

Espace de liberté des cours d'eau : une approche de gestion durable

Pascale Biron

Professeure

Département de géographie, urbanisme et environnement



Gestion des corridors fluviaux au Québec

- ▶ Bandes riveraines restreintes, beaucoup de stabilisation de berges



Rivière Yamachiche:
mais sans bande riveraine



Rivière Matane: enrochement
typique de la région de la Gaspésie

Stabilisation de berges... et de lit

- ▶ Utilisation parfois excessive (et coûteuse) d'enrochements au Québec



Ruisseau Bonhomme Morency, Bas St-Laurent. Enroché en 2009 sur 2,2 km (3,2\$millions)

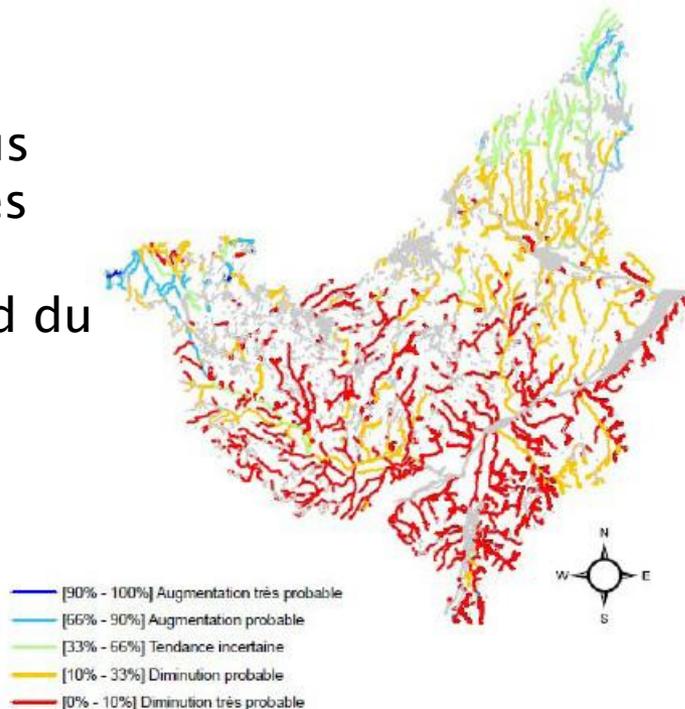


Tributaire de la rivière Salvail près de St-Jude, Montérégie Est. Enroché en 2014 sur 800 m (à ~ 4000\$/m)

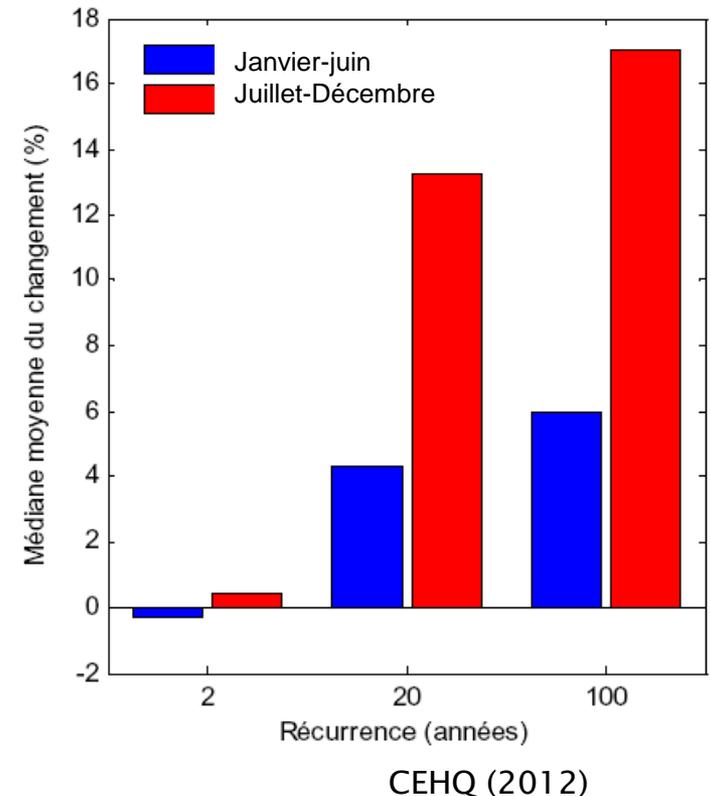
Changements climatiques au Québec

- ▶ Étiages plus faibles
- ▶ Risques accrus d'inondation

Étiages plus sévères très probables dans le sud du Québec (rouge)



Crues de forte magnitude plus fréquentes



Gestion des crues au Québec: approche réactive plutôt que proactive

- ▶ Dommages causés par des cours d'eau suite au passage de l'ouragan Irene en 2011 dans la MRC Brome–Missisquoi



Photos: Simon Lajeunesse

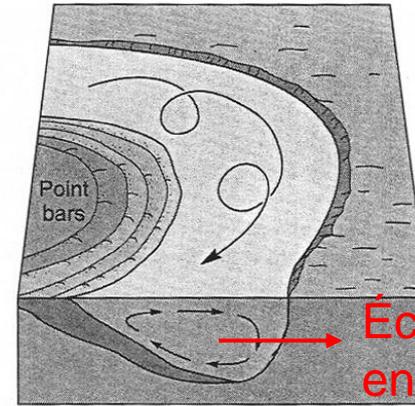
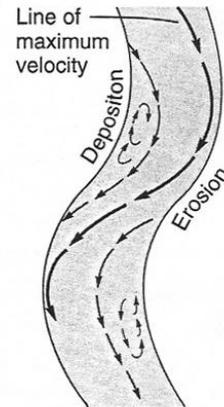


Hydro-géomorphologie: deux éléments clés de la dynamique naturelle des cours d'eau

- ▶ Les méandres migrent latéralement



Photo: Copyright Louis Maher; Earth Science World Image Bank



Source: Easterbrook (1999)

Écoulement
en spirale
(héliçoïdal)

- ▶ Les rivières débordent de leur lit régulièrement

Niveau plein-bord atteint
à chaque 1.5 - 2 ans



<http://www.mfwwc.org/floodplain.html>

Approche hydro-géomorphologique:

- ▶ L'érosion de berges et les crues sont des processus naturels (e.g. ce ne sont pas toutes les berges qui s'érodent qui sont contrôlées).

Articles

Bank Erosion as a Desirable Attribute of Rivers

Bioscience, Juin 2008, vol. 58, no. 6, p. 519-529

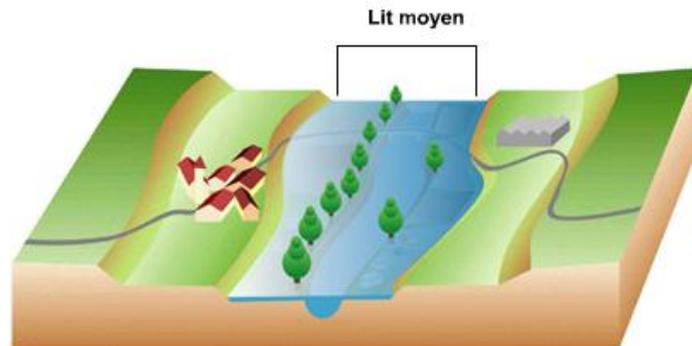
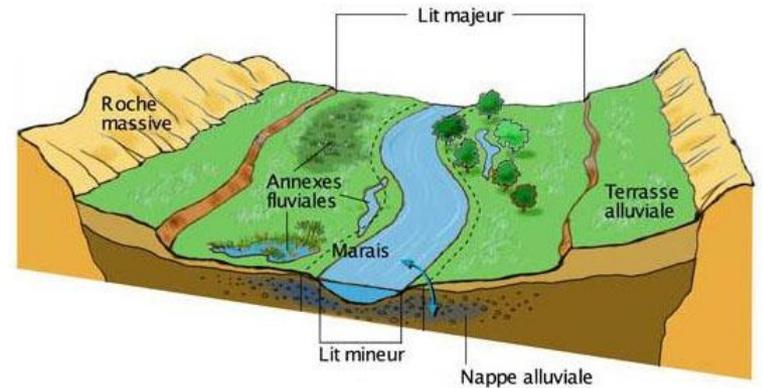
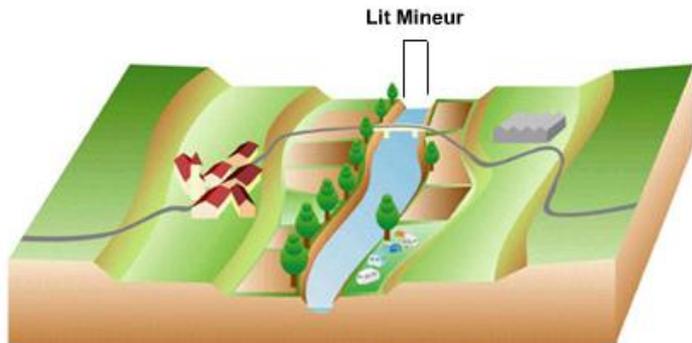
JOAN L. FLORSHEIM, JEFFREY F. MOUNT, AND ANNE CHIN

