons que la drague hydraulique autoporteuse devrait être retenue pour le dragage du chenal maritime de Grande-Entrée, surtout en ce qui concerne le dragage des grandes quantités de sables dans les parties du chenal suivant la courbe. La drague mécanique à benne preneuse pourrait être retenue dans certaines circonstances particulières, telles que le dragage de quantités beaucoup plus petites lors d'interventions exceptionnelles en dehors des dragages d'entretien régulier afin d'enlever du matériel constituant un obstacle important à la navigation².

3.2.3 Sélection du mode de gestion du matériel dragué

Certaines options de gestion du matériel dragué présentées à la section 3.1.3 ont été jugées non acceptables sur le plan environnemental, social ou technique. Les options qui ont été éliminées à ce stade sont : l'immersion en mer dans un nouveau secteur, la dispersion en mer, le confinement en berge, le réaménagement des îlots B et C, l'aménagement d'un nouvel îlot et l'utilisation comme sable d'épandage sur les routes. La restauration de dunes n'apparaissant faisable que sous certaines conditions, elle n'est pas retenue non plus. Les causes de leur élimination sont discutées à la section 3.1.3. Ces options ne sont pas présentées dans le cadre des comparaisons plus détaillées qui suivent. Les principaux coûts, avantages et inconvénients des différentes options potentielles de gestion des sédiments dragués sont présentés au Tableau 3.3.

² À titre d'exemple, ce genre d'obstacle peut être créé lorsqu'une barre de sable se forme rapidement à un endroit précis du chenal avant que les accumulations plus généralisées nécessitent le dragage d'entretien de l'ensemble du chenal. Ceci est notamment le cas au niveau du chaînage 7500 m. À cet endroit, une accumulation très localisée s'est formée à plusieurs reprises au cours des années passées. En 2005, cette barre de sable avait une profondeur de 6,6 m à son point le plus élevé, tandis que les secteurs directement en amont et en aval respectaient facilement la profondeur requise de 7,3 m avec des profondeurs de 7,7 m à 8,8 m. Une telle accumulation pourrait bloquer la navigation du chenal, mais être d'un volume insuffisant pour justifier la mobilisation d'une drague autoporteuse à grand rendement telle que celles utilisées lors des dragages d'entretien régulier.

Tableau 3.3 Comparaison des options de gestion potentielles des sédiments dragués dans le chenal de Grande-Entrée.

Option	Coûts/m³	Avantages	Désavantages	Mesures à suivre
Immersion en mer au site de dépôt D	X (coût de référence, représente l'option retenue lors des trois dragages effectués dans le cadre du programme décennal antérieur)	<ul style="list-style-type: none"> - Conditions du site et impacts connus et acceptables. - Coûts acceptables. - Permet de réaliser les travaux à l'intérieur de la période prescrite selon les contraintes environnementales. - Peut être exécuté par tous les types de drague retenus. 	<ul style="list-style-type: none"> - Modification (perturbation) d'un habitat marin. - Aucune valorisation du matériel dragué. - Impossibilité de déposer la totalité des matériaux dragués en dix ans à l'intérieur des limites actuelles du dépôt D. 	<ul style="list-style-type: none"> - Confinement des particules fines sous les sables.
Immersion en mer dans le nouveau site de dépôt	1,3X (40 minutes de transport supplémentaire)	<ul style="list-style-type: none"> - Coûts acceptables. - Permet de réaliser les travaux à l'intérieur de la période prescrite selon les contraintes environnementales. - Peut être exécuté par tous les types de drague retenus. - Impacts prévus acceptables. - Profondeur plus grande du site favorisant sa stabilité et simplifiant le respect des contraintes pour le recouvrement des fines et le maintien des profondeurs pour la navigation. - Espace suffisant pour recevoir l'ensemble du volume dragué en dix ans. 	<ul style="list-style-type: none"> - Modification (perturbation) d'un habitat marin. - Aucune valorisation du matériel dragué. - Coûts légèrement plus élevés que pour le dépôt D. 	<ul style="list-style-type: none"> - Confinement des particules fines sous les sables.
Rechargement de plage sur la dune du Nord	4,5X (5,5 h de transport supplémentaire, 20 à 30 minutes pour couplage aux équipements de refoulement, 60 à 75 minutes pour le refoulement, 5% de contingence en cas d'intempéries).	<ul style="list-style-type: none"> - Protéger la route de l'érosion. - Grande zone en érosion pouvant accepter l'ensemble du volume dragué. - Utilisation bénéfique du matériel dragué. 	<ul style="list-style-type: none"> - Inacceptable pour les sédiments fins. - Coûts très élevés. - Temps requis plus élevé. Peut rendre très difficile la réalisation des travaux à l'intérieur de la période prescrite selon les contraintes environnementales. - Ne peut être exécuté que par une drague suceuse-porteuse 	<ul style="list-style-type: none"> - Développer une autre méthode de gestion pour les sédiments fins. - Arrimage avec les promoteurs de cette intervention (MTQ ou Municipalité des I[^]les-de-la-Madeleine
Rechargement de la plage de la Martinique	4X (4,5 h de transport supplémentaire, 20 à 30 minutes pour couplage aux équipements de refoulement, 60 à 75 minutes pour le refoulement, 5% de contingence en cas d'intempéries).	<ul style="list-style-type: none"> - Protéger la route de l'érosion. - Grande zone en érosion pouvant accepter l'ensemble du volume dragué. - Utilisation bénéfique du matériel dragué. 	<ul style="list-style-type: none"> - Inacceptable pour les sédiments fins. - Coûts très élevés. - Temps requis plus élevé. Peut rendre très difficile la réalisation des travaux à l'intérieur de la période prescrite selon les contraintes environnementales. - Ne peut être exécuté que par une drague suceuse-porteuse 	<ul style="list-style-type: none"> - Développer une autre méthode de gestion pour les sédiments fins. - Arrimage avec les promoteurs de cette intervention (MTQ ou Municipalité des I[^]les-de-la-Madeleine

Option	Coûts/m ³	Avantages	Désavantages	Mesures à suivre
Banc d'emprunt dans le secteur du centre de traitement des déchets	3X (2 h de transport supplémentaire, 20 à 30 minutes pour couplage aux équipements de refoulement, 60 à 75 minutes pour le refoulement, 5% de contingence en cas d'intempéries).	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation bénéfique du matériel dragué. - Site bien placé pour établir un banc d'emprunt (BPR Groupe-conseil 2004). - Aucun impact sur l'habitat du poisson. - Impacts sur la nappe phréatique acceptables (aucun puits à proximité). - Potentiel pour accueillir des gros volumes. - Coûts supplémentaires à être défrayés par les utilisateurs du sable. 	<ul style="list-style-type: none"> - Coûts très élevés. - Temps requis plus élevé. - Seulement envisageable pour une portion du matériel dragué sur une période de 10 ans. - Sables pas immédiatement utilisables à cause de leur teneur en chlorure. - Potentiel d'impact sur les eaux souterraines par le sel. - Option non acceptable pour les sédiments fins. - Ne peut être exécuté que par une drague suceuse-porteuse 	<ul style="list-style-type: none"> - Arrimage avec les promoteurs de cette intervention (MTQ ou Municipalité des Îles-de-la-Madeleine - Conclure une entente avec les utilisateurs. - Créer un système de drainage de l'eau de mer refoulée avec les sédiments. - Choisir l'emplacement précis du dépôt afin de minimiser les impacts sur la faune et la flore. - Développer une autre méthode de gestion pour les sédiments fins.
Banc d'emprunt sur la propriété de Mines Seleine	2X à 2,5X (1 h de transport supplémentaire en moyenne, 20 à 30 minutes pour couplage aux équipements de refoulement, 60 à 75 minutes pour le refoulement).	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation bénéfique du matériel dragué. - Aucun impact sur l'habitat du poisson. - Coûts supplémentaires défrayés par la vente du sable. - Potentiel pour accueillir des gros volumes. - La drague peut utiliser le quai de Mines Seleine pour le refoulement. 	<ul style="list-style-type: none"> - Coûts très élevés. - Temps requis plus élevé. - Encombrement du quai. - Seulement envisageable pour une portion du matériel dragué sur une période de 10 ans. - Sables pas immédiatement utilisables à cause de leur teneur en chlorure. - Potentiel d'impact sur les eaux souterraines par le sel. - Option non acceptable pour les sédiments fins. - Site éloigné du marché potentiel le plus important pour le sable (Cap-aux-Meules). - Ne peut être exécuté que par une drague suceuse-porteuse 	<ul style="list-style-type: none"> - Conclure une entente avec les utilisateurs. - Créer un système de drainage de l'eau de mer refoulée avec les sédiments. - Choisir l'emplacement précis du dépôt afin de minimiser les impacts sur la faune et la flore. - Développer une autre méthode de gestion pour les sédiments fins.
Confinement des sédiments fins en milieu terrestre	Dépend du site choisi et du mode de dragage utilisé. Serait définitivement plus coûteux que l'immersion en mer.	<ul style="list-style-type: none"> - Diminue les impacts potentiels sur le milieu marin. - Moins de dépassement des critères de protection de sol que des critères pour la gestion en milieu marin. - Permet une utilisation des sables autre que le recouvrement des fines en milieu aquatique. - Peut être exécuté par tous les types de drague retenus 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessite la préparation d'un site de mise en dépôt et d'installations de traitement des sédiments (transport, séchage) selon le type de drague utilisé. - Possibilité d'impact sur la nappe phréatique. - Coûts plus élevés. 	<ul style="list-style-type: none"> - Négociation d'une entente sur l'utilisation des installations du havre de pêche de Grande-Entrée (si dragage mécanique). - Utilisation d'équipements de transport étanches. - Créer un système de décantation et de drainage de l'eau de mer.

3.2.3.1 Faisabilité économique

Des options comparées au Tableau 3.3, l'immersion en mer dans le secteur du dépôt D est nettement la plus économique. Le dépôt D est légèrement plus économique que le nouveau site envisagé puisqu'il est plus rapproché du chenal et nécessite donc moins de transport, mais les coûts associés à l'immersion au nouveau site de dépôt demeurent beaucoup plus faibles que ceux associés aux autres options. Ceci est surtout dû au fait que la mise en dépôt requiert très peu de manipulations et de temps. En effet, toute gestion en berge ou en milieu terrestre nécessite le transport du matériel de la drague ou des chalands vers le site de dépôt puisque la drague ne peut accéder directement au site. Dans le cas de l'utilisation d'une drague hydraulique autoporteuse du type de celle utilisée lors des trois derniers dragages, ce transport se fait par refoulement hydraulique et ajoute 80 à 105 minutes à chaque cycle de dragage, en incluant le temps de couplage aux équipements de refoulement. Dans le cas d'un dragage mécanique avec benne preneuse, une gestion en berge ou en milieu terrestre nécessiterait des installations portuaires pour accoster les chalands et procéder au transbordement des sédiments avec des équipements terrestres pour ensuite les transporter sur le réseau routier à l'aide de camions étanches ou le refoulement hydraulique des sédiments à partir des chalands, ce qui serait au moins aussi long et complexe que le refoulement à partir d'une drague autoporteuse.

Étant donné les volumes importants de sables qui seraient utilisés pour le rechargement de plage ou la création d'un banc d'emprunt, ces options pourraient être difficiles à concilier avec un dragage mécanique qui présente en général un rendement inférieur en terme de volume dragué pour une période précise et pour lequel le transport vers le milieu terrestre pourrait être plus difficile. Nous considérons donc que ces options ne sont envisageables qu'avec une drague hydraulique autoporteuse et la comparaison des coûts, avantages et inconvénients au Tableau 3.3 a été établie en considérant que c'est ce type de drague qui est utilisé. Par contre, la combinaison de l'utilisation d'une drague à benne preneuse avec ces modes de gestion ne peut être complètement écartée dans le cas où les volumes seraient plus faibles, par exemple lors de dragages plus fréquents ou si seulement une fraction du matériel dragué était en cause.

À partir de la comparaison des évaluations des coûts des différentes options, nous estimons que le rechargement de plage n'est pas envisageable, surtout à cause des distances entre le chenal de navigation et les sites de dépôt potentiels. En ce qui concerne la possibilité d'établir des bancs d'emprunt de sable à partir des matériaux dragués, les coûts de ces options sont trop élevés pour être assumés par Mines Seleine. Par contre, Mines Seleine pourrait éventuellement négocier une entente avec un intervenant désireux de prendre en charge ces sables et d'assurer la conception, l'aménagement et la gestion du banc d'emprunt. Cette entente devrait faire en sorte que les coûts additionnels liés à la récupération des sables soient entièrement couverts par l'intervenant en question et qu'il assume aussi toute responsabilité pour les sables une fois qu'ils sont déposés en milieu terrestre.

En ce qui concerne le confinement en milieu terrestre, celui-ci implique des coûts par unité de volume plus élevés car des structures de confinement devraient être construites. Plusieurs mesures devraient être appliquées et des installations mises en place pour assurer un contrôle des particules en suspension dans les eaux d'écoulement (surtout si les sédiments étaient refoulés hydrauliquement). Par contre, les coûts absolus seraient limités par le fait que le volume de sédiments fins à draguer est restreint.

3.2.3.2 Faisabilité technique

Tel que présenté au Tableau 3.3, l'augmentation des coûts des options de dépôt autres que l'immersion en mer est directement proportionnelle à l'augmentation de la durée du cycle de dragage et donc du rendement moyen des travaux. Étant donné les contraintes par rapport à la période acceptable pour le dragage dans l'année, les options les plus coûteuses, par exemple le rechargement des plages, pourraient présenter des problèmes de faisabilité. Par exemple, les travaux de 1992 ont duré 56 jours pour l'excavation de 607 718 m³. Il aurait été impossible de terminer ces travaux dans les délais requis si le

cycle de dragage avait été quatre fois plus long. Même lors des travaux de 2002, qui ont donné lieu au rendement moyen le plus élevé de tous les dragages d'entretien avec le dragage de 283 091 m³ en 16 jours (Robert Hamelin et Associés inc., 2003), un allongement du cycle de quatre fois aurait laissé très peu de marge de manœuvre pour des imprévus, sans compter que la gestion des sédiments fins suivant une autre filière aurait ajouté des délais additionnels importants.

On doit aussi noter que les travaux antérieurs ont été accomplis avec des dragues hydrauliques autoporteuses ayant un rendement relativement élevé. Si une drague à rendement moins élevé était retenue, les options nécessitant des temps de transport et de manipulation des sédiments plus longs deviendraient encore moins faisables étant donné les restrictions quant à la période de dragage. Il faut noter que, en théorie, l'utilisation d'une drague à benne preneuse de grande capacité accompagnée d'un nombre suffisant de chalands serait possiblement en mesure de rencontrer les délais requis. Cependant, les activités de transbordement des chalands vers des sites terrestres ou en berge seraient toujours tout aussi problématiques.

3.2.3.3 Gestion des sédiments fins

En plus d'être le mode de gestion le plus économique, l'immersion en mer est la seule option, mis à part le confinement en milieu terrestre, qui permette de gérer les sédiments fins autant que les sables. Lors des dragages d'entretien précédents les sédiments fins enrichis en arsenic et en cadmium ont été gérés en les recouvrant par des sables au moment de l'immersion au site de dépôt D. Pour une gestion de ce genre, différentes mesures peuvent être envisagées pour favoriser un confinement stable et efficace des matériaux recouverts. Ces mesures dépendent des caractéristiques des matériaux dragués. Dans notre cas, les matériaux à recouvrir sont constitués majoritairement de silt et d'argile mélangés à des sables et les matériaux de recouvrement sont constitués majoritairement de sable grossier. Dans une telle situation, il est généralement souhaitable de mettre en place des structures de rétention latérales avant de procéder au recouvrement pour éviter toute perte vers les côtés. Cette stratégie avait été utilisée en 1992 et tentée en 1997, mais la nature des sables grossiers dragués fait en sorte que ceux-ci s'épandent sans former des digues efficaces. Pour cette raison, aucune digue n'était prévue en 2002. Une alternative aux digues mises en place avant le dépôt des fines et qui serait probablement plus efficace serait de déposer les sables de façon graduelle de telle sorte qu'ils soient « saupoudrés » sur l'aire couverte par les fines tout en s'assurant d'un recouvrement de l'extérieur de cette aire vers l'intérieur. Ce dépôt graduel peut s'opérer en ouvrant très graduellement les portes des puits à déblais.

Un aspect important des méthodes de confinement des sédiments fins est la teneur en eau de ces sédiments, un élément qui affecte leur cohésion. En général, des sédiments qui ont une teneur en eau plus faible sont plus cohésifs et plus facilement confinés puisqu'ils auront moins tendance à être déplacés au moment de la mise en place des matériaux de recouvrement. Ils se mélangeront moins aux matériaux de recouvrement et seront moins affectés par les mécanismes de consolidation. En effet, dans des cas de grandes quantités de fines recouvertes par une couche relativement mince de sables, des effets diapiriques formés lors de la consolidation ont favorisé le déplacement vertical des sédiments fins jusqu'à la surface des monticules (Fredette *et al.*, 2000). Par contre, ce type de problème est beaucoup moins probable dans le cas à l'étude, puisque le volume de matériaux de recouvrement est très largement supérieur au volume des matériaux à recouvrir. De plus, et c'est une différence essentielle, dans le cas du dépôt D les eaux résultant de la consolidation des matériaux ne sont pas forcées de s'échapper à travers le recouvrement car les matériaux ne sont pas placés dans une cellule aux parois et au fond imperméables comme c'est le cas dans l'exemple cité plus haut (Fredette *et al.*, 2000).

Deux éléments peuvent contribuer à la teneur en eau des sédiments fins avant leur recouvrement : la méthode de dragage et de déposition, et le temps de consolidation. En principe, un dragage mécanique avec dépôt à partir des chalands est généralement considéré la méthode de placement des sédiments qui

permet de maintenir les teneurs en eau les plus proches de ce qu'elles étaient avant le dragage ainsi que celle qui permet de placer ces sédiments dans un monticule le plus compact possible (Palermo, 1992). Cependant, dans les conditions observées au cours des dragages antérieurs, les matériaux fins avaient tendance à décanter efficacement dans les puits à déblais et le dragage hydraulique avec dépôt à partir d'un navire auto-porteur apparaissait aussi efficace qu'un dragage mécanique. Il est important de souligner que la mise en dépôt en une seule fois d'une grande quantité de matériaux fins à partir d'un navire autoporteur ne comporte possiblement pas plus de risques de dispersion que le largage de la même quantité de matériaux un peu plus cohésifs en plusieurs fois à partir de chalands plus petits. Ainsi, la cohésion finale du dépôt par un navire autoporteur pourrait être semblable à celle du même dépôt effectué par des petits chalands.

Plus la teneur en eau des sédiments est faible, moins le temps de consolidation a besoin d'être long. Un avantage à un dragage mécanique des sédiments fins est donc de permettre un temps de consolidation plus court. Cependant, dans la mesure où plusieurs petits chalands sont utilisés à la place d'un grand navire autoporteur, cet avantage devient négligeable.

Le temps de consolidation se définit comme étant la période de temps entre le dépôt des matériaux à recouvrir et la mise en place du recouvrement. Cette période est établie en fonction des caractéristiques précises des travaux pour permettre aux sédiments de devenir plus cohésifs, c'est à dire de réduire leur contenu en eau. Selon le type de matériau, la méthode de dragage et les conditions au site de dépôt, la période de consolidation peut avoir une durée de quelques jours à plusieurs mois. À titre d'exemple, suite au suivi des cellules de confinement réalisé dans le cadre du dragage de sédiments contaminés au port de Boston, il a été conclu qu'une période de consolidation de 4 à 6 mois pouvait être nécessaire pour assurer un confinement optimal (Fredette *et al.*, 2000). Il faut cependant noter que ce cas est extrême puisqu'il s'agit du recouvrement de cellules de 21 à 33,5 m de profondeur, aux parois et au fond imperméables, remplies de sédiments fins contaminés et recouvertes d'un peu plus de 1 m de sable. Dans le cas des conditions de dépôt associées au dépôt D, un site sur fond plat sableux, le temps de consolidation devrait être beaucoup plus court, car rien ne s'oppose à la migration latérale ou verticale des eaux associées aux sédiments. De plus, il faut viser un équilibre entre le temps de consolidation et la possibilité de pertes liées à l'érosion des sédiments fins non recouverts. Dans le cas du site de dépôt D ou du nouveau site de mise en dépôt proposé, il n'est pas envisageable de laisser les sédiments fins non recouverts au site de dépôt à l'automne puisque les vagues et les tempêtes en cette saison risqueraient de causer la dispersion des sédiments fins déposés.

La méthode de placement des matériaux de recouvrement affecte aussi la performance des projets de confinement en milieu aquatique. En général, plus le dépôt des matériaux de recouvrement peut être graduel et diffus, plus on évitera le déplacement des sédiments à recouvrir et le mélange des matériaux de recouvrement avec les matériaux à recouvrir. Des méthodes performantes pour le dépôt des matériaux de recouvrement sont le dépôt hydraulique des sables avec diffuseur et le dépôt à partir de chalands, incluant ceux d'une drague autoporteuse, de façon graduelle et précise. Cette opération consiste à laisser les portes des chalands ou des puits à déblais partiellement ouvertes alors que le navire est en mouvement, de telle sorte que les sables sont « saupoudrés » sur le fond au lieu d'être déversés d'un seul coup.

Dans le cas à l'étude, les sédiments fins à recouvrir sont d'un volume largement inférieur aux sables utilisés pour les recouvrir et ils sont à peine enrichis et non-toxiques. Dans de telles conditions, le mélange des sédiments fins aux sables lors du recouvrement ne cause pas d'inconvénient. En effet, même si des sables pénètrent jusqu'au fond du monticule pour se mélanger aux fines, la grande quantité de sables déposés fait en sorte que la couche supérieure du dépôt demeure une couche de sables. Dans le cas des sédiments du chenal de Grande-Entrée, le recouvrement vise davantage à s'assurer de laisser un fond sableux au site de mise en dépôt plutôt que de chercher à construire une cellule de confinement selon des règles établies pour la gestion de sédiments fortement contaminés tels que ceux du port de Boston dont il

est fait mention plus haut. Puisque cet objectif a toujours été rencontré par le passé, les méthodes utilisées antérieurement sont considérées encore acceptables, soit une mise en dépôt et un recouvrement sans contraintes de temps de consolidation et sans nécessité d'une structure de rétention latérale.

En conclusion, le recouvrement des sédiments fins demeure une méthode de gestion intéressante et acceptable dans le cas du dragage d'entretien du chenal de Grande-Entrée. Étant donné les caractéristiques particulières des travaux, ce recouvrement peut être réalisé au moyen de mesures relativement simples, comme par exemple une mise en dépôt lente et graduelle des sables en laissant les portes de la drague partiellement ouvertes et en progressant de la bordure vers le centre de l'aire couverte par les fines. Cette procédure aurait comme effet de favoriser le maintien des fines sur place.

3.2.3.4 Impacts sur le milieu

Le principal avantage des options de gestion autres que l'immersion en mer réside dans le fait qu'elles permettent d'utiliser les sédiments dragués à des fins bénéfiques tout en diminuant les perturbations du milieu marin au site d'immersion. Dans cette optique, il pourrait être justifié de choisir une de ces options même à un coût économique plus élevé que l'immersion en mer. Cependant, la sélection de ces options impliquerait d'une part, un engagement clair et une participation active de la part des intervenants qui bénéficieraient des retombées de ces autres options en plus de la prise en charge par ceux-ci de la totalité des coûts additionnels.

