



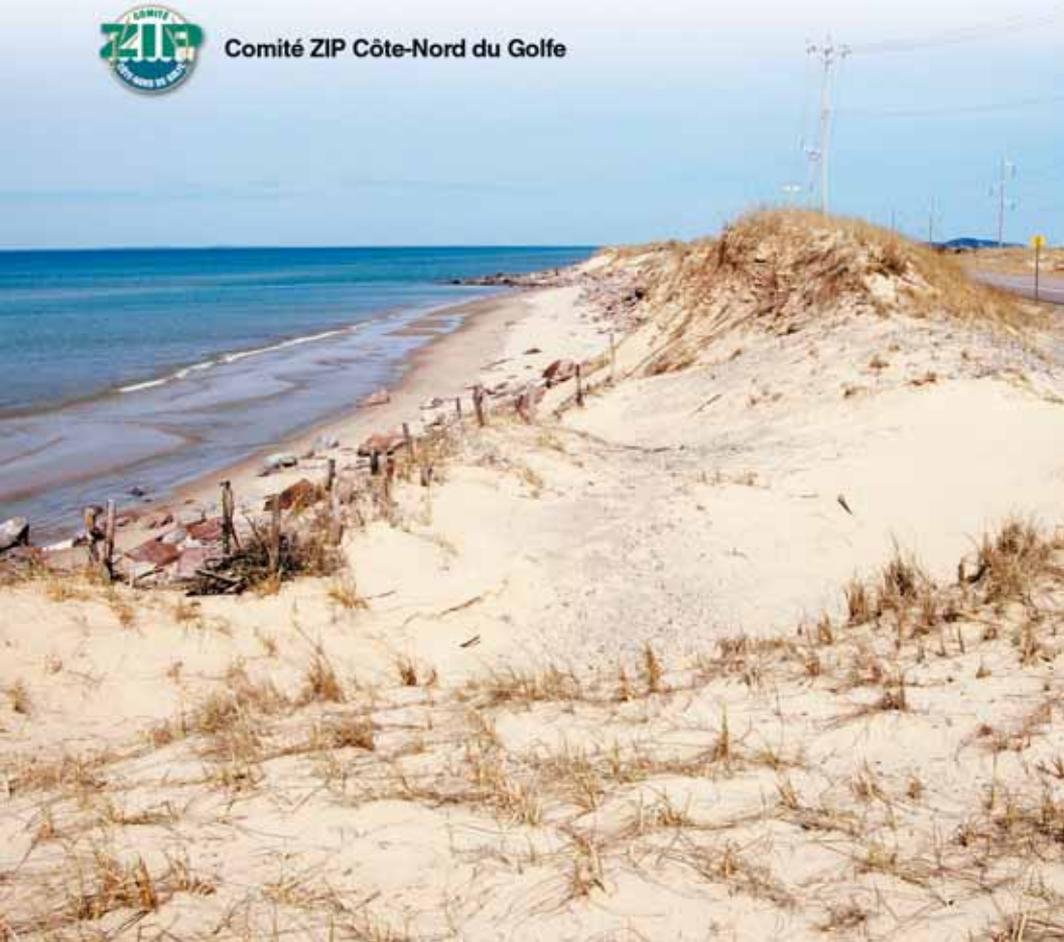
**Document d'information**

Mars 2007

# *L'érosion des berges au Québec maritime*



Comité ZIP Côte-Nord du Golfe



# Avant-propos

Ce document d'information est une initiative du Comité ZIP Côte-Nord du Golfe dont la première version a pu être diffusée dans la région de la Côte-Nord grâce au soutien de la ville de Sept-Îles et de la MRC de Sept-Rivières. Cette nouvelle version vise l'ensemble du Québec maritime dont les problématiques d'érosion des berges sont visiblement de plus en plus présentes.

Un processus naturel et dynamique influencé par des facteurs naturels, comme le vent et les courants marins, et **anthropiques**, comme le déboisement et l'occupation du territoire, l'érosion côtière est un enjeu de plus en plus important des régions du Québec maritime. L'érosion constitue donc un phénomène complexe qui doit être considéré dans son ensemble et qui est d'autant plus d'actualité que la majorité de la population vit près ou sur la côte.

Chaque année, des infrastructures se trouvent en situation d'urgence, ce qui nous pousse à vouloir freiner rapidement le processus d'érosion par des méthodes de stabilisation des berges. Ces interventions ciblées par décret pour des situations d'urgence laissent peu de place à la recherche de solutions adaptées au milieu côtier. En agissant localement, sans considérer le système global, ces interventions causent plus de dommages qu'en laissant agir la nature. Les interventions locales peuvent ainsi aggraver la situation et détruire des habitats essentiels à l'équilibre des **écosystèmes**.

Ce document d'information a donc pour but d'expliquer, le plus simplement possible, le phénomène d'érosion côtière. Il s'adresse aux citoyens et aux gestionnaires de territoire soucieux de mieux comprendre les éléments inhérents au phénomène d'érosion. Il apporte donc des informations sur les éléments à prendre en considération pour bien comprendre l'érosion des berges, c'est-à-dire les principales caractéristiques qui composent la zone côtière, les différents processus qui agissent, de même que les impacts de ces derniers sur l'environnement.

Ce document d'information n'a pas la prétention de résoudre les problèmes d'érosion. Il permettra néanmoins de mieux comprendre le phénomène d'érosion et d'identifier les pistes de solution quant à la gestion du littoral et ce, dans une optique de **développement durable** et de **gestion intégrée de la zone côtière**.

Il est à noter qu'un guide provincial plus détaillé, visant spécifiquement la formation des décideurs publics sera publié par le Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières à l'Université du Québec à Rimouski, sous la direction de Pascal Bernatchez, géomorphologue côtier. En plus d'expliquer de façon détaillée l'érosion des berges, une formation complémentaire sera offerte par des spécialistes.



# Table des matières

<b>AVANT-PROPOS</b> .....	I	<b>L'ÉROSION CÔTIÈRE :</b>	
<b>TABLE DES MATIÈRES</b> .....	II	<b>UN PROCESSUS COMPLEXE</b> .....	15
<b>LES CÔTES :</b>		<b>LES TYPES D'ÉROSION CÔTIÈRE</b> .....	15
<b>UN SYSTÈME DYNAMIQUE</b> .....	1	<b>LES FACTEURS INFLUENÇANT</b>	
<b>IMPORTANCE DE LA ZONE CÔTIÈRE</b> ....	3	<b>L'ÉROSION CÔTIÈRE</b> .....	16
<b>LES TYPES DE CÔTES</b> .....	4	<b>LES PROCESSUS</b>	
<b>LES CÔTES ROCHEUSES</b> .....	5	<b>D'ÉROSION CÔTIÈRE</b> .....	18
<b>Falaises</b> .....	5	<b>Les processus aérodynamiques</b>	
<b>LES CÔTES SABLEUSES</b> .....	6	<b>et hydrodynamiques</b> .....	18
<b>Côtes à terrasses de plages</b> .....	6	1) L'effet du vent (éolisation) .....	18
La plage plus en détail .....	6	2) L'effet des vagues .....	19
Le profil de plage .....	7	3) L'effet des glaces littorales .....	20
1) Les dunes et l'arrière-plage .....	8	4) L'effet des courants de marée .....	20
2) La microfalaise ou la falaise .....	9	<b>Les processus hydrogéologiques</b>	
3) La haute plage .....	9	<b>et gravitaires</b> .....	21
4) L'estran (zone intertidale) .....	10	1) Les glissements et les coulées ....	21
5) Les barres d'avant-plage		2) La suffosion et le ravinement .....	21
ou barres sous-marines .....	10	3) Les écroulements et les éboulis ..	22
Les variations saisonnières		<b>Les autres processus naturels</b> .....	22
du profil de plage .....	11	1) La météorisation :	
<b>Côtes deltaïques</b> .....	12	cryogénie et dessication .....	22
<b>Côtes à flèche littorale</b> .....	13	2) Les actions biologiques :	
<b>Côtes à tombolo</b> .....	13	nidification et « picorage » .....	23
<b>LES CÔTES À MARAIS</b> .....	14	3) Les actions chimiques :	
		dissolution et corrosion .....	23
		<b>Les processus anthropiques</b> .....	24
		1) Les obstacles à la circulation	
		des sédiments .....	24
		2) La concentration des écoulements,	
		la dénudation et l'excavation	
		des surfaces .....	25



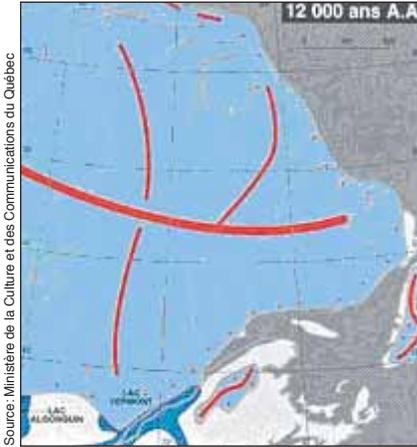
<b>CE QUI ACCROÎT L'ÉROSION</b> .....	26	<b>IMPACTS SUR L'HABITAT DU POISSON DES INTERVENTIONS POUR CONTRER LES EFFETS DE L'ÉROSION DES BERGES</b> .....	35
Les changements climatiques régionaux .....	26	<b>LE CADRE RÉGLEMENTAIRE ET L'ÉROSION DES BERGES</b> .....	36
Les tempêtes .....	27	<b>FAUT-IL LUTTER CONTRE L'ÉROSION ?</b> .....	37
Les variations du niveau marin relatif .....	28	<b>EN BREF</b> .....	38
Les variations naturelles des apports sédimentaires .....	28	<b>LEXIQUE</b> .....	39
<b>IMPACTS DES MESURES DE STABILISATION DES BERGES SUR LE SYSTÈME CÔTIER</b> .....	29	<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	43
<b>Les mesures de protection du talus</b> .....	30	<b>Équipe de réalisation</b> .....	45
1) Les murs de protection et les revêtements .....	30		
2) La végétalisation .....	31		
3) Les membranes .....	31		
<b>Les mesures de restauration de la plage</b> .....	32		
1) Les épis et champs d'épis .....	32		
2) Le rechargement artificiel des plages .....	33		
<b>Les mesures de frein des vagues</b> .....	34		
1) Les brise-lames .....	344		

\* Les termes en gras dans le texte sont définis dans le lexique.

# un système dynamique

Pour bien comprendre le processus d'érosion côtière, il faut remonter aussi loin que la dernière glaciation ! Cette période représente la transition entre le temps où les glaciers couvraient le Québec et le climat actuel plus chaud. En fait, les sédiments côtiers qui alimentent nos plages, viennent principalement de cette période où les glaciers arrachaient des quantités importantes de roches et de sable à l'intérieur

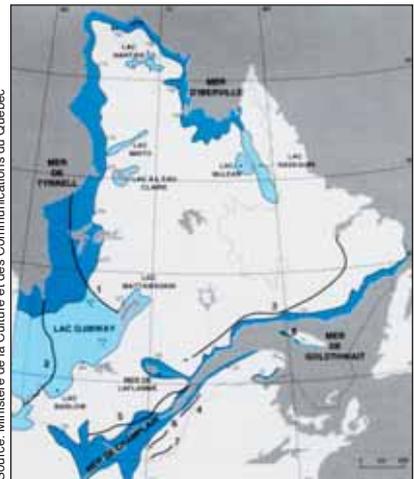
des terres pour les transporter vers la mer grâce à la fonte des glaciers. Cette période d'apports de sédiments importante étant terminée, le sable des plages provient principalement de ces dépôts de sable. Or, aujourd'hui, nous connaissons une sorte de pénurie de sable, car il provient principalement des apports du fleuve Saint-Laurent, de ses affluents (les rivières qui s'y jettent) et de l'érosion. Aux Îles-de-la-Madeleine, le sable provient principalement de l'érosion des falaises de grès. La conséquence de cette pénurie est que le sable est maintenant limité aux plages elles-mêmes et qu'il est déplacé constamment sous les effets des courants marins, des vagues, de la marée et du vent.