Bank erosion is integral to the functioning of river ecosystems. It is a geomorphic process that promotes riparian vegetation succession and creates dynamic habitats crucial for aquatic and riparian plants and animals. River managers and policymakers, however, generally regard bank erosion as a process to be halted or minimized in order to create landscape and economic stability. Here, we recognize bank erosion as a desirable attribute of rivers. Recent advances in our understanding of bank erosion processes and of associated ecological functions, as well as of the effects and failure of channel bank infrastructure for erosion control, suggest that alternatives to current management approaches are greatly needed. In this article, we develop a conceptual framework for alternatives that address bank erosion issues. The alternatives conserve riparian linkages at appropriate temporal and spatial scales, consider integral relationships between physical bank processes and ecological functions, and avoid secondary and cumulative effects that lead to the progressive channelization of rivers. By linking geomorphologic processes with ecological functions, we address the significance of channel bank erosion in sustainable river and watershed management.

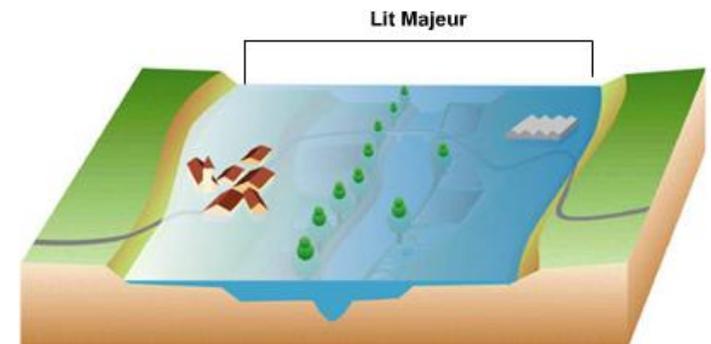
Keywords: bank erosion, riparian ecology, fluvial geomorphology, sediment, aquatic ecology

- ▶ En général, l'érosion de berges et les crues ne sont un problème que lorsque le développement urbain ou agricole contraint l'espace alloué aux cours d'eau.

Hydro-géomorphologie → Espace de liberté = Espace de mobilité + espace d'inondabilité...



+ milieux humides
(espace d'intégrité)

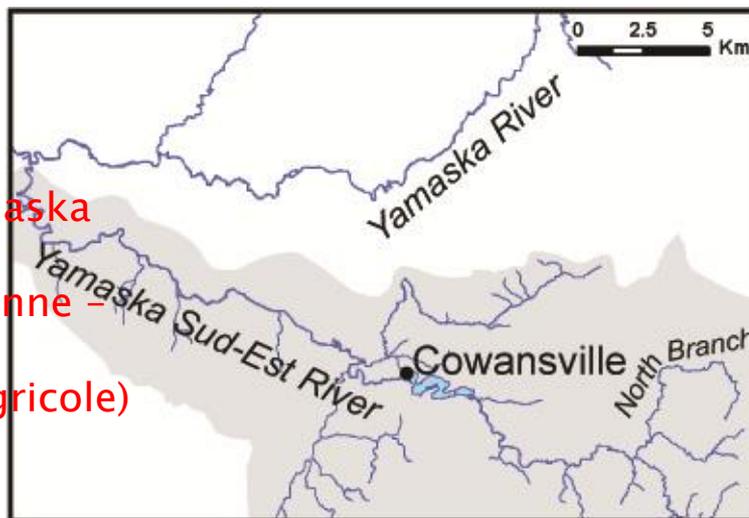
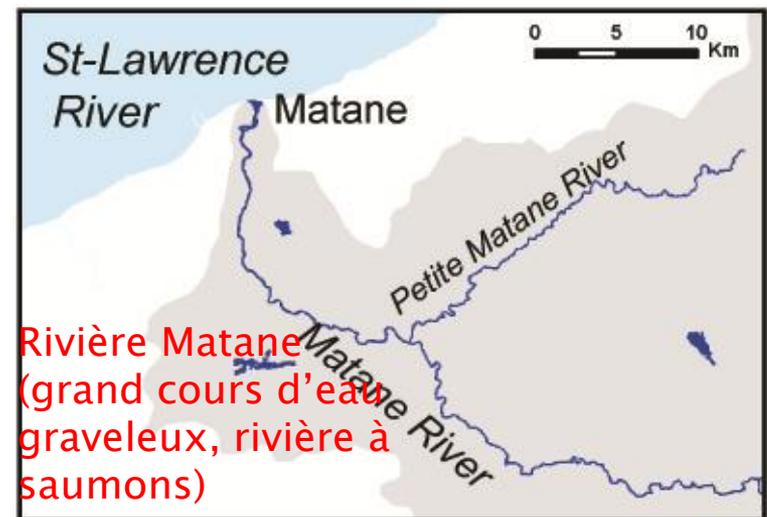
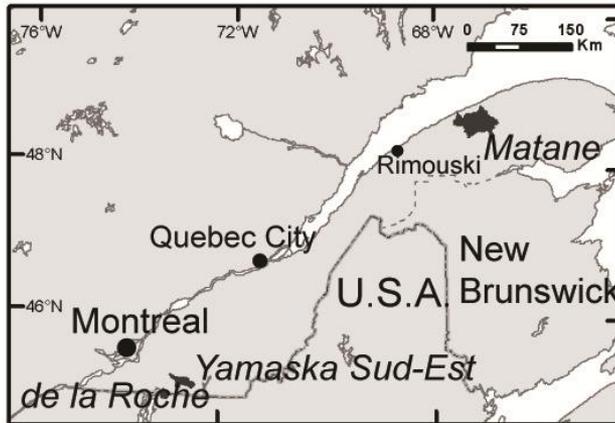


Projet Espace de liberté: Objectif

- ▶ Développer une approche de gestion des cours d'eau québécois basée sur le concept d'espace de liberté pour renforcer la *résilience* des systèmes fluviaux face à l'augmentation de la variabilité et de l'amplitude des débits liquides et solides liée aux changements climatiques



3 cours d'eau de tailles et de contextes géomorphologiques différents



Rivière Yamaska
Sud-Est
(taille moyenne -
transition
forestier-agricole)

Rivière Matane
(grand cours d'eau
graveleux, rivière à
saumons)

Espace de mobilité

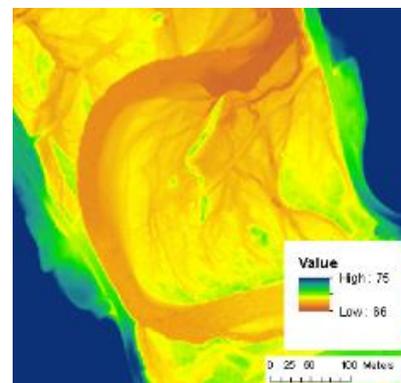
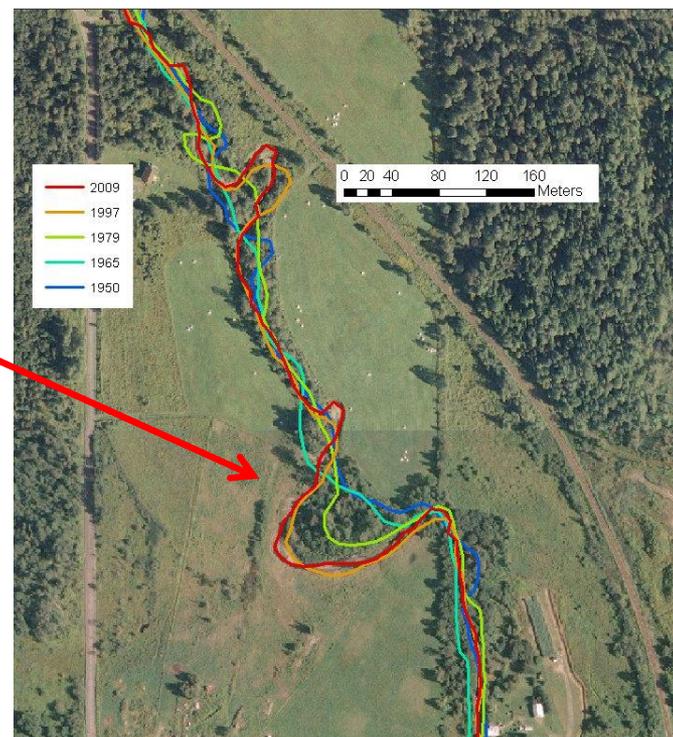
- L'amplitude des méandres
- Le taux de migration
- Le potentiel d'avulsion (recoupement)



