



Document d'information

Octobre 2006

L'érosion côtière et les impacts des méthodes de stabilisation sur l'environnement



Comité ZIP Côte-Nord du Golfe





Avant-propos

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 sur la Côte-Nord. Elle constitue un phénomène complexe qui doit être considéré dans son ensemble, puisqu'il existe plusieurs facteurs qui modifient et/ou intensifient l'érosion.

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, il y a un risque de causer plus de dommages qu'en laissant la nature agir. Les interventions locales peuvent ainsi aggraver la situation et détruire des écosystèmes essentiels à l'équilibre côtier.

Ce guide a donc pour but d'expliquer, le plus simplement possible, le phénomène d'érosion côtière. Il s'adresse à tous les citoyens 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 dans le phénomène d'érosion, de même que les différentes mesures de protection utilisées et leurs impacts sur l'environnement.

Par contre, ce guide ne vous donnera pas la solution à votre problème d'érosion, mais il permettra d'identifier des 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.



Table des matières

AVANT-PROPOS	1	L'ÉROSION CÔTIÈRE : UN PROCESSUS COMPLEXE	12
TABLE DES MATIÈRES	2	Les types d'érosion	12
MISE EN PLACE DES FORMATIONS MEUBLES NORD-CÔTIÈRES	4	Les facteurs influençant l'érosion	13
LES MILIEUX CÔTIERS	6	1) Les caractéristiques du substrat (formation meuble)	13
Les plages	6	2) Les caractéristiques du milieu	14
Le profil de plage	7	Les agents d'érosion	15
1) Les dunes.....	8	1) Les agents littoraux.....	15
2) La microfalaise ou la falaise	8	a) <i>Les vagues</i>	15
3) La haute plage	9	b) <i>Les courants</i>	16
4) L'estran (zone intertidale)	9	c) <i>Les glaces</i>	16
5) Les barres littorales	10	2) Les agents subaériens	17
Les variations saisonnières du profil de plage	10	a) <i>Les précipitations</i>	17
Les marais intertidaux	11	b) <i>La gravité</i>	18
Les estuaires	11	c) <i>Le vent</i>	18
		d) <i>Le gel-dégel</i>	19
		e) <i>Les autres agents d'érosion</i>	19
		Les causes de l'érosion	20
		1) Les changements climatiques régionaux	20
		2) Les tempêtes	21
		3) Les variations du niveau marin relatif	22
		4) Les variations naturelles des apports sédimentaires	22
		5) Les impacts des actions humaines sur les variations des apports sédimentaires	23



LES STRATÉGIES À ADOPTER FACE À L'ÉROSION DES BERGES24

IMPACTS DES STRUCTURES DE PROTECTION DES BERGES SUR LE SYSTÈME CÔTIER26

Les méthodes de stabilisation visant la protection du talus.....27

- 1) Les murs de protection27
 - a) Principaux types
d'infrastructures27
 - b) Coût / Efficacité.....28
- 2) Les revêtements.....30
 - a) Principaux types
d'infrastructures30
 - b) Coût / Efficacité.....30
- 3) Effets environnementaux
des murs de protection
et des revêtements30

Les méthodes de stabilisation visant la restauration de la plage31

- 1) Épis et champs d'épis31
 - a) Principaux types
d'infrastructures31
 - b) Coût / Efficacité.....31
 - c) Effets environnementaux31
- 2) Les brise-lames32
 - a) Principaux types
d'infrastructures32
 - b) Coût / Efficacité.....32
 - c) Effets environnementaux32
- 3) Le rechargement artificiel
des plages33
 - a) Coût / Efficacité.....33
 - b) Effets environnementaux33

Les méthodes complémentaires34

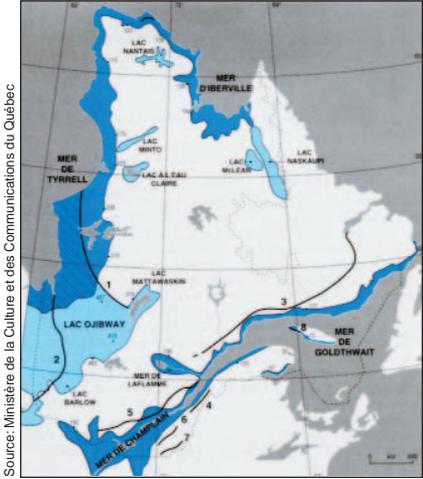
- 1) La végétalisation34
- 2) Les membranes34

EN BREF35

BIBLIOGRAPHIE36

LEXIQUE37

Pour bien comprendre le processus d'érosion côtière dans le golfe du Saint-Laurent, il faut remonter aussi loin que la dernière glaciation, car c'est au cours et à la suite de cette période que les formations meubles de la Côte-Nord se sont mises en place.



Source: Ministère de la Culture et des Communications du Québec

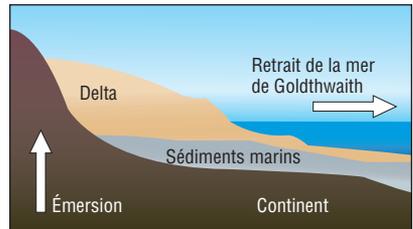
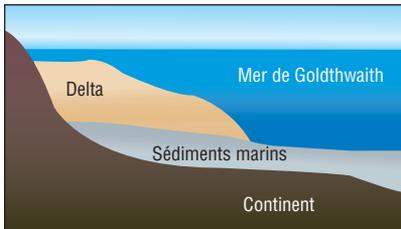
Le trait bleu foncé montre l'avancement des mers postglaciaires sur le continent.

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. Ainsi, il y a environ 20 000 ans, lors de la dernière période glaciaire, le Québec était recouvert d'un glacier d'environ 2 kilomètres d'épaisseur. 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 et de sédimentation ont contribué au façonnement du paysage actuel.

