

Mobilité des cours d'eau, stabilisation des berges et habitat du poisson

Pascale Biron

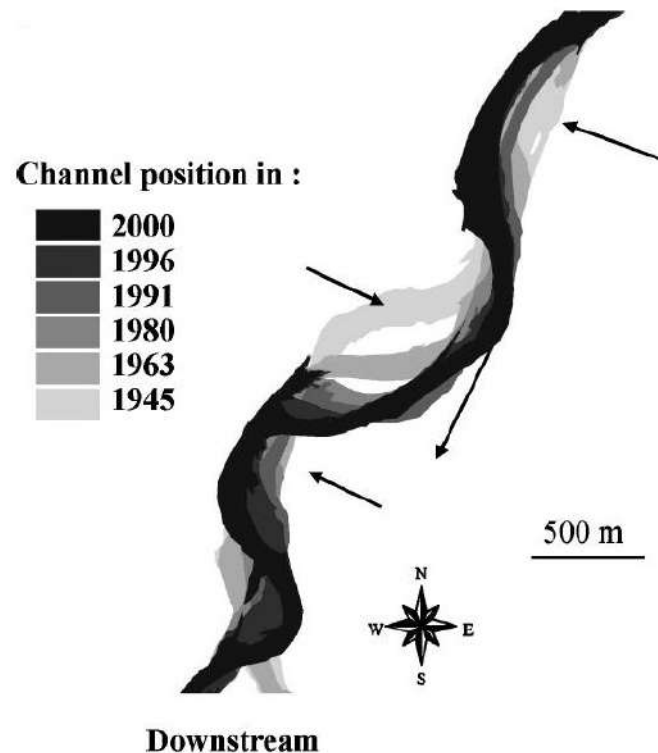
Département de géographie, urbanisme et environnement



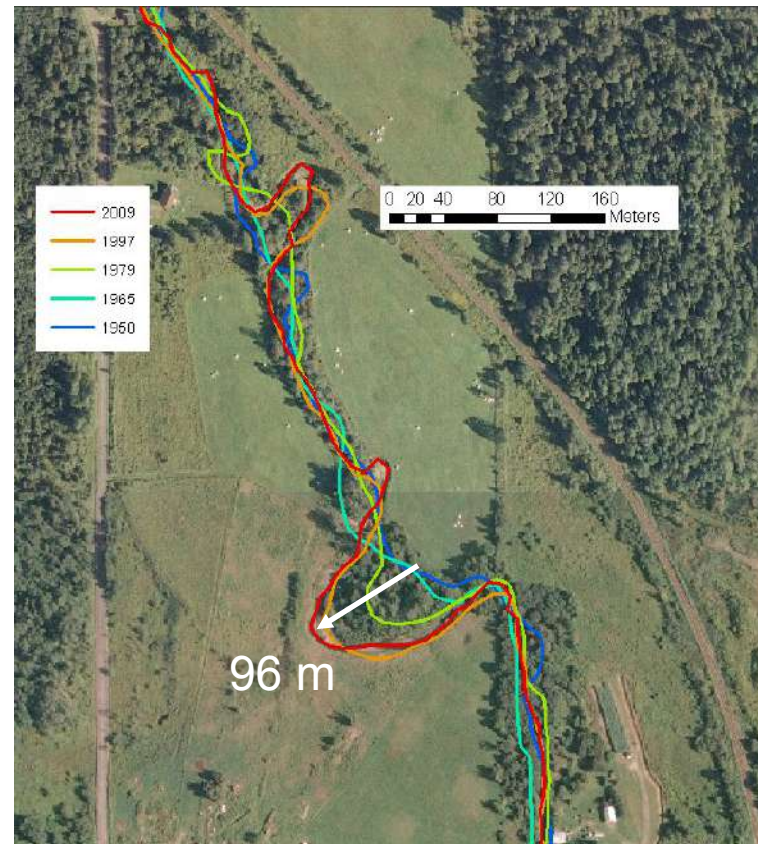
Plan

1. Quelques notions de base sur la mobilité des cours d'eau
2. Liens entre mobilité des cours d'eau et habitat faunique
3. L'impact de la stabilisation des berges sur l'habitat et les communautés de poisson

Partie 1: Notions de base sur la mobilité des cours d'eau



Mobilité de l'Ain entre 1945 et 2000 (Piégay et al., 2005)



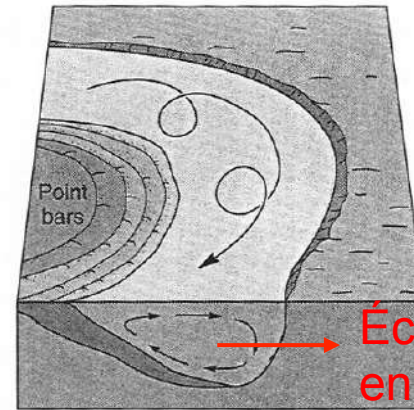
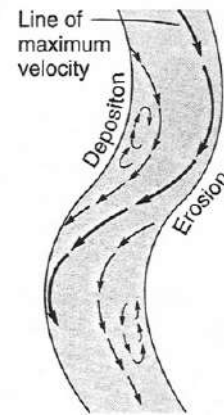
Mobilité de la rivière Yamaska Sud-Est entre 1950 et 2009 (Biron et al., 2013)

Mobilité des méandres et écoulement secondaire

- Les méandres migrent latéralement

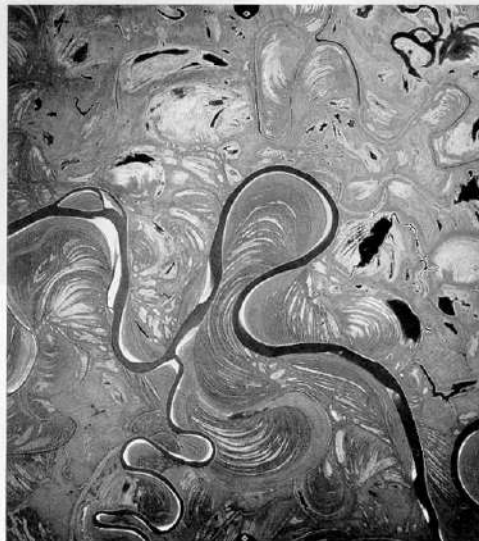


Photo: Copyright Louis Maher; Earth Science World Image Bank



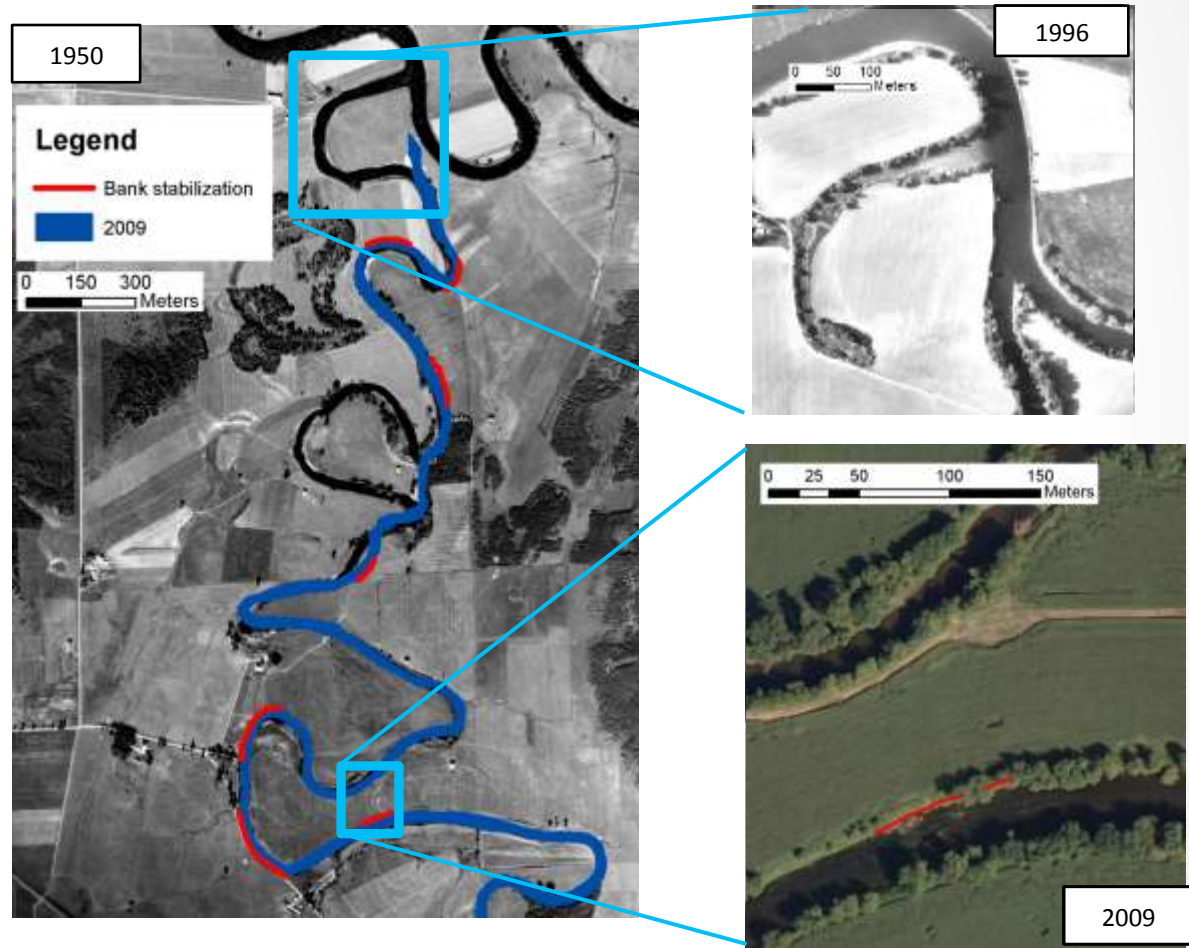
Écoulement
en spirale
(hélicoïdal)

Source: Easterbrook (1999)



