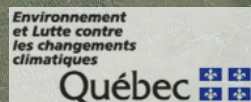


Programme de suivi de sites exposés aux aléas d'érosion  
des berges dans le Saint-Laurent fluvial :  
Enjeux, méthodologie et résultats préliminaires pour la  
TCR du lac Saint-Pierre

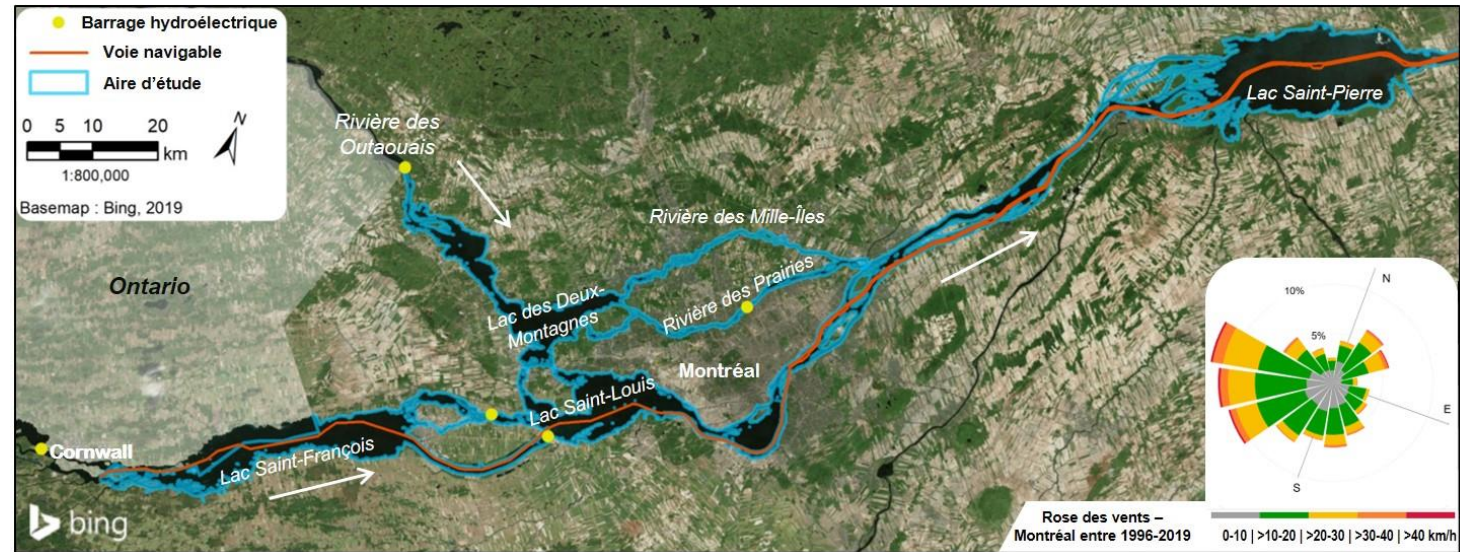
Projet du volet fluvial de la mesure 2.6 du PACC 2013-2020 :  
« Soutien aux municipalités situées le long du Saint-Laurent  
confrontées aux aléas d'inondation et d'érosion »

17 février 2022



# Les aléas d'érosion dans le Saint-Laurent fluvial

- Le système fluvial du Saint-Laurent = **axe socio-économique majeur** avec un important cadre bâti riverain et des écosystèmes sensibles;
- Les **pressions humaines** (aménagements de navigation, structures de protection, etc.) accrues sur les berges ont grandement modifié la dynamique hydrosédimentaire naturelle;
- Récentes inondations et tempêtes ont confirmé la nécessité d'intégrer **l'exposition des berges** aux aléas d'érosion dans les stratégies d'aménagement du territoire;
- Les municipalités ont actuellement besoin **d'outils d'aide à la décision** pour faire face à des processus complexes, où les connaissances scientifiques sont insuffisantes;



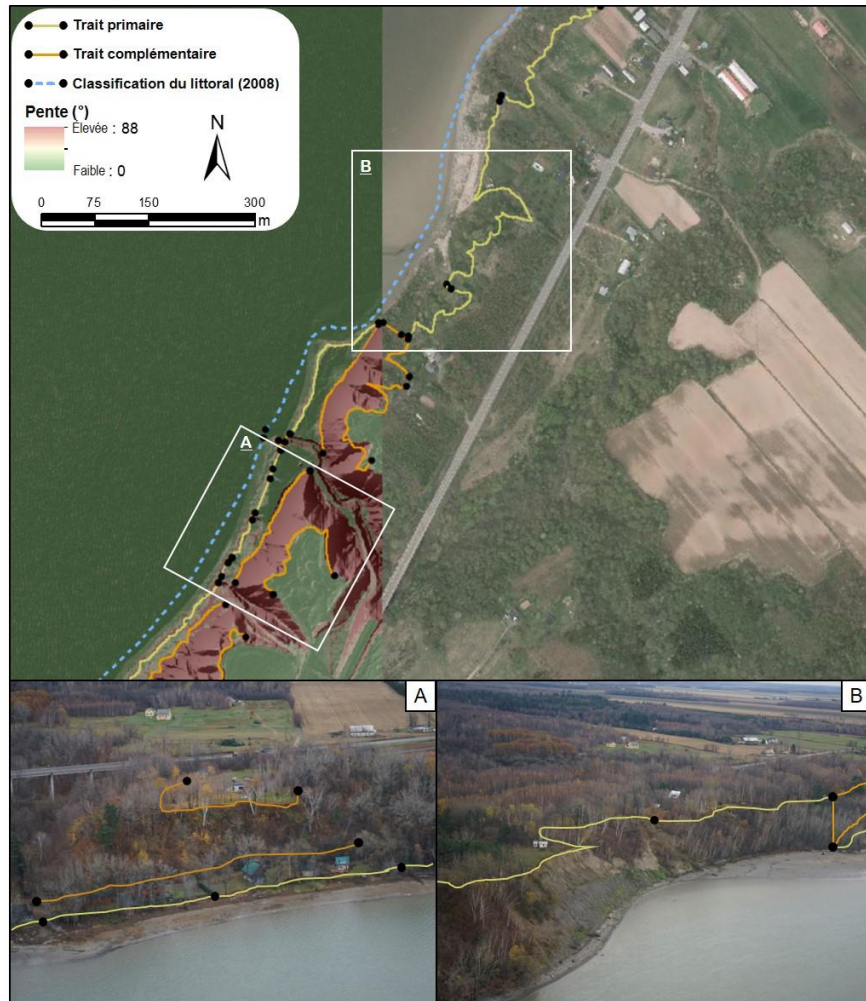
# Les aléas d'érosion dans le Saint-Laurent fluvial

- Pourcentage élevé du processus décisionnel pour la gestion de l'érosion est basé sur des **considérations économiques**, une **approche au cas par cas** et les **craintes** des parties prenantes;
- Avec les **incertitudes climatiques** en cours et à venir, la remise en question de la gestion actuelle devient encore plus importante afin de maintenir la **résilience des milieux riverains** (habités ou non) et de limiter les **coûts financiers des géorisques**;
- Pour réduire les **vulnérabilités biophysiques et socio-économiques**, le développement de **connaissances scientifiques** à l'aide de **bases de données géospatiales** à haute résolution sur l'évolution des berges devient essentiel, car elles permettent d'établir un **cadre de travail** facilement accessible par les intervenants du milieu.

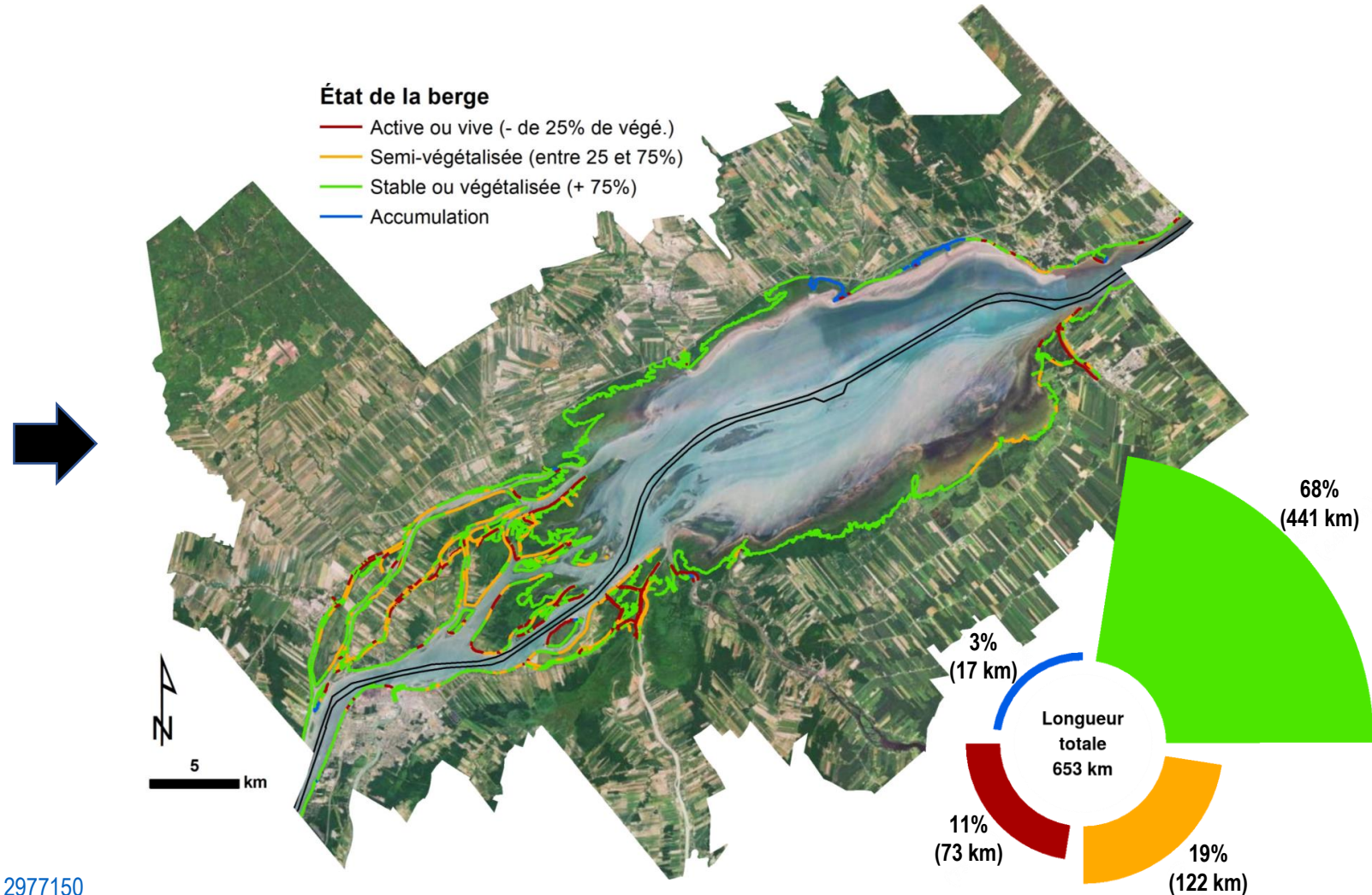


# Caractérisation des berges – Outil géospatial\*

## Téledétection et approche participative avec les TCR



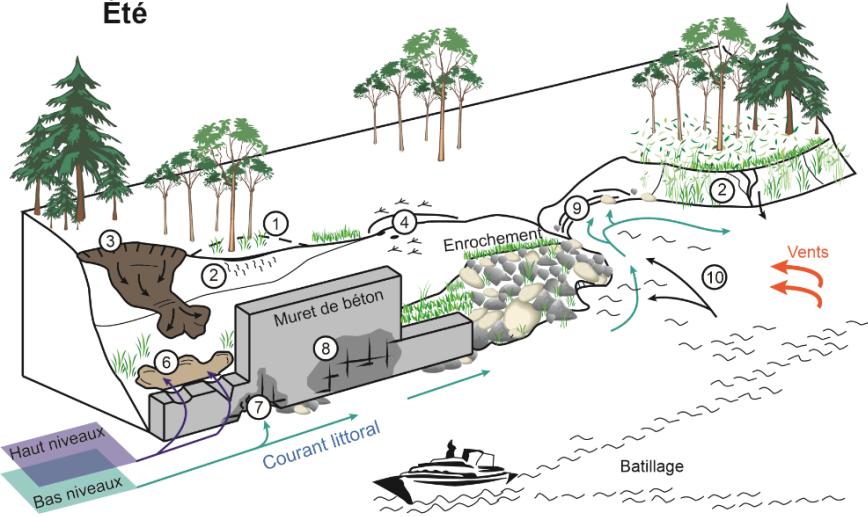
## Répartition spatiale de l'érosion dans la TCR du lac Saint-Pierre



\*Lien d'accès : <https://catalogue.ogsl.ca/fr/dataset/448d2828-d249-4d77-ad68-563512977150>

# Caractérisation des berges – Développement de connaissances scientifiques

Été



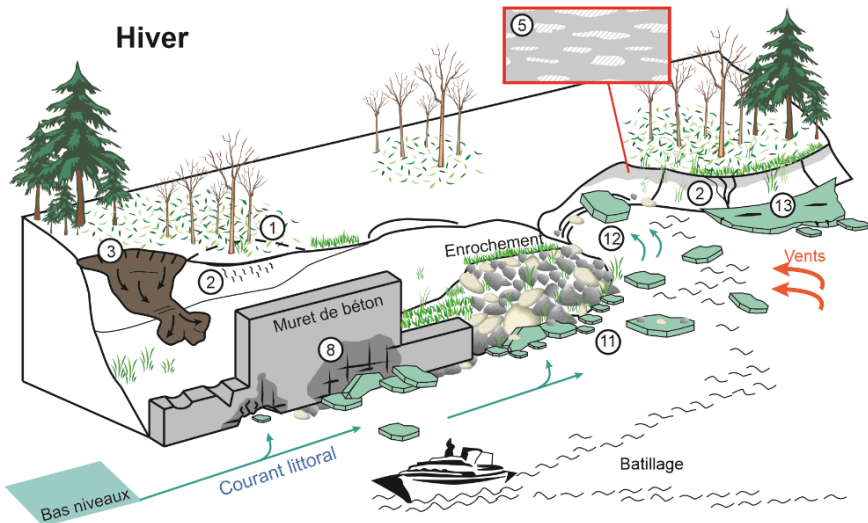
## Processus terrestres

- ① Dessiccation et fissures
- ② Suintement, ruissellement et fonte
- ③ Mouvements gravitaires
- ④ Érosion causée par la faune (piétinement, picorage, nidification)
- ⑤ Gel/dégel avec glace de ségrégation

