Érosion et submersion dans le contexte des changements climatiques: comprendre et s'adapter

Rencontre avec la municipalité de L'Islet

26 octobre 2022

Stephanie Friesinger

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

Chaire de recherche en géoscience côtière

UQAR

Déroulement de la rencontre

- *Mot de bienvenue du maire*
- *Présentation des participants et de leur organisation (TCR, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, comité ZIP rive sud de l'estuaire)*
- *Les phénomènes d'érosion et de submersion côtière dans le contexte des changements climatiques*
- *Les habitats côtiers et leur importance*
- *Les stratégies (adaptation, recul, affrontement)*
- *Fin de la rencontre*

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

Les aléas naturels

- Érosion côtière

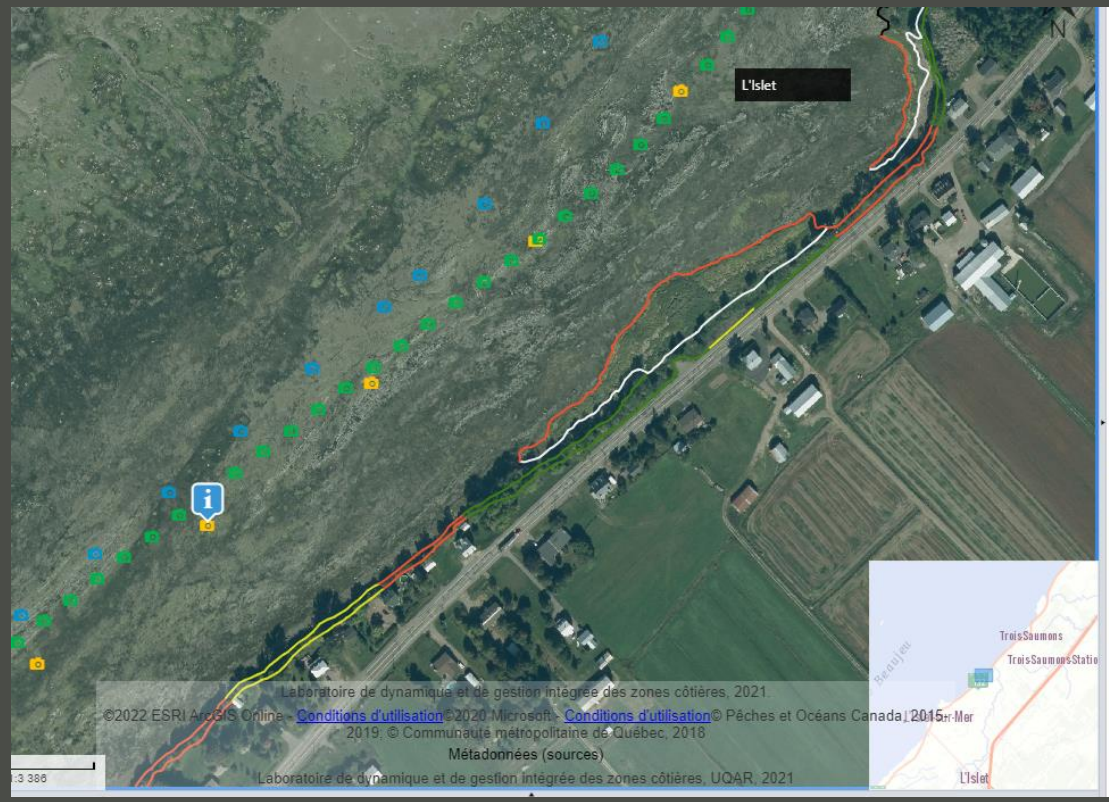
  Phénomène d'ajustement qui entraîne un recul de la côte par des processus marins, terrestres ou aériens

- Submersion côtière

  Inondation de terrains côtiers

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

➢ Érosion côtière



Définition de micro-falaise = hauteur de moins de 1,5 m

À L'Islet, on voit quelques signes d'érosion sur les photographie oblique, présence de micro-falaise (état de la côte de 2017).

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

➢ Érosion côtière

Impression

L'Islet

Types de côtes

L'étude de la dynamique côtière ainsi que la gestion et l'aménagement de la zone littorale requièrent des connaissances approfondies sur les caractéristiques et les processus géomorphologiques des côtes. La cartographie des côtes du Québec maritime réalisée pour le projet Résilience côtière est très complète et s'étend sur près de 4 200 km. Elle constitue une assise commune pour tous les territoires côtiers de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent et permet d'en dresser un portrait détaillé à différentes échelles. La cartographie des côtes nécessite deux grandes étapes : la numérisation et la caractérisation.

La **numérisation** des différentes limites de la côte repose sur un travail de photo-interprétation d'images aériennes dans un système d'information géographique (SIG). La numérisation se fait en 2D, à une échelle de 1:600. Les images utilisées sont les images les plus récentes disponibles et varient entre 2015 et 2019 selon les municipalités régionales de comté (MRC). Plusieurs limites sont tracées. Ce sont par exemple des lignes de rivage ou traits de côte, des sommets de microfalaise, des bases de talus en arrière côte, des fonds de marais, des bases et sommets d'ouvrages de protection côtière, etc.

La **caractérisation** de la côte se fait par photo-interprétation, principalement à partir des images obliques du LDGIZC prises en 2017 (2018 aux Îles-de-la-Madeleine et 2019 pour la Basse-Côte-Nord). Lorsque la caractérisation est complexe à établir par l'interprétation seule de ces images, l'analyse est bonifiée avec d'autres données et documents (photos prises sur le terrain, données LiDAR, imagerie aérienne et documents antérieurs du LDGIZC, etc.)

7
Nombre de types de côtes

14,36 km
Linéaire côtier continu

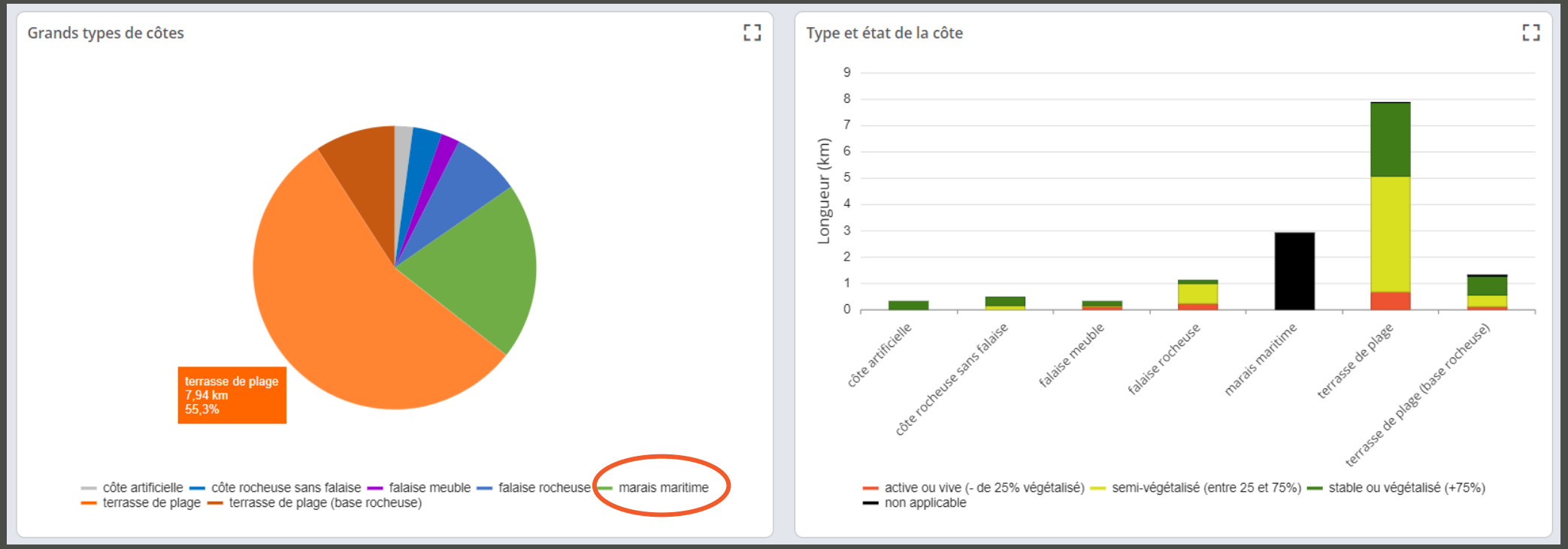
5,25 km
Longueur de côtes artificialisées

6,89 km
Longueur de côtes présentant des signes d'érosion (moins de 75% de végétation)

Synthèse de la méthodologie de la cartographie des types de côtes du Québec maritime
La personne effectuant l'analyse dans un SIG, se base sur plusieurs données sources afin d'effectuer la numérisation et la caractérisation des côtes.

