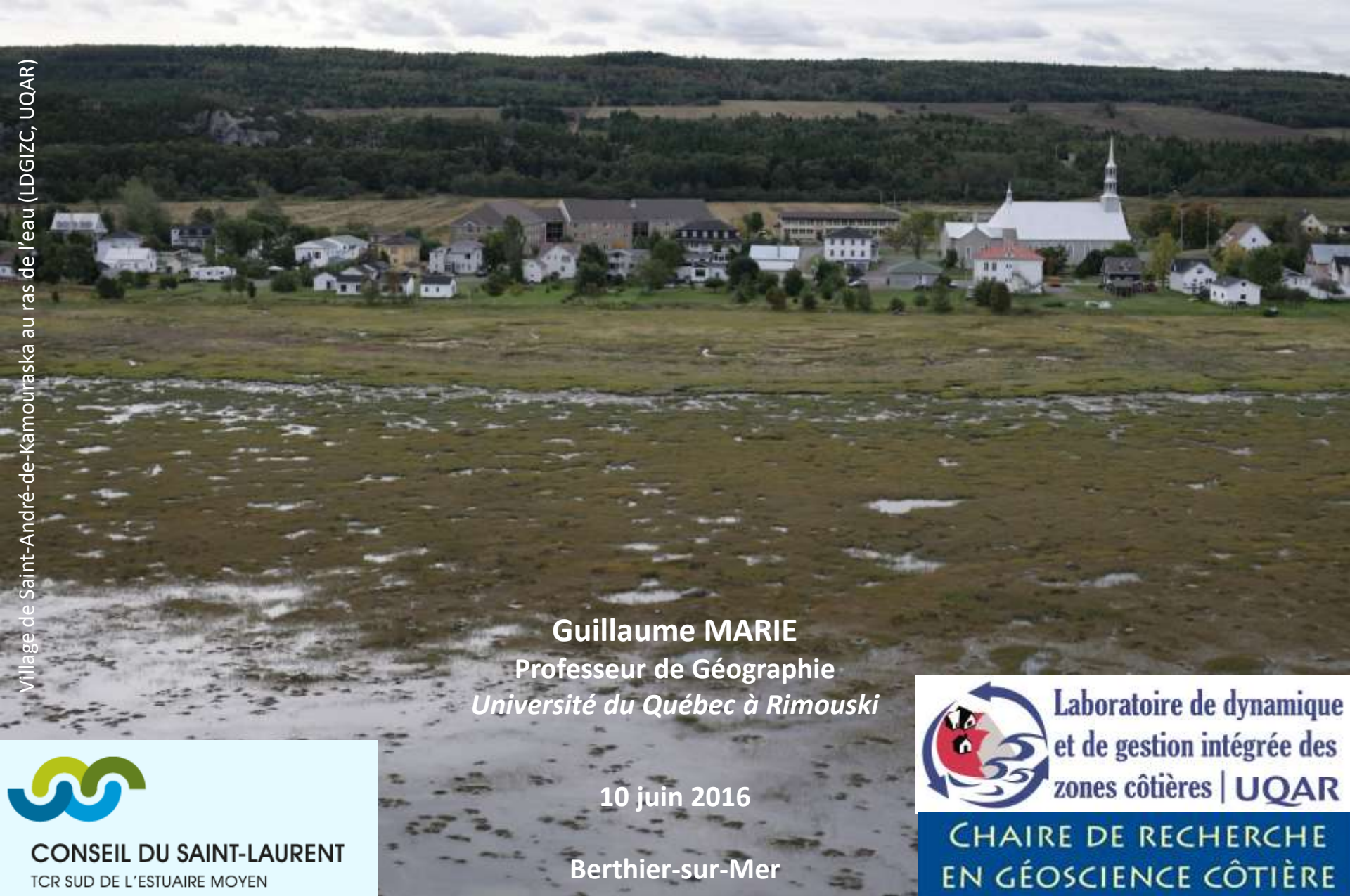


Comment s'adapter aux impacts des changements climatiques sur les côtes de l'estuaire moyen du Saint-Laurent ?

Village de Saint-André-de-Kamouraska au ras de l'eau (LDGIZC, UQAR)



Guillaume MARIE
Professeur de Géographie
Université du Québec à Rimouski

10 juin 2016

Berthier-sur-Mer



CONSEIL DU SAINT-LAURENT
TCR SUD DE L'ESTUAIRE MOYEN



**Laboratoire de dynamique
et de gestion intégrée des
zones côtières | UQAR**

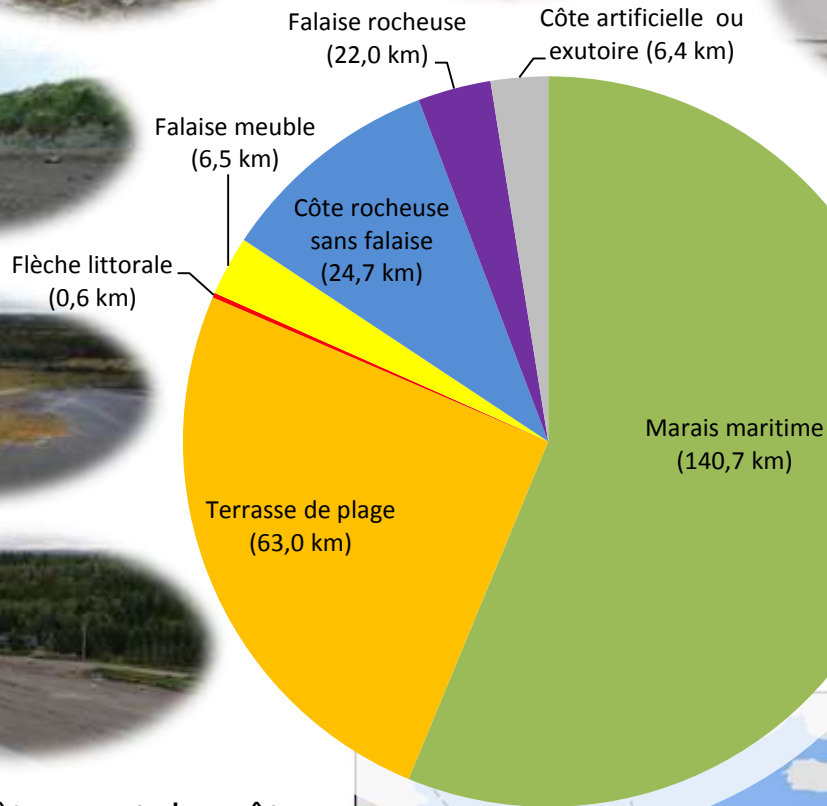
**CHAIRE DE RECHERCHE
EN GÉOSCIENCE CÔTIÈRE**