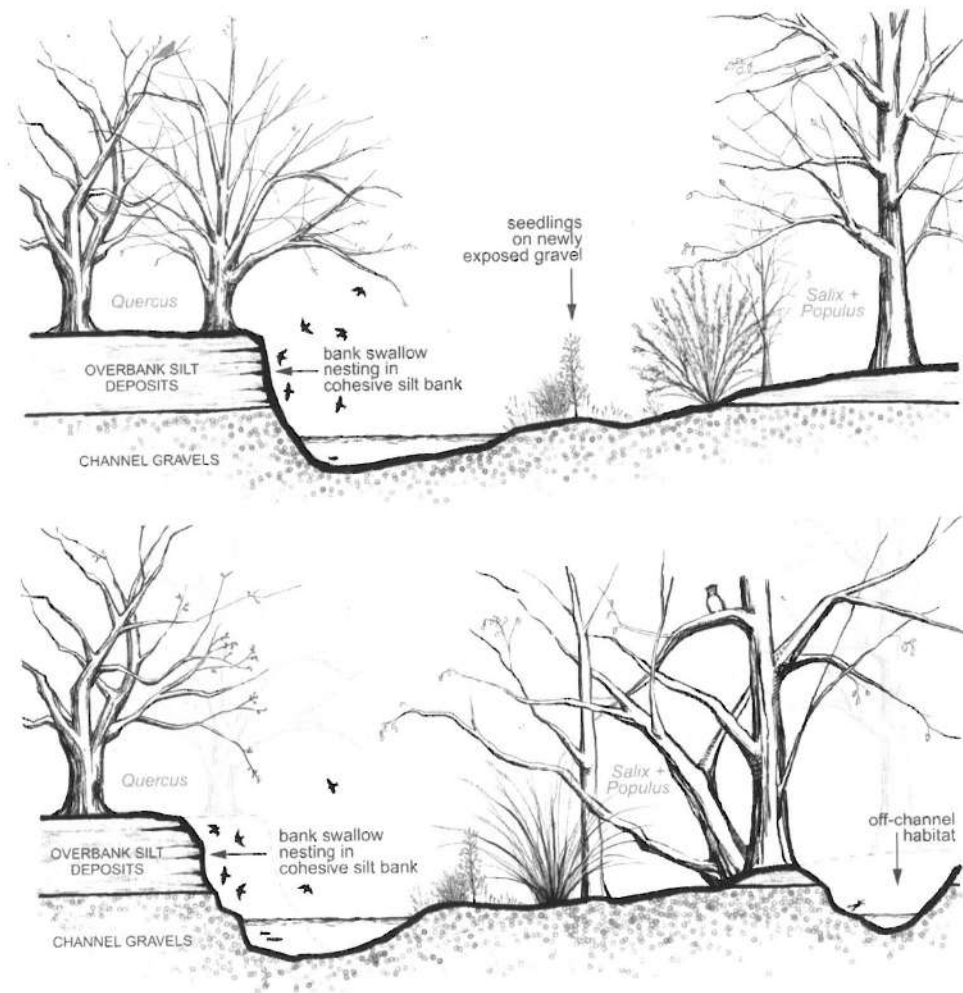
Interventions humaines empêchant la mobilité

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

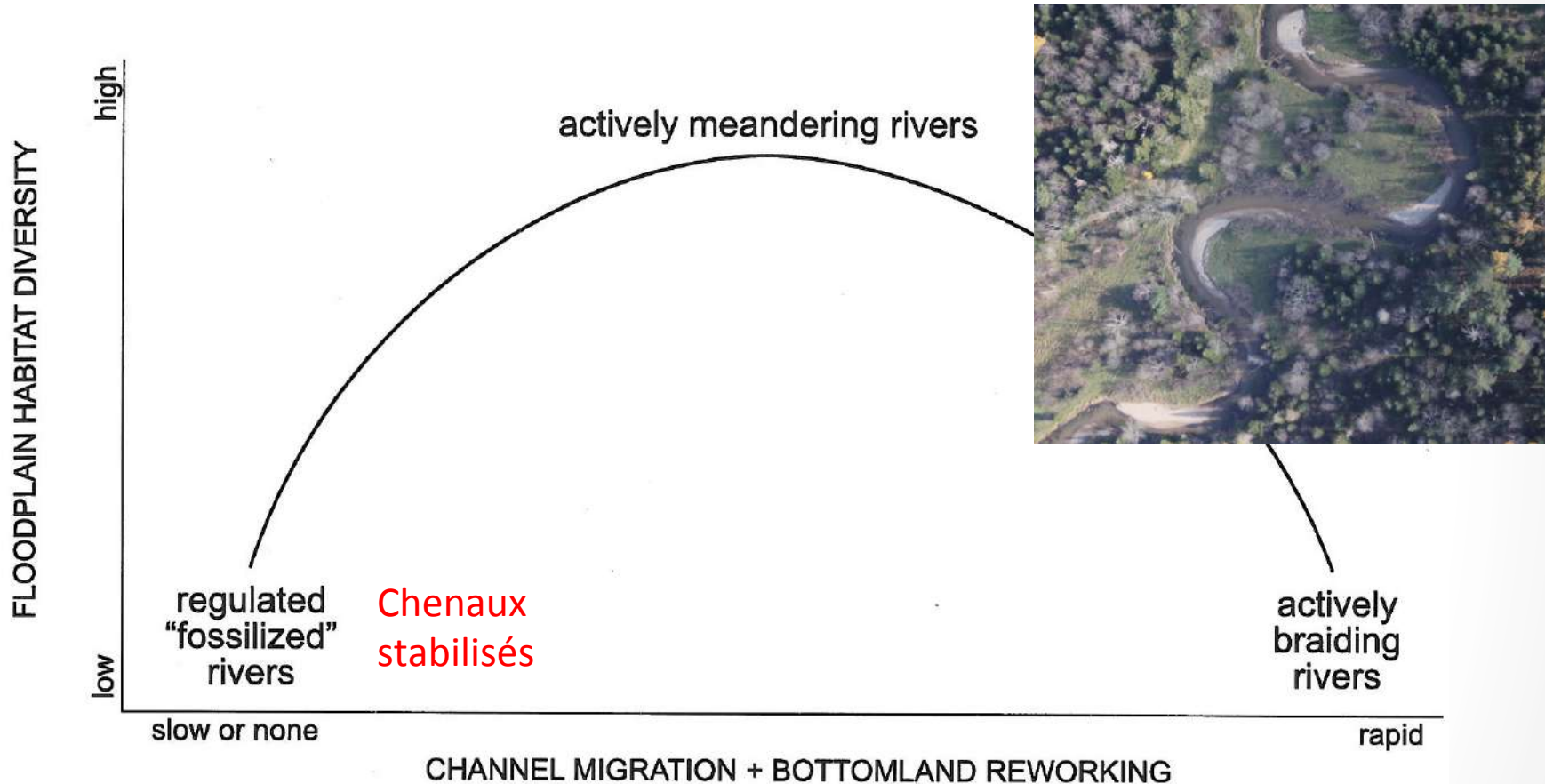


Yamaska Sud-Est

Migration latérale et habitats aquatiques



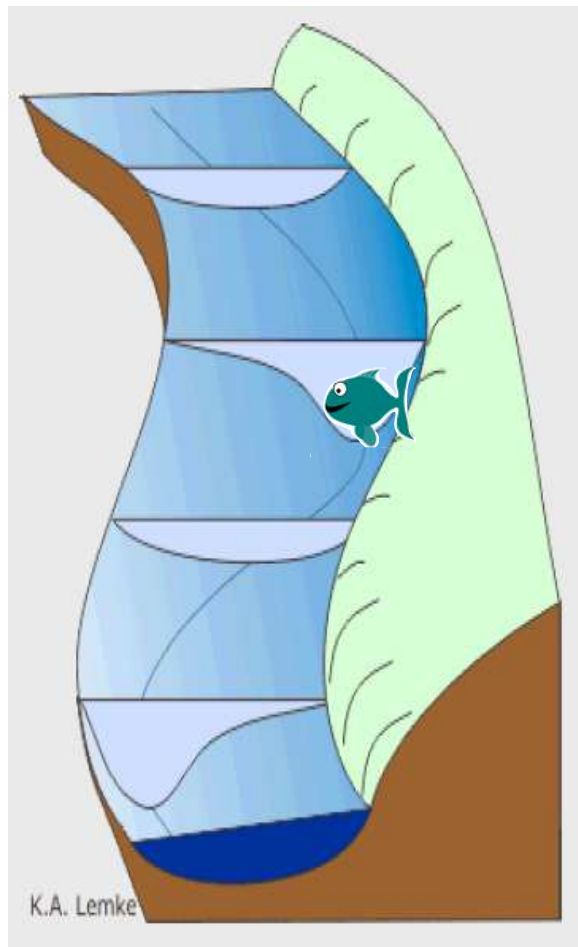
Migration latérale et habitats aquatiques



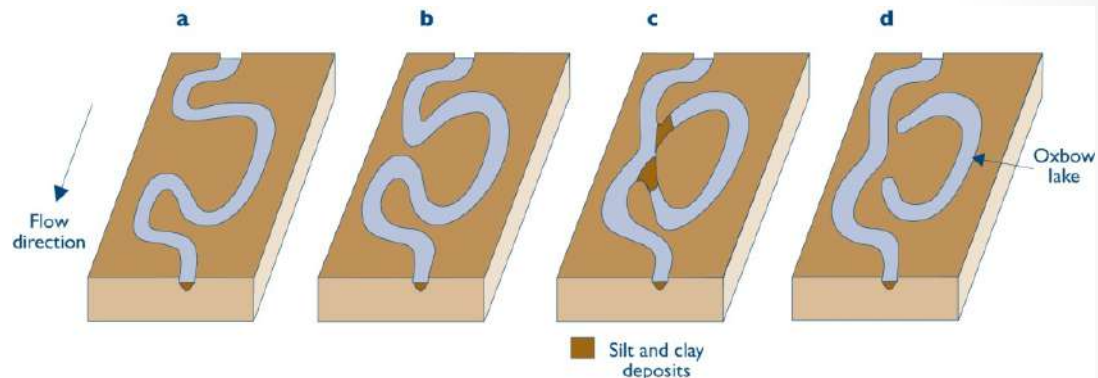
Kondolf (2011)

Migration latérale et habitats aquatiques

Diversité morphologique:



Création de bras mort de méandre:



Débris ligneux:



Mobilité et débris ligneux

- Mobilité ➡ arbres dans le chenal ➡ excellent habitat
- 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.