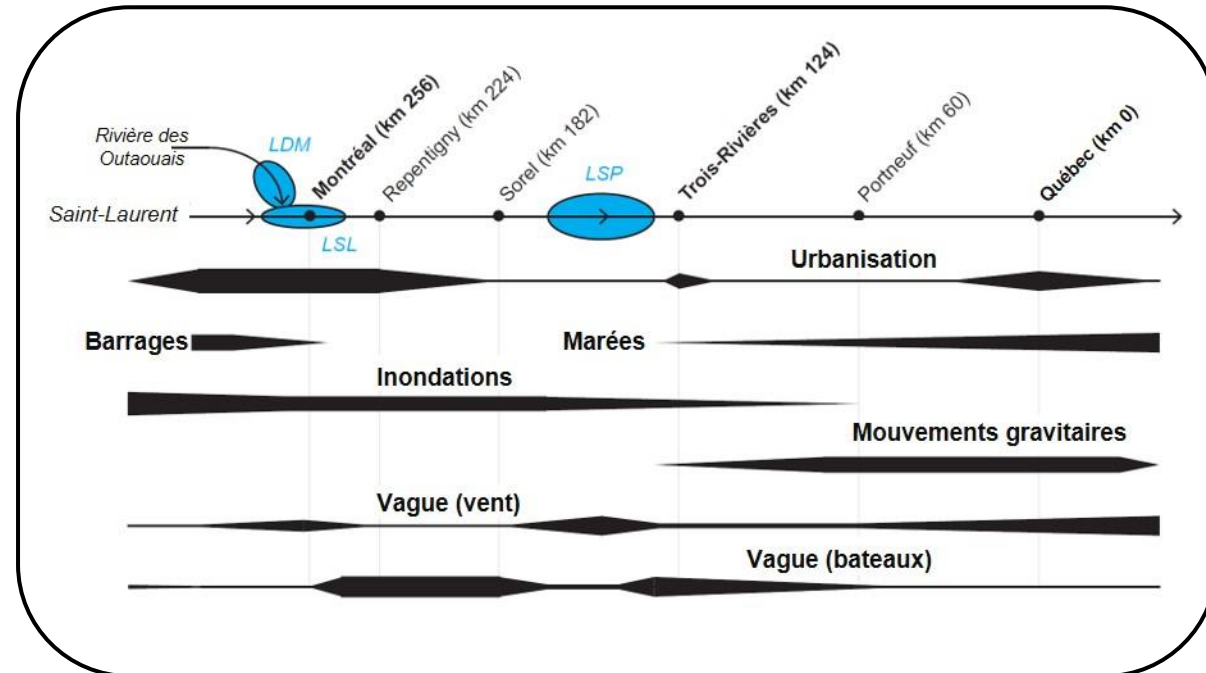
## Processus fluviaux

- ⑥ Érosion par surverse (crues)
- ⑦ Érosion par affouillement
- ⑧ Dégradation des structures par courants, vagues ou la glace
- ⑨ Érosion causée par structures artificielles voisines (Effet de bout)
- ⑩ Érosion par des vagues venant du batillage ou du vent
- ⑪ Radeaux de glace transportant des sédiments riverains
- ⑫ Poussée glacielle
- ⑬ Pied de glace protégeant la berge

Hiver



## Le moment et l'intensité des mécanismes d'érosion varient spatialement le long du tronçon fluvial



Traduit de Bernier *et al.*, 2021

## Assessing bank erosion hazards along large rivers in the Anthropocene: a geospatial framework from the St. Lawrence fluvial system

Jean-François Bernier, Léo Chassiot and Patrick Lajeunesse

Département de Géographie, Université Laval, Québec, QC, Canada

### ABSTRACT

Over the past decades, riparian land-use changes coupled to the multiplication of river infrastructures have enhanced vulnerability issues for societies and ecosystems located along large rivers. Exposure to geohazards is also changing due to the ongoing climate change, underlining the need for flexible management strategies for riparian environments. In this perspective, GIS-based mapping allows integrating a wide range of environmental data. However, such datasets are often incomplete and not homogeneous over large geographical scales, which can be problematic for the implementation of regional land-use planning strategies. Using the St. Lawrence fluvial system (SLFS) (Québec, Canada) as a case study, this article reports and describes a high-resolution approach to map position, characteristics and erosion susceptibility of natural and artificial riverbanks from a combination of field-based, remote sensing and local knowledge-derived data. This approach allowed identifying erosion-prone sites and highlighting dominant erosion processes and spatially constrain them along the SLFS. The proposed geospatial framework constitutes (1) an initial portrait of the riverscape that will allow an effective implementation of future monitoring and process-based studies; and (2) a first step in supporting land-use planning stakeholders in the selection of appropriate measures to ensure a greater resilience of riparian communities and ecosystems.

### ARTICLE HISTORY

Received 23 February 2021  
Accepted 20 May 2021

### KEYWORDS

Remote sensing; GIS mapping; hydrogeomorphology; geohazards; cold environments

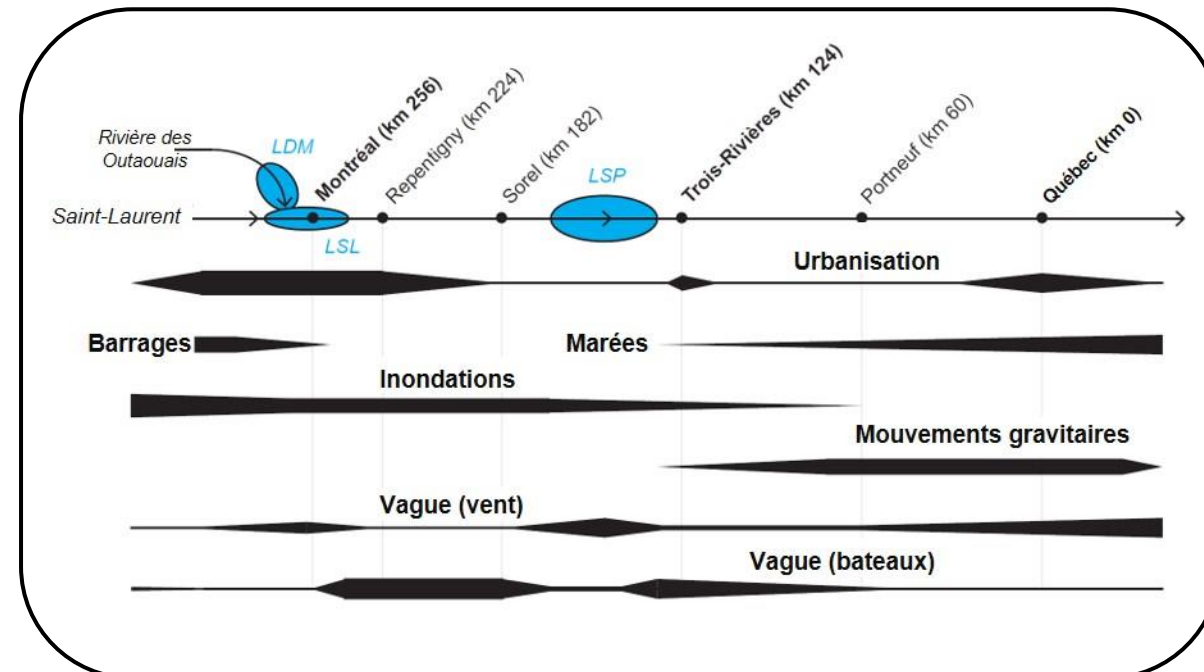
### 1. Introduction

Erosion and flood hazards constitute major concerns for riparian communities located along large river systems. Their associated risks are often significant because lowland areas bordering rivers are generally densely populated economic corridors. Deficient management strategies associated with poor scientific knowledge and non-integrated decision-making approaches increase the exposure and vulnerability of riparian populations and sensitive ecosystems, which may result in severe damages to

CONTACT Jean-François Bernier [jean-francois.bernier@gr.ulaval.ca](mailto:jean-francois.bernier@gr.ulaval.ca)

© 2021 The Author(s). Published by Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group.  
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## Le moment et l'intensité des mécanismes d'érosion varient spatialement le long du tronçon fluvial

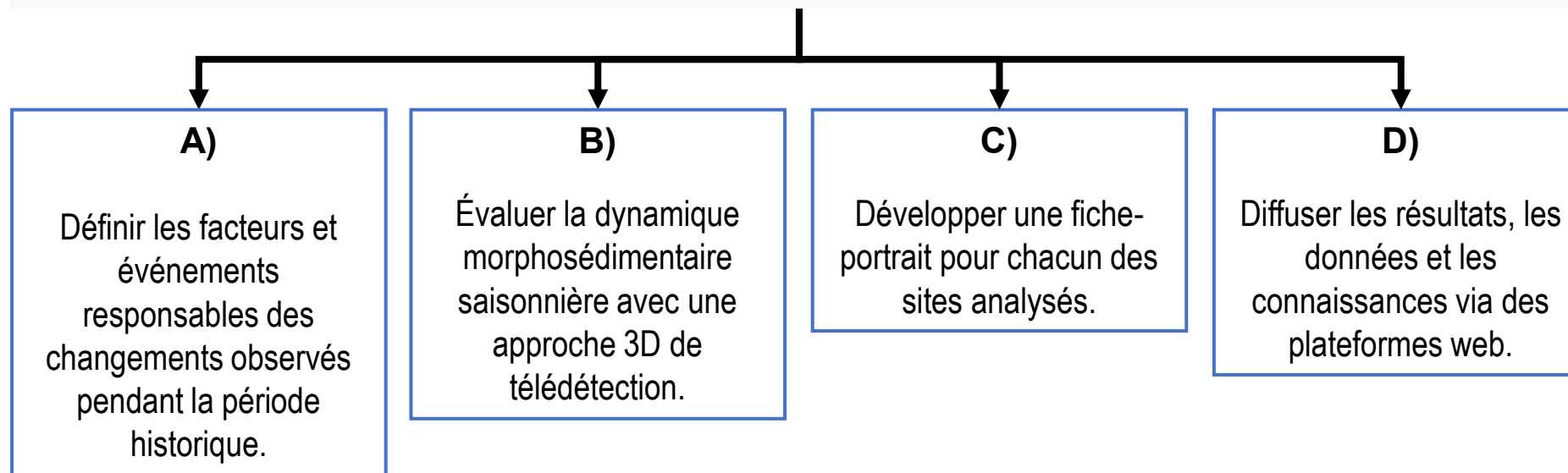


Traduit de Bernier *et al.*, 2021

# Suivi des sites exposés à l'érosion des berges – Objectifs

## Programme de suivi de l'érosion des berges du tronçon fluvial du Saint-Laurent

- Amorcer une analyse de **suivi morphosédimentaire** des berges de huit sites exposés à des aléas d'érosion;
- Poursuivre l'**avancée des connaissances** sur l'état et l'évolution des risques d'érosion en s'appuyant sur des données scientifiques, et ce, dans le but **d'augmenter la résilience** des communautés et des géo-écosystèmes riverains.



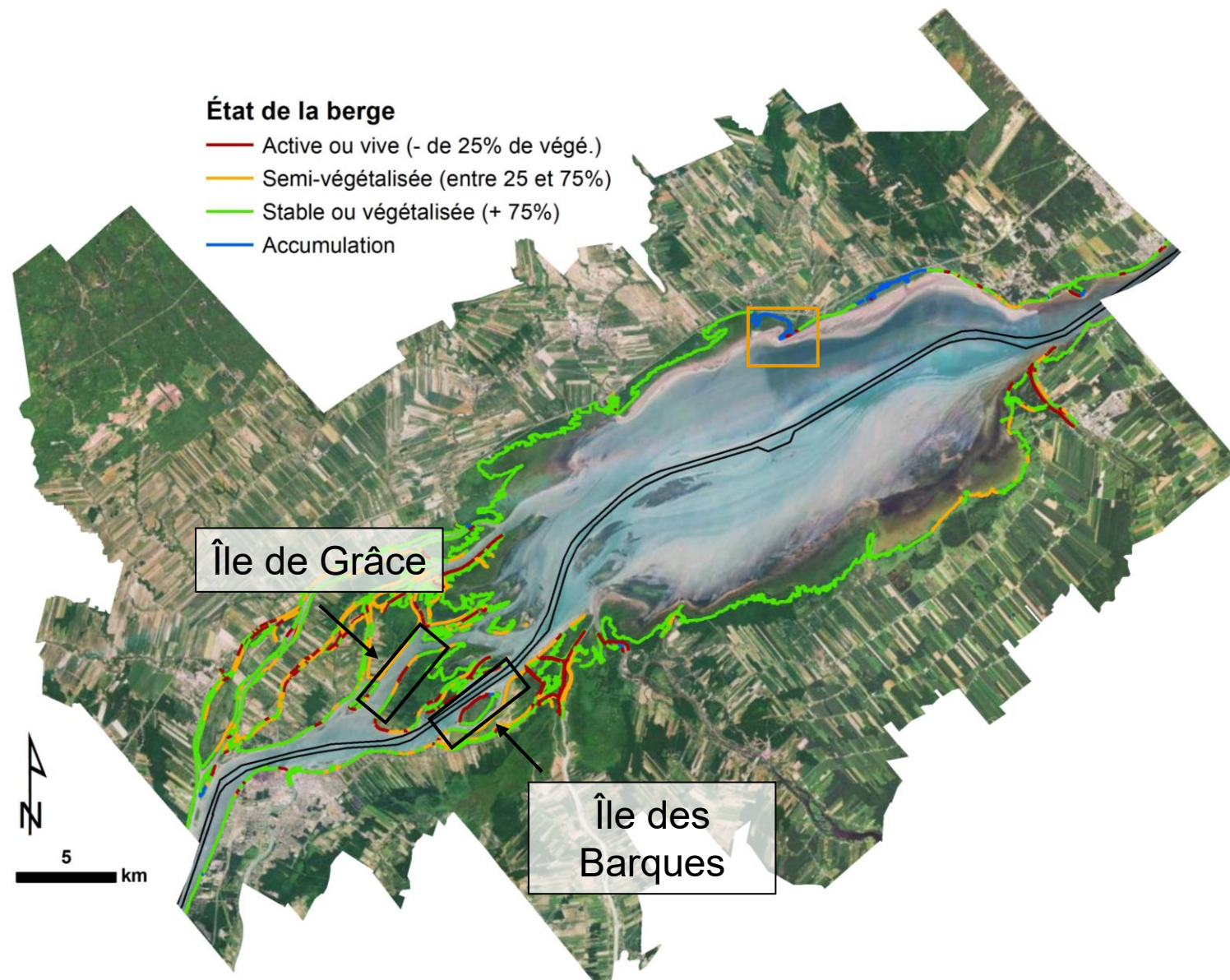
# Suivi des sites – Sites sélectionnés



Mieux comprendre l'impact de l'établissement de la voie navigable sur l'archipel, plus précisément les perturbations engendrées par le découpage, les déviations de courant et la gestion des niveaux d'eau.



