

**CARACTÉRISATION DU LITTORAL ET ÉVALUATION DES RISQUES D'ÉROSION
CÔTIÈRE POUR LA RÉGION DE CHEVERY, QUÉBEC**



RAPPORT REMIS AU MINISTÈRE DE LA SÉCURITÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC

**Pascal Bernatchez, Ph.D.
Christian Fraser, M.Sc.
Steeve Dugas, B.Sc.**

Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières

Chaire de recherche en géoscience côtière



Juin 2008

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Pascal Bernatchez, Ph.D. Géomorphologie côtière et télédétection

Responsable du projet

Professeur-chercheur

Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières

Chaire de recherche en géoscience côtière

Université du Québec à Rimouski

300, allée des Ursulines

Rimouski (Québec)

G5L 3A1, Canada

Téléphone : (418) 723-1986 #1257

Courriel : pascal_bernatchez@uqar.qc.ca

Christian Fraser, MSc. Océanographie

Professionnel de recherche

Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières

Chaire de recherche en géoscience côtière

Université du Québec à Rimouski

300, allée des Ursulines

Rimouski (Québec)

G5L 3A1, Canada

Téléphone : (418) 723-1986 #1206

Courriel : christian_fraser@uqar.qc.ca

Steve Dugas, BSc. Géographie

Professionnel de recherche

Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières

Chaire de recherche en géoscience côtière

Université du Québec à Rimouski

300, allée des Ursulines

Rimouski (Québec)

G5L 3A1, Canada

Téléphone : (418) 723-1986 #1257

Courriel : steve_dugas@uqar.qc.ca

Remerciements

Les auteurs désirent remercier M. Dan Mauger de la municipalité de Chevery pour le partage d'informations.

Référence complète

Bernatchez, P., Fraser, C. et Dugas, S., 2008. *Évaluation des risques d'érosion côtière pour le secteur de Chevery, Québec*. Rapport de recherche remis au ministère de la Sécurité publique du Québec. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Chaire de recherche en géoscience côtière, UQAR, 18 p.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|---|----|
| ÉQUIPE DE RÉALISATION | i |
| TABLE DES MATIÈRES | ii |
| LISTE DES FIGURES..... | ii |
| LISTE DES TABLEAUX..... | ii |
| 1. INTRODUCTION..... | 1 |
| 1.1 Mise en contexte | 1 |
| 1.2 Présentation du mandat | 1 |
| 1.3 Localisation de l'aire d'étude..... | 2 |
| 2. MATÉRIEL ET MÉTHODE..... | 3 |
| 2.1 Évolution côtière | 3 |
| 2.2 Largeur du haut estran..... | 3 |
| 3. CARACTÉRISATION DU SITE..... | 4 |
| 3.1 Conditions hydrodynamiques du système côtier de Chevery | 4 |
| 3.2 Caractérisation côtière | 5 |
| 3.2.1 Types de côtes et artificialité | 5 |
| 3.2.2 Évolution historique de la ligne de rivage | 7 |
| 3.2.3 Évolution historique de la largeur des plages | 8 |
| 3.2.4 Usages du milieu côtier..... | 9 |
| 4. GÉORISQUES CÔTIERS | 10 |
| 4.1 Érosion | 10 |
| 4.2 Submersion..... | 11 |
| 5. MESURES D'ADAPTATION ET CONCLUSIONS | 12 |
| 6. RÉFÉRENCES | 16 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Localisation de l'aire d'étude et des cellules hydrosédimentaires | 2 |
| Figure 2 : Entités géomorphologiques de la région de Chevery | 4 |
| Figure 3 : Évolution côtière historique de la région de Chevery, Territoire de la Basse-Côte-Nord, de 1931 à 2001..... | 6 |
| Figure 4 : Terrasse de plage formée d'une alternance de cordons littoraux et de lagunes anciennes..... | 7 |
| Figure 5 : Localisation des stations de mesure de la largeur des plages en lien avec les zones artificielles..... | 8 |
| Figure 6 : Évolution de la largeur des plages entre 1931 et 2001 | 9 |
| Figure 7 : Évolution de l'épaisseur moyenne de la glace côtière à Blanc-Sablon (1976-1998) | 11 |
| Figure 8 : Évolution de l'épaisseur moyenne de la glace à Havre-Saint-Pierre (1979-1994) | 11 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|---|
| Tableau 1 : Régime des marées pour le secteur de Chevery | 5 |
|--|---|

1. INTRODUCTION

1.1 Mise en contexte

La problématique de l'érosion et de la submersion côtière est grandissante dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent avec des taux de recul moyens variant généralement entre 0,5 et 2 m/an (Bernatchez et Dubois, 2004; Bernatchez, 2006a, 2006b). Les observations compilées durant les dernières décennies sur l'évolution du littoral, associées à une littérature scientifique de plus en plus étoffée sur les changements climatiques, permettent d'anticiper de graves problèmes d'érosion et de submersion à court et moyen terme. La hausse du niveau de la mer, l'augmentation de la force et de la fréquence des tempêtes, les redoux hivernaux et la diminution de la couverture de la glace marine et de la période d'englacement sont des facteurs qui expliquent en partie ce phénomène (GIEC, 2007; Lozano *et al.*, 2004; Bernatchez *et al.*, 2008a; Savard *et al.*, 2008; Senneville et Saucier, 2007). L'artificialisation du littoral contribue aussi à modifier les processus côtiers, à réduire les apports sédimentaires, à amplifier l'érosion des plages et à augmenter la vulnérabilité des infrastructures côtières à la submersion (Bernatchez et Dubois, 2004; Bernatchez *et al.*, 2008b).

Chevery, un village de la Basse-Côte-Nord dont la population compte environ 350 résidents, fait partie des secteurs touchés par les changements rapides des conditions côtières. L'évolution récente du littoral a provoqué l'augmentation de l'érosion de la terrasse de plage sur laquelle le village est construit. En 2001, des bâtiments furent détruits et d'autres évacués en raison des risques qu'ils représentaient pour la sécurité des résidents (Plante *et al.*, 2007). La recherche de solutions passe par l'analyse de l'évolution géomorphologique du milieu afin de comprendre le fonctionnement du système côtier.

1.2 Présentation du mandat

Le ministère de la Sécurité publique a mandaté le Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières de l'Université du Québec à Rimouski pour documenter la problématique de l'érosion côtière sur le littoral de Chevery (figure 1).

Le mandat consiste à :

- i) effectuer une caractérisation du système côtier;
- ii) réaliser une analyse de l'évolution historique de la côte à partir des couvertures de photographies aériennes de 1931 et de 2001.
- iii) proposer des mesures d'adaptation basées sur la dynamique côtière de la région.

1.3 Localisation de l'aire d'étude

Chevery est situé sur la Basse-Côte-Nord, au Québec, à près de 500 km à l'est de Sept-Îles, plus précisément à 160 km à l'est de Natashquan et à 10 km à l'ouest de Harrington Harbour. La côte est baignée par les eaux du détroit de Belle-Isle, qui sépare Terre-Neuve du continent par plus de 150 km d'eau. Le secteur habité fait un peu plus de 4 km de côte et le secteur à l'étude compte pour près de 12,5 km de côte au total, incluant des tronçons est et ouest supplémentaires afin de couvrir l'ensemble du système côtier. Le territoire côtier a été divisé en 4 cellules hydrosédimentaires (figure 1). En A, on retrouve une anse isolée entre deux pointes rocheuses; en B, une terrasse de plage à l'ouest de l'embouchure de la rivière à la Croix, en C, une terrasse de plage à l'ouest de l'embouchure de la rivière Netagamiou, qui constitue la zone habitée, et en D, une flèche littorale et une terrasse de plage à l'est de l'embouchure de la rivière Netagamiou.

