

QH  
541.5  
.M3  
A735  
1997

# RESTAURATION DU MARAIS DE RIVIÈRE-DU-LOUP ET PROTECTION D'UN TRONÇON DE L'AUTOROUTE JEAN-LESAGE

---

## ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ

### Rapport final



Présenté aux partenaires suivants:

**PÊCHES ET OCÉANS CANADA**  
À l'attention de madame Marie-France Dalcourt

**SERVICE CANADIEN DE LA FAUNE**  
À l'attention de monsieur Denis Lehoux

**MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC**  
À l'attention de messieurs Yves Bédard et Jean-Pierre Beaumont



N/Réf.: 18522-001

Les consultants en environnement Argus Inc.  
3075, ch. des Quatre-Bourgeois  
Sainte-Foy (Québec)  
G1W 4Y4  
Téléphone :  
(418) 654-9638  
Télécopieur :  
(418) 654-9699

JUILLET 1997

## ÉQUIPE DE RÉALISATION

---

**Les consultants en environnement Argus inc.**

**Superviseur**

**Pierre Bertrand, géomorphologue**

**Chargé de projet**

**Ghislain Verreault, biologiste**

**Collaborateurs**

**Daniel Gamache, géomorphologue, analyse et rédaction**

**Mathieu Laflamme, ingénieur civil, analyse et rédaction**

**Marc Drouin, ingénieur civil, conseiller technique**

**Robert Andersen, infographiste**

**Yves Racine, infographiste**

**Nancy Casault, cartographe**

**France Boucher, secrétaire**

## TABLE DES MATIÈRES

---

ÉQUIPE DE RÉALISATION .....	i
TABLE DES MATIÈRES .....	ii
LISTE DES TABLEAUX .....	iv
LISTE DES FIGURES .....	iv
LISTE DES PHOTOS .....	iv
INTRODUCTION .....	1
1.0 TRAVAUX ANTÉRIEURS RÉALISÉS .....	3
1.1 Étude de mise en valeur (Argus 1995) .....	3
1.2 Projet pilote de parc de sédimentation .....	7
2.0 CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES DU SECTEUR D'AMÉNAGEMENT .....	15
2.1 Hydrodynamique .....	15
2.1.1 Les vagues .....	15
2.1.1.1 Vents efficients: direction et vitesse .....	15
2.1.1.2 La course du vent (fetch) .....	16
2.1.1.3 La bathymétrie .....	19
2.1.1.4 Hauteurs significatives de vagues .....	20
2.1.2 Les marées .....	22
2.1.3 Les courants .....	23
2.2 Dynamique glacielle .....	23
2.3 Rôle des échanges sédimentaires .....	25
2.4 Recul du microtalus .....	26
3.0 CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DU PARC DE SÉDIMENTATION .....	29
3.1 Localisation optimale de la structure: étude de scénarios .....	29
3.2 Type de matériaux .....	36
3.2.1 Bloc de béton de ciment .....	36
3.2.1.1 Caractéristiques .....	40
3.2.1.2 Dimension et forme .....	40
3.2.1.3 Ancrage des modules et des parcs .....	41

## TABLE DES MATIÈRES (suite)

---

3.2.2	Blocs de pierre . . . . .	41
3.2.2.1	Caractéristiques de la pierre utilisée . . . . .	41
3.3	Utilisation des matériaux de dragage . . . . .	45
3.4	Transport et mise en place des matériaux de construction . . . . .	47
3.5	Période et durée des travaux . . . . .	47
4.0	COÛTS DES SCÉNARIOS . . . . .	51
4.1	Structure de béton . . . . .	51
4.2	Digue de roches . . . . .	51
4.3	Dragage et disposition des sédiments . . . . .	54
4.4	Scénario optimal . . . . .	54
5.0	IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ANTICIPÉS . . . . .	55
5.1	Milieu naturel . . . . .	56
5.1.1	Milieu physique . . . . .	56
5.1.2	Faune et habitats . . . . .	59
5.2	Milieu humain . . . . .	61
6.0	ANALYSE COMPARATIVE . . . . .	63
	CONCLUSION . . . . .	67
	BIBLIOGRAPHIE . . . . .	71

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Principales caractéristiques des milieux naturel et humain de la baie de Rivière-du-Loup . . . . .	5
Tableau 2	Hauteurs des marées extrêmes et niveau moyen de l'eau dans la baie de Rivière-du-Loup . . . . .	22
Tableau 3	Principales caractéristiques et coûts d'aménagement de la structure de protection avec des modules de béton selon le scénario étudié . . . . .	52
Tableau 4	Principales caractéristiques et coûts d'aménagement de la structure de protection avec des pierres selon le scénario étudié . . . . .	53
Tableau 5	Importance attribuée à un critère . . . . .	63
Tableau 6	Intérêt du scénario . . . . .	64
Tableau 7	Matrice de décision du projet de restauration du marais de Rivière-du-Loup et de protection de l'autoroute Jean-Lesage . . . . .	65

## LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Localisation de la zone d'étude . . . . .	4
Figure 2	Vue en coupe des profils évolutifs du marais de Rivière-du-Loup . . . . .	9
Figure 3	Localisation des parcs de sédimentation et des stations de suivi . . . . .	10
Figure 4	Détail d'un parc de sédimentation (vue en plan) . . . . .	11
Figure 5	Vue en coupe d'un module (bloc de béton) d'un parc de sédimentation . . . . .	12
Figure 6	Physiographie de la région et géométrie du moyen estuaire . . . . .	17
Figure 7	Position sur l'estran, de la structure de protection (parcs de sédimentation), selon différents scénarios . . . . .	33
Figure 8	Profil longitudinal du transect A du projet pilote (Argus 1997), localisation et hauteur des structures de protection des scénarios étudiés . . . . .	37
Figure 9	Forme et dimension des modules (blocs de béton) des différents scénarios évalués . . . . .	39
Figure 10	Pieux d'ancrage des structures de béton . . . . .	42
Figure 11	Option alignement de pierres. Scénarios 1, 2 et 3 . . . . .	43
Figure 12	Option digue de pierres. Scénario 4 et 5 . . . . .	44
Figure 13	Calendrier de réalisation: protection du marais de Rivière-du-Loup . . . . .	49

## LISTE DES PHOTOS

Photo 1	Vue d'ensemble des parcs de sédimentation sur l'estran (zone intertidale) . . . . .	13
Photo 2	Détails d'un des parcs de sédimentation sur l'estran . . . . .	13
Photo 3	Érosion de la micro-falaise à proximité de l'autoroute Jean-Lesage . . . . .	31
Photo 4	Recul graduel du marais par érosion différentielle des couches de dépôts (matière organique/argile) . . . . .	31

---

**INTRODUCTION**

## **INTRODUCTION**

---

Des études réalisées vers le milieu des années 80 ont révélé l'existence d'un important phénomène d'érosion dans le marais à spartines de Rivière-du-Loup (Dionne 1986, SOGEAM 1984). On évaluait alors le recul du marais supérieur à environ 2 m par année. L'action synergique de hauts niveaux d'eau (pleine mer supérieure marée moyenne et grande marée) et de vagues générées par de forts vents de tempêtes pourrait être à l'origine du phénomène d'érosion observé (Drapeau 1992, Anctil et Troude 1991). En effet, lors de ces événements, la propagation (ou progression) des vagues est peu affectée par la zone d'estran et celles-ci atteignent directement le microtalus du marais supérieur avec toute leur énergie. L'impact est fort et le matériel, composant le microtalus (rhizomes, matière organique et argile) est déstabilisé et arraché, transporté par les courants et les vagues et évacué vers le large.

Ce phénomène d'érosion engendre donc des réductions importantes de la superficie des marais à spartines, qui constituent un habitat faunique d'intérêt et relativement rare dans l'estuaire du Saint-Laurent. De plus, l'érosion observée dans la baie de Rivière-du-Loup représente à court terme une menace directe pour l'autoroute Jean-Lesage (A-20) adjacente au marais. Dans le secteur sud du marais, le talus d'érosion se situerait même à moins de 10 m de l'emprise de l'autoroute.

Afin de trouver une solution au problème d'érosion et d'augmenter la valeur du marais en termes d'habitat faunique, Environnement Canada, Transports Québec, Canards Illimités et la Société d'énergie de la Baie James ont parrainé en 1994-95, dans le cadre d'un programme de recherche en partenariat, une étude visant à caractériser de façon préliminaire le marais et à définir des orientations d'aménagement pour sa protection et celle du tronçon de l'autoroute Jean-Lesage menacé de même que pour la mise en valeur de certains secteurs du marais (Argus 1995).

Un projet pilote a également été initié à l'automne 1994 afin de vérifier la possibilité de protéger le marais et l'autoroute à l'aide d'un parc de sédimentation installé sur la slikke, devant le microtalus en érosion (Argus 1995). Ce projet pilote a ensuite fait l'objet d'un

suiwi technique et environnemental au cours des deux années subséquentes (Argus 1997 et 1996a, Bertrand P. *et al* (1996) dans *Leclerc M. et al* (1996) - *Écohydraulique 2000*).

La présente étude a été réalisée avec l'aide financière de Pêches et Océans Canada qui s'est joint, au cours de l'année 1996-97, aux autres partenaires du programme de recherche. Elle vise à évaluer la faisabilité technique et environnementale de la mise en place d'une structure de protection pour l'ensemble du marais, basée sur le concept de parc de sédimentation expérimenté dans le cadre du projet pilote. Après une brève synthèse des travaux antérieurs accomplis, ce rapport présente de façon successive les caractéristiques physiques du secteur d'aménagement, les principales caractéristiques techniques du parc de sédimentation et des variantes évaluées, l'estimation préliminaire des coûts de ces variantes, une évaluation sommaire des impacts environnementaux anticipés ainsi que le concept d'aménagement proposé.

---

**TRAVAUX ANTÉRIEURS RÉALISÉS**

## **1.0 TRAVAUX ANTÉRIEURS RÉALISÉS**

---

Cette section reprend pour le bénéfice du lecteur l'essentiel des informations et résultats obtenus lors des travaux réalisés depuis 1994. Seules les caractéristiques les plus pertinentes au présent mandat ont été retenues. Il s'agit donc d'une brève synthèse des documents produits au cours des trois dernières années (Argus 1997, 1996 et 1995). On pourra consulter ces documents pour une description plus détaillée des travaux exécutés.

### **1.1 ÉTUDE DE MISE EN VALEUR (ARGUS 1995)**

Cette étude a porté sur l'ensemble de la baie de Rivière-du-Loup, incluant l'estuaire de la rivière du Loup, le marais et la zone portuaire (figure 1). Une description des composantes naturelles et humaines de ce territoire a été réalisée à partir des informations disponibles et d'un inventaire effectué au cours de l'été 1994 (Argus 1995). Les principales caractéristiques de ces composantes sont présentées au tableau 1.

Il existe un bon potentiel pour la mise en valeur et l'amélioration des habitats fauniques dans le secteur du marais supérieur et en périphérie de celui-ci. La protection du marais contre l'érosion demeure cependant une étape importante à réaliser avant d'investir des efforts dans la mise en valeur et l'aménagement du milieu. Le zonage résidentiel et la tenure privée des terres dans le secteur nord de la rivière du Loup constituent également une contrainte à la mise en valeur de ce secteur. Des autorisations devront être obtenues avant de procéder aux travaux et des ententes devront être prises afin d'assurer la préservation à moyen et long termes des secteurs aménagés. Il en va de même pour le secteur d'aménagement de la structure de protection du marais, dans la zone intertidale, dont la tenure reste à préciser.

Compte tenu de la problématique observée, le concept d'aménagement envisagé vise d'abord à contrer l'érosion du marais, puis à restaurer les habitats fauniques dégradés et finalement à optimiser la diversité du milieu. Comme il a déjà été mentionné, un concept de protection et de restauration à l'aide de parcs de sédimentation a fait l'objet d'une expérimentation dans la zone intertidale. Ce projet pilote visant plus spécifiquement la protection du marais est présenté succinctement à la section suivante (voir section 1.2).

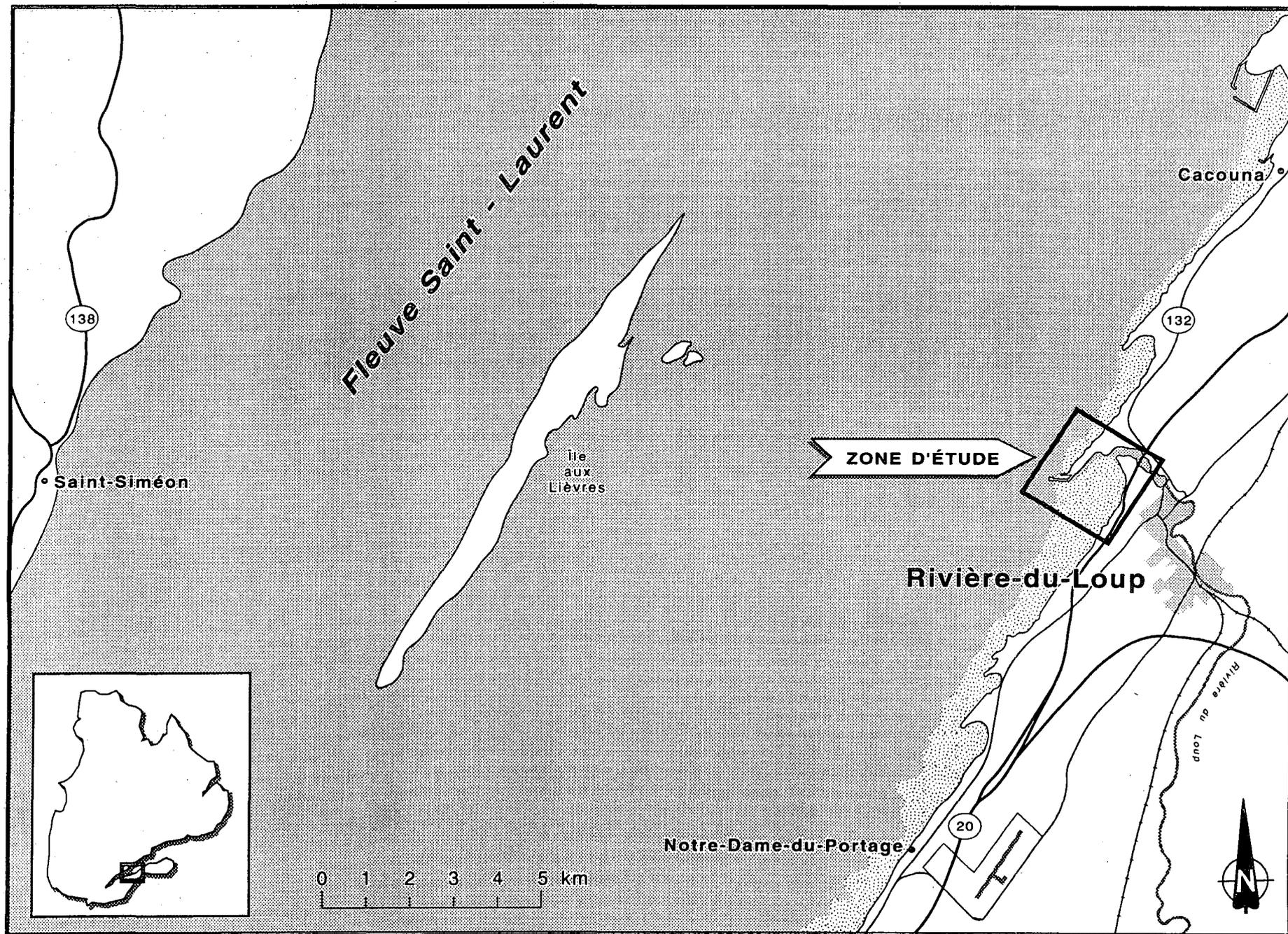


Figure 1 Localisation de la zone d'étude.

**Tableau 1 Principales caractéristiques des milieux naturel et humain de la baie de Rivière-du-Loup**

Composantes	Caractéristiques
<p>Milieu naturel:</p> <p>Morphologie littorale</p>	<p>Au niveau de la slikke, les sédiments sont principalement composés de sable avec présence d'argile et limon et d'une grande quantité de matériaux grossiers (mégablocs, blocs, cailloux et graviers). La slikke est absente dans le secteur nord de la rivière du Loup.</p> <p>Dans le marais inférieur, l'argile domine dans les sédiments fins récents. Des matériaux grossiers sont également présents à la surface. Le bas marais est très étroit et discontinu dans le secteur sud de la rivière du Loup.</p> <p>Dans le marais supérieur, les limons dominent dans les matériaux fins récemment accumulés. Au sud de la rivière du Loup, la partie basse du marais supérieur se termine par un microtalus d'érosion d'une hauteur variant de 0,6 à 1,6 m. On y retrouve peu de marelles et quelques mares dont plusieurs sont en voie d'être comblées par l'accumulation de matières organiques. Le marais supérieur est parcouru par des petits cours d'eau (marigots) et par d'anciens fossés de drainage agricole.</p>
<p>Dynamique littorale et sédimentaire</p>	<p>Le secteur situé au sud de la rivière du Loup est soumis aux vents dominants du sud-ouest dont la vitesse maximale peut atteindre 60 km/h permettant la formation de vagues d'une hauteur de l'ordre de 1,6 m (Sogeam 1984).</p> <p>La quantité de sédiments disponibles pour des échanges avec la zone intertidale est estimée à 3 000 tonnes par cycle de marée et occasionnellement jusqu'à dix fois plus (Lorrain 1994).</p> <p>Le marais supérieur de Rivière-du-Loup a subi un recul annuel du microtalus variant de 1,66 à 2,20 m entre 1967 et 1985 (Dionne 1986). D'après nos relevés, réalisés entre le 8 juin et le 23 novembre 1995, les reculs moyens du haut du microtalus, mesurés à partir de trois transects perpendiculaires au rivage, étaient respectivement de 4,6 mètres (transect A), de 3,1 mètres (transect B) et de 3,4 mètres (transect B).</p>

Composantes	Caractéristiques
Végétation du marais	Le marais inférieur étant fortement affecté par l'érosion, la superficie et la densité du groupement à spartine alterniflore est donc relativement faible. Le groupement à spartine étalée occupe la majeure partie du marais supérieur.
Faune	<p>Plusieurs espèces de sauvagine fréquentent le marais et la zone adjacente plus profonde au cours des périodes de migration printanière et automnale. Selon le critère de densité établi par le ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec (&gt;50 individus/km linéaire en période de migration), le marais de Rivière-du-Loup possède le statut d'habitat faunique. Il n'y a aucune mention sur la nidification de la sauvagine dans le marais. Des couvées de canards noirs ont cependant été observées lors de l'inventaire de la végétation effectué en juillet 1994.</p> <p>Il n'y a aucune donnée sur l'utilisation du marais de la baie de Rivière-du-Loup par les poissons. Des inventaires réalisés dans des marais à spartines de la région (Isle-Verte et Kamouraska) ont cependant révélé la présence d'une quinzaine d'espèces ichtyennes à certaines périodes de l'été et de l'automne.</p>
<b>Milieu humain</b>	
Affectation du territoire	<p>La récréation extensive de plein air et le zonage public récréatif, loisir et tourisme constituent les affectations qui couvrent la majeure partie de la zone étudiée. Le marais est notamment inclu en totalité dans ces deux zones à usage récréatif.</p> <p>Les autres types d'affectation (résidentiel, commerce et service, transport, communication et service public) sont situés en périphérie de la zone étudiée.</p>
Tenure	La municipalité de Rivière-du-Loup est propriétaire de 9 des 16 lots du territoire concerné. Les autres lots appartiennent à des propriétaires privés. La propriété de la partie inférieure de la zone intertidale reste à confirmer. La Seigneurie de Rivière-du-Loup serait propriétaire de cette zone selon les premières informations disponibles.
Utilisation du territoire	<p>Les activités agricoles sur les terrains drainés de la zone d'étude ont été abandonnées depuis plusieurs années suite à la construction de l'autoroute.</p> <p>Les activités récréatives s'avèrent le principal type d'utilisation de ce secteur.</p>

Pour atteindre le second objectif, soit la mise en valeur et l'optimisation des habitats fauniques, une série de travaux d'aménagement est proposée afin d'augmenter notamment les zones d'abri et la proportion des plans d'eau. Les principales interventions recommandées sont:

- l'augmentation de la profondeur et l'agrandissement des mares et des marelles;
- l'aménagement de bassins;
- l'installation de seuils dans certains canaux;
- la création d'écrans de végétation en marge du marais;
- l'amélioration du couvert végétal dans des secteurs particuliers du marais.