Le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent



Type de côte sur la rive sud de l'estuaire moyen du Saint-Laurent

Répartition des côtes de la TCR sud de l'estuaire moyen
(Comité ZIP-SE)

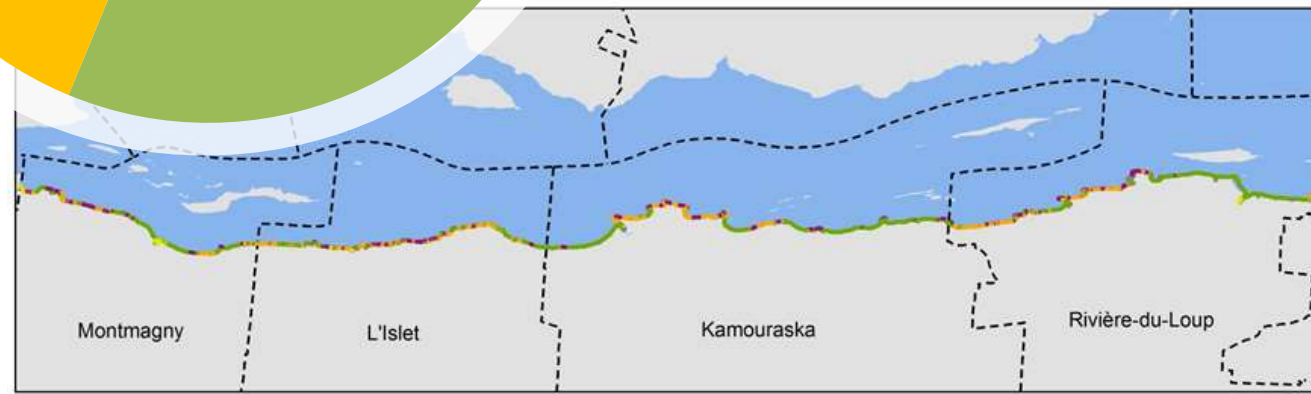


Types de côte en 2010,
TCR du sud de l'estuaire moyen

- Marais maritime
- Terrasse de plage et flèche littorale
- Rocheuse sans falaise (<1,5m)
- Falaise rocheuse (>1,5m)
- Falaise meuble (>1,5m)
- Autre (exutoire, remblais, zone portuaire, chenal)



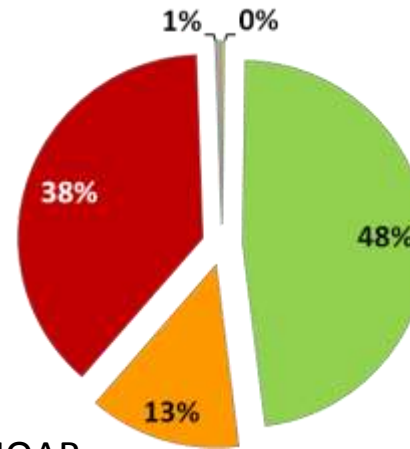
Projection: Transverse modifiée (UTM) Zone 19
Surface de référence: NAD 83
Réalisé par: Étienne Bouchard, Hiver 2016
Sources: © Gouvernement du Québec, (IGTO 20K, Rapideys 5m)
1) Réalisée à l'aide de photo-interprétation d'images LIDAR de septembre 2010 et d'une validation terrain. L.DGZCC, UGAR.



- 80 % des côtes sont des côtes meubles, sensibles à l'érosion
- 96 % des côtes sont des côtes relativement basses (< 5 m), sensibles à la submersion

Des côtes sensibles à l'érosion côtière

- Plus de la moitié des côtes présentent des **processus d'érosion actifs**
- Certains secteurs sont **stables**, voire en **accrétion** (flèches)
- **Sur le long terme** : plus de secteurs en érosion qu'en accrétion (mais études partielles)
- **Période récente** (réseau de bornes du LDGIZC/UQAR dans les secteurs en érosion) : recul moyen entre 2003 et 2014 de 0,84 m/an (1,17 m/an dans les marais maritimes)
- **Recul parfois très rapide lors de tempêtes** dans les marais maritimes (12 m en 2010 à l'Isle-Verte) ou les terrasses de plage (10 m en 2012 et 2013 à Saint-Denis-De La Bouteillerie)
- **Processus à l'œuvre dans les marais maritimes** : tendance à l'accumulation de sédiments dans la vasière (slikke), surtout dans les baies protégées, et à l'érosion de la partie haute du marais (schorre supérieur) lors de tempêtes et du démantèlement de la banquise côtière à la fin de l'hiver (+ action des oies)



| État de la côte | Longueur (km) |
|-----------------------------|---------------|
| Accumulation (progradation) | 0,6 |
| Stable ou végétalisée | 126,2 |
| Semi-végétalisée | 35,2 |
| Active ou vive | 100,5 |
| Non déterminé | 1,5 |
| Total | 264 |