Lors du retrait du glacier, les eaux du Golfe ont envahi les terres et ce, jusqu'à des altitudes de 170 mètres sur la Haute-Côte-Nord, de 131 m sur la Moyenne-Côte-Nord et de 152 mètres sur la Basse-Côte-Nord. Cet envahissement de l'eau sur le continent a formé l'ancienne mer de Goldthwaith.

Il y a environ 12 500 ans, suite à un réchauffement du climat, le territoire de la Côte-Nord a commencé à se libérer de cette glace.

Suite au retrait complet du glacier, le continent a commencé à remonter. 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.



De leur côté, les rivières et leurs tributaires qui se libéraient du glacier ont transporté une grande quantité de sédiments à leur embouchure. Ces sédiments sont à l'origine des deltas (dépôts de sédiments) qu'on trouve à l'embouchure des grandes rivières de la Côte-Nord (rivière Manicouagan, Pentecôte, Ste-Marguerite, Moisie, Mingan, etc.). Ces terres relativement fertiles ont servi à l'établissement de la majorité de la population nord-côtière.

Les sédiments retrouvés sur la Côte-Nord sont généralement l'argile, le limon et le 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 marin sont sensibles à l'érosion car ils sont non consolidés, c'est-à-dire qu'ils se tiennent plus ou moins ensemble et par conséquent sont plus faciles à éroder que la roche.

Sur les 1 825 km de côte entre Tadoussac et Blanc-Sablon, 34 % sont formées uniquement de côtes rocheuses, 38 % sont formées de côtes rocheuses avec présence de marais, de plages de fond de baie ou recouvertes de formation meuble ainsi qu'environ 28 % sont recouvertes uniquement de formation meuble. On peut alors facilement affirmer que plus de la moitié du littoral nord-côtière est sensible à l'érosion.



Les côtes de la Côte-Nord

LES PLAGES

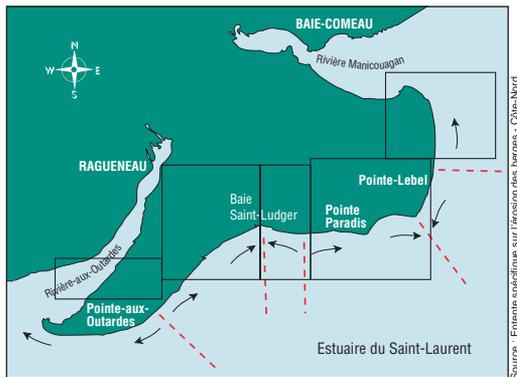
Les plages de la Côte-Nord se composent principalement de sédiments comme le sable, l'argile et le limon. Ces sédiments parviennent sur les plages de trois (3) façons :

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.

Chaque plage possède son propre bilan sédimentaire, ce qui correspond à la quantité de sédiments qui entre dans le système moins la quantité qui en sort. Voici 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 sorte complètement 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 de votre 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. Il est donc nécessaire d'implanter des méthodes de protection des berges adaptées à chaque cellule sédimentaire.



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

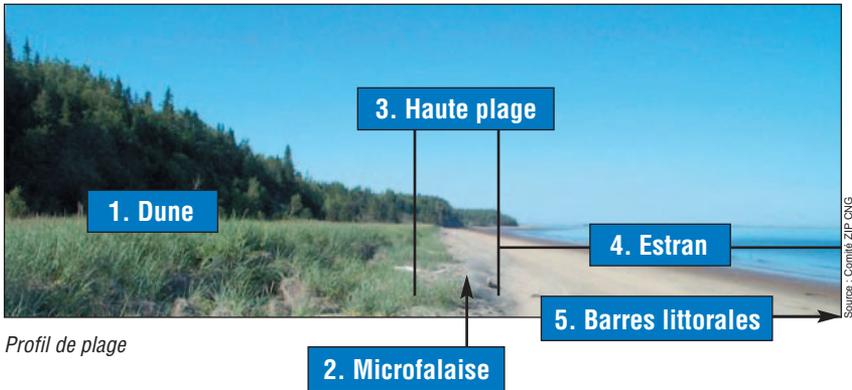
Cellules sédimentaires



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 la plage*. Pour les besoins de la cause, nous allons mettre l'emphase sur les parties les plus impliquées dans le phénomène d'érosion côtière, soit :

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



1) Les dunes

Les dunes résultent d'une accumulation de sable transporté par le vent (*sédiments éoliens*). Elles sont donc très dynamiques car elles changent 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. Cette



Dune recouverte de végétation

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

végétation permet de capter les sédiments éoliens, constituant en quelque sorte un réservoir de sable pour la plage. Les dunes demeurent fragiles même si elles sont végétalisées. 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 sur la Côte-Nord : 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.



© Comité ZIP CNG

Microfalaise

2) La microfalaise ou la falaise

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 tempête 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 emportés et transportés le long du littoral, contribuant ainsi au bilan sédimentaire de la côte.



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 (capelan) et des oiseaux marins (sterne pierregarin).

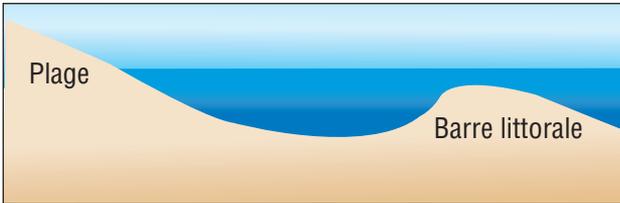


© Comité ZIP CNG

Plage (estran) de la Côte-Nord

5) Les barres littorales

Le déplacement des sédiments peut générer des formes qui seront influencées par les courants et les vagues : les barres littorales. 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 encore le long de cette dernière par la dérive littorale.

