

# Le coût et les bénéfices de l'espace de liberté des cours d'eau

Pascale Biron

Département de géographie, urbanisme et environnement



# Gestion des corridors fluviaux au Québec

- ▶ Bandes riveraines restreintes, beaucoup de stabilisation



Rivière Yamachiche:  
mais sans bande riveraine



Stabilisation de la berge  
du parc Goodhue à Freligh



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\$,  
soit 1450\$/m)



Première décharge (près de St-Jude),  
Montérégie Est. Enroché en 2012 sur 550  
m (à 4000\$/m, soit 2,2 millions\$)

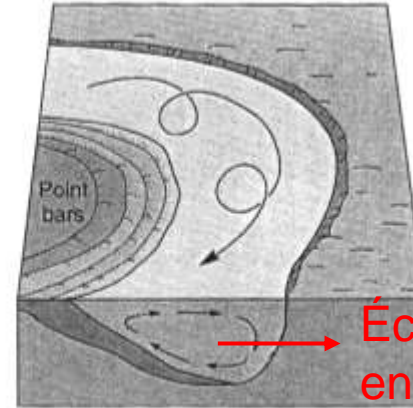
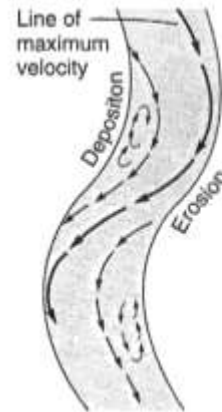


# Espace de liberté: approche de gestion basée sur la dynamique naturelle des cours d'eau (hydrogéomorphologie)

- ▶ 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

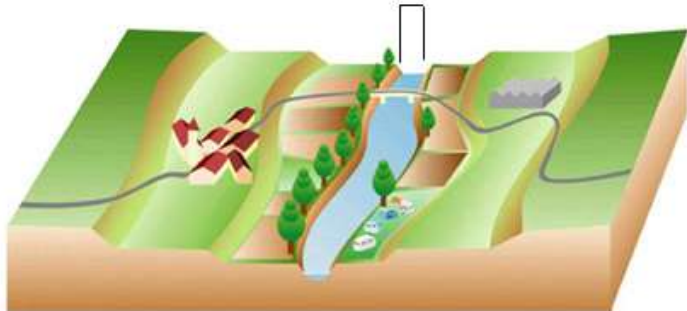
Niveau plein-bord atteint  
à chaque 1.5 - 2 ans



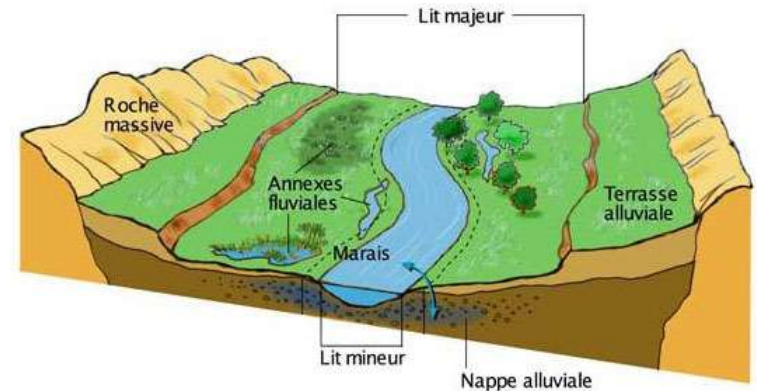
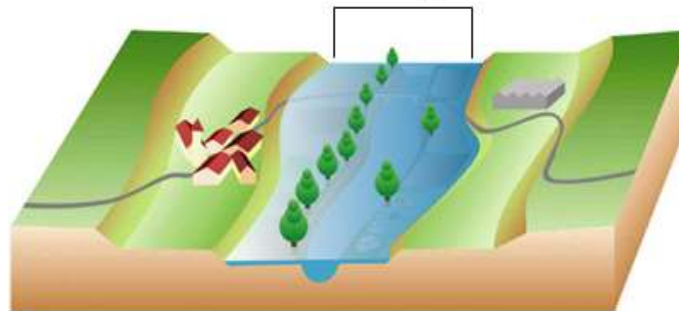
<http://www.mfwvc.org/floodplain.html>

# Espace de liberté = Espace de mobilité + espace d'inondabilité...

Lit Mineur

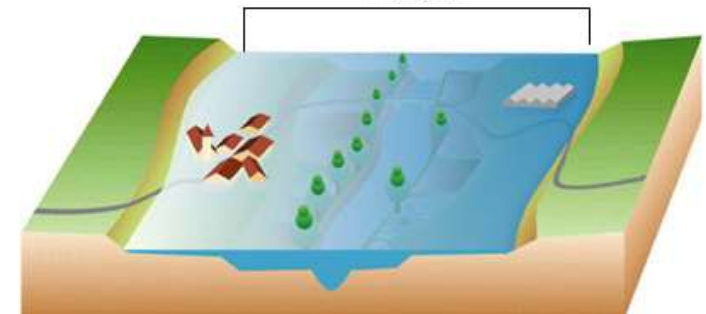


Lit moyen

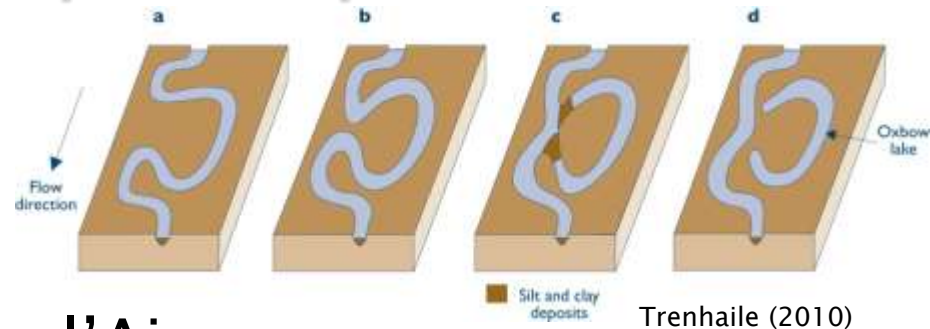


+ milieux humides  
(espace d'intégrité)

Lit Majeur



# Espace de liberté et création de milieux humides: services écosystémiques



## Recoupement de méandre sur l'Ain (France)

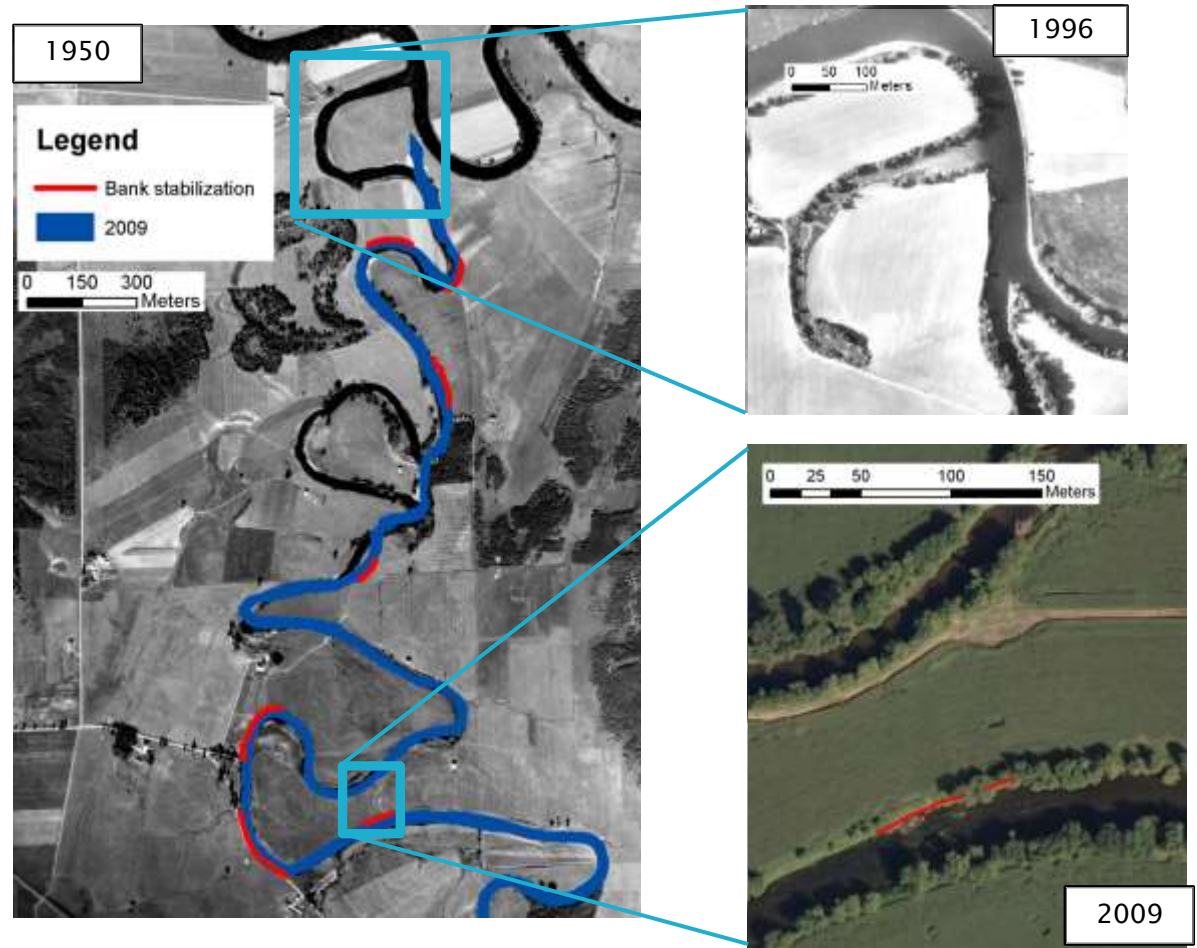


Milieu humide créé



# 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

# Espace de liberté et bandes riveraines élargies: services écosystémiques



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



[http://www.oh.nrcs.usda.gov/programs/lake\\_erie\\_buffer/images/grass\\_fs\\_allen\\_co.jpg](http://www.oh.nrcs.usda.gov/programs/lake_erie_buffer/images/grass_fs_allen_co.jpg)