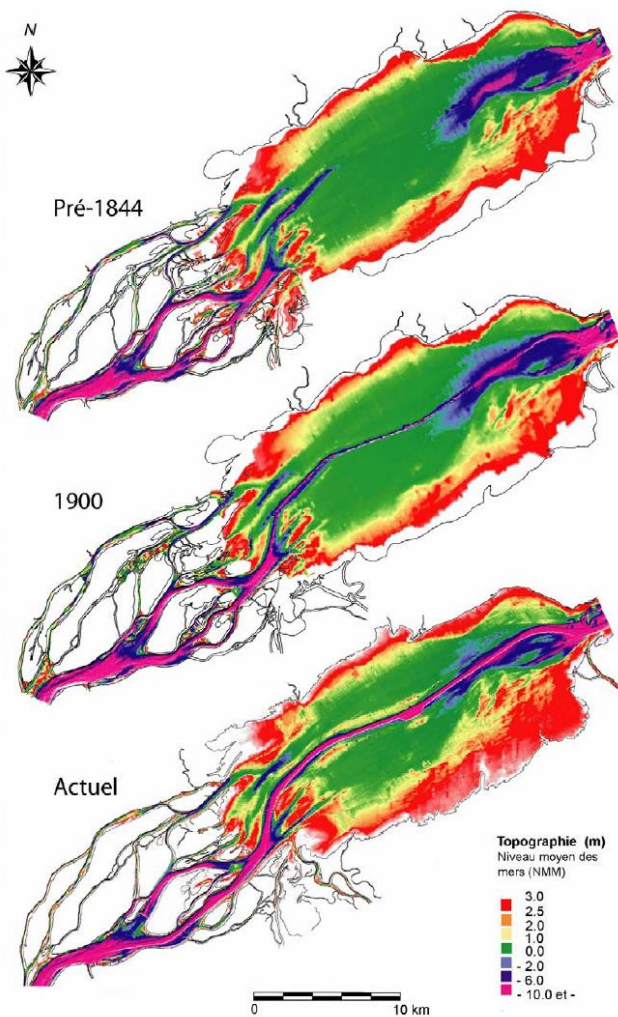
Documenter l'ensablement à l'embouchure pouvant favoriser la formation d'embâcles en raison de l'érosion des terres agricoles dans le bassin versant et la synchronisation des crues entre la rivière et le fleuve.



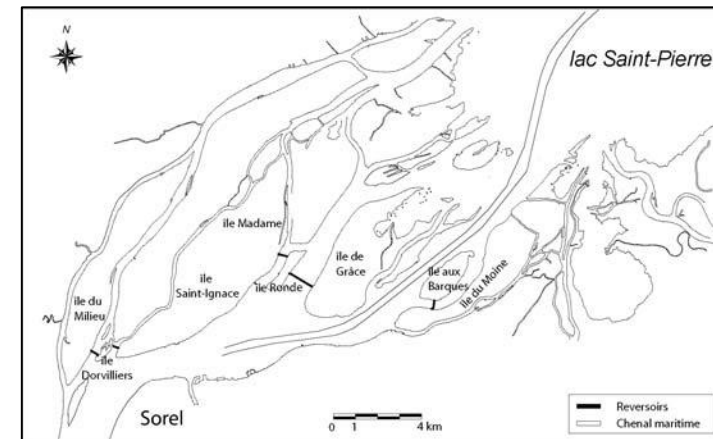


# Suivi des sites – Sites sélectionnés

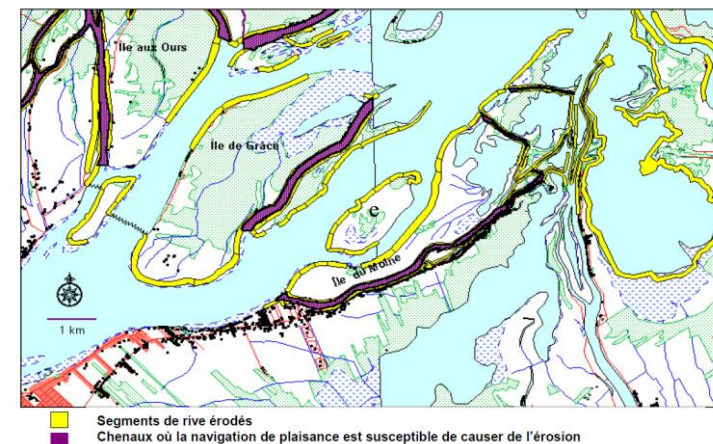
## Le lac Saint-Pierre, une histoire de navigation



Morin et Côté, 2004



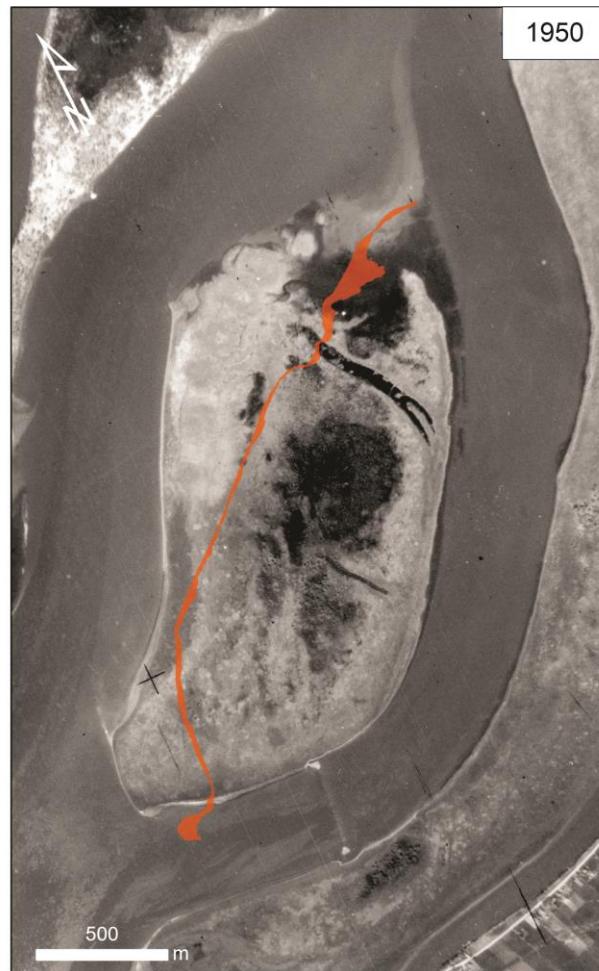
Morin et Côté, 2004



Gariépy et Latraverse, comm. pers.

# Suivi des sites – Sites sélectionnés

## Île des Barques



## Île de Grâce

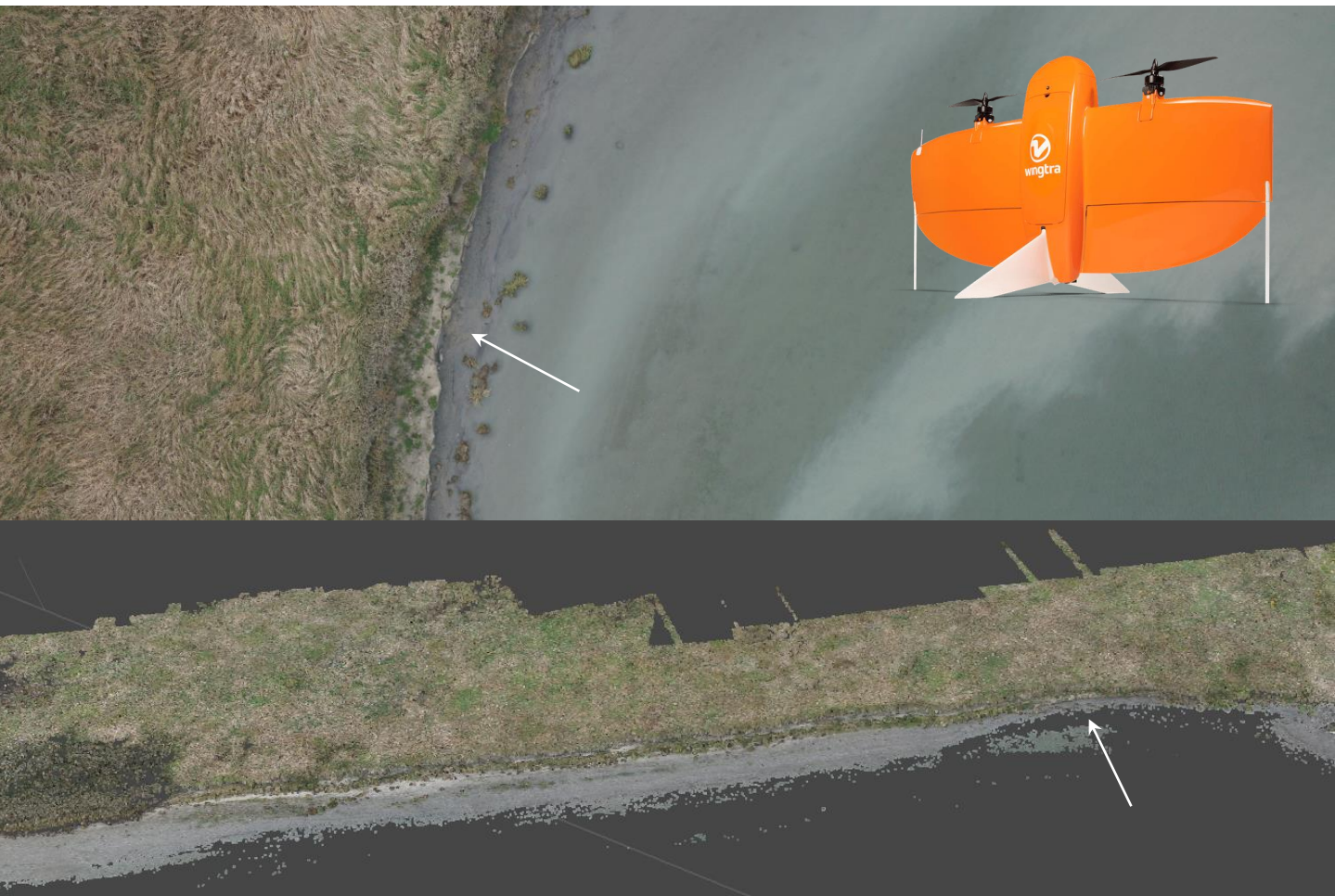


# Suivi des sites – Approche historique et saisonnière

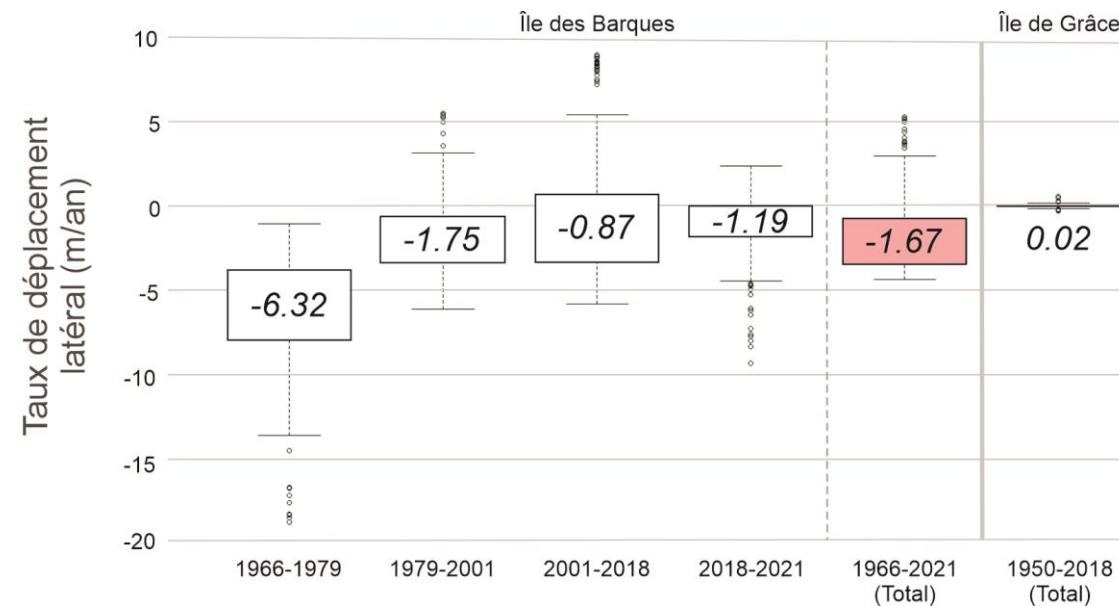
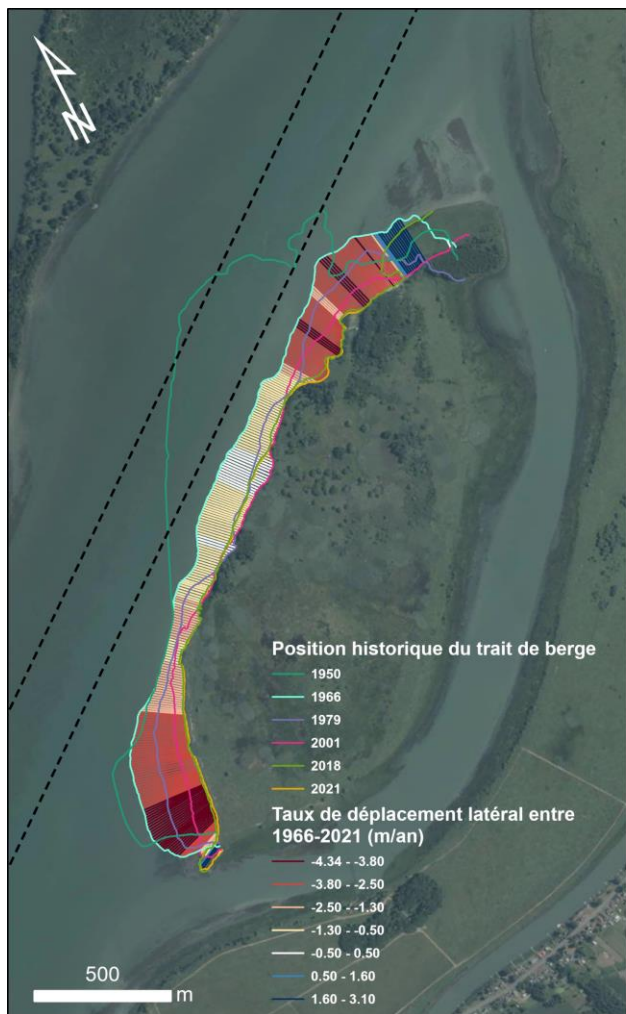
**Calcul du déplacement latéral (2D)  
historique du trait de berge**



