



INGÉNIERIE ET
INFRASTRUCTURES

VILLAGE DE POINTE-AUX-OUTARDES

DEMANDE DE DÉCRET DE SOUSTRACTION

(ARTICLE 31.7.1, CHAPITRE Q-2)

PROJET DE RECHARGE DE PLAGE – SECTEUR DE LA RUE LABRIE,
À L'EST DU QUAI MUNICIPAL

Préparé par :



Nirisoa Raherina, ing. (# 5011783)

Vérifié par :



Dominic Lachance, ing. (# 5005915)

Date : 10 avril 2020



Table des matières

1	MISE EN CONTEXTE	1
2	SINISTRES RÉELS.....	4
3	SINISTRES APPRÉHENDÉS.....	5
3.1	CONSÉQUENCES ASSOCIÉES AUX ALÉAS CÔTIERS	6
3.2	CONSÉQUENCES ASSOCIÉES À LA SÉCURITÉ PUBLIQUE	7
3.3	CONSÉQUENCES DE NATURE ÉCONOMIQUE	10
3.4	CONSÉQUENCES DE NATURE SOCIALE	10
4	SOLUTIONS ALTERNATIVES.....	11
4.1	ENROCHEMENT.....	13
4.2	CHAMP D'ÉPIS	13
4.3	RECHARGE DE PLAGE AVEC DES MATÉRIAUX GROSSIERS	13
4.4	voie de contournement	14
4.5	NON-INTERVENTION	14
5	DESCRIPTION SOMMAIRE DES TRAVAUX.....	15
5.1	CARACTÉRISATION DES BANCS D'EMPRUNT	15
5.2	CARACTÉRISATION DE LA FAUNE BENTHIQUE ET GRANULOMÉTRIE DE L'ESTRAN	16
5.3	EXTRACTION, TAMISAGE ET TRANSPORT DES MATÉRIAUX	16
5.4	TRAVAUX DE RECHARGE.....	16
6	CONSULTATION DE LA POPULATION	18
7	ÉCHÉANCIER DES TRAVAUX.....	18

LISTE DES FIGURES

- Figure 1** Localisation de la zone d'intervention
- Figure 2** Localisation de la recharge de plage à Pointe-aux-Outardes
- Figure 3** Haute falaise sableuse du secteur des travaux
- Figure 4** Cartographie du marais maritime de Pointe-aux-Outardes et des herbiers de zostères marines (UQAR, 2018)
- Figure 5** Niveaux d'eau (L.H.E. et niveau extrême) qui atteignent la base de la falaise
- Figure 6** Recul de la falaise supérieur à 15 m entre 2007 et 2017
- Figure 7** Marges de recul dans le secteur des travaux à Pointe-aux-Outardes
- Figure 8** Marges de recul dans le secteur ouest des travaux à Pointe-aux-Outardes
- Figure 9** Marges de recul dans le secteur centre des travaux à Pointe-aux-Outardes
- Figure 10** Marges de recul dans le secteur est des travaux à Pointe-aux-Outardes
- Figure 11** Vulnérabilité derrière le secteur des travaux
- Figure 12** Voie de contournement réalisée en 2011 à l'est du secteur des travaux



Figure 13 Localisation du banc d'emprunt (site 28) à partir du secteur des travaux

Figure 14 Deux exemples de coupes-type de la recharge de plage au transect 33 et 37 - Tiré de Consultants Ropars inc. (2020)

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1** Entente de financement entre le MSP et la municipalité de Pointe-aux-Outardes
- Annexe 2** Mandat d'accompagnement de la FQM
- Annexe 3** Évolution de la côte par photos obliques
- Annexe 4** Rapport de recherche INRS-ETE #R990 et Aquapraxis Inc. #10136-100 - Octobre 2008
- Annexe 5** Rapport final – Révision de la partie économique et synthèse du rapport analyse coûts avantages de solutions à la problématique d'érosion littorale à Pointe-aux-Outardes
- Annexe 6** Rapport principal – Étude d'impact sur l'environnement déposée au ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs - CIMA + - Décembre 2011
- Annexe 7** Rapport technique final - Réalisation de travaux de stabilisation - Consultants Ropars inc – Mai 2013
- Annexe 8** Rapport R.0235 – Modélisation numérique des conditions Hydro-sédimentaires - Lasalle | NHC – Avril 2020
- Annexe 9** Rapport de caractérisation de bancs d'emprunt FNX-INNOV - Novembre 2019
- Annexe 10** Rapport technique final - Recharge de plage – Secteur Est - Consultants Ropars inc – Mars 2020
- Annexe 11** Rapport final – Caractérisation de la faune benthique – Englobe – Février 2020
- Annexe 12** Rapport final granulométrie - Englobe
- Annexe 13** Avis public – Séance d'information publique – Présentation du projet des travaux de protection des berges contre l'érosion côtière dans le secteur de la rue Labrie



Demande de décret de soustraction

Article 31.7.1, chapitre Q-2



1 **Mise en contexte**

Cette demande de décret de soustraction en vertu de l'article 31.7.1 de la *Loi sur la qualité de l'environnement* (chapitre Q-2) vise le projet de recharge de plage du secteur de la rue Labrie, à l'est du quai municipal dans la municipalité de Pointe-aux-Outardes.

En vertu du *Règlement relatif à l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement de certains projets* (chapitre Q-2, r.23.1), annexe 1, partie II, article 2, paragraphe 1°: « des travaux de dragage, de déblai, de remblai ou de redressement, à quelque fin que ce soit, à l'intérieur de la limite des inondations de récurrence de 2 ans d'une rivière ou d'un lac, sur une distance cumulative égale ou supérieure à 500 m ou sur une superficie cumulative égale ou supérieure à 5 000 m², pour une même rivière ou un même lac », ce projet est assujetti à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement de certains projets (PÉEIE).

Cependant, les processus d'érosion côtière et de mouvement de sol, se produisant dans le secteur lors d'épisodes de tempêtes et de grandes marées, pourraient causer de graves préjudices aux habitants ainsi que d'importants dommages aux bâtiments et aux infrastructures. Dans le contexte actuel de changement climatique, la fréquence et l'intensité de ces tempêtes sont appelées à augmenter dans le futur, tout comme le risque de « sinistre majeur », tel que défini par la Loi sur la sécurité civile (chapitre S-2-3, article 2, paragraphe 1).

L'annexe 1 « Entente de financement entre le ministère de la Sécurité publique (MSP) et la municipalité de Pointe-aux-Outardes visant la réalisation de travaux de protection des berges contre l'érosion côtière dans le secteur de la rue Labrie à Pointe-aux-Outardes » présente l'entente entre le MSP et la Municipalité en lien avec la planification de travaux financée par le Cadre pour la prévention de sinistres 2013-2022 du MSP, qui soutient la mise en œuvre de prévention et d'atténuation pour les risques liés à l'érosion et à la submersion côtières.

Les tempêtes successives qui ont affecté le secteur de la rue Labrie au cours des dernières années (particulièrement celles de 2000, 2005, 2010 et 2016) ont rendu urgent la mise en œuvre des travaux de protection pour assurer la sécurité des personnes et des biens prévus dans l'Entente. C'est dans ce contexte que la municipalité de Pointe-aux-Outardes a demandé aux ingénieurs de la Fédération québécoise des municipalités (FQM), en collaboration avec les spécialistes du MSP, de préparer une demande de soustraction à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement, afin de pouvoir effectuer ces travaux le plus rapidement possible (annexe 2).

Le secteur de la rue Labrie est localisé dans la municipalité de Pointe-aux-Outardes, sur le territoire de la MRC de Manicouagan. Le Village est situé sur la rive nord de l'estuaire maritime du Saint-Laurent, à l'ouest de la Ville de Baie-Comeau (figure 1). La zone des travaux le long de la rue Labrie s'étend sur une longueur de 1,5 km à l'est du quai municipal jusqu'au début d'un enrochement existant (figure 2).

La hauteur de plus de 10 m des falaises sableuses en érosion, parfois subverticale, rend ces falaises vulnérables à l'érosion côtière, mais aussi à des mouvements de sol, ce qui augmente le niveau de risque pour les résidents du secteur (figure 3). À la base des falaises il y a une plage sableuse d'une largeur variante entre 20 à 30 mètres, ainsi qu'une grande batture sableuse pouvant atteindre plus de 2 km de largeur (Bernatchez, 2003).



Comme les travaux envisagés se situent dans la réserve aquatique projetée de Manicouagan (RAPM), l'analyse de solution visait non seulement à assurer la sécurité des biens et des personnes, mais aussi à limiter les impacts sur les secteurs adjacents et sur les écosystèmes riches (marais salé de Pointe-aux-Outardes, les herbiers de zostères et la faune benthique) (figure 4).

Une conception préliminaire d'un champ d'épis et d'une recharge de plage a été réalisée par Dessau et Consultants Ropars inc. en 2013. Cette étude a notamment révélé des coûts élevés pour la mise en place d'un champ d'épis et des impacts importants sur les secteurs adjacents.

La dernière conception de Consultants Ropars inc. s'appuie sur de nouvelles données beaucoup plus précises, ainsi que sur une modélisation numérique des conditions hydro-sédimentaires). Cette modélisation a permis d'évaluer avec précision la dynamique sédimentaire à long terme, afin d'appuyer la conception des ouvrages, mais aussi de déterminer la performance et les impacts des deux scénarios de solution.

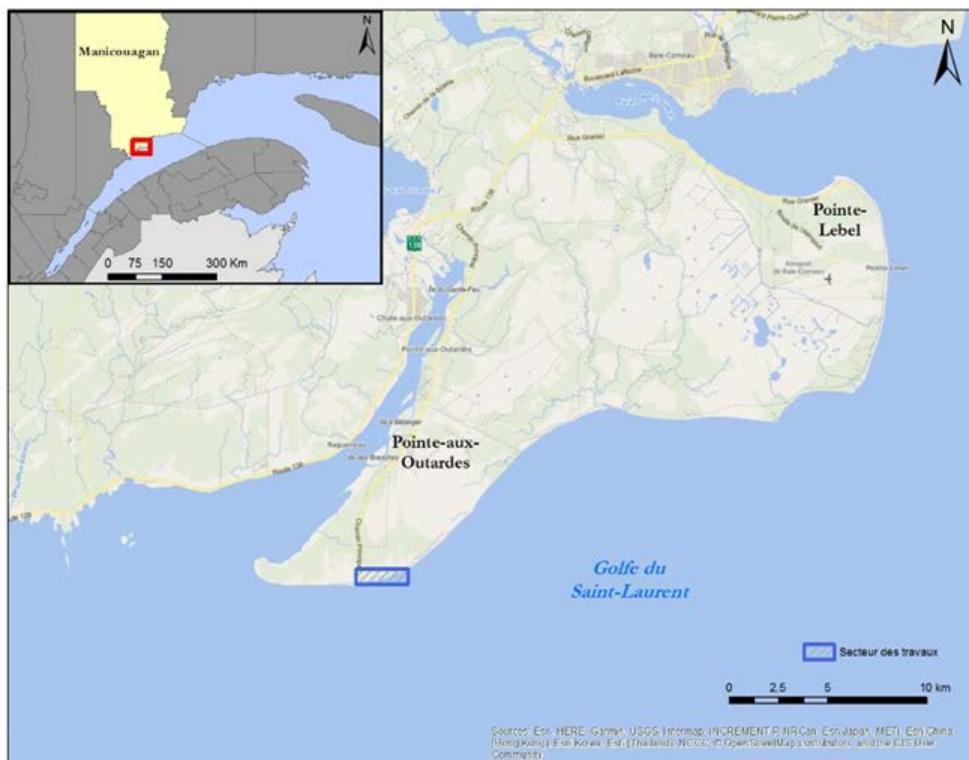


Figure 1 - Localisation de la zone d'intervention

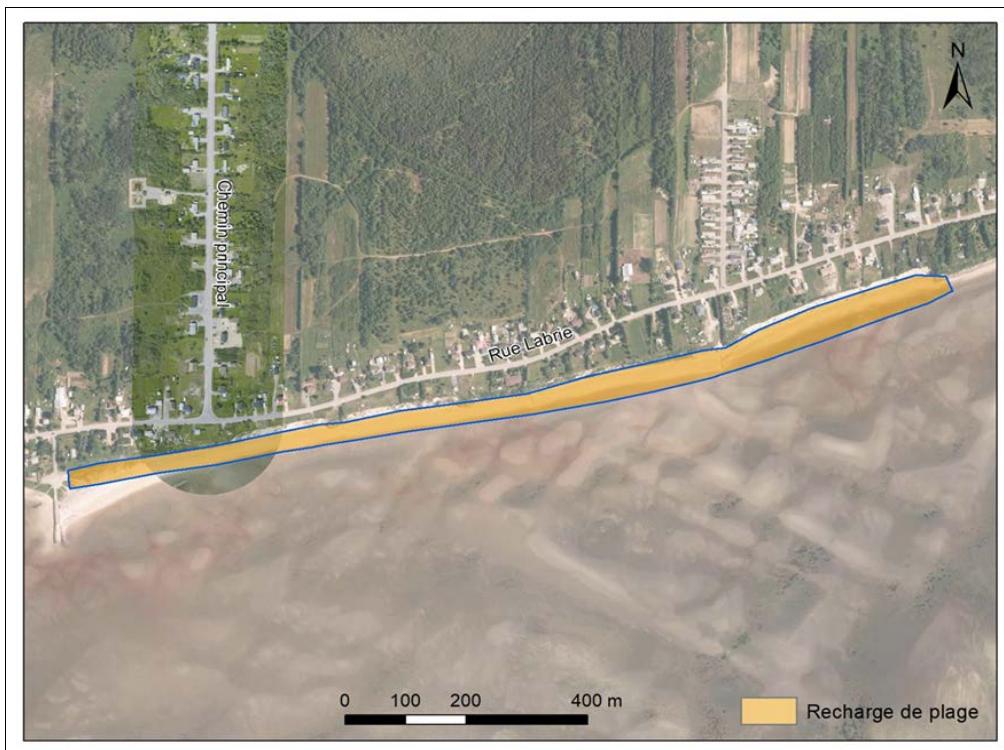


Figure 2 - Localisation de la recharge de plage à Pointe-aux-Outardes



Figure 3 - Haute falaise sableuse du secteur des travaux

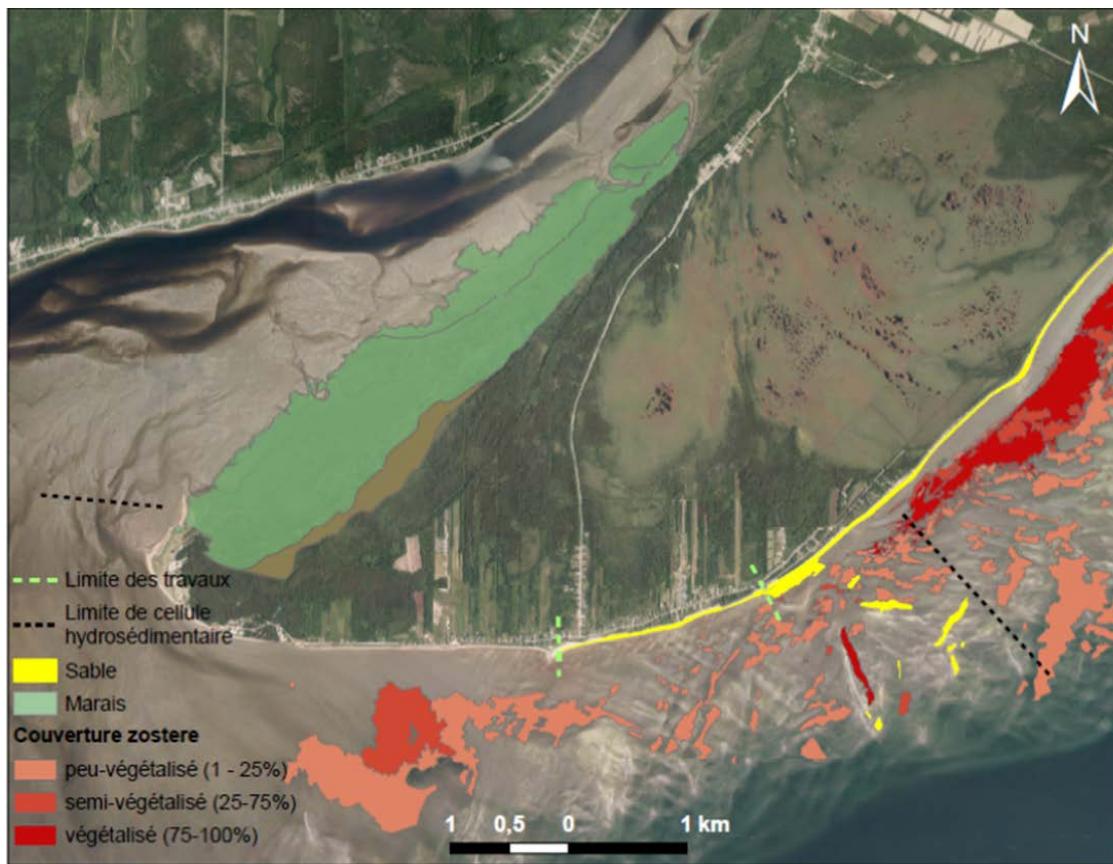


Figure 4 - Cartographie du marais maritime de Pointe-aux-Outardes et des herbiers de zostères marines (UQAR, 2018)

2 Sinistres réels

Le secteur de la rue Labrie à l'est du quai est très vulnérable à l'érosion côtière, particulièrement pendant les épisodes d'ondes de tempête, durant lesquelles les hauts niveaux d'eau submergent la plage, permettant aux vagues d'atteindre la base des falaises lors de leur déferlement. La figure 5 montre que les niveaux d'eau de récurrence de deux ans (ligne des hautes eaux) et le niveau extrême (référence de 100 ans) atteignent la base de la falaise, sans même tenir compte de la hauteur des vagues (Ropars, 2020).

Lors de ces épisodes d'ondes de tempête, le déferlement des vagues provoque de l'érosion à la base de la falaise, rendant la pente quasi verticale dans le tiers inférieur de la falaise, dépassant la pente d'équilibre. Pour cette raison, l'érosion du bas de la falaise se répercute ultérieurement par des décrochements successifs dans la partie supérieure de la falaise, jusqu'à atteindre l'angle de repos naturel du sable, qui est de l'ordre de 25° à 30°, ce qui impliquera une perte de terrain au sommet et un niveau de risque toujours plus grand pour les résidences riveraines (figure 3).



La fréquence et l'intensité de ces ondes de tempête, responsables de l'érosion côtière, sont appelées à augmenter dans un contexte des changements climatiques, tout comme le risque de « sinistre majeur », tel que défini par la *Loi sur la sécurité civile* (chapitre S-2.3, article 2, paragraphe 1°). Outre la dernière tempête du 30 décembre 2016, qui a sévèrement affecté le secteur de la rue Labrie, d'autres tempêtes récentes ont provoqué de forts reculs de la falaise comme celle du 29 octobre 2000, du 2 décembre 2005 et du 6 décembre 2010 (annexe 3).

Plusieurs bâtiments localisés le long de la rue Labrie sont ainsi fortement exposés à l'érosion côtière lors d'un événement de tempête, mais aussi au mouvement de sol puisqu'ils sont situés proche d'un haut de talus de plus de 10 m, ce qui augmente le risque pour la sécurité des personnes et des biens (figure 3).

L'annexe 4 montre une revue présentant des articles de journaux ou des résolutions municipales produites suite aux tempêtes qui affectées le secteur des travaux. Les extraits traitant du secteur sont surlignés afin de faciliter la lecture.

L'annexe 5 présente une série de photos obliques héliportées mettant en évidence l'évolution de la situation depuis les 20 dernières années.

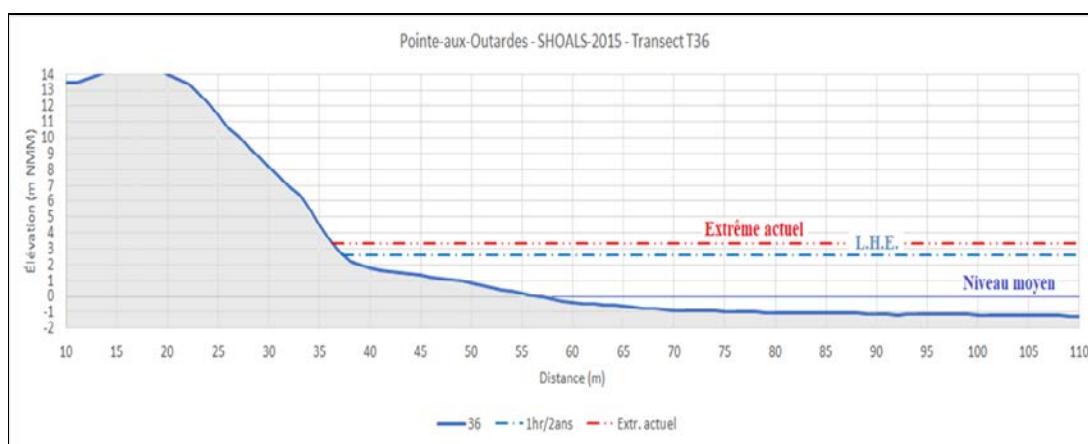


Figure 5 - Niveaux d'eau (L.H.E. et niveau extrême) qui atteignent la base de la falaise

3 Sinistres appréhendés

Comme démontré à la section précédente, le secteur de la rue Labrie est déjà fortement touché par les impacts liés à l'érosion côtière et au mouvement de sol. À cela s'ajoute l'impact des changements climatiques qui augmenteront la fréquence et l'intensité du recul et de l'instabilité des hautes falaises dans ce secteur.

Dans ce contexte, le niveau de risque pour la sécurité des personnes et des biens, déjà élevé, continuera d'augmenter rapidement dans le secteur si aucune mesure n'est prise pour sécuriser les lieux.

Les conséquences associées aux aléas naturels et à la sécurité publique, ainsi que les conséquences de nature économique et sociale des sinistres appréhendés sont décrites dans les sections ci-après.

3.1 Conséquences associées aux aléas côtiers

Les hautes falaises sableuses de Pointe-aux-Outardes sont particulièrement vulnérables à l'érosion côtière. Entre 2000 et 2017, le taux de recul moyen de ces falaises a été de 0,80 m/année dans le secteur des travaux (figure 6).

Entre 2016 et 2017, les reculs maximums annuels enregistrés sont de l'ordre de 4,45 m et de 3,90 m, de 4,80 m entre 2009 et 2010 et de 4,24 m entre 2003 et 2004.

Si rien n'est fait pour stabiliser les berges, il faut prévoir une augmentation de la fréquence et de l'intensité des tempêtes, une hausse du niveau marin et une diminution de la présence de glaces dans un contexte de changements climatiques, qui augmenteront l'exposition de ces falaises à l'érosion côtière et une accélération de l'érosion.

À l'échelle de la Côte-Nord, les reculs événementiels maximums enregistrés dans ce type de falaise meuble sont de plus de 14,4 m selon les spécialistes en érosion de l'UQAR.

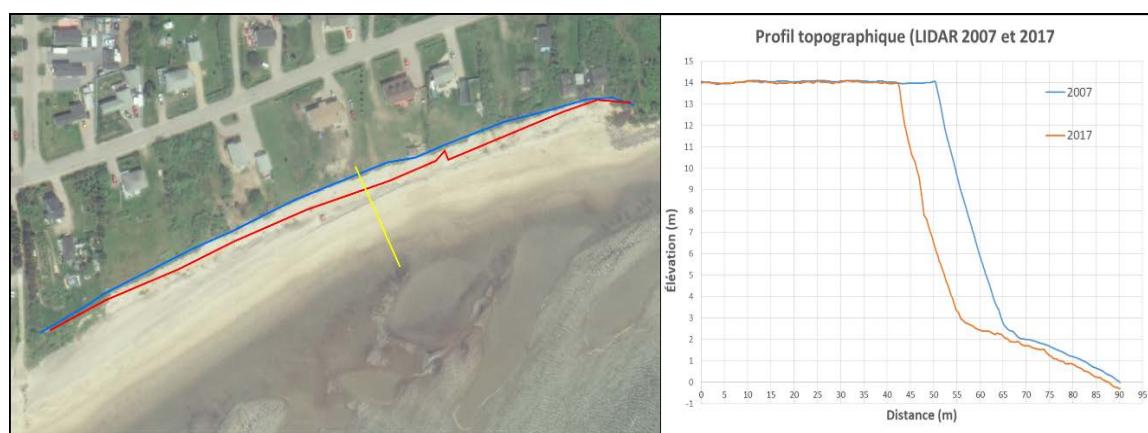


Figure 6 - Recul de la falaise supérieure à 15 m entre 2007 et 2017

Tableau 1 : Reculs événementiels pour la Côte-Nord

Type de côte	Mesure maximale (mètre)
Terrasse de plage	-14,1 m
Falaise meuble	-14,6 m
Basse falaise meuble	Aucune donnée

Source : Étude UQAR

De plus, les falaises sableuses d'une hauteur de plus de 10 m ont parfois une pente subverticale, ce qui les rend aussi vulnérables à des mouvements de sol. Si rien n'est fait pour stabiliser les berges, de futures ondes de tempête provoqueront de l'érosion à la base des falaises, ce qui provoquera des décrochements successifs en sommet de talus jusqu'à l'atteinte d'un angle de repos naturel de l'ordre de 25° à 30°.

Ces décrochements sont dangereux pour la sécurité des citoyens, autant celles qui circulent sur la plage que celles en sommet de talus, puisqu'elles pourraient être emportées ou enfouies sous les sédiments.

3.2 Conséquences associées à la sécurité publique

Dans une première bande de 4,8 m à partir du haut de talus, le niveau de risque est considéré comme très élevé, car sa largeur correspond au recul annuel maximum mesuré dans ce secteur lors de la tempête de décembre 2010. De plus, il est fort probable que ces événements d'érosion sévère se produisent plus fréquemment dans un contexte de changements climatiques. Il y a trois résidences dans cette première bande de 4,8 m (figure 7, 8, 9, 10).



Figure 7 - Marges de recul dans le secteur des travaux à Pointe-aux-Outardes

Dans une deuxième bande de 8 m à partir du haut de talus, le niveau de risque est considéré comme très élevé, car elle correspond à un périmètre de sécurité que les spécialistes en géotechnique recommandent au sommet de ces falaises, afin d'assurer la sécurité des personnes. Or, il y a six résidences dans cette deuxième bande de 8 m, incluant les trois résidences dans la bande de 4,8 m (figure 7, 8, 9, 10).



Dans une troisième bande de 14,4 m à partir du haut de talus, le niveau de risque est considéré comme élevé, car sa largeur correspond au recul événementiel maximum dans ce type de falaises meubles, à l'échelle régionale. Il y a neuf résidences dans cette troisième bande, incluant les six résidences dans la bande de 8 m (figure 7, 8, 9, 10).

Donc, si aucun travail n'est réalisé pour stabiliser la berge, neuf résidences pourraient se retrouver en situation de danger imminent.

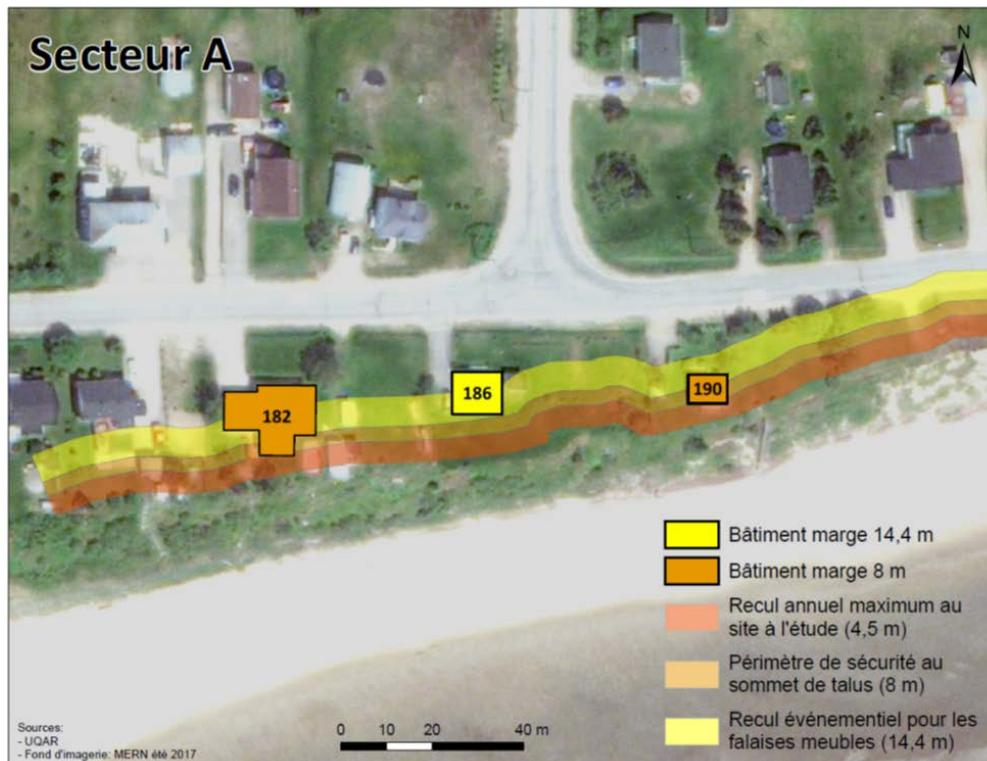


Figure 8 - Marges de recul dans le secteur ouest des travaux à Pointe-aux-Outardes

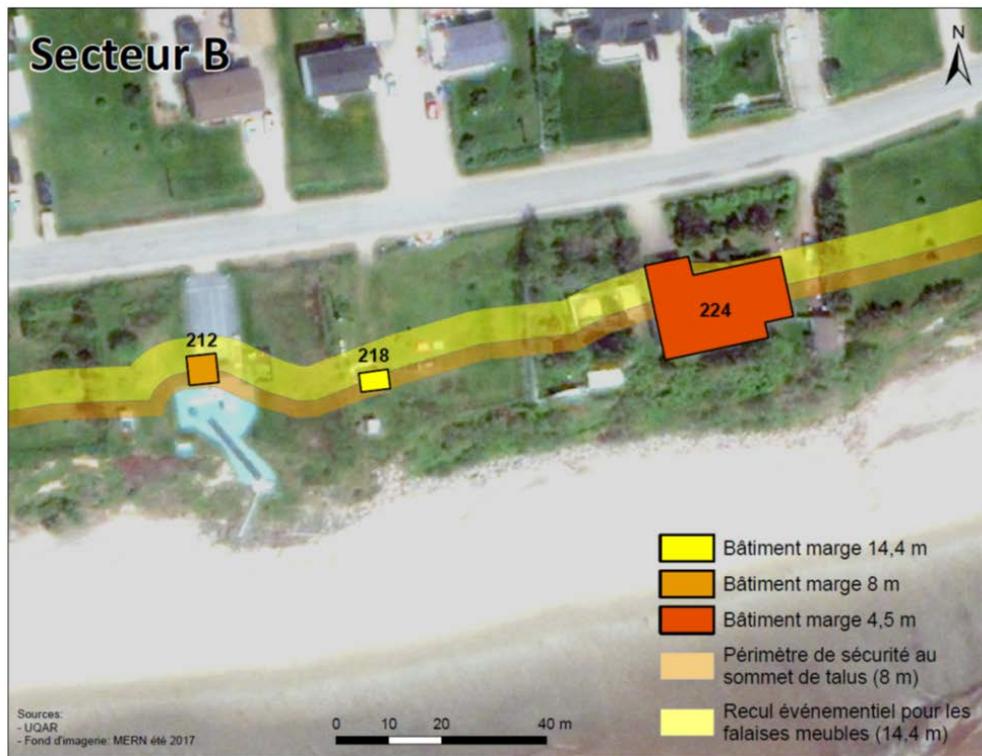


Figure 9 - Marges de recul dans le secteur centre des travaux à Pointe-aux-Outardes

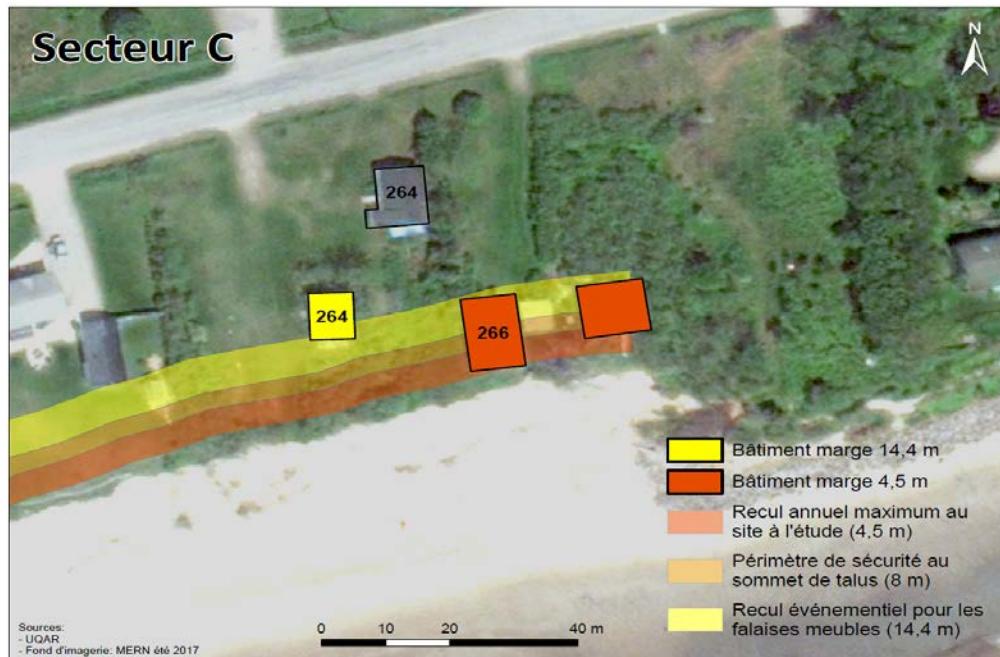


Figure 10 - Marges de recul dans le secteur est des travaux à Pointe-aux-Outardes

3.3 Conséquences de nature économique

La mise en œuvre de travaux de protection dans le secteur de la rue Labrie à l'est du quai aura pour conséquences de protéger pour une valeur d'environ 9 M\$ d'actifs situés le long des berges, incluant 76 bâtiments commerciaux et résidentiels (bâtiments essentiels) pour une valeur d'environ 7 M\$ et une section de route de 1,9 km pour une valeur d'environ 1,9 M\$ (figure 11). À cela s'ajoute les 29 bâtiments de la rue David au nord du secteur des travaux, ainsi que les 31 bâtiments à l'est qui se retrouverait isolés si la route était affectée par l'érosion côtière.

Au total, c'est 15 073 709 \$ d'actifs qui seraient menacés à long terme si rien n'est fait pour stabiliser la berge.

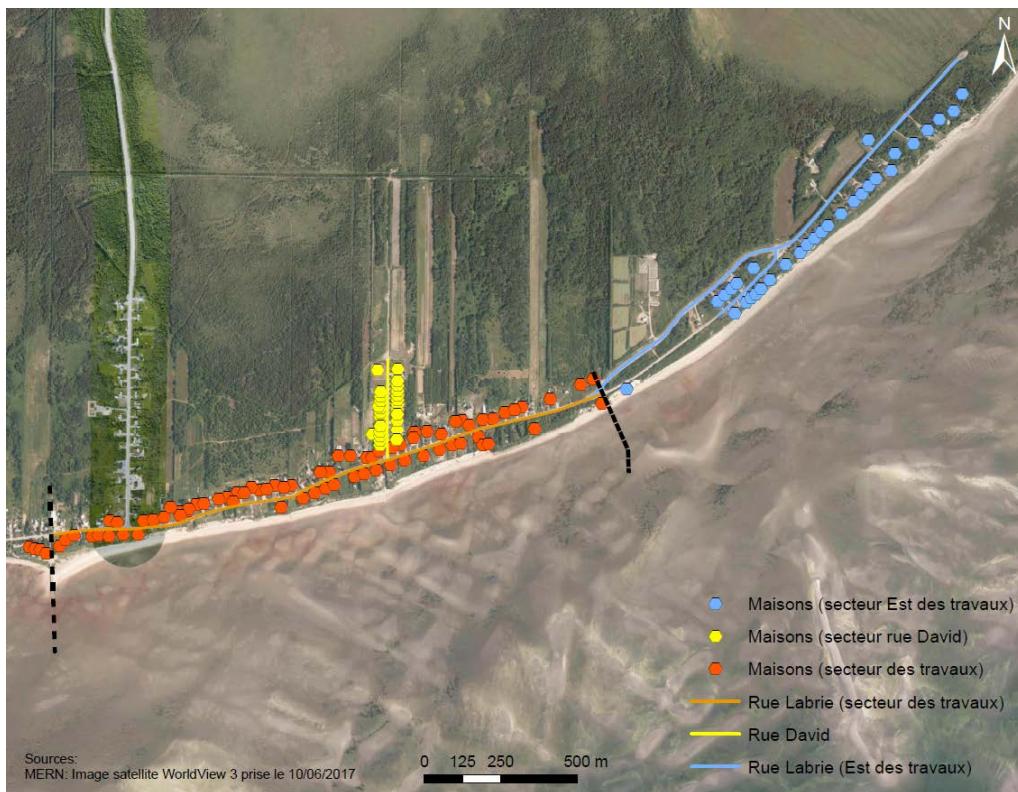


Figure 11 - Vulnérabilité derrière le secteur des travaux

3.4 Conséquences de nature sociale

Le site du Vieux Quai dans le secteur des travaux est reconnu pour ces activités récrétouristiques, mises en valeur sur le site de Tourisme Côte-Nord et sur celui de la municipalité. En effet, le quai aménagé facilite l'accès aux plages et permet la pratique de sports aquatiques tels que le kitesurf, le boggy de plage, le SUP (paddle board), la planche à voile, le kayak, le canot et la moto marine (sea-doo). De plus, une descente pour petits bateaux est accessible au gré des marées.



Les sites Web suivants montrent les attraits touristiques de la région :

- <https://tourismecote-nord.com/membres/municipalites/pointe-aux-outardes/>
- <http://www.pointe-aux-outardes.ca/attraitstouristiques>

Comme le quai a été mis en place avant les années 30, cet endroit sert de lieu de rassemblement pour la population locale depuis plusieurs années, ce qui lui donne une valeur patrimoniale et culturelle. Ces éléments ont été pris en compte dans le choix de la solution.

En privilégiant une recharge de plage, et non une autre solution comme l'enrochement par exemple, la plage et ses usages sont ainsi préservés.

Également, en considérant l'insécurité et le stress associés au risque pour la sécurité des personnes et des biens lors d'ondes de tempête de plus en plus fréquentes, cette situation réduit la qualité de vie des propriétaires fonciers du secteur.

4 **Solutions alternatives**

L'annexe 6 est une analyse de coûts et des avantages (ACA), ainsi qu'une analyse multicritère réalisé par l'Institut national de la recherche scientifiques (INRS) et la firme Aquapraxis (2008) de différentes options de solutions pour le secteur de la rue Labrie à Pointe-aux-Outardes. Les options suivantes ont été analysées, afin de les comparer sur le plan économique et social dans un horizon de 30 ans :

- Retrait progressif des résidences et des infrastructures municipales avec le Programme général d'aide financière lors de sinistres réels ou imminents du MSP;
- Enrochement;
- Champ d'épis en enrochement à l'est du quai;
- Champ d'épis de type Holmberg;
- Champ d'épis en enrochement à l'est du quai et à l'ouest du quai jusqu'au Parc-Nature;
- Champ d'épis de type Holmberg à l'est du quai et à l'ouest du quai jusqu'au Parc-Nature;
- Solution mixte avec champ d'épis à l'est du quai et la relocalisation de la route et des maisons à partir de l'enrochement.

Cette analyse a permis de conclure que le retrait progressif des résidences et des infrastructures municipales était la solution la plus rentable économiquement.

L'annexe 7 est une révision de la partie économique du rapport analyse coûts-avantages réalisé par Éco Ressources Consultants (2009). Cette étude avait pour but de reprendre la partie économique de l'analyse de l'INRS et de la firme Aquapraxis (2008), afin de suivre les règles de l'art d'une ACA classique.



Les conclusions de l'étude révèlent que la solution la moins négative est celle du retrait progressif, mais que la meilleure, selon l'analyse multicritère, est la solution mixte avec champ d'épis à l'est du quai et le déplacement pour le secteur le plus à l'est à partir de l'enrochement.

À la lumière de ces conclusions, la solution mixte a été retenue par le MSP et la municipalité de Pointe-aux-Outardes. Une section de la rue Labrie (800 m) a donc été déplacée à l'intérieur des terres pour s'éloigner des falaises en érosion en 2011. Par la suite, des analyses supplémentaires en ingénierie maritime ont été produites pour préciser l'option du champ d'épis sur 1,5 km à l'est du quai.

L'annexe 8 est un rapport technique, réalisé par Dessau et Consultants Ropars inc. (2013), qui contient une étude hydraulique et une analyse de solution dans le secteur de la rue Labrie à l'est du quai. Les solutions de protection qui ont été considérées sont:

- les champs d'épis;
- les recharges de plage.

Les conclusions révèlent notamment des coûts élevés pour la mise en place d'un champ d'épis et des impacts importants sur les secteurs adjacents.

L'annexe 9 est une nouvelle étude technique réalisée par Consultants Ropars inc. (2020), qui analyse de nouveau ces deux variantes, mais en s'appuyant sur des données récentes beaucoup plus précises:

- Régime des vagues au large tirées du modèle WW3 de l'UQAR;
- Régime des vagues en eau peu profonde mesuré par des instruments installés par l'UQAR sur la batture;
- Niveaux d'eau tirés du modèle de l'ISMER;
- Bathymétrie tirée du LiDAR bathymétrique 2017 du Service hydrographique du Canada (SHC);
- Modèle numérique de terrain tiré du LiDAR 2017;
- Modélisation numérique des conditions hydro-sédimentaires par Lasalle-NHC.

L'annexe 10 est un rapport de Lasalle-NHC (2020) portant sur la modélisation numérique des conditions hydro-sédimentaires, qui a permis d'évaluer la dynamique hydro-sédimentaire à l'échelle d'une tempête et à long terme (> 30 ans), afin d'appuyer la conception des ouvrages, mais aussi de déterminer la performance et les impacts des deux scénarios de solution.

À la lumière des résultats de cette étude, qui démontrent des coûts élevés liés à la mise en place d'épis rocheux et leurs impacts sur l'érosion des secteurs adjacents, la solution de protection la plus appropriée est de procéder à la mise en œuvre d'une recharge de plage avec des matériaux grossiers.



Deux autres solutions, habituellement considérées, sont également exposées dans la présente section :

- Voie de contournement;
- Non-intervention.

4.1 Enrochement

La mise en place d'enrochement a été jusqu'à tout récemment la solution privilégiée pour contrer l'érosion des berges au Québec. Sur la péninsule Manicouagan, les enrochements ont contribué à aggraver le déficit sédimentaire puisque plus de 60 % des falaises sableuses ont été protégées par ce type d'ouvrage. Même si les enrochements permettent d'arrêter le recul de la falaise localement, ils bloquent l'apport en sable sur la plage qui provenait de l'érosion des falaises sableuse, ils provoquent une accélération de l'érosion dans les secteurs adjacents et un abaissement du niveau de la plage au pied de ceux-ci. Graduellement, l'abaissement de la plage a pour effet d'augmenter l'exposition de l'enrochement face au déferlement des vagues, ce qui finit par déchausser la base de l'enrochement et nécessite des travaux de réfection à grand coût. Pour ces raisons, ce type d'ouvrage de protection n'a pas été retenu dans le choix de la solution à l'est du quai, car l'enrochement génère des impacts trop importants, ce qui va à l'encontre de l'objectif de la réserve aquatique projetée de préserver et mettre en valeur le patrimoine naturel.

4.2 Champ d'épis

Le rapport technique de Consultants Ropars inc. (2020) décrit le concept d'épi retenu pour le projet, un épi hybride semi-émergé (annexe 9). L'objectif était de choisir un épi moins dispendieux que celui analysé dans le rapport technique de Dessau et Consultants Ropars inc. (2013), afin de diminuer les coûts jugés trop élevés (annexe 8).

La modélisation des conditions hydro-sédimentaires à long terme (30 ans) de Lasalle-NHC (2020) a démontré que la mise en place de trois ou cinq épis protègerait les secteurs situés derrière les épis, mais menacerait les résidences entre les épis et mettrait en danger les infrastructures routières situées à l'est des travaux (annexe 10). Pour limiter ces impacts, il serait alors nécessaire d'ajouter une recharge de plage entre les épis et à l'est de la zone des travaux. Une évaluation préliminaire des coûts a démontré que l'option de mise en place de cinq épis avec recharge de plage pourrait coûter deux fois plus cher que l'option de recharge de plage seule (annexe 9). Pour cette raison, cette solution a été écartée.

4.3 Recharge de plage avec des matériaux grossiers

Le rapport technique de Consultants Ropars inc (2020) propose un concept de recharge de plage avec des matériaux grossiers (D50 de 10-15 mm) sur une longueur de 1,5 km, à l'est du quai de Pointe-aux-Outardes (annexe 9). Le volume varie de 148 000 m³ (variante réduite) à 166 000 m³ (variante complète) avec des coûts estimés entre 7,88 M\$ et 8,84 M\$.

La modélisation numérique des conditions hydro-sédimentaires réalisée par Lasalle-NHC (2020) démontre la viabilité à long terme (30 ans) de la recharge de plage, ainsi que ces impacts limités sur les secteurs adjacents (annexe 10). Pour ces raisons, cette solution a été retenue.

4.4 Voie de contournement

Une solution de voie de contournement a été retenue pour la section de la rue Labrie à l'est du secteur de travaux, soit au-delà de 1,5 km à partir du quai (figure 12). À cet endroit, le MSP a financé le déplacement à l'intérieur des terres d'une section de la rue Labrie sur 800 m, afin de s'éloigner des falaises en érosion qui menaçait la route.

Pour le secteur des travaux, une voie de contournement et un déplacement des résidences ont été évalués et décrits à la section 4.5 (non-intervention).

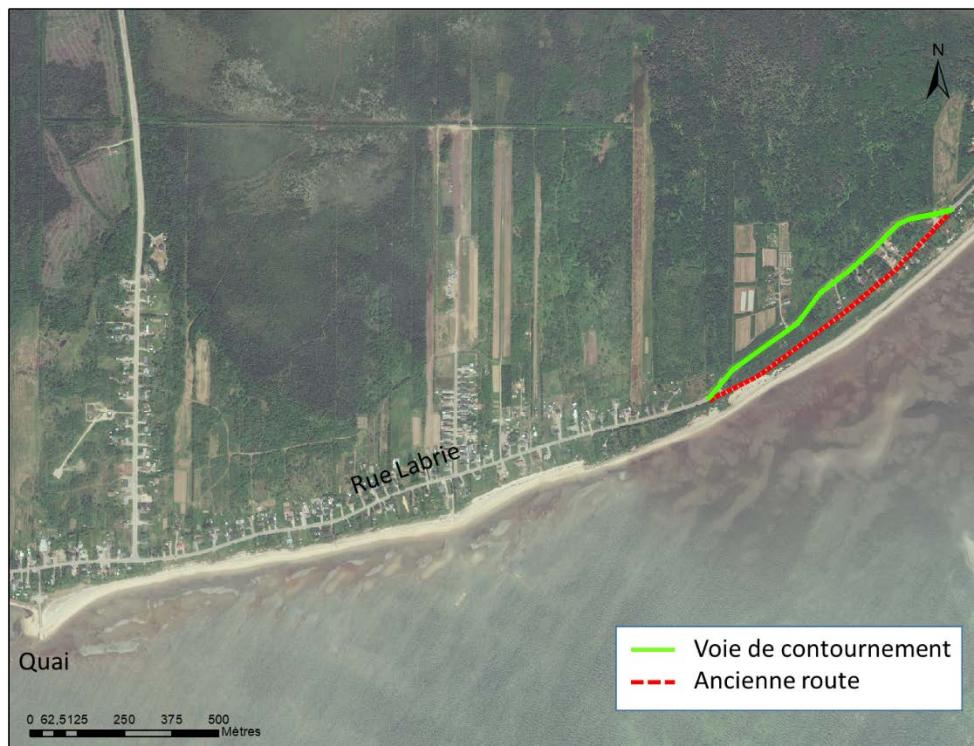


Figure 12 - Voie de contournement réalisée en 2011 à l'est du secteur des travaux

4.5 Non-intervention

Selon l'ACA de l'INRS, Aquapraxis (2008) et Eco Ressources Consultants (2009), le retrait progressif des résidences et des infrastructures municipales avec le Programme général d'aide financière lors de sinistres réels ou imminents du MSP est l'option la moins coûteuse, mais avec des pertes de terrain, des risques de décrochement menaçant la sécurité des personnes, des impacts sociaux importants, des impacts sur la vitalité touristique, la perte d'usage résidentiel, le stress des citoyens et les berges qui continuent de se dégrader.

Dans le cadre du programme pour la prévention de sinistres du MSP, un scénario de déplacement ou d'allocation de départ a été analysé pour l'ensemble des résidences et des infrastructures municipales dans le secteur des travaux à l'est du quai. Selon l'analyse, un déplacement entraînerait des coûts de plus de 9 M\$. Ce montant serait d'ailleurs supérieur, car la valeur utilisée dans l'analyse est une valeur au rôle des bâtiments, alors que celle utilisée dans le programme du MSP est la valeur de reconstruction des bâtiments, qui est plus élevée. De plus, il faudrait aussi construire une route de contournement de plus de 1,9 km, avec

aqueduc, pour relier les deux secteurs isolés au nord et à l'est, avec des coûts supplémentaires de 2 275 000 \$, ce qui ferait un total de plus de 11 M\$ pour envisager le retrait graduel des bâtiments et des infrastructures municipales.

Pour ces raisons, la non-intervention n'a pas été la solution retenue dans le secteur des travaux.

5 Description sommaire des travaux

Les travaux de recharge de plage avec des matériaux grossiers à l'est du quai se déroulent en quatre phases :

5.1 Caractérisation des bancs d'emprunt

La première phase consiste à trouver le matériel de recharge à proximité. Les matériaux visés doivent avoir un diamètre médian (D_{50}) de 10 mm à 15 mm. Le volume visé de sédiment nécessaire à la recharge est de 166 000 m³. Ce sédiment doit respecter le fuseau granulométrique demandé.

L'annexe 11 est un rapport de la firme FNX-INNOV (2019), qui a évalué 32 sites potentiels comme banc d'emprunt pour la recharge de plage. Les cinq sites les plus prometteurs ont fait l'objet d'une caractérisation détaillée et d'une analyse plus fine, afin de vérifier la granulométrie, le tamisage s'il y a lieu, les réserves, l'homogénéité du banc, ainsi que la distance de transport et le temps de trajet. Selon cette analyse, le meilleur banc d'emprunt pour la recharge de plage à Pointe-aux-Outardes est le site 28.

La figure 13 montre la localisation du site 28 et le trajet pour s'y rendre à partir du secteur des travaux.

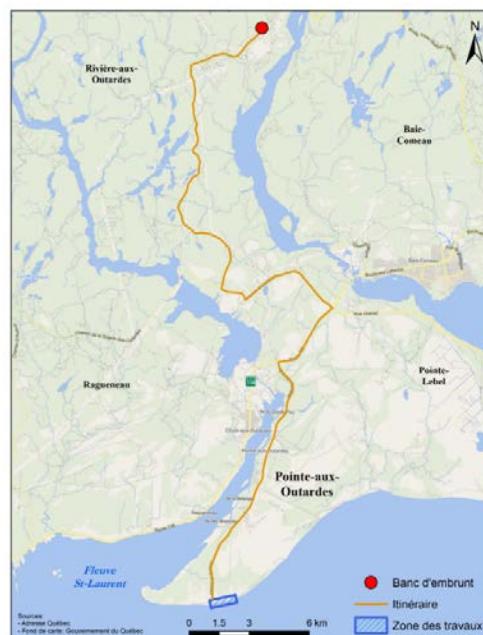


Figure 13 - Localisation du banc d'emprunt (site 28) à partir du secteur des travaux



5.2 Caractérisation de la faune benthique et granulométrie de l'estran

La deuxième phase sert à décrire le substrat de l'estran où aura lieu la recharge de plage et à caractériser la faune benthique présente en identifiant la richesse des espèces présentes et leurs densités.

L'annexe 12 est un rapport de la firme Englobe (2020) portant sur la caractérisation visuelle du substrat et sur la caractérisation de la faune benthique. Les conclusions de l'étude démontrent que l'espèce la plus abondante rencontrée est la mye commune, dont la densité moyenne est faible, soit de 4,7 individus/m², comparativement aux densités de plus de 40 individus/m² sur les bacs de sable de Pointe-aux-Outardes plus au large.

L'annexe 13 est un rapport de la firme Englobe (2018) qui caractérise la granulométrie de l'estran à l'endroit de la recharge de plage, à partir d'échantillons récoltés sur l'estran puis analysés en laboratoire pour déterminer la granulométrie.

5.3 Extraction, tamisage et transport des matériaux

La troisième phase comprend l'extraction des matériaux au site 28, le tamisage et le transport vers le lieu de la recharge. Le temps de trajet est de 34 minutes pour une distance de 43 km (FNX-INNOV, 2019).

Le D₅₀ du sédiment au site 28 est de 3 mm. Pour atteindre le fuseau granulométrique désiré, il faut prévoir le passage au tamis (2,5 mm) de plus de 290 000 m³ de sédiment pour atteindre 166 000 m³ de sédiment avec un D₅₀ de 10 à 15 mm. Par la suite, le transport des matériaux de la recharge représentera 22 500 voyages, donc 45 000 passages, étalés sur une période d'environ 1 an. Cela représente approximativement 40 passages de camions à l'heure. Compte tenu du nombre élevé de voyages que les travaux nécessitent, FNX-INNOV (2019) a privilégié un site dont le trajet ne passe pas par le centre-ville de Baie-Comeau.

Sur le site des travaux, un chemin d'accès temporaire sera aménagé au niveau du chemin du Quai. D'autres chemins existants pourraient être aménagés selon les besoins de l'entrepreneur.