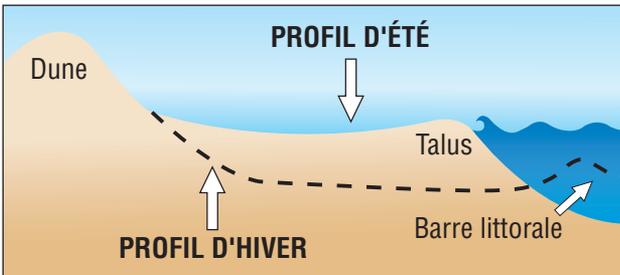


Vue transversale d'une barre littorale

LES VARIATIONS SAISONNIÈRES DU PROFIL DE PLAGE

La formation des plages répond à une condition relativement simple : il y a formation de 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



LES MARAIS INTERTIDUAUX

Les marais intertidaux constituent des milieux contribuant grandement à l'équilibre de l'écosystème côtier. Un marais comprend deux (2) parties : une qui est dénudée de végétation et une autre qui est couverte de végétation herbacée (herbier aquatique, zostères). Grâce à leur végétation, les marais 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 peuvent constituer un habitat de reproduction et d'alimentation propice pour de nombreuses espèces d'oiseaux et de poissons.



Marais intertidaux



Herbier aquatique

LES ESTUAIRES

Les estuaires se situent à l'embouchure des rivières. Le courant de la rivière y est confronté au courant de la marée, engendrant un mélange entre l'eau salée et l'eau douce. Ce sont des milieux très riches et dynamiques où plusieurs processus interagissent influençant la productivité du milieu et la dynamique sédimentaire.



Estuaire et flèche littorale de sable de la rivière Saint-Jean

Lorsque que le courant du cours d'eau est perturbé, par la déforestation et l'artificialisation de ses rives, cela a un impact important sur la dynamique au sein de l'estuaire et sur son bilan sédimentaire. Des répercussions sont alors observées dans tout le système côtier.

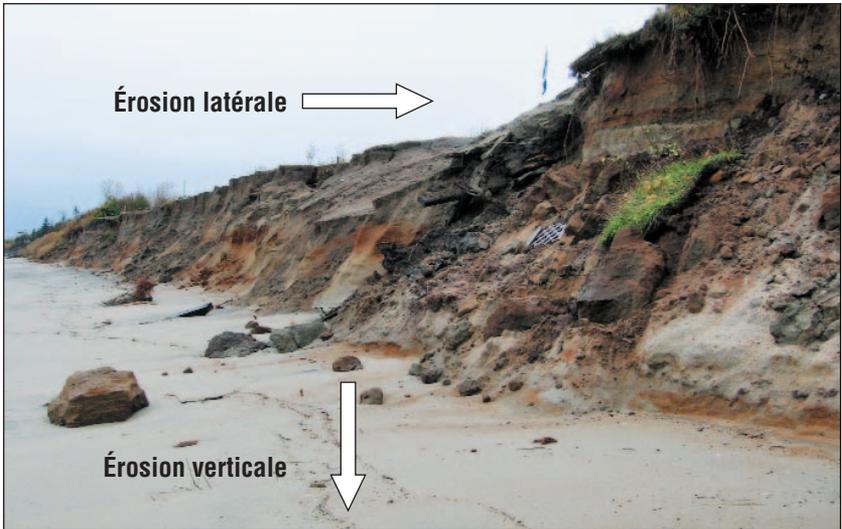
un processus complexe

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

On distingue deux types d'érosion.

- 1) **L'érosion latérale** (ou rupture de la pente) est facilement observable 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

© G. Chagné



LES FACTEURS INFLUENÇANT L'ÉROSION

Plusieurs facteurs naturels et anthropiques influencent la dynamique littorale. Ces facteurs agissent différemment selon les 1) 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 (formation meuble)

- a) **La cohérence** : capacité du matériel à se maintenir, à composer un ensemble (cap rocheux versus sable)
- b) **La texture** : grossière (galet et gravier), moyenne (sable) ou fine (limon, argile)
- c) **La structure** : massive ou stratifiée
- d) **Les propriétés mécaniques** : porosité et perméabilité, plasticité et liquidité, etc.
- e) **Les autres caractéristiques** : uniformité, nature et composition des couches de sédiments, épaisseur, etc.

un processus complexe

2) Les caractéristiques du milieu

- a) **Le tracé du littoral** : ligne de rivage rectiligne ou non, rive en retrait ou en saillie (cap ou péninsule), etc.
- b) **La topographie locale des terres émergées** : marais intertidal, terrasse (basse, moyenne ou haute), plaine alluviale, etc.
- c) **La topographie du fond marin adjacent au rivage** : pente forte ou faible, régulière ou irrégulière, l'étendue (largeur) de l'estran versus l'amplitude de la marée, présence d'une île, etc.
- d) **Le niveau d'exposition aux vents dominants et aux vents forts (de tempêtes)** : fréquence, intensité
- e) **La présence de cours d'eau** : peut soit amener des sédiments, soit favoriser l'érosion
- f) **Le drainage** : dépôts bien ou mal drainés, profondeur de la nappe phréatique, tourbière, ravin, etc.
- g) **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 (passage répété de piétons et de VTT sans rampe d'accès).



© Comité ZIP CNG



LES AGENTS D'ÉROSION

Quelle que soit la nature du substrat et les caractéristiques du milieu, la côte est soumise à deux groupes d'agents qui contribuent à l'érosion côtière : 1) *les agents littoraux* et 2) *les agents subaériens*.