**Analyse altimétrique (3D) de la dynamique  
sédimentaire saisonnière**

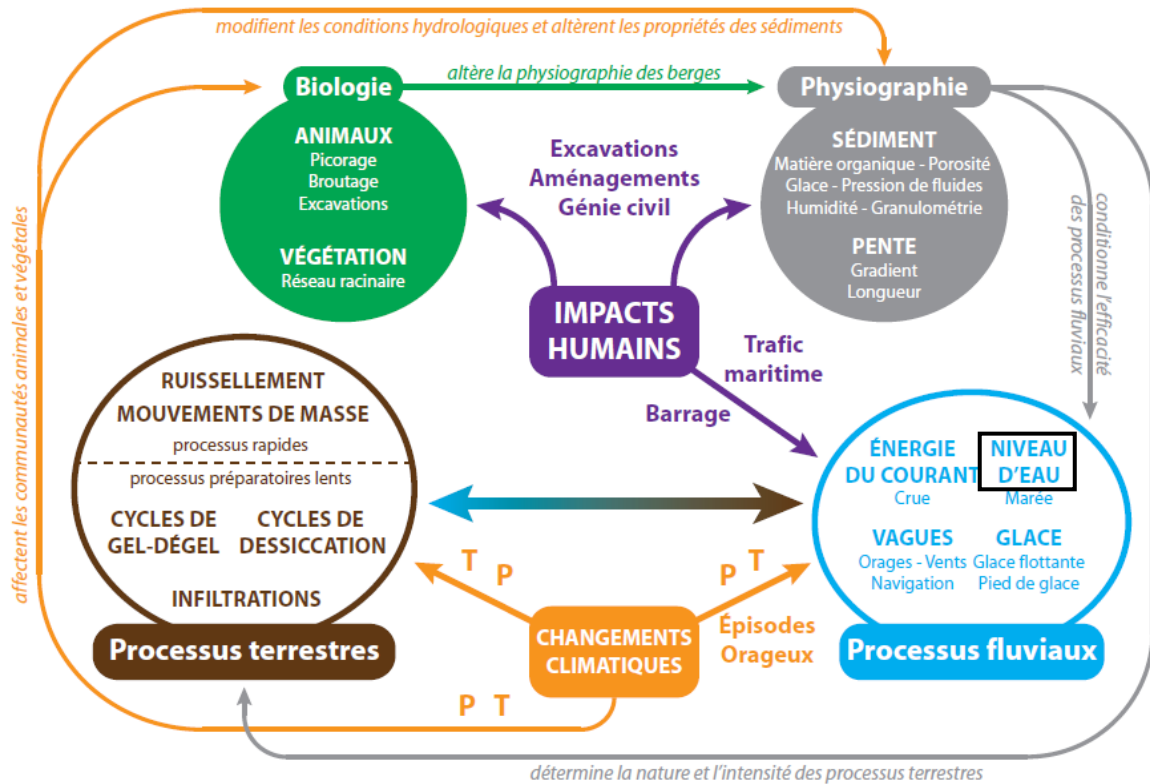


# Suivi des sites – Déplacement latéral des berges

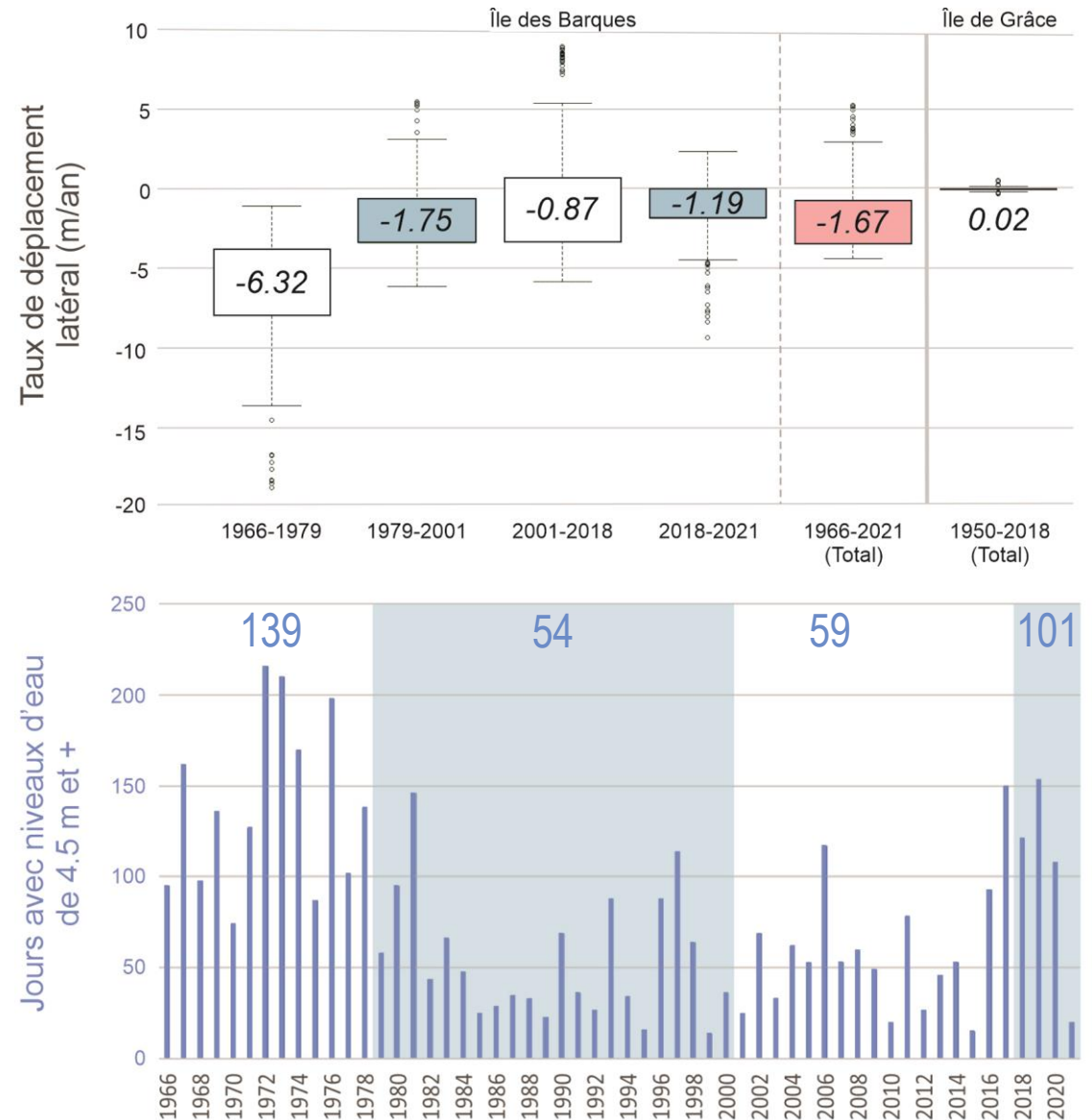


- Diminution du recul après 1979 pour l'Île des Barques;
- Légère hausse du recul entre 2018-2021;
- Taux de recul élevé comparativement à d'autres sites dans le SLF;
- Rive ouest de l'Île de Grâce est stable.