TerraDaily



# Projet Espace de liberté: Objectif

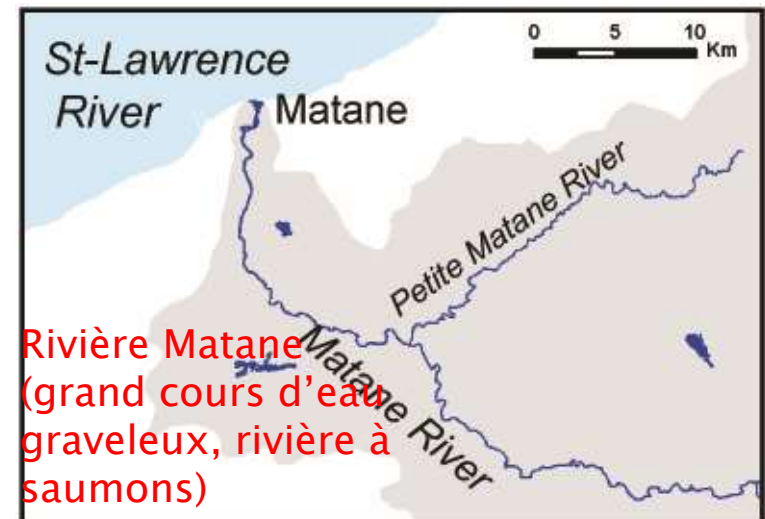
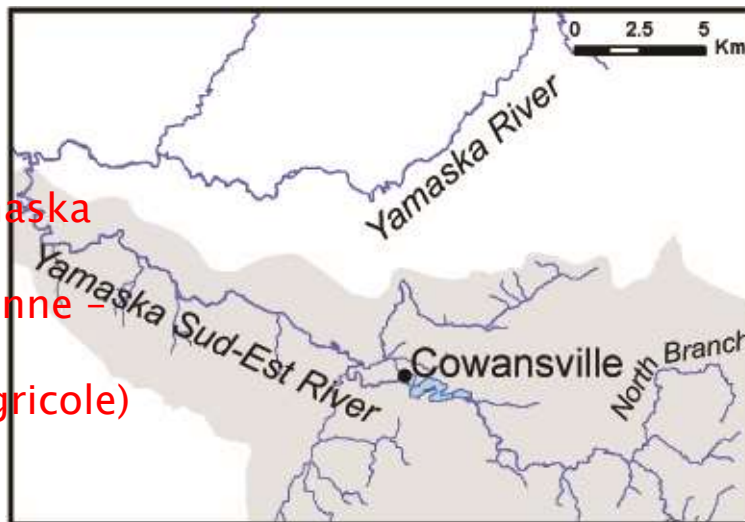
- ▶ Développer une approche de gestion des cours d'eau québécois basée sur le concept d'espace de liberté pour renforcer la *résilience* des systèmes fluviaux face à l'augmentation de la variabilité et de l'amplitude des débits liquides et solides liée aux changements climatiques



# Analyse économique: Objectifs

- ▶ Effectuer une analyse avantages-coûts pour établir le bilan net des avantages par rapport aux coûts de la mise en place d'espace de liberté pour trois cours d'eau du Québec;
- ▶ Analyser l'impact des services écosystémiques procurés par l'espace de liberté dans l'analyse économique.

# 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)



# Deux niveaux de mobilité : M1 et M2

**M1 : Projection des taux historiques d'érosion de berge pour les prochains 50 ans**



**M2 : Mobilité à plus long terme à partir des caractéristiques des méandres**

**Aléas**  
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



# Trois niveaux d'inondabilité : N1, N2 et N3

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

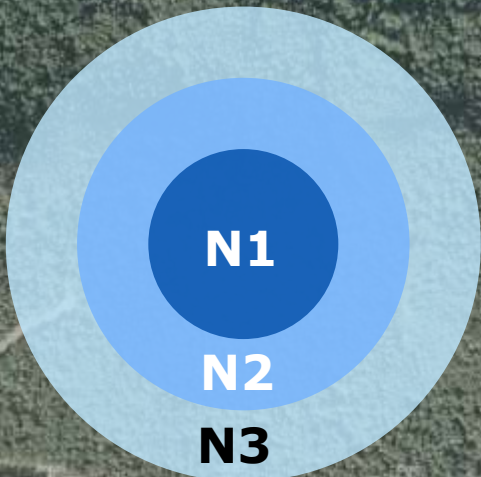
 N1

 N2

 N3

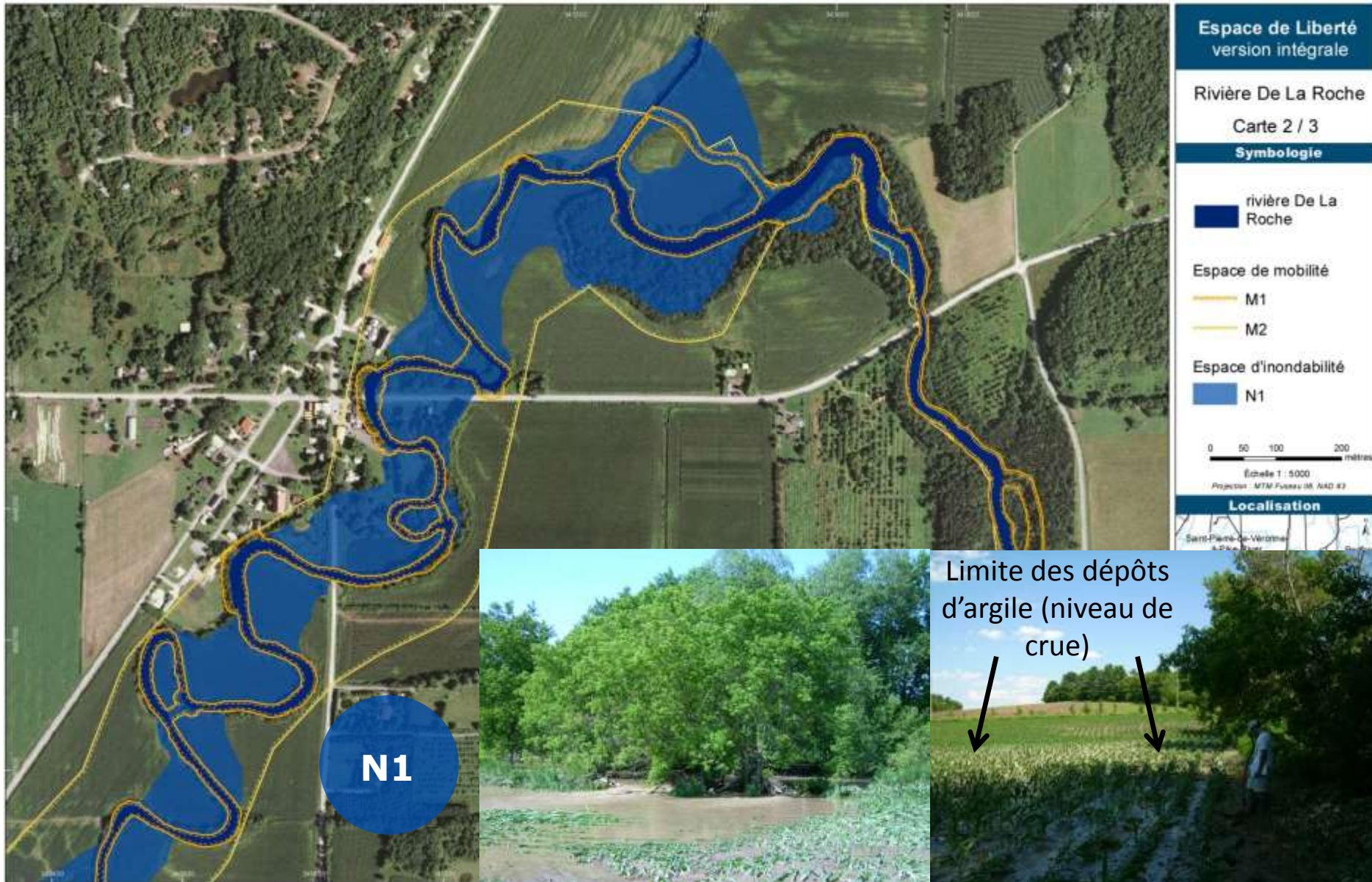
0 50 100 200 mètres  
Échelle 1 : 5000  
Projection : NTM Niveau 06, NAD 83