Source: Ministère de la Culture et des Communications du Québec

Position du glacier vers 12 000 ans avant aujourd'hui.

Le climat de la Terre n'est pas stable et varie considérablement à travers le temps, passant de périodes chaudes où les glaces occupent peu de place, à des périodes plus froides où les glaces prennent de l'expansion. Il y a environ 15 000 ans, lors de la dernière période glaciaire, le Québec était recouvert d'un glacier d'une épaisseur de 1 à 2 kilomètres. Le poids immense de la glace a provoqué un enfoncement du continent sur quelques centaines de mètres. Au cours de cette période, divers processus d'érosion, de transport et de sédimentation ont contribué au façonnement du paysage actuel.



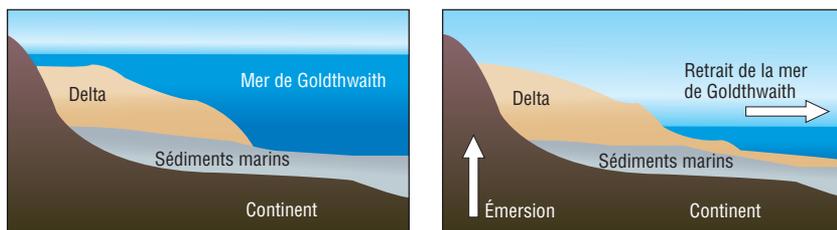
Source: Ministère de la Culture et des Communications du Québec

Le trait bleu foncé montre l'avancement des mers postglaciaires sur le continent.



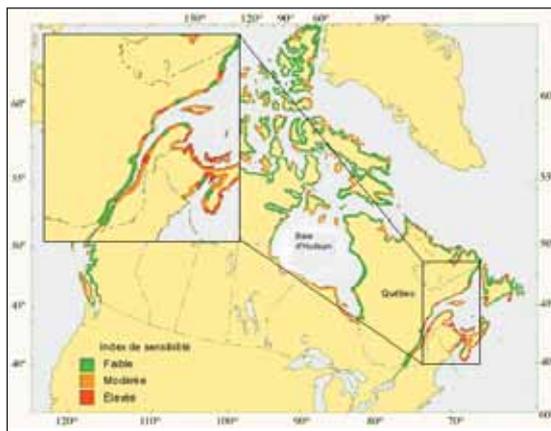
Vers 12 000 ans avant aujourd'hui, suivant un réchauffement du climat, le Québec a commencé à se libérer de cette glace. Lors du retrait du glacier, les eaux du Saint-Laurent ont envahi les terres formant l'ancienne mer de Goldthwaith, dont on retrouve aujourd'hui ses anciens rivages à des altitudes avoisinant les 100 mètres.

Suite au retrait complet du glacier, le continent, libéré du poids de la glace, a commencé à refaire surface (émersion des mers, **relèvement isostatique**). Cette remontée a entraîné le retrait de la mer de Goldthwaith, qui a laissé derrière elle des dépôts de sédiments.



*Lors de l'envahissement de la mer de Goldthwaith, des argiles et des limons ont sédimenté dans les parties profondes qui sont aujourd'hui les rives de la Côte-Nord. En même temps, sur les anciens rivages, de larges deltas se sont installés à l'embouchure des rivières. En remontant, le continent a mis à jour ces sédiments, qui sont aujourd'hui remaniés par la mer.*

Les sédiments retrouvés sont généralement composés d'argile, de limon et de sable. L'accumulation de ces sédiments sur le socle rocheux du continent porte le nom de **formation meuble**. Ces types de sédiments sur le littoral sont sensibles à l'érosion, car ils se tiennent plus ou moins ensemble et par conséquent sont plus faciles à éroder que les côtes rocheuses qui ont été elles aussi façonnées par l'action des glaciers. Les différents types de côtes sont présentés plus loin.



*La sensibilité des côtes au Canada. Modifié de Shaw (1998)*

Source: ????

## de la zone côtière

Environ les deux tiers de la population mondiale vivent en zone côtière et on prévoit que d'ici trois décennies, plus de 75 % des gens y résideront. Cette zone de transition entre la terre et la mer subit d'importants stress liés au développement croissant des activités humaines. Les impacts qui en résultent vont de la baisse de la biodiversité et de l'abondance des ressources, à la diminution des revenus découlant des activités économiques dépendantes de la mer. La zone côtière du Québec maritime n'y fait pas exception. Bien qu'elle soit relativement peu peuplée, elle est le siège d'une activité économique essentielle à la survie des populations côtières. Elle représente un garde-manger, mais aussi un attrait touristique, une route, un milieu de vie.

En milieu côtier, on trouve des habitats parmi les plus productifs de la planète, lesquels sont particulièrement vulnérables aux activités humaines, dont l'exploitation des ressources, la pollution et les altérations physiques d'habitats. Les **habitats côtiers** servent de zone de reproduction et de croissance des poissons; d'halte pour les oiseaux migrateurs; d'aire de croissance pour la végétation et la faune **halophile**. Ces habitats sont les premiers menacés par la hausse du niveau marin et l'érosion, il est donc primordial de les préserver. Il est reconnu que pour soutenir le développement des activités économiques, il faut aussi tenir compte de la capacité de support et de récupération du milieu naturel.

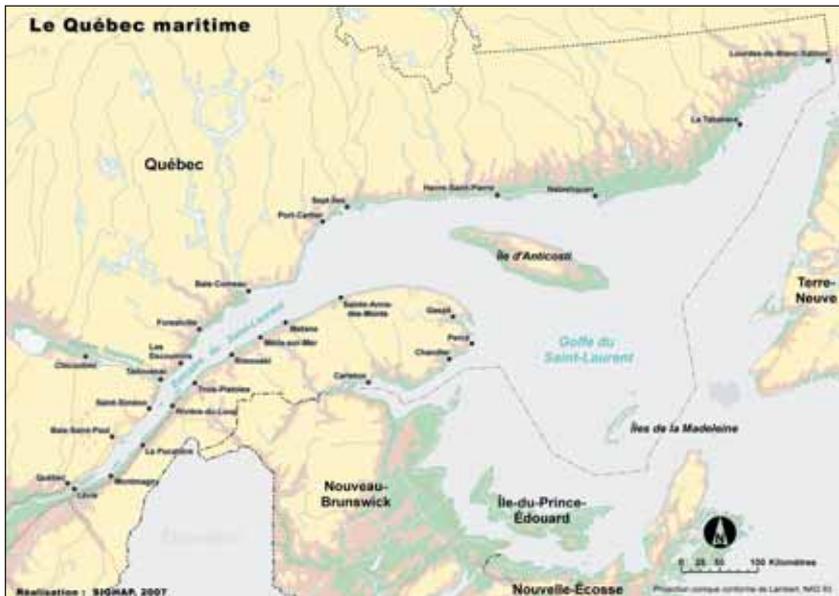
# Les types de côtes

Le Québec maritime compte différents types de côtes dont les côtes rocheuses, sableuses et à marais. Elles réagissent de manière différente à l'érosion. Cette section présente les différents types au Québec maritime, inventoriés par le Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières de l'Université du Québec à Rimouski.

			Localisations principales					
Types	Côtes	Distribution	Estuaire		Golfe			
			Rive nord	Rive sud	Rive nord	Rive sud	Îles-de-la Madeleine	Baie des Chaleurs
Rocheuses	Rocheuses	50 %	x	x	x	x	x	x
	Glaciaires	4 %	x					
Sableuses	À terrasse de plages et dune	17 %	x	x	x	x	x	x
	Deltaïques	15 %	x		x			x
	À flèche littorale	5 %	x		x		x	x
	À tombolo	2 %		x	x			
Marais	À marais	7 %	x		x		x	x

Source: Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières

Distribution des côtes du Québec maritime.



Source: SIGMAP; Pêches et Océans Canada

Limites du Québec maritime.

## LES CÔTES ROCHEUSES

### Falaises

Les côtes rocheuses sont les plus abondantes au Québec maritime. Elles sont caractérisées par un escarpement rocheux créé par l'érosion ou une plate-forme rocheuse. On peut y distinguer différents types de falaises selon leurs hauteurs. Les falaises basses (hauteur inférieure à 2 mètres), les falaises moyennes (entre 2 et 10 mètres) et les falaises hautes (plus de 10 mètres).

Les falaises sont formées par l'érosion, les restes de leurs effondrements (amas de roches) se trouvent généralement au pied des falaises. L'importance de ces amas dépend souvent de la sensibilité de la roche à l'érosion. Lorsqu'une falaise n'est plus active (plus en contact avec l'eau), on parle de falaise morte. Autrement, on dit que la falaise est vive (active). Ces côtes sont essentiellement composées de roches sédimentaires (de calcaire, de grès [e.g. : rouge et gris], de schistes et de conglomérats). Elles se regroupent en côtes rocheuses sans falaise (plages rocheuses), en côtes à falaise rocheuse avec marais, en plages rocheuses avec marais et en côtes rocheuses recouvertes de dépôts meubles comme le sable. L'érosion opère principalement sur les côtes à falaise de roches sédimentaires qui sont des formations géologiques fortement affectées par la **gélifraction**. Aussi, l'action des vagues entraîne la formation d'encoches profondes à la base qui peuvent atteindre 8 mètres, donnant ainsi des surplombs qui finissent par s'effondrer et qui font reculer soudainement le haut de la falaise.



*Côte rocheuse - Percé.*

© Pascal Bernatchez



*Falaise de grès - Îles-de-la-Madeleine.*

Source : Yves Martineau, Comité Z.P. IDM



*Côte rocheuse sans falaise - Harrington Harbour.*

Source : Pascal Bernatchez



## LES CÔTES SABLEUSES

Les côtes sableuses sont nombreuses, elles regroupent les côtes à terrasse de plages, les **flèches littorales**, les dunes, les côtes deltaïques et les **tombolos**. En y intégrant les marais, on peut les regrouper sous l'appellation de côtes basses.

### Côtes à terrasses de plages

Les côtes à terrasse de plages sont les plages proprement dites telles qu'utilisées dans le langage courant. Elles sont composées d'une accumulation de sédiments (sable, argile et limon ou parfois de **galets**), suivie généralement d'une microfalaise sur laquelle repose une petite terrasse qui peut comporter un couvert végétal (haut de plage). Sur les plages sableuses et exposées à de forts vents, il n'est pas rare d'y trouver une **dune**. Les côtes à terrasse de plages sont parfois associées à un marais ou à une lagune. Un fait à noter est que ce type de côte est actuellement en érosion de manière assez généralisée dans le Québec maritime. Les terrasses de plages sont particulièrement sensibles à l'action des vagues de tempête et il n'est pas rare de mesurer des reculs de plus de 5 mètres par année. Elles constituent aussi des zones à risque d'inondation.