Dans cette analyse, il ne faut pas perdre de vue le fait que les impacts associés à l'utilisation du dépôt D ou du nouveau dépôt dans le même secteur sont relativement mineurs et n'entraînent pas une dégradation à long terme de l'environnement. Les panaches de dispersion engendrés par une drague hydraulique autoporteuse au site de dragage et au dépôt D ont été décrits dans le cadre du suivi environnemental du dragage d'entretien de 1992 (Harvey et Boudreault, 1994). Selon ces observations, il n'y avait pas formation d'un panache de turbidité important durant le dragage des zones de sable dans la passe et à l'extérieur de la lagune puisque les matériaux mis en suspension dans ces secteurs sédimentaient très rapidement. Lors du dragage des sédiments contenant une proportion importante de particules fines dans le secteur de la courbe, un panache de dispersion de matières en suspension était visible autour des zones draguées. Celui-ci demeurait près du chenal, mais dérivait selon la direction du vent. Par contre, les observations recueillies au site de dépôt D lors de l'immersion de matériaux dragués dans la courbe ont permis de conclure que la sédimentation est rapide et qu'il y a très peu de dispersion de matières en suspension (Harvey et Boudreault, 1994).

À plus long terme, le suivi des dépôts antérieurs au dépôt D a démontré que les zones de dépôt étaient perturbées, mais qu'elles retrouvaient une communauté diversifiée, équilibrée et stable à l'intérieur de 4 à 10 ans (St-Laurent *et al.*, 2004). On doit aussi considérer qu'il est parfaitement acceptable et logique de gérer des sédiments marins en milieu marin plutôt que de les introduire dans un milieu de nature complètement différente. En effet, un des avantages de l'utilisation du secteur du dépôt D est qu'il est caractérisé par un fond de sable qui est très semblable en nature au matériel qui y est déposé.

D'autre part, il faut souligner que les utilisations des sables qui pourraient être jugées bénéfiques engendreraient quand même des impacts environnementaux sur le milieu. Ainsi, dans le cas de la recharge des plages en érosion, ces impacts seraient liés à une modification de l'habitat naturel le long de la plage, incluant des pertes d'habitat du poisson, et une modification du régime sédimentaire en direction aval du sens de la dérive littorale. En effet, les sables déposés dans des zones en érosion pourraient augmenter l'ensablement dans les zones d'accumulation associées à ces zones d'érosion.

Pour les options de création de bancs d'emprunt, aucun impact significatif n'est prévisible sur le milieu aquatique compte tenu de la nature des matériaux impliqués. Un contrôle de la qualité des eaux serait

facilement réalisable puisque les matériaux déposés ne contiennent presque aucune particule fine. Par contre, la création des bancs d'emprunt modifierait le milieu terrestre au site du dépôt et pourrait avoir une incidence sur la qualité de l'eau de la nappe phréatique étant donné le sel associé à l'eau de refoulement. Des effets reliés à la gestion, l'extraction et au transport des sables (présence de machinerie, déplacements de camions, etc.) sont également associés à ces options.

Dans le cas de l'option du confinement en milieu terrestre des sédiments fins, à court terme des impacts associés à la mise en place des matériaux ou à leur transport sont prévisibles. Dans le cas d'un pompage hydraulique, la gestion des eaux excédentaires peut mener à certaines altérations de la qualité des eaux de surface alors que dans le cas d'un dragage mécanique, l'utilisation du port de Grande-Entrée et le transport par camion occasionnent des dérangements et des encombrements non-négligeables. La présence à long terme du dépôt ne devrait pas comporter d'impact sur la qualité des sols, compte tenu des teneurs faibles observées dans les matériaux fins à draguer, cependant, suivant la qualité des sols déjà sur place et de la qualité des sédiments à déposer, cet impact pourrait, tout au plus, être faible et se conformer aux exigences de la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés (MEF, 1998). Si ce n'était pas le cas, il faudrait prévoir la création d'un site offrant une capacité de confinement adéquate pour éviter la migration des contaminants dans l'environnement et la contamination des sols en place.

Pour conclure, il s'avère que toutes les options de gestion du matériel dragué causeraient une modification du milieu récepteur. Dans le cas des bancs d'emprunt et du rechargement des plages, il est permis de croire que les impacts sur le milieu naturel seront mineurs et d'une amplitude similaire aux impacts associés à l'immersion en mer, notamment si des investigations plus poussées à ces sites ne soulevaient pas la présence d'éléments sensibles. Par contre, bien que beaucoup plus coûteuses, ces options présentent des impacts positifs et des bénéfices en regard de besoins sociaux ou communautaires. En ce qui concerne l'immersion en mer et le confinement terrestre, ces options ne comportent pas d'impacts positifs, mais avec l'application de mesures de mitigation adéquates, elles représentent une gestion acceptable engendrant peu ou pas d'impacts négatifs à long terme.

3.2.3.5 Conclusion

La recharge des plages en érosion sur la dune du Nord et à la plage de la Martinique dans le but de protéger la route 199 présente des problèmes de faisabilité et des coûts trop importants et est donc jugée non praticable comme option de gestion des sédiments dragués dans le chenal de Grande-Entrée par Mines Seleine à moins que les intervenants impliqués dans l'entretien routier ne s'engagent à participer à l'élaboration d'un projet sur les plans technique et à assumer tous les coûts additionnels associés au dragage.

En ce qui concerne la restauration des brèches dans les dunes, cette option présente une grande quantité d'inconnus. Il est aussi clair que les coûts associés à cette option ne seraient pas négligeables puisqu'elle nécessite le transport des sédiments vers le milieu terrestre. Cette option n'est donc pas considérée faisable à l'heure actuelle. Par contre, étant donné son potentiel pour une valorisation écologique du matériel dragué elle pourrait être considérée dans la mesure où les intervenants responsables de la gestion du milieu dunaire présentent un projet précis, détaillé et étudié incluant des moyens de financement.

Étant donné son coût relativement élevé, la création d'un banc d'emprunt de sable est une autre option qui ne serait intéressante que si les intervenants concernés sont prêts à assumer les coûts supplémentaires ainsi que la responsabilité en ce qui a trait aux acquisitions, aux expropriations, aux ententes, aux permis et aux aménagements côtiers et terrestres requis pour une telle intervention de même que concernant la gestion du banc d'emprunt.

Le confinement en milieu terrestre présente des coûts importants par rapport au confinement en milieu aquatique et n'offre aucun avantage environnemental. Néanmoins, il peut représenter la seule option de gestion des sédiments fins du bassin et de la courbe si les sables dragués sont gérés autrement que par immersion en mer puisque les autres options d'utilisation des sables ne peuvent inclure les sédiments fins. Ceci peut en effet être vu comme un désavantage majeur de ces options d'utilisation des sables si elles ne comportent pas un volume réservé suffisant de sable pour le confinement des fines en milieu marin.

Puisqu'elle représente l'option la plus simple du point de vue de la faisabilité, de loin la moins coûteuse et qu'elle ne comporte pas d'impacts négatifs importants ou à long terme sur le milieu, l'immersion en mer dans le secteur du dépôt D est considérée la meilleure option de gestion pour les sédiments dragués. De plus, en appliquant un calendrier de dragage et des modes de mise en dépôt précis, cette option est la seule à permettre une gestion adéquate pour l'ensemble des sédiments dragués dans le chenal, les sables et les fines. L'immersion pourra donc avoir lieu soit dans la partie non utilisée du dépôt D ou dans le nouveau site de dépôt prévu à environ 5 km à l'est-sud-est de ce dernier.

3.3 Description des variantes sélectionnées

La variante sélectionnée est essentiellement semblable à celle qui a été retenue lors des dragages d'entretien antérieurs dans le chenal maritime de Grande-Entrée. Ces méthodes se sont montrées efficaces par le passé et l'application de certaines mesures de mitigation a permis de respecter les contraintes environnementales liées aux éléments sensibles du milieu récepteur.

Le dragage se limitera à l'aire occupée par le chenal de navigation où il y a accumulation de matériel au-dessus des profondeurs prescrites de 7,3 m à l'intérieur de la lagune et de 8,3 m à l'extérieur. Les travaux d'excavation auront comme objectif de faire en sorte que la totalité du chenal de navigation respecte ces profondeurs. Ces aires seront identifiées suite à un sondage bathymétrique réalisé immédiatement avant les travaux et le respect des profondeurs sera vérifié après les travaux par un deuxième sondage bathymétrique.

La fréquence du dragage sera déterminée par un suivi bathymétrique de l'ensablement du chenal qui permettra à Mines Seleine de statuer sur la nécessité de procéder à un dragage. Les décisions seront prises de manière à obtenir un intervalle maximal entre les dragages tout en évitant une trop grande perte d'efficacité du transport du sel via le chenal et tout en permettant le maintien de conditions de navigation sécuritaires. En se basant sur les données historiques d'ensablement du chenal, les dragages pourraient avoir lieu aux cinq ans, pour un total de trois dragages à l'intérieur d'une période de 10 ans. Chaque dragage pourrait représenter une quantité d'environ 250 000 m³ de sédiments. Nous pouvons donc prévoir un volume total dragué d'environ 750 000 m³ durant la période couverte par le programme décennal. Par contre, tel qu'indiqué au Tableau 2.1, l'accumulation moyenne annuelle peut atteindre 60 000 m³. En considérant que le premier dragage aura lieu à la première année du programme décennal, il est donc permis de croire que le volume dragué en dix ans pourrait facilement atteindre 900 000 m³. Puisque que le Tableau 2.1 présente les données basées sur les bathymétries et n'inclut pas le surdragage, les volumes mesurés au chaland, et donc à gérer, seront possiblement encore plus élevés.

L'aire draguée peut être divisée en deux zones présentant des sédiments de nature différente. La première aire est celle des chaînages inférieurs à 4200 m, où les sédiments contiennent une fraction importante de particules fines incluant des silts et argiles. Dans le cas de ces sédiments fins, on peut prévoir qu'il y aura des dépassements des critères applicables aux sédiments pour certains métaux, notamment des dépassements du critère d'immersion en mer pour le cadmium ainsi que du SEM et du RPQS pour l'arsenic. En effet, la caractérisation de 2005, visant les matériaux à draguer lors du prochain dragage d'entretien, a identifié des teneurs en arsenic dépassant le SEM et le RPQS dans la courbe et le bassin et des dépassements occasionnels du critère d'immersion en mer pour le cadmium dans le bassin. Par contre,

ces teneurs étaient généralement inférieures à celles observées dans le passé. La deuxième aire à draguer est celle des chaînages supérieurs à 4200 m. Dans cette aire, les sédiments sont composés de sables et exempts de contamination. La grande majorité des sédiments à draguer vient de la deuxième aire. La proportion des sédiments fins dragués dans la première aire a varié lors des dragages antérieurs, mais était toujours beaucoup plus faible que la proportion venant de la deuxième.

Le dragage d'entretien régulier sera réalisé à l'aide d'une drague hydraulique autoporteuse. La drague hydraulique devra avoir un rendement permettant la réalisation des travaux dans le respect du calendrier et des mesures qui sont liés au respect des contraintes environnementales. Elle devra donc pouvoir draguer une quantité d'environ 250 000 m³ tout en appliquant les mesures visant à limiter les impacts sur le milieu. Ces mesures de mitigation, établies au cours des dragages antérieurs et décrites plus en détail plus loin, sont :

- Aucun dragage au niveau des chaînages inférieurs à 7350 m du 15 avril au 15 mai.
- Chargement de la drague à 60 %, pour limiter la surverse, lors du dragage du bassin et de la courbe (chaînages 258 à 4200 m) du 15 juin au 31 juillet
- Dragage un jour sur deux dans le secteur entre les chaînages 4200 m et 4600 m et le secteur entre les chaînages 4600 m et 7350 m du 15 juin au 31 juillet
- Dragage deux jours sur trois, du 1 avril au 24 septembre au niveau des secteurs aux chaînages inférieurs à 4200 m (268 m à 2227 m, 2227 m à 3719 m, 3719 m à 4200 m) à moins qu'une des contraintes plus sévères mentionnées ci-dessus soit applicable.
- Dragage deux jours sur trois entre le 1 avril et le 7 août, et entre le 25 août et le 24 septembre au niveau des chaînages 4200 m à 7350 m (4200 m à 4600 m, et 4600 m à 7350 m), à moins qu'une des contraintes plus sévères mentionnées ci-dessus soit applicable.
- Aucun dragage dans la passe (chaînages 7350 à 8650 m) du 15 mai au 21 juillet et du 24 septembre au 15 octobre.
- Dragage deux jours sur trois dans le secteur de 8650 m à 9500 m et le secteur de 9500 m à 10 720 m durant les mois de juillet et septembre.
- Les sédiments du secteur du bassin et de la courbe (chaînages 258 à 4200 m) doivent être recouverts et confinés à l'aide des matériaux dragués dans les autres secteurs (chaînages 4200 à 10 720 m).
- Respect des limites quant aux concentrations de matières en suspension dans les parcs d'aquaculture de la lagune lors du dragage des sédiments du bassin et de la courbe (chaînages 258 à 4200 m) : aucun dépassement, pendant six heures consécutives, de 150 mg/l dans le parc de moules et de 10 mg/l dans le parc de pétoncles.

En dehors de l'entretien régulier et planifié, si des interventions exceptionnelles sont requises afin d'enlever des petites quantités de matériel constituant un obstacle à une navigation sécuritaire mais ne justifiant pas la mobilisation d'une drague hydraulique autoporteuse, il est possible qu'une drague mécanique à benne preneuse soit utilisée.

Tous les matériaux dragués seront gérés par immersion en mer, soit dans la partie nord-est inutilisée du site de dépôt D, soit dans le nouveau site de mise en dépôt prévu à environ 5 km à l'est-sud-est du site de mise en dépôt D. La partie inutilisée du dépôt D sera seulement utilisée si le volume total à draguer peut y être déposé tout en respectant la profondeur minimale de 10,5 m suite au dépôt et en permettant un recouvrement des sédiments fins s'il y a lieu. En ce qui concerne le nouveau site de mise en dépôt, ses limites (voir Figure 3.3 et section 3.1.3.1.2) ont été établies de façon à permettre le dépôt de l'ensemble du volume prévu pour les dix prochaines années. Une profondeur minimale de 10,5 m suite à l'immersion sera aussi respectée à ce site.

Pour minimiser les conflits avec les autres utilisateurs des eaux de la région, notamment les pêcheurs commerciaux, les mesures suivantes seront appliquées au site de mise en dépôt utilisé :

- L'emplacement de l'aire de dépôt sera balisé au moyen de bouées de couleurs appropriées répondant aux exigences de la Garde côtière canadienne avant le début des travaux;
- les bouées seront maintenues en place pendant toute la durée des travaux;
- un avis à la navigation sera publié afin d'aviser les utilisateurs;
- la zone de pêche au crabe commun située à l'extérieur de la lagune, à l'ouest du chenal, entre les deux bouées de navigation, sera interdite de navigation pour la drague et le bateau de service.

Lors du dragage de sédiments provenant des chaînages inférieurs à 4200 m, ces sédiments seront recouverts de sables propres provenant des chaînages supérieurs à 4200 m. Les sables seront déposés graduellement sur l'aire couverte par les fines en progressant de la bordure vers le centre de cette aire et en laissant les portes des puits à déblais partiellement ouvertes, de telle sorte que les sables seront « saupoudrés » sur le fond au lieu d'être déversés d'un seul coup. Cette progression du recouvrement aura comme effet de favoriser le maintien des fines sur place.

Dans l'éventualité où un organisme ou un promoteur se montrerait intéressé à valoriser les sables dragués dans le chenal et à en assumer tous les coûts supplémentaires, une partie ou la totalité des sables provenant des chaînages supérieurs à 4200 m pourrait être mis à sa disposition. Si cette option est mise en oeuvre durant une année où il y a aussi dragage des chaînages inférieurs à 4200 m, une quantité suffisante de sables provenant des chaînages supérieurs à 4200 m sera cependant réservée pour le recouvrement des sédiments fins provenant des chaînages inférieurs à 4200 m.

Essentiellement, ce scénario consisterait à participer à titre de fournisseur de sables à la réalisation d'un projet de recharge de plage, de création de banc d'emprunt ou de restauration de dunes. Ces interventions demandent des études préalables et des travaux de conception relativement complexes de même que des évaluations techniques et environnementales qui dépassent le cadre de l'intervention de dragage d'entretien de Mines Seleine. Comme il n'est pas envisageable, ni même souhaitable, que Mines Seleine intervienne à titre de promoteur dans une telle intervention prenant souvent place sur des terres publiques, nous considérons que les travaux préliminaires de faisabilité et de conception de même que les acquisitions, les ententes, les permis et les aménagements côtiers et terrestres requis pour de telles interventions doivent être sous la responsabilité des intervenants concernés tels que le ministère des Transports du Québec, la municipalité des Îles-de-la-Madeleine, le Service canadien de la faune, etc. Dans un tel scénario, le rôle et la responsabilité de Mines Seleine se limiterait à transporter les matériaux jusqu'à un point de transbordement désigné par les promoteurs d'un projet donné et à refouler ces matériaux vers l'aménagement prévu suivant les consignes de ces promoteurs. Dans le cadre de la présente étude, seul l'aspect « dragage » est concerné. Il serait à la charge des promoteurs du projet de valorisation ou d'utilisation bénéfique d'obtenir les autorisations gouvernementales requises pour la réalisation du projet, notamment dans le cadre de l'application de l'article 31.1 de la Loi sur la qualité de l'environnement si les matériaux sont déposés en mer ou en berge, et en vertu de l'article 22 de la LQE si les matériaux sont dirigés vers un site terrestre.

Actuellement, aucun des promoteurs susceptibles de prendre en charge et de valoriser les sables provenant des dragages de Mines Seleine ne s'est montré intéressé à assumer un rôle actif dans un tel scénario, souvent faute de moyens techniques ou financiers. Toutefois, il est toujours possible que de tels intervenants mettent en oeuvre des projets de ce type au cours des prochaines années et nous croyons qu'il est important de faire en sorte que les autorisations gouvernementales permettent une participation à ces projets éventuels.

4. Analyse des impacts de la variante sélectionnée

L'analyse des impacts du programme décennal de dragage d'entretien du chenal maritime de Mines Seleine à Grande-Entrée, Îles-de-la-Madeleine, a pour but d'identifier, de décrire et d'évaluer les effets du projet sur le milieu récepteur.

Pour ce faire, le projet est d'abord morcelé en composantes principales, lesquelles sont ensuite confrontées aux différents éléments du milieu récepteur dans une grille de contrôle permettant d'identifier toutes les interrelations prévisibles. Il faut noter cependant que, afin d'éviter d'alourdir les tableaux et les textes subséquents, ne sont intégrées à cet exercice que les éléments du milieu susceptibles d'être affectés par l'une des composantes du projet. L'identification des éléments retenus est présentée à la section 4.1.3.

Les interrelations identifiées par cet exercice sont ensuite décrites et analysées de manière à en évaluer l'importance relative au moyen de critères qualitatifs. Des mesures d'atténuation appropriées sont identifiées pour réduire l'ampleur des impacts négatifs du projet et l'évaluation finale du projet porte sur les impacts résiduels, c'est-à-dire sur les impacts qui subsistent après l'application des mesures d'atténuation. Un tableau synthèse présente finalement les principaux impacts et mesures, ainsi que l'évaluation des impacts résiduels.

4.1 Détermination et évaluation des impacts

4.1.1 Composantes du projet

Compte tenu de ses caractéristiques et des impacts prévisibles sur le milieu récepteur, le programme de décennal de dragage d'entretien du chenal de Grande-Entrée est scindé en quatre composantes principales :

- 1) dragage des sédiments fins aux chaînes inférieurs à 4200 m;
- 2) dragage des sables aux chaînes supérieurs à 4200 m;
- 3) immersion en mer du matériel dragué;
- 4) mise à disposition du matériel dragué dans les chaînes supérieurs à 4200 m;

Chacune de ces composantes est décrite ci-après. Une description détaillée des travaux est présentée à la section 3.3.

4.1.1.1 Dragage des sédiments fins aux chaînes inférieurs à 4200 m

Cette composante vise le dragage des sédiments fins provenant des chaînes inférieurs à 4200 m et présentant des teneurs relativement élevées pour certains paramètres chimiques. Ce dragage sera réalisé avec une drague hydraulique autoporteuse et se limitera aux aires à l'intérieur du chenal et du bassin de manœuvre présentant une profondeur inférieure à 7,3 m et jugées nuisibles à l'efficacité et la sécurité de la navigation.

4.1.1.2 Dragage des sables aux chaînes supérieurs à 4200 m

Cette composante vise le dragage, à l'aide d'une drague hydraulique autoporteuse pour les dragages d'entretien réguliers, des sédiments sableux provenant chaînes du chenal supérieurs à 4200 m. Ces travaux se limiteront aux secteurs du chenal présentant une profondeur inférieure à 7,3 m pour la partie à l'intérieur de la lagune de Grande-Entrée et à 8,3 m pour la partie à l'extérieur de la lagune. Cette composante inclut aussi la possibilité d'utiliser une drague mécanique à benne preneuse lors d'interventions exceptionnelles pour enlever de petites quantités de matériel très localisées causant des entraves importantes à la navigation.

4.1.1.3 Immersion en mer du matériel dragué

Cette composante inclut le transport du matériel jusqu'au site d'immersion en mer ainsi que son dépôt à ce site. Deux sites d'immersion, retrouvés dans le même secteur et présentant des caractéristiques semblables, sont retenus. Ces sites sont le site de mise en dépôt D et le nouveau site de mise en dépôt à environ 5 km à l'est-sud-est du site de dépôt D. Ce dépôt se fera directement à partir de la cale de la drague autoporteuse en ouvrant celle-ci. Lors d'interventions exceptionnelles dans les sables à l'aide d'une drague à benne preneuse, les dépôts pourront aussi se faire par dépôt direct à partir de chalands remplis par la drague. Les impacts sont considérés équivalents dans les deux cas. Par contre, certaines mesures particulières seront requises lors de l'immersion en mer de sédiments fins provenant des chaînages inférieurs à 4200 m. Ces mesures visent le confinement, au site d'immersion, des sédiments fins sous une couche de sables propres (voir section 3.3).

4.1.1.4 Mise à disposition du matériel dragué dans les chaînages supérieurs à 4200 m

Dans le cas où un intervenant voulant valoriser les sables propres dragués dans les chaînages supérieurs à 4200 m serait prêt à assumer la responsabilité du matériel et les coûts additionnels associés à leur valorisation, les matériaux pourront être transportés à un point de déchargement indiqué par cet intervenant. Puisque cette option ne serait envisagée que si l'intervenant est en mesure d'obtenir toutes les autorisations nécessaires, il est considéré que cette composante n'ajoute aucun impact en ce qui concerne les travaux sous la responsabilité de Mines Seleine.

4.1.2 Éléments du milieu

Les éléments du milieu susceptibles d'être affectés par l'une ou l'autre des composantes du projet sont décrits de façon détaillée à la section 2.2, traitant de la description des composantes des milieux physique, biologique et humain.

4.1.3 Identification des répercussions

Les composantes du projet identifiées à la section 4.1.1 et les éléments du milieu décrits à la section 2.2 sont confrontés deux à deux dans un tableau à double entrée, lequel permet d'identifier tous les points d'interrelations potentielles entre le projet et les éléments du milieu récepteur (Tableau 4.1). Ce tableau sert ensuite de base à l'analyse et à l'évaluation des répercussions, puisque chacune des interrelations potentielles identifiées dans cette grille est ensuite décrite, analysée et évaluée en termes d'effets sur l'environnement.

4.1.4 Identification des répercussions

L'évaluation et la description de chacune des interrelations identifiées à l'aide de la grille d'identification s'effectuent en considérant le type de répercussion, l'importance de la répercussion et la possibilité de corriger les impacts négatifs.