Une étude de faisabilité sera d'ailleurs amorcée, à l'été 1997, afin de préciser le concept de mise en valeur et les aménagements à réaliser dans le marais supérieur et les zones humides périphériques situées dans le secteur nord-est de la baie de Rivière-du-Loup. Un rapport à cet effet est d'ailleurs prévu pour février ou mars 1998.

Il reste plusieurs étapes à franchir avant la réalisation des travaux de protection et de mise en valeur envisagés. Le choix d'un promoteur, la recherche de financement, la signature d'entente avec les propriétaires et l'obtention des autorisations environnementales requises constituent les principales étapes nécessaires à franchir avant la préparation finale et l'exécution du projet.

## **1.2 PROJET PILOTE DE PARC DE SÉDIMENTATION**

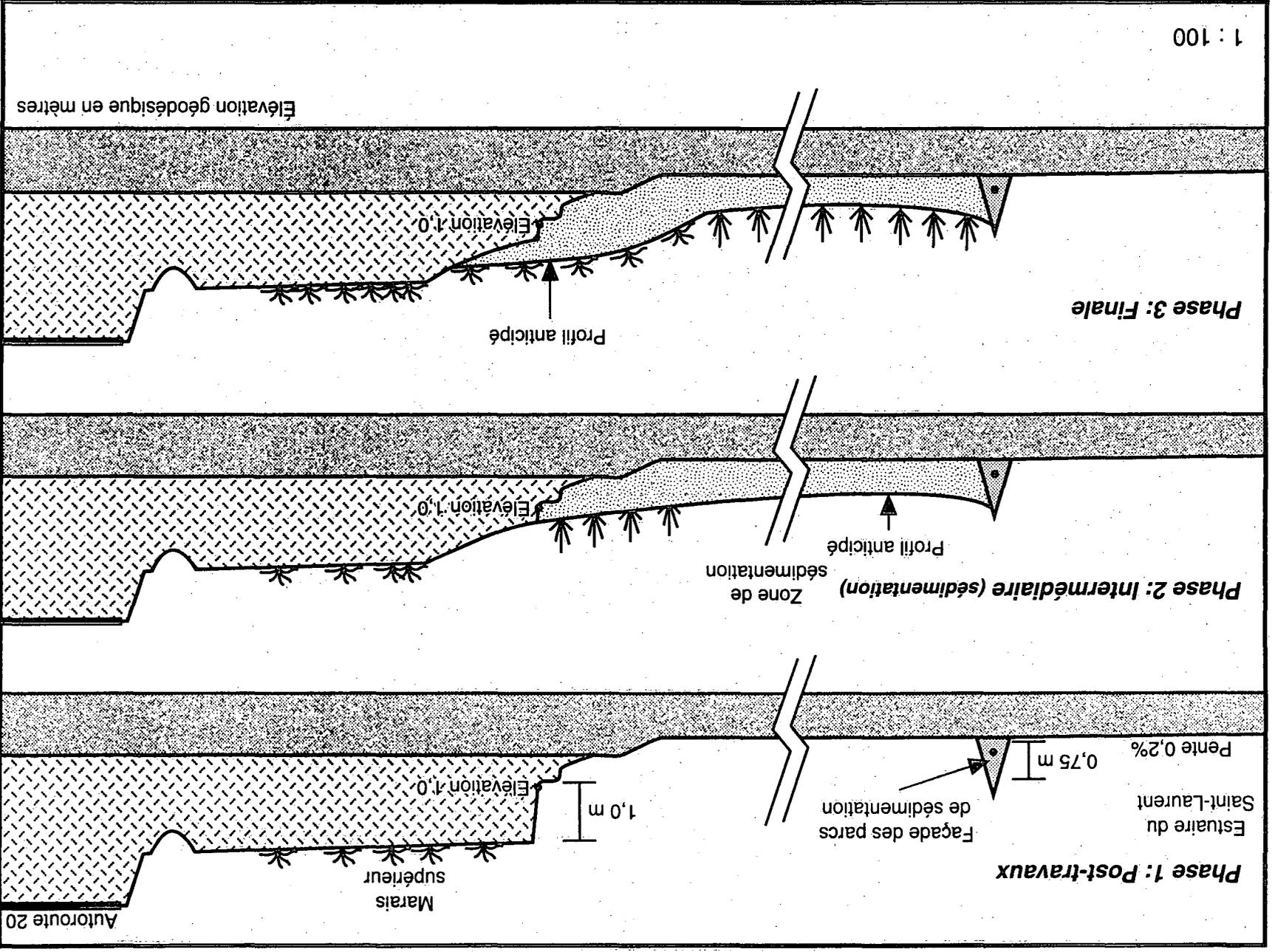
Emprunté aux Européens, en particulier aux Hollandais et aux Allemands, le concept de parcs de sédimentation consiste à construire dans la zone intertidale une structure de protection munie d'ouvertures laissant entrer les eaux chargées de sédiments en suspension. L'objectif est de provoquer la sédimentation naturelle des matières en suspension (MES) afin de rehausser la surface du marais inférieur et permettre la formation d'un profil plus régulier à l'arrière de la structure favorisant ainsi la réimplantation de la spartine alterniflore (figure 2). L'utilisation éventuelle des sédiments dragués annuellement au quai de Rivière-du-Loup devrait, de plus, permettre d'accélérer le processus de remplissage des parcs de sédimentation.

Une structure expérimentale constituée de trois parcs de sédimentation placés côte à côte à une centaine de mètres du microtalus en érosion a été installée à l'automne 1994 (figure 3). Chaque parc est composé de modules (blocs de béton) dont la forme a été déterminée afin de réduire l'emprise des glaces sur les structures (figures 4 et 5).

Le suivi de ce projet pilote a été effectué sur un cycle annuel complet, soit de juin 1995 à juin 1996 (Argus 1997 et 1996a). Les objectifs étaient de vérifier l'état de la structure et sa résistance aux glaces, d'évaluer de façon préliminaire l'efficacité des parcs de sédimentation et de mesurer le recul du marais supérieur dans ce petit secteur. Une série de stations de mesure a été établie afin de suivre la sédimentation dans le parc de sédimentation et l'érosion du talus (voir figure 3). Les principales observations effectuées lors du suivi sont les suivantes:

- malgré la présence d'un câble d'acier reliant les blocs les uns aux autres, il y a eu un déplacement par les glaces de quatre blocs de béton vers le bas de l'estran au printemps 1995. Ces blocs ont été remplacés et des modifications ont été apportées à la structure. Des anneaux d'ancrage ont été arrimés de chaque côté de l'ensemble des blocs et un câble d'acier passant dans ces anneaux d'ancrage a été utilisé pour relier plus solidement les blocs entre eux (photos 1 et 2). Aucun déplacement important de blocs n'a été noté au printemps 1996;
- le recul du marais a été estimé à plus de 3 m entre juin et novembre 1995;
- malgré la faible dimension des structures expérimentales mises en place, la sédimentation à l'intérieur des parcs sur une période de 12 mois est significativement supérieure et atteint presque le double de la sédimentation naturelle mesurée à l'extérieur du parc (Argus 1996).

Figure 2 Vue en coupe des profils évolutifs du marais de Rivière-du-Loup



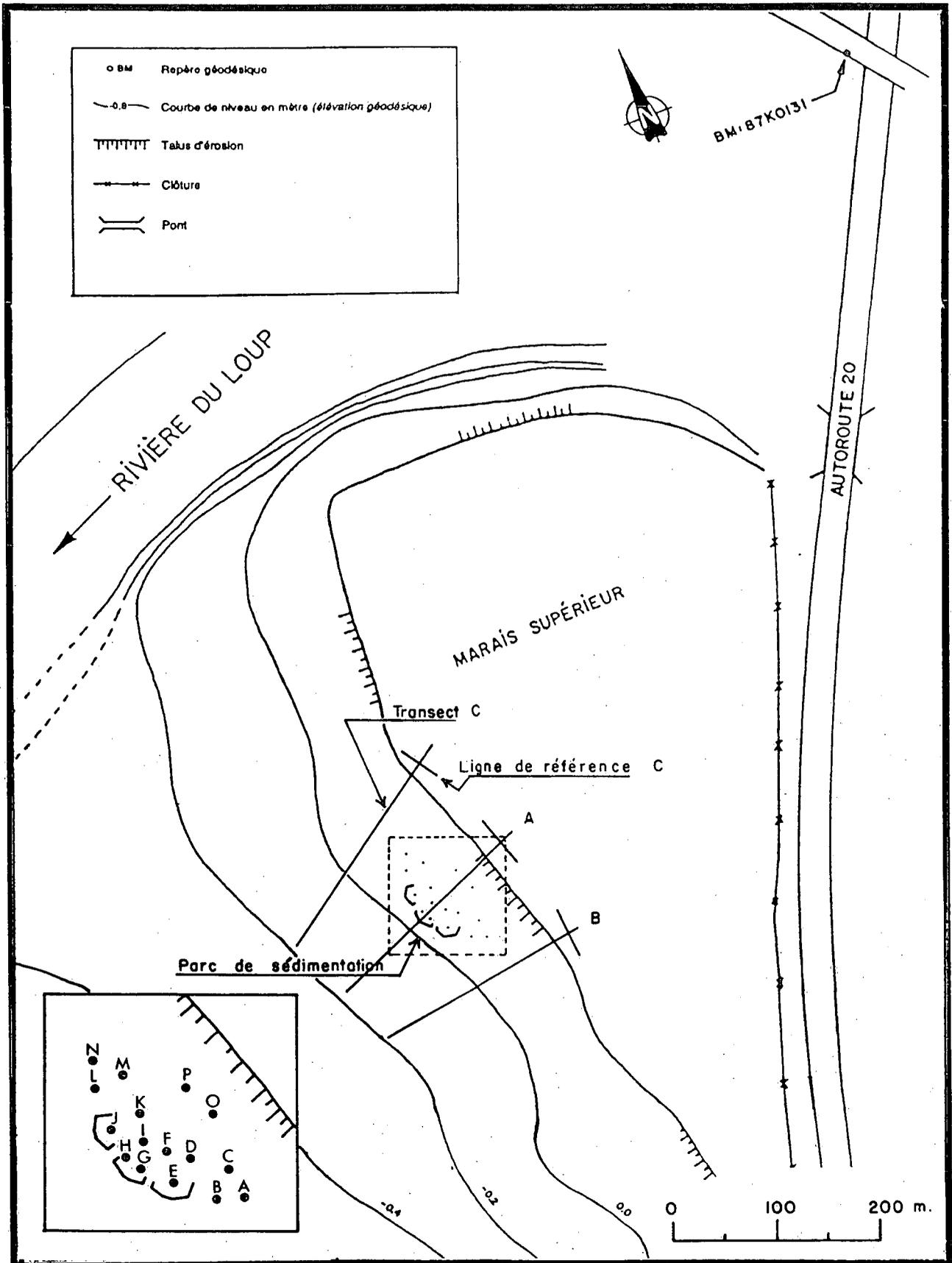


Figure 3 Localisation des parcs de sédimentation et des stations de suivi

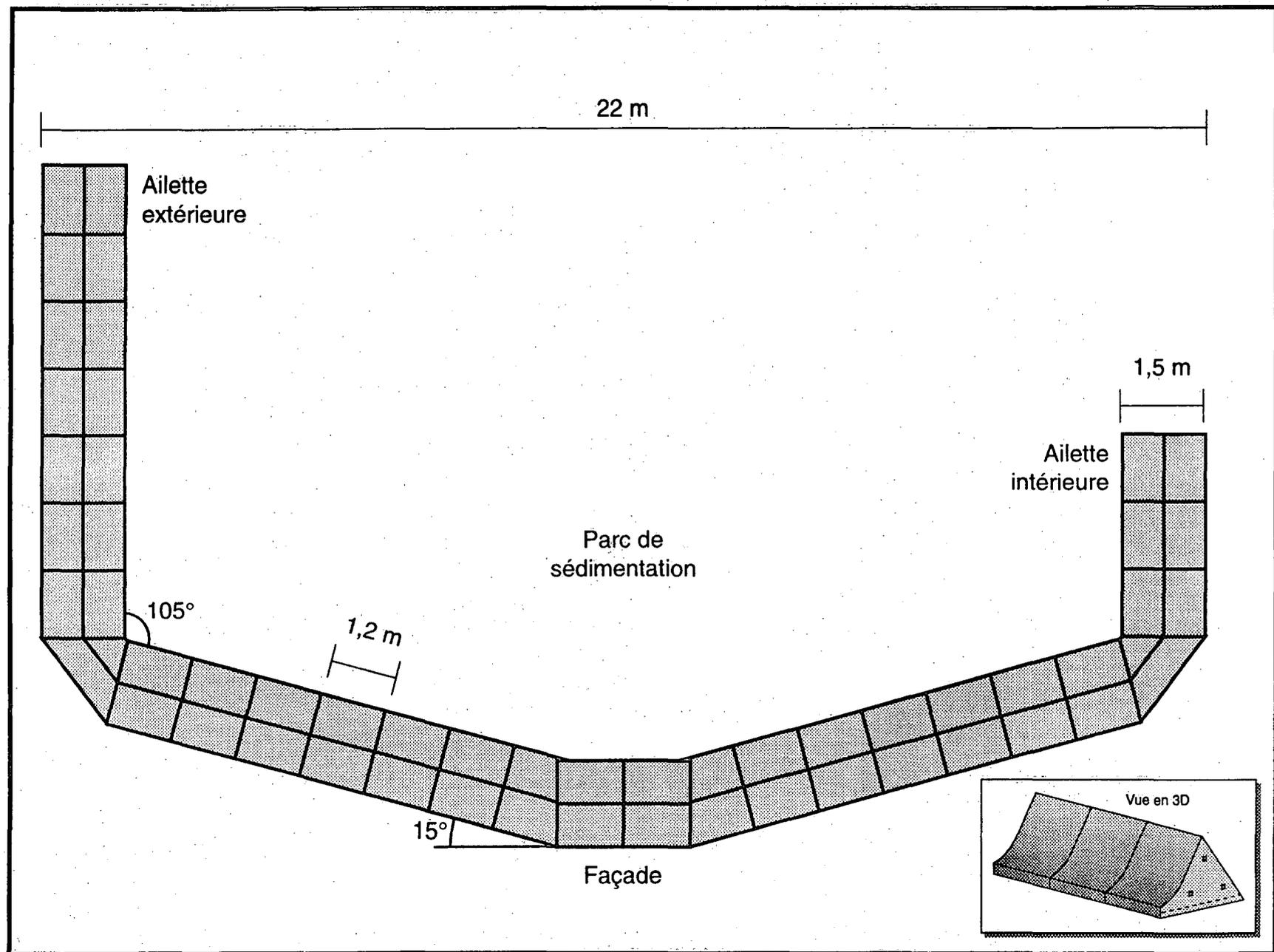


Figure 4 Détail d'un parc de sédimentation (vue en plan)