5.4 Travaux de recharge

La dernière phase consiste à mettre en place les matériaux grossiers sur l'estran, sur une longueur de 1,5 km à l'est du quai. La superficie de l'empierrement est d'environ de 47 250 m². La disposition des matériaux selon le profil de la recharge s'effectuera depuis la rive, vers la mer. L'annexe 6 montre l'étendue de la recharge de plage (vue en plan), ainsi que les coupes-types de la recharge de plage par transects.

Pour établir la pente d'équilibre de la plage à long terme et pour définir la géométrie du profil équivalent de la recharge de construction, un D₅₀ de 10 mm a été pris dans le concept de recharge de plage. L'élévation de la crête de la recharge de plage a été déterminée à 4,9 m NMM, la pente externe de la recharge de construction est de 3H/1V et la pente de la partie supérieure de la recharge d'environ 0,5 %. La figure 14 montre deux exemples de coupe-type de la recharge de plage (Consultants Ropars inc., 2020).

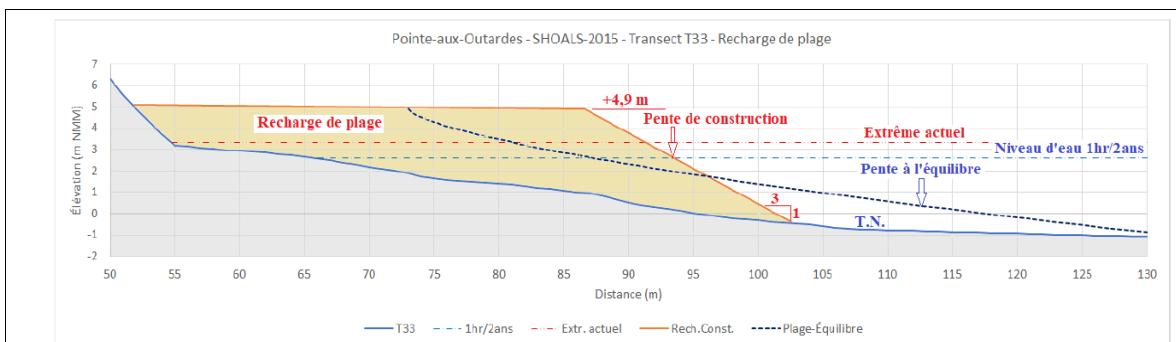


Figure 3.11 Coupe-type d'une recharge de plage (Transect T33)

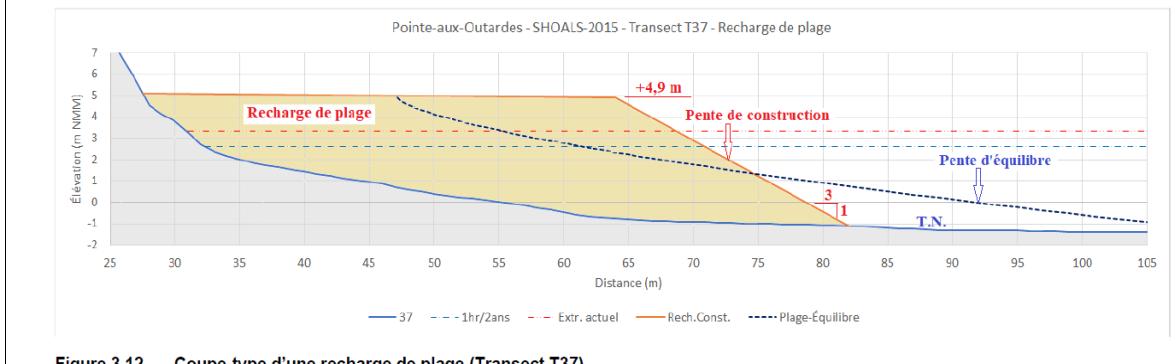


Figure 3.12 Coupe-type d'une recharge de plage (Transect T37)

Figure 14 - Deux exemples de coupes-type de la recharge de plage au transect 33 et 37 - Tiré de Consultants Ropars inc. (2020)

Les matériaux granulaires seront déversés par les camions et ensuite étalés à l'aide des pelles hydrauliques.

Les mesures suivantes seront prises afin d'assurer la protection de l'environnement durant les travaux:

- Un plan d'urgence environnementale;
- Une trousse d'urgence de récupération de produits pétroliers sera disponible en permanence sur le chantier;
- Aucun entreposage ou ravitaillement en hydrocarbures ne sera permis à moins de 30 mètres d'un cours d'eau;
- Tout déversement accidentel d'hydrocarbures sera signalé immédiatement à Urgence Environnement Québec au numéro 1 888-694-5454;
- La machinerie devra être propre et en bon état de fonctionnement et ne présentera pas de fuite d'huile, de graisse ou de carburant;



- Les mesures de contrôle des sédiments doivent être mises en place aux limites des travaux près des cours d'eau et milieux humides;
- Préserver toute végétation telle que les arbres, les buissons et les pelouses qui, de l'avis du responsable désigné par la Municipalité, ne gêne pas les travaux.

La réalisation d'une recharge de plage avec des sédiments grossiers permet de limiter les impacts sur le site, en préservant notamment une plage, ce qui permet de conserver l'usage culturel et récréotouristique du site tout en protégeant les infrastructures.

6 Consultation de la population

Le 18 février 2020, une rencontre a eu lieu avec le Conseil pour présenter le concept final. Le lendemain, une séance d'information publique se tenait, afin d'informer la population sur le concept de recharge de plage retenu pour les travaux de protection à Pointe-aux-Outardes (annexe x). Des représentants du MSP, ainsi que M. Yann Ropars de Consultants Ropars inc., sont venus expliquer la solution retenue et répondre aux questions des citoyens.

7 Échéancier des travaux

Voici l'échéancier préliminaire des activités liées au projet de recharge de plage à Pointe-aux-Outardes.

PROJET : STABILISATION DES BERGES A POINTE-AUX-OUTARDES - RECHARGE DE PLAGE

Échéancier provisoire des travaux (Année 2020)												
	Nov-19	déc-19	janv-20	fév-20	mars-20	avr-20	mai-20	juin-20	juil-20	août-20	sept-20	oct-20
Activités												
EN COURS												
Caractérisation de banc d'emprunt												
Caractérisation de la faune benthique (fin janvier)												
Étude hydraulique, concept préliminaire et définitif (fin février)												
Demande d'examen auprès de MPO (Pêches et Oceans) (fin février)												
Évaluation environnementale MELCC / Demande de décret de soustraction / Demande d'autorisation Art.22												
Élaboration de document d'appel d'offres pour l'élaboration des plans et devis												
À VENIR												
Appel d'offres, sélection et adjudication (3 semaines)												
Réalisation des plans et devis pour les travaux (6 semaines)												
Appel d'offres pour la réalisation des travaux (3 semaines)												
Selection et adjudication												
Rencontre des intervenants de projet à Pointe-aux-Outardes												
Début des travaux - Extraction des matériaux et travaux (12 mois)												
Travaux de recharge de plage (18 mois)												
Surveillance des travaux/ Contrôle qualité (18 mois)												



Liste des figures

- Figure 1** Localisation de la zone d'intervention
- Figure 2** Localisation de la recharge de plage à Pointe-aux-Outardes
- Figure 3** Haute falaise sableuse du secteur des travaux
- Figure 4** Cartographie du marais maritime de Pointe-aux-Outardes et des herbiers de zostères marines (UQAR, 2018)
- Figure 5** Niveaux d'eau (L.H.E. et niveau extrême) qui atteignent la base de la falaise
- Figure 6** Recul de la falaise supérieur à 15 m entre 2007 et 2017
- Figure 7** Marges de recul dans le secteur des travaux à Pointe-aux-Outardes
- Figure 8** Marges de recul dans le secteur ouest des travaux à Pointe-aux-Outardes
- Figure 9** Marges de recul dans le secteur centre des travaux à Pointe-aux-Outardes
- Figure 10** Marges de recul dans le secteur est des travaux à Pointe-aux-Outardes
- Figure 11** Vulnérabilité derrière le secteur des travaux
- Figure 12** Voie de contournement réalisée en 2011 à l'est du secteur des travaux
- Figure 13** Localisation du banc d'emprunt (site 28) à partir du secteur des travaux
- Figure 14** Deux exemples de coupes-type de la recharge de plage au transect 33 et 37 - Tiré de Consultants Ropars inc. (2020)



ANNEXE 1
ENTENTE DE FINANCEMENT ENTRE LE MSP ET LA
MUNICIPALITÉ DE POINTE-AUX-OUTARDES

CPS 18-19-25

ENTENTE DE FINANCEMENT
VISANT LA RÉALISATION DE TRAVAUX
DE PROTECTION DES BERGES CONTRE
L'ÉROSION CÔTIÈRE DANS LE SECTEUR
DE LA RUE LABRIE À POINTE-AUX-OUTARDES

ENTRE

LE VILLAGE DE POINTE-AUX-OUTARDES, personne morale de droit public légalement constituée, ayant son siège social au 471, chemin Principal, Pointe-aux-Outardes (Québec) G0H 1M0, représenté aux présentes par le maire, monsieur Serge Deschênes, et la directrice générale, madame Dania Hovington, dûment autorisés par la résolution 2018-11-247 à signer la présente entente,

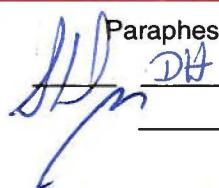
(ci-après appelée la « Municipalité »)

ET

LA MINISTRE DE LA SÉCURITÉ PUBLIQUE pour et au nom du gouvernement du Québec, représentée par le sous-ministre associé à la direction générale de la sécurité civile et de la sécurité incendie, monsieur Jean Bissonnette, dûment autorisé en vertu des Modalités de signature de certains actes, documents ou écrits du ministère de la Sécurité publique (RLRQ, chapitre M-19.3, r. 1)

(ci-après appelée la « ministre »)

(ci-après appelés collectivement les « parties »)


Paraphes
DH

ATTENDU QUE le Cadre pour la prévention de sinistres (CPS), adopté en juin 2013 par le Conseil des ministres, vise à soutenir la mise en œuvre de mesures en appréciation (analyse et recherche sur les risques), en traitement (travaux de prévention et d'atténuation) et en communication notamment pour les risques liés à l'érosion et à la submersion côtières;

ATTENDU QUE le ministère de la Sécurité publique est responsable de la gestion du CPS;

ATTENDU QU'une analyse de risques a mis en lumière les risques potentiels associés à l'érosion côtière dans le secteur de la rue Labrie, à Pointe-aux-Outardes;

ATTENDU QU'une analyse de solutions réalisée par une firme d'ingénierie privée a permis d'identifier des solutions appropriées pour atténuer le danger que l'érosion côtière affecte les résidences et les infrastructures dans ledit secteur;

ATTENDU QUE la Municipalité régionale de comté (MRC) de Manicouagan a adopté le règlement de contrôle intérimaire 2016-09 portant sur le zonage s'appliquant à l'ensemble du territoire de la Municipalité comportant des dispositions applicables aux zones de contraintes relatives aux glissements de terrain et à l'érosion des berges sur le territoire;

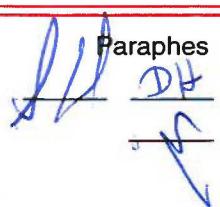
ATTENDU QU'il y a lieu de conclure une entente avec la Municipalité afin de préciser les modalités d'octroi et de versement de l'aide financière pour les travaux à effectuer en bordure du fleuve Saint-Laurent dans le secteur de la rue Labrie.

EN CONSÉQUENCE, les parties conviennent de ce qui suit :

ARTICLE 1 Les annexes A et B font partie intégrante de l'entente. Les parties déclarent en avoir pris connaissance et les acceptent. En cas de conflit entre les annexes et l'entente, cette dernière prévaudra.

ARTICLE 2 La Municipalité s'engage à effectuer les travaux d'atténuation de l'érosion côtière en utilisant l'aide financière versée par la ministre et à participer financièrement conformément à l'annexe A. Ces travaux consistent à protéger le secteur résidentiel situé au sommet d'une falaise le long de la rue Labrie, par la mise en place d'un ouvrage de protection utilisant le rechargement de plage avec des matériaux grossiers et, si nécessaire, des épis en enrochement.

Paraphes



Les travaux s'étendent sur une distance approximative de deux kilomètres et doivent comprendre, notamment, les éléments suivants :

- la réalisation des travaux d'arpentage avant et après la réalisation de ceux de recharge de plage;
- La réalisation d'une étude géotechnique pour déterminer l'emplacement d'épis rocheux, si nécessaire;
- l'obtention des autorisations requises, dont celles environnementales;
- la recherche des matériaux répondant au fuseau granulométrique recommandé et en quantité nécessaire qui constitueront la recharge de plage et, si nécessaire, les épis en enrochement incluant des essais en laboratoire ou *in situ* (granulométrie, poids spécifique, absorption d'eau, résistance aux cycles de gel/dégel);
- la réalisation de plans et devis;
- la réalisation des travaux de protection de berge contre l'érosion;
- la surveillance du chantier;
- le contrôle des matériaux de recharge de plage et, si nécessaire, des épis en enrochement par des essais en laboratoire (granulométrie, etc.);
- la transmission à la ministre des documents de conformité des travaux réalisés dans les trente (30) jours suivant la fin des travaux.

ARTICLE 3

La Municipalité s'engage à entretenir et à réparer, de manière diligente, à ses frais, les ouvrages conçus dans le cadre de cette entente.

ARTICLE 4

La Municipalité consent à maintenir, dans sa réglementation, les dispositions du règlement numéro 2016-09, sans quoi l'entente deviendra caduque.

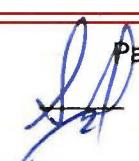
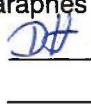
ARTICLE 5

La Municipalité s'engage à se conformer à toute exigence raisonnable que la ministre pourrait formuler, en conformité avec la présente entente, notamment lors de rencontres de suivi qu'elle pourrait demander ou autrement.

ARTICLE 6

La Municipalité garantit que les travaux énumérés à l'article 2 seront exécutés selon les règles de l'art et les lois et règlements en vigueur. De plus, elle

Paraphes

	s'engage à exiger des mandataires, avec qui elle contracte, les garanties usuelles, entre autres une garantie pour l'exécution des travaux ainsi qu'une police d'assurance responsabilité civile pour la durée des travaux. Elle s'engage également à exercer ces garanties, le cas échéant.
ARTICLE 7	La Municipalité s'engage à fournir à la ministre toutes les pièces justificatives ainsi que tous les documents, toutes les copies de documents et tous les renseignements que cette dernière lui demande et dont elle a besoin pour l'administration de l'octroi de l'aide financière ainsi que pour répondre aux exigences du processus administratif.
ARTICLE 8	La Municipalité s'engage à conserver tous les documents liés à l'aide financière pendant une période de cinq (5) ans suivant l'expiration de la présente entente, d'en permettre l'accès à un représentant de la ministre et d'en prendre copie.
ARTICLE 9	La Municipalité s'engage à n'utiliser l'aide financière reçue qu'aux fins de l'utilisation prévue dans la présente entente.
ARTICLE 10	La Municipalité s'engage à rembourser à la ministre l'aide financière qui lui a été versée si les dépenses pour lesquelles celle-ci est accordée ont fait ou peuvent faire l'objet d'une indemnisation ou d'un remboursement par un gouvernement ou l'un de ses ministères ou par un organisme ou par toute autre source, sauf s'il s'agit d'une aide reçue à titre de don de charité à la suite d'une collecte de fonds auprès du public.
ARTICLE 11	La réalisation, en chantier, de l'ensemble des travaux visés par la présente entente doit être terminée au 31 décembre 2021.
ARTICLE 12	L'investissement maximal prévu dans la présente entente pour la réalisation de l'ensemble des travaux pourrait atteindre un montant de huit millions de dollars (8 000 000 \$).
	La Municipalité s'engage à assumer une partie du coût des travaux, le tout conformément au calcul et aux modalités prévus à l'annexe A de la présente entente.

Paraphes

La ministre s'engage à verser à la Municipalité, selon les paramètres prévus à l'annexe A, un montant maximum d'aide financière de sept millions sept cent quarante-six mille deux cent trente-huit dollars (7 746 238 \$).

Ce montant sera versé à la Municipalité de la manière suivante :

- un premier versement de deux millions de dollars (2 000 000 \$) dans les 30 jours suivant l'apposition de la dernière signature à la présente entente (exercice financier 2018-2019);
- un million cinq cent mille dollars (1 500 000 \$) à l'adjudication d'un contrat liant la Municipalité à un mandataire pour exécuter un ou des éléments des travaux identifiés à l'article 2 (exercice financier 2019-2020);
- deux millions de dollars (2 000 000 \$) à la suite du dépôt des plans et devis finaux (exercice financier 2020-2021);
- le solde de l'aide financière sera versé dans un délai de soixante (60) jours suivant la fin des travaux, à la satisfaction de la ministre, sur réception des pièces justificatives (exercice financier 2021-2022).

Si le coût total des activités que la Municipalité s'engage à réaliser en vertu de la présente entente est inférieur à huit millions de dollars (8 000 000 \$), le montant d'aide financière à verser sera révisé selon les paramètres prévus à l'annexe A.

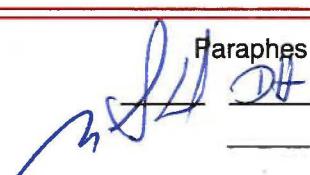
ARTICLE 13

La ministre peut rendre admissibles des dépenses engagées avant la signature de la présente entente si celles-ci sont relatives aux travaux identifiés à l'article 2 et qu'elles ne font pas l'objet d'une indemnisation provenant d'une autre source.

ARTICLE 14

Si un différend survient dans le cours de l'exécution de l'entente ou sur son interprétation, les parties s'engagent, avant d'exercer tout recours, à rechercher une solution à ce différend et, si besoin est, à faire appel à un tiers, selon les modalités à convenir, pour les assister dans ce règlement.

Paraphes



ARTICLE 15	La Municipalité comprend et accepte que, à défaut par elle de respecter l'une des conditions prévues à la présente entente, la ministre peut, à son choix, lui réclamer la totalité ou une partie de l'aide financière versée.
ARTICLE 16	La Municipalité s'engage, d'une part, à assumer seule toute responsabilité légale à l'égard des tiers et à assumer seule la responsabilité de toute action, réclamation ou demande que peut occasionner l'exécution de l'objet de la présente entente et, d'autre part, à tenir indemnes et prendre fait et cause pour la ministre, ses représentants et le gouvernement, advenant toute réclamation pouvant en découler et s'assurer qu'il en soit de même pour tout contrat octroyé aux fins de la réalisation de l'objet de la présente entente.
ARTICLE 17	La Municipalité s'engage à indiquer clairement dans toutes les activités de communication écrite ou autre, et cela surtout ou une partie des travaux exécutés conformément à l'aide versée, la mention, en évidence, de la contribution du Cadre pour la prévention de sinistres du gouvernement du Québec.
ARTICLE 18	<p>La ministre se réserve le droit de procéder à toute vérification ultérieure des dépenses et de récupérer les sommes versées en trop, le cas échéant.</p> <p>Le paiement découlant de l'exécution de la présente entente peut faire l'objet d'une vérification par la ministre ou par toute autre personne ou organisme dans le cadre des fonctions qu'ils exercent ou des mandats qui leur sont confiés.</p>
ARTICLE 19	Les droits et obligations prévus à la présente entente ne peuvent être cédés, vendus ou transférés, en tout ou en partie, sans l'autorisation écrite préalable de la ministre, qui peut alors prévoir des conditions à cette fin.
ARTICLE 20	La Municipalité accepte d'éviter toute situation qui mettrait en conflit son intérêt personnel et l'intérêt de la ministre. Si une telle situation se présente, la Municipalité doit immédiatement en informer par écrit la ministre qui pourra, à sa discrétion, émettre une directive indiquant à la



Paraphes



E

	Municipalité comment remédier à ce conflit d'intérêts ou résilier l'entente.
ARTICLE 21	Toute modification au contenu de la présente entente devra faire l'objet d'une entente écrite entre les deux parties. Cette dernière ne peut changer l'objet de la présente entente et elle en fera partie intégrante.
ARTICLE 22	En cas de mésentente quant à la mise en œuvre de la présente entente, la ministre ou la Municipalité peuvent y mettre fin en faisant parvenir à l'autre un avis écrit à cet effet, transmis par courrier recommandé. La résiliation prendra effet de plein droit trente (30) jours après la réception de cet avis. Les parties assument alors, en fonction de leur part respective, les coûts des travaux effectués comme établis à l'annexe A.
	La ministre se réserve le droit de résilier cette entente si la Municipalité fait défaut de remplir l'un ou l'autre des termes, conditions ou obligations prévus à la présente entente. Pour ce faire, un avis sera envoyé par courrier recommandé par la ministre à la Municipalité et celle-ci aura trente (30) jours ouvrables pour remédier aux défauts énoncés dans l'avis et en aviser la ministre, à défaut de quoi l'entente sera automatiquement résiliée à compter de la date de réception de cet avis, sans compensation ni indemnité pour quelque cause ou raison que ce soit.
	La Municipalité devra également, dans l'un ou l'autre de ces cas, rembourser à la ministre les sommes reçues, mais non engagées pour la réalisation d'éléments prévus dans la présente entente. Sans limiter la généralité de ce qui précède, la participation financière de la Municipalité sera calculée à nouveau selon l'annexe A et la Municipalité devra rembourser les sommes reçues en trop.
ARTICLE 23	La présente entente entre en vigueur à la date de la dernière signature aux présentes.
ARTICLE 24	Les sommes nécessaires pour effectuer les versements prévus à l'article 12 sont prises à même les sommes prévues par le CPS, et ce, sous réserve de la disponibilité des sommes prévues à cet effet, conformément aux dispositions de l'article

Paraphes

DD

BC

21 de la Loi sur l'administration financière
(RLRQ, chapitre A-6.001).

ARTICLE 25

Les parties reconnaissent la juridiction des tribunaux du Québec, district judiciaire de Québec, pour intervenir dans tout litige pouvant découler de l'application ou l'interprétation de la présente entente.

ARTICLE 26

Les personnes suivantes sont désignées par les parties à la présente entente aux fins de l'administration de celle-ci :

Pour la ministre :

M. Pascal Chouinard
Directeur
Direction de la prévention et de la planification
Ministère de la Sécurité publique
Tour des Laurentides, 6^e étage
2525, boulevard Laurier
Québec (Québec) G1V 2L2

Pour la Municipalité :

M^{me} Dania Hovington
Directrice générale
Village de Pointe-aux-Outardes
471, chemin Principal
Pointe-aux-Outardes (Québec) G0H 1M0

Pour valoir, toute correspondance entre les parties de la présente entente doit être échangée entre ces représentants désignés, aux adresses mentionnées ci-dessus.

[Handwritten signatures]
Paraphes

ANNEXE A

Aide financière et participation financière

L'aide financière accordée à la Municipalité pour la réalisation des travaux prévus à l'article 2 de l'entente est égale à la totalité des dépenses admissibles prévues à l'annexe B, comme elles ont été agréées par la ministre, moins la participation financière de la Municipalité.

Cette participation financière équivaut au moindre des montants suivants sans toutefois excéder un quart ($\frac{1}{4}$) d'un pour cent (1 %) de la richesse foncière uniformisée de la Municipalité :

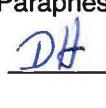
- cinquante pour cent (50 %) des dépenses admissibles;

ou l'addition des montants suivants :

- cent pour cent (100 %) pour le premier dollar de dépenses admissibles par habitant de la Municipalité (ci-après dénommé « habitant »);
- soixantequinze pour cent (75 %) pour le deuxième et le troisième dollars de dépenses admissibles par habitant;
- cinquante pour cent (50 %) pour le quatrième et le cinquième dollars de dépenses admissibles par habitant;
- vingt-cinq pour cent (25 %) pour les dollars suivants de dépenses admissibles par habitant.

Aux fins de ce calcul, le nombre d'habitants est fixé en fonction de l'évaluation démographique de la municipalité établie par le décret du gouvernement du Québec pris conformément à l'article 29 de la Loi sur l'organisation territoriale municipale (L.R.Q., chapitre O-9) en vigueur au moment de la signature de l'entente de financement.

Paraphes



EN FOI DE QUOI, les parties ont signé la présente entente en deux (2) exemplaires.

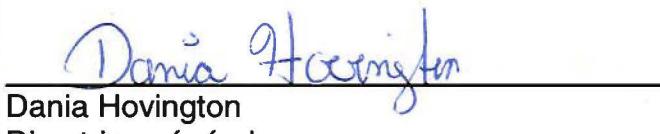
Pointe-aux-Outardes, le 10 Janvier

2019

2018

SJ
DH

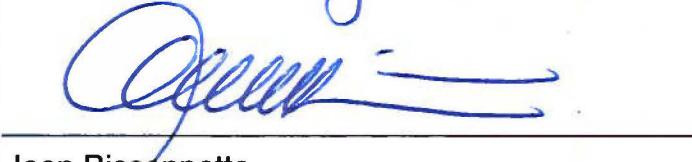

Serge Deschênes
Maire


Dania Hovington
Directrice générale

Québec, le 17 Janvier

2018

2019


Jean Bissonnette
Sous-ministre associé
Direction générale de la sécurité civile et de la sécurité incendie

Paraphes

DH

ANNEXE B

DÉPENSES LIÉES AUX TRAVAUX EFFECTUÉS PAR LA MUNICIPALITÉ

Dépenses admissibles :

- les honoraires professionnels nécessaires pour la mise en œuvre du projet;
- les coûts des contrats octroyés à des entreprises pour la réalisation des travaux;
- les frais variables liés à l'utilisation de la machinerie municipale;
- la location de machinerie, d'équipements et d'outillage ainsi que les frais liés à leur utilisation;
- le coût d'achat d'un terrain nécessaire à la réalisation des travaux;
- les heures payées aux employés permanents affectés à la réalisation des travaux;
- les heures payées à de la main-d'œuvre additionnelle.

Dépenses non admissibles :

- les dommages à tout bien causés directement ou indirectement par les travaux;
- la perte de terrain et les dommages au terrain ainsi qu'aux ouvrages conçus pour le protéger;
- les frais d'intérêt ou les frais pour l'obtention d'une soumission;
- la perte de revenus découlant de la réalisation des travaux;
- la perte de valeur marchande d'un bien;
- les pertes et les dommages dont la Municipalité est responsable;
- l'achat de nouveau matériel ou de nouveaux équipements réutilisables;
- les dépenses découlant de l'achat de biens ou la prestation de services en provenance d'une entreprise inscrite au Registre des entreprises non admissibles aux contrats publics;
- toute dépense ou tout travail jugé non nécessaire pour la réalisation des travaux faisant l'objet de l'entente.



Paraphes



ANNEXE 2
MANDAT D'ACCOMPAGNEMENT DE LA FQM



**CORPORATION MUNICIPALE DU VILLAGE
DE POINTE-AUX-OUTARDES
PROVINCE DE QUÉBEC**

**Extrait du procès-verbal
ou
Copie de résolution**

du 20 janvier 2020

À la session ordinaire du Conseil de la Corporation municipale du Village de Pointe-aux-Outardes tenue le 20 janvier 2020 et à laquelle étaient présents son honneur le maire Serge Deschênes et les conseillers suivants :

Dave Prévéreault, Jean-François Gauthier, Raynald Foster, Sylvie Ostigny et Pierre Ross tous formant quorum sous la présidence du maire.

Madame Dania Hovington, directrice générale/secrétaire-trésorière, est aussi présente.

**2020-01-016 MANDAT FÉDÉRATION DES MUNICIPALITÉS DU QUÉBEC –
 PROJET DE STABILISATION LE LONG DES BERGES DU FLEUVE
 SAINT-LAURENT SUR LE TERRITOIRE MUNICIPAL DE POINTE-AUX-OUTARDES**

CONSIDÉRANT QUE des travaux de stabilisation le long des berges du fleuve Saint-Laurent sur le territoire municipal de Pointe-aux-Outardes doivent être réalisés en bordure de la rue Labrie (du quai au 294) dossier #3211-02-259 ;

CONSIDÉRANT QU' une demande d'autorisation est en analyse auprès du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques ;

CONSIDÉRANT QUE M. Dominic Lachance, de la Fédération québécoise des municipalités, a été mandaté comme chargé de projet dans ce dossier.

EN CONSÉQUENCE, il est proposé par le conseiller Raynald Foster, et résolu à l'unanimité des conseillers présents, d'autoriser M. Dominic Lachance, ingénieur, et/ou Mme Dania Hovington, directrice générale/secrétaire-trésorière, à faire le suivi du dossier auprès du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques afin d'obtenir l'autorisation de réaliser des travaux de stabilisation le long des berges du fleuve Saint-Laurent sur le territoire municipal de Pointe-aux-Outardes. (Travaux qui doivent être réalisés en bordure de la rue Labrie (du quai au 294) dossier #3211-02-259) et à signer tous les documents exigés en vertu de l'article 115.8 de la Loi sur la qualité de l'environnement.

**COPIE CERTIFIÉE CONFORME
Donnée à Pointe-aux-Outardes,
ce 22^e jour du mois de janvier 2020**


Dania Hovington
Directrice générale/secrétaire-trésorière



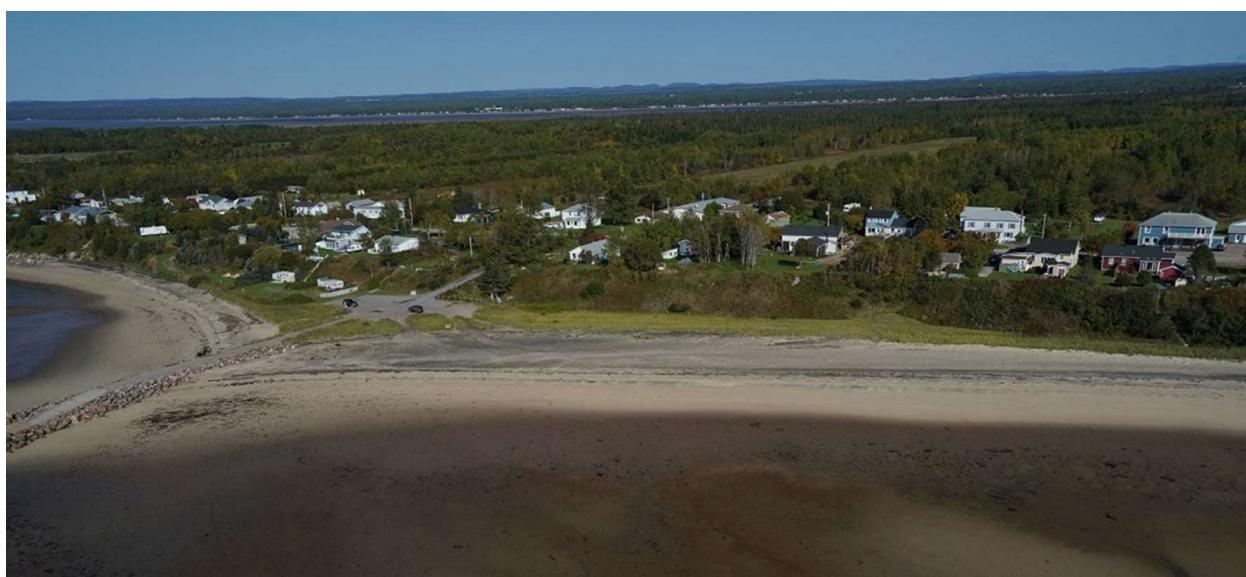
ANNEXE 3
ÉVOLUTION DE LA CÔTE PAR PHOTOS OBLIQUES



1988



2000



2017

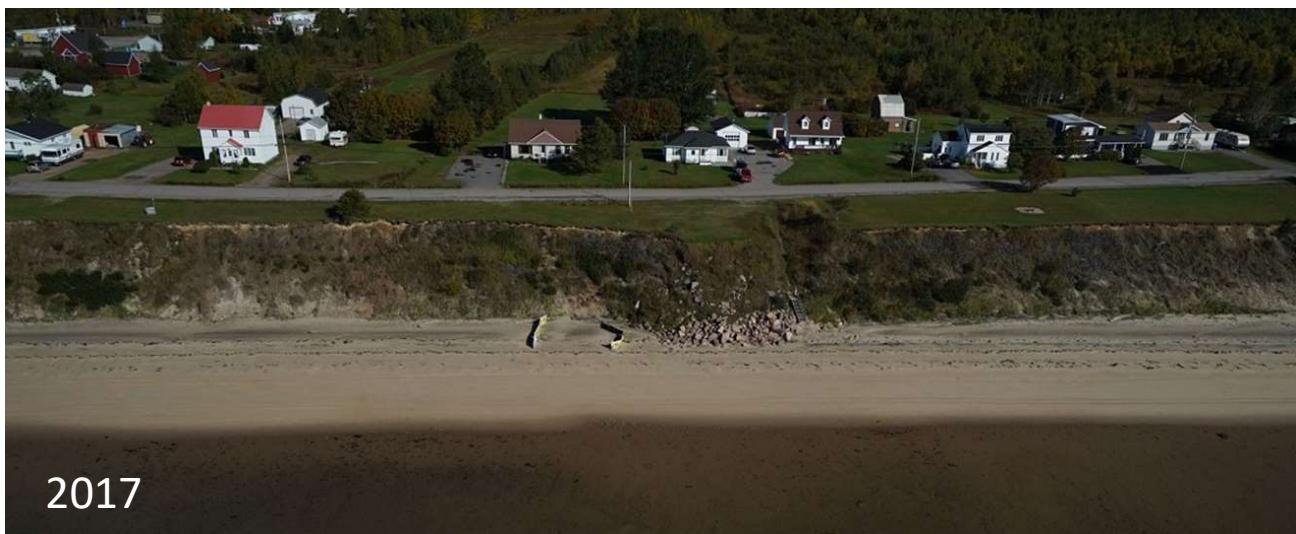
1988



2000



2010



2017

1988



2000



2010



2017



1988



2000



2010



2017



1988



2000



2010



2017



1988



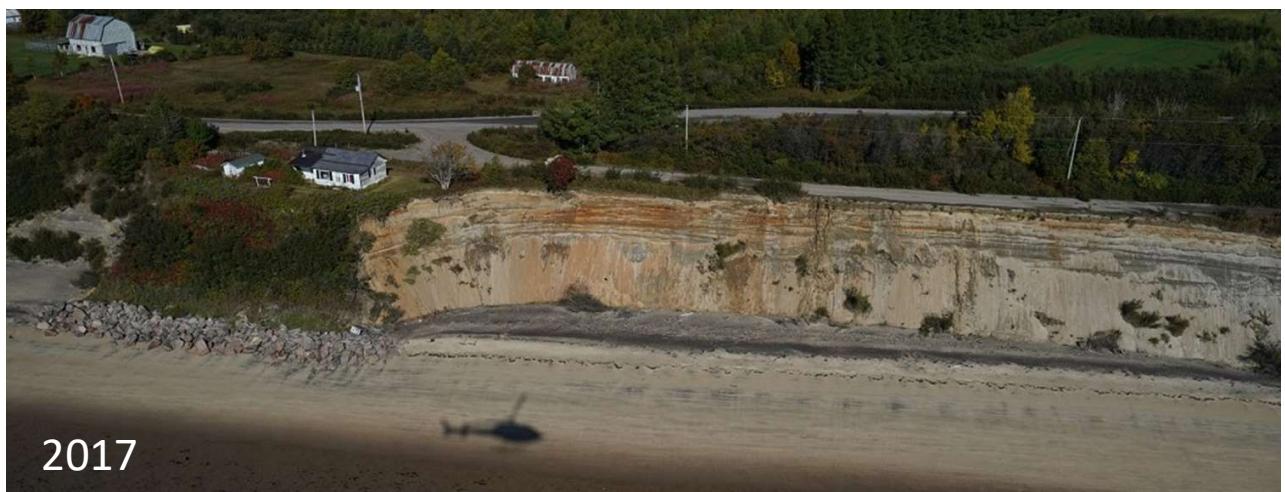
2000



2010



2017





ANNEXE 4
RAPPORT DE RECHERCHE INRS-ETE #R990 ET
AQUAPRAXIS INC. #10136-100

OCTOBRE 2008



Université d'avant-garde

Recherche d'une solution économique et durable à la problématique d'érosion littorale à Pointe-aux-Outardes

Document principal

Rapport de recherche INRS-ETE #R990 et Aquapraxis Inc. #10136-100 - Octobre 2008



Municipalité de
Pointe-aux-Outardes

Sécurité publique

Québec



**Recherche d'une solution
économique et durable
à la problématique d'érosion littorale
à Pointe-aux-Outardes**

Pour le compte de la
Municipalité de Pointe-aux-Outardes
en collaboration avec le
Ministère de la Sécurité publique
OURANOS
et divers partenaires

**Rapport de recherche INRS-ETE R990
et Aquapraxis Inc. 10136-100**

Octobre 2008



SOMMAIRE EXÉCUTIF



Référence pour fins de citation : Leclerc, M. et P. Dupuis (2008). *Recherche d'une solution économique et durable à la problématique d'érosion littorale à Pointe-aux-Outardes*. Pour le compte de la Ville de Pointe-aux-Outardes et du Ministère de la Sécurité publique, en collaboration avec OURANOS et divers partenaires. Rapport de recherche INRS-ETE R990 et Aquapraxis Inc. 10136-100. 220 pages + 9 annexes. Octobre.

© INRS-ETE et Aquapraxis Inc., 2008

isbn : 978-2-89146-573-1

Le mandat

Subissant depuis de nombreuses années une érosion significative de ses côtes, la municipalité de Pointe-aux-Outardes a mandaté l'INRS-ETE pour analyser différents types de solutions pouvant pallier à cette problématique d'érosion des berges qui menace l'existence de plusieurs résidences et infrastructures implantées en berges et donc exposées à cet aléa.

En partenariat avec le Service de l'Atténuation des Risques (SAR) du Ministère de la Sécurité publique, le mandat visait aussi à expérimenter l'approche *d'analyse coûts/avantages* (ACA) ainsi que *l'analyse multi-critères* (AMC) dans une perspective de prévention et de réponse durable aux risques naturels.

Remarque : le présent rapport a donné lieu à un apport complémentaire par la firme Écoressources¹ spécialisée en économie de l'environnement qui a permis de rectifier à la marge certaines approches retenues ici par rapport avec la méthodologie classique d'analyse coûts/avantages. Ces éléments nouveaux ont notamment trait aux éléments intangibles de la problématique et ne sont pas intégrés ici. Ils sont documentés dans un résumé complémentaire qui reprend essentiellement les éléments présentés ici, sauf le volet technique. Toutefois, les conclusions ainsi obtenues ne modifient pas celles présentées ici. Le lecteur est donc renvoyé à ce document (Écoressources, 2009) pour de plus amples détails.

¹ ÉcoRessources Consultants (2009), Révision de la partie économique et synthèse du rapport Recherche d'une solution économique et durable à la problématique d'érosion littorale à Pointe-aux-Outardes, pour le compte du Ministère de la Sécurité publique, 29 pages.

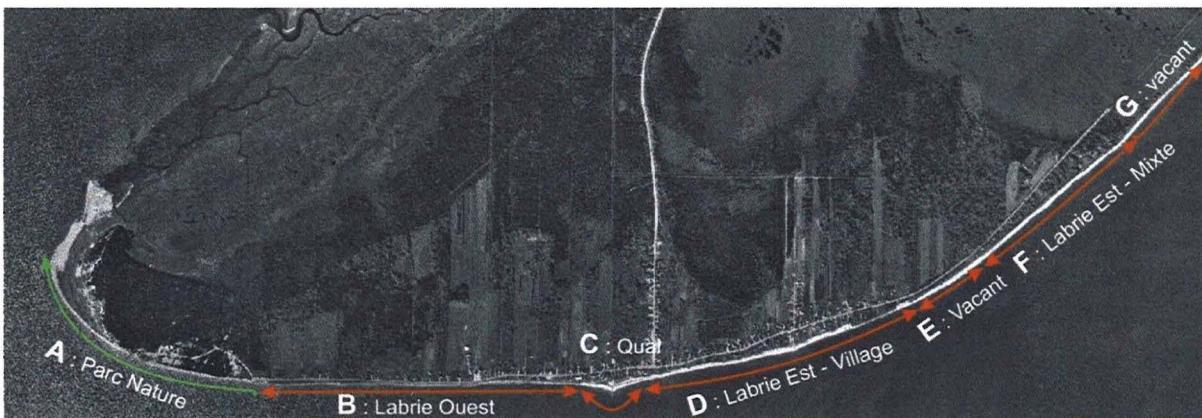
Les options possibles

Trois types de mesure possibles. Trois types d'approches de base ont été explorées :

- Le *retrait simple* sans intervention physique visant à atténuer ou contrôler les processus d'érosion
- Les *protections dures* sans égard particulier pour leur impact sur l'équilibre morpho-sédimentaire de la côte
- Les *stabilisations douces* (recharge de plage seule ou associée à des épis ou brise-lames d'avant-côte) incluant les approches brevetées dites « *stabilisatrices de courant* » visant au rétablissement d'un équilibre sédimentaire dynamique

Une combinaison de ces approches de base s'avère une *solution mixte* et une nomenclature spéciale a été développée pour faciliter l'identification des solutions (Option R pour retrait, option P pour protection, option MX pour mixte avec protection et retrait)

Segmentation de la côte. Afin de mieux situer les segments de côte où sont considérées les différentes mesures, une segmentation de celle-ci a été effectuée. Nous y référons ci-après.



Remarques sur l'analyse coûts/avantages En analyse coûts/avantages, on cherche à établir l'ensemble des couts et des avantages de diverses options de façon à préciser les bénéfices nets d'un projet et à comparer entre elles les différentes options de solutions. Cette démarche permet ainsi de déterminer l'avantage net de l'intervention alors que la comparaison des options vise à aider les décideurs à choisir l'option la plus avantageuse sur le plan des couts et des bénéfices.

Bien que l'analyse couts/avantages s'exprime en termes monétaires exclusivement, elle ne constitue pas une analyse financière en tant que telle. Normalement, elle vise seulement à établir les couts et les avantages des options pour l'*ensemble de la société* sans préciser les conséquences financières pour *chacun des acteurs*. Toutefois, les données requises pour aborder cette question importante peuvent en bonne partie être extraites des résultats de l'analyse économique, ce qui fut fait et qui est rapporté ici, afin de mettre en lumière le facteur d'équité entre les acteurs que nous considérons comme un élément important de décision.

De même, en analyse coûts/avantages, une seule option de référence est normalement considérée et à laquelle toutes les autres options sont comparées. Nous avons opté pour en définir deux qui font partie des approches classiques habituellement appliquées bien que la deuxième option de

référence mentionnée (P3, enrochements) ci-après aurait aussi pu être considérée comme toute autre solution technique. Ce faisant, *l'avantage net* d'une solution alternative par rapport à une option de référence est ainsi rendu plus difficile à déterminer étant donné cette double base de comparaison. En pratique, la méthode d'analyse et la présentation de toutes les options demeurent strictement les mêmes et leur comparaison peut aussi être effectuée sans égard à leur statut particulier.

Moyennant certaines hypothèses, toutes les options ont été définies temporellement sur un horizon de 30 ans et leurs coûts ont été estimés, puis actualisés en *valeur présente nette* (4%/an) pour fins de comparaison sur le plan économique. Des calculs de sensibilité complémentaires ont été réalisés afin de faire ressortir l'impact d'un taux d'actualisation différent (2% et 6%) ainsi que d'autres facteurs comme le coût des matériaux, les paramètres des programmes gouvernementaux ou l'impact des changements climatiques. Ces données de sensibilité ne font pas partie du présent rapport mais elles pourront être rendues disponibles et considérées avant toute prise de décision.

Les options de référence. Deux *options de référence*, considérées dans la bibliographie technique comme des solutions ultimes, ont donc été définies et analysées (voir la figure précédente pour la délimitation des secteurs visés):

- Le *retrait général progressif assisté financièrement* (Option R1 ou Rréf) par les pouvoirs publics (Programme général d'assistance financière – Volet Mouvements de sols) lequel vise à la fois les individus (bâtiments résidentiels) et la Municipalité (infrastructures). Cette option s'appliquerait aux segments D (Labrie Est Village) et F (Labrie Est – Usage mixte). En plus des bâtiments, deux segments de la rue Labrie Est sont visés pour être déplacés vers le nord (minimum 60 m): une partie de D (0,7 km) jouxtant le Chemin principal et E au complet (0,9 km).
- La *protection linéaire en enrochements* (Option P3 ou Préf) qui pourrait donner lieu à un PAS (Protocole d'Application de Solutions d'atténuation). Cette option s'appliquerait aux segments D, E et F (3,9 km).

Les options alternatives. Plusieurs alternatives aux options de référence ont été examinées, chacune comportant une part variable des différents types de mesures offertes, y compris celles de référence. Seuls l'empierrement linéaire (sauf comme option de référence) et les brise-lames d'avant-côte semblent à écarter à Pointe-aux-Outardes, pour les raisons citées à l'Annexe H : Profils de plage en équilibre et protection des berges) soit à cause des conséquences indésirables associées à ce type de mesure (impacts sur la morphologie des côtes et le bilan sédimentaire, effets de bout, coûts d'entretien), ou à cause de l'absence de conditions propices. De même, l'option de recharge de plage uniquement n'a pas été retenue pour le même type de raison, l'absence de conditions propices à la rétention du matériau sur les plages.

Les options retenues pour analyse sont constituées d'un mélange variable de champs d'épis et de retrait progressif selon le segment de côte considéré:

1. *Champs d'épis conventionnels uniquement assorti d'une recharge de sable initiale et périodique de plage* (Option P1) visant le rétablissement le plus tôt possible d'un équilibre morpho-sédimentaire. L'option a été définie pour l'entièreté des segments D, E et F (3,9 km).
2. *Champ d'épis de type Holmberg dits « stabilisateurs de courants » avec recharge initiale et périodique de plage* (Option P2). L'option est aussi définie pour les segments D, E et F (3,9 km).

3. *Champs d'épis conventionnels (3) dit Équilibré avec recharge initiale de plage seulement* (Option P4) qui maintient un apport sédimentaire minimum de 20 000 m³/an à partir de segments de côtes érodables mais inhabitées (E et G); les épis viseraient deux segments menacés à court et moyen termes à l'est du Chemin principal (D et partie de F) en plus de chercher à compenser l'impact des empierrements linéaires vers le Parc nature (extrémité ouest du segment A). L'option comporte le retrait partiel (voirie, réseaux de services) de la rue Labrie Est sur 0,9 km, soit le segment E.
4. *Variante de P4 avec des épis Holmberg (P5)*.
5. *Champs d'épis Réduit (P6)* qui vise les mêmes objectifs et utilise les mêmes mesures que P4 sauf celui de retenir le sable en transit avant sa sortie du système et de chercher à compenser les impacts de l'empierrement linéaire sur la rue Labrie Ouest. L'extrémité ouest du segment A est donc retirée de l'option P4.
6. *Solution mixte (MX1)* comportant un seul champ d'épis à l'est du quai municipal (segment D, Labrie Est - Village); les segments E et F seraient traités par des mesures de retrait des bâtiments (mixité d'usages résidentiel et de villégiature) et de la rue Labrie.

Hypothèses concernant la recharge initiale de plage. Tous les scénarios de type épis incluent l'aménagement d'accès pour la construction et les opérations d'entretien. Nous posons l'hypothèse que, sans être idéal pour une recharge stable de plage, le matériau sableux formant les talus serait adéquat pour ce faire et, le cas échéant, le déblai d'excavation pour aménager les accès pourrait servir à cette fin au moment de la mise en place d'épis. Plusieurs terrains actuellement vacants se prêteraient à cette fonction. Il semble également opportun que certains de ces chemins soient conservés et aménagés, afin de faciliter l'accès à la côte à l'ensemble de la communauté et permettre éventuellement d'accéder aux ouvrages pour leur entretien lorsque requis. En plusieurs sites, les talus existants devraient être reprofilés afin de les ramener à une pente d'équilibre favorisant la revégétalisation. Là aussi, du sable de recharge pourrait être rendu disponible. Du point de vue économique, ces matériaux constituerait une contribution tangible devant être escomptée en valeur monétaire et s'ajoutant aux autres items des options. Toutefois, on s'attend à ce que ces items forment une contribution en nature de la communauté des riverains et de la municipalité et soit comptabilisée monétairement dans le montage financier.

Traitement des variantes. Il existe une multitude de variantes pouvant être dérivées des options de base retenues pour l'analyse. Les implications propres à chacune d'elles dépendent de plusieurs facteurs dont la quantification demeure parfois incertaine à l'étape présente. Les options présentées ont donc été définies et quantifiées au meilleur de nos connaissances actuelles, notamment au niveau des possibilités d'intervention, du dimensionnement caractéristique des ouvrages, et en nous appuyant sur des valeurs couramment utilisées pour les paramètres de base. Ces paramètres visent notamment le contexte économique, le bilan sédimentaire, l'évolution des taux de recul, la dimension et les coûts unitaires des matériaux, ou les paramètres des programmes d'assistance financière. Les valeurs retenues ont cependant été appliquées uniformément pour tous les scénarios.

Approche de présélection

Une analyse axée sur le développement durable. Le développement durable tente d'adresser simultanément les dimensions économique, sociale et environnementale de projets afin de trouver une approche dite « soutenable » (*sustainable*) à long terme. L'analyse des options a donc été

réalisée sur un horizon minimum de 30 ans, période cadrant le volet d'actualisation des coûts, mais aussi afin d'incarner cette préoccupation pour le *développement durable* et l'*économie de moyens à long terme*, notamment au niveau des coûts récurrents.

La prise en compte de la *dimension sociale* considère les aspects intangibles (paysage, sentiment de sécurité, accessibilité aux rives) mais elle n'est pas étrangère aussi aux aspects financiers. En plus de monétariser ces aspects, elle s'effectue aussi en considérant la question de *l'équité* et de la *concertation* entre les parties prenantes (équilibre des coûts et avantages pour chacune des parties).

De même, la *question environnementale* est adressée à double titre : d'abord, par le souci (certaines options) de compenser les impacts d'interventions antérieures (empierrements); ensuite, par la perspective de rétablir un équilibre morpho-sédimentaire dynamique propice au maintien d'usages récrétouristiques (plages) et des habitats coquilliers présents sur la batture, lesquels représentent un enjeu écologique et financier important pour la communauté et les cueilleurs. Toutefois, la présente étude ne constitue pas une étude d'impact environnemental proprement dite, étude qui devra être réalisée pour fins d'autorisation si une option d'intervention structurelle était finalement retenue.

Les conséquences intangibles : approche multi-critères. Les approches purement économiques cherchent à « monétariser » toutes les conséquences des options par souci d'homogénéité, bien que certaines incidences ne sont pas aisément traduisibles en valeur monétaire (ex : valeur d'une vue directe sur la mer, paix sociale). Nous nous sommes pliés à cette exigence en attribuant une telle valeur à ces différents items en liant cette évaluation aux options. Devant les difficultés de cette approche et ses incertitudes, notre choix méthodologique s'est également portée sur une approche multi-critères qui combine en valeur adimensionnelle les items monétaires et intangibles. La critériologie retenue est assortie d'une pondération explicite qui reflète le jugement des auteurs seulement, et indirectement celui du Comité de concertation auquel elles ont été soumises.

Les critères d'évaluation : un choix concerté. Un Comité de concertation (CC) formé de la plupart des intervenants potentiels au dossier (parties prenantes, gestionnaires, décideurs, spécialistes) a immédiatement été mobilisé en début de mandat afin de mettre en place un processus d'accompagnement et de cheminement collectif (Gestion participative). Ce comité a été saisi d'une liste de critères devant refléter leur compréhension du dossier et les valeurs qu'ils privilégient. Sept (7) critères ont été retenus par le CC et paramétrisés par l'équipe d'analyse avec différents jeux et formules de pondérations explicitement décrits dans ce rapport. Ce sont :

1. *L'efficacité par rapport au risque résiduel*
2. *L'économie de moyens*
3. *L'équité entre les intervenants*
4. *Les impacts écologiques et hydro-sédimentaires*
5. *La durabilité*
6. *Les possibilités de synergie pour la mise en valeur de la côte*
7. *L'impact social et la concertation*

Analyse économique des options

Ci-après nous résumons dans un premier tableau synthèse le coût global de toutes les options (de référence ou alternatives) en *valeur présente nette* (actualisée à 4% en 2008) qui inclut la valeur monétaire des contributions en nature. Le tableau correspondant du rapport principal (Tableau 37) précise aussi l'imputation et la nature de ces coûts et contributions. Les chiffres cités ci-après comportent donc parfois des contributions en nature attendues du secteur riverain. Le deuxième tableau synthèse présente les résultats de l'analyse multi-critères laquelle inclut une prise en compte dominante des aspects économiques et de l'équité. Pour le bilan économique des options seulement, les scénarios qui se démarquent *a priori* sont :

1. R1 (ou Rréf) : *Retrait progressif généralisé assisté financièrement* (3,62 M\$)
2. P4 : *Champs d'épis conventionnels seulement* (3), option dite *Équilibrée, avec recharge initiale de plage seulement* (2,4 M\$)
3. P6 : *Champs d'épis*, option dite *Réduite* (option P4 sans mesure de stabilisation à l'ouest du quai municipal) (2,85 M\$)
4. MX1 : *Solution mixte* comportant à la fois des épis à l'est du quai et des mesures de retrait graduel à l'extrémité est de la rue Labrie (3,53 M\$)

Analyse multi-critères des options

Lorsqu'on considère les critères d'évaluation des options (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) qui incluent, rappelons-le, le volet économique, la somme des avantages apportés et le bilan des inconvénients permettent de démarquer quelque peu l'option P6 (cote de 74%), les trois autres options se qualifiant un peu moins bien (66-74%). Toutefois, cette évaluation est strictement basée sur le jugement propre des auteurs (*via* le jeu de paramètres et de pondérations des critères) et n'engage donc que l'opinion de ceux-ci.

Bien que les options P4 (*Épis Équilibré*) et P6 (*Épis Réduit*) se distinguent assez peu l'une de l'autre sur le plan des critères globaux (74% vs 76%), *la solution P4 semble préférable à P6 si l'approche retenue devait se porter principalement vers la stabilisation*. En effet, l'option P6 ne permet pas d'entreprendre le processus de remédiation aux impacts des stabilisations antérieures en enrochement à l'ouest du quai, ni de retenir le sable de recharge des épis et des plages avant sa sortie de la cellule morphosédimentaire. Cette composante de l'option P4, soustraite dans P6, pourrait cependant être mise en œuvre séparément dans la mesure où d'autres souscripteurs pourraient y voir leur intérêt.