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

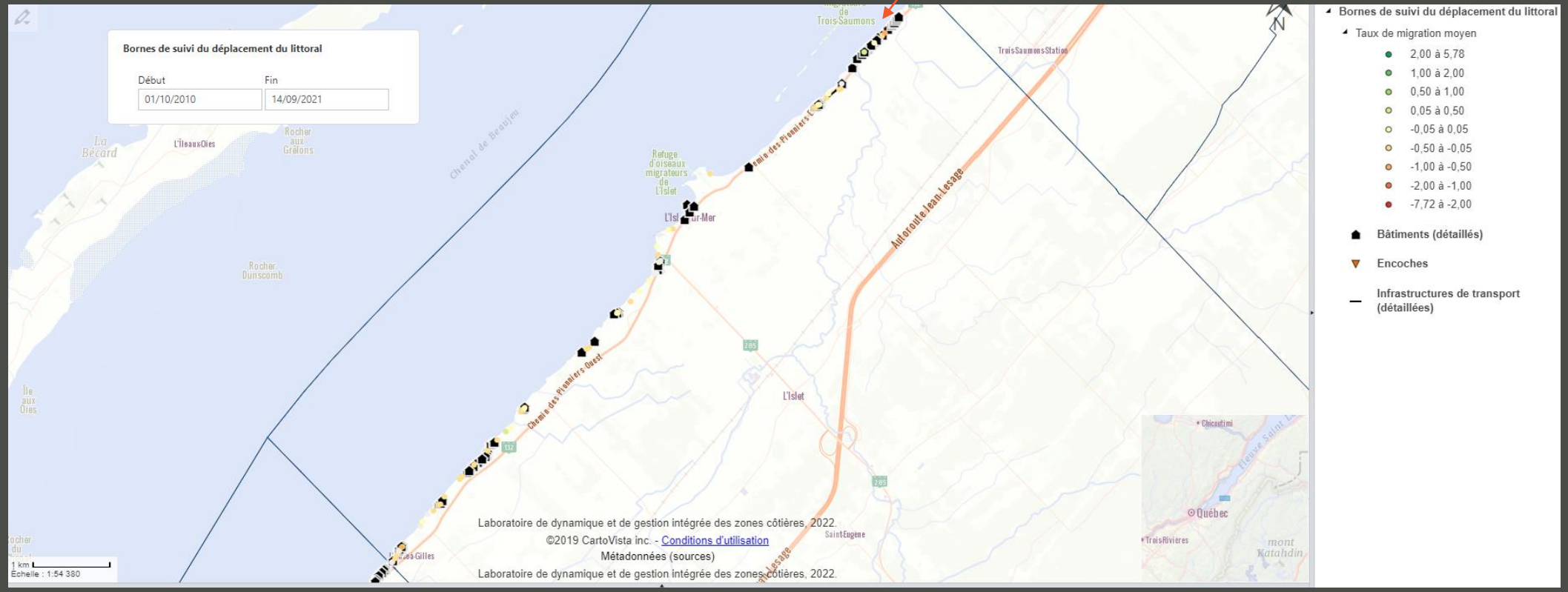
➢ Érosion côtière



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

Suivi des bornes d'érosion

Taux moyen annuel max -0,8 m/an



Taux moyen annuel des bornes à L'Islet est de -0,16 m/an

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

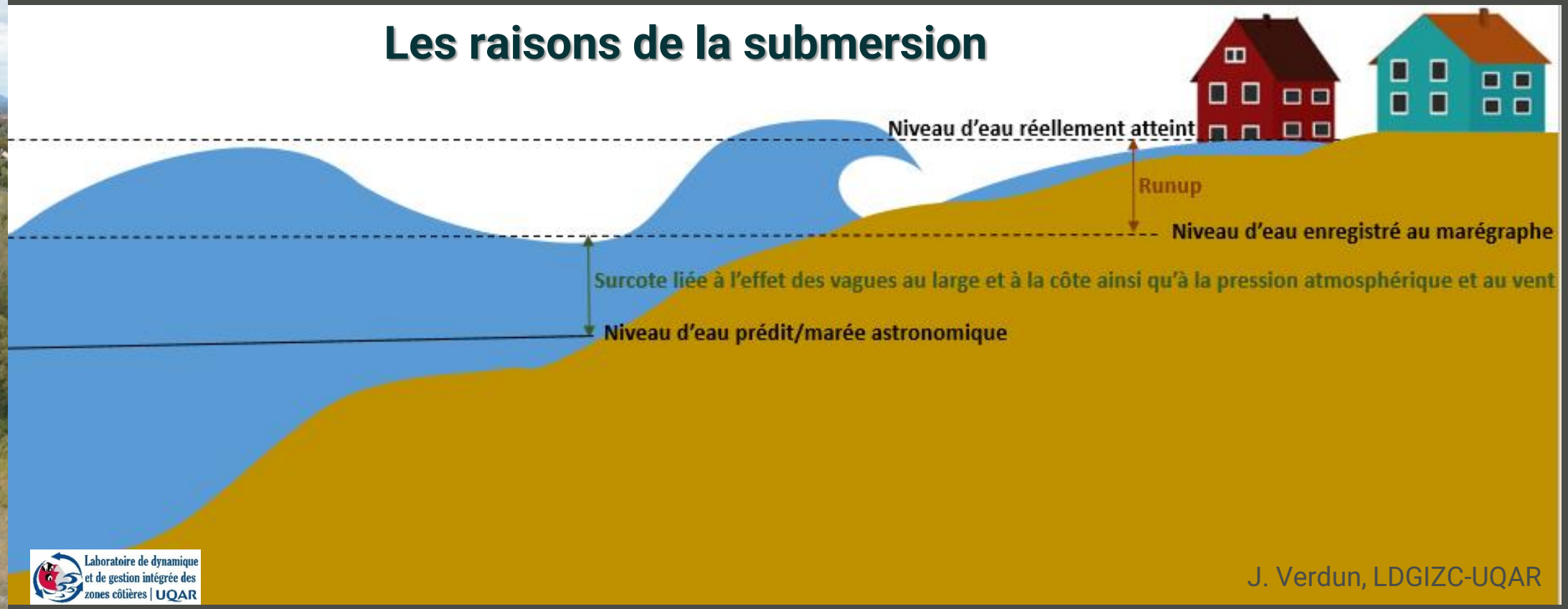
➢Submersion côtière

Définition

- Se produit lorsque le niveau de l’eau surpasse le trait de côte (naturel ou artificiel)
- Niveau d’eau observé (marée + surcote) + effet des vagues

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

Les raisons de la submersion



Le niveau d'eau atteint va dépendre de plusieurs facteurs :

- La marée
- Les vagues
- le vent
- La pression atmosphérique (des basses pressions associées au passage d'une dépression ou d'un cyclone surélevant la nappe d'eau)
- Le jet de rive ou *runup* (surélévation de la nappe d'eau en fonction de la topographie et de la configuration côtière)

➢Submersion côtière

Événement de submersion 10 avril 2020

Photographies données par Jean Morisset

Vents violents et grandes marées : Inondations à l'Islet

Publié le 11 avril 2020 à 10:38, modifié le 12 avril 2020 à 09:23

Par: *CIMTCHAU*

Depuis vendredi matin, le fleuve Saint-Laurent déborde à L'Islet. Une douzaine de maisons ont eu leur sous-sols inondés. Des terrains ont également été submergés par les eaux.

Une situation qui arrive peu souvent selon le maire de la municipalité Jean-François Pelletier. « La dernière fois que les vagues et les débordements ont été aussi forts, c'était en 2003 » affirme le maire.

Une cellule d'urgence a été mise en place. Les agents municipaux sont disponibles pour aider les habitants touchés par les inondations, notamment en allant leur prêter mains fortes ou en offrant des pompes.

L'écocentre de la ville, fermé actuellement en raison des mesures contre la COVID-19 a été rouvert pour aider les sinistrés qui auraient besoin d'évacuer des déchets.

Environ 90 % des côtes de L'Islet sont à risque de submersion, car majoritairement des côtes basses.

Événement de submersion 2003 ? Avez-vous des photos?