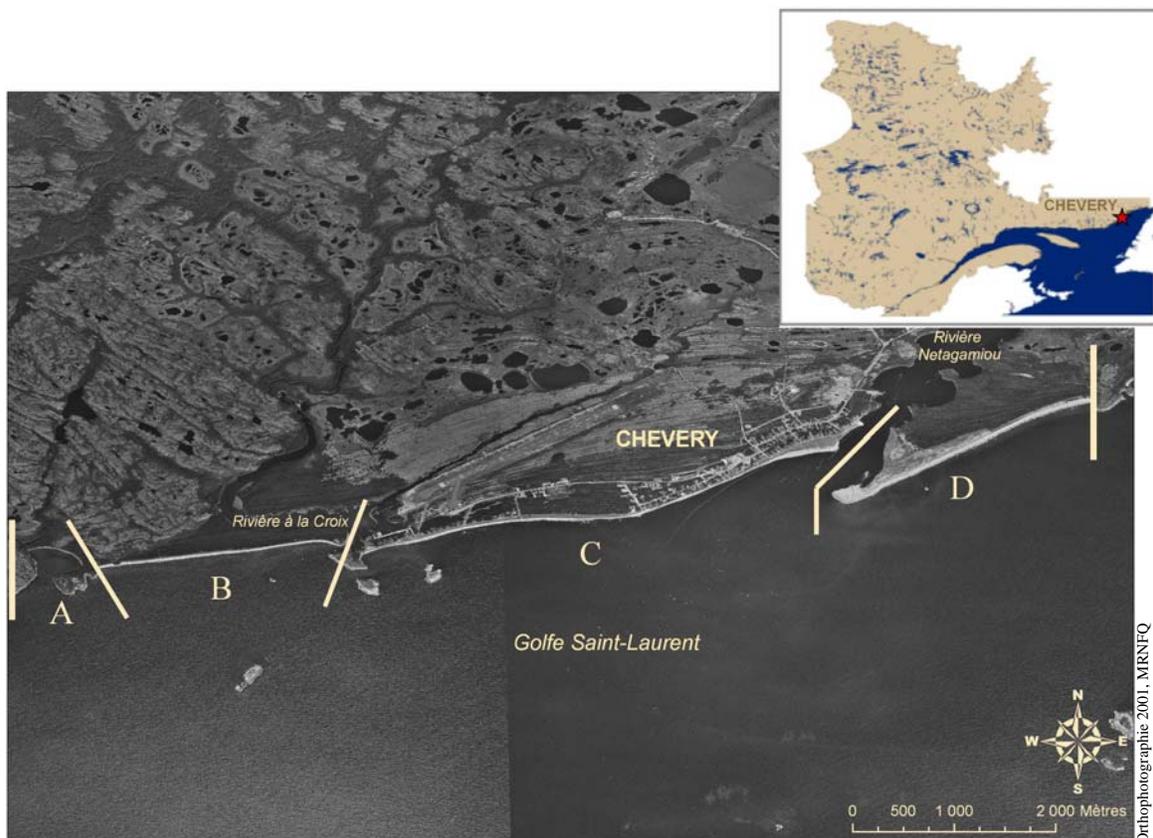


Figure 1. Localisation du site d'étude et des cellules hydrosédimentaires

2. MATÉRIEL ET MÉTHODE

L'évaluation des risques d'érosion pour le site à l'étude a d'abord nécessité d'établir le portrait du système côtier dans lequel il se trouve. Ensuite, une caractérisation du site d'étude a été effectuée. Le type de côte, l'artificialisation ainsi que l'évolution historique ont été décrits et analysés selon une segmentation côtière. Le type de côte a été défini selon les caractéristiques apparentes du littoral, en faisant abstraction de l'artificialisation. Aucune campagne de terrain n'a été effectuée.

2.1 Évolution côtière

L'évolution historique a été déterminée par l'analyse des photographies aériennes de 1931 et de 2001. Les images de 1931 proviennent de la photothèque nationale de l'air d'Ottawa, celles de 2001 du ministère des Ressources naturelles du Québec. Les reculs et avancées du littoral (érosion ou accumulation) ont ainsi pu être évalués en superposant les images de différentes années. Les mesures ont été effectuées à chaque 50 m le long du littoral. Une erreur de plus ou moins 2 mètres est à considérer, ce qui veut dire une marge d'erreur de plus ou moins 0,03 m/an pour la période de 1931-2001. Le trait de côte utilisé pour tracer l'évolution historique est basé sur la ligne de rivage, c'est-à-dire la limite des pleines mers supérieures de grande marée (PMSGM). Sur les portions naturelles du littoral, le trait de côte correspond à la limite de la végétation stable. Sur les portions artificielles, c'est le haut de l'ouvrage de protection qui marque le trait de côte.

2.2 Largeur du haut estran

La largeur du haut estran a aussi été déterminée par photointerprétation sur les deux couvertures de photographies aériennes, dans le secteur C seulement (terrasse de plage). Le haut estran est délimité sur sa partie supérieure par la ligne de rivage alors que sa limite inférieure est généralement identifiable par le changement d'angle du profil de plage (point d'inflexion ou flexure) qui correspond aussi généralement à un changement de granulométrie et de texture. Ce point d'inflexion se situe immédiatement sous la limite du niveau moyen de la mer. Au total, 36 stations ont été mesurées à intervalle égal de 100 m.

3. CARACTÉRISATION DU SITE

3.1 Conditions hydrodynamiques du système côtier de Chevery

Le système côtier de Chevery est alimenté en sédiments par deux cours d'eau, soit principalement la rivière Netagamiou à l'est et de façon secondaire, la rivière à la Croix à l'ouest (figure 2). Située sur un territoire où les dépôts meubles sont très peu abondants et où la roche mère précambrienne affleure dans une large proportion, l'écoulement de la rivière Netagamiou est fortement contrôlé par la structure géologique. Les sédiments de la rivière Netagamiou ont tout de même été assez abondants pour former une vaste plaine côtière constituée de terrasses de plage et d'une flèche littorale. La présence d'un delta actuel de près de 2 km² de superficie à l'embouchure de la rivière Netagamiou est un bon indicateur de l'abondance des sédiments encore aujourd'hui. La présence de ces sédiments forment des hauts-fonds qui provoquent le déferlement des vagues sur l'avant côte. Une série de seuils importants sur la rivière Netagamiou, marqués par des crans rocheux, limite cependant l'apport à la côte en permettant une sédimentation plus importante dans les mouilles. De larges bancs d'accumulation se sont d'ailleurs formés en amont des seuils. La rivière Netagamiou est une branche de la rivière du Petit Mécatina qui se divise en deux à environ 25 km de l'embouchure. Une station hydrique est installée sur la rivière du Petit Mécatina, à 1 km avant de se diviser en deux branches. A ce niveau, le débit moyen se situe autour de 300 m³/s avec un débit maximal à 4 000 m³/s (Centre d'expertise hydrique, 2008).