Photographies
aériennes historiques



Terrain



Lidar

Source Lidar: Ministère de la Sécurité Publique

Espace de mobilité

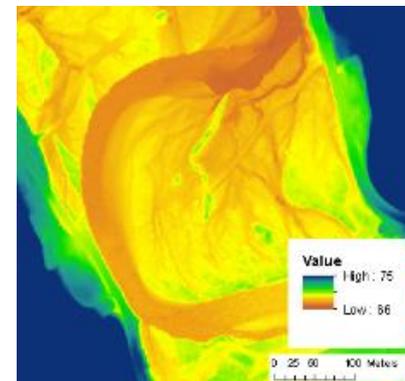
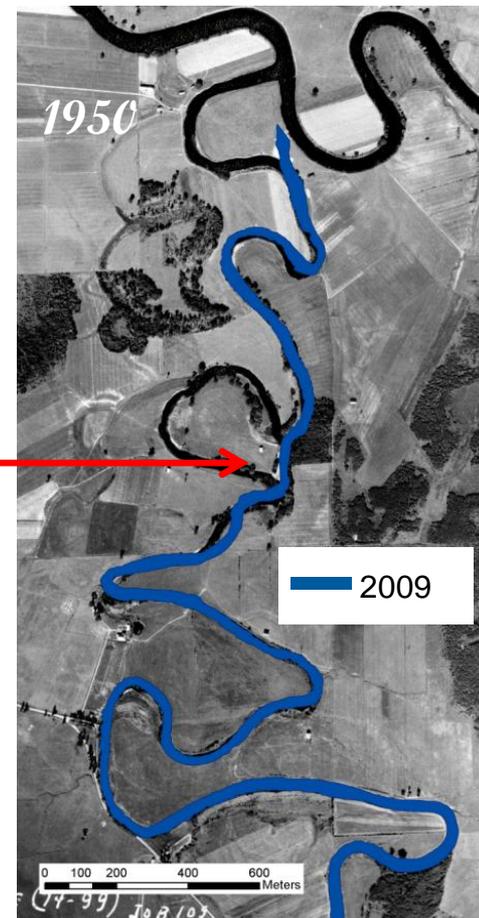
- L'amplitude des méandres
- Le taux de migration
- Le potentiel d'avulsion (recouplement)



Photographies
aériennes historiques



Terrain



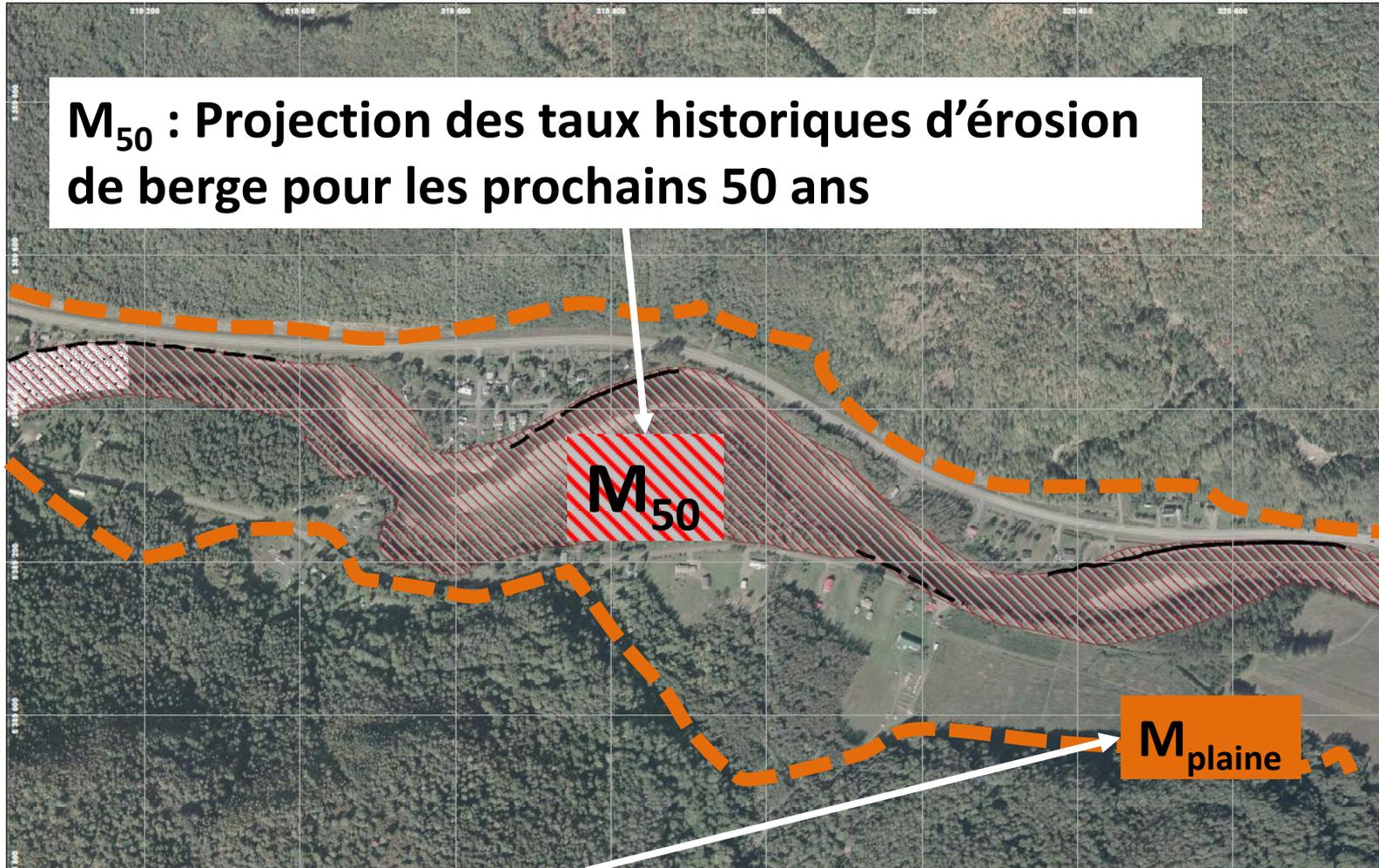
Lidar

Deux espaces de mobilité

- ▶ M_{50} : Zones où un risque élevé d'érosion ou d'avulsion (recoupement de méandre) est présent – horizon temporel de 50 ans.
- ▶ M_{plaine} : Espace requis pour la conservation de l'ensemble des processus fluviaux dans la plaine alluviale, où la rivière peut potentiellement migrer à long terme.