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

➢ Submersion côtière

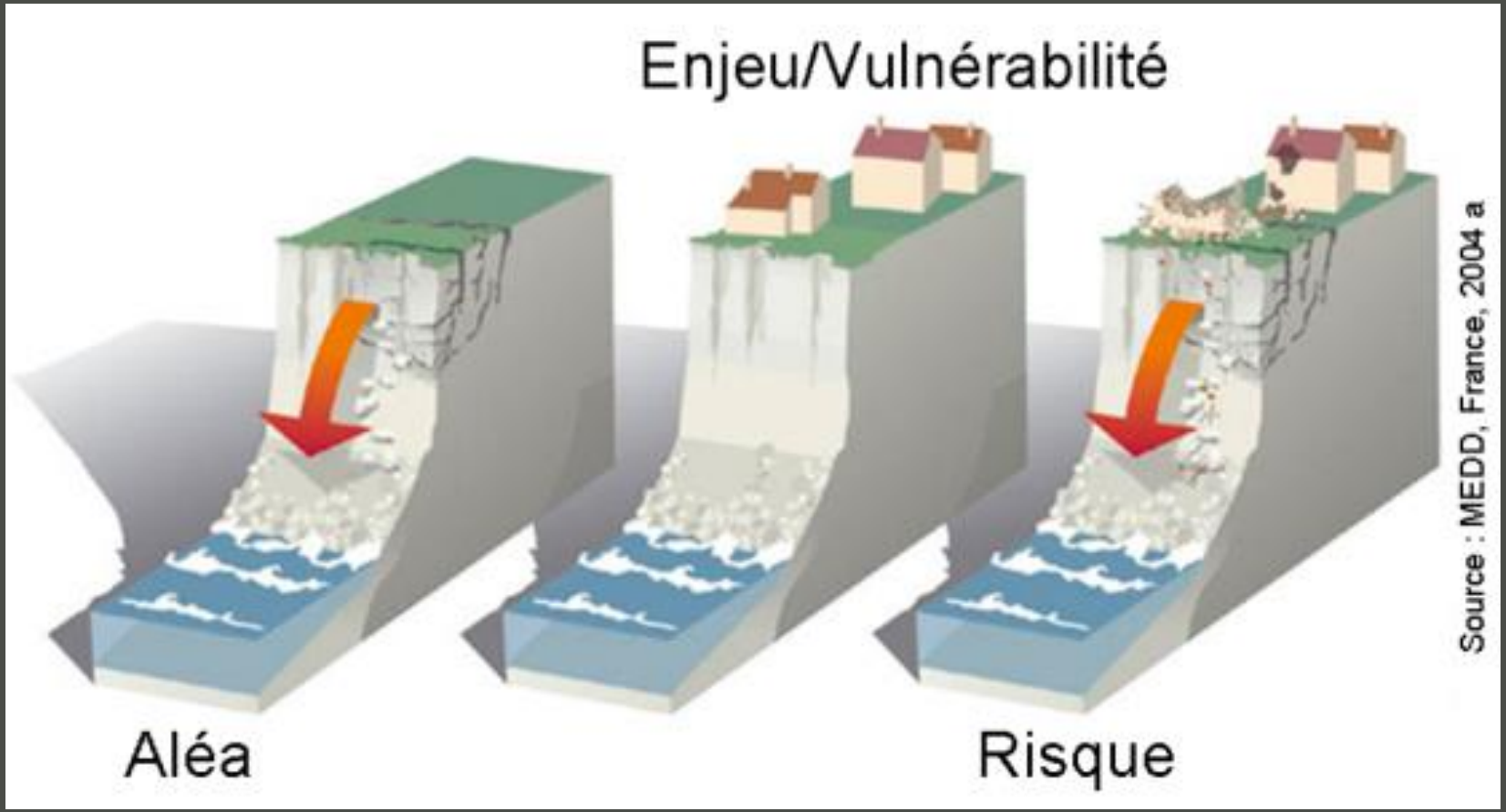
- ➢ Inondation de terrains côtiers par débordement, franchissement ou rupture de la première ligne de défense côtière

Submersion d'un terrain à Sainte-Luce

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

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

Risques côtiers: les aléas naturels combinés aux enjeux et au degré de vulnérabilité des populations côtières



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

L'augmentation des risques côtiers au Québec

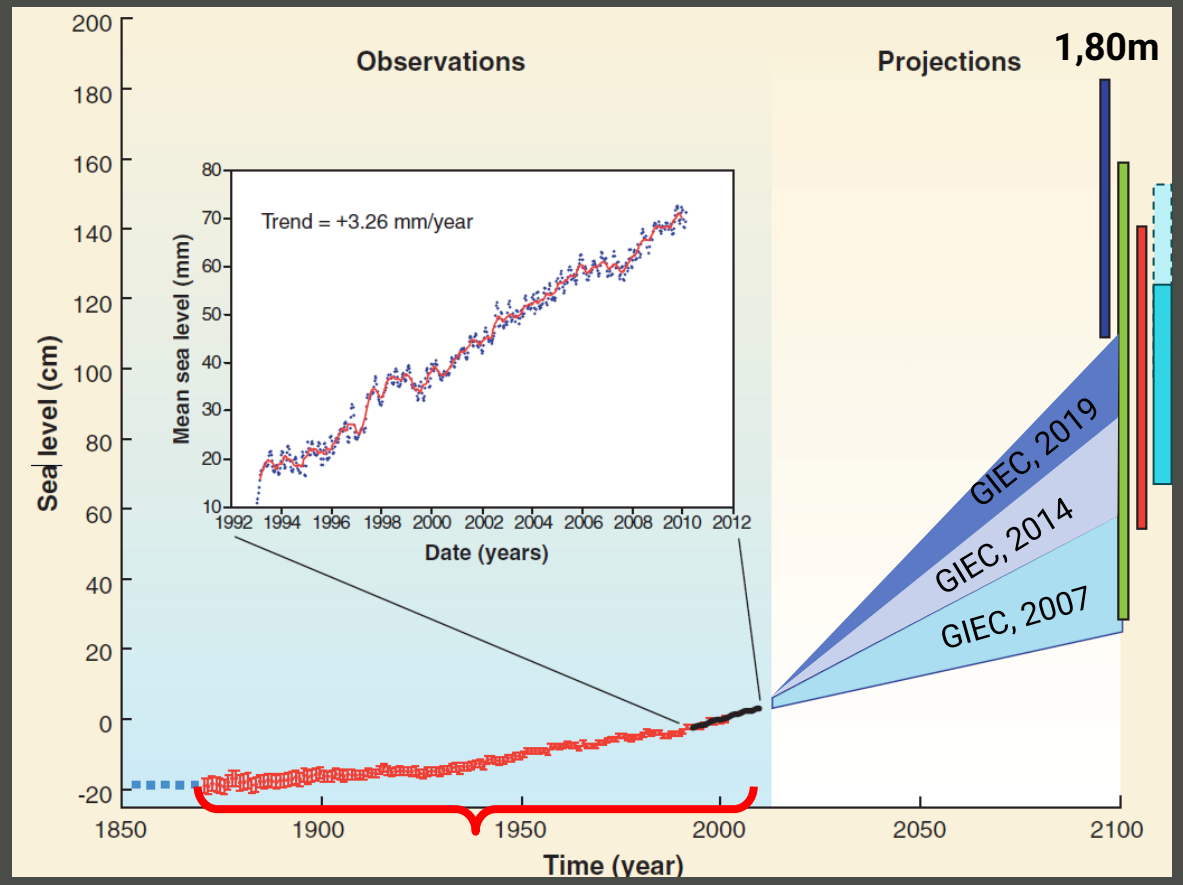
- **Tendance à l'augmentation actuelle en raison :**

1. De l'accentuation de la vulnérabilité (depuis le milieu du XXe siècle);
2. Du rehaussement du niveau de la mer ;
3. De l'augmentation des tempêtes effectives ;
4. De la diminution de la période d'englacement ;
5. Des modifications du cycle gel/dégel ;
6. Du déficit sédimentaire.