Localisation





# Basses Terres: un seul niveau d'inondabilité : N1

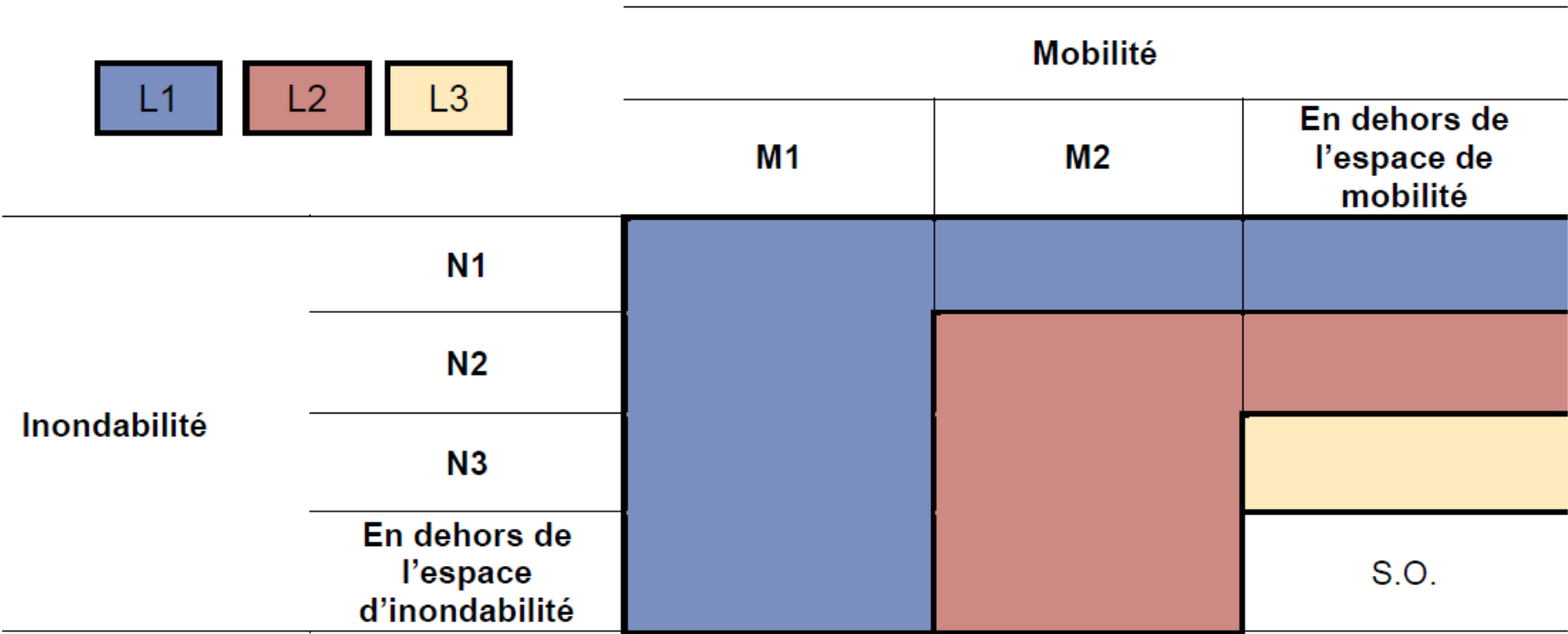




# Espace de liberté

=

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

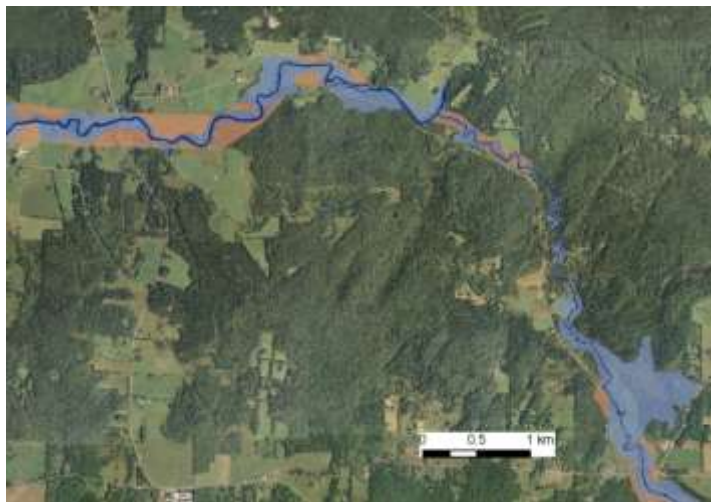


# Espace de liberté

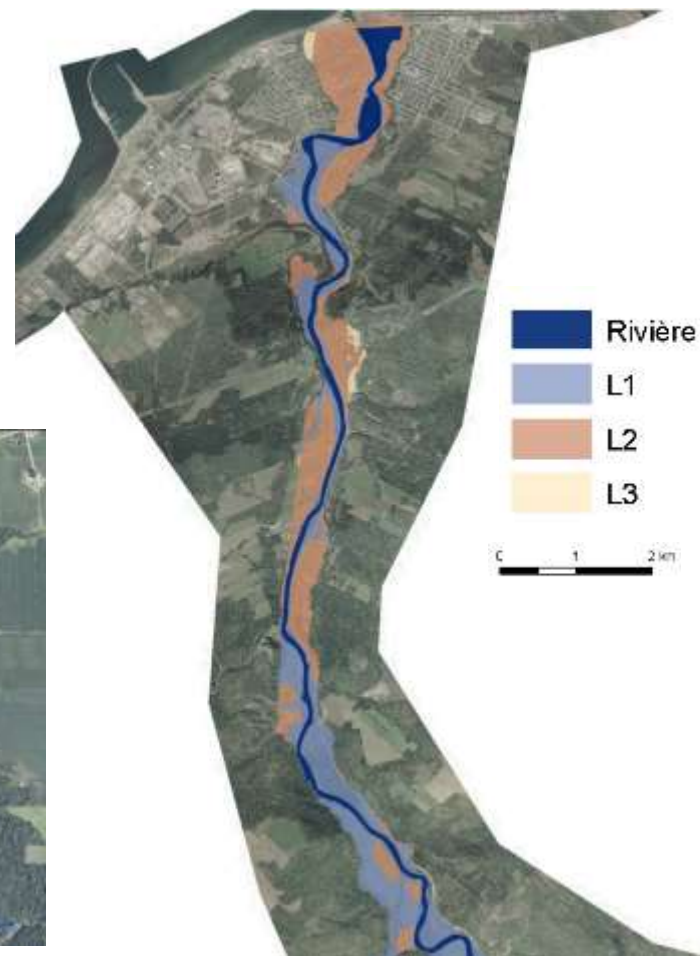
- ▶ Niveau L1 (niveau minimal):
  - Inondations très fréquentes (N1) OU
  - Mobilité active basée sur l'érosion des berges observée et extrapolée (M1) OU
  - Zones de milieux humides riverains
- ▶ Niveau L2 (niveau fonctionnel):
  - Inondations fréquentes (N2) OU
  - Mobilité basée sur l'amplitude des méandres (M2)
- ▶ Niveau L3:
  - Inondations exceptionnelles (N3) et faible mobilité

# Espace de liberté

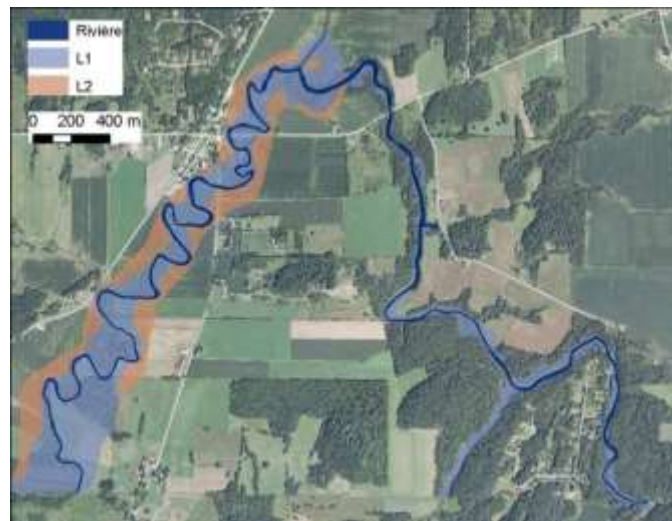
Rivière Yamaska Sud-Est (amont)



Rivière Matane (aval)

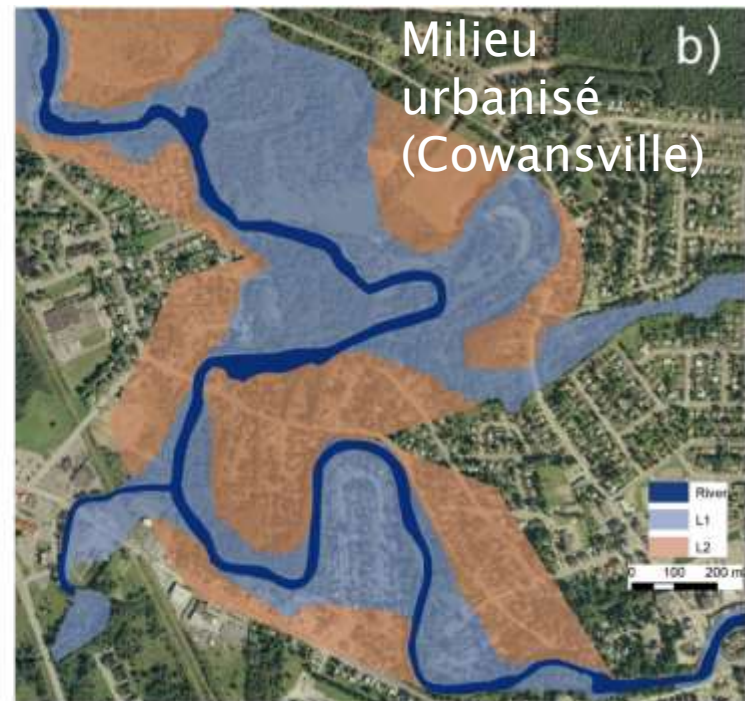
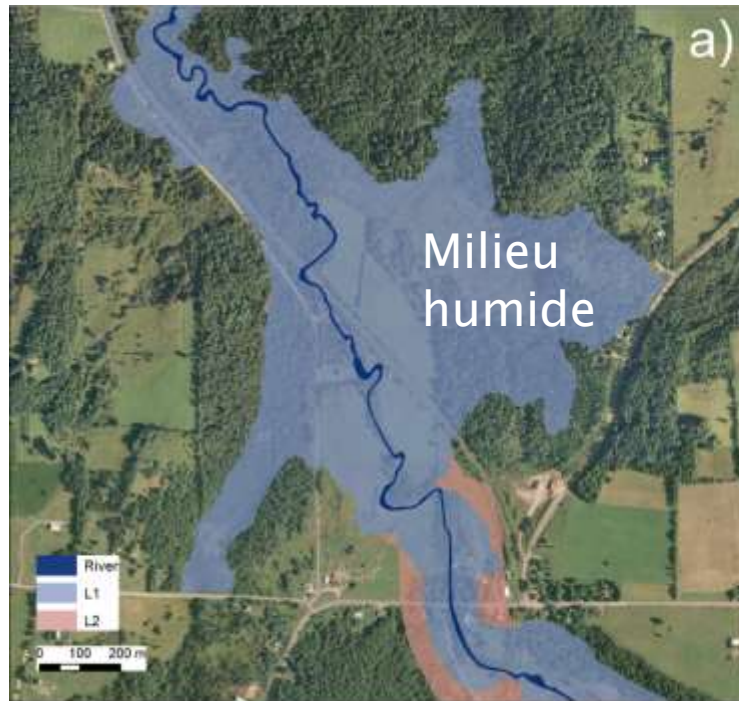