Données sources : LDGIZC, 2015

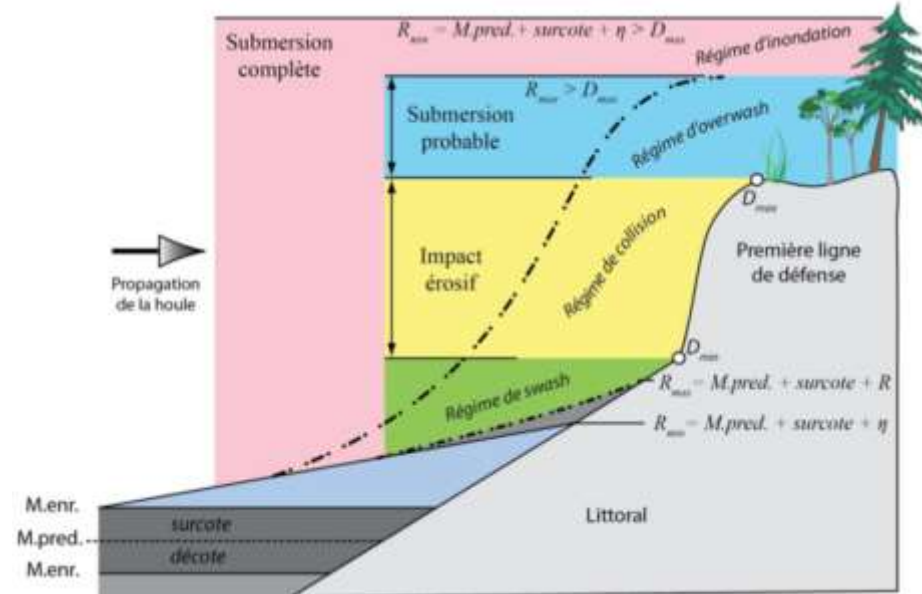
Marais de Montmagny :
recul entre 1 et 3,5 m/an (LDGIZC, UQAR)



Disparition du marais

Des côtes sensibles à la submersion côtière

- **Submersion** : inondation de terrains côtiers par débordement, franchissement ou rupture de de la première ligne de défense côtière
- Rôle joué par la marée astronomique, les vagues, le vent, la pression atmosphérique et la configuration géographique locale
- **85 %** des côtes de la TCR sont basses (< 1,5 m) et exposées à la submersion côtière
- **Conséquences** : inondation de caves, routes et terrains recouverts de débris, dépôts de sédiments, risques de pollution, déplacement de bâtiments dans les cas extrêmes



Paramètres utilisés pour déterminer les niveaux d'eau et la réponse de leur impact morphologique sur le littoral (Didier, 2014)



Franchissement d'un aboiteau en 2010 à St-André-de-Kamouraska (cl. Claude Morin)



Submersion à Notre-Dame-du-Portage (cl. François Drouin)



Ensablement du marais de Montmagny (cl. Comité ZIP-SE)

Une concentration des enjeux en zone côtière

- **Enjeux humains** : population permanente et saisonnière
- **Enjeux matériels** :
 - Résidences
 - Industries et commerces
 - Terrains agricoles
 - Bâtiments publics
 - Réseaux de transports
 - Réseaux de communication et de distribution
 - Ouvrages de protection
 - Héritages patrimoniaux
 - Éléments stratégiques (service d'incendie, de secours...)



Terres agricoles et aboiteau
à Kamouraska



Hôtel à Notre-Dame-du-Portage



Autoroute 20 à
Rivière-du-Loup

- **Enjeux immatériels** :
 - Activités récréotouristiques ou traditionnelles
 - Patrimoine immatériel

Phare de l'Isle Verte



- **Enjeux environnementaux** :
 - Habitats côtiers
 - Biodiversité
 - Paysages



Marais de l'Isle-Verte



Cueillette de
plantes de mer

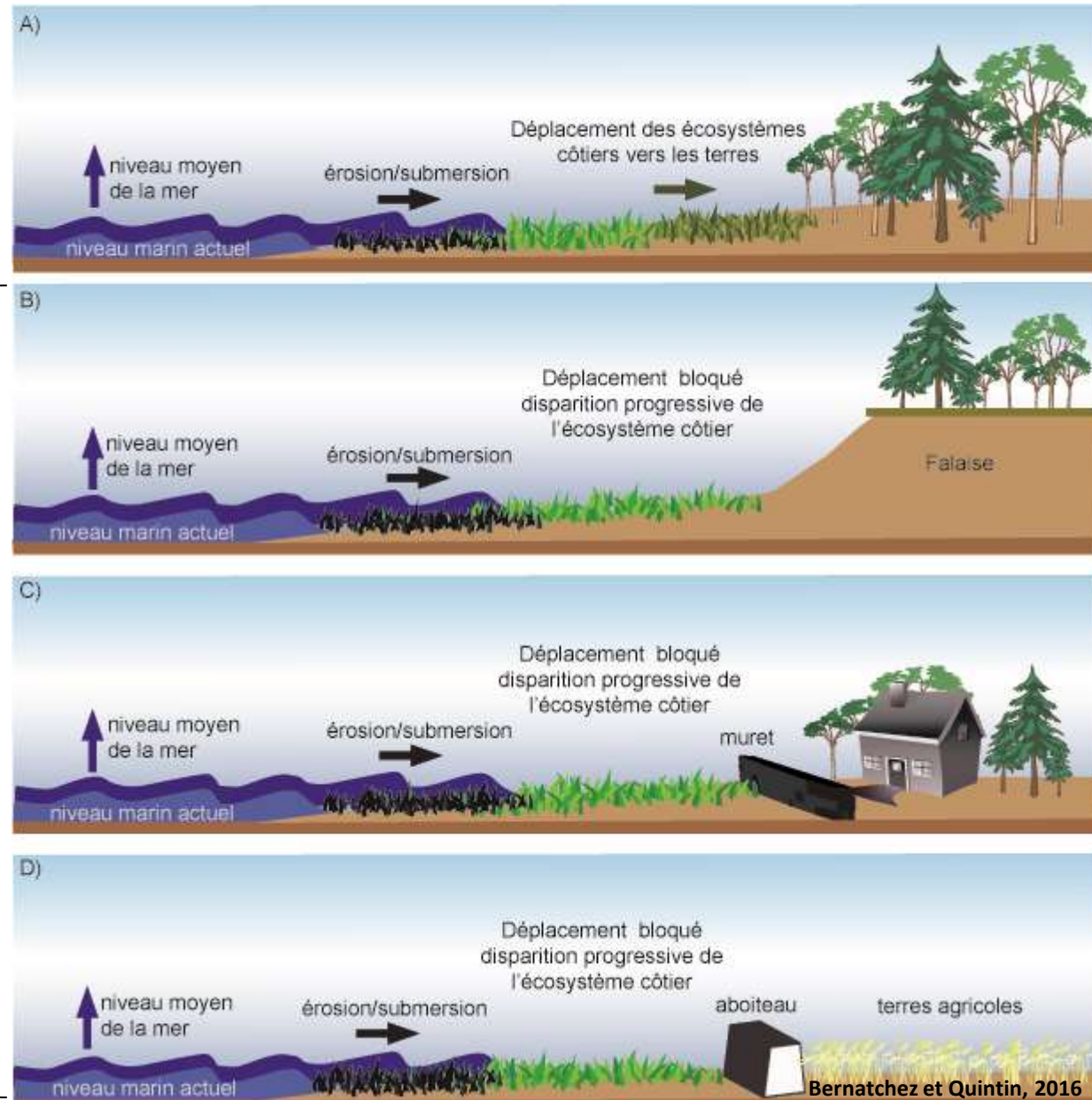
Un problème très présent sur les rives du sud de l'estuaire moyen : le « coastal squeeze »