Changements climatiques

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

L'impact des changements climatiques : élévation du niveau marin



Peu probable

Vermeer et Rahmstorf (2009)

Rahmstorf (2007)

Horton *et al.* (2014)
0,7 à 1,2m

Fort probable

Grinsted et al. (2009)

1.7 ± 0.2 mm/y entre 1900 and 2009 (Church et White, 2011)

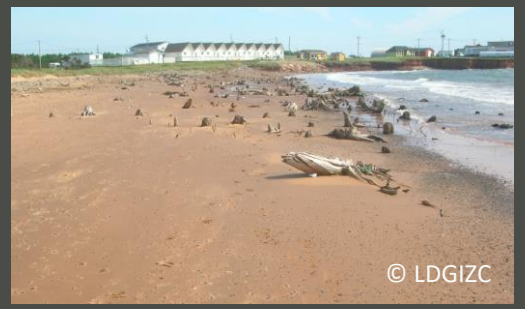
Modifié de Nicholls et Cazenave, 2010

20ème siècle : 1 à 2 mm/an
Dernière décennie : 3 à 3,5 mm/an
Prévisions pour 2100 : 6 à 18 mm/an → soit 0,6 à 1,8 m

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

Accélération de la hausse du niveau marin dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent

Station	Variation du niveau marin (mm/an) historique	Variation du niveau marin (mm/an) 2000-2013
St-Joseph-de-la-Rive (1967-2013)	-0.828	3.96
Sept-Iles (1972-2013)	1.32	1.8
Rimouski/Pointe-au-Père (1964-2013)	-0.168	4.2
Rivière-au-Renard (1969-2013)	1.068	5.64
Belledune (1964-2013)	4.32	6.96
Cap-aux-Meules (1964-2013)	4.32	6.72

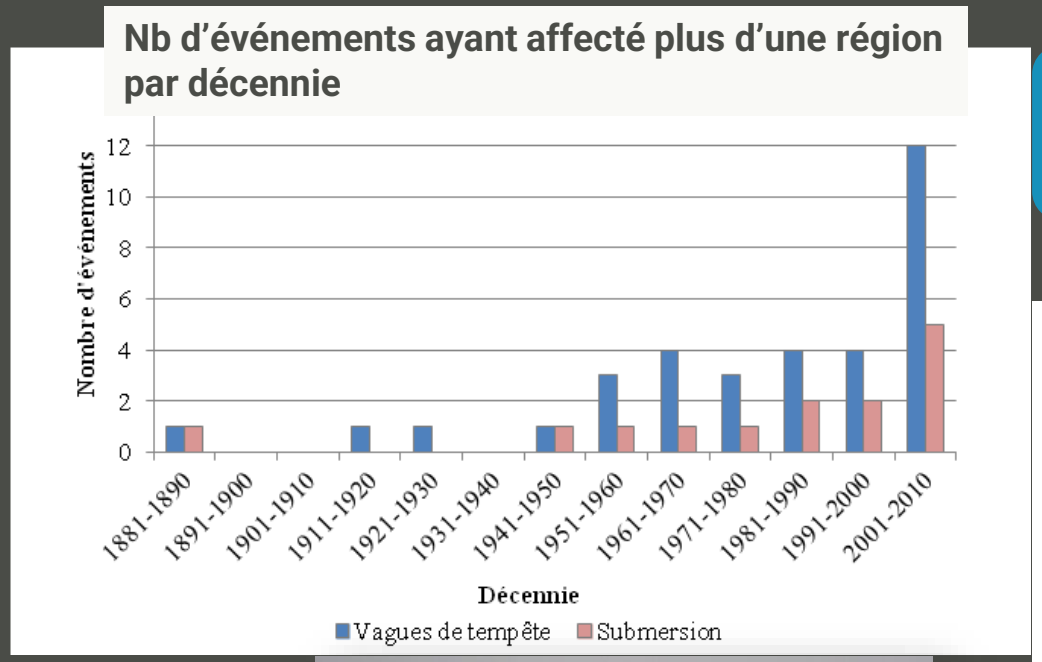


Ensablement du marais de Montmagny
(cl. Comité ZIP-SE)

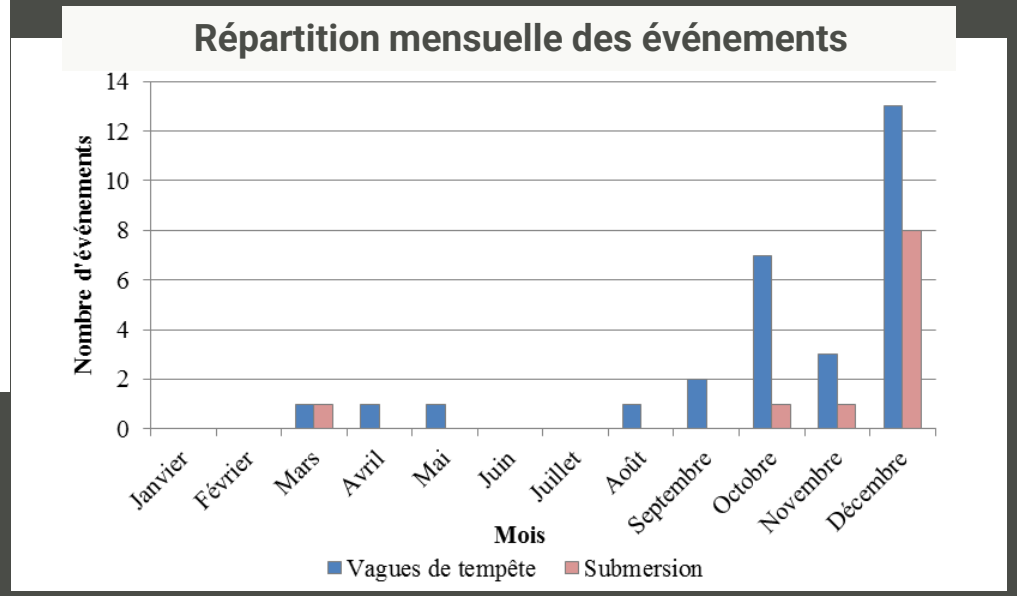
- Hausse du niveau marin <u>relatif</u> de 0,51 m en 2055 et de 1,19 m en 2100 pour le secteur de Montmagny (selon scénario RCP 8,5 supérieur du GIEC) (référence 0 m en 2015) (Savoie-Ferron *et al.*, 2021)

➢ Au Québec maritime : augmentation du nombre d'événements de vagues de tempête et de submersion côtière ayant provoqué des dommages à la côte

Total de 158 événements de vagues de tempête (1880-2010)
Total de 43 événements de submersion (1880-2010)



Événements ayant affecté plus d'une région :
34 événements de vagues de tempête
14 événements de submersion



Maria, 2010

Bernatchez et al., 2012

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

➢ Événements de tempête dans le futur

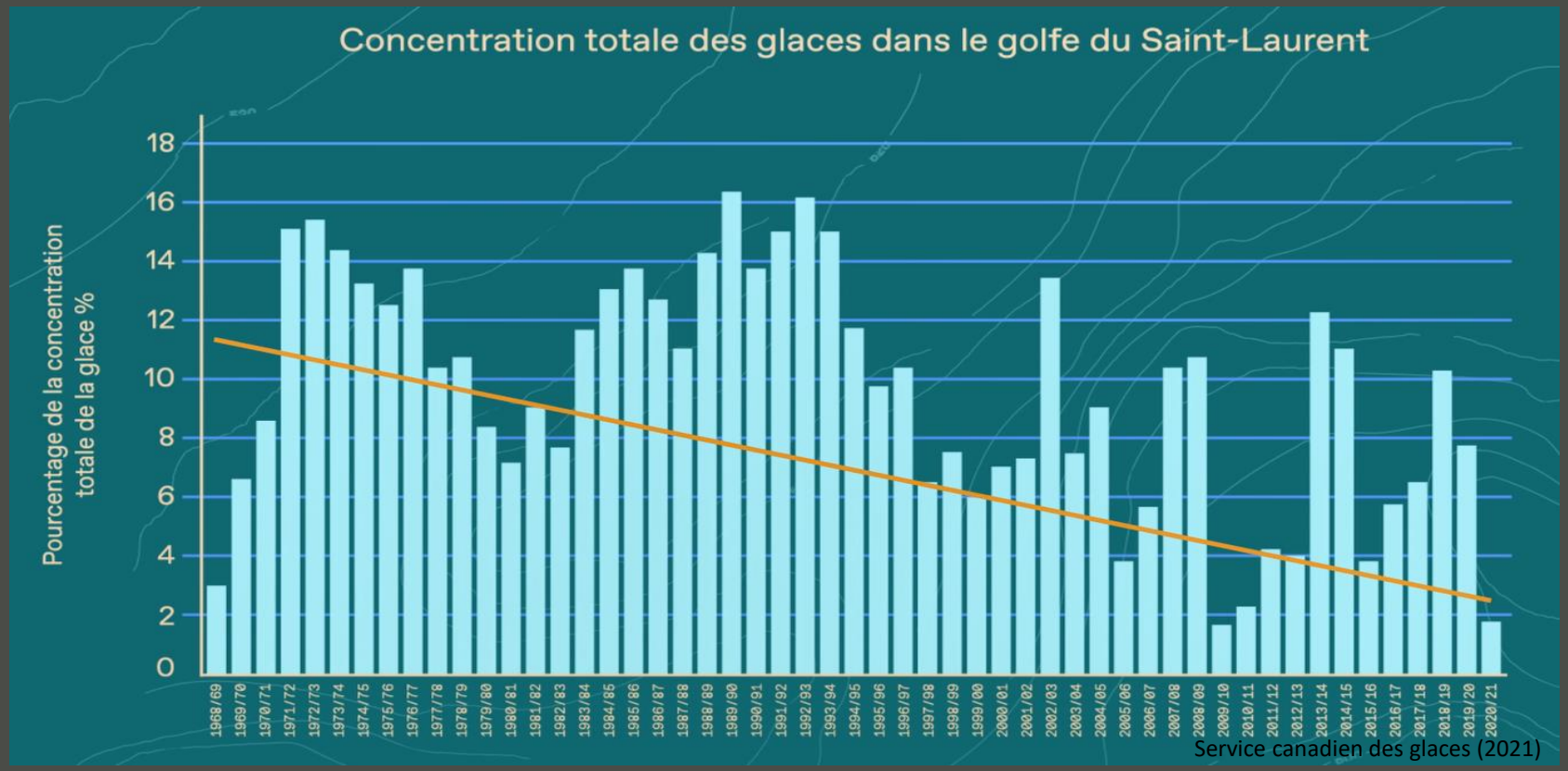
- Dans les simulations du projet MoDESCo, on observe une légère augmentation du nombre de tempêtes dans le futur (Bandet *et al.*, 2020)