Deux niveaux de mobilité : M_{50} et M_{plaine}

M_{50} : Projection des taux historiques d'érosion de berge pour les prochains 50 ans



M_{plaine} : Mobilité à plus long terme à partir des caractéristiques des méandres

Alés
Rivière Matane

Carte 14/29

Processus
hydrogéomorphologiques

- espace de mobilité (M1)
- accumulation sédimentaire

Information complémentaire

- berges artificielles
- espace de mobilité (M2)

0 50 100 200 mètres
Projection : MTM Fuseau 06, NAD 83
Échelle 1 : 5000

Localisation



Réalisation

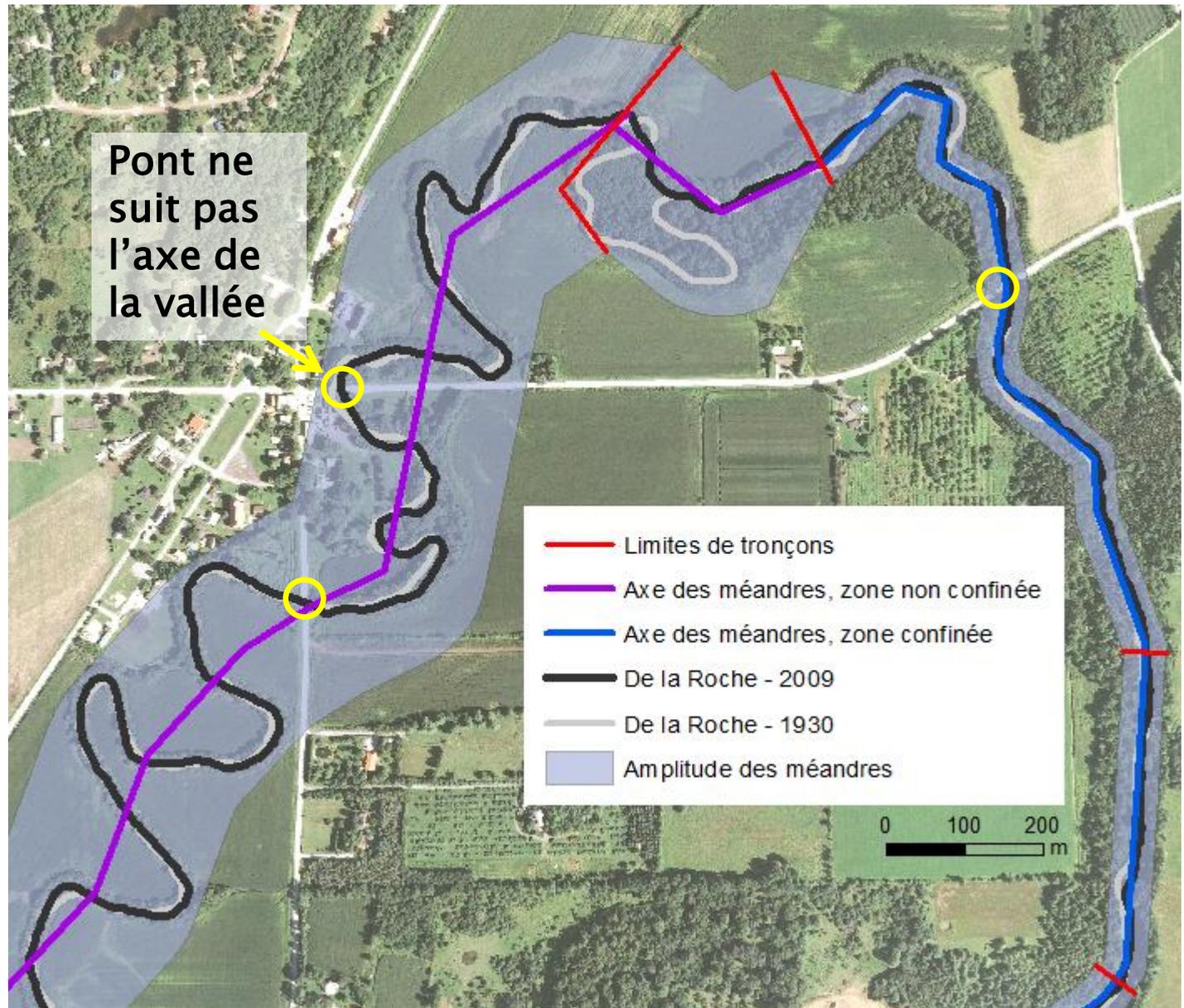
Laboratoire en géomorphologie et
dynamique fluviale

UQAR
Université du Québec
à Rimouski

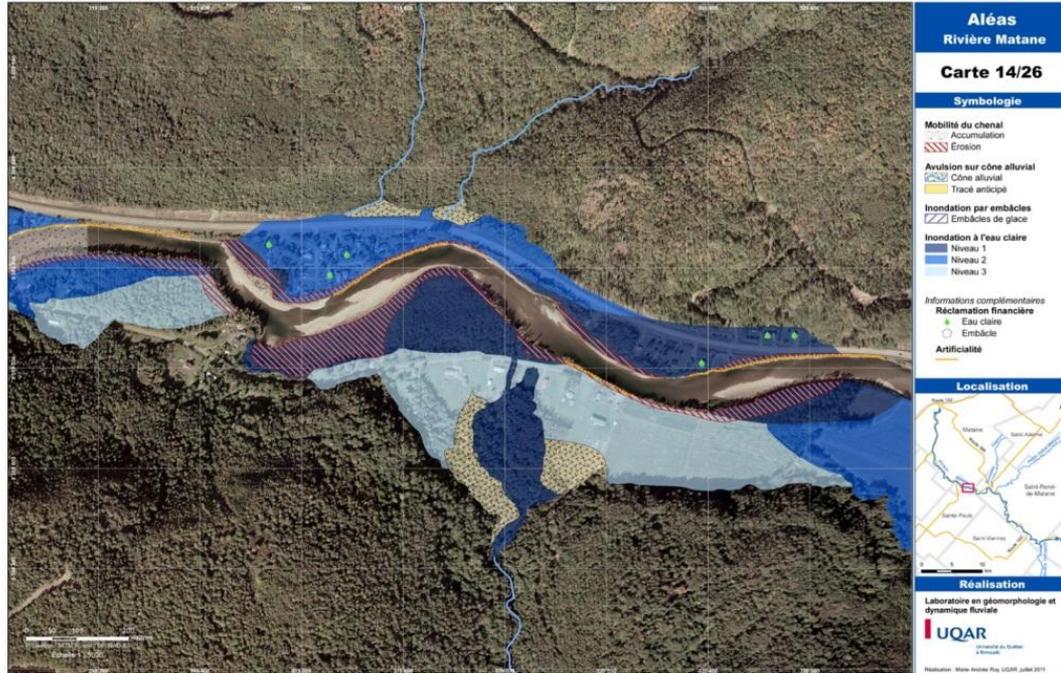
Réalisation : Marie-Andrée Roy, UQAR, février 2012

Niveau de mobilité M_{plaine}

Rivière de la Roche



Espace d'inondabilité



Approche hydro-géomorphologique: niveaux réellement atteints par les inondations (\neq approche statistique)



Inondation par embâcle sur la rivière Matane

Niveaux d'inondabilité $F_{\text{élevé}}$, F_{med} , F_{faible}

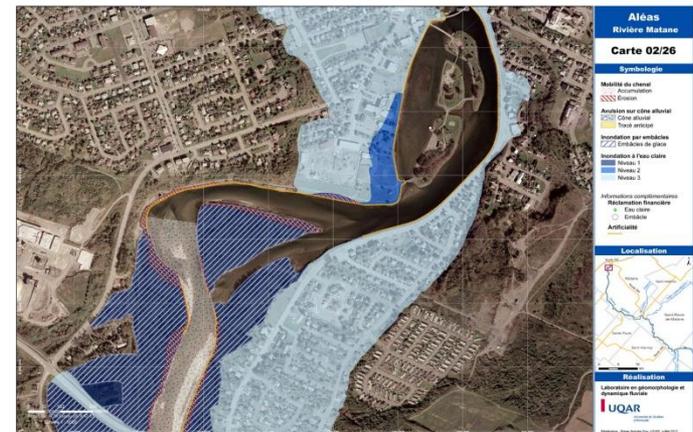
$F_{\text{élevé}}$ zones très fréquemment inondées et/ou avec forts courants

de la Roche et YSE: $F_{\text{élevé}}$ seulement

F_{med} : zones fréquemment inondées de faibles courants

F_{faible} : Inondations peu fréquentes de faibles courants

Niveaux
d'inondabilité
rivière Matane



Buffin-Bélanger (2011)

Trois niveaux d'inondabilité : $F_{\text{élevé}}$, F_{med} et F_{faible}

Approche hydrogéomorphologique :
Les crues laissent des empreintes
dans le paysage qui permettent de
délimiter des zones d'inondation