1) Les agents littoraux

Les agents littoraux les plus rencontrés sur la Côte-Nord sont a) les vagues, b) les courants et c) les glaces.

a) Les vagues

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. Cette action est maximisée 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. L'action des vagues consiste à ronger le littoral et à dégager les sédiments tombés au pied des falaises. Dans le cas de falaises rocheuses, la vague n'a d'impact que si elle est chargée de sédiments et de débris qui provoquent une abrasion du pied des falaises et de la surface des estrans rocheux.

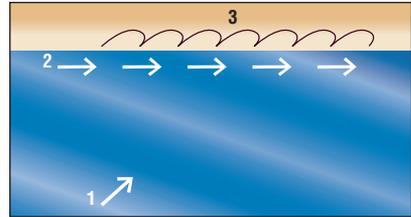
Le batillage, soit les vagues produites par les bateaux, augmente l'efficacité des vagues naturelles ou les provoque lorsqu'il n'y en a pas ou peu. Dans le golfe du Saint-Laurent, ce phénomène affecte surtout les côtes non artificialisées près des ports ou des quais.

un processus complexe

b) Les courants

Les sédiments prélevés par les vagues peuvent être déplacés par le courant de la dérive littorale. Celui-ci est causé par les vagues, orientées par les vents dominants, frappant le rivage obliquement. Une part importante des sédiments prélevés à un point donné va alors être redistribuée le long de la côte

et ce, dans le sens de la dérive littorale. Le sens de la dérive littorale est susceptible de s'inverser quand les vents changent de direction. Cependant, le courant de dérive littorale possède une direction prédominante qu'il est possible d'observer notamment par la direction des flèches littorales.



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

Le courant de marée n'est pas un agent d'érosion en soi. Étant un courant oscillatoire, son rôle est de faire varier le niveau d'eau de sorte que, suivant son amplitude et la pente de l'estran, les vagues pourront se rendre plus loin sur la plage.

c) Les glaces

Jusqu'à récemment, les glaces modéraient l'érosion littorale au cours de l'hiver.

En effet, les glaces qui recouvrent généralement les eaux du fleuve et du golfe permettent de diminuer l'amplitude des vagues et l'accumulation du glace au pied des falaises (pied de glace) de protéger les rives. Cependant, au cours des dernières années, le couvert glaciaire sur le Saint-Laurent a passablement diminué, laissant les berges à la merci des attaques des vagues. En effet, les eaux se sont retrouvées davantage exposées aux vents des tempêtes hivernales et les plages ont subi davantage l'assaut des vagues créées par ces vents. De plus, la diminution de la taille du pied de glace a eu l'effet d'augmenter la réflexion des vagues, accélérant l'érosion du bas de plage, comme le font les structures rigides de protection (érosion verticale). Il en résulte un abaissement du profil des plages et une perte de sédiments. Cette situation a donc permis au processus d'érosion d'agir sur une plus longue période. Dans le contexte de réchauffement planétaire actuel, il est fort probable que cette situation se reproduise de plus en plus souvent.



Formation du pied de glace sur le littoral

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



2) Les agents subaériens

Une part de l'érosion peut être attribuable aux processus continentaux, qui deviennent alors complémentaires aux processus marins. Ce sont les *agents subaériens* et ils se divisent en cinq catégories, soit a) les précipitations, b) la gravité, c) le vent, d) le gel-dégel et e) les autres agents d'érosion.

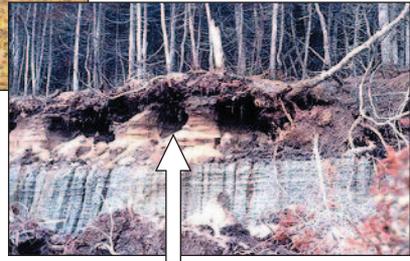
a) Les précipitations

Les fortes pluies et la fonte des neiges printanière sont responsables du ruissellement et du ravinement. Ces processus, lorsqu'ils agissent sur des portions de terrain sans végétation, peuvent accentuer l'érosion en entraînant des glissements de terrain.

La suffosion est également un phénomène dû aux fortes précipitations. Ce processus est actif 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 et il y a effondrement du sol. Ce type de processus est favorisé lorsque l'ortstein, que l'on retrouve fréquemment au sommet des formes deltaïques de la Côte-Nord, est défoncé par des actions humaines.



Trous de suffosion



Canal d'évacuation

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

un processus complexe

b) La gravité

On entend par gravité les mouvements de masse tels que les décrochements, les glissements, les éboulements, les effondrements et le ravinement. Ces processus affectent principalement les falaises de plus de 10 mètres de hauteur. On retrouve aussi des formes mixtes impliquant plusieurs processus, comme les ravins de suffosion. Des études effectuées sur l'hydrogéologie et la stratigraphie du territoire nord-côtier ont clairement démontré la sensibilité de certaines zones aux mouvements de terrain.

Les glissements sont favorisés par la destruction de l'ortstein qui provoque l'infiltration d'une plus grande quantité d'eau de drainage. L'action des vagues et des courants dans les estuaires favorise aussi le déclenchement des glissements de terrain, surtout si un rehaussement de la nappe phréatique est observable.

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 glissés sur le littoral étaient rapidement remaniés par les vagues.



Décrochement d'une paroi rocheuse

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



Glissement de terrain

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



Ravinement de la rivière Moisie

© Comité ZIP-ONG

c) Le vent

L'éolisation est un processus lié à l'action du vent. Généralement négligeable, l'érosion par l'activité éolienne s'effectue sur le haut de plage exposé aux vents dominants. 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. L'arrachement de l'ortstein sur les rebords de certaines falaises peut augmenter la sensibilité à l'éolisation.



d) Le gel-dégel

Les conséquences de l'action du gel sont bien connus sur les roches friables et fissurées. 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 aussi 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 nombreuses coulées boueuses. L'érosion de ce type de falaises 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 nord-côtières et ce, principalement pendant la période hivernale, où l'effet des vagues sur la base des falaises est généralement faible.

e) Les autres agents d'érosion

Parmi les autres agents d'érosion, il faut mentionner la dessiccation (fracturation du sol lors de sécheresse), l'activité sismique (qui provoque des mouvements de masse) et les actions directes de l'homme (déforestation, dévégétalisation, enrochement, etc.).