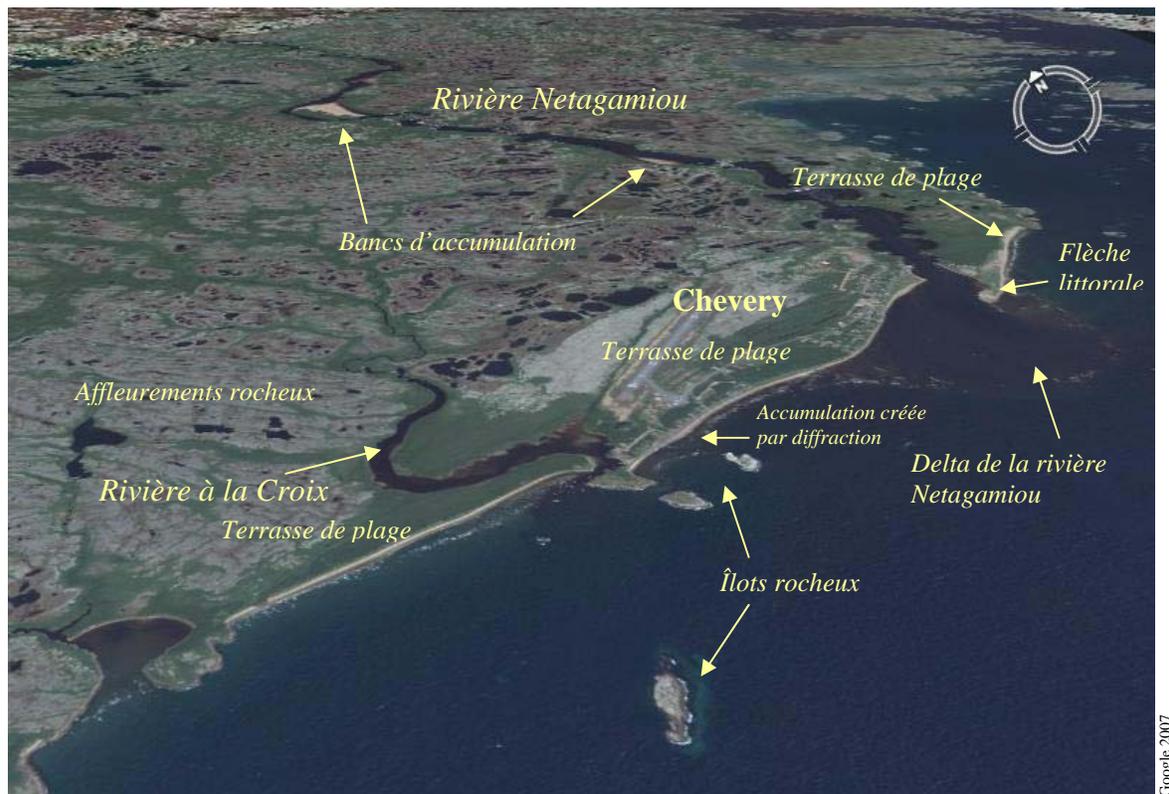


Figure 2. Entités géomorphologiques de la région de Chevery

Le patron de distribution des sédiments le long du littoral indique une dérive littorale vers l'ouest. Les deux cours d'eau du territoire ont une embouchure orientée vers l'ouest et la formation des larges terrasses de plage des secteurs B et C indique que les sédiments de la rivière Netagamiou ont été déposés à l'ouest de son embouchure.

Dans la partie ouest du village, on retrouve deux îlots rocheux à 250 m de la ligne de rivage. La diffraction des vagues sur l'îlot situé le plus à l'est crée une accumulation en forme de tombolo sur l'avant-plage, et contribue ainsi à limiter l'action des vagues sur la ligne de rivage.

Le fetch est de 150 km au sud-est et de plus de 300 km au sud. Les vents de tempête du sud et du sud-est peuvent ainsi créer de fortes vagues qui atteignent la côte aux endroits non protégée par un îlot ou par la flèche littorale.

La marée est de type mixte semi diurne avec un marnage moyen de 1,5 m (tableau 1) . Le maximum enregistré lors d'une pleine mer est de 3,1 m.

Tableau 1 : Régime des marées pour le secteur de Chevery

| | | | |
|-------------------------------|-----------------------|---------------|---------|
| Localité | Chevery | | |
| Port de référence | Harrington-Harbour | | |
| Type de marées | mixte semi-diurne | | |
| Marnage | Marée moyenne | 1,5 m | |
| | Grande marée | 2,2 m | |
| Hauteur | Pleine mer supérieure | Marée moyenne | 1,8 m |
| | | Grande marée | 2,2 m |
| | Basse mer inférieure | Marée moyenne | 0,4 m |
| | | Grande marée | - 0,1 m |
| Extrêmes enregistrés | Extrême de pleine mer | 3,1 m | |
| | Extrême de basse mer | - 0,5 m | |
| Niveau moyen de l'eau | 1,1 m | | |
| Vitesse maximale des courants | Flot | 2,0 noeuds | |
| | Jusant | 2,0 noeuds | |