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

PUBLICATION 8157

Maintaining Wood in Streams: A Vital Action for Fish Conservation

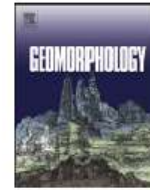
2006

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"



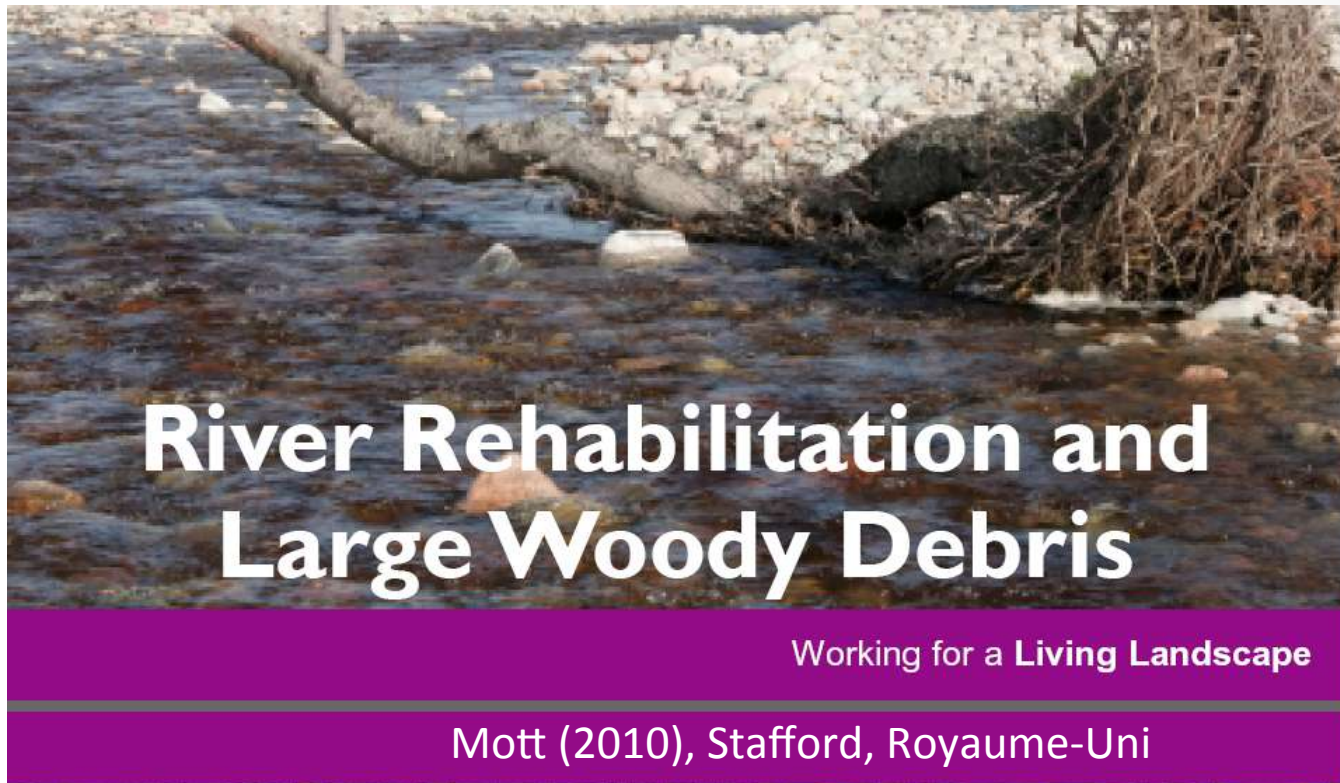
Modeling channel morphodynamic response to variations in large wood:
Implications for stream rehabilitation in degraded watersheds

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)



“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



The 'Key Piece' of the ELJ was a 5 tonne oak tree trunk. This was 'keyed' into river bed and supported with oak posts driven deep into the substrate. Further strength was created by adding a 'T piece'.



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



A further 22 tonnes of trunks and root plates were used to construct the ELJ.

Exemple d'utilisation des déchets ligneux pour stabiliser une berge au Royaume-Uni (Mott, 2010)

Approche hydro-géomorphologique:

- L'érosion de berges est un processus naturel (e.g. ce ne sont pas toutes les berges qui s'érodent qui sont problématiques et qui doivent être contrôlé

Bank Erosion as a Desirable Attribute of Rivers

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

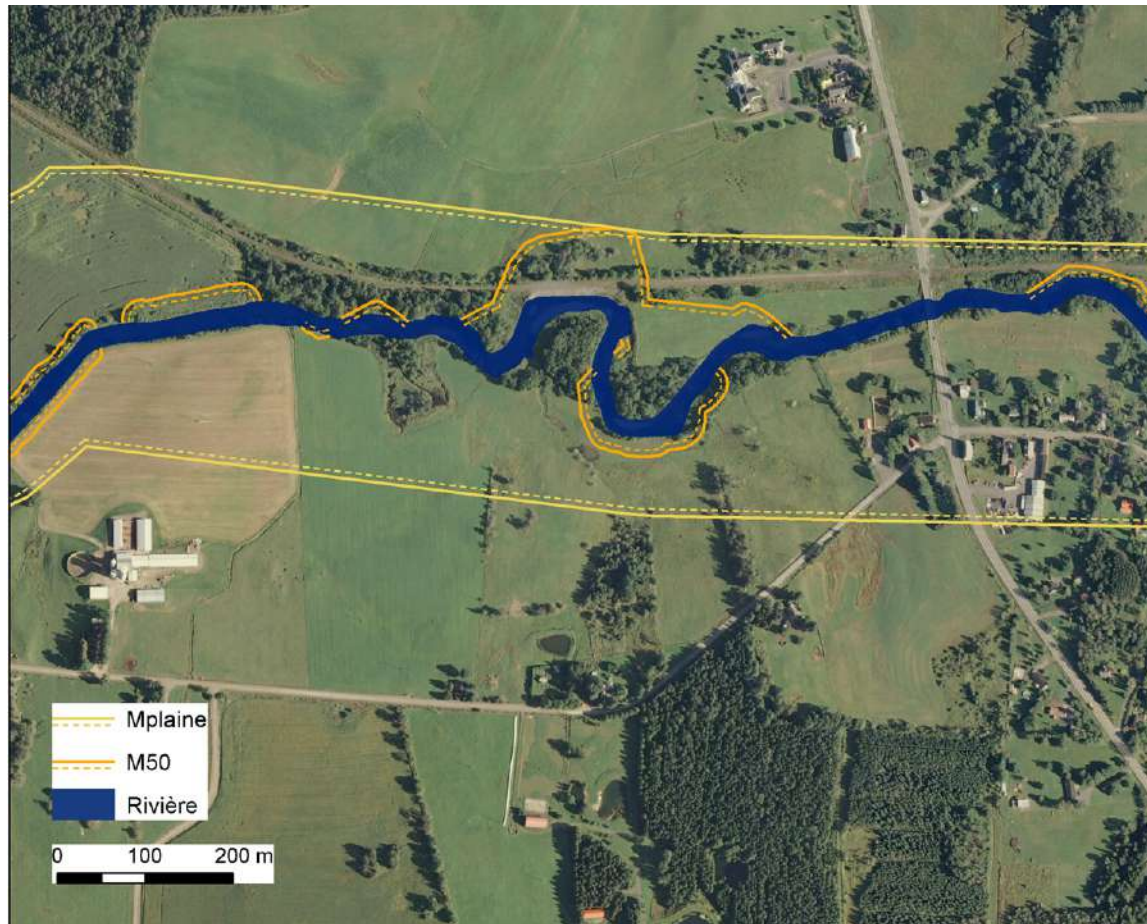
JOAN L. FLORSHEIM, JEFFREY F. MOUNT, AND ANNE CHIN

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

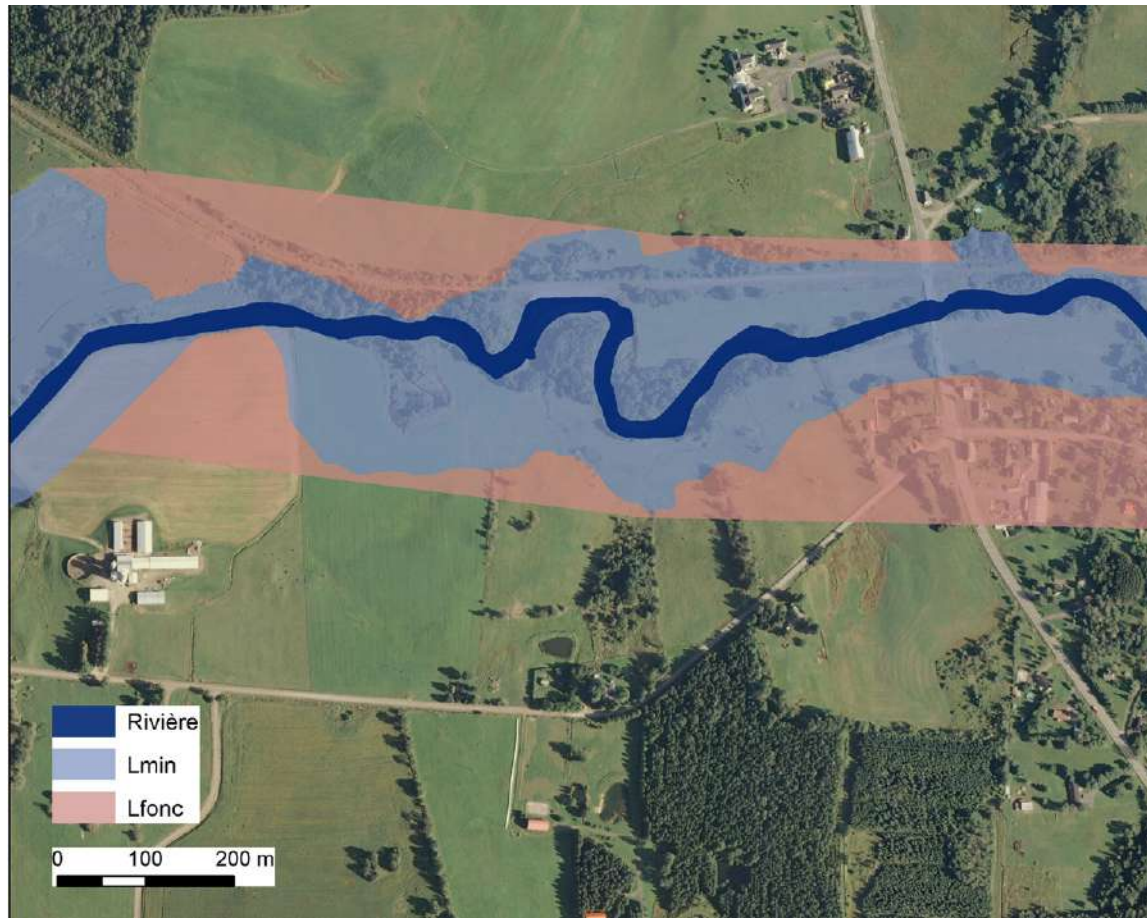
- En général, l'érosion de berges n'est un problème que lorsque le développement urbain ou agricole contraint l'espace alloué aux cours d'eau.