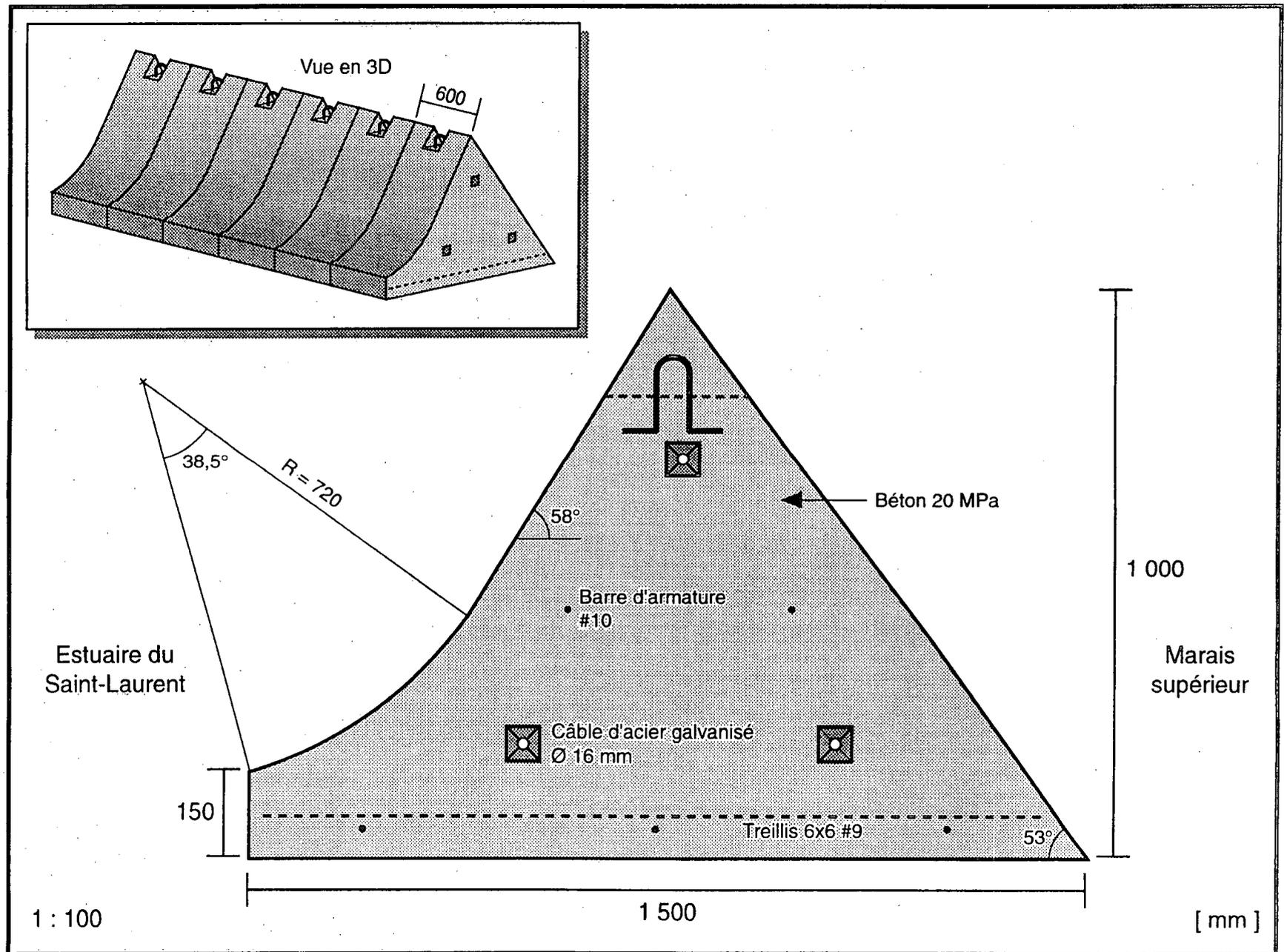


Figure 5 Vue en coupe d'un module (bloc de béton) d'un parc de sédimentation

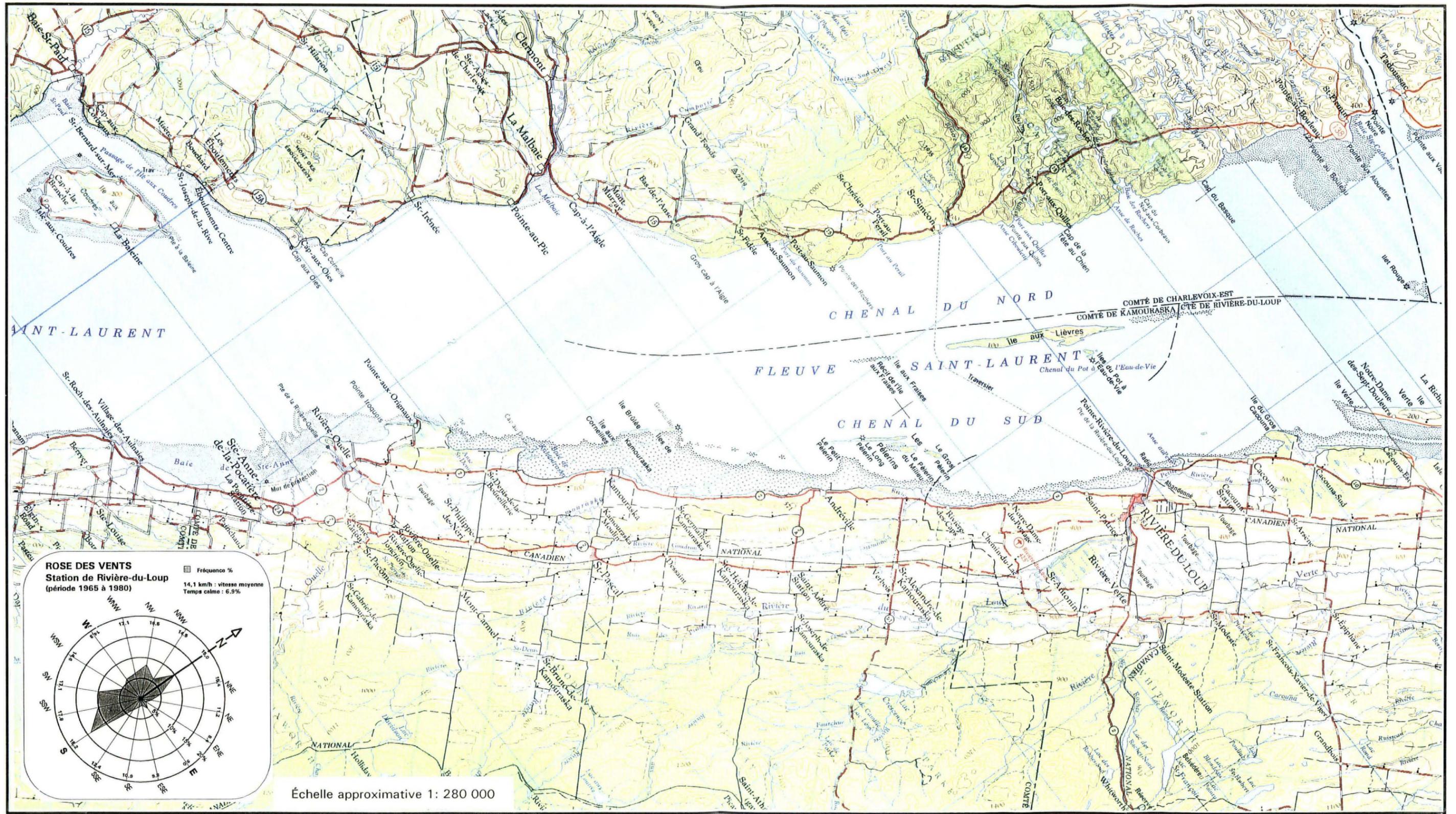


Figure 6 Physiographie de la région et géométrie du moyen estuaire



## Baie de Rivière-du-Loup

---



Photo 1 Vue d'ensemble des parcs de sédimentation sur l'estran  
(zone intertidale)



Photo 2 Détail d'un des parcs de sédimentation sur l'estran

---



---

**CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES  
DU SECTEUR D'AMÉNAGEMENT**

## 2.0 CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES DU SECTEUR D'AMÉNAGEMENT

### 2.1 HYDRODYNAMIQUE

#### 2.1.1 Les vagues

Les principaux facteurs régissant la croissance (hauteur et la vitesse de propagation) des vagues sont la vitesse et la direction du vent, sa persistance (durée) dans une direction ou une vitesse donnée, la course (fetch) ou la distance de la côte dans la direction d'où vient le vent et la profondeur de l'eau (bathymétrie). De façon générale la dimension des vagues, le long du parcours inférieur du fleuve Saint-Laurent, diminue de l'estuaire maritime vers l'estuaire moyen (selon la longueur des fetchs) et leur action s'atténue au fur et à mesure que le marnage augmente (écart du niveau de l'eau entre la marée haute et basse).

Les vagues générées par le vent constituent un facteur majeur de la dynamique morpho-sédimentaire du littoral et de la baie de Rivière-du-Loup. Le balancement de la marée a pour effet de répartir l'action des vagues sur l'estran et sur le littoral puisqu'elle change constamment l'étendue (superficie) de la zone intertidale (Drapeau et Morin 1981). Le degré d'exposition du littoral de Rivière-du-Loup dépend, de plus, de son orientation par rapport à la direction des vents dominants et des vents de tempêtes (figure 6).

##### 2.1.1.1 Vents efficaces: direction et vitesse

Le régime des vents et par extension celui des vagues, responsable de la dynamique morpho-sédimentaire (érosion, sédimentation) du marais de Rivière-du-Loup, a fait l'objet d'une description détaillée, en 1984, par la firme Les consultants Sogeam inc. Le secteur nord-est de la baie de Rivière-du-Loup, secteur le plus affecté par l'érosion (Drapeau 1992, Dionne 1986), est surtout érodé par les vagues formées par les vents dont la provenance (d'où le vent souffle) varie du sud-ouest au nord-ouest (voir figure 6, rose des vents). Ces vents, plus ou moins perpendiculaires au littoral de la baie (orientation variant du sud-ouest au nord-nord-est), ont une vitesse moyenne annuelle variant de 17,1 (SW) à 14,3 km/h (W)

selon la provenance et soufflent avec une fréquence annuelle de 34,4 % pour l'ensemble de ces directions (figure 6). La vitesse horaire maximale de ces vents atteint, pour les vents du sud-ouest, 59 km/h au cours du mois d'avril (période de déglacement) et atteint, pour les vents du nord-ouest, 56 km/h au cours du mois de décembre. Notons, à titre d'information complémentaire, que la vitesse maximale des rafales, enregistrée au cours de la période s'étendant de 1965-80, a atteint 135 km/h et provenait du NW.

Les vents en provenance des directions comprises entre le nord-est et le sud-sud-ouest (dans le sens des aiguilles d'une montre) n'ont que très peu d'effets sur la dynamique sédimentaire de la baie puisqu'ils soufflent de la côte vers le large. Les vents issus des directions comprises entre le nord-nord-ouest et le nord-nord-est n'ont, eux aussi, que très peu d'effets sur le littoral de la baie puisque les vagues qu'ils forment sont bloquées d'une part et diffractées d'autre part par la Pointe de la rivière du Loup et les infrastructures du port (quai et jetée). Seule une partie de l'énergie des vagues diffractées atteint le secteur nord-est du littoral de la baie.

#### 2.1.1.2 *La course du vent (fetch)*

La course du vent, ou la distance de la côte dans la direction d'où vient le vent sans rencontrer d'obstacle, est un facteur très important dans le processus de formation et de croissance des vagues. En effet, elle détermine la période pendant laquelle un groupe d'ondes en déplacement reçoit directement de l'énergie d'un système de vent donné. Les hautes vagues à longue période ne peuvent donc être formées que par forts vents persistants soufflant sur une grande étendue d'eau ce qui n'est pas le cas dans le secteur de la baie de Rivière-du-Loup.

Pour le secteur de la baie de Rivière-du-Loup, la plus grande distance pouvant être parcourue par le vent sans rencontrer d'obstacle se situe dans l'axe sud-ouest - nord-est (voir figure 6). La course du vent dans cette direction atteint près de 75 km soit de l'île aux Coudres jusqu'à la baie de Rivière-du-Loup. Cette direction coïncide avec l'une des directions prédominantes des vents dominants dont la vitesse moyenne annuelle est la deuxième plus élevée (17,1 km/h), dont la fréquence annuelle se situe au 4<sup>ième</sup> rang (9.8 %) et dont la vitesse horaire maximale atteint près de 60 km/h en avril. Il faut cependant

noter que, dans l'estimation de cette course, nous ne considérons pas l'effet de rétrécissement (corridor) causé par la présence d'îles parallèles (Le Long et Le Petit Pèlerin et le récif de l'île aux Fraises et l'île aux Fraises), distantes d'environ 5,6 km, à 20 km au sud-ouest du littoral de la baie (voir figure 6). Dans l'estimation des hauteurs significatives de vagues pouvant se former à partir du sud-ouest, on devra donc également considérer une longueur de course qui tient compte de cet effet soit une course d'environ 30 km (la même que celle considérée par Sogeam en 1984).

Pour les autres directions d'intérêt, c'est-à-dire celles qui peuvent permettre la production de vagues pouvant se propager jusqu'au littoral de la baie, la course du vent varie de 23 km à l'ouest-sud-ouest (récif de l'île aux Fraises) à 10 km à l'ouest-nord-ouest (îles du Pot à l'Eau-de-Vie) à 11 km au nord-ouest (pointe nord-est de l'île aux Lièvres). Les directions allant du nord-nord-ouest jusqu'au nord-nord-est en passant par le nord, avec des courses variant de 13 (NNW, battures de l'île Blanche) à 85 km (NNE, Saint-Paul-du-Nord), produisent des vagues qui n'ont que très peu d'effets sur le littoral de la baie de Rivière-du-Loup. Comme on l'a déjà mentionné, les vagues en provenance de ces directions sont bloquées partiellement par la pointe de la rivière du Loup et une partie seulement de leur énergie est diffractée et atteint le littoral. La course des vents originant du nord-est jusqu'au sud-sud-ouest en passant par le sud peut être considérée comme nulle puisque le vent souffle du côté terrestre.

### 2.1.1.3 *La bathymétrie*

Suite à l'étude des conditions de vents (vitesse et fréquence) et des longueurs de course des vents des principales directions d'intérêt, les profondeurs d'eau considérées sont celles des secteurs sud-ouest, ouest et nord-ouest de la baie de Rivière-du-Loup (voir figure 6).

La profondeur de l'eau, du littoral de la baie en direction du sud-ouest (vers l'île aux Coudres), varie de 0 à 5 mètres jusqu'aux battures des Pèlerins, atteint de 15 à 20 mètres dans le chenal du Sud, remonte à moins de 5 mètres (moyenne 2,1 m) sur le banc de l'île aux Lièvres et redescend à plus de 50 mètres dans le chenal du Nord. Du littoral de la baie en direction de l'île aux Lièvres (direction ouest), la profondeur de l'eau passe graduellement de 0 à 10 mètres jusqu'en bordure du chenal du Sud, atteint 15 mètres dans le chenal, remonte à moins de 5 mètres sur le banc du Milieu (hauts-fonds du Milieu),

redescend à moins de 30 mètres dans le chenal du Pot à l'Eau-de-Vie puis remonte finalement à moins de 2 mètres sur le banc du Pot à l'Eau-de-Vie. On retrouve, grosso modo, la même séquence de profondeurs dans le secteur nord-ouest de la baie de Rivière-du-Loup.

Avec des profondeurs d'eau de moins de 5 mètres (marée basse) dans chacun des secteurs étudiés on ne peut donc pas considérer les alentours de la baie de Rivière-du-Loup comme étant une zone d'eau profonde. On devra alors estimer les hauteurs significatives de vagues des directions effectives retenues à partir des courbes de prévision d'ondes en eau peu profonde (U.S. Army, Corps of Engineers 1977).

#### *2.1.1.4 Hauteurs significatives de vagues*

La profondeur de l'eau, tel que décrit dans le volume 1 du Shore Protection Manual (U.S. Army, Corps of Engineers 1977), affecte la production et la propagation des vagues. En effet, pour des conditions données de vent et de course (fetch), les hauteurs de vagues et les périodes seront plus petites si elles originent et se propagent dans une eau peu profonde plutôt que dans une eau profonde. L'évaluation de la hauteur des vagues pour la baie de Rivière-du-Loup, faite de façon succincte par la firme Sogeam en 1984, a selon nos vérifications été réalisée à partir de courbes de prévision d'ondes en eau profonde ce qui peut avoir eu pour effet de surestimer quelque peu les hauteurs significatives de vagues.

Selon cette évaluation et en prenant le même raisonnement, une course de 30 km sur un plan d'eau profond (plus de 15 mètres), associée à des vents pouvant atteindre 60 km/h (vitesse horaire maximale) et soufflant pendant deux heures, peut permettre la formation de vagues d'une hauteur significative de 1,6 m et d'une période de 5 secondes (sec.) (Sogeam 1984). Pour une course maximale de 75 km, telle que décrite à la section 2.1.1.2, la hauteur ainsi que la période resteraient pareilles, ces dernières étant limitées par la durée du vent. Cependant, si la durée du vent n'était pas limitée (plus de six heures), on pourrait avoir, dans des conditions d'eau profonde, des conditions extrêmes de vagues atteignant 1,9 m de hauteur (période de 5,4 sec.) pour une course de 30 km et de 2,7 m de hauteur (période de 6,5 sec.) pour une course de 75 km.

Suivant encore la même démarche (eau profonde), la même durée (2 heures) et considérant des courses de 30 km, les vagues générées par des vents de vitesse moyenne de 16 km/h auraient une hauteur de l'ordre de 0,5 m et une période de 3,1 sec. (Sogeam 1984).

Tel que décrit dans la section précédente portant sur la bathymétrie des alentours de la baie et du marais de Rivière-du-Loup, la profondeur de l'eau, à marée basse, atteindrait par endroits moins de 5,0 mètres (moyenne 2,0 m). On devrait donc, à marée haute (marée moyenne de 4,7 m), considérer pour nos estimations de hauteur de vagues significatives, une tranche d'eau constante et uniforme (sans obstacles) ne dépassant pas 7,0 mètres de profondeur. C'est donc dire que pour la prévision des hauteurs significatives de vagues dans le marais de Rivière-du-Loup on devrait utiliser les abaques de faible profondeur d'eau plutôt que celles d'eau profonde. Ainsi, selon l'abaque de courbes de prévision construite pour une profondeur constante de 7 mètres (on utilise celle de 25 pieds ou 7,62 m), une course maximale de 75 km et des vitesses horaires maximales de vents de 60 km/h soufflant pendant plus de deux heures, pourraient engendrer des vagues de 1,48 m de hauteur et de 5,0 sec. de période tandis qu'une course de 30 km pour une même durée et une même vitesse de vent engendrerait des vagues de 1,34 m de hauteur et de 4,5 sec. de période. Étant donné l'influence du fond sur la propagation des vagues en eau peu profonde, il est important de mentionner que la durée du vent n'influence que très peu les caractéristiques morphologiques des vagues et que cette variable est négligeable dans les prévisions en eau peu profonde. Suivant la même démarche (eau peu profonde) et considérant une course de 30 km, les vagues générées par des vents de vitesse moyenne de 16 km/h auraient une hauteur de l'ordre de 0,37 m et une période de 2,3 secondes.

Selon les résultats de l'étude du ministère des Travaux publics du Canada (MTPC) portant sur l'envasement du port de Rivière-du-Loup (Carrier, Trottier, Aubin & Associés 1986), nos données théoriques de hauteur significatives de vagues correspondraient assez bien aux valeurs de hauteurs de vagues mesurées au large (en aval) du quai de Rivière-du-Loup lors de forts vents. Ces hauteurs de vagues, mesurées au large du quai, ne sont cependant pas influencées par la zone intertidale précédant le marais. On peut donc penser que les hauteurs de vagues, estimées pour une profondeur d'eau constante de 7 mètres, sont très réalistes.

Compte tenu de l'élévation de la base de la micro-falaise (environ 1,0 m) et de la pente de la zone intertidale (0,26 %), les vagues de 1,5 m de hauteur et de période de 5 secondes se briseraient contre le talus en période de marée haute moyenne (4,70 m). Ces vagues constitueraient, selon notre évaluation et selon nos observations, un des principaux agents responsables du recul de la micro-falaise.

### 2.1.2 Les marées

La station marégraphique de référence de Pêches et Océans Canada pour la baie de Rivière-du-Loup se situe à Pointe-au-Père (carte bathymétrique LC 1234). Les caractéristiques des marées de cet endroit peuvent être transposées à l'aide de la table des marées de la façon suivante :

**Tableau 2** *Hauteurs des marées extrêmes et niveau moyen de l'eau dans la baie de Rivière-du-Loup*<sup>1</sup>

	PLEINE MER SUPÉRIEURE		BASSE MER INFÉRIEURE		NIVEAU MOYEN DE L'EAU
	Marée moyenne	Grande marée	Marée moyenne	Grande marée	
Niveau marégraphique	4,7 m	5,7 m	0,9 m	0,2 m	2,7 m
Niveau géodésique	2,1 m	3,1 m	-1,7 m	-2,4 m	0,1 m

La marée ou les changements de hauteur d'eau sont de toute première importance dans la dynamique littorale car ils interviennent et conditionnent de nombreux mécanismes, agents et processus dont ceux qui sont responsables de l'érosion et de la sédimentation sur les estrans (vagues, courants et glaces). La marée à Rivière-du-Loup est macrotidale, de type semi-diurne, avec une hauteur moyenne de 4,7 m lors de la pleine mer supérieure et une hauteur moyenne de 0,9 m lors de la basse mer inférieure.

C'est au cours des grandes marées que les niveaux d'eau varient le plus avec une hauteur de 5,7 m lors de la pleine mer supérieure et une hauteur de 0,2 m lors de la basse mer inférieure. Le niveau moyen de l'eau à Rivière-du-Loup se situe à 2,7 m au dessus du zéro

<sup>1</sup> La correction entre le niveau géodésique et marégraphique se situe à environ 2,60 m.

marégraphique. Il est intéressant de noter que le niveau d'eau mesuré à Rivière-du-Loup peut être différent de celui prédit dans les tables de marées. Cette différence résulterait, le cas échéant, des variations de pressions atmosphériques et de l'action des vents forts soutenus sur la surface de l'eau (surtout lors de tempêtes).

La surface du marais supérieur, en bordure de la baie de Rivière-du-Loup, se situe en moyenne à 2,3 m d'altitude par rapport au zéro géodésique qui est, à son tour, à 2,60 m au dessus du zéro marégraphique. On peut donc s'attendre, lors des grandes marées de pleine mer supérieure, à ce que toute la surface du marais soit immergée sous 80 cm d'eau.