L'évaluation de l'impact est effectuée en considérant d'une part le degré de perturbation et, d'autre part, la valeur accordée à la ressource affectée. Le degré de perturbation est évalué à l'aide d'un abaque permettant de combiner l'intensité de la perturbation, sa durée et son étendue (Tableau 4.2-A). Les paragraphes qui suivent précisent la signification de chacun de ces paramètres.

Tableau 4.1 Matrice d'interrelations entre les composantes du projet et les éléments du milieu

ÉLÉMENTS DU MILIEU	COMPOSANTES DU PROJET			
	Dragage		Gestion des matériaux	
	Sédiments fins (chaînages <4200 m)	Sables (chaînages >4200 m)	Immersion en mer	Mis à la disposition d'un intervenant (valorisation)
Milieu physique				
Climat	-	-	-	-
Vents	-	-	-	-
Glaces	-	-	-	-
Hydrodynamique	X	X	X	-
Géologie	-	X	-	-
Bathymétrie	X	X	X	-
Sédimentologie	X	X	X	-
Qualité de l'eau	X	X	X	-
Qualité et nature des sédiments	X	X	X	-
Environnement sonore	X	X	X	-
Milieu biologique				
Flore	X	X	-	-
Plancton	X	X	X	-
Faune benthique	X	X	X	-
Faune ichthyenne	X	X	X	-
Avifaune	X	X	-	-
Mammifères marins	X	X	X	-
Mammifères terrestres	-	-	-	-
Espèces à statut précaire	X	X	X	-
Milieu humain				
Contexte social	-	-	-	-
Marché du travail	-	-	-	-
Utilisation du territoire	-	-	-	-
Patrimoine	-	-	-	-
Navigation	X	X	X	-
Transport	-	-	-	-
Énergie	-	-	-	-
Eau potable	-	-	-	-
Agriculture	-	-	-	-
Activités minières	X	X	-	-
Pêche commerciale	X	X	X	-
Aquiculture	X	X	-	-
Activités récréo-touristiques	X	X	-	-
Qualité de vie	X	X	-	-

- L'intensité de la perturbation : une ressource ou un processus peuvent être modifiés légèrement ou de manière importante. L'intensité de l'intervention peut être nulle, faible, moyenne, forte ou très forte.
- La durée de la perturbation : ce facteur permet de distinguer les perturbations temporaires (limitées à une période de temps donnée, par exemple la durée des travaux), les perturbations récurrentes (ou occasionnelles, qui se répètent sans être permanentes) et les perturbations permanentes et définitives.
- L'étendue de la perturbation : ce facteur distingue entre perturbation ponctuelle, locale ou régionale. On entend ici par ponctuel un impact limité au site même des travaux, par local celui qui affecte l'ensemble du site et un périmètre restreint (d'environ 200 mètres) autour de celui-ci, et par régional tout impact qui toucherait une zone plus étendue que le périmètre local.

L'évaluation des impacts tient compte par ailleurs de la valeur des ressources affectées. La valeur de chaque composante est estimée selon deux axes différents :

- La valeur intrinsèque de la ressource : valeur au sein de l'écosystème, en considérant sa sensibilité aux perturbations, sa rareté, son unicité, sa capacité d'absorber une modification ou un stress et la réversibilité d'une perturbation.
- La valeur que lui accorde la société sur les plans social, culturel, économique, esthétique, incluant une reconnaissance formelle concrétisée par une loi ou un règlement.

La valeur des composantes du milieu est déterminée pour chacune des composantes du milieu dans la zone d'étude. Les résultats de la détermination sont présentés au Tableau 4.2-B. Il importe de noter que cette évaluation est déterminée spécifiquement pour la zone à l'étude et qu'elle pourrait être différente dans un autre contexte.

Par la suite, l'analyse combinée du degré de perturbation et de la valeur de ressource permet d'évaluer l'importance de l'impact (Tableau 4.2-C). Cette évaluation tient compte en outre de la probabilité des perturbations, considérant que certains impacts ne sont en réalité que des risques qui ne se concrétiseront pas nécessairement.

Même si les abaques présentés au Tableau 4.2 soumettent une évaluation uniforme et relativement objective du degré de perturbation et que cette méthode permet à quiconque de procéder à des tests de sensibilité des résultats en modifiant à sa guise les différents facteurs, cette analyse demeure dans l'ensemble une évaluation subjective, faisant intervenir le jugement de professionnels. L'analyse est donc appuyée dans chaque cas d'une discussion mettant en évidence les interactions prévisibles et les arguments conduisant à l'appréciation présentée.

Tableau 4.2 Abaques utilisés pour l'évaluation de l'importance des impacts sur les éléments du milieu

A. Détermination du degré de perturbation

Intensité	Durée	Étendue		
		Ponctuelle	Locale	Régionale
Nulle	N/A	N/A	N/A	N/A
Faible	Temporaire	Très faible	Très faible	Très faible
	Occasionnelle	Très faible	Très faible	Faible
	Permanente	Très faible	Faible	Faible
Moyenne	Temporaire	Faible	Faible	Faible
	Occasionnelle	Faible	Faible	Moyenne
	Permanente	Faible	Moyenne	Moyenne
Forte	Temporaire	Moyenne	Moyenne	Moyenne
	Occasionnelle	Moyenne	Moyenne	Forte
	Permanente	Moyenne	Forte	Forte
Très forte	Temporaire	Forte	Forte	Forte
	Occasionnelle	Forte	Forte	Très forte
	Permanente	Très forte	Très forte	Très forte

B. Valeur relative accordée aux éléments du milieu

Valeur	Éléments
Petite	Hydrodynamique Géologie Bathymétrie Sédimentologie
Moyenne	Qualité de l'eau Qualité et nature des sédiments Environnement sonore Flore Plancton Faune benthique Faune ichtyenne Avifaune Mammifères marins Navigation
Grande	Espèces à statut précaire Activités minières Pêche commerciale Aquiculture Activités récréo-touristiques Qualité de vie

C. Détermination de l'importance de la répercussion

Valeur de la ressource	Degré de perturbation				
	Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte
Petite	Néglig.	Néglig.	Mineure	Moyenne	Moyenne
Moyenne	Néglig.	Mineure	Mineure	Moyenne	Majeure
Grande	Mineure	Mineure	Moyenne	Majeure	Majeure

Lorsque certains impacts négatifs peuvent être corrigés ou atténués, une ou des mesures d'atténuation sont proposées. Le cas échéant, l'analyse des répercussions est ensuite complétée par une évaluation des répercussions résiduelles, c'est-à-dire les répercussions qui subsistent après application des mesures d'atténuation proposées. L'appréciation finale des impacts du projet s'effectue sur la base des impacts résiduels.

Afin de simplifier la présentation de cette analyse, les impacts sont discutés en trois sections principales, abordant les impacts des trois composantes des travaux ayant des répercussions potentielles, soit le dragage des sédiments fins, le dragage des sables et l'immersion en mer. Les composantes du milieu sont ainsi passées en revue les unes après les autres à trois reprises, en présentant l'analyse se rapportant à chacune d'elles.

4.1.5 Analyse des impacts du projet

L'évaluation des impacts porte sur les interrelations identifiées au Tableau 4.1. Pour chacune d'elles, l'analyse décrit la perturbation anticipée, détermine le degré de perturbation et, en considérant la valeur de la ressource affectée, présente une discussion sur l'évaluation de l'impact. Dans certains cas évidents, la discussion est relativement sommaire, se bornant à indiquer que l'impact est nul ou négligeable. Dans les cas moins clairs ou dans le cas d'impacts jugés importants, la discussion est plus élaborée et étaye la position soutenue par les professionnels ayant effectué l'analyse.

Les impacts sont évalués successivement pour chacune des trois grandes composantes du projet pouvant avoir des impacts, soit les travaux de dragage des sédiments fins aux chaînages inférieurs à 4200 m, le dragage des sables aux chaînages supérieurs à 4200 m et l'immersion en mer des sédiments dragués. L'évaluation des impacts est résumée au Tableau 4.3 à la fin de cette section.

4.1.5.1 Impacts des travaux de dragage des sédiments fins

4.1.5.1.1 Impacts sur le milieu physique

4.1.5.1.1.1 Impacts sur l'hydrodynamique, la bathymétrie et la sédimentologie

Les travaux de dragage des sédiments fins envisagés au cours de la prochaine décennie ont pour objet de maintenir la profondeur déjà existante dans le chenal et le bassin de manœuvre. En ce sens, ils n'impliquent pas de modification de la bathymétrie, de l'hydrodynamisme et de la sédimentologie du secteur. La perturbation est donc nulle, même si, en théorie, le dragage a un effet direct sur la bathymétrie. On pourrait aussi considérer que le maintien d'un chenal dans un milieu dynamique tel que la lagune de Grande-Entrée a un effet sur l'hydrodynamisme et la sédimentologie, mais ceci est plus un impact de la création du chenal que de son entretien. En supposant une perturbation de faible intensité, occasionnelle et ponctuelle, le degré de perturbation est très faible voire non significatif. Comme les ressources considérées ont une valeur petite, l'impact global est jugé négligeable.

4.1.5.1.1.2 Impacts sur la qualité de l'eau

Le dragage des sédiments fins aura un impact sur la qualité de l'eau lié à la mise en suspension de particules par la drague. Lors de l'utilisation d'une drague hydraulique autoportée, la remise en suspension de sédiments est causée par (1) la surverse des puits à déblais, (2) l'élinde traînant sur le fond et (3) le mouvement de l'hélice du navire (Centre Saint-Laurent, 1992b). Suivant le type de matériau qui est dragué, les matières en suspension générées par cette drague peuvent être très peu importantes ou encore elles peuvent atteindre plus d'une centaine de grammes par litre au point de décharge de la surverse et quelques grammes par litre au point de contact de l'élinde avec le fond. En général, plus les sédiments sont fins, plus ils sont mis en suspension et plus longtemps ils demeurent en suspension. Dans tous les cas,

les teneurs des matières en suspension diminuent exponentiellement en s'éloignant de la drague (Nichols et al., 1990; Barnard, 1978). Une partie de cette diminution est attribuable au mélange et à la dilution des eaux de surverse dans les eaux environnantes.

Lors du dragage du chenal de la Grande-Entrée en 1992, des augmentations de la turbidité d'environ 90 UTN par rapport au bruit de fond ont été observées juste après le passage de la drague lorsqu'elle draguait à l'intérieur de la lagune, dans les zones d'accumulation de particules fines (Harvey et Boudreault, 1994). La turbidité diminuait rapidement à des valeurs généralement inférieures à 5 UTN à moins de 300 m du chenal. Les suivis des matières en suspension (MES) aux parcs d'aquiculture réalisés en 1997 et 2002 ont permis d'observer une augmentation de la concentration en MES durant la période du dragage des particules fines. Par contre, malgré quelques mesures ponctuelles plus grandes, les concentrations en MES sont demeurées relativement faibles avec une concentration moyenne de 7 mg/l en 1997 (Robert Hamelin et Associés inc., 1998) et variant généralement entre 0 et 5 mg/l en 2002 (Robert Hamelin et Associés inc., 2003). Dans tous les cas, les impacts étaient limités à la lagune et étaient concentrés dans le secteur à proximité du chenal.

Les impacts sur la qualité de l'eau varient donc selon l'étendue considérée, mais ils sont tous occasionnels puisqu'ils sont limités à la période de dragage. De façon ponctuelle, au niveau de la drague, l'impact sur la qualité de l'eau est fort et le degré de perturbation est donc moyen. Au niveau local ou régional, c'est-à-dire au niveau de la lagune, l'impact sur la qualité d'eau et le degré de perturbation sont moyens. On doit noter que ces impacts sont toujours demeurés à l'intérieur des limites établies pour la protection des éléments sensibles du milieu, notamment les parcs d'aquiculture. De plus, la lagune de Grande-Entrée voit régulièrement des variations importantes en turbidité car elle est peu profonde et son fond est régulièrement brassé par les vagues lors de périodes de vents et de vagues importantes.

On doit aussi noter que les observations lors des dragages de 1992, 1997 et 2002 ont toutes été effectuées lors de travaux durant lesquels certaines mesures mitigation visant la diminution des impacts sur la qualité de l'eau étaient appliquées. Ces mesures incluaient, selon le chaînage et la date, le chargement à 60 % de la capacité de la drague (pour limiter la surverse) et des limites sur la fréquence de dragage (un jour sur deux ou deux jours sur trois). La drague utilisée était aussi munie d'un système qui dirige la surverse sous la coque du navire, ce qui permet de diminuer les MES dans les eaux de surface.

Globalement et en prenant compte ces mesures d'atténuation, l'importance de l'impact est considérée mineure.

4.1.5.1.1.3 Impacts sur la qualité et la nature des sédiments

Aucune répercussion notable n'est prévue sur la nature et la qualité des sédiments de la zone draguée et des zones adjacentes. Dans la zone draguée, le brassage occasionné par le dragage ne fera que remanier les mêmes matériaux, conservant ainsi leurs caractéristiques physiques et chimiques. En effet, même si les matériaux remis en suspension par la drague pouvaient être emportés par le courant et déposés dans les zones de déposition de la lagune, ces zones présentent des sédiments de nature et de qualité équivalente à ceux qui sont dragués. Nous considérons donc que l'impact du dragage des sédiments fins sur la nature et la qualité des sédiments est nul.

4.1.5.1.1.4 Impacts sur l'environnement sonore

Les impacts sur l'environnement sonore du dragage des sédiments fins sont dus aux bruits causés par l'opération de la drague. Puisque ces bruits, créés par le fonctionnement du moteur et de la pompe de la drague, ne sont pas beaucoup plus élevés que ceux causés par le passage régulier des navires commerciaux et des bateaux de pêche dans le chenal, il est considéré que l'intensité de la perturbation est faible. Puisque

sa durée est temporaire et son étendue locale, le degré de perturbation est considéré très faible et l'importance de l'impact négligeable.

4.1.5.1.2 Impacts sur le milieu biologique

4.1.5.1.2.1 Impacts sur la flore

Aucune flore aquatique n'est signalée dans la zone de dragage des sédiments fins. Cette absence n'est pas surprenante compte tenu des profondeurs maintenues et de l'activité maritime dans le chenal. Il est donc considéré que le dragage ne peut causer d'impacts directs sur la flore aquatique de la lagune. Par contre, un impact indirect lié aux impacts sur la qualité de l'eau peut être noté (voir section 4.1.5.1.1.2). En ce qui concerne les herbiers de Zostère marine retrouvés à proximité du chenal, ces impacts sont considérés négligeables puisque cette espèce semble bien adaptée aux turbidités élevées ayant été répertoriée dans des milieux fréquemment rendus turbides par l'action des vents et des fortes vagues (Lalumière et Proulx, 1992). En effet, la lagune de Grande-Entrée peut être considérée comme un tel milieu puisque la turbidité augmente de façon considérable et visible lorsque le fond est brassé par les vagues lors des périodes de vents forts.

Nous considérons donc que les impacts potentiels sont d'une intensité faible, occasionnelle, mais pouvant se faire sentir au niveau local, c'est à dire dans les parties de la lagune près du chenal et dont la qualité de l'eau est affectée de façon plus forte. Le degré de perturbation est donc très faible et l'impact global est jugé négligeable.

4.1.5.1.2.2 Impacts sur le plancton

Les organismes formant le phytoplancton et le zooplancton peuvent être affectés par le dragage des sédiments fins directement via leur aspiration par la drague ou indirectement par le biais des impacts sur la qualité de l'eau. Étant donné que la lagune de Grande-Entrée voit des fluctuations importantes en turbidité au cours d'une année, les espèces présentes dans ce milieu sont relativement tolérantes aux types d'impacts prévus sur la qualité de l'eau. Il faut noter par ailleurs que le dragage, qui est généralement réalisé à la fin de l'été à cause de contraintes plus importantes, évite la période de prolifération du phytoplancton entre avril et juin. De façon globale, nous avons considéré que les impacts du dragage des sédiments fins sur le plancton sont d'une intensité moyenne, d'une durée occasionnelle et d'une étendue locale. Le degré de perturbation est donc très faible. Étant donné la valeur moyenne accordée à cet élément, l'importance globale de l'impact est considérée négligeable.

4.1.5.1.2.3 Impacts sur la faune benthique

Le dragage des sédiments fins aura comme effet de détruire, par son aspiration avec le sédiment, la faune benthique à l'intérieur des aires draguées. Puisque ces aires pourront être recolonisées à partir des aires non affectées adjacentes, mais que les travaux d'entretien sont récurrents, cet impact est occasionnel. On peut aussi noter que le fond du chenal est constamment perturbé par le passage des navires, ce qui peut nuire à la présence d'une faune benthique bien développée. Nous considérons donc qu'il s'agit d'une perturbation d'intensité moyenne, de durée occasionnelle et d'étendue ponctuelle, ce qui correspond à un degré de perturbation faible. Puisque la faune benthique est un élément auquel est accordé une valeur moyenne, l'importance de l'impact est considérée mineure.

En ce qui concerne les espèces benthiques ayant une importance particulière du point de vue humain, la Moule bleue, la Mye commune, la Mactre de Stimpson et l'Oursin vert se trouvent dans la lagune, mais leur présence n'est pas notée dans le chenal. Pour ces espèces on peut appréhender, tout au plus, un faible impact lié aux effets sur la qualité de l'eau. En ce qui concerne les impacts du dragage des sédiments fins sur les parcs de mytiliculture et de pectiniculture, ils sont évalués à la section 4.1.5.1.3.4. Par contre, le

homard, l'espèce benthique ayant la plus grande valeur économique dans la lagune, peut se trouver dans le secteur immédiat du chenal, voir Figure 2.8.

Un suivi de l'utilisation du secteur immédiat du chenal par le homard a été réalisé entre le 26 août et le 7 septembre 1997 (Robert Hamelin et Associés inc., 1998 et Procéan inc., 1998). Ce suivi a été réalisé en plaçant 26 lignes de 8 casiers commerciaux de part et d'autre du chenal entre les chaînages de 500 m et de 8650 m. Les résultats de ce suivi ont indiqué qu'il y avait présence uniforme de homards tout le long du chenal dans la lagune. Au total, 6602 individus avaient été capturés, dont certains plus d'une fois, durant le suivi. Ces individus étaient surtout des mâles. Ces résultats indiquent que le dragage du chenal pourrait causer la mort d'un certain nombre de homard, mais que cette mortalité n'affecterait qu'une infime proportion de la population de homard de la région. En effet, la population totale estimée de homards dans la lagune est de 90 000 individus, ce qui représente une très petite proportion du nombre d'individus pouvant être débarqué en une année à Grande-Entrée et qui s'élève à plus de 1 million de homards. De plus, seulement une faible proportion de cette population pourrait être affectée par le dragage puisque le chenal ne représente que 2,5 % de la superficie de la lagune (Robert Hamelin et Associés inc., 1998). Des questions ont également été soulevées sur la proportion des individus capturés qui auraient été attirés près du chenal par la seule présence d'appât dans les casiers. D'ailleurs, suite à l'analyse des données du suivi, le ministère des Pêches et Océans Canada (MPO) a émis un avis indiquant que les activités de dragage du chenal « ne devraient pas avoir d'impact mesurable sur les captures et ne sauraient mettre en péril la survie ou la productivité de l'ensemble de la population de homard autour des Îles-de-la-Madeleine » (lettre du 23 février 1998 de Daniel Hardy, MPO, présentée à l'annexe 5 de Robert Hamelin et Associés inc., 1998).

4.1.5.1.2.4 Impacts sur la faune ichthyenne

La lagune de Grande-Entrée présente un grand nombre d'espèces ichthyennes. Le dragage des sédiments fins pourra affecter ces espèces soit directement par l'aspiration d'œufs ou d'individus par la drague ou indirectement via une dégradation de la qualité de l'eau. De façon générale, ces impacts sont très faibles, car ils sont occasionnels, d'étendue locale et d'une intensité faible. Dans un tel contexte et en considérant que le chenal représente un milieu conditionné par les activités maritimes qui y ont lieu et que les poissons peuvent se déplacer pour éviter une perturbation temporaire, les impacts sur les poissons sont généralement négligeables. Par contre, si les travaux ont lieu durant une période plus sensible du cycle de vie d'une espèce de poisson ou dans une aire ayant une importance particulière pour une espèce, les impacts peuvent être plus importants.

Le secteur des sédiments fins du chenal (chaînages inférieurs à 4200 m), se trouve à l'intérieur de frayères potentielles du Hareng Atlantique et du Maquereau bleu et à proximité d'aires de présence d'éperlan (voir Figure 2.9). Dans le cas de l'éperlan, les aires de présences sont liées à une présence à l'automne et l'hiver, elles ne touchent pas le chenal et elles ne sont pas liées à une activité biologique sensible. Pour toutes ces raisons aucun impact d'importance particulière n'est appréhendé pour cette espèce. Dans le cas du maquereau, l'aire de reproduction inclut l'ensemble de la lagune et des eaux marines dans la zone d'étude. Le secteur affecté par le dragage correspond donc à une très petite fraction de cette aire de fraie potentielle. De plus il faut noter que le secteur directement touché ne se trouve pas dans une des deux aires de ponte d'importance connues dans le golfe du Saint-Laurent. Aucun impact particulier n'est donc appréhendé pour le maquereau.

En ce qui concerne le hareng, l'intérieur de la lagune de Grande-Entrée constitue une zone de fraie importante. Le dragage pourrait donc avoir un impact sur le succès de la fraie s'il coïncidait avec la période de fraie. Pour cette raison, des mesures d'atténuation ont été mises en place lors des dragages de 1992, 1997 et 2002. Ces mesures consistaient en une interdiction de draguer à des chaînages inférieurs à 7350 m du 15 avril au 15 mai et une interdiction de draguer plus de 2 jours sur trois dans les secteurs aux

chaînages inférieur à 7350 (258 m à 2227 m, 2227 m à 3719 m, 3719 m à 4200 m, 4 200 m à 4 600 m, et 4 600 m à 7 350 m) du 1^{er} avril au début juin. Suite à l'application de ces mesures, aucun impact n'est appréhendé pour le hareng puisqu'il est présent dans la lagune seulement lors de la fraie. Ces mesures d'atténuation **seront** donc maintenues.

4.1.5.1.2.5 Impacts sur l'avifaune

Les espèces d'oiseaux les plus susceptibles d'être affectées par les travaux de dragage des sédiments fins sont les oiseaux nichant sur les colonies de l'île Rouge et de l'île Seleine (îlot B). Les espèces marines utilisant la lagune pour se nourrir pourraient aussi être affectées. Dans le cas de ces dernières les effets sont faibles, occasionnels et locaux puisqu'elles peuvent facilement se déplacer pour éviter la drague. Dans le cas des oiseaux coloniaux, l'effet potentiel pourrait être lié au dérangement au niveau des aires de nidification. Ces aires de nidification sont, à leur point le plus rapproché, à une distance d'environ 350 m du chenal. Il faut noter que les oiseaux nichant dans ces colonies sont déjà conditionnés aux passages réguliers et fréquents des navires dans le chenal. L'effet additionnel de la présence d'une drague autoporteuse est donc minime, puisque celle-ci ne représente qu'un autre navire et que ses mouvements dans la lagune sont limités au chenal de navigation. À cet effet, il faut souligner que la présence en un point fixe d'une drague mécanique pourrait avoir des répercussions un peu plus significatives mais seulement à très court terme car, à moyen terme, les oiseaux ont tendance à s'habituer rapidement à la présence continue d'un équipement ou d'un dérangement sonore.