Espace de mobilité (fait partie de l'espace de liberté)



Exemple d'espace de mobilité sur 50 ans (M_{50}) et à plus long terme (M_{plaine}) sur la rivière Yamaska Sud-Est (Biron et al. 2013)

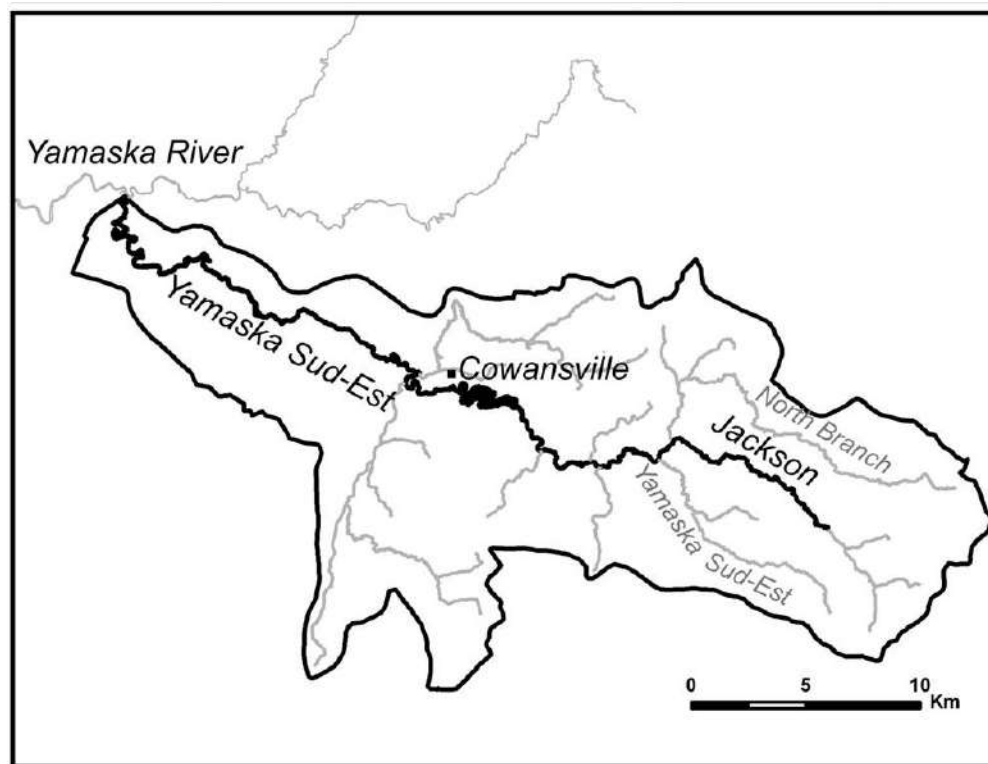
Espace de liberté (inclut l'espace de mobilité et d'inondabilité)



Exemple d'espace de liberté minimal ($L_{\min}$) et fonctionnel (L_{fonc}) sur la rivière Yamaska Sud-Est (Biron et al. 2013)

Partie 2: Liens entre mobilité des cours d'eau et habitat faunique

- Choné et Biron (2015) Assessing the relationship between river mobility and habitat. River Research and Applications. RRA-14-0090



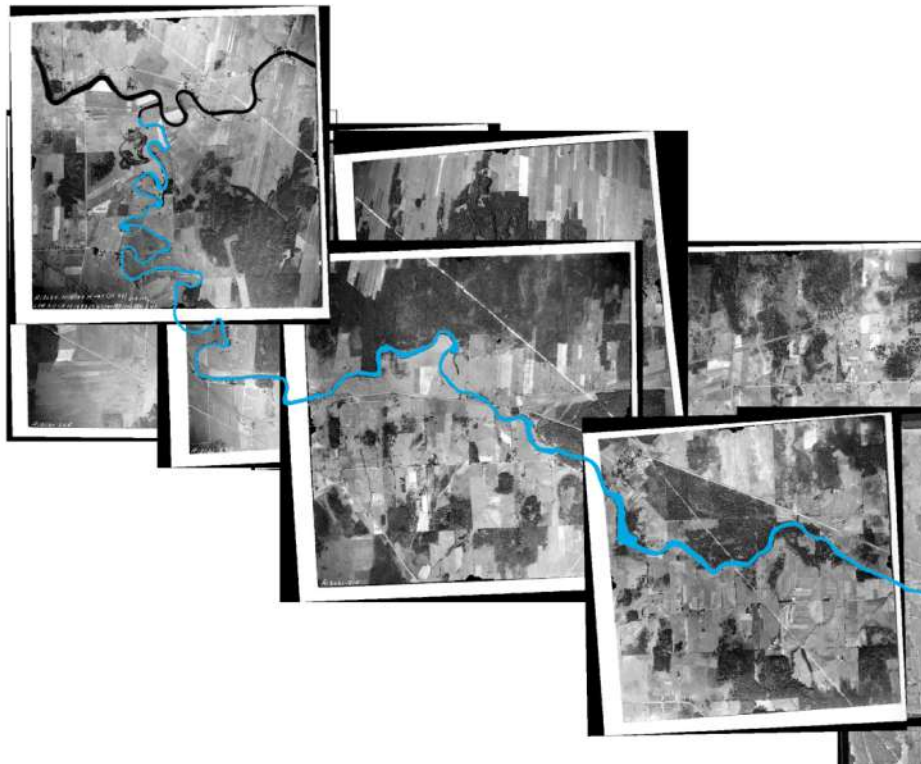
Rivière Yamaska Sud-Est

Objectifs

- Évaluer l'impact de la mobilité de la rivière Yamaska Sud-Est sur les habitats aquatiques et riverains
- Déterminer l'impact des interventions humaines sur la mobilité et les habitats

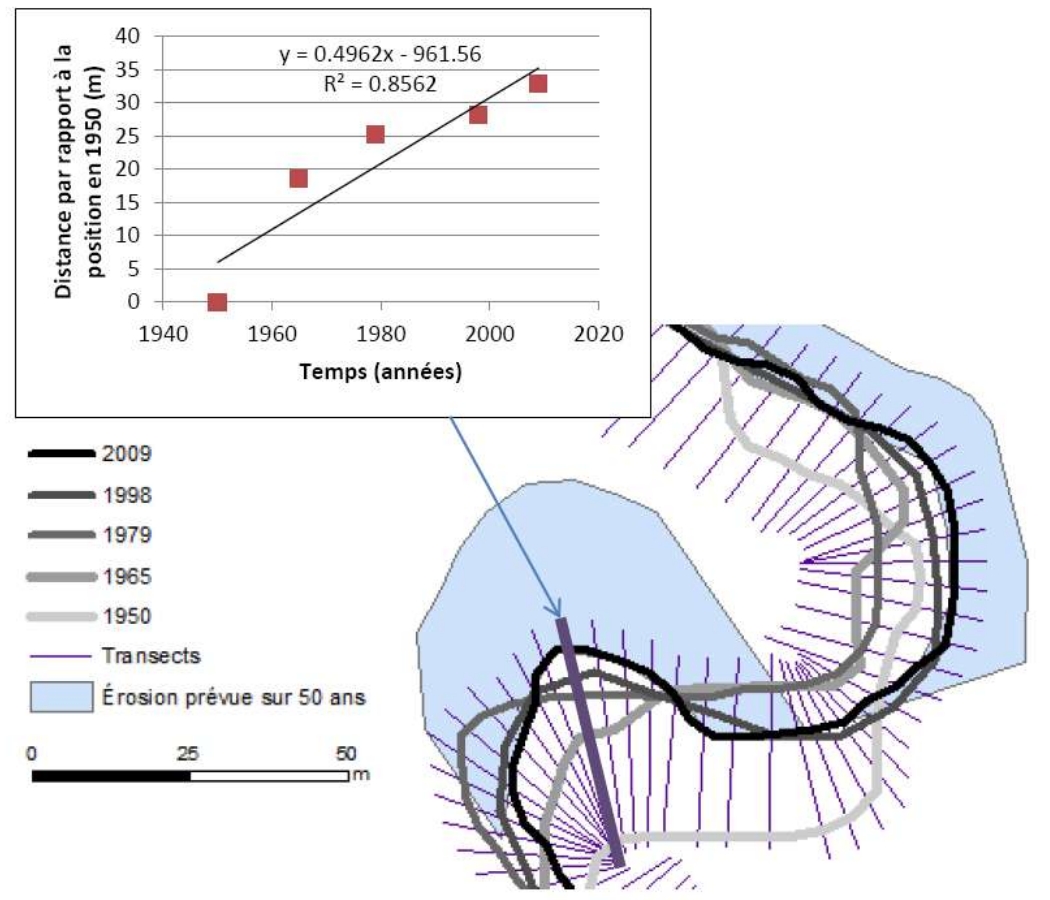
Données

- Photographies aériennes historiques 1950, 1965, 1979, 1997 et 2009 géoréférencées
- Cours d'eau numérisés dans ArcGIS

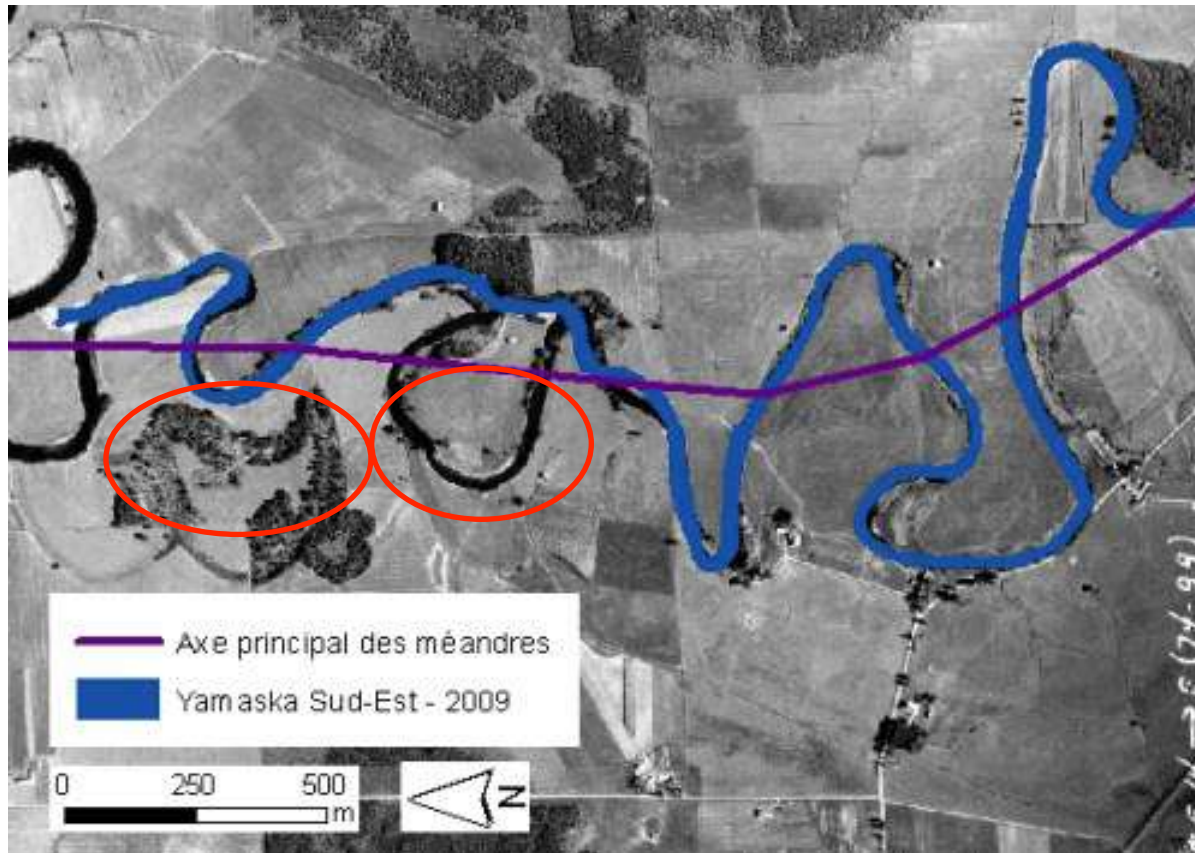


Données

- Taux de mobilité estimés à l'aide du logiciel DSAS (Digital Shoreline Analysis System, USGS) dans ArcGIS



Mobilité par avulsion (création de bras morts de méandre par recoupement)