Espace de Liberté
version intégrale

Rivière Matane

Carte 14 / 26

Symbologie

 rivière Matane

Espace de mobilité

 M1

 M2

Espace d'inondabilité

 N1

 N2

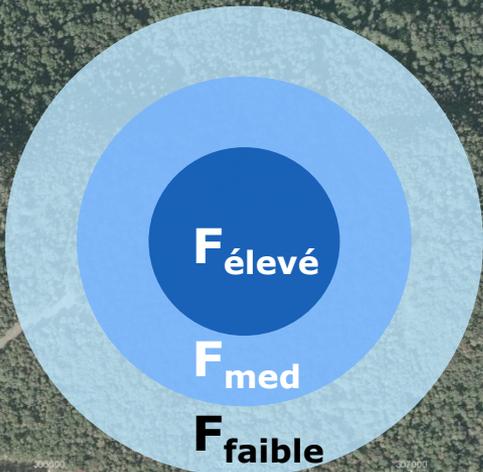
 N3

0 50 100 200 mètres

Échelle 1 : 5000

Projection : MTM Fuseau 06, NAD 83

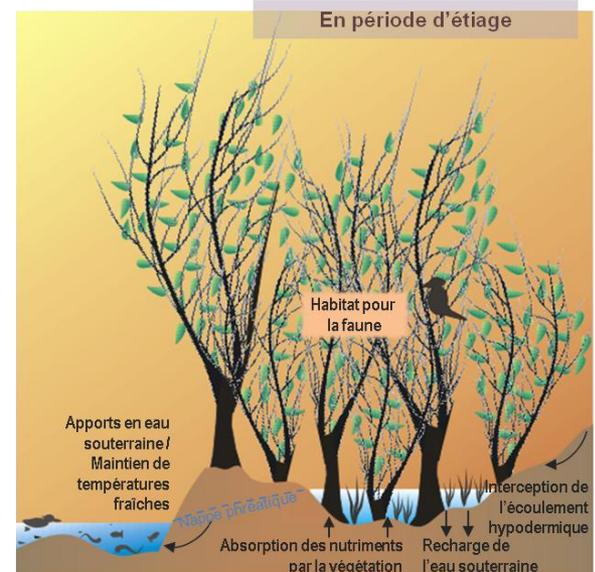
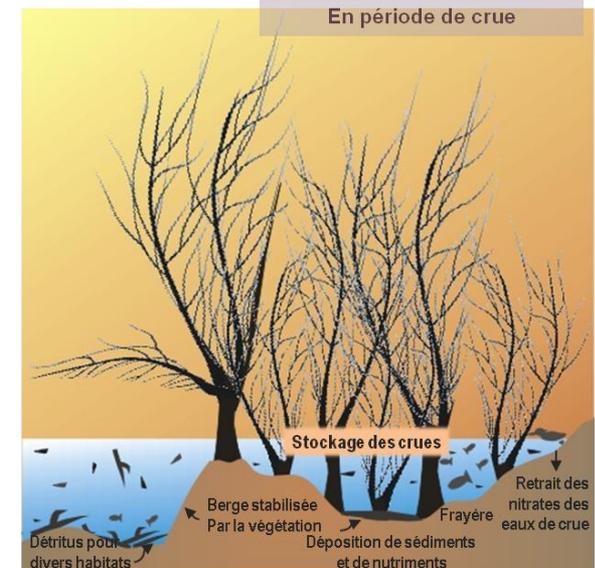
Localisation



Milieux humides

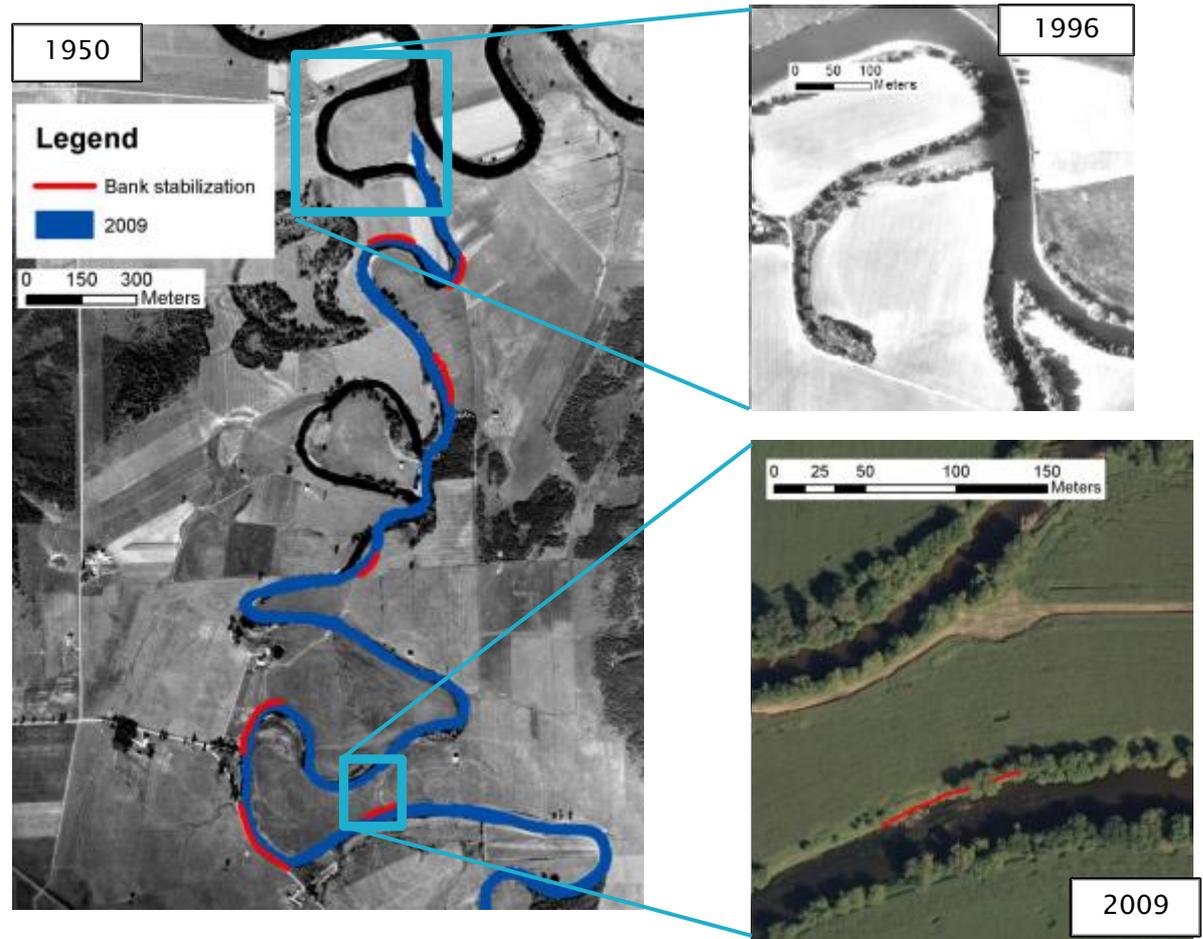
- ▶ Les milieux humides riverains possèdent plusieurs fonctions hydrologiques et écologiques importantes (stockage des eaux de crue, maintien des débits d'étiage et de la qualité de l'eau, habitats fauniques).