Tel qu'indiqué dans le Guide sur les Répercussions Environnementales du dragage et de la mise en dépôt des sédiments (Environnement Canada, 1994), les oiseaux paraissent s'habituer très rapidement aux nuisances sonores et spatiales associées à la présence des équipements utilisés pour les travaux de dragage, au va-et-vient des navires ou des barges ainsi qu'au bruit continu généré par les pompes ou les moteurs des équipements. Dans le port de Hamilton, un grand nombre de canards colverts a pu être observé à quelques dizaines de mètres d'une drague hydraulique en opération pendant d'importants travaux de dragage menés en 1990. Campbell (1988) observe d'ailleurs que des oiseaux aquatiques continuent à couvrir à 50 m d'une drague en opération. Pelletier (1994) rapporte quant à lui que lors des travaux de dragage à la station nucléaire Pickering B, une femelle Bernache a couvé tout au long des travaux à moins de 30 m du site de dépôt. Ward (1981) indique que des activités de dragage intenses (en moyenne de 85 000 m³ par jour) n'ont eu que des effets mineurs sur le comportement et la distribution des populations d'oiseaux dans la Baie McKinley.

Nous considérons que les impacts sont faibles, ponctuels et occasionnels. En conclusion, le degré de perturbation du dragage des sédiments fins sur l'avifaune (à l'exception des espèces à statut précaire qui sont traitées à la section 4.1.5.1.2.7) est considéré très faible et l'importance globale de l'impact de cette perturbation est jugée négligeable.

4.1.5.1.2.6 Impacts sur les mammifères marins

Le Phoque commun et le Phoque gris sont les seules espèces de mammifères marins retrouvées de façon régulière dans l'aire à l'étude. Le secteur du chenal aux chaînages inférieurs à 4200 m se trouve à l'intérieur d'une aire de présence annuelle de ces deux espèces (voir Figure 2.11). Les phoques pourraient donc être affectés par le dragage via un dérangement causé par la présence et les mouvements de la drague ainsi que par les effets du dragage des sédiments fins sur la qualité de l'eau. De façon générale, nous considérons que ces effets sont faibles puisqu'ils sont concentrés dans le chenal de navigation, qui est une aire perturbée de façon régulière par le passage de navires, et que les phoques sont très mobiles et peuvent facilement s'éloigner de la drague lors de sa présence temporaire dans le chenal. Puisque cet effet a une intensité faible, une durée occasionnelle et une étendue d'ordre locale, le degré de perturbation est jugé très faible. Nous considérons donc que l'importance de l'impact est négligeable.

4.1.5.1.2.7 Impacts sur les espèces à statut précaire

Les impacts du dragage des sédiments fins sur les espèces à statut précaire varient selon l'écologie des espèces en question. Certaines plantes à statut précaire présentes dans la lagune de Grande-Entrée vivent sur les rivages ou les marais salés. Ces espèces incluent le Troscart de la Gaspésie et le Bident différent qui sont sur la liste des espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables au Québec. Ces plantes pourraient théoriquement être affectées par les effets du dragage sur la qualité de l'eau. Par contre, étant donné la faible amplitude de ces effets en dehors du chenal, la distance entre l'habitat de ces espèces et l'aire draguée et le fait que de telles espèces doivent pouvoir tolérer les augmentations naturelles de turbidité liées à l'action des vagues, cet impact est jugé nul.

En ce qui concerne l'avifaune, le Pluvier siffleur niche sur l'île Seleine et la Sterne de Dougall peut se nourrir dans la lagune. Tel que discuté à la section 4.1.5.1.2.5, les impacts sur ces espèces sont mineurs en raison de la grande valeur accordée à ces éléments du milieu.

Le Marsouin commun, qui a le statut fédéral d'espèce menacée, et la Tortue luth (*Dermochelys coriacea*), qui a le statut fédéral d'espèce en voie de disparition et qui est susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable au Québec, sont des visiteurs irréguliers dans le milieu marin des Îles-de-la-Madeleine. Étant donné la présence rare et ponctuelle de ces espèces ainsi que la nature ponctuelle des travaux dans le temps et dans l'espace, ainsi que le fait qu'il s'agisse d'espèces très mobiles pouvant éviter le secteur immédiat de la drague, nous considérons que les impacts sur ces deux espèces sont nuls.

La lagune de Grande-Entrée n'est pas considérée comme étant un milieu d'importance particulière pour les espèces de poissons à statut précaire pouvant se trouver dans la région (voir section 2.2.2.4.7). Tel qu'indiqué à la section 4.1.5.1.2.4, les impacts sur les poissons pouvant être présents dans la lagune sont considérés négligeables.

4.1.5.1.3 Impacts sur le milieu humain

4.1.5.1.3.1 Impacts sur la navigation

L'objectif principal du dragage d'entretien du chenal de Grand-Entrée est le maintien de la profondeur du chenal pour assurer une navigation sécuritaire dans celui-ci. Pour cette raison, les effets de ce dragage sur la navigation desservant la mine sont entièrement positifs. En ce qui concerne les bateaux de pêche de la région, ceux-ci sont relativement petits, ont un tirant d'eau faible et opèrent à partir du havre de pêche de Grande-Entrée. Très maniables, ils peuvent facilement éviter la drague, qui demeure confinée aux limites du chenal. Globalement, les impacts du dragage sur la navigation sont considérés nuls durant les travaux et positifs à plus long terme.

4.1.5.1.3.2 Impacts sur les activités minières

Le maintien du chenal de navigation est essentiel à l'opération de la mine de sel puisque la quasi-totalité de la production de sel de la mine est exportée par navire et que la rentabilité de l'activité de la mine passe par le maintien d'une profondeur minimale pour ce transport. Les impacts du dragage sur les activités minières des Îles-de-la-Madeleine sont donc positifs. En effet, aucun impact négatif n'est appréhendé dans ce cas.

4.1.5.1.3.3 Impacts sur la pêche commerciale

Puisque les travaux de dragage des sédiments fins se limitent à l'intérieur du chenal de Grande-Entrée, une aire réservée aux activités de navigation desservant la mine, aucun impact direct sur les activités de pêche n'est appréhendé. Certains effets peuvent être appréhendés sur la faune ichthyenne, mais puisque ces effets sont jugés négligeables suite à l'application des mesures d'atténuation visant la protection de la fraie du hareng (section 4.1.5.1.2.4), les effets sur la pêche sont considérés nuls. En ce qui concerne le homard,

(section 4.1.5.1.2.3), le dragage du chenal ne devrait pas avoir d'impact mesurable sur le succès ou la pérennité de cette pêche.

4.1.5.1.3.4 Impacts sur l'aquiculture

Les principaux impacts appréhendés du dragage des sédiments fins sur l'aquiculture sont liés à l'augmentation de la turbidité des eaux de la lagune suite à la mise en suspension de sédiments par la drague. Un certain impact est aussi possible suite à l'aspiration des larves par la drague. Tel qu'indiqué à la section 4.1.5.1.1.2, la turbidité peut être très élevée dans le chenal à proximité de la drague, mais elle diminue rapidement lorsqu'on s'éloigne de celle-ci. Les parcs de mytiliculture, placés à environ 700 m du chenal, et de pectiniculture, placés à environ 600 m de la courbe du chenal, se trouvent à une distance où l'effet sur la qualité de l'eau peut être observé lors du dragage des sédiments fins, mais où cet effet est généralement très faible.

Dans le cas de la Moule bleue, il s'agit d'une espèce bien adaptée aux variations de la turbidité et il est considéré qu'elle est sensible à des concentrations de MES dépassant 150 mg/l. C'est pour cette raison qu'une mesure appliquée au cours du dernier programme décennal visait à s'assurer qu'il n'y a pas de dépassement, pendant plus de six heures consécutives, du seuil de 150 mg/l dans les parcs de moules durant le dragage des chaînages inférieurs à 4200 m. On doit noter qu'aucune concentration en MES dépassant 150 mg/l n'a été observée au niveau des parcs de mytiliculture lors des suivis de 1997 (Robert Hamelin et Associés inc., 1998) et de 2002 (Robert Hamelin et Associés inc., 2003). En effet les concentrations maximales mesurées ont été de 84 mg/l en 1997 et de 36,6 mg/l en 2002.

En ce qui concerne le Pétoncle géant, il est considéré que cette espèce peut être affectée négativement par des concentrations en MES dépassant 10 mg/l (voir discussion à la section 0). C'est pour cette raison que, durant le dragage d'entretien du chenal en 2002, le suivi de la qualité de l'eau au niveau du parc de pétoncles avait comme objectif de s'assurer que les concentrations en MES ne dépassaient pas 10 mg/l pendant plus de six heures consécutives. Cette mesure sera maintenue. En 2002, quelques dépassements du seuil de 10 mg/l ont été observés, mais ils étaient sporadiques et aucun dépassement pendant une période consécutive de 6 heures n'a été observé (Robert Hamelin et Associés inc., 2003). La valeur maximale observée dans le parc de pétoncles en 2002 était de 28,6 mg/l, mais la majorité des mesures étaient inférieures à 5 mg/l.

Le respect des limites de concentration de MES dans les parcs de moules et de pétoncles a été facilité par l'application de certaines mesures de mitigation visant à limiter la mise en suspension de sédiments fins par la drague. Ces mesures visaient aussi à limiter les impacts directs sur les moules via la perte de larves durant la période reproductive. Ces mesures sont les suivantes :

- Chargement de la drague à 60 %, pour limiter la surverse, lors du dragage du bassin et de la courbe (chaïnages 258 à 4200 m) du 15 juin au 31 juillet
- Dragage deux jours sur trois, du 1 avril au 24 septembre au niveau des secteurs aux chaînages inférieurs à 4200 m (268 m à 2227 m, 2227 m à 3719 m, 3719 m à 4200 m).

Dans le passé, certains intervenants ont soulevé la possibilité d'un effet négatif du dragage sur la qualité des mollusques cultivés suite à une bioaccumulation de contaminants mis en suspension par la drague. Lors du suivi du dragage de 2002, cette préoccupation a donné lieu à des investigations qui ont consisté mesurer les teneurs en cuivre, arsenic et cadmium dans la chair des moules. Les résultats ont démontré que ces teneurs pouvaient varier dans le temps mais ne démontraient aucun lien avec les opérations de dragage (Robert Hamelin et Associés inc., 2003).

Sans la mise en place des mesures d'atténuation visant à limiter les impacts du dragage des sédiments fins sur les parcs d'aquiculture, l'intensité de la perturbation serait moyenne, la durée occasionnelle et l'étendue

régionale. Dans ce cas l'intensité de la perturbation serait moyenne et l'importance de l'impact moyenne compte tenu de la grande valeur attribuée à cet élément du milieu. Par contre, suite à l'application des mesures d'atténuation, l'impact est jugé négligeable.

4.1.5.1.3.5 Impacts sur les activités récréo-touristiques

Puisque le dragage se limite à l'intérieur du chenal de Grande-Entrée et que celui-ci est déjà l'objet d'une utilisation régulière par les navires desservant la mine de sel, très peu d'impacts sur les activités récréo-touristiques sont appréhendés. Par contre une perturbation d'intensité très faible sur les touristes pouvant visiter la lagune de Grande-Entrée serait possible via les impacts sur le milieu sonore et sur la qualité de l'eau. Puisque cette perturbation serait occasionnelle et locale, elle serait très faible. Dans ce cas, l'importance de l'impact est considérée mineure compte tenu de la grande valeur attribuée à cet élément du milieu.

4.1.5.1.3.6 Impacts sur la qualité de vie

Comme dans le cas des activités récréo-touristiques, une perturbation d'intensité très faible sur les habitants de la région de Grande-Entrée est possible via les impacts sur la qualité de l'eau (turbidité visible) et sur le milieu sonore. Puisque cette perturbation serait occasionnelle et locale, elle serait très faible. Dans ce cas, l'importance de l'impact est considérée mineure compte tenu de la grande valeur attribuée à cet élément du milieu.

4.1.5.2 Impacts des travaux de dragage des sables

4.1.5.2.1 Impacts sur le milieu physique

4.1.5.2.1.1 Impacts sur l'hydrodynamique, la bathymétrie et la sédimentologie

Les travaux de dragage des sables envisagés au cours de la prochaine décennie ont pour objet de maintenir la profondeur déjà existante dans le chenal. En ce sens, ils n'impliquent pas de modification de la bathymétrie, de l'hydrodynamisme et de la sédimentologie du secteur en cause. La perturbation est donc nulle, même si, en théorie, le dragage a un effet direct sur la bathymétrie. On pourrait aussi considérer que le maintien d'un chenal dans un milieu dynamique tel que la lagune de Grande-Entrée a un effet direct sur l'hydrodynamisme et la sédimentologie, mais ceci est davantage un impact de la création du chenal que de son entretien. En supposant une perturbation de faible intensité, occasionnelle et ponctuelle, le degré de perturbation est très faible voire non significatif. Comme en plus les ressources considérées ont une valeur faible, l'impact global est jugé négligeable.

4.1.5.2.1.2 Impacts sur la géologie

Le fait de maintenir un chenal à un endroit précis de la lagune affecte la géomorphologie lagunaire en rendant la position et la présence de la passe statique. Par contre, comme dans le cas des impacts sur l'hydrodynamisme et la sédimentologie, cet effet est davantage lié au fait d'avoir créé un chenal qu'à son entretien. De plus, puisque l'objectif des travaux est le maintien de la situation actuelle, il est jugé que l'impact global est négligeable.

4.1.5.2.1.3 Impacts sur la qualité de l'eau

La principale source potentielle d'effet sur la qualité de l'eau lors du dragage est la mise en suspension de particules par la drague. Lors de l'utilisation d'une drague hydraulique autoportée, la remise en suspension de sédiments est causée par (1) la surverse des puits à déblais, (2) l'élinde traînant sur le fond et (3) le mouvement de l'hélice du navire (Centre Saint-Laurent, 1992b). Par contre, lors du dragage de sédiments sableux entièrement constitués de particules relativement grossières, les impacts sur la qualité de l'eau sont très faibles et limités à l'endroit des travaux puisque ces particules se redéposent rapidement.

En effet, les observations réalisées lors du dragage du chenal de la Grande-Entrée en 1992 ont permis de conclure que le dragage dans les secteurs sableux ne causait pas d'impact sur la qualité de l'eau (Harvey et Boudreault, 1994). De la même façon, une série imposante de mesures effectuées à proximité d'une drague autoporteuse opérant dans les sables de la Traverse Nord, dans le chenal navigable du Saint-Laurent, ont permis de conclure que ces travaux avaient très peu d'impact sur la qualité de l'eau (Les Consultants Jacques Bérubé inc., 1997b).

Lors de l'utilisation d'une drague à benne preneuse, la remise en suspension des sédiments est causée par le brassage des sédiments dans le fond et par la perte de matériel du godet lorsque celui-ci est remonté. Lors de dragage de matériel relativement grossier, tel que du sable, cette remise en suspension est très faible. En effet, aucune augmentation de la turbidité par rapport au bruit de fond n'a été observée en aval d'une drague à benne preneuse draguant des sables dans le chenal du lac Saint-Pierre (Les Consultants Jacques Bérubé inc., 1997a) ou en aval d'une drague à benne preneuse draguant des sables à l'aire d'accostage de QIT-Fer et Titane inc. à Tracy (Roche ltée, 1987 cité dans Environnement Canada, 1994).

En considérant que les effets du dragage des sables sur la qualité de l'eau sont faibles et occasionnels sur une étendue locale, le degré de perturbation appréhendé est très faible et l'importance de l'impact est considérée négligeable.

4.1.5.2.1.4 Impacts sur la qualité et la nature des sédiments

Aucune répercussion notable n'est prévue sur la nature et la qualité des sédiments de la zone draguée et des zones adjacentes. Dans la zone draguée, le brassage occasionné par le dragage ne fera que remanier les mêmes matériaux, conservant ainsi leurs caractéristiques physiques et chimiques. Étant donné que les particules de sables ne peuvent rester en suspension que pendant des périodes de temps très courtes, aucun transport des sédiments remaniés n'est appréhendé dans le cas des secteurs sableux. Nous considérons donc que l'impact du dragage des sables sur la nature et la qualité des sédiments est nul.

4.1.5.2.1.5 Impacts sur l'environnement sonore

Les impacts sur l'environnement sonore du dragage des sables sont dus aux bruits causés par l'opération de la drague. Puisque ces bruits, lorsque créés par le fonctionnement du moteur et de la pompe de la drague autoporteuse, ne sont pas différents de ceux causés par le passage régulier des navires dans le chenal, il est considéré que l'intensité de la perturbation est faible. L'intensité de la perturbation est aussi considérée faible lors de l'opération d'une drague à benne preneuse, pour laquelle les principaux bruits sont liés au fonctionnement du moteur de la drague. Puisque sa durée est occasionnelle et son étendue locale, le degré de perturbation est considéré très faible et l'importance de l'impact négligeable.

4.1.5.2.2 Impacts sur le milieu biologique

4.1.5.2.2.1 Impacts sur la flore

Aucune flore aquatique n'est signalée dans la zone de dragage des sables. Cette absence n'est pas surprenante étant données les profondeurs maintenues et la perturbation continue causée par le passage des navires. Il est donc considéré que le dragage ne peut causer d'impacts directs sur la flore aquatique de la lagune. De plus, étant donné les impacts négligeables du dragage des sables sur la qualité de l'eau, aucun impact indirect sur la flore n'est anticipé. Nous considérons donc que l'impact du dragage des sables sur la flore est nul.

4.1.5.2.2.2 Impacts sur le plancton

Les organismes formant le phytoplancton et le zooplancton peuvent être affectés par le dragage des sables via leur aspiration par la drague autoporteuse. Le dragage, qui est généralement réalisé à la fin de l'été à cause d'autres contraintes plus importantes, évite la période de prolifération du phytoplancton entre avril

et juin. De façon globale, nous avons considéré que les impacts du dragage des sables sur le plancton sont d'une intensité faible, d'une durée occasionnelle et d'une étendue ponctuelle. Le degré de perturbation est donc très faible. Étant donnée la valeur moyenne accordée à cet élément, l'importance globale de l'impact est considérée négligeable.

4.1.5.2.2.3 Impacts sur la faune benthique

Le dragage des sables aura comme effet de détruire, par son aspiration avec le sédiment, la faune benthique à l'intérieur des aires draguées. Puisque ces aires pourront être recolonisées à partir des aires non affectées adjacentes, cet impact est temporaire. On peut aussi noter que le fond du chenal est fortement conditionné par le passage des navires, ce qui peut nuire à la présence d'une faune benthique bien développée. Nous considérons donc qu'il s'agit d'une perturbation d'intensité forte, de durée occasionnelle et d'étendue ponctuelle, ce qui correspond à un degré de perturbation moyen. Puisque la faune benthique est un élément auquel est accordée une valeur moyenne, l'importance de l'impact est considérée mineure.

Une attention particulière peut cependant être donnée aux espèces benthiques ayant une importance particulière pour l'humain. En ce qui concerne la Moule bleue, la Mye commune, la Mactre de Stimpson et l'Oursin vert, leur présence n'est pas notée dans le chenal et aucun impact dû au dragage des sables n'est appréhendé puisque ce dragage n'a qu'un effet négligeable sur la qualité de l'eau. Dans le cas du Crabe commun, l'extrémité du chenal touche une aire de concentration de cette espèce (voir Figure 2.8) mais la portion affectée est minime par rapport à l'étendue de l'aire de concentration.

Par contre, dans le cas du Homard d'Amérique, le chenal se retrouve dans une aire de présence de l'espèce dans la lagune et au niveau de la passe. En ce qui concerne le secteur de l'intérieur de la lagune, un suivi de l'utilisation du secteur immédiat du chenal par le homard a été réalisé entre le 26 août et le 7 septembre 1997 (Robert Hamelin et Associés inc., 1998 et Procéan inc., 1998). Ce suivi a été réalisé en plaçant 26 lignes de 8 casiers commerciaux de part et d'autre du chenal entre les chaînages de 500 m et de 8650 m. Les résultats de ce suivi ont indiqué qu'il y avait présence uniforme de homards tout le long du chenal dans la lagune. Au total, 6602 individus ont été capturés, dont certains plus d'une fois, durant le suivi. Ces individus étaient surtout des mâles. Ces résultats indiquent que le dragage du chenal pourrait causer la mort d'un certain nombre de homards, mais que cette mortalité n'affecterait qu'une infime proportion de la population de homard de la région. En effet, la population totale de homards dans la lagune, estimée 90 000 individus, est très petite par rapport à la quantité de plus de 1 million de homards pouvant être débarqués en une année à Grande-Entrée. De plus, seulement une faible proportion de cette population pourrait être affectée par le dragage puisque le chenal ne représente que 2,5 % de la superficie de la lagune (Robert Hamelin et Associés inc., 1998). Des questions ont également été soulevées sur la proportion des individus capturés qui auraient été attirés près du chenal par la seule présence d'appât dans les casiers. D'ailleurs, suite à l'analyse des données du suivi, le ministère des Pêches et Océans Canada (MPO) a émis un avis indiquant que les activités de dragage du chenal « ne devraient pas avoir d'impact mesurable sur les captures et ne sauraient mettre en péril la survie ou la productivité de l'ensemble de la population de homard autour des Îles-de-la-Madeleine » (lettre du 23 février 1998 de Daniel Hardy, MPO, présentée à l'annexe 5 de Robert Hamelin et Associés inc., 1998).

Dans le cas du secteur de la passe, deux suivis de l'utilisation de celle-ci par les homards ont été réalisés, en 1992 (Harvey et Boudreault, 1994) et en 1997 (Robert Hamelin et Associés inc., 1998). L'importance de la passe chez le homard est surtout associée à son utilisation au printemps lors de la migration vers la lagune et à l'automne pour la migration vers l'extérieur de la lagune. Le suivi de 1992 a démontré que la présence de homard était faible en juillet et augmentait au mois d'août. En 1997, le suivi a indiqué qu'il n'y avait pas eu de déplacements importants de homards du 26 août au 7 septembre. Il est considéré que les impacts du dragage de la passe sur les homards sont faibles lorsque le dragage a lieu au milieu de l'été. Par

contre, pour éviter d'avoir un impact plus grand sur les homards durant leur migration, une mesure d'atténuation a été mise en place au printemps et à l'automne lors des trois derniers dragages. Les impacts sont potentiellement plus élevés durant la migration car la densité de homard dans la passe peut être plus élevée à cette période, ce qui pourrait causer une plus grande mortalité durant le dragage, et parce que le dragage pourrait créer un dérangement qui pourrait avoir un effet négatif sur le comportement de migration. Cette mesure d'atténuation consiste en l'interdiction de draguer entre les chaînages de 7350 m et de 8650 m, soit dans la zone de la passe, du 15 mai au 21 juillet et du 24 septembre au 15 octobre. Cette mesure sera maintenue.

Un effet potentiel sur le homard est aussi appréhendé lors du dragage à l'extérieur de la lagune durant le mois de juillet puisque c'est à cette période que les concentrations de larves de homard sont les plus élevées. Un effet semblable est possible en ce qui concerne les concentrations de larves de pétoncles durant le mois de septembre. Pour minimiser les pertes de larves de homard et de pétoncle, une mesure d'atténuation avait été mise en place lors des dragages antérieurs et elle sera maintenue lors des dragages prévus dans le cadre du prochain programme décennal. Cette mesure limite le dragage à deux jours sur trois dans le secteur de 8650 m à 9500 m et le secteur de 9500 m à 10 720 m durant les mois de juillet et de septembre.

4.1.5.2.2.4 Impacts sur la faune ichtyenne

Le secteur sableux du chenal de Grande-Entrée est utilisé par un grand nombre de poissons. Le dragage des sables pourra affecter ces espèces directement par l'aspiration d'œufs ou d'individus par la drague. De façon générale, ces impacts sont faibles, car ils sont occasionnels, ponctuels et d'une intensité faible. Dans un tel contexte et en considérant que le chenal représente un milieu conditionné par les activités maritimes qui y ont lieu et que les poissons peuvent se déplacer pour éviter une perturbation temporaire, les impacts sur les poissons sont généralement négligeables. Par contre, si les travaux ont lieu durant une période plus sensible du cycle de vie d'une espèce de poisson ou dans une aire ayant une importance particulière pour une espèce, les impacts peuvent être plus importants.