Toutefois, l'implication financière et en nature du village implique un esprit communautaire et une cohésion sociale suffisantes pour couvrir une part satisfaisante de coûts, financiers ou en nature de toute option structurelle. Nous ne pouvons que poser l'hypothèse de cette cohésion.

Tableau synthèse des options : Bilan en valeur actualisée de l'ACA et des mesures applicables (1 de 2)
 Les valeurs entre parenthèses sont des gains

Symbole	Désignation	Descriptif	Protections Zones	Bilan de l'ACA en M\$	Autres avantages en M\$	Mesures					
						Allocation de départ	Retrait bâtiment	Retrait route	Épis	Recharge	Empierrement
R1 ou Réf	Retrait généralisé assisté	Mesures de retrait seulement incluant 1,56 km de rue Labrie Est	D+E+F	3,62	1,08	5 0,41	31 1,32	1,56 0,96	Aucun	Aucun	Aucun
P1	Épis conventionnels partout	20 épis sur 3,9 km- Recharges initiale et périodique (20 Km ³ /an)- Contribution riveraine à 50%	D+E+F	7,3	(1,55)	Aucun	Aucun	Aucun	3,9 2,34	90 m ³ /m 3,9 6,94	Aucun
P2	Épis Holmberg partout	20 épis Holmberg sur 3,9 km - Recharge initiale et périodique (20 Km ³ /an)- Contribution riveraine à 50%	D+E+F	18,3	(1,55)	Aucun	Aucun	Aucun	3,9 2,34	3,9 6,94	Aucun
P3 ou Préf	Empierrements partout	Empierrement conventionnel sur 3,9 km - Aucun retrait - Recharge initiale et périodique	D+E+F	25,1	7,6	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun	15,6m ³ /m/an 3,9 10,4	3,9 7,5

Note : Les montants sont exprimés en valeur présente nette actualisée à 2008 au taux de 4%/an.

Tableau synthèse (suite): Bilan en valeur présente nette de l'ACA et des mesures applicables (2 de 2) –
 Les valeurs entre parenthèses sont des gains

Symbole	Désignation	Descriptif	Protections Zones	Bilan de l'ACA en M\$	Autres avantages en M\$	Mesures					
						Allocation de départ	Retrait bâtiment	Retrait route	Épis	Recharge	Empierrement
				Unités M\$	Unités M\$	km M\$	Km M\$	Type - km M\$	km M\$		
P4	Épis conventionnels Équilibré	12 épis conventionnels dont 1 avant le Parc Nature - Recharge initiale - Contribution riveraine à 50% - Retrait rue 0,9 km	A+D+F	2,4	(1,55)	Aucun	Aucun	0,9 0,63	2,4 1,65	90 m ³ /m 2,4 2,16	Aucun
P5	Épis Holmberg Équilibré	12 épis dont 1 avant le Parc Nature - Recharge initiale - Contribution riveraine à 50% - Retrait rue Labrie sur 0,9 km	A+D+F	9,26	(1,55)	Aucun	Aucun	0,9 0,63	2,4 8,3	90 m ³ /m 2,4 2,16	Aucun
P6	Épis conventionnels Réduit	11 épis (sauf celui avant le Parc Nature) - Recharge initiale - Contribution riveraine à 50% - Retrait rue Labrie sur 0,9 km	D+F	2,85	(0,82)	Aucun	Aucun	0,9 0,63	2,2 1,33	90 m ³ /m 2,2 1,97	Aucun
MX1	Épis conventionnels + Retrait	8 épis - Recharge initiale - Contribution riveraine à 50% - Retrait rue Labrie sur 1,4 km - Retrait partiel des résidences	D	3,53	(0,28)	3 0,18	13 0,61	1,4 1,17	1,5 0,91	90 m ³ /m 1,5 1,35	Aucun

Note : Les montants sont exprimés en valeur présente nette actualisée à 2008 au taux de 4%/an.

Tableau synthèse de l'analyse multi-critères des options (En gris, une pré-sélection des options les plus avantageuses)

SCÉNARIOS ► CRITÈRES ▼	R1 ou Rréf	P1	P2	P3 ou Préf	P4	P5	P6	MX1
Critères de base								
#1 Coût d'ensemble	100%	0%	0%	0%	81%	0%	87%	84%
#2 Durabilité	100%	80%	70%	20%	80%	80%	70%	85%
#3 Risque résiduel	100%	70%	70%	40%	80%	75%	80%	80%
#4 Équité	85%	80%	40%	0%	100%	40%	100%	100%
#5 Environnement - Bilan sédimentaire	50%	50%	50%	10%	90%	90%	80%	90%
#6 Synergie - Mise en valeur	50%	80%	80%	30%	90%	90%	80%	80%
#7 Impact social	20%	100%	100%	50%	100%	100%	90%	40%
Critères globaux								
#1 Poids décisif sur le coût	68%	0%	0%	0%	73%	0%	72%	66%
#2 Poids majoritaire sur le coût	93%	20%	18%	6%	83%	21%	85%	85%
#3 Moyenne géométrique pondérée	56%	0%	0%	0%	73%	0%	72%	66%
#4 Moyenne arithmétique pondérée	48%	0%	0%	0%	66%	0%	73%	58%
MOYENNE - CRITÈRES GLOBAUX	66%	5%	4%	1%	74%	5%	76%	69%

Note : les pourcentages attribués aux critères dépendent dans la mesure du possible de variables explicites. Autrement un justificatif est fourni dans le rapport. Une valeur de 100% signifie une parfaite concordance avec le critère.

L'option de référence R1 (Retrait assisté) présente le moins bon bilan parmi toutes les options. L'avantage financier reviendrait surtout à la Municipalité, dont l'implication monétaire ne serait requise que pour le déplacement de deux segments de la rue Labrie Est. Toutefois, l'option ne procure pas de réponse définitive à la problématique puisque le retrait progressif devra se poursuivre longtemps après l'horizon de 30 ans retenu. Cette option paraît aussi plus difficile à faire accepter socialement et à mettre en œuvre, du moins pour les riverains visés, à cause des coûts reliés aux items non-admissibles à l'assistance financière et à la perte d'avantages reliés à la réduction de l'accessibilité au littoral et à la perte de terrain.

Enfin, *l'option MX1 (Un seul champ d'épis et retrait partiel)* se positionne aussi assez favorablement. En fait, les options P4, P6 et MX1 ne se distinguent que par l'importance relative mise sur la stabilisation –vs- le retrait.

Examen des options les plus avantageuses

Les principaux éléments de décision pour chacune d'elles (avantages, inconvénients) sont résumés ci-après :

Option R1 (Retrait progressif) : c'est la moins coûteuse des options pour la Municipalité. Les deux déplacements de la rue Labrie Est ne sont requis que dans 5 ans (E) et 15 ans (partie de D), de sorte qu'à court terme, les engagements financiers seraient minimes puisque les coûts du retrait seraient assumés par les riverains et le gouvernement. Dans cette option les propriétaires se voient relocalisés loin de la côte et perdent ainsi tous les avantages liés aux propriétés riveraines tels l'accès immédiat à la plage et la vue du large. Si les bâtiments sont ainsi protégés par leur retrait, les terrains sont irrémédiablement perdus. L'option R1 pose des difficultés de mise en œuvre dans la mesure où elle implique des tensions sociales importantes et récurrentes sur l'horizon de 30 ans de l'étude, et aussi par la suite. L'option ne comporte aucune mesure visant la stabilisation du régime sédimentaire de la côte de sorte que la problématique actuelle de l'érosion, en bonne partie reliée à des causes anthropiques incontrôlées, continuera de se dégrader, et possiblement se répercuter sur l'habitat des mises et l'activité de cueillette. Enfin, l'option n'offre que peu de perspectives de mise en valeur du littoral pour la communauté.

Option P4 (Épis Équilibré). Cette option permet de conserver les terrains et avantages pour les propriétaires riverains en plus d'offrir plusieurs accès au littoral à l'ensemble de la communauté. Une portion importante des coûts devrait cependant être assumée par le secteur riverain sous la forme d'une contribution en nature significative (50% du total) à la recharge de plage. Cet apport est formé par les déblais tirés des chemins d'accès et du profilage de talus actuellement instables. C'est évidemment une hypothèse importante qui devra être validée auprès de la population riveraine, mais puisque plusieurs riverains n'ont peut-être pas les moyens de participer monétairemement à la solution de ce problème, cette hypothèse ouvre une perspective plus équitable pour l'ensemble des parties prenantes. L'option a aussi le grand avantage de ne causer aucun véritable dérangement qui serait associé à des mesures de retrait.

L'option P4 permet aussi de rétablir un équilibre sédimentaire dynamique acceptable et de minimiser, voire de compenser des impacts environnementaux générés par les activités humaines autour de la péninsule et à Pointe-aux-Outardes même. En réhabilitant ou protégeant les plages sur le front de mer, et en prévoyant plusieurs points d'accès pour la communauté, l'option P4 comporte une contrepartie importante positive pour les autres contribuables de la Municipalité, un avantage qui pourrait se traduire par un projet de mise en valeur récrétouristique. En contribuant à la renaturalisation du littoral, ce projet viendrait compléter le travail effectué par le

Parc Nature et donnerait un nouvel élan à cette infrastructure touristique d’interprétation écologique. La synergie est également possible dans l’optique de la mise en place prochaine d’une Zone de Protection Marine (ZPM) qui contribuera à la mise en valeur durable de la batture et de l’estuaire de la rivière aux Outardes.

Toutefois, il n'est pas assuré que le segment de côte à l'ouest du quai municipal, déjà protégé en empierremens linéaires, soit admissible pour un Protocole d'Application de Solutions à cause de la quasi-absence de vulnérabilité résidentielle en berges et du caractère surtout commercial et privé des infrastructures touristiques présentes au bout de la rue Labrie Ouest (Parc Nature). En revanche, le cercle des contributeurs à la solution P4 pourrait être élargi à la communauté et aux entreprises locales et régionales, mais cette possibilité n'a pas été escomptée dans les calculs d'équité.

Option P6 (Épis Réduit). Cette option est une variante de P4 sans aucune mesure à escompter à l'ouest du quai municipal. Elle est certes moins coûteuse à cause de sa portée réduite. Toutefois, on y perdrait les avantages possibles pour le secteur Labrie Ouest (segment A), notamment, la rétention du sable de recharge déposé à l'est du quai municipal avant sa sortie du système côtier, la protection additionnelle pour les empierremens linéaires (fragiles) actuellement en place le long de ce segment, ainsi que le maintien d'habitats coquilliers.

Option MX1 (Épis dans le village + retrait du bâti à l'est): Comme P6, cette option comporte la plupart des avantages de type hydro-sédimentaires de P4, mais à un degré moindre, puisque la stabilisation de berges ne couvre que le segment « village » (D) de la rue Labrie Est. Aucune protection n'est comprise dans cette option pour l'extrémité est de la rue Labrie (E et F). Ce projet ne permet pas d'envisager la remédiatation aux impacts négatifs de l'empierrement linéaire jouxtant la rue Labrie ouest (A). La progression de l'érosion à l'est (F) forcera l'application progressive mais récurrente sur l'ensemble de la période de référence (30 ans à venir) des mesures de retrait du bâti à cet endroit.

La stabilisation des berges et le retrait de la rue Labrie de l'option MX1 impliquent certes une contribution de la communauté inférieure aux options P4 et P6 à cause de la portée réduite de la stabilisation, mais les riverains déplacés devraient assumer une part importante des coûts directs (items non admissibles à l'aide financière), une conséquence qui n'est pas toujours acceptable compte tenu des ressources financières limitées dont certains disposent. De plus, des tensions sociales inévitables sont à prévoir qui peuvent avoir pour effet de diviser la communauté.

Analyse de sensibilité au taux d'actualisation et aux changements climatiques. Une analyse de sensibilité des coûts et avantages (monétarisés) des différentes options a été conduite afin d'en mesurer l'influence sur l'ordonnancement économique des options du point de vue de la société dans son ensemble, sans égard à l'équité. Le taux d'actualisation de base (4%/an) a été majoré ou minoré de 2%/an ainsi qu'il est indiqué de procéder dans une ACA. Il en est ressorti une influence généralement faible de ce facteur pour les options *a priori* les plus avantageuses, avec des valeurs comprises dans les marges d'incertitude des coûts de référence. Seul l'option de retrait se trouve impactée plus fortement par ce facteur sans toutefois modifier l'ordonnancement.

Concernant les changements climatiques, leur influence n'a été prise en compte qu'au niveau des mesures de retrait (modulation des taux de recul des berges à la hausse (pessimiste) ou à la baisse (optimiste)). Là encore, l'influence est sensible mais demeure dans les marges d'incertitude. Ces résultats ne sont pas livrés ici.

L'érosion : constats relatifs aux processus physiques

Avant d'aboutir aux résultats précédents, une série d'analyses du contexte physique ont conduit aux constats rapportés ci-après.

Évolution des apports sédimentaires. Une donnée importante de l'érosion à Pointe-aux-Outardes est représentée par le *bilan sédimentaire*, résultant des flux de sédiments et des processus d'accumulation-érosion observés à l'échelle de la cellule hydrosédimentaire. Il a été estimé sommairement que le transport de sédiments vers l'estuaire de la rivière aux-Outardes et la batture au large des côtes s'établit aujourd'hui à environ 37 000 m³/an en moyenne par rapport à une valeur estimée à 20 000 m³/an au début des années 1990, une progression obtenue à même l'expansion vers l'est des segments de côte en érosion. Les taux de recul des berges s'établissent typiquement à 1,2 m/an. Si la tendance actuelle se maintient, le volume d'apport pourrait bien atteindre et plafonner à près de 60 000 m³/an d'ici une décennie lorsque l'ensemble de la côte visée sera soumise à l'érosion active.

Dans l'hypothèse pessimiste mais réaliste des changements climatiques anticipés (voir plus loin), le recul des côtes pourrait même s'accélérer pour apporter jusqu'à 80 000 m³/an soit plus du double de l'apport actuel et le quadruple de l'apport de 1990. Il est possible que les apports historiques de sédiments par l'érosion aient pu être inférieurs à 5000 m³/an autrefois mais cette hypothèse reste à démontrer.

Des impacts anthropiques cumulatifs. Plusieurs facteurs anthropiques ont pu contribuer à l'accélération de ce phénomène naturel :

- le harnachement des rivières qui a modifié le régime hydrologique saisonnier des estuaires, et donc leur régime sédimentaire,
- les protections dures linéaires implantées à la pièce sans considération pour l'équilibre morpho-sédimentaire des plages,
- les changements climatiques, l'élévation du niveau de la mer et l'absence occasionnelle de glace hivernale dans l'estuaire,
- un mode d'occupation du territoire qui ne tient pas compte de contraintes liées à l'infiltration d'eau dans des sols indurés et sa résurgence dans les talus,
- des usages invasifs et dommageables de la plage (circulation motorisée).

Les causes sont donc systémiques, cumulatives et principalement associées aux impacts anthropiques directs ou indirects et leur responsabilité relative est impossible à déterminer

Les changements climatiques. Suite à des consultations avec des spécialistes des changements climatiques d'Ouranos, il a été établi que le taux de recul des berges actuel reflète une période particulièrement active depuis près d'une décennie, en partie liée à des tempêtes plus fréquentes et à la disparition graduelle de la banquise côtière et dans un degré moindre, au relèvement graduel du niveau des mers.

Notre hypothèse de base a été de maintenir les taux de recul futurs au niveau observé dans la dernière décennie comme indicative de la tendance à long terme. Il est aussi possible que la tendance observée récemment s'accélère ou revienne à des niveaux plus faibles observés antérieurement. Dans le premier cas, nous avons induit une augmentation linéaire sur 30 ans culminant à 150% des taux actuels à la fin. Dans l'autre cas, une diminution à 66% des taux actuels a été assumée.

La principale conséquence des changements climatiques (version pessimiste) serait de précipiter l'application des mesures de retrait ou de rehausser les paramètres de dimensionnement des ouvrages de stabilisation, ce qui, dans les deux cas, entraînerait des hausses de coût par rapport aux hypothèses de base. L'hypothèse optimiste inverserait la conséquence. Selon le principe de précaution, il semble indiqué de considérer l'hypothèse pessimiste en priorité. D'ailleurs, les observations récentes dans le domaine des changements climatiques tendent à démontrer que c'est l'hypothèse pessimiste qui semble s'imposer dans cette évolution. Les résultats d'analyse de l'impact de ce facteur sur la décision à prendre ne sont pas livrés ici. Ils seront présentés aux décideurs au moment voulu.

L'analyse des caractéristiques de l'aléa. Plusieurs analyses qualitatives et quantitatives ont été réalisées afin de déterminer les principales caractéristiques des processus physiques à l'origine de l'érosion et de la vulnérabilité du milieu côtier à ce processus : *marées, vagues et surcotes liées au passage des dépressions atmosphériques*. Ces facteurs sont modulés par la *faible profondeur de la batture* et par la *granulométrie des matériaux* présents arrachés aux talus. Il en résulte un équilibre complexe qui doit être bien compris afin de maximiser les chances de réussite lors de l'implantation de tout ouvrage de stabilisation faisant appel à l'enrochement, aux épis ou à toute autre approche. Il est donc indiqué de soutirer un maximum d'information des conditions actuelles : impact du quai municipal, morphologie de la batture, granulométrie du sable et pente des plages, etc).

Certains constats proviennent d'une analyse visuelle, parfois subjective, de la topographie et de la bathymétrie, en s'appuyant sur des jeux de couleurs imposés aux élévations. D'autres constats proviennent d'un traitement poussé de séries temporelles d'observation de vents, de vagues et de niveau d'eau. Finalement, d'autres constats proviennent de l'application de formules théoriques ou de modèles, qui viennent conforter certaines des analyses qualitatives réalisées antérieurement. Ces méthodes d'analyse et de calcul font d'ailleurs l'objet de plusieurs annexes à ce rapport. La présentation des méthodes permet d'une part de divulguer l'approche retenue, établie au meilleur des connaissances des auteurs, et ouvre ainsi la porte à toute contribution externe qui permettrait de les bonifier. D'autre part, les exemples de calculs appliqués au cas de Pointe-aux-Outardes peuvent servir de gabarit pour d'autres ACA similaires.

L'analyse du cas de Pointe-aux-Outardes permet ainsi de formuler les constats suivants :

Constat #1 : Le marnage (différence entre la haute et la basse mers) d'une marée moyenne à Baie-Comeau est de 2,9 m et il est de 4,2 m pour les grandes marées. Un tel marnage tend à disqualifier certaines méthodes de protection des côtes comme les brise-lames d'avant-côte (*offshore*) qui, d'après l'expérience, ne sont valables que pour des marnages inférieurs à 1 m.

Constat #2 : Les niveaux haut et bas atteints par la marée sont respectivement de +1,5 m (géodésique) et -1,3 m pour la marée moyenne et de +2,3 m et -1,8 m pour une grande marée.

Constat #3 : L'analyse des surcotes indique une surélévation du plan d'eau pouvant atteindre 0,7 m. Ajoutée à la cote de +2,3 m associée aux grandes marées, ceci signifie que le niveau d'eau peut atteindre la cote 3 m en conditions extrêmes. Toute protection utilisant de l'enrochement, y compris les épis conventionnels, doit être réalisée en considérant cette cote de 3,0 m. La probabilité qu'il y ait simultanéité de grande marée et de surcote importante demeure toutefois faible et limitée dans le temps à la phase de marée haute.

Constat #4 : D'après l'analyse statistique des extrêmes annuels de niveau d'eau, la période de retour associée à un niveau d'eau de 3 m serait de 50 ans. Comme les statistiques sont réalisées sur un ensemble de données présentant une composante déterministe importante (marée), les

résultats de ces analyses statistiques doivent être considérés comme indicatifs de la période de retour.

Constat #5 : La largeur de plage située entre le pied des talus et la cote géodésique 0 m varie entre 20 et 50 m. Il apparaît souhaitable que cette largeur soit d'au moins 30 m (par inspection des conditions d'engraissement de plage créées localement par la présence du quai).

Constat #6 : La largeur des micro-terrasses qui subsistent aujourd'hui varie entre 5 et 15 m. Pour une recharge de plage éventuelle, une valeur minimale de 15 m devrait donc être considérée.

Constat #7 : L'ensemble de données disponibles d'enregistrements de vagues dans l'estuaire du Saint-Laurent est extraordinairement pauvre et il faut se rabattre sur un modèle de transformation du vent en vagues pour obtenir une série de données de vagues horaires qui permettent l'utilisation subséquente de formules d'analyse et de dimensionnement.

Constat #8 : Le régime des vagues généré en eau profonde, au large de l'estran de Pointe-aux-Outardes et en un point qui maximise les hauteurs de vagues provenant du sud-ouest et de l'est, indique que l'intensité de la vague (Hauteur de vague significative) pour un non-dépassement de 99,9% (12 heures par an) varie entre 3 et 4 m. La vague la plus forte était de 5,4 m. Compte tenu qu'il s'agit de vagues générées, ces valeurs sont considérées représentatives des conditions locales.

Constat #9 : L'analyse des mesures de vagues réalisées par l'ISMER en 2001 sur l'estran tend à démontrer que l'atténuation des vagues générées au large en eau profonde (35 à 60%) est très significative avant d'atteindre le site du capteur situé à 230 m de la rive. La vague de dimensionnement, pour le calcul d'enrochements (pour les épis conventionnels, par exemple) doit donc être évaluée en considérant cet aspect.

Constat #10 : Au plan hydrodynamique, l'interprétation d'une image satellitaire et l'analyse des données LIDAR (balayage topographique par laser aéroporté) permettent de déduire qu'au baissant la vidange est orientée NO-SE près de l'estuaire de la rivière aux Outardes et que cette zone est surélevée par rapport à l'estran situé plus à l'est. La vidange est orientée NE-SO tout juste à l'ouest du quai. Il y a variation graduelle de l'orientation des chenaux de vidange entre ces deux points. L'orientation des courants devient approximativement normale à la côte (axe N-S), à environ 1 km à l'ouest du quai.

Constat #11 : Idéalement, un modèle hydrodynamique devrait être utilisé pour mieux décrire le patron d'écoulement durant certaines phases du cycle des marées, et pour différentes conditions de débit de la rivière aux Outardes.

Constat #12 : L'identification visuelle de la zone active pour le transport des sédiments, basée sur la recherche d'une différence observable dans la bathymétrie de l'estran, a donné une distance de l'ordre de 130 m à partir du pied de talus pour la zone située à l'est du quai. Cet ordre de grandeur de la zone active semble corroboré par des calculs théoriques qui font l'objet de l'annexe I.

Constat #13 : Il ne faut pas confondre cette zone de transport actif avec celle de 25 m, établie par Génivar dans son étude pour le compte d'Hydro-Québec, et qui identifie la haute plage impactée par les vagues de tempêtes.

Constat #14 : L'influence du quai municipal sur la topographie locale s'avère très instructive, en indiquant que le transit sédimentaire dominant procède d'est en ouest. Il nous renseigne également sur la largeur de plage (distance entre le pied de talus et la cote 0 m) qui serait souhaitable. Finalement, la zone d'engraissement s'établit sur deux fois sa longueur effective

(longueur calculée à partir de la largeur de plage souhaitable. Dans le cas de Pointe-aux-Outardes, on considère souhaitable que les épis soient distants de 3 fois leur longueur effective. Cette séparation s'inscrit à l'intérieur des limites théoriques couramment acceptées dans la bibliographie qui sont entre 2 et 4 fois la longueur.

La vulnérabilité : constats

Caractéristiques de la vulnérabilité. L'analyse a pris en compte les principaux éléments vulnérables exposés à l'érosion : résidences, infrastructures de services publics, certains enjeux économiques importants comme le Parc Nature, la cueillette des myes, ainsi que l'enjeu écologique de la batture.

Secteur résidentiel. La prise en compte de la vulnérabilité des résidences est individualisée (par adresse civique) dans cette étude. La plupart des données sont puisées au rôle d'évaluation (2004-2007) y compris les dimensions caractéristiques des lots, dont la profondeur détermine en partie l'exposition au recul des talus. D'autres caractérisations sur le terrain ont permis de mesurer l'exposition réelle des bâtiments d'après leur marge de recul par rapport au haut de talus et l'état d'activation de l'érosion des talus et des micro-terrasses au pied de ceux-ci.

Toutes les résidences situées du côté sud de la rue Labrie Est (à l'est du quai municipal) ont été incluses dans l'analyse (adresses 150 à 392). Au total, ces résidences sont au nombre de 64 unités pour une valeur au rôle totale de 2,86M\$ se répartissant ainsi : 0,41M\$ pour les terrains et 2,45M\$ pour les bâtiments. Si l'on ne considère que les bâtiments résidentiels admissibles à l'assistance financière, le nombre d'immeubles s'établit à 49. La valeur totale de ces immeubles est de 2,56K\$ et leur valeur moyenne est estimée à 52K\$ au rôle d'évaluation; elle est escomptée à 87,1K\$ en valeur de remplacement. Au parc résidentiel s'ajoute un commerce de produits de la mer, 7 terrains vacants du côté de la mer et 7 chalets, maisons mobiles ou unités non catégorisées.

Ces 49 résidences disposent de marges de recul très variables, allant de 4 m à 129 m. Quatre de celles-ci sont virtuellement perdues actuellement à cause de leur trop grande proximité des hauts de talus (<7 m) qui ne permet pas leur déplacement sécuritaire. Dans l'hypothèse du retrait graduel, les bâtiments qui pourraient encore et devraient éventuellement être déplacés sont au nombre de 31. Huit de ceux-ci devraient l'être d'ici cinq ans, six les cinq années suivantes, et ainsi de suite jusqu'en 2038 (Scénario Retrait généralisé R1). Parmi ces 31 résidences, un peu plus de la moitié ne disposent pas de suffisamment d'espace sur le même terrain pour rester sur celui-ci, si une profondeur minimum de 60 m pour les lots est appliquée. Toutefois, les changements climatiques (hypothèse pessimiste) pourraient accélérer considérablement ce processus de délocalisation résidentielle.

Infrastructures publiques : Près de 1,6 km de la rue Labrie Est seront directement exposés à l'érosion à court et moyen termes (dans l'horizon de 30 ans de l'étude). À court terme (5 ans), un segment de 0,9 km bordé de terrains vacants est menacé (les segment E entre le 194 et le 324 Labrie est). À plus long terme (15-20 ans), le défaut stabiliser les berges commencerait à menacer assez rapidement un segment de 0,7 km plus au centre du village (Partie du segment D, du Chemin principal à l'adresse 236). Nous avons considéré ici le coût de reconstruction au km linéaire de ces infrastructures comme indication du coût de cette vulnérabilité, valeur qui s'applique dans l'hypothèse où l'on devrait déplacer ces segments. Sont inclus ici la voirie, l'aqueduc, et tous les réseaux filaires. Le coût unitaire se monte à 0,85 M\$/km.

Écosystème de la batture et cueillette des myes. Les habitats diversifiés (marais intertidal) de la batture supportent un écosystème productif et très diversifié. Il s'agit d'un atout important pour toute la région de sorte qu'il est question de désigner tout le secteur de l'estuaire aux Outardes Zone de Protection Marine (ZPM). Le même secteur a d'ailleurs été récemment désigné Réserve de la Biosphère de l'UNESCO visant à souligner la richesse écologique et le rapport harmonieux entre l'homme et la nature de ce secteur. De plus, la ressource halieutique (cueillette des myes) représente un apport économique d'appoint intéressant pour des dizaines de cueilleurs autorisés (plus de trente) qui écoulent leur produit sur les marchés. On estime cet enjeu économique à plus de 300K\$/an à Pointe-aux-Outardes.

Mais, il semble que les volumes des cueillettes tendent à diminuer au fil des années sans que l'on puisse pointer une cause en particulier à cette tendance. Le lien entre les habitats coquilliers et l'équilibre morphosédimentaire de la côte et de l'estran n'est pas évident à établir au stade actuel de nos connaissances. On peut toutefois supposer que le maintien d'un bilan sédimentaire équilibré devrait favoriser le maintien de cette exploitation, du moins stabiliser la valeur et la disponibilité des habitats, cette hypothèse restant toutefois à valider au niveau écologique. Dans l'hypothèse où une option de stabilisation de berges serait retenue, un suivi de l'évolution morphosédimentaire de la batture à l'échelle de la cellule nous semble hautement indiqué. Ce suivi devrait s'accompagner d'un suivi écologique des habitats coquilliers. On peut également supposer que toute mesure entraînant ou aggravant le déséquilibre sédimentaire actuel pourrait s'avérer préjudiciable à la ressource.

Infrastructures récréo-touristiques : La principale infrastructure de ce type est représentée par le Parc Nature. Localisé à l'extrême ouest de la cellule morphosédimentaire de la pointe aux Outardes, ses côtes sont tributaires à la fois des apports sédimentaires de l'estuaire aux Outardes et des côtes en érosion. Elles subissent également l'attaque des vagues et des effets de bout reliés à l'empierrement linéaire de la rue Labrie ouest.

Le Parc Nature est très actif en saison estivale en offrant diverses activités d'interprétation du milieu côtier, à la fois sur les plans écologique et physique. Son niveau d'activité varie d'année en année mais son chiffre d'affaires annuel (entrées au guichet, projets de caractérisation) ajouté à des campagnes de financement fructueuses représentent des apports économiques appréciables pour Pointe-aux-Outardes. Le Parc Nature caresse des projets de mise en valeur importants qui pourraient grandement bénéficier d'une synergie avec la Réserve de la Biosphère de l'UNESCO, de la mise en place d'une ZPM et d'un programme de stabilisation de berges. L'option P4 (Épis Équilibré) prévoit d'ailleurs de placer des épis (au minimum un seul plus important que ceux recommandés à l'est) au bout de l'empierrement linéaire (Labrie ouest) afin de contrôler les impacts pervers de celui-ci (effet de bout) au niveau du Parc Nature et entreprendre la réhabilitation de la plage à l'ouest du quai municipal.

Éléments de conception d'ouvrages de stabilisation

Sans présumer de la décision qui sera finalement prise, nous avons jugé à propos de publier ici les résultats techniques pertinents aux stratégies de protection envisagées. Celles-ci s'appuient sur la bibliographie la plus récente en matière de génie côtier. Les références principales sont le « *Coastal Engineering Manual* » du *U.S Army Corps of Engineers* et le « *Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering* » publié par le *Construction Industry Research and Information Association (CIRIA)* et le *Centre for Civil Engineering Research and Codes (CUR)*. À ces volumineux ouvrages se greffent des rapports spécialisés comme le “Guide du

dimensionnement du *riprap* produit par la Société d'Énergie de la Baie James » qui abordent des types particuliers de protection.

La détermination des conditions maritimes à Pointe-aux-Outardes (voir les constats ci-haut) a permis d'identifier les solutions techniques qui s'avèrent les plus intéressantes, basées sur les constats suivants :

Constat #1 : le quai municipal a répondu à la façon d'un épi en captant le sable et en réorientant la plage pour répondre aux sollicitations d'importance;

Constat #2 : le quai s'avère un prototype en vrai grandeur de ce qui pourrait être obtenu en implantant des épis dimensionnés de façon similaire;

Constat #3 : il existe des dépôts de sable à proximité (en rive ou sur la péninsule Manicouagan) qui permettent une recharge de plage adaptée aux forces en présence;

Constat #4 : les fortes marées font en sorte que l'utilisation de brise-lames d'avant-côte (*offshore*) n'est pas recommandée. En effet, dans la bibliographie, on indique que ces ouvrages doivent être considérés lorsque la marée ne dépasse pas 1 m. D'ailleurs, une photographie satellitaire montrant un tel type d'ouvrage construit à Pointe-Lebel semble confirmer cette assertion, d'autant plus que les brise-lames semblent assortis d'enrochements linéaires en rive. Il s'agirait ici, d'un système mixte de stabilisation;

Constat #5 : les ouvrages en enrochements de grande portée ou, *a fortiori*, construits à la pièce, pour protéger les talus de Pointe-aux-Outardes ont généré des érosions importantes aux extrémités (effets de bout) et la perte de la plage située en face. De plus, ceux-ci apparaissent mal conçus et sous-dimensionnés (taille des matériaux) de sorte qu'ils représentent désormais des éléments vulnérables à l'érosion et requièrent un entretien périodique coûteux;

Constat #6 : si une approche de stabilisation douce de berges était finalement préconisée, cette protection devrait être réalisée en tenant compte dans toute la mesure du possible des processus côtiers à l'échelle de l'ensemble de la cellule morphosédimentaire identifiée, du moins jusqu'au quai existant.

En conséquence de quoi, les options de champ d'épis analysées (P4, P6 ou MX1) pour stabiliser les berges semblent représenter des solutions potentiellement efficaces, quoi qu'à des degrés divers, dans la mesure où les constats énumérés et les paramètres de dimensionnement qui en découlent sont pris en compte rigoureusement. L'approche comporte l'implantation d'épis pour contrôler le transport littoral et favoriser la rétention locale de sédiments et une recharge de plage initiale afin d'éviter l'interruption brutale des apports sédimentaires en aval de la cellule et sur la batture adjacente.

1. Largeur de la plage sèche de 15 m implantée à la cote 3 m
2. Recharge de la plage qui respecte les principes d'un profil d'équilibre tel que décrit dans l'Annexe H : Profils de plage en équilibre et protection des berges
3. Implantation d'épis d'une longueur totale maximale de 90 m, incluant la plage sèche, qui laisse une bande d'environ 40 m au large pour le transport littoral longitudinal
4. Distance entre les épis d'environ 200 m, correspondant à un peu plus de trois fois la longueur effective de l'ouvrage (60 m), soit une zone d'influence comparable à celle du quai municipal.

Il est important de noter que les volumes de sable requis pour la recharge de plage dépendent étroitement de la granulométrie des matériaux disponibles, leur diamètre médian

particulièrement. La valeur escomptée pour l'étude est établie à partir de la taille moyenne des matériaux bruts disponibles en rive ou dans les sablières locales. L'emploi de sable plus grossier (brut ou tamisé) peut toutefois influencer considérablement à la baisse les volumes de recharge requis et donc rabattre les coûts directs de l'option. Une analyse économique complémentaire est donc tout à fait indiquée en vue d'optimiser le coût de cette composante majeure de l'option. On pourrait affirmer la même chose pour les épis conventionnels en enrochement dont la taille des matériaux peut influencer l'efficacité, la durabilité et donc, le coût. Encore là il y a matière à optimiser.

Remarque : Il convient aussi de mentionner qu'il s'agit d'une approche mixte de protection, concept décrit depuis peu dans la littérature et que nous sommes dans une zone bien particulière caractérisée par un fort marnage (écart des niveaux minimum et maximum) de la marée. Les caractéristiques suggérées s'appuient sur une démarche logique et cohérente, et qui est expliquée à l'annexe H du rapport. La complexité des phénomènes en cause fait toutefois en sorte qu'on ne peut garantir le résultat. D'ailleurs, l'occurrence d'une tempête exceptionnelle, dépassant les limites retenues pour réaliser un dimensionnement économique, peut tout chambarder. Gardons à l'esprit que la nature reste maître, et tout au plus, pouvons-nous maximiser nos chances de nous prémunir contre les effets dommageables de certains événements extrêmes.

Emphase sur les principes de gouvernance participative

La mouvance du développement durable. L'approche de concertation et de développement durable préconisée dans cette étude s'inspire des principes de gouvernance participative énoncés dans la Politique nationale de l'eau (2004) et de la Politique de Développement durable (2006) les deux adoptées unanimement à l'Assemblée nationale du Québec. Elle répond également aux exigences du nouveau cadre de prévention des risques du Ministère de la Sécurité publique à cet égard. Ces politiques ont donné lieu à la mise en place d'un grand nombre de structures légères de *gestion participative* telles que les organisations de bassin versant (OBV) qui œuvrent en concertation à la gestion intégrée de l'eau à l'échelle des bassins versants, l'unité de gestion naturelle des cours d'eau. Il en résulte des actions concertées qui permettent souvent aux intervenants d'atteindre leurs objectifs en tablant sur des synergies, tout en permettant d'éviter la mise en place de situations conflictuelles forçant la conciliation. La table de concertation mise en place pour la présente étude émane de cette philosophie.

Un pari audacieux pour une question existentielle collective. Dans le cas présent de Pointe-aux-Outardes, et si une des options de stabilisation de berges était finalement retenue, les auteurs ont misé sur la cohésion et la solidarité de la communauté ainsi que sur les possibilités de concertation entre les intervenants. Le but était de minimiser les coûts, de dispenser les avantages au plus grand nombre d'intervenants possibles, de leur offrir des perspectives favorables et durables à long terme, en plus de minimiser les conflits d'usage potentiels. L'application de toute option de stabilisation nécessitera une mobilisation de la communauté autour de ce projet, y compris des entreprises locales et régionales, ainsi que des instances décisionnelles. À défaut de satisfaire à ces conditions minimales de saine gouvernance, les perspectives sont beaucoup moins encourageantes pour la communauté et pourraient forcer celle-ci à se replier vers des solutions de retrait beaucoup plus douloureuses à mettre en œuvre.

Résultats relatifs à la méthodologie d'analyse

Comme il a été mentionné, la présente étude poursuivait des objectifs méthodologiques explicites (les approches d'analyse : ACA et AMC) et implicites (modélisation numérique des processus). Les paragraphes suivants font un bref bilan de l'exercice.

L'analyse coûts/avantages. Strictement parlant, l'analyse coûts/avantages appliquée ici (le rapport de la firme Écoressources (2008) la désigne sous le vocable d'ACA approximative) se différencie d'une ACA classique à quelques niveaux, notamment par une monétarisation plus rigoureuse des éléments intangibles, par la définition et le rôle de l'option de référence (ne rien faire), par l'approche comparative des options et d'autres aspects plus secondaires. Nous ne sommes pas en désaccord avec les remarques de la firme bien que nous n'ayons pas eu tout le loisir de les planter dans notre étude.

En revanche, notre approche issue d'une démarche d'ingénierie et de gouvernance participative comporte un volet technique très important, en plus de certaines questions d'ordre financier traitées sous l'angle de l'équité. D'autres questions relatives à la sensibilité des résultats à des paramètres importants tels que le taux d'actualisation ou le changement climatique, ou encore le nombre d'options de référence (deux ici) forment aussi des distinctions importantes par rapport à une ACA classique.

L'approche multi-critères a également pu être testée avec, elle aussi, quelques bémols par rapport au cadre méthodologique, notamment par rapport à l'origine des paramètres des critères et des pondérations. En revanche, la méthode appliquée a été exposée en toute transparence au Comité de concertation qui l'a implicitement avalisée.

Par ailleurs, l'étude a nécessité le développement inédit d'outils spécialisés et modularisés de type tableur sur Microsoft Excel^{MD}. Au moment de la prise de décision, ces outils devraient permettre de répondre rapidement à plusieurs des questions qui se posent encore par rapport à la sensibilité aux paramètres majeurs de l'étude en plus de faire ressortir les avantages nets des options présentées sur l'une ou l'autre des options de référence. Ces outils prennent en compte les dossiers individuels des résidents, à partir du rôle d'évaluation municipal, et leurs paramètres d'exposition à l'érosion. Ils intègrent également l'aspect dynamique de la problématique par la projection des conséquences dans le futur et leur actualisation en *valeur présente nette*. L'analyse multi-critères, axée à la fois sur les valeurs monétaires intangibles et l'évaluation du bilan sédimentaire, y est également implantée, elle aussi assortie de réserves quand à l'approche retenue qui n'est pas nécessairement conforme à l'état de l'art en cette matière.

Toutefois, nous n'allons pas jusqu'à prétendre à une nouvelle norme concernant ces méthodologies d'analyse, les présentes approches se voulant expérimentales.

Recommandation : à la lumière de la présente étude, il semble indiqué de revoir les termes de référence inhérents aux études d'ACA – Risques naturels à venir afin de minimiser l'effort et les délais impliqués dans leur réalisation et d'en optimiser la portée.

La modélisation des processus physiques. Les auteurs se sont interrogés à savoir jusqu'où, dans le contexte de pré-faisabilité d'une analyse économique, devraient être poussées les modélisations relatives aux processus physiques et au dimensionnement des ouvrages de stabilisation dont la mise en œuvre demeure incertaine. D'emblée, nous croyons que l'insertion harmonieuse de structures lourdes, et possiblement vulnérables aux puissantes forces de la mer, ne peut s'effectuer dans l'improvisation empirique ou procéder de simples avis d'experts. La mobilisation d'outils de modélisation appropriés semble donc tout à fait indiquée pour mieux

cerner la magnitude des forces en présence et maximiser les chances de succès à long terme. De plus, un minimum d'études techniques est nécessaire pour évaluer, quoique sommairement, les coûts de ces ouvrages. De surcroît, la considération d'options de stabilisation douce pose un problème additionnel de complexité qui ne peut être résolu qu'en modélisation.

Recommandation : Dans le contexte d'une ACA, il nous a semblé indiqué de disposer a priori d'analyses préliminaires par modèles jusqu'au point où les grands paramètres de dimensionnement sont identifiés et raisonnablement quantifiés. Assortie d'interprétations géomorphologiques poussées, la modélisation numérique est un outil à privilégier avant la réalisation de l'ACA technique. Par la suite, à l'étape de la réalisation des plans et devis, d'autres calculs plus poussés sont requis afin de contribuer au dimensionnement final des ouvrages.

Recommandation : Malheureusement, on compte très peu d'experts du domaine du génie côtier au Québec et il semble indiqué d'investir dans ce genre d'expertise, et s'il le faut, de mettre en place des équipes universitaires afin de conduire les recherches appropriées et former une relève pour faire face adéquatement aux conséquences de l'érosion et des changements climatiques.

COLLABORATEURS

Analyses, avis techniques

Pour l’Institut national de la recherche scientifique – Eau, Terre et Environnement

Responsable du projet, protocole d’analyse coûts-avantages (ACA), communications, rédaction et édition du rapport

Michel Leclerc, ing., Ph.D., Professeur honoraire - Hydraulique environnementale

Dynamique côtière, avis

Bernard Long, Ph.D., Professeur en sédimentologie

Géomatique

Pierre-Luc Fortin, B.Sc., Géographe, inscrit à la Maîtrise en Sciences de la Terre (Risques naturels)

Pour Aquapraxis Inc.

Analyse et synthèse des processus d’érosion, détermination des scénarios techniques, génie côtier, rédaction du rapport

Pierre Dupuis, ing. M.Sc., Hydraulique

Pour le Ministère de la Sécurité publique (Service de l’Atténuation des risques)

Répondant principal

Jean-Denis Bouchard, M.Sc., Géologue

Conseiller

François Morneau, M.Sc., Géomorphologue

Suivi du dossier

Line Arsenault,

OURANOS

Changements climatiques et érosion côtière, avis

Jean-Pierre Savard, M.Sc., chercheur

Méthodologie d’analyse coûts-avantages, avis

Claude Desjarlais, M.A., économiste

Université du Québec à Rimouski

Dynamique côtière, exposition aux aléas, avis technique

Pascal Bernatchez, M.Sc., Ph.D.

Comité de concertation

En plus de certaines personnes mentionnées précédemment, le Comité de concertation était formé de :

Pour la Ville de Pointe-aux-Outardes

Responsabilité administrative, communications

Louise Durand, Mairesse

Dania Hovington, secrétaire-trésorière

Support technique

Maxime Whissell, technicien en urbanisme

Le Conseil municipal

Pour le ministère de la Sécurité publique en région

Gilles Gaudreault, conseiller en Sécurité civile, répondant régional

Josée Desgagné, conseillère en Sécurité civile, répondante régionale (3^{ième} rencontre et suivantes)

Pour le Ministère des Pêches et Océans

Jean Morrissette, M.Sc., Biogiste

Pour le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs

Marilou Tremblay, B.Sc., biologiste, répondante régionale

Jean Sylvain, B.Sc., biologiste M.Sc., génie civil, répondant, Direction des Évaluations environnementales

Pour le Parc Nature de Pointe-aux-Outardes

Danielle Saint-Laurent, Directrice

Pour le Comité de citoyens de Pointe-aux-Outardes

Mme Marcelle Tremblay

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE EXÉCUTIF

1 MISE EN CONTEXTE ET PORTÉE DE L'ÉTUDE	1
1.1 Le Comité de concertation	1
1.2 État de la situation	1
1.3 Mise en contexte et historique	3
1.3.1 1980	4
1.3.2 1987-88 : la région se mobilise	4
1.3.3 1989-1991 : on déplore l'insuffisance de l'action sectorielle et la pression monte	5
1.4 Que retenir de cette époque ?	7
1.5 Critères d'évaluation des options et portée de l'étude	7
1.6 Objectifs généraux	8
1.7 Solutions envisagées <i>a priori</i>	8
2 MÉTHODOLOGIE	9
2.1 Comité de concertation	11
2.2 Résumer le contexte et établir un jeu de critères d'évaluation	11
2.3 Portée des conséquences à prendre en compte	12
2.4 Portrait de l'érosion, des facteurs physiques qui la favorisent	13
2.5 Portrait de la vulnérabilité	14
2.6 Exposition à l'érosion	14
2.7 Les options de référence	15
2.8 Les options alternatives	15
2.9 Comparer les options et proposer une stratégie intégrée	16
3 ÉTUDES ANTÉRIEURES : UN PARADIGME ÉVOLUTIF D'ANALYSE	17
4 PORTRAIT DE L'ÉROSION	23
4.1 Bibliographie pertinente	23
4.2 Description du terrain	23
4.2.1 Délimitation du secteur d'étude et courants résiduels	23

4.2.2	Données disponibles sur le terrain	24
4.2.3	Caractérisations effectuées	25
4.3	Caractéristiques topographiques	25
4.4	État actuel de la côte	29
4.5	Bilan sédimentaire : apports nets dus à l'érosion	30
4.5.1	Approche	30
4.5.2	Apport net au bilan sédimentaire de 2008	32
4.5.3	Prévision sur l'horizon 30 ans : une hémorragie appréhendée	33
4.5.4	Causes possibles	35
4.6	En résumé	36
5	SOLlicitations hydrodynamiques	37
5.1	L'estran de la péninsule de Manicouagan	37
5.1.1	Particularités de l'estran	39
5.1.2	Système de dunes situé à l'ouest du quai	40
5.1.3	Profil type de l'estran	42
5.1.4	Recherche de la zone active de transport de sédiments	43
5.1.5	Zone de transport actif : résumé	47
5.2	Les marées	48
5.3	Surcotes et décotes	50
5.4	Analyse statistique des niveaux extrêmes	51
5.4.1	Résumé - Paramètres de dimensionnement - Marée	53
5.5	Le régime des vagues en eau profonde	53
5.5.1	Mesures du régime des vagues dans l'estuaire du Saint-Laurent	53
5.5.2	Génération du régime des vagues à partir du vent	54
5.6	Régime des vagues en eau peu profonde	60
5.6.1	Mesures réalisées sur la batture	60
5.6.2	Comparaison avec les vagues générées en eau profonde	61
5.7	Propagation des vagues vers la rive (modèle bi-dimensionnel)	63
5.7.1	Résultats à niveau d'eau extrême haut	63
5.7.2	Hauteurs de vagues retenues pour le dimensionnement d'ouvrages	65
5.8	Circulation hydrodynamique	65
5.8.1	Courants au flot	65
5.8.2	Courants au baissant (jusant)	66
5.9	En résumé	67

6 PORTRAIT DE LA VULNÉRABILITÉ	71
6.1 Composantes retenues – Portée de l'étude	71
6.2 Données disponibles sur la vulnérabilité - Faits saillants	71
6.2.1 Secteur résidentiel	71
6.2.2 Les résidences secondaires, maisons mobiles et terrains inoccupés	71
6.2.3 Les infrastructures municipales de voirie et les réseaux de services	72
6.2.4 L'écosystème de la batture de Manicouagan : un milieu riche et diversifié	72
6.2.5 L'érosion et les habitats coquilliers	73
6.2.6 Les infrastructures et usages récréo-touristiques : le Parc Nature	73
6.3 L'exposition résidentielle à l'érosion	76
6.4 Statistiques relatives à la vulnérabilité résidentielle et à l'exposition à l'érosion	77
6.5 Types de conséquences considérées : monétarisation	79
6.5.1 Les conséquences sanitaires	79
6.5.2 Les dommages directs	79
6.5.3 Les dommages indirects	79
6.5.4 Les dommages d'incertitude	80
6.5.5 Les dommages intangibles et inconvenients	80
6.5.6 Les plages	81
6.5.7 Le paysage côtier	82
7 INVENTAIRE DES TYPES DE SOLUTIONS : CONTEXTE D'APPLICATION	83
7.1 Le Programme général d'indemnisation – Mouvements de sols (PGMS)	84
7.2 Les Protocoles d'Application de Solutions (PAS)	84
7.3 L'allocation de départ	85
7.3.1 Principe	85
7.3.2 Avantages	86
7.3.3 Désavantages	86
7.4 Déplacement du bâtiment en préservant les avantages du site sur le même terrain ou à proximité	87
7.4.1 Principe	87
7.4.2 Avantages	87
7.4.3 Désavantages	88
7.5 Solutions structurelles : mesures douces ou dures ?	88
7.6 Empierrement linéaire	90
7.6.1 Principe	90
7.6.2 Avantages	90
7.6.3 Désavantages	90

7.7 Protection par des champs d'épis	91
7.7.1 Principe	91
7.7.2 Avantages	91
7.7.3 Désavantages	92
7.8 Recharge de plage	93
7.9 Résumé	94
8 MODÈLE D'ANALYSE COÛTS/AVANTAGES - PARAMÉTRISATION	96
8.1 Paramètres temporels : l'actualisation	96
8.2 Paramètres économiques (PE)	97
8.3 Paramètres physiques du retrait (PP)	98
8.4 Paramètres fiscaux (FISC)	99
8.5 Paramètres – Programme général d'assistance – Volet Mouvements de sol (PGMS)	99
8.6 Retrait des bâtiments: mesures visant la vulnérabilité allocation de départ (AD) et déplacement de bâtiment (DB)	100
8.7 Mesures de protection : empierrement linéaire - Paramètres retenus	101
8.8 Mesures de ré-équilibrage : Épis – Paramètres retenus	102
8.9 Mesures de ré-équilibrage : Recharge compensatoire – Paramètres retenus	104
8.10 Mesures de retrait : déplacement de la rue Labrie	105
8.11 Impact des changements climatiques	106
8.12 Paramètres reliés aux avantages intangibles et aux dommages indirects	107
8.12.1 Cueillette des myres	107
8.12.2 Les plages	108
8.12.3 Le paysage côtière	109
8.13 Paramètres de l'analyse multi-critères	110
8.13.1 Rappel des critères	111
8.13.2 Critère Coût : C_s	111
8.13.3 Critère Durabilité : C_D	112
8.13.4 Critère Risque résiduel : C_R	113
8.13.5 Critère Équité : C_E	114
8.13.6 Critère Impacts environnementaux - Bilan sédimentaire : C_i	115
8.13.7 Critère Synergie - Mise en valeur : C_V	116
8.13.8 Critère Impact social : C_S	117
8.14 Critères globaux	118

8.14.1	Critère G_i : Poids décisif sur le coût	119
8.14.2	Critère G_2 : Poids majoritaire sur le coût	119
8.14.3	Critère G_3 : Moyenne géométrique pondérée	119
8.14.4	Critère G_4 : Moyenne arithmétique pondérée	120
8.14.5	Critère ultime G_g : Moyenne des critères globaux	120
8.15	Résumé	120
9	SCÉNARIOS CONSIDÉRÉS	122
9.1	Scénarios de référence	122
9.2	Zones d'application	123
9.3	Option P1 : champ d'épis conventionnels (20) partout (3,9 km)	124
9.3.1	Objectifs recherchés	124
9.3.2	Caractéristiques générales de l'option	124
9.3.3	Traitements spécifiques	124
9.3.4	Estimation des impacts sur la vulnérabilité et les avantages identifiés – Risque résiduel	125
9.3.5	Bilan des coûts et avantages	125
9.3.6	Contraintes et limitations	125
9.3.7	Avantages et/ou inconvénients pour les parties prenantes	126
9.3.8	Équité – Répartition des coûts et des avantages	127
9.3.9	Variantes possibles	127
9.4	Option P2 : Champ d'épis (20) de type Holmberg partout	128
9.4.1	Objectifs recherchés	128
9.4.2	Caractéristiques générales de l'option	128
9.4.3	Traitements spécifiques	128
9.4.4	Estimation des impacts sur la vulnérabilité et les avantages – Risque résiduel	129
9.4.5	Bilan des coûts et avantages	129
9.4.6	Contraintes et limitations	129
9.4.7	Avantages et/ou inconvénients pour les parties prenantes	130
9.4.8	Équité – Répartition des coûts et des avantages	130
9.4.9	Variantes possibles	131
9.5	Scénario de référence P3 ou P_{réf}: Empierrement linéaire généralisé	131
9.5.1	Objectifs recherchés	131
9.5.2	Caractéristiques générales de l'option	131
9.5.3	Risque résiduel	132
9.5.4	Bilan des coûts et avantages	132
9.5.5	Variantes possibles	133
9.6	Option P4 : Champ d'épis conventionnels (12) – Équilibré – Retrait partiel de la rue Labrie Est	134

9.6.1	Objectifs recherchés	134
9.6.2	Caractéristiques générales de l'option	134
9.6.3	Traitements spécifiques	134
9.6.4	Estimation des impacts sur la vulnérabilité – Risque résiduel	135
9.6.5	Bilan des coûts et avantages	135
9.6.6	Contraintes et limitations	135
9.6.7	Avantages et/ou inconvénients	135
9.6.8	Équité – Répartition des coûts et avantages entre les parties prenantes	136
9.6.9	Variantes possibles (P4.1, P4.2)	136
9.7	Option P5 : Champ d'épis Holmberg (12) – Équilibré	138
9.7.1	Objectifs recherchés	138
9.7.2	Caractéristiques générales de l'option	138
9.7.3	Traitements spécifiques	138
9.7.4	Estimation des impacts sur la vulnérabilité – Risque résiduel	139
9.7.5	Bilan des coûts et avantages	139
9.7.6	Contraintes et limitations	139
9.7.7	Avantages et/ou inconvénients pour les parties prenantes	139
9.7.8	Équité – Répartition des coûts pour les parties prenantes	141
9.7.9	Variantes possibles	141
9.8	Option P6 : Champ d'épis conventionnels (11) – Réduit – Retrait partiel de la rue Labrie Est	141
9.8.1	Objectifs recherchés	141
9.8.2	Caractéristiques générales de l'option et traitements spécifiques	141
9.8.3	Estimation des impacts sur la vulnérabilité – Risque résiduel	141
9.8.4	Bilan des coûts et avantages	141
9.8.5	Contraintes et limitations	142
9.8.6	Avantages et/ou inconvénients	142
9.8.7	Équité – Répartition des coûts pour les parties prenantes	142
9.9	Option de référence - Retrait généralisé graduel avec assistance financière du PGMS – Scénario R1 ou R_{réf}	144
9.9.1	Objectifs recherchés	144
9.9.2	Caractéristiques générales de l'option	144
9.9.3	Traitements spécifiques	145
9.9.4	Estimation des impacts sur la vulnérabilité – Risque résiduel	145
9.9.5	Coûts estimés de réalisation	146
9.9.6	Contraintes et limitations	146
9.9.7	Avantages et/ou inconvénients pour les parties prenantes	146
9.9.8	Équité – Répartition des coûts pour les parties prenantes	149
9.9.9	Variantes possibles	149