➔ **Services écosystémiques**



Interventions humaines empêchant la création de milieux humides

- Mobilité stoppée par la stabilisation de berge
- Formation de bras mort de méandres empêchée
- Remblai des bras morts



Yamaska Sud-Est

Milieux humides riverains

- ▶ Font partie de l'espace minimal dont les cours d'eau ont besoin – essentiels dans l'espace de liberté du point de vue hydrologique et écologique

➔ Inclus dans l'espace d'inondabilité $F_{\text{élevé}}$

Un exemple de restauration des milieux humides sur la rivière Calapooia (Oregon)



Espace de liberté

=

Espace de mobilité + **espace d'inondabilité**
(qui inclut les milieux humides)

		Mobilité		
		M_{50}	M_{plaine}	En dehors de l'espace de mobilité ($> M_{\text{plaine}}$)
Inondabilité	$F_{\text{élevé}}$	L_{min}	L_{min}	L_{min}
	F_{med}	L_{min}	L_{fonc}	L_{fonc}
	F_{faible}	L_{min}	L_{fonc}	L_{rare}
	En dehors de l'espace d'inondabilité	L_{min}	L_{fonc}	En dehors de l'espace de liberté

Espace de liberté

- ▶ Niveau L_{\min} (niveau minimal):
 - Inondations très fréquentes ($F_{\text{élevé}}$) OU
 - Mobilité active basée sur l'érosion des berges observée et extrapolée (M_{50}) OU
 - Zones de milieux humides riverains
- ▶ Niveau L_{fonc} (niveau fonctionnel):
 - Inondations fréquentes (F_{med}) OU
 - Mobilité basée sur l'amplitude des méandres (M_{plaine})
- ▶ Niveau L_{rare} :
 - Inondations exceptionnelles (F_{faible}) et faible mobilité

Espace de liberté: largeur variable

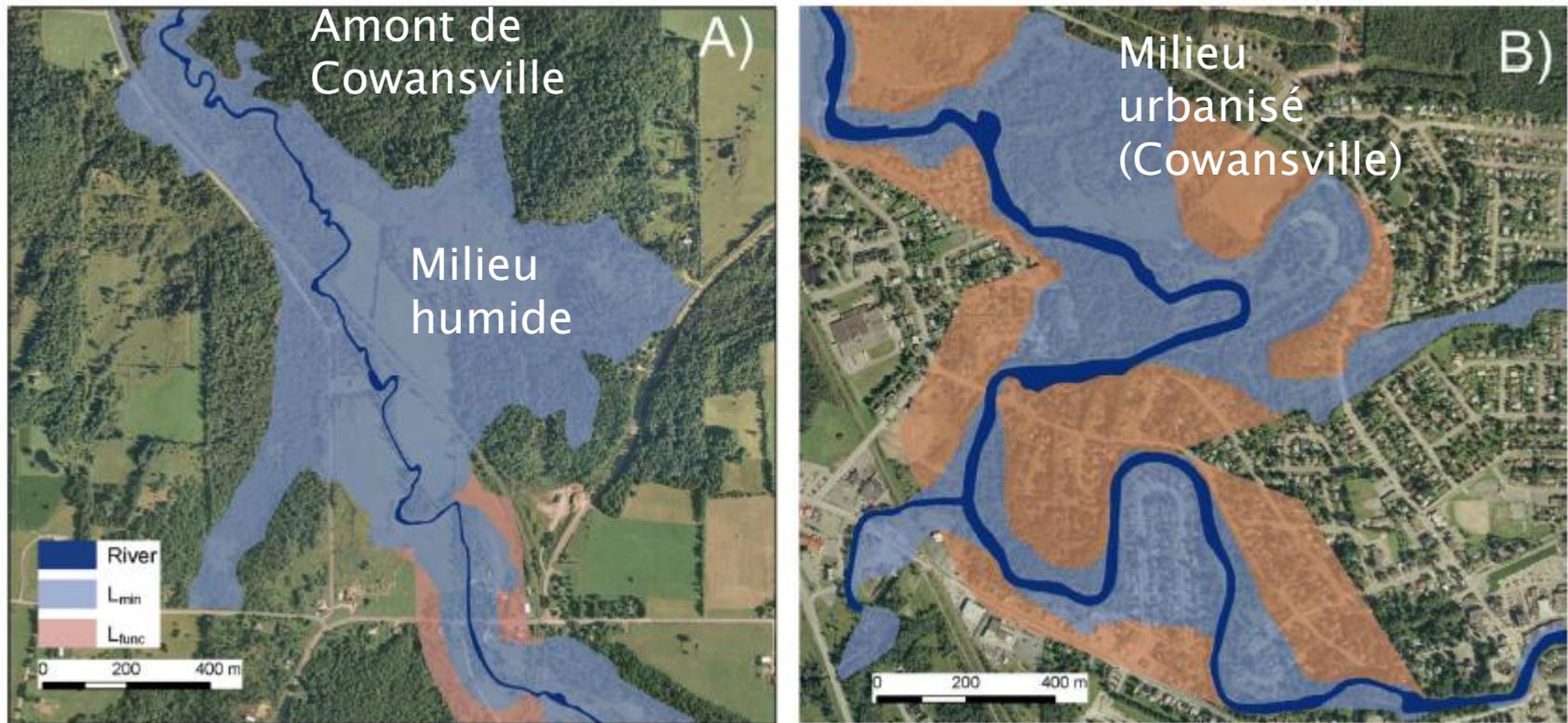
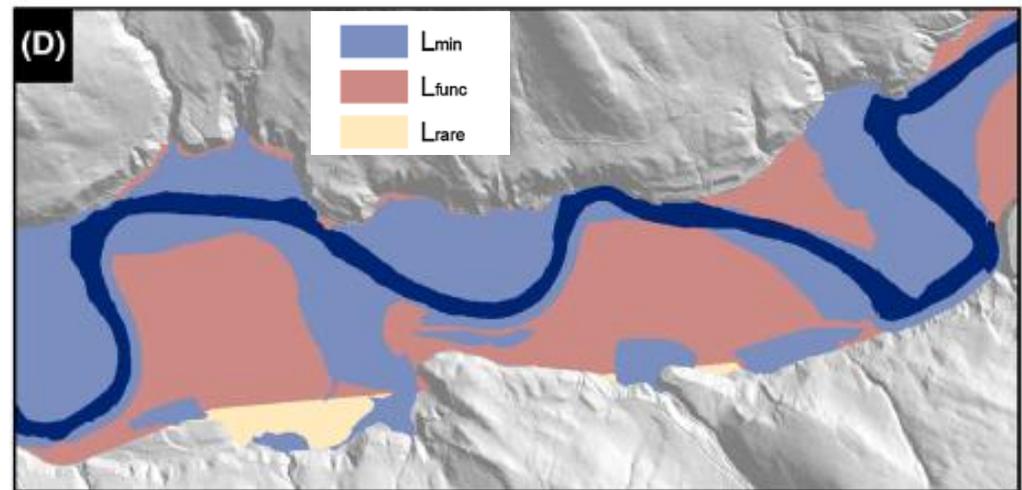


Fig. 9 Examples of the freedom space in the Yamaska Sud-Est River **a** in an area with a riparian wetland, **b** in the municipality of Cowansville, located approximately 10 km downstream of the wetland