Déplacement des écosystèmes
côtiers vers l'intérieur des terres
en absence de contraintes



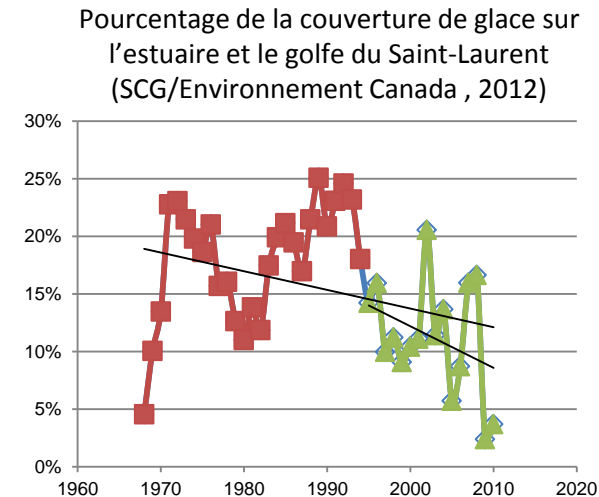
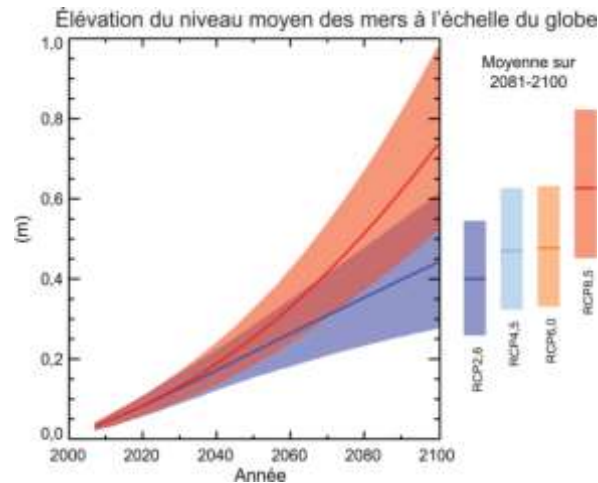
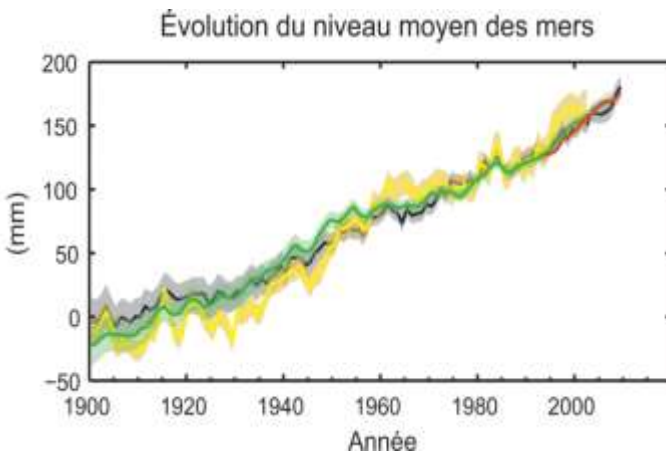
Disparition progressive des
écosystèmes en présence de
contraintes

50 % des
écosystèmes
ont un potentiel
de migration
nul sur la TCR



Un contexte de changements climatiques accentuant les aléas côtiers

- **Augmentation des températures** : + 3-4°C en 2050 pour l'estuaire moyen (Ouranos, 2012)
- **Augmentation des précipitation hivernales** : + 20/30 % en 2050 pour l'estuaire moyen (Ouranos, 2012)
- **Élévation du niveau marin** : selon les scénarios, + 26 à 98 cm au niveau mondial pour la période 2081-2100 par rapport à 1986-2005 (GIEC, 2013), voire + 75 à 190 cm pour la période 1990/2100 (Vermeer et Rahmstorf, 2009), élévation moindre dans l'estuaire moyen (en raison des mouvements de la croûte terrestre) : + 22 cm à Rivière-Ouelle en 2055 (Boyer-Villemaire et al., 2016)



- **Augmentation des épisodes météorologiques extrêmes** : ↗ force et fréquence des tempêtes, ↗ probable fréquence, intensité et nombre des épisodes de précipitations intenses (GIEC, 2013)
- **Augmentation de l'exposition à la submersion..... mais aussi à l'érosion** :
 - épisodes de submersion et de tempête plus fréquents (épisode type 2010 tous les 10 ans en 2055)
 - banquise protectrice présente moins longtemps
 - certains processus d'érosion accentués (glissements de terrain, gel/dégel, processus glaciels)

Quelle solution face aux risques côtiers ?