9.10 Option mixte MX1 – Protection minimale par un champ d'épis (7)- Retrait partiel de la rue Labrie et de résidences exposées	149
9.10.1 Objectifs recherchés	149
9.10.2 Caractéristiques générales de l'option	150
9.10.3 Traitements spécifiques	150
9.10.4 Estimation des impacts sur la vulnérabilité – Risque résiduel	151
9.10.5 Bilan des coûts et avantages	151
9.10.6 Contraintes et limitations	151
9.10.7 Avantages et/ou inconvénients pour les parties prenantes	153
9.10.8 Équité – Répartition des coûts pour les parties prenantes	153
9.10.9 Variantes possibles	153
9.11 Résumé	153
10 SYNTHÈSE DE L'ANALYSE – COMPARAISON DES OPTIONS	155
10.1 Analyse comparative des bilans des options	155
10.2 Sensibilité des options au taux d'actualisation	156
10.3 Analyse multi-critères	160
10.4 En résumé	162
11 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	163
11.1 Sur la pré-sélection des options les plus avantageuses	163
11.2 Sur le portrait de la situation	163
11.3 Constats relatifs à l'hydrodynamique et à la réponse sédimentaire	164
11.4 Sur la conception préliminaire des ouvrages	166
11.5 Sur l'approche d'analyse coût-avantages	167
11.6 Sur la gouvernance participative	169
BIBLIOGRAPHIE	170
ANNEXE A : GLOSSAIRE DU RISQUE	174
ANNEXE B : CALCULS RELATIFS À L'ÉROSION ET À L'EXPOSITION DES ÉLÉMENTS VULNÉRABLES	175
ANNEXE C : ESTRAN DE LA POINTE-AUX-OUTARDES – IMAGERIE LIDAR	176
ANNEXE D : ANALYSES DU SIGNAL DE MARÉE	177

ANNEXE E : GENERATION DES VAGUES AVEC UNE SERIE DE VENTS HORAIRES	178
ANNEXE F : ÉPISODES DE TEMPETES – VAGUES SUPERIEURES A 3 M - AMPLITUDE DE LA MAREE A BAIE-COMEAU ET RIMOUSKI	179
ANNEXE G : DISTRIBUTION DES VAGUES GÉNÉRÉES AU LARGE DE POINTE- AUX-OUTARDES	180
ANNEXE H : PROFILS DE PLAGE EN ÉQUILIBRE ET PROTECTION DES BERGES	181
ANNEXE I : CALCUL DES VOLUMES THEORIQUES REQUIS POUR LA RECHARGE DE LA PLAGE DE POINTE-AUX-OUTARDES	182

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Péninsule de Manicouagan – Toponymie et cellules sédimentaires (Source, MSP, 2006).....	4
Figure 2 : Méthodologie de l'étude.....	10
Figure 3 : Schéma explicatif de la technique Holmberg d'après le mémoire du Comité de citoyens de Pointe-aux-Outardes (2005). L'échelle du croquis est distordue par rapport aux dimensions suggérées pour Pointe-aux-Outardes	22
Figure 4: Variante de la technique Holmberg - Technique Geotube (Source : www.geotube.com).....	22
Figure 5: Cellules et processus hydro-sédimentaires de la batture de Manicouagan (MSP, 2005).....	24
Figure 6: Topographie générale (LIDAR) des côtes de la Pointe-aux-Outardes (rue Labrie Est).....	25
Figure 7: LIDAR dans la région du quai municipal - Sections transversales en face des propriétés.....	26
Figure 8: Profil transversal de la côte au droit du 238 Labrie Est - Valeur de la pente en vert - Autres indications de niveau	27
Figure 9: Exemple de profil transversal de la côte présentant encore une micro-terrasse (altitude de 3,3 m, largeur de 10 m) protectrice en pied de talus	28
Figure 10: État actuel du milieu côtier - Pointe-aux-Outardes.....	29
Figure 11 : Classification des pentes d'après le critère d'équilibre retenu (33 degrés)	30
Figure 12 : Paramètres de l'érosion à Pointe-aux-Outardes (1996-2003) – Extrait de Dubois <i>et al.</i> (2005)	32
Figure 13: Prévision de l'évolution des apports sédimentaires nets par l'érosion à Pointe-Aux-Outardes	35
Figure 14 : Carte marine de la région de la péninsule de Manicouagan	38
Figure 15 : Image de synthèse du relevé LIDAR effectué à l'été 2007	38
Figure 16 : Image de synthèse à haute résolution de l'estran Pointe-aux-Outardes	39
Figure 17 : Particularités morphologiques propres à l'estran de Pointe-aux-Outardes.....	40
Figure 18 : Transect permettant d'évaluer la distance entre les dunes situées à l'ouest du quai ...	41
Figure 19 : Caractéristiques des dunes à l'ouest du quai municipal	41
Figure 20 : Vue en plan d'une section superposée sur les relevés LIDAR de l'estran	42
Figure 21 : Vue en profil d'une section superposée sur les relevés LIDAR de l'estran	42
Figure 22 : Agrandissement vertical de la zone de l'estran et pentes approximatives.....	43
Figure 23 : Grille de 9 m de résolution – Cotes du fond entre -2 et 2 m.....	44
Figure 24 : Délimitation subjective des deux zones bathymétriques distinctes	45
Figure 25 : Localisation et profils d'un transect dans la zone proximale à la berge	46
Figure 26 : Comparaison des signaux de marée de Baie-Comeau et Rimouski	48
Figure 27 : Signal de marée (référence géodésique) mesuré à Baie-Comeau (1969-1991).....	49
Figure 28 : Variation du niveau d'eau moyen à Baie-Comeau – Marée filtrée	50
Figure 29 : Effets d'une surcote sur l'onde de marée (22-29 janvier 1971)	51

Figure 30 : Ajustement des niveaux extrêmes annuels à la loi Log-Pearson III	52
Figure 31 : Localisation des mouillages de bouées mesurant les vagues (SDMM).....	54
Figure 32 : Radiales et fetch effectif en eau profonde au large de la Péninsule de Manicouagan	55
Figure 33 : Régime des vagues généré pour Pointe-aux-Outardes	56
Figure 34 : Pourcentage de non-dépassement de la hauteur de vagues significative.....	56
Figure 35 : Épisode de fortes vagues et niveau d'eau (11 janvier 1977)	59
Figure 36 : Capteur de pression installé à l'été 2001 sur l'estran de la péninsule de Manicouagan Tiré de Karakiewicz <i>et al.</i> , 2001	60
Figure 37 : Marée mesurée et hauteur d'eau au dessus du capteur de pression Tiré de Karakiewicz <i>et al.</i> , 2001	60
Figure 38 : Hauteur de vague significative enregistrée en octobre 2001 Tiré de Karakiewicz, Romanczyk et Roy, 2001	61
Figure 39 : Comparaison des hauteurs de vagues générées en eau profonde et mesurées sur l'estran en octobre 2001	63
Figure 40 : Train de vagues de 5 m en eau profonde provenant du sud.....	64
Figure 41 : Hauteur de vagues correspondant à la Figure 40	64
Figure 42 : Courants de vidange de la batture (jusant) inférés par interprétation de l'orientation des dépressions – Image originale tirée de Google Earth	65
Figure 43 : Chenaux de vidange visibles à niveau bas et limite de la plage sèche	66
Figure 44 : Présence d'une flèche littorale visible au large	67
Figure 45 : Nombre de résidences susceptibles d'être déplacées (sud de la rue Labrie) sur l'horizon de l'étude – Indication de disponibilité de terrain sur le même lot	78
Figure 46 : Taux d'utilisation des approches douces de stabilisation de berges –vs- les approches dures par USACE (2003) – Extrait du Coastal Engineering Manual (Volume V).	89
Figure 47 : Effet de type épi procuré par le quai municipal de Pointe-aux-Outardes	92
Figure 48 : Critère de base Coût global.....	112
Figure 49 : Critère de base Durabilité	113
Figure 50 : Critère Équité.....	114
Figure 51: Segmentation du milieu côtier pour fins d'analyse - Pointe-aux-Outardes	123
Figure 52: Prévision de l'évolution des apports sédimentaires nets selon le scénario	138
Figure 53 : Segmentation du territoire d'étude pour les tableaux suivants.....	156

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques de la marée pour Baie-Comeau et Rimouski	49
Tableau 2 : Niveaux d'eau extrêmes établis par ajustements à des lois statistiques d'extrêmes ...	52
Tableau 3 : Distribution pour toutes les années – Tous les niveaux d'eau	57
Tableau 4 Distribution pour toutes les années - Niveau d'eau entre 2 et 3 m	58
Tableau 5 : Historique du Parc Nature depuis sa création et développements anticipés	75
Tableau 6 : Coefficient d'actualisation durant la période de référence – Taux d'actualisation de 4%/an.....	97
Tableau 7 : Paramètres économiques : jeux PP de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence	98
Tableau 8 : Paramètres physiques PP: jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence	98
Tableau 9 : Paramètres fiscaux FISC: jeu de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence..	99
Tableau 10 : Paramètres d'assistance financière (PGMS): jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence.....	100
Tableau 11 : Paramètres d'assistance financière pour le retrait des bâtiments résidentiels (PGMS): jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence.....	100
Tableau 12 : Paramètres retenus comme représentatifs de l'empierrement : jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence.....	101
Tableau 13 : Paramètres retenus comme représentatifs des épis ou stabilisateurs de courants : jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence.....	103
Tableau 14 : Paramètres retenus comme représentatifs de la recharge compensatoire : jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence	106
Tableau 15 : Paramètres du retrait de la rue Labrie Est : jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence.....	106
Tableau 16 : Paramètres de modulation des taux de recul en fonction des changements climatiques: jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence	107
Tableau 17 : Paramètres de modulation cumulative de la perte de la ressource en myes selon l'option générale - Jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence.....	108
Tableau 18 : Paramètres de modulation de la disponibilité et l'accessibilité des plages selon l'option générale - Jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence.....	109
Tableau 19 : Paramètres relatifs au paysage côtier selon l'option générale - Jeux de valeurs utilisées. En bleu les valeurs de référence.....	110
Tableau 20 : Liste et définition des critères de base utilisés pour classifier les solutions proposées	111
Tableau 21 : Valeur du critère efficacité attribuée aux différents types de solution.....	113
Tableau 22 : Critère Impacts environnementaux et bilan sédimentaire	116
Tableau 23 : Critère Synergie – Mise en valeur.....	116
Tableau 24 : Critère Synergie – Impact social	117
Tableau 25 : Résumé des critères globaux appliqués.....	118

Tableau 26 : Poids retenus pour relativiser l'importance de critères de base	119
Tableau 27: Coût en M\$ du scénario P1 – Épis conventionnels partout. Les montants indiqués sont en <i>valeur présente nette</i> . Une valeur négative indique un gain.....	126
Tableau 28 : Coût en M\$ du scénario P2 – Épis Holmberg généralisé. Les montants indiqués sont en <i>valeur présente nette</i> . Une valeur négative indique un gain	130
Tableau 29 : Coût en M\$ du scénario de protection de référence P3 ou Préf – Empierrement conventionnel généralisé avec recharge compensatoire annuelle Les montants indiqués sont en <i>valeur présente nette</i> . Une valeur négative indique un gain	133
Tableau 30 : Coût du scénario en M\$ – Champ d'épis Équilibré avec retrait partiel de la rue Labrie Est – Scénario P4. Les montants indiqués sont en <i>valeur présente nette</i> . Une valeur négative indique un gain	137
Tableau 31 : Coût en M\$ du scénario de protection – Champ d'épis Holmberg (Option Équilibrée) avec retrait partiel de la rue Labrie Est – Scénario P5. Les montants indiqués sont en <i>valeur présente nette</i> . Une valeur négative indique un gain.....	140
Tableau 32 : Coût en M\$ du scénario de protection – Champ d'épis Réduit avec retrait partiel de la rue Labrie Est – Scénario P6. Les montants indiqués sont en <i>valeur présente nette</i> . Une valeur négative indique un gain	143
Tableau 33 : Coûts du scénario de référence– Retrait généralisé avec assistance financière du PGMS – Scénario R ₁ ou R _{réf} . Les montants indiqués sont en <i>valeur présente nette</i> . Une valeur entre parenthèse indique un gain.....	148
Tableau 34 : Coûts en M\$ du scénario de référence MX1– Combinaison de champ d'épis et de mesures de retrait avec assistance financière du PGMS. Les montants indiqués sont en <i>valeur présente nette</i> (VPN). Une valeur en parenthèse indique un gain.	152
Tableau 35 : Bilan en valeur actualisée de l'ACA et des mesures applicables (1 de 2) Les valeurs entre parenthèses sont des gains.....	157
Tableau 36 : Analyse de sensibilité du coût des options (en M\$) et de leur ordonnancement par rapport au taux d'actualisation (<i>TA</i>) - $\Delta\%$ est l'écart en % par rapport à la base de comparaison	159
Tableau 37 : Résultats de l'analyse multi-critères des options – Les colonnes en gris représentent les deux options les plus avantageuses.....	161



1 Mise en contexte et portée de l'étude

1.1 Le Comité de concertation

Question de transparence et d'efficacité, il est de plus en plus courant et indiqué d'assortir la recherche de solutions à des problématiques de risque d'un Comité de concertation assez large dont le mandat est :

1. *d'accompagner l'équipe d'analyse dans son cheminement formel*
2. *de proposer des avenues complémentaires permettant de bonifier les options*
3. *de mettre en évidence les enjeux les plus directement touchés*
4. *de participer à la mise en œuvre de l'option retenue tant sur le plan financier qu'à d'autres niveaux (administration, communications, par exemple)*

En fait, comme nous le verrons plus loin, la formation d'un tel comité a constitué la première étape de notre protocole (voir le chapitre 2, page 8). Toutefois, le Comité de concertation n'a pas pour but de se substituer aux instances décisionnelles, en particulier celles ayant à statuer sur les aspects économiques et financiers. Par contre, plusieurs membres ont le loisir, voire le pouvoir de diligenter la mise en œuvre des mesures les plus avantageuses pour les parties. C'est dans cet esprit qu'a été réuni l'aréopage d'intervenants mentionnés dans les pages de crédit au début de ce rapport. Leur rôle est sommairement indiqué au même endroit.

1.2 État de la situation

Le secteur côtier de Pointe-aux-Outardes localisé sur la péninsule de Manicouagan – Haute-Côte-Nord subit depuis des années des reculs importants de ses rives par l'érosion et les mouvements de sol gravitaires. L'ensemble de cette problématique est largement documenté dans Dubois *et al.* (2005). Ces phénomènes menacent à terme l'intégrité des propriétés qui y sont implantées, d'abord au niveau des terrains puis des résidences elles-mêmes. Les infrastructures publiques sont également menacées. Les causes directes de l'érosion s'avèrent multiples et complexes. Elles mettent en cause, simultanément ou séparément, les surcotes reliées aux épisodes de tempêtes, les marées de syzygie (marées de vives-eaux), l'action des vagues de tempête sur le littoral, l'équilibre précaire du bilan sédimentaire ainsi que l'évolution à long terme du niveau moyen des mers. De plus, les changements climatiques appréhendés changeront fort probablement la magnitude et la fréquence d'occurrence de ces phénomènes. La nature meuble de certains dépôts de surface favorise ces processus érosifs. La vulnérabilité des propriétés situées en rive est donc



indéniable, voire même prévisible dans le temps dans la mesure où l'on peut estimer approximativement la séquence des phases de recul de la rive.

La recherche de solutions préventives, qu'elles visent le retrait, la stabilisation de berges (douce ou dure) et/ou une combinaison de ces objectifs, est d'abord basée sur la comparaison des impacts et des coûts actuels et à venir des différentes options, l'une de ces options formant un *scénario de référence*. Cette recherche doit être entreprise dans une perspective de *développement durable*², c'est-à-dire, en privilégiant l'efficacité à long terme des solutions proposées, leur acceptabilité sur le plan environnemental, un rapport coûts/avantages favorable pour toutes les parties, et bien sûr, l'équité sur le plan social.

Diverses approches remédiatrices ont déjà été évoquées dans divers rapports ou sont répertoriées dans des manuels spécialisés (ex : USACE, 2003) traitant de la stabilisation de berges et l'un des buts du présent projet est de les passer en revue dans une optique d'étude de pré-faisabilité. Le rationnel d'aide à la décision prend appui sur une *analyse coûts-avantages* (ACA) dynamique.

La présente étude n'entend pas procéder à l'évaluation environnementale des options, cette étape devant être franchie lorsqu'aura été sélectionnée l'option la plus avantageuse par les parties prenantes, si celle-ci est de nature à occasionner des impacts environnementaux. En effet, l'option retenue suite à cette étude ne donnera pas nécessairement lieu à une évaluation environnementale si les mesures privilégiées devaient s'orienter vers le retrait de la côte des bâtiments et infrastructures. Dans le cas contraire, un avis de projet devrait donc être émis afin que le volet « Étude d'impact » puisse être mis en œuvre aussitôt qu'une option de stabilisation serait retenue.

Le *risque* (notamment par sa définition actuarielle) est classiquement composé d'une probabilité annuelle d'aléas (*hasards*) qui est multipliée par les coûts associés aux conséquences de leur réalisation dans un milieu vulnérable et exposé (Ouellette *et al.*, 1985; CSA, 1991). Le risque est ainsi traduit en un coût moyen annuel, toutes classes d'événements ponctuels confondues. Aujourd'hui, le risque est plutôt présenté comme une combinaison d'aléas et de vulnérabilité (UNISDR, 2006), y compris au ministère de la Sécurité publique (MSP, 2007).

Contrairement à la plupart des aléas naturels, traités statistiquement à cause de l'incertitude de leur survenue (crues, embâcles, séismes), les processus d'érosion côtière sont, de par leur nature, beaucoup plus prévisibles à terme, car continus dans le temps, et ils peuvent être traités en considérant une fréquence annuelle de réalisation. Ils autorisent donc des approches plus déterministes. Si les taux de recul du trait de côte peuvent varier de manière quelque peu incertaine en fonction des facteurs qui la produisent, les calculs de risque sont effectués sur la base de moyennes historiques annuelles.

Quant aux *conséquences* associées à la *vulnérabilité*, elles incluent notamment la perte de terrain, les dommages directs aux bâtiments, l'érosion de la valeur marchande, ce qui affecte simultanément le patrimoine des individus et l'assiette fiscale des pouvoirs locaux. Songeons également à la réduction de la durée de vie des infrastructures publiques et aux impacts

² Une définition de certaines expressions est proposée à l'Annexe A : Glossaire extrait d'un document de politique du Ministère de la Sécurité publique portant sur un cadre de référence en gestion des risques de sinistres



environnementaux, sans compter les tensions sociales qui résultent aussi de ces phénomènes. Toutes ces conséquences sont liées jusqu'à un certain point au degré d'*exposition* des composantes visées par rapport à l'aléa.

Plusieurs études conduites ces dernières années sur l'ensemble du littoral de la Côte-Nord du Saint-Laurent (recensées dans Dubois *et al.*, 2005) ont permis de mieux cerner l'ampleur de cette problématique et d'apporter des éléments de réponse préventive (Règlement de contrôle intérimaire ou RCI des berges exposées) à cette problématique. Des ébauches de solutions potentielles douces pour la réduction des risques actuels ont été identifiées, voire expérimentées en certains endroits particulièrement vulnérables, mais leur mise en œuvre à plus grande échelle nécessite une vue plus précise du contexte d'application, et une meilleure justification notamment sur le plan des enjeux économiques et financiers (rentabilité des interventions) et de l'efficacité présumée des moyens envisagés. De plus, chacune des solutions envisagées n'apporte pas toujours à elle seule la réponse définitive recherchée. Un scénario d'intervention pertinent doit donc émaner d'une stratégie intégrée et concertée par opposition à des interventions ponctuelles et isolées.

1.3 Mise en contexte et historique

La Figure 1 montre la région d'étude à l'intérieur de laquelle doit être délimité le secteur où une solution intégrée au risque d'érosion doit être définie. Ci-après nous allons reconstituer les divers événements qui ont présidé aux premières interventions en stabilisation de berges dans la péninsule de Manicouagan. L'emphase est mise sur le processus décisionnel et sur le choix des critères présidant aux décisions. Il est notable aussi que l'empierrement linéaire traditionnel, a souvent été considéré automatiquement comme la seule solution à ce problème, sans doute à tort. Pour cette raison, cette option doit être prise en compte comme une option de référence sans présumer de son adéquation.

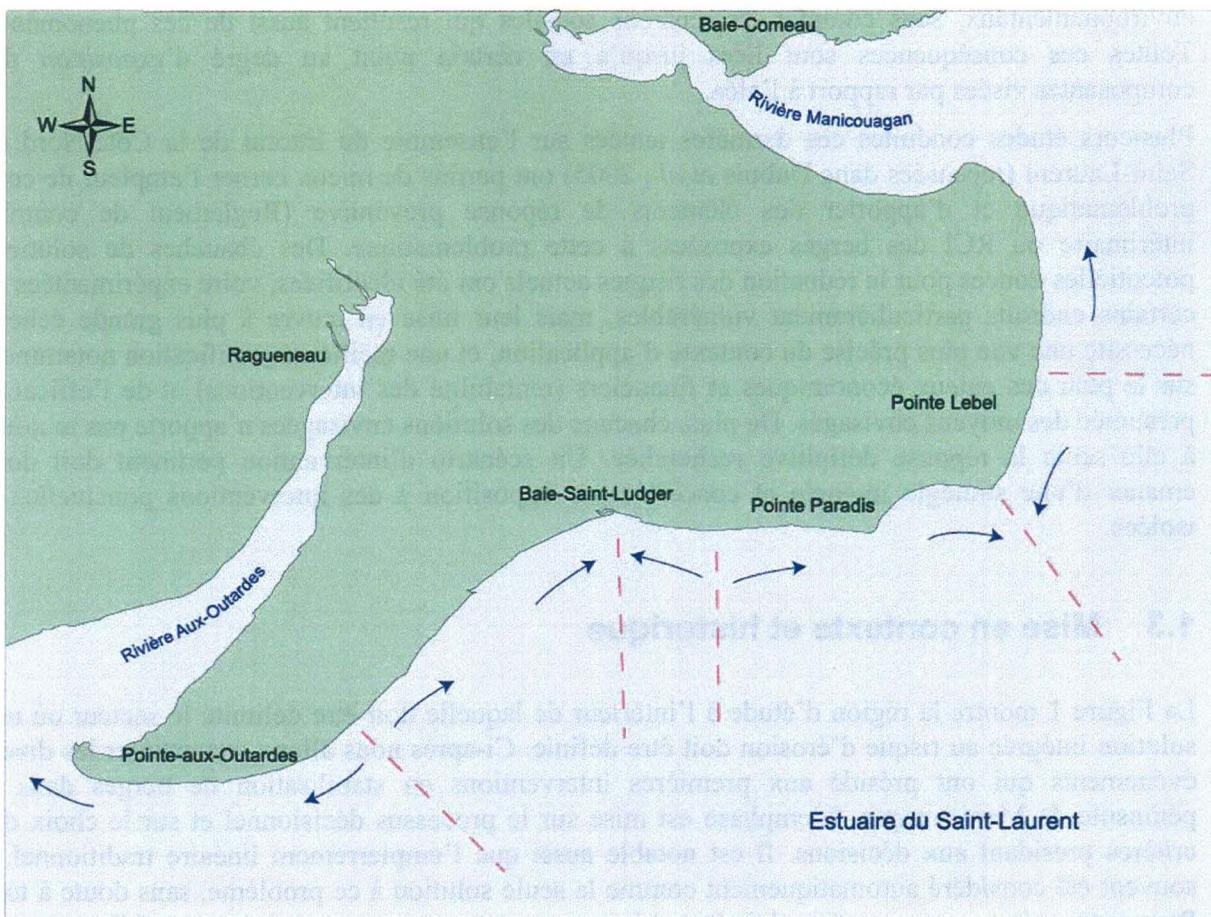


Figure 1 : Péninsule de Manicouagan – Toponymie et cellules sédimentaires (Source, MSP, 2006)

1.3.1 1980

Dès 1980, J.D. Allard du MRN (Service de Géotechnique) signale que des processus d'érosion très actifs dans la péninsule de Manicouagan, notamment à Pointe-aux-Outardes et Baie-Saint-Ludger vont tôt ou tard nécessiter des interventions soit de type structurel (empierremens) ou administratif (relocalisations). En formulant des doutes sur la pérennité d'ouvrages lourds dans le secteur où des argiles sensibles sont présentes, Allard opte plutôt pour une relocalisation des bâtiments en admettant toutefois que les processus d'érosion se poursuivront et devraient tôt ou tard nécessiter des aménagements particuliers.

1.3.2 1987-88 : la région se mobilise

En réponse à une rencontre de représentation (9 novembre 1987) avec le maire G.H. Gagné de Ragueneau (jusqu'à récemment préfet de la MRC Manicouagan), le ministre responsable du Bureau de la Protection civile (G. Rocheleau) l'invite à soulever la question au prochain Sommet socio-économique de la région et ouvre la porte à la formation d'un Comité présidant à la réalisation de travaux. Suite à diverses représentations, le Directeur général par intérim du Bureau de Protection civile du Québec recommande en avril 1988 la formation d'un Comité de travail



régional chargé de faire le point sur la situation, de déterminer des solutions possibles et leurs coûts. Doivent aussi en faire partie des représentants des ministères de l'Environnement, des Transports, des Affaires municipales et de la Protection civile. La décision de créer ce Comité est prise le 4 mai 1988.

Lors de la première réunion du Comité de travail (20 juillet 1988), des « suggestions » apparaissent d’abord et forment consensus: exiger un « ticket modérateur » (comprendre une participation financière des intéressés) aux particuliers et aux municipalités en demande pour la réalisation de travaux de stabilisation de berges; évaluer les travaux à réaliser sur la base du *rapport coût des travaux/ valeur des biens à protéger* comme critère d'estimation de leur pertinence (admissibilité), et de manière plus générale, se doter de critères généraux d'intervention pour l'ensemble de cette problématique.

Lors de sa deuxième réunion (août 1988), le Comité reconnaît aussi que le critère *sécurité* (routes et/ou résidences menacées à court terme) doit être considéré pour prioriser les interventions quelle qu'en soit la nature. On y insiste sur la contribution attendue des riverains et municipalités aux interventions, sur le besoin de mettre en place des mesures préventives ainsi que sur le coût d'entretien récurrent des ouvrages structurels. Diverses recommandations adressées aux différents ministères présents au Comité sont formulées en octobre dont celles visant la mise en place de mesures préventives et la création d'un programme spécial pour résoudre en urgence les problématiques de la MRC de Manicouagan.

Un sous-comité chargé d'inventorier les problématiques sur l'ensemble de la Côte Nord souligne l'ampleur de la problématique et revient sur la nécessité de se doter de critères d'évaluation explicites pour établir des priorités et juger de la pertinence des actions proposées. D'autres sous-comité (Environnement, Affaires municipales) appuient l'approche de zonage et de réglementation (ex : contrôle intérimaire) de l'utilisation du territoire côtier vulnérable à l'érosion.

En octobre 1988, pendant le Sommet socio-économique de la région, le ministère des Transports qui a reçu le mandat de maître d'œuvre des mesures de stabilisation de berges s'engage à injecter 6 M\$ dans de telles mesures dans le secteur de la péninsule de Manicouagan, sommes surtout consacrées à la protection des équipements routiers.

1.3.3 1989-1991 : on déplore l'insuffisance de l'action sectorielle et la pression monte

L'Entente régionale de développement du 5 mai 1989 (1990-1993) consacre l'attribution d'une somme de 6M\$ pour résoudre les problématiques de Ragueneau, Pointe-aux-Outardes et Pointe-Lebel.

Lors de la quatrième réunion du Comité régional (13 juin 1989), certains soulignent le caractère sectoriel des actions préconisées à ce jour par le ministère des Transports qui privilégie la protection du réseau routier. On y souhaite la mise en place d'un programme provincial multi-sectoriel muni de budgets et de ressources propres, et capable d'adresser la problématique des mouvements de sol de manière intégrée. En septembre 1990, le Ministère de la Sécurité publique (Direction de la Sécurité civile) avait aussi publié une note de service reprenant ce constat et soulignant le besoin de mettre en œuvre un programme d'assistance financière adressé aux particuliers devenus à risque imminent. Cette position est entérinée par le ministre des Transports en novembre 1990 dans une lettre adressée au ministre de la Sécurité publique.



De leur côté, les intervenants régionaux déplorent que les sommes allouées par le Ministère des Transports (6M\$) soient uniquement dévolues au réseau routier sans référence au patrimoine des individus et aux infrastructures municipales.

Le Service des Politiques et Programmes du MSP émet en 1991 une note dans laquelle le bien-fondé de sa participation dans la problématique des mouvements de sol est reconnu. On y insiste sur l'importance du critère « *sécurité des personnes et des biens menacés à court terme* » qui préside à sa mission. La loi sur la Protection des biens et personnes ne permet toutefois pas d'intervenir en mesures préventives, ce qui pourrait être requis dans certains cas de relocalisation. Une déclaration d'imminence (urgence, besoin à court terme) est requise.

Pendant tout ce temps, de nombreux échanges de lettres soulignent l'urgence d'intervenir (les actions terrain se font attendre) en stabilisation de berges autour de la péninsule de Manicouagan. La confusion règne sur le rôle respectif des agents sectoriels gouvernementaux, ainsi que sur les priorités et critères à retenir pour les établir (ex : réseau routier -vs- patrimoine individuel et municipal). La pression monte en vue de la tenue de la Biennale de la Côte-Nord (25-26 octobre 1991) où cette problématique sera de nouveau mise de l'avant par la MRC de Manicouagan (voir bibliographie)

Lors de la tenue de la Biennale de la Côte-Nord, les fiches d'allocution ministérielles préparées par le gouvernement fixent les priorités d'intervention autour du réseau routier mais reconnaissent qu'un montant additionnel devra être consenti pour d' « autres interventions » de nature urgente, particulièrement adressées à la réduction de la vulnérabilité ou à prévenir sa croissance. Ainsi, comme exigences, on désire que le milieu se responsabilise et assume sa part du financement des actions. Un zonage (schéma d'aménagement) des secteurs à risque est exigé assorti de mesures d'interdiction de s'y construire. De fortes pressions sont exercées sur le gouvernement pour augmenter sa contribution à un niveau permettant d'adresser, avec des solutions structurales dures, toutes les problématiques identifiées autour de la péninsule. Le gouvernement se campe sur ses positions.

Suite à la Biennale, une réunion spéciale donnant suite aux annonces a été tenue à Baie-Comeau en présence des ministères et maires de la région. Le MSP rappelle les critères d'évaluation retenus pour prioriser les interventions (décret d'assistance financière) dans le secteur : 1) *protection des biens et personnes menacés de façon évidente à court terme (imminence)*; 2) *résidences principales considérées exclusivement*; 3) *protection de la route*; 4) *taux de recul local par rapport à la position des éléments exposés*. Le gouvernement n'escompte pas d'emblée de contribution financière du milieu (municipalités et citoyens).

Finalement, suite à la signature d'un protocole d'entente entre le Ministère des Transports et le Ministère de la Sécurité publique, celui-ci prévoyant le partage des coûts entre le premier (protection des routes) et le deuxième (protection des biens hors route), des travaux sont entrepris au cours de l'exercice 1992. D'autres travaux se succéderont au cours de la décennie.



1.4 Que retenir de cette époque ?

Il ne semble pas que les décisions subséquentes relatives aux travaux de stabilisation des berges autour du littoral de l'estuaire et du golfe Saint-Laurent aient tellement changé de philosophie jusqu'à une période récente.

Il faut retenir de ceci que les critères ayant présidé à la définition des priorités d'action (du moins dans la péninsule de Manicouagan) relevaient beaucoup plus d'une vision sectorielle du risque par les ministères et qu'une contribution du milieu à la résolution de son problème, bien que souhaitée, n'a pas été toujours exigée (équité, imputabilité). L'urgence a été considérée comme le critère prépondérant sans trop d'égards pour les coûts pour la société. Ainsi, aucune considération relative au rapport coût/avantages n'a été prise en compte, si ce n'est le simple rapport en les enjeux et les coûts de protection. Enfin, l'efficacité des solutions techniques exigées (systématiquement des empierrements linéaires) n'a jamais été vraiment remise en question, notamment en termes d'impacts, pourtant réels, sur la dynamique côtière du secteur dans son ensemble.

Ces constats mettent en évidence le besoin de développer une approche intégrée, et surtout concertée, qui tiendrait compte en priorité des valeurs de base de la communauté, mais aussi de critères logiques, explicites et formant consensus parmi les intervenants.

1.5 Critères d'évaluation des options et portée de l'étude

Le traitement des critères (ex : évaluation, pondérations) sera exposé plus loin dans ce rapport (Section 8.13, Paramètres de l'analyse multi-critères », page 110). Suite aux premières rencontres du Comité de concertation, les critères suivants se sont imposés d'emblée :

1. *L'économie de moyens*
2. *L'équité entre les intervenants*
3. *Des impacts environnementaux minimums et si possible favorables*
4. *L'efficacité par rapport au risque résiduel*
5. *La durabilité*
6. *La prise en compte de l'équilibre sédimentaire de la côte*

À ces critères, s'ajoutent:

7. Les possibilités de *synergie* pour la mise en valeur de la côte (impacts favorables)
8. *L'impact social* minimum, qui découle de l'équité et de la minimisation des impacts

Ces deux derniers critères ont pris de l'importance en cours d'étude. Ils ont donc été proposés et ajoutés à ceux acceptés au départ par le Comité de concertation. Une définition plus précise des critères et leur interprétation sera fournie à la section 8.13 déjà mentionnée.



1.6 Objectifs généraux

Dans l'optique d'une approche intégrée du risque préconisant le développement durable, l'objectif général de ce projet est donc de :

Rechercher une solution intégrée, efficace techniquement, avantageuse économiquement, durable, équitable et environnementalement favorable qui permet de gérer le risque d'érosion côtière à Pointe-aux-Outardes dans le meilleur intérêt des parties concernées.

Le projet vise également à :

contribuer au développement d'une approche générique d'analyse coûts-avantages (ACA) applicable aux cas similaires observés dans l'estuaire et le golfe Saint-Laurent.

Les objectifs spécifiques poursuivis sont explicités au chapitre suivant (Méthodologie). Il convient cependant de mentionner qu'il s'agit d'une étude ACA élargie car elle comprend également un volet technique important concernant l'érosion des berges et les forces qui la produisent. Cet amalgame était nécessaire compte tenu du mandat décrit ci-haut et de la complexité des phénomènes à étudier et à maîtriser.

1.7 Solutions envisagées *a priori*

En analyse coûts avantages, il est recommandé de concentrer les analyses détaillées sur certaines options plus réalistes et d'éliminer *a priori* les options à l'évidence trop coûteuses ou irréalisables. Les types de solution considérées *a priori* comme faisables et qui seront explorées dans les chapitres subséquents sont :

1. Les différentes mesures de *retrait* pour le bâti et les infrastructures (Une première option de référence)
2. Les mesures de stabilisation dites « *douces* » comme la recharge de plage en sable et/ou l'implantation d'épis de différents types, conventionnels (en enrochement), ou brevetés comme les procédés Stabi-Plage ou Holmberg visant le ré-équilibrage du bilan sédimentaire et la réhabilitation des plages
3. Les mesures de protection traditionnelles qualifiées de « *dures* » comme les empierrements linéaires en rive (une deuxième option de référence)
4. Toute combinaison de ces mesures de base.

Contrairement à une ACA normale dans laquelle on définit une et une seule option de référence, on considère ici les options 1 et 3 comme des *options de référence* car elles représentent actuellement les réponses des autorités publiques sujettes aux balises des programmes gouvernementaux d'assistance financière.



2 Méthodologie

Le contenu de ce chapitre n'est pas nécessaire à la compréhension des chapitres d'analyse subséquents. Ce traitement est inclus afin de présenter une vision synthétique du cheminement réalisé. Le lecteur peut donc s'en exempter.

Dans le contexte général décrit précédemment, les objectifs spécifiques sont :

1. *Former un Comité de concertation*
2. *Définir le contexte particulier et, en concertation avec les divers intervenants, déterminer les critères d'évaluation applicable aux options de solutions.*
3. *Déterminer la portée de la zone d'étude et des types de conséquence à considérer*
4. *Établir le portrait de l'érosion*
5. *Déterminer les paramètres physiques de conception des solutions techniques*
6. *Établir le portrait de la vulnérabilité et de son exposition à l'érosion*
7. *Définir et analyser les coûts et avantages (ACA) des options traditionnelles de solution (options de référence).*
8. *Définir et analyser (ACA) les options alternatives*
9. *Comparer et évaluer les options à l'aide des critères retenus*
10. *Recommander la ou les options les plus avantageuses*

Afin de répondre à ces objectifs spécifiques, nous proposons de réaliser les activités décrites ci-après et résumées à la Figure 2.

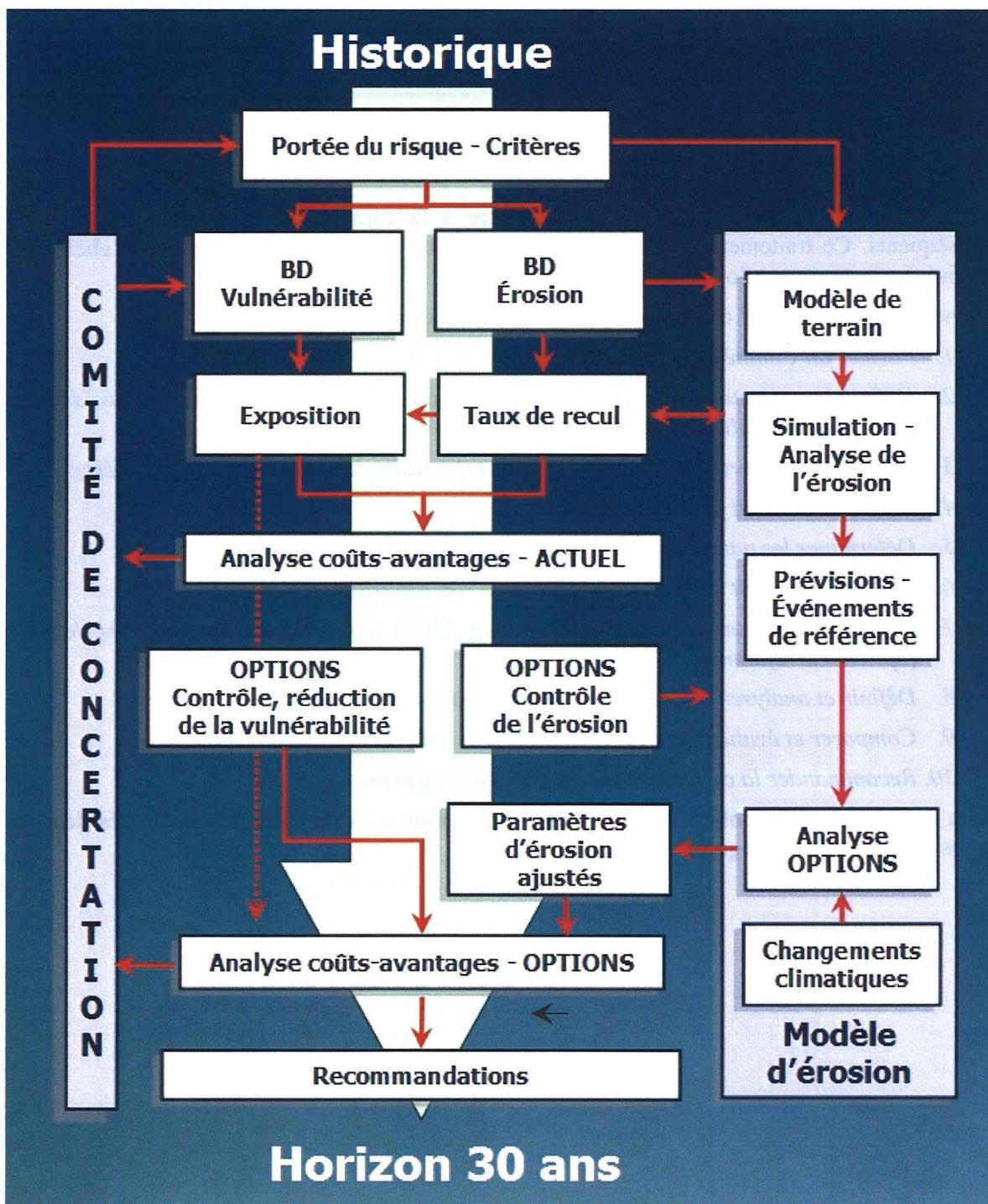


Figure 2 : Méthodologie de l'étude



2.1 Comité de concertation

Tel que l'indiquent les premières pages précédant ce rapport, le Comité (ou Table) de concertation est formé de représentants d'organismes directement impliqués dans la problématique :

1. Conseil municipal et administration de Pointe-aux-Outardes
2. Ministères provinciaux (Sécurité publique, Environnement, Développement durable et Parcs, Transport)
3. Ministère fédéral de Pêches et Océans
4. Municipalité régionale de Comté (MRC) de Manicouagan
5. Comité de Citoyens de Pointe-aux-Outardes
6. Parc Nature

Son rôle est d'accompagner l'équipe d'analyse, d'établir un consensus sur l'option à privilégier et de diligenter son application. Certains organismes ont été recrutés en cours de réalisation de l'étude lorsque leur implication est apparue nécessaire. Quatre rencontres régulières ont été tenues durant l'étude aux étapes charnières:

1. Une rencontre de démarrage pour proposer et approuver le jeu de critères d'évaluation et sélectionner les types de solutions à considérer
2. Deux rencontres subséquentes pour prendre acte de la progression des travaux et rectifier le tir si nécessaire
3. Une rencontre finale pour prendre connaissance du rapport final et entreprendre la mobilisation vers la solution.

2.2 Résumer le contexte et établir un jeu de critères d'évaluation

Il est d'abord requis de délimiter la portée spatiale des processus morphodynamiques côtiers à considérer et de sélectionner les critères qui permettront ultérieurement d'évaluer la pertinence des divers types de solution proposées.

Le premier aspect prend appui sur les connaissances actuellement disponibles pour établir les limites naturelles des processus côtiers du secteur d'étude et la zone à problème. Cette étape est fondamentale afin de rechercher des solutions tenant compte d'une dynamique d'ensemble associée à la morphologie côtière. La zone à analyser déborde habituellement de la zone problématique. Cette activité détermine :

- L'échelle spatiale, locale ou régionale, requise pour analyser les phénomènes d'érosion
- La revue bibliographique relative à la problématique locale
- La collecte de données pertinentes relatives à l'érosion
- La mobilisation des outils d'analyse et de traitement et des bases de données géomatiques existants



- L'identification des activités humaines et des éléments à risque et le type de vulnérabilité dans la zone problématique

La détermination de critères d'évaluation du risque et des solutions identifiées est une étape très importante qui permet d'établir l'acceptabilité, pour les parties concernées, des solutions identifiées. Les critères retenus ont été introduits précédemment.

2.3 Portée des conséquences à prendre en compte

Dans la plupart des études de risque, les dommages considérés se limitent souvent aux coûts directs d'indemnisation ou d'intervention qui sont pris en charge par l'intervenant principal au dossier, habituellement le palier supérieur de gouvernement. Ce dernier peut ainsi mesurer l'intérêt relatif, pour lui-même, de solutions de remédiation d'après le rapport coûts/bénéfices sectoriel qui le concerne. Par contre, les autres intervenants doivent aussi se livrer à une démarche similaire pour mesurer les conséquences des scénarios pour eux-mêmes.

Ici, la portée effective des conséquences se doit d'inclure un ensemble élargi d'intervenants (ici riverains, municipalité et autres parties) qui assument aussi une part (équité) des divers dommages ou coûts. Les rubriques de coûts et de conséquences retenues pour cette étude, tous intervenants confondus, sont :

1. les coûts directs reliés aux mesures de retrait du bâti et des infrastructures (assistance financière, coûts non admissibles, etc.) pour tous les intervenants
2. l'impact sur la valeur des propriétés riveraines et l'assiette fiscale reliée
3. certaines conséquences intangibles (non monétarisables) comme la perte ou le maintien d'une plage³
4. les coûts de construction et d'entretien et la valeur résiduelle des ouvrages à la fin de la période de référence
5. les enjeux satellites comme l'activité touristique à Pointe-aux-Outardes et la cueillette extensive des myres

S'il est souhaitable d'uniformiser les conséquences en termes monétaires, nous croyons que certaines composantes plutôt reliées à l'environnement ou à la vie humaine doivent être considérées en tant que telles car difficilement monnayables. Il n'est donc pas question, à ce stade de notre analyse, de ramener toutes les conséquences en unités monétaires équivalentes pour des raisons de commodité de calcul. De plus, les marges d'incertitude qui entachent les estimations monétaires de facteurs intangibles peuvent affaiblir les calculs dédiés aux éléments plus tangibles.

³ Quand l'objet concerné donne lieu à une activité commerciale, certaines études attribuent une valeur monétaire à des éléments plutôt intangibles (ex : valeur de remplacement). Nous y avons renoncé ici.



2.4 Portrait de l'érosion, des facteurs physiques qui la favorisent

Le calcul du risque nécessite de connaître l'évolution et/ou la probabilité des aléas en cause. Des études très élaborées ont déjà permis de cerner la plupart des facteurs d'aléas responsables de l'érosion et même de les quantifier pour la zone d'étude (Dubois *et al.*, 2005). En corollaire, une base de données complète de cette problématique est déjà disponible au MSP et cette étude y a puisé toute l'information nécessaire.

Évolution des marges de recul. Dans un premier temps, les données sur l'évolution du trait de côte sont confrontées à la position des bâtiments, et la *marge de recul* obtenue permet de quantifier leur *exposition*, et éventuellement prédire l'année probable où les étapes critiques du retrait devraient être engagées (Hypothèse Retrait : déplacement du bâtiment, allocation de départ et perte du bâtiment). Ainsi, les conséquences peuvent être escomptées dans un horizon temporel probable connu.

La prise en compte des données géoréférencées sur l'érosion côtière conservées dans un système d'information géographique (SIG) existant actuellement constitue la première étape de cette activité. Une collaboration avec le MSP, détenteur de ces données, a donc été engagée. Les jeux de données pertinents sont principalement : *les photographies aériennes, les orthophotographies, la topographie des rivages et du terrain adjacent (LIDAR), la bathymétrie proximale et pélagique, la nature et la granulométrie des dépôts meubles, la position évolutive du trait de côte, etc.*

Données sur les causes explicatives. Dans un second temps, les données de *niveaux d'eau (marées, surcotes de tempête), de vent et de vagues* sont mobilisées en vue d'établir certains paramètres de référence pour le dimensionnement, le cas échéant, des ouvrages de stabilisation..

Le bilan sédimentaire : un passage obligé. L'analyse des processus côtiers ne pourrait se limiter à l'usage réducteur d'une seule variable formée par les *taux de recul* des berges. L'évolution des berges (basses terrasses et plages) est le résultat d'apports en sédiments associés à l'érosion, du transport littoral et de la présence de sites d'accumulation ou de perte. L'équilibre morphologique d'un milieu comme la Pointe aux Outardes forme un tout indissociable. Les facteurs qui contrôlent cette dynamique sont nombreux et il serait présomptueux de prétendre la contrôler avec des solutions simplistes. Il est donc important de ne jamais perdre de vue la notion d'équilibre dynamique des processus étudiés et de mettre de l'avant le principe de *bilan sédimentaire équilibré* dans l'évaluation des solutions.

Changements climatiques. Enfin, il est vraisemblable que les *changements climatiques* anticipés pourraient accélérer l'érosion et précipiter les conséquences de cet aléa. La dynamique des processus en cause fait donc l'objet d'hypothèses raisonnables pour mieux apprécier la valeur du risque à long terme. En pratique, cette prise en compte exige une modulation progressive des taux de reculs à partir des valeurs historiques connues. Cette opération peut avoir pour effet d'augmenter l'urgence d'agir, et partant, les coûts associés.

En résumé, Résumer le portrait de l'érosion et de ses causes en mettant l'accent sur l'évolution future des côtes, l'établissement de paramètres de dimensionnement d'ouvrages de stabilisation, l'interaction avec l'équilibre hydro-sédimentaire de la côte et l'impact possible des changements climatiques.



2.5 Portrait de la vulnérabilité

Cette activité sert plus tard à estimer les dommages et conséquences de l'érosion sur les composantes vulnérables exposées. Il faut donc caractériser la vulnérabilité. La méthodologie s'appuie sur le rôle d'évaluation 2004-2007⁴ du secteur à l'étude (la rue Labrie ici) portée sur un support géomatique. La base de données spatialisée porte surtout sur les immeubles (les infrastructures sont traitées autrement), incluant leur valeur de remplacement ou au rôle d'évaluation municipal, leur position dans le terrain (marge de recul, exposition), le type d'occupation (admissibilité aux programmes d'assistance), la largeur du lot en rive et sa profondeur, qui sont les principaux déterminants du risque et des mesures de retrait. Des caractérisations complémentaires portant sur les marges de recul actuelles et la largeur des micro-terrasses résiduelles ont été effectuées afin, dans certains cas, de mieux situer dans le temps les phases successives de l'érosion, notamment l'activation de l'érosion des talus qui suit la perte du couvert végétal.

2.6 Exposition à l'érosion

C'est cette activité qui permet de lier l'application des mesures ultimes de retrait à un échéancier et évaluer dynamiquement ce type d'option. Quantifier l'*exposition* dans le cas de l'érosion revient à mettre en relation la marge de recul (distance minimum entre le bâtiment et le haut du talus en érosion) et le taux de recul moyen. Il en ressort un ou des *délai(s)* ou *période(s) de sursis* au-delà desquels les mesures de retrait peuvent ou doivent être enclenchées. La méthode de calcul est décrite à l'Annexe B : Calculs relatifs à l'érosion et à l'exposition des éléments vulnérables. C'est la base du calcul économique des options de retrait sur le long terme (30 ans ici).

L'*exposition* est apparue au fil de certaines études passées (ex : Inondations à Châteauguay, crues du Saguenay) comme une variable charnière entre l'aléa et la vulnérabilité. Pour les inondations, le *niveau d'eau* extrême et sa *probabilité* expriment l'aléa tandis que la *hauteur de submersion* des résidences permet d'en évaluer les conséquences en termes de dommages directs. Il existe des relations fonctionnelles liant ces dommages à la submersion : ce sont des courbes de vulnérabilité à la submersion (voir Leclerc *et al.*, 2005; Bonnifait et Leclerc, 2004). Pour l'érosion, une approche similaire est appliquée, l'exposition étant représentée par la *marge de recul* en fonction du temps.

⁴ Une mise à jour du rôle d'évaluation a été effectuée au début de 2008, mais les résultats présentés reposent sur le rôle antérieur.



2.7 Les options de référence

En ACA, deux jeux d'options sont normalement définis : une option dite *de référence* et les *options alternatives*. L'option de référence se définit par l'approche normalement appliquée dans le contexte de l'érosion. Les options alternatives sont des approches nouvelles, possiblement expérimentales, qui doivent être comparées à la ou aux options de référence. Deux possibilités d'*options de référence*, parfois présentées comme ultimes dans la bibliographie récente, s'imposent *a priori* :

1. Le *retrait général graduel assisté financièrement* dans le cadre du Programme général d'assistance financière – Volet Mouvement de sols (PGMS)
2. L'*empierrement linéaire* généralisé financé conjointement par le gouvernement et la Municipalité dans le cadre d'un Protocole d'Application de solution (PAS)

Bien que l'empierrement linéaire soit de plus en plus considéré avec prudence, cette option a été retenue comme scénario de référence car elle correspond encore aujourd'hui à une réponse courante ultime pour protéger « à tout prix » certaines infrastructures routières ou enjeux importants (ports). Elle a été largement utilisée autour de la péninsule de Manicouagan, tant par les particuliers que par les autorités publiques, y compris à Pointe-aux-Outardes même.

En dépit de ce statut particulier, les options de référence sont analysées exactement de la même manière que les options alternatives.

L'analyse de ces options s'effectue dans un cadre géoréférencé et individualisé au niveau de chaque immeuble. Pour chacune des options, et des parties prenantes (équité), on calcule les coûts et on évalue les conséquences intangibles (non-monétaires) associés à l'érosion et/ou la mesure préconisée. L'analyse est évolutive sur une période de référence de trente (30) ans. Pour les items monétaires, le calcul s'effectue *en valeur présente nette*, ce qui implique l'actualisation des valeurs futures sur la période de référence.

En résumé, évaluer les coûts directs actualisés et les conséquences intangibles de l'érosion dans l'hypothèse où l'une ou l'autre des solutions traditionnelles (*options de référence*) serait retenue.

2.8 Les options alternatives

Concernant les scénarios alternatifs, ils peuvent être constitués d'une combinaison de mesures de retrait et de stabilisation de berges, dures ou douces. Les options de référence traditionnelles laissent peu de place aux approches de stabilisation douces permettant de stabiliser les berges à un coût comparatif intéressant par rapport aux solutions dures, tout en évitant les perturbations sociales reliées aux mesures de retrait. C'est pourquoi, les options alternatives doivent inclure à des degrés divers des segments de côte à stabiliser en tenant compte de l'équilibre hydro-sédimentaire.