Tableau 35 : Comparaison de la climatologie des tempêtes pour les périodes passée (1980-2017) et future (2041-2100). Les tendances annuelles du nombre de tempêtes calculées pour la période 1980-2017 sont aussi indiquées.

Site d'étude	Nombre d'évènements [1980-2017]	Nombre d'évènements [2041-2100]	Tendance annuelle (évènement/an) [1980-2017]
Pointe-aux-Outardes	4,3	18,8	+2,35 %
Pointe-Lebel	4,3	15,6	+1,65 %
Maria	4,5	6,0	+0,35 %
Chandler	4,1	7,6	+1,50 %
Longue-Pointe-de-Mingan	4,5	8,1	+1,00 %
Pointe-aux-Loups	3,7	4,4	+0,75 %
Baie-de-Plaisance	4,2	5,9	+0,10 %

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

Diminution de la période d'englacement en raison de la hausse de température



Service canadien des glaces (2021)

- Diminution de 67% de la couverture de glace pour l'horizon 2055 en comparaison avec la période 1981-2010 (Senneville *et al.,* 2014)
- **Augmentation du nombre de tempêtes effectives (atteignant la côte en raison de l'absence de glace)**

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

Le pied de glace protège la falaise de l'action des vagues

La diminution de la largeur du pied de glace favorise l'érosion des plages

Réflexion des vagues sur le pied de glace provoquant l'abaissement des plages

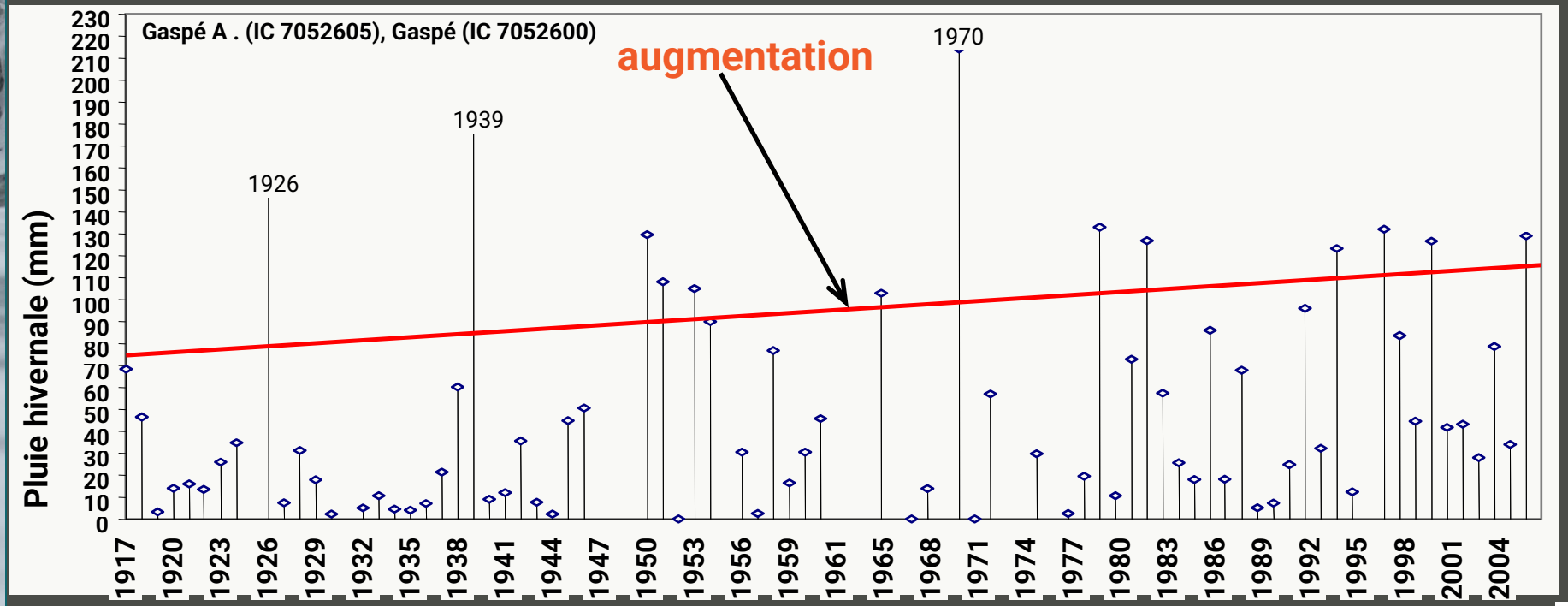
Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières | UQAR

Des modifications du cycle gel/dégel (un peu moins pour L'Islet)

Causes des modifications du cycle gel/dégel :

- Réchauffement global des hivers (redoux hivernaux)
- Modification du régime pluviométrique (pluies hivernales)

Pluies hivernales (déc., janv., fév.) entre 1917 et 2006 à Gaspé (Environnement Canada)



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

Davantage de cycles gel/dégel moins présent sur votre territoire

- **Augmentation de la gélifraction et recul des falaises rocheuses et meubles par éboulement et éboulisation**

Sur votre territoire, présence de falaises rocheuses ayant plusieurs fissures

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

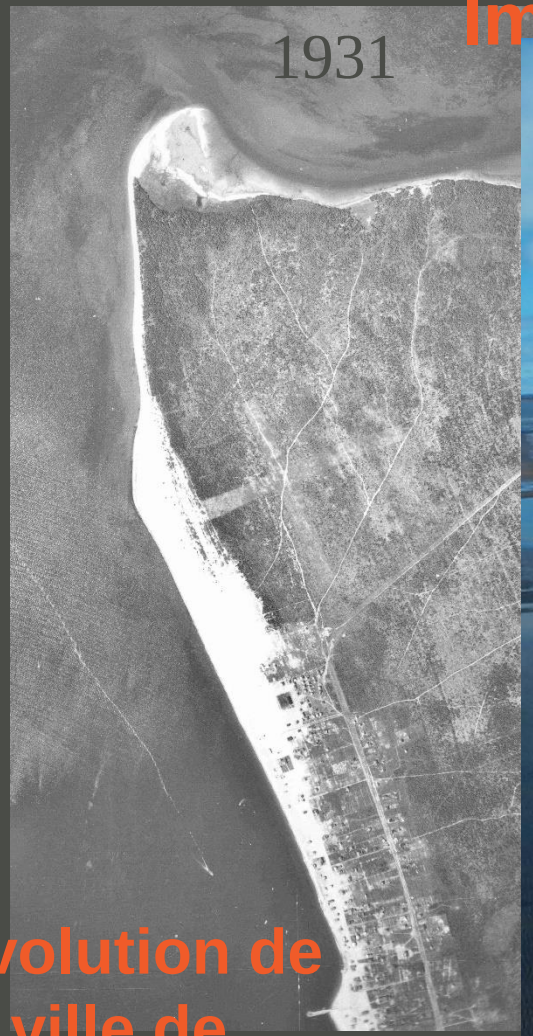
Fluage des sédiments facilité par davantage de périodes de fonte de la glace et par les pluies hivernales