Source : <http://www.lau.cbs-shc.dfo-mpo.gc.ca>

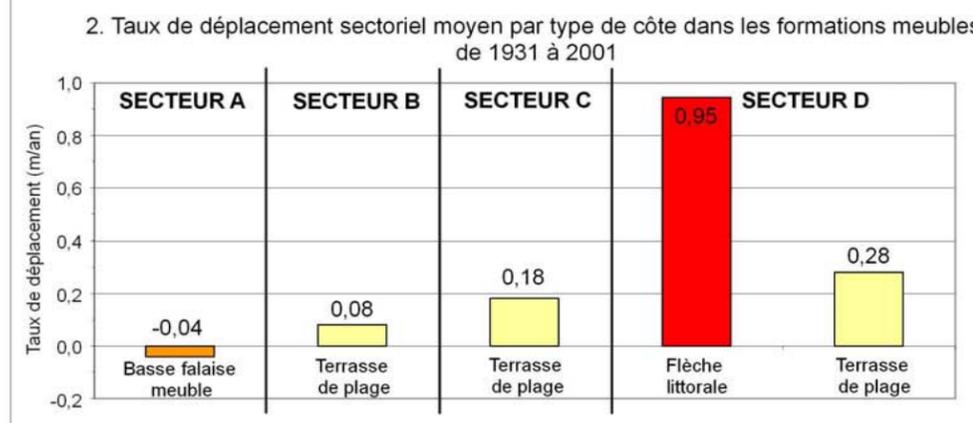
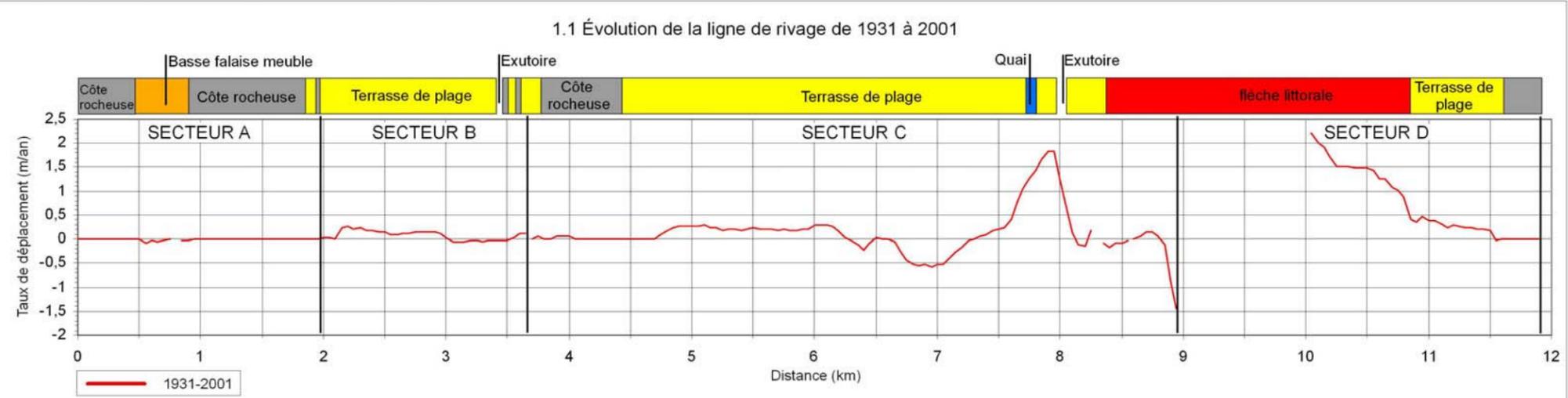
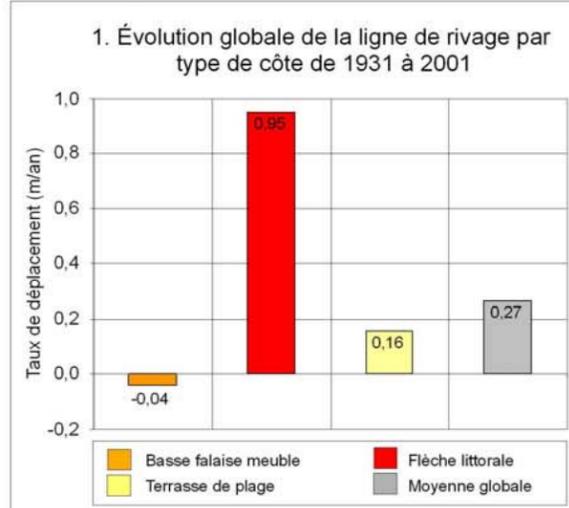
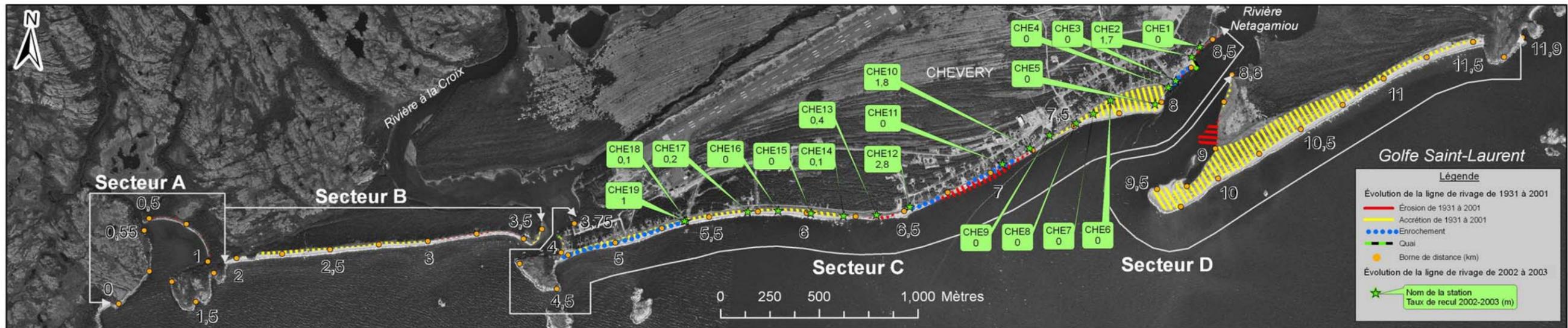
Toutes ces hauteurs sont calculées en fonction du niveau zéro des cartes bathymétriques.

3.2 Caractérisation côtière

La figure 3 résume l'ensemble des données sur la caractérisation et sur l'évolution historique récente de la région de Chevery. On y retrouve les longueurs et proportions des types de côte et de l'artificialisation ainsi que les taux de déplacement globaux de la ligne de rivage pour chaque secteur.

3.2.1 Types de côtes et artificialité

Trois types de côtes dominant dans la zone d'étude; les terrasses de plage avec 51 % (6 400 m) de la longueur totale de côte, les côtes rocheuses avec 26 % (3 180 m) et la flèche littorale avec 18 % (2 228 m). On retrouve aussi un petit segment de basse falaise meuble qui compte pour 5 % (618 m). La zone habitée est entièrement située sur une terrasse de plage.



2.1 Répartition des différents types de côtes et des structures de protection du littoral en 2001

| CHEVERY (CARACTÉRISATION CÔTIÈRE 2001 DU SECTEUR D'ÉTUDE) | | |
|---|--------------|--------------|
| Types de côtes | Longueur (m) | % |
| Basse falaise meuble | 618 | 5.0 |
| Côte rocheuse | 3180 | 25.6 |
| Flèche littorale | 2228 | 17.9 |
| Terrasse de plage | 5100 | 41.0 |
| Terrasse de plage (enrochement)** | 1207 | 9.7 |
| Terrasse de plage (quai)** | 93 | 0.7 |
| Total du secteur d'étude | 12426 | 100.0 |

* Statistiques des types de côtes obtenues par photointerprétation des orthophotographies aériennes du MRNFQ 1 : 40 000 de 2001
 ** Statistiques sur l'artificialité basée sur la photointerprétation de l'imagerie QuickBird (2006) tirée du site web Google Earth

| Types de côtes | Longueur (m) | % |
|-------------------------|--------------|------|
| Côtes naturelles | 11126 | 89.5 |
| Côtes artificialisées** | 1300 | 10.5 |

| Structures de protection du littoral de Chevery | | |
|---|--------------|------|
| Types de structures | Longueur (m) | % |
| Côte avec Enrochement** | 1207 | 92.8 |
| Côte avec Quai** | 93 | 7.2 |

Sources : Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, UQAR, 2008. Projection cartographique : MTM fuseau 3, NAD 83. Fond de carte : Orthophotographies aériennes 1 : 40 000 de 2001 du MRNFQ : (Q01820_166_F03 et Q01820_168_F03)



Figure 3. Évolution côtière historique de la région de Chevery, Territoire de la Basse-Côte-Nord, de 1931 à 2001

Les zones artificielles constituent 10,5 % du littoral. Elles sont constituées d'enrochement sur 1 207 m construits afin de limiter le recul de la côte causé par l'érosion et d'un quai qui compte pour 93 m de rive. Les enrochements sont situés au centre et à l'ouest du secteur C (figure 3).

A proximité de l'embouchure de la rivière à la Croix, un long enrochement de 650 m de longueur a été mis en place pour limiter le recul de la ligne de rivage (photo 1). Ce secteur est toutefois en partie protégé par la présence d'un îlot rocheux qui favorise l'accumulation sur la plage par diffraction entre la côte et l'îlot.



Photo 1. Enrochement pour protéger la route dans la portion ouest du village

3.2.2 Évolution historique de la ligne de rivage

L'environnement côtier de Chevery a principalement évolué au rythme des apports sédimentaires de la rivière Netagamioiu. Un peu à l'image du secteur des plages à Sept-Îles, alimenté par la rivière Moisie, les plages de Chevery se sont formées par la dérive ouest des sédiments de la rivière, isolant des lagunes au fil de la progradation de la côte. La terrasse de plage, sur laquelle le village est construit, est ainsi caractérisée par une alternance de cordons littoraux et de lagunes anciennes (figure 4).



Figure 4. Terrasse de plage formée d'une alternance de cordons littoraux et de lagunes anciennes

Entre 1931 et 2001, les valeurs mesurées indiquent que l'ensemble du littoral a gagné 0,27 m/an, ce qui représente un gain de 19 m réparti sur le système côtier. Évidemment, cette accumulation n'est pas uniforme et certains secteurs ont aussi connus des reculs. L'accumulation s'est concentrée à l'embouchure immédiate de la rivière Netagamou. A cet endroit, la terrasse de plage s'est élargie de 100 m vers le large et ce sur plus de 500 m de longueur à l'ouest de l'embouchure. La flèche littorale s'est aussi élargie de 100 m vers la mer et s'est allongée de près de 400 m vers le sud-ouest sur la même période. Il semble que l'accumulation de la terrasse de plage ait été favorisée par l'avancement de la flèche littorale vers l'ouest qui limite fortement le fetch. La partie ouest du village a aussi connu de l'accrétion, mais avec seulement quelques mètres d'avancement de la ligne de rivage.