### La plage plus en détail

Les sédiments parviennent sur les plages de trois (3) façons :

1. le transport de l'intérieur des terres vers la plage par les rivières;
2. le transport le long de la côte (dérive littorale);
3. l'érosion des dunes, des microfalaises et des falaises.



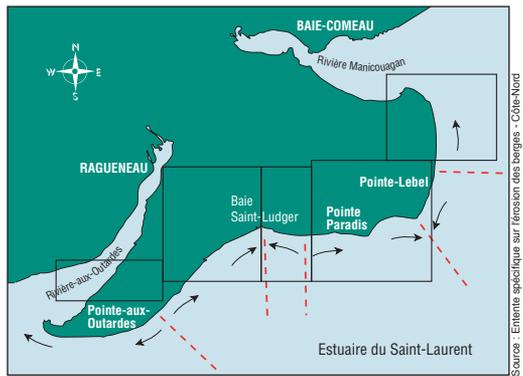
Source : Pascal Bernatchez

Plage sableuse - Baie des Chaleurs.

Chaque plage possède son propre bilan sédimentaire (quantité de sédiments qui entre dans le système côtier moins la quantité qui en sort). Prenons l'exemple d'une plage qui reçoit des sédiments provenant d'une rivière située à proximité. Cette section de plage est donc en accumulation. Par contre, l'érosion peut emporter ces sédiments et les redistribuer sur d'autres secteurs de la plage, et ainsi de suite jusqu'à ce que le sable soit complètement évacué du système, en se perdant au large par exemple. Il y a donc, dans notre système, des sections en accumulation, des sections en érosion et des sections en équilibre.

Une plage en équilibre est une plage où il y a autant de sédiments qui s'accumulent que de sédiments qui sont emportés par l'érosion. Si l'érosion enlève du sable près d'une habitation, la plage peut tout de même être en équilibre.

Chaque section de plage réagit d'une manière différente aux processus marins, ce qui crée des cellules sédimentaires bien distinctes. Les méthodes de protection des berges doivent être adaptées à chaque **cellule sédimentaire**, ce qui nécessite l'intervention d'experts en dynamique côtière.

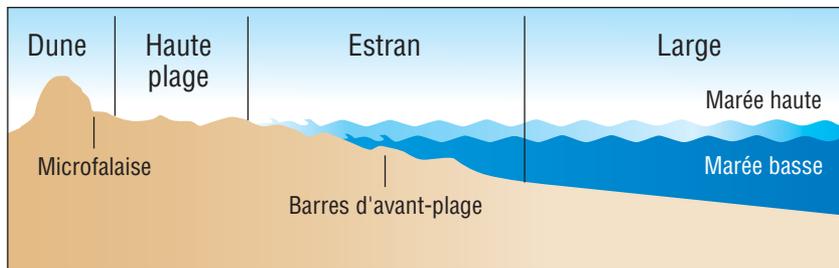


Exemple de cellules sédimentaires - Baie-Comeau.

## Le profil de plage

Une plage est constituée de plusieurs parties. La configuration de l'ensemble de ces parties porte le nom de profil de plage. Nous allons mettre l'emphase sur les parties les plus impliquées dans le phénomène d'érosion côtière, soit :

- 1) les dunes et l'arrière-plage;
- 2) la microfalaise et la falaise;
- 3) la haute plage;
- 4) l'estran;
- 5) les barres d'avant-plage.



Source : Michel Lajoie, modifié de Urs Neumeier (inkedit)

*Profil de plage.*

### 1) Les dunes et l'arrière-plage

Les dunes résultent d'une accumulation de sable transporté par le vent. Elles sont très dynamiques, car elles changent de formes au gré des vents. Elles se situent généralement à l'extérieur de la zone soumise aux marées. Les dunes sont souvent recouvertes de végétation, généralement composée d'élyme des sables ou d'ammophile à ligule courte. Cette végétation permet de capter les sédiments éoliens, constituant en quelque sorte un réservoir de sable pour la plage. Les dunes demeurent fragiles même si on y retrouve un couvert végétal. Il est donc important de les protéger, d'autant plus qu'elles servent d'habitat à plusieurs espèces fauniques. En plus de l'érosion, un autre phénomène semble s'implanter : la progression des dunes vers l'intérieur des terres. Ce phénomène est relié à l'augmentation de la force et de la fréquence des vents, de même qu'à la dégradation, par la circulation humaine, du couvert végétal des dunes.

Les dunes protègent les habitats situés à l'arrière de celles-ci et les empêchent d'être comblés de sable. Elles offrent également une protection pour les infrastructures routières, de même qu'un milieu de vie important pour des plantes et des animaux qui viennent y chercher abri et nourriture.



Source : Yves Marinier, Comité ZIP IDM

*Dune en érosion - Îles-de-la-Madeleine.*

**2) La microfalaise ou la falaise**

Constituée de sable, la microfalaise (moins de 2 mètres) ou la falaise (plus de 2 mètres) constitue la rupture de la dune. Par l'action des houles de tempêtes ou des glissements de terrain, la pente de la dune devient plus abrupte et dissipe de moins en moins la force des vagues sur la côte. Les sédiments ainsi prélevés sont transportés le long du littoral, contribuant ainsi au bilan sédimentaire de la côte.



Source : Comité ZIP CNG

*Microfalaise.*

**3) La haute plage**

Par définition, la haute plage (aussi appelée ligne de rivage) est la zone qui sépare l'écosystème marin de l'écosystème terrestre. C'est également une zone qui n'est pas soumise à la fluctuation des marées, sauf lors des tempêtes. La haute plage représente la limite d'établissement de la végétation. Souvent, elle prend la forme d'un bourrelet dû à l'accumulation de matériaux amenés par les marées les plus hautes.



© Entente spécifique sur l'érosion des berges - Côte-Nord

*Emplacement de la haute plage.*



#### 4) L'estran (zone intertidale)

L'estran est la partie de la plage qui est soumise aux vagues et aux marées. L'estran est ce qui est communément appelé la plage. La pente de l'estran a une importance dans le processus d'érosion verticale, comme il le sera présenté ultérieurement. L'estran abrite des espèces fauniques comme les mollusques et les crustacés et constitue un habitat de reproduction pour des poissons (e.g. capelan) et d'alimentation pour des oiseaux marins (e.g. sterne).



Source : Pascal Bernatchez

*Plage (estran) - Berthier-sur-Mer.*

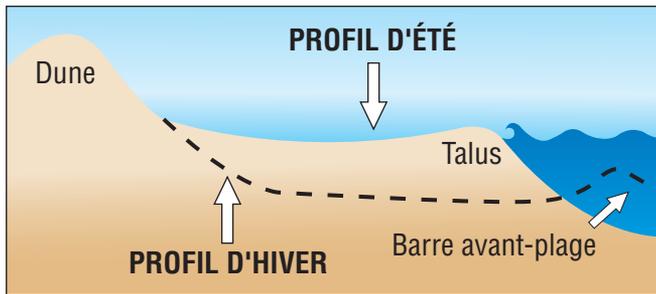
#### 5) Les barres d'avant-plage ou barres sous-marines

Le déplacement des sédiments peut générer des formes qui seront influencées par les courants et les vagues : les barres d'avant-plage ou barres sous-marines. Elles représentent le point de cassure des vagues (déferlement). Les barres ne sont pas des structures permanentes et sont vouées à se déplacer soit vers la plage ou au large (selon la saison) ou encore le long de cette dernière par la dérive littorale. La barre sous-marine peut être simple ou double, ondulée ou rectiligne.

### Les variations saisonnières du profil de plage

La formation des plages répond à une condition relativement simple : il y a formation d'une plage lorsque l'apport en sédiments est supérieur au volume de sédiments qui est enlevé (bilan sédimentaire positif). Dans le cas contraire, il y a érosion (bilan sédimentaire négatif).

Dans la réalité, le profil d'une plage est en perpétuel changement, car il se modifie au gré des conditions hydrologiques et météorologiques. Dès lors, on remarque généralement un relèvement du profil des plages pendant la période estivale, une relative stabilité en hiver, à cause de la présence des glaces qui recouvrent les berges, et un abaissement des plages lors des tempêtes automnales et printanières. Ainsi, la tendance évolutive d'une plage ne peut être véritablement appréciée que si les observations portent sur plusieurs années.



Variation du profil de la plage selon les saisons.



## Côtes deltaïques

Les deltas se situent à l'embouchure des rivières actuelles ou celles présentes lors de la dernière glaciation. Ces milieux, où l'eau salée et l'eau douce se mélangent, sont des milieux très riches et dynamiques. Plusieurs processus y interagissent et influencent la productivité du milieu et la dynamique sédimentaire. Les deltas sont formés par l'accumulation de sédiments à l'embouchure d'un cours d'eau et leur configuration dépend de l'hydrodynamisme. Les côtes deltaïques sont principalement localisées sur la Côte-Nord et la Baie des Chaleurs où les grands bassins-versants et les rivières ont permis des apports sédimentaires considérables vers la côte particulièrement lors de la déglaciation. Les falaises deltaïques sont des plus sensibles à l'érosion. Elles sont propices aux glissements de terrain, à la **suffosion** et aux **processus cryogéniques (gélifraction)**. Elles sont sensibles aux pluies intenses, aux redoux hivernaux ainsi qu'à l'action des vagues de tempêtes.



Source : Pascal Bernatchez

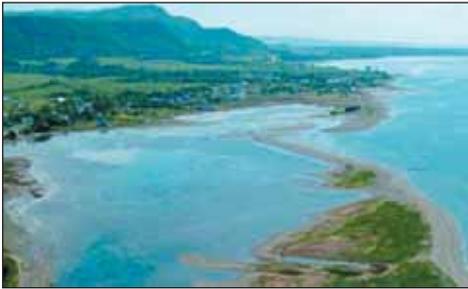
*Côte deltaïque - Carleton.*



Source : Michel Lemay

*Embouchure de la rivière St-Jean, Gaspésie.*

### Côtes à flèche littorale



Source : Christian Frasier

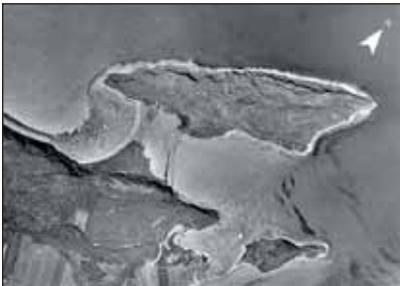
Flèche littorale - St-Omer-Carleton.

Les côtes à **flèche littorale** sont formées par l'accumulation de matériaux meubles (sables ou **galets**) selon un plan étiré avec un point d'ancrage à une extrémité et une pointe libre à l'autre extrémité. Les flèches littorales formées sur des plates-formes rocheuses sont souvent composées de galets et peuvent être perpendiculaires au trait de côte.