### 2.1.3 Les courants

Les vents et les vagues agissent aussi sur les courants. Ils augmentent la vitesse des courants de marée au début et à la fin de la submersion de l'estran et peuvent remettre en suspension les sédiments (Sérodes et Dubé 1983, Dubé 1982). Selon Champagne *et al.* (1983), les courants peuvent trier la fraction fine des sédiments, les plus fins se retrouvant vers le haut du rivage. Le temps de submersion en un point donné contrôle également la sédimentation. Ainsi, plus le temps est long, plus les sédiments en suspension auront le temps de se déposer par décantation (Dubé 1982). La sédimentation est également favorisée par la présence d'un couvert végétal qui offre une résistance aux courants, le ralentit et entraîne le dépôt des particules fines (Sheng 1986, Troude *et al.* 1983).

## 2.2 DYNAMIQUE GLACIELLE

Les glaces jouent un rôle important sur les zones intertidales, à la fois sur leur morphologie et sur leur dynamique sédimentaire. La glace qui recouvre l'estran peut être divisée en deux types: le pied de glace de haut estran soudé au marais supérieur et ne bougeant pas avec la marée, et le couvert de glace continu de bas estran (marais inférieur et slikke) qui se poursuit jusqu'à la limite des basses mers et qui est soumis aux mouvements de la marée (Dionne 1973). Le couvert de glace est présent entre quatre et cinq mois par année et son action sur le bilan sédimentaire de la baie se fait surtout sentir le printemps.

Les actions morpho-sédimentologiques des glaces peuvent être regroupées selon trois aspects: protection, sédimentation et érosion (Dionne 1989, 1981, 1972). Le couvert de

glace offre un effet de protection en ralentissant l'action des courants, de la marée, et surtout des vagues au moment où les conditions climatiques favorisent la formation de tempêtes. Lorsqu'il est soulevé par la marée, le couvert de glace du bas estran permet également la sédimentation d'une couche de vase molle pouvant atteindre, par endroit, 60 cm d'épaisseur (Dionne 1986), principalement au niveau du marais inférieur (Dubé 1982). L'eau circule entre le couvert de glace et le sol mais la friction ralentit sa vitesse et favorise la déposition de sa charge solide. Lors des marées basses, le couvert de glace, appuyé sur le fond, piège également à sa base des sédiments.

Les glaces qui avaient contribué à la protection de l'estran au cours de l'hiver deviennent un agent d'érosion (arrachement et transport) et de sédimentation lors de la débâcle printanière. Chronologiquement, une des premières actions saisonnières des glaces est le fauchage de la végétation lors de leur soulèvement par les marées hautes (Dionne 1972a). L'action morpho-sédimentologique la plus manifeste est la création de marelles par la glace qui, soudée à la surface du marais supérieur en hiver, se soulève lors des marées printanières de fortes amplitudes arrachant ainsi des parties du substrat (Dionne 1972a). Ces marelles peuvent être ultérieurement agrandies et approfondies par des processus physico-chimiques (Gauthier et Goudreau 1983). Selon Dionne (1989a), l'arrachement de portions de substrat par la glace lors de la formation des marelles constitue une perte partielle et non une perte nette de matériaux en terme de bilan sédimentaire. En effet, la déposition des radeaux de végétation sur des sites voisins du marais compense en partie l'érosion provoquée par la formation de marelles.

Les glaces contribuent également à l'érosion de la bordure (microfalaise) du marais supérieur en arrachant des morceaux de végétation et de sédiments sous-jacents. Au printemps 1995, d'importants lambeaux de végétation (de superficie supérieure à 1 m<sup>3</sup>) arrachés au rebords du marais supérieur, ont été observés à l'intérieur de l'un des parcs (le plus à l'ouest) de sédimentation.

Les glaces sont également actives au droit des slikkes, notamment en affouillant le substrat meuble, créant ainsi diverses formes d'érosion telles des stries, raclages, bourrelets et autres (Dionne 1974, 1971).

Chaque année, des milliers de tonnes de sédiments de granulométrie variée prélevés dans les zones littorales sont incorporés aux couverts (radeaux) de glace et transportés ensuite sur des distances variables. La quantité de sédiments évacués hors des estrans par les glaces est très variable. Pour des sites de l'estuaire moyen, Dionne (1984) a estimé que 85 % des radeaux de glace étaient évacués hors de l'estran, tandis que Troude *et al.* (1983) évaluaient cette proportion à 90 %. Les radeaux de glace s'échouent fréquemment à marée basse et perdent leur charge sédimentaire sur d'autres estrans.

Les littoraux de Rivière-du-Loup sont en partie couverts de blocs de pierre reposant sur des formations fines d'âge post-glaciaire (Dionne 1981a). Dans la région de Rivière-du-Loup/Trois-Pistoles, 60 % des blocs glaciels retrouvés sur les estrans origineraient de la rive nord (blocs cristallins) témoignant ainsi de l'activité des glaces flottantes au cours de l'Holocène (Dionne 1972a). De plus, les glaces peuvent déplacer des blocs de quelques dizaines de tonnes (Dionne 1988, 1981a).

### 2.3 RÔLE DES ÉCHANGES SÉDIMENTAIRES

Les échanges de sédiments entre la zone intertidale et la colonne d'eau constituent un important processus sédimentologique. C'est dans la région de Kamouraska que les échanges sédimentaires ont été le plus étudiés (Sérodes *et al.* 1983, d'Anglejan et Brisebois 1978). Cette région où prend fin la zone de turbidité maximale du moyen estuaire, se situe entre La Pocatière et Kamouraska. Le front turbide de ce secteur est caractérisé par des concentrations de matières en suspension qui avoisinent 1 000 mg/L. Cette charge solide peut, en principe, se déposer sur la slikke si la vitesse des courants est suffisamment réduite (Sérodes *et al.* 1983). Les sédiments disponibles pour des échanges avec la zone intertidale de la baie de Rivière-du-Loup sont situés sur la plate-forme infralittorale sise immédiatement à l'entrée de la baie. Lorrain (1994) évalue à 3 000 tonnes par cycle de marée la quantité de sédiments disponibles, cette valeur pouvant occasionnellement décuplée. Pour Troude et Ouellet (1987) et Lorrain (1994), la principale source locale de sédiments provient de:

- la remise en suspension des sédiments de l'estran de la baie de Rivière-du-Loup;
- l'érosion du marais;

- l'érosion et la mise en suspension des sédiments accumulés sous les glaces de rives au cours de l'hiver.

Selon l'étude de Sogeam (1984) réalisée dans la baie de Rivière-du-Loup, il semble que l'essentiel de la sédimentation sur l'estran se produise au printemps. Cette prémisse semble confirmer celle de Champagne *et al.* (1983) qui a noté que les quantités de matériaux déposés étaient maximales à la mi-avril dans la région de Kamouraska. Les taux de sédimentation sur l'estran étaient alors d'environ 2 cm par année dans des conditions agitées. Dans la baie de Rivière-du-Loup, les taux étaient semblables; ceux-ci varient en effet entre 1,5 et 2,5 cm.

De ces études, on doit surtout retenir que les taux de sédimentation présentés sont des valeurs résiduelles annuelles intégrant les périodes d'érosion et de sédimentation. Dans un parc de sédimentation, on doit considérer que les périodes d'érosion sont, à toute fin pratique, inexistantes et qu'il y a uniquement de la sédimentation, phénomène qui s'additionne d'année en année. Dans ce contexte, nous devons retenir les maximums enregistrés pour établir un taux d'accumulation provoqué par les structures des parcs de sédimentation. Or, il semble qu'en condition abritée, comme cela serait nécessairement le cas à l'intérieur du parc, un taux de 10 cm serait considéré comme étant conservateur.

## 2.4 REcul DU MICROTALUS

Diverses études sectorielles dans l'estuaire du Saint-Laurent font état de la progression ou du recul des marais. Les rivages en érosion demeurent plus faciles à détecter (sur le terrain ou par photographies aériennes) que ceux en progression car ils présentent diverses évidences morphologiques comme des microtalus et autres formes. Quant aux rivages en progression, celle-ci est souvent établie par l'interprétation de photographies asynchrones ou encore par la reconstitution paléoécologique du marais.

Dionne (1986) a mesuré, pour le marais supérieur de Rivière-du-Loup, un recul annuel du microtalus variant de 166 à 220 cm entre 1967 et 1985. Les deux principaux agents d'érosion actifs sont les glaces et les vagues. Au printemps surtout, les glaces arrachent puis déplacent des radeaux de végétation prélevés sur la bordure du microtalus

(microfalaise) bordant le marais supérieur. Durant les périodes libres de glaces, l'érosion produite par les vagues est facilitée par le matériel fin constituant le marais supérieur (sable fin, limon et débris organiques) ainsi que par leur faible cohésion (Dionne 1986).

Selon Dionne (1986), il ne semble pas y avoir une cause unique à l'érosion actuelle qui affecte plusieurs marais supérieurs et les rivages du Saint-Laurent. Toujours selon Dionne (1986), des indices géomorphologiques suggéreraient que le niveau relatif de la mer (hausse du niveau marin ou abaissement du continent) s'élèverait progressivement depuis quelques années. À ce sujet, Anctil et Troude (dans Hamelin et Associés inc 1991) soutiennent que l'augmentation des débits du fleuve serait responsable de la hausse des niveaux d'eau dans l'estuaire et de l'augmentation de l'érosion du littoral. Quant à Drapeau (1992), il mentionne qu'une période de forts vents associée à des niveaux d'eau particulièrement élevés au début de la décennie 1980 pourrait être à l'origine du déclenchement de l'érosion du marais dans la baie de Rivière-du-Loup. Cette remontée du niveau d'eau moyen marin, évaluée à 15 cm depuis le début du siècle, aurait finalement été corroborée par l'analyse des données marégraphiques enregistrées au marégraphe de Pointe-au-Père au cours de cette période (comm. pers., Richard Lalumière, Groupe Génivar 1997).

Les mécanismes de l'évolution du littoral demeurent mal connus comme en témoignent les taux de progression et de recul du marais supérieur pour un même secteur. Des travaux européens ont même démontré que l'érosion du marais supérieur pouvait s'intégrer dans un cycle dont la finalité produirait un gain de surface du marais inférieur (Argus 1990).



---

**CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES  
DU PARC DE SÉDIMENTATION**

### **3.0 CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DU PARC DE SÉDIMENTATION**

#### **3.1 LOCALISATION OPTIMALE DE LA STRUCTURE: ÉTUDE DE SCÉNARIOS**

Les chapitres précédents ont fait ressortir l'intensité des dynamiques rencontrées dans le secteur du marais de Rivière-du-Loup. Pour la localisation optimale de la structure de restauration et de protection, il est nécessaire de tenir compte de ces dynamiques (qui conditionneront également le gabarit et la forme de la structure de protection) et des impératifs ou objectifs à atteindre. Tel que mentionné plus haut, les principaux objectifs visés par cette étude de faisabilité sont: la protection et la restauration du marais de Rivière-du-Loup par la mise en place d'un ouvrage de protection favorisant la sédimentation, l'utilisation éventuelle des matériaux de dragage provenant du port de Rivière-du-Loup afin d'accélérer le processus de restauration et la protection d'un tronçon de l'autoroute Jean-Lesage menacé par l'érosion marine (vagues, courants et glaces). Il s'agit, en fait, de concilier les différentes contraintes reliées aux objectifs visés et de proposer une structure ou des variantes de structure permettant d'atteindre ces objectifs.

Une des principales contraintes du projet consiste en la protection immédiate du tronçon de l'autoroute menacé par l'érosion. Selon les observations effectuées en juin 1997, il ne reste qu'une étroite bande de moins de 10 mètres de marais supérieur avant que les vagues et les glaces n'atteignent le remblai de l'emprise de l'autoroute (photos 3 et 4). Comme le taux de recul moyen annuel du microtalus, délimitant le marais supérieur, a été estimé à plus de 3,5 m linéaire/an (Argus 1997 et 1996a), il ne resterait alors pas plus que deux à trois ans avant que l'emprise de l'autoroute ne commence à être affectée.

À court terme, il faut donc songer à protéger le tronçon menacé de l'autoroute soit en plaçant une structure de protection accolée au microtalus, soit en érigeant une structure de protection linéaire (constituée de parcs de sédimentation), en blocs de béton ou en pierres, à une certaine distance du microtalus. La structure de protection retenue devra être conçue de façon telle qu'elle puisse arrêter sinon diminuer grandement l'effet des vagues et protéger le microtalus de l'effet des glaces en favorisant le maintien d'un couvert de glace continu à l'intérieur de la structure et en favorisant sa fonte sur place.

À cette fin, cinq scénarios différents ont été élaborés et analysés afin d'atteindre les objectifs énoncés plus haut. En localisant, à une distance optimale (distance perpendiculaire du rebord du microtalus), la structure de protection sur l'estran un gain appréciable de marais devrait être réalisé. L'enrochement, en milieu terrestre, de la bordure nord-ouest de l'emprise du tronçon de l'autoroute menacé n'a pas été considéré ici comme scénario souhaitable puisqu'il présuppose, à ce niveau, l'abandon et l'érosion complète du marais supérieur ce qui occasionnerait une perte d'environ 5600 m<sup>2</sup> de marais.

- Scénario 1

Un premier scénario (figure 7) consisterait à la mise en place d'une structure de protection, constituée de parcs de sédimentation (en blocs de béton ou en pierres) de 1 240 m de longueur à environ 130 mètres du rebord du microtalus et complétée à son extrémité sud par un enrochement conventionnel de type revêtement sur une longueur de 560 mètres servant à protéger, de façon immédiate, le tronçon menacé de l'autoroute Jean-Lesage. Ce scénario permettrait un gain d'environ 12,7 hectares de marais pour une capacité de disposition de sédiments dragués d'environ 127 000 m<sup>3</sup> soit un peu moins de 3 ans d'utilité si l'on considère un volume de 50 000 m<sup>3</sup> /an de sédiments à draguer dans le port de Rivière-du-Loup. Mentionnons que l'intégration d'armatures végétales à l'enrochement conventionnel serait difficilement réalisable étant donné le contexte hydrodynamique du site à protéger et la présence d'eau salée (moyen estuaire) limitant le choix d'espèces végétales adaptées.

- Scénario 2

Un second scénario (figure 7) consisterait à la mise en place d'une structure de protection (constituée de parcs de sédimentation) d'environ 1 800 mètres de longueur (couvrant tout le segment à protéger) à environ 130 mètres de la micro-falaise dans la partie nord du marais et se rapprochant graduellement pour se rattacher à l'extrémité sud de la micro-falaise du marais à restaurer. Ce scénario permettrait un gain d'environ 16,9 hectares de marais pour une capacité de disposition de 169 000 m<sup>3</sup> de sédiments dragués soit une période utile de mise en dépôt d'un peu plus de 3 ans de dragage.

Secteur sud du marais de Rivière-du-Loup

---



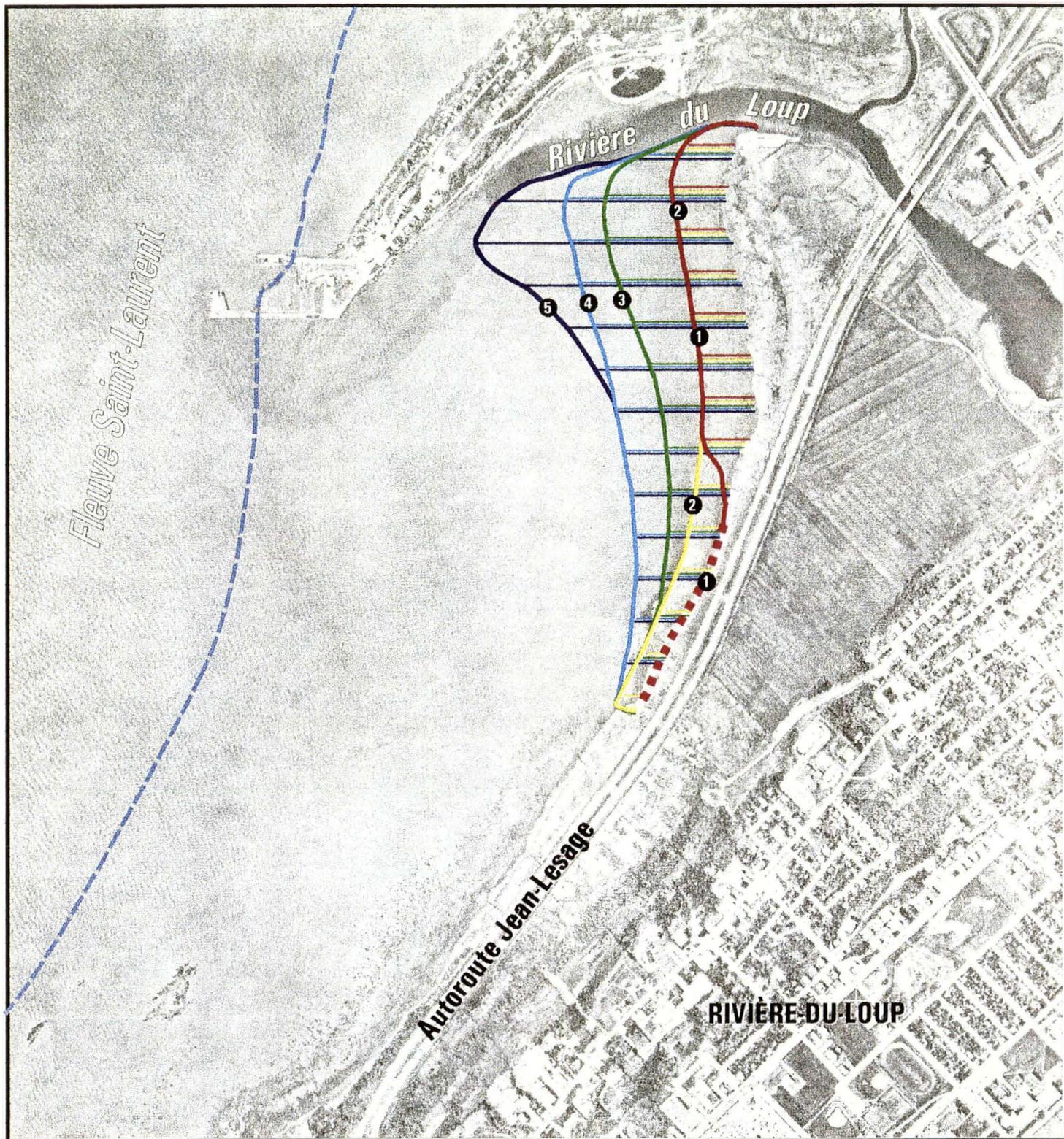
Photo 3 Érosion de la micro-falaise à proximité de l'autoroute Jean-Lesage.

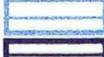


Photo 4 Recul graduel du marais par érosion différentielle des couches de dépôts (matière organique / argile)

---





-  Scénario 1 = 12,7 ha
-  Scénario 2 = 16,9 ha
-  Scénario 3 = 30,9 ha
-  Scénario 4 = 42,4 ha
-  Scénario 5 = 56,8 ha

 Enrochement

 Limite du zéro marégraphique

**Position sur l'estran,  
de la structure de protection  
(parcs de sédimentation),  
selon différents scénarios**



N° de projet : 18522-001  
Date : juillet 1997  
Échelle approximative 1 : 15 000  
Photo aérienne : juin 1995

**FIGURE 7**





- Scénario 3

Un troisième scénario impliquerait la mise en place d'une structure de protection (parcs de sédimentation) d'environ 1 890 mètres de longueur à une distance de 300 mètres du rebord de la micro-falaise. Ce scénario permettrait un gain d'environ 30,9 hectares de marais et une capacité de disposition de 309 000 m<sup>3</sup> soit une période utile de près de 6 années de dragage.