Le secteur sableux du chenal (chaînages supérieurs à 4200 m) se trouve à l'intérieur d'une aire de présence du Hareng Atlantique, de l'Anguille d'Amérique et de l'Éperlan arc-en-ciel, et à l'intérieur d'une aire de fraie potentielle du Maquereau bleu (voir Figure 2.9). De plus, l'intérieur de la lagune est utilisé par le hareng pour la fraie au printemps. En ce qui concerne l'anguille et l'éperlan, les aires de présence ne sont pas liées à des activités sensibles connues et aucun impact d'importance particulière n'est appréhendé pour ces espèces. Dans le cas du maquereau, l'aire de reproduction inclut l'ensemble de la lagune et des eaux marines dans la zone d'étude. Le secteur affecté par le dragage correspond donc à une très petite fraction de cette aire de fraie potentielle et on peut noter qu'il ne se trouve pas dans une des deux aires de ponte d'importance connues dans le golfe du Saint-Laurent. Aucun impact particulier n'est donc appréhendé pour le maquereau.

L'utilisation de la lagune par le hareng pour la fraie au printemps pourrait faire en sorte que le dragage dans la lagune ait un impact plus important si ces deux activités coïncidaient dans le temps. Cet impact serait possiblement mineur compte tenu de la grande valeur accordée à la pêche commerciale. Pour cette raison, des mesures d'atténuation ont été mises en place lors des dragages de 1992, 1997 et 2002. Ces mesures consistaient en une interdiction de draguer à des chaînages inférieurs à 7350 m du 15 avril au 15 mai et en une interdiction de draguer plus de 2 jours sur trois dans les secteurs aux chaînages inférieurs à 7350 m (258 m à 2227 m, 2227 m à 3719 m, 3719 m à 4200 m, 4 200 m à 4 600 m, et 4 600 m à 7 350 m) du 1^{er} avril au début juin. Suite à l'application de ces mesures, aucun impact n'est appréhendé pour le hareng puisqu'il est présent dans la lagune seulement lors de la fraie. Ces mesures d'atténuation devraient donc être maintenues.

4.1.5.2.2.5 Impacts sur l'avifaune

Les espèces d'oiseaux les plus susceptibles d'être affectées par les travaux de dragage des sables sont les oiseaux nichant sur les colonies de l'île du Chenal (îlot C). Les espèces marines utilisant la lagune pour se nourrir pourraient aussi être affectées. Dans le cas de ces dernières les effets sont faibles, temporaires et ponctuels puisqu'elles peuvent facilement se déplacer pour éviter la drague et que le dragage des sables a très peu d'effet sur la qualité du milieu. Dans le cas des oiseaux coloniaux, l'effet potentiel majeur tiendrait aux dérangements au niveau des aires de nidification. La distance minimale entre l'île du Chenal et le chenal de navigation est d'environ 200 m. Il faut noter que les oiseaux nichant dans ces colonies sont déjà conditionnés aux passages réguliers de navires dans le chenal. L'effet additionnel de la présence d'une drague autoporteuse est donc minime, puisque celle-ci ne représente qu'un autre navire et que ses mouvements dans la lagune sont limités au chenal de navigation. À cet effet, il faut souligner que la présence en un point fixe d'une drague mécanique pourrait avoir des répercussions un peu plus significatives mais seulement à très court terme car, à moyen terme, les oiseaux ont tendance à s'habituer rapidement à la présence continue d'un équipement ou d'un dérangement sonore.

Tel qu'indiqué dans le Guide sur les Répercussions Environnementales du dragage et de la mise en dépôt des sédiments (Environnement Canada, 1994), les oiseaux paraissent s'habituer très rapidement aux nuisances sonores et spatiales associées à la présence des équipements utilisés pour les travaux de dragage, au va-et-vient des navires ou des barges ainsi qu'au bruit continu généré par les pompes ou les moteurs des équipements. Dans le port de Hamilton, un grand nombre de canards colverts a pu être observé à quelques dizaines de mètres d'une drague hydraulique en opération pendant d'importants travaux de dragage menés en 1990. Campbell (1988) observe d'ailleurs que des oiseaux aquatiques continuent à couvrir à 50 m d'une drague en opération. Pelletier (1994) rapporte quant à lui que lors des travaux de dragage à la station nucléaire Pickering B, une femelle Bernache a couvé tout au long des travaux à moins de 30 m du site de dépôt. Ward (1981) indique que des activités de dragage intenses (en moyenne de 85 000 m³ par jour) n'ont eu que des effets mineurs sur le comportement et la distribution des populations d'oiseaux dans la Baie McKinley.

Nous considérons que les impacts sont faibles, ponctuels et occasionnels. En conclusion, le degré de perturbation du dragage des sables sur l'avifaune (à l'exception des espèces à statut précaire) est considéré très faible et l'importance globale de l'impact de cette perturbation est jugée négligeable.

4.1.5.2.2.6 Impacts sur les mammifères marins

Le Phoque commun et le Phoque gris sont les seules espèces de mammifères marins retrouvées de façon régulière dans l'aire à l'étude. Le secteur du chenal aux chaînages supérieur à 4200 m traverse une aire de présence annuelle de ces deux espèces au niveau de la passe (voir Figure 2.11). Les phoques pourraient donc être affectés par le dragage via un dérangement causé par la présence et les mouvements de la drague. De façon générale, nous considérons que cet impact est faible puisque le chenal de navigation est une aire utilisée fréquemment par les navires et que les phoques sont très mobiles et peuvent facilement s'éloigner de la drague lors de sa présence temporaire. Puisque cet effet a une intensité faible, une durée occasionnelle et une étendue ponctuelle, le degré de perturbation est jugé très faible. Nous considérons donc que l'importance de l'impact est négligeable.

4.1.5.2.2.7 Impacts sur les espèces à statut précaire

Les impacts du dragage des sables sur les espèces à statut précaire varient selon l'écologie des espèces en question. En ce qui concerne l'avifaune, la Sterne de Dougall niche sur l'île du Chenal et peut se nourrir dans la lagune. L'impact sur cette espèce est jugé mineur en raison de la grande valeur accordée à cet élément du milieu.

Tel que présenté à la section 4.1.5.2.2.1, les impacts du dragage des sables sur la flore est nul.

Le Marsouin commun, qui a le statut fédéral d'espèce menacée, et la Tortue luth (*Dermochelys coriacea*), qui a le statut fédéral d'espèce en voie de disparition et qui est susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable au Québec, sont des visiteurs irréguliers dans le milieu marin des Îles-de-la-Madeleine. Étant donné la présence rare et ponctuelle de ces espèces ainsi que la nature ponctuelle des travaux dans le temps et dans l'espace, ainsi que le fait qu'il s'agisse d'espèces très mobiles pouvant éviter le secteur immédiat de la drague, nous considérons que les impacts sur ces deux espèces sont nuls.

Le chenal de la Grande-Entrée ne traverse pas un milieu d'importance particulière pour les espèces de poissons à statut précaire pouvant se trouver dans la région (voir section 2.2.2.4.7). Tel qu'indiqué à la section 4.1.5.2.2.4, les impacts sur des poissons pouvant être présents à l'endroit des travaux de dragage des sables sont considérés négligeables.

4.1.5.2.3 Impacts sur le milieu humain

4.1.5.2.3.1 Impacts sur la navigation

L'objectif principal du dragage d'entretien du chenal de Grande-Entrée est le maintien de la profondeur du chenal pour assurer une navigation sécuritaire dans celui-ci. Pour cette raison, les effets de ce dragage sur la navigation desservant la mine sont entièrement positifs. En ce qui concerne les bateaux de pêche de la région, ceux-ci sont relativement petits, ont un tirant d'eau faible et opèrent à partir du havre de pêche de Grande-Entrée. Très maniables, ils peuvent facilement éviter la drague qui demeure confinée aux limites du chenal. Globalement, les impacts du dragage sur la navigation sont considérés nuls durant les travaux et positifs à plus long terme.

4.1.5.2.3.2 Impacts sur les activités minières

Le maintien du chenal de navigation est essentiel à l'opération de la mine de sel puisque la quasi-totalité de la production de sel de la mine est exportée par navire et que la rentabilité de la mine nécessite le maintien d'une profondeur minimale pour ce transport. Les impacts du dragage sur les activités minières des Îles-de-la-Madeleine sont donc positifs. En effet, aucun impact négatif n'est appréhendé dans ce cas.

4.1.5.2.3.3 Impacts sur la pêche commerciale

Puisque les travaux de dragage des sables se limitent à l'intérieur du chenal de Grande-Entrée, une aire réservée aux activités de navigation desservant la mine, aucun impact direct sur les activités de pêche n'est appréhendé. Certains effets peuvent être appréhendés sur la faune ichthyenne, mais puisque ces effets sont jugés négligeables suite à l'application des mesures d'atténuation visant la protection de la fraie du hareng (voir section 4.1.5.2.2.4), les effets sur la pêche sont aussi considérés négligeables.

En ce qui concerne la pêche au homard, tel que présenté à la section 4.1.5.2.2.3, le dragage du chenal dans le secteur de l'intérieur de la lagune ne devrait pas avoir d'impact mesurable sur le succès ou la pérennité de cette pêche, mais certains impacts plus importants sur le homard sont possibles si le dragage de la passe coïncidait avec la migration du homard à cet endroit. Pour cette raison, aucun dragage ne sera effectué entre les chaînages 7350 m et 8650 m du 15 mai au 21 juillet et du 24 septembre au 15 octobre. De plus le dragage sera limité à deux jours sur trois dans les secteurs 8650 m à 9500 m et 9500 m à 10 720 m durant le mois de juillet pour minimiser les pertes de larves de homard. Les impacts du dragage des sables sur la pêche au homard sont donc considérés négligeables.

Pour éviter d'avoir un impact sur le pétoncle, et donc sur sa pêche, le dragage sera limité à deux jours sur trois dans le secteur 8650 m à 9500 m et dans le secteur 9500 m à 10 720 m durant le mois de septembre pour minimiser les pertes de larves. Aucun impact du dragage des sables sur la pêche au pétoncle n'est donc appréhendé.

4.1.5.2.3.4 Impacts sur l'aquiculture

Les principaux impacts du dragage des sables sur l'aquiculture sont associés à la perte de larves de moules lors du dragage à l'intérieur de la lagune. Aucun impact n'est appréhendé via les effets sur la qualité de l'eau au niveau des parcs puisque ceux-ci sont négligeables. Pour limiter les impacts sur les moules, les mesures d'atténuation suivantes ont été appliquées lors des dragages d'entretien antérieurs :

- Dragage un jour sur deux dans le secteur entre les chaînages 4200 m et 4600 m et le secteur entre les chaînages 4600 m et 7350 m du 15 juin au 31 juillet.
- Dragage deux jours sur trois entre le 1 avril et le 7 août, et entre le 25 août et le 24 septembre au niveau des chaînages 4200 m à 7350 m (4200 m à 4600 m, et 4600 m à 7350 m), à moins que la contrainte plus sévère mentionnée ci-dessus soit applicable.

Sans la mise en place des mesures d'atténuation visant à limiter les impacts du dragage sur les parcs d'aquiculture, l'intensité de la perturbation serait faible, la durée occasionnelle et l'étendue locale. Dans ce cas on jugerait l'intensité de la perturbation très faible et l'importance de l'impact mineure en considérant la grande valeur attribuée à cet élément du milieu. Par contre, suite à l'application des mesures d'atténuation, l'impact est jugé négligeable.

4.1.5.2.3.5 Impacts sur les activités récréo-touristiques

Puisque le dragage se limite à l'intérieur du chenal de Grande-Entrée et que celui-ci est déjà l'objet d'une utilisation régulière par les navires desservant la mine de sel, très peu d'impacts sur les activités récréo-touristiques sont appréhendés. En effet, puisque les effets sur le milieu sonore et la qualité de l'eau sont négligeables lors du dragage des sables, il est jugé que les impacts sur les activités récréo-touristiques sont nuls.

4.1.5.2.3.6 Impacts sur la qualité de vie

Une perturbation d'intensité très faible sur les habitants de la région de Grande-Entrée serait possible via les impacts sur le milieu sonore. Puisque cette perturbation serait occasionnelle et locale, elle serait très faible. Dans ce cas, l'importance de l'impact est considérée mineure en raison de la grande valeur accordée à cet élément du milieu.

4.1.5.3 Impacts de l'immersion en mer des sédiments dragués

4.1.5.3.1 Impacts sur le milieu physique

4.1.5.3.1.1 Impacts sur la bathymétrie

L'immersion du matériel dragué sur un des sites de mise en dépôt prévus aura un impact direct sur la bathymétrie du site en créant un monticule qui diminuera la profondeur du site. Puisque ces sites sont stables l'effet sera permanent mais ponctuel, c'est-à-dire limité au site de dépôt. Nous considérons que l'intensité de l'impact est faible et que le degré de perturbation est très faible. En prenant en compte la petite valeur de cet élément du milieu, nous considérons qu'il s'agit d'un effet négligeable. De plus, cet impact sera limité en s'assurant de maintenir une profondeur minimale de 10,5 m aux sites de mise en dépôt.

4.1.5.3.1.2 Impacts sur l'hydrodynamique

Les sites d'immersion en mer ont été placés à des endroits permettant d'assurer leur stabilité. Il s'agit donc de secteurs présentant des courants très faibles. La modification de la bathymétrie pourra avoir un faible effet sur ces courants, mais étant donné la faible amplitude des courants et le maintien d'une profondeur minimale de 10,5 m aux sites d'immersion, cet impact est considéré négligeable.

4.1.5.3.1.3 Impacts sur la sédimentologie

L'immersion en mer à un site de mise en dépôt peut avoir un impact sur la sédimentologie d'un secteur en introduisant une quantité importante de matériel dans la dynamique sédimentaire. Par contre, l'intensité de l'effet au niveau local ou régional est faible étant donné la stabilité des sites de dépôt choisis. En effet tel que décrit à la section 2.2.1.6.3, le remaniement des sédiments déposés au site de dépôt D se limite surtout à un écrêtage des monticules et un étalement limité des sédiments. Il avait aussi été jugé que les sédiments transitent en quantité relativement faible sur les affleurements rocheux avoisinants et qu'il est peu probable que les sédiments transportés se déposent sur les affleurements rocheux (Lefaivre, 2002). En ce qui concerne le nouveau site de mise en dépôt, il est considéré que ce site aura une stabilité au moins aussi grande que le site de dépôt D, voir section 2.2.1.6.4.

Le degré de perturbation au niveau local ou régional est faible. Étant donné qu'il s'agit d'un élément du milieu ayant une importance petite, l'impact global est jugé négligeable.

4.1.5.3.1.4 Impacts sur la qualité de l'eau

Les impacts sur la qualité de l'eau aux sites d'immersion en mer peuvent être liés à la mise en suspension de particules et à la perte de contaminants provenant des sédiments vers la colonne d'eau. Lors du dépôt des sables dragués dans les chaînages supérieurs à 4200 m, les particules se déposent rapidement au fond lorsqu'elles sont relâchées et les impacts sont très faibles, temporaire et ponctuel puisque ces sédiments ne sont pas contaminés et sont relativement grossiers. Par contre, les impacts sont potentiellement plus élevés lors de l'immersion des sédiments fins provenant des chaînages inférieurs à 4200 m. Malgré ce fait, les observations faites au site de dépôt D en 1992 ont montré que le panache de dispersion des eaux turbides lors du dépôt de sédiments fins se limitait à la zone de dépôt et sédimentait rapidement (Harvey et Boudreault, 1994). Ceci concorde avec les observations faites à partir de la drague indiquant que le matériel déposé est fortement cohésif et qu'il se dépose rapidement suite à l'ouverture des portes (James Maillet, La Société canadienne de Sel Ltée, comm. pers.).

Il est donc considéré que la perturbation est d'intensité faible, de durée occasionnelle et d'étendue locale. Le degré de perturbation est donc jugé très faible. Nous considérons donc que l'importance de l'impact de l'immersion en mer sur la qualité de l'eau est négligeable.

4.1.5.3.1.5 Impacts sur la qualité et la nature des sédiments

Les fonds des sites de mises en dépôt retenus sont caractérisés par des sédiments composés presque entièrement de sables et ne présentant généralement aucune contamination. Notamment, les teneurs en arsenic et en cadmium à ces sites sont très faibles. Le dépôt des sédiments fins présentant des teneurs plus élevées pour certains paramètres chimiques pourrait donc causer une modification importante de la qualité et de la nature des sédiments. Pour cette raison, les sédiments fins seront confinés sous une couche de sables propres provenant des chaînages supérieurs à 4200 m. Tel que décrit à la section 2.2.1.7.2, l'absence de contamination, de particules fines et de toxicité dans les sédiments de surface des monticules créés lors des dépôts antérieurs au site de dépôt D indiquent que le recouvrement atteint les objectifs visés. Pour s'assurer d'un recouvrement stable et efficace, les sables seront déposés graduellement sur l'aire couverte par les fines en progressant de la bordure vers le centre de cette aire en laissant les portes des puits à déblais partiellement ouvertes, de telle sorte que les sables seront « saupoudrés » sur le fond au lieu d'être

déversés d'un seul coup. Cette progression du recouvrement aura comme effet de favoriser de recouvrement uniforme et le maintien des fines sur place.

Puisque les sédiments retrouvés aux sites de mise en dépôt et les sédiments provenant du secteur sableux du chenal (chaînages supérieurs à 4200 m) ont une nature et une qualité semblable, il est considéré que lorsque les sédiments fins sont recouverts par une couche de sédiments provenant du secteur sableux du chenal, les effets sur la qualité et la nature des sédiments sont faibles, permanents et ponctuels. Le degré de perturbation est donc jugé très faible et l'importance de l'impact est jugée négligeable.

4.1.5.3.1.6 Impacts sur l'environnement sonore

L'immersion en mer de sédiments fins et de sables n'occasionne aucune production de bruit pouvant perturber l'environnement sonore autant en ce qui concerne le milieu atmosphérique que le milieu aquatique. Il est donc considéré que l'importance de l'impact de l'immersion en mer des sédiments dragués sur l'environnement sonore est nul.

4.1.5.3.2 Impacts sur le milieu biologique

4.1.5.3.2.1 Impacts sur le plancton

Les organismes formant le phytoplancton et le zooplancton pourraient être affectés par l'immersion en mer des sédiments indirectement par le biais de l'impact sur la qualité de l'eau. Puisque cet impact est très faible et jugé négligeable, il est considéré que l'impact de l'immersion en mer sur le plancton est aussi négligeable.

4.1.5.3.2.2 Impacts sur la faune benthique

À très court terme, la mise en dépôt d'une grande quantité de matériel au site de mise en dépôt cause une grande perturbation ainsi qu'une mortalité importante chez les organismes benthiques ensevelis. Par contre, les sédiments déposés peuvent être colonisés par la faune benthique du milieu environnant, surtout en considérant que les impacts sur la nature et la qualité du fond sont négligeables. Les impacts à plus long terme de l'immersion en mer sur la faune benthique peuvent être évalués sur la base du suivi de la faune benthique qui a été réalisé au site de dépôt D suite aux mises en dépôt antérieures. Les conclusions de ce suivi ont été que les communautés benthiques présentes dans les zones d'immersion de déblais de dragage ne redeviendront probablement pas semblables à celles des zones de référence en ce qui a trait à la composition taxonomique et à l'abondance (St-Laurent *et al.*, 2004). Cette dissimilitude proviendrait de la profondeur et de la granulométrie des sédiments qui diffèrent entre les zones. Toutefois, les zones d'immersion retrouvent une communauté benthique diversifiée et équilibrée. Cette étude a déterminé qu'il faut entre 4 et 10 ans à une communauté pour retrouver ses conditions d'équilibre (St-Laurent *et al.*, 2004).

On considère donc que le degré de perturbation est faible à long terme à l'endroit du monticule créé par le dépôt des sédiments. Puisque la faune benthique est un élément auquel est accordée une valeur moyenne, l'importance globale de l'impact est considérée négligeable.

Pour éviter des impacts sur les espèces ayant une importance humaine particulière, l'emplacement des sites de mise en dépôt a été choisie de façon à éviter les habitats importants pour ces espèces. Plus particulièrement, les sites choisis sont localisés sur des fonds plats sablonneux ayant peu d'intérêt pour le homard.

4.1.5.3.2.3 Impacts sur la faune ichthyenne

Les impacts de l'immersion en mer sur les poissons sont surtout des impacts indirects liés à la modification du milieu et aux impacts sur la qualité de l'eau. Quelques individus des espèces ichthyennes les moins mobiles pourront aussi être ensevelis lors du dépôt. Puisque les impacts de l'immersion en mer

sur la qualité et la nature du fond ainsi que sur la qualité de l'eau sont considérés négligeables et que les sites de dépôt ne représentent pas un habitat d'une importance particulière pour les espèces de la région, l'intensité de la perturbation est considérée faible. L'étendue de la perturbation est ponctuelle puisqu'elle est limitée à l'intérieur des sites de dépôt. La durée de la perturbation pour la faune ichthyenne est permanente puisque les effets sur le milieu physique et la faune benthique le sont. Le degré de perturbation est donc considéré très faible et l'importance de l'impact est jugée négligeable.

Pour éviter des impacts plus importants sur les poissons de la région, les sites de mise en dépôt retenus, partie nord-est du dépôt D et le nouveau site de mise en dépôt, ont été localisés de façon à éviter des aires ayant une importance particulière pour ces espèces telles que les frayères ou les aires connues de concentration des poissons (voir Figure 2.9).

4.1.5.3.2.4 Impacts sur les mammifères marins

Aucune espèce de mammifère marin n'est indiquée comme étant présente de façon régulière à l'endroit des sites de mises en dépôt. Tout au plus, certains individus des espèces de phoques ou de cétacés pourront occasionnellement s'approcher de ces endroits. Puisque ces espèces sont très mobiles et peuvent facilement éviter les travaux, l'impact de l'immersion sur les mammifères marins est jugé nul.

4.1.5.3.2.5 Impacts sur les espèces à statut précaire

Les impacts du dragage des sédiments fins sur les espèces à statut précaire varient selon l'écologie des espèces en question.

Le Marsouin commun, qui a le statut fédéral d'espèce menacée, et la Tortue luth (*Dermochelys coriacea*), qui a le statut fédéral d'espèce en voie de disparition et qui est susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable au Québec, sont des visiteurs irréguliers dans le milieu marin des Îles-de-la-Madeleine. Étant donné la présence rare et ponctuelle de ces espèces ainsi que la nature ponctuelle des travaux dans le temps et dans l'espace, ainsi que le fait qu'il s'agisse d'espèces très mobiles pouvant éviter le secteur immédiat des travaux, nous considérons que les impacts sur ces deux espèces sont nuls.

Les sites de mises en dépôt retenus ne sont pas considérés comme étant un milieu d'importance particulière pour les espèces de poissons à statut précaire pouvant se trouver dans la région (voir section 2.2.2.4.7). Même si les limites de dépôt D touchent à une aire de concentration exploitée de la Morue franche, la zone inutilisée du dépôt D se trouve dans la partie nord-est du site de dépôt et ne se superpose pas à cette aire de concentration.

4.1.5.3.3 Impacts sur le milieu humain

4.1.5.3.3.1 Impacts sur la navigation

L'immersion en mer des matériaux dragués réduit la profondeur et donc le tirant d'eau disponible au site de mise en dépôt de façon permanente. Pour éviter de créer des risques pour la navigation, certaines mesures devront être appliquées :

- Une profondeur minimale de 10,5 m devra être conservée aux sites de mise en dépôt.
- L'emplacement du nouveau site de mise en dépôt devra être indiqué sur les cartes marines du secteur.