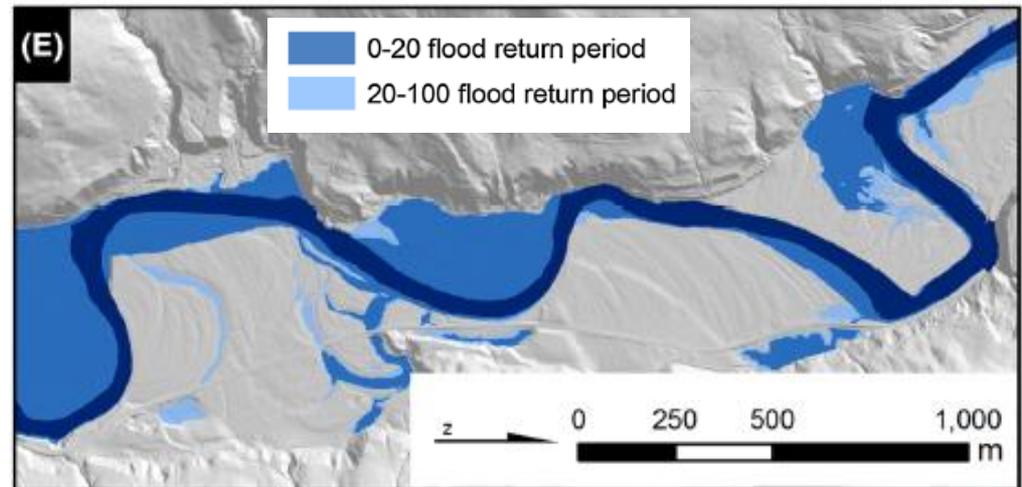
Rivière Yamaska Sud-Est

Espace de liberté et zones inondables

Approche hydro-
géomorphologique:
Espace de liberté



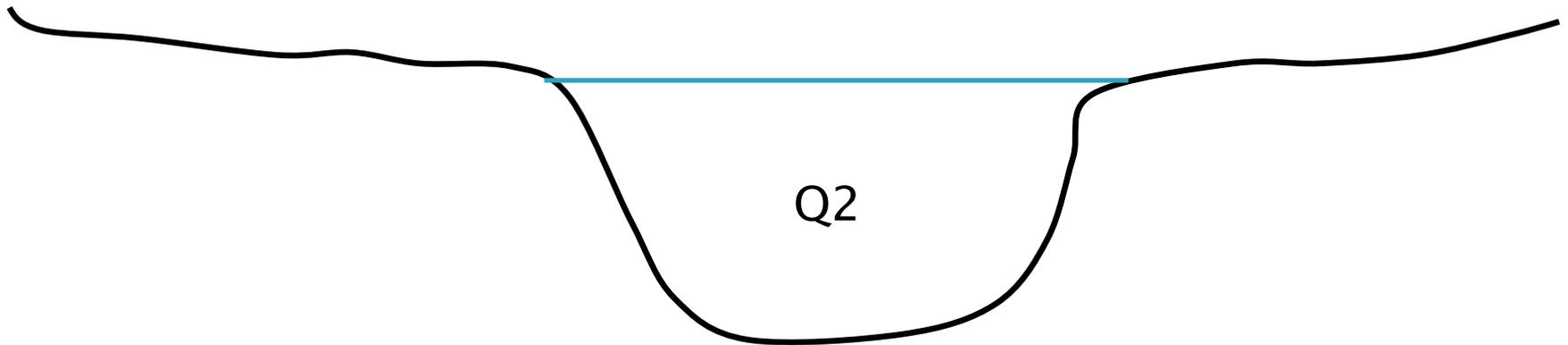
Approche traditionnelle:
zones inondables



Rivière Matane

Espace de liberté: rivières pas statiques dans le temps

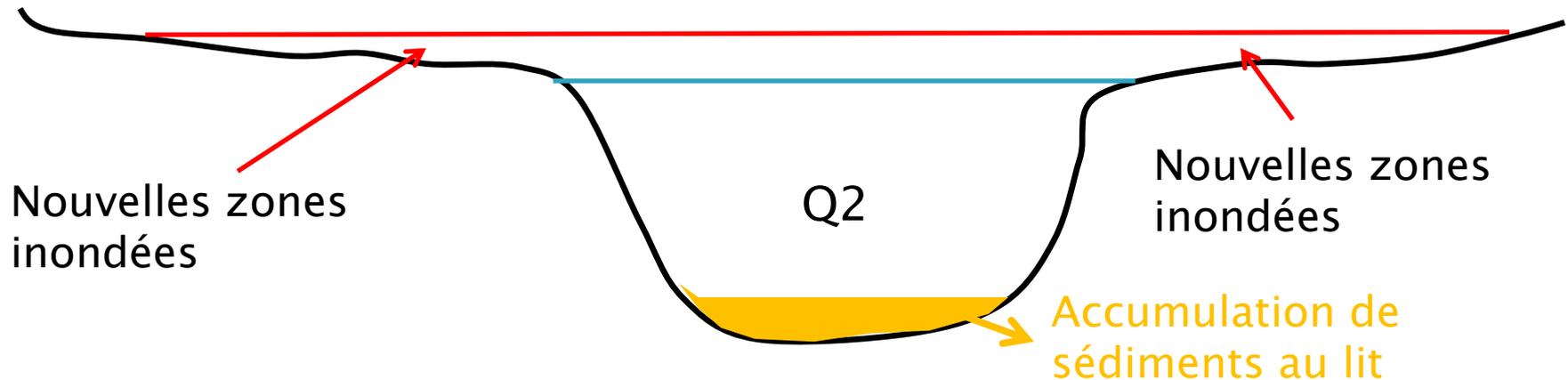
1) Érosion ou accumulation de sédiments sur le lit



Débit plein-bord
(récurrence de 2 ans)

Espace de liberté: rivières pas statiques dans le temps

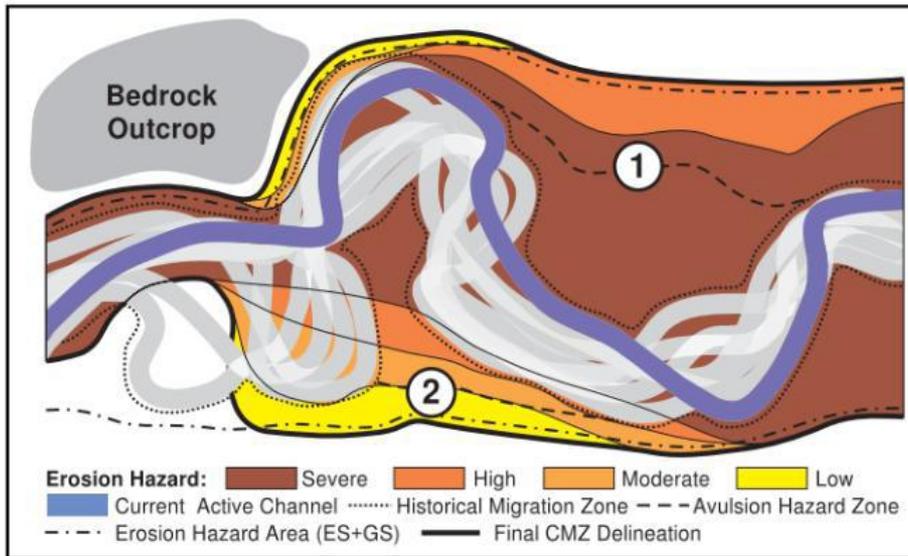
1) Érosion ou accumulation de sédiments sur le lit



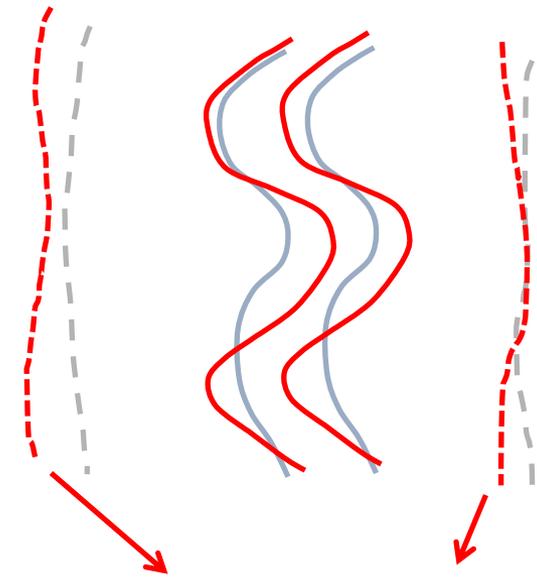
Débit plein-bord
(récurrence de 2 ans)

Espace de liberté: rivières pas statiques dans le temps

2) Migration latérale



Rapp et Abbe (2003)