Si les options considérées ici ne laissent aucun espace pour de nouveaux empierrements linéaires, elles n'excluent toutefois pas les mesures de retrait pour certains segments de la côte. L'exercice



consiste à définir et analyser différents assemblages de ces mesures de retrait et/ou de stabilisation douce. Le Chapitre 7 fait l'inventaire de tous ces types de mesures.

Dans cette étude, les solutions douces telles que les épis, stabilisateurs de courants et recharge de plage recevront un traitement prioritaire. Par contre, l'analyse ne va pas jusqu'au dimensionnement détaillé, cette étape devant être réservée aux suites à donner à ce projet.

Remarque : étant donné le nombre de degrés de liberté considérés pour définir un scénario, une multitude de ceux-ci peuvent émerger (explosion combinatoire). Nous avons simplement choisi de baliser l'ensemble des possibilités avec quelques options en essayant autant que possible d'utiliser des valeurs de paramètres standardisés (ex : les programmes d'assistance, le coût unitaire des matériaux, etc.). Une étude de sensibilité aux divers paramètres permettra dans une phase ultérieure de mesurer leur impact sur certaines options ressortant comme plus avantageuses à la fin. De même, des variantes sensiblement différentes de l'option privilégiée peuvent aussi surgir de l'exercice. La présente activité vise surtout à dégrossir le problème et à pointer les options qui se démarquent de l'ensemble des possibilités.

En résumé, Définir et analyser globalement les solutions alternatives aux options traditionnelles.

2.9 Comparer les options et proposer une stratégie intégrée

À la lumière des résultats obtenus au niveau de chacune des options envisagées, de référence ou alternatives, une analyse comparative est effectuée. Sans aller jusqu'à faire ressortir l'avantage net (économique) d'une alternative par rapport à une option de référence pour l'ensemble de la société, la comparaison s'effectue en appliquant une approche multi-critères qui combine des résultats monétaires et intangibles (non monétaires). Les critères d'évaluation ont fait l'objet d'un consensus à la table de concertation.

La comparaison des options prend comme base les options de référence auxquelles s'ajoutent les options alternatives définies à l'activité précédente. En pratique, les options de référence reçoivent exactement le même traitement que les alternatives et elles sont évaluées avec les mêmes critères.

La définition et la paramétrisation des critères (valeur allouée à un aspect) sont basées sur le seul jugement des auteurs et ne découlent pas d'une démarche « scientifique ». En revanche, les critères sont clairement explicités et les données de base nécessaires pour les recalculer sont fournies. La définition des critères et leur paramétrisation sont donnés à la section 8.12 (page 107).

À ce stade, mis à part les avis du Comité de concertation, l'étude *ne prévoyait pas conduire des consultations formelles élargies visant à valider l'acceptabilité sociale des stratégies d'interventions identifiées*. Les résultats doivent cependant être présentés à la population.

En résumé, comparer toutes les options analysées à l'aide d'une approche multi-critères et recommander la ou les options les plus avantageuses.



3 Études antérieures : un paradigme évolutif d'analyse

Ci-après, on trouve une courte recension de documents relatifs à l'érosion et aux méthodes de remédiations proposées ou appliquées au cours des dernières décennies dans la région de la péninsule de Manicouagan.

Déjà, il y a trente ans, Allard (1980) du ministère de l'Énergie et des ressources rédigeait un avis technique signalant que des secteurs du littoral du Saint-Laurent bordant les municipalités de Pointe-aux-Outardes et de Baie-Saint-Ludger sont soumis à de l'érosion importante. Si une protection de berge en enrochement pouvait être envisagée, l'auteur jugeait plus opportun de considérer la relocalisation des bâtiments présents dont la valeur, du moins à l'époque, ne semblait pas justifier la mise en œuvre de mesures de protection lourdes. De plus, il y est signalé que l'implication probable du tassemement d'un ouvrage lourd sur l'efficacité des couches drainantes sous-jacentes et en parois latérales devrait entraîner des vérifications périodiques, ce qui laissait planer un doute sur la faisabilité technique d'interventions lourdes.

Des perturbations de l'écosystème de la batture par la dynamique côtière sont signalées par l'Association touristique régionale Manicouagan (1984) et un lien est établi avec certaines actions humaines.

En 1991, lors de la Biennale de la Côte-Nord, la MRC de Manicouagan procède à un rappel des engagements gouvernementaux pris depuis 1988 en vue de solutionner la problématique de l'érosion dans le territoire et insiste sur l'urgence d'agir. Le document rappelle aussi les engagements du milieu par rapport à ce problème y compris les aménagements en enrochement, l'approche courante à cette époque, réalisés par les particuliers, et les mesures préventives (schéma d'aménagement) adoptées par les autorités locales.

En 1992, un projet de stabilisation des berges de la péninsule de Manicouagan et de la région de Ragueneau était proposé et donnait lieu à une demande de soustraction à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement, une étape que l'on tente parfois d'éviter lorsque l'urgence ou l'imminence de dommages importants appellent une solution immédiate.

Bien que les aménagements hydroélectriques des rivières de la Côte-Nord entraînent une modulation importante du régime hydrologique et morphosédimentaire de leur estuaire, des projets de suréquipement des complexes hydro-électriques présents sur les rivières de la péninsule (Manicouagan et aux Outardes) sont planifiés. Les études d'inventaires sont nombreuses afin de préparer les études d'impact correspondantes. Ainsi, CSSA Consultants Ltée (1993) a procédé à un inventaire des connaissances des composantes biophysiques de l'estuaire de la rivière aux Outardes.

Étant donné les effets indésirables des enrochements linéaires parfois constatés autour de la péninsule, on commence à envisager d'autres options comme la mise en place d'épis. ROCHE Ltée (1997) en examine la faisabilité pour la baie Saint-Ludger dans l'optique naissante d'une analyse coûts-avantages. L'intérêt de cette étude réside aussi dans la reconnaissance des effets



pervers mentionnés (tels les effets de bout ou l'accélération du transit littoral) et la recherche d'alternatives qui tiennent compte de la dynamique sédimentaire. Aussi, il est intéressant de retrouver une analyse des processus sédimentologiques ayant cours dans la cellule hydrosédimentaire de Saint-Ludger (nature des matériaux érodés, leur répartition entre le transit et les pertes vers la batture, climat des vagues, données marégraphiques, etc.) et un estimé du bilan sédimentaire permettant d'évaluer la faisabilité d'y planter des épis. Nous considérons ce rapport comme un document précurseur du présent compte-rendu.

Dans le même ordre d'idée, d'autres questionnements font surface en relation avec les impacts des enrochements systématiques préconisés *a priori* pour contrôler l'érosion. Ainsi Savard (1997) attire l'attention des autorités gouvernementales sur la compréhension élargie qu'on doit avoir sur les processus d'érosion côtière et sur l'impact, parfois irréversible, que peuvent avoir des mesures de stabilisation inappropriées, tels que les enrochements linéaires.

Parallèlement à cette mouvance, on commence à se rendre compte du potentiel écologique des estuaires de rivière et des battures adjacentes, de sorte que la question de la mise en place d'une zone de protection marine (ZPM) pilote est soulevée. Naturam Environnement à procédé en 1999 à une caractérisation biophysique, socio-économique et à la détermination des enjeux dans un secteur potentiel pour une telle zone dans portion ouest de la MRC Manicouagan. La préoccupation rejoint la communauté régionale lors d'un colloque régional sur l'érosion des berges à Baie-Comeau en 1999. Le *leitmotiv* du colloque est la gestion intégrée des interventions en milieu marin présentée comme une alternative aux gestes sectoriels et aux interventions à la pièce préconisées alors par divers intervenants.

À cette époque, le manque de connaissances de base sur les processus hydrosédimentaires caractérisant les milieux littoraux de la Côte-Nord devient préoccupant et retardé, voire empêche jusqu'à un certain point la conception de mesures d'atténuation appropriées aux différents contextes côtiers. P. Bernatchez est alors recruté pour réaliser une caractérisation globale de ces processus, recherche qui a fait l'objet de sa thèse de doctorat en 2003. Celle-ci porte sur l'évolution ancienne et récente du complexe Manicouagan-Outardes. Il établit les processus qui contribuent au régime sédimentaire, notamment l'érosion côtière et en fait une caractérisation monitorée à long terme. Plusieurs des constats ou interprétations de ce rapport sont des reprises des conclusions de Bernatchez.

Différents avis techniques ont été préparés par le même auteur, notamment celui de 2000 (Bernatchez, 2000a) qui présente au CRD de la Côte-Nord un bilan des connaissances et des lacunes à combler concernant l'érosion du littoral de la Côte-Nord de l'estuaire maritime et du golfe Saint-Laurent. Bernatchez (2000b) a aussi produit divers avis particuliers sur les conditions prévalant autour à la péninsule Manicouagan, notamment sur l'évolution récente des falaises littorales à Pointe-Lebel (taux et mode de recul).

L'idée des champs d'épis continue de faire son chemin comme alternative aux enrochements. Ainsi ARGUS Inc. (2001) dépose une étude portant sur des expériences à petite échelle d'épis réalisées dans la région de Sept-Îles afin d'en faire le bilan du point de vue du coût, de la faisabilité et de l'efficacité. De leur côté, Roy *et al.* (2003) préconisent les épis végétaux inspirés des fascines Malais-Savard qui ont commencé à être expérimentés; ils publient à cet effet un guide de construction disponible sur le réseau internet. Ce système léger de protection de berges nécessite la mise en place de multiples structures végétales (fascines) en travers du haut de plage



qui favorisent la rétention du sable en transit littoral, surtout celui attribuable aux processus éoliens. Ce procédé est inspiré des techniques de pêche en fascines traditionnellement utilisées à Pointe-aux-Outardes. Quoiqu'efficaces pour favoriser les processus « constructeurs » du haut de plage, leur durabilité est faible face aux tempêtes les plus énergétiques et aux processus glaciels en hiver. Une remise en place est requise à chaque année. L'intérêt de la technique est de s'inscrire en douceur dans la dynamique naturelle du littoral, de ne coûter que très peu en matériaux (troncs d'arbre, branches) et main d'œuvre (corvées de bénévolat).

Le constat des impacts reliés aux empierrements linéaires à Pointe-Lebel donne lieu à un suivi topographique à long terme (quinquennal de 2002 à 2006). Une série annuelle de rapports intérimaires est publiée par Génivar (2004-2007) où les bilans y sont dressés.

En 2006, le Ministère de la Sécurité publique commence à préconiser plus ouvertement une démarche élargie pour aborder la question de l'érosion et tente une application préliminaire à Pointe-aux-Outardes. Structurée sommairement sous la forme d'une Analyse Coûts-Avantages (ACA), l'étude résume et compare divers scénarios préliminaires alors considérés pour résoudre de manière intégrée la problématique de l'érosion côtière à Pointe-aux-Outardes. Il y est question soit de retrait préventif, soit de mesures de protection douces sous la forme de champs d'épis placés en fonction des processus sédimentaires à l'échelle de la cellule. La dynamique d'ensemble de la côte servant de base à l'analyse pour les interventions physiques est démontrée; on y trouve une représentation des principales cellules morphosédimentaires présentes dans la péninsule de Manicouagan. Il est maintenant admis que ces cellules forment une assise essentielle pour la conception de mesures visant à maintenir à la fois l'intégrité de la côte et l'équilibre de son budget sédimentaire. Les auteurs du présent rapport reconnaissent l'importance de cette étude dans leur propre cheminement.

En dépit des multiples constats relatifs aux effets pervers des enrochements systématiques, et des multiples tentatives de mettre à l'essai de nouvelles approches plus respectueuses des processus sédimentaires, Génivar (2006) dépôse une étude d'impact d'une protection linéaire en enrochement des berges de la rivière aux Outardes à Ragueneau. Menée dans les règles de l'art du moment et respectueuse de la réglementation environnementale, l'étude comporte malgré tout des faiblesses inhérentes au processus de prise de décision en la matière. Nous nous attardons quelque peu sur cette étude car elle représente un cas de figure récent d'étude qui recommande l'un de nos scénarios de référence pour Ragueneau (P3 ou Préf; voir la section 9.5, « Scénario de référence P3 ou P_{réf}: Empierrement linéaire généralisé », page 131).

D'abord, on ne peut passer sous silence que la prise en considération d'alternatives à la protection classique en enrochement est faite très sommairement en vue de se plier à une exigence comprise dans toute étude d'impact formelle. La protection des berges dans cette municipalité implique le maintien d'une infrastructure stratégique (route 138) qui justifierait *a priori* des coûts beaucoup plus importants que les enjeux d'occupation résidentielle locale. Le coût important des enrochements (1585\$/m selon l'estimé) se justifie ainsi. Le coût qualifié d'excessif du retrait des résidences en berges conduit à disqualifier cette option *a priori*. C'est donc sur la base d'une comparaison sommaire de scénarios et de l'intérêt stratégique (régional) des infrastructures routières impliquées que le choix d'enrochement est effectué.

Sur le plan des critères de décision, c'est donc l'urgence d'agir par rapport à la portée économique considérable des enjeux (transport routier régional) qui détermine l'analyse. Aurait-on analysé de



la même manière la problématique de Pointe-aux-Outardes qui ne comporte pas un tel enjeu stratégique? La question est posée mais les processus courants, surtout dictés par la réglementation environnementale, ne comportent que des exigences minimales par rapport à l'examen d'alternatives douces ou des mesures de retrait (ces dernières ne nécessiteraient pas en principe d'évaluation environnementale).

L'étude de Génivar (2006) est aussi intéressante par rapport aux questions d'équité, de partage des coûts et d'imputabilité. La prise en compte des intérêts et rôles particuliers des intervenants s'effectue au niveau du partage des responsabilités entre le ministère des Transports (route régionale) et la Municipalité (voirie et berges municipales). S'il est fait mention dans le rapport de l'impact favorable des travaux réalisés sur la valeur du patrimoine des individus (et aussi des inconvénients en phase de construction), on ne tient pas compte de cette considération importante dans une quelconque bilan des coûts et avantages qui permettrait de mobiliser davantage la contribution des bénéficiaires individuels. D'ailleurs, la construction de voies d'accès à la grève est présentée comme un inconvénient des travaux pour les riverains, dommages qui doit être compensé alors que les protections ont justement pour but de protéger le bâti et donnent lieu à une plus-value foncière.

Tout se passe comme si tout l'investissement ne devait provenir que des divers paliers supérieurs de gouvernement (concept d'état Providence?). Au minimum, on mentionne que l'intérêt d'intervenir par ajout d'enrochement pourrait être remis en question sur une section particulière de la côte s'il s'avérait que le rapport coût/bénéfice sur cette section n'était pas avantageux vis-à-vis d'une autre option. Cette phase de remise en question n'interviendrait cependant que dans l'année précédant les travaux déjà planifiés (pratiquement à l'étape des plans et devis) d'un programme échelonné sur un horizon de plus de 10 ans. Il est permis de s'interroger sur le bien fondé d'une telle approche coûts/avantages lorsqu'appliquée à l'étape de la mise en œuvre des ouvrages alors que les attentes du milieu ont déjà été consolidées par des engagements politiques et financiers.

Dans les questions soumises par le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) suite au dépôt de ce rapport, la justification préalable du projet par rapport à d'autres solutions (ex : relocalisation de riverains) ou reliée au rapport coût/bénéfices section par section est identifiée comme un élément insuffisant de l'étude d'impact, qui doit être mieux documenté par des réponses additionnelles. Les réponses fournies par le Consultant ne vont pas beaucoup plus loin finalement que ce qui était déjà inclus dans le rapport, l'approche coût/avantages ne faisant pas vraiment partie de la tradition dans le domaine.

La question des changements climatiques est également traitée en reconnaissant l'influence significative que ceux-ci pourraient exercer sur l'augmentation de la fréquence et de l'amplitude des surcotes de la mer dans la région d'étude, les auteurs proposent diverses justifications pour ne pas prendre en compte ce facteur, par exemple, l'orientation de l'estuaire par rapport aux vents de tempête, l'effet protecteur de la batture, le relèvement isostatique graduel de la côte, la résistance prouvée des ouvrages existants, la durée de vie des ouvrages proposés par rapport aux influences climatiques. Par contre, on ne retrouve pas d'analyses plus poussées permettant de quantifier plus précisément les paramètres de l'aléa et de dimensionner plus judicieusement les ouvrages. On ne retrouve pas de préoccupation sérieuse pour l'équilibre morphosédimentaire de l'estuaire aux Outardes en lien avec les ouvrages proposés.



Enfin, mentionnons la proposition du Comité de citoyens de Pointe-aux-Outardes (2007; 2008), assortie d'une lettre personnelle de M. Dick Holmberg, qui a été expédiée récemment à la ministre des Affaires municipales et des Régions (Nathalie Normandeau). Si cette proposition ne peut être qualifiée d'étude comme les documents précédents, elle comporte une réflexion légitime, en phase avec les constats présentés plus haut et dont la présente étude prend acte :

1. Le questionnement des approches traditionnelles dures (enrochements) par rapport aux impacts environnementaux associés
2. Un énoncé de valeurs environnementales de base et un plaidoyer pour la conservation ou la réhabilitation de composantes du milieu naturel (plages, écosystème)
3. Une sensibilité manifeste par rapport aux conséquences humaines et sociales des solutions de retrait simple associé à la « fermeture du village » dans l'esprit des auteurs (impact social)
4. Un plaidoyer en faveur de l'expérimentation de solutions nouvelles douces et respectueuses des processus naturels de la batture, notamment par l'entremise d'épis « stabilisateurs de courants » perçus comme différents des épis conventionnels en enrochement.

Ces constats font l'objet d'un consensus grandissant, non seulement dans la communauté mais parmi les spécialistes, quoi que semblent en penser les initiateurs du projet pilote. Le type d'approche préconisé dans ce projet pilote (stabilisateurs de courants Holmberg ou Stabi-Plage, Geotube, Terratube) fait donc plus loin l'objet d'une évaluation sur le même pied que toute autre solution de protection afin de jeter un éclairage différent sur la proposition et rendre justice aux efforts du Comité.

Il est cependant à noter que les documents disponibles sont très généraux (lettre de M. Holmberg, sites internet) et ne comportent que des indications qualitatives concernant le mécanisme d'action (stabilisation de courants, vitesse réduite, sédimentation accrue), les paramètres d'implantation (les deux lieux d'implantation ne sont pas fournis), l'efficacité et la durabilité de cet ouvrage dans notre type de climat (impacts des glaces), les coûts d'entretien ainsi que les besoins en recharge de plage au moment de l'implantation et périodiquement par la suite. La possibilité d'atteindre le résultat souhaité avec des épis conventionnels de géométrie similaire n'est pas envisagée.

Par contre, une indication sur les coûts est fournie pour l'implantation de deux cellules de 150 m chacune formées de deux « boudins » de 80 m perpendiculaires à la rive (un autre en rive sur 150 m) sans qu'il soit précisé si ces deux dispositifs (4 boudins perpendiculaires) constituent l'entièreté de l'intervention proposée ou une phase préliminaire devant être suivie par d'autres permettant de stabiliser l'ensemble de la côte menacée. Le dispositif est illustré à la Figure 3.

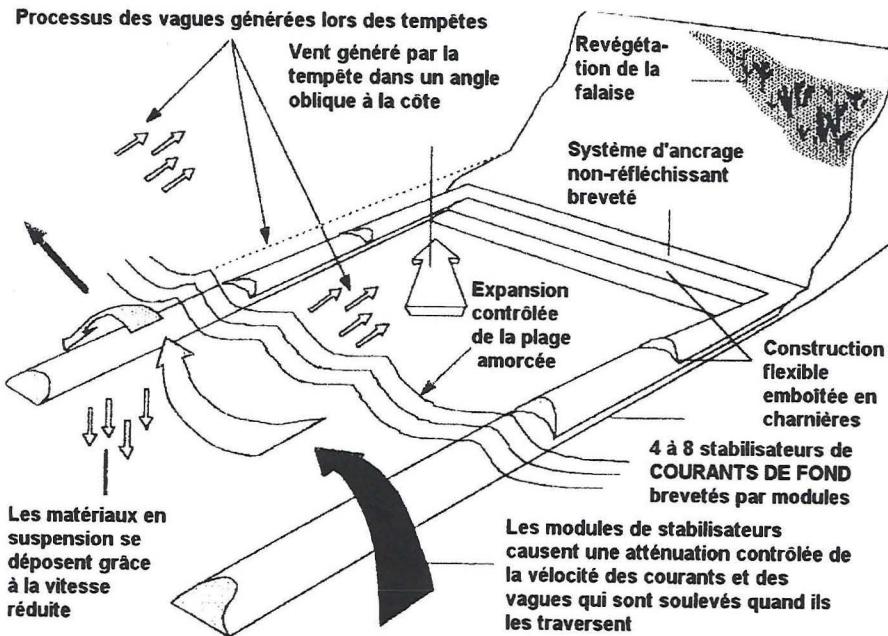


Figure 3 : Schéma explicatif de la technique Holmberg d'après le mémoire du Comité de citoyens de Pointe-aux-Outardes (2005).

L'échelle du croquis est distordue par rapport aux dimensions suggérées pour Pointe-aux-Outardes

La Figure 4 montre un tel dispositif (Geotube : www.Geotube.com) dont le principe est similaire.

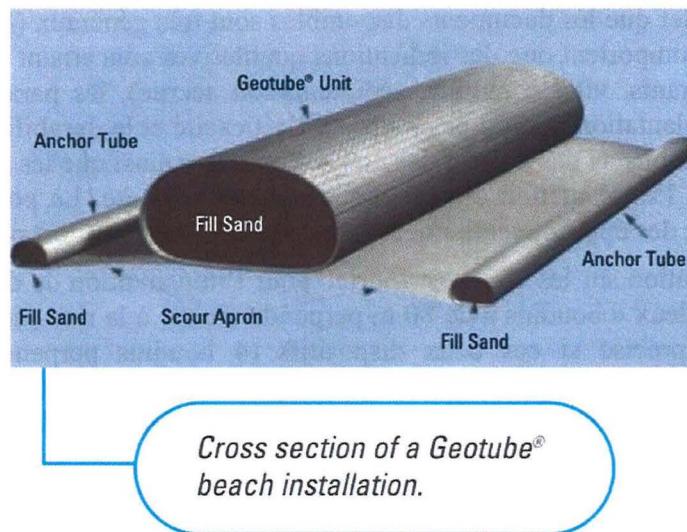


Figure 4: Variante de la technique Holmberg - Technique Geotube (Source : www.geotube.com)



4 Portrait de l'érosion

Ce chapitre regroupe les jeux de données et les éléments de connaissance actuels permettant de mieux comprendre les processus côtiers ayant à court à Pointe-aux-Outardes. Une revue des données de terrain (topographie, évolution du trait de côte et taux de recul, etc.) est d'abord effectuée. Le bilan sédimentaire de la côte, à l'échelle de la cellule morpho-sédimentaire naturelle est ensuite établi et fait l'objet d'une projection sur la période de référence de l'étude (30 ans). L'impact des changements climatiques y est aussi introduit.

La détermination des valeurs de référence critiques concernant le dimensionnement des ouvrages sera traitée au chapitre suivant.

4.1 Bibliographie pertinente

Les principaux documents consultés pour le portrait de l'érosion sont tirés du rapport du Comité technique sur l'érosion (Dubois *et al.*, 2005) dont divers éléments sont repris par le MSP (2005) dans un bilan propre à la batture de la péninsule de Manicouagan ainsi que lors de divers colloques régionaux axés sur l'érosion, notamment les présentations par P. Bernatchez. De nombreux documents visuels (photographies, vidéos) fournis par les riverains ont aussi été consultés.

4.2 Description du terrain

4.2.1 Délimitation du secteur d'étude et courants résiduels

Conformément aux recommandations formulées dans de nombreuses publications récentes portant sur la dynamique côtière (notamment, EID Méditerranée et Service Maritime et de Navigation de Languedoc-Roussillon, 2005), la cellule morphologique dans son ensemble doit être l'unité spatiale retenue pour analyser les processus d'érosion. Selon le Comité technique sur l'érosion (Dubois *et al.*, 2005; MSP, 2005), il existe une cellule morphologique qui définit le bilan sédimentaire de la côte sur la batture ouest de la péninsule Manicouagan. À l'est, cette cellule est délimitée par l'embouchure du ruisseau nommé Le Gros Ruisseau (Anse de Grosse Pointe sur les cartes topographiques numériques Topo Canada) située à près de 400 m à l'est du petit rond-point de la rue Labrie Est. En procédant vers l'ouest, elle couvre toute la côte jusqu'à l'estuaire de la rivière aux Outardes, ce qui inclut le Parc nature de Pointe-aux-Outardes (voir la Figure 5).

D'après ces études, des mouvements sédimentaires peuvent se diriger vers l'est à l'occasion, mais le transit sédimentaire net s'effectue dans la direction ouest pour la cellule de Pointe-aux-Outardes. Il n'est pas exclu que la grande cellule hydro-sédimentaire de la batture ouest de la péninsule de Manicouagan soit constitués de deux sous-ensembles dont le comportement pourrait



être lié à l'action contradictoire des facteurs régissant l'érosion et le transport littoral. Mais la tendance nette des mouvements de plage demeure orientée à l'ouest, liée à la direction dominante des courants marins résiduels (marées) dirigée vers l'ouest. À cet effet, s'ajoutent les courants associés aux vents (mouvement orbital des vagues, courants de retour et de dérive) qui entraînent également un mouvement net vers l'ouest.

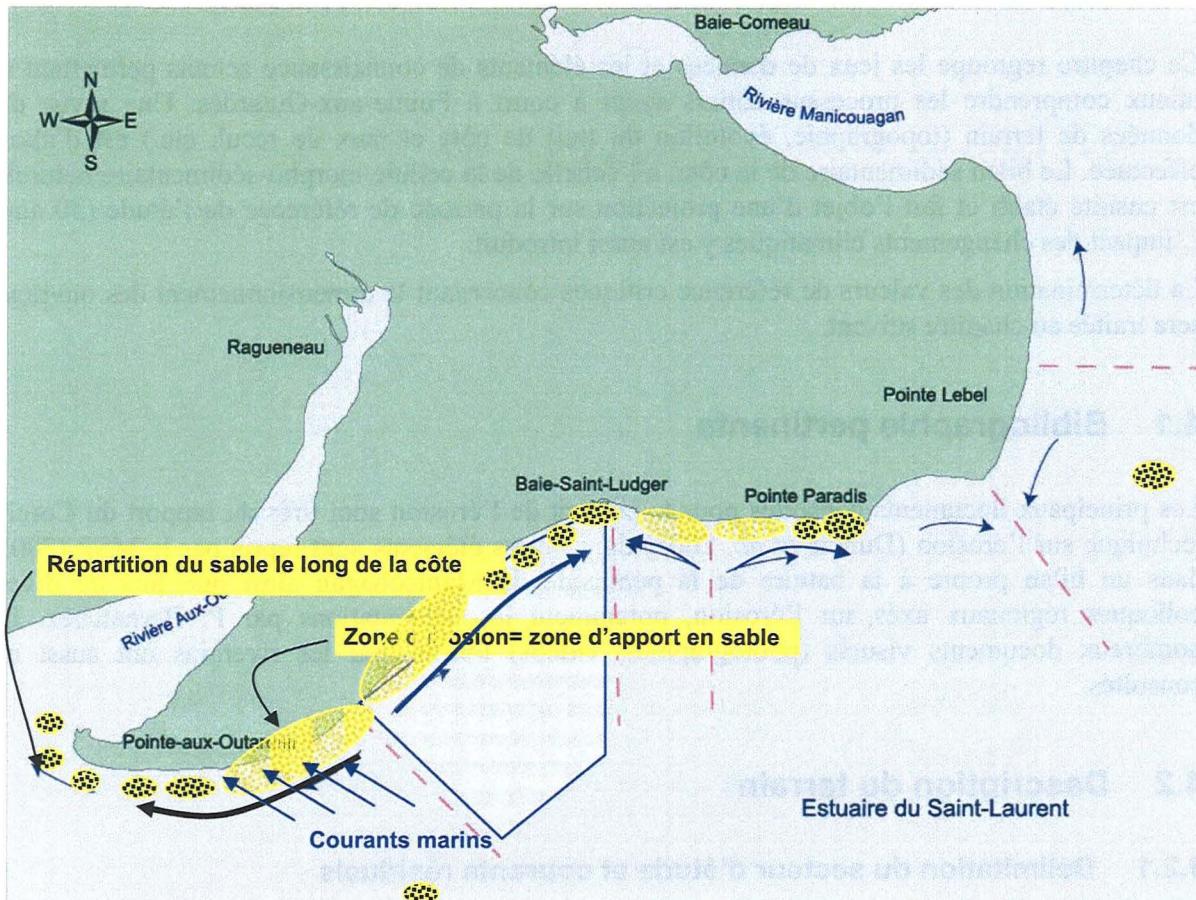


Figure 5: Cellules et processus hydro-sédimentaires de la batture de Manicouagan (MSP, 2005)

Le transport associé à ces processus reprend le sable érodé des talus pour les redistribuer le long de la côte, en rive gauche vers les marais de l'intérieur de l'estuaire aux Outardes, sur la batture extérieure, et ultimement à l'extérieur du système vers le chenal laurentien *via* les courants présents dans l'estuaire de la rivière aux Outardes (marées, crues de la rivière).

4.2.2 Données disponibles sur le terrain

Des relevés fréquents, quelques fois annuels ont été réalisés depuis 1996 par Pascal Bernatchez (Bernatchez, 2003; Dubois, Bernatchez *et al.*, 2005) et des photographies aériennes antérieures ortho-rectifiées ont été analysées afin de mesurer les taux de recul ponctuel et moyen sur l'ensemble du site. L'ensemble de ces données sont colligées et disponibles au Service de l'Atténuation des Risques où elles ont été consultées. Un relevé topographique LIDAR du secteur d'étude (batture, talus, terrasses) est également disponible.



4.2.3 Caractérisations effectuées

Aucune caractérisation additionnelle n'a été réalisée sur le site, les données actuelles ayant été jugées satisfaisantes à ce stade pour la réalisation de cette étude.

4.3 Caractéristiques topographiques

La Figure 6 montre la topographie d'ensemble (extrait du LIDAR) du secteur à l'étude (rue Labrie Est). On constate que la terrasse principale se positionne verticalement entre 8 m et 16 m de l'ouest vers l'est. Le trait de côte présente des renflements ou échancrures principalement associés à des interventions ponctuelles (quai municipal à l'ouest, empierrements linéaires, épis courts) dont certaines s'accompagnent d'effets de bout évidents. D'autres sont attribuables au ruissellement superficiel sur les talus qui produit un ravinement.

Les données topographiques LIDAR sont caractérisées par une densité de points très importante, lourde à traiter numériquement. Il est requis de les traiter afin d'en réduire la redondance à l'échelle locale et pour faciliter les traitements informatiques ultérieurs. Une première classification des valeurs d'altitude a été effectuée afin de faire ressortir les formes de base (haut de talus, trait de côte, haut de plage, niveau moyen des mers). La Figure 7 fournit un exemple de ce traitement dans le secteur du quai municipal. Des transects ont par la suite été générés au droit de chacune des propriétés afin de mesurer localement l'état (pente, hauteur) des talus, de la micro-terrasse (existence, largeur, hauteur) et du haut de plage (pente). Les résultats de cette analyse sont groupés à l'Annexe C : Estran de la Pointe-aux-Outardes – Imagerie LIDAR.

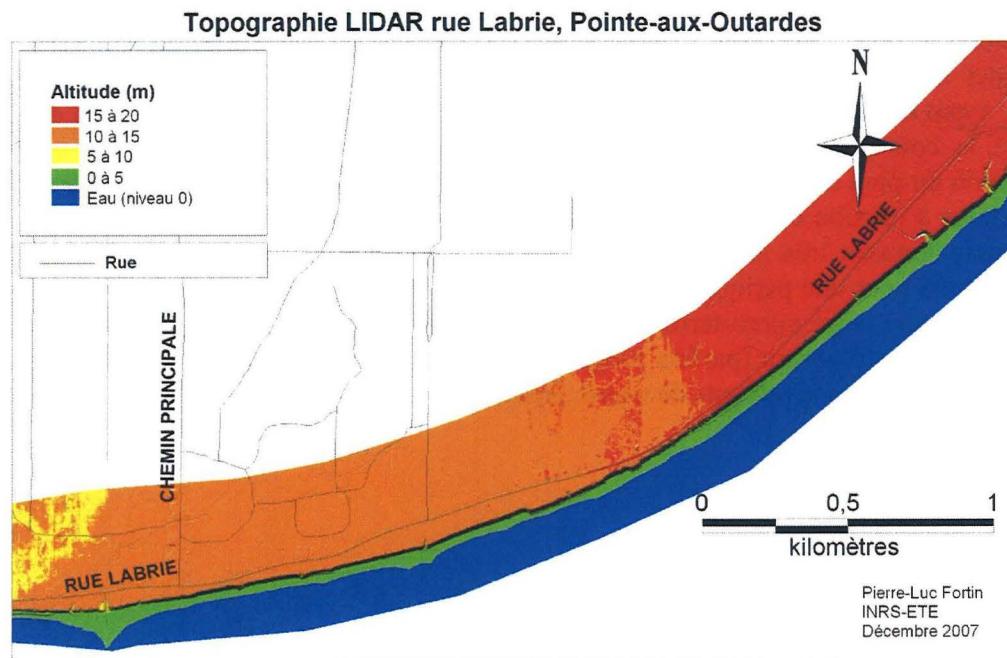


Figure 6: Topographie générale (LIDAR) des côtes de la Pointe-aux-Outardes (rue Labrie Est)

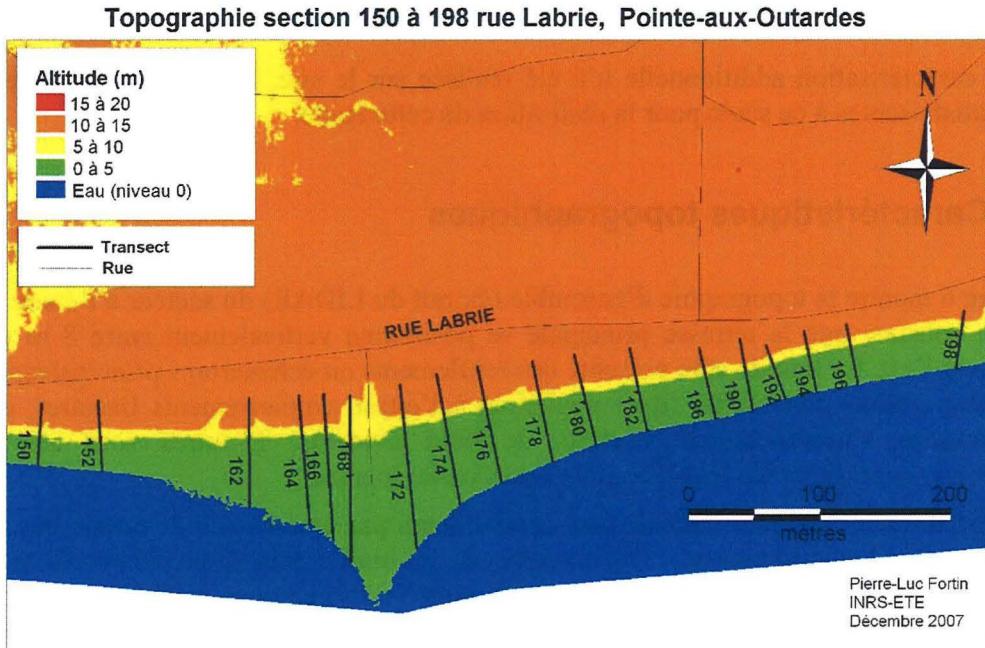


Figure 7: LIDAR dans la région du quai municipal - Sections transversales en face des propriétés

Nous fournissons ci-après (Figure 8) un exemple particulier de transect (en coupe) faisant ressortir des traits particuliers de la côte étudiée. Cette forme de coupe est assez répandue dans le secteur d'étude. Compte tenu que la pente d'équilibre du sable des talus est voisine de 33 degrés (Bernatchez, 2003), on peut observer qu'une bonne proportion du haut de talus (5-10 m) se trouve en équilibre instable. Une portion du haut de talus présente en effet un profil sub-vertical qui peut représenter un danger imminent de mouvement de sol, surtout si la végétation protectrice est absente, ayant décroché de son emprise racinaire sur le talus. Le niveau maximum de la mer peut atteindre la cote géodésique 3,0 m (en considérant le pire des cas de marée extrême et de surélévation du plan d'eau dus aux conditions de tempêtes). On peut constater la vulnérabilité du pied de talus à l'action érosive des vagues. On constate aussi que ce secteur ne dispose plus que d'une basse terrasse très étroite (< 5 m, hauteur de 3,0 m) qui peut encore aider à atténuer l'érosion, mais pour une période très limitée. D'autres conditions moins problématiques sont aussi observées où une large micro-terrasse est encore présente (voir la Figure 9). Par contre, même à cet endroit, le profil abrupt (parfois jusqu'à 60 degrés et plus) du haut de talus rend celui-ci très instable et sujet aux mouvements de masse gravitaires.

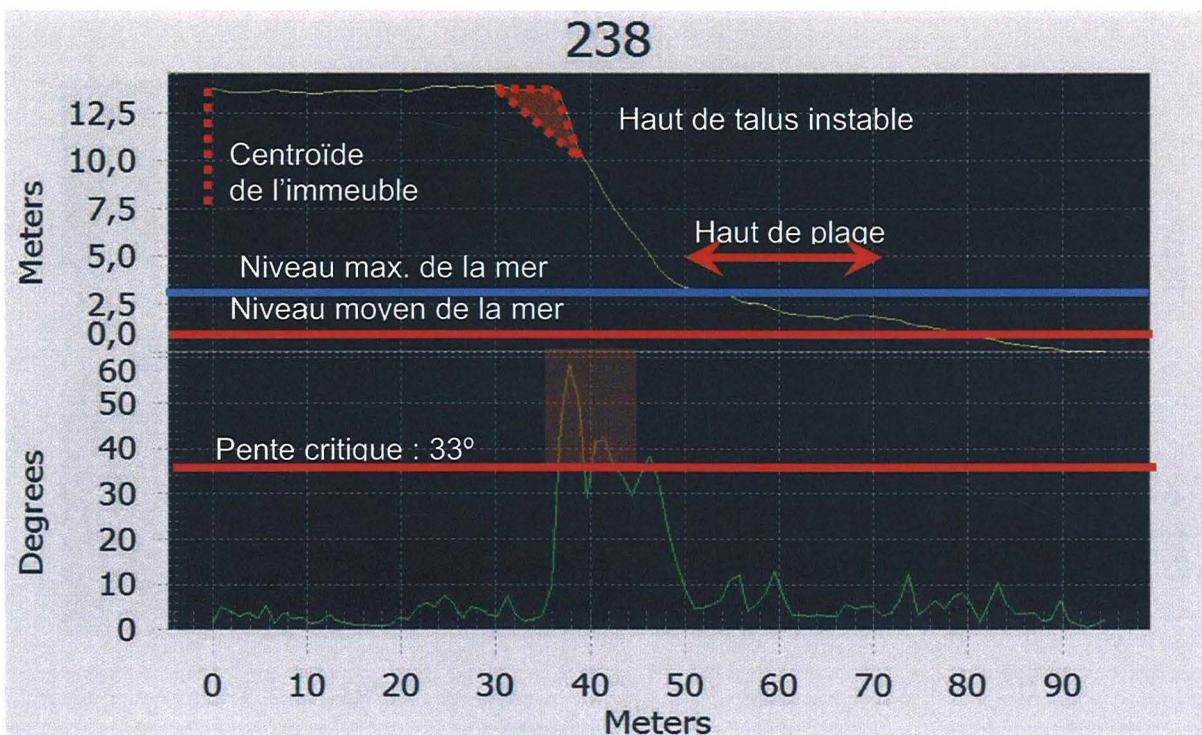


Figure 8: Profil transversal de la côte au droit du 238 Labrie Est - Valeur de la pente en vert - Autres indications de niveau

Un diagnostic est d'ailleurs établi à partir de l'état local actuel des lieux et des taux de recul historiques pour chacune des propriétés afin d'évaluer le mieux possible l'année où des mesures de retrait deviendraient obligatoires pour ne pas perdre le bâtiment ou mettre ses propriétaires en péril.

Les pentes des talus représentant un caractère important de vulnérabilité à l'érosion, une classification visuelle des pentes a été réalisée sur la côte à partir des données LIDAR. La Figure 11 présente le résultat obtenu. Force est de constater qu'il n'existe pas vraiment d'endroit sur la côte où les talus ne sont constitués que de pentes inférieures ou égales à 33 degrés. Les seuls éléments pouvant donner une certaine stabilité aux talus autrement instables serait la présence d'une végétation riveraine dense et bien enracinée ainsi qu'une micro-terrasse protectrice assez large d'une hauteur égale ou supérieure à 3 m. Bien sûr, la présence d'enrochements linéaires peut protéger le pied de talus de l'érosion, mais des processus physiques complètement différents provoquent une érosion intense en bout de protection et l'érosion de la plage en face des ces ouvrages, effets pervers maintenant fort bien documentés et qu'on peut observer à Pointe-aux-Outardes.

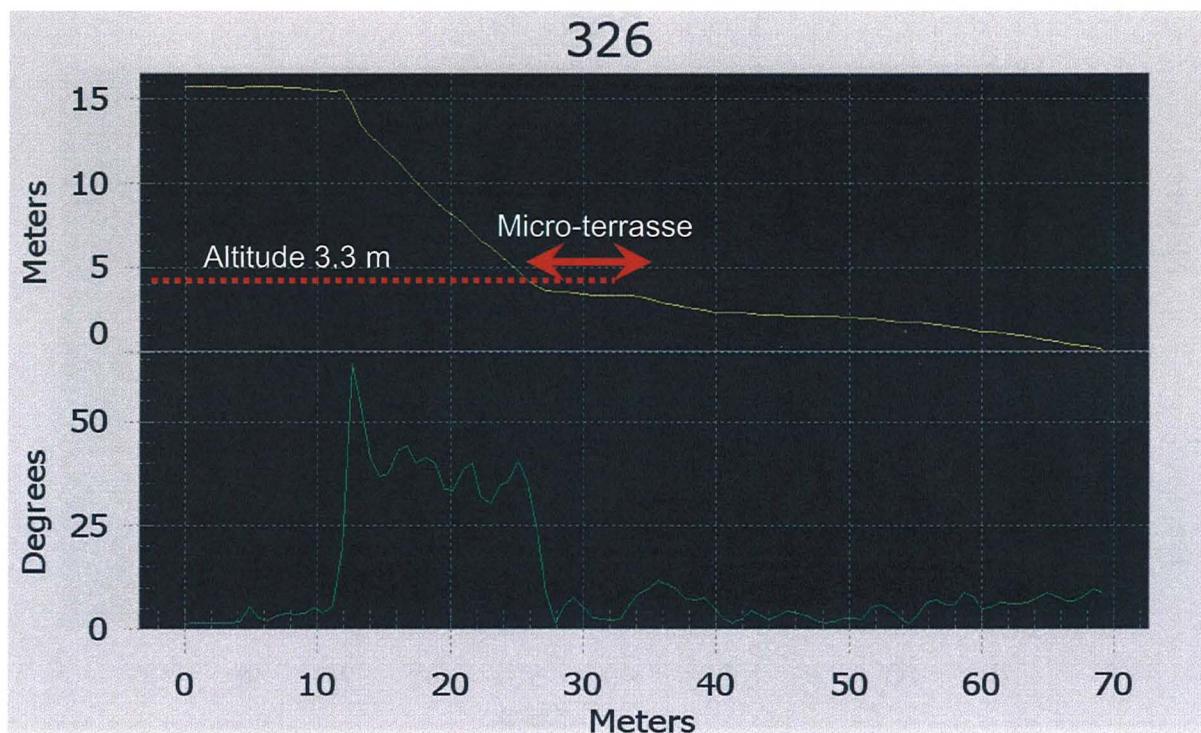


Figure 9: Exemple de profil transversal de la côte présentant encore une micro-terrasse (altitude de 3,3 m, largeur de 10 m) protectrice en pied de talus



4.4 État actuel de la côte

Prenant en considération les jeux de données précédents, il est possible de dresser un portrait sommaire de l'état actuel du milieu côtier (Figure 10). On distingue un long empierrement linéaire à l'ouest du quai municipal et quelques empierrements ponctuels disséminés à l'ouest du quai. Plusieurs segments sont actuellement en érosion active entrecoupés d'autres qui sont sur le point de s'activer à court ou moyen termes. À l'extrême ouest (Parc Nature), des hauts-fonds sont indicatifs d'une zone de déposition résultant d'une dynamique complexe de transport littoral.

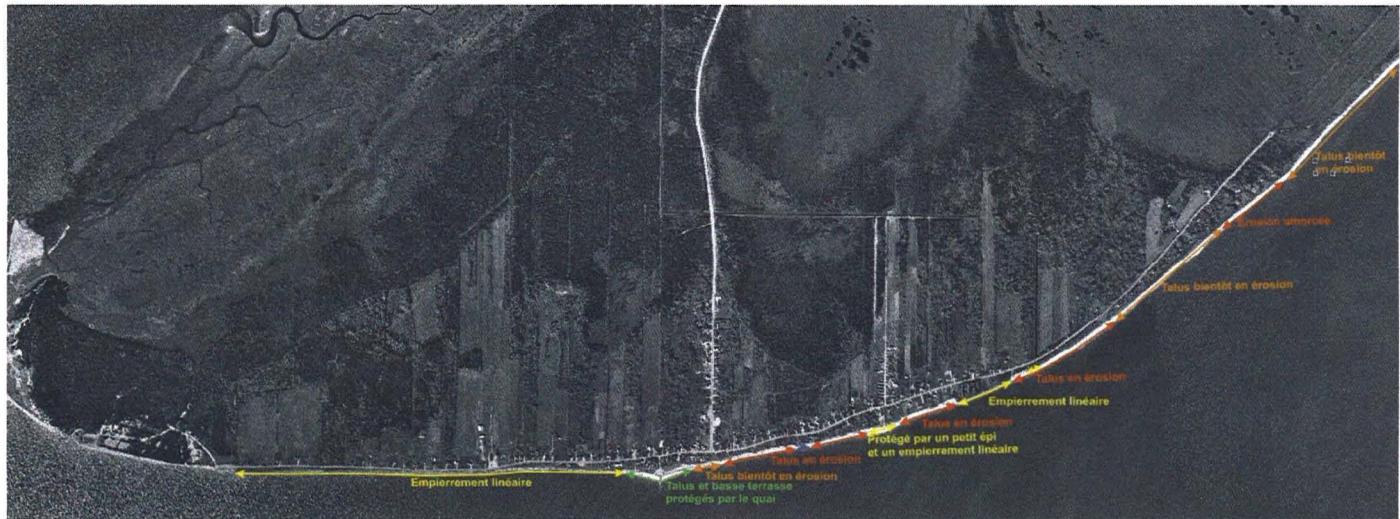


Figure 10: État actuel du milieu côtier - Pointe-aux-Outardes



4.5 Bilan sédimentaire : apports nets dus à l'érosion

4.5.1 Approche

Afin de mesurer l'ampleur du processus d'érosion à Pointe-aux-Outardes, l'établissement du bilan sédimentaire apparaît comme une étape essentielle. Idéalement, ce bilan s'effectue en quantifiant les volumes en entrées et sorties de matériaux meubles du système et en considérant leur emmagasinement sur les plages et sur la batture. Les limites du système sont définies longitudinalement par la cellule de Pointe-aux-Outardes, excluant cependant l'estuaire de la rivière aux Outardes comme tel. Transversalement, le bilan s'effectue à partir du haut de talus jusqu'à une « profondeur de fermeture » qui marque l'endroit où l'action du transport de sédiments par les vagues devient négligeable. Dans le cas de Pointe-aux-Outardes, cette profondeur n'est pas évidente à déterminer car elle varie en fonction de la marée, de la faible profondeur de la batture et de son étendue considérable vers le large (près de deux kilomètres).

Inclinaison des pentes rue Labrie, Pointe-aux-Outardes

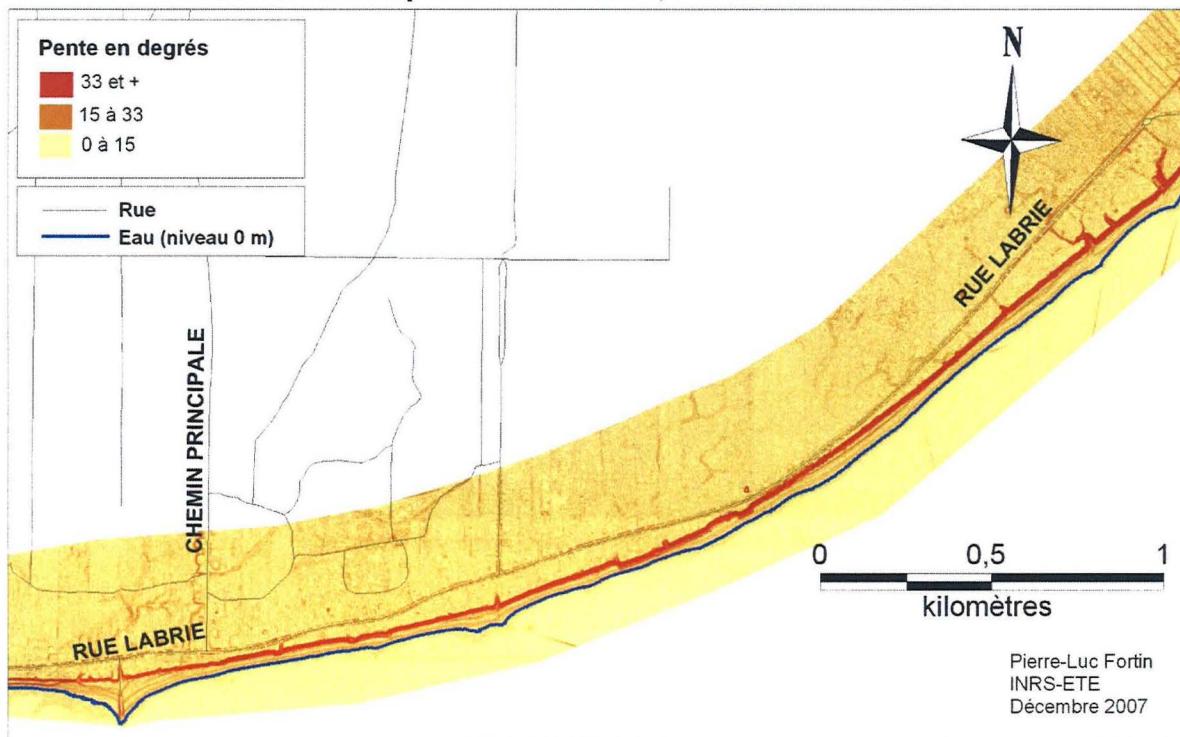


Figure 11 : Classification des pentes d'après le critère d'équilibre retenu (33 degrés)

Pour les fins de cette étude, nous considérons les conditions propices à l'attaque du pied de talus, soit les hauteurs extrêmes du plan d'eau (une cote 3,0 m en tenant compte des surcotes de vent et les cotes de 2,3 m pour les niveaux de marée haute extrêmes). Les profils d'équilibre d'une plage à Pointe-aux-Outardes sont donc établis en suivant la méthodologie usuelle, à savoir le niveau de



marée haute pour une grande marée (cote 2,3 m). La largeur de la plage sèche (sensiblement horizontale et à une cote supérieure au niveau de grande marée haute) est inférée de la largeur mesurée pour les tronçons de côte apparaissant stables et pour lesquels cette caractéristique est présente. La largeur minimum serait de 15 m. Le bilan s'effectue ainsi :

Entrées :

- Apport net à la limite amont (est) de la cellule par le Gros ruisseau qui est négligé à cause de la faible superficie du bassin versant qui contribue aux apports
- Apports par l'érosion des talus tributaires définis par leur hauteur, leur taux de recul moyen local (m/an) et leur fraction de particules fines susceptibles d'être emportées par les courants et les vagues, et qui n'offrent aucun potentiel de rétention sur les plages (matière organique, argile, silt)
- Apports transitoires en provenance de la batture (processus constructifs)

Sorties

- Pertes vers l'estuaire aux Outardes (transport longitudinal vers l'extérieur de la cellule)
- Pertes transitoires vers la batture (transport transversal, processus destructifs)

L'emmagasinement de sable dans le système (ici, il s'agit de la plage) forme une troisième composante qui sert à fermer le bilan des entrées et les sorties. Dans le bilan établi pour Pointe-aux-Outardes, la principale composante est, selon toute évidence, l'apport par l'érosion.

Une plage est considérée en équilibre sur une base annuelle si son bilan d'entrées-sorties est nul. Cette hypothèse est difficilement vérifiable sans au moins deux relevés topographiques précis et homogènes dans le temps (phase saisonnière, précision) car on observe fréquemment un phénomène de reconstruction de la plage en été (prépondérance des phénomènes constructifs) sous l'influence de vagues de beau temps, qui est suivi d'une phase destructive en hiver sous l'influence des vagues de tempêtes. L'analyse du phénomène est encore plus complexe, si l'on doit tenir compte de la variabilité des conditions subies d'une année à l'autre.

Lorsque le système est considéré comme étant en équilibre (bilan sur 5 ou 10 ans), alors la perte vers l'extérieur du système (estuaire, batture) est contrebalancée par les apports en première approximation, ce qui revient à considérer les plages en équilibre dynamique (pas d'emmagasinement, pas de perte nette).

L'apport annuel total en sable dû à l'érosion est obtenu par la formule suivante :

$$\text{Appart local} = \text{Hauteur de talus} \times \text{Taux de recul} \times \text{Largeur du lot}$$

Les calculs sont effectués à l'échelle du lot (données du rôle d'évaluation), pour toutes les variables. L'apport représenté par le recul de la micro-terrasse au pied des talus (haut de plage) n'a pas été pris en compte mais il pourrait représenter, là où le phénomène est présent, autour de 10% de l'apport potentiel local, une fois l'érosion du talus activée. Les données sur les taux de recul sont extraites d'un rapport présenté à la Conférence régionale des Élus (CRÉ) (Dubois *et al.*, 2005); elles sont illustrées à la Figure 12. Des observations plus récentes par Bernatchez de l'UQAR (réseau d'observations annuelles de repères de trait de côte) sont aussi prises en compte pour actualiser le portrait de la situation.