Rivière de la Roche





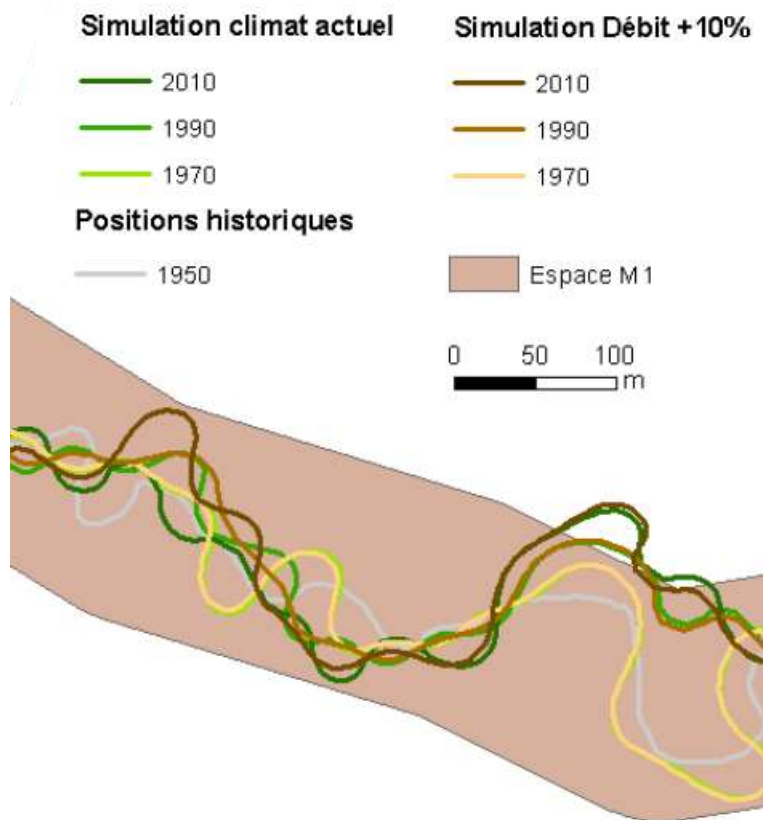
# Espace de liberté: largeur variable



Yamaska Sud-Est

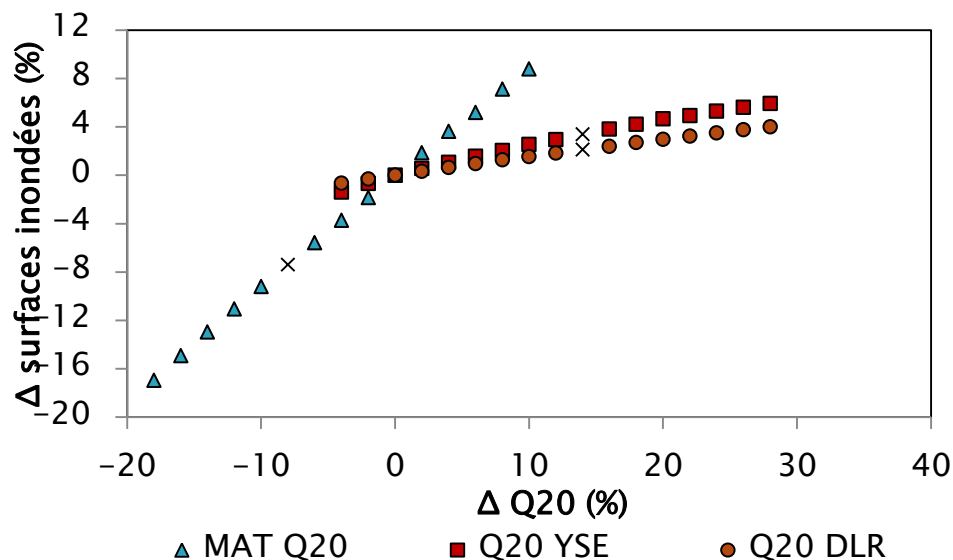
# Sensibilité aux changements climatiques

## Mobilité



**Changements dans l'espace de mobilité avec un débit 10% plus large : < 1%**

## Inondabilité



**Changements dans l'espace d'inondabilité avec débits plus larges : < 3 %**

# Analyse avantages–coûts

- ▶ Superficies L1 de l'espace de liberté (niveau considéré comme minimal)
- ▶ 50 années
- ▶ Taux d'actualisation de 4%

Analyse de sensibilité avec des taux de 2% et 6%

# Les coûts

- ▶ Exprop~~X~~riations Pas socialement acceptable et trop coûteux
- ▶ Perte de droit de construction 
- ▶ Perte de droit de culture 
- ▶ Restauration et amén~~X~~agement du cours d'eau  
Restauration passive seulement (sans intervention  
et donc sans coût)



# Perte de droit de construction

- ▶ Constructions futures seulement
  - ▶ Zones urbaines:
    - Yamaska Sud-Est: Cowansville, Lac Brome, Brome et Sutton
    - de la Roche: Saint-Armand;
    - Matane: St-René-de-Matane et Matane
  - ▶ Valeur médiane des lots vacants:
    - 122 400\$/ha (Yamaska Sud-Est et de la Roche);
    - 17 500\$/ha (Matane)
- Valeur moyenne beaucoup plus faible en général (analyse de sensibilité avec des valeurs 50% et 75% plus faibles)

# Perte de droit de culture

- ▶ Calcul basé sur le concept de servitude utilisé au Vermont
- ▶ Interdiction de protéger les berges, remblayer ou draguer la rivière + bandes riveraines de 15 m



- ▶ Yamaska Sud-Est et de la Roche: 3200\$/ha
- ▶ Matane: 755\$/ha
- ▶ **Analyse de sensibilité (6400\$ et 1510\$/ha)**

Servitude avec compensation financière en 2009 (financée par le “Vermont Rivers Program”) pour 5 hectares comprenant 675 m de rivière


# Les avantages

- ▶ Réduction des coûts de protection des berges
- ▶ Réduction des dommages liés aux inondations
- ▶ Protection des milieux humides
- ▶ Élargissement de la bande riveraine




**Services écosystémiques**

# Réduction des coûts de protection des berges

- ▶ Protection de berges estimée à 500\$/m (valeur basée sur données de la MRC Brome-Missisquoi et de consultants en Ontario (Parish Geomorphic))
  - ▶ Protections additionnelles évitées dans le futur (dans les zones avec érosion active)
  - ▶ Entretien évité des protections existantes
- 



# Réduction des inondations

- ▶ Réduction des dommages aux cultures agricoles retirées de l'espace de liberté (plus besoin d'assurance récolte dans ces zones)
  - ▶ Valeur basée sur les statistiques d'assurance de la Financière Agricole du Québec (2012)
  - ▶ Réduction des dommages en milieu urbain pas tenue en compte puisque pas d'expropriations
- 

# Services écosystémiques

## 1. Milieux humides

Utilisation d'une méta-analyse pour le transfert de bénéfices :  
étude de cas des milieux humides des bassins versants des rivières Yamaska et Bécancour

Jie He<sup>1</sup>, Jean-Pierre Reverêt<sup>2</sup>, Fanny Moffette<sup>3</sup>, Jean-Philippe Boyer<sup>4</sup> et Jérôme Dupras<sup>5</sup>

COMMISSARIAT  
GÉNÉRAL AU  
DÉVELOPPEMENT  
DURABLE

n° 23  
Juin  
2010

### Études & documents

*Evaluation économique  
des services rendus par  
les zones humides*

**Nature's Value in the McKenzie Watershed**  
A Rapid Ecosystem Service Valuation

May 2012

## 2. Bandes riveraines

EARTH  
ECONOMICS

Batker et Schmidt (2012)

# Milieux humides

- ▶ Création de nouveaux milieux humides (recoupements de méandres) sur 50 ans (2% par an) dans l'espace de liberté
  - Analyse de sensibilité pour un taux de création sur 25 ans (4% par an)
- ▶ Avantages:
  - Régulation des eaux (crues et étiages)
  - Filtration des sédiments
  - Biodiversité
- ▶ Valeur tirée de He et al. (2013) sur le bassin de la Yamaska: 5,590\$/ha/an, ajustée pour la Matane à 4,950\$/ha/an