Nouvelles limites de la
plaine 0-20 ans

Les limites des zones inondables peuvent changer
si le cours d'eau se déplace

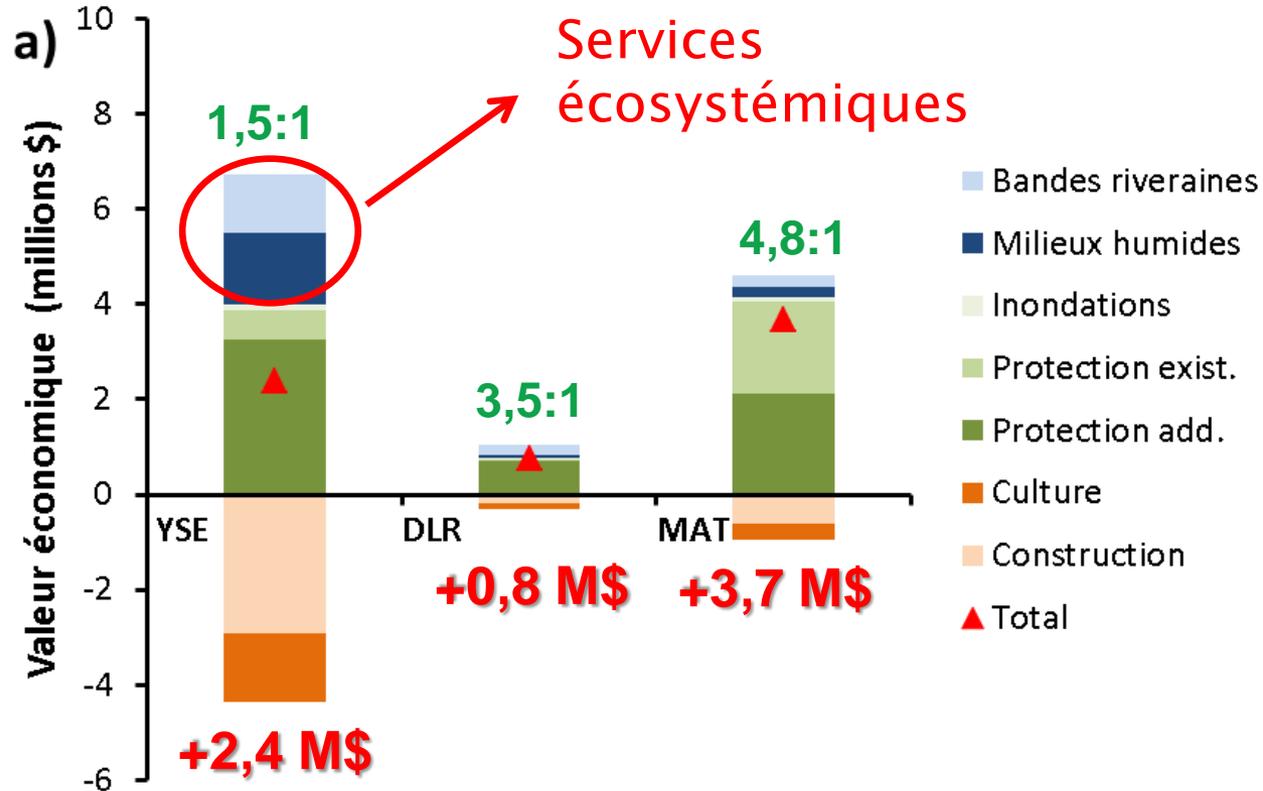


Analyse avantages-coûts

- ▶ Superficies L_{\min} de l'espace de liberté (niveau considéré comme minimal)
- ▶ 50 années

Coûts	Avantages
Perte de droit de construction future	Baisse des coûts de protection des berges
Perte de droit de culture (compensation par servitude)	Moins de dommages liés aux inondations
	Protection et création de milieux humides
Services écosystémiques	Élargissement de la bande riveraine

Analyse avantages-coûts



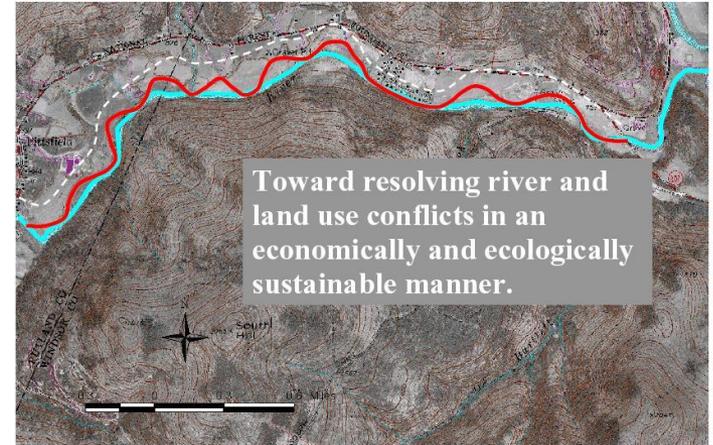
Buffin-Bélanger et al. (accepté)

Espace de liberté: Est-ce faisable?



Rivière Veyle (nord de Lyon, France)
Photo: Hervé Piégay

Alternatives for River Corridor Management Vermont DEC River Management Program



Defining and protecting the meander belt width corridor that will accommodate equilibrium conditions may be the most important objective in any river restoration project.

Espace de liberté au Vermont
Vermont Agency of Natural Resources

Making space for water

Taking forward a new Government strategy for flood and coastal erosion risk management in England

First Government response to the autumn 2004 *Making space for water* consultation exercise

March 2005



HM TREASURY

Office of the Deputy Prime Minister
Creating sustainable communities

Department for Transport

defra
Department for Environment, Food and Rural Affairs

Room for the River, Netherlands

Gallery

1 2 3 4 next



Aerial view of the River Rhine as it flows through Arnhem

Innovative river management in the Netherlands

Realising that a totally new approach to river management must be applied, the Dutch government developed the Room for the River programme which is being implemented by the Ministry of Infrastructure and Environment. This programme will provide flood control by allowing Dutch rivers to expand naturally during periods of high flows at 39 project sites, and is expected to be completed by 2015.

Budget de 3 milliards € aux Pays-Bas

Obstacles à l'application de l'espace de liberté au Québec

- ▶ Loi sur les compétences municipales: impact de l'enlèvement de toute “obstruction qui menace la sécurité des personnes ou des biens” (e.g. arbres)
- ▶ Ailleurs: on restaure en *ajoutant* des arbres (“large woody debris”)...

Leaving Room for Rivers

River management is entering a new phase; one where natural processes such as erosion and deposition are left unchecked; one where rivers and streams are provided with space to choose their own pathways and channel shapes. LWD has an important role to play in helping to speed up these processes.



Les résultats en résumé

- ▶ Nous proposons une méthode de cartographie qui intègre inondabilité, mobilité et milieux humides pour déterminer deux niveaux principaux d'espace de liberté du cours d'eau (espace minimal et espace fonctionnel)
- ▶ Cette cartographie est robuste, i.e. elle est valide en climat actuel et futur

Résultats résumés (suite)

- ▶ Les cadres normatifs existants (e.g. zones 0–20 ans, 20–100 ans) pourraient être révisés. Par exemple:
 - L_{\min} : pas d'aménagement;
 - L_{fonc} : aménagements possibles avec considération pour l'aléa (inondabilité, mobilité)
- ▶ Une modification des cadres normatifs permet à long terme de faire des économies dans la gestion (e.g. stabilisation) tout en améliorant la qualité des cours d'eau

Conclusions

- ▶ Une gestion durable des cours d'eau nécessite une connaissance des processus hydro-géomorphologiques, dont la dynamique d'érosion des méandres et le rôle de la plaine d'inondation font partie.
 - ▶ L'espace de liberté est une véritable approche de développement durable, avec des bénéfices environnementaux, sociaux et économiques pour les générations futures.
- 

Remerciements



<http://www.eaurmc.fr/espace-dinformation>

- Thomas Buffin-Bélangier, Claude-André Cloutier, Sylvio Demers, Taylor Olsen (UQAR)
- Guérolé Choné (Concordia)
- Marie Larocque, Marie-Audray Ouellet, Michael Needelman (UQAM)
- François Brissette (ETS)
- Diane Chaumont, David Huard, Claude Desjarlais (Ouranos)
- Nathalie Martel (MDDEFP)
- Simon Lajeunesse (MRC Brome Missisquoi)

Fondsvert Québec



Développement durable,
Environnement,
Faune et Parcs
Québec

MRC BROME-
MISSISQUOI.CA

Sécurité publique
Québec



Références

- ▶ Biron, P.M., Buffin-Bélanger, T., Larocque, M., Choné, G., Cloutier, C.-A., Ouellet, M.-A., Demers, S., Olsen, T., Desjarlais, C. and Eyquem, J. (2014) Freedom space for rivers: a sustainable management approach to enhance river resilience. *Environmental Management*. 54, 5, 1056–1073.
- ▶ Buffin-Bélanger, T., Biron, P.M., Larocque, M., Demers, S., Olsen, T., Choné, G., Ouellet, M.-A., Cloutier, C.-A., Desjarlais, C., Eyquem, J. (accepté) Freedom space for rivers: an economically viable river management concept in a changing climate. *Geomorphology*. (accepté le 11 novembre 2014)
- ▶ Rapp, C.F. et Abbe, T.B. (2003) A framework for delineating channel migration zones, Washington State Department of Ecology, Olympia, Washington, 2003.
<https://fortress.wa.gov/ecy/publications/publications/0306027.pdf>