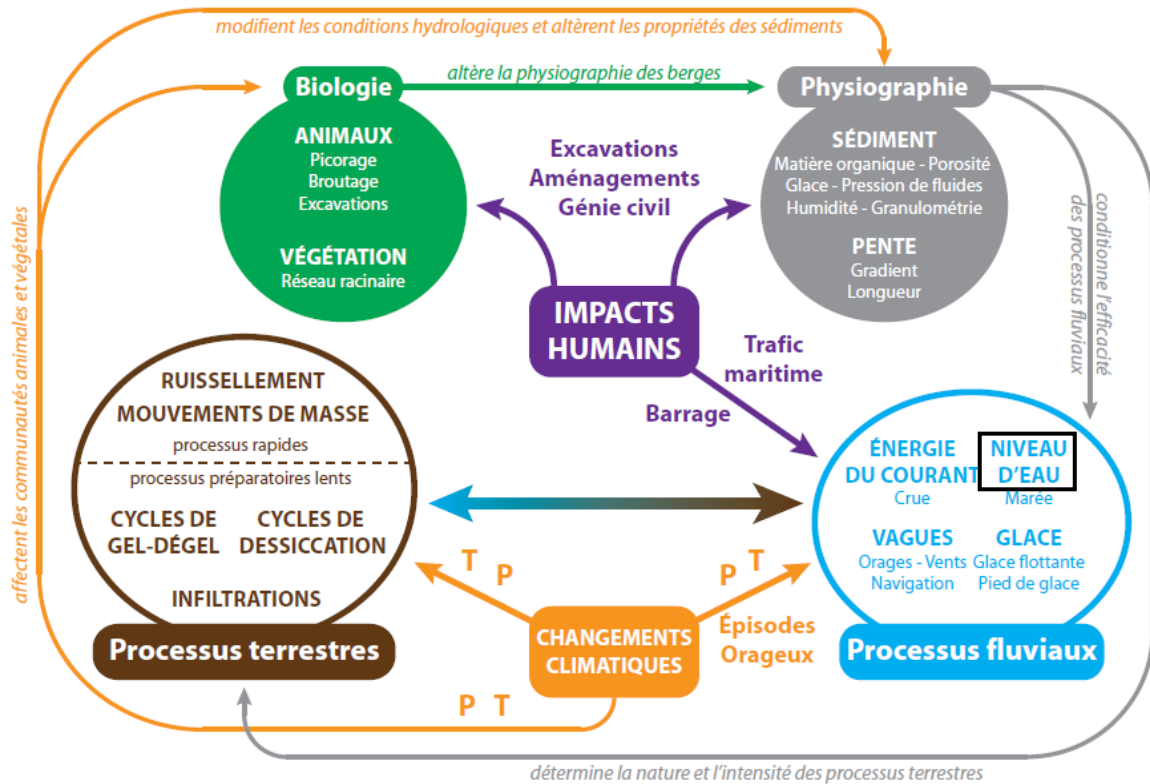
# Suivi des sites – Processus fluviaux



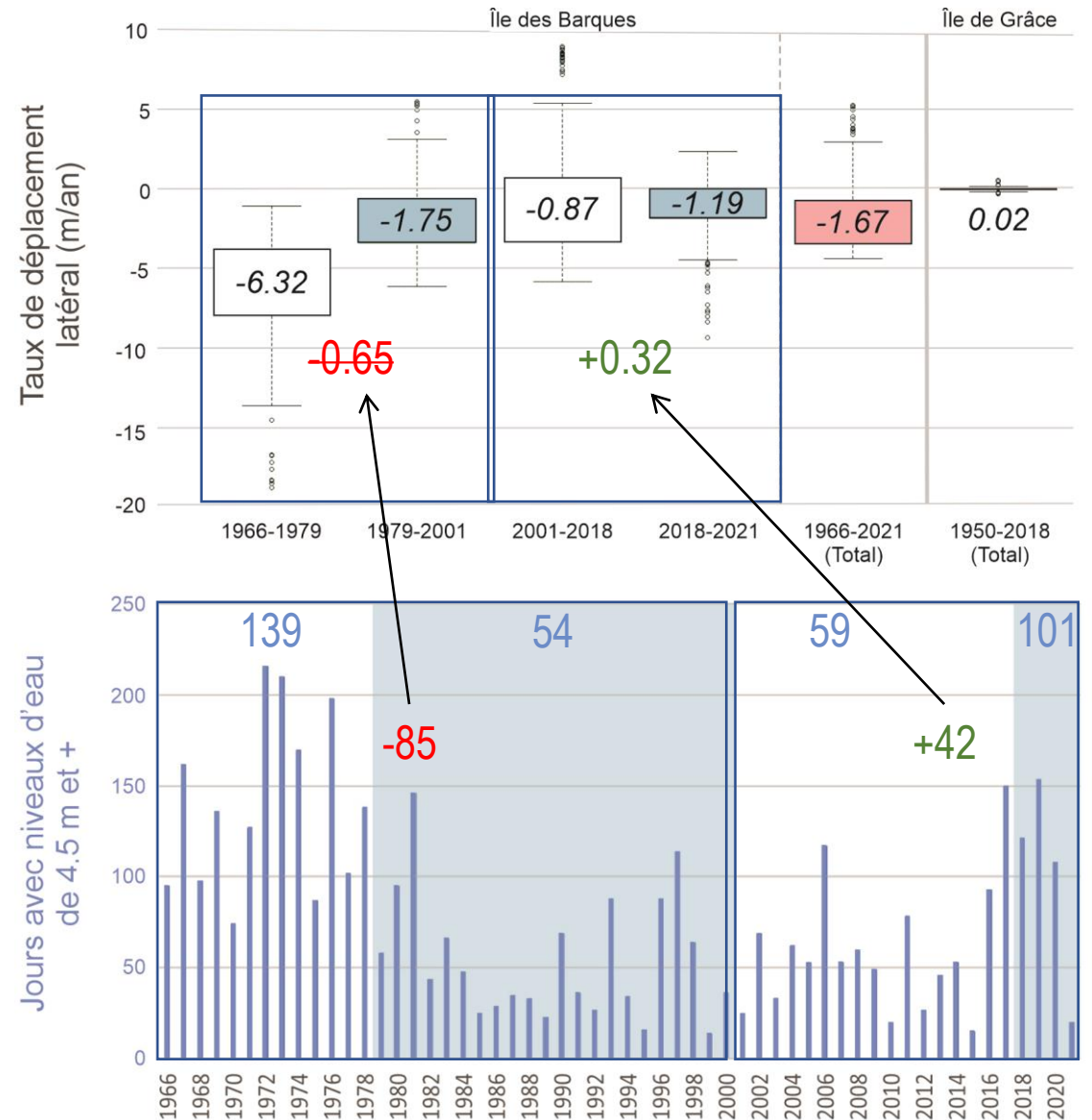
Traduit de Chassiot *et al.*, 2020



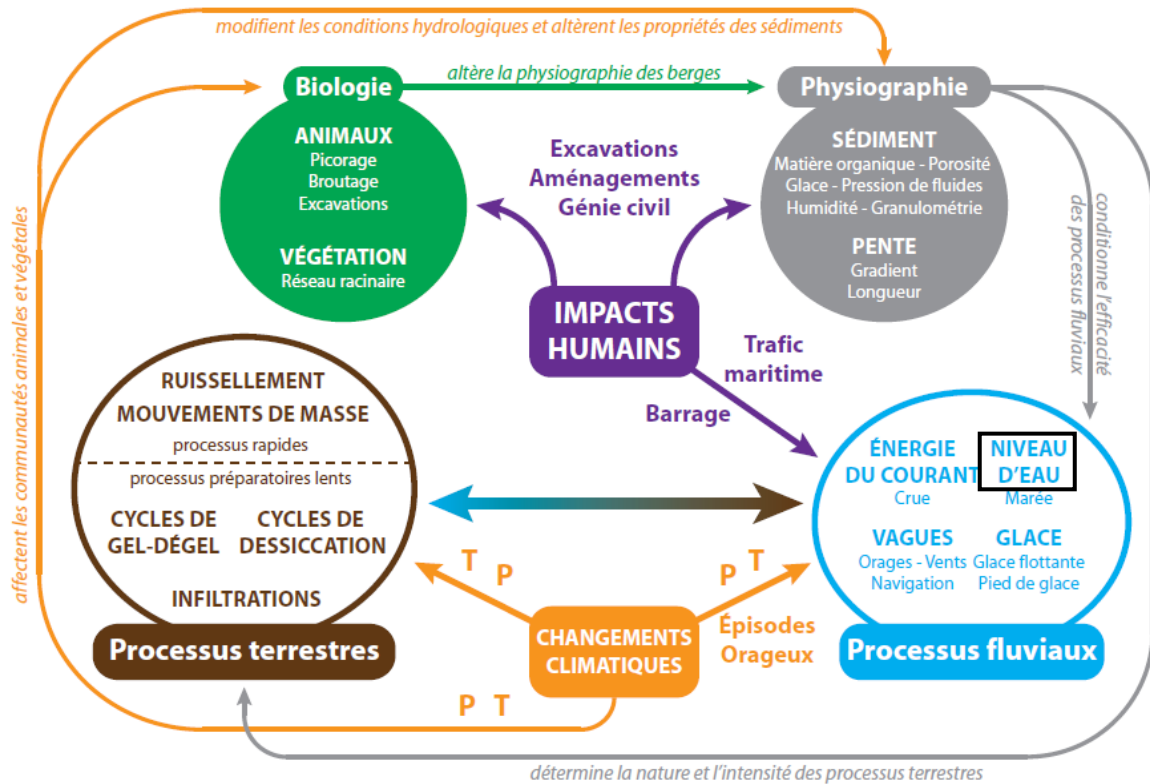
# Suivi des sites – Processus fluviaux



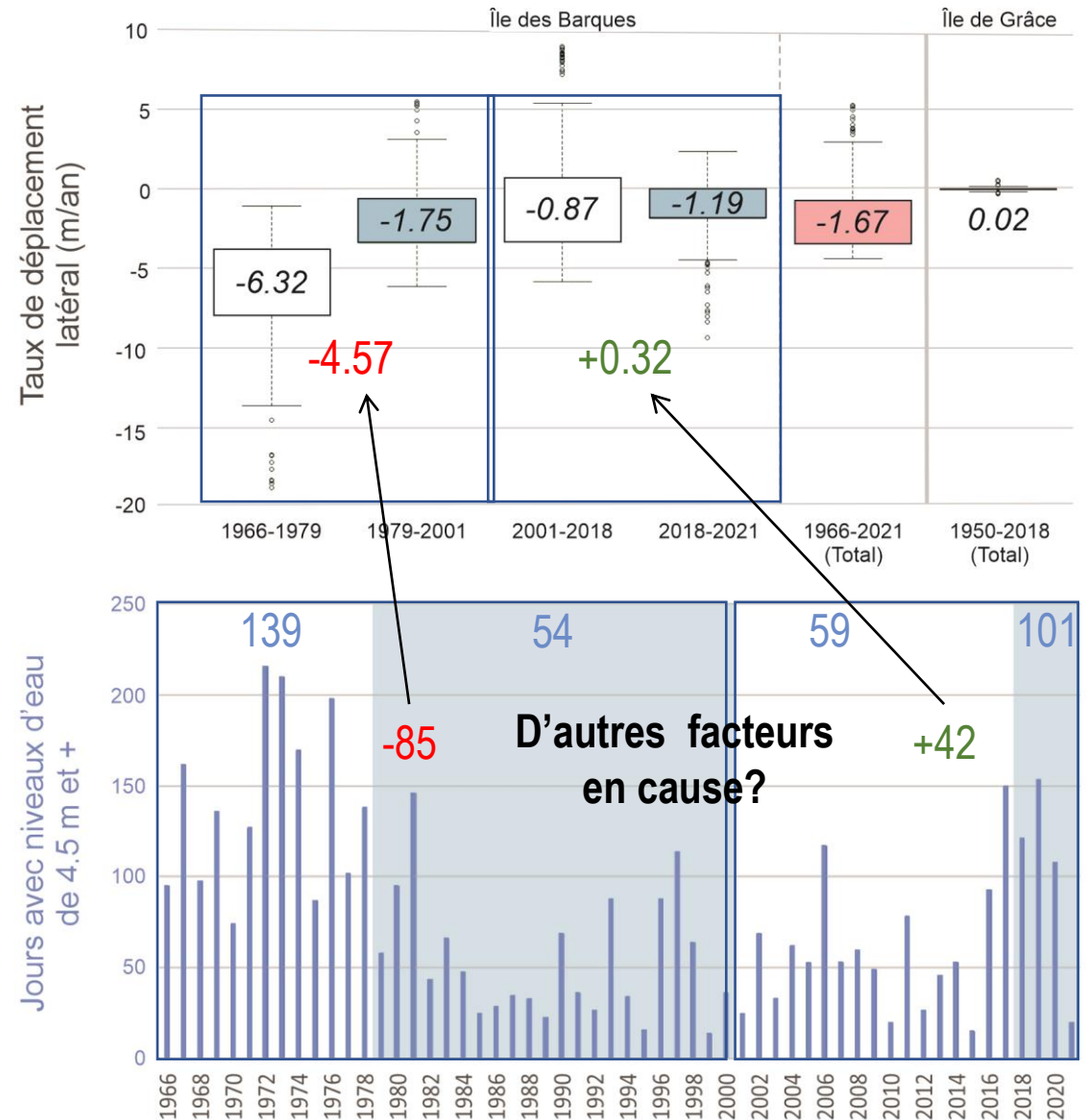
Traduit de Chassiot *et al.*, 2020



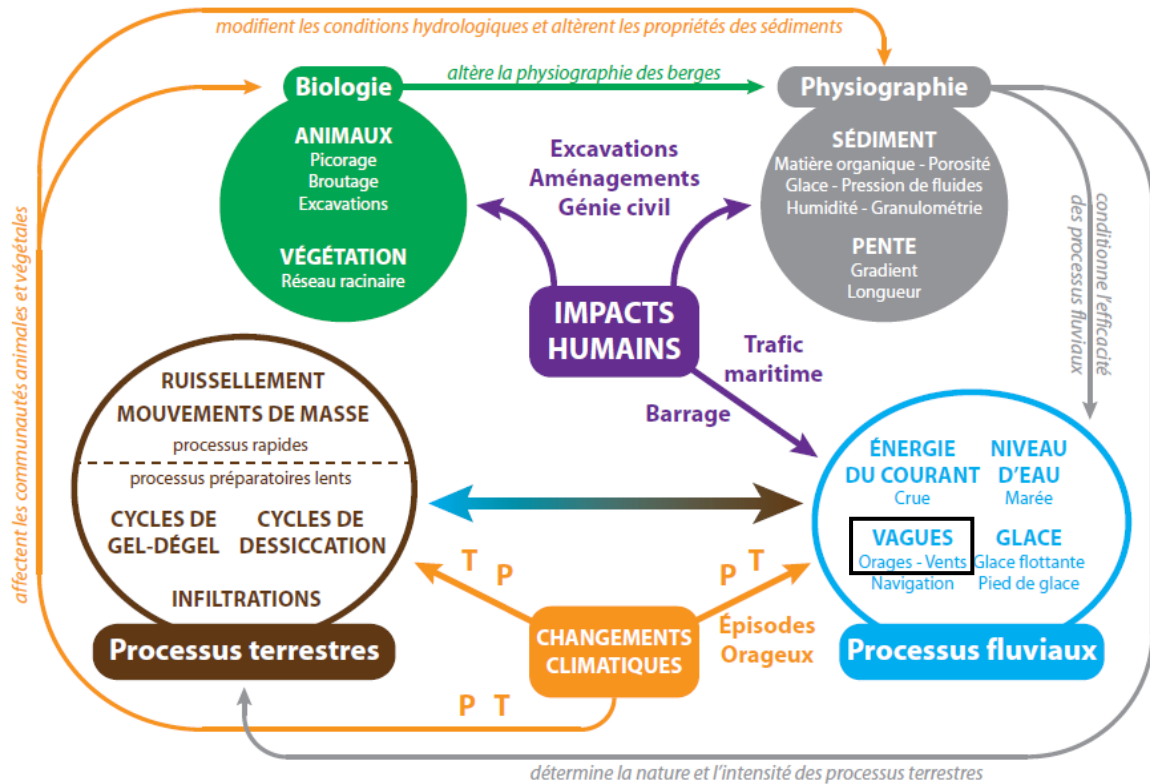
# Suivi des sites – Processus fluviaux



Traduit de Chassiot *et al.*, 2020

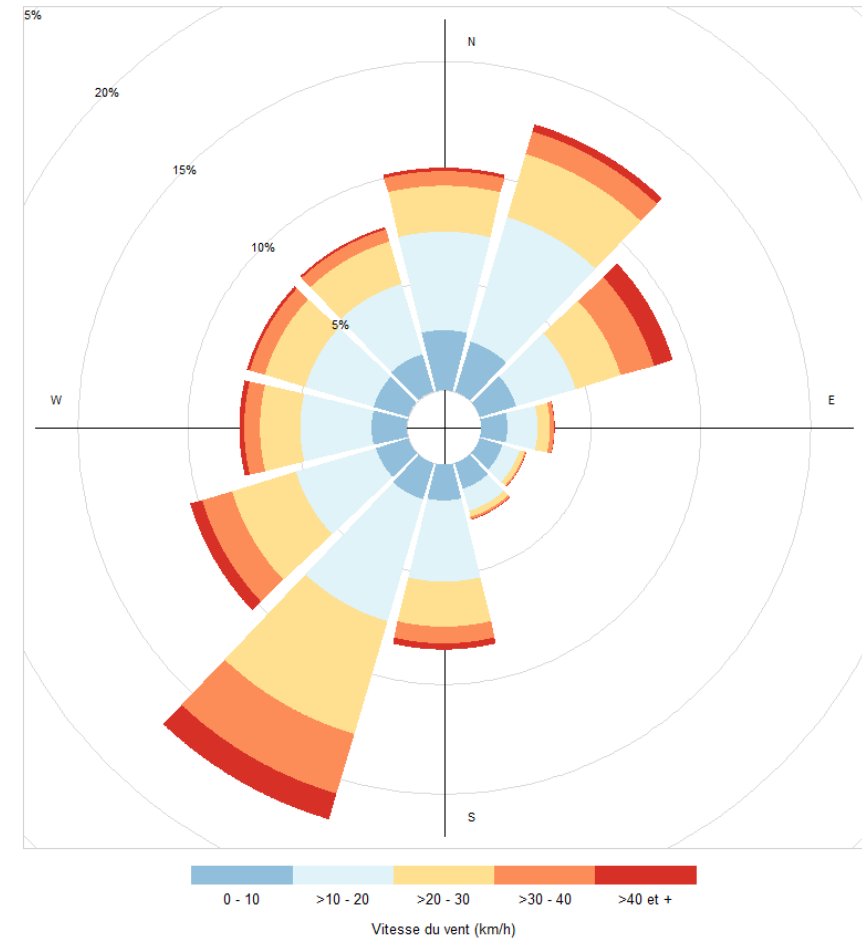


# Suivi des sites – Processus fluviaux



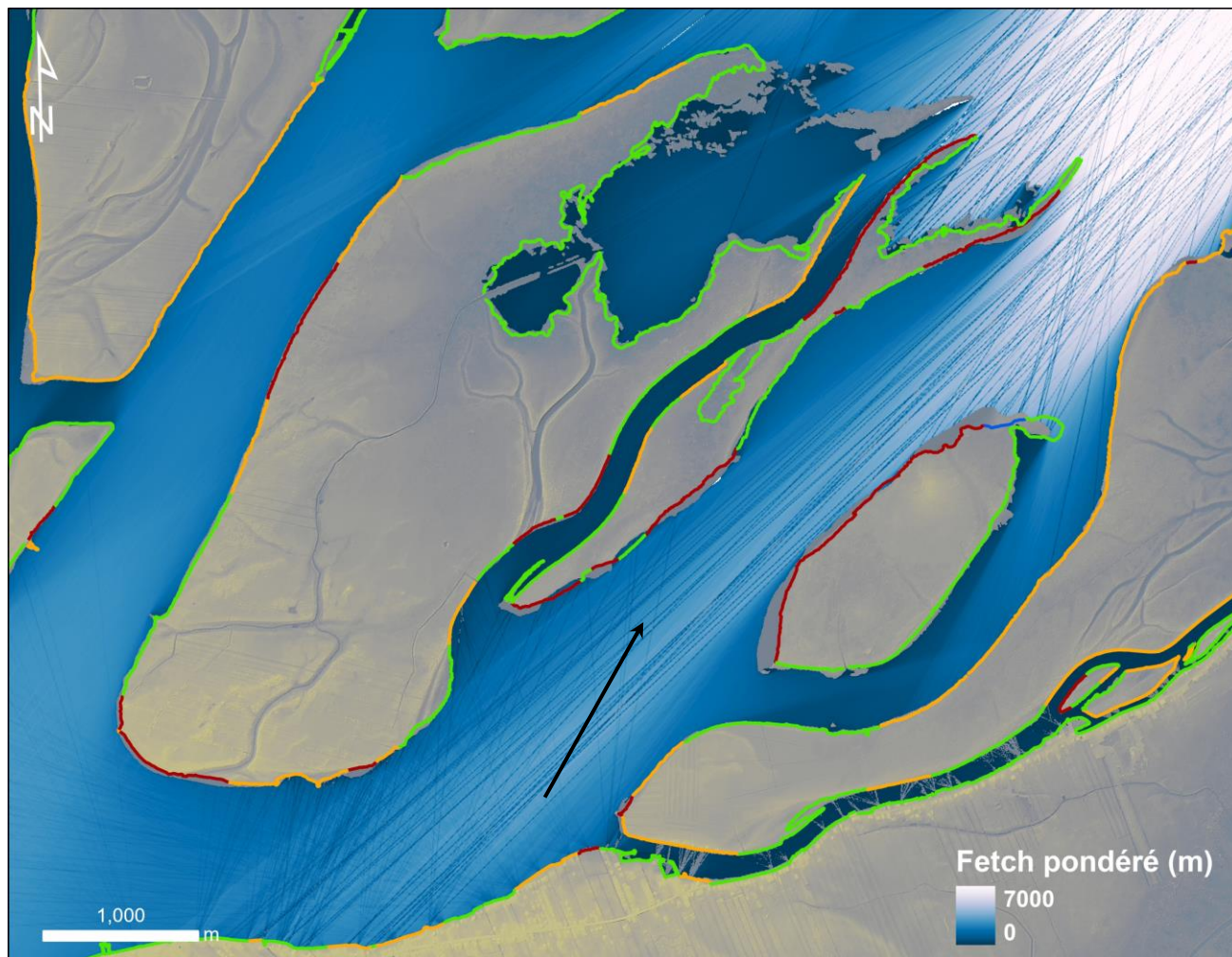
Traduit de Chassiot *et al.*, 2020

## Moyennes horaires entre 1994 et 2021

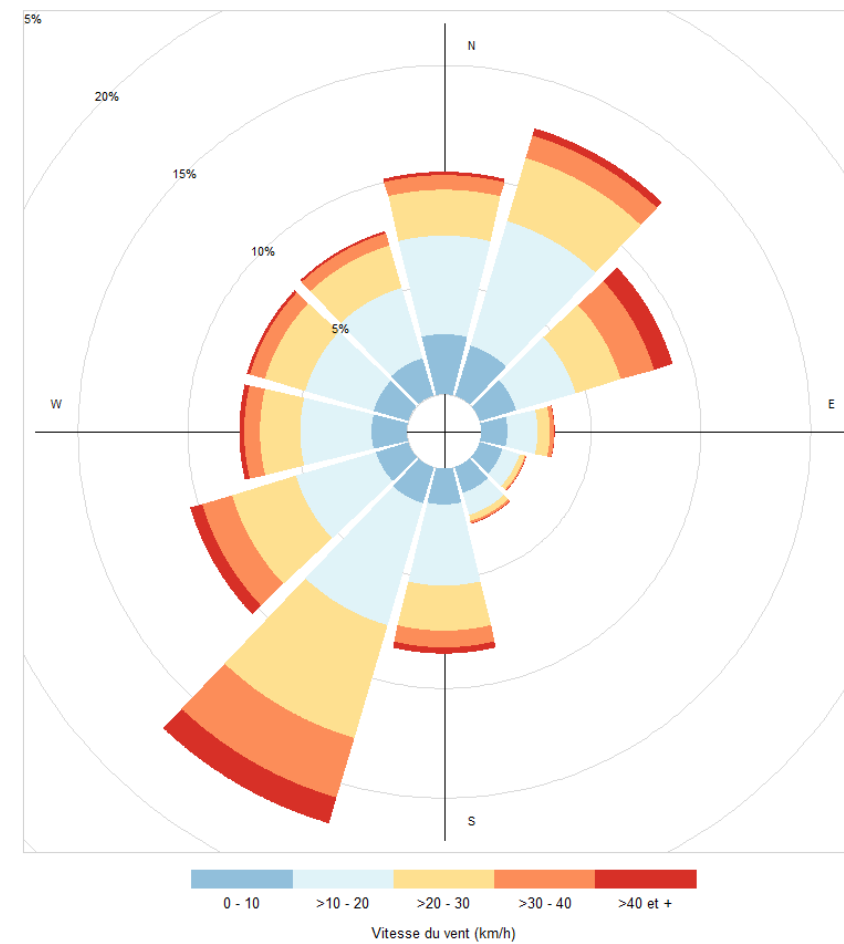