# Bandes riveraines

- ▶ Largeur actuelle de 3 m augmentée à 15 m dans l'espace de liberté
- ▶ Avantages:
  - Amélioration de la qualité de l'eau (filtration des sédiments, température)
  - Pollinisation
  - Régulation des crues
  - Lutte contre l'érosion des sols
  - Biodiversité
- ▶ Étude économique de Batker et Schmidt (2012) en Oregon adaptée pour le PIB de la Montérégie et de la Gaspésie
- ▶ Approche conservatrice, basée sur la valeur inférieure pour les services locaux ne comprenant pas la captation de carbone et les valeurs esthétiques et récréatives:
  - 958\$/ha pour la Yamaska Sud-Est et de la Roche
  - 908\$/ha pour la Matane

# Analyse coûts-avantages

**+2,4 millions \$**

Type	Catégorie	Valeur (\$ CAD)
<b>Rivière Yamaska Sud-Est</b>		
Coûts	Perte de droit de construction	-2 913 120
	Perte de droit de culture	-1 453 832
Avantages	Réductions des coûts de protection – mesures additionnelles	3 269 009
	Réductions des coûts de protection – mesures existantes	589 260
	Réductions des dommages dus aux inondations (terres agricoles)	142 703
	Augmentation de la superficie des milieux humides	1 499 615
	Création d'une bande riveraine de 15 m	1 241 028
<b>Total</b>		<b>2 375 263</b>

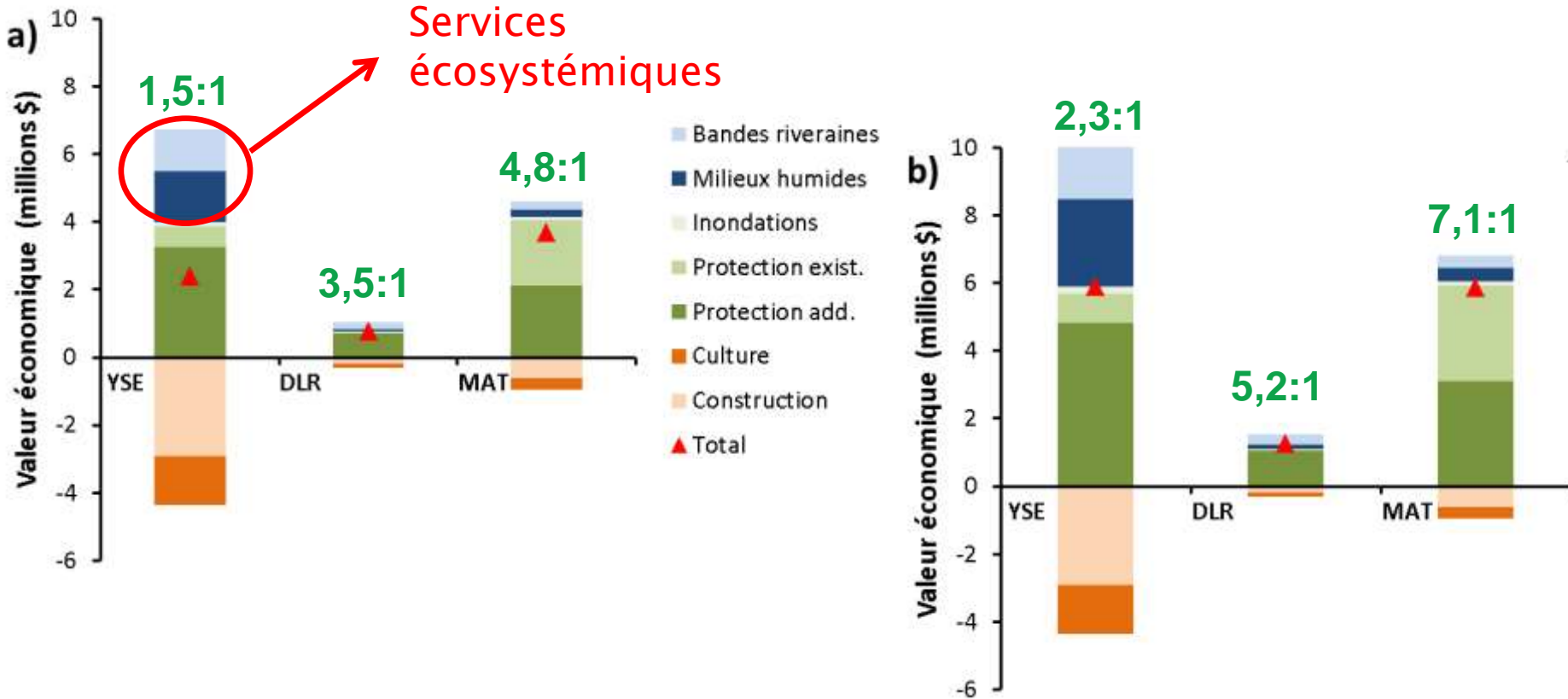
**+0,8 millions \$**

<b>Rivière De La Roche</b>		
Coûts	Perte de droit de construction	-183 600
	Perte de droit de culture	-115 969
Avantages	Réductions des coûts de protection – mesures additionnelles	705 487
	Réductions des coûts de protection – mesures existantes	42 676
	Réductions des dommages dus aux inondations (terres agricoles)	11 298
	Augmentation de la superficie des milieux humides	57 848
	Création d'une bande riveraine de 15 m	220 059
<b>Total</b>		<b>746 799</b>

**+3,7 millions \$**

<b>Rivière Matane</b>		
Coûts	Perte de droit de construction	-630 000
	Perte de droit de culture	-330 172
Avantages	Réductions des coûts de protection – mesures additionnelles	2 107 479
	Réductions des coûts de protection – mesures existantes	1 937 764
	Réductions des dommages dus aux inondations (terres agricoles)	90 176
	Augmentation de la superficie des milieux humides	224 587
	Création d'une bande riveraine de 15 m	263 829
<b>Total</b>		<b>3 663 663</b>

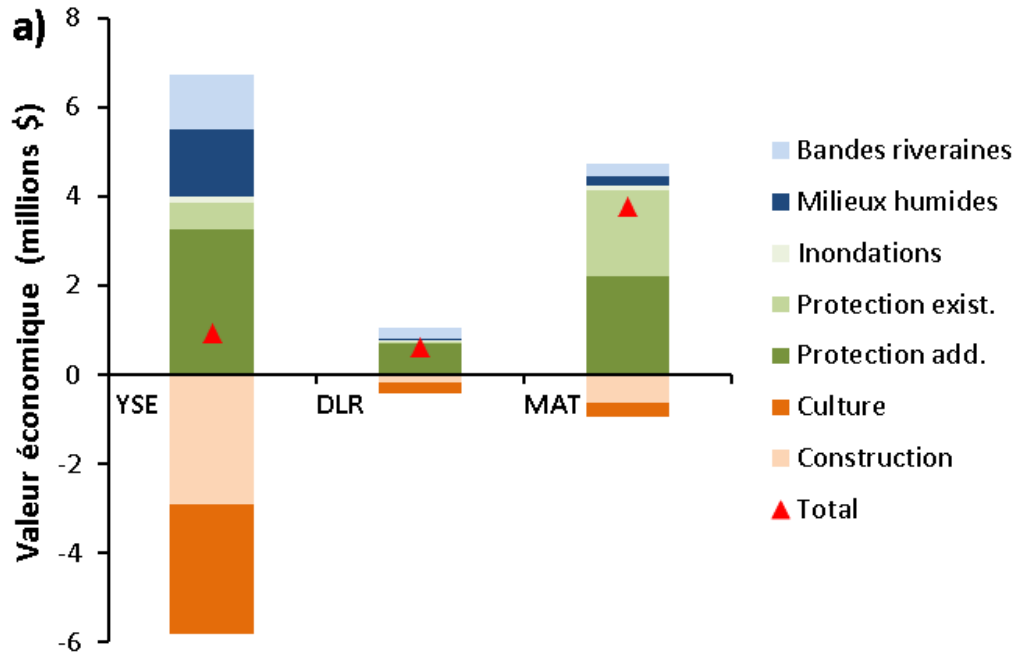
# Analyse avantages-coûts



Taux d'escompte de 2% (préférable pour tenir en compte les services écosystémiques qui surviennent plus tard)



# Analyses de sensibilité



Conditions les plus  
*défavorables* à  
l'espace de liberté

Conditions les plus  
*favorables* à l'espace  
de liberté

# En résumé

- ▶ Aménagement de l'espace de liberté socialement avantageux pour les trois rivières en combinant les économies de protection des berges et les services écosystémiques;
- ▶ Résultats robustes aux analyses de sensibilité;
- ▶ Approche conservatrice: plusieurs bénéfices non pris en compte (e.g. inondations de bâtiment évitées dans les zones constructibles et captation de carbone);
- ▶ Services écosystémiques: jouent un rôle important dans l'analyse avantages-coûts, particulièrement sur la rivière Yamaska Sud-Est qui se trouve dans un bassin versant fortement dégradé.