© Pascal Bematchez

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

un processus complexe

LES CAUSES DE 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 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, la variation des apports sédimentaires naturels sur les côtes et les actions humaines constituent les principales causes associées à l'érosion du littoral.

1) 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 précipitation auraient accéléré l'érosion des berges et ce, depuis la fin du 19^e 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.



2) Les tempêtes

Les tempêtes seraient une cause majeure de l'érosion des littoraux meubles. Lors de leur passage, le volume de sédiments déplacés dépasserait celui mis en mouvement lors de temps «normaux» 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 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 météorologique 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'elles doivent, pour avoir un impact sur le littoral, se produire lors d'une marée haute et en l'absence d'un pied de glace.

un processus complexe

3) Les variations du niveau marin relatif

Lorsqu'on analyse les données marégraphiques des différentes stations du fleuve 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 a 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.

4) La variation naturelle des apports sédimentaires

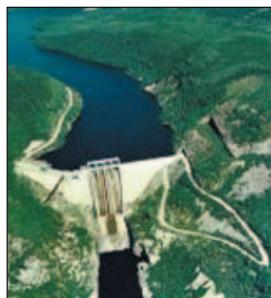
Le bilan sédimentaire sur les littoraux du golfe du Saint-Laurent est généralement négatif. Cette diminution peut être d'origine naturelle, tel que présenté dans cette section, ou d'origine anthropique, tel que démontré dans la section suivante.

Le déficit sédimentaire sur les berges de la Côte-Nord 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'encaisser pour atteindre leur profil d'équilibre. Ils transportent alors beaucoup moins de sédiments qu'il y a quelques millénaires. De plus, 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 mètres. 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.



5) Les impacts des actions humaines sur les variations des apports sédimentaires

Au cours du dernier siècle, l'exploitation des ressources naturelles et l'augmentation de la demande énergétique a nécessité la construction de barrages sur de nombreux cours d'eau de la Côte-Nord. 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. De plus, leur réservoir 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.



© Centre d'expertise hydrique

Barrage hydroélectrique

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, tout en augmentant le déficit sédimentaire, surtout là où l'alimentation des plages provient principalement de l'érosion des falaises. Cette diminution en apport sableux explique en partie le recul de la majorité des terrasses de plage 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.

La circulation des véhicules hors route et le piétinement dans les zones littorales arrachent la couverture végétale favorisant la reprise des sédiments par l'activité éolienne et par les vagues. De plus, la déforestation des bassins versants, l'exploitation des tourbières, de même que le drainage agricole et routier favorisent le ravinement et le déclenchement de mouvements de terrain. Ces phénomènes contribuent à augmenter l'apport en sable vers les littoraux, mais également à la recrudescence de l'érosion des berges.

Il demeure difficile, dans l'état actuel des connaissances, de mettre le doigt sur le coupable. Il semble que les divers facteurs mentionnés soient, à différents degrés, responsables de l'augmentation de l'érosion des côtes du Saint-Laurent.

face à l'érosion des berges

Le développement de solutions concrètes et durables pour protéger les littoraux nord-côtiers exige un nouveau mode d'analyse de la problématique. Il faut cesser de réaliser des actions individuelles et passer à un plan d'action global. Le développement des activités associées aux littoraux, le très grand nombre d'utilisateurs, l'extrême complexité et la fragilité des milieux côtiers nécessitent la mise en œuvre de processus de concertation pour l'élaboration d'une gestion intégrée de la zone côtière.

La protection des berges implique donc 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.

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. Cette entente est l'une des études qui servira à établir un plan de gestion intégrée de la zone côtière de la Côte-Nord.

Lorsqu'on se retrouve en situation d'érosion, il y a trois (3) possibilités d'intervention :

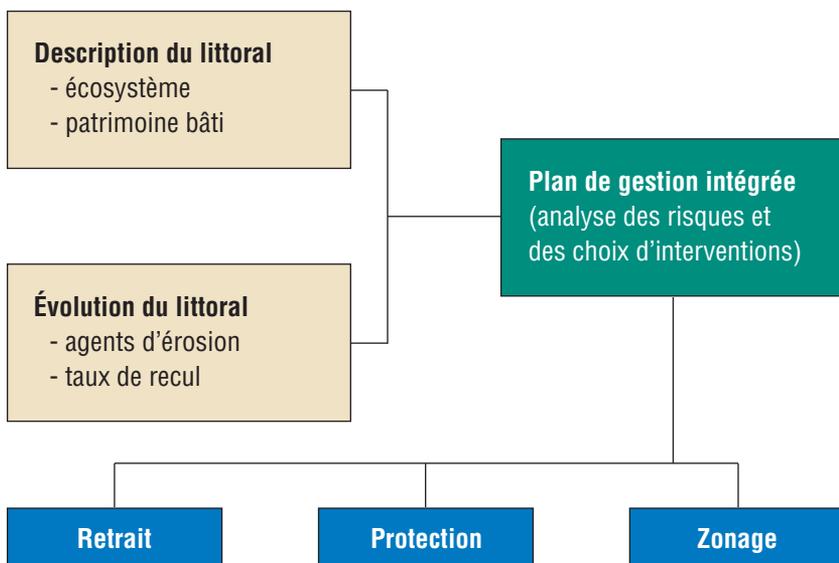
- **le retrait** (déplacement des installations hors de la zone à risque);
- **la protection** (mesure de stabilisation);
- **le zonage** (contrôle du développement en zone côtière);

C'est en se basant sur le plan de gestion intégrée qu'il sera possible de bien analyser la situation et d'effectuer le choix de la ou des interventions appropriées.