- **Augmentation des mouvements de terrain sur les falaises meubles (glissements, coulées boueuses)**

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

Déficit sédimentaire grandissant causé par les structures rigides de protection

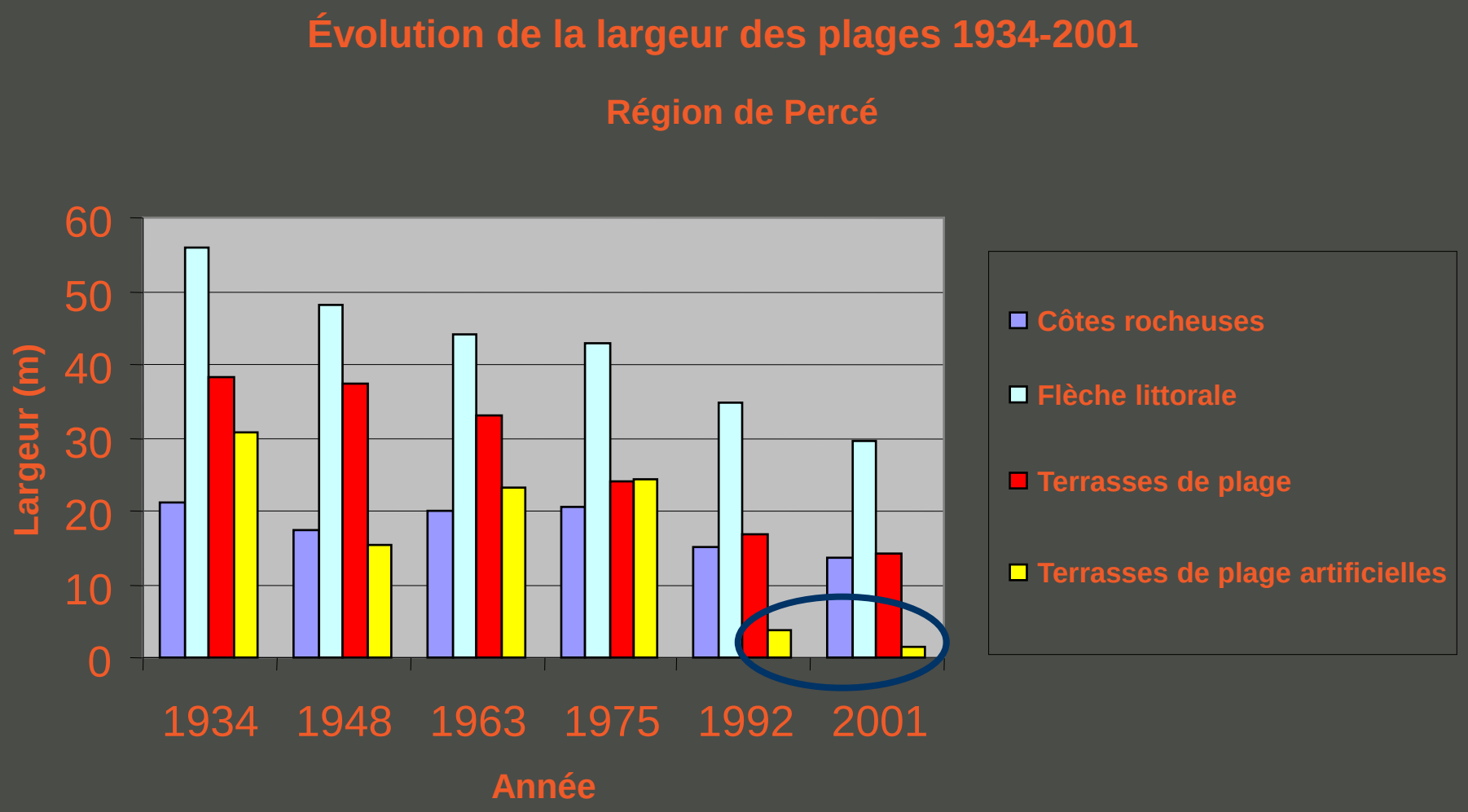
Impact = Disparition de la plage



Évolution de la ville de Sept-Îles

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

Déficit sédimentaire grandissant

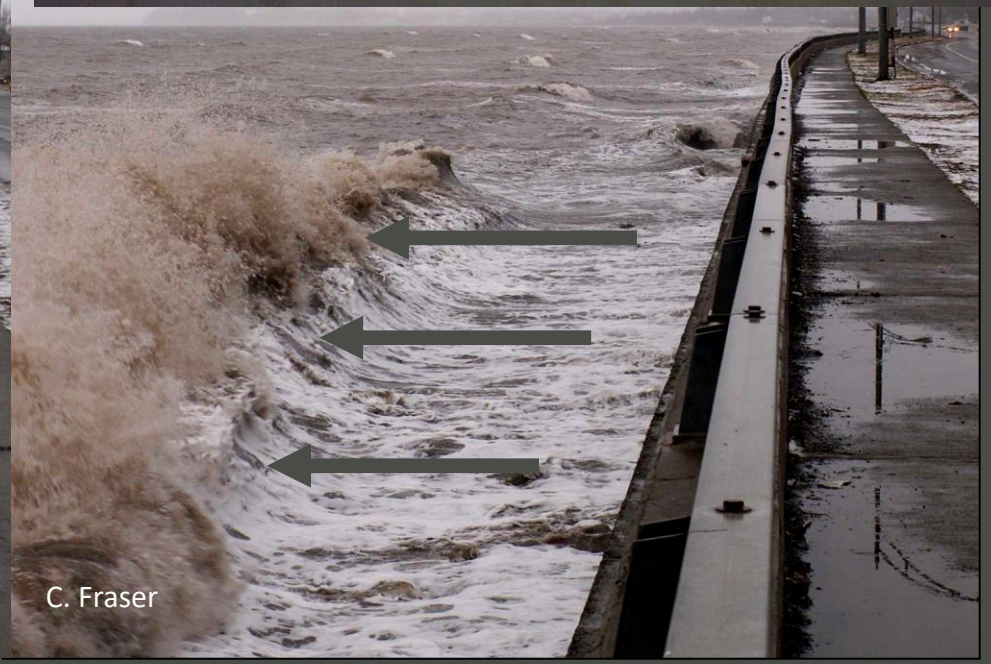


Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières | UQAR

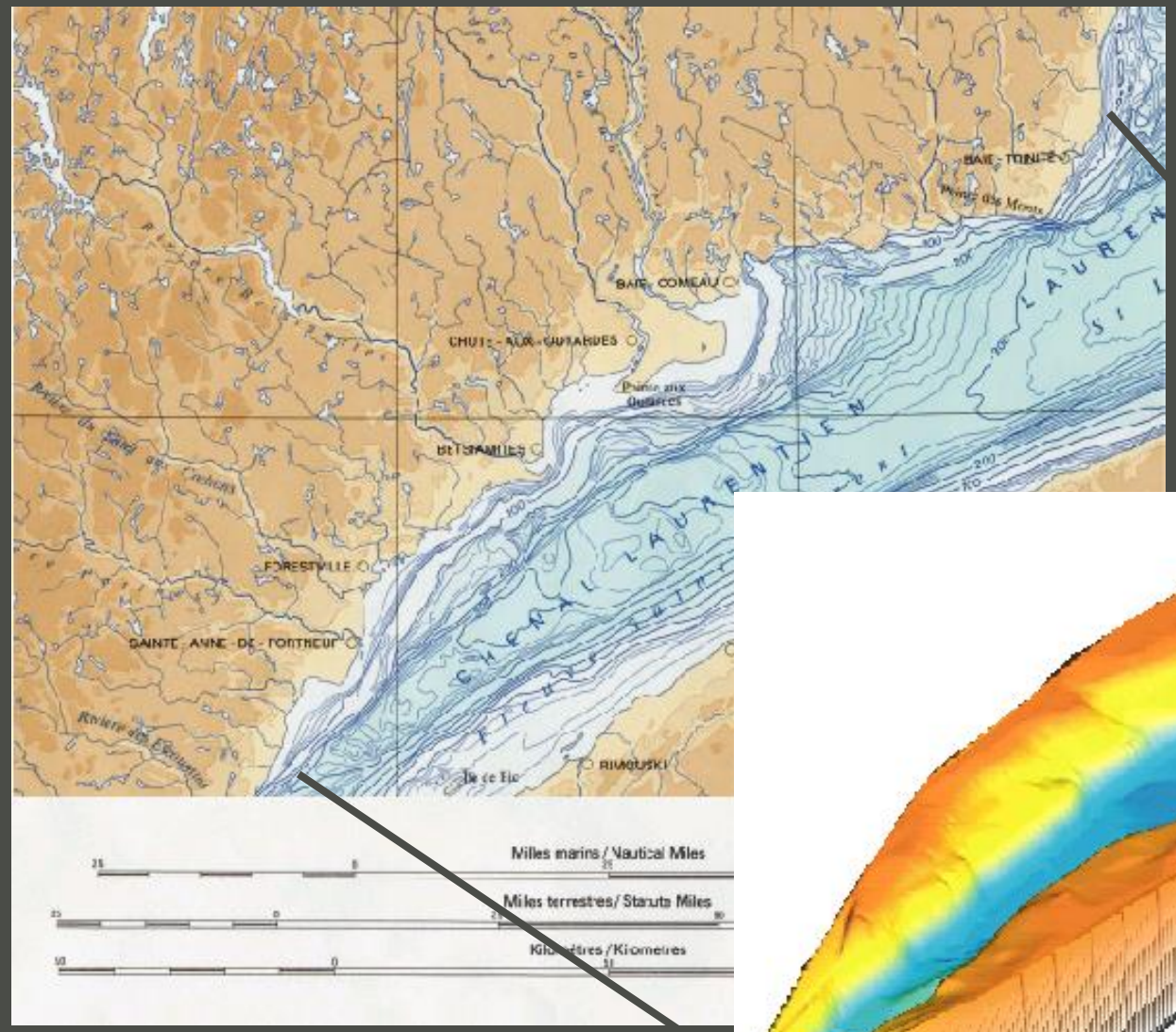
Effets néfastes de mesures structurelles

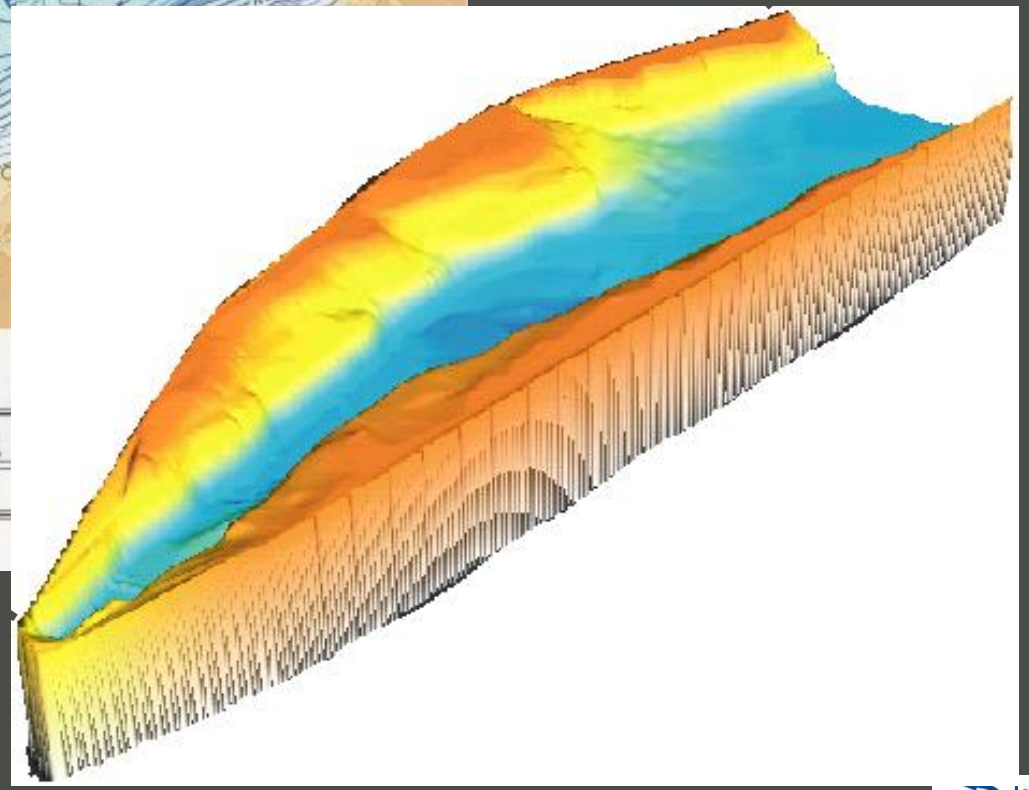
- disparition de la plage devant les murs
- amplification de la submersion
- érosion accélérée

« effet de bout »



C. Fraser





Évacuation des sédiments
vers le chenal Laurentien

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

Déficit sédimentaire grandissant

Dans la municipalité de L'Islet, environ le 1/3 de la longueur de la côte est artificielle