# Limites et perspectives futures

- ▶ Espace de liberté calculé sur les branches principales, pas sur les tributaires et/ou cours d'eau de tête
- ▶ Petits cours d'eau de tête (ordre 1 et 2) ~ 80% de la longueur des rivières dans les bassins-versants

Bassin Des Fèves (tributaire de la Châteauguay, 66 km<sup>2</sup>):

Ordre	Longueur (km)	Pourcentage
1	179,77	59,1
2	66,45	21,9
3	28,62	9,4
4	8,67	2,9
5	8,41	2,8
6	11,97	3,9
<b>Total</b>	<b>303,89</b>	<b>100,0</b>



0 0,5 1 2 3 4 Kilomètres

# Limites et perspectives futures (suite)

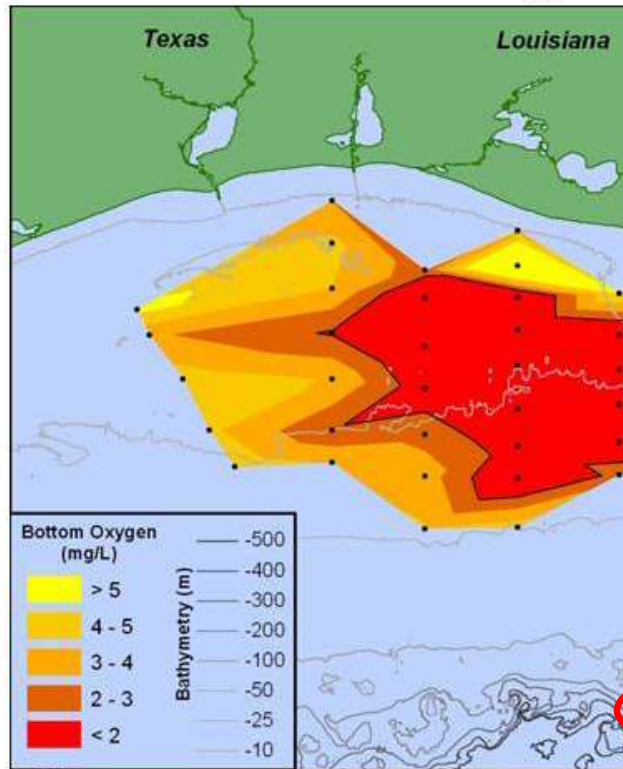
- ▶ En milieu agricole, les petits cours d'eau de tête de bassin contribuent de façon significative à la détérioration de la qualité de l'eau (e.g. pollution diffuse d'azote et de phosphore)
- ▶ Exemple du Mississippi





# Problème à l'embouchure (Golfe du Mexique)

## Bottom-water dissolved oxygen



Data source: N.N. Rabalais, Louisiana L  
Funded by: NOAA, Center for Sponsor

## Une «zone morte» record dans le golfe du Mexique

*Les déserts sous-marins prennent de l'ampleur à travers le monde*

28 juin 2013 | Agence France-Presse , Alexandre Shields | Actualités sur l'environnement

Le golfe du Mexique souffre toujours des conséquences environnementales de l'immense marée noire survenue en 2010. Mais cette année, les scientifiques américains prévoient qu'un autre fléau frappera cette région maritime fragilisée: une «zone morte» d'une ampleur inégalée. Une menace pour toute une industrie de la pêche déjà passablement mal en point.

L'Agence océanique et atmosphérique américaine (NOAA) prévoit que cette zone pourrait faire plus de 22 000 km<sup>2</sup> au cours de l'été, soit l'équivalent de la superficie de l'État du New Jersey, ou encore 45 fois l'île de Montréal. Avec des teneurs très faibles ou inexistantes en oxygène dans l'eau, la faune marine dans sa grande majorité — notamment les crustacés et les poissons — ne peut survivre dans une telle zone.

Le golfe du Mexique n'en est pas à sa première zone morte de grande ampleur. En 2002, le Golfe avait déjà connu une zone morte d'une superficie de 21 965 km<sup>2</sup> au large de la Louisiane, du Texas et de la Floride, la plus importante jamais observée alors, précise la NOAA sur son site Internet. Ces cinq dernières années, la superficie moyenne de ces zones a été de 14 500 km<sup>2</sup>, selon l'agence.

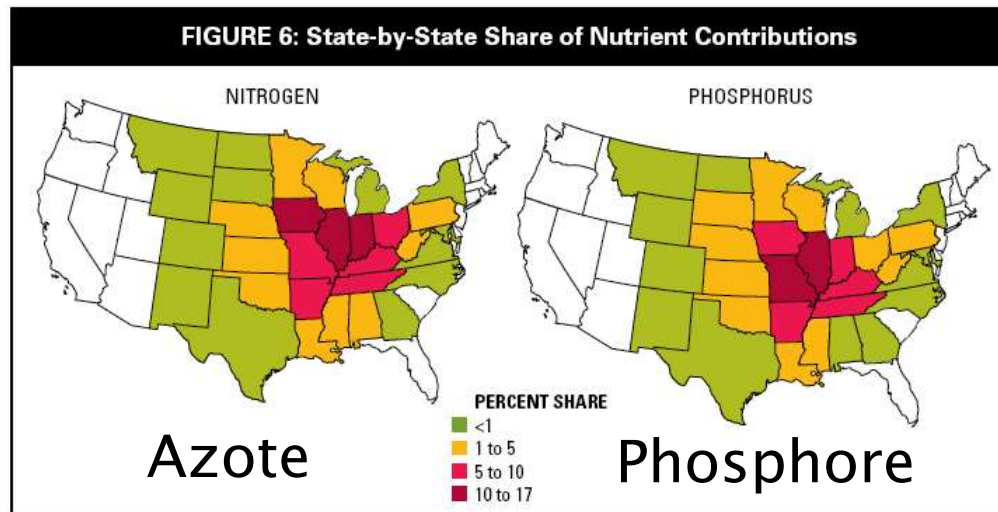
L'agriculture en cause

Ce désert sous-marin se forme annuellement à partir du delta du Mississippi. C'est que le mythique fleuve draine près de 40 % des eaux des États-Unis, dont une bonne partie de celles qui s'écoulent des zones agricoles, notamment des champs de maïs. C'est ainsi que chaque année, des centaines de milliers de tonnes d'azote s'écoulent dans le fleuve, mais aussi des dizaines de milliers de tonnes de phosphate. Cet apport favorise une croissance phénoménale d'algues qui, une fois mortes, se décomposent et monopolisent tout l'oxygène disponible. C'est alors la mort assurée pour les autres êtres vivants.

Superficie de

# Cause du problème?

- ▶ Azote et phosphore provenant surtout de la tête du bassin (milieu agricole)



Source: U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Nutrient contributions to the gulf, by state ([http://water.usgs.gov/nawqa/sparrow/gulf\\_findings/by\\_state.html](http://water.usgs.gov/nawqa/sparrow/gulf_findings/by_state.html))

- ▶ Tête du Mississippi et Bassin de l'Ohio-Tennessee = 31% de la superficie du bassin versant
- ▶ Apportent 82% de l'azote et 58% du phosphore

# Solution?

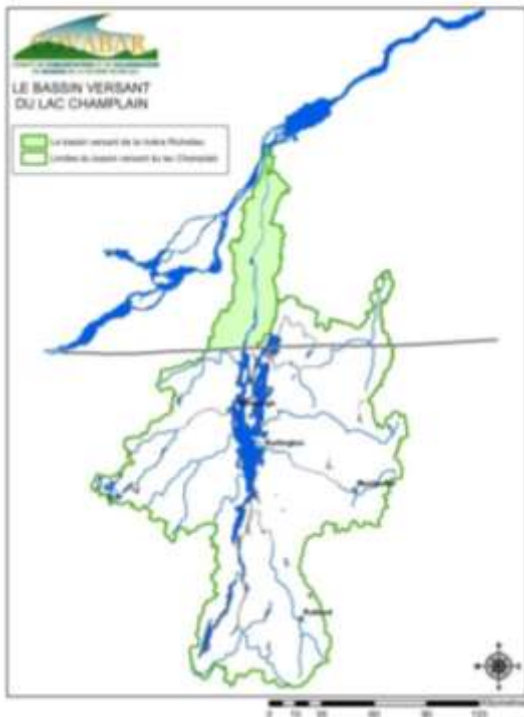
- ▶ Revoir la gestion des cours d'eau de tête (cours d'eau en milieu agricole)



Ensemble des tributaires du Mississippi

# Au Québec...

- ▶ Lac St-Pierre: notre “Golfe du Mexique”?