La seule zone qui a reculée est la partie centrale du village où l'on enregistre des reculs maximums de -0,5 m/an, soit 35 m depuis 1931.

Les bornes mesurées entre 2002 et 2003 n'indiquent pas un recul important pour cette période, sauf pour les bornes CHE 2, CHE 10 et CHE 12 qui indiquent un recul entre 1,7 et 2,8 m entre 2002 et 2003 (figure 3).

3.2.3 Évolution historique de la largeur des plages

Les mesures effectuées à Chevery indiquent une diminution de plus de la moitié de la largeur des plages, en passant d'une moyenne de 23 m en 1931 à 10 m en 2001 (figures 5 et 6). Malgré l'apport important de sédiments, tel qu'en témoignent les données sur le déplacement du trait de côte, la diminution de la largeur des plages indiquent que le système côtier est plus susceptible de réagir rapidement aux événements de tempête.

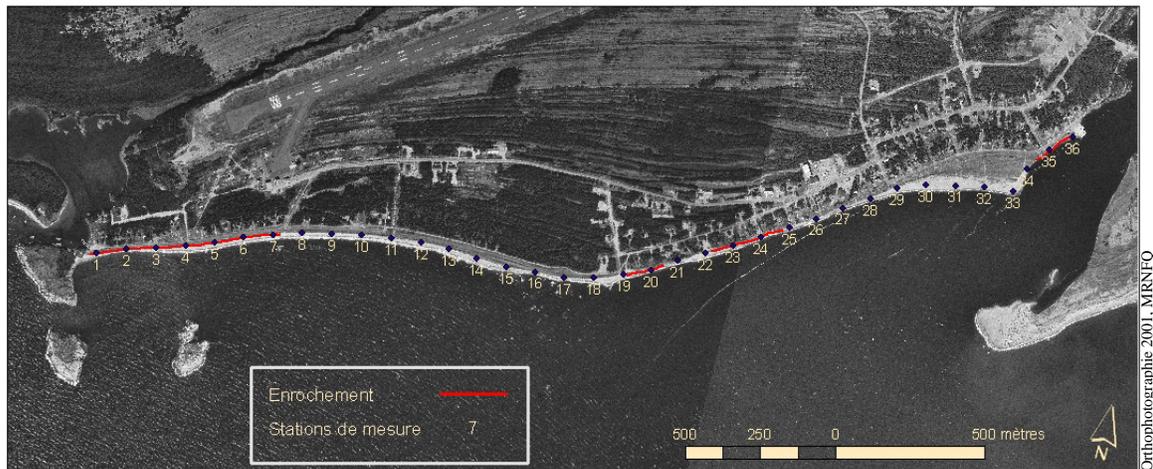


Figure 5. Localisation des stations de mesure de la largeur des plages en lien avec les zones artificielles

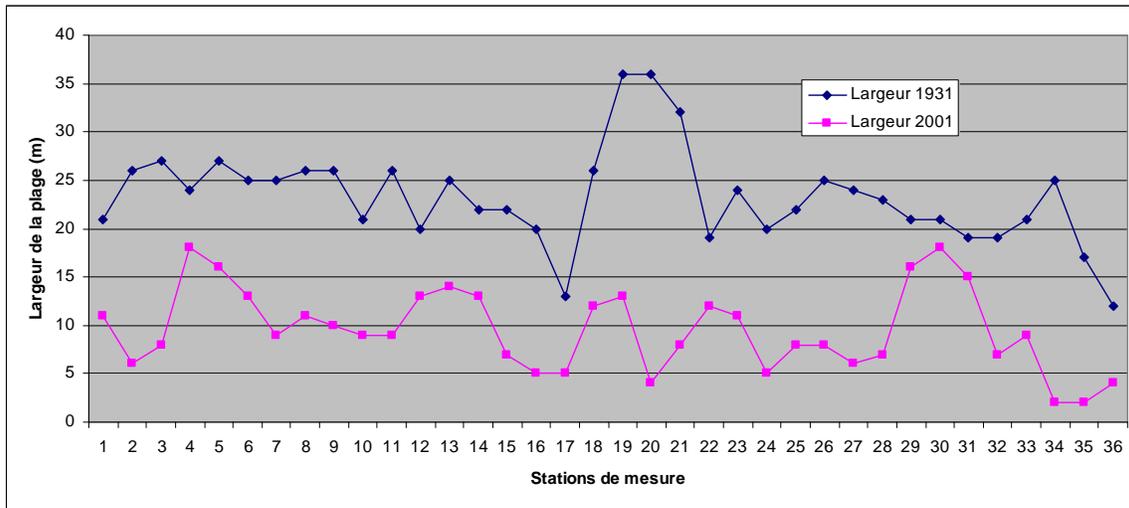


Figure 6. Évolution de la largeur des plages entre 1931 et 2001

A première vue, selon la comparaison des moyennes globales entre les zones artificielles et les zones naturelles, l’artificialisation ne semble pas avoir joué un rôle important dans la diminution de la largeur. En effet, en 2001, la moyenne de la largeur des plages naturelles est de 10 m et celle des plages artificialisées est aussi de 10 m. Cependant, on note que les plus gros écarts de diminution entre 1931 et 2001 se trouvent aux stations des zones enrochées. La moyenne des écarts pour les zones naturelles est de 13 m tandis qu’elle est de 16 m pour les zones enrochées. Les stations de mesure #2, #19 et #20, qui se situent vis-à-vis un enrochement, présentent respectivement des écarts de 20, 23 et 32 m. La plage est aujourd’hui pratiquement absente à ces endroits.

Dans l’ensemble, l’apport sédimentaire important compense donc l’effet réfléchissant des enrochements, mais ponctuellement, la plage peut subir un rétrécissement important relié à l’enrochement et ainsi contribuer à augmenter l’impact des vagues de tempête. Les effets de bout sont aussi très visibles aux extrémités des enrochements.

3.2.4 Usages du milieu côtier

La zone côtière de Chevery est principalement consacrée au domaine résidentiel. Plus de vingt résidences sont directement touchées par l’érosion. Une route municipale longe aussi le littoral dans la partie ouest du village. Les bâtiments de la Commission scolaire du Littoral et de la municipalité, qui représentent un centre administratif important pour la Basse-Côte-Nord, sont aussi situés à proximité du littoral, dans une zone menacée.

4. GÉORISQUES CÔTIERS

Sur la base de l'évolution historique de la côte, des conditions littorales actuelles, des effets anticipés des changements climatiques dans le futur et de l'utilisation et de l'affectation actuelle du littoral, il appert que le secteur à l'étude sur le territoire de Chevery présente deux aléas côtiers, soit l'érosion côtière et la submersion.

4.1 Érosion

Le littoral de la région de Chevery est composé de 75 % de côte de sable, et donc potentiellement à risque d'érosion. Malgré de grands apports sédimentaires par la rivière Nétagamiou, certaines portions du territoire côtier subissent des reculs importants. L'érosion par les vagues de tempête représente le processus le plus actif sur le littoral. Les quelques îlots rocheux au large du village n'empêchent pas les effets des vagues de tempête qui bénéficient d'un fetch de 150 km au sud-est et de plus de 300 km au sud. La portion du village à l'est des bâtiments de la Commission scolaire du Littoral est durement touchée par l'érosion depuis une dizaine d'années. Les enrochements mis en place dans ce secteur se sont affaissés et le déficit sédimentaire des plages s'est accentué immédiatement devant et en bordure des structures (photos 2 et 3). Ceci limite le rôle naturel des plages à absorber l'énergie des vagues et à contrer l'érosion.