Les côtes à flèche littorale se retrouvent le plus souvent à l'embouchure des grandes rivières où les apports en sédiments et les courants côtiers sont importants. La zone à l'intérieur de la flèche (lagune et barachois) est propice à la sédimentation de vase et de sable, car elle est protégée de l'action des vagues. Il s'y forme parfois d'importants marais comme dans la Baie des Chaleurs. Ce milieu de faible dénivelé est très sensible à la submersion côtière occasionnée par les tempêtes et par la hausse du **niveau marin relatif**.

### Côtes à tombolo

Les **tombolos** sont constitués d'une barre sableuse relativement étroite reliant deux îles entre elles ou une île à la terre ferme, contrairement à la **flèche littorale** dont l'extrémité est libre. Généralement, un tombolo se forme au point de rencontre entre l'action des vagues et de la dérive littorale, où l'énergie est faible. Cela se produit lorsque deux secteurs sont différemment exposés ou encore, dans certains cas, par un phénomène de diffraction des vagues derrière une île. Ce genre de côte est parfois associé à un marais. Les côtes à tombolo avec marais se retrouvent principalement sur la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent. D'autres exemples sont aussi visibles le long des côtes du Québec maritime.



Source : Photo no Q63317-53 de la Photo-cartothèque du Québec. Titre de Dionne (2001)



Source : J-M Dubois

Photographie aérienne du tombolo du cap - Parc du Bic.

Tombolo en formation - Îles-de-la-Madeleine.



## LES CÔTES À MARAIS

Les marais constituent des milieux contribuant grandement à l'équilibre de l'écosystème côtier. Grâce à leur végétation, ils protègent les berges des tempêtes en absorbant une part de l'énergie des vagues. Du point de vue environnemental et écologique, les marais captent et absorbent les polluants et constituent des habitats de reproduction et d'alimentation propices pour de nombreuses espèces d'oiseaux et de poissons.



Source : Atlas du Bas Saint-Laurent

*Marais - Baie des Chaleurs.*

Les côtes à marais abritées sont localisées principalement derrière des flèches littorales dans la Baie des Chaleurs et sur la rive sud de l'estuaire. Les marais sont très sensibles à l'érosion puisqu'ils sont affectés par divers processus d'érosion, dont les vagues et les courants de marée, le creusement et le déracinement de la végétation par les glaces littorales, le gel-dégel, la **dessiccation** ainsi que les activités **anthropiques** et biologiques.



Source : Pascal Bernatchez

*Marais en érosion - Isle-aux-Grues.*

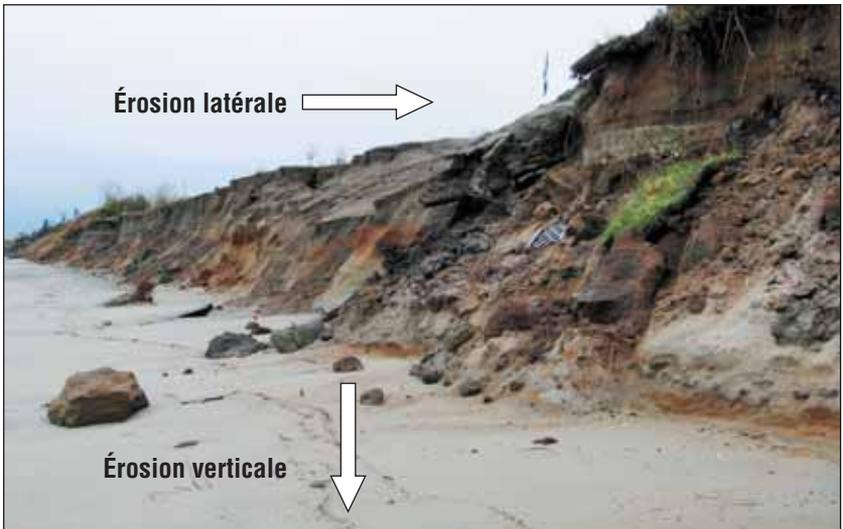
# un processus complexe

La dynamique littorale résulte de l'ensemble des processus sédimentaires du milieu. L'érosion se produit lorsqu'il y a un déséquilibre entre les pertes sédimentaires et les apports en sédiments. Le milieu cherche alors à retrouver l'**équilibre sédimentaire**, ce qui entraîne des modifications dans la configuration de la côte.

## LES TYPES D'ÉROSION CÔTIÈRE

On distingue deux types d'érosion.

- 1) L'érosion latérale (ou rupture de la pente) est facile à observer, car le rivage est caractérisé par des falaises et des microfalaises qui reculent continuellement d'une année à l'autre.
- 2) L'érosion verticale est plus difficilement observable, mais tout aussi néfaste. Ce type d'érosion est caractérisé par un abaissement de la pente du profil de plage, ce qui permet aux vagues de conserver une plus grande force et d'atteindre le pied des falaises. De ce fait, il est indissociable de l'érosion latérale.



Les deux types d'érosion.



## LES FACTEURS INFLUENÇANT L'ÉROSION CÔTIÈRE

Plusieurs facteurs naturels et **anthropiques** influencent la dynamique littorale. Ces facteurs agissent différemment selon 1) les caractéristiques du substrat et 2) les caractéristiques du milieu. Tous les facteurs doivent être pris en considération lors de l'étude de l'érosion côtière.

### 1) Les caractéristiques du substrat

D'abord, cinq principales caractéristiques du substrat contribuent à la sensibilité de l'érosion d'une unité côtière (portion de côte).

- Il y a la cohésion, qui est la capacité du matériel à se maintenir, à composer un ensemble, par exemple un cap rocheux comparé à une plage de sable;
- La texture du substrat, qui peut être grossière (galet et gravier), moyenne (sable) ou fine (limon, argile), et qui influence la capacité d'une vague à transporter le substrat;
- La structure du substrat joue aussi sur la sensibilité à l'érosion. Un substrat dont la **structure** est **stratifiée** répond différemment à l'érosion qu'un substrat dont la **structure** est **massive**;
- Les propriétés mécaniques sont des caractéristiques du substrat à considérer pour évaluer la sensibilité à l'érosion côtière. Par exemple, un substrat peut être imperméable ou à l'inverse **poreux**, ou encore il peut être **consolidé** ou à l'inverse **plastique**;
- D'autres caractéristiques comme l'uniformité du substrat, la nature, la composition et l'épaisseur des couches de sédiments sont déterminantes dans le comportement du substrat par rapport à l'érosion côtière.

# un processus complexe

## 2) Les caractéristiques du milieu

La sensibilité d'un type de côte à l'érosion côtière dépend de sept principales caractéristiques propres au milieu.

- Le tracé du littoral décrit la linéarité de la rive. Par exemple, elle peut être rectiligne ou non, en retrait ou en saillie (cap ou péninsule), etc.;
- La topographie locale de l'arrière-plage, qui représente les terres émergées, influence la réaction du milieu à l'érosion. En effet, un **marais intertidal**, une terrasse (basse, moyenne ou haute), une plaine alluviale, etc., sont susceptibles de réagir de manière différente à l'érosion côtière;
- La topographie du fond marin adjacent au rivage modifie la dynamique littorale. Entre autres, l'inclinaison de la pente (forte ou faible, régulière ou irrégulière), l'étendue (largeur) de l'estran en rapport avec l'amplitude de la marée et la présence d'îles y contribuent;
- Le niveau d'exposition aux vents dominants et aux vents forts (de tempête), par la fréquence et l'intensité des vents, joue aussi sur la sensibilité du milieu à l'érosion côtière;
- La présence d'un cours d'eau peut soit amener des sédiments, soit favoriser l'érosion;
- Le drainage du milieu s'y ajoute, comme la qualité du drainage (des dépôts bien ou mal drainés), la profondeur de la nappe phréatique, la présence de tourbières, de ravins, etc.;
- L'intensité de l'occupation du territoire comprend le bâti et la pression que celui-ci exerce sur le milieu, la présence ou l'absence de végétation à l'état naturel (par opposition au gazon), les aires d'accès et les aménagements (passages répétés de piétons et de VTT sans rampe d'accès).



Source : Comité ZIP ONG

Impact de l'utilisation de VTT sur la végétation riveraine.



## LES PROCESSUS D'ÉROSION CÔTIÈRE

Quelles que soient la nature du substrat et les caractéristiques du milieu, les côtes du Québec maritime sont soumises à quatre groupes de processus qui contribuent à l'érosion côtière : 1) les processus aérodynamiques et hydrodynamiques, 2) les processus hydrogéologiques et gravitaires 3) les autres processus naturels et 4) les processus anthropiques.

Types de processus	Processus d'érosion
Aérodynamiques/hydrodynamiques	<b>Éolisation</b> Abrasion et sapement par les vagues <b>Affouillement</b> et prise en charge de sédiments par les glaces littorales Prise en charge de sédiments par les courants de marée
Hydrogéologiques/gravitaires	Glissement et coulée Ravinement et suffosion Écroulement et éboulis
Autres processus naturels	Météorisation (cryogénie, dessiccation) Biologiques (nidification, « picorage ») Chimiques (dissolution, corrosion)
Anthropiques	Construction d'obstacles à la circulation des sédiments Concentration de l'écoulement des eaux, dénudation des surfaces, excavation et prélèvement de matériaux

Source : D'après Bernatchez et Dubois.

*Classification des processus d'érosion agissant sur les côtes du Québec maritime.*

### Les processus aérodynamiques et hydrodynamiques

Les processus aérodynamiques (*aéro-* signifie air) et hydrodynamiques (*hydro-* signifie eau) comprennent l'action du vent (**éolisation**), des vagues, des glaces littorales et des courants de marée.

#### 1) L'effet du vent (éolisation)

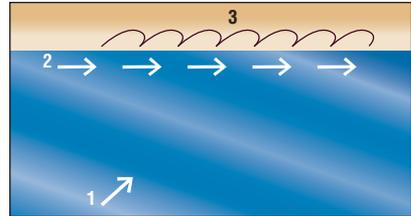
L'éolisation est le déplacement des matériaux par l'action du vent. Généralement négligeable, l'érosion par le vent s'effectue sur le haut de plage exposé aux vents dominants et là où les matériaux sont secs. Des études rapportent que la destruction du couvert végétal par le feu ou la circulation des véhicules tout-terrain provoque le transport d'importantes quantités de sable littoral vers l'intérieur des terres ce qui entraîne la destruction du couvert forestier, favorisant une accentuation de l'activité éolienne. Les flèches littorales et les **cordons littoraux** récents représentent des endroits très sensibles à l'éolisation.

# un processus complexe

## 2) L'effet des vagues

Les vagues contribuent à l'érosion côtière en usant la côte (abrasion) et en creusant la base des falaises (sape-ment). Les vagues se forment par un processus de transfert d'énergie du vent à la surface de l'eau. La masse d'eau est alors poussée dans la direction du vent formant des vagues qui provoquent l'usure des falaises et des microfalaises

meubles ou rocheuses, mais friables. Cette action est maximale lorsqu'une tempête survient en même temps qu'une grande marée. De nombreuses études permettent d'affirmer que des modifications majeures du littoral, particulièrement de la plage, des cordons et des pointes sableuses, surviennent brusquement lorsque ces conditions sont réunies. Aussi, plus la vague est chargée de sédiments et de débris, plus l'abrasion du pied des falaises et de la surface des estrans rocheux sera importante.