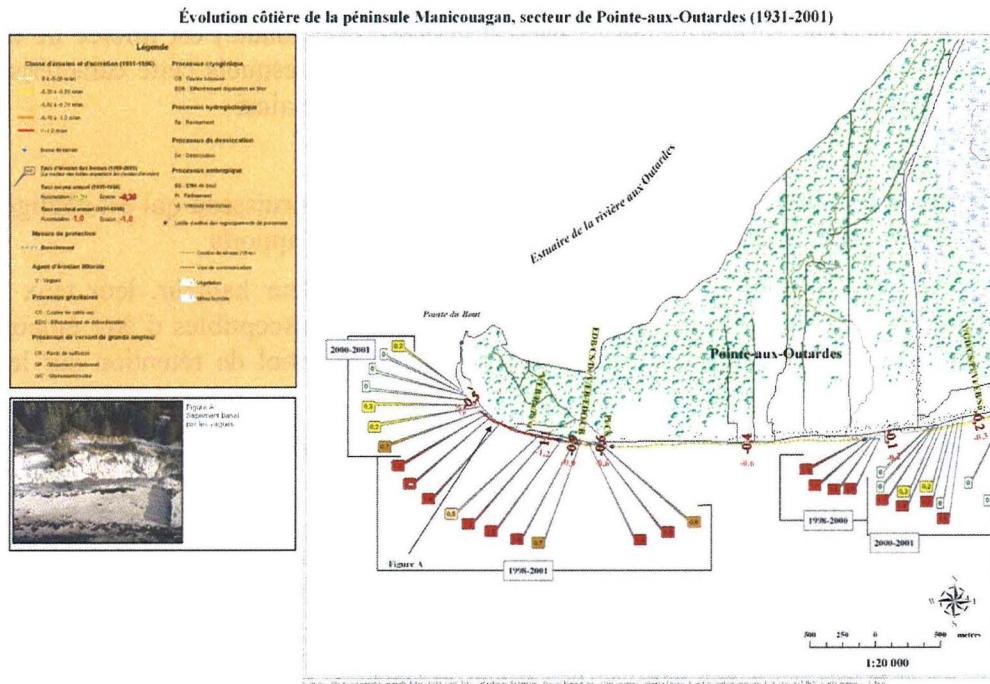


Figure 12 : Paramètres de l'érosion à Pointe-aux-Outardes (1996-2003) –
Extrait de Dubois et al. (2005)

L'apport net d'un talus au transit littoral est plus faible que le volume érodé brut puisqu'on doit tenir compte de la perte de la fraction fine offrant peu de possibilités de rétention sur la plage. Les dépôts meubles fins érodés et évacués vers la batture sont considérés comme des sorties nettes du système. Pour l'ensemble du secteur situé entre le quai de Pointe-aux-Outardes et l'extrémité est de la rue Labrie, un taux de perte de 10% vers la batture est appliqué (Bernard Long, INRS-ETE, Communication personnelle, 2008). Ce matériau va plutôt se déposer en couches fines sur l'ensemble de la batture et on assume que l'action glacielle se charge chaque printemps de les transporter vers le large (ROCHE, 1997; Grant et Provencher, 2007). Les dépôts argileux plus présents et qui affleurent dans les talus du segment situé à l'est du rond-point de la rue Labrie Est, diminuent fortement le taux de rétention de ces apports sur les plages. En conséquence, un taux de perte directe de 50% vers la batture est appliqué. À ce jour, l'érosion de ces talus n'est pas encore amorcée et leur prise en compte est fonction de leur date possible d'activation (0-10 ans).

Dans le bilan présenté ici, la composante « apport net » par l'érosion représente donc à elle seule la grande majorité du bilan sédimentaire de la côte à Pointe-aux-Outardes. C'est pourquoi, nous préférons faire référence à l'*apport net de l'érosion au bilan sédimentaire* dans ce qui suit.

4.5.2 Apport net au bilan sédimentaire de 2008

Basées sur les moyennes ponctuelles de taux de recul observées depuis 1996, et l'état d'activation des talus en 2008, l'apport net au bilan sédimentaire contribuant au transit littoral (plages) se situe à **37 000 m³/an**. Bien qu'il eut été possible de reconstituer en détails l'évolution de ces



apports au cours de la période d'observation 1996-2008 à partir des caractérisations disponibles de taux de recul au fil du temps, et de la position des repères de trait de côte, nous avons choisi plus simplement de rétro-projeter (extrapoler) les tendances actuelles (courbe d'évolution) dans le passé. Cette opération a permis d'inférer à **20 000 m³/an** le niveau d'apports nets qui aurait eu cours au milieu des années 90'. Force est de constater à prime abord que le phénomène d'érosion s'accroît d'année en année à la faveur de l'activation progressive des talus qui, si elle ne change pas les taux de recul moyens, accroît la longueur du segment de côte contributeur de sédiments.

L'époque antérieure à 1996 a vraisemblablement connu une évolution comparable qui fut stoppée par la mise en place d'empierrements linaires du côté ouest du quai municipal. Il est cependant difficile d'estimer les volumes nets d'apports en sable fournis par la côte avant l'empierrement, peu de données publiques étant disponibles pour ce faire. Cependant, Long (Bernard Long, INRS-ETE, Communication personnelle, 2008) indique que les taux de recul moyens observés de la côte jouxtant la rue Labrie Ouest étaient alors typiquement de 1,2 m/an, une valeur similaire à celles observées à l'est aujourd'hui. Par contre, la hauteur inférieure des talus du secteur Ouest (environ 10 m ou moins) apportait une contribution inférieure à celle provenant des talus du secteur Est (13-16 m). Il est aussi à noter que, dans le bilan sédimentaire de ce segment de côte, l'abaissement progressif du profil de plage consécutif à l'implantation d'empierrements a pu représenter transitoirement un portion importante du bilan.

Si l'on remonte encore dans l'histoire, selon de nombreux témoignages de résidents, l'érosion au cours des nombreuses décennies ayant précédé l'activation des talus était relativement faible comparée à la situation présente, ce qui nous porte à croire, sous toutes réserves, que le bilan des apports sédimentaires nets devait se situer à environ **5000 m³/an**, voire moins, sans que ne soient compromises l'existence et la stabilité du profil de la plage.

4.5.3 Prévision sur l'horizon 30 ans : une hémorragie appréhendée

Afin d'établir une prévision sur l'horizon de référence de l'étude (2038), des hypothèses doivent être posées, notamment par rapport à la séquence d'activation des talus, à l'évolution des taux de recul par rapport aux observations existantes et à l'impact possible des changements climatiques sur l'équilibre de la batture.

Dans le premier cas (activation des talus), l'observation minutieuse de l'état des micro-terrasses (largeur résiduelle, hauteur) et de leur évolution récente (tendance lourde) a permis de prédire l'année probable où les micro-terrasses disparaîtraient complètement, donnant prise à l'activation de l'érosion des talus par l'action combinée des vagues, des événements de grande marée et/ou des surcotes. Les documents consultés sont principalement les séquences vidéographiques oblique et verticale disponibles au MSP et réalisées en 2006 à partir d'un hélicoptère et la base de données disponible au MSP sur les taux de recul. En pratique, l'apport net est calculé seulement à partir de l'année où le talus est sensé s'activer, s'il ne l'est pas déjà. Le taux de recul appliqué alors est la valeur moyenne observée sur la côte à proximité. Sur l'horizon de 30 ans, toute la côte formant le front de mer de la cellule hydro-sédimentaire serait alors en recul.

Concernant les changements climatiques, ceux-ci pourraient changer la donne considérablement en étant accompagnés d'un relèvement différentiel du niveau de la mer par rapport à la batture (1,2 mm/an) de la disparition ou de l'influence décroissante de la banquise côtière (qui peut avoir



un effet protecteur) et de l'accroissement de la fréquence des événements de tempête ayant prise sur les côtes. Dans ce contexte, il est nécessaire de mesurer la sensibilité du bilan sédimentaire à ce facteur. Jean-Pierre Savard (Ouranos, Communication personnelle, 2008), suggère de considérer deux alternatives aux paramètres actuels d'érosion : une amplification par un facteur de 150% des taux de recul actuels à la fin de la période de référence (2038), et une diminution par un facteur de 67%, la première valeur étant sans doute plus vraisemblable. Un scénario « diminution » a été considéré parce que les taux de recul actuels, considérés comme élevés vis-à-vis des taux historiques, pourraient ne refléter qu'une situation temporaire dans l'évolution dynamique du trait de côte. Pour les fins du calcul, le rythme d'augmentation du taux de recul des talus a été posé linéaire entre aujourd'hui et la fin de la période de référence.

Ces hypothèses posées, il est possible d'estimer l'évolution possible des apports nets au bilan sédimentaire sur la période de référence. La Figure 13 montre les résultats de ce calcul. Si la valeur actuelle des apports se situe à 37 000 m³/an (autour de 40 000 m³/an si l'on inclut la micro-terrasse et les pertes de matériaux fins vers la batture), cette valeur serait susceptible d'évoluer vers un plafond de **55 000 m³/an** dans 10 ans seulement, valeur qui pourrait se maintenir au voisinage de **60 000 m³/an** pour les vingt années suivantes, la longueur totale des segments de côte en érosion étant plafonnée par la longueur non protégée du trait de côte de la cellule.

Si l'hypothèse pessimiste des changements climatiques se confirmait, toutes ces valeurs seraient majorées : 63 000 m³/an dans 10 ans et 85 000 m³/an à la fin de la période de référence de 30 ans (2038). À l'opposé, même un ralentissement des conséquences des changements climatiques ne réussirait pas à ralentir les apports sédimentaires qui continueraient d'augmenter à 50 000 m³/an en 2018 pour ensuite diminuer au niveau d'aujourd'hui en 2038. Toutefois, l'avis des spécialistes du climat tend malheureusement à accréditer le scénario le plus pessimiste, ou dans le meilleur des cas, celui perpétuant la situation existante.

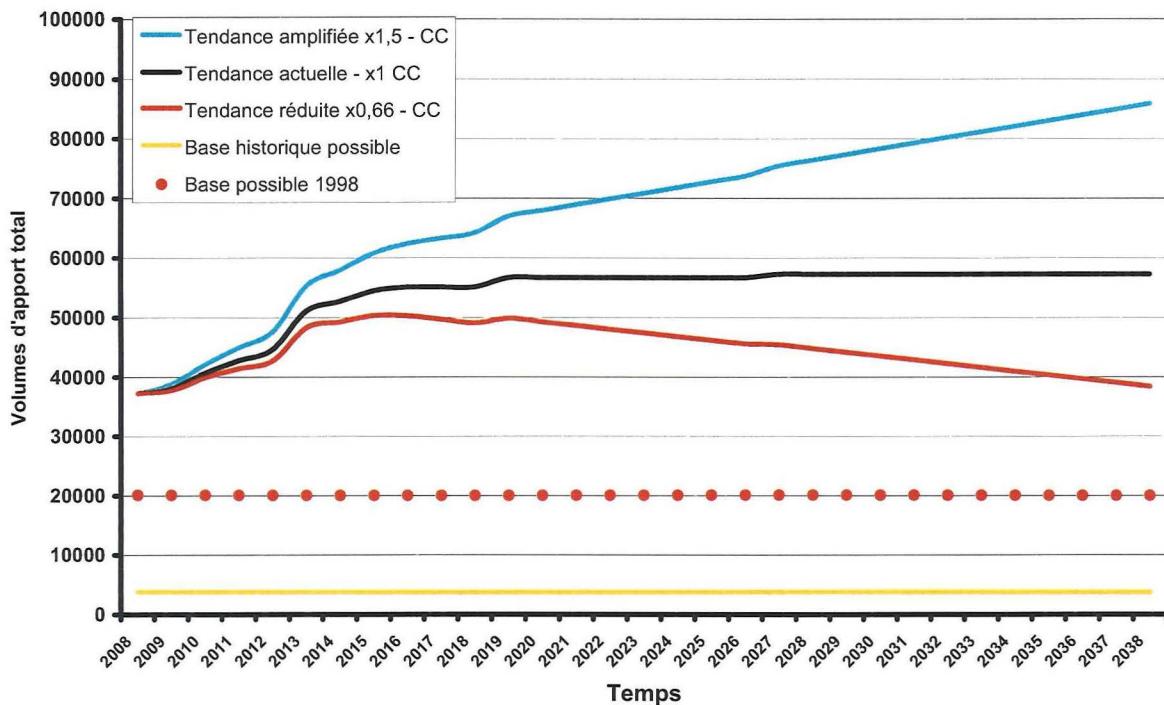


Figure 13: Prévision de l'évolution des apports sédimentaires nets par l'érosion à Pointe-Aux-Outardes

4.5.4 Causes possibles

Les causes possibles de cette évolution accélérée, potentiellement catastrophique, de la côte par rapport aux conditions historiques sont multiples et parfois hypothétiques, dans le sens qu'aucune étude particulière et publique n'est disponible pour porter un véritable diagnostic sur la genèse de la problématique. La plupart des facteurs identifiés sont cependant d'origine anthropique et s'inscrivent dans une suite logique d'impacts environnementaux cumulatifs d'interventions à la pièce ou n'ayant donné lieu à aucune mesure d'atténuation. On peut mentionner les facteurs souvent mentionnés dans la bibliographie:

- Perturbations de l'équilibre hydro-sédimentaire de l'estuaire de la rivière aux Outardes relié aux activités humaines (urbanisation, exploitation des ressources hydriques, modifications du régime hydrique)
- Implantation et modifications apportées au quai municipal (rétention transitoire du transit sédimentaire littoral)
- Empierrements linéaires ou ponctuels le long de la côte (accélération du transit, réduction de la capacité de rétention locale au niveau de la plage, effets de bout, érosion de la plage)
- Circulation motorisée sur la plage et le haut de plage qui détruit la végétation protectrice et fragilise les dépôts secs



- Perforations ponctuelles et/ou linéaires de la couche de sol « indurée » imperméable qui favorisent l'infiltration d'eau superficielle à partir des talus, la percolation sur les couches d'argiles sous-jacentes et la résurgence au milieu des talus. Ceci favorise le décrochement de la végétation protectrice
- Changements climatiques qui accélèrent l'érosion.

On ne peut désigner des coupables de cet état de fait mais force est de constater que les causes de l'érosion à Pointe-aux-Outardes sont systémiques et résultent d'activités humaines volontaires dont les conséquences étaient inconnues, ignorées ou négligées. La solution recherchée devra tenir compte de la complexité de ces causes, de l'équilibre fragile de la cellule hydro-sédimentaire déjà fortement perturbé ainsi que des aléas qu'elle subit actuellement.

Elle s'appuie forcément sur une connaissance des conditions hydrodynamiques actuelles et passées. L'analyse de ces conditions est l'objet du prochain chapitre.

4.6 En résumé

L'établissement du bilan sédimentaire de la cellule couvrant le secteur de la rue Labrie à Pointe-aux-Outardes indique que l'apport net de matériaux dû à l'érosion se situerait aux environs de **37 000 m³/an en 2008** et que cette valeur croîtrait rapidement vers un plafond de **55 000 m³/an en 2018** alors que tous les segments de côte vulnérables à cet aléa se seraient activés. L'incertitude reliée aux changements climatiques pourrait porter la valeur de 2018 à **65 000 m³/an**, chiffre qui pourrait continuer de croître à **85 000 m³/an** en considérant une accélération linéaire des taux de recul moyen par un facteur de 1,5 sur 30 ans. L'hypothèse optimiste, soit une diminution des taux de recul à 67% du taux actuel sur la même période ne réussirait pas à compenser l'apport lié à l'augmentation de la longueur des segments activés.

Ce portrait sédimentaire suggère que la Pointe-aux-Outardes subit actuellement une **perte massive** du sable de ses côtes qui résulte d'un déséquilibre morphosédimentaire mis en place au cours des décennies précédentes, sans doute relié à l'accumulation de causes anthropiques principalement. On ne peut qu'en conclure que c'est le sort d'une bonne partie de la communauté qui est en cause ici et que le défaut d'adopter les mesures de stabilisation appropriées en compromettrait sérieusement la pérennité des installations résidentielles et infrastructures présentes.

Les causes de cet état de fait sont multiples et elles se sont mises en place graduellement au cours de l'histoire : *mode d'occupation du territoire, perturbations du régime hydrique, fausses protections, interventions à la pièce sans considération de l'équilibre de la batture, circulation motorisée sur la plage*. Il en est résulté une situation typique *d'impacts environnementaux cumulatifs* dont aucun intervenant particulier ne peut à lui seul porter la responsabilité.



5 Sollicitations hydrodynamiques

Les phénomènes hydrodynamiques responsables de l'érosion des berges ont été l'objet de maintes publications les décrivant sous un angle qualitatif. L'élaboration de solutions pour la protection ou le ré-équilibrage sédimentaire des côtes doit toutefois s'appuyer sur l'expérience passée (bonne ou mauvaise) et sur une formulation scientifique développée et acceptée par les spécialistes du domaine maritime. Les formules élaborées par ces spécialistes sont basées sur des analyses approfondies et sont débattues lors de colloques et symposiums spécialisés. La paramétrisation adéquate de ces formules permet de les particulariser en fonction de conditions propres à chaque site étudié. Cette particularisation s'effectue entre autres par l'analyse de séries temporelles de niveau d'eau, de vagues et de vent au site d'intérêt.

Ce chapitre présente d'abord une caractérisation de l'estran de la péninsule de Manicouagan. Des analyses suivent, qui permettent de caractériser les marées, d'évaluer l'importance des surcotes dues aux tempêtes et d'estimer les hauteurs et la provenance des vagues en eau profonde et près des rives pour cette région. Les résultats obtenus sont par la suite utilisés pour obtenir une première évaluation des volumes de matériau requis améliorer la protection de la côte. Ce dernier aspect est traité au chapitre 7 « Inventaire des types de solutions : contexte d'application ».

5.1 L'estran de la péninsule de Manicouagan

Au Québec, on confond souvent la batture (dont la définition est censée être une zone constituée de rochers sur lesquels viennent se briser les vagues) et l'estran qui est la partie du littoral qui est couverte et recouverte par la marée, donc la zone située entre les niveaux connus des plus basses et plus hautes mers. La Figure 14 présente la carte marine de la région, sur laquelle sont identifiées les « battures » de Manicouagan, qui pourraient être qualifiées d'estran. Dans la suite du texte, les deux définitions seront acceptées pour décrire cette zone. L'aéroport de Pointe-Lebel est également identifié sur cette figure. Les données de vents de la station météorologique située à cet aéroport sont nécessaires pour établir le climat des vagues.

La péninsule de Manicouagan est caractérisée par un large estran de faible profondeur et faible pente, qui s'étend vers le large sur une distance qui peut atteindre deux kilomètres. Les profondeurs chutent ensuite rapidement vers le fond du chenal laurentien dont la cote géodésique est inférieure à -300 m.

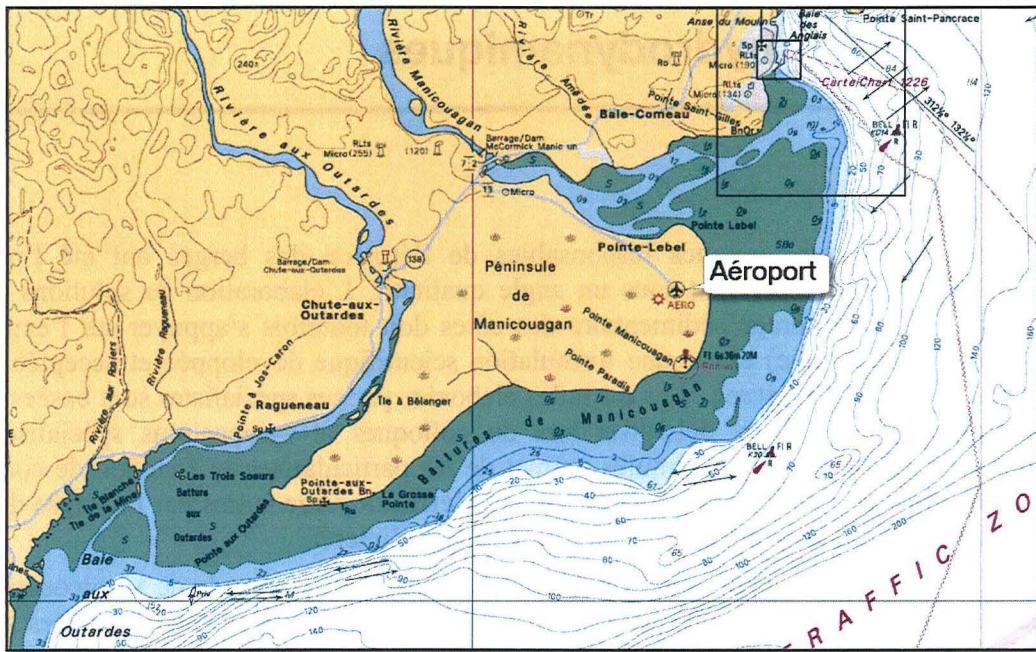


Figure 14 : Carte marine de la région de la péninsule de Manicouagan

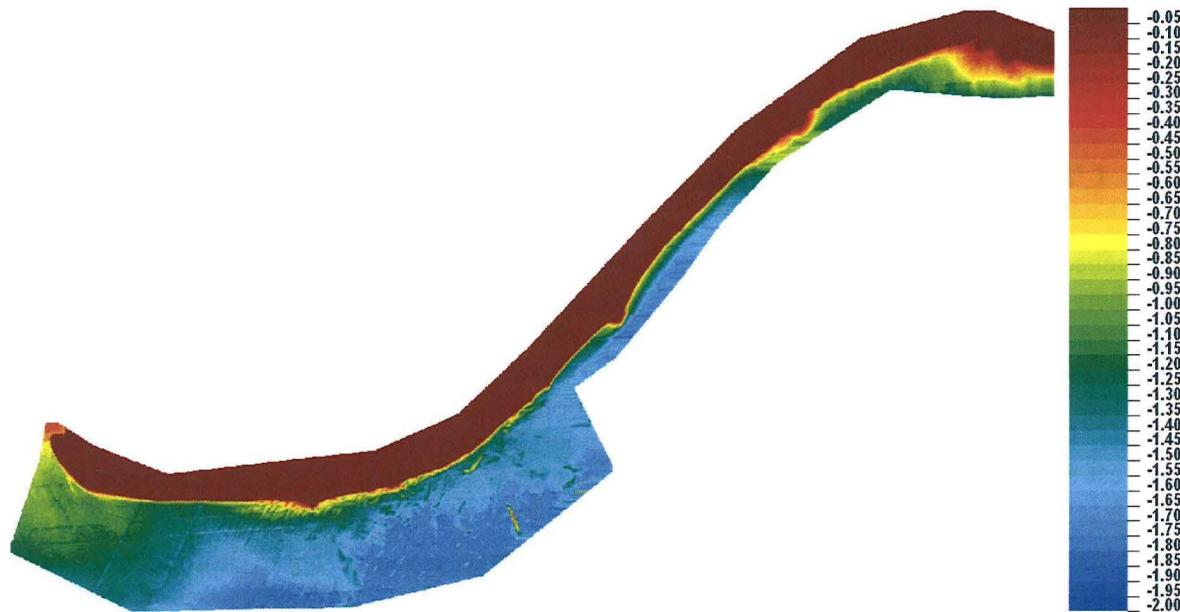


Figure 15 : Image de synthèse du relevé LIDAR effectué à l'été 2007

Un relevé LIDAR qui couvre partiellement l'estran a été effectué à l'été 2007. La Figure 15 est le résultat d'un traitement de lissage générant une grille dont les cellules ont 9 m de côté. La Figure 16 présente une image de synthèse à haute résolution produite par la firme ayant procédé au relevé LIDAR. Le lecteur qui désire étudier la bathymétrie de l'estran de façon plus



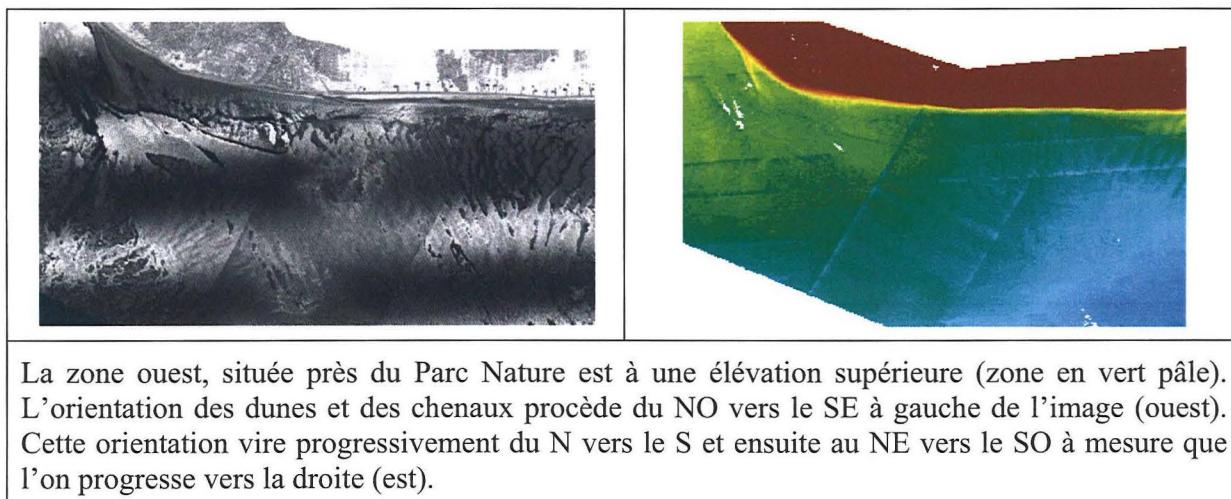
approfondie est prié de consulter la version électronique du document et d'amplifier le zoom à 500% ou de consulter l'annexe C qui contient des vues choisies de l'estran.



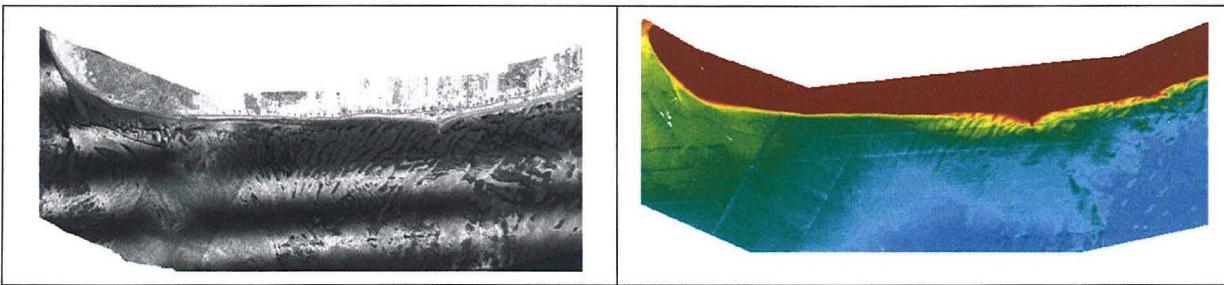
Figure 16 : Image de synthèse à haute résolution de l'estran Pointe-aux-Outardes

5.1.1 Particularités de l'estran

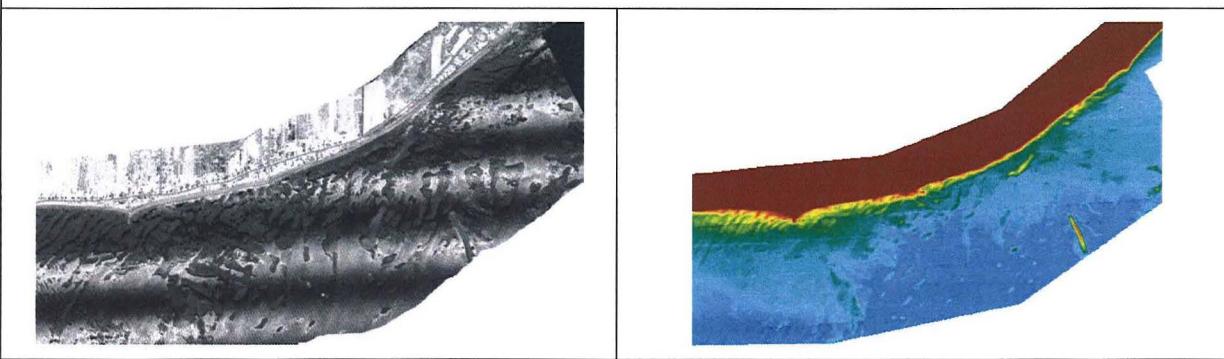
L'analyse de ces figures indique certaines particularités très importantes pour comprendre la dynamique sédimentaire. Elles sont décrites ci-après.



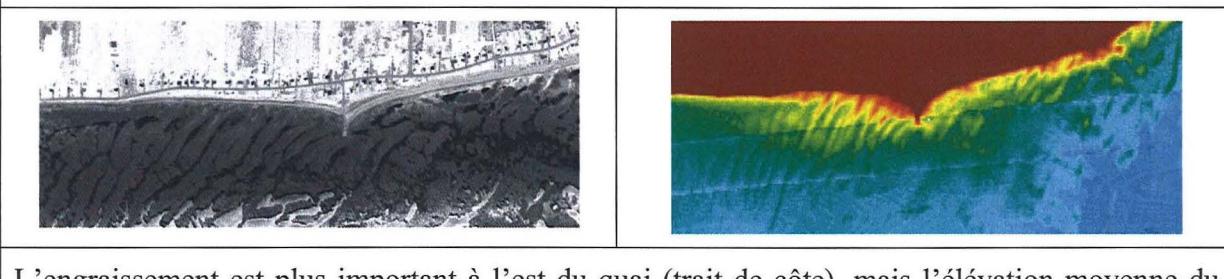
La zone ouest, située près du Parc Nature est à une élévation supérieure (zone en vert pâle). L'orientation des dunes et des chenaux procède du NO vers le SE à gauche de l'image (ouest). Cette orientation vire progressivement du N vers le S et ensuite au NE vers le SO à mesure que l'on progresse vers la droite (est).



Plus loin à l'est, l'orientation des dunes et des chenaux de vidange est très bien définie et d'orientation SO vers NE tout juste à l'ouest du quai et devient S vers N environ 1 km à l'ouest de l'ancien quai



L'orientation des dunes est moins bien définie à l'est du quai. On observe la présence d'une barre parallèle à proximité de la rive et d'une barre transversale à environ 800 m de la rive.



L'engrassement est plus important à l'est du quai (trait de côte), mais l'élévation moyenne du fond est supérieure sur une plus grande superficie à l'ouest du quai. Les traits en vert foncé indiquent une orientation générale d'azimut 25°-205°.

Figure 17 : Particularités morphologiques propres à l'estran de Pointe-aux-Outardes

5.1.2 Système de dunes situé à l'ouest du quai

Quatre transects suivant la crête de dunes et quatre transects approximativement perpendiculaires à ceux-ci sont présentés à l'Annexe C : Etran de la Pointe-aux-Outardes – Imagerie LIDAR. Le transect 5, apparaissant en jaune sur la Figure 18 est celui qui représente le mieux l'espacement entre les dunes. Les crêtes des dunes peuvent être reliées par une droite de pente 450H : 1V. Il faut noter que la distance peut varier légèrement, selon l'orientation choisie du transect. L'ordre de grandeur est toutefois correct.

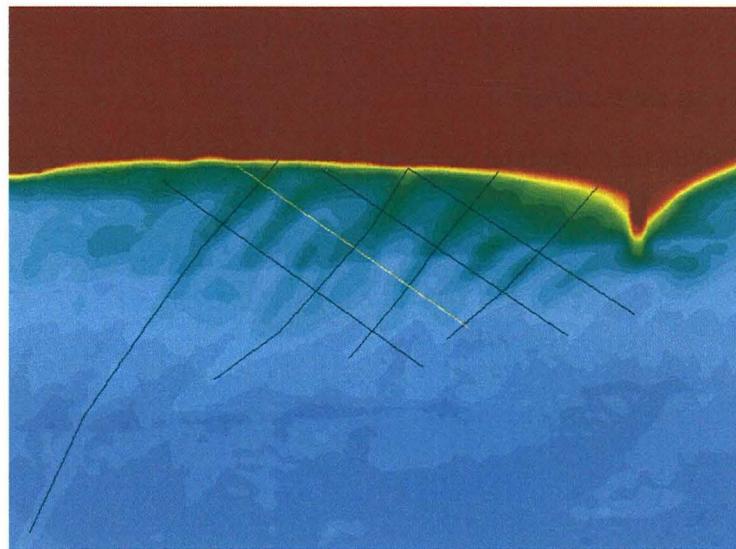


Figure 18 : Transect permettant d'évaluer la distance entre les dunes situées à l'ouest du quai

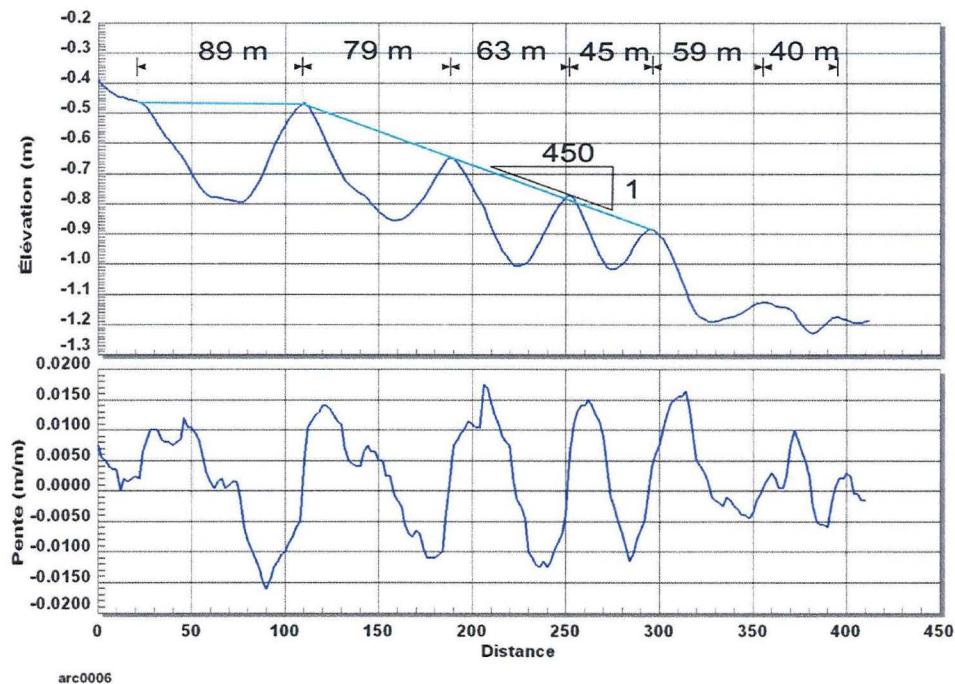


Figure 19 : Caractéristiques des dunes à l'ouest du quai municipal



5.1.3 Profil type de l'estran

La Figure 20 présente un profil type de l'estran dans la région située à l'est du vieux quai.

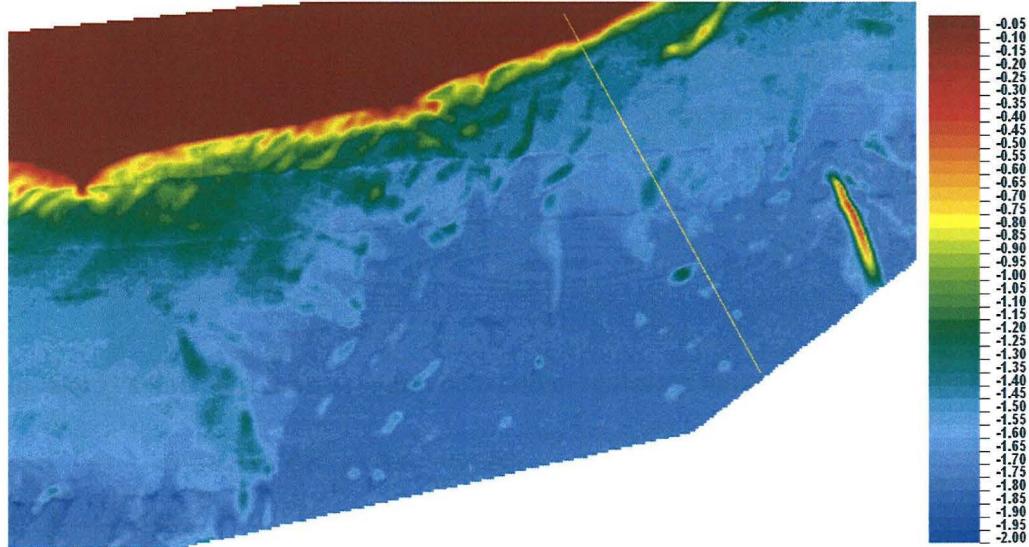


Figure 20 : Vue en plan d'une section superposée sur les relevés LIDAR de l'estran

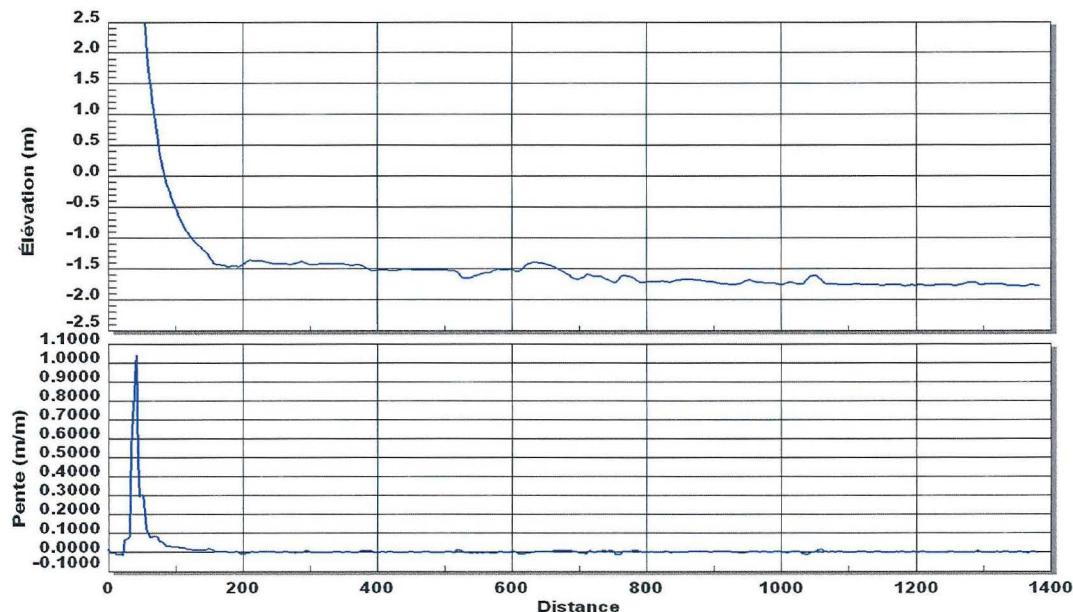


Figure 21 : Vue en profil d'une section superposée sur les relevés LIDAR de l'estran

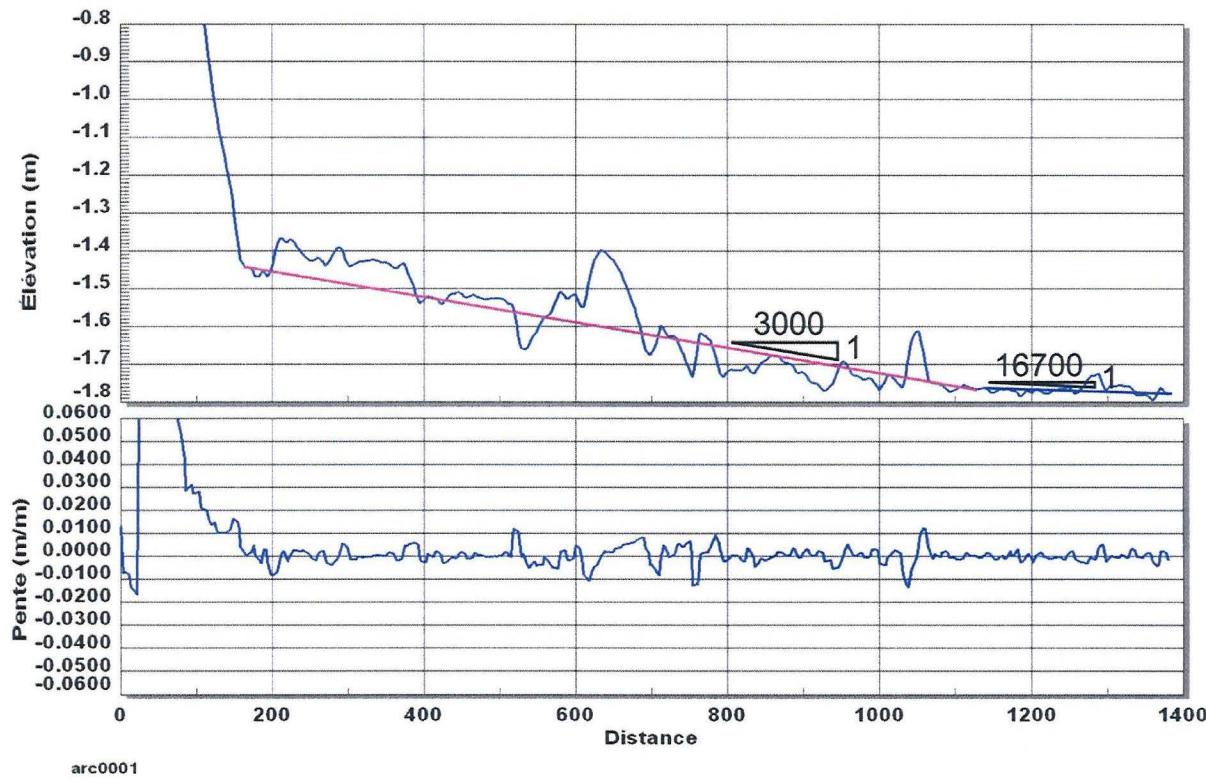


Figure 22 : Agrandissement vertical de la zone de l'estran et pentes approximatives

On observe que la pente de la plage est relativement forte, jusqu'à ce qu'on atteigne la cote -1,5 m. En s'éloignant vers le large, on rencontre des dépôts qui occasionnent un rehaussement du fond d'une dizaine de cm, 20 cm au plus. La pente moyenne est de l'ordre de 3000 H pour 1V sur environ 800 m. Elle devient cinq fois plus faible à un kilomètre de la rive.

5.1.4 Recherche de la zone active de transport de sédiments

On cherche à obtenir un ordre de grandeur de la zone active du transport de sédiments par observation de la morphologie de l'estran et en consultant l'information recueillie en lien avec l'expérimentation d'épis de fascines en rive (Système d'épis Savard-Maltais ou SESM).

5.1.4.1 Largeur de bande déduite des relevés LIDAR

La Figure 23 illustre la bathymétrie dans l'intervalle des cotes -2 à +2 m (géodésique). Ce choix d'intervalle fait apparaître une bande caractérisée par un vert foncé qui semble, sous toute réserve, identifier ce qui pourrait être la zone active de transport. Pour des profondeurs plus grandes, les structures bathymétriques apparaissent moins évidentes. D'une façon tout à fait subjective, nous avons tracé un trait jaune sur ce que nous estimons être cette limite (Figure 24)

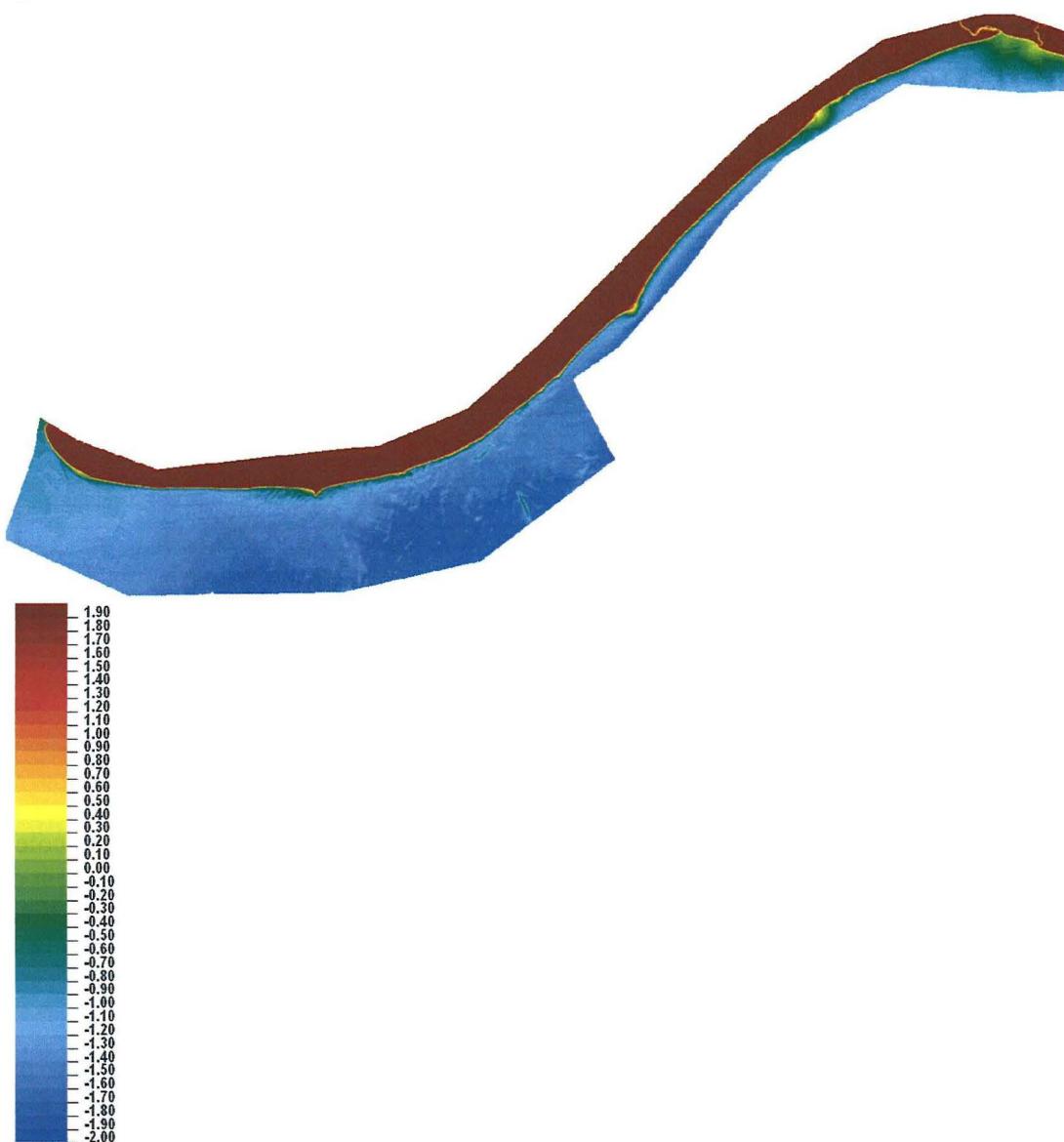


Figure 23 : Grille de 9 m de résolution – Cotes du fond entre -2 et 2 m

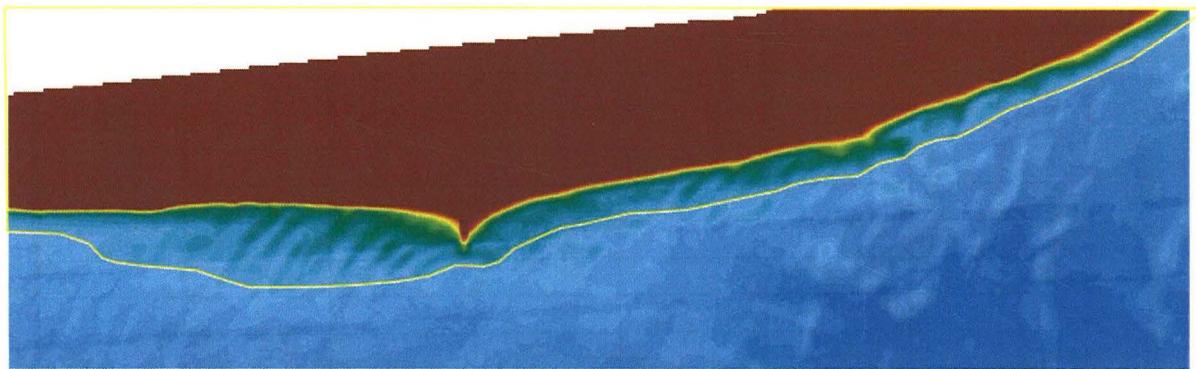
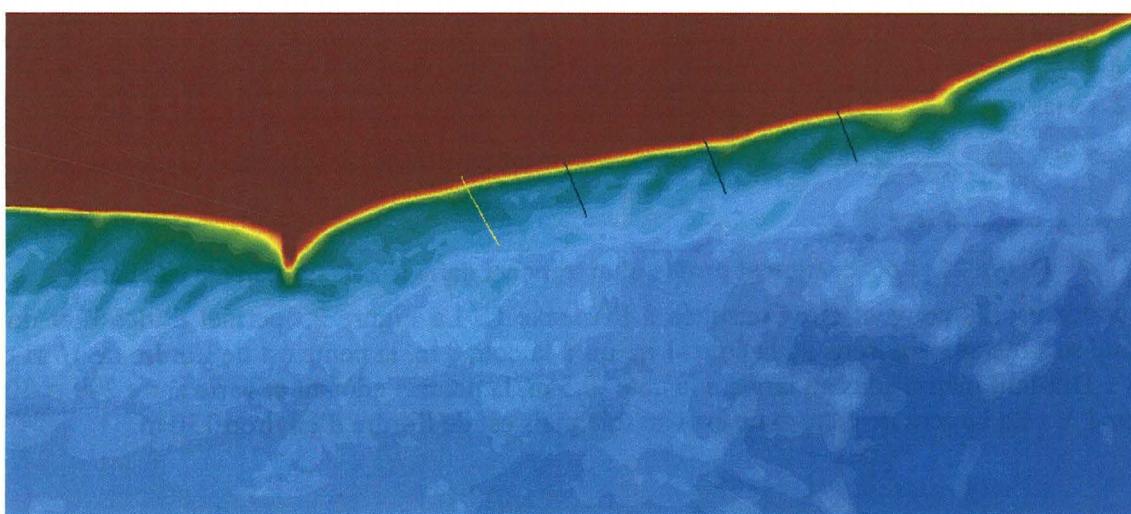


Figure 24 : Délimitation subjective des deux zones bathymétriques distinctes



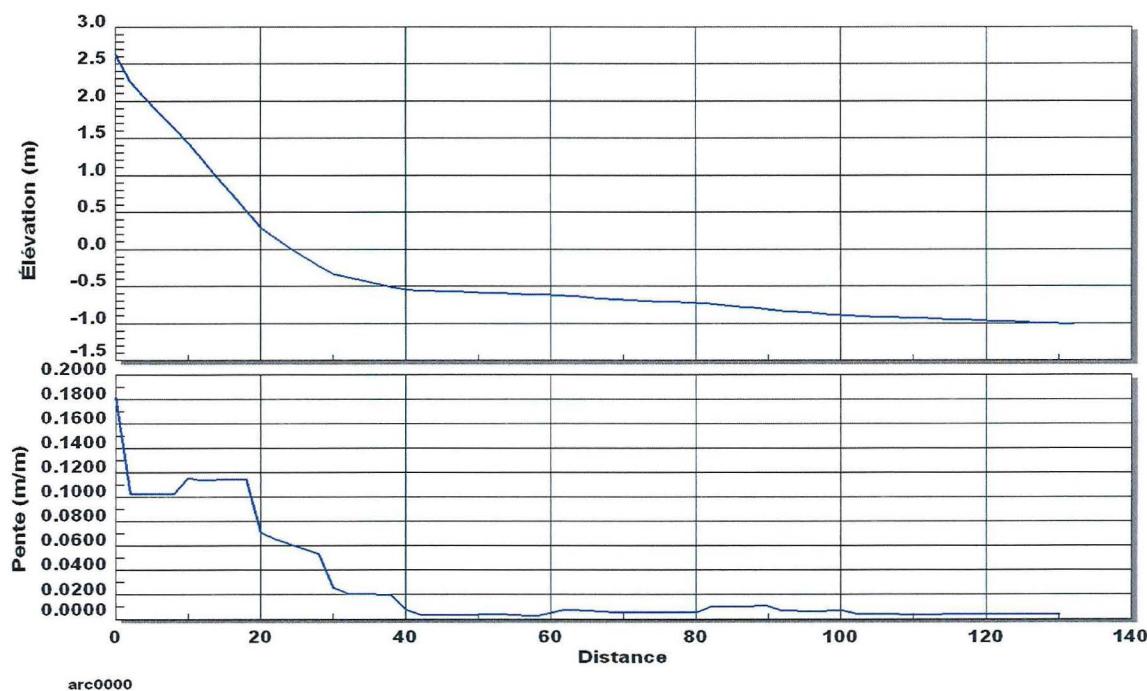


Figure 25 : Localisation et profils d'un transect dans la zone proximale à la berge

Tous les profils peuvent être consultés à l'Annexe C. La Figure 25 permet d'identifier que la limite se situe aux environs de la cote -1 m, qu'à la cote 0 m, la pente est de l'ordre de 16 H pour 1 V. Dix-huit mètres plus au large, à la cote -0,5 m, la pente s'adoucit et varie entre 200 et 300 H pour 1 V. La largeur de cette zone est variable mais est de l'ordre d'environ 130 m.

5.1.4.2 Largeur de la bande active obtenue par relevés

Dans le rapport produit par GÉNIVAR (2002) pour Hydro-Québec et le comité ZIP de la rive nord de l'estuaire, on mentionne, à la page 25 que « Tant à Baie-Saint-Ludger qu'à Pointe-aux-Outardes, les variations de volume sont principalement concentrées dans la bande de 25 m longeant le bas du talus ». Ces relevés ont été réalisés de juin 2000 à décembre 2001.

5.1.4.3 Discussion

Les relevés réalisés par GÉNIVAR (2002) indiquent qu'il existe une bande de forte variation induite par l'implantation des épis SESM sur les premiers 25 m de plage. Cette valeur est intéressante, notamment pour l'élaboration d'une recharge de la plage. L'étude des formes sur l'estran indique une zone qui s'étendrait jusqu'à la profondeur -1,0 m. Ceci donne une largeur d'environ 130 m mais qui est variable. Toute implantation d'épis devrait être faite à l'intérieur de cette bande et leur longueur devrait être sensiblement inférieure à cette valeur pour assurer un transport littoral au large des épis.