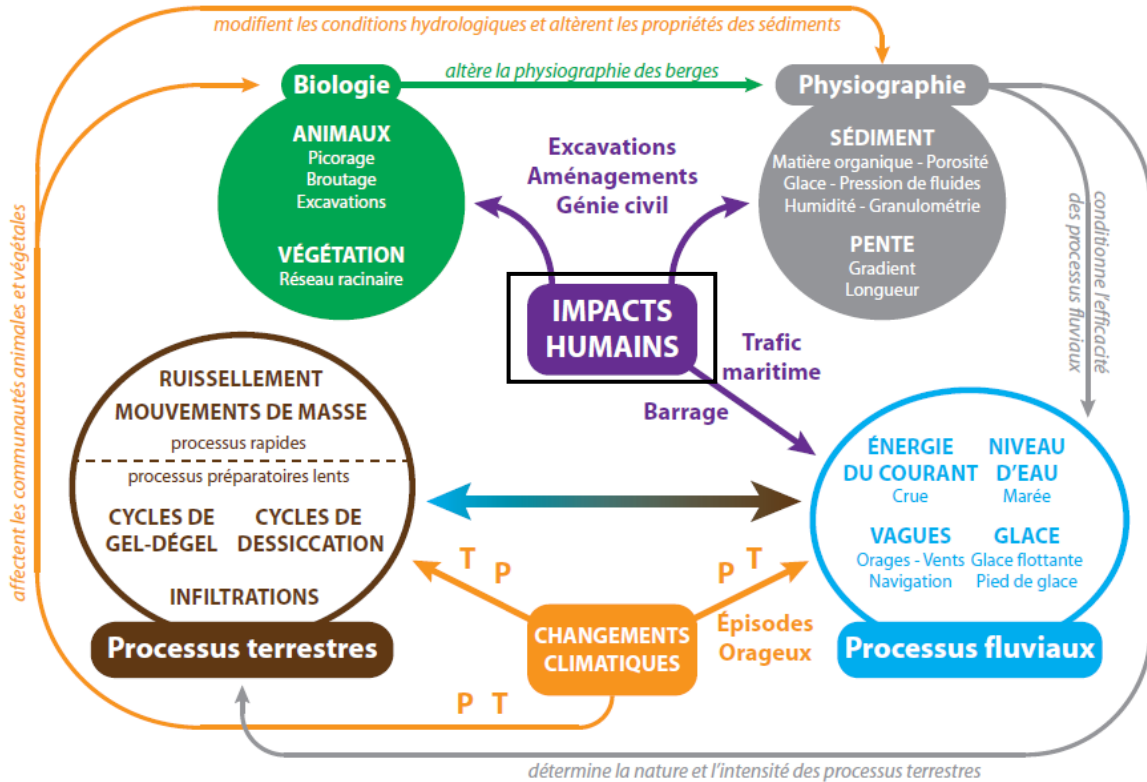
# Suivi des sites – Processus fluviaux



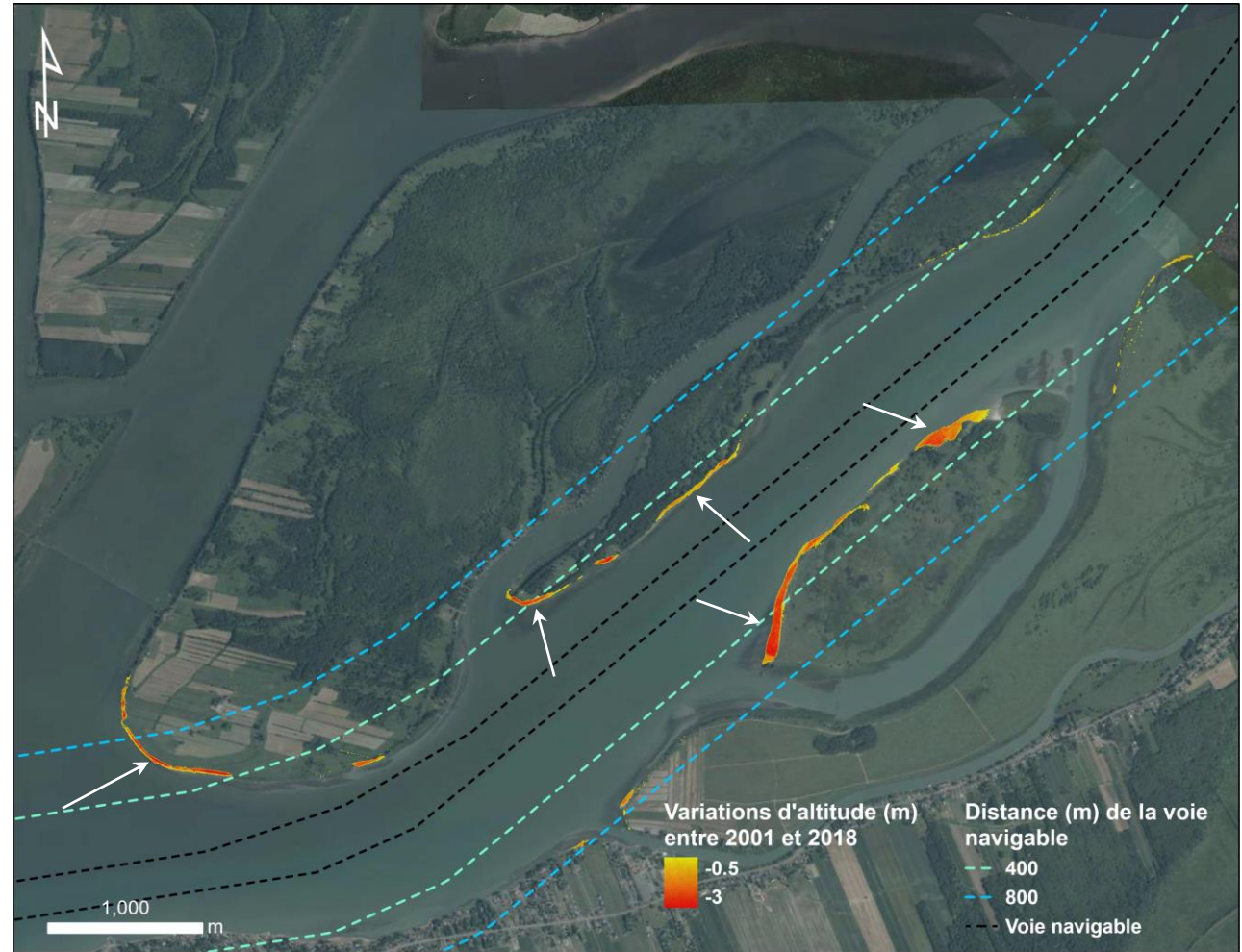
## Moyennes horaires entre 1994 et 2021



# Suivi des sites – Activités humaines

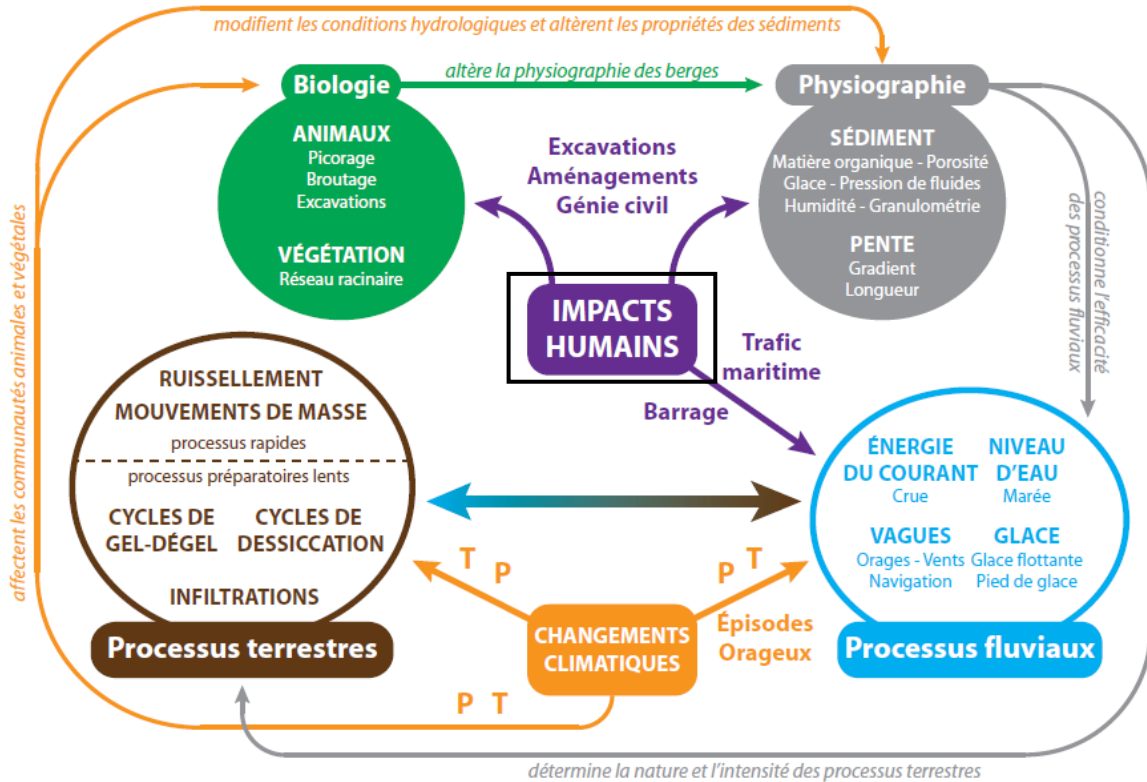


Traduit de Chassiot et al., 2020

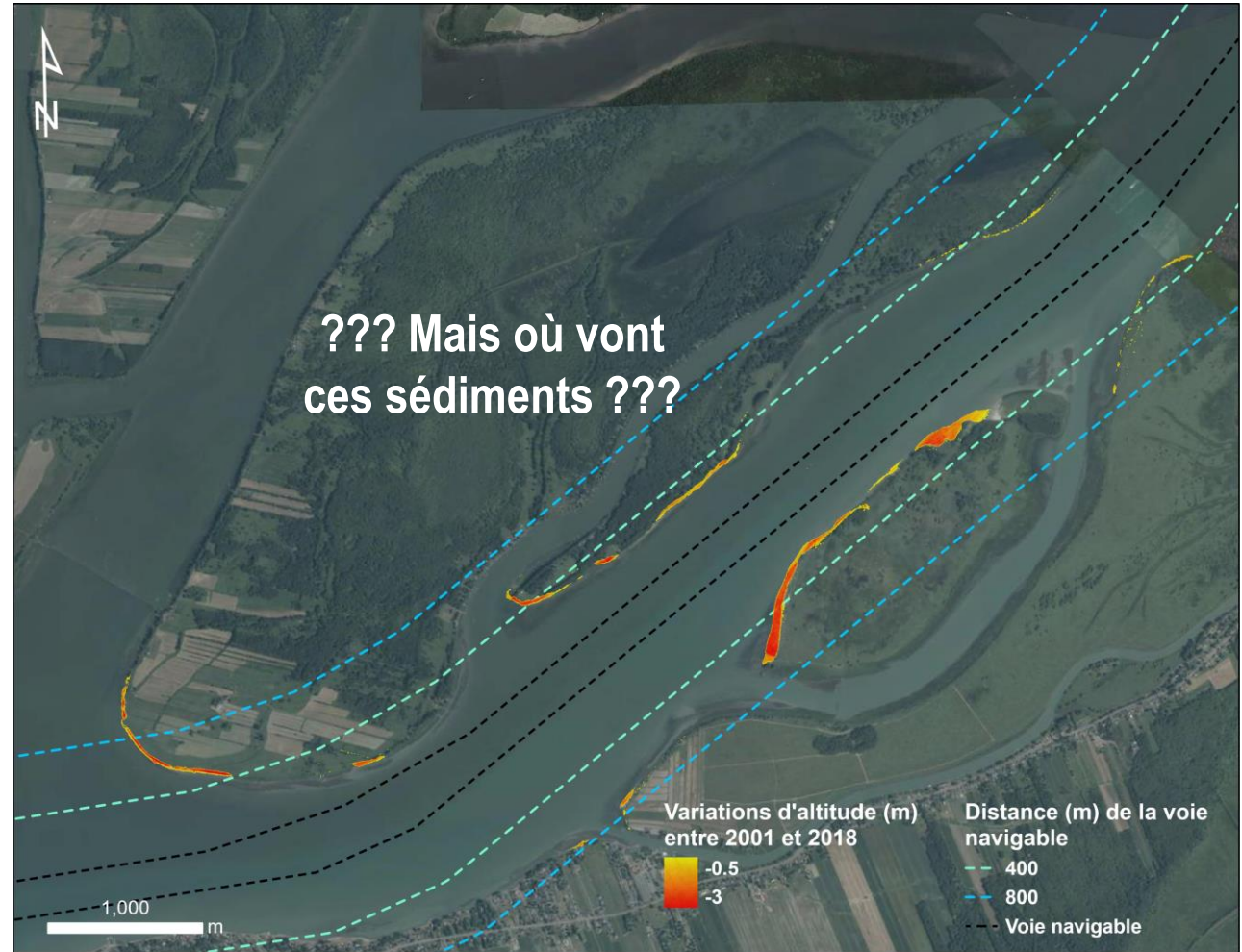


**Volume de sédiment érodé = ~250 000 m<sup>3</sup> ou 30 000 camions 10 roues**

# Suivi des sites – Activités humaines

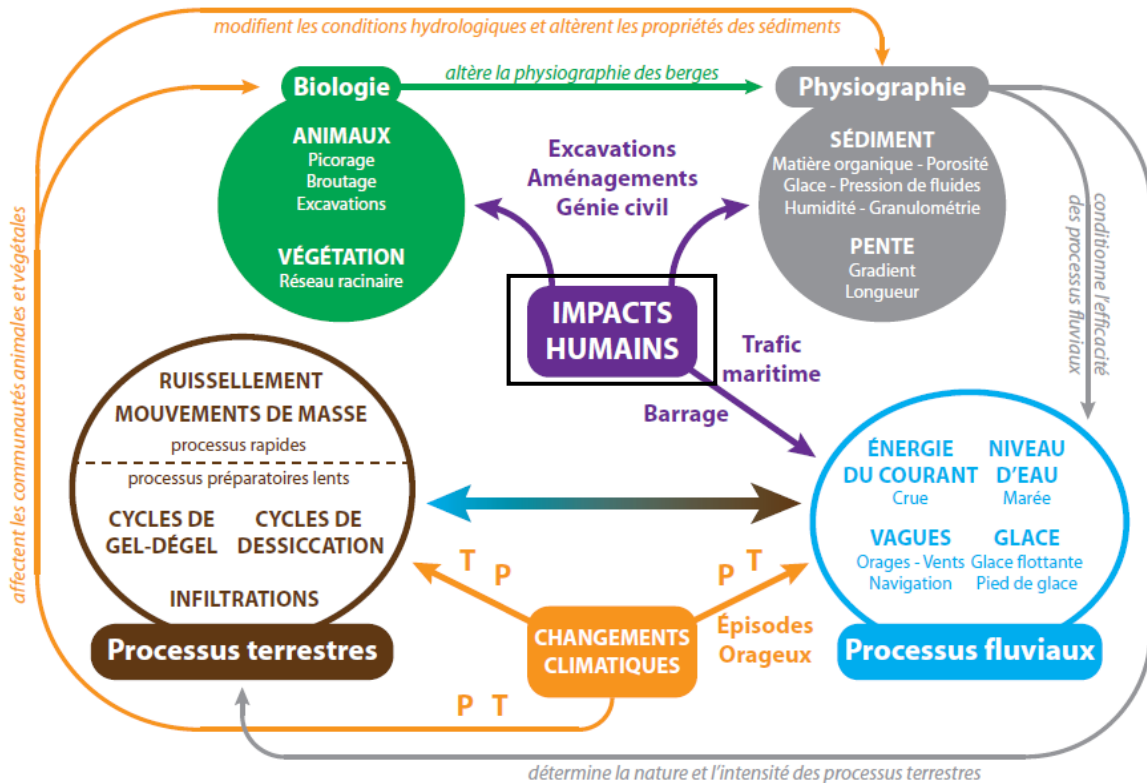


Traduit de Chassiot et al., 2020

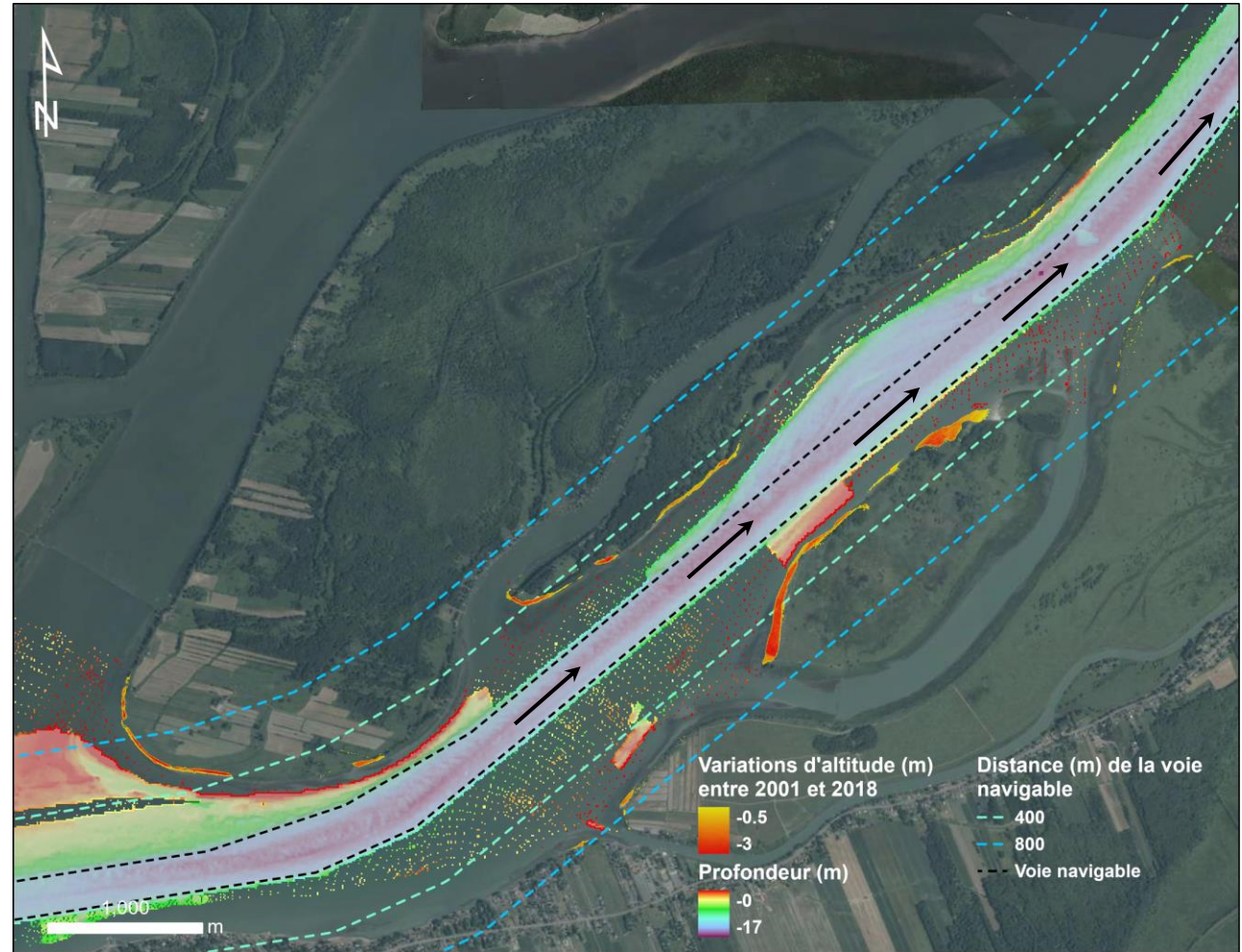


**Volume de sédiment érodé = ~250 000 m<sup>3</sup> ou 30 000 camions 10 roues**

# Suivi des sites – Activités humaines



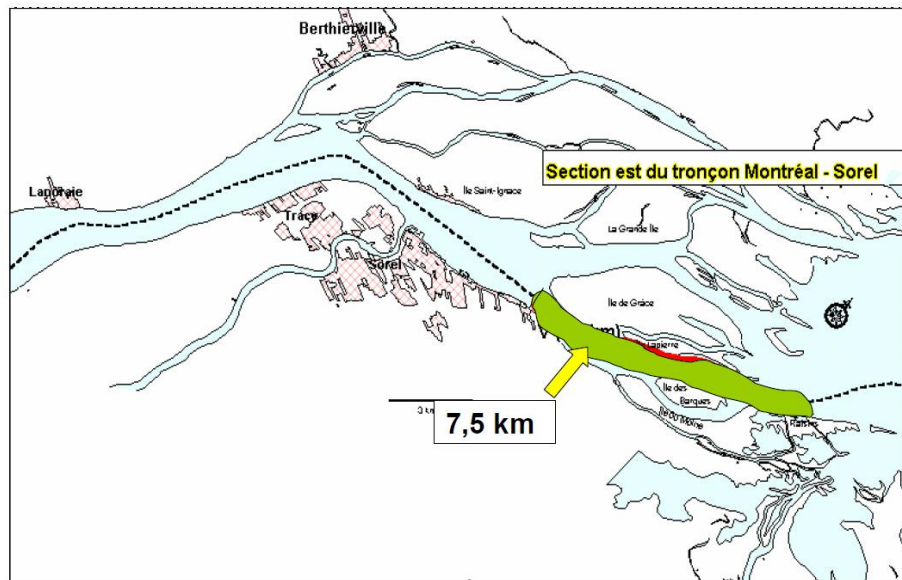