Avec l'application de ces mesures, les impacts sur la navigation seront faibles, ponctuels et permanents. Le degré de perturbation sera donc très faible et l'importance de l'impact est jugée négligeable.

4.1.5.3.3.2 Impacts sur la pêche commerciale

Tel que mentionné aux sections 4.1.5.3.2.2 et 4.1.5.3.2.3, les sites de mise en dépôt ont été choisis de façon à éviter des aires ayant une importance particulière pour la faune benthique et la faune ichthyenne. Ces choix ont, entre autres, été faits pour éviter des impacts importants sur les espèces ayant une importance économique. En effet, sur la base des observations effectuées en 2005, les espèces faisant l'objet d'une exploitation commerciale dans la région, telles que les plies, le Crabe commun, le Homard d'Amérique et la Mactre de l'Atlantique, sont présentes de façon très ponctuelle dans le secteur du nouveau site de mise en dépôt.

En ce qui concerne la possibilité que les activités d'immersion en mer dérangent directement les activités de pêche, nous croyons que le potentiel de tels conflits est faible. Par contre, pour s'assurer de minimiser les dérangements potentiels, les mesures appliquées lors du programme de dragage d'entretien précédent (Robert Hamelin et Associés inc., 2002) seront reconduites. Ces mesures sont les suivantes :

- L'emplacement de l'aire de dépôt sera balisé au moyen de bouées de couleurs appropriées répondant aux exigences de la Garde côtière canadienne avant le début des travaux;
- les bouées seront maintenues en place pendant toute la durée des travaux;
- un avis à la navigation sera publié afin d'aviser les utilisateurs;
- la zone de pêche au crabe commun située à l'extérieur de la lagune, à l'ouest du chenal, entre les deux bouées de navigation, sera interdite de navigation pour la drague et le bateau de service.

En prenant en compte ces divers éléments, nous considérons que la perturbation de la pêche commerciale par les travaux d'immersion en mer sera d'une intensité faible, d'une durée occasionnelle et d'une étendue locale. Le degré de perturbation est donc jugé très faible et l'importance de l'impact est considérée mineure en raison de la grande valeur accordée à cet élément du milieu.

4.2 Atténuation des impacts de la variante sélectionnée

4.2.1 Mesures d'atténuation à respecter

Le Tableau 4.3 présente une synthèse de l'évaluation des impacts et des mesures d'atténuation recommandées. Plusieurs mesures à appliquer pour s'assurer que les impacts du dragage d'entretien du chenal de Grande-Entrée seront acceptables sont prévus et mentionnées dans les sections précédentes. Ces mesures sont généralement identiques à celles qui ont été mise en oeuvre dans le contexte du dernier programme décennal de dragage d'entretien du chenal de Grande-Entrée. L'ensemble de ces mesures ainsi que leur justification sont présentés ci-après.

Tableau 4.3 Synthèse de l'évaluation des impacts et des mesures d'atténuation recommandées

Éléments du milieu	Perturbation				Valeur de la ressource affectée	Importance de l'impact	Mesure d'atténuation recommandée	Impact résiduel
	Intensité	Étendue	Durée	Degré				
IMPACTS DES ACTIVITÉS DE DRAGAGE DES SÉDIMENTS FINS								
MILIEU PHYSIQUE								
Hydrodynamique, bathymétrie et sédimentologie	Faible	Ponctuelle	Occasionnelle	Très faible	Petite	Négligeable	Aucune	Négligeable
Qualité de l'eau	Fort/ Moyenne	Ponctuelle/ Régionale	Occasionnelle	Moyen	Moyenne	Mineure	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation d'un système de surverse sous la coque. Chargement de la drague à 60 %, pour limiter la surverse, lors du dragage du bassin et de la courbe (chaînages 258 à 4200 m) du 15 juin au 31 juillet. 	Mineur
Qualité et nature des sédiments	Nulle	N/A	N/A	N/A	Moyenne	Nulle	Aucune	Nul
Environnement sonore	Faible	Locale	Occasionnelle	Très faible	Moyenne	Négligeable	Aucune	Négligeable
MILIEU BIOLOGIQUE								
Flore	Faible	Locale	Occasionnelle	Très faible	Moyenne	Négligeable	Aucune	Négligeable
Plancton	Moyenne	Locale	Occasionnelle	Très faible	Moyenne	Négligeable	Aucune	Négligeable
Faune benthique	Moyenne	Ponctuelle	Occasionnelle	Faible	Moyenne	Mineure	Aucune	Mineure
Faune ichthyenne	Faible	Locale	Occasionnelle	Très faible	Moyenne	Négligeable	Interdiction de draguer à des chaînages inférieurs à 7350 m du 15 avril au 15 mai et interdiction de draguer plus de 2 jours sur trois dans les secteurs des chaînages inférieurs à 7350 (258 m à 2227 m, 2227 m à 3719 m, 3719 m à 4200 m, 4 200 m à 4 600 m, et 4 600 m à 7 350 m) du 1 ^{er} avril au début juin.	Négligeable
Avifaune	Faible	Locale	Occasionnelle	Très faible	Moyenne	Négligeable	Aucune	Négligeable
Mammifères marins	Faible	Locale	Occasionnelle	Très faible	Moyenne	Négligeable	Aucune	Négligeable

Éléments du milieu	Perturbation				Valeur de la ressource affectée	Importance de l'impact	Mesure d'atténuation recommandée	Impact résiduel
	Intensité	Étendue	Durée	Degré				
Espèces à statut précaire	Faible	Locale	Occasionnelle	Très faible	Grande	Mineure	Aucune	Mineure
MILIEU HUMAIN								
Navigation	Nulle	N/A	N/A	N/A	Moyenne	Nulle	Aucune	Nul (Effets positifs)
Activités minières	Nulle	N/A	N/A	N/A	Grande	Nulle	Aucune	Nul (Effets positifs)
Pêche commerciale	Faible	Locale	Occasionnelle	Très faible	Grande	Mineure	Interdiction de draguer à des chaînages inférieurs à 7350 m du 15 avril au 15 mai et interdiction de draguer plus de 2 jours sur trois dans les secteurs des chaînages inférieurs à 7350 (258 m à 2227 m, 2227 m à 3719 m, 3719 m à 4200 m, 4 200 m à 4 600 m, et 4 600 m à 7 350 m) du 1 ^{er} avril au début juin.	Nul

Éléments du milieu	Perturbation				Valeur de la ressource affectée	Importance de l'impact	Mesure d'atténuation recommandée	Impact résiduel
	Intensité	Étendue	Durée	Degré				
Aquiculture	Moyenne	Régionale	Occasionnelle	Moyen	Grande	Moyenne	<ul style="list-style-type: none"> • Chargement de la drague à 60 %, pour limiter la surverse, lors du dragage du bassin et de la courbe (chaînages 258 à 4200 m) du 15 juin au 31 juillet. • Dragage deux jours sur trois, de la fin mai au 24 septembre au niveau des chaînages inférieurs à 4200 m (268 m à 2227 m, 2227 m à 3719 m, 3719 m à 4200 m). • Respect des limites quant aux concentrations de matières en suspension dans les parcs d'aquaculture de la lagune lors du dragage des sédiments du bassin et de la courbe (chaînages 258 à 4200 m) : aucun dépassement, pendant six heures consécutives, de 150 mg/l dans le parc de moules et de 10 mg/l dans le parc de pétoncles. 	Négligeable
Activités récréotouristique	Faible	Locale	Occasionnelle	Très faible	Grande	Mineure	Aucune	Mineure
Qualité de vie	Faible	Locale	Occasionnelle	Très faible	Grande	Mineure	Aucune	Mineure
IMPACTS DES ACTIVITÉS DE DRAGAGE DES SABLES								
MILIEU PHYSIQUE								
Hydrodynamique, bathymétrie et sédimentologie	Faible	Ponctuelle	Occasionnelle	Très faible	Petite	Négligeable	Aucune	Négligeable
Géologie	Faible	Ponctuelle	Permanente	Très faible	Petite	Négligeable	Aucune	Négligeable
Qualité de l'eau	Faible	Locale	Occasionnelle	Très faible	Moyenne	Négligeable	Aucune	Négligeable

Éléments du milieu	Perturbation				Valeur de la ressource affectée	Importance de l'impact	Mesure d'atténuation recommandée	Impact résiduel
	Intensité	Étendue	Durée	Degré				
Qualité et nature des sédiments	Nulle	N/A	N/A	N/A	Moyenne	Nulle	Aucune	Nul
Environnement sonore	Faible	Locale	Occasionnelle	Très faible	Moyenne	Négligeable	Aucune	Négligeable
MILIEU BIOLOGIQUE								
Flore	Nulle	N/A	N/A	N/A	Moyenne	Nulle	Aucune	Nul
Plancton	Faible	Ponctuelle	Occasionnelle	Très faible	Moyenne	Négligeable	Aucune	Négligeable
Faune benthique	Forte	Ponctuelle	Occasionnelle	Moyen	Moyenne	Mineure	<ul style="list-style-type: none"> • Interdiction de draguer entre les chaînages de 7350 m et de 8650 m, soit dans la zone de la passe, du 15 mai au 21 juillet et du 24 septembre au 15 octobre. • Limiter le dragage à deux jours sur trois dans le secteur de 8650 m à 9500 m et le secteur de 9500 m à 10 720 m durant les mois de juillet et de septembre. 	Mineure
Faune ichthyenne	Faible	Ponctuelle	Occasionnelle	Très faible	Moyenne	Négligeable	<ul style="list-style-type: none"> • Interdiction de draguer à des chaînages inférieurs à 7350 m du 15 avril au 15 mai. • Interdiction de draguer plus de 2 jours sur trois dans les secteurs des chaînages inférieur à 7350 (258 m à 2227 m, 2227 m à 3719 m, 3719 m à 4200 m, 4 200 m à 4 600 m, et 4 600 m à 7 350 m) du 1er avril au début juin. 	Négligeable
Avifaune	Faible	Ponctuelle	Occasionnelle	Très faible	Moyenne	Négligeable	Aucune	Négligeable
Mammifères marins	Faible	Ponctuelle	Occasionnelle	Très faible	Moyenne	Négligeable	Aucune	Négligeable
Espèces à statut précaire	Faible	Ponctuelle	Occasionnelle	Très faible	Grande	Mineure	Aucune	Mineure

Éléments du milieu	Perturbation				Valeur de la ressource affectée	Importance de l'impact	Mesure d'atténuation recommandée	Impact résiduel
	Intensité	Étendue	Durée	Degré				
MILIEU HUMAIN								
Navigation	Nulle	N/A	N/A	N/A	Moyenne	Nulle	Aucune	Nul (Effets positifs)
Activités minières	Nulle	N/A	N/A	N/A	Grande	Nulle	Aucune	Nul (Effets positifs)
Pêche commerciale	Faible	Ponctuelle	Occasionnelle	Très faible	Grande	Mineure	<ul style="list-style-type: none"> • Interdiction de draguer entre les chaînages de 7350 m et de 8650 m, soit dans la zone de la passe, du 15 mai au 21 juillet et du 24 septembre au 15 octobre. • Limiter le dragage à deux jours sur trois dans le secteur de 8650 m à 9500 m et le secteur de 9500 m à 10 720 m durant les mois de juillet et de septembre. • Interdiction de draguer aux chaînages inférieurs à 7350 m du 15 avril au 15 mai. • Interdiction de draguer plus de 2 jours sur trois dans les secteurs des chaînages inférieur à 7350 (258 m à 2227 m, 2227 m à 3719 m, 3719 m à 4200 m, 4 200 m à 4 600 m, et 4 600 m à 7 350 m) du 1er avril au début juin. 	Négligeable

Éléments du milieu	Perturbation				Valeur de la ressource affectée	Importance de l'impact	Mesure d'atténuation recommandée	Impact résiduel
	Intensité	Étendue	Durée	Degré				
Aquiculture	Faible	Locale	Occasionnelle	Très faible	Grande	Mineure	<ul style="list-style-type: none"> • Dragage un jour sur deux dans le secteur entre les chaînages 4200 m et 4600 m et le secteur entre les chaînages 4600 m et 7350 m du 15 juin au 31 juillet • Dragage deux jours sur trois entre la fin mai et le 7 août, et entre le 25 août et le 24 septembre au niveau des chaînages 4200 m à 7350 m (4200 m à 4600 m, et 4600 m à 7350 m), à moins que la contrainte plus sévère mentionnée ci-dessus soit applicable. 	Négligeable
Activités récréo-touristiques	Nulle	N/A	N/A	N/A	Grande	Nulle	Aucune	Nul
Qualité de vie	Faible	Locale	Occasionnelle	Très faible	Grande	Mineure	Aucune	Mineure
IMPACTS DES ACTIVITÉS D'IMMERSION EN MER								
MILIEU PHYSIQUE								
Bathymétrie	Faible	Ponctuelle	Permanente	Très faible	Petite	Négligeable	Conserver une profondeur minimale de 10,5 m aux sites de mise en dépôt	Négligeable
Hydrodynamique	Faible	Ponctuelle	Permanente	Très faible	Petite	Négligeable	Aucune	Négligeable
Sédimentologie	Faible/	Régionale/	Permanente	Faible	Petite	Négligeable	Aucune	Négligeable
Qualité de l'eau	Faible	Locale	Occasionnelle	Très faible	Moyenne	Négligeable	Aucune	Négligeable
Qualité et nature des sédiments	Faible	Ponctuelle	Permanent	Très faible	Moyenne	Négligeable	Recouvrement des sédiments fins par une couche de sables propres	Négligeable
Environnement sonore	Nulle	N/A	N/A	N/A	Moyenne	Nulle	Aucune	Nulle

Éléments du milieu	Perturbation				Valeur de la ressource affectée	Importance de l'impact	Mesure d'atténuation recommandée	Impact résiduel
	Intensité	Étendue	Durée	Degré				
MILIEU BIOLOGIQUE								
Plancton	Faible	Locale	Occasionnelle	Très faible	Moyenne	Négligeable	Aucune	Négligeable
Faune benthique	Faible	Ponctuelle	Permanente	Très faible	Moyenne	Négligeable	Aucune	Négligeable
Faune ichtyenne	Faible	Ponctuelle	Permanente	Très faible	Moyenne	Négligeable	Sites de dépôt localisés de façon à éviter des aires ayant une importance particulière pour les poissons.	Négligeable
Mammifères marins	Nulle	N/A	N/A	N/A	Moyenne	Nulle	Aucune	Nul
Espèces à statut précaire	Nulle	N/A	N/A	N/A	Grande	Nulle	Sites de dépôt localisés de façon à éviter des aires ayant une importance particulière aux espèces à statut précaire.	Nul
MILIEU HUMAIN								
Navigation	Faible	Ponctuelle	Permanente	Très faible	Moyenne	Négligeable	<ul style="list-style-type: none"> • Une profondeur minimale de 10,5 m devra être conservée aux sites de mise en dépôt. • L'emplacement du nouveau site de mise en dépôt devra être indiqué sur les cartes marines du secteur. 	Négligeable

Éléments du milieu	Perturbation				Valeur de la ressource affectée	Importance de l'impact	Mesure d'atténuation recommandée	Impact résiduel
	Intensité	Étendue	Durée	Degré				
Pêche commerciale	Faible	Locale	Occasionnelle	Très faible	Grande	Négligeable	<ul style="list-style-type: none"> • Sites de dépôt localisés de façon à éviter les aires ayant une importance pour les espèces à valeur économique. • L'emplacement de l'aire de dépôt sera balisé au moyen de bouées de couleurs appropriées répondant aux exigences de la Garde côtière canadienne avant le début des travaux. • Les bouées seront maintenues en place pendant toute la durée des travaux. • Un avis à la navigation sera publié afin d'aviser les utilisateurs. • La zone de pêche au crabe commun située à l'extérieur de la lagune, à l'ouest du chenal, entre les deux bouées de navigation, sera interdite de navigation pour la drague et le bateau de service. 	Négligeable

Pour éviter ou réduire les impacts appréhendés sur la faune benthique, la faune ichthyenne, l'aquaculture ainsi que la pêche commerciale, le dragage devra se faire en respectant les mesures suivantes :

- Aucun dragage au niveau des chaînages inférieurs à 7350 m du 15 avril au 15 mai pour éviter la période de fraie du Hareng Atlantique.
- Chargement de la drague à 60 %, pour limiter la surverse, lors du dragage du bassin et de la courbe (chaïnages 258 à 4200 m) du 15 juin au 31 juillet pour éviter un impact sur la qualité de l'eau durant une période sensible chez la Moule bleue.
- Dragage un jour sur deux dans le secteur entre les chaînages 4200 m et 4600 m et le secteur entre les chaînages 4600 m et 7350 m du 15 juin au 31 juillet pour éviter un impact sur la Moule bleue.
- Dragage deux jours sur trois, du 1 avril au 24 septembre au niveau des chaînages inférieurs à 4200 m (268 m à 2227 m, 2227 m à 3719 m, 3719 m à 4200 m) à moins qu'une des contraintes plus sévères mentionnées ci-dessus soit applicable. Cette mesure vise à réduire les effets potentiels sur la fraie du hareng et la dispersion des larves de moule lors de périodes d'activités biologiques réduites mais tout de même sensibles.
- Dragage deux jours sur trois entre le 1 avril et le 7 août, et entre le 25 août et le 24 septembre au niveau des chaînages 4200 m à 7350 m (4200 m à 4600 m, et 4600 m à 7350 m), à moins qu'une des contraintes plus sévères mentionnées ci-dessus soit applicable. Cette mesure vise à réduire les effets potentiels sur la fraie du hareng et la dispersion des larves de moule lors de périodes d'activités biologiques réduites mais tout de même sensibles.
- Aucun dragage dans la passe (chaïnages 7350 à 8650 m) du 15 mai au 21 juillet et du 24 septembre au 15 octobre pour protéger le homard lors de sa migration.
- Dragage deux jours sur trois dans le secteur de 8650 m à 9500 m et le secteur de 9500 m à 10 720 m durant les mois de juillet et septembre pour minimiser les pertes de larves de homard en juillet et de pétoncle en septembre.
- Respect des limites quant aux concentrations de matières en suspension dans les parcs d'aquaculture de la lagune lors du dragage des sédiments du bassin et de la courbe (chaïnages 258 à 4200 m) : aucun dépassement, pendant six heures consécutives, de 150 mg/l dans le parc de moules et de 10 mg/l dans le parc de pétoncles.

Pour réduire les impacts sur la qualité du fond aux sites de mise en dépôt les sédiments du secteur du bassin et de la courbe (chaïnages 258 à 4200 m) seront recouverts et confinés à l'aide des matériaux dragués dans les autres secteurs (chaïnages 4200 à 10 720 m) sur une épaisseur d'environ 1 mètre. Pour s'assurer d'un recouvrement stable et efficace, les sables seront déposés graduellement sur l'aire couverte par les fines en progressant de la bordure vers le centre de cette aire en laissant les portes des puits à déblais partiellement ouvertes, de telle sorte que les sables seront « saupoudrés » sur le fond au lieu d'être déversés d'un seul coup. Cette progression du recouvrement aura comme effet de favoriser de recouvrement uniforme et le maintien des fines sur place.

Les sites de dépôt en mer ont été sélectionnés de façon ne pas affecter les aires d'importance particulière pour la faune ichthyenne ou pour les espèces benthiques ayant une importance économique. De plus, les mesures suivantes seront mises en oeuvre pour minimiser les impacts de l'immersion en mer sur la navigation et les activités de pêche commerciale :

- Une profondeur minimale de 10,5 m sera conservée aux sites de mise en dépôt.
- L'emplacement du nouveau site de mise en dépôt sera indiqué sur les cartes marines du secteur.
- L'emplacement de l'aire de dépôt sera balisé au moyen de bouées de couleurs appropriées répondant aux exigences de la Garde côtière canadienne avant le début des travaux.
- Les bouées seront maintenues en place pendant toute la durée des travaux.
- Un avis à la navigation sera publié afin d'aviser les utilisateurs.
- La zone de pêche au Crabe commun située à l'extérieur de la lagune, à l'ouest du chenal, entre les deux bouées de navigation, sera interdite de navigation pour la drague et le bateau de service.

4.2.2 Efficacité des mesures d'atténuation

Les suivis des dragages réalisés dans le cadre du dernier programme décennal d'entretien du chenal de Grande-Entrée permettent d'évaluer très clairement l'efficacité des mesures d'atténuation prévues dans le cadre du prochain programme décennal puisque ces mesures d'atténuation sont reconduites. De façon globale, il est donc permis de conclure que ces mesures sont efficaces, puisqu'elles ont permis de maintenir les impacts à un niveau acceptable pour toutes les ressources considérées de même que pour tous les intervenants concernés. Notamment, les teneurs en MES dans la lagune à l'endroit des parcs d'aquiculture n'ont jamais dépassé le niveau acceptable pour les moules et n'ont jamais dépassé, pour six heures consécutives, le niveau acceptable pour les pétoncles. De plus, le recouvrement des sédiments fins au site de mise en dépôt D s'est montré efficace puisque les sédiments à l'endroit des monticules créés par les dépôts ne présentent pas de particules fines, de dépassements des critères de qualité des sédiments ni de toxicité.

4.3 Choix de la variante optimale

Une seule variante complète est retenue pour la réalisation du dragage d'entretien du chenal de Grande-Entrée, soit le dragage avec immersion en mer incluant le recouvrement des sédiments fins par des sables. Cette variante sera optimisée via l'application des mesures d'atténuation présentées à la section 4.2.1.

Par contre, une alternative est retenue pour la gestion des sables propres dragués, soit la possibilité de mettre ce matériel à la disposition d'un intervenant qui souhaiterait les valoriser. La mise en oeuvre de cette option permettrait d'augmenter les effets positifs du dragage et améliorerait donc l'optimisation du projet global. Par contre, cette possibilité ne serait mise en oeuvre que si une entente technique et financière était conclue avec d'autres intervenants pour valoriser les sables dragués dans le chenal. Cet intervenant serait responsable de la planification du projet de valorisation, de l'obtention des approbations nécessaires et devrait assumer les coûts additionnels associés au dragage. Il doit aussi être noté que si cette option est mise en oeuvre durant une année où il y a aussi dragage des chaînages inférieurs à 4200 m, une quantité suffisante de sables provenant des chaînages supérieurs à 4200 m devra être réservée pour le recouvrement des sédiments fins provenant des chaînages inférieurs à 4200 m.

4.4 Compensation des impacts résiduels

La grande majorité des impacts potentiels appréhendés dans le contexte du programme décennal de dragage d'entretien du chenal de Grande-Entrée ont une durée occasionnelle, voir Tableau 4.3. Dans ce contexte, un impact occasionnel est considéré comme étant limité à la période des travaux, mais comme étant récurrent puisque les travaux d'entretien le sont. Puisque les travaux ne durent que quelques semaines et qu'ils ont habituellement lieu aux cinq ans, il est considéré que la durée des impacts occasionnels est très faible par rapport à la période de temps non affectée. Globalement, tous les impacts de durée occasionnelle sont considérés comme n'ayant aucun effet à long terme sur le milieu et aucune compensation n'est jugée nécessaire dans ces cas.

Les seuls impacts résiduels sont les impacts permanents causés par l'immersion en mer des sédiments dragués. Malgré le fait que les impacts de l'immersion en mer sont tous faibles à long terme, il est indéniable que le milieu sera perturbé ponctuellement par la création des monticules de sédiments. Le choix des sites de mise en dépôt a été fait de façon à éviter les secteurs ayant une importance pour les espèces ayant une valeur économique. La seule compensation envisagée serait en lien avec la perturbation de l'habitat du poisson. Si elle est jugée nécessaire, la nature de cette compensation sera déterminée, en consultation avec les autorités responsables, préalablement à chaque dragage réalisé dans le cadre du programme décennal.