*Dérive littorale (1 : Sens d'arrivée de la houle; 2 : Sens de la dérive; 3 : Déplacement du sable).*

**La dérive littorale, qui est le résultat des vents et des courants dominants, n'est pas un processus d'érosion, mais contribue à déplacer les sédiments au large. Son orientation détermine la redistribution des sédiments le long de la côte. Le sens de la dérive littorale est susceptible de s'inverser quand les vents changent de direction. Cependant, la dérive littorale possède une direction prédominante et la direction des flèches littorales en est un bon indicateur.**



### 3) L'effet des glaces littorales

Il existe deux types de glace : le **pied-de-glace**, sur le littoral, et la banquise, qui recouvre le Saint-Laurent. Jusqu'à récemment, les glaces modéraient l'érosion littorale au cours de l'hiver. D'une part, la banquise diminue l'amplitude des vagues et protège par le fait même les rives. D'autre part, le pied-de-glace agit comme bouclier sur les rives. Cependant, au cours des dernières années, le pied-de-glace et la banquise se forment tardivement, laissant les berges à la merci des attaques des vagues, du vent et des tempêtes. En conséquence, il y a perte de sédiments et le profil des plages s'abaisse. Dans le contexte de réchauffement planétaire actuel, il est fort probable que cette situation se reproduise de plus en plus souvent.



Source : Pascal Bernatchez

*Pied-de-glace sur le littoral.*

### 4) L'effet des courants de marée

Les courants de marée sont des courants qui font varier le niveau d'eau sur le littoral tel une pendule qui va et vient. Suivant l'amplitude des marées et la pente de l'estran, les vagues pourront se rendre plus loin sur la plage. Ils agissent comme agent de transport en prenant en charge les sédiments mobilisés par les vagues et leur effet est un apport ou une évacuation des sédiments.

# un processus complexe

## Les processus hydrogéologiques et gravitaires

Les processus hydrogéologiques et gravitaires participent à la dynamique des falaises littorales, principalement celles dont la hauteur est supérieure à 10 mètres. Le comportement de l'eau dans les falaises (hydrogéologiques), en particulier à la suite d'importantes précipitations, et l'action de la gravité (gravitaires) en sont les principaux moteurs. Ces processus produisent des **mouvements de masses**, qui sont des déplacements surtout verticaux de dépôts meubles ou de roche désagrégée.

### 1) Les glissements et les coulées

Les glissements de terrain (rotationnels, par décrochement ou superficiels) et les coulées boueuses agissent dans les falaises de dépôts meubles. Les glissements sont favorisés par la destruction de l'**ortstein** qui provoque l'infiltration d'une plus grande quantité d'eau de drainage. Ils sont particulièrement actifs sur la Côte-Nord et dans la région de Charlevoix. Par exemple, à la suite des fortes précipitations de juillet 1996, de nombreux glissements de terrain ont été répertoriés.

### 2) La suffosion et le ravinement

La **suffosion** et le **ravinement** sont des processus dus aux fortes précipitations. Ils sont actifs dans les falaises de sable reposant sur de l'argile. Lors d'une forte pluie, l'eau pénètre dans le sable jusqu'à l'argile imperméable. Le sol se gonfle alors d'eau et il y a formation d'un canal souterrain d'évacuation à la limite de l'argile et du sable. Les sédiments sont alors expulsés ; c'est ce qu'on appelle la suffosion, entraînant l'effondrement du sol, c'est-à-dire la formation d'un ravin (ravinement). Ces processus sont favorisés lorsque l'**ortstein**, que l'on retrouve fréquemment au sommet des falaises, est défoncé par des actions humaines.



Source : Pascal Bernatchez

*Glissement de terrain.*



Source : Comité ZIP CNG

*Ravinement de la rivière Moisie.*



Source : Pascal Bernatchez

*Côte deltaïque avec cicatrices de suffosion - Rivière-Saint-Jean.*



### 3) Les écroulements et les éboulis

Les écroulements et les éboulis participent à l'érosion littorale dans les côtes rocheuses lorsque des pans se décrochent des falaises. Ils sont particulièrement actifs dans les formations friables (grès, conglomérat, calcaire, etc.) sur la côte sud du Saint-Laurent, dans la Baie des Chaleurs et aux Îles-de-la-Madeleine.



Source : Pascal Bernatchez

*Décrochement d'une paroi rocheuse.*

Des études effectuées sur l'**hydrogéologie** et la **stratigraphie** du Québec maritime ont clairement démontré la sensibilité de certaines zones aux processus hydrogéologiques et gravitaires. Par ailleurs, l'action des vagues et des courants dans les estuaires favorise ces processus, surtout si un rehaussement de la nappe phréatique est observé. Les **mouvements de masse** ont souvent des effets dévastateurs, mais ils font également partie des phénomènes qui alimentent le littoral en sédiments. On a d'ailleurs souvent constaté que les sédiments ayant glissé sur le littoral étaient rapidement remaniés par les vagues.

## Les autres processus naturels

Parmi les autres processus d'érosion naturels, il faut mentionner la météorisation, l'activité biologique et l'activité chimique.

### 1) La météorisation : cryogénie et dessiccation

La météorisation est un processus d'érosion associé à des facteurs atmosphériques, c'est-à-dire le gel et la sécheresse du substrat. Les conséquences de l'action du gel (cryogénie, du mot *cryo-* qui signifie froid) sur les roches friables et fissurées sont bien connues. La succession des cycles de gel-dégel y provoque des décrochements de diverses dimensions. Récemment, on s'est aperçu que les falaises d'argile étaient affectées par ce processus. En effet, celles qui sont exposées à l'ensoleillement du sud dégèlent presque à chaque jour d'ensoleillement. Ce dégel répétitif entraîne l'éclatement de l'argile, provoquant l'écroulement de blocs argileux et la formation de coulées boueuses. L'érosion de ce type de falaise s'accélère aux endroits où il y a résurgence d'eau entre le sable de surface et les sédiments plus fins situés en dessous. Finalement, plus le nombre de cycles de gel-dégel est élevé, plus le processus est actif et agressif. L'action du gel joue donc un rôle primordial dans l'évolution des formes littorales et ce, principalement pendant la période hivernale, où l'effet des vagues sur la base des falaises est généralement faible.

# un processus complexe

En ce qui concerne la **dessiccation** (action de dessécher), elle est associée à l'alternance de la sécheresse et de l'humidification des falaises, microfalaises et estrans d'argile marine (processus d'hydratation-déshydratation). Ces cycles provoquent l'effondrement de dalles d'argile de tailles variées et font reculer la côte peu à peu.



*Important recul de la falaise pendant l'hiver en raison des processus cryogéniques (gel-dégel).*

## 2) Les actions biologiques : nidification et « picorage »

Les processus reliés aux actions biologiques sont la nidification et le « picorage ». La faune ailée qui niche dans les falaises (nidification), comme les hirondelles, contribue à l'érosion en creusant des trous dans les parois des falaises meubles, qui en sont affaiblies et plus sensibles à l'érosion. L'effet de ce processus est par contre assez limité, bien que peu étudié. Le picorage concerne quant à lui l'action d'oiseaux à la recherche de rhizomes (racines) de plantes sur les estrans pour se nourrir. À la longue, la dénudation des dépôts facilite l'érosion par les vagues; la surface s'abaisse et augmente ainsi la durée de la submersion à marée haute. La présence des oies blanches dans les marais de Montmagny et de Saint-Anne-de-Beaupré et des bernaches dans ceux des estuaires des rivières Outardes et Manicouagan en sont des exemples.

## 3) Les actions chimiques : dissolution et corrosion

La dissolution et la corrosion sont des processus chimiques qui contribuent aussi à l'érosion côtière. Ils sont le résultat du contact du substrat avec l'eau ou avec l'air. Les minéraux du substrat sont lessivés par la mer et certains disparaissent dans l'eau (dissolution). D'autres minéraux sensibles à la présence de l'oxygène dans l'air ou du sel dans l'eau sont transformés (corrosion), comme lors de la formation du vert-de-gris sur une surface de cuivre. Des études ont montré la sensibilité des formations de calcaire ou de conglomérats de l'archipel de Mingan, de l'île d'Anticosti et de la rive sud de l'estuaire maritime à ces processus d'érosion.



## Les processus anthropiques

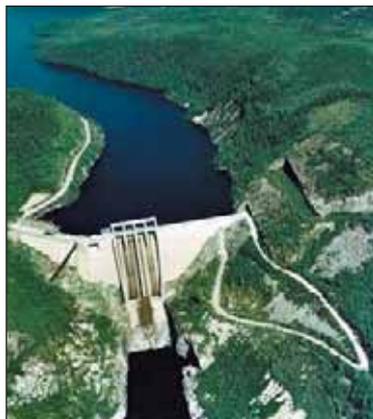
L'activité humaine contribue également à la dynamique complexe de l'érosion côtière. Les processus anthropiques sont importants, car ils s'ajoutent aux processus naturels d'érosion. La construction d'obstacles à la circulation des sédiments, la concentration de l'écoulement des eaux, la dénudation ou l'excavation des surfaces sont les principaux processus d'érosion anthropiques.

### 1) Les obstacles à la circulation des sédiments

Des inventaires des structures artificielles des côtes permettent de constater que leur nombre a augmenté de manière importante au cours des trois dernières décennies. L'**artificialisation** du littoral favorise l'accélération de l'érosion en bordure des ouvrages (**effet de bout**), tout en augmentant le déficit sédimentaire. Cette diminution en apport de sable explique en partie le recul de la majorité des terrasses de plages et la réactivation de nouvelles falaises qui étaient stables depuis au moins 70 ans. L'implantation d'un quai peut également entraîner un déséquilibre sédimentaire et favoriser l'érosion en aval de la dérive littorale.

#### Les barrages

Au cours du dernier siècle, l'exploitation des ressources naturelles et l'augmentation de la demande énergétique ont nécessité la construction de barrages sur de nombreux cours d'eau. L'impact de ces barrages sur le milieu côtier n'est pas à négliger. En effet, les barrages régularisent le débit des rivières, ce qui diminue l'érosion des berges en aval des ouvrages pendant les crues. Des études ont aussi montré que la baisse des débits à l'embouchure d'une rivière harnachée déstabilise l'équilibre entre les forces marines et fluviales : les vagues de tempêtes peuvent pénétrer plus loin à l'intérieur des terres et ainsi accentuer l'érosion de la côte. De plus, le réservoir des barrages forme un énorme piège à sédiments, de sorte que la charge sédimentaire pouvant alimenter les plages à l'embouchure des cours d'eau harnachés s'en trouve réduite.



Source : Centre d'expertise hydroélectrique du Québec.

Barrage hydroélectrique.

## *un processus complexe*

### 2) La concentration des écoulements, la dénudation et l'excavation des surfaces

Le drainage agricole et routier, la **déforestation** des bassins versants, l'exploitation des tourbières accélèrent l'érosion de plusieurs manières. D'abord, ils ont pour effet de concentrer le ruissellement de l'eau dans des canaux de drainage. Ces canaux aboutissent souvent à des endroits précis sur la côte et initient la formation de ravins qui reculent progressivement à l'intérieur des terres, parfois même jusqu'à la route elle-même. Ces phénomènes contribuent à augmenter l'apport en sable vers les littoraux, mais également à la recrudescence de l'érosion des berges. Par ailleurs, dans le cas des tourbières, la concentration des écoulements favorise le **ravinement** et le déclenchement de glissements de terrain. La conservation des bandes riveraines dans les talus et du **ortstein** au sommet d'une falaise contribue à diminuer la concentration des écoulements de surface en filtrant, en absorbant une partie et en répartissant le ruissellement.