Données

- Données de terrain pour déterminer les secteurs stabilisés

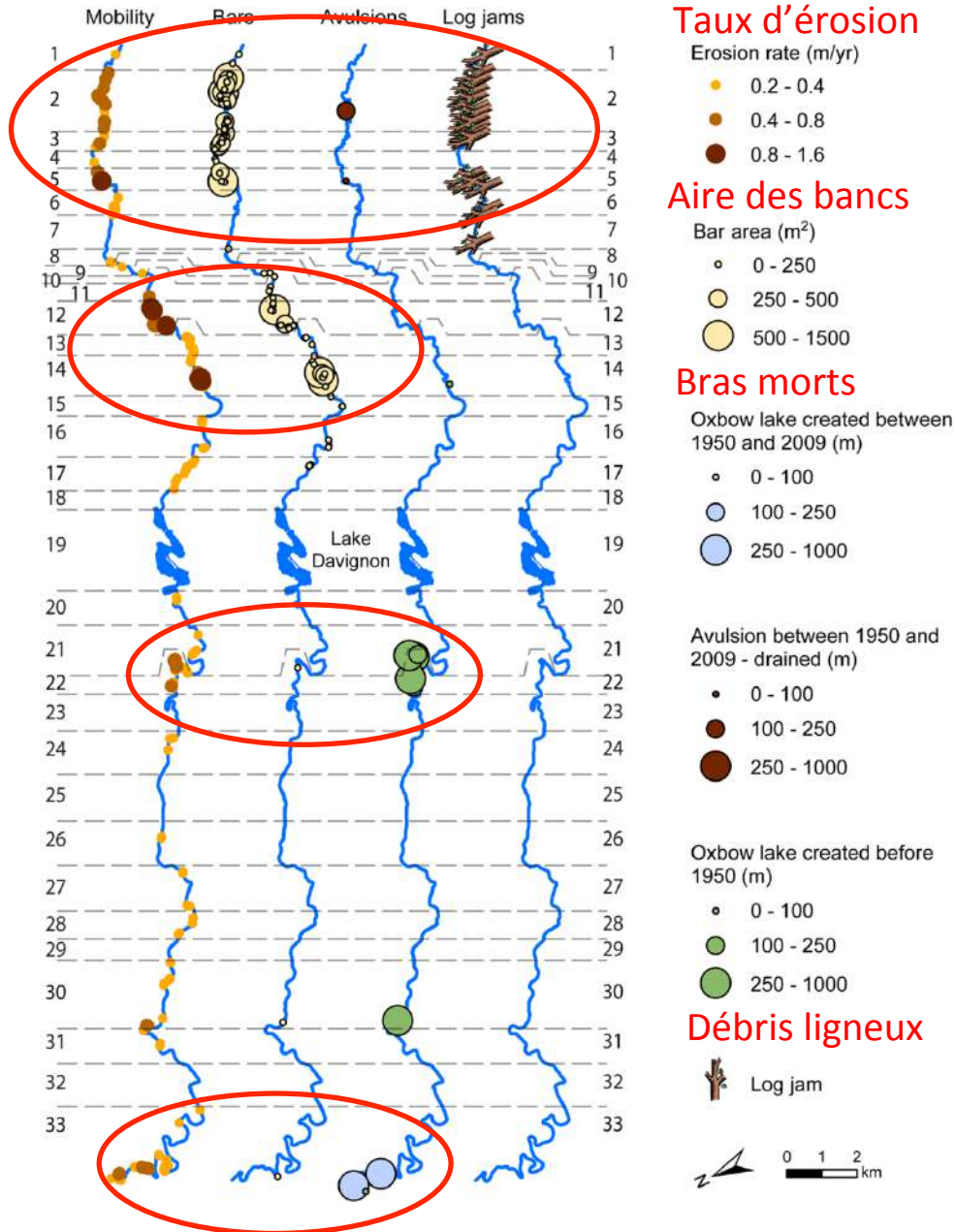


Données

- Images à haute résolution (pixel de 7 cm) prises avec un hélicoptère pour mesurer la superficie des bancs d'accumulation et pour valider les zones de stabilisation de berge observées sur le terrain



54 km de rivière divisés en 33 tronçons homogènes



3 types d'habitat:

- Bacs d'accumulation
- Bras morts
- Débris ligneux

Indice de mobilité par tronçon

$$\text{Mobility index} = \frac{ER_{mean} - \overline{ER_{mean}}}{s(ER_{mean})} + \frac{ER_{max} - \overline{ER_{max}}}{s(ER_{max})}$$

- ER_{mean} Érosion moyenne d'un tronçon
- $\overline{ER_{mean}}$ Érosion moyenne de tous les tronçons
- ER_{max} Érosion maximale d'un tronçon
- $\overline{ER_{max}}$ Érosion maximale moyenne de tous les tronçons
- $s(ER_{mean})$ Écart-type de l'érosion moyenne
- $s(ER_{max})$ Écart-type de l'érosion maximale

Indice global d'habitat

$$\text{Habitat index} = \frac{L_{Oxbow} - \overline{L_{Oxbow}}}{s(L_{Oxbow})} + \frac{N_{Logjams} - \overline{N_{Logjams}}}{s(N_{Logjams})} + \frac{A_{Bars} - \overline{A_{Bars}}}{s(A_{Bars})}$$

débris ligneux ← bras morts bancs

- L_{Oxbow} $N_{Logjams}$ A_{Bars} Mesures d'habitat par tronçon
- $\overline{L_{Oxbow}}$, $\overline{N_{Logjams}}$ $\overline{A_{Bars}}$ Moyenne des mesures d'habitat pour tous les tronçons
- $s(L_{Oxbow})$, $s(N_{Logjams})$ $s(A_{Bars})$ Écart-type des mesures d'habitat pour tous les tronçons

Indice d'habitat augmente avec mobilité

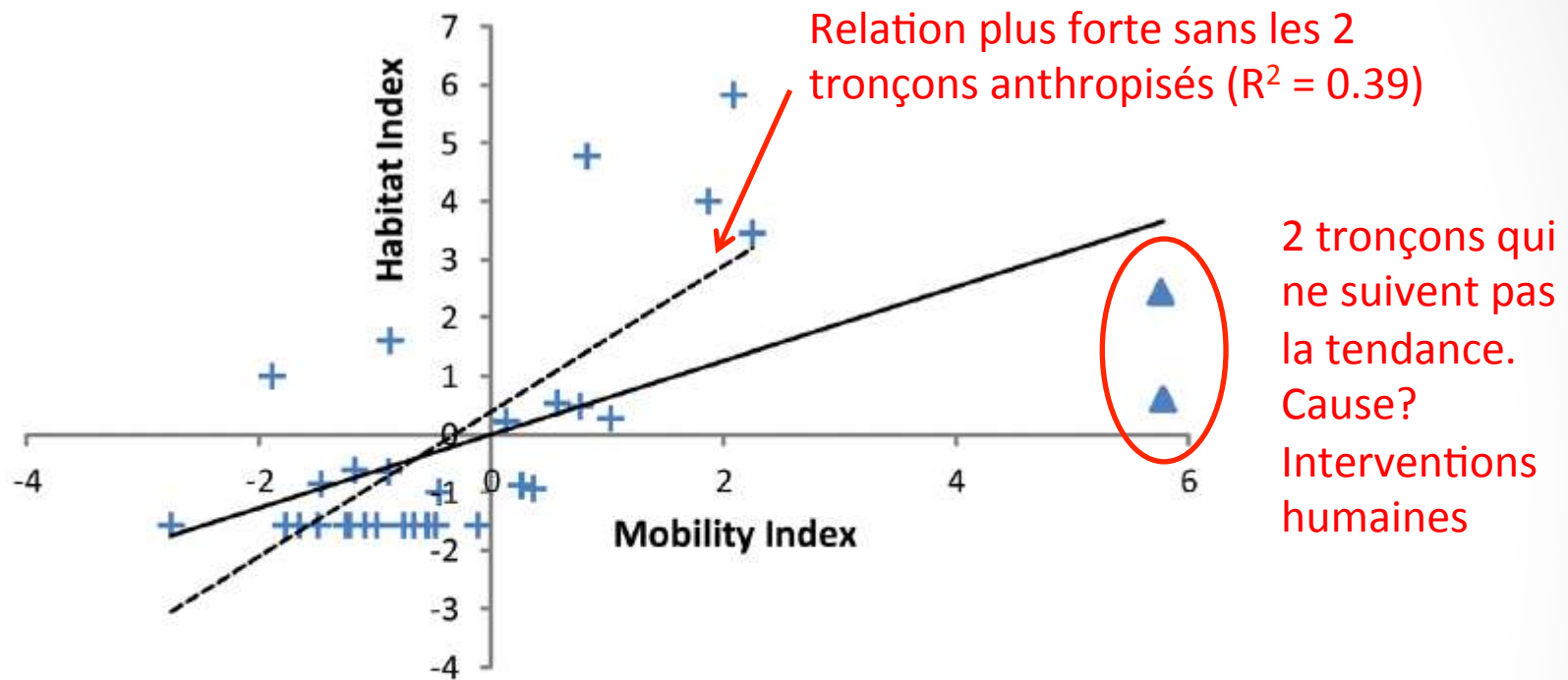


Figure 4. Habitat index as a function of the mobility index. Reaches 12 and 14 are indicated with the triangles. Trendlines for the entire sample ($R^2 = 0.35$) and without reaches 12 and 14 ($R^2 = 0.39$) are represented with the solid and dashed lines respectively. This figure is available in colour online at wileyonlinelibrary.com/journal/rra

Érosion accentuée dans ce tronçon fortement anthropisé, mais pas d'avulsion à cause de la stabilisation