5.1.5 Zone de transport actif : résumé

L'étude de l'estran a permis d'établir l'ordre de grandeur des pentes, de reconnaître que le fond est surélevé près de l'embouchure de la rivière aux Outardes et que la zone de transport se situerait dans la bande délimitée par la cote inférieure de -1,0 m. Ces valeurs sont importantes et seront utiles lors de l'étude des variantes de protection.



5.2 Les marées

Les marées sont le produit des forces d'attraction produites par la lune et le soleil ainsi que par le mouvement de rotation de la terre sur elle-même et autour du soleil (Forrester, 1983). Le phénomène étant périodique, il est possible d'analyser une série de mesures de niveau d'eau et d'en tirer des valeurs d'amplitude et de phase qui permettent de caractériser l'importance de la marée en un site précis et même de la prédire avec une relative précision.

Les données disponibles pour Baie-Comeau couvrent la période 1968 à 1991. Les données pour la station de Pointe-au-Père & Rimouski, située sur la rive sud approximativement au même méridien couvrent une période plus longue de deux décennies, de 1958-2006. L'analyse complète des signaux est présentée en annexe (Annexe D : Analyses du signal de marée), où nous reportons l'essentiel des résultats résumés dans cette section. L'analyse a démontré que les signaux de marée enregistrés aux deux sites sont pratiquement similaires, avec un marnage qui est légèrement inférieur pour la station de Baie-Comeau (Figure 26). Cette figure illustre également le caractère variable de l'amplitude de l'onde de marée. Son intensité dépend de la position de la lune par rapport au soleil. Ainsi, les marées sont plus fortes (marées de syzygie ou grandes marées) lorsque la lune et le soleil, en conjonction (nouvelle lune) ou en opposition (pleine lune), conjuguent leurs forces (Forrester, 1983, Thompson, 1984).

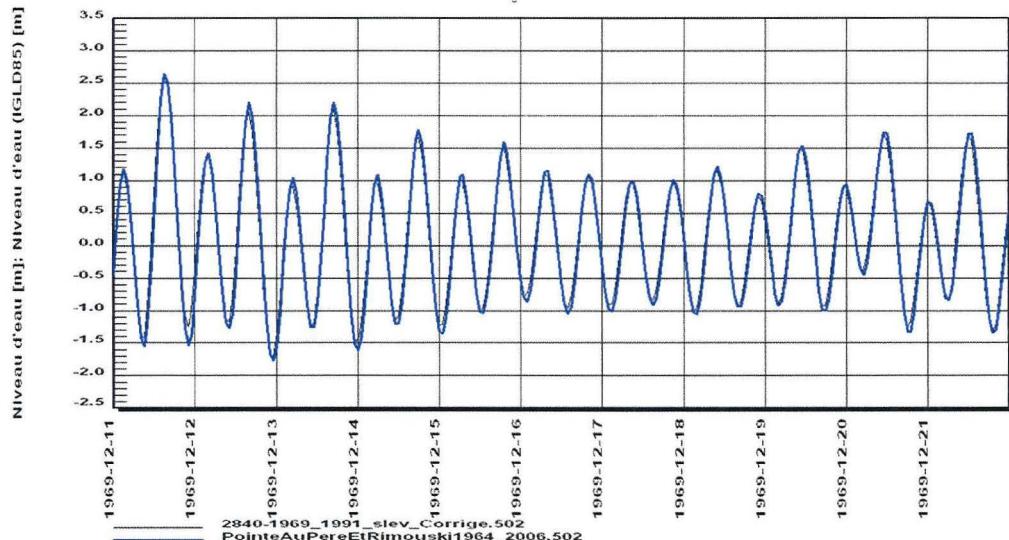


Figure 26 : Comparaison des signaux de marée de Baie-Comeau et Rimouski

La Figure 27 présente le signal de marée enregistré à Baie-Comeau de 1969 à 1991. On observe que les niveaux maximums atteignent parfois la cote (géodésique) 2,5 m et rarement 3,0 m. Le niveau maximum mensuel atteint fréquemment une cote située entre 2,0 et 2,4 m. Le signal en bleu présente les variations du niveau d'eau moyen provoquées par le passage des perturbations atmosphériques (variations barométriques et effets du vent).

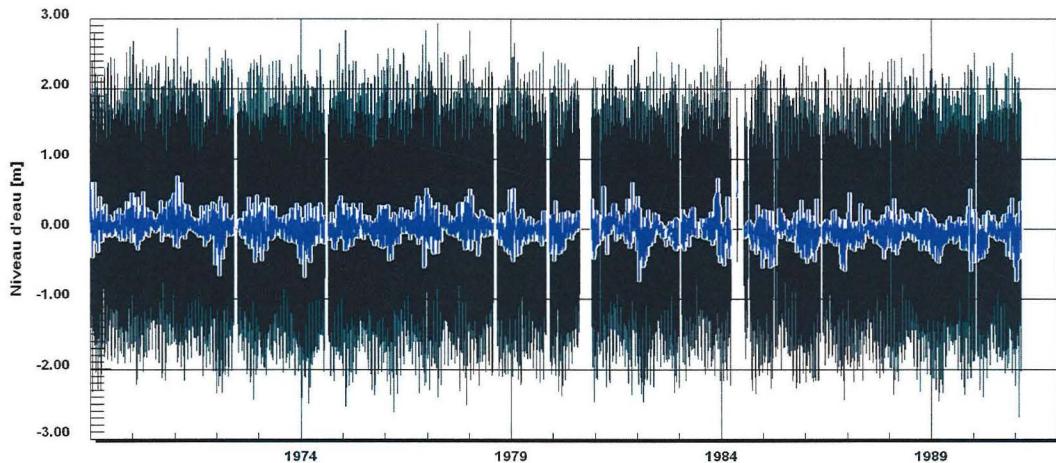


Figure 27 : Signal de marée (référence géodésique) mesuré à Baie-Comeau (1969-1991)

Le Tableau 1, d'une forme similaire au tableau 2 des tables de marées produites par le Service Hydrographique du Canada (SHC), présente les caractéristiques de la marée aux deux sites, obtenues par une analyse harmonique réalisée pour les deux séries temporelles. Les résultats de l'analyse du signal de Rimouski concordent avec les valeurs émises par le Service hydrographique du Canada, entité de Pêches et Océans Canada, dans le volume 3 de la « Table des marées et courants du Canada 2004 ».

Tableau 1 : Caractéristiques de la marée pour Baie-Comeau et Rimouski

Site	Hauteur						Niveau moyen de l'eau	Marnage		
	Pleine mer supérieure		Basse mer inférieure		Extrêmes enregistrés			Marée moyenne	Grande marée	
	Marée moyenne	Grande marée	Marée moyenne	Grande marée	Pleine mer	Basse mer		m	m	
Baie-Comeau	1,5	2,3	-1,3	-1,8	2,93	-2,69	0,0	2,9	4,2	
Rimouski	1,6	2,5	-1,4	-2,0	3,5	-3,2	0,0	3,1	4,4	

L'analyse indique une marée d'amplitude légèrement supérieure pour Rimouski. Le niveau de la pleine mer supérieure grande marée (PMSGM) est de 2,3 m pour Baie-Comeau. C'est cette valeur qui est retenue pour établir la cote à laquelle doit être la plage sèche, notion qui sera décrite ultérieurement dans le chapitre traitant des alternatives de protection. Les niveaux affichés au Tableau 1 font abstraction des variations dues aux surcotes et aux décotes (à l'exception des extrêmes enregistrés). Ces variations sont traitées à la section suivante



5.3 Surcotes et décotes

La Figure 28 illustre la variation du niveau moyen enregistré à la station de Baie-Comeau pour toute la période d'enregistrement. Tel que mentionné à la section précédente, la courbe en bleu illustre la variation du niveau d'eau moyen associée au passage des perturbations atmosphériques et aux effets du vent (surcote due au vent ou « wind setup »). Ce signal est obtenu par l'application du filtre de Doodson $A_{24A} A_{24A} 25$ qui permet d'éliminer pratiquement toute influence de la marée et d'isoler la contribution des perturbations atmosphériques (vent, pression). On peut ainsi établir les valeurs extrêmes des surcotes.

Pour Baie-Comeau, les valeurs extrêmes de surcotes atteignent occasionnellement une valeur de 0,7 m mais ne dépassent pas 0,8 m. Il faut mentionner que la durée d'une surcote importante est d'au moins un cycle de marée mais que cet événement ne se conjugue pas nécessairement avec les épisodes de grande marée. Pour obtenir une cote exceptionnellement élevée, il faut donc qu'il y ait simultanéité d'une pleine mer supérieure grande marée et du passage d'une dépression importante (Figure 29).

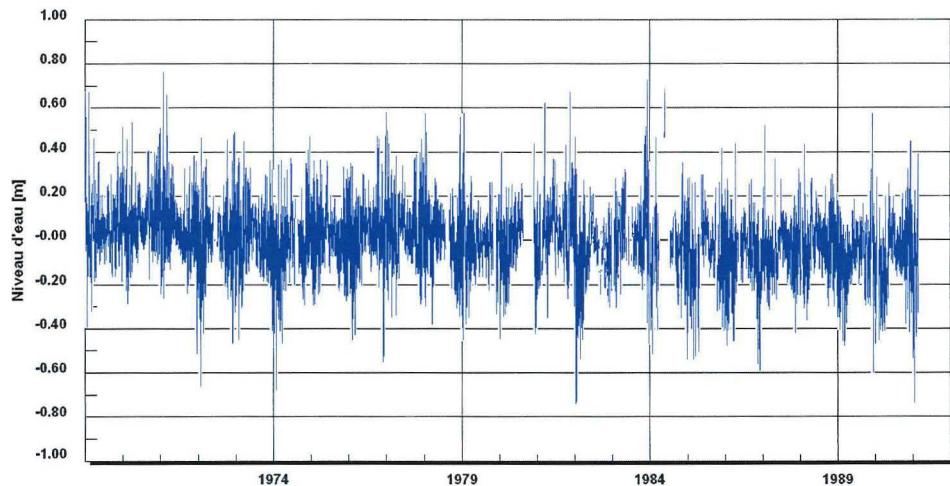


Figure 28 : Variation du niveau d'eau moyen à Baie-Comeau – Marée filtrée

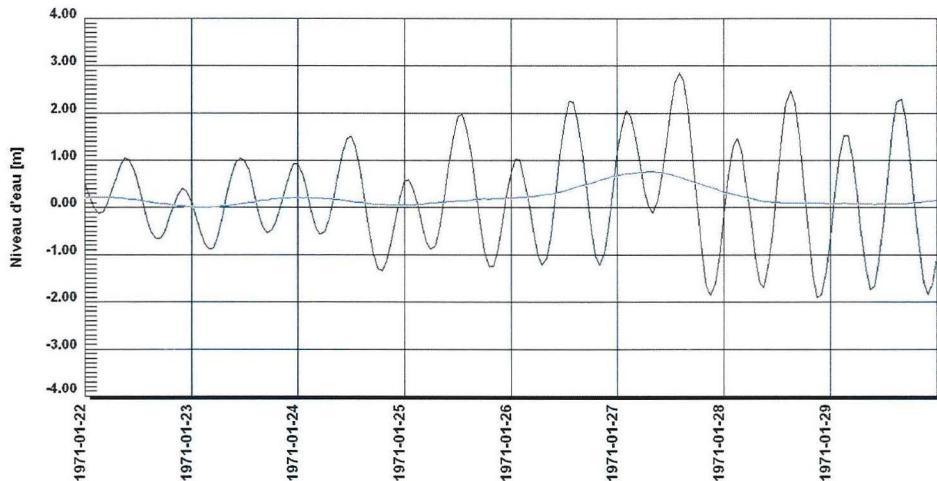


Figure 29 : Effets d'une surcote sur l'onde de marée (22-29 janvier 1971)

5.4 Analyse statistique des niveaux extrêmes

Afin d'évaluer la fréquence des épisodes extrêmes où se conjuguent les deux types d'effet, on peut procéder à l'analyse des valeurs extrêmes de niveau d'eau. D'emblée, établissons qu'un partie du signal de niveau d'eau est déterministe ou prévisible (signal de marée) et qu'une partie est aléatoire (surcotes et effets dus au vent et aux vagues), donc imprévisible à long terme. Les niveaux d'eau extrêmes sont une combinaison de ces deux parties et on peut considérer que les extrêmes annuels sont statistiquement indépendants entre eux et que l'influence de la partie aléatoire des surcotes est suffisante pour induire une répartition qui puisse être ajustée à une loi d'extrêmes. C'est en s'appuyant sur ces prémisses que de tels ajustements ont été réalisés avec les niveaux extrêmes annuels enregistrés à Baie-Comeau et Rimouski. L'ajustement est réalisé avec la méthode des moments et on recherche un alignement des points avec la droite d'ajustement. La Figure 30 présente le résultat obtenu avec un ajustement à la loi Log-Pearson III.

On obtient une relation permettant de prédire les niveaux extrêmes pour différentes périodes de retour. Pour les travaux à Pointe-aux-Outardes, on peut retenir une durée de vie utile de 50 ans et dimensionner avec les valeurs de période de retour correspondante. Le niveau d'eau qui serait atteint pour cette période de retour est d'environ 3,0 m. Ce niveau se compare bien avec le niveau de 2,3 m de la Pleine Mer Supérieure Grande Marée (Tableau 1) auquel on ajouterait une surcote de 0,7 m. Comme les surcotes importantes dépassent rarement 0,7 m (trois épisodes sur 21 ans en consultant la Figure 28), la probabilité qu'une telle surcote se produise en même temps qu'une marée haute extrême est nécessairement plus faible. L'Annexe D : Analyses du signal de marée, contient les ajustements réalisés avec quelques lois d'extrêmes et le Tableau 2 synthétise les résultats obtenus.

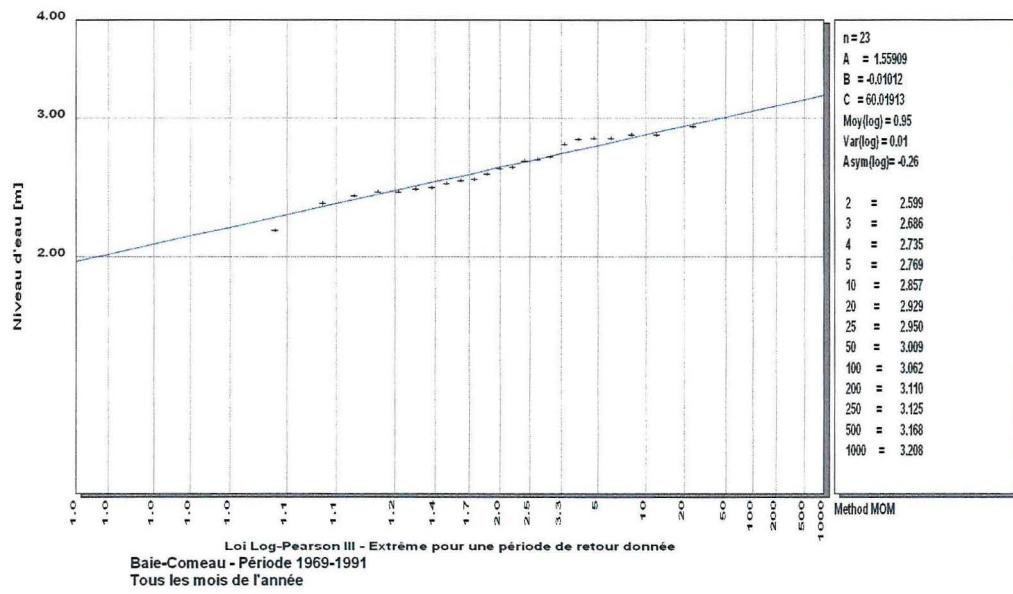


Figure 30 : Ajustement des niveaux extrêmes annuels à la loi Log-Pearson III

Tableau 2 : Niveaux d'eau extrêmes établis par ajustements à des lois statistiques d'extrêmes

Référence	Site	Loi statistique		
		Log-Pearson III	Log Normal-2	Weibull
2 ans	Baie-Comeau	2,6	2,59	2,60
	Rimouski	2,71	2,71	2,72
5 ans	Baie-Comeau	2,77	2,76	2,77
	Rimouski	2,83	2,83	2,84
10 ans	Baie-Comeau	2,86	2,86	2,86
	Rimouski	2,90	2,90	2,90
20 ans	Baie-Comeau	2,93	2,94	2,92
	Rimouski	2,95	2,95	2,95
25 ans	Baie-Comeau	2,95	2,97	2,94
	Rimouski	2,97	2,97	3,01
50 ans	Baie-Comeau	3,01	3,04	2,99
	Rimouski	3,01	3,02	3,01
100 ans	Baie-Comeau	3,06	3,10	3,04
	Rimouski	3,06	3,06	3,04



5.4.1 Résumé - Paramètres de dimensionnement - Marée

Pour l'étude des solutions de protection, on retient une valeur de 2,3 m comme étant fréquemment atteinte par les hautes marées du mois, de 2,6 m comme pouvant être atteinte en moyenne une année sur deux, de 2,9 m une année sur 10 et finalement de 3,0 m pour une période de retour de 50 ans.

5.5 Le régime des vagues en eau profonde

Près des côtes, ce qu'on appelle le « *climat des vagues* » est fortement influencé par le relief bathymétrique lorsque les profondeurs sont faibles, une atténuation importante de la hauteur et de l'espacement des vagues se produisant. Or, l'amplitude, la période des vagues et même leur direction de propagation sont des paramètres importants servant à décrire l'importance des sollicitations hydrodynamiques ayant cours sur la plage et le pied de talus. Les conditions particulières de la péninsule Manicouagan, décrites à la section 5.1, font en sorte qu'il faut d'abord établir quel est le régime des vagues en eau profonde pour ensuite, avec l'aide d'un modèle de propagation, calculer la déformation des vagues en eau peu profonde.

5.5.1 Mesures du régime des vagues dans l'estuaire du Saint-Laurent

On recourt normalement aux mesures directes pour analyser le régime des vagues et, le cas échéant, valider les modèles. La localisation des mouillages des bouées qui servent à enregistrer les vagues est disponible sur le site du Service des Données sur le Milieu Marin d'Environnement Canada (SDMM), sont indiqués à la Figure 31. On constate qu'il n'existe pas de relevés de vagues en rive nord du Saint-Laurent dans la région de la péninsule Manicouagan, et que la plupart des mouillages sont localisés en rive sud de l'estuaire.

Pour des raisons que nous verrons par la suite, ces mouillages sont de peu d'utilité pour décrire le régime des vagues pour la rive nord. Notons toutefois le mouillage de Mont-Louis qui est le seul couvrant une période prolongée et qui s'avère intéressant pour cerner la distribution des vagues dans une zone caractérisée par de longs plans d'eau en direction sud-est et sud-ouest.

La caractérisation du régime des vagues qui modèlent les rives de la péninsule Manicouagan requiert d'obtenir d'abord le régime des vagues en eau profonde, tout juste au large des battures. Ces vagues se propagent ensuite vers les berges, subissant des transformations tout au long de leur parcours au-dessus de l'estran long de quelques kilomètres et caractérisé par de faibles profondeurs. Les deux prochaines figures illustrent la forme typique de la batture dans la zone d'intérêt. La profondeur n'est que de -1,8 m géodésique à 1,1 km de la rive pour la section présentée.

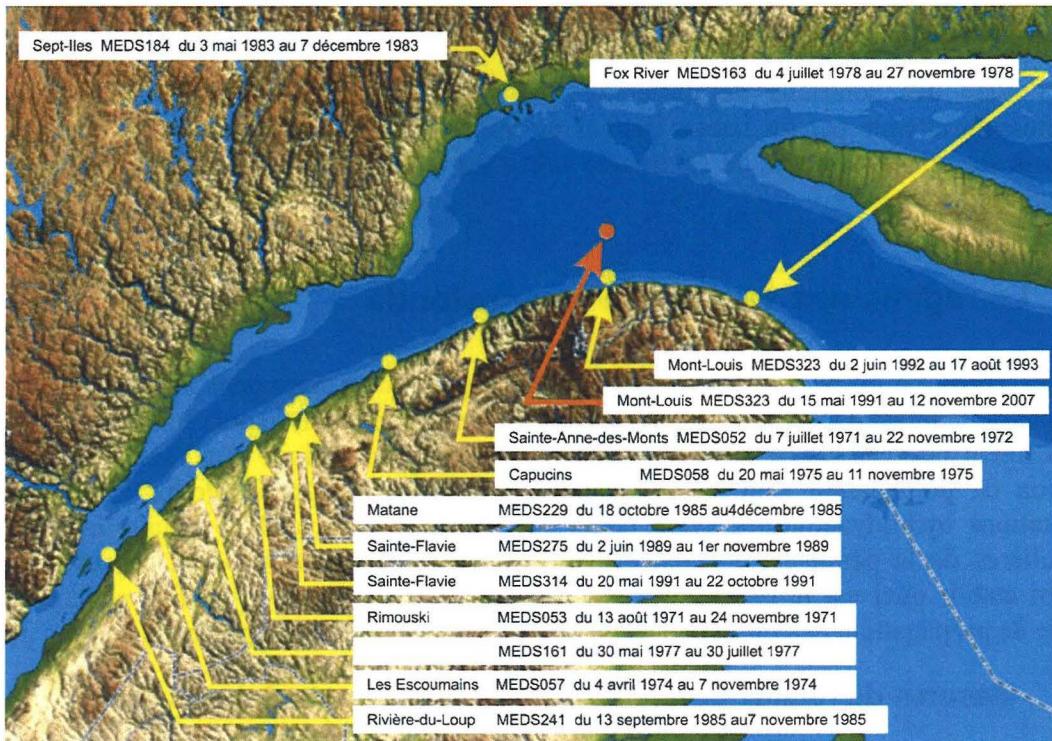


Figure 31 : Localisation des mouillages de bouées mesurant les vagues (SDMM)

La série de mesures doit être suffisamment longue pour qu'on puisse l'analyser statistiquement. Comme une telle série est inexistante, on se rabat sur une reconstitution du régime des vagues à partir de la série de vents horaires mesurés à l'aéroport de Pointe-Lebel et un modèle mathématique de génération des vagues à partir de mesures de vent.

5.5.2 Génération du régime des vagues à partir du vent

Le modèle de génération du régime de vagues est décrit dans Dupuis *et al* (1996) et a été développé et appliqué avec succès pour reconstituer les vagues mesurées sur les grands réservoirs du Complexe La Grande dans le moyen nord québécois. Une description sommaire de la théorie est présentée à l'Annexe E : Génération des vagues avec une série de vents horaires.

5.5.2.1 Données de vent

Les valeurs horaires d'intensité et de direction du vent, mesurées à l'aéroport de Pointe-Lebel, ont été obtenues d'Environnement Canada. La série débute en 1964 et se termine à la fin de 2006. Ces valeurs sont utilisées en intrant au modèle de génération. Le modèle requiert également d'établir la longueur effective du plan d'eau sur lequel le vent a pris pour générer la vague. Cette longueur effective dépend forcément de la direction du vent.

5.5.2.2 Calcul du fetch



La Figure 32 présente les radiales tracées à partir d'un point focal situé en eau profonde près de la péninsule de Manicouagan. La position retenue permet de maximiser les longueurs du fetch effectif (longueur effective soumise aux vents dominants), ce qui donnera un estimé conservateur des hauteurs de vagues en eau profonde, soit avant qu'elles subissent les transformations inhérentes à leur propagation en eau peu profonde.



Figure 32 : Radiales et fetch effectif en eau profonde au large de la Péninsule de Manicouagan

5.5.2.3 Niveaux d'eau

Les conditions d'attaque de la berge, et particulièrement du pied de talus, sont critiques à marée haute et durant les tempêtes. À marée basse, les vagues se brisent sur l'estran et n'ont donc aucun impact en rive. On a vu à la section 5.2, que les niveaux d'eau mesurés à Baie-Comeau ne couvrent que la période 1969-1991. On choisit plutôt les niveaux d'eau (similaires) mesurés à Rimouski pour obtenir une série de niveaux d'eau qui soit aussi longue que celle des vents mesurés à Pointe-Lebel. De plus cette station n'est pas influencée par les courants de rivière comme pourrait l'être celle de Baie-Comeau avec ceux de la rivière Manicouagan.

5.5.2.4 Régime des vagues

Le régime des vagues est donc généré pour la période 1964-2006 avec les données de vent horaire de Pointe-Lebel. Les résultats sont présentés à la Figure 33. On y voit que la hauteur de



vague significative n'a dépassé la valeur de 5 m que 3 fois durant toute la période. La Figure 34 présente les pourcentages de non-dépassement pour chacune des années de la série. La variabilité est forte pour les épisodes peu fréquents, ce qui est normal. La hauteur de vague qui est dépassée 1 % du temps est de l'ordre de 2 m.

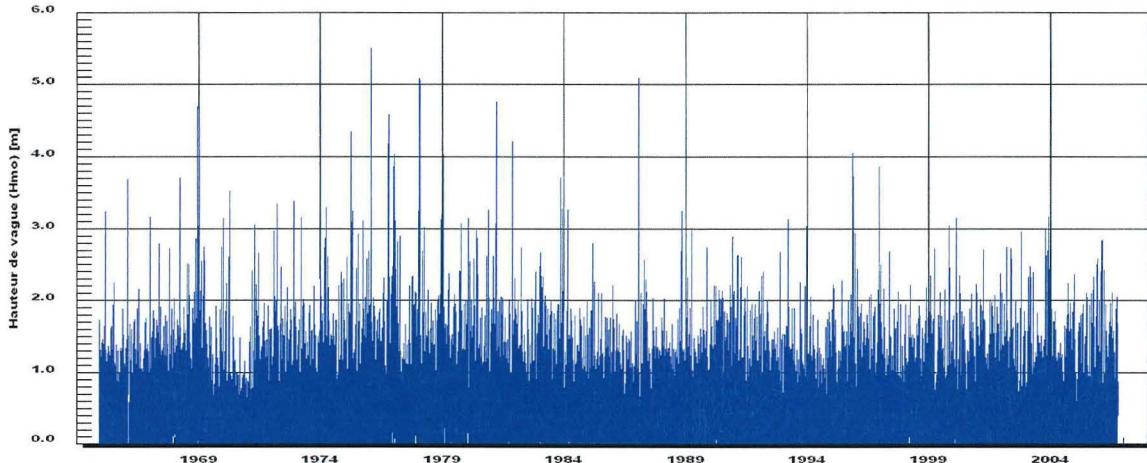


Figure 33 : Régime des vagues générée pour Pointe-aux-Outardes

Pourcentage de non-dépassement de la hauteur de vagues significative
Vagues au large de Pointe-aux-Outardes - Point POA8

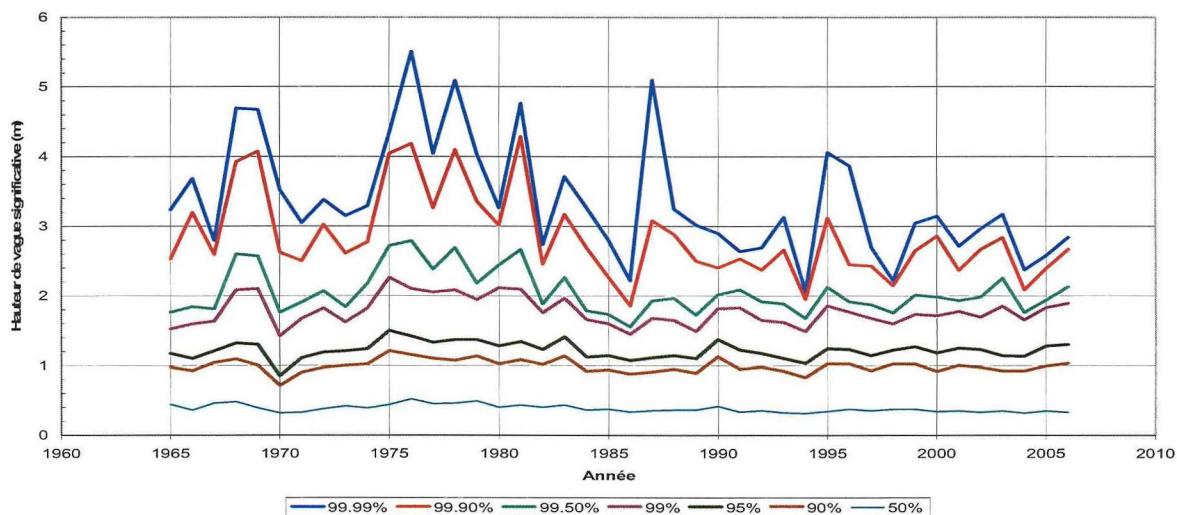


Figure 34 : Pourcentage de non-dépassement de la hauteur de vagues significative



Chapitre 5 : Sollicitations hydrodynamiques

Le Tableau 3 présente la distribution des hauteurs de vagues par tranches de hauteurs de vagues et de direction quelque soit le niveau d'eau alors que le Tableau 4 présente la distribution lorsque le niveau d'eau est supérieur à la cote +2,0 m géodésique. L'annexe G présente les distributions en fonction des autres tranches de niveau d'eau.

Tableau 3 : Distribution pour toutes les années – Tous les niveaux d'eau

Hauteur de vagues (m)	Provenance (16 secteurs)																Total	% Cumul
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
0.00	22695	2154	2586	2411	3101	1506	1429	1252	2721	2164	3263	4094	10695	11607	14091	8179	93948	25.70
0.20	4803	1867	4902	5780	7223	2153	1891	1646	4580	5288	6668	7486	16108	8835	10033	6646	95909	26.24
0.40	2472	1323	3502	6542	7567	1314	889	715	2847	5223	7499	7639	11967	3456	3937	2441	69333	18.97
0.60	1116	947	2830	5604	5559	765	438	377	1601	3388	6707	4954	5989	1172	1518	724	43689	11.95
0.80	404	552	2185	4124	3780	442	171	100	857	2216	5323	2640	2572	348	440	183	26337	7.20
1.00	149	355	1813	3284	2408	244	57	30	518	1423	3579	1205	937	90	119	69	16280	4.45
1.20	55	190	1214	1667	1127	115	15	13	290	884	2283	626	406	15	23	15	8938	2.44
1.40	9	124	727	792	430	42	8	8	131	541	1509	277	133	7	5	4	4747	1.30
1.60	1	77	458	577	219	11	3	2	72	317	938	156	62	3	1	2	2719	0.76
1.80	2	34	342	222	100	4	2	0	25	229	463	66	21	0	1	0	1511	0.41
2.00	2	12	174	139	44	1	0	0	4	102	241	24	10	0	0	0	753	0.21
2.20	0	9	100	107	21	0	0	0	8	39	111	11	0	0	0	0	406	0.11
2.40	0	6	82	82	10	1	0	0	2	28	52	6	0	0	0	0	269	0.07
2.60	0	0	72	64	13	0	0	0	0	2	21	5	0	0	0	0	194	0.05
2.80	0	2	48	52	11	0	0	0	0	9	17	0	0	0	0	0	139	0.04
3.00	0	3	43	48	1	0	0	0	0	17	9	0	0	0	0	0	121	0.03
3.20	0	1	15	31	3	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	54	0.01
3.40	0	0	7	14	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	23	0.01
3.60	0	0	6	19	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0.01
3.80	0	0	7	19	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	29	0.01
4.00	0	0	6	15	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	24	0.01
4.20	0	0	12	6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	20	0.01
4.40	0	0	1	7	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0.00
4.60	0	0	5	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0.00
4.80	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0.00
5.00	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.00
5.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.00
5.40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.00
5.60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
5.80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
6.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
6.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
6.40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
6.60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
6.80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00

Total | 31708 | 7656 | 21137 | 31497 | 31634 | 6598 | 4903 | 4143 | 13658 | 21888 | 38690 | 29189 | 48900 | 25533 | 30168 | 18263 | 365565
Total (%) | 8.67 | 2.09 | 5.78 | 8.62 | 8.65 | 1.80 | 1.34 | 1.13 | 3.74 | 5.99 | 10.58 | 7.98 | 13.38 | 6.98 | 8.25 | 5.00 | 365565



Chapitre 5 : Sollicitations hydrodynamiques

Tableau 4 Distribution pour toutes les années - Niveau d'eau entre 2 et 3 m

Hauteur de vagues (m)	Provenance (16 secteurs)																Total	% Cumul
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
0.00	405	39	41	34	29	12	15	9	30	26	59	69	127	149	216	103	1363	27.40
0.20	41	28	79	94	63	20	18	19	51	67	112	91	147	100	163	84	1177	23.66
0.40	48	16	39	88	72	16	13	10	18	32	98	82	142	44	61	33	812	16.32
0.60	28	9	51	82	86	12	5	2	20	41	91	52	82	20	19	9	609	12.24
0.80	9	5	33	70	44	7	1	1	2	26	75	38	32	12	7	2	364	7.32
1.00	10	8	36	48	33	7	1	1	5	9	28	15	19	2	1	1	224	4.50
1.20	4	8	23	34	16	0	0	1	7	25	22	20	10	0	0	0	170	3.42
1.40	1	5	15	16	17	0	0	0	0	6	22	14	1	0	0	0	97	1.95
1.60	0	1	15	14	6	0	0	0	2	7	8	4	3	0	0	0	60	1.21
1.80	0	0	13	5	5	0	0	0	2	2	7	1	2	0	0	0	37	0.74
2.00	0	0	3	10	4	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	21	0.42
2.20	0	1	2	10	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	18	0.36
2.40	0	0	0	4	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	7	0.14
2.60	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	5	0.10
2.80	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0.11
3.00	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.04
3.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
3.40	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.04
3.60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
3.80	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.02
4.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
4.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.02
4.40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
4.60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
4.80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
5.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
5.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
5.40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
5.60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
5.80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
6.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
6.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
6.40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
6.60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
6.80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Total	546	120	356	515	377	74	53	43	137	245	528	389	566	327	467	232	4975	
Total (%)	10.97	2.41	7.16	10.35	7.58	1.49	1.07	0.86	2.75	4.92	10.61	7.82	11.38	6.57	9.39	4.66	4975	



5.5.2.5 Épisode de fortes vagues en eau profonde

La Figure 35 présente la combinaison d'un épisode de fortes vagues (11 janvier 1977) avec le niveau d'eau correspondant. En suivant le trait jaune, on observe que lorsque la hauteur de vague significative dépassait la valeur de 3,5 m le niveau d'eau était inférieur ou égal à 1,6 m. Lorsque la hauteur de vague était de 4 m, le niveau d'eau était à la cote -1 m. De même, lorsque le niveau d'eau était à son maximum de 2 m (trait vert), la hauteur de vague était à un maximum de 3,4 m. En termes de dommage potentiels en rive, c'est la combinaison de 3,4 m de vagues avec niveau d'eau à 2 m qui donne les pires conditions. On doit également observer que pour ces conditions, la hauteur de vague chute rapidement, ce qui signifie que l'attaque par ces vagues n'a duré qu'un court moment du cycle de marée. La durée joue donc sur le degré de dommages produit par l'événement. Enfin, il faut également considérer la provenance des vagues. Dans le cas de vagues générées par le vent (phénomène le plus fréquent dans les mers intérieures), la direction des vagues est sensiblement la même que celle du vent. On constate que pour l'exemple choisi, le vent provient de l'ENE (azimut 70°). Ces vagues ne sont pas trop problématiques pour Pointe-aux-Outardes car elles doivent parcourir une grande distance sur l'estran et perdent ainsi leur énergie. Pour celles provenant du sud, la distance parcourue sur l'estran sera à son minimum ce qui en maximise la force une fois rendues à la rive.

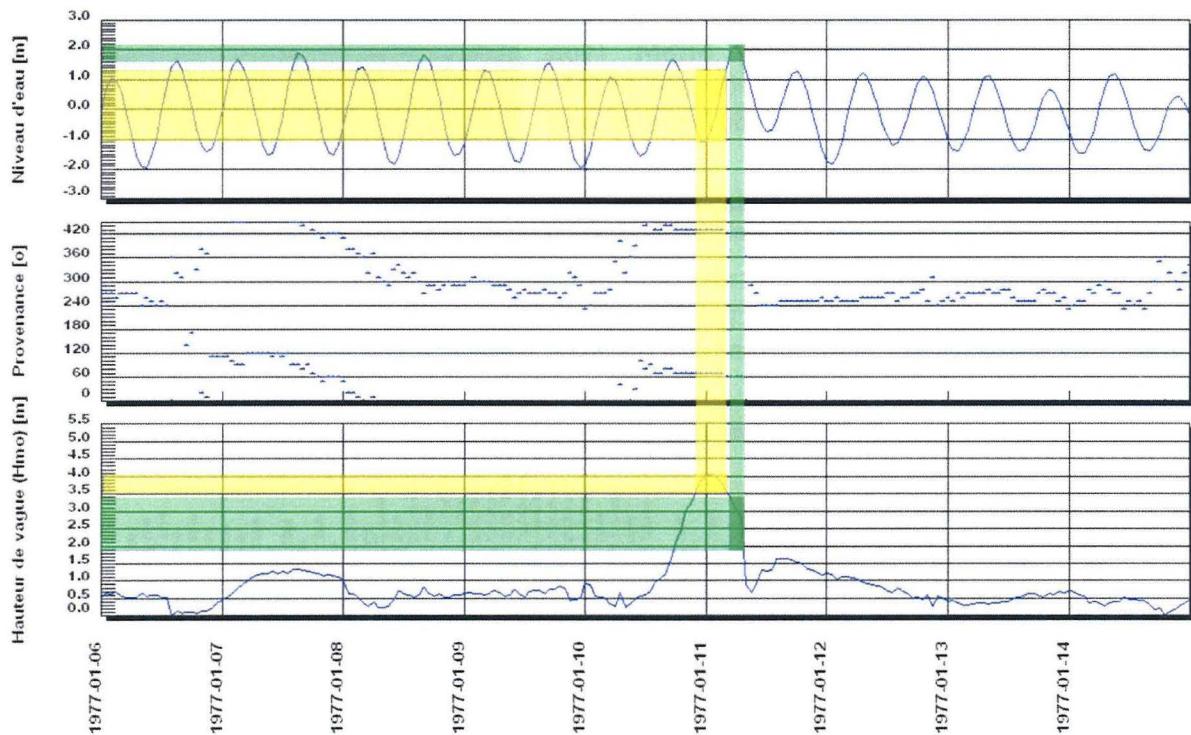


Figure 35 : Épisode de fortes vagues et niveau d'eau (11 janvier 1977)

Cependant, comme que la vague déferle lorsque sa hauteur atteint environ 80% de la profondeur d'eau et que la cote du fond de l'estran est *grossso modo* à -1,5 m, un niveau d'eau à la cote 2 m induit une profondeur totale de 3,5 m et donc une hauteur de vague au déferlement de $0,8 \times 3,5$ m soit 2,8 m. En pratique, puisque ces vagues doivent parcourir un trajet de plus d'un kilomètre sur



l'estran, le frottement avec le fond doit également contribuer à affaiblir la vague. Sur l'estran, la vague subit des transformations car elle se propage en milieu de profondeur intermédiaire ou faible. Cet aspect est abordé à la section suivante.

5.6 Régime des vagues en eau peu profonde

Les vagues en eau profonde subissent des transformations (amortissement) lorsqu'elles se propagent en milieu de faible profondeur. Des mesures ont été réalisées en 2001 sur l'estran de la Péninsule de Manicouagan par Karakiewicz *et al.* (2001; Rapport ISMER et Comité ZIP de la rive nord de l'estuaire). Les mesures sont comparées à celles prédictes en zone profonde pour évaluer l'importance de l'amortissement.

5.6.1 Mesures réalisées sur la batture

La Figure 36 présente le capteur de pression installé en 2001 par l'ISMER et le comité ZIP de l'estuaire de rive nord. Il s'agit d'une jauge de mesure de pression de modèle « DOBIE », fabriquée par la compagnie NIWA. La jauge a été placée à 230 m de la cote, en face des ouvrages SESM (voir Karakiewicz *et al.*, 2001) à la coordonnée MTM : Easting : 236 741 Northing : 5 434 867 et à la cote -,705 m.



Figure 36 : Capteur de pression installé à l'été 2001 sur l'estran de la péninsule de Manicouagan
Tiré de Karakiewicz *et al.*, 2001

La jauge était à 0,48 m au-dessus du niveau de la batture. La cote de la batture est donc évaluée à -1,185 m. Ce calcul est corroboré par les valeurs moyennes de colonne d'eau relevées par le capteur et illustrées à la Figure 37 (environ 3,4 m de colonne d'eau le 17 octobre –vs- une cote de 2,5 m pour la marée).

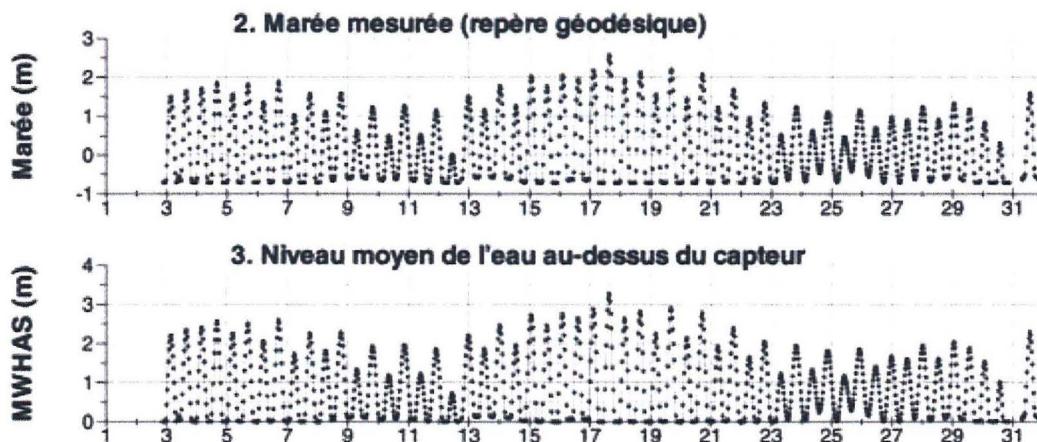


Figure 37 : Marée mesurée et hauteur d'eau au dessus du capteur de pression
Tiré de Karakiewicz *et al.*, 2001



5.6.1.1 Vagues mesurées

Dans la figure précédente, on détecte trois événements significatifs (Figure 38), deux dont la vague possède une hauteur significative d'environ 0,8 m et un événement pour lequel la valeur atteint 1,0 m. Par inspection de la Figure 36, seules les périodes durant lesquelles l'appareil est submergé de façon appréciable pourront produire des valeurs de hauteurs de vagues significatives d'importance.

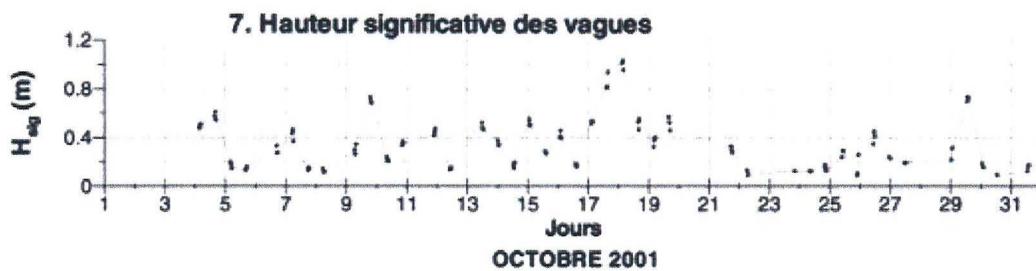


Figure 38 : Hauteur de vague significative enregistrée en octobre 2001
Tiré de Karakiewicz, Romanczyk et Roy, 2001

5.6.2 Comparaison avec les vagues générées en eau profonde

Les hauteurs de vagues enregistrées par l'ISMER sont comparées avec les niveaux d'eau du fleuve mesurés à Rimouski et la série temporelle de hauteurs de vagues significatives générées en eau profonde. Les points de mesures de la Figure 38 ont été intégrés à la Figure 39 sous forme de carrés rouges. On constate la quasi-coïncidence des points mesurés avec l'étalement de marée haute. Ceci est logique, compte tenu que l'instrument est surélevé par rapport au fond et qu'il est à découvert à marée basse. D'ailleurs le moment le plus propice pour la lecture est effectivement à l'étalement de marée haute, moment durant lequel la hauteur de colonne d'eau au dessus du senseur est à son maximum.

5.6.2.1 Hauteur de vague significative maximale

L'élévation de la batture, au site de mesure est de -1,185 m. La colonne d'eau, lorsque la marée atteint la cote 1,0 m est de 2,18 m. La hauteur maximale de la vague pouvant être mesurée en absence de déferlement est de l'ordre de 0,78 fois la profondeur d'eau, soit 1,7 m. Cette valeur augmente à 2,5 m lorsque le niveau d'eau atteint la cote 2,0 m. La surélévation du capteur de 0,48 m donne des colonnes d'eau respectives de 1,7 m et 2,7 au-dessus du senseur. Le capteur peut donc capter le signal de chacune des vagues sans le tronquer en autant que la hauteur de vague ne dépasse pas ces valeurs de colonne d'eau.

5.6.2.2 Épisodes significatifs

Certains épisodes sont étudiés dans le but de dégager certains enseignements de base quant à l'importance de l'amortissement des vagues sur l'estran (voir la Figure 39).



Épisode du 17 octobre 2001 : La vague vient du secteur ENE et doit parcourir une distance importante sur l'estran. La hauteur de vague mesurée vaut environ 50% de la hauteur de vague calculée en eau profonde.

Premier épisode du 18 octobre 2001 : La vague provient du secteur OSO. Bien que la valeur calculée en eau profonde soit inférieure à celle du 17 octobre, la hauteur de vagues mesurées est supérieure et atteint 1,0 m. La hauteur de vague au site de mesures vaut environ 66% de la hauteur calculée en eau profonde.

Second épisode du 18 octobre 2001 : La vague provient de l'ouest. La hauteur de vague mesurée diminue rapidement par rapport à la vague mesurée 12 heures plus tôt. Cette chute s'explique probablement par l'effet d'écran de la rive nord du fleuve à l'ouest de la Péninsule de Manicouagan (Figure 14 : Carte marine de la région de la péninsule de Manicouagan, page 38) et une réfraction importante du train de vagues qui provoque une dissipation d'énergie.

Épisodes du 22 au 27 octobre 2001 inclus : Tous les épisodes de vagues sont enregistrés alors que le niveau d'eau ne dépasse pas la cote 1,0 m. Les vagues mesurées par le capteur sont faibles. Notons que les 23 et 24 octobre, la provenance d'un azimut de 60 degrés n'a occasionné que de faibles vagues sur la batture.

Épisode du 26 octobre 2001 : Pour cet épisode, le niveau d'eau était de 0,8 m, donnant une profondeur d'eau variant entre 1,9 et 2,4 m sur l'estran. Les vents provenaient du secteur 240 (OSO) et la hauteur de vague significative mesurée ne valait que 0,5 m alors que la valeur calculée en eau profonde valait 0,7 m.

Épisode du 29 octobre 2001 : Pour cet épisode, les vents proviennent du secteur 240 (OSO), la hauteur de vague significative mesurée est de l'ordre de 0,7 m et la valeur calculée en eau profonde est 1,6 m.

Discussion : Seul l'événement du 17 octobre a produit des hauteurs de vague significative relativement élevées lorsque les vents provenaient du nord-est. Le niveau d'eau était cependant de plus de 2 m. Lorsque le niveau était plutôt de 1,0 m les hauteurs de vagues sont faibles pour cette provenance. Pour les vents provenant du sud-ouest, les hauteurs de vagues mesurées varient entre 40 et 70 % des valeurs générées en eau profonde. Un modèle permettant la propagation des vagues sur l'estran est requis pour confirmer l'importance cet amortissement.

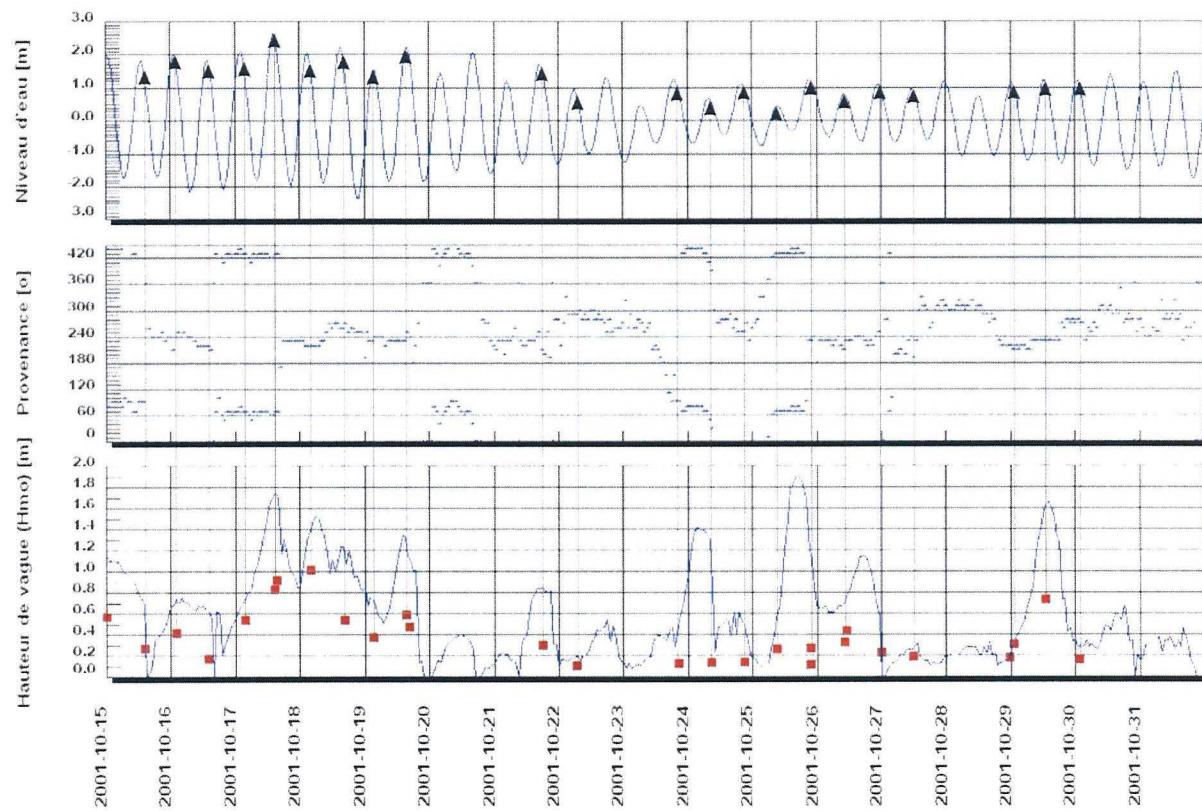


Figure 39 : Comparaison des hauteurs de vagues générées en eau profonde et mesurées sur l'estran en octobre 2001.

5.7 Propagation des vagues vers la rive (modèle bi-dimensionnel)

Le modèle REF-DIF1 (Kirby *et al.*, Université du Delaware, USA) est utilisé pour évaluer la transformation des vagues sur l'estran. Il s'agit d'un modèle bidimensionnel de propagation des vagues qui tient compte de la réfraction et de la diffraction des vagues, comme son nom l'indique. Il est l'un des modèles présentés et proposés dans le *Coastal Engineering Manual*. Les calculs sont réalisés pour les conditions extrêmes afin d'établir les hauteurs de vagues extrêmes qui pourraient sévir près de la rive.

5.7.1 Résultats à niveau d'eau extrême haut

Nous retenons un niveau de la mer à la cote 3,0 m, niveau rarement atteint à Pointe-aux-Outardes. On impose une hauteur de vague de 5 m en eau profonde et un angle d'attaque de 0 degré, soit un train de vagues qui vient du sud afin de minimiser la longueur de parcours sur l'estran. On considère une cambrure de 0,06 qui survient lorsque la mer est complètement levée. On obtient une longueur d'onde de 83 m en eau profonde. La période de la vague peut alors être établie à 7,3 s. La Figure 40 présente la propagation du train de vagues sur l'estran. La Figure 41 présente la hauteur de vagues correspondante. On constate une diminution initiale importante de la hauteur



de vague à la limite sud de la batture. Près de la rive, la hauteur de vague peut atteindre 2,2 m soit 44% de sa valeur en eau profonde. Cette valeur est de l'ordre de grandeur de celui observé pour les vagues mesurées en eau peu profonde (Section 5.6).