Traduit de Chassiot et al., 2020



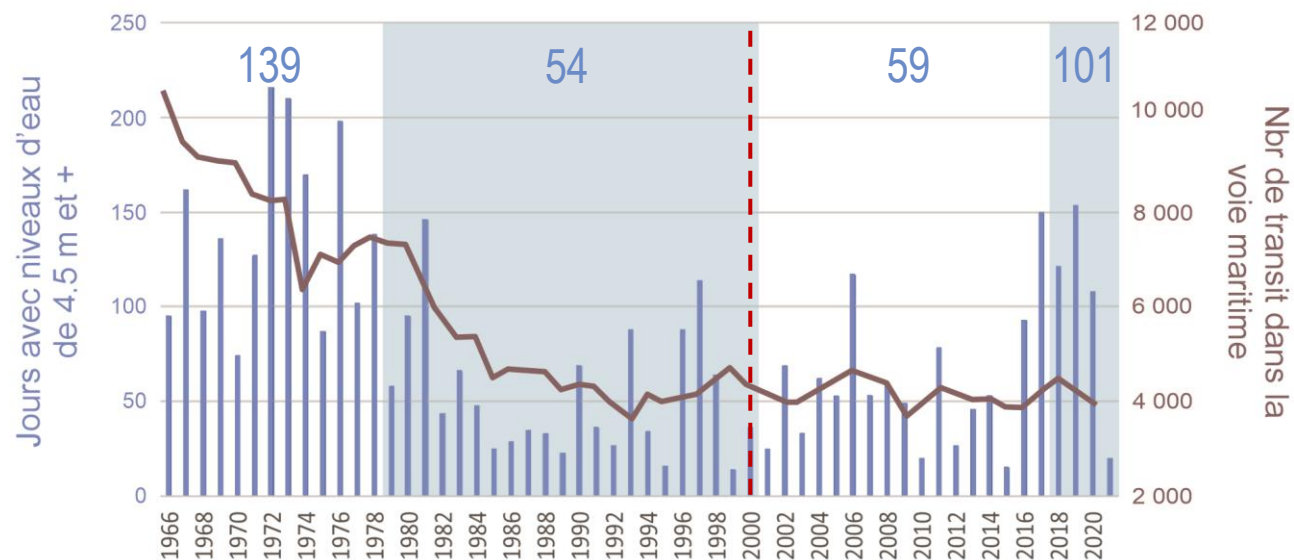
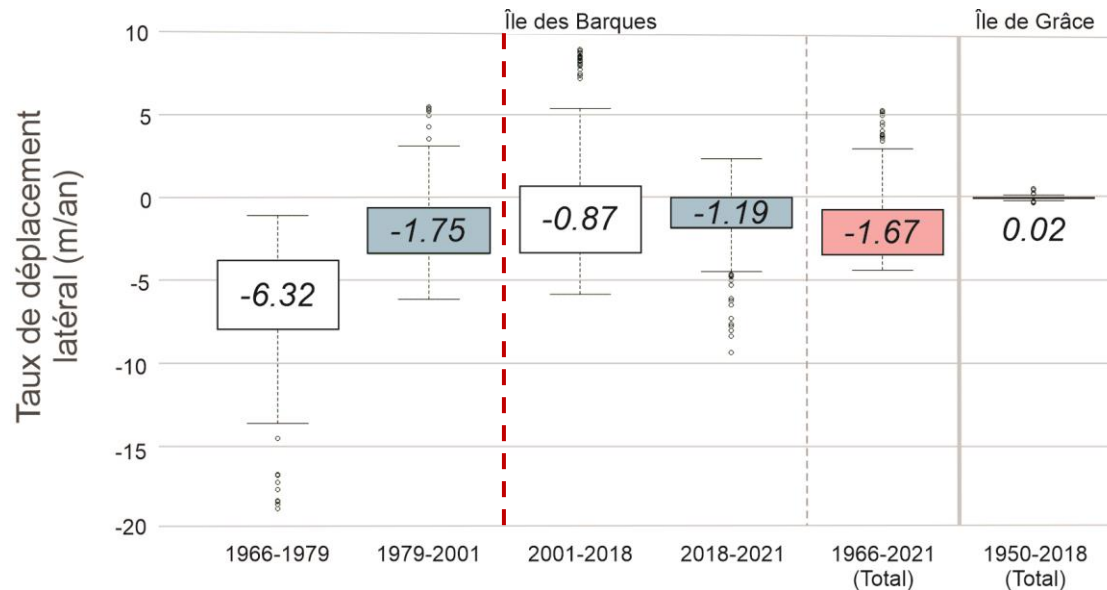
**Volume de sédiment érodé = ~250 000 m<sup>3</sup> ou 30 000 camions 10 roues**

# Suivi des sites – Impacts cumulatifs

- **15 septembre 2000** : Réduction de la vitesse des navires à 10 noeuds vers l'amont et 14 noeuds vers l'aval;
- Selon Dauphin et Lehoux (2004), **-45%** d'érosion entre 1998-2000 et 2001-2002 suite à la diminution;
- Lors de hauts niveaux, le batillage commercial serait responsable **entre 40 et 55%** de l'érosion des berges pour l'Île des Barques.