- Scénario 4

Un quatrième scénario impliquerait la construction d'une structure d'environ 970 mètres de longueur à une distance de 400 mètres de la micro-falaise. Ce scénario occasionnerait un gain d'environ 42,4 hectares de marais et une capacité de disposition de 424 000 m<sup>3</sup> soit une période utile d'utilisation comme site de disposition de sédiments dragués d'environ 8,5 années.

- Scénario 5

Un cinquième et dernier scénario consisterait à la mise en place d'une structure de protection (série de parcs de sédimentation) d'environ 2 280 mètres de longueur à une distance variant de 650 mètres (partie nord) à 400 mètres (partie centre) et à 250 mètres dans la partie sud du marais. Ce scénario permettrait un gain d'environ 56,8 hectares de marais et une capacité de disposition de 568 000 m<sup>3</sup> de sédiments dragués, soit une période d'utilisation approximative de 11,5 années.

Il est cependant important de noter que plus on s'éloigne du rebord du micro-talus du marais supérieur, plus les dimensions des composantes (modules ou blocs de béton) des parcs de sédimentation augmentent. En effet, en considérant la pente de la zone interdidaire (0,23%) et en faisant varier la distance de la structure du rebord de la micro-falaise (figure 8), on devra élever, de façon significative et marquée, la hauteur de la structure, afin qu'elle soit efficace et qu'elle diminue ou freine complètement l'effet des vagues. De 1,75 m de hauteur (figure 9), à 130 mètres de distance de la micro-falaise (scénario 1 et 2), celle-ci

passerait à 2 m de hauteur à 300 mètres de distance (scénario 3) et à 3 mètres de hauteur à 400 m et plus de distance (scénarios 4 et 5).

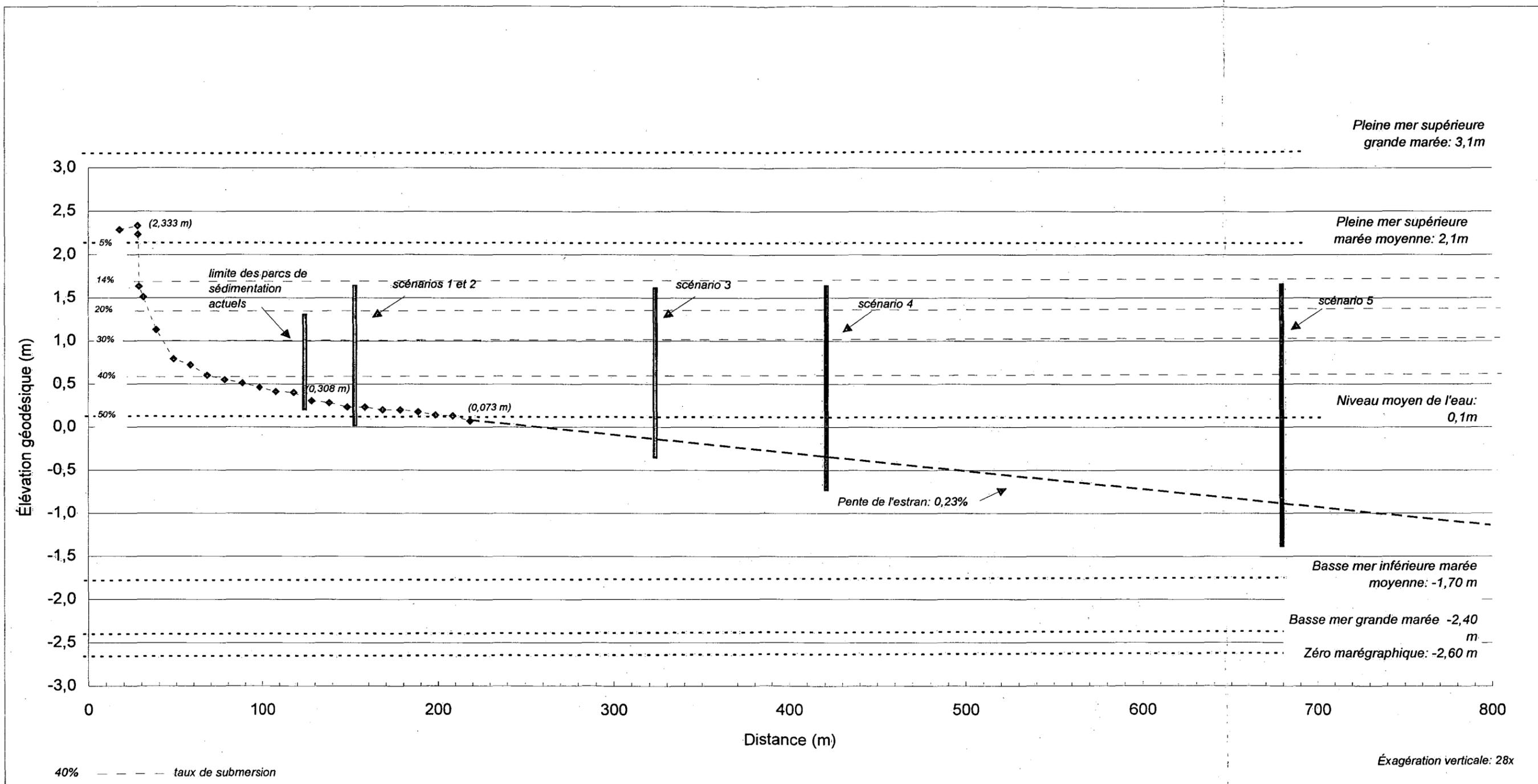
Ces hauteurs de structure estimées en fonction de la distance de la micro-falaise devraient protéger le marais supérieur dans une proportion d'au moins 80% du temps. Avant la réalisation du projet, il sera impératif de valider la hauteur de conception à l'aide d'un modèle si l'on désire augmenter, de façon significative, le temps de protection. Sans en connaître les coûts (conception et mise en place), à cette étape-ci de l'étude de faisabilité, le scénario 3 semble être celui qui comporte le plus d'avantages, tant de par la dimension de la structure (longueur et hauteur), le gain de superficie de marais (près de 31 hectares) que par la durée d'utilisation (6 ans) comme site de disposition de sédiments dragués (possibilité de près de 310 000 m<sup>3</sup>).

## **3.2 TYPE DE MATÉRIAUX**

Les matériaux utilisés pour construire la structure de protection (parcs de sédimentation) devront être sélectionnés selon les deux critères suivants, soit la résistance face aux attaques physico-chimiques de l'eau salée et une densité assez grande pour assurer la stabilité de l'ouvrage lors du départ des glaces. Deux types de matériaux ont été sélectionnés et évalués, soit le béton de ciment et les blocs de pierre. Les caractéristiques de ces deux choix seront décrites séparément.

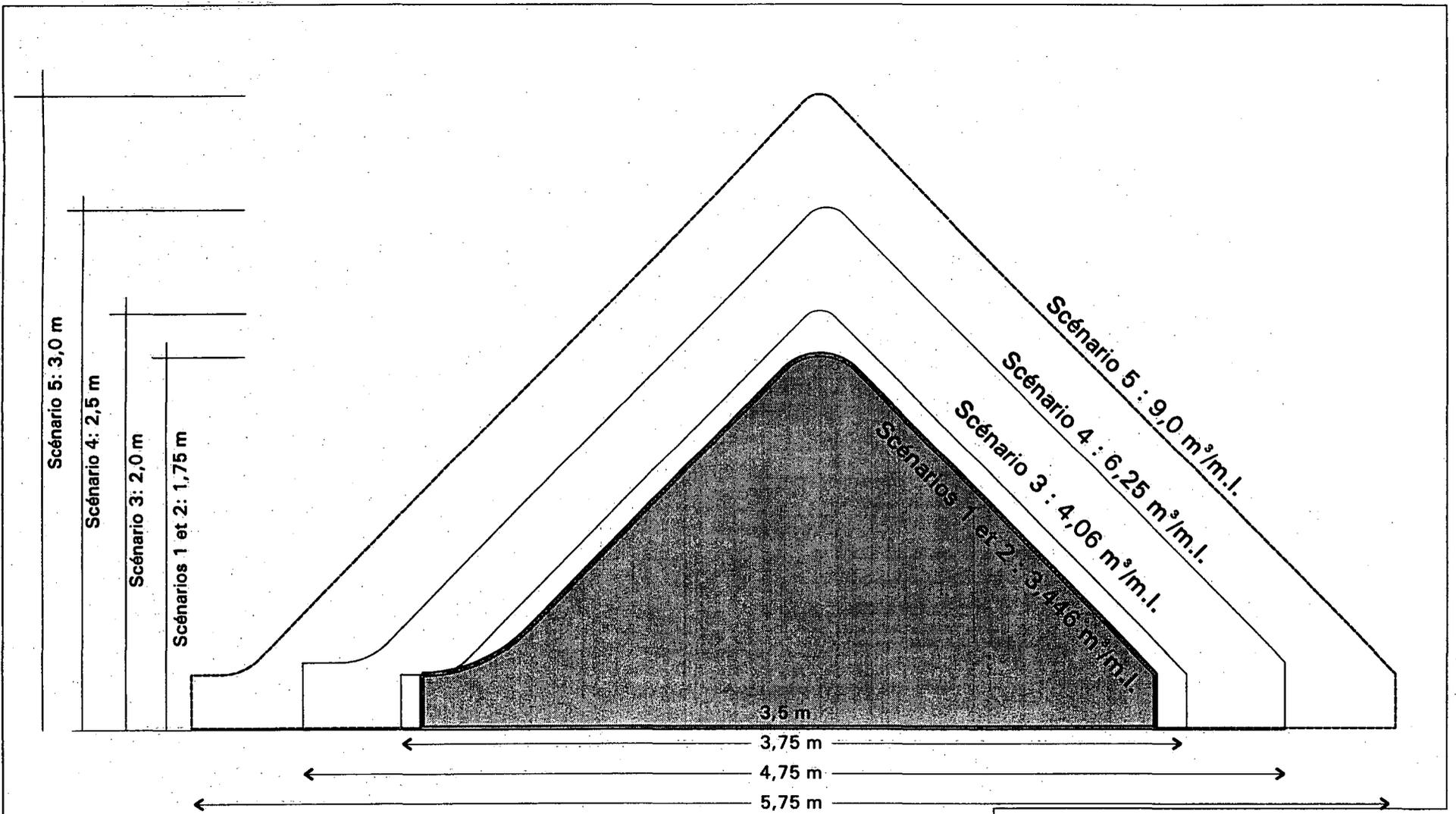
### **3.2.1 Bloc de béton de ciment**

Lors du projet pilote, le béton de ciment a été utilisé pour fabriquer des modules qui, une fois assemblés, formaient les parcs de sédimentation. Les résultats du projet pilote permettent de tirer certaines conclusions quant à l'utilisation de ce matériau.



**FIGURE 8**  
 Profil longitudinal du transect A du projet pilote (Argus 1997), localisation et hauteur des structures de protection des scénarios étudiés





**FIGURE 9**  
**Forme et dimension des modules**  
**(blocs de béton) des différents**  
**scénarios évalués**

N° de projet : 18522-001  
 Date : Juillet 1997



### 3.2.1.1 *Caractéristiques*

Le béton de ciment utilisé, dans les modules du projet pilote de parcs à sédimentation, contenait un ciment de type Portland 1 (ASTM C 150-84). Ce ciment est un produit bas de gamme, donc peu coûteux. Malgré l'attaque abrasive de l'eau salée, aucun signe de vieillissement prématuré n'a été observé sur les modules. Pour les besoins de cet éventuel projet, un mélange de béton de ciment devra être mis au point. Ce mélange devra contenir un ciment résistant aux diverses réactions pouvant être générées par le sel marin. Les composantes de ce béton de ciment étant connues (additifs chimiques, air entraîné, etc.), il ne reste qu'à en définir les proportions. Cependant, comme les modules ne seront pas vraiment sollicités (comme dans une structure) donc moins susceptibles de présenter des fissures de traction, on peut affirmer que le ciment requis pour le projet sera de «type commercial».

### 3.2.1.2 *Dimension et forme*

La largeur des modules de béton (chaque bloc) a peu d'importance si un système d'ancrage les relie les uns aux autres pour former des parcs. La hauteur des modules doit cependant correspondre aux spécifications des différents scénarios (voir figure 9). Le béton de ciment a l'avantage d'être façonné de manière à donner une masse (largeur des modules adaptée en fonction de la masse désirée) convenant aux véhicules de transport et aux appareils de levage utilisés lors de la mise en place. Pour ce qui est de la dimension de chacun des parcs, ils feront au moins 50 mètres de long. Cette dimension leur confère une masse oscillant autour de 100 000 kg (scénario 1). La masse est, bien entendu, liée au gabarit des modules formant chacun des parcs.

La forme des modules utilisée dans le projet pilote s'est avérée assez performante (voir photos 1 et 2). Cette forme avait été élaborée dans le but d'offrir peu d'emprise à la glace tout en appliquant la pression la plus faible possible sur le sol. La forme des modules proposée dans les différents scénarios s'inspire de celle des modules du projet pilote et diffère légèrement par sa grosseur et ses arêtes plus arrondies (voir figure 9).

### **3.2.1.3 Ancrage des modules et des parcs**

Deux types d'ancrage seront utilisés pour aménager les parcs de sédimentation. Le premier a pour fonction de maintenir les modules entre eux et le deuxième servira à ancrer les parcs dans les sédiments en place.

Pour maintenir les modules entre eux, des câbles en acier galvanisé seront utilisés. Ces câbles seront insérés dans les modules et bloqués (fixés) à chacun des modules. C'est en fait la même stratégie qui a été utilisée lors du projet pilote.

Pour l'ancrage des parcs, des pieux de béton de ciment (préfabriqués ou coulés sur place) seront enfoncés dans les sédiments en place. Les câbles d'acier reliant les modules y seront fixés (figure 10).

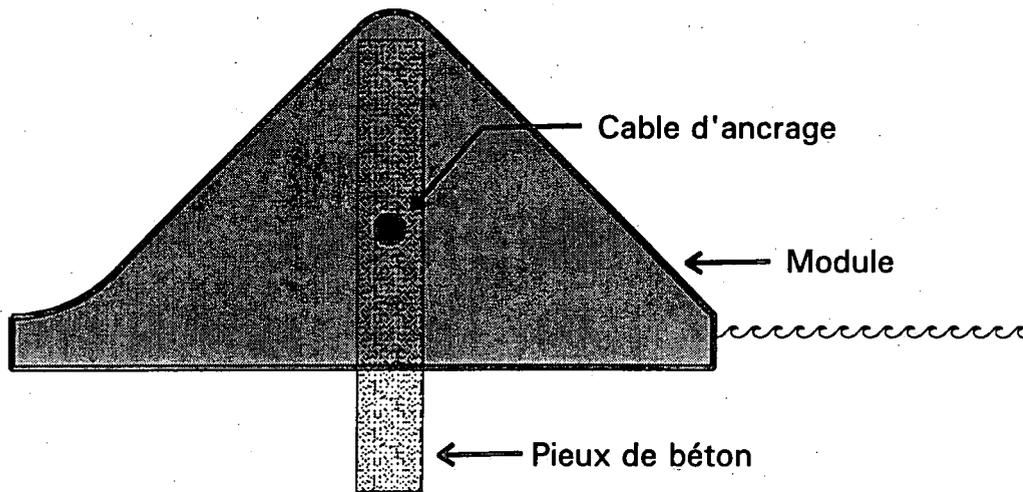
### **3.2.2 Blocs de pierre**

L'utilisation de blocs de pierre comme matériaux de construction de la structure de protection (parcs de sédimentation) laisse entrevoir une nouvelle perspective dans ce projet. Dans cette alternative, les parcs de sédimentation seraient plus «perméables». Le résultat de l'aménagement sera semblable à un cordon de blocs glaciels. Le taux de sédimentation serait probablement différent comparé au projet utilisant des modules de béton. De plus, les déplacements des éléments (pierres) de la structure aménagée seront sûrement plus marqués. Les parcs seraient de même dimension et seraient composés d'une traînée de blocs sur toute la longueur du secteur à aménager (2 à 4 blocs de largeur) pour les scénarios 1, 2 et 3 (figure 11). Pour ce qui est des scénarios 4 et 5, il s'agirait plutôt d'une digue massive (figure 12).

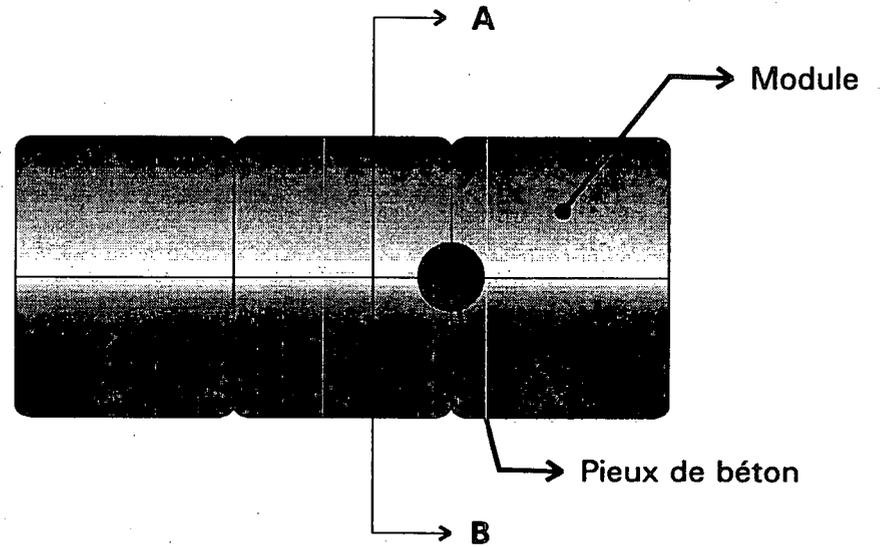
#### **3.2.2.1 Caractéristiques de la pierre utilisée**

Le type de pierre utilisé devra être une pierre dure et durable d'une densité approximative de 2 500 kilogrammes par mètre cube. Ces blocs devront avoir une forme arrondie en plus d'avoir une surface de contact sur le sol assez grande afin de minimiser les tassements trop importants.