Dans le cadre de ce guide, nous nous intéresserons à la protection comme mesure d'intervention car celle-ci entraîne des modifications directes sur l'environnement côtier. En plus de considérer l'efficacité d'une infrastructure, il est primordial d'évaluer les impacts que celle-ci aura sur les habitats côtiers. Il ne faut pas oublier que la zone côtière est constituée de plusieurs habitats et qu'ils ont tous un rôle dans l'équilibre du système. La stabilisation des berges ne doit pas être une source de nouveaux problèmes sur la zone côtière.

La section suivante servira donc à décrire les principaux effets des différentes méthodes de stabilisation des berges sur l'environnement côtier. Dans une optique de développement durable et de vision à long terme de protection du milieu biologique et anthropique, il est essentiel de tenir compte de tout ce qui peut affecter le milieu côtier avant de déterminer la méthode à utiliser.



Avant de choisir une méthode de stabilisation des berges, il faut d'abord évaluer l'état de la situation et déterminer l'objectif que nous souhaitons atteindre : protéger le talus et/ou restaurer la plage. Cette réflexion doit être menée pour l'ensemble d'un territoire donné, et non seulement pour un terrain en particulier.

Il est important de bien évaluer le problème spécifique d'érosion et de cibler la ou les méthodes de stabilisation les plus appropriées selon le milieu. Un mauvais choix peut engendrer des répercussions environnementales importantes sur l'ensemble de la zone côtière.

Dans cette section, nous allons aborder les méthodes de stabilisation les plus utilisées. Vous retrouverez une brève description de la méthode et une présentation des principaux types d'infrastructures qui y sont associées. Par la suite, nous aborderons les impacts, positifs et négatifs, de ces structures sur l'environnement, ainsi que quelques alternatives permettant de réduire les impacts négatifs. Finalement, une brève évaluation du coût versus l'efficacité de la méthode sera proposée. Étant donné la variation des coûts selon l'ampleur des travaux, notre évaluation agit surtout à titre comparatif entre les différentes méthodes.

Avant d'entreprendre tout ouvrage, **il faut obligatoirement obtenir les autorisations requises** auprès des autorités gouvernementales responsables. En ce qui concerne les interventions en milieu côtier, les lois suivantes s'appliquent :

- Loi sur l'aménagement et l'urbanisme
- Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune
- Loi sur les pêches
- Politique sur la protection des plaines inondables et des littoraux
- Loi sur la qualité de l'environnement
- Loi sur la sécurité civile



MÉTHODES DE STABILISATION VISANT LA PROTECTION DU TALUS

Il existe deux principales méthodes visant la protection du talus : les murs de protection et les revêtements. Bien que ces deux méthodes soient relativement efficaces pour protéger le talus, elles entraînent la disparition de la plage et la détérioration des habitats côtiers et des milieux propices au développement social et touristique.

1) Les murs de protection

a) Principaux types d'infrastructures

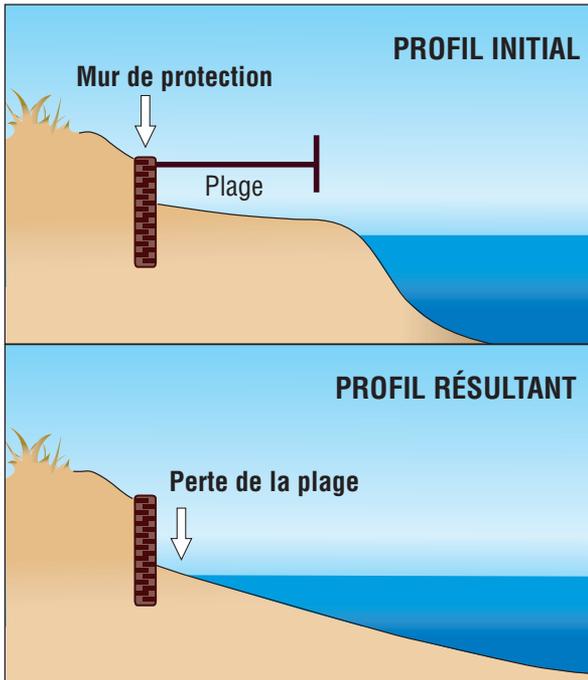
- Murs de protection en béton
- Murs de protection en roche (gabions, murs-caisson, enrochement)
- Murs en bois
- Palplanches (structures verticales, faites de matériaux minces (ex : acier, bois...) munies d'un système d'entretoises ou de soutien qui les maintient à la verticale)

Les murs de protection sont des structures verticales dont le rôle est de protéger les terrains et les infrastructures contre les vagues de forte intensité. Généralement, ils sont installés là où les falaises possèdent une pente supérieure à la pente en équilibre.

Lorsque l'on décide de construire un mur, il faut porter une attention particulière à l'endroit où la structure sera installée dans le système côtier. Si un mur est installé en zone d'alimentation en sable, cela entraînera inévitablement un déficit sédimentaire important sur tout le système côtier. L'érosion s'en trouvera accentuée. 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'infiltre peut créer de l'érosion derrière la structure de protection, la déstabiliser et provoquer son effondrement.

b) Coût / Efficacité

Les murs de protection sont des structures très coûteuses, qui sont relativement performantes localement pour protéger le terrain des vagues de forte intensité. Cependant, à cause de l'affouillement (érosion au pied de la structure) et de l'effet de bout qui augmente l'érosion aux extrémités de la structure, la structure est facilement déstabilisée. Il faut donc effectuer périodiquement des réparations pour éviter l'écroulement de la structure ce qui augmente le coût à long terme de ce genre de protection. De plus, ce genre de structure provoque, comme mentionné auparavant, une accélération de l'érosion à ses extrémités. Il faut donc procéder à d'autres travaux de protection à ces endroits après peu de temps. Dès lors, on se retrouve avec d'immenses portions de littoral enrochées et avec une explosion des coûts. Finalement, la disparition de la plage entraîne des pertes socio-économiques et environnementales importantes.