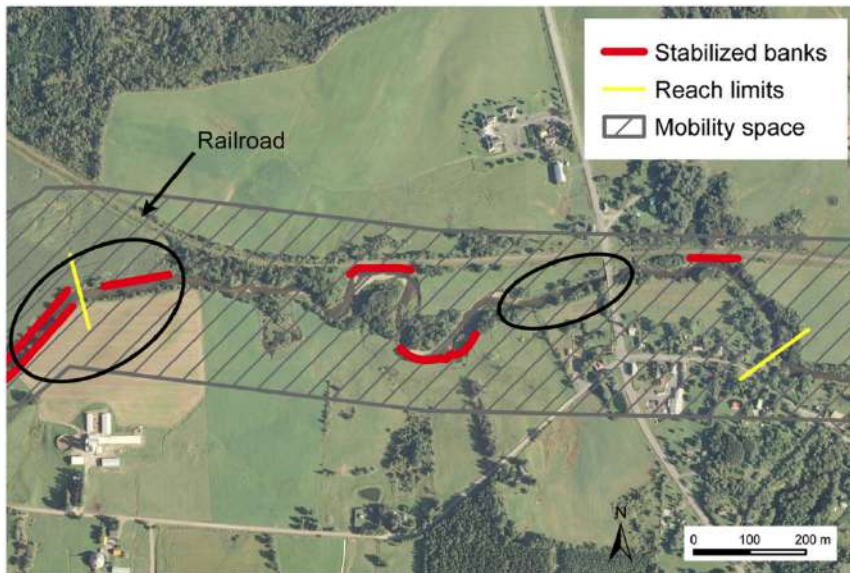
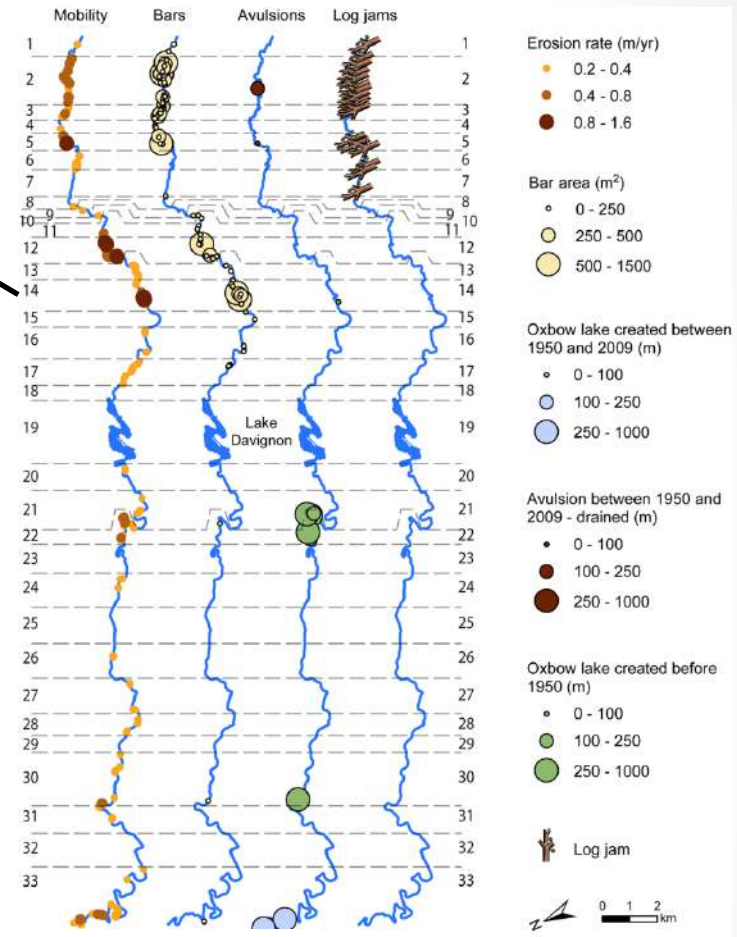


Figure 7. Human interventions in Reach 14. The circled sections are still straight, whereas in the central part, rapid re-meandering is taking place despite attempts to stabilize banks. Flow is from right to left. This figure is available in colour online at wileyonlinelibrary.com/journal/rra



Exemple d'un tronçon qui ne suit pas la relation entre la mobilité et l'habitat en raison d'interventions humaines (linéarisation (ellipses noires) et stabilisation de berge (en rouge))

Partie 3: L'impact de la stabilisation des berges sur l'habitat du poisson

- Travaux de maîtrise de William Massey (projet financé par le Ministère des Transports du Québec)



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)
m)



Tributaire de la rivière Salvail près de St-Jude,
Montérégie Est. Enroché en 2014 sur 800 m (à
~ 2500\$/m)

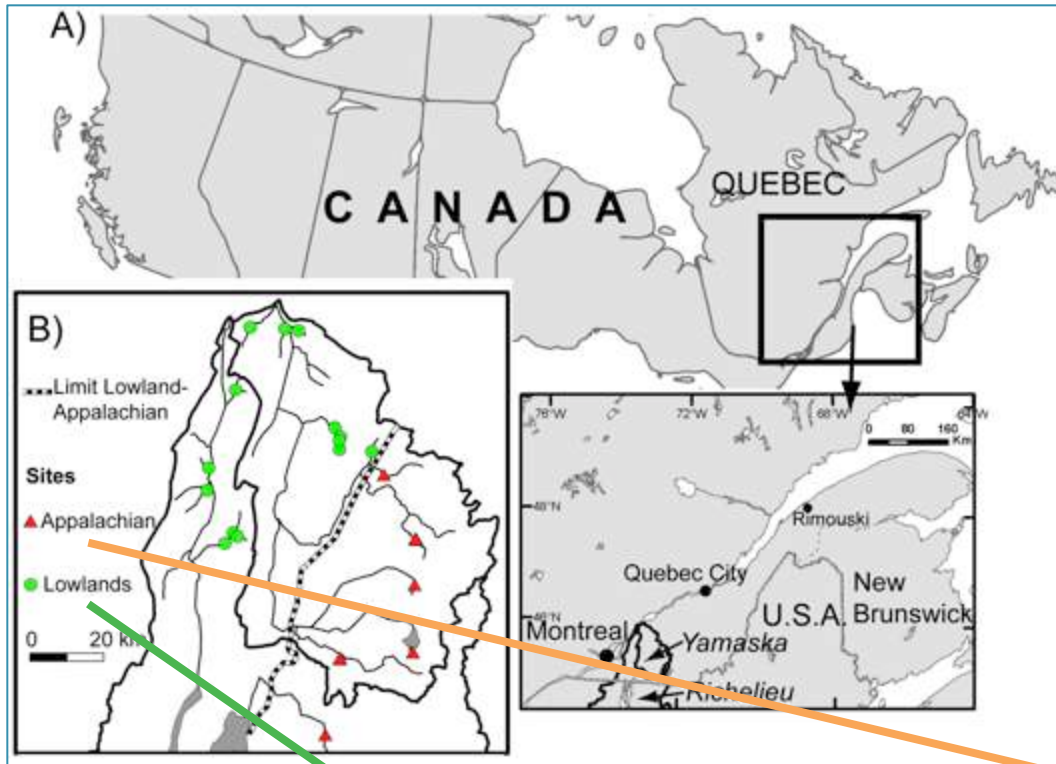
Infrastructures à protéger (ponts et routes) par enrochement

Objectif:

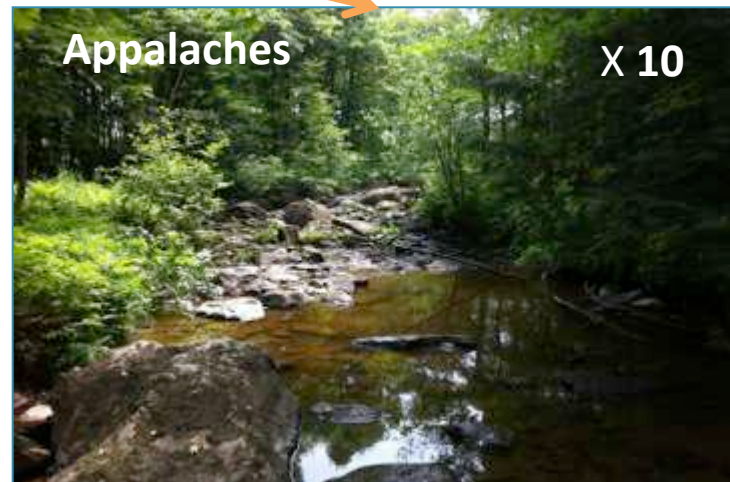
- Évaluer l'impact de la stabilisation par enrochement près des ponts sur l'habitat du poisson



27 sites d'étude en Montérégie-Est



- Enrochement
 - Taille (200-800mm)
 - Longueur (17-138m)
 - 2 berges (et lit dans certains cas)
- Poissons
 - > 47 espèces
 - Cyprinidés (carpes et ménés)
 - Centrarchidés (crapet soleil)



Méthodologie

- Comparaison pairée (tronçons stabilisés / non-stabilisés)



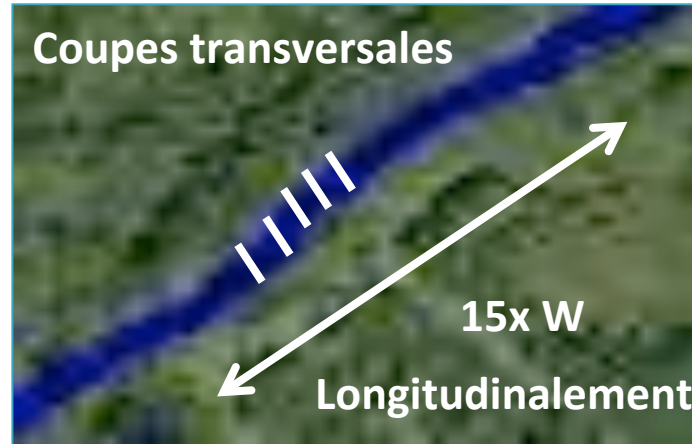
Tronçon stabilisé (site 16602)



Tronçon non-stabilisé (site 16602)

Échantillonnage de l'habitat de poisson

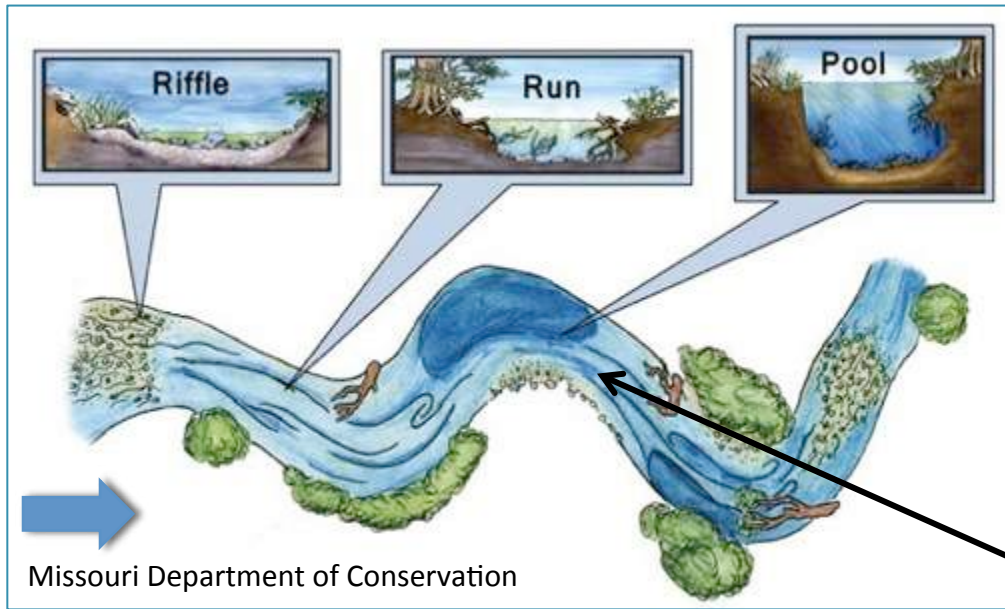
- Micro-échelle
 - Profondeur et vitesse
- Hétérogénéité
 - Indice de diversité HMID
 - Coefficients de variation de vitesse (v) et profondeur (d) combinés



$$\text{HMID}_{\text{site}} = V(v) * V(d)$$
$$V(i) = (1 + \text{CV}_i)^2 = (1 + \sigma_i/\mu_i)^2$$

où V_i est la diversité partielle

Variables d'habitat à méso-échelle



- Unités hydrauliques
- Débris ligneux
- Couvert végétal

Glide (habitat de transition)