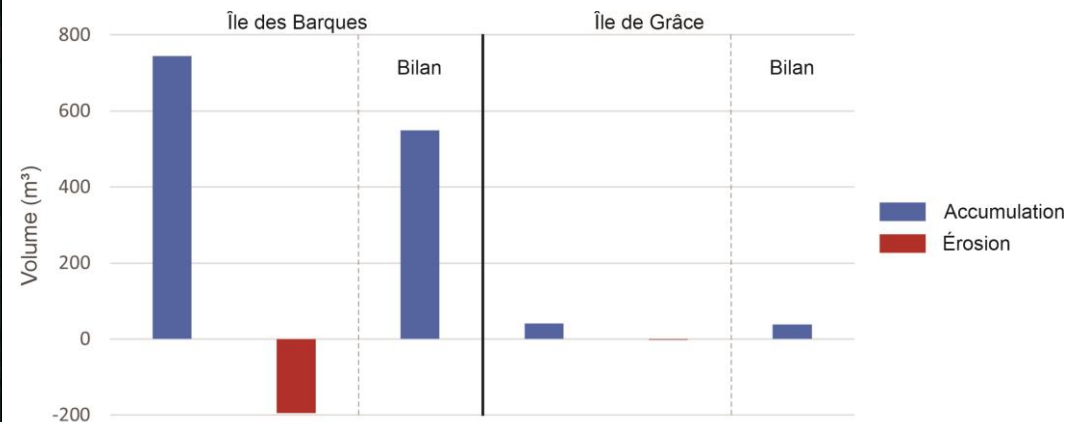
Dauphin et Lehoux, 2004



# Suivi des sites – Dynamique saisonnière



## Bilan sédimentaire entre mai et octobre 2021

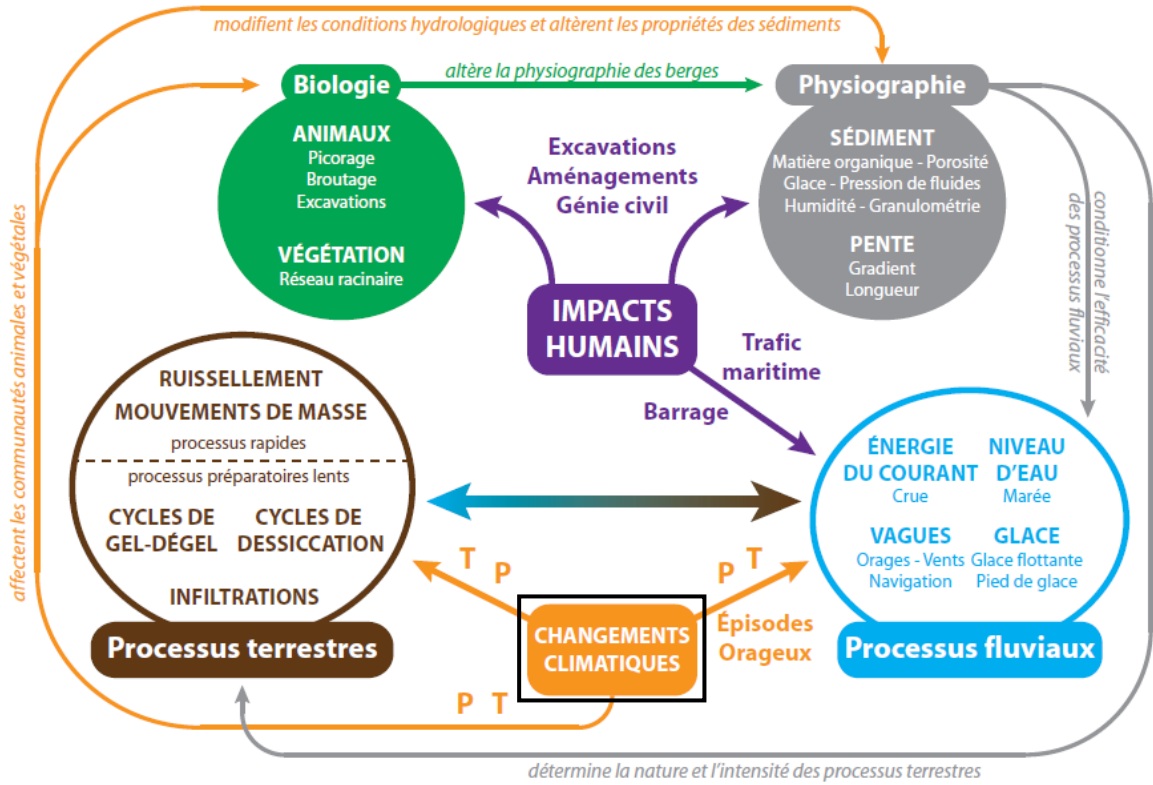


- Accumulation entre mai et octobre 2021;
- Expliquée par des bas niveaux d'eau;
- Redistribution de sédiments déjà érodés pendant les périodes de bas niveaux d'eau;
- Printemps = période la plus dynamique lorsque présence de hauts niveaux d'eau, batillage et radeaux de glace.

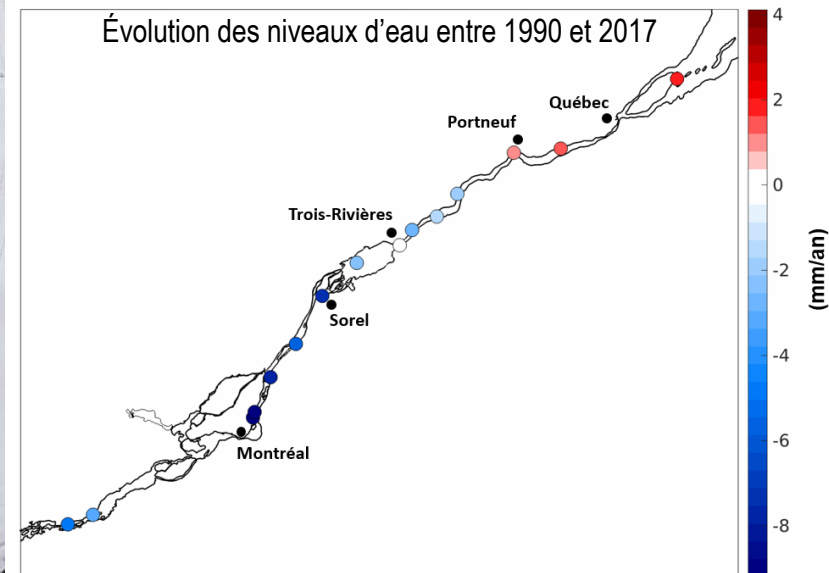
# Suivi des sites – Dynamique saisonnière



# Suivi des sites – Incertitudes climatiques



Traduit de Chassiot et al., 2020




Rondeau-Genesee, 2020



# Perspectives sur le développement de connaissances et outils d'adaptation

- Continuer de **sensibiliser** et **collaborer** avec les intervenants du milieu ainsi que promouvoir la **formation**, soit par le transfert des connaissances théoriques et technologiques;
- Bâtir une **plateforme interactive** pour regrouper l'ensemble des résultats, applications et outils;
- Établir un **modèle morphodynamique** pour chaque type de berge afin d'identifier les **paramètres significatifs** sur les sites vulnérables en tenant compte des incertitudes climatiques;
- Développer un **indice de vulnérabilité** à l'aléa qui se base sur les différents mécanismes d'érosion et facteurs environnementaux présents à l'intérieur du système du Saint-Laurent fluvial.

Fiche descriptive des sites vulnérables à l'érosion  
Falaise meuble (3 531 m) - MRC de Bécancour EF-30



Type d'artificialité		Type de dépôts	
Marina	Rampe de mise à l'eau	Roc	Sable Limon
Barrage - Dighe	Enrochement	Till	X Argile
Brise-lame	Mur de protection	Sable Gravier	Organique
Épi	Mur de protection incliné	Sable	Remblai
Quai - Port	Protection mixte		
Canal	Remblai sans protection		

État = N/A

Processus dominants	
Action des courants	Aménagements riverains anthropiques
Action de la glace	Effets des barrages et gestion du débit
Action des vagues	X Battillage
Ruissellement	Cycles de gel-dégel
X Mouvements gravitaires	Dessiccation des argiles

Commentaires

Dernière mise à jour : Mars 2020  
Cette fiche est un outil consultatif et n'a aucune valeur légale.

## Phase 1 ✓

### Caractérisation riveraine

Dresser un portrait des différents types de berges et de leur exposition variable aux mécanismes d'érosion.

## Phase 2 (En cours)

### Évaluation de la vulnérabilité

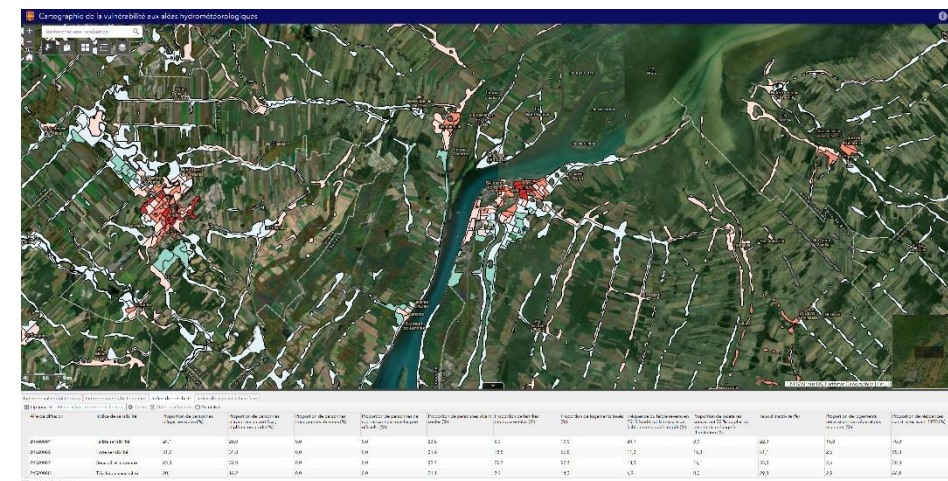
Établir les impacts associés aux aléas d'érosion selon différentes trajectoires du régime fluvial du SL

## Phase 3

### Stratégie d'adaptation appropriée

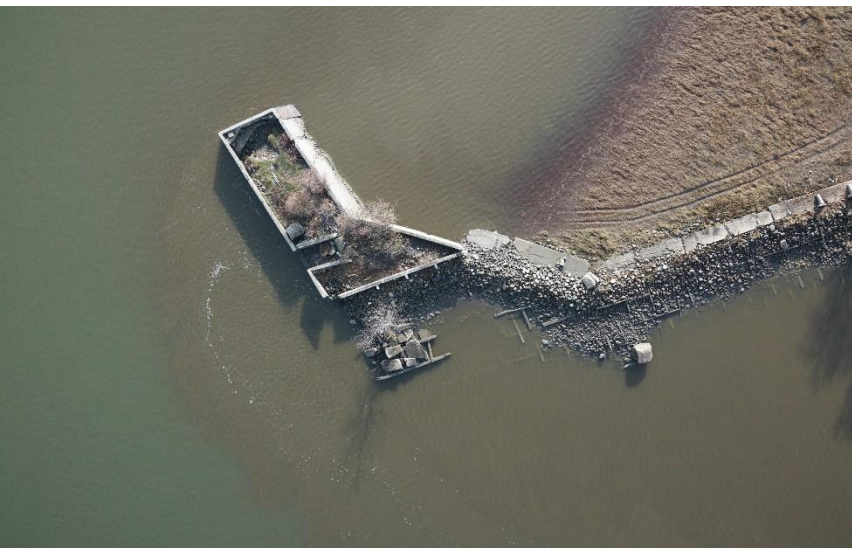
Identifier des pistes de solution à court et à long termes.

Modifié de Quintin *et al.*, 2016



# Sommaire et conclusions

- La mise en place de la **voie maritime du Saint-Laurent** a eu et continue d'avoir d'importants impacts ainsi que des implications sur la dynamique sédimentaire riveraine, mais aussi subaquatique;
- L'établissement d'un programme de suivi de la **dynamique morphosédimentaire** de sites exposés à des aléas hydrométéorologiques et des pressions anthropiques, basé sur des **données historiques** et **saisonniers** à haute résolution, apportera une **évaluation plus précise** des facteurs contrôlant l'évolution riveraine;
- Le développement de **connaissances scientifiques** ainsi que d'**outils géospatiaux d'aide à la décision** et de **sensibilisation** facilement accessibles permettra d'accroître la **résilience** des communautés et des géo-écosystèmes riverains le long d'un fleuve densément aménagé faisant face à des incertitudes climatiques.



An aerial photograph of a large body of water, likely a bay or estuary, with several marshy islands and peninsulas. The water is a greyish-blue color, and the marshes are green and brown. The sky is filled with large, grey clouds, suggesting an overcast day. In the distance, a low-lying landmass is visible.

Merci

Pour abonnement à l'infolettre du laboratoire :  
[jean-francois.bernier@ggr.ulaval.ca](mailto:jean-francois.bernier@ggr.ulaval.ca)