4.5 Synthèse du projet

L'expédition du sel de Mines Seleine à Grosse-île aux Îles-de-la-Madeleine nécessite l'utilisation d'un chenal de navigation de 10,6 km de longueur, dont 7,8 km sont situés à l'intérieur de la lagune. Ce chenal a été creusé en 1982 à une profondeur de 7,3 m à l'intérieur de la lagune et de 8,3 m à l'extérieur.

Sous l'action de la dérive littorale, les matériaux sableux présents dans la lagune et sur la côte ont tendance à s'accumuler progressivement dans le chenal. La perte de profondeur ainsi occasionnée augmente les risques d'accidents maritimes et contribue à hausser les coûts de transport du sel puisque les navires ne peuvent circuler qu'à cargaison réduite. L'entretien du chenal à sa profondeur initiale de 7,3 et 8,3 m, respectivement à l'intérieur et à l'extérieur de la lagune, apparaît comme la solution la plus judicieuse pour la Société canadienne de Sel pour gérer ce problème d'ensablement. Sur la base des données accumulées entre 1982 et 2002 et qui établissent la moyenne historique à environ 50 000 m³ d'accumulation par année, un volume total de l'ordre de 750 000 m³, mais pouvant facilement dépasser 900 000 m³, devra être dragué au cours des 10 ans visés par le programme proposé.

L'aire draguée peut être divisée en deux zones présentant des sédiments de nature différente. La première aire est celle des chaînages inférieurs à 4200 m, où les sédiments contiennent une fraction importante de particules fines incluant des silts et argiles. Dans le cas de ces sédiments fins, on peut prévoir qu'il y aura des dépassements des critères applicables aux sédiments. La deuxième aire à draguer est celle des chaînages supérieurs à 4200 m. Dans cette aire les sédiments sont composés de sables relativement grossiers et exempts de contamination. La grande majorité des sédiments à draguer vient de la deuxième aire.

Le dragage d'entretien régulier sera réalisé à l'aide d'une drague hydraulique autoporteuse. Cette drague devra avoir un rendement permettant la réalisation des travaux dans le respect du calendrier et des mesures liés aux contraintes environnementales. Elle devra donc pouvoir draguer une quantité d'environ 250 000 m³ tout en appliquant les mesures visant à limiter les impacts sur le milieu. Ces mesures de mitigation, établies au cours des dragages antérieurs et décrites plus en détail plus loin, sont :

- Aucun dragage au niveau des chaînages inférieurs à 7350 m du 15 avril au 15 mai.
- Chargement de la drague à 60 %, pour limiter la surverse, lors du dragage du bassin et de la courbe (chaînages 258 à 4200 m) du 15 juin au 31 juillet.
- Dragage un jour sur deux dans le secteur entre les chaînages 4200 m et 4600 m et le secteur entre les chaînages 4600 m et 7350 m du 15 juin au 31 juillet.
- Dragage deux jours sur trois, du 1 avril au 24 septembre aux chaînages inférieurs à 4200 m (268 m à 2227 m, 2227 m à 3719 m, 3719 m à 4200 m) à moins qu'une des contraintes plus sévères mentionnées ci-dessus soit applicable.
- Dragage deux jours sur trois entre le 1 avril et le 7 août, et entre le 25 août et le 24 septembre aux chaînages 4200 m à 7350 m (4200 m à 4600 m, et 4600 m à 7350 m), à moins qu'une des contraintes plus sévères mentionnées ci-dessus soit applicable.
- Aucun dragage dans la passe (chaînages 7350 à 8650 m) du 15 mai au 21 juillet et du 24 septembre au 15 octobre.
- Dragage deux jours sur trois dans le secteur de 8650 m à 9500 m et le secteur de 9500 m à 10 720 m durant les mois de juillet et septembre.
- Les sédiments du secteur du bassin et de la courbe (chaînages 258 à 4200 m) seront dragués en premier lieu puis recouverts à l'aide des matériaux dragués dans les autres secteurs (chaînages 4200 à 10 720 m).
- Respect des limites quant aux concentrations de matières en suspension dans les parcs d'aquaculture de la lagune lors du dragage des sédiments du bassin et de la courbe (chaînages 258 à 4200 m) : aucun dépassement, pendant six heures consécutives, de 150 mg/l dans le parc de moules et de 10 mg/l dans le parc de pétoncles.

La drague mécanique à benne preneuse pourrait toutefois être utilisée lors d'interventions exceptionnelles pour enlever de petites quantités très localisées et constituant des entraves importantes à la navigation.

Dans les deux cas, tous les matériaux dragués seront gérés par immersion en mer, soit dans la partie nord-est inutilisée du site de dépôt D, soit dans le nouveau site de mise en dépôt prévu à environ 5 km à l'est-sud-est du site de mise en dépôt D. La partie inutilisée du dépôt D sera seulement utilisée si le volume total à draguer peut y être déposé tout en respectant la profondeur minimale de 10,5 m suite au dépôt et en permettant un recouvrement des sédiments fins s'il y a lieu. En ce qui concerne le nouveau site de mise en dépôt, ses limites (voir Figure 3.3 et section 3.1.3.1.2) ont été établies de façon à permettre le dépôt de l'ensemble du volume prévu pour les dix prochaines années. Une profondeur minimale de 10,5 m suite à l'immersion sera aussi respectée à ce site.

Pour minimiser les conflits avec les autres utilisateurs des eaux de la région, notamment les pêcheurs commerciaux, les mesures suivantes seront appliquées au site de mise en dépôt utilisé :

- L'emplacement de l'aire de dépôt sera balisé au moyen de bouées de couleurs appropriées répondant aux exigences de la Garde côtière canadienne avant le début des travaux;
- les bouées seront maintenues en place pendant toute la durée des travaux;
- un avis à la navigation sera publié afin d'aviser les utilisateurs;
- la zone de pêche au crabe commun située à l'extérieur de la lagune, à l'ouest du chenal, entre les deux bouées de navigation, sera interdite de navigation pour la drague et le bateau de service.

Lors du dragage de sédiments provenant des chaînages inférieurs à 4200 m, ces sédiments seront recouverts d'environ 1 mètre de sables propres provenant des chaînages supérieurs à 4200 m. Pour s'assurer d'un recouvrement stable et efficace, les sables seront déposés graduellement sur l'aire couverte par les fines en progressant de la bordure vers le centre de cette aire en laissant les portes des puits à déblais partiellement ouvertes, de telle sorte que les sables seront « saupoudrés » sur le fond au lieu d'être déversés d'un seul coup. Cette progression du recouvrement aura comme effet de favoriser de recouvrement uniforme et le maintien des fines sur place.

De plus, considérant la bonne qualité des sédiments sableux provenant des chaînages supérieurs à 4200 m, la possibilité de mettre ce matériel à la disposition d'un intervenant qui souhaiterait les valoriser est envisageable. Cette possibilité ne serait toutefois mise en œuvre que si une entente technique et financière était conclue avec un ou plusieurs intervenants pour valoriser les sables dragués dans le chenal. Dans un tel scénario, le rôle et la responsabilité de Mines Seleine se limiterait à transporter les matériaux jusqu'à un point de transbordement désigné par les promoteurs d'un projet donné et à refouler ces matériaux vers l'aménagement prévu suivant les consignes de ces promoteurs. Il doit être noté que si cette option est mise en œuvre durant une année où il y a aussi dragage des chaînages inférieurs à 4200 m, une quantité suffisante de sables provenant des chaînages supérieurs à 4200 m devra être réservée pour le recouvrement des sédiments fins provenant des chaînages inférieurs à 4200 m.

5. Mise en application du programme de dragage

5.1 Travaux et études préliminaires

Chaque année, un relevé bathymétrique du chenal sera mené de façon à identifier précisément les conditions de navigation et, le cas échéant, les besoins en dragage (endroits, superficies et volumes).

Préalablement à la réalisation de chacune des interventions de dragage qui seront effectuées dans le cadre du programme décennal de dragage d'entretien :

- Un plan d'échantillonnage sera préparé et soumis au ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs pour approbation.
- Le programme d'échantillonnage et d'analyse approuvé sera réalisé pour caractériser les matériaux faisant l'objet du dragage.
- Une demande de Certificat d'Autorisation sera faite en vertu de l'article 22 de la Loi sur la qualité de l'environnement. Cette demande sera accompagnée du relevé bathymétrique, d'une identification des aires à draguer, d'un estimé de la quantité de matériaux à draguer, des résultats de la caractérisation et de l'identification du mode ou du site de mise en dépôt. La période proposée pour la réalisation des travaux sera présentée. Le programme détaillé de suivi environnemental et de surveillance sera fourni. Le cas échéant, la demande présentera également les mesures de contrôle et d'atténuation additionnelles qui seraient requises pour pallier à des impacts imprévus.

5.2 Gestion des risques d'accidents

5.2.1 Estimation des conséquences majeures

Les travaux qui seront réalisés dans le cadre du programme décennal de dragage d'entretien du chenal de Grande-Entrée ne comprennent pas de construction de structures et ne se déroulent pas à proximité de structures ou d'équipements pouvant engendrer des accidents technologiques majeures. Les seuls accidents possibles liés aux travaux prévus seraient des accidents associés à la navigation de la drague. Par exemple un échouage, une collision ou un bris d'équipement. En appliquant de bonnes pratiques de communication, de navigation et d'entretien, le risque qu'il y ait de tels accidents est très faible. Dans le pire des cas, même si un tel accident avait lieu, aucune conséquence majeure n'est anticipée.

5.2.2 Programmes de maintenance et de surveillance des ouvrages

Puisque les travaux de dragage et d'immersion en mer ne comprennent pas de construction de structures et ne se déroulent pas à proximité de structures ou d'équipements pouvant être affectés, un programme de maintenance et de surveillance des ouvrages n'est pas jugé utile ou nécessaire.

5.2.3 Plan des mesures d'urgence

Aucun accident impliquant les équipements de dragage et ayant des conséquences majeures n'est appréhendé. Il existe toutefois des risques d'incidents tels des déversements d'hydrocarbures (carburants; huile hydraulique). Pour prévenir ce genre d'incidents, les précautions suivantes seront observées :

- La machinerie utilisée sera mise au pont avant d'être amenée sur place et par la suite maintenue en bon état de fonctionnement afin de s'assurer qu'il n'y ait pas de fuites de carburants, huiles et graisses. Les équipements émettant un niveau sonore au-dessus de la normale seront réparés ou modifiés afin de les rendre acceptables.
- Une trousse d'intervention d'urgence en cas d'incident mineur sera maintenue sur place pendant les travaux (boudins, absorbants).

- Advenant un bris des équipements ou un déversement accidentel, des mesures d'urgence seront appliquées afin de contrôler la situation et, le cas échéant, le bris sera réparé immédiatement. La zone touchée sera contenue, nettoyée et le matériel contaminé sera enlevé et conduit à un site autorisé via une firme spécialisée.
- L'incident sera rapporté au réseau d'alerte d'Environnement Canada (514) 283-2333, au réseau d'alerte de la Garde côtière 1-800-363-4735, au ministère de l'Environnement du Québec (866) 694-5454, au surveillant de chantier et aux autorités de Mines Seleine.

5.3 Surveillance environnementale

Chacun des dragages fera l'objet d'une surveillance et d'un contrôle qui visera à s'assurer que les travaux respectent les modalités du décret ministériel, du Certificat d'Autorisation et des permis fédéraux, et se conforment bien à la description des devis. Cette surveillance sera réalisée à l'aide d'un ou des observateurs stationnés sur la drague ou ayant accès à celle-ci. Les éléments nécessitant une surveillance sont les suivants :

- Calendrier de dragage (pour s'assurer du respect des mesures d'atténuation limitant la période ou la fréquence de dragage dans les différents tronçons du chenal).
- Chargement de la drague avant dépôt (pour s'assurer du respect de la mesure d'atténuation limitant le chargement de la drague à 60 %, pour limiter la surverse, lors du dragage du bassin et de la courbe (chaînages 258 à 4200 m) du 15 juin au 31 juillet).
- Activités d'immersion en mer (pour s'assurer que les dépôts sont fait de façon conforme aux mesures visant le recouvrement des sédiments fins par les sables).
- Mise en place des bouées aux sites de mise en dépôt.
- Respect de l'interdiction de navigation dans la zone de pêche au Crabe commun située à l'extérieur de la lagune, à l'ouest du chenal.
- L'application du plan d'urgence dans le cas d'un déversement de produit dangereux.

Un registre détaillé des activités de dragage sera maintenu par l'entrepreneur et mis à la disposition du surveillant.

Pour s'assurer du respect des exigences légales liées aux travaux, le surveillant aura l'autorité de rediriger ou d'arrêter les travaux pour éviter qu'ils contreviennent aux modalités du décret ministériel, du Certificat d'Autorisation et des permis fédéraux.

On doit noter qu'un programme de surveillance plus détaillé sera préparé lors des demandes de CA et de permis pour chaque campagne de dragage réalisée à l'intérieur du programme décennal. Ces programmes accompagneront les programmes de suivi environnemental pour les campagnes de dragage mentionnés à la section 5.4.

5.4 Suivi environnemental

En plus de la surveillance environnementale, certains impacts nécessitent un suivi environnemental quantitatif détaillé durant les travaux. Les éléments faisant l'objet d'un tel suivi pourront être les suivants :

- Suivi de la qualité de l'eau (concentration en MES) à l'endroit des parcs d'aquiculture.
- Lors du premier dragage seulement du programme décennal proposé, un suivi de la bioaccumulation des métaux lourds dans les moules et les pétoncles sera effectué pour vérifier l'absence d'impact sur la santé humaine et valider les résultats du suivi de 2002.
- Suivi bathymétrique de l'immersion en mer (pour s'assurer du maintien d'une profondeur minimale de 10,5 m et des mesures visant le recouvrement des sédiments fins par les sables).

Un programme de suivi détaillé présentant les méthodes précises et les objectifs du suivi environnemental sera présenté lors de chacune des demandes de CA et de permis pour chaque campagne de dragage réalisée dans le cadre du programme décennal. Ces programmes accompagneront les programmes de surveillance mentionnés à la section 5.3.

6. Conclusion

La Société Canadienne de Sel Ltée effectue le dragage d'entretien du chenal de navigation de Grande-Entrée menant aux installations de Mines Seleine aux Îles-de-la-Madeleine. Ces travaux d'entretien ont pour but d'assurer une profondeur d'eau sécuritaire et efficace aux navires qui servent à l'expédition du sel.

Les matériaux dragués représentent des volumes importants, de l'ordre de 250 000 m³ aux cinq ans, et seront mis en dépôt en mer. Les sites retenus pour l'immersion en mer sont localisés à l'extérieur des zones importantes pour la vie marine et, conséquemment, cette activité aura peu de répercussions sur l'habitat naturel et sur l'utilisation du milieu.

L'analyse des impacts des interventions envisagées démontre que ces travaux peuvent se réaliser sans porter atteinte de façon importante à l'environnement biophysique et humain. Le programme décennal d'entretien proposé apparaît donc acceptable sur le plan environnemental.

7. Bibliographie

Abraham, B. J. et P. L. Dillon. 1986. Species profiles: life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (mid-Atlantic) - softshell clam. U.S. Fish. Wildl. Serv. Biol. Rep. 82 (11.68).

ACÉE (Agence canadienne d'évaluation environnementale). 2004. Lignes directrices pour l'élaboration d'un examen préalable en vertu de la Loi canadienne sur l'évaluation environnementale. Projet de Dragage d'entretien du chenal maritime de Mines Seleine dans la lagune de la Grande Entrée, Îles-de-la-Madeleine. Addenda à la directive provinciale.

Banfield, A. W. F. 1977. Les mammifères du Canada. 2nd edition. Les Presses de l'Université Laval, Sainte-Foy, Québec. 406 p.

Barnard, W. D. 1978. Prediction and control of dredged material dispersion around dredging and open-water pipeline disposal operations. Technical Report DS-78-13. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.

Beak International inc. 2002. Sediment Toxicity Study – Îles-de-la-Madeleine. Report prepared for: Robert Hamelin et associés. June 2002.

Belzile, Louis. 1999. Recherche d'informations sur les habitats du homard et des autres espèces marines situées à proximité du dépôt D aux Iles-de-la-Madeleine. Rapport préparé par le groupe-conseil Génivar inc. pour Pêches et Océans Canada. 19 p. + 2 annexes. Mai 1999.

Belzile, N. 1988. The fate of arsenic in sediments of the Laurentian Through. *Geochemica et Cosmochimica Acta* 32 : 2293-2302.

Bergeron, J. 1967. Contribution à la biologie du homard (*Homarus americanus* M. Edw.) des Îles-de-la-Madeleine. *Naturaliste Can.* 94 : 169-207.

Bernatchez, L. et M. Giroux. 2000. Les poissons d'eau douce du Québec et leur répartition dans l'Est du Canada. Broquet inc., Boucherville, Québec. 350 p.

Bibeault, J-F., N. Gratton et P. Dionne. 1997. Synthèses des connaissances sur les aspects socio-économiques du secteur d'étude Golfe du Saint-Laurent – Baie des Chaleurs. Rapport technique. Zones d'intervention prioritaire 19, 20 et 21. Environnement Canada – région Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent, 256 pages.

Blasco, D., M. Levasseur, R. Gélinas, R. Larocque, A.D. Cembella, B. Huppertz et E. Bonneau. 1998. Monitoring du phytoplancton toxique et des toxines de type IPM dans les mollusques du Saint-Laurent : 1989-1994. Site du MPO-Observatoire du Saint-Laurent. [En ligne] <http://www.osl.gc.ca/fr/info/publications/phyto-toxique/rapport-89-94/page1.html> (Page consultée le 17 décembre 2004)

Bourget, E. 1976. Impact écologique de la fermeture de la baie de Grosse-Îles, Îles-de-la-Madeleine et de sa saturation éventuelle en sel. Rapport présenté à la Société québécoise d'exploration minière par l'INRS-Océanologie. 103 p.

Bowen, J. D., G. L. Hartman et C. A. Meininger. 1992. Third Harbour Tunnel, Boston: Mechanical Dredge – Sediment Resuspension Analysis. *Terra et Aqua* 47 : 28-36.

Burton, J., J. Brabant, J. Chalifour, J-P. Beaumont et G. Méthot. 1979. Rapport portant sur les résultats des études complémentaires réalisées au printemps et à l'été 1979 : homard, hareng, benthos, contamination des sédiments et végétation. Rapport préparé pour la Société minière Louvem inc. par le Centre de recherches écologiques de Montréal. 78 p. + annexes.

Burton, J., B. Pinel-Alloul, G. Méthot et P. Mousseau. 1977. Quelques aspects de l'écologie de la lagune de Grande-entrée. Mémoire du Centre de recherches écologiques de Montréal présenté aux audiences publiques tenues aux Îles-de-la-Madeleine les 15 et 16 décembre 1977. 119 p.

BPR Groupe-conseil. 2004. Plan de gestion – Sources d'emprunt pour l'approvisionnement en matériaux granulaires – Îles-de-la-Madeleine. Rapport préparé pour le compte de la municipalité des Îles-de-la-Madeleine et du ministère des Transports du Québec.

Campbell, L.H. 1988. The impact of river engineering on water birds on an English lowland river. *Bird Study* 35 : 91-96.

Cargnelli, L. M., S. J. Griesbach, D. B. Packer et E. Weissberger. 1999. Essential Fish Habitat Source Document: Ocean Quahog, *Arctica islandica*, Life History and Habitat Characteristics. NOAA Technical Memorandum NMFS-NE-148. National Oceanic and Atmospheric Administration. U. S. Department of Commerce. National Marine Fisheries Service, Northeast Region. Northeast Fisheries Science Center. Woods Hole, Massachusetts.

CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement). 2003. Sommaire des recommandations canadiennes existantes pour la qualité de l'environnement. Mise à jour en décembre 2003. [En ligne] http://www.ccme.ca/assets/pdf/fl_061.pdf (site consulté le 31 mai 2005).

Centre Saint-Laurent. 1992a. Critères intérimaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments du Saint-Laurent. Document préparé conjointement par Environnement Canada et le ministère de l'Environnement du Québec. No de catalogue En40-418/1991F.

Centre Saint-Laurent. 1992b. Guide pour le choix et l'opération des équipements de dragage et des pratiques environnementales qui s'y rattachent. Document préparé en collaboration avec Travaux Publics Canada et le ministère de l'Environnement du Québec et réalisé par Les Consultants Jacques Bérubé Inc. No de catalogue En40-438/1992F.

CJB Environnement inc. 2002. *Rapport de surveillance et de suivi environnemental des travaux réalisés en 2002*. Nivellement des hauts-fonds au port de Trois-Rivières. Rapport présenté à Travaux publics et Services gouvernementaux Canada pour le compte de l'administration portuaire de Trois-Rivières.

CJB Environnement inc. et Procéan inc. 2000. *Rapport de surveillance et de suivi des travaux réalisés en 1999*. Projet de dragage sélectif des hauts-fonds entre Montréal et Cap à la Roche. Programme de surveillance et de suivi environnemental. Rapport présenté à l'Administration Portuaire de Montréal. 64 pp. + annexes.

CJB Environnement inc. et Procéan inc. 1999. *Rapport de surveillance et de suivi des travaux réalisés au cours de l'automne 1998*. Projet de dragage sélectif des hauts-fonds entre Montréal et Cap à la Roche. Programme de surveillance et de suivi environnemental. Rapport présenté à l'Administration Portuaire de Montréal. 43 pp. + annexes.

Cleary, L. et J. Morgan. 1981. Changes in effort, catch-per-unit-effort and biological characteristics in the inshore herring fishery of Magadalen Island (1970-1980). CAFSAC res. Doc. 81/32. 48 p.

COSEPAC. 2003. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la morue franche (*Gadus morhua*) au Canada – Mise à jour. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. xii + 89 p.

Cranford, P. J. et D. Gordon. 1992. The influence of dilute clay suspensions on sea scallop (*Placoten magellanicus*) feeding activity and tissue growth. *Netherlands Journal of Sea research* 30 : 107-120.

Dubé, P. 1990. Suivi d'impacts sur le homard associés aux travaux effectués de 1980 à 1984 dans la lagune de Grande-Entrée, pour le développement minéralo-portuaire de Grosse-Île aux Îles-de-la-Madeleine.

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Direction de la recherche scientifique et technique. Cahier d'information no. 126. 39 p.

Edenborn, H. M., Belzile, N., Mucci, A., Lebel, J. et N. Silverberg. 1986. Observations on the diagenetic behavior of arsenic in a deep coastal sediment. *Biogeochemistry* 2 : 359-376.

Elouard, B., G. Desrosiers, J-C. Brethes et Y. Vigneault. 1983. Étude de l'habitat du poisson autour des îlots créés par des déblais de dragage : lagune de Grande-Entrée, Îles-de-la-Madeleine. *Rapp. Tech. can. sci. halieut. Aquat.* No. 1209 : viii+69 p.

Emploi Québec. 2004. Fiche territoriale MRC Les Îles-de-la-Madeleine. Direction de la planification, du partenariat et du support aux opérations. 32 p.

Environnement Canada. 2004. Espèces en péril – Loup Atlantique. Mise à jour 2004-11-10 Site Internet d'Environnement Canada [En ligne]
http://www.especeesenperil.gc.ca/search/speciesDetails_f.cfm?SpeciesID=652.

Environnement Canada. 1994. *Répercussions environnementales du dragage et de la mise en dépôt des sédiments*. Document préparé par Les Consultants Jacques Bérubé inc. pour la Section du développement technologique. Direction de la protection de l'environnement, régions du Québec et de l'Ontario. N° de catalogue En 153-39/1994F. 109 pages.