Décision politique
Décision d'un particulier
Consensus citoyen

Analyse de vulnérabilité
Analyse multicritères
Analyses coût-avantage

CHOIX

Se protéger

- Protections structurelles : mur, enrochement, épis, brise-lame, drainage de falaise...
- Protections non structurelles : recharge, végétalisation, mesures anti-piétinement...
- Remblai (avancée)

S'adapter

- Analyse et cartographie du risque
- Zonage réglementaire et outils de planification contrôlée
- Législation, réglementation et mise en place de normes de construction
- Mise en place d'une gestion intégrée des zones côtières (GIZC) avec concertation entre l'ensemble des acteurs
- Sensibilisation et éducation des décideurs et des citoyens
- Mesures de mitigation : pour atténuer les conséquences des aléas naturels
- Maintien d'un espace de liberté ou de mobilité = maintien des services écologiques des écosystèmes côtiers

Partir

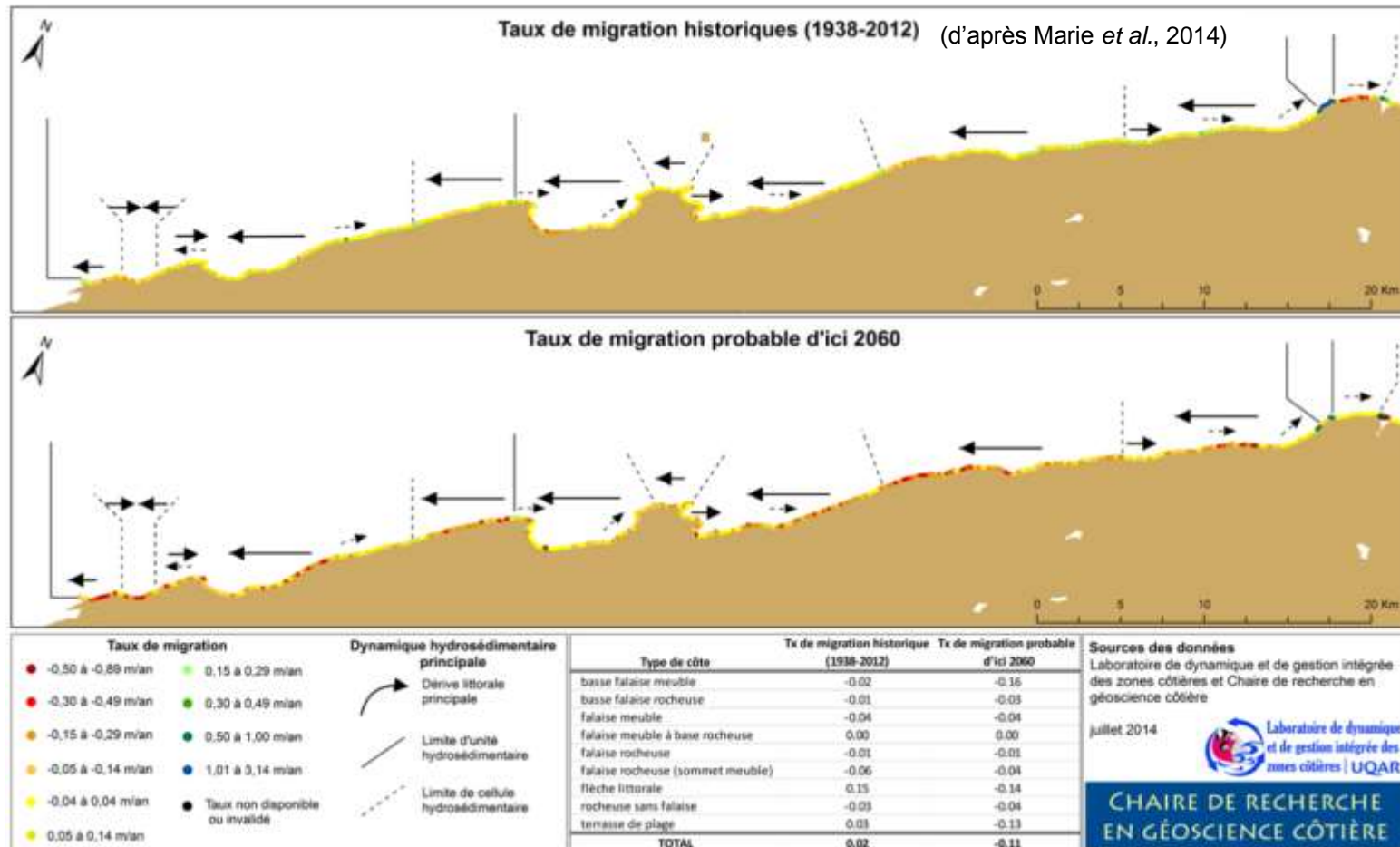
- Relocalisation planifiée des infrastructures et bâtiments
- Destruction ou déménagement des bâtiments suite à un événement
- Maintien des processus naturels

Possibilité de procéder par étapes :

- méthode des arbres décisionnels
- succession de scénarios de stratégies côtières à différents horizons temporels

Analyse et cartographie du risque

- 1) Caractériser la côte et la dynamique côtière
- 2) Étudier les processus d'érosion et les épisodes de submersion passés
- 3) Établir des scénarios d'évolution et de submersion de la côte
- 4) Cartographier les marges d'érosion et les niveaux de submersion probable
- 5) Évaluer et cartographier la vulnérabilité (enjeux exposés et mesures d'adaptation prises)



+ nécessité d'un suivi

Cartographie de l'exposition aux aléas côtiers : l'exemple de Berthier-sur-Mer



1. État de côte - Érosion¹

- Active ou vive (< 25% végé.)
- Semi-végétalisée (entre 25 et 75% végé.)
- Stable ou végétalisée (+ de 75% végé.)
- Accumulation (progradation)
- Station de mesure de l'érosion

2. Potentiellement sensible à la submersion²

- Microfalaise (< 1,5m)
- Côtes basse (Entre 1,5m et 5m)
- Côtes moyennes hautes et très hautes (> 5m)