Rankin (2006)

Évaluation qualitative: Qualitative Habitat Evaluation Index (QHEI)

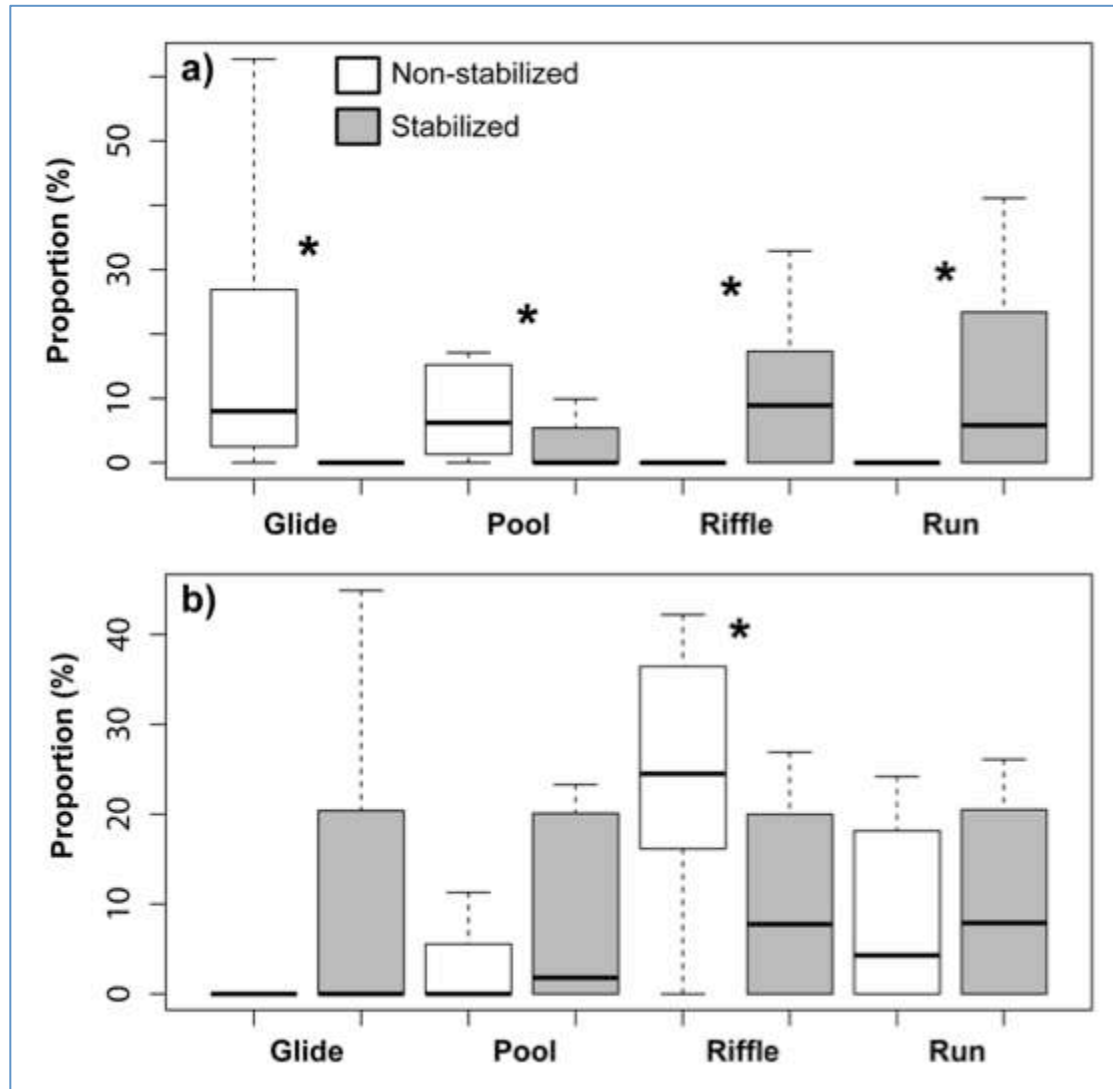
- Formulaire modifié pour éliminer le biais contre l'enrochement
- Applicable au contexte de la Montérégie-est
 - Géologie similaire
 - Espèces de poisson semblables
- Holistique
- Assez rapide
- Méthode visuelle
- Subjective

OhioEPA		Qualitative Habitat Evaluation Index And Reach Characterization Field Sheet		QHEI Score:		
Modified version				Maximum 91		
Stream: _____		Site length: _____ (m)		Date: ____ / ____ / 13		
Location (proximity to local benchmark): _____						
Scorers Name: _____		[GPS] N: ____ ° ____ ' ____ " E: ____ ° ____ ' ____ "				
1] Substrate (check only 2 type boxes; estimate % or note every type present in pools and riffles).						
Best Types ☐ BLDR / SLABS [10] ☐ Boulder [9] ☐ Cobble [8] ☐ Gravel [7] ☐ Sand [6] ☐ Bedrock [5]	Pool Riffle ☐ _____ ☐ _____ ☐ _____ ☐ _____ ☐ _____	Best Types ☐ Hardpan [4] ☐ Detritus [3] ☐ Muck [2] ☐ Silt [2] ☐ Artificial [0]	Pool Riffle ☐ _____ ☐ _____ ☐ _____ ☐ _____ ☐ _____	Origin ☐ Limestone [1] ☐ Tills [1] ☐ Wetlands [0] ☐ Hardpan [0] ☐ Sandstone [0] ☐ Lacustrine [0] ☐ Shale [-1] ☐ Coal Fines [-2]	Quality ☐ Heavy [-2] ☐ Moderate [-1] ☐ Normal [0] ☐ Free [1] ☐ Extensive [-2] ☐ Moderate [-1] ☐ Normal [0] ☐ None [1]	☐ Silt ☐ Embeddedness
Number of best types: ☐ 4 or more [2] ☐ 3 or less [0]		*Treat Riprap as a natural substrate (not artificial); ignore sludge from point-sources.		Substrate Maximum 20		
Comments: _____						
2] Instream Cover (check if present)						
☐ Undercut Banks [1] ☐ Overhanging Vegetation [1] ☐ Shallows (in slow water) [1] ☐ Rootmats [1] ☐ Logs or Woody Debris [1]	☐ Pools > 70 cm [2] ☐ Rootwads [1] ☐ Boulders [1] ☐ Oxbows, Backwaters [1] ☐ Aquatic Macrophytes [1]	Amount (check one or average two) ☐ Extensive > 75% [11] ☐ Moderate 25 - 75% [7] ☐ Sparse 5 - < 25% [3] ☐ Nearly Absent < 5% [1]				
Comments: _____		Cover Maximum 20				
3] Channel Morphology (check one in each category or two and average)						
☐ High [4] ☐ Moderate [3] ☐ Low [2] ☐ None [1]	Sinuosity ☐ High [4] ☐ Moderate [3] ☐ Low [2] ☐ None [1]	☐ Excellent [7] ☐ Good [5] ☐ Fair [3] ☐ Poor [1]	Development ☐ Excellent [7] ☐ Good [5] ☐ Fair [3] ☐ Poor [1]	Dynamic Stability ☐ High [3] ☐ Moderate [2] ☐ Low [1]		
Comments: _____		Channel Maximum 14				
4] Riparian Zone (check one in each category for each bank or two per bank and average)						
Riparian Width ☐ Wide > 50 m [4] ☐ Moderate 10-50 m [3] ☐ Narrow 5-10 m [2] ☐ Very Narrow < 5 m [1] ☐ None [0]	Flood Plain Quality ☐ Forest, Swamp [3] ☐ Shrub or Old Field [2] ☐ Residential, Park, New Field [1] ☐ Fenced Pasture [1] ☐ Open Pasture, Rowcrop [0]	☐ Conservation Tillage [1] ☐ Urban or Industrial [0] ☐ Mining / Construction [0]	☐ Riparian Maximum 7			
Comments: _____						
5] Gradient (%) Habitat composition ➡ % Pool: ____ % Glide: ____						
Stream Width (m)		% Run: ____ % Riffle: ____		Gradient Maximum 10		
Comments: _____						

Rankin (2006)