La mise en place d'un mur de protection entraîne un affouillement des vagues au pied de la structure. La pente de la plage s'abaisse de plus en plus et les vagues frappent directement le mur. Il devient nécessaire de renforcer le pied du mur pour éviter qu'il ne s'effondre.



© Comité ZIP CNG

Toute structure solide augmente l'érosion à ses extrémités. C'est pourquoi il faut choisir leur emplacement avec précaution.



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

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



© Comité ZIP CNG

Écroulement d'un enrochement et érosion derrière celui-ci .

2) Les revêtements

a) Principaux types d'infrastructures

- Revêtement en béton
- Revêtement en roche
- Revêtement en bois

Les revêtements sont des structures qui reposent sur une surface en pente. Pour permettre leur application, la pente doit être relativement régulière et près de son angle d'équilibre, soit 1 mètre de hauteur sur 2 mètres de largeur (pouvant aller jusqu'à 4 mètres de largeur). Bien que les revêtements soient des structures plus légères que les murs de protection, ils peuvent être utilisés pour protéger des terrains soumis à des vagues de moyenne à forte intensité. L'importance de l'érosion verticale est plus faible avec les revêtements puisque leur pente favorise une dissipation plus progressive de l'énergie des vagues. La structure du revêtement (surface lisse ou rugueuse) et la pente ont une influence directe sur sa capacité de support pour les organismes, surtout pour les plantes. En adoptant un revêtement pouvant favoriser l'implantation de végétaux, on réduit les impacts négatifs sur l'environnement et on augmente l'efficacité de la structure. Tout comme pour les enrochements, il faut porter une attention particulière aux revêtements contenant des espacements entre les matériaux. L'eau, s'infiltrant entre les roches, peut attaquer le talus et créer une érosion derrière la structure. C'est pourquoi il est nécessaire de coupler ce type de structure de protection avec des méthodes complémentaires.

b) Coût / Efficacité

Les revêtements sont légèrement moins coûteux que les murs car ils requièrent moins de matériaux et sont généralement plus simples à construire. Par contre, ils demandent un entretien plus régulier. Comme ils sont moins massifs et qu'ils sont en pente, ils sont plus assujettis aux ruptures et au débordement par le haut. Cependant, une conception et une construction adéquate permettent d'éviter la plupart des ruptures.

3) Effets environnementaux des murs de protection et des revêtements

- Compactage du sol et destruction de la végétation lors de la mise en place;
- Réduction et/ou arrêt de l'approvisionnement de la plage en sable à partir de la falaise ou des dunes;
- Affouillement par les vagues au pied de l'ouvrage qui entraîne une érosion verticale;
- Diminution de la largeur de la plage qui entraîne une baisse du transport du sable par dérive littorale;
- Érosion accélérée aux extrémités (effet de bout).



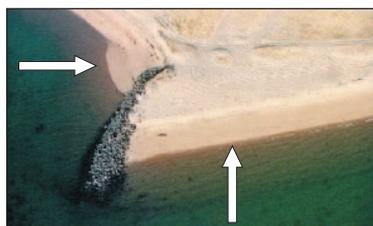
MÉTHODES DE STABILISATION VISANT LA RESTAURATION DE LA PLAGE

1) Épi et champs d'épis

a) Principaux types d'infrastructures

- Épis végétaux
- Épis rocheux

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 un champ épis doit être construit.



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

Épi rocheux. Remarquez l'accumulation de sable à la droite de l'épi et le déficit à la gauche de celui-ci. Le transport des sédiments par dérive littorale est bloqué, accentuant ainsi l'érosion en amont. C'est pourquoi il est préférable d'échelonner les épis.

Pour limiter le déficit sédimentaire, la longueur et la perméabilité des épis peuvent être modifiées afin de permettre le transport d'une partie des sédiments par dérive littorale. Idéalement, il faut installer des épis de manière progressive et échelonnée. Les épis peuvent également être placés au pied des falaises ou des murs de protection afin de favoriser le dépôt de sédiments et de redresser la pente de la plage.

b) Coût / Efficacité

De manière générale, le coût de construction des épis est moins élevé que celui des structures lourdes. Par contre, il est essentiel d'entretenir les systèmes d'épis pour en assurer l'efficacité à long terme. Ces coûts d'entretien sont donc à considérer lors de l'implantation de cette technique de stabilisation.

De plus, les épis sont plus efficaces là où le transport littoral prédomine dans une direction. Toutefois, même bien conçus, les épis offrent une protection très limitée face aux fortes vagues de tempête.

c) Effets environnementaux

- Diminution du transport de sable par dérive littorale entraînant un rétrécissement des plages.

2) Les brise-lames

a) Principaux types d'infrastructures

- Structures flottantes
- Structures fixes

Les brise-lames sont des structures parallèles au rivage, localisées à des profondeurs variant de 1,5 mètre à 8 mètres. 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.



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

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

Pour éviter la diminution du transport de sable, il faut que le brise-lame soit légèrement submergé. 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 durant l'hiver.

L'orientation des brise-lames peut être légèrement oblique par rapport aux houles de tempête les plus fortes pour éviter que l'impact n'ébranle tout l'ouvrage.