**COUPE A-B**



**VUE EN PLAN**

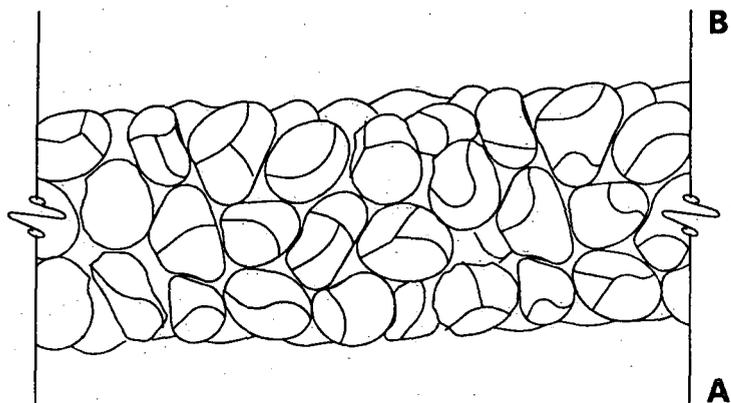


**FIGURE 10**  
**Pieux d'ancrage des structures**  
**de béton**

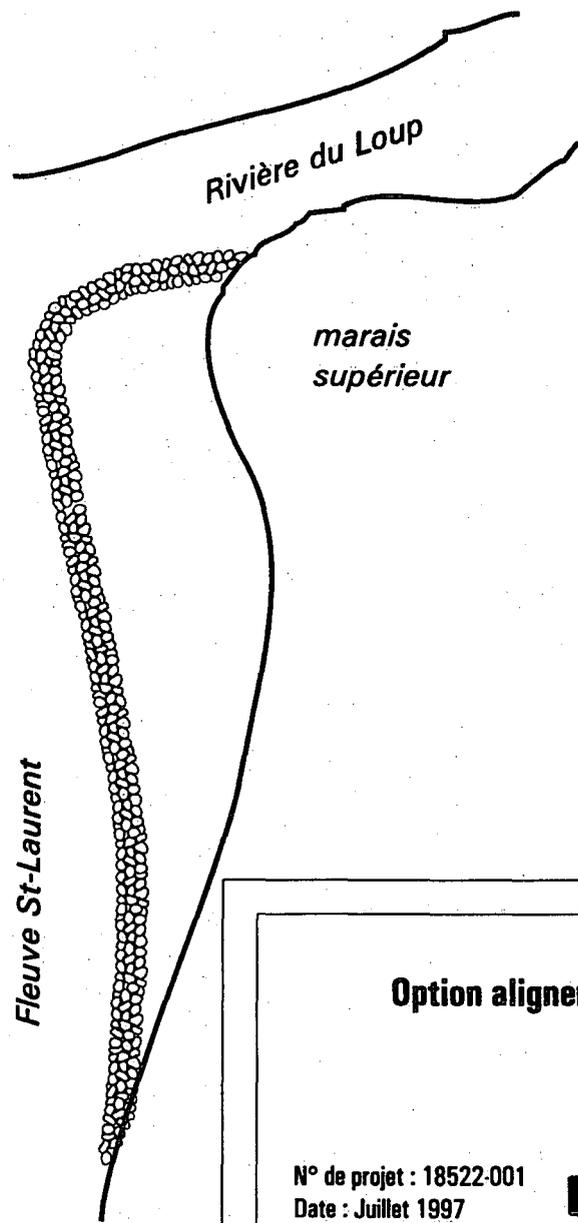
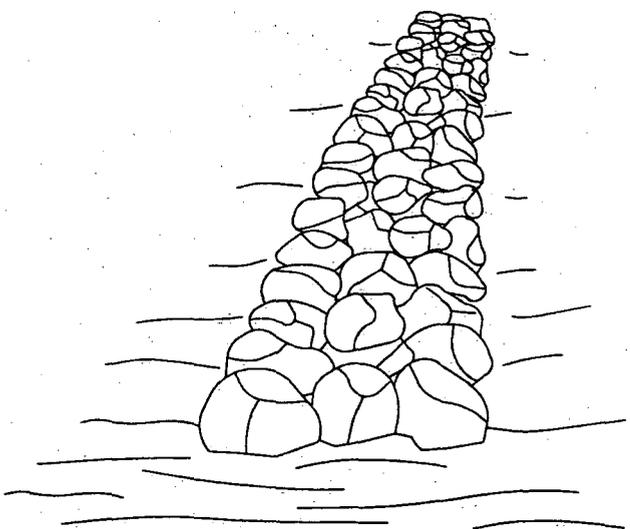
N° de projet : 18522-001  
Date : Juillet 1997



**VUE EN PLAN**



**COUPE ET PERSPECTIVE A-B**

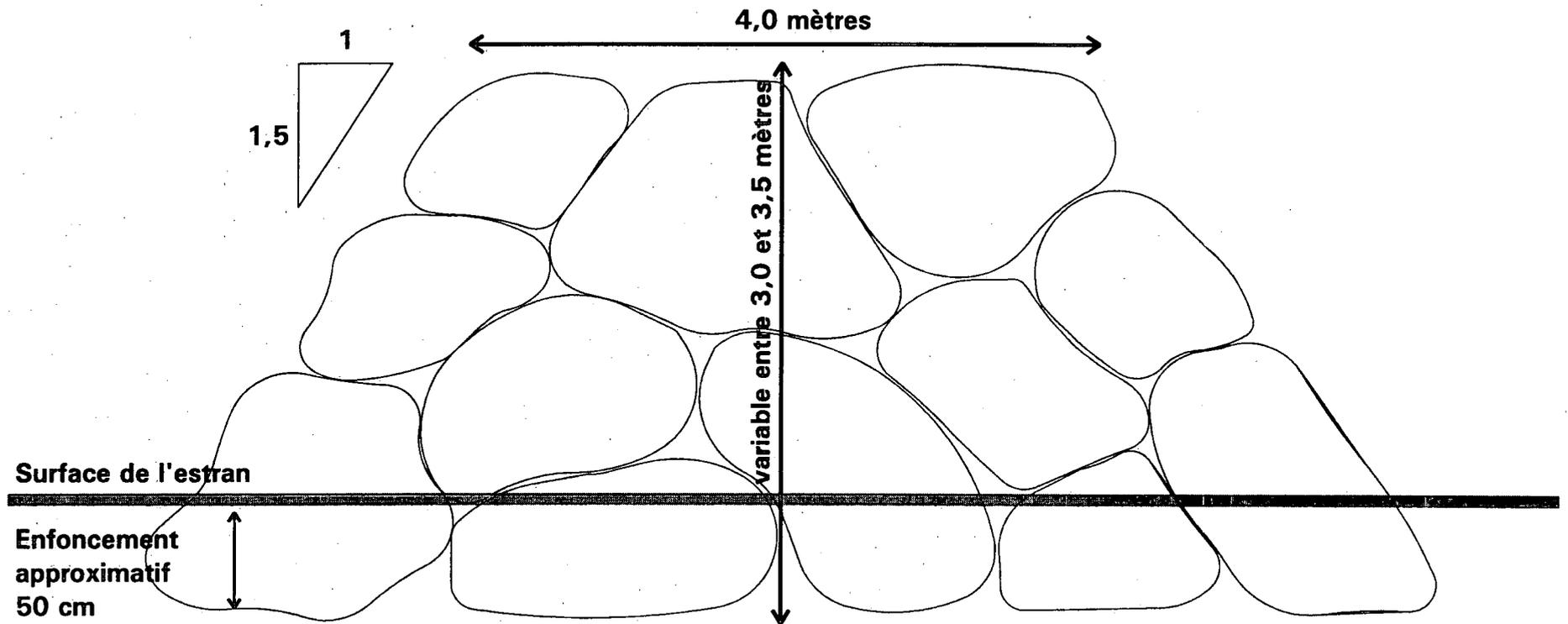


**FIGURE 11**  
**Option alignement de pierres**  
**Scénarios 1-2-3**

N° de projet : 18522-001  
Date : Juillet 1997



**COUPE**



**FIGURE 12**  
**Option digue de pierres**  
**Scénarios 4-5**

N° de projet : 18522-001  
Date : Juillet 1997



### 3.2.2.2 Calibre de la pierre

Les blocs de pierre devront permettre un dégagement du sol semblable à ceux recommandés, dans les différents scénarios, pour les parcs en modules de béton de ciment. Si on considère une pierre plutôt ronde, son diamètre serait de 1,2 à 1,5 mètre (minimum), pour une masse oscillant entre 2 500 et 4 000 kg. Le calibre des blocs de pierre correspondra aux caractéristiques d'une pierre carapace pour les enrochements dans ce type de milieu. Pour assurer la stabilité de cet enrochement, des pierres de calibre plus petit seront disposées dans ce dernier (maximum 30% des pierres).

## 3.3 UTILISATION DES MATÉRIAUX DE DRAGAGE

L'utilisation des matériaux de dragage constitue un des points les plus importants dans ce projet. Le fait de revaloriser ces matériaux dans un projet de restauration de milieux humides ouvre des perspectives des plus intéressantes dans le contexte d'une approche de développement durable. Techniquement, trois points majeurs sont à considérer, soit le dragage, le transport des sédiments dragués et leur disposition dans les parcs de sédimentation.

Le volume de sédiments dragués annuellement au quai de Rivière-du-Loup se situe autour de 50 000 m<sup>3</sup>. L'équipement de dragage actuellement utilisé est de type conventionnel (drague à benne preneuse) et le transport et la disposition des sédiments s'effectuent au large du quai, par bateau à fond ouvrant. Ce type d'équipement serait cependant inadéquat pour l'utilisation projetée des sédiments dragués. En effet, l'utilisation des sédiments dragués au quai de Rivière-du-Loup, comme source de matériau de remplissage des parcs de sédimentation (site de mise en dépôt), présuppose une déstructuration des sédiments (contenant 80 % d'eau) afin d'en assurer le transport par pompage sur une assez grande distance. La drague utilisée devra donc permettre la liquéfaction des sédiments, leur pompage et leur évacuation dans une conduite pouvant être rattachée à un système autonome de pompes (pompe relai). Pour les besoins du projet, une drague à fuseau ou tout autre type de drague du même genre (suceuse-refouleuse, à tarière (Mudcat m.c.) ou à godet pompe (Amphibex m.c.)) pourra être utilisée.

Tel que déjà mentionné, dans le cas de Rivière-du-Loup, la solution technique au transport des sédiments est vraisemblablement le pompage. En effet, le site de disposition étant difficilement accessible et situé dans une zone intertidale, le pompage s'avère très intéressant comme moyen de transport. Les arrêts de dragage, dûs à l'impossibilité de mettre en dépôt les sédiments dragués lors des marées hautes, ne nécessiteront pas de démobilisation importante. Cependant, tel qu'indiqué précédemment, le fait de pomper sur une grande distance (environ 1 300 mètres) nécessite un pourcentage d'eau relativement important (environ 80%). Le tout a pour effet de liquéfier le matériel pompé ce qui nécessite un temps de décantation beaucoup plus long lors de sa disposition. À cet effet, une méthode spécifique de mise en dépôt des sédiments dragués a été étudiée et pourra être éventuellement utilisée.

La mise en place des matériaux dragués est un autre des défis techniques de ce projet. Deux points sont à considérer pour la problématique de mise en place, soit: la vitesse de décantation des matériaux dragués et la submersion du site de dépôt à tous les huit heures. En premier lieu, la décantation par gravité n'est pas réalisable dans les conditions hydrodynamiques actuelles de la baie de Rivière-du-Loup, la période de décantation serait trop longue et nécessiterait des infrastructures trop coûteuses.

De plus, l'ajout de flocculant tel que l'alun (produit chimique contenant une bonne proportion d'aluminium) pour accélérer la décantation n'est pas compatible avec le projet à cause de la contamination des sédiments qu'elle occasionnerait. Il semblerait plus approprié de favoriser la consolidation ou restructuration (redonner une structure aux sédiments) des matériaux dragués.

Des essais à très petite échelle ont été effectués pour vérifier la structure résultant de l'incorporation de mousse de tourbe dans les sédiments dragués. L'adsorption des particules (matériaux dragués) sur les fibres de tourbe et l'absorption de l'eau dans les fibres de tourbe donnent un substrat beaucoup plus cohérent et stable. Des proportions de tourbe variant de 20 à 50% (en volume) ont été testées. Techniquement, advenant la réalisation de ce projet, il faudra concevoir un outil pour incorporer la mousse de tourbe au même rythme que la vitesse de pompage (d'arrivée) des sédiments.

### **3.4 TRANSPORT ET MISE EN PLACE DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION**

Lors de la réalisation du projet pilote, les activités de mise en place des modules des parcs de sédimentation se sont avérées très ardues. Les principaux problèmes survenus lors de ces travaux étaient reliés à la faible capacité portante du marais supérieur et au manque d'adhérence sur la slikke. Le transport des modules s'est avéré particulièrement difficile et a provoqué un retard dans l'exécution des travaux.

La réalisation du projet global à la même période, soit à l'été ou à l'automne, ne peut être envisagée sans l'aménagement d'accès sur le marais supérieur et sur la slikke. Plusieurs accès devraient notamment être aménagés sur le marais supérieur, compte tenu de la longueur de la structure de protection (1 800 m et plus). De plus, l'utilisation d'un type de machinerie adaptée spécialement pour travailler dans des milieux à faible capacité portante devrait être prévue afin de minimiser la pression au sol lors des déplacements et du transport des modules de béton. Ces travaux entraîneront tout de même des impacts de courte durée non négligeables dans les secteurs de déplacement de la machinerie, particulièrement au niveau du marais supérieur.

La mise en place des parcs de sédimentation au cours de la période hivernale constitue une alternative intéressante. Le déplacement de la machinerie sur la glace permettrait de réduire considérablement les impacts sur le marais supérieur. La glace serait alors excavée pour permettre la mise en place des modules sur la slikke. L'excavation pourrait être effectuée à l'aide d'une pelle hydraulique conventionnelle. Un camion muni de pneus très larges, permettant de répartir la charge sur une plus grande surface, serait utilisé pour le transport et la mise en place des modules. Ce type de camion a été utilisé avec succès lors de travaux réalisés dans une tourbière de l'Isle-Verte (Harvey, B.P. et J. Brunelle 1996).

### **3.5 PÉRIODE ET DURÉE DES TRAVAUX**

Selon les deux alternatives possibles, l'aménagement des parcs de sédimentation se déroulerait à l'été (août - septembre) ou au cours l'hiver (février - mars). La mise en place des parcs pourrait durer de 4 à 8 semaines selon l'envergure des travaux entrepris. Le moulage et la préparation des modules seraient effectués sur une période approximative de

deux mois, soit en juin - juillet si la mise en place des structures est réalisée à l'été, soit à l'automne (septembre - octobre) si la structure de protection est aménagée au cours de la période hivernale.

Le dragage au quai et à la marina de Rivière-du-Loup et la disposition des sédiments et de la tourbe à l'intérieur des parcs de sédimentation seraient réalisés au printemps (avril - mai). Ces travaux ne pourraient être exécutés qu'au cours des cycles de marée basse afin de permettre le mélange homogène des sédiments dragués avec la tourbe.

La figure 13 présente le calendrier de réalisation des travaux selon la période retenue pour la mise en place de la structure de protection.

ÉTAPE	Mois											
	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
Préparation des travaux	■			■								
Moulage et préparation des blocs		■			■							
Mise en place du parc de sédimentation			■						■			
Dragage et disposition des sédiments											□	

- Si mise en place du parc de sédimentation au cours de la période estivale
- Si mise en place du parc de sédimentation au cours de la période hivernale
- Travaux communs aux deux périodes de mise en place du parc de sédimentation

**Figure 13** Calendrier de réalisation: protection du marais de Rivière-du-Loup





## 4.0 COÛTS DES SCÉNARIOS

---

### 4.1 STRUCTURE DE BÉTON

Les coûts de construction et de mise en place des parcs de sédimentation avec des modules de béton de ciment varient de 5 040 000 \$, pour les scénarios 1 ou 2, à 16 416 000 \$ pour le scénario 5 (tableau 3). Lorsque l'on tient compte de la superficie de marais récupérée, le scénario 3 est celui qui présente le coût le moins élevé à l'hectare, soit 195 728 \$/ha pour un total d'environ 31 hectares de marais reconstitué et un coût global de 6 048 000 \$. Tous ces montants n'incluent pas les coûts de dragage et de disposition des sédiments (et l'incorporation de la tourbe) à l'intérieur du parc de sédimentation.

Le coût au mètre linéaire varie de 2 800 \$ à 7 200 \$ selon le scénario considéré et se situe à 3 200 \$ pour le scénario 3. Ces coûts excèdent de façon importante le coût d'un enrochement conventionnel (avec clé) en milieu estuarien (entre 1 000 \$ et 1 500 \$ du mètre linéaire) qui pourrait être utilisé pour la protection de l'autoroute Jean- Lesage dans le secteur sud de la baie de Rivière-du-Loup.

### 4.2 DIGUE DE ROCHES

L'utilisation de pierres plutôt que des blocs de béton permet de réduire le coût total d'aménagement de chaque scénario. Avec ce type de matériau, les estimations du coût d'achat et de mise en place des parcs de sédimentation, excluant les coûts de dragage et de disposition des sédiments et de la tourbe, varient de 2 430 000 \$ à 14 450 000 \$ (tableau 4).

Le scénario 3 demeure encore le scénario le plus avantageux en termes de coût à l'hectare (99 094 \$/ha) avec un coût global de 3 062 000 \$ pour 31 hectares de marais récupérés, soit un peu plus de la moitié du coût d'aménagement évalué pour l'utilisation de blocs de béton (6 048 000\$). Le coût d'aménagement au mètre linéaire est également réduit de 50% pour ce scénario soit 1 620 \$, ce qui se rapproche du coût d'un enrochement conventionnel (avec clé à l'avant) en milieu marin.

**Tableau 3** Principales caractéristiques et coûts d'aménagement de la structure de protection avec des modules de béton selon le scénario étudié

Scénario	Hauteur des modules (m)	Masse au mètre (kg/m)	Volume au mètre (m <sup>3</sup> /m)	Longueur de la structure (m)	Superficie de marais récupérée (ha)	Coût de construction (\$)	Coût de mise en place (\$)	Total des coûts (\$)	Coût au mètre linéaire (\$)	Coût à l'hectare (\$)
1	1,75	8400	3,50	1800	12,7	3 150 000	1 890 000	5 040 000	2 800	396 850
2	1,75	8400	3,50	1800	16,9	3 150 000	1 890 000	5 040 000	2 800	298 224
3	2,00	9600	4,00	1890	30,9	3 780 000	2 268 000	6 048 000	3 200	195 728
4	2,50	15 000	6,25	1970	42,4	6 156 000	3 694 000	9 850 000	5 000	232 311
5	3,00	21600	9,00	2280	56,8	10 260 000	6 156 000	16 416 000	7 200	289 014

**Tableau 4** Principales caractéristiques et coûts d'aménagement de la structure de protection avec des pierres selon le scénario étudié

Scénario	Hauteur (m)	Masse au mètre (kg/m)	Volume au mètre (m <sup>3</sup> /m)	Longueur de la structure (m)	Superficie de marais récupérée (ha)	Coût d'achat (\$)	Coût de mise en place (\$)	Total des coûts (\$)	Coût au mètre linéaire (\$)	Coût à l'hectare (\$)
1	1,75	15 000	--	1800	12,7	405 000	2 025 000	2 430 000	1 350	191 339
2	1,75	18 000	--	1800	16,9	486 000	2 430 000	2 916 000	1 620	172 544
3	2,00	18 000	--	1890	30,9	510 000	2 552 000	3 062 000	1 620	99 094
4	2,50	66 300	25,5	1970	42,4	1 959 000	7 837 000	9 796 000	4 973	231 038
5	3,00	84 500	32,5	2280	56,8	2 890 000	11 560 000	14 450 000	6 338	254 400

### 4.3 DRAGAGE ET DISPOSITION DES SÉDIMENTS

Le coût annuel pour le dragage au quai et à la marina de Rivière-du-Loup à l'aide d'une drague à fuseau et la disposition des sédiments à l'intérieur des parcs de sédimentation à l'aide d'une conduite et d'une pompe relai est évalué à environ 700 000 \$. Ce montant est estimé pour un volume total de sédiments dragués de 50 000 m<sup>3</sup>, ce qui représente un coût unitaire de 14,00 \$/ m<sup>3</sup>, comparable au coût généralement considéré pour ce type de dragage.