État de la côte et sensibilité à la submersion côtière en 2010, Berthier-sur-Mer

Projection Transverse modifiée (UTM) Zone 18
 Surface de référence: NAD 83
 Révisé par: Étienne Béliveau, Hiver 2010
 Remarque: © Gouvernement du Québec, (SDTC) 2004, Reproduction
 1) Révisé à l'aide de photo-interprétation d'images LIDAR de 2013 et d'une validation terrain
 suivant les lignes de sensibilité d'érosion, L'ÉCOLE, UQAR
 2) Information selon la hauteur des côtes, Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, 2010

Zonage réglementaire

- Utilisation de cartes d'aléas ou de risques pour la mise en place d'un zonage réglementaire avec cadre normatif = pour normer ce qui est autorisé ou non dans les zones exposées











➤ Un zonage réglementaire avec marges de sécurité devient un outil de planification pour un développement contrôlé



Règlement de contrôle intérimaire relatif aux zones à risque d'érosion et de submersion côtière

Métis-sur-Mer

Légende

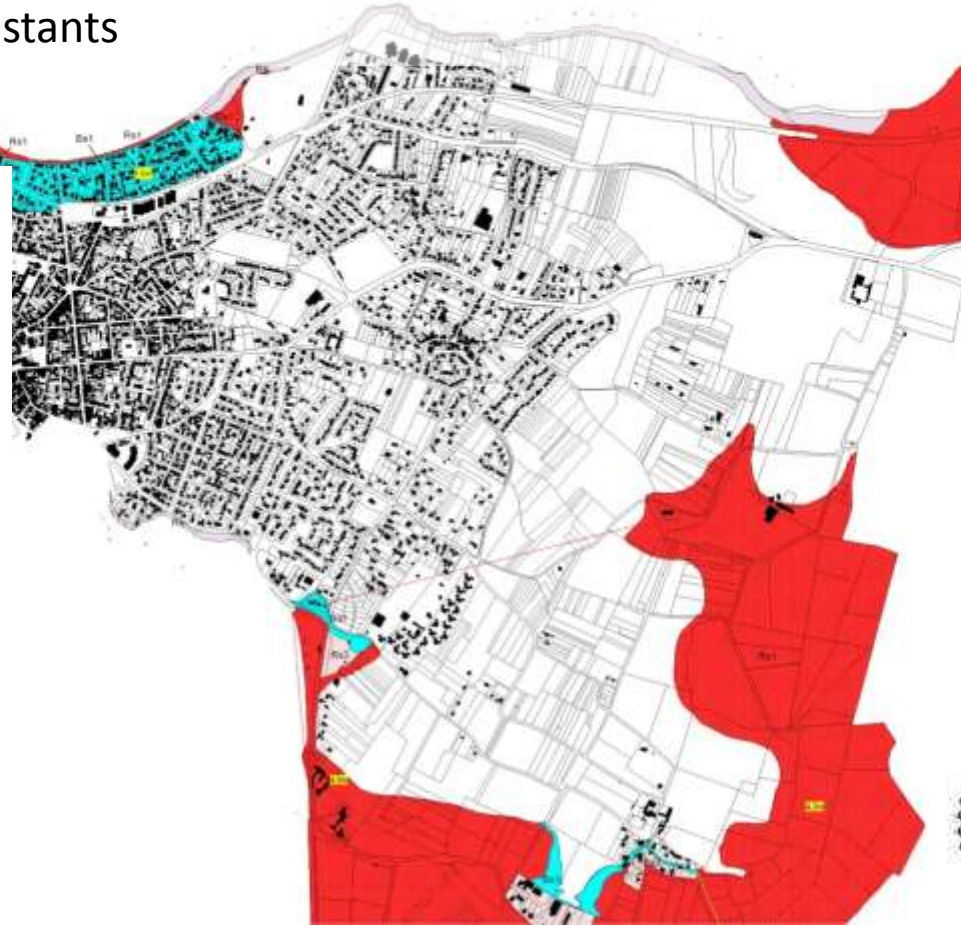
-  Ligne de côte
-  Marge de recul 15m
-  Marge de recul 30m
-  Cours d'eau
-  Zone à risque d'érosion et de submersion côtière
-  Zone à risque moyen de mouvement de sol
-  Zone agricole protégée
-  Limite de propriété
-  Lot



Zonage réglementaire

Exemple des Plans de Prévention des Risques littoraux en France (commune de Fouras)

- Objectif = maîtriser l'urbanisation dans les zones à risques et y réduire la vulnérabilité des populations et des biens existants



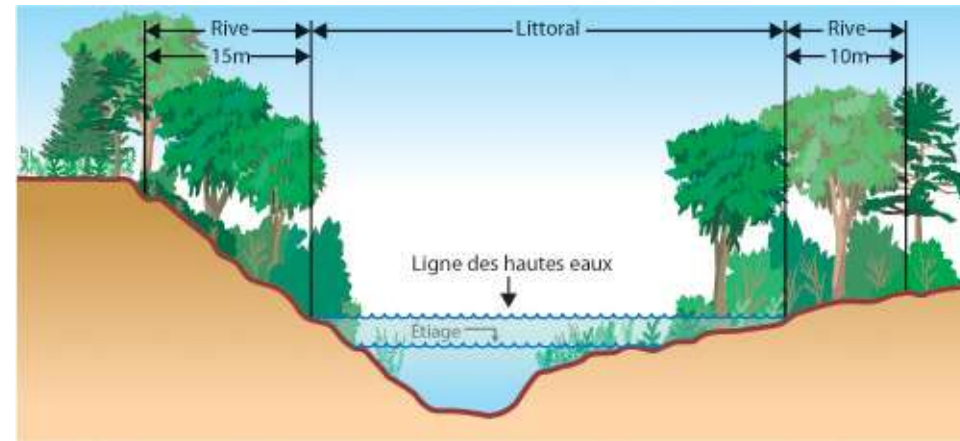
LEPC à Virginia Beach



+ Local Emergency Planning Committees (États-Unis)