Ensuite, la dénudation des surfaces par la déforestation et les usages en zone côtière (la circulation des véhicules hors route et le piétinement dans les zones littorales) affaiblissent la couverture végétale favorisant la reprise des sédiments par le vent et les vagues. De plus, l'excavation et le prélèvement de matériaux dans la zone côtière augmentent la dénudation des surfaces en déstabilisant le substrat, ce qui augmente l'efficacité de l'action des vagues. Les matériaux sont ainsi emportés vers le large.

**En somme, il demeure difficile, dans l'état actuel des connaissances, d'identifier clairement le processus prépondérant d'érosion pour le Saint-Laurent. Le type de côte jumelé à une combinaison des divers facteurs mentionnés sont, à différents degrés, responsables de l'augmentation de l'érosion des côtes du Saint-Laurent.**



## CE QUI ACCROÎT L'ÉROSION

Les côtes mondiales sont en érosion depuis au moins un siècle. Les causes avancées pour expliquer l'ampleur de l'érosion sur les rives de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent sont variées et souvent discutables. Du point de vue spatial, elles peuvent être locales ou régionales alors que, chronologiquement, elles peuvent être récentes ou liées à des phénomènes s'étendant sur des millénaires. Les changements climatiques régionaux, les tempêtes, les variations du **niveau marin relatif**, les variations des apports sédimentaires naturels sur les côtes et les mesures de stabilisation des berges constituent les principales causes associées à l'érosion du littoral.

### Les changements climatiques régionaux

Le climat conditionne les différents processus d'érosion. Les données météorologiques et les changements climatiques régionaux sont toutefois rarement abordés dans les études sur l'érosion des berges du Saint-Laurent. On avance cependant que les variations des régimes de température et de précipitations auraient accéléré l'érosion des berges, et ce, depuis la fin du 19<sup>e</sup> siècle. On remarque également une diminution de l'intensité des crues des rivières depuis les deux dernières décennies, diminuant ainsi leur capacité d'érosion de leur lit et de leurs berges. Conséquemment, cela limite les apports de sédiments transportés jusqu'à la côte. Ce phénomène serait attribuable à des hivers plus doux, provoquant un étalement, sur une plus longue période, de la fonte des neiges et une répartition de la crue dans le temps. Il est d'ailleurs de plus en plus fréquent d'observer des précipitations de pluie en hiver et des redoux répétitifs, ce qui favorise l'action du gel et du dégel dans les falaises. Par ailleurs, des étés secs, avec des précipitations fortes, comme celles de 1996 ou de 2005, semblent favoriser la **dessiccation**, la **suffosion**, le **ravinement**, les **mouvements de masse** et la déstabilisation des falaises.

# *un processus complexe*

## Les tempêtes

Les tempêtes seraient une cause majeure de l'érosion des littoraux de **formation meuble** ou rocheuse friable. Lors de leur passage, le volume de sédiments déplacé dépasserait celui mis en mouvement lors de conditions météorologiques « normales » sur une période de 10 à 20 ans. Des observations lors de tempêtes, indiquent qu'elles provoquent une modification importante des plages, des pointes sablonneuses et des **flèches littorales**, ce qui peut éventuellement favoriser l'érosion des microfalaises et des falaises jusqu'alors protégées de l'attaque des vagues.

L'étude des données météorologiques d'Environnement Canada pour le golfe du Saint-Laurent, entre les années 1960 et 1985, ne permet pas d'identifier une augmentation de la fréquence et de la sévérité des tempêtes. Toutefois, les données météorologiques récentes, indiquent qu'il y aurait eu quatre fois plus de tempêtes lors de la dernière décennie et que la région la plus affectée de la province est celle de Sept-Îles. Il n'en demeure pas moins que les tempêtes sont occasionnelles et qu'une combinaison de facteurs accentue l'intensité de son effet, comme la présence de la marée haute, l'absence du **pied-de-glace** et un haut degré d'exposition aux vents dominants.



## Les variations du niveau marin relatif

Lorsqu'on analyse les données marégraphiques des différentes stations de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent, il n'est pas possible de conclure à une hausse du niveau marin. Des indices géomorphologiques et sédimentologiques évoquent toutefois la présence d'une légère hausse du **niveau marin relatif**, ou du moins d'une stabilité relative. Même si les données recueillies ne permettent pas encore de prouver qu'il y ait actuellement une élévation du niveau marin, il est fort probable, selon les spécialistes, que ce phénomène, qui découle en partie des changements climatiques, se fasse ressentir dans les prochaines années.

## Les variations naturelles des apports sédimentaires

Le bilan sédimentaire sur les littoraux de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent est généralement négatif. Cette diminution peut être d'origine naturelle ou **anthropique**, selon les processus d'érosion dans une région donnée.

Le déficit sédimentaire n'est pas récent et est dû en partie au ralentissement du relèvement du continent qui a suivi la déglaciation. Ainsi, les cours d'eau n'ont plus à s'ensaisser pour atteindre leur profil d'équilibre. Ils transportent alors beaucoup moins de sédiments qu'il y a quelques millénaires. Dans les régions de l'estuaire et du nord du golfe, la présence de courants particuliers et de nombreux cours d'eau provoquent une évacuation des sédiments vers le chenal Laurentien, profond de plus de 300 m. Cela contribue à la diminution de l'apport sédimentaire sur la plage, puisque les sédiments qui y tombent ne peuvent plus remonter sur la côte. La diminution de l'apport en sédiments se traduit par un abaissement des plates-formes littorales et des plages.

## IMPACTS DES MESURES DE STABILISATION DES BERGES SUR LE SYSTÈME CÔTIER

Les mesures de stabilisation des berges constituent à la fois un agent de protection, de régénération, mais parfois aussi d'érosion du milieu côtier. Du point de vue de l'ensemble de la zone côtière, des études rapportent que les impacts des structures artificielles sont faibles, car ils sont très localisés en comparaison aux effets des processus d'érosion naturels. Néanmoins à certains endroits, un mauvais choix d'intervention peut engendrer des conséquences environnementales, sociales et économiques non désirées. C'est pourquoi il est nécessaire de faire le bilan de leurs impacts positifs et négatifs, et de consulter un spécialiste avant d'agir. Dans cette section, nous allons aborder les mesures de stabilisation les plus utilisées, selon leur localisation dans le talus, sur l'estran et en zone d'avant-plage (sous-marine).

Localisation	Objectif de la mesure de stabilisation	Mesures de stabilisation	Principaux impacts positifs (+) et négatifs (-)
Falaise, arrière-plage, dune, haute-plage	Protection du talus	Murs de protection et revêtements	+ : Protection du talus - : Destruction de l'estran devant la structure; diminution du potentiel récréotouristique, effet de bout
		Végétalisation	+ : Stabilise le talus de manière naturelle - : Possibilité de compétition avec les espèces indigènes, peu de résistance aux tempêtes
		Membranes	+ : Protection du talus - : Inutiles si utilisées seules car faible résistance
Estran	Restauration de la plage	Épis et champs d'épis	+ : Redressement de la pente de la plage - : Bloquent les apports sédimentaires d'autres milieux
		Rechargement artificiel des plages	+ : Nouvelle source de matériaux dans un système en déficit - : Complémentarité avec le milieu et disponibilité des matériaux sont essentielles; + et - : Modification de l'habitat du poisson
Avant-plage	Frein des vagues	Brise-lames	+ : Destruction des vagues avant la plage - : Degré de résistance aux tempêtes et aux glaces variable

Tableau 3 Principales mesures de stabilisation des berges et leurs impacts.



## Les mesures de protection du talus

Les mesures de stabilisation utilisées sur le talus sont généralement longitudinales (parallèles au trait de côte) et répondent à un objectif de protection. On y compte les murs de protection, les revêtements, la végétalisation et les membranes.

### 1) Les murs de protection et les revêtements

Les murs de protection (en béton, en roche : « **enrochement** », en bois, etc.) sont des structures verticales utilisées contre les vagues de forte intensité. Généralement, ils sont installés là où les falaises possèdent une pente supérieure à la **pente d'équilibre**. Les revêtements (en béton, en roche, en bois, etc.) sont des structures qui reposent sur une surface en pente près de la pente d'équilibre et sont plus légers que les murs de protection. Ils peuvent être utilisés pour protéger des terrains soumis à des vagues de moyenne à forte intensité. Bien que ces deux types de structures soient relativement efficaces pour protéger le talus, ils entraînent la disparition de la plage par le durcissement du trait de côte, en particulier dans le cas des enrochements. Cela augmente la réflexion des vagues au lieu d'estomper leur énergie comme sur une plage à pente douce. Ainsi, les courants de retour sont plus forts et provoquent l'**affouillement** de la plage au bas de la structure, en accroissant la pente du profil de plage. Cette modification peut mener à la disparition de la plage en quelques cycles de marée.

Du point de vue longitudinal, une structure imperméable entraîne également « l'**effet de bout** », qui est l'accentuation du creusement (recul) latéral aux extrémités de la structure. Aussi, le poids souvent considérable de ces structures favorise la compaction du sol. Par ailleurs, les murs ne favorisent pas l'implantation de la végétation à cause de leur surface verticale. Cependant, si la structure contient des espaces entre les matériaux, la végétation pourrait, dans certains cas, s'implanter et protéger l'arrière de la structure. En effet, si l'arrière du mur n'est pas protégé par des méthodes complémentaires, l'eau qui s'infiltré peut créer de l'érosion derrière la structure de protection, la déstabiliser et provoquer son effondrement dépendant de la résistance des matériaux utilisés. Ainsi, un mauvais usage de ces structures empêche la **revégétalisation** et provoque la détérioration des **habitats côtiers** et des milieux propices au développement social et touristique.



*Les murs en bois résistent mal lorsque soumis à des vagues de forte intensité.*

Source : Entente spécifique sur l'érosion des berges - Côte-Nord

# un processus complexe

## 2) La végétalisation

Les techniques végétales privilégient l'utilisation de matériel vivant, soit les végétaux, pour protéger les falaises de dépôts meubles, l'arrière-plage et les dunes contre l'érosion. Cette technique a généralement un effet positif, car un milieu colonisé par la végétation est synonyme de stabilité. Toutefois, les espèces végétales utilisées doivent être indigènes et adaptées au milieu d'implantation, sans quoi elles ne s'implanteront pas ou alors elles



Source : Le Québec en images

*Ammophile à ligule courte - Iles-de-la-Madeleine.*

entreront en compétition avec la biodiversité indigène. L'élyme des sables et l'ammophile à ligule courte en sont des exemples. Les plantations d'arbres et d'arbustes par des matelas de branches, par des boutures, ou par des **fagots**, sont également possibles. L'implantation de végétation contribue donc non seulement à protéger les berges, mais également à restaurer l'aspect naturel de la côte.

## 3) Les membranes

Les membranes sont un type de revêtement léger, mais fragile. Elles sont déroulées sur une pente régulière pour maintenir une microfalaise. Les membranes doivent être utilisées pour consolider un ouvrage de stabilisation plus résistant à l'assaut des vagues, comme les murs de protection et les revêtements. On retrouve plusieurs types de membranes, dont le géotextile et les nattes.