Un montant annuel supplémentaire de 270 000 \$ doit cependant être ajouté à ce coût de dragage afin de permettre l'utilisation de tourbe pour augmenter la densité du matériel déposé dans le parc de sédimentation. Ce coût additionnel comprend l'achat, le transport et l'incorporation de 10 000 m<sup>3</sup> de tourbe aux sédiments dragués. Le montant total estimé pour le dragage et l'incorporation de la tourbe s'élève donc à 970 000 \$ avec un coût unitaire de 19,40 \$ du m<sup>3</sup>.

### 4.4 SCÉNARIO OPTIMAL

Le scénario optimal en terme de coûts est le scénario 3 qui consiste en la mise en place d'une structure de protection en pierres (digue) d'environ 1890 mètres de longueur à une distance de 300 mètres (vers le large) du rebord du microtalus (voir figure 7). L'estimation totale des coûts, si l'on considère la mise en place de la structure de protection (digue de pierres) ainsi que le dragage du port de Rivière-du-Loup et la disposition des sédiments dragués (mélangés avec de la tourbe) dans la structure, se situe autour de 4 032 000 \$ soit environ 130 065 \$/ha.

---

**IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX  
ANTICIPÉS**

## **5.0 IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ANTICIPÉS**

---

Le projet de restauration du marais de Rivière-du-Loup incluant la protection d'un tronçon de l'autoroute Jean-Lesage, tel que décrit précédemment, est assujéti à l'article 31.1 de la Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c. Q-2) qui oblige le promoteur ou l'initiateur d'un projet à suivre la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement afin d'obtenir un certificat d'autorisation du gouvernement. En effet, comme le projet comporte une activité de dragage et de disposition de sédiments dragués et qu'il sera réalisé dans un cours d'eau sur une distance de plus de 300 mètres et qu'il couvrira, de plus, une superficie de plus de 5 000 m<sup>2</sup>, celui-ci fait partie de la liste des projets assujétiés que l'on retrouve dans le Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement (R.R.Q., 1981, c. Q-2, r. 9).

Bien que le projet puisse être considéré comme un projet d'aménagement faunique, élaboré dans une perspective de conservation de biodiversité d'un site, celui-ci ne peut être exclu de la procédure puisqu'il comporte l'utilisation (disposition) de sédiments dragués hors site. Mentionnons cependant que l'abandon de cette activité dans le projet aura probablement pour effet d'exclure le projet de la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement.

Suite au dépôt, par l'initiateur du projet, d'un avis écrit au ministre (le ministre de l'Environnement et de la Faune) décrivant la nature générale du projet, le ministre indique par une directive la nature, la portée et l'étendue de l'étude d'impact sur l'environnement que l'initiateur du projet doit préparer. Les articles 31.3. à 31.5. de la Loi sur la qualité de l'environnement décrivent le reste de la procédure à suivre.

Dans le contexte de cette étude de préféabilité, nous ne ferons qu'une revue sommaire des enjeux environnementaux touchés par le projet et ne décrirons que les principaux impacts anticipés tant pour le milieu naturel que le milieu humain.

## 5.1 MILIEU NATUREL

Comme il a été mentionné dans les sections précédentes, le marais de Rivière-du-Loup est présentement soumis à un processus d'érosion sévère (voir sections 1.0 et 2.0). La limite du marais supérieur recule de quelques mètres à chaque année et le talus d'érosion se retrouve, selon les observations effectuées au printemps 1997 dans le secteur sud de la zone, à moins de 10 mètres de la limite de l'emprise de l'autoroute Jean-Lesage.

Les objectifs du projet sont de protéger le marais supérieur ainsi que l'autoroute Jean-Lesage et de restaurer le marais en permettant la récupération d'une partie du marais inférieur qui se limite, dans la majeure partie de la zone, à quelques îlots épars de spartines alterniflores. Il s'agit donc, à la base, d'un projet de restauration d'habitats fauniques qui devrait entraîner des effets positifs pour le milieu naturel de ce secteur. Le projet pourrait cependant engendrer certaines répercussions négatives sur les milieux naturel et humain de la baie de Rivière-du-Loup, lors des phases de construction et d'exploitation des parcs de sédimentation. On traite brièvement, dans la présente section, des principales répercussions appréhendées au cours de ces phases. Une analyse plus poussée des impacts potentiels anticipés devra éventuellement être réalisée dans le cadre d'une étude d'impact, si le projet est mis de l'avant.

### 5.1.1 Milieu physique

La structure de protection projetée (parcs de sédimentation ou digue en blocs de pierre) aura l'effet d'un brise-lame c'est à dire qu'elle servira à absorber et dissiper l'énergie des vagues et par conséquent réduira et même annulera l'action des vagues sur la rive (microtalus). La réduction de l'énergie des vagues favorisera l'accumulation de sédiments derrière la structure et les impacts de cette accumulation pourront être positifs, négatifs ou nuls selon les enjeux considérés. Le volume de sédiments déposés de façon naturelle dépendra alors des caractéristiques hydrodynamiques du site et de la forme (design) de la structure.

Tel que déjà mentionné, le degré de protection de la structure (en fonction du temps de submersion et des niveaux d'eau considérés) devra être soigneusement réévalué. Si la structure est trop haute, elle interférera avec les processus littoraux (courants, marée,

dérive littorale et transport de sédiment) et si elle est trop basse, le marais supérieur et l'autoroute seront mal protégés. Une structure légèrement submergée, à marée haute, aura pour effet de mieux absorber ou disperser l'énergie des vagues et perturbera beaucoup moins le transport littoral.

Pour l'évaluation des impacts de la structure sur le milieu physique, on doit tenir compte des modifications qui risquent de se produire tant à l'arrière de la structure, tant au niveau de la structure elle-même, qu'à l'avant.

À l'arrière de la structure, l'accumulation de sédiments aura un impact positif sur le milieu en ce sens qu'elle protégera le marais supérieur (microtalus) et favorisera progressivement l'établissement d'un couvert végétal constitué de spartines alterniflores. L'ajout de matériaux de dragage aura également un impact positif en ce sens qu'il accélérera le relèvement du niveau de base du marais inférieur.

Au niveau de la structure, il faudra envisager la possibilité d'enfoncement (tassement) de celle-ci dans l'argile. Même si l'on ne connaît pas, à cette étape-ci du projet (étude de pré faisabilité) la capacité portante de la surface (sédiment argileux) où la structure de protection sera mis en place, il faudra s'assurer que cette dernière soit considérée dans le dimensionnement de la structure. De plus, la densité de la structure doit être assez grande pour assurer la stabilité de l'ouvrage lors du départ des glaces au printemps. Si la densité est trop grande, l'ouvrage risque de s'enfoncer dans l'argile et devenir inefficace. Si, au contraire, la densité est trop faible l'ouvrage sera déplacé ou arraché par les glaces. Le dimensionnement de la structure est donc une question de charge appliquée versus la surface d'application et la capacité portante et doit être également fonction de la pression exercée (verticale et horizontale) par le couvert de glace continu (glace d'estran) surtout lors de son départ le printemps (déplacement du couvert de glace continu par les vents et les marées).

Le tassement ou enfoncement de la structure sera plus ou moins important selon le degré de consolidation de l'argile (argile consolidée ou surconsolidée) sous jacent et selon la présence ou l'absence d'un dallage de blocs glaciels juste sous la surface de l'argile. Une description détaillée du site de mise en place de la structure devra être réalisée lors de

l'étude de faisabilité du projet et des mesures de capacité portante ainsi que des mesures de consolidation de l'argile devront également être effectuées.

Afin de compenser un éventuel enfoncement de la structure dans l'argile, on devra surdimensionner quelque peu sa hauteur. À cet effet, et pour les calculs de coûts à ce stade du projet, on a considéré une surélévation de la structure de 25 cm (scénarios 1, 2 et 3) et de 50 cm (scénarios 4 et 5). Cette estimation de l'enfoncement devra également être validé.

À l'avant, la structure est susceptible d'entraîner ou d'engendrer les effets physiques suivants:

- abaissement possible du niveau de base de la surface de l'estran (zone intertidale);
- affouillement éventuel de la base de la structure (modules des parcs, alignements de pierres ou digue) et déstabilisation de cette dernière;
- réflexion et réfraction des vagues dans des directions indéterminées lors des niveaux intermédiaires de marée;
- modification possible des courants et des agents ou processus responsables de la dérive littorale.

L'affouillement à la base de la structure peut se produire lorsque les vagues se brisent sur cette dernière ce qui a pour effet d'éroder sa base. Afin de diminuer les risques de déstabilisation et d'écroulement de la structure occasionnés par l'affouillement de sa base, on devra vraisemblablement prévoir une butée d'encastrement (clé) à sa base. Cependant comme l'enfoncement naturel de la structure dans l'argile a été estimée entre 25 à 50 cm, en fonction du scénario retenu, celui-ci pourra éventuellement remplacer la mise en place d'une butée. Cette possibilité devra également faire l'objet d'une étude détaillée lors de l'étude de faisabilité.

Mentionnons finalement que la mise en place de la structure ne risque pas de produire d'effets néfastes à ses extrémités (effet d'embout ou «wings effects»). En effet, la provenance des vents dominants (sud-ouest) ainsi que la présence de la jetée du quai de Rivière-du-Loup font en sorte que les vagues résiduelles seront déportées vers l'embouchure de la rivière et seront atténuées par le courant de cette dernière.

### 5.1.2 Faune et habitats

Selon l'information disponible au bureau du MEF à Rivière-du-Loup, le marais et la zone plus profonde située à la limite de la baie sont fréquentés par plusieurs espèces de sauvagine, particulièrement au cours des mois d'avril, mai, septembre et octobre (Argus 1995). Les principales espèces observées sont le Canard noir (*Anas rubripes*), la Sarcelle à ailes vertes (*Anas crecca*), le Canard pilet (*Anas acuta*), l'Eider à duvet (*Somateria mollissima*), la Macreuse à bec jaune (*Melanitta nigra*), la Macreuse à ailes blanches (*Melanitta fusca*) et la Bernache du Canada (*Branta canadensis*). Cette présence en plus forte densité de la sauvagine se limite principalement aux périodes migratoires printanière et automnale. Elle permet néanmoins au MEF d'attribuer au marais de Rivière-du-Loup le statut d'habitat faunique (> 50 ind./km<sup>2</sup>). On ne rapporte aucune mention de nidification de la sauvagine dans le marais. Cependant, deux couvées de Canard noir ont été observées lors des travaux d'inventaires effectués à l'été 1994.

Puisqu'il ne s'agit pas d'un site de nidification reconnu et qu'il s'agit principalement d'un site d'alimentation et de repos pour la sauvagine (halte migratoire) et que les oiseaux qui le fréquentent sont essentiellement des oiseaux de marais, la restauration de ce dernier, sans intervention sur la capacité de nidification, ne risque pas d'avoir d'impact significatif sur la circulation de l'autoroute.

En ce qui concerne la faune ichthyenne, on mentionne la présence de l'Éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*), du Poulamon atlantique (*Microgadus tomcod*) et du Meunier noir (*Catostomus commersoni*) dans l'estuaire de la Rivière du Loup face au marais (Argus 1995). Il ne semble cependant pas y avoir de donnée sur l'utilisation du marais par les poissons. Des inventaires réalisés par Pêches et Océans Canada sur la zone intertidale à Cacouna, près de Rivière-du-Loup, indiquent également la présence de l'Éperlan arc-en-ciel, du Poulamon atlantique et de quelques autres espèces dont l'Épinoche à trois épines (*Gasterosteus aculeatus*), l'Alose savoureuse (*Alosa sapidissima*), le Hareng atlantique (*Clupea harengus*), la Plie lisse (*Liopsetta putnami*) et la Plie rouge (*Pseudopleuronectes americanus*). On peut donc s'attendre à retrouver ces mêmes espèces dans la zone intertidale du marais de Rivière-du-Loup.

On ne retrouve aucune mention sur la reproduction des poissons dans le marais de Rivière-du-Loup. Il est cependant fort probable que quelques espèces d'épinoches (en plus de celles inventoriées), comme l'Épinoche à trois épines, l'Épinoche à neuf épines (*Pungitius pungitius*) et l'Épinoche tachetée (*Gasterosteus wheatlandi*) fréquentent les marelles et les canaux obstrués du marais pour la reproduction.

Lors de l'aménagement des parcs de sédimentation, les principaux impacts anticipés sur le milieu naturel concernent la dégradation du marais supérieur dans les secteurs de déplacement de la machinerie et le dérangement de la faune ailée présente à la période des travaux. Même avec l'utilisation d'une machinerie spécialement adaptée pour travailler dans des milieux de faible portance, le marais supérieur risque d'être fortement perturbé puisque des aires d'accès devront être aménagées pour le déplacement des véhicules lourds jusqu'au site de mise en place des modules de béton ou des pierres. Dans les aires d'accès aménagés, la végétation, si elle n'a pas été au préalable enlevée, sera détruite et il faudra prévoir soit de l'ensemencement, de la plantation ou du repiquage. Dans cette optique, la mise en place des parcs de sédimentation durant les mois de février et mars présente nettement un avantage, puisqu'elle permettrait d'une part, de réduire considérablement l'impact sur la végétation du marais et d'autre part, d'éviter les périodes d'utilisation plus intensive par la faune.

Quelque soit le scénario privilégié, la structure de protection sera installée dans un secteur déjà fortement perturbé du marais inférieur ou sur l'estran vaseux. L'impact sur l'habitat sera donc de faible importance. La présence de la structure ne devrait pas non plus entraîner d'effets négatifs notables sur les poissons qui fréquentent le marais et l'estran à marée haute. Le concept prévoit des ouvertures d'environ 3 m à intervalle régulier (50 à 75 m) entre les parcs de sédimentation, ce qui réduit substantiellement le risque de piéger les poissons lors du retrait de la marée.

Le dépôt des sédiments à l'intérieur des parcs de sédimentation au cours de la période avril-mai risque de provoquer un certain dérangement de la faune ailée présente au cours de cette période de migration printanière. Toutefois, ces travaux ne seront effectués qu'à marée basse et dans un secteur restreint de la zone protégée à chaque année. Les sédiments mélangés à la tourbe devraient être contenus en grande partie à l'intérieur des

parcs de sédimentation et par conséquent ne provoquer qu'une légère augmentation de la concentration de MES dans la zone plus profonde de la baie de Rivière-du-Loup. Des études antérieures ont montré que la quantité de MES dans l'eau de la baie est déjà très élevée lors des cycles de marée haute (Lorrain 1994, Troude et Ouellet 1987).

L'analyse de sédiments prélevés dans la zone de dragage du quai de Rivière-du-Loup (Argus 1996b) a révélé que les teneurs en arsenic, cadmium, chrome, cuivre, nickel et zinc sont supérieures aux seuils d'effet mineur (S.E.M.) établis conjointement par Environnement Canada et Environnement Québec (1992) pour l'évaluation de la qualité des sédiments du Saint-Laurent. L'analyse d'un échantillon récolté dans la zone prévue de mise en dépôt dans la baie de Rivière-du-Loup a également permis de déceler une concentration en arsenic supérieure au seuil d'effet mineur.

Ainsi, la mise en dépôt des sédiments contribuera à augmenter légèrement les concentrations de certains métaux sur la slikke de la baie de Rivière-du-Loup. Bien qu'aucun impact important ne soit anticipé avec cette mise en dépôt des sédiments de dragage et de la tourbe (Argus 1996b), des bioessais devront être réalisés dans le cadre de l'étude d'impact afin d'évaluer la toxicité du matériel déposé dans le parc de sédimentation.

## **5.2 MILIEU HUMAIN**

Les secteurs touchés par le projet sont entièrement localisés dans des zones à vocation récréative. La municipalité de Rivière-du-Loup est propriétaire d'une grande partie du marais supérieur. Par contre, les informations actuelles indiquent que la structure de protection sera située sur un territoire privé (Seigneurie de Rivière-du-Loup). Cette situation devra être clarifiée et des ententes devront être éventuellement prises avec tous les propriétaires des lots touchés par le projet.

La vocation actuelle de cette zone et le peu de possibilités d'utilisation, autres que récréatives, font en sorte qu'il ne devrait pas être difficile d'obtenir des autorisations des propriétaires pour la réalisation du projet.

Les activités humaines dans le marais se limitent probablement à des activités de loisirs comme l'ornithologie à certaines périodes de l'année. La circulation d'embarcations légères

à marée haute dans la baie de Rivière-du-Loup est également probable, plus particulièrement en période de chasse à la sauvagine. Le balisage de la structure de protection devrait être envisagé afin de minimiser les risques d'accidents.

Une pêche fixe a été observée à quelques kilomètres à l'ouest de la zone d'aménagement prévue. Bien que cette installation soit en dehors d'une zone d'influence potentielle de la structure aménagée, le propriétaire pourrait éventuellement être contacté si le projet est réalisé et un suivi des activités et des rendements de pêche pourrait être planifié comme mesure de contrôle.

Le coût de l'étude d'impact a été évalué sommairement à 80 000 \$. Ce coût pourra varier en fonction de l'effort de travail (ajout d'inventaires) demandé dans la directive du ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec suite au dépôt de l'avis de projet. Un programme de suivi, portant sur l'efficacité technique et environnemental de la structure de protection, devra également être entrepris suite à la réalisation du projet. D'une durée minimum de trois années consécutives, le programme de suivi est évalué à 20 000 \$ par année.



## 6.0 ANALYSE COMPARATIVE

---

L'étape de sélection de la solution à préconiser constitue un point délicat dans le cadre du présent mandat, car les différents scénarios à l'étude (section 3.0) préconisent la même approche méthodologique. Ces scénarios correspondent à des variantes du concept de parcs de sédimentation, qui constitue la seule approche envisageable permettant à la fois de protéger l'autoroute Jean-Lesage et le marais, de restaurer le marais et d'utiliser les sédiments dragués au quai et à la marina de Rivière-du-Loup pour accélérer le processus de restauration.

Les dimensions (longueur, hauteur et masse) des parcs de sédimentation à construire et à mettre en place, le type de matériaux (blocs de béton ou pierres), la facilité de construction et d'aménagement, la superficie de marais récupéré, le volume de matériaux dragués à disposer, les coûts de construction et d'entretien, la résistance et la durabilité de la structure de protection ainsi que les répercussions environnementales représentent les principaux critères à considérer pour l'analyse comparative des scénarios envisagés. À cet effet, il est possible de recourir à une analyse comparative effectuée par l'entremise d'une matrice de décision basée sur la méthodologie de Tassinari (1981).

Partant du principe que les critères n'ont pas tous la même importance : critères principaux, critères secondaires, contraintes, il est possible de leur attribuer un coefficient de 1 à 5 tel que présenté au tableau suivant.

**Tableau 5** *Importance attribuée à un critère*

<b>K</b>	<b>IMPORTANCE ATTRIBUÉE À UN CRITÈRE</b>
1	Utile
2	Nécessaire
3	Importante
4	Très importante
5	Vitale

De plus, les scénarios à l'étude ne présentant pas tous le même intérêt, il est possible de leur attribuer une notation de 1 à 3 tel que présenté ci-dessous.