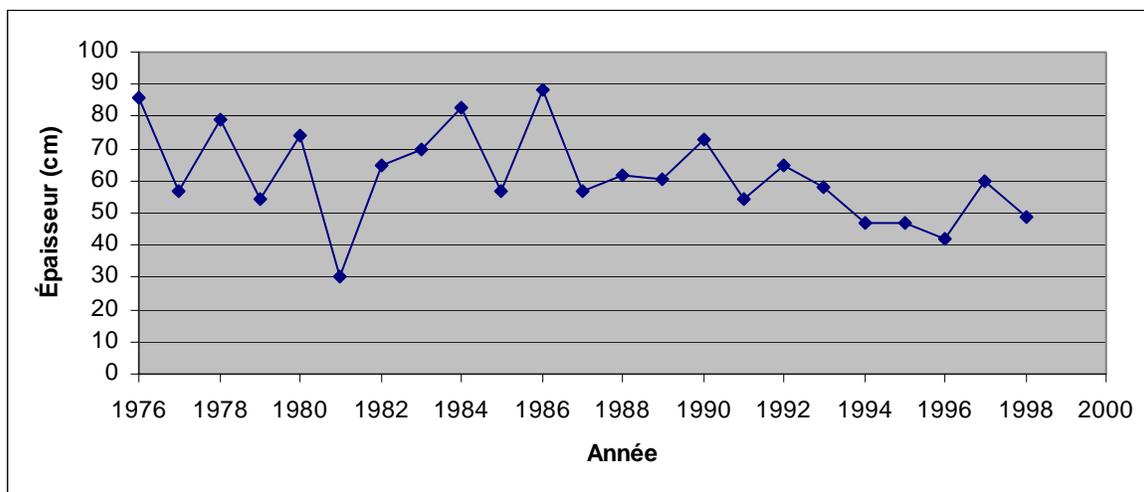
Photo 2. Effets de bout à l'extrémité des



Photo 3. Enrochement affaissé

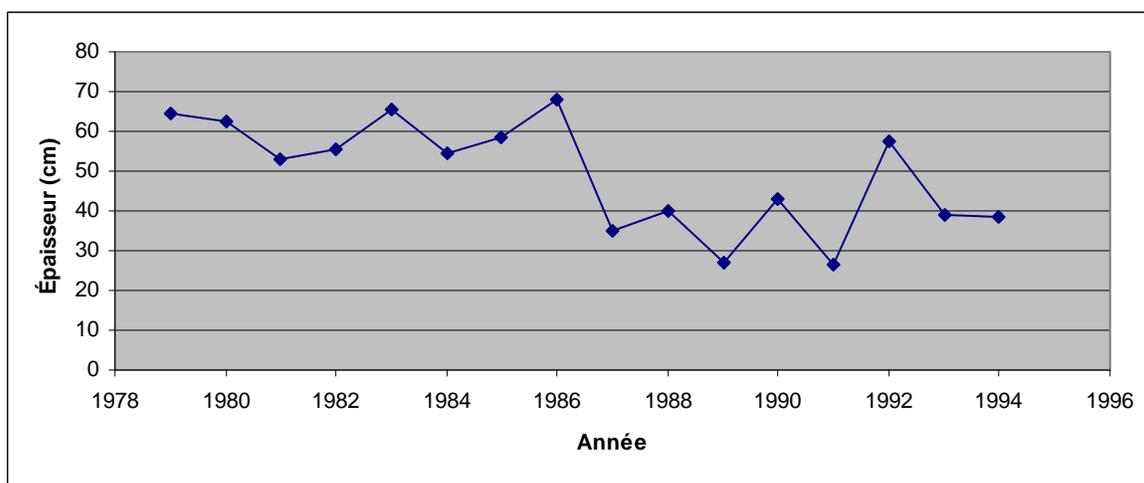
La portion est du village profite de la protection de la flèche littorale contre les vagues. L'allongement de cette flèche a favorisé l'élargissement de la terrasse de plage sur plus de 120 m.

Toutefois, l'absence de pied de glace de bas estran sur une plus grande période et la réduction de la largeur du pied de glace de haut estran depuis 1998 soumet le littoral à un plus grand nombre d'événements de tempête, d'autant plus que les tempêtes surviennent principalement en hiver (Bernatchez et Dubois, 2004). La compilation et l'analyse des données d'épaisseur de la glace côtière à Blanc-Sablon et à Havre-Saint-Pierre provenant des archives du Service canadien des glaces montrent une réduction de l'épaisseur de glace à partir de 1987 (figures 7 et 8). Ces données vont dans le même sens que les résultats d'une enquête effectuée auprès de la communauté côtière de Chevery où les individus observent une diminution de la glace côtière (Plante *et al.*, 2007).



Source des données : Archives du Service canadien des glaces

Figure 7. Évolution de l'épaisseur moyenne de la glace côtière à Blanc-Sablon (1976-1998)



Source des données : archives du Service canadien des glaces

Figure 8. Évolution de l'épaisseur moyenne de la glace à Havre-Saint-Pierre (1979-1994).

4.2 Submersion

Bien que la tendance du niveau marin relative mesurée sur la Côte-Nord correspond généralement à une baisse du niveau marin (Koozhare *et al.*, 2006), on retrouve plusieurs signes géomorphologiques d'une transgression marine. Les milieux humides côtiers sont en recul et les flèches littorales à marais maritime migrent vers l'intérieur et envahissent les marais. Il existe très peu de données sur les tendances récentes du niveau marin relatif sur la Basse-Côte-Nord. Le niveau serait plutôt stable, voir légèrement à la baisse (Shaw *et al.*, 1998). Selon les données marégraphiques de Harrington Harbour, le niveau marin s'est abaissé à un taux de 0,13 mm/an entre 1940 et 1990 (Shaw *et al.*, 1998). Toutefois, si on se base sur la hausse globale des océans qui a été de 1 à 2 mm/an lors du

dernier siècle (Gornitz, 1995; Woodworth *et al.*, 1999; Mörner, 2004) et de 3,1 mm/an lors de la dernière décennie (GIEC, 2007), la région de la Basse-Côte-Nord ne devrait pas être épargnée de la submersion côtière sur les basses terres si la tendance se poursuit.

La zone d'étude, constituée à 69 % de côtes basses, présente des risques de submersion lors des événements de tempête. La présence d'enrochements contribue aussi à augmenter les risques de submersion sur les côtes basses (Bernatchez *et al.*, 2008b).

5. MESURES D'ADAPTATION ET CONCLUSIONS

La caractérisation du site à l'étude a permis de préciser la dynamique côtière et de déterminer les principaux aléas côtiers. La très faible élévation topographique, le degré d'exposition aux vagues de tempête et l'artificialisation sont tous des facteurs qui rendent le secteur de Chevery vulnérable au risque d'érosion et de submersion.

Les côtes basses telles que les terrasses de plage et les flèches littorales sont très sensibles aux processus d'érosion engendrés par les surcotes et les tempêtes. Dans le contexte d'une hausse potentielle de la fréquence des tempêtes, l'évolution accélérée de ces systèmes pourrait survenir rapidement (Stone et Orford, 2004). Les tempêtes successives enregistrées au cours des dernières années et la diminution de la couverture de glace littorale favorisent de plus l'abaissement des profils de plage et le déficit sédimentaire grandissant sur les côtes sableuses (Bernatchez *et al.*, 2008a, 2008b).