Fredette, T. J., P. E. Jackson, C. J. Demos, D. A. Hadden, S. H. Wolf, T. A. Nowak Jr. et E. DeAngelo. 2000. The Boston Harbor Navigation Improvement Project CAD Cells: Recommendations for Future Projects Based on Field Experience and Monitoring. *Proceedings of the Western Dredging Association, Twentieth Technical Conference and Twenty-second Texas A&M Dredging Seminar, June 25-28, 2000, Warwick, RI.* Pp. 291-302.

Gagnon, M. 1998. Bilan régional – Îles-de-la-Madeleine. Zone d'intervention prioritaire 21. Environnement Canada – région du Québec, Conservation de l'environnement, centre Saint-Laurent. 78 pages.

Gagnon, M., P. Bergeron, J. Leblanc et R. Siron. 1997. Synthèse des connaissances sur les aspects physiques et chimiques de l'eau et des sédiments du golfe du Saint-Laurent et de la baie des Chaleurs. Ministère des Pêches et des Océans – Région Laurentienne, Division des sciences de l'environnement marin, Institut Maurice-Lamontagne et Environnement Canada – Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. Rapport technique. Zones d'intervention prioritaire 19, 20 et 21. 191 pages.

Gauthier, J. et Y. Aubry. 1995. Les Oiseaux nicheurs du Québec : Atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional. Association québécoise des groupes d'ornithologues, Société québécoise de protection des oiseaux, Service canadien de la faune, Environnement Canada, région du Québec, Montréal, xviii + 1295 p.

Giguère, M., S. Brulotte, N. Paille et J. Fortin. 2005. Mise à jour des connaissances sur la biologie et l'exploitation de la mactre de l'Atlantique (*Spisula solidissima*) aux Îles-de-la-Madeleine. *Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat.* 2587 : ix + 32 p.

Giguère, M., S. Brulotte et P. Goudreau. 2000. État des stocks de pétoncles des eaux côtières du Québec. MPO-Sciences, Document de recherche 2000/086.

Gilbert, D. 2004. Température et salinité pendant la mission estivale d'évaluation des stocks de crevette et poissons de fond dans le golfe du Saint-Laurent en 2003. Ministère des Pêches et des Océans.

Gosner, K. L. 1978. *A Field Guide to the Atlantic Seashore from the Bay of Fundy to Cape Hatteras*. Houghton Mifflin Company, Boston, Massachusetts.

Groupe Environnement Shooner inc. 1991. Programme de dragage d'entretien du chenal maritime des Mines Seleine, Grande-Entrée, Îles-de-la-Madeleine. Étude d'impact sur l'environnement soumise au ministère de l'environnement du Québec. Rapport final. Présenté par La Société canadienne de Sel, Limitée. Mars 1991.

Harvey, C. et A. Boudreault. 1994. Dragage du chenal maritime de la lagune de la Grande-Entrée aux Îles de la Madeleine en 1992 : suivi environnemental. Rapport présenté par Groupe Environnement Shooner inc. à La Société canadienne de Sel Ltée. 70 p. + annexes. Mai 1994.

Havis, R. N. 1988. Sediment resuspension by selected dredges. Environmental Effects of Dredging Technical Note EEDP-09-2. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.

Hayes, D. et P.-Y. Wu. 2001. *Simple Approach to TSS Source Strength estimates*. Proceedings of the WEDA XXI Conference, Houston, TX, 25-27 juin 2001.

Hayes, D., T. Borrowman et T. Welp. 2000. *Near-field Turbidity Observations During Boston Harbor Bucket Comparison Study*. Proceedings of the WEDA XX Conference, Providence, RI, juin 2000.

Hayes, D. F. 1986. Guide to selecting a dredge for minimizing resuspension of sediment. Environmental Effects of Dredging Technical Note EEDP-09-1. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.

Hudon, C et P. Fradette. 1988. Planktonic growth of larval lobster (*Homarus americanus*) off Îles-de-la-Madeleine (Québec), Gulf of Saint-Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45 : 868-878.

Hudon, C. 1987. Ecology and growth of post larval and juvenile lobster, (*Homarus americanus*), off Îles-de-la-Madeleine (Québec). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44 : 1855-1869.

Hudon, C., P. Fradette et P. Legendre. 1986. La répartition horizontale et verticale des larves de homard (*Homarus americanus*) autour des Îles-de-la-Madeleine, golfe du saint-Laurent. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43 : 2164-2176.

Koutitonsky, V.G. et N. Navarro. 2002. Descriptive physical oceanography of Great-Entry lagoon, gulf of St. Lawrence. Estuarine, Coastal and Shelf Science 54 : 833-847.

Lafleur, P.-E., R. Bailey, J.-C. Brethes et P. Lamoureux. 1984. Le crabe des neiges (*Chionoecetes opilio o. fabricus*) de la côte-Nord de l'estuaire du golfe Saint-Laurent : état des stocks et perspectives d'exploitation. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. Travaux sur les pêcheries du Québec no. 50. 53 p.

Lalumière, R. et A. Proulx. 1992. Analyse de la qualité physico-chimique des sédiments sur l'aire d'extension du dépôt D et inventaire de la zostère marine dans la lagune de Grande-Entrée. Rapport préparé pour Mines Seleine par le Groupe Environnement Shooner inc. 10 p. + annexe.

Lamoureux, J.-P., S. Lanois, A. Le Sauteur, P. Legendre et L. Olivier. 1984. Agrandissement, par dragage, des aires de manœuvre des navires au quai de Mines Seleine inc. ; Îles-de-la-Madeleine. Évaluation des impacts sur l'environnement. Préparé par Dimension Environnement Ltés pour les Mines Seleine inc. 168 p.

Lefavre, D. 2002. Étude des aspects physiques – Site de dépôt D. Secteur de Grande-Entrée – Îles-de-la-Madeleine. Volume 3 – Étude des courants. Préparé pour Robert Hamelin et Associés inc. pour le compte de Mines Seleine inc. Janvier 2002.

Les Consultants Jacques Bérubé inc. 1997a. *Suivi de la qualité de l'eau*. Dragage d'entretien du lac Saint-Pierre. Rapport présenté à la Garde côtière canadienne.

Les Consultants Jacques Bérubé inc. 1997b. *Dragage d'entretien de la Traverse Nord dans le Chenal de Navigation du Saint-Laurent. Suivi de la qualité de l'eau*. Garde côtière canadienne, Ministère des Pêches et des Océans. Rapport final, mars 1997.

Long, B. 2002. Étude des aspects physiques. Site de dépôt D. Secteur de Grande-Entrée. Îles-de-la-Madeleine. Volume 2 – Étude sédimentologique. Préparé pour Robert Hamelin et Associés inc. pour le compte de Mines Seleine inc. Québec, janvier 2002.

MAMSL (Ministère des Affaires Municipales, du Sport et du Loisir). 2004. Évaluation de performance des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux pour l'année 2003. Service du suivi des infrastructures. Direction des infrastructures. 155 p.

MAPAQ (Ministère Agriculture, Pêches et Alimentation du Québec). 2003. Répertoire des produits aquatiques. 4e édition. Direction générale des pêches et de l'aquaculture commerciale. 48 p.

McLellan, T. N, R. N. Havis, D. F. Hayes et G. L. Raymond. 1989. Field Studies of Sediment Resuspension Characteristics of Selected Dredges. Technical Report HL-89-9, US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.

MEF (Ministère de l'Environnement et de la Faune). 1998. Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés. Ste-Foy, QC. 124 p. Envirodoq EN980478. Mises à jour consultées sur le site Internet. <http://www.menv.gouv.qc.ca/sol/terrains/politique/index.htm> (site consulté le 18 janvier 2005).

MENV (Ministère de l'Environnement). 2004. Aster du Saint-Laurent. Site du MENV. [En ligne] <http://www.menv.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/aster-stlaurent/aster.htm> (Page consultée le 17 décembre 2004)

MPO (Ministère des Pêches et Océans Canada). 2004. Observatoire du Saint-Laurent. <http://www.osl.gc.ca/fr/info/publications/monitorage.html>

MPO (Ministère Pêches et Océans). 2004b. Les pêches maritimes du Québec-Portrait 2001-2002. Service de la statistique en collaboration avec la Direction des politiques et de l'économique. 43 p.

MPO. 2004c. Plie rouge du sud du golfe du Saint-Laurent (div 4T). MPO-Sciences, Rapp. sur l'état des stocks 2004/05.

MPO. 2004d. Les pêches maritimes du Québec - Statistique mensuelle des débarquements par espèces. Direction régionale de la Gestion des pêches, Service des statistiques. 61 p.

MPO. 2003. État de l'océan en 2002 : Les conditions océanographiques, chimiques et biologiques dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. Secr. Can. de consult. Sci. du MPO, Rapp. sur l'état de l'écosystèmes 2003/007.

MPO. 2003b. Profil de la moule bleue (*Mytilus edulis*)-Region du Golfe. Direction des politiques et des services économiques, Région du Golfe. 37 p. + annexes.

MPO. 2002. État de l'océan en 2001 : Conditions chimiques et biologiques dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. MPO-Sciences, Rapp. sur l'état des stocks G4-03 (2002).

MPO. 2002b. Le crabe commun des eaux côtières du Québec. MPO-Sciences, Rapp. sur l'état des stocks C4-02 (2002).

MPO. 2002c. La mactre de Stimpson des eaux côtières du Québec. MPO-Sciences, Rapp. sur l'état des stocks C4-11 (2002).

MPO. 2000. L'Oursin vert des eaux côtières du Québec. MPO-Sciences, Rapp. sur l'état des stocks C4-13 (2000).

- MPO. 1998. Quahog nordique du plateau néo-écossais. MPO – Sciences, Rapport sur l'état des stocks C3 – 37 (1998).
- MPO. 1997. Notice. MPO Pêches de l'Atlantique. Rapport sur l'état des stocks 96/120F.
- MRC IDLM (Municipalité Régionale Îles-de-la-Madeleine). 2004. Profil socio-économique. MRC Îles-de-la-Madeleine. Site de la MRC Îles-de-la-Madeleine. [En ligne] <http://www.gaspesie-les-iles.org> (Page consultée le 17 février 2005)
- MRNFP. 2001. Fiche détaillée : Grèbe esclavon, espèce menacée au Québec. Site de la FAPAQ. [En ligne] http://www.fapaq.gouv.qc.ca/fr/etu_rec/esp_mena_vuln/fiche_esp.asp?noEsp=6 (Page consultée le 17 décembre 2004).
- MRNFP. 2001b. Fiche détaillée : Pluvier siffleur, espèce menacée au Québec. Site de la FAPAQ. [En ligne] http://www.fapaq.gouv.qc.ca/fr/etu_rec/esp_mena_vuln/pluvier.pdf (Page consultée le 17 décembre 2004).
- Munro, J. et J.C. Therriault. 1983. Migrations saisonnières du homard (*Homarus americanus*) entre la côte et les lagunes des Îles-de-la-Madeleine. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40 : 905-918.
- Nichols, M., R. J. Diaz et L. C. Schaffner. 1990. Effects of hopper dredging and sediment dispersion, Chesapeake Bay. Environ. Geol. Water Sci. 15 : 31-43.
- Ouellet, Y. 2002. Étude des aspects physiques – Site de dépôt D. Secteur de Grande Entrée – Îles-de-la-Madeleine. Volume 1 – Étude des vents et des vagues. Rapport GCT-2002-01. Préparé pour Robert Hamelin et Associés inc. pour le compte de Mines Seleine inc. Janvier 2002.
- Palermo, M. R., J. E. Clausner, M. P. Rollings, G. L. Williams, T. E. Myers, T. J. Fredette et R. E. Randall. 1998. Guidance for subaqueous dredged material capping. Technical Report DOER-1, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- Palermo, M. R. 1992. Equipment and Placement Techniques for Capping. Technical Note DRP-5-05. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- Palermo, M. R., Teeter, Allen M., et Homziak, Jurij. 1990. Evaluation of Clamshell Dredging and Barge Overflow, Military Ocean Terminal, Sunny Point, North Carolina. Technical Report D-90-6, US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- Pelletier, L., P. Gauthier et M. Nadeau. 2001. L'Oursin vert (*Strongylocentrotus droebachiensis*) des Îles-de-la-Madeleine : description des agrégations et potentiel d'exploitation. Rapp. Tech. Can. Sci. halieut. Aquat. 2362: vii + 28 p.
- Pelletier, J.P. 1994. Hamilton Harbour Contaminated Sediment Removal Demonstration : Report on the Water Quality Monitoring Program. Remediation Technologies Program. Env. Canada, Dir. of Prot., Ontario reg.
- Pennkamp, J. G. S., R. J. C. Epskamp, W. F. Rosenbrand, A. Mullié, G. L. Wessel, T. Arts et I. K. Deibel. 1996. Turbidity Caused by Dredging; Viewed in Perspective. Terra et Aqua 64 : 10-17.
- PIANC. 2002. Environmental Guidelines for Aquatic, Nearshore and Upland Confined Disposal Facilities for Contaminated Dredged Material. Report of Working Group 5 of the Environmental Commission. 48 p. + CD-ROM.
- Poirier, L. et B. Myrand. 1982. Élevage de la moule bleue, *Mytilus edulis*, dans les lagunes des Îles-de-la-Madeleine (Québec). Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Direction de la recherche scientifique et technique. 64 p.
- Procéan inc. 1998. Compilation de données de pêches expérimentales de homards. Rapport présenté à Pêches et Océans Canada. 14 janvier 1998. 7 p. + annexes.

- Raymond, G. L. 1984. Techniques to Reduce the Sediment Resuspension Caused by Dredging. Miscellaneous paper HL-84-3, US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- Robert Hamelin et Associés inc. 2003. Dragage d'entretien du chenal de Grande-Entrée. Rapport de surveillance. Présenté à La Société canadienne de Sel, Limitée. 26 février 2003.
- Robert Hamelin et Associés inc. 2002. Information relative à l'examen préalable pour le dragage d'entretien du chenal de la Grande-Entrée. Présenté à La Société canadienne de Sel, Limitée. 12 avril 2002.
- Robert Hamelin et Associés inc. 2002b. Dynamique sédimentaire autour du site de dépôt D. Rapport synthèse final. Présenté à Mines Seleine et à Environnement Canada. 8 mars 2002.
- Robert Hamelin et Associés inc. 2001. Rapport sur la présence d'arsenic dans les sédiments à draguer. Présenté à Mines Seleine. 2 août 2001.
- Robert Hamelin et Associés inc. 1998. Dragage du chenal maritime de la Grande-Entrée, 1997 : Bilan du programme de contrôle et de suivi. Rapport final. Préparé pour La Société Canadienne de Sel, Limitée. 8 mai 1998.
- Robert Hamelin et Associés inc. 1997. Information relative à l'examen préalable pour le dragage d'entretien du chenal maritime de la Grande-Entrée. Rapport final. Préparé pour la Société canadienne de Sel, Limitée. Juin 1997.
- Robert Hamelin et Associés inc. 1997b. Caractérisation après dragage dans le chenal maritime de la Grande Entrée entre les chaînages 500 et 3718. Rapport final. Rapport présenté à Mines Seleine, une division de la Société canadienne de Sel Ltée. 25 novembre 1997.
- Robert Hamelin et Associés inc. 1997c. Analyse comparative de la drague à benne preneuse et de la drague suceuse porteuse à élinges traînantes pour le dragage d'entretien du chenal maritime de la Grande Entrée. Rapport final présenté à Mines Seleine. 4 août 1997.
- Robert Hamelin et Associés inc. 1987. Prolongement et élargissement du quai Murphy – MIL Davie inc., Lauzon. Étude d'impact sur l'environnement soumise au ministère de l'Environnement du Québec.
- Ropars, Y. 2002. Étude des aspects physiques. Site de dépôt D. Secteur de Grande-Entrée – Îles-de-la-Madeleine. Volume 4 – Analyse comparative des bathymétries. Rapport technique préparé pour Robert Hamelin et Associés inc. pour le compte de Mines Seleine inc. Janvier 2002.
- Schöne, B. R., J. Fiebig, M. Pfeiffer, R. Gleß, J. Hickson, A. L. A. Johnson, W. Dreyer et W. Oschmann. 2005. Climate records from a bivalved *Methuselah* (*Arctica islandica*, Mollusca; Iceland). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 228 : 130-148.
- Service canadien des glaces. 2005. Atlas climatique des glaces de mer - Côte est du Canada 1971-2000. Site Internet du Service canadien des glaces, Environnement Canada, [En ligne] <http://ice-glaces.ec.gc.ca> (site consulté le 6 janvier 2005).
- SIGHAP (Système d'information pour la gestion de l'habitat du poisson). 2005. Cartographie en ligne. Ministère des Pêches et Océans Canada – région du Québec. [En ligne] <http://www.qc.dfo-mpo.gc.ca/habitat/fr/cartographie.htm> (site consultée le 23 février 2005).
- Shaffer, F. 2002. Sterne de Dougall. *Québec Oiseaux* 14 (hors série) : 24-27.
- Spénard, P. 1979. La pêche au hareng aux îles-de-la-Madeleine, 1960-1978. Ministère des Pêches et des Océans Canada, Service des pêches et de la mer. Rapp. Tech. No. 876F. 84 p.
- St-Laurent, D, B. Jacquaz, D. Borcard et R Chabot. 2004. Suivi spatiotemporel de la communauté benthique au dépôt D des déblais de dragage du chenal de la Grande Entrée, Îles-de-la-Madeleine,

Québec. Rapport préparé en collaboration par Environnement Canada et Laboratoires SAB inc. pour la direction Protection de l'environnement, région du Québec, Environnement Canada, Montréal, QC. 34 p. + annexes.

St-Laurent, D., R. Chabot, M. Provancher, M. Douville et C. Côté. 2000. Suivi environnemental au dépôt D des déblais de dragage du chenal de la Grande Entrée, Îles-de-la-Madeleine, Québec (1997) – Évaluation chimique et biologique. Rapport produit en collaboration par Environnement Canada et BEAK International inc. pour Environnement Canada, Région du Québec, Direction de la protection de l'environnement, 71 p. et annexes.

Tibbo, S.N., D.J. Scarratt et P.W.G. McMullon. 1963. An investigation of herring (*Clupea harengus L.*) spawning using free-diving techniques. J. Fish. Res. Board. Can. 20 : 1067-1079.

Travaux publics Canada. 1991. A study of the Long-Term Use Confined Disposal Facilities (CDFs) in the Canadian Great Lakes. Environmental Services, Marine & Transportation, Architectural & Engineering Services, Public Works Canada, Ontario Region.

Ward, J.G. 1981. Wildlife observations during dredging. Observations in McKinley Bay, July-August 1980. Dome Petroleum Limited, Calgary, Alberta.

ZIP IDLM (Zone d'intervention prioritaire – Îles-de-la-Madeleine). 2002. Plan d'action et de réhabilitation écologique (PARE) des Îles-de-la-Madeleine.

ZIP IDLM. 2003. La lagune de Grande-Entrée. Historique des ressources et des usages des plans d'eau intérieurs des Îles-de-la-Madeleine. Comité de gestion de la lagune de Grande-Entrée. 33 p. + annexes.

8. Personnes consultées

Bergeron, Daniel. Coordonnateur des évaluations environnementales et des permis, Conservation de l'environnement, Service canadien de la faune, région du Québec. 1141 route de l'Église, C.P. 10100, 9^e étage, Sainte-Foy QC G1V 4H5. Téléphone : (418) 648-7271. Télécopieur : (418) 648-7045. Courriel : daniel.bergeron@ec.gc.ca.

Bernier, Catherine. Biologiste-analyste, Ministère de l'Environnement du Québec, Direction régionale de l'analyse et de l'expertise du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine. 124, 1^{ère} Avenue Ouest, Sainte-Anne-des-Monts (Québec) G4V 1C5. Téléphone : (418) 763-3301, poste 233. Télécopieur : (418) 763-7810. Courriel : catherine.bernier@menv.gouv.qc.ca.

Boudreau, Benoît. Coordonnateur des interventions forestières. Municipalité des Îles-de-la-Madeleine. Téléphone : (418) 986-3100.

Cyr, Roland. Président. Havre de pêche de Grande-Entrée. Téléphone : (418) 985-2852.

Déziel, Annie. Conseillère principale, région du Québec. Agence canadienne d'évaluation environnementale. 1141, route de l'Église, 2^e étage, case postale 9514, Sainte-Foy (Québec) G1V 4B8. Téléphone : (418) 649-6804. Télécopieur : (418) 649-6443. Courriel : annie.deziel@ceaa-acee.gc.ca.

Éloquin, Carlos. Grande-Entrée Aquaculture inc. Cap-aux-Meules. Téléphone : (418) 969-4893.

Harvey, Alex. Agent de programme. Ministère des Pêches et Océans Canada. Service aux usagers. 104, rue Dalhousie, Québec, Québec G1K 7Y7. Téléphone : (418) 649-6571. Télécopieur : (418) 648-4470.

Martinet, Yves. Directeur adjoint. Comité ZIP des Îles-de-la-Madeleine. Téléphone : (418) 986-6633.

Michon, Pierre. Chargé de projet. Service des projets en milieu hydrique. Direction des évaluations environnementales. MDDEP. Édifice Marie-Guyart, 6^e étage, 675, boul. René-Lévesque Est, Québec, Québec G1R 5V7. Téléphone : (418) 521-3933, poste 4652. Télécopieur : (418) 644-8222. Courriel : pierre.michon@mddep.gouv.qc.ca.

Morin, Roderick. Section des poissons marins, Secteur des Sciences, Ministère des Pêches et Océans, Centre des Pêches du Golfe. 343, avenue de l'Université, C.P. 5030, Moncton, NB E1C 9B6. Téléphone : 506-851-2073. Télécopieur : 506-851-2620. Courriel : MorinRB@dfo-mpo.gc.ca.

Pereira, Selma. Biologiste, Gestion des océans et de l'habitat du poisson. Ministère des Pêches et Océans Canada. Opérations du secteur Îles-de-la-Madeleine. 235, chemin Principal, porte 206, CP 1058, Cap-aux-Meules, Québec G4T 1R7. Téléphone : (418) 986-2095. Télécopieur : (418) 986-5353.

Poirier, Pascal. Attention FragÎles. Téléphone : (418) 986-6644.

Richard, Jean. Directeur des travaux publics. Municipalité des Îles-de-la-Madeleine. Téléphone : (418) 986-3100. Courriel : jrichard@muniles.ca

Richard, Jean. Chef, MPO-Conservation et Protection. 235, chemin Principal, porte 206, Cap-aux-Meules, QC G4T 1R7. Téléphone : 418-986-2095.

St-Laurent, Donald. Coordonnateur régional, Programme d'immersion en mer, Direction de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Région du Québec. 105, rue McGill, 4^e étage, Montréal, Québec H2Y 2E7. Téléphone : (514) 283-0183. Télécopieur : (514) 496-6982. Courriel : donald.stlaurent@ec.gc.ca.

Sylvain, Jean. Chargé de projet. Service des projets en milieu hydrique. Direction des évaluations environnementales. MDDEP. Édifice Marie-Guyart, 6^e étage, 675, boul. René-Lévesque Est, Québec, Québec G1R 5V7. Téléphone : (418) 521-3933, poste 4656. Télécopieur : (418) 644-8222. Courriel : jean.sylvain@mddep.gouv.qc.ca.

Tita, Guglielmo. Biologiste. Station technnologique maricole des Îles-de-la-Madeleine (STMIM). 184, chemin Principal, Cap-aux-Meules, QC G4T 1C6. Téléphone : (418) 986-4795.

Vigneau, Louis. Ministère des Transports du Québec. Téléphone : (418) 986-2691.