**Tableau 6** *Intérêt du scénario*

NOTE	INTÉRÊT DU SCÉNARIO
1	Douteux
2	Moyen
3	Bien adapté

Il est alors possible de dresser un tableau récapitulatif des critères et des scénarios pour en réaliser l'analyse comparative (tableau 7).

À la lumière de ces résultats et compte tenu des conditions particulières du site, il ressort que le scénario 3 représente le meilleur projet. L'option de parcs de sédimentation constitués de modules de béton est préférable à l'alignement de pierres, malgré les coûts relativement plus élevés de cette option. La résistance aux glaces, la stabilité de la structure de protection et l'efficacité au niveau de la rétention et du confinement des sédiments, dans le contexte des conditions de forte dynamique observée dans la baie de Rivière-du-Loup, constituent les principaux éléments justifiant cette préférence.

La faible performance attribuée au scénario 3 constitué de pierres, en rapport à sa résistance aux glaces et sa durabilité, vient du fait que la structure proposée serait formée d'un simple alignement de blocs de pierres de 2 à 4 blocs de largeur et de 1 à 2 blocs de hauteur (voir section 3.2.2 et figure 11) et non d'une digue massive de pierres comme il est proposé pour les scénarios 4 et 5. Tel qu'expliqué à la section 2.2, portant sur la dynamique glacielle, les glaces peuvent déplacer (pousser, trainer) des blocs de pierres de quelques dizaines de tonnes. Les blocs de pierres déposés et alignés sur l'estran offriraient donc moins de résistance aux glaces et seraient éventuellement, pour certains d'entre eux, incorporés au couvert de glace continu, arrachés par celui-ci de la surface de l'estran lors de fortes marées printanières et transportés sur de plus ou moins grandes distances.

**Tableau 7** Matrice de décision du projet de restauration du marais de Rivière-du-Loup et de protection de l'autoroute Jean-Lesage

CRITÈRES	K <sup>1</sup>	SCÉNARIO 1				SCÉNARIO 2				SCÉNARIO 3				SCÉNARIO 4				SCÉNARIO 5			
		BLOCS		PIERRES		BLOCS		PIERRES		BLOCS		PIERRES		BLOCS		PIERRES		BLOCS		PIERRES	
		Note <sup>2</sup>	Total <sup>3</sup>	NOTE	TOTAL	NOTE	TOTAL	NOTE	TOTAL												
1. Protection immédiate du microtalus	4	3	12	3	12	2	8	2	8	2	8	2	8	1	4	1	4	1	4	1	4
2. Superficie de marais récupérée	3	2	6	2	6	2	6	2	6	3	9	3	9	3	9	3	9	3	9	3	9
3. Dimension des structures	3	3	9	2	6	3	9	2	6	3	9	1	3	1	3	2	6	1	3	2	6
4. Facilité de const. et d'aménagement	5	2	10	3	15	2	10	3	15	2	10	3	15	1	5	2	10	1	5	2	10
5. Volume de matériaux de dragage	4	1	4	1	4	1	4	1	4	2	8	2	8	3	12	3	12	3	12	3	12
6. Coût de construction	5	1	5	1	5	1	5	2	10	2	10	3	15	1	5	1	5	1	5	1	5
7. Résistance et durabilité de la structure	5	3	15	1	5	3	15	1	5	3	15	1	5	2	10	2	10	2	10	2	10
8. Répercussions environnementales	5	2	10	2	10	2	10	2	10	2	10	2	10	1	5	1	5	1	5	1	5
		Total <sup>4</sup>	71	Total	63	Total	67	Total	64	Total	79	Total	73	Total	53	Total	61	Total	53	Total	61

<sup>1</sup> K = importance attribuée à un critère (voir tableau 5)

<sup>2</sup> Note = intérêt du scénario (voir tableau 6)

<sup>3</sup> Total = K x note

<sup>4</sup> Total =  $\sum$  critères 1 à 8. Scénario optimal = note plus élevée

Le choix de modules (blocs) de béton, pour le scénario 3 retenu, vient du fait que ces derniers offrent moins d'emprise et une meilleure résistance aux glaces et qu'ils offrent une aussi bonne durabilité que les blocs de pierre. En effet, la forme des modules de béton peut être conçue de façon à offrir le moins d'emprise possible aux glaces (emprise mécanique) tout en appliquant la plus faible pression possible au sol (voir figure 5 et 9). De plus, plusieurs modules de béton peuvent être ancrés (voir figure 10) les uns aux autres pour former un parc de sédimentation (voir figure 4) ce qui a pour résultat de créer un effet de masse très important ce qui augmente par conséquent sa résistance aux glaces.

Finalement, le concept de parc de sédimentation offre plus de possibilité quant à son efficacité à provoquer ou favoriser la sédimentation des particules en suspension, quant à son utilisation comme site de disposition des sédiments dragués au port de Rivière-du-Loup et quant à sa capacité à retenir ou contenir le couvert de glace continu chargé de sédiments à sa base (voir section 2.2) et de favoriser sa fonte sur place.

---

**CONCLUSION**

## CONCLUSION

---

Les scénarios étudiés et évalués sont, dans le cadre du but et des objectifs fixés au départ (protection de l'autoroute, protection du marais supérieur, restauration du marais inférieur et utilisation de la structure de protection comme site de dépôt pour les sédiments dragués au quai de Rivière-du-Loup), réalisables du point de vue technique, même s'ils comportent certaines difficultés de construction et de mise en place.

Les coûts de ces scénarios semble être, cependant, difficilement justifiables du point de vue avantages-coûts. En effet, même en choisissant le plus avantageux de ces scénarios (voir tableau 7), qui est le scénario 3 (structure de 2 mètres de hauteur formée d'une série de parcs de sédimentation constitués de plusieurs modules de béton de ciment), la somme à déboursier (6 188 000 \$ si on ajoute 160 000 \$ pour l'étude d'impact et le programme de suivi) pour atteindre le but et objectifs visés semble être trop importante et reviendrait approximativement à 200 260 \$ à l'hectare récupérée ou restaurée.

La construction d'une structure de protection capable de garantir la protection et l'intégrité de l'autoroute Jean-Lesage à court, moyen et long terme (hauteur minimale estimée de 2,0 mètres) et, par surcroît, d'assurer la pérennité du marais supérieur, dépasse de beaucoup les coûts inhérents à la protection seule de l'autoroute ou encore à la construction d'étangs et/ou de mares favorisant la nidification et l'alimentation de la sauvagine. Cependant, les coûts d'aménagement de marais en milieu intertidal n'ayant jamais été évalués, faute d'essais ou de projets de ce type, il est difficile d'affirmer que ces coûts à l'hectare sont réellement trop élevés. Quelle somme sommes nous prêt à déboursier ou à investir pour le maintien, la restauration ou la création de ce genre d'habitat? Sans doute, la dégradation progressive généralisée de ce type d'habitat ainsi que sa rareté de plus en plus grande justifieront-elles, à moyen et long terme, des sommes de plus en plus importantes, ce qui ne semble pas le cas de nos jours.

Il est, par contre, important d'indiquer qu'en éliminant certaines des contraintes prises en considération lors de l'évaluation des scénarios et en acceptant un certain pourcentage de risque on pourrait diminuer, de façon appréciable, les coûts de mise en place d'une structure de protection dans le marais de Rivière-du-Loup. En effet, en ne considérant plus

la structure de protection comme site de mise en dépôt des sédiments dragués au quai de Rivière-du-Loup, et en ne considérant plus l'utilisation de ces sédiments comme matériel de remplissage des parcs de sédimentation (coûts estimés à 970 000 \$) et en acceptant qu'une partie du marais supérieur soit érodée jusqu'à ce que ce dernier atteigne un nouveau profil d'équilibre, on diminuerait grandement ces coûts. Avec l'abandon de l'utilisation de sédiments dragués, l'étude d'impact ne serait probablement plus nécessaire mais le programme de suivi serait cependant toujours nécessaire (60 000 \$ pour trois ans).

Ainsi, on pourrait diminuer la hauteur de la structure de protection à la même hauteur que celle correspondant au taux de submersion de 20% tel que suggéré dans l'étude de faisabilité portant sur la création d'un marais à scirpe au sud de l'Île aux Ruaux (Argus Groupe-conseil, 1992). La hauteur de la structure diminuerait donc de 2,0 m à 1,75 m dans le cas du scénario 3 et de 1,75 m à 1,25 m dans le cas des scénarios 1 et 2 (voir figure 8).

Il reste cependant un impératif important à considérer si l'on veut intéresser et garder le plus grand nombre possible de partenaires au projet, soit la protection immédiate du tronçon de l'autoroute menacé par l'érosion. On pourrait, à la hauteur de ce tronçon (extrémité sud de la zone étudiée), maintenir sur une distance d'environ 560 m, une hauteur de structure suffisante (entre 2,0 et 2,5 m) pour en garantir la protection.

Les nouveaux coûts pourraient s'établir comme suit:

- Scénarios 1 et 2: 3 092 000 \$

Blocs de béton de 1,25 m de hauteur sur une longueur de 1 240 m avec une protection accrue d'une longueur de 560 m, vis à vis du tronçon menacé (blocs de béton de 2,0 mètres de hauteur);

- Scénario 3: 5 576 000 \$

Blocs de béton de 1,75 m de hauteur sur une longueur de 1 330 m avec une protection accrue d'une longueur de 560 m, vis à vis du tronçon menacé (blocs de béton de 2,0 mètres de hauteur).

On sait, d'ores et déjà, qu'à court terme le tronçon menacé de l'autoroute devra être protégé. Lors de la conception de la structure de protection de l'autoroute, les personnes responsables de la réalisation des plans et devis devront donc considérer le marais de Rivière-du-Loup comme un tout puisque l'autoroute le traverse sur une bonne partie de sa longueur et qu'il est également affecté sur presque toute sa longueur. Les alternatives aux scénarios étudiés, présentées ci-dessus, mériteront donc d'être considérées de façon attentive.



---

**BIBLIOGRAPHIE**

## BIBLIOGRAPHIE

---

- ANCTIL, F. et TROUDE, J-P. 1991. «Étude de la remontée relative des niveaux d'eau dans l'estuaire du Saint-Laurent». 28 p. Dans Robert Hamelin et Associés inc. (1991), *Restauration et création de marais à scirpe dans l'estuaire du Saint-Laurent en aval de Québec*. Rapport produit pour Environnement Canada, 83 p.
- ARGUS, les consultants en environnement. 1996a. *Restauration du marais intertidal de la baie de Rivière-du-Loup: suivi du projet pilote de parc de sédimentation*. Présenté aux partenaires suivants: Service canadien de la Faune, Ministère des Transports du Québec, Canards Illimités Canada, 23 p.
- ARGUS, les consultants en environnement. 1996b. *Dragage de la marina et mise en dépôt de sédiments dans le parc de sédimentation de la baie de Rivière-du-Loup: demande de certificat d'autorisation*. Rapport produit pour la Société de conservation de la baie de l'Isle-Verte, 15 p. + 2 annexes + 2 plans.
- ARGUS. 1994. *Mise en place de structures expérimentales pour la restauration et la protection du marais de Rivière-du-Loup*. Québec, 5 p.
- ARGUS Groupe-conseil inc. 1992. *Création d'un marais à scirpe (Scirpus americanus) au sud de l'île aux Ruaux: étude de faisabilité*. Rapport présenté à Canards Illimités Canada, 71 p.
- ARGUS Groupe-conseil inc. 1990. *Méthodes de surveillance morpho-sédimentologique des marais à scirpe de l'estuaire du Saint-Laurent*. Rapport présenté à Environnement Canada, Conservation et protection, Région de Québec, Service canadien de la faune, 52 p.
- BÉLANGER, S. et G., VERREAULT. 1995. *Mise en valeur du marais de Rivière-du-Loup pour la faune et protection d'un tronçon de l'autoroute 20*. Rapport présenté par Les consultants en environnement ARGUS inc. à Environnement Canada, Service canadien de la faune, au ministère des Transports du Québec et à Canards Illimités. 50 p. + 1 annexe + 3 plans.
- BERTRAND, P. et AL. 1996. «Artificial silting of shore marshes: the example of the bay of Rivière-du-Loup», Québec, Canada. Dans: *Leclerc M. et al (1996). Comptes-rendus du deuxième Symposium international de l'AIHR sur l'hydraulique et les habitats - Écohydraulique 2000*.

- CARRIER, TROTTIER, AUBIN & ASSOCIÉS, Y. OUELLET ET J.-P. TROUDE. 1986. *Étude d'envasement du port de Rivière-du-Loup*. Rapport présenté au ministère des Travaux publics. 81 p. + annexe.
- CHAMPAGNE, P., R. DENIS et C. LEBEL. 1983. *Établissement de modèles caractérisant l'équilibre dynamique des estrans de la rive sud du moyen estuaire du Saint-Laurent*. Rapp. Techn. Can. Sci. Halieut. Aquat. no. 1711, 67 p.
- D'ANGLEJAN, B. et M. BRISEBOIS. 1978. «Recent sediments of the St. Lawrence Middle Estuary». *J. Sed. Pet.* 48: 951-964.
- DIONNE, J.-C. 1989a. «An estimate of shore ice action in a *Spartina* tidal marsh, St. Lawrence Estuary, Québec, Canada». *J. Coast. Res.* 5(2): 281-293.
- DIONNE, J.-C. 1989b. «The role of ice and frost in tidal marsh development. A review with particular reference to Québec, Canada». Dans *Essener Geogr. Arbeiten*, bd18, 171-210.
- DIONNE, J.-C. 1988. «Ploughing boulders along shorelines, with particular reference to the St. Lawrence Estuary». *Geomorphology* 1: 297-308.
- DIONNE, J.-C. 1986. «Érosion récente des marais intertidaux de l'estuaire du Saint-Laurent, Québec». *Géogr. Phys. Quat.* XL(3): 307-323.
- DIONNE, J.-C. 1984. «An estimate of ice-drifted sediments based in the St. Lawrence Estuary». *Mar. Geol.* 57: 149-166.
- DIONNE, J.-C. 1981a. «Le déplacement de méga-blocs par les glaces sur les rivages du Saint-Laurent». pp. 53-80 dans *Comptes rendus de l'atelier sur l'action des glaces sur les rivages*, CNRC.
- DIONNE, J.-C. 1981b. «L'action des glaces sur les littoraux» dans *Comptes rendus de la 6e conférence internationale de P.O.A.C.*, Québec. Vol II. 955-973.
- DIONNE, J.-C. 1974. «Mud cracks and polygons on ice push ridges on tidal flats of the St. Lawrence Estuary». *Can. J. Earth Sci.* 11(3): 489-494.

DIONNE, J.-C. 1973. «La notion de pied de glace (ice foot), en particulier dans l'estuaire du Saint-Laurent, dans: *Cah. Géogr. Qué.* 17(41): 221-250.

DIONNE, J.-C. 1972a. *Le quaternaire de la région de Rivière-du-Loup/Trois-Pistoles, côté sud de l'estuaire maritime du Saint-Laurent.* Centre de recherches forestières des Laurentides, région de Québec, Rapport d'information Q-F-X-27, 95 p.

DIONNE, J.-C. 1972b. «Caractéristiques des schorres des régions froides, en particulier de l'estuaire du Saint-Laurent». *Z. Geomorph. N. F., Suppl. Bd. 13*: 131-162.

DIONNE, J.-C. 1971. «Érosion glacielle de la slikke, estuaire du Saint-Laurent». *Rev. Geomorphol. Dyn.* 20(1): 5-21.

DIONNE, J.-C. 1986. «Érosion récente des marais intertidaux de l'estuaire du Saint-Laurent, Québec». *Géogr. Phys. Quatern.* 40(3): 307-323.

DRAPEAU, G. 1992. «Dynamique sédimentaire des littoraux de l'estuaire du Saint-Laurent». *Géogr. Phys. Quatern.* 46(2): 233-242.

DRAPEAU, G. et R. MORIN. 1981. «Contribution des vagues au transport des sédiments littoraux dans la région de Trois-Pistoles, estuaire du Saint-Laurent», Québec. *Géogr. Phys. Quat.* 35(2): 245-251.

DUBÉ, M.R. 1982. *Dynamique sédimentaire des estrans de Kamouraska.* Mémoire de maîtrise, Faculté des Sciences et de Génie, Université Laval. 159 p.

GAUTHIER, B. et M. GOUDREAU. 1983. «Mares glacielles et non glacielles dans le marais salé de l'Isle Verte, estuaire du Saint-Laurent», Québec, *Géographie Physique et Quaternaire*, 37(1): 49-66.

HARVEY, B.P. ET J. BRUNELLE, 1996. *Suivi des travaux d'aménagement de mares à la tourbière de L'Isle-Verte en 1994-1995.* Rapport présenté au Service canadien de la Faune, au Centre Saint-Laurent, à la Société d'Énergie de la Baie-James et au ministère des Transports du Québec par Les consultants en environnement Augus inc., Sainte-Foy, 56 p. + annexes + carte.

LORRAIN S., D'ANGLEJAN B. 1994. *Sediment dynamics on the infra-littoral platform, South Shore of the St-Lawrence Middle Estuary.*

SÉRODES, J.-B. et M. DUBÉ. 1983. «Dynamique sédimentaire d'un estran à spartines (Kamouraska, Québec)». *Nat. Can.* 110: 11-26.

SÉRODES, J.-B., M. DUBÉ, et J. DESCHÊNES, 1983. *Étude de la dynamique sédimentaire et du pouvoir de transformation des zones intertidales de l'estuaire moyen du Saint-Laurent; cas des estrans de Kamouraska*. Environnement Canada, Direction générale des eaux intérieures, Région du Québec, Québec. xiv + 90 p.

SHENG, Y. P., 1986. «Modeling bottom boundary layer and cohesive sediment dynamics in estuarine and coastal waters», p. 360-400, dans A. J. Mehta, edit., *Estuary Cohesive Sediment Dynamics*, Springer-Verlag.

SOGEAM. 1984. *Étude de faisabilité de la restauration d'une zone de marais intertidal dans la baie de Rivière-du-Loup (Phase IV)*, Longueuil, les Consultants SOGEAM inc., Rapport non publié présenté à Canards Illimités (Canada), Québec. 26 p. + 1 annexe + 1 carte.

TROUDE, J.-P. 1991. *Restauration et création de marais à scirpe dans l'estuaire du Saint-Laurent en aval de Québec*. Rapport présenté par Robert Hamelin et Associés inc. à Environnement Canada, Service canadien de la faune, Conservation et Protection (région de Québec). 83 p.

TROUDE, J.-P. et Y. OUELLET. 1987. «Phénomènes contribuant à l'envasement du port de Rivière-du-Loup» dans *Proceedings Canadian Coastal Conference 1985*, National Research Council, p. 297-311.

TROUDE, J.-P., J.B. SÉRODES et B. ÉLOUARD. 1983. *Étude des mécanismes sédimentologiques des zones intertidales de l'estuaire moyen du Saint-Laurent. Cas de la batture de la Pointe-aux-Prêtres (battures de cap Tourmente)*. Direction générale des eaux intérieures, Québec, Environnement Canada, 69 p. + annexes.

U.S. ARMY COASTAL ENGINEERING RESEARCH CENTER, 1977. *Shore Protection Manual*. 3th edition, Volume 1 and 2. Department of the army Corps of Engineers, Pagination multiple.