Résultats: méso-habitats

Basses
terres

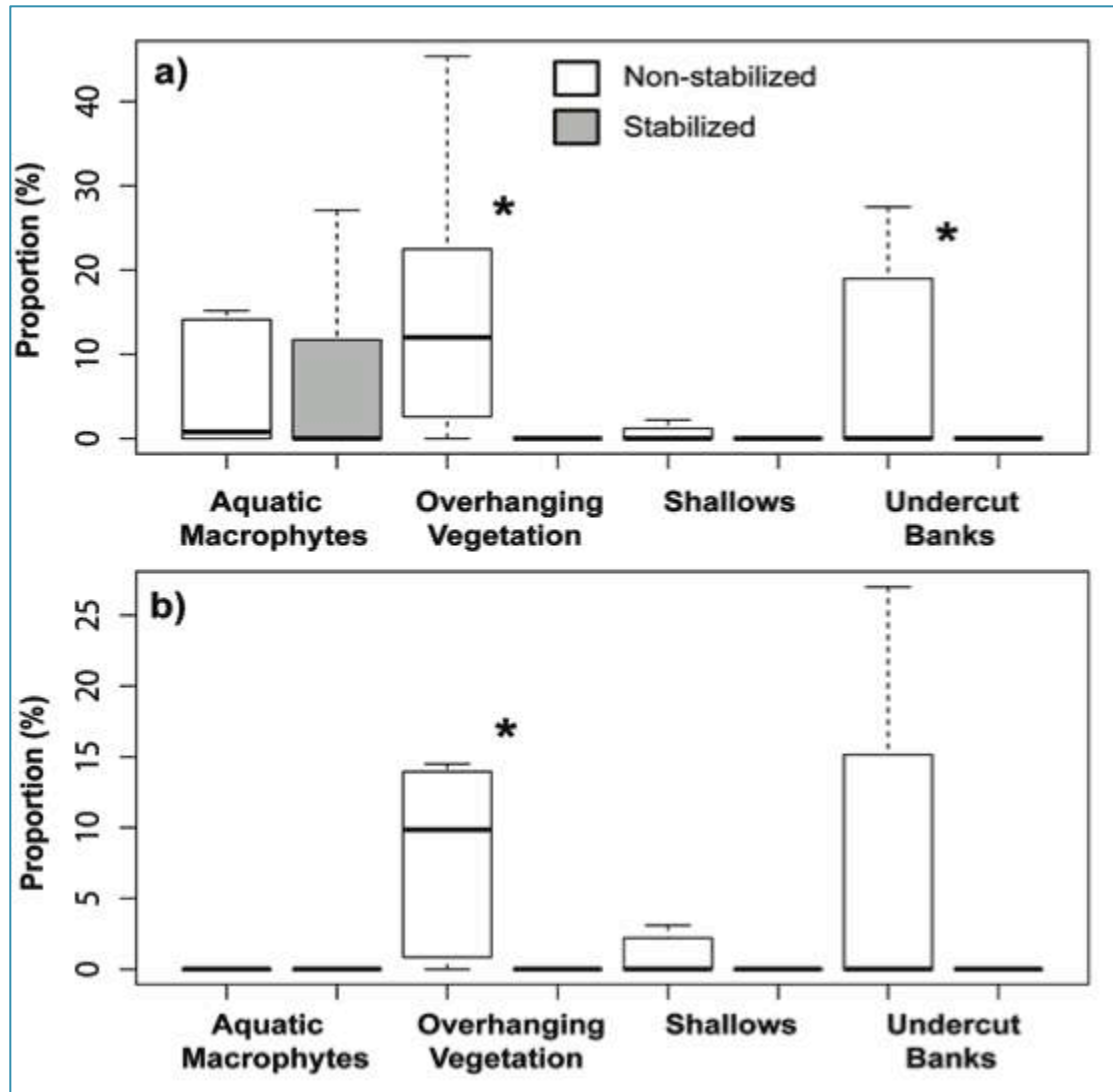


Appalaches



Resultats: couvert végétal

Basses
terres

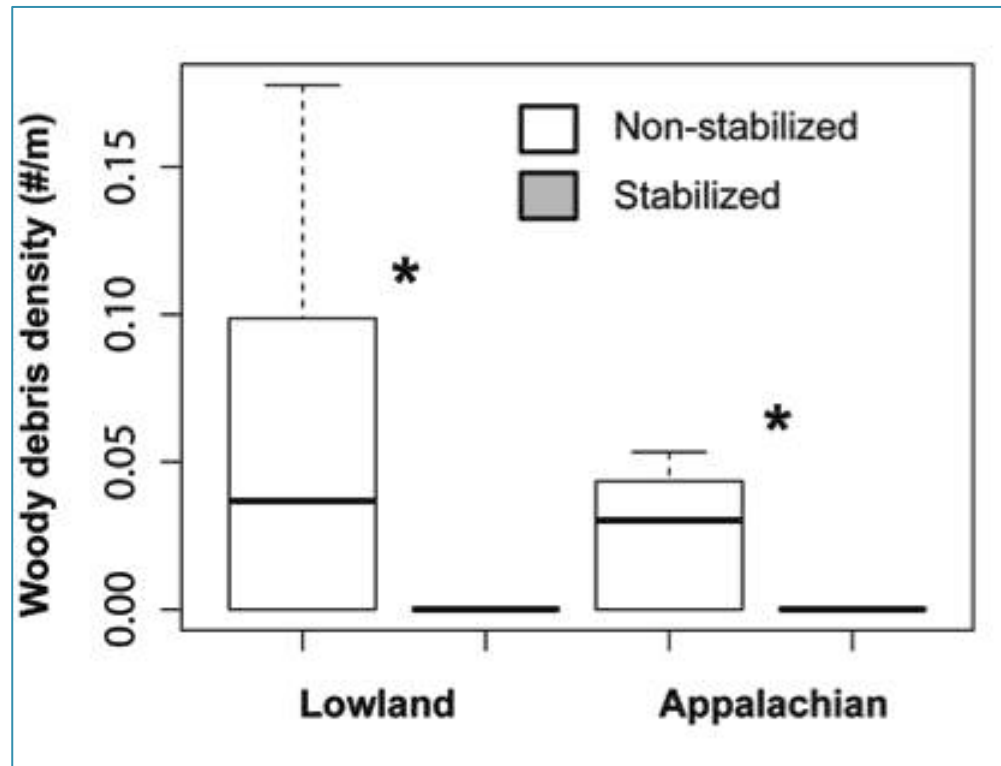


Appalaches



* Significant difference ($p < 0.05$)

Resultats: Débris ligneux

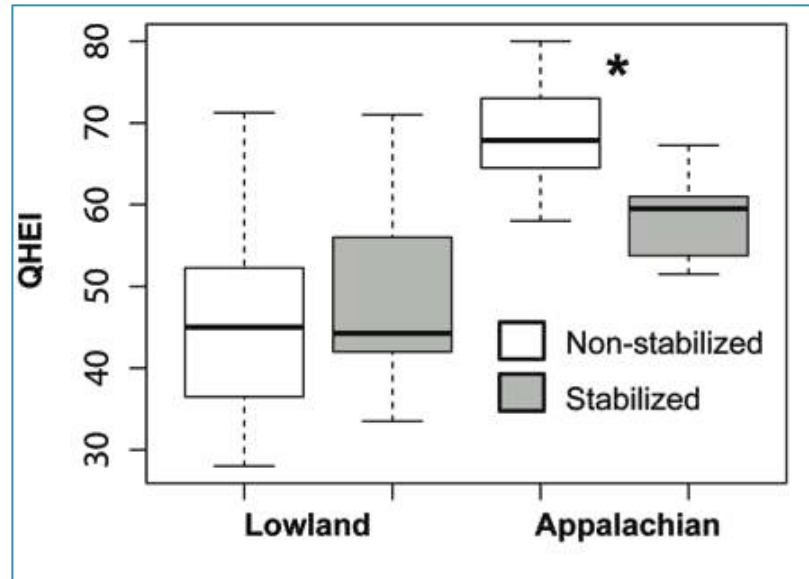
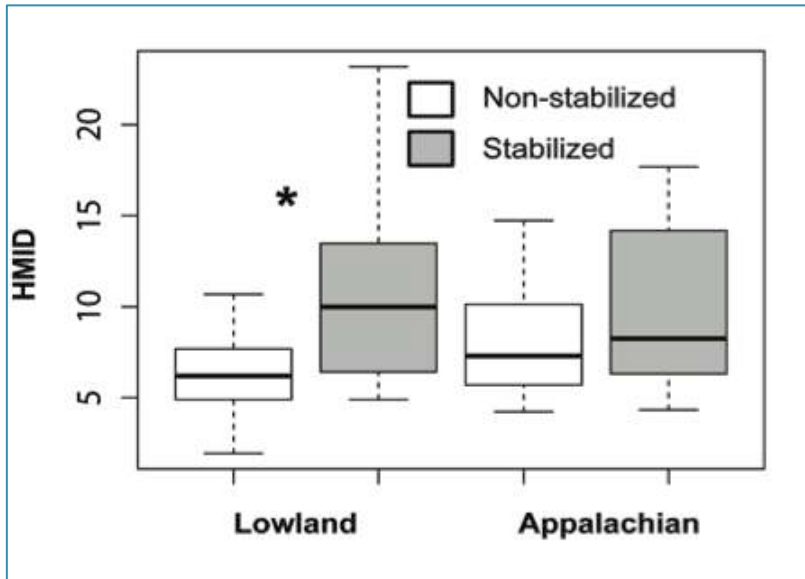


* Significatif ($p < 0.05$)



Rankin (2006)

Resultats: hétérogénéité et qualité de l'habitat



* Significatif ($p < 0.05$)

Résumé de l'impact de la stabilisation

Basses terres

- HMID: 
- QHEI : pas d'effet
- Débris ligneux: 
- Couvert végétal: 
- Fosses: 

Appalaches

- HMID: pas d'effet
- QHEI: 
- Débris ligneux: 
- Couvert végétal: 
- Fosses: pas d'effet

Variables explicatives pour l'amélioration de l'habitat dans les basses terres

- Linéarisation du tronçon non stabilisé : meilleur habitat relatif dans le tronçon stabilisé
- Pente plus élevée dans le tronçon stabilisé



Possibilités de faire mieux existant

- Si l'enrochement est la seule option: épis déflecteurs

Permet des zones de faible vitesse



- Stabilisation par végétation



Avant



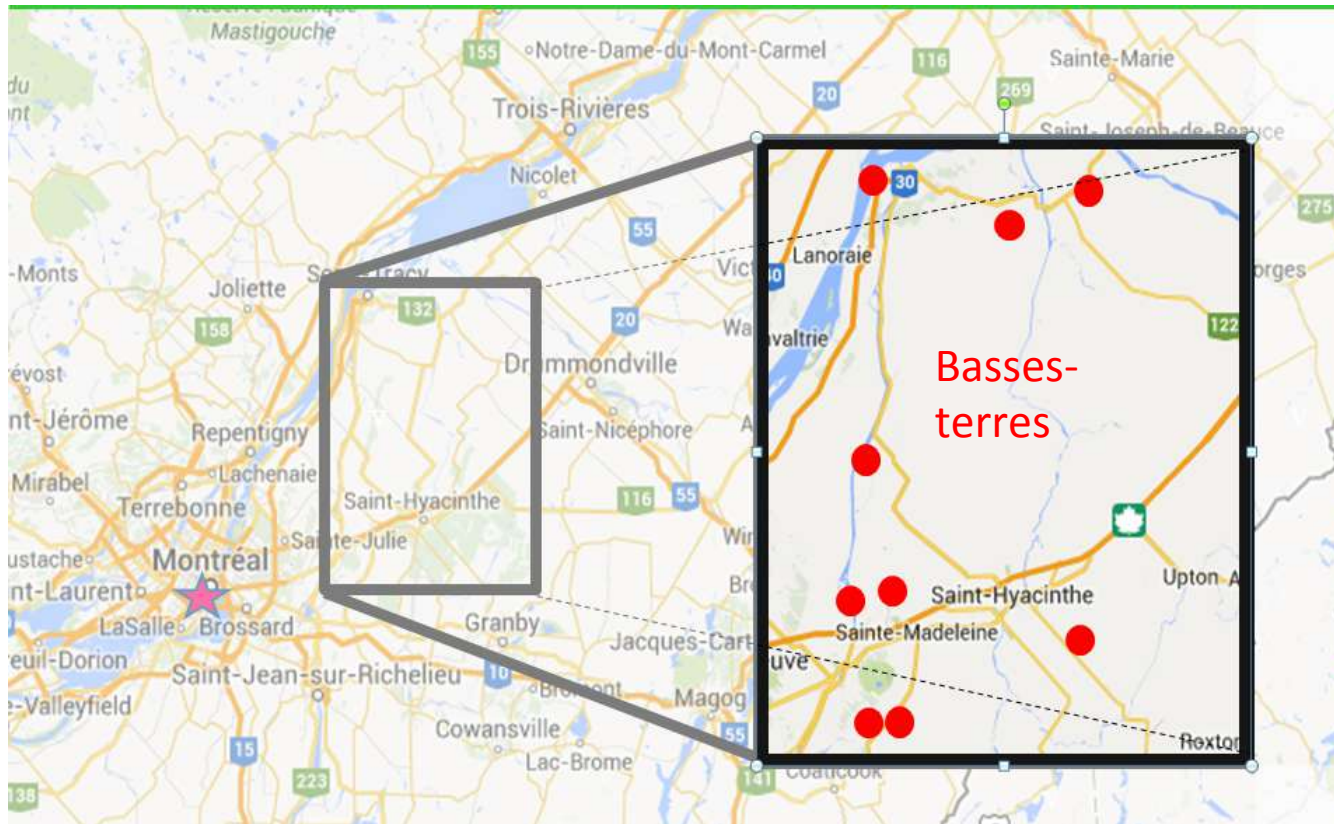
Un an après