Bassin-versant du Richelieu



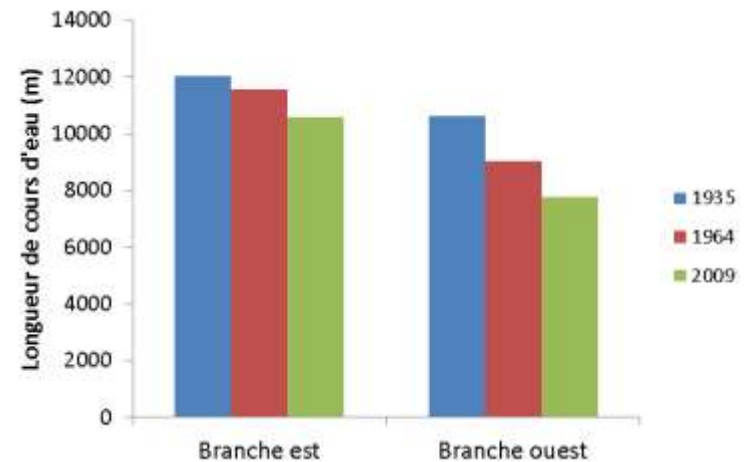
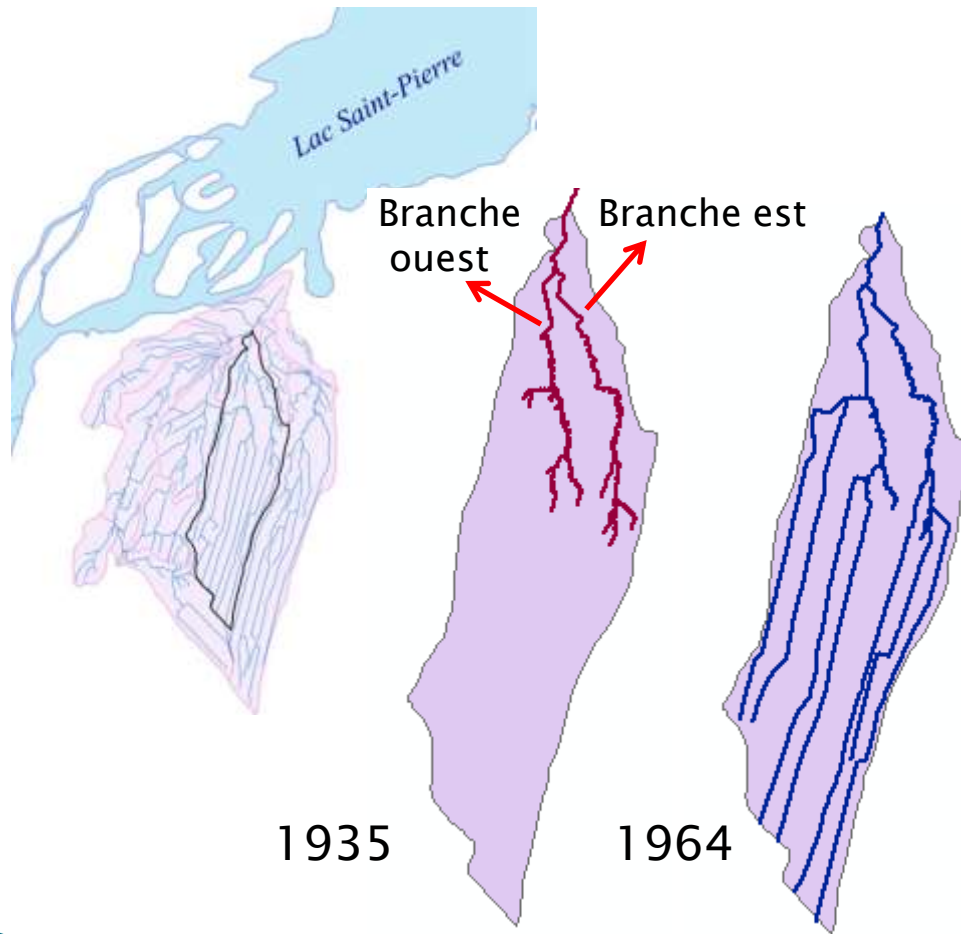
Bassin-versant de la Yamaska



Bassin-versant de la St-François



# Exemple: Petit Pot au Beurre (Baie Lavallière)



- Densité de drainage double entre 1935 et 1964
- Linéarisation de plusieurs méandres entre 1935 et 2009 (branche est: 12% plus courte; branche ouest: 27% plus courte)

# Limites et perspectives futures

- ▶ En milieu agricole, entretien des cours d'eau de tête linéarisés et des fossés est coûteux (~ 15–30K\$/km) et contribue à la détérioration de la qualité de l'eau, mais pas tenu en compte dans l'analyse avantages–coûts

280 km/an  
d'entretien de cours  
d'eau depuis 2 ans  
en Montérégie



# Entretien des cours d'eau



Travaux de nettoyage du cours d'eau Branche 52 de la rivière Schibouette à Saint-Liboire



Travaux de nettoyage du cours d'eau des Allongés à Saint-Pie

Pas de plaine  
d'inondation ( $\neq$  hydro-  
géomorphologie)



Pas de stockage  
de sédiments ( $\neq$   
hydro-  
géomorphologie)

Chenal trapézoïdal surcreusé pour ne  
pas déborder même lors des crues

# Entretien des cours d'eau



Travaux de nettoyage du cours d'eau Branche 52 de la rivière Schibouette à Saint-Liboire



Travaux de nettoyage du cours d'eau des Allongés à Saint-Pie

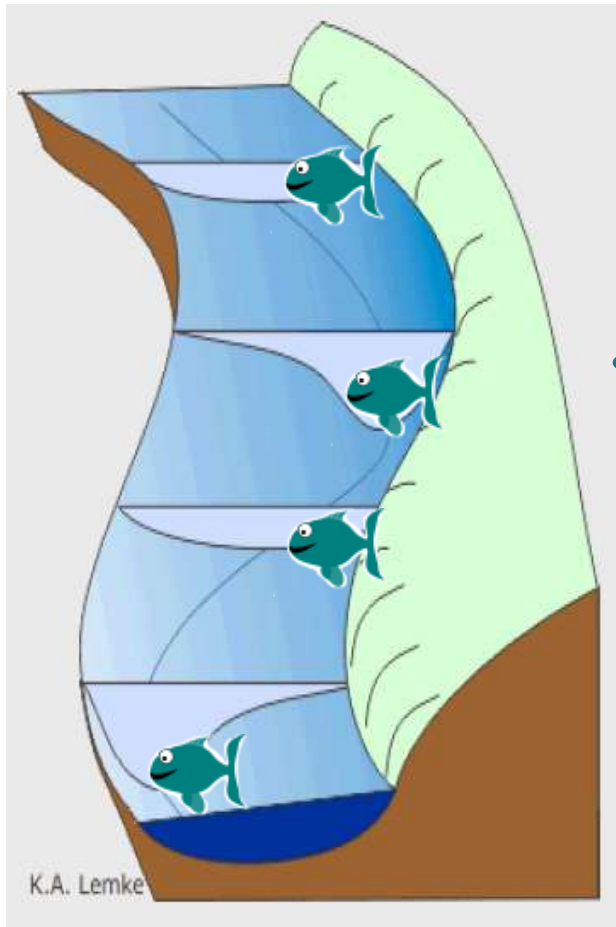
Les drains agricoles qui se jettent directement dans le cours d'eau...



contribuent à la détérioration de la qualité de l'eau



# Services écosystémiques des chenaux non entretenus: meilleur habitat



# Nouveau projet de recherche

- ▶ Analyse du design utilisé lors des entretiens de cours d'eau en milieu agricole



- Susan Gaskin (Professeure, génie civil)
- Esther Volmar (étudiante à la maîtrise, génie civil)

*Développement durable,  
Environnement,  
Faune et Parcs*

Québec 

- Caroline Bisson
- Mélissa Larochelle



Pascale Biron, professeure



Hugues Lachance,  
géomorphologue

# Limites et perspectives futures (suite)

- ▶ Coûts de la détérioration des cours d'eau lorsque l'espace de liberté n'est pas respecté n'a pas non plus été pris en compte



Rivière Petit Pot  
au Beurre

Espace  
d'inondabilité?  
Espace de mobilité?



# Limites et perspectives futures (suite)

- ▶ Projet pilote d'espace de liberté : sans doute plus d'impact à court terme sur des petits cours d'eau que sur les branches principales

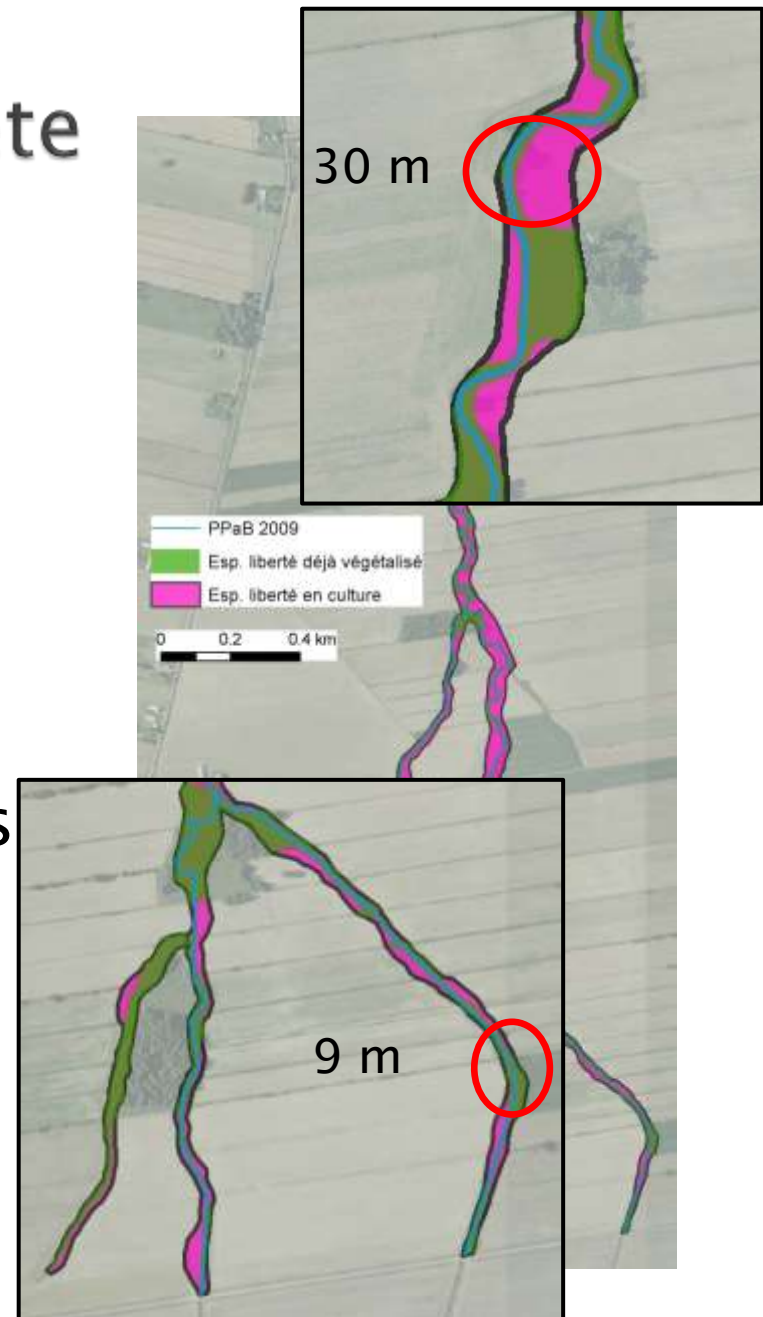


Rivière Petit Pot au Beurre dans un tronçon où l'espace de liberté est respecté



# Espace de liberté d'un petit cours d'eau de tête

- ▶ La bande riveraine n'a pas nécessairement besoin d'être de la même largeur partout pour respecter les concepts d'espace de liberté
- ▶ 24 ha d'espace de liberté, dont 12 ha déjà végétalisés dans la Petit Pot au Beurre



# Problème: perte de terres agricoles

- ▶ Rendement dans l'espace de liberté?