Législation prenant en compte les risques naturels

- Au Québec **plusieurs lois** réfèrent directement ou indirectement à la gestion des risques naturels : Loi sur la Qualité de l'Environnement, Loi sur l'Aménagement et l'Urbanisme, Loi sur la Sécurité Civile, mais **aucune n'est spécifique à la question** comme cela existe dans d'autres pays
- Besoin important d'harmonisation des textes législatifs et réglementaires



Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables

- **Outils pour réglementer ou financer des actions en vue d'améliorer la résilience** : Schémas d'aménagement et de développement, Schémas et plans de sécurité civile, normes de construction, Cadre de prévention des principaux risques naturels
- **Outils inexistant au Québec** : agence du littoral pouvant préempter des terrains pour les soustraire à l'urbanisation avec mission de conservation, cartes d'exposition au risque sur l'ensemble du territoire, fonds d'indemnisation pour financer l'expropriation de biens exposés, taux préférentiel si participation à un programme de réduction des risques
- **Différentes stratégies existantes** : Plans d'action sur les changements climatiques, Stratégie maritime du Québec, Nouvelle politique québécoise de sécurité civile



Mesures de mitigation

Mitigation : moyens d'atténuer les conséquences des aléas naturels



Parcours des passerelles en cas d'inondation à Venise (Italie)



Archives du Canadien National

Poste de pêche de Barchois vers 1935 avec infrastructures sur pilotis et maison habitées uniquement à l'étage supérieur (Drejza, 2010)



Maisons flottantes à Steigereiland, Amsterdam (Pays-Bas)

Les mesures de protection structurelle : une solution adaptée ?

➤ conduit le plus souvent à l'artificialisation du trait de côte

- Localement stabilisation de la ligne de rivage, mais problème déplacé plus loin (effet de bout) et abaissement de la plage en avant de l'ouvrage
- En stoppant la dynamique naturelle on accroît le déséquilibre (absence d'échanges plage/arrière-plage)
- Peut amplifier les inondations côtières
- Problème du coût de ces infrastructures
- Artificialisation du trait de côte donne une fausse impression de sécurité qui favorise l'urbanisation littorale, et donc augmente la vulnérabilité
- Problème du *Coastal squeeze*

Près de **16% des côtes de la rive sud de l'estuaire moyen** ont des structures de protection, surtout dans les terrasses de plage

Les mesures de protection structurelle : une solution adaptée ?

Exemple de maladaptation à Sainte-Flavie

- 50,1 % des ouvrages de protection ont été très endommagés ou complètement endommagés par la tempête du 6 décembre 2010 (Quintin et al., 2013)



Des mesures de protection « plus douces »



La relocalisation : une solution envisageable ?

- Mesure de prévention des risques qui consiste à déplacer les enjeux fortement exposés afin de créer une zone tampon pour reconstituer les processus hydro-sédimentaires. Le déplacement est suivi d'une réimplantation afin d'assurer le dynamisme des territoires (L. Minéo-Kleiner)

2007



2012



Déménagement à Sainte-Flavie en juillet 2011
≠ relocalisation préventive et réfléchie

| Municipalité | Actions réalisées |
|---------------------------|---|
| Sainte-Luce/Sainte-Flavie | Demeure sur place : 24 Déplacement : 5 Démolition : 11 |
| Sainte-Flavie | Demeure sur place : 27 Déplacement : 15 Démolition : 19 |

MSP

Projet de relocalisation à Ault-Onival (Picardie, France)

- habitat
- horeca - hôtellerie
- espace festif et culturel
- espace vert public
- espace vert semi-privé
- espace minéral public
- sentiers piétons
- voies automobiles



Source: SMBSGLP, 2012



1902



1934



2008

S. Costa

Le maintien d'un espace tampon

- Intérêt économique des écosystèmes côtiers
- Intérêt récréotouristique des écosystèmes côtiers
- Intérêt écologique des écosystèmes côtiers
- Intérêt en termes de prévention des risques côtiers : ils assurent la pérennité du cadre bâti et de plusieurs infrastructures en constituant des zones tampons qui atténuent l'exposition aux aléas

➤ **Un espace de liberté ou de mobilité en zone côtière permet le maintien des services écologiques des écosystèmes côtiers**

- Pour permettre la migration de la ligne de rivage, **nécessité d'acquérir des terrains** situés au-dessus de la ligne actuelle des hautes eaux afin d'augmenter les espaces de liberté des écosystèmes côtiers

- Importance des organismes de conservation

- Plan de conservation des milieux naturels côtiers de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent ayant pour objectifs d'identifier les milieux naturels d'intérêt et de bâtir une stratégie de conservation