Selon l'étude de Plante *et al.* (2007), l'option du « retrait » n'est pas la première à être envisagée à Chevery. Les citoyens désirent plutôt opter pour le renforcement des infrastructures actuelles et l'ajout de nouvelles structures anti-érosion pour protéger une partie du village. Nous encourageons tout de même les autorités et les citoyens à considérer nos recommandations. Ces dernières s'appuient sur les tendances climatiques récentes (Jolivet et Bernatchez, 2005, 2008) et sur les projections de changements climatiques appréhendés pour les prochaines décennies (GIEC, 2007) ainsi que sur le contexte actuel de réactivation rapide et récente des systèmes côtiers de l'estuaire maritime et du golfe du Saint-Laurent (Bernatchez, 2003; Bernatchez et Dubois, 2004; Dubois *et al.*, 2005). Les recommandations s'appuient aussi sur plusieurs expériences d'intervention en milieu côtier. *Une analyse des coûts-avantages des scénarios recommandés devrait être réalisée pour compléter cette étude.*¹

¹ Les études complémentaires recommandées sont indiquées en caractère *italique gras*

Recommandation 1 :

Maintenir les recommandations d'inconstructibilité du Comité d'experts sur l'érosion côtière à une zone de 60 m et proscrire toute construction sur la flèche littorale. Encourager le retrait progressif des résidences et infrastructures à risque à moyen et long terme.

Les terrasses de plage et les flèches littorales font parties des systèmes côtiers les plus dynamiques et les plus sensibles à tous changements environnementaux dans la zone côtière. Par leur nature géologique sableuse, leur faible dénivelé par rapport au niveau de la mer et leur localisation à proximité des embouchures de rivières, ces milieux sont très sensibles à l'érosion et à la submersion. Actuellement, tant dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent que sur les côtes de l'Atlantique, la ligne de rivage de ce type de système côtier migre rapidement vers l'intérieur des terres. Plusieurs terrasses de plage ont d'ailleurs complètement disparues durant les 20 dernières années sur la Côte-Nord. L'ensemble des flèches littorales, qui sont par définition des formes d'accumulation, montre majoritairement des signes de recul et de migration vers les terres.

Malgré un fort apport sédimentaire de la rivière Netagamiou, la terrasse de plage du village montre des signes d'érosion importants au cœur du village, ce qui explique la mise en place d'un enrochement sur 1207 m de distance à cet endroit.

Dans le contexte de la hausse du niveau marin, plusieurs chercheurs s'entendent pour dire que l'option stratégique la plus durable à long terme sur ce type de système côtier est le retrait et la relocalisation (Daniel, 2001). Dans ce contexte, les autorités devraient envisager à moyen et long terme le retrait progressif des infrastructures qui deviendront à risque et l'identification de terrains pour la relocalisation. Nous suggérons en ce sens de mettre en place un programme de surveillance du niveau de risque.

Étant donné que toute nouvelle pression anthropique augmenterait la vulnérabilité des infrastructures déjà en place, nous recommandons qu'aucune nouvelle implantation de bâtiments ne soit permise. Un zonage d'inconstructibilité tel que proposé par Dubois *et al.*, (2005) devrait être adopté. *Nous recommandons qu'un relevé LIDAR soit effectué afin de déterminer avec précision la topographie de l'arrière plage et de l'arrière côte et ainsi déterminer avec précision la superficie du zonage d'inconstructibilité.*

Recommandation 2 :

Éviter la mise en place de nouvelles structures fortes verticales et rectilignes sur le haut estran et la haute plage (murs et enrochements)

Dans un système côtier meuble où les échanges sédimentaires entre le bas estran, le haut estran, la haute plage et l'arrière plage sont dynamiques, la mise en place d'une structure rigide permanente vient sérieusement modifier la réponse de la côte aux conditions hydrodynamiques (Bernatchez *et al.*, 2008a, 2008b). Ce type de structure a le double effet d'augmenter la réflectivité de la côte et d'accélérer les courants de dérive littorale. Les vagues qui frappent la structure sont réfléchies et les courants de retour transportent avec eux les sédiments vers le large. Au lieu de capter les sédiments qui migrent le long

du littoral, les murs ont aussi pour effet d'augmenter le transit sédimentaire, en diminuant entre autre la rugosité de surface. Les sédiments sont transportés plus rapidement le long du littoral, augmentant ainsi le déficit. Les structures ont aussi pour effet de réduire les apports sédimentaires provenant de l'érosion de l'arrière plage. Le déficit sédimentaire se traduit par l'abaissement du niveau du haut estran, ce qui augmente l'impact des vagues. Le littoral perd ainsi sa capacité naturelle à faire face aux intempéries et à réagir aux nouvelles conditions.

Si les conditions actuelles sont maintenues et que l'artificialisation par des enrochements se poursuit, on peut s'attendre à la disparition des plages et du haut estran, comme c'est le cas devant certains tronçons d'enrochement. Par ailleurs, même si globalement les structures de défense côtière implantées au cours des dernières décennies ont maintenu en place la ligne de rivage, plusieurs de ces structures ont été fortement endommagées lors des dernières tempêtes. Dans le contexte des changements climatiques, des événements extrêmes et de la hausse du niveau marin, les coûts d'entretien de ces structures vont continuer d'augmenter.

Recommandation 3 :

Recharge de plage avec mise en place d'un système d'épis perpendiculaires au trait de côte.

Pour assurer la pérennité à court et moyen terme du système côtier de Chevery, où les enjeux socio-économiques sont de taille pour la communauté, l'intervention la plus adéquate consiste à combiner la mise en place d'un système d'épis avec une recharge en sable de la plage.

La mise en place d'épis consiste à implanter des structures légèrement obliques ou perpendiculaires au trait de côte afin de capter des sédiments qui sont en transit pour rehausser le niveau de la plage. Ce système doit donc être implanté dans des zones où il y a une dérive littorale et des sédiments en transit. La recharge en sable des plages consiste à alimenter artificiellement une plage avec des sédiments provenant généralement de la plage sous-marine ou de l'arrière côte. Elle sert donc à rehausser le niveau de la plage et à lui redonner un profil d'équilibre naturel. Cette approche est de plus en plus utilisée. Plusieurs cas types ont été documentés en Europe et sur la côte Atlantique américaine et montrent des résultats très intéressants et des niveaux d'efficacité supérieurs aux murets et aux enrochements (Daniel, 2001; Service maritime et de navigation du Langnedoc-Roussillon et EID Méditerranée, 2005). Au Québec, sur la Côte-Nord, des plages ont aussi été rechargées en sable par des résidents et par la municipalité de Sept-Îles et cette approche semble donner jusqu'à maintenant de bons résultats.

Le milieu côtier de Chevery bénéficie d'un important transit sédimentaire. Il est donc envisageable d'implanter une série d'épis le long de la terrasse de plage. Toutefois, pendant que l'épis se charge dans sa partie amont, il se crée un déficit temporaire en aval. Étant donné le déficit sédimentaire pouvant se créer devant les structures de protection rigides, la recharge artificielle en sable est inévitable pour atténuer les aléas côtiers. La mise en place d'épis sans recharge pourrait aggraver le déficit sédimentaire

en aval alors qu'une recharge en sable sans épis aurait pour effet de diminuer la durée de vie de ce type de défense côtière.