Suggestion?: Largeur de la plage à surveiller

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

Les écosystèmes côtiers et leur importance

- 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

Route Verte à La Pocatière

Pêche à l'anguille

Zone tampon à L'Islet

Hibou des marais

- **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

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

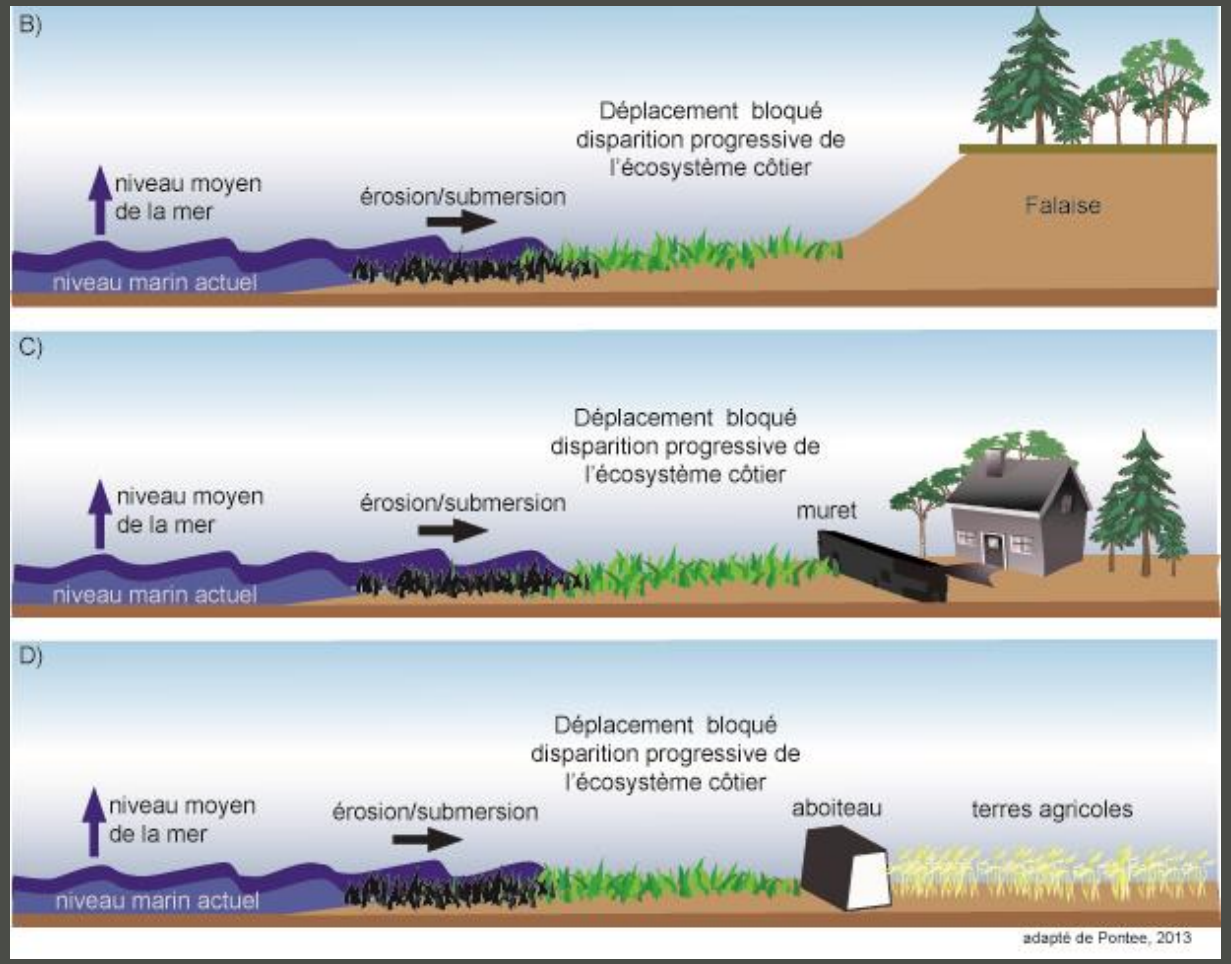
Enjeux écologiques : ajustement des écosystèmes côtiers à la hausse du niveau marin relatif

Phénomène naturel

isparition progressive des osystèmes en présence de contraintes

Conséquence humaine

; des écosystèmes côtiers bles ont un potentiel de ration inférieur à 5 m



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

Les habitats côtiers ont un rôle de protection côtière

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

Quelles solutions peuvent être adoptées face aux risques côtiers ?