Route Verte à La Pocatière



Pêche à l'anguille



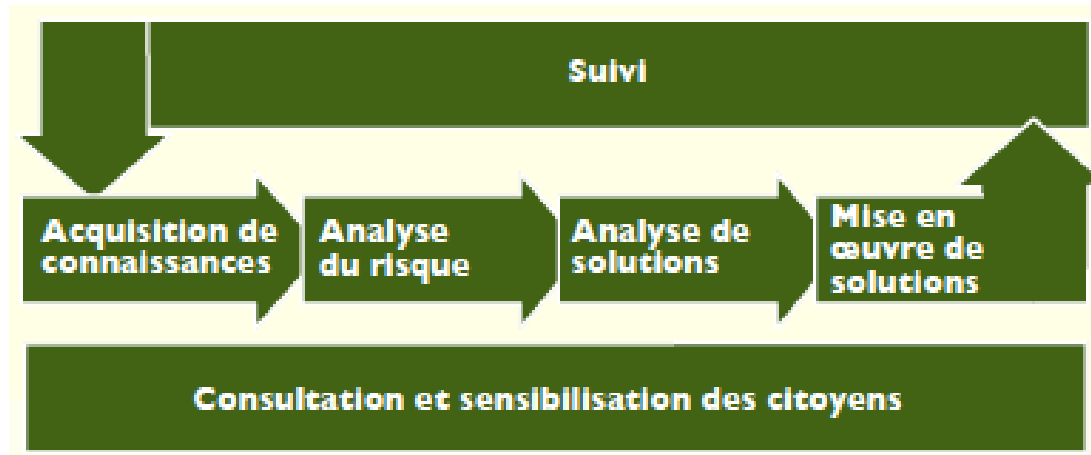
Zone tampon à L'Islet



Hibou des marais



La gestion intégrée des zones côtières



- Organisation d'une concertation entre les acteurs
- Échanges de connaissances entre les scientifiques, les gestionnaires et les citoyens
- Définition commune des objectifs et priorités
- Réflexion sur le choix de la structure la plus adaptée pour porter le projet
- Définition d'une politique responsable de gestion du trait de côte
- Création et mise en place d'un plan de gestion intégrée
- Problème : s'assurer que les organismes voués à la concertation comme Stratégies Saint-Laurent, les TCR, les comités ZIP puissent avoir un financement qui garantit leur pérennité

Sensibilisation et éducation des décideurs et des citoyens

- **Information** : donner les éléments sur les projets à venir ou en cours et sur les risques encourus et les mesures à prendre en cas de danger
- **Consultation** : demander l'avis de la population afin de connaître son opinion, ses attentes et ses besoins
- **Concertation** : demander l'avis sur un projet de personnes intéressées par une décision avant que celle-ci soit prise

- La participation des usagers répond à une demande sociale et renforce la position du maître d'ouvrage en légitimant sa décision
- Nécessité du transfert de connaissances scientifiques/gestionnaires/citoyens
- Développement prévu d'outils et de solutions d'adaptation durables pour les municipalités côtières de l'Est du Québec avec la chaire de recherche en Géoscience côtière (UQAR)



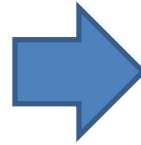
Ce projet a été réalisé, en partie, à l'aide d'une contribution du programme Interactions communautaires. Le financement de ce programme conjoint lie au Plan Saint-Laurent pour un développement durable, est partagé entre Environnement Canada et le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec.

Conclusion

➤ Comment s'adapter aux impacts des changements climatiques sur les côtes de l'estuaire moyen du Saint-Laurent ?

Il est important de :

- Mieux connaître les aléas côtiers
- Mieux connaître les impacts des CC



Afin de :

- Planifier l'adaptation
- Planifier combien cela pourrait coûter

Solutions à privilégier :

- Zonage et réglementation à améliorer
- Gestion intégrée des zones côtières
- Sensibilisation et éducation

concertation

- Maintien d'une zone tampon sur le littoral
- Mesures de mitigation
- Protections non structurelles
- Relocalisation ?

Pourquoi il est essentiel d'agir vite ?

- En raison de la réalité des changements climatiques
- Pour éviter les conséquences aux biens
- Pour éviter d'avoir des pertes humaines
- Parce que cela coûte moins cher (Lemmen *et al.*, 2008)

« dans la plupart des situations, les mesures préventives planifiées ont des coûts moins élevés à long terme et sont plus efficaces que les mesures réactives » (Lemmen *et al.*, 2008)

Contact : Guillaume Marie
Université du Québec à Rimouski
guillaume_marie@uqar.ca

- Boyer-Villemaire, U., Savard, J.-P. et Roy, P. (2016) Évaluation des niveaux d'eau extrêmes causant des dommages de submersion en zone côtière au Québec. Ouranos, Montréal. 30 p.
- Conseil du Saint-Laurent (2016) Cartes thématiques préliminaire, <http://tcr-csl.zipsud.org/territoire/le-portrait-de-la-zone/>
- Denis, R. 1987. Milieux humides en péril. GEOS, 16 : 19-23 p.
- Drejza S., Bernatche P., Dugas, S (2011) Effectiveness of land management measures to reduce coastal georisks, eastern Québec, Canada, Ocean & Coastal Management, 54,290-301.
- Hénaff A., et Philippe M. (2014) Gestion des risques d'érosion et de submersion marines – Guide méthodologique.147p. disponible en ligne sur www.risques-cotiers.fr
- Didier D. (2014) Méthode d'évaluation de la submersion côtière par l'estimation in situ du wave runup sur les côtes basses du Bas-Saint-Laurent, Québec . Mémoire de maîtrise de Géographie. Université du Québec à Rimouski, 159 p,
- GIEC (2013) Résumé à l'intention des décideurs, Changements climatiques 2013: Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, États-Unis d'Amérique
- Lemmen, D.S., Warren, F.J., Lacroix, J., and Bush, E., editors (2008) From Impacts to Adaptation: Canada in a Changing Climate 2007, Government of Canada, 448 p.
- Marie, G., Bernatchez, P., Dugas, S., Fraser, C. et Drejza, S. (2014) Marges de sécurité en érosion côtière : évolution historique et future du littoral des MRC de La Mitis et de La Matanie et des municipalités de Cap-Chat et Sainte-Anne-des-Monts. Chaire de recherche en géoscience côtière, LDGIZC, UQAR. Rapport remis au ministère de la Sécurité publique du Québec, 74 p.
- Quintin, C, (2016) Fiche : Synthèse des connaissances sur l'évolution de la côte de la TCR Sud de l'estuaire moyen,
- Quintin, C., Bernatchez, P., Jolivet, Y. (2013) Impacts de la tempête du 6 décembre 2010 sur les côtes du Bas-Saint-Laurent et de la baie des Chaleurs. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières et Chaire de recherche en géoscience côtière, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au ministère de la Sécurité publique du Québec
- Theasby, N. (2015), Groynes in channel west of Maydays Marsh, <http://www.geograph.org.uk/photo/4422883>
- Vermeer, M., Rahmstorf, S. (2009) Global sea level linked to global temperature, PNAS, 106 (51), 21527–21532

Contact : Guillaume Marie
Université du Québec à Rimouski
guillaume_marie@uqar.ca



Village de Saint-André-de-Kamouraska au ras de l'eau (LDGIZC, UQAR)