Source : François Gagnon

*Membrane géotextile.*



## Les mesures de restauration de la plage

Les **épis** et champs d'épis ainsi que le rechargement artificiel des plages sont des mesures à utiliser sur l'estran et ont pour objectif la restauration des plages.

### 1) Les épis et champs d'épis

Le rôle des épis est de piéger les sédiments en transit le long du littoral afin d'élargir ou de surélever une plage en érosion. Il y aura donc création d'une zone qui absorbera l'énergie des vagues avant qu'elles n'atteignent la base de la falaise. Dans la plupart des cas, un épi seul ne peut pas assurer une protection adéquate et c'est pourquoi on en utilise souvent plusieurs, en créant un champ d'épis. Ils sont généralement placés de manière perpendiculaire à la côte ou inclinée par rapport à la **dérive littorale**. Leur positionnement n'est pas aléatoire et doit faire l'objet d'une étude préliminaire. Leur constitution est souvent rocheuse et parfois de bois et de végétaux. Par exemple, les épis Maltais-Savard sont des coffres de bois remplis de végétaux. Des dimensions et une perméabilité inadéquates peuvent entraîner de l'érosion au-delà de l'épi. Il faut également considérer la dynamique de l'ensemble de la côte sans quoi la diminution du transport de sable par dérive littorale entraînera un rétrécissement des plages en aval. Idéalement, il faut installer des épis de manière progressive et échelonnée sur la côte.



Source - Michel Lemay

*Épis transversaux en bois - Bonaventure.*

## 2) Le rechargement artificiel des plages

Le rechargement artificiel des plages consiste à apporter du sable sur la plage. Le rechargement peut se faire de différentes façons. Il est possible de répandre le sable sur le site à restaurer ou de le déposer en marge du site à restaurer et laisser la dérive littorale faire le reste du travail. Dans les deux cas, il faut s'assurer que le sable réintégré dans le système côtier correspond, dans ses caractéristiques physico-chimiques, mais surtout granulométriques, au sable déjà en place. De plus, comme la source de matériaux n'est pas naturelle et finit par s'épuiser au gré des vagues, un rechargement périodique est nécessaire. Une telle démarche doit également prendre en compte la saison pour maximiser son succès. Son efficacité peut être augmentée en la combinant avec d'autres méthodes comme les épis ou la végétalisation. La remise en suspension des matériaux apportés modifie l'habitat du poisson.



Source : Pascal Bernatchez

*Rechargement en sable.*



## Les mesures de frein des vagues

### 1) Les brise-lames

Les brise-lames sont des structures parallèles au rivage, localisées dans la zone d'avant-plage (partiellement ou complètement submergés). Ils sont construits dans le but d'absorber et/ou de dissiper l'énergie des vagues avant que celles-ci n'atteignent la rive, réduisant ainsi leurs impacts. La réduction de l'énergie des vagues favorise l'accumulation des sédiments derrière le brise-lame. Ils peuvent être fixes (béton, roche) ou flottants (ballons ancrés). Les structures flottantes occasionnent moins d'impacts que les structures fixes car ils interfèrent moins avec la circulation de l'eau. Cependant, les brise-lames flottants ne résistent pas aux glaces et doivent être retirés avant l'hiver.



Source : Pascal Bernatchez

*Accumulation de sable derrière les brise-lames et érosion entre les structures.*

**En somme, avant de choisir une méthode de stabilisation des berges, les responsables régionaux en collaboration avec les spécialistes doivent d'abord évaluer l'état de la situation et déterminer l'objectif qu'ils souhaitent atteindre : protéger le talus, restaurer la plage, freiner les vagues. Cette réflexion doit être menée pour l'ensemble d'un territoire donné, et non seulement pour un terrain en particulier.**

# un processus complexe

## IMPACTS SUR L'HABITAT DU POISSON DES INTERVENTIONS POUR CONTRER LES EFFETS DE L'ÉROSION DES BERGES

Les eaux côtières sont parmi les habitats les plus productifs où les poissons et d'autres espèces animales peuvent s'alimenter, s'abriter et se reproduire. Tous les milieux où l'on trouve de l'eau, que ce soit de façon permanente ou temporaire, sont susceptibles de constituer un habitat pour les poissons.

Le processus de l'érosion des berges peut modifier le type de substrat (roc, sable, gravier, sédiments fins, végétation), qui est un facteur déterminant dans la répartition des espèces. En effet, chaque espèce de poisson, de plante aquatique et de mollusque a une préférence pour un substrat en particulier et la modification de celui-ci amène des changements dans la biodiversité. Les conséquences de l'érosion sont donc d'importantes pertes d'habitat, comme la diminution du nombre de plages à capelan et l'érosion des marais.

En ce qui concerne les activités humaines, qui ont un impact sur l'érosion, elles peuvent entraîner la dégradation ou la disparition d'un habitat, tel que présenté dans l'encadré plus haut. Afin de réduire les impacts des mesures de stabilisation sur l'habitat du poisson, l'utilisation de méthodes appropriées devrait être encouragée pour résoudre un problème d'érosion. Des interventions bien effectuées pourraient avoir des impacts positifs sur la qualité de vie et sur les usages qui dépendent des habitats en bonne santé. En effet, les communautés côtières profitent des retombées socioéconomiques des activités telles que la cueillette commerciale et récréative de mollusques, la pêche récréative au capelan, l'ornithologie, etc. Par ailleurs, l'impact des interventions ponctuelles sur le restant de la côte ou même sur le voisin est souvent plus grand qu'on s'y attend. Ces démarches individuelles sont non souhaitables et constituent un obstacle supplémentaire pour la gestion de l'érosion de manière concertée au sein des municipalités.

### **Un exemple de modification d'habitat suite à une intervention humaine.**

Prenons un talus sur lequel on installe un obstacle à la circulation des sédiments, comme un muret de bois. Cet obstacle vise à protéger la côte, mais coupe l'apport en sédiment d'un haut de plage sableux plus loin, ce qui le fait disparaître. Or, ce tronçon est un endroit essentiel pour le cycle de reproduction du capelan, ce qui aura des conséquences sur les populations de capelans. De plus, la zone intertidale peut aussi être affectée par la modification de la dynamique sédimentaire. Lorsqu'elle est caractérisée par un substrat de vase et de sable, elle est propice à la présence de bancs coquilliers et d'herbiers de zostère. Le déficit sédimentaire suivant la mise en place de l'épi pourrait favoriser le lessivage de la zone jusqu'à la couche argileuse, faisant disparaître des milieux d'une grande richesse écologique. Ainsi, de manière indirecte, l'intention de protéger un habitat peut en détruire un autre.



## LE CADRE RÉGLEMENTAIRE ET L'ÉROSION DES BERGES

Avant d'entreprendre tout ouvrage, tout intervenant (propriétaire riverain, municipalité, ministères, etc.) doit faire appel à des spécialistes afin de ne pas causer préjudice à l'environnement et aux propriétés limitrophes et obligatoirement obtenir les autorisations requises auprès des autorités gouvernementales responsables. Dans le cas contraire, vous pourriez être exposé à des poursuites juridiques. En ce qui concerne les interventions en milieu côtier, les lois suivantes s'appliquent :

Autorité responsable	Loi, politique et règlement
Municipalité régionale de comté (MRC)	Loi sur l'aménagement et l'urbanisme
Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec	Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune
Ministère des Pêches et des Océans du Canada	Loi sur les pêches (dispositions sur la protection de l'habitat du poisson)
Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec	Politique sur la protection des plaines inondables et des littoraux Loi sur la qualité de l'environnement
Ministère de l'Environnement du Canada	Loi canadienne sur la protection de l'environnement Loi sur les pêches (dispositions sur la prévention contre la pollution)
Sécurité publique du Québec	Loi sur la sécurité civile

*Liste des autorités responsables en matière d'érosion des berges.*

Pour plus de détails, contactez les autorités responsables de votre région afin qu'elles puissent vous transmettre toute l'information nécessaire.

# contre l'érosion ?

Jusqu'à récemment, la lutte contre l'érosion était systématique. Les nombreux ouvrages le long des routes et près des résidences en témoignent. Toutefois, certains de ces ouvrages ont eu une courte durée et/ou ne règlent pas le problème. Devant ce constat, on se pose de plus en plus la question : Faut-il lutter contre l'érosion ?

Certains proposent de s'adapter à ce changement naturel, car le littoral s'érodera malgré les interventions. Ils suggèrent d'interdire tout aménagement dans une bande établie en fonction du taux de recul du trait de côte. Or, cette bande serait appelée à être reculée périodiquement, rendant difficile l'application de cette mesure de gestion hormis dans les zones où aucune construction n'existe. Laisser libre cours à la nature peut avoir des conséquences socio-économiques importantes. D'un autre côté, vouloir à tout prix protéger la côte pour y rester peut être risqué pour les résidents, inefficace et causer bien plus de problèmes qu'en régler. Ainsi, il faut trouver un compromis entre ne rien faire et protéger à tout prix. Avec l'aide de spécialistes, on doit porter un diagnostic détaillé de la situation et s'assurer de respecter les normes, lois et règlements en contactant les autorités responsables (municipalité, MRC et ministères).

La protection des berges implique une connaissance très approfondie de la dynamique d'une région et des effets de cette dynamique sur les zones locales. Cette connaissance s'acquiert après des années d'observation et de prise de données ainsi qu'un programme de suivi rigoureux qui permet d'adapter les structures aux changements ponctuels ou aux nouvelles tendances.

Le développement de solutions concrètes et durables pour protéger les littoraux exige un nouveau mode d'analyse de la problématique. Il est préférable de limiter les actions individuelles, de passer à un plan d'action global et de partager les connaissances. Le développement des activités associées aux littoraux, le grand nombre d'utilisateurs ainsi que le manque de connaissances et la fragilité des milieux côtiers complexifient la recherche de solutions. C'est pourquoi il faut encourager la mise en œuvre d'un processus de concertation pour l'élaboration d'une **gestion intégrée de la zone côtière** pour faire face à l'érosion et aux autres enjeux en zone côtière.

Par exemple, en 1999, une entente spécifique a été signée afin de commencer une étude du littoral de la Côte-Nord et d'en faire le suivi. Face à la problématique sur l'ensemble du littoral marin québécois, d'autres ententes similaires ont vu le jour pour le Bas Saint-Laurent, la Gaspésie et les Îles-de-la-Madeleine. Ce type d'entente est l'une des étapes qui serviront à établir un plan de gestion intégrée de la zone côtière pour l'érosion des berges. C'est en se basant sur une vision globale du littoral que les décideurs seront en mesure de trouver le type d'intervention le plus adéquat.



## EN BREF

L'érosion des berges est un phénomène naturel qui touche beaucoup de gens. Soumis à des processus d'érosion et d'accumulation, le littoral réagit aux forces auxquelles il est exposé. Les infrastructures érigées sur le littoral sans tenir compte de cette dynamique interfèrent avec les processus naturels risquant d'accentuer l'érosion.

Prendre la bonne décision lorsque les infrastructures humaines sont menacées par l'érosion n'est pas une tâche simple. Chaque portion de rivage doit bénéficier d'une étude spécifique dans l'optique de bien identifier les paramètres qui régissent le milieu afin de ne pas accentuer les problèmes ni d'en causer de nouveaux. Le littoral appartient au patrimoine collectif et la décision de modifier ses composantes doit être prise par l'ensemble de la société.