Décision politique
Décision d'un particulier
Consensus citoyen

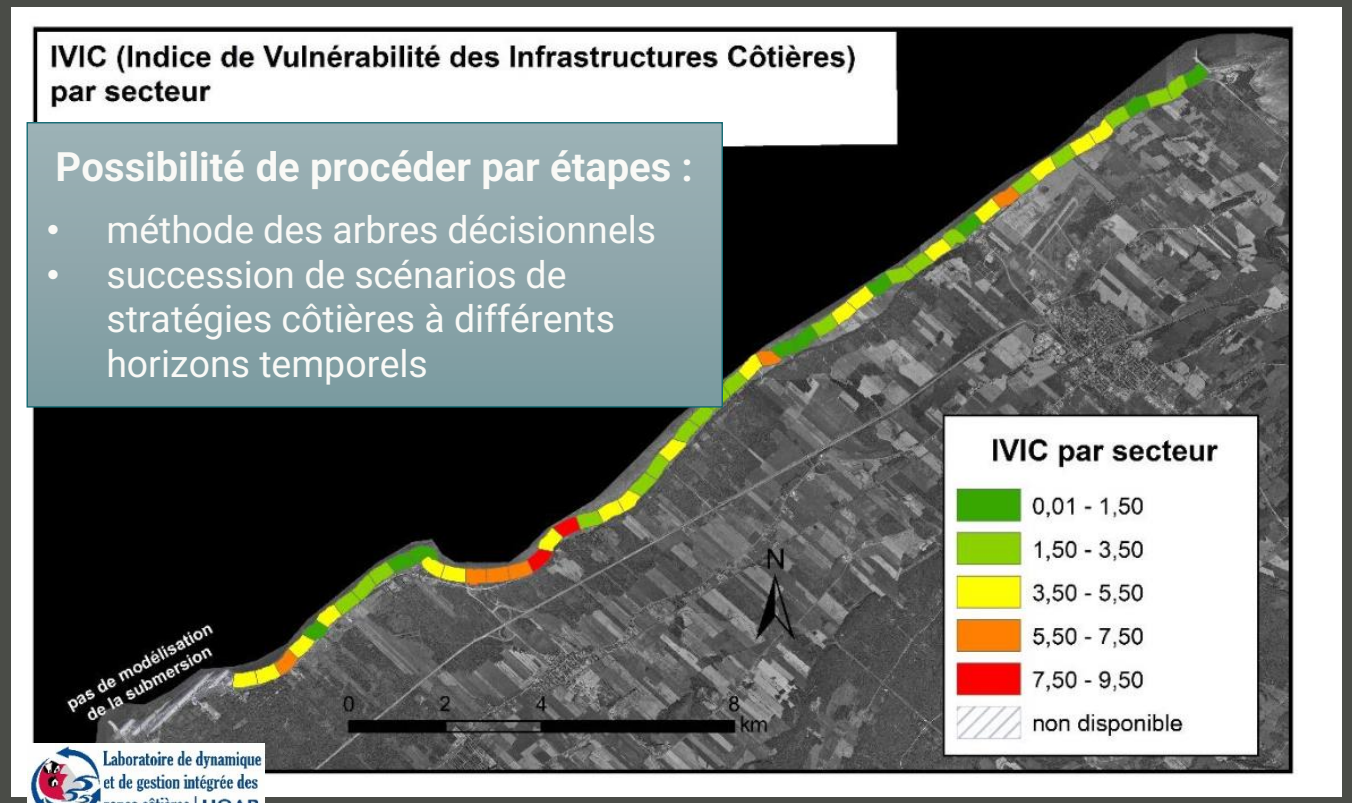
Analyse de vulnérabilité
Analyse multicritères
Analyses coût-avantage

CHOIX

Se protéger

S'adapter

Partir



Exemple d'analyse de vulnérabilité par le biais d'un indice intégrant l'exposition à l'érosion et à la submersion côtières, ainsi que les infrastructures côtières par secteur (Drejza *et al.*, 2018)

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

Quelles solutions peuvent être adoptées face aux risques côtiers ?

Décision politique
Décision d'un particulier
Consensus citoyen

Analyse de vulnérabilité
Analyse multicritères
Analyses coût-avantage

CHOIX

Se protéger

S'adapter

Partir

- **Protections structurelles** : mur, enrochement, épis, brise-lame, drainage de falaise…
- Protections non structurelles : recharge, végétalisation, mesures anti-piétinement…

Exemple de maladaptation à Sainte-Flavie

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

Quelles solutions peuvent être adoptées face aux risques côtiers ?

Décision politique
Décision d'un particuli
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…

S'adapter

Partir

Production de zostère marine pour implantation dans la baie de Mitis

Comité ZIP – SE

Exemple de restauration du milieu (plantation d'élymes des sables) et rechargement de plage à Sainte-Flavie

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

Quelles solutions peuvent être adoptées face aux risques côtiers ?

Décision politique
Décision d'un particulier
Consensus citoyen

Analyse de vulnérabilité
Analyse multicritères
Analyses coût-avantage

CHOIX

Se protéger

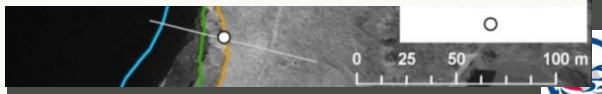
- Protections structurelles : mur, enrochement, épis, brise-lame, drainage de falaise…
- Protections non structurelles : recharge, végétalisation, mesures anti-piétinement…
- Remblai (avancée)

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

Maison surélevée avec système basculable de protection contre les tempêtes installé depuis à la pointe Santerre (Bic)



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

Exemple d'un quartier à Romorantin (Val de Loire, France) conçu en 2011 en zone inondable de façon à être résiliente face aux inondations fluviales

- Canalisation et ralentissement du flot, bassin de rétention
- Trottoirs et des passages surélevés, terrasses accessibles par les bateaux des pompiers
- Sécuritaire jusqu'à une cote supérieure de 30 cm à la cote de la crue centennale
- Inondation progressive laissant le temps aux habitants d'évacuer au-delà de cette cote (comme en 2016)
- Aucun dégât aux infrastructures ou arbres, aucune surface habitable inondée, inondation repartie en 24 heures

Quelles solutions peuvent être adoptées 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

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

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

Informations disponibles au LDGIZC

- Types de côte et l’état de la côte
- Type et état de l’artificialité
- Écosystèmes côtiers
- Suivi des bornes d’érosion (évolution récente de la côte)
- Usages et activités en zone côtière
- Exposition des infrastructures à l’érosion (recul événementiel)
- Imagerie oblique héliportée 2010, 2017, 2021

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

Informations manquantes

- Dynamique hydrosédimentaire et sources sédimentaires
- Instrumentations pour connaitre les niveaux d'eau (marégraphe et pression de l'eau estuaire et nappe phréatique (AWAC et RBR) Exemple de Pessamit
- Évolution historique de la côte
- Marge de sécurité en érosion côtière (à venir dans env. 2 ans, projet avec le MSP)

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

Pour en connaitre plus sur les projets et les données du LDGIZC

https://ldgizc.uqar.ca/Web/ressources-documentation#multimedia

Exemple: https://www.youtube.com/channel/UCHMBEiW4SG-krsmISBdmIjw
capsule 7 Modélisation de la zone côtière (submersion)

Accès au SIGEC (Système intégré de gestion de l'environnement côtier) https://sigec.uqar.ca/Portal/carto/view?language=fr&page=mapGallery

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

MERCI pour votre attention et participation!

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