Le choix de cette technique est aussi basé sur l'abondance de sable disponible dans la région. La rivière Netagamiou a construit un large complexe de terrasses de plage où il est possible d'y puiser du sable possédant les mêmes caractéristiques que celui de la plage actuelle. *Une étude sédimentologique de la zone côtière et des sources de matériaux d'emprunts devrait être réalisée pour définir la taille granulométrique optimale en lien avec la dynamique côtière actuelle pour réaliser la recharge en sable.*

La flèche littorale est précieuse car elle offre une protection naturelle pour le village lors des tempêtes d'est. Nous ne recommandons ainsi aucun emprunt à cet endroit.

Une analyse plus détaillée de la topographie permettra de définir le volume de sable nécessaire ainsi que le design de la recharge en sable.

Évidemment, les premières tempêtes à frapper à la suite de la recharge en sable auront pour effet de répartir une partie du volume de sable vers le bas estran afin de rééquilibrer le profil de plage, mais aussi vers les zones adjacentes. L'énergie des vagues sera ensuite plus facilement dissipée sur le bas estran et elles ne viendront plus frapper directement sur l'arrière plage.

Il est aussi prudent de prévoir des recharges récurrentes afin de compenser les pertes lors d'événements extrêmes. Sur les côtes océaniques de l'Atlantique, les recharges se font généralement à tous les 2 à 5 ans, parfois plus de 5 ans (Daniel, 2001). Sur la base des expériences de la Côte-Nord, on peut envisager que la recharge se fasse à un rythme de 5 à 10 ans. La protection du littoral par le rechargement en sable de la plage visible et sous-marine constitue une méthode douce qui utilise les forces de l'environnement marin pour la restauration de l'équilibre du littoral. Cette méthode est de loin la plus favorable sur la terrasse de plage de Chevery.

6. RÉFÉRENCES

BERNATCHEZ, P., 2003. *Les impacts des changements climatiques sur les littoraux de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent*. Actes du colloque sur les changements climatiques au Canada : plusieurs histoires à suivre. Bulletin de l'AQQUA, 29 : 8-9.

BERNATCHEZ, P., 2006a. *Bilan de l'érosion côtière sur la Côte-Nord (2000-2005)*, Québec. Rapport de recherche remis au Ministère des affaires municipales et des régions, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, UQAR, 31 p.

BERNATCHEZ, P., 2006b. *Implantation d'un réseau de suivi de l'érosion côtière et bilan de l'érosion pour le Bas-Saint-Laurent, la Gaspésie et les Îles-de-la-Madeleine*, Québec. Rapport de recherche remis au Ministère des affaires municipales et des régions, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, UQAR, 59 p.

BERNATCHEZ, P. et DUBOIS, J.-M.M., 2004. *Bilan des connaissances de la dynamique de l'érosion des côtes du Québec maritime laurentien*. Géographie physique et Quaternaire, vol. 58, no 1, p. 45-71.

BERNATCHEZ, P., FRASER, C., FRIESINGER, S., JOLIVET, Y., DUGAS, S., DREJZA, S. et MORISSETTE, A., 2008a. *Sensibilité des côtes et vulnérabilité des communautés du golfe du Saint-Laurent aux impacts des changements climatiques*. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport de recherche remis au Consortium OURANOS et au FACC, 256 pages.

BERNATCHEZ, P., FRASER, C et LEFAIVRE, D., 2008b. *Effets des structures rigides de protection sur la dynamique des risques naturels côtiers : érosion et submersion*. 4^e Conférence canadienne sur les géorisques. Université Laval, 20-24 mai 2008. Québec, Qc, Canada

CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE, 2008. Site internet visité le 15 août 2008 <http://www.cehq.gouv.qc.ca/suivihydro/graphique.asp?NoStation=075705#Fiche>

DANIEL, H. 2001. *Replenishment versus retreat : the cost of maintaining Delaware's beaches*. Ocean and Coastal Management, vol. 44, p. 87-104.

DUBOIS, J.-M.M., BERNATCHEZ, P., BOUCHARD, J.-D., DAIGNEAULT, B., CAYER, D. et DUGAS, S., 2005. *Évaluation du risque d'érosion du littoral de la Côte-Nord du Saint-Laurent pour la période de 1996-2003*. Conférence régionale des élus de la Côte-Nord, 291 p. + annexes.

GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), 2007. *Climate change 2007 : The physical science basis*. Cambridge University Press, Cambridge, 996 p.

GORNITZ, V., 1995. *Sea-level rise : a review of recent past and near-future trends*. Earth Surface Processes and Landforms, 20, p. 7-20.

JOLIVET, Y. et BERNATCHEZ, P., 2005. *Analyse climatique des régions côtières de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent*. Rapport de recherche no UQARGEORR-22 remis au Centre Boréal du Saint-Laurent. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski, 129 p.

JOLIVET, Y. et BERNATCHEZ, P., 2008. *Analyse du climat maritime historique des régions côtières de Sept-Îles, de Percé et des Îles-de-la-Madeleine*. Dans : BERNATCHEZ, P., FRASER, C., FRIESINGER, S., JOLIVET, Y., DUGAS, S., DREJZA, S. et MORISSETTE, A., 2008a. *Sensibilité des côtes et vulnérabilité des communautés du golfe du Saint-Laurent aux impacts des changements climatiques*. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport de recherche remis au Consortium OURANOS et au FACC, 256 pages.

KOOHZARE, A., VANICEK, P. et SANTOS, M., 2006. *Compilation of the map of recent vertical crustal movements in eastern Canada using GIS*, Journal of Surveying Engineering, ASCE, Vol. 132, No. 4, pp. 160-167.

LOZANO, I., DEVOY, R.J.N., MAY, W. et ANDERSON, U., 2004. *Storminess and vulnerability along the Atlantic coastlines of Europe : Analysis of storm records and of a greenhouse gases induced climate scenario*. Marine geology, 210, p. 205-225.

MÖRNER, N.-A., 2004. *Estimating future sea level changes from past records*. Global and Planetary Change, 40, pp. 49-54.

PLANTE, S., CHOUINARD, O. et BERNATCHEZ, P., 2007. *Politiques, gouvernance et renforcement des capacités communautaires d'adaptation aux changements climatiques des zones côtières, insulaires et continentales*. Rapport présenté à Ressources naturelles Canada – Fonds d'action sur les changements climatiques. 190 p.

SAVARD, J.-P., ROSU, C., GACHON, P., PACHER, G. et CARRERA, M., 2008. *Étude des tempêtes dans le golfe du Saint-Laurent; rapport sectoriel*. Dans : *Étude de la vulnérabilité des communautés côtières de l'Est du Québec aux changements climatiques*. Ouranos, en prép.

SENNEVILLE, S. et SAUCIER, F.J., 2007. *Étude de sensibilité de la glace de mer au réchauffement climatique dans le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent*. Rapport préparé pour Ouranos et soumis le 30 octobre 2006.

SERVICE MARITIME ET DE NAVIGATION DU LANGUEDOC-ROUSSILLON et EID MÉDITERRANÉE, 2005. *Guide technique numéro 9; Connaissance et gestion de l'érosion du littoral. Bassin Rhone-Méditerranée et Bassin Corse*. Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux du bassin Rhône-Méditerranée-Corse. 52 p.

SHAW, J., TAYLOR, R.B., FORBES, D.L., RUZ, M.H. et SOLOMON, S., 1998. *Sensitivity of the coasts of Canada to sea-level rise*. Geological Survey of Canada, Bulletin 505, 79 p.

STONE, G.W. et ORFORD, J.D., 2004. *Storms and their significance in coastal morpho-sedimentary dynamics*. *Marine Geology*, 210 : 1-5.

WOODWORTH, P.L., TSIMPLIS, M.N., FLATHER, R.A. et SHENNAN, I., 1999. *A review of the trends observed in British Isles mean sea level data measured by tide gauges*. *Geophysical Journal International*, 136, pp. 651-670.