## LEXIQUE

**Affouillement** : Érosion qui se produit au pied d'une structure rigide comme un enrochement ou un mur de protection.

**Anthropique** : Forme ou phénomène qui découle directement ou indirectement de l'action de l'homme.

**Artificialisation** : Ensemble des transformations effectuées qui modifie partiellement ou plus largement la physionomie et le fonctionnement d'un milieu ou d'un paysage.

**Cellule sédimentaire** : Système plus ou moins fermé où transitent des sédiments.

**Cordon littoral** : Accumulation linéaire sableuse ou graveleuse parallèle à la côte séparant des zones basses de la mer.

**Déforestation** : Destruction de la forêt qui peut entraîner de l'érosion et une modification des conditions environnementales.

**Dérive littorale** : Migration progressive le long du littoral de masses de sédiments sous l'action de houles obliques.

**Dessication** : Évaporation de l'eau continue dans un sol.

**Dévégétalisation** : Opération humaine ou phénomène naturel qui a pour effet d'enlever le couvert végétal d'un terrain.

**Développement durable** : Processus de changement par lequel l'exploitation des ressources, l'orientation des investissements, des changements techniques et institutionnels se trouvent en harmonie et renforcent le potentiel actuel et futur de satisfaction des besoins des hommes.

**Dune** : Monticule de sable édifié par le vent ou les vagues sur le littoral.

**Écosystème** : Ensemble d'un milieu naturel et des organismes qui y vivent.

**Effet de bout** : Accélération de l'érosion aux extrémités des structures de protection.

**Enrochement** : Revêtement constitué de roches destiné à parer aux dangers d'érosion.



**Éolisation** : Phénomène d'érosion dû à l'activité du vent.

**Épi** : Ouvrage de pierre ou de bois construit perpendiculairement au rivage pour capter le sable en transit.

**Équilibre sédimentaire** : État d'équilibre entre les apports de sédiments et les pertes dans un milieu littoral.

**Fagot** : Assemblage de branchage.

**Flèche littorale** : Forme constituée par l'accumulation de matériaux meubles (sable ou galets) selon un plan étiré avec un point d'ancrage à une extrémité et une pointe libre à l'autre extrémité.

**Formation meuble** : Accumulation de sédiments (sable, argile, limon) sur le socle rocheux.

**Galets** : Fragment de roche à l'aspect arrondi, lisse. Les galets sont des produits d'érosion qui sont transportés par des rivières ou des fleuves : par frottement avec les autres fragments, les roches deviennent lisses; roulés, les galets prennent leur forme arrondie.

**Gélifraction** : Phénomène de fragmentation des roches sous l'action du gel et du dégel.

**Gestion intégrée de la zone côtière** : Gestion qui prend en compte les intérêts environnementaux (conservation des milieux et de la biodiversité de la région), les intérêts économiques (exploitation des ressources) et les intérêts sociaux (usages de la population des milieux côtiers).

**Habitat côtier** : Milieu côtier dont les caractéristiques physiques offrent les conditions nécessaires à la vie et au développement d'une espèce animale ou végétale.

**Halophile** : Organisme qui a un besoin absolu de fortes concentrations en sel pour vivre.

**Hydrogéologie** : Circulation de l'eau dans le sol.

**Marais intertidal** : Marais subissant l'influence des marées.



**Mouvement de masse** : Arrachement et déplacement le long des pentes, de sols et de matériaux rocheux sous l'effet direct de forces de gravité.

**Niveau marin relatif** : Niveau moyen de la mer par rapport à un niveau de référence et qui résulte de l'interférence des mouvements des continents (affaissement ou soulèvement) et des variations du niveau général des océans et des mers (hausse ou baisse).

**Ortstein** : Couche de sol fortement cimenté, visible et ayant une épaisseur d'au moins 2,5 cm dans laquelle le ciment est constitué principalement de matières organiques.

**Pied-de-glace** : Accumulation de glace fixée au pied d'une falaise provenant aussi bien du gel de l'eau que de la transformation de la neige en glace.

**Pente d'équilibre** : État d'équilibre d'une pente entre le transport et la charge, l'érosion et le dépôt.

**Processus cryogéniques** : Processus impliquant de basses températures.

**Ravinement** : Érosion due aux eaux de ruissellement, facilitée par l'absence de couverture végétale et caractérisée par la formation de profonds sillons sur les versants formés de matériaux meubles.

**Relèvement isostatique** : soulèvement de l'écorce terrestre à la suite du retrait des glaciers.

**Stratigraphie** : Succession de séquences de dépôts par le jeu des variations du niveau marin.

**Structure stratifiée** : Dépôt de couches sédimentaires d'épaisseur et de propriétés variées (taille, couleur, organisation des grains, inclinaison des strates, etc.).

**Structure massive** : Dépôt uniforme (sans strates).

**Substrat** : Couche de matériel géologique (sable, argile).

**Substrat consolidé** : Dépôt de sédiments meubles qui se transforme en roche plus compacte.



**Substrat plastique** : Dépôt qui a une certaine capacité à se déformer lorsque des forces lui sont appliquées, et qui conserve cette déformation lorsque ces forces disparaissent.

**Substrat poreux** : Dépôt qui a une certaine capacité à contenir un certain volume d'eau.

**Suffosion** : Formation d'une dépression ou d'un effondrement à la surface du sol, du fait de l'affaissement d'une zone décomprimée résultant de l'entraînement des particules les plus fines par des circulations souterraines.

**Tombolo** : Langue de sédiments meubles relativement étroite reliant deux îles entre elles ou une île à la terre ferme. Généralement, un tombolo se forme au point mort de l'action des vagues et de la dérive littorale entre deux secteurs différemment exposés ou encore, dans certains cas, par un phénomène de diffraction des vagues derrière une île; dans ce cas, le tombolo commence par la formation d'une queue de comète.



## BIBLIOGRAPHIE

Bernatchez, P. et Dubois, J.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.

Comité ZIP de la rive nord de l'estuaire. 2003. Guide de construction système d'épis pour la restauration de plage, basé sur le modèle développé par MM. Maltais et Savard (SEMS). Baie-Comeau. 28 pages.

Dionne, J-C. 2001. Le tombolo du cap enragé, parc du Bic, Bas-Saint-Laurent. Géographie physique et Quaternaire, 2001, vol. 55, no 2, p. 181-191, 10 fig., 4 tabl.

Dionne, J-C. 1999. L'érosion des rives du Saint-Laurent, vue d'ensemble et état de la question. Actes du colloque régional sur l'érosion des berges: vers une gestion intégrée des interventions en milieu marin, Baie-Comeau, p. 2-19.

Dubois, J-M M. 1999. Dynamique de l'érosion littorale sur la Côte-Nord du Saint-Laurent. Actes du Colloque régional sur l'érosion des berges : vers une gestion intégrée des interventions en milieu marin, Baie-Comeau, p. 20-52.

Dubois, J-M M. 1993. The Saint Lawrence River System, Atlantic Coast of Quebec. Proceedings, 8th Symposium on Coastal and Ocean Management. American Shore and Beach Preservation Association-ASCE, New Orleans, Louisiane. p. 159-169.

Dubois, J.-M. M., Bernatchez, P., Bouchard, J.-D., Daigneault, B., Cayer, D., 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 pages.

Genest, C.G., 2000. Dictionnaire de géomorphologie. Société de Géographie de la Mauricie, Trois-Rivières, 411 p.

Grenier, A. 1993. Évolution littorale récente et impact des structures artificielles aux Îles-de-la-Madeleine, Golfe du Saint-Laurent, Québec. Mémoire de maîtrise. Département de géographie et télédétection. Université de Sherbrooke, 275 pages.

Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski, 2005. Atlas du Bas Saint-Laurent. En ligne : <http://atlasbsl.uqar.qc.ca>.



Massicotte, B., L. Côté, S. Bélanger et B-P Harvey. 1996. Guide d'évaluation environnementale des techniques de stabilisation des berges. Présenté au ministère des Pêches et des Océans Canada, Division de la gestion de l'habitat du poisson par Les consultants en environnement Argus inc. Pag. mult. + annexe.

Ministère des Pêches et des Océans, direction générale des océans. 2002a. La stratégie sur les océans du Canada-Cadre opérationnel pour la gestion intégrée. Ottawa. 39 pages.

Ministère des Pêches et des Océans. 2002b. La gestion intégrée à la portée de tous, démarche méthodologique pour les collectivités côtières du Saint-Laurent marin. Mont-Joli. 61 pages.

Morneau, F. 1999. Modèle d'analyse visant la gestion intégrée des zones côtières. Actes du colloque régional sur l'érosion des berges: vers une gestion intégrée des interventions en milieu marin, Baie-Comeau, p. 122-131.

Paskoff, Roland. 1985. Les littoraux - Impacts des aménagements sur leur évolution, 3ème édition. Masson et Armand Colin Éditeurs. Paris. 260 pages.

Shaw, J., R.B. Taylor, D.L. Forbes, M-H Ruz and S. Solomon, 1998. Sensitivity of the coast of Canada to sea-level rise; Geological Survey of Canada Bulletin 505, 79 p.+ map.

Turcotte, J-É. et M-P Ouellon. 2002. Rapport final-Érosion des berges MRC de Sept-Rivières. Présenté à la Corporation de Protection de l'Environnement de Sept-Îles (CPESI) par Turcotte Ouellon Géomorphologie Environnement. 125 pages.

## Équipe de réalisation

### Conception et réalisation

Comité ZIP Côte-Nord du Golfe

### Rédaction

Michel Lajoie

Sylvie Baillargeon

Ursule Boyer-Villemare

Yan Crousset

### Adaptation du document pour le Québec maritime

Michel Lajoie et Ursule Boyer-Villemare

### Révision

Michel Lajoie et Ursule Boyer-Villemare

Comité ZIP Côte-Nord du Golfe - Yan Crousset

Ministère Pêches et Océans Canada - Jean Morisset, Hans Frédéric Ellefsen,  
Danielle Dorion, Selma Pereira, Michel Lemay et Judith Leblanc

Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières,  
Université du Québec à Rimouski - Pascal Bernatchez et Christian Fraser

### Impression

MAP DESIGN web et imprimés

### Remerciements

Des remerciements s'adressent à toutes les personnes consultées et à toutes celles qui ont fourni gracieusement les photos lors de l'élaboration de ce guide. Tout spécialement Pascal Bernatchez de l'Université du Québec à Rimouski et les Comités ZIP en zone marine.



Pêches et Océans  
Canada

Fisheries and Oceans  
Canada



Imprimé sur du papier à 100 % de fibres postconsommation



## Comité ZIP Côte-Nord du Golfe

406, avenue Brochu, bureau 104  
Sept-Îles (Québec) G4R 2W8

Téléphone : 418 968-8798

Télécopieur : 418 968-8830

Messagerie : [info@zipcng.org](mailto:info@zipcng.org)

Site Internet : [www.zipcng.org](http://www.zipcng.org)



Ville de Sept-Îles



MRC de Sept-Rivières



Laboratoire de dynamique  
et de gestion intégrée  
des zones côtières



Pêches et Océans  
Canada

Fisheries and Oceans  
Canada