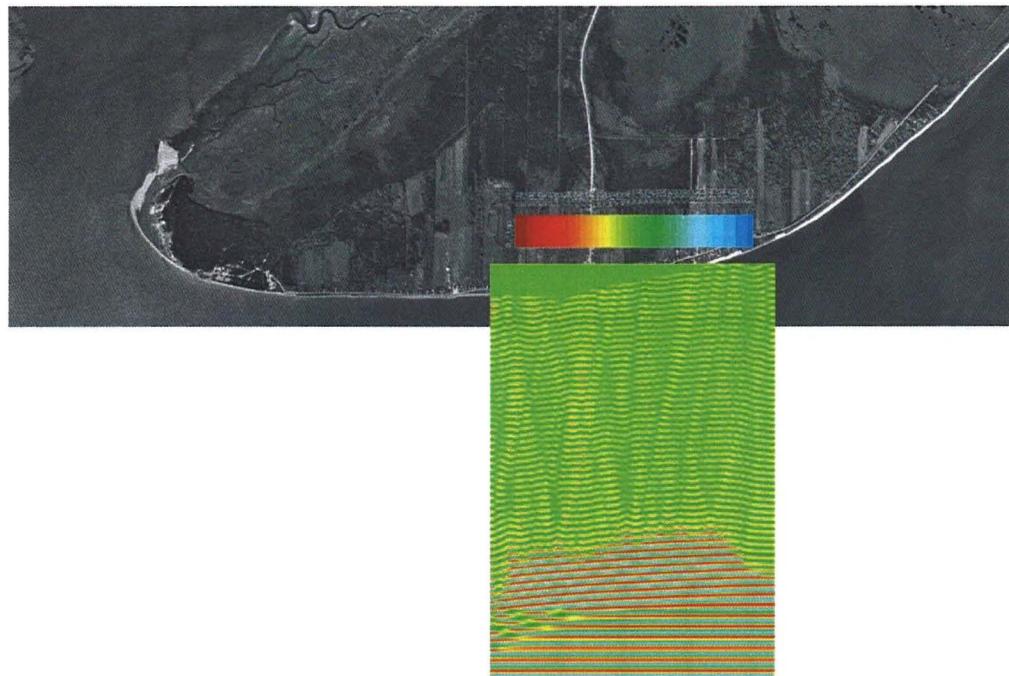


Figure 40 : Train de vagues de 5 m en eau profonde provenant du sud

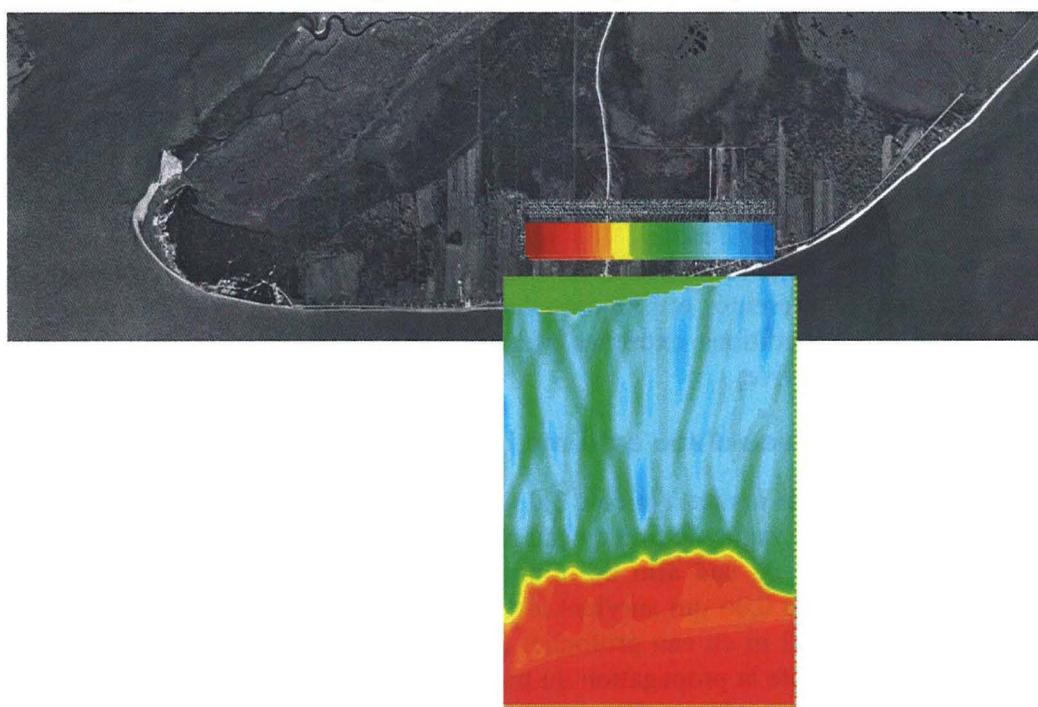


Figure 41 : Hauteur de vagues correspondant à la Figure 40



5.7.2 Hauteurs de vagues retenues pour le dimensionnement d'ouvrages

Les résultats obtenus à la section précédente permettent de retenir une valeur de hauteur de vague significative de 2,2 m pour le dimensionnement d'ouvrages. Advenant la construction d'épis, le musoir devrait être dimensionné pour une vague de 2,5 m.

5.8 Circulation hydrodynamique

À notre connaissance, il n'existe pas d'étude portant sur la circulation hydrodynamique de péninsule de Manicouagan. Une telle étude déborde du mandat actuel mais pourrait fournir un apport de données fort utile pour compléter une étude de dimensionnement d'ouvrages de stabilisation de berges. Cependant, l'inspection de la Figure 42, (fond de carte tiré de Google Earth), permet déjà de déduire l'orientation des courants de vidange de l'estran en phase de jusant (baissant).



Figure 42 : Courants de vidange de la batture (jusant) inférés par interprétation de l'orientation des dépressions – Image originale tirée de Google Earth

5.8.1 Courants au flot

Au flot, (à marée montante), l'onde de marée remonte le Chenal Laurentien (profondeur de plus de 200 m et plus) à grande vitesse, typiquement 50 m/s. En effet, il s'agit d'une onde longue, et sa célérité est proportionnelle à la racine carrée de la profondeur d'eau :

$$C = \sqrt{gh}$$

Avec,

C la célérité de l'onde en m/s,



- g l'accélération gravitationnelle ($9,8 \text{ m/s}^2$),
- h la profondeur d'eau.

Pratiquement, il y a formation d'une lame d'eau au large de l'estran qui l'envahit rapidement.

5.8.2 Courants au baissant (jusant)

Au jusant (marée baissante), le niveau baisse rapidement à la limite extérieure de l'estran, laissant une masse d'eau sur la batture. Cette masse cherche à l'évacuer préférentiellement *via* les chenaux visibles sur l'image satellite de la Figure 42. La Figure 43 illustre bien les chenaux visibles près d'un épis en enrochement à Pointe-aux-Outardes.



Figure 43 : Chenaux de vidange visibles à niveau bas et limite de la plage sèche

La Figure 44 indique la présence d'une flèche littorale. La masse d'eau située entre la rive et la flèche doit forcément suivre un parcours parallèle à la rive durant la vidange. Ces notions permettent d'inférer la direction préférentielle de l'écoulement au jusant. Ces directions ont été portées l'image de la Figure 42.



Figure 44 : Présence d'une flèche littorale visible au large

Sur la Figure 42, la présence de chenaux servant à vidanger la batture près du parc Nature est évidente. Ils sont orientés du nord-ouest vers le sud-est et drainent une partie de la zone située dans l'estuaire de la rivière aux Outardes. Ceci est corroboré par l'élévation accrue de la zone ouest observable par inspection de la Figure 15. Tout juste à l'ouest de l'ancien quai, les chenaux sont larges et peu profonds mais d'orientation nord-est vers sud-est. Entre ces deux régions, il y a une réorientation graduelle des chenaux. La zone de direction nord-sud est située environ 1 km à l'ouest du quai.

Des chenaux d'importance sont visibles environ 1 km à l'est du quai et d'orientation nord-est vers sud-ouest.

L'idéal serait de pouvoir représenter la circulation de cette région en prenant en considération l'effet de la rivière aux Outardes et les cycles de marées. Advenant la réalisation d'une recharge de la plage et la construction d'épis, il serait judicieux de procéder à une telle étude. On pourrait alors mieux cerner l'influence houle-courants se produisant notamment près de l'estuaire de la rivière aux Outardes.

5.9 En résumé

L'analyse du cas de Pointe-aux-Outardes détaillée dans les annexes fournies permet ainsi de formuler les constats suivants :

1. Le marnage (différence entre la haute et la basse mer) d'une marée moyenne à Baie-Comeau est de 2,9 m et il est de 4,2 m pour les grandes marées. Un tel marnage tend à disqualifier certaines méthodes de protection des côtes comme les brise-lames d'avant-côte (*offshore*) qui, d'après l'expérience, ne sont valables que pour des marnages inférieurs au mètre.



2. Les niveaux haut et bas atteints par la marée sont respectivement de +1,5 m et -1,3 m pour la marée moyenne et de +2,3 m et -1,8 m pour une grande marée.
3. L'analyse des surcotes de tempête indique une surélévation du plan d'eau pouvant atteindre 0,7 m. Ajoutée à la cote de +2,3 m associée aux grandes marées, ceci signifie que le niveau d'eau peut atteindre la cote 3 m en conditions extrêmes. Toute protection comprenant de l'enrochement (y compris les épis conventionnels) doit être réalisée en considérant cette cote de 3,0 m. La probabilité qu'il y ait simultanéité de ces deux événements est toutefois faible.
4. D'après l'analyse statistique des extrêmes annuels de niveau d'eau, la période de retour associée à un tel événement serait de 50 ans. Comme les statistiques sont réalisées sur un ensemble de données présentant une composante déterministe, les résultats de ces analyses doivent être considérés comme indicatifs.
5. La largeur de plage (sèche + mouillée) située entre le pied du talus et la cote géodésique 0 varie entre 20 et 50 m. Il apparaît souhaitable que cette largeur soit d'au moins 30 m (par inspection des conditions d'engraissement de plage créées localement par la présence du quai).
6. La largeur des micro-terrasses qui subsistent aujourd'hui varie entre 5 et 15 m. Pour une recharge de plage éventuelle, une valeur minimale de 15 m devrait donc être considérée.
7. L'ensemble de données disponibles d'enregistrements de vagues dans l'estuaire du Saint-Laurent est extraordinairement pauvre et il faut se rabattre sur un modèle de transformation du vent en vagues pour obtenir une série de données de vagues horaires qui permettent l'utilisation subséquente de formules d'analyse et de dimensionnement.
8. Le régime des vagues généré en eau profonde, au large de l'estran de Pointe-aux-Outardes et en un point qui maximise les hauteurs de vagues provenant du sud-ouest et de l'est, indique que l'intensité de la vague (Hauteur de vague significative) pour un non-dépassement de 99,9% (12 heures par an pour le dimensionnement) varie entre 3 et 4 m. La vague la plus forte était de 5,4 m. Compte tenu qu'il s'agit de vagues générées pour le lieu, ces valeurs sont représentatives des conditions locales.
9. L'analyse des mesures réalisées par l'ISMER en 2001 sur l'estran tend à démontrer que l'atténuation des vagues générées au large en eau profonde est très significative avant d'atteindre le site du capteur (35 à 60%) situé à 230 m de la rive. La vague de dimensionnement, pour le calcul d'enrochements (pour les épis conventionnels, par exemple) doit donc être évaluée en considérant cet aspect.
10. L'utilisation du modèle REFDEF-1 permet de confirmer une atténuation significative de la vague produite en eau profonde dans sa progression sur l'estran. Pour une hauteur de vague de 5 m en eau profonde, la hauteur de vague en rive serait de l'ordre de 2,2 m à niveau de marée haut extrême (3 m).
11. Au plan hydrodynamique, l'interprétation de l'image satellite et l'analyse des données LIDAR permettent de déduire qu'au baissant la vidange de la marée est orientée NO-SE près de l'estuaire de la rivière aux Outardes et que cette zone est surélevée par rapport à l'estran situé plus à l'est. La vidange est orientée NE-SO tout juste à l'ouest du quai. Il y a variation graduelle de l'orientation des chenaux de vidange entre ces deux points. L'orientation N-S, approximativement normale à la côte, se situe environ 1 km à l'ouest du quai.



12. Idéalement, un modèle hydrodynamique devrait être utilisé pour mieux décrire le patron d'écoulement durant certaines phases du cycle de la marée et pour différentes valeurs de débit de la rivière aux Outardes.
13. L'identification visuelle de la zone active pour le transport des sédiments, basée sur la recherche d'une différence observable dans la bathymétrie de l'estran, a donné une distance de l'ordre de 130 m à partir du pied de talus pour la zone située à l'est du quai. Cet ordre de grandeur de la zone active semble corroboré par des calculs théoriques qui font l'objet de l'annexe H.
14. L'influence du quai municipal sur la topographie locale s'avère très instructive, en indiquant que le transit sédimentaire dominant procède d'est en ouest. Il nous enseigne également sur la largeur de plage (distance entre le pied de talus et la cote 0.0 m) qui serait souhaitable. Finalement, la zone d'engraissement s'établit sur deux fois sa longueur effective (longueur calculée à partir de la largeur de plage souhaitable). Dans le cas de Pointe-aux-Outardes, on considère souhaitable que les épis soient distants de 3 fois leur longueur. Cette séparation s'inscrit à l'intérieur des limites théoriques qui sont entre 2 et 4 fois la longueur de l'épi.

Les stratégies de protection envisagées s'appuient sur la littérature récente en matière de génie maritime. Les références principales sont le « *Coastal Engineering Manual* » du *U.S Army Corps of Engineers* et le « *Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering* » publié par le *Construction Industry Research and Information Association (CIRIA)* et le *Centre for Civil Engineering Research and Codes (CUR)*. À ces volumineux ouvrages se greffent des rapports spécialisés comme le “Guide du dimensionnement du riprap produit par la Société d’Énergie de la Baie James» qui abordent des types particuliers de protection. La plupart des traitements numériques relatifs au dimensionnement sont détaillés dans les différentes annexes et ne sont pas nécessairement rapportés dans ce chapitre. Nous en faisons état ici.

La détermination des conditions maritimes à Pointe-aux-Outardes (voir les constats ci-haut) a permis d'identifier les solutions qui s'avèrent les plus intéressantes. Nous constatons :

1. Que le quai municipal répond aux sollicitations à la façon d'un épi en captant le sable et en réorientant la plage pour répondre aux forces de la mer et que cet ouvrage s'avère un prototype à l'échelle naturelle de ce qui peut être obtenu en implantant des épis;
2. Qu'il existe des dépôts de sable à proximité (talus, sablières) qui permettent une recharge de plage avec un minimum de transport;
3. Que les fortes marées font en sorte que l'utilisation de brise-lames offshore n'est pas recommandée. En effet, dans la littérature on indique que ces ouvrages doivent être considérés lorsque le marnage de la marée ne dépasse pas 1 m. L'image satellitaire illustrant ce type d'ouvrage construit à Pointe-Lebel n'apparaît pas concluant, car il semble y avoir également de l'enrochement en rive. Il s'agirait ici, d'un système mixte;
4. Que les ouvrages en enrochement de grande portée ou construits à la pièce pour protéger le talus ont créé des érosions importantes aux extrémités (effets de bout) et la perte de la plage située en face de ces ouvrages a été observée.
5. Que si la protection du talus par des épis est préconisée, cette protection doit être réalisée en tenant de la portée des processus physiques à l'échelle de la cellule.



Recommandation : Par conséquent, et nonobstant leur coût d'implantation, les options de champ d'épis (P4 ou MX1) pour stabiliser les berges représentent une solution intéressante et potentiellement efficace dans la mesure où les constats énumérés et les paramètres de dimensionnement qui en découlent sont pris en compte. L'approche comporte l'implantation d'épis pour contrôler le transport littoral et favoriser la rétention locale de sédiments et une recharge de plage initiale afin d'éviter l'interruption brutale des apports sédimentaires en aval de la cellule et sur la batture adjacente.

Les dimensions caractéristiques seraient les suivantes :

1. Une largeur de la plage sèche de 15 m;
2. Une recharge initiale de plage qui respecte les principes d'un profil d'équilibre tel que décrit dans l'annexe H;
3. L'implantation d'épis d'une longueur totale maximale de 90 m, incluant la plage sèche, qui laisse une bande d'environ 40 m au large pour le transport littoral longitudinal;
4. Une distance entre les épis d'environ 225 m, correspondant à trois fois la longueur effective de l'ouvrage (75 m), soit une zone d'influence comparable à celle du quai.

Les volumes de sable requis pour la recharge de plage dépendent étroitement de la granulométrie des matériaux disponibles. La valeur escomptée pour l'étude est établie à partir de la taille moyenne des matériaux bruts disponibles en rive ou dans les sablières locales. L'emploi de matériaux sableux plus grossiers (bruts ou tamisés) peut jouer considérablement sur les volumes de recharge et donc sur le coût de l'option. Une analyse économique complémentaire est donc tout à fait indiquée en vue d'optimiser le coût de cette composante majeure de l'option.

Il convient de mentionner qu'il s'agit d'une approche mixte de protection, concept décrit depuis peu dans la littérature et que nous sommes dans une zone bien particulière caractérisée par un fort marnage de la marée. Les caractéristiques suggérées s'appuient sur une démarche logique et cohérente qui est expliquée à l'annexe H du rapport. La complexité des phénomènes fait toutefois en sorte qu'on ne peut garantir le résultat. D'ailleurs, l'occurrence d'une tempête exceptionnelle (par sa période de retour), dépassant les limites retenues pour réaliser un dimensionnement économique, peut tout chambarder. C'est d'ailleurs pourquoi la prise en compte de coûts récurrents d'entretien est prévue dans l'analyse économique.

Gardons toutefois à l'esprit que la Nature demeure toujours le maître du jeu, et tout au plus pouvons-nous améliorer nos chances de nous prémunir contre les effets dévastateurs de certains événements.



6 Portrait de la vulnérabilité

6.1 Composantes retenues – Portée de l'étude

Les composantes du milieu ou usages sensibles à l'érosion et aux mesures de stabilisation, et retenues pour l'étude sont :

1. Les résidences principales incluant le terrain et le bâtiment principal
2. Les résidences secondaires, maisons mobiles et terrains vacants
3. Les infrastructures municipales de voirie
4. Les réseaux de services tels l'eau, l'électricité, le téléphone et la câblodistribution
5. L'écosystème de la batture et les ressources halieutiques
6. Les usages économiques
7. Les infrastructures et usages récrétouristiques

6.2 Données disponibles sur la vulnérabilité - Faits saillants

6.2.1 Secteur résidentiel

Toutes les résidences situées du côté sud de la rue Labrie ont été incluses dans l'analyse (adresses 150 à 392). Au total, ces résidences sont au nombre de 64 unités pour une valeur au rôle totale de 2,86 M\$ se répartissant ainsi : 0,41 M\$ pour les terrains et 2,45 M\$ pour les bâtiments. Si l'on ne considère que les bâtiments résidentiels admissibles à l'assistance financière, le nombre d'immeubles tombe à 49 K\$. La valeur totale de ces immeubles est de 2,55 K\$ et leur valeur moyenne est estimée à 52 K\$ au rôle d'évaluation; elle est escomptée à 87,1 K\$ en valeur de remplacement. Au parc résidentiel s'ajoute un commerce de produits de la mer.

6.2.2 Les résidences secondaires, maisons mobiles et terrains inoccupés

Ces entités, lorsqu'exposées à l'érosion, peuvent bien sûr subir des dommages directs ou d'incertitude. Ainsi, on compte 7 terrains vacants du côté de la mer, 7 chalets, maisons mobiles ou unités non identifiées. Par contre, leur prise en compte n'est pas considérée dans l'application du programme d'assistance financière (PGMS) en cas d'imminence de sinistre. On pourrait les considérer seulement dans l'hypothèse où on choisirait de procéder à la relocalisation globale de la population d'un segment de rue et que ces propriétés devraient être expropriées. Autrement, leur prise en compte s'effectue à compte de propriétaire.



6.2.3 Les infrastructures municipales de voirie et les réseaux de services

Dans le secteur considéré (rue Labrie est), on compte 3,4 km de rue desservie par un réseau d'aqueduc (pas d'égouts sanitaire ou pluvial) et par les réseaux d'électricité, de téléphone et de câblodistribution. La valeur de ces équipements peut se mesurer par unité de distance linéaire, selon la valeur résiduelle dépréciée et en tenant compte de leur mode de financement. On peut aussi en mesurer la valeur par le coût de remplacement ou de déplacement. Dans ce cas, une valeur se montant à 650 K\$/km pour la rue et l'aqueduc (excluant l'acquisition des terrains, le cas échéant) est appliquée. Afin d'estimer le coût du terrain requis pour construire une rue, un coût unitaire de 3\$/m² a été retenu⁶. En assumant une emprise de rue de 15 m, on obtient un coût de terrain pour l'emprise de rue de 45 K\$/km. Au total, un coût estimé à environ 700 K\$/km doit être assumé pour un nouvelle rue construite dans le même type de sol que celui rencontré dans le secteur visé.

Par ailleurs, on arrive à un coût estimé de 68 K\$/km pour le réseau électrique, principalement pour l'installation des poteaux et du filage⁷. En extrapolant les coûts de filage aux autres réseaux, les coûts pourraient s'élever à 24 K\$/km pour chacun d'eux, ce qui donne un total de 116 K\$/km pour l'ensemble des réseaux.

Donc, pour l'ensemble des coûts des réseaux visés, on estime un montant unitaire de **850 K\$/km** en incluant les dépenses administratives reliées aux acquisitions, à la conception et à la surveillance de travaux.

6.2.4 L'écosystème de la batture de Manicouagan : un milieu riche et diversifié

Tel que rapporté par Grant et Provencher (2007) et de nombreuses études antérieures (notamment, Naturam Environnement, 1999) l'ensemble de la batture de la péninsule de Manicouagan constitue un milieu écologique très productif et très diversifié. Il est donc apparu opportun de désigner ce secteur de la côte comme devant faire partie d'une Zone de Protection marine (ZPM ; Naturam Environnement, 1999). Ce n'est pas notre intention ici de brosser le portrait de cet écosystème, le lecteur étant renvoyé à la bibliographie pertinente pour accéder à cette information. Il est toutefois important de réaliser que la disponibilité et la qualité des habitats qui supportent cette biodiversité est liée en partie aux processus physiques côtiers, notamment, à la mobilité et à la granulométrie des substrats présents. Les interactions entre les différentes composantes de la

⁵ D'après un estimé obtenu en 2005 par la Municipalité auprès de la firme R. et G. Saint-Laurent Inc. de Baie-Comeau pour une relocalisation de 830 m de la rue Labrie, incluant la préparation du site, le pavage, le service d'aqueduc et l'organisation du drainage (coût estimé à 530K\$ pour 830 m de rue). L'acquisition le cas échéant des terrains n'est pas incluse.

⁶ L'estimé de 3\$/m² a été obtenu d'après la valeur moyenne au rôle des terrains résidentiels de la rue Labrie Est

⁷ D'après un estimé fourni par Hydro-Québec qui inclut l'enlèvement des poteaux donc des réseaux existants



faune benthique d'intérêt économique et les autres strates de l'écosystème, entre autres les zostères (*Zostera marina*, L.) sont importantes et tributaires des apports en sédiments.

6.2.5 L'érosion et les habitats coquilliers

Parmi les activités commerciales autorisées reliées aux ressources de la batture, c'est la cueillette des myes communes qui retient le plus l'attention. En subissant ou bénéficiant des conséquences de l'érosion ou de mesures de stabilisation de berges, la cueillette des myes pourrait être affectée, sans qu'on puisse dans l'état actuel de nos connaissances inférer de leur caractère favorable ou défavorable. Il faut donc dès maintenant envisager la possibilité d'évaluer l'impact et procéder au suivi écologique des mesures proposées pour Pointe-aux-Outardes sur les habitats si une solution technique était finalement retenue.

Tel que rapporté dans GÉNIVAR (2006), la mye commune est un bivalve filtreur rencontré de façon prépondérante sur la batture en zone intertidale et près du littoral. Sur le plan biologique, la mye commune fraierait en mai et juin et les larves seraient observées dans les eaux littorales de juin à août. La phase pélagique des larves dure de 3 à 4 semaines. Ensuite, les myes deviennent benthiques, mais demeurent mobiles jusqu'à une longueur de 2,0 à 2,5 cm. Par la suite, elles se sédentarisent dans le substrat pour poursuivre leur croissance. Il semble que la mye privilégie les substrats sableux plus grossiers que ceux adoptés par la zostère marine (250 µm selon Grant et Provencher, 2007). Le devenir des quantités importantes de sédiments érodés de la côte selon les différentes fractions granulométriques pourrait favoriser l'une ou l'autre de ces espèces en influençant leurs habitats.

D'après les principaux acteurs visés par la cueillette (Coquillages Nordiques, Forestville; Association des cueilleurs, Communications personnelles, 2007), un revenu annuel de près de 5000\$ est procuré aux cueilleurs dont le nombre se situe autour de 30 actuellement. Le revenu total est donc typiquement de 150 000\$/an. À ce montant s'ajoutent les prestations d'assurance emploi auxquelles donnent droit les revenus de la cueillette, soit maximalement le même montant (150 000\$/an). Au total, la cueillette des myes a été escomptée à 300 000\$/an ce qui représente un apport monétaire très significatif pour une communauté comme Pointe-aux-Outardes. Bien sûr, les revenus mentionnés ici sont ceux directement liés à la cueillette. Leur commercialisation apporte également une plus-value aux grossistes et aux détaillants. Cette plus-value n'a pas été prise en compte, la portée économique de l'activité ayant été restreinte à la communauté immédiate. Un commerce spécialisé dans les fruits de mer a aussi pignon sur rue sur la rue Labrie près du quai municipal. Son volume d'activité commerciale n'a pas été déterminé.

Nous verrons un peu plus loin dans ce chapitre (dommages indirects) comment les diverses options de solution sont considérées par rapport à leur impact sur cet enjeu.

6.2.6 Les infrastructures et usages récréo-touristiques : le Parc Nature

Le Parc nature constitue la principale infrastructure récréo-touristique de Pointe-aux-Outardes et il est situé à l'extrême ouest de la pointe. Les autorités du Parc Nature ont brossé un tableau élaboré de l'histoire de cette infrastructure touristique importante pour la communauté (Tableau 5). Celui-ci a été créé en 1969 et a donné lieu à des investissements publics importants pour ses principales infrastructures (3 M\$) jusqu'en 1982. Dès 1982, on note le début de la mise en place de structures de protection de berges dans la foulée de l'installation d'infrastructures touristiques.



À la même époque, sont entrepris des études visant la caractérisation faunique du secteur, lesquels se poursuivent jusqu'à aujourd'hui en collaboration avec divers intervenants comme Pêches et Océans Canada. Le Parc a remporté au fil des ans de nombreux prix régionaux et nationaux (15). Il participe à la renommée touristique de la région plus d'en être l'ambassadeur dans de nombreux congrès et colloques.

Le Parc compte actuellement deux emplois permanents et entre 10 et 15 emplois saisonniers. De 1986 à 2005, 1 773 M\$ ont été obtenus en subvention ce qui a permis la création de plus de 200 emplois saisonniers. Le Parc nature participe activement à l'économie régionale en octroyant chaque année différents contrats de biens et service à des entreprises régionales. La valeur environnementale du Parc est unique pour le Québec : 7 milieux naturels distincts présents sur une superficie de moins de 1 km², notamment, le marais salé quatrième en importance au Québec pour sa superficie, plus de 50% des espèces d'oiseaux du Québec et une flore et une faune d'une impressionnante diversité et productivité.

Son chiffre d'affaires varie selon l'achalandage et les activités de financement telles que : le souper-bénéfice (plus de 200 convives), le fonds de protection et de mise en valeur du Parc, les contrats et les subventions reçues. 2006 qui fut pourtant une année assez calme de ce point de vue a produit une chiffre d'affaires dépassant 211 K\$. Certaines années, le chiffre d'affaires a avoisiné le demi-million de \$. La valeur des infrastructures est estimée à 583 K\$.

Il semble évident que la prise en considération de cette infrastructure est indiquée dans tout projet visant la stabilisation des berges à Pointe-aux-Outardes, principalement à cause de l'impact, favorable ou pas, que pourraient avoir de telles protections sur le bilan sédimentaire de la pointe et le risque d'érosion. Comme nous le verrons plus loin, certaines options considèrent la mise en place d'épis (localisation exacte à déterminer) à l'extrémité des empierremens de la rue Labrie Ouest en vue de favoriser la rétention des sédiments à cet endroit et la réhabilitation des plages.

Enfin, un projet à l'effet de développer le potentiel d'interprétation écologique de ce site a été préparé (CÉPRO / GENIVAR et Option Aménagement, 2006) pour le compte du Parc Nature en vue de d'accélérer la mise en valeur du site actuel. Il y est mentionné que le Parc Nature souhaite élargir son offre récréo-aquatique en implantant un Centre unique au Québec d'éducation sur la dynamique du littoral marin, couvrant l'érosion des berges, la Zone de Protection marine (ZPM), la réserve aquatique, les marées et le secteur des coquillages, sur le site même du Parc Nature de Pointe-aux-Outardes.

**Tableau 5 : Historique du Parc Nature depuis sa création et développements anticipés**

1969-1982	Acquisition de lots par le Ministère du tourisme de la chasse et de la pêche (MTCP) et investissement de plus de 3 000 000 \$ pour installation d'infrastructures (bloc sanitaire, stationnement et chemin d'accès)	1990	Projet de relance (CRD / corporation municipale de Pointe-aux-Outardes)
1982	Construction d'un mur de soutènement (protection des berges et terrain), d'un chemin d'accès au parc, de tours d'observation sur le marais et la rivière	1992-1993	Campagne de financement : 413 626 \$ (incluant la contribution du gouvernement provincial, le gouvernement fédéral s'étant retiré)
1983-1984	Études préliminaires du potentiel faunique et floristique du parc (bénévoles du CÉGEP, option techniques en aménagement cynégétique et halieutique (TACH)) Subvention du gouvernement fédéral, notamment étude sur le potentiel écologique de la pointe aux Outardes (collaboration ATRM, Ministère des loisirs de la chasse et de la pêche (MLCP) et CÉGEP)	1993	Infrastructures et aménagements (358 164 \$ / protection et mise en valeur du site du parc : Trottoirs de bois, amélioration des sentiers piédestres, réparation des tours d'observation existantes, belvédères pour l'observation des oiseaux et mammifères, guérite d'accueil et d'information, aménagement de l'aire de jeu pour adultes et enfants, clôtures empêchant les VTT de détruire la végétation et améliorations pour l'accès des personnes à mobilité réduite)
1985	Subvention fédérale : avis et recommandation sur la mise en valeur de Pointe-aux-Outardes Cession des titres de propriétés des îles de Ragueneau de la compagnie QUNO comme participation au projet du Parc	1994	Pont de 47 mètres facilitant l'accès au boisé (patio en pavé uni pour les tables de pique-nique, tonnelle à l'entrée de la plantation de pins, plancher sous la marquise, installation d'une signalisation touristique originale, installation de panneaux historiques, en collaboration avec Pierre Frenette, historien du CÉGEP de Baie-Comeau, et du ministère de la Culture et des Communications, installation de panneaux fauniques, en collaboration avec la Fondation de la Faune (tous les panneaux ont été conçus et réalisés par la firme Blizz'Art Communication), planification et réalisation d'un guide de formation adapté aux richesses environnementales et à l'historique du parc, pour le personnel, collaboration avec Radio-Canada et réalisation d'un vidéo promotionnel de 12 minutes, grâce à la collaboration du ministère Tourisme et Faune et laboratoire environnemental avec la firme G.D.G. afin de contrer les taons à chevreuil sur le site
1985-1986	Subvention du MLCP : conception d'un plan directeur de développement Création de la Corporation du parc d'interprétation naturel de Pointe-aux-Outardes (charte 1986-02-20) Concertation par le CRD et les instances du milieu	1995	Trottoirs de bois sur une distance totale de 4 778 pieds (1,5 km) et aménagement paysager
1987	Travaux d'aménagement (accès au marais au moyen de trottoirs de bois) Nouvelle dénomination sociale : Parc régional de Pointe-aux-Outardes	1994	Participation financière (Bureau fédéral de développement régional (Québec) / 26 700 \$: module dans l'aire de jeu des enfants, guérite d'accueil et ajout de plus de 200 mètres de trottoirs de bois)
1987-1988	Amélioration des ouvrages existants	1997	Création d'un fonds de protection et de mise en valeur du Parc Nature de Pointe-aux-Outardes
1988	Aménagements (belvédère, trottoirs, clôtures, panneaux, guérite) pour rendre accessible et protéger des sites écologiques d'importance (participation MLCP - Habitats fauniques Canada, Hydro-Québec, corporation municipale de Pointe-aux-Outardes) Entente entre la corporation du parc et le MLCP et l'OPDQ pour présenter un projet de développement à la Conférence socio-économique Projet accepté à la Conférence socio-économique Participation financière prévue : gouvernement provincial 36 %, gouvernement fédéral 36 %, milieu 28 %	1998	Changement de dénomination sociale pour Parc Nature de Pointe-aux-Outardes.
1989	Fabrication de trottoirs (fédéral / corporation municipale)	2000	Éléments à souligner dans sa recherche de financement pour la protection de l'environnement
		2006	<ul style="list-style-type: none">• Efforts additionnels en partenariat avec le milieu :• 36 individus et entreprises contribuent annuellement (sur un plan de 5 ans) au Fonds de protection et de mise en valeur de l'environnement du Parc Nature de Pointe-aux-Outardes• Un souper bénéfice annuel rassemble chaque année (depuis 1998) plus de 200 personnes et permet de recueillir un montant se situant entre 7000 \$ et 8000 \$• De 1986 à 1998, Parc Nature de Pointe-aux-Outardes a recueilli plus de 1300 000 \$ en subventions diverses
			Sélection du Parc Nature de Pointe-aux-Outardes par le MPO comme site d'intérêt pour l'établissement d'une ZPM Désignation éminente(1 ^{re} lecture Gazette)

Le projet permettrait de :



1. Créer un espace intérieur permettant d'abriter des activités d'animation et d'interprétation
2. Ajuster les aménagements extérieurs en vue de supporter les nouvelles thématiques d'interprétation du **Parc Nature**, soit le phénomène d'érosion des berges et la Zone de Protection Marine (ZPM)

D'après les auteurs de l'étude, la fréquentation annuelle pourrait être portée à 13 760, voire même à 15 500 si le marché de croisiéristes devait se développer dans le secteur de Baie-Comeau. Le projet n'est pas encore concrétisé mais il suit son cours. Si une décision favorable venait à être prise concernant ce projet, il est évident que cette infrastructure pourrait représenter un enjeu complémentaire important vis-à-vis l'érosion (son interprétation, son observation) et les mesures de remédiation à réaliser le cas échéant.

Dans l'état actuel des choses, et malgré le potentiel de ce milieu, l'activité économique liée au Parc Nature demeure limitée et en devenir. D'après Mme Danielle Saint-Laurent, Directrice du Parc, la fréquentation annuelle se chiffre à près de 8 000 visiteurs (incluant les groupes d'écoliers), ce qui génère des revenus au guichet de près de 10 000\$. À cette activité d'accueil et d'interprétation, s'ajoutent des projets d'ordre scientifique qui portent sur la connaissance de l'écologie des milieux marin et côtier et des ressources halieutiques présentes, ces activités étant menées en concertation avec les scientifiques responsables, notamment ceux de Pêches et Océans Canada.

Selon CÉPRO / GENIVAR et Option Aménagement (2006) qui établit des états financiers provisionnels pour le projet de mise en valeur estimé à 1 617 M\$, des revenus annuels de **350 000\$** (2008) peuvent être escomptés. Bien entendu, cet estimé est basé sur plusieurs hypothèses difficiles à valider à cette étape du projet.

Encore plus difficile à évaluer est l'impact économique que pourrait avoir un projet de stabilisation sur la rentabilité du Parc Nature dans son état actuel, et encore moins dans l'hypothèse où le projet mentionné ici serait réalisé. En revanche, on peut faire valoir que la dimension interprétation visée par le projet pourrait trouver son compte avec la mise à l'essai de nouvelles approches de ré-équilibrage sédimentaire de la côte. Il existe donc une possibilité de synergie entre l'atténuation des risques et la mise en valeur de la côte sous la forme projetée.

6.3 L'exposition résidentielle à l'érosion

L'exposition à l'érosion, on l'a dit, peut déterminer la séquence d'application des mesures de retrait ou justifier la mise en œuvre de mesures de stabilisation. L'Annexe B : Calculs relatifs à l'érosion et à l'exposition des éléments vulnérables » est dédiée à cette question.

Pour les fins de calcul des délais anticipés avant l'application des mesures, il a été estimé que l'imminence de mouvement de sol obligeant la relocalisation des occupants d'une résidence est atteint lorsque la marge de recul est égale ou inférieure à 2-3 m, soit le recul du talus possible obtenu au cours d'un seul événement sévère. De même, il devient impossible de déplacer un bâtiment en toute sécurité, si sa marge de recul devient inférieure à 7-10 m, cette marge s'expliquant par les conditions géotechniques locales. Pour les infrastructures de voirie et les services publics, la marge de recul a été fixée à 5 m, si celles-ci sont effectivement exposées à l'érosion (pas de stabilisation de berges).



Ces paramètres peuvent être variés dans les programmes de calcul afin d'en mesurer l'effet sur le coût des mesures de retrait.

Pour la voirie publique (rue Labrie Est), une approche similaire est appliquée. Dans tous les cas, un avis d'imminence est requis avant d'activer les mesures de retrait.

6.4 Statistiques relatives à la vulnérabilité résidentielle et à l'exposition à l'érosion

Les 49 résidences constituant notre base d'analyse disposent de marges de recul très variables, allant de 4 m à 129 m avec un écart-type de 31 m. En appliquant les règles définies au paragraphe précédent, et en prenant en compte les taux de recul introduits au chapitre 4 (« Portrait de l'érosion »), il est possible d'estimer le nombre de résidences ayant atteint le stade d'imminence nécessitant la relocalisation des occupants, toutes étant naturellement situées du côté pair du chemin (sud). Quatre de celles-ci sont virtuellement perdues actuellement à cause de leur trop grande proximité des hauts de talus (<7 m) qui ne permet pas leur déplacement sécuritaire. Dans l'hypothèse du retrait graduel, les bâtiments qui pourraient encore et devraient éventuellement être déplacés sont au nombre de 31. Huit de ceux-ci devraient l'être d'ici cinq ans, six les cinq années suivantes, et ainsi de suite jusqu'en 2038 (Scénario Retrait généralisé R1). Parmi ces 31 résidences, un peu plus de la moitié ne disposent pas de suffisamment d'espace sur le même terrain pour rester sur celui-ci, si une profondeur minimum de 60 m pour les lots est appliquée. Toutefois, les changements climatiques (hypothèse pessimiste) pourraient accélérer considérablement ce processus de délocalisation résidentielle.

La Figure 45 indique la répartition dans le temps de cette mesure si elle était appliquée à la date probable de survenue de l'imminence. Cette analyse est basée sur des seuils d'imminence respectifs de 2 m et 7 m concernant les marges de recul critiques. Il est aussi à noter que le présent calcul a été effectué en supposant que les conditions climatiques actuelles ne subiront aucune dérive dans le futur. La prise en compte des changements climatiques anticipés (scénario pessimiste) induirait une accélération notable de l'ensemble du scénario de retrait. Les calculs à cet effet ne sont pas rapportés ici.

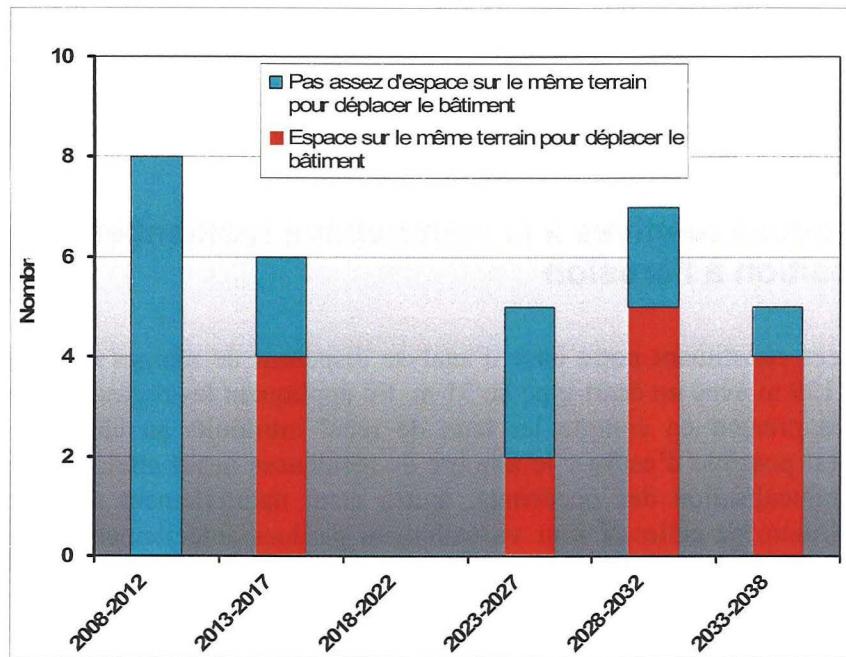


Figure 45 : Nombre de résidences susceptibles d'être déplacées (sud de la rue Labrie) sur l'horizon de l'étude – Indication de disponibilité de terrain sur le même lot

Ainsi, 8 résidences devraient être déplacées d'ici 5 ans, 6 les cinq années suivantes et ainsi de suite. Parmi les 31 résidences à déplacer (le cas échéant), un peu plus de la moitié de disposent pas de suffisamment d'espace sur le même terrain pour rester sur celui-ci. La profondeur minimum de terrain requise est constituée d'un minimum de 40 m de marge de recul par rapport au talus existant à laquelle s'ajoute la profondeur du bâtiment et la distance à la rue normée à 10 m à Pointe-aux-Outardes, soit autour de 60 m. En prenant pour seuil, une marge de recul de 100 m, seules 3 résidences auraient encore cette possibilité.

La menace d'érosion pour les bâtiments localisés sur le côté nord de la rue Labrie Est ne les rend vraisemblablement pas sujettes à déplacement avant quelques décennies (plus de 30 ans). Toutefois, un segment de 0,7 km de la rue Labrie Est immédiatement à l'est du Chemin principal (dans le secteur D, Figure 51, page 123) pourrait être menacé dans l'horizon de l'étude (15 ans), ce qui forcerait alors un redéploiement laborieux de la voirie municipale, des infrastructures d'eau et des réseaux filaires au nord des bâtiments concernés. Sans que leur déplacement devienne requis par l'érosion, ces bâtiments verraient leur façade arrière devenir la façade avant y compris les garages. Il en est de même pour les entrées de cours qui seraient aussi à refaire. Les bâtiments considérés n'ont pas été inclus dans l'analyse car il n'est pas escompté que leur déplacement serait requis dans l'horizon de l'étude.



6.5 Types de conséquences considérées : monétarisation

6.5.1 Les conséquences sanitaires

Mis à part le stress permanent qui affecte les résidents menacés et qui s'aggrave à chaque tempête, et l'éventualité toujours possible d'un mouvement de sol fortuit pouvant entraîner des pertes de vies humaines (assez improbable), on ne compte pas véritablement d'autres conséquences d'ordre sanitaire reliées à l'érosion côtière. Les conséquences psychologiques sur les résidents sont cependant très réelles et elles entraînent une mobilisation citoyenne importante qui accapare une bonne partie de l'actualité locale. Cet item n'est mentionné que qualitativement dans l'étude et n'est pas monétarisé. Il sera pris en compte dans l'analyse multi-critères au chapitre de l'impact social.

6.5.2 Les dommages directs

Dans le cas de l'érosion, sauf pour la perte de terrain, les dommages directs sont aussi très improbables, dans la mesure où les mesures de protection ou de déplacement des bâtiments sont habituellement appliquées avant l'imminence de perte du bâtiment. Par contre, si la marge de recul requise pour permettre le déplacement du bâtiment n'est plus suffisante, le propriétaire et les autorités doivent alors envisager la démolition du bâtiment, ce qui constitue alors une perte sèche pour les propriétaires qui ne peut être compensée que financièrement, via une indemnisation dite *allocation de départ* (Programme PGMS). La conséquence est donc monétarisable. Par contre, comme les propriétaires reçoivent une compensation, aucune perte n'est escomptée pour ceux-ci, sauf bien sûr le montant des dépenses non admissibles. La perte du bâtiment est donc escomptée comme une dépense de programme pour le gouvernement et une érosion de l'assiette fiscale foncière pour les pouvoirs locaux.

6.5.3 Les dommages indirects

Les dommages indirects sont constitués des pertes financières associées à la suspension ou l'arrêt d'activités commerciales ou professionnelles menées par les sinistrés potentiels menacés par l'imminence de mouvements de sols. Ils sont comptabilisés au cas par cas à cause de la complexité des situations individuelles. Ces conséquences sont donc monétarisables à condition d'examiner chacun des cas individuellement.

À Pointe-aux-Outardes, nous avons ainsi comptabilisé l'impact économique d'options de différents types sur la cueillette de myres et sur l'enjeu que ce coquillage représente en termes de revenus d'appoint tout en étant conscients du caractère un peu plus arbitraire de cet estimé (comparé à d'autres items). Afin d'allouer une valeur monétaire à ce dommage indirect potentiel, nous avons posé comme hypothèse que le maintien d'un équilibre sédimentaire similaire à celui observable à l'état présent, ou mieux, antérieur de 10 ans, par l'entremise de mesures de protection conçues à cette fin (ex : épis avec recharge initiale) est de nature à soutenir la pérennité des habitats coquilliers, donc à maintenir le niveau actuel de revenus d'appoint des cueilleurs. Les options de solution qui aggravent (ex : empiercements), ou simplement qui perpétuent le déséquilibre morpho-sédimentaire actuellement observé, sont considérées comme pouvant



compromettre à long terme les rendements de cueillette, du moins partiellement, et graduellement. Bien entendu, l'hypothèse est posée en considérant « toutes choses étant égales par ailleurs », comme les effets sur cette ressource halieutique du niveau de cueillette, les impacts résiduels des changements morphologiques antérieurs, ou encore, la contamination possible des coquillages comme cela a été observé à l'été 2008 avec l'élosion massive d'algues rouges.

Pour les fins du calcul, l'effet escompté, soit entre 0% et 100% de perte de cette ressource (représentée par l'enjeu de 300 K\$/an) est étalé linéairement sur la période de référence de 30 ans. Nous verrons plus loin lors de l'exposition des détails des options quels paramètres exacts ont été appliqués à cet égard.

6.5.4 Les dommages d'incertitude

Les dommages d'incertitude peuvent être perçus comme les conséquences financières reliées à l'existence d'une menace (aléa), ou à l'application de mesures ayant pour effet de maintenir à un haut niveau la perception de celle-ci. Ils peuvent se traduire par une perte de valeur marchande de la propriété pour le riverain ainsi que par une érosion progressive de l'assiette fiscale de la Municipalité, avec pour conséquence, une perte d'équité au niveau du financement des services de la Municipalité, au détriment de l'ensemble de la communauté. En revanche, si la Municipalité ne prend pas effectivement acte de la perte de la valeur marchande dans l'établissement du rôle d'évaluation, il en résultera au mieux un niveau de taxation stagnant.

Ces conséquences sont monétarisables en tenant compte d'un pourcentage global de perte de valeur sur l'ensemble d'un secteur. Cette perte est parfois associée à l'expression « désuétude économique ». Dans la mesure du possible, on peut aussi faire évoluer la valeur marchande d'un bâtiment individuel dans le temps en posant certaines hypothèses quant à la perception de l'imminence du risque ou de conséquences majeures sur la propriété elle-même ou sur un secteur résidentiel dans son ensemble.

Par ailleurs, dépendant des hypothèses posées, l'équité des dommages d'incertitude peut s'avérer très différente : soit elle touche principalement le riverain au niveau de son patrimoine (perte de valeur marchande) qui, si la dévaluation est prise en compte dans le rôle d'évaluation, se traduit par une baisse de taxes pour lui-même, mais par une baisse de revenu pour la Municipalité. Dans ce cas, les taux d'indemnisation peuvent aussi en souffrir. Si cette dévaluation n'est pas prise en compte, les taxes payables sont maintenues à leur niveau actuel et la Municipalité maintient son assiette fiscale. Les indemnisations sont aussi maintenues à leur niveau actuel.

6.5.5 Les dommages intangibles et inconvenients

Les dommages intangibles ont trait à toutes les modifications naturelles ou anthropiques du milieu et de son utilisation ayant pour conséquence une perte de qualité de vie liée à la jouissance de ses attributs (ex : plage, cueillette des myres, ouverture visuelle sur le paysage). Les inconvenients recoupent les conséquences secondaires réelles mais souvent considérées comme intangibles de la manifestation de l'érosion et/ou des mesures entreprises pour assurer la sécurité des résidents et de leurs biens, y compris les activités de relocalisation et de déplacement des bâtiments. La monétarisation de ces valeurs considérées comme intangibles est possible par des outils appropriés issus de la science économique (ex : influence de la valeur d'un paysage sur la valeur d'une propriété), bien que le degré d'incertitude de ces estimés ne soit pas comparable à celui obtenu



pour d'autres items (ex : coût du retrait). Il importe donc de demeurer prudent en utilisant des valeurs conservatrices.

Ici, nous retenons deux items, la présence d'une plage relativement accessible à partir du quai municipal et les attributs visuels des propriétés ayant accès directement au paysage côtier. Il n'est pas exagéré d'affirmer que ces deux items, en plus de la cueillette des myes déjà traitée (dommages indirects), constituent la raison d'être du secteur côtier (rue Labrie) du village de Pointe-aux-Outardes, et que toute perte importante de l'un ou l'autre de ces atouts aurait pour conséquence de conduire à une perte importante de qualité de vie pour les résidents de la communauté em plus des riverains. Le défi méthodologique est de monétariser ces avantages fondamentaux pour le village et d'établir l'impact des différentes options sur leur existence.

6.5.6 Les plages

Concernant les plages, nous avons opté pour une méthode similaire à celle proposée par TecSult dans son étude d'ACA sur l'érosion à Sept-Îles. L'approche y est basée sur des hypothèses de fréquentation par la population (en heures par années) qu'on escompte au niveau du salaire horaire moyen de la communauté tel qu'établi par l'Institut de la Statistique du Québec.

Selon TecSult, les plages ont en effet une valeur d'utilisation qui correspond à la valeur totale du temps de loisir que leurs utilisateurs y consacrent. La valeur du temps de loisir des utilisateurs est considérée égale au salaire net de ceux-ci pour une durée équivalente. La valeur totale d'utilisation des plages pour une année correspond au nombre annuel d'utilisateurs multiplié par le nombre annuel d'heures que ces personnes passent sur les plages multiplié par leur salaire horaire net. L'analyse de TecSult distingue deux types d'utilisateurs présentant des caractéristiques différentes, soit les touristes et les utilisateurs locaux. À Pointe-aux-Outardes, On ne compte pas d'infrastructure d'hôtellerie significative dont l'existence serait liée à l'existence d'une plage, de sorte que la fréquentation touristique a été négligée.

Par contre, l'utilisation régulière ou occasionnelle des plages par la communauté est largement répandue, ce milieu servant notamment de sentier pédestre, de points d'accès pour la mise à l'eau d'embarcations de plaisance, en plus de jouxter et de donner accès aux sites de cueillette de myes, également fréquentés pour des fins non commerciales. En appliquant l'approche de TecSult à Sept-Îles, nous estimons que 15% de la population de Pointe-aux-Outardes (10% à Sept-Îles), et sans doute aussi une partie (non escomptée) de la population de la région de Baie-Comeau et de la péninsule Manicouagan sont des usagers de cette plage. Nous ne retenons cependant comme base de calcul que la population de Pointe-aux-Outardes qui est de 1443 habitants (D. Hovington, communication personnelle, 2008). La durée d'utilisation est calculée sur la base de 6 mois (26 semaines entre le milieu du printemps et le milieu de l'automne). La durée hebdomadaire d'utilisation est fixée à 5 heures réparties ainsi : 1 heure la semaine et 4 heures la fin de semaine, soit 130 heures/an. Le revenu moyen net des résidents de Pointe-aux-Outardes est posé égal à 12.00 \$/heure (19,35 \$/heure à l'échelle du Québec) la même valeur qu'à Sept-Îles (ISQ : source TecSult). Nous supposons en effet que les régions métropolitaines de Baie-Comeau et Sept-Îles ont, en tant que chef-lieu, un niveau de développement industriel, commercial et institutionnel comparable. Il résulte de ce calcul que l'avantage moyen par résident-usager de la plage se monte à 1560 \$/an, valeur qui se monte à 338 K\$/an appliquée à toute la population d'usagers potentiels (15% du total) de la population.



Le lien entre cet avantage et la réalisation de l'une ou l'autre des options de solution dépend bien sûr des hypothèses concernant l'évolution probable des plages. Comme nous le verrons, certaines options peuvent entièrement annihiler leur existence à terme (ex : empierrements) tandis que d'autres contribuent à les maintenir en état à des degrés divers (retrait progressif, épis avec recharge initiale). Étant donné que les plages occupent encore une place significative en rive à Pointe-aux-Outardes, aucune solution n'est de nature à augmenter leur taux d'utilisation, sauf si leur portée vise la réhabilitation de segments de plage perdu (ex : le segment enroché entre le quai municipal et le Parc Nature). En revanche, le taux d'utilisation peut être annulé pour l'enrochement massif. Ces paramètres seront précisés avec le traitement des scénarios.

6.5.7 Le paysage côtier

Par rapport au paysage côtier, l'impact est surtout associé à la proximité des bâtiments par rapport à cet attribut et à sa visibilité par rapport au bâtiment principal. Seules les options basées sur le retrait peuvent donc occasionner un impact sensible sur la qualité de la vue d'après la proximité des bâtiments par rapport à la berge. Comme l'ont démontré les transactions de vente de maisons et de terrains à Sept-Îles (Tecsult, 2008), la vue directe sur la rive à une valeur économique pour laquelle les gens sont prêts à payer un supplément. En effet, le prix de vente de bâtiments ou terrains équivalents situés à l'intérieur des terres ou au bord de la mer sont significativement différents. La différence entre ces prix représente la valeur attribuée à la vue. Celle-ci varie de 10K\$ à 15K\$ dans les districts de Gallix, Clarke et Moisie et peut atteindre 20 000 \$ dans le district de la Rive, où la présence des îles pourrait expliquer en partie cette valeur accrue.

Cette recherche est difficile à réaliser à Pointe-aux-Outardes étant donné le faible échantillon disponible concernant les transferts de propriété. Nous avons donc opté pour utiliser prudemment les chiffres de Sept-Îles, plus particulièrement ceux de Gallix (10K\$/unité), village voisin (quartier) dont l'origine (pêcheurs), les attributs paysagers et l'éloignement par rapport à la ville-centre (Baie-Comeau en l'occurrence) semblent similaires. Selon Tecscult (2008), la perte de vue peut être évaluée en multipliant l'avantage estimé pour la vue dans un secteur donné par le nombre de propriétés concernées (terrains ou lots construits) dans ce même secteur. À Pointe-aux-Outardes, seuls les lots habités ont été conservés. Ainsi, 57 propriétés sont potentiellement concernées par cette prise en compte (excluant 7 terrains vacants sur 64 unités), soit les bâtiments habitables situés du côté sud de la rue Labrie, ce qui porte l'enjeu potentiel total à 570 K\$.

Le pourcentage de la perte ou du gain varie en fonction du scénario considéré. Tecscult escompte une perte d'avantage à 25% avec l'option de construction d'épis ou d'enrochements (perte d'attribut visuel « naturel ») et à 100% suite à la mise en œuvre d'une option de retrait planifié. La perte ou le gain de vue a été comptabilisée par Tecscult à l'année de la réalisation des ouvrages pour les scénarios de protection et au fur et à mesure des déplacements anticipés en cas de retrait planifié.

Une approche similaire a été appliquée ici. Les paramètres de modulation selon les options retenues sont introduits en détails au chapitre 8 (Modèle d'analyse coûts/avantages - Paramétrisation).