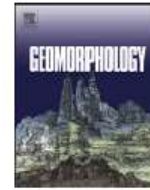
# Obstacles à l'application de l'espace de liberté au Québec

- ▶ 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.





Modeling channel morphodynamic response to variations in large wood:  
Implications for stream rehabilitation in degraded watersheds

Sarah L. Davidson\*, Brett C. Eaton

*Department of Geography, The University of British Columbia, 1984 West Mall, Vancouver, BC, Canada V6T1Z2*

Université Colombie–Britannique

- ▶ Méconnaissance des bénéfices apportés par la présence d'arbres dans les cours d'eau:
- ▶ “En augmentant la rugosité du chenal, le bois décroît l'énergie disponible pour transporter les sédiments et éroder le lit et les berges, ce qui résulte en une plus grande stabilité du lit et des berges”  
(Davidson et Eaton, 2013)





**UNIVERSITY OF CALIFORNIA**  
Division of Agriculture and Natural Resources

# Maintaining Wood in Streams: A Vital Action for Fish Conservation

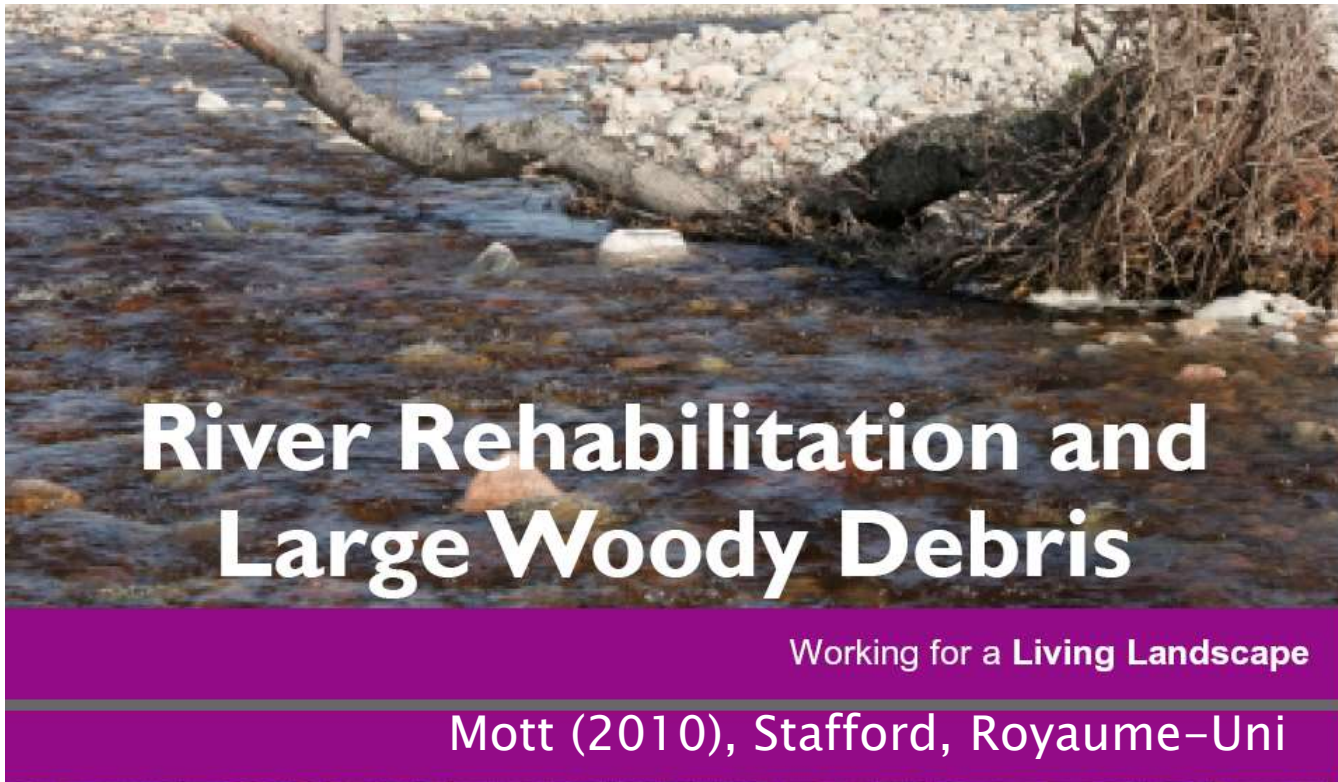
2006

**JEFF OPPERMAN**, Postdoctoral Researcher, Center for Watershed Sciences, UC Davis;  
**ADINA MERENLENDER**, Cooperative Extension Natural Resource Specialist, UC Berkeley;  
and **DAVID LEWIS**, UCCE Watershed Management Advisor, Sonoma County

Large woody debris (LWD) is a critically important resource for California's fish and wildlife. "Large woody debris" is defined as trees, logs, rootwads, and large tree branches that fall into streams and interact with the water, sediment, and organisms in the channel ([Figure 1](#)).



- ▶ Les branches captent non seulement les sédiments, mais aussi la matière organique qui sert de nourriture aux espèces aquatiques (75%)
- ▶ “Beaucoup de bois est enlevé des cours d’eau par erreur, en raison de la perception erronée de leur rôle dans les cours d’eau”



“La présence de débris ligneux est de plus en plus considérée comme une forme peu coûteuse de restauration des cours d’eau et comme un mode de protection contre les crues”





View of the collapsing gabions in 2008



View of the completed ELJ and the entrance to an old side channel.



August 2009. The gabion baskets were removed and replaced with living, sprouting willow trunks.



September 2009. It works! Just two weeks after the ELJ had been completed, a late summer storm resulted in spate conditions. The position of the ELJ re-activated an old channel. It is estimated that, at the peak, a third

### Concerns About Extreme Weather Focus on the Need for Better Resilience

PAGES 69–70

Weather disasters with damages exceeding \$1 billion each have hit the United States 151 times since 1980, and federal disaster declarations have increased from 65 in 2004 to 98 in 2012, according to the U.S. General Accounting Office (GAO). Concern about the number of disasters—including storms, droughts, floods, and wildfires—and their cost to the economy, infrastructure, and human lives was the focus of a 12 February U.S. Senate hearing on extreme weather events and the cost of not being prepared for them. Senators and witnesses spoke about the need for resilience, preparedness, and paying up front for measures that could save money and headaches when disasters occur.

“Unfortunately, extreme weather appears to be the new norm. Events like Superstorm Sandy, recent wildfires, dangerous tornados, and historic droughts may well be just the tip of the iceberg of what’s to come,” said Sen. Thomas Carper (D-Del.), chair of the Senate Committee on Homeland Security and Governmental Affairs.

Federal Emergency Management Agency (FEMA)] and FEMA is going to be writing some checks. That’s the worst approach in the sense of dealing with this issue. We can do this in a much better way.” Begich added that he is “confident that investing in mitigation is the right decision.”

At the hearing, Sen. Ron Johnson (R-Wisc.) expressed concern about whether there is an overreliance on the federal government to help out after a disaster strikes. He asked, “Are we being penny-wise and pound-foolish by not spending money up front to mitigate?”

#### *Investing in Resilience*


David Heyman, assistant secretary for policy at the Department of Homeland Security (DHS), testified that “investments today will help us save billions in the future.” He said that without a concerted national resilience effort, substantial economic losses from weather-related catastrophes in the United States likely will continue. Heyman added that DHS, which includes FEMA, has made a significant shift in its thinking and practice in

“D’un point de vue pratique, financer la résilience est un investissement nettement plus sage que de dépenser en fonds d’urgence en cas de désastre”

L. Patton, Zurich Insurance Group



# Conclusion

- ▶ L'espace de liberté est une véritable approche de développement durable, avec des bénéfices environnementaux, sociaux et économiques pour les générations futures.
  - ▶ Encore du travail pour faire accepter ces concepts, surtout en milieu agricole, mais l'approche de servitude dans l'espace de liberté permettrait sans doute une amélioration substantielle de la qualité de l'eau dans les cours d'eau de tête, combinée à une diminution des coûts d'intervention.
- 

# 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)
- Claude Desjarlais, Diane Chaumont, David Huard (Ouranos)
- Nathalie Martel (MDDEFP)
- Simon Lajeunesse (MRC Brome Missisquoi)



Développement durable,  
Environnement,  
Faune et Parcs

Québec



Sécurité publique  
Québec