Selon les matériaux utilisés, il est possible de favoriser la colonisation par les organismes marins. Une surface ayant des espacements entre les matériaux (pneus, roches) favorise l'établissement de plantes, de poissons et de mollusques.

b) Coût / Efficacité

Les coûts de mise en place des brise-lames sont assez élevés. Les prix se justifient par l'équipement et la main-d'œuvre qualifiée nécessaires. L'efficacité et la durabilité des brise-lames dépendront principalement de leur conception.

c) Effets environnementaux

- Diminution du transport de sable par dérive littorale si le brise-lame est installé trop haut;
- Effet d'érosion aux extrémités (effet de bout);
- Accumulation de sédiments derrière le brise-lame qui peut créer des milieux favorables, mais également obstruer la libre circulation des poissons.



3) 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 granulométrique, au sable déjà en place.

a) *Coût / Efficacité*

Les coûts sont très élevés mais varient dépendamment de la disponibilité des sédiments et de la longueur du littoral à protéger. De plus, un rechargement périodique est nécessaire. Son efficacité peut être augmentée en le combinant avec d'autres méthodes comme les épis ou la végétalisation.

b) *Effets environnementaux*

- Remise en suspension des sédiments, ce qui diminue la qualité du milieu;
- Augmentation soudaine de la quantité de sédiments pourrait amener une modification habitats.



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

Rechargement en sable

MÉTHODES COMPLÉMENTAIRES

Les techniques complémentaires servent à supporter une méthode de stabilisation traditionnelle. Utilisées seules, les techniques complémentaires ne seraient pas efficaces en milieu côtier de part la force des vagues. Par contre, elles sont très efficaces pour fortifier une infrastructure de stabilisation.

1) La végétalisation

Les techniques végétales privilégient l'utilisation de matériel vivant, soit les végétaux, pour protéger les rives contre l'érosion. Les espèces végétales utilisées doivent être des plantes adaptées au milieu d'implantation. Pensons notamment à l'élyme des sables, principale plante maritime sur la Côte-Nord. L'implantation de végétation contribue non seulement à protéger les berges, mais également à restaurer l'aspect naturel de la côte.

2) Les membranes

Les membranes sont un type de revêtement léger. Elles sont déroulées sur une pente régulière pour maintenir une microfalaise. Les membranes doivent être utilisées pour consolider une méthode plus résistante à l'assaut des vagues. On retrouve plusieurs types de membranes dont le géotextile et les nattes.



EN BREF

L'érosion des berges est un phénomène naturel. Le littoral est soumis à un cycle annuel d'érosion et d'accumulation. Il réagit aux forces auxquelles il est exposé et qui lui imposent un équilibre en constant changement. Il peut être long et difficile d'atteindre un nouvel équilibre, car les actions humaines interfèrent avec des processus naturels. La zone côtière est donc constamment déséquilibrée et en déficit sédimentaire, ce qui indique que l'érosion prédomine présentement sur l'accumulation.

Prendre la bonne décision lorsque les infrastructures humaines sont menacées par l'érosion n'est pas une tâche simple.

Cependant, il existe deux choix simples, peu coûteux et bénéfiques pour la zone côtière ainsi que pour l'ensemble de la société :

- maintenir et préserver le **système dunaire** (les dunes);
- maintenir et préserver la **végétation naturelle du littoral**.

Toute action de protection des berges devrait commencer par ces deux gestes. Combattre la nature demande beaucoup de temps, d'énergie et d'argent. Aussi, nous ne pouvons nous permettre de travailler contre elle. Nous devons apprendre à mieux la connaître afin de pouvoir répondre à la problématique de l'érosion côtière et d'éviter de répéter les erreurs commises dans le passé.



BIBLIOGRAPHIE

Comité ZIP de la rive nord de l'estuaire. 2003. *Guide de construction – Système d'épis pour la restauration de la plage – Protection des berges par la restauration de plage contre l'érosion du littoral (basé sur le modèle développé par MM. Maltais et Savard (SEMS)).* Baie-Comeau. 28 pages.

J-C. Dionne. 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.

J-M M. Dubois. 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.

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

B. Massicotte, 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. 2002. *La stratégie sur les océans du Canada - Cadre opérationnel pour la gestion intégrée.* Ottawa. 39 pages.

F. Morneau. 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.

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

J-É Turcotte 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.



LEXIQUE

Activité sismique : Ensemble des mouvements des formations géologiques engendrés par la libération de l'énergie emmagasinée dans les formations rocheuses

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

Couvert glaciaire : Couverture de glace flottante

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 sédiment sous l'action de houles obliques

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

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

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

Gestion intégrée des zones côtières : 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

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

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

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



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

Substrat : Couche de matériel géologique (sable, argile)

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

Zostère : Plante herbacée vivace de taille moyenne (0,5 mètre), vivant en colonie et formant de longs rubans étroits. Dressée et ondulante lorsque submergée, elle est couchée dans quelques pouces d'eau à marée basse.

Produit par

Comité ZIP Côte-Nord du Golfe

Rédaction

Sylvie Baillargeon et Yan Crousset

Révision

Comité ZIP Côte-Nord du Golfe - Sandra Heppell, Soazig LeBreton et Emmanuel Luce

Ministère Pêches et Océans Canada - Jean Morriset et Hans Frédéric Ellefsen

Conférence régionale des élus de la Côte-Nord - Guy Parenteau

Ville de Sept-Îles - Émilie Bruneau

Conception et 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.



imprimé sur du papier à 30 % 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
Site Internet : www.zipcng.org



Ville de Sept-Îles

546, avenue De Quen
Sept-Îles (Québec) G4R 2R4

Téléphone : 418 964-3211
Télécopieur : 418 964-3213
Site Internet : www.ville.sept-iles.qc.ca



MRC de Sept-Rivières

106, rue Napoléon, bureau 400
Sept-Îles (Québec) G4R 3L7

Téléphone : 418 962-1900
Télécopieur : 418 962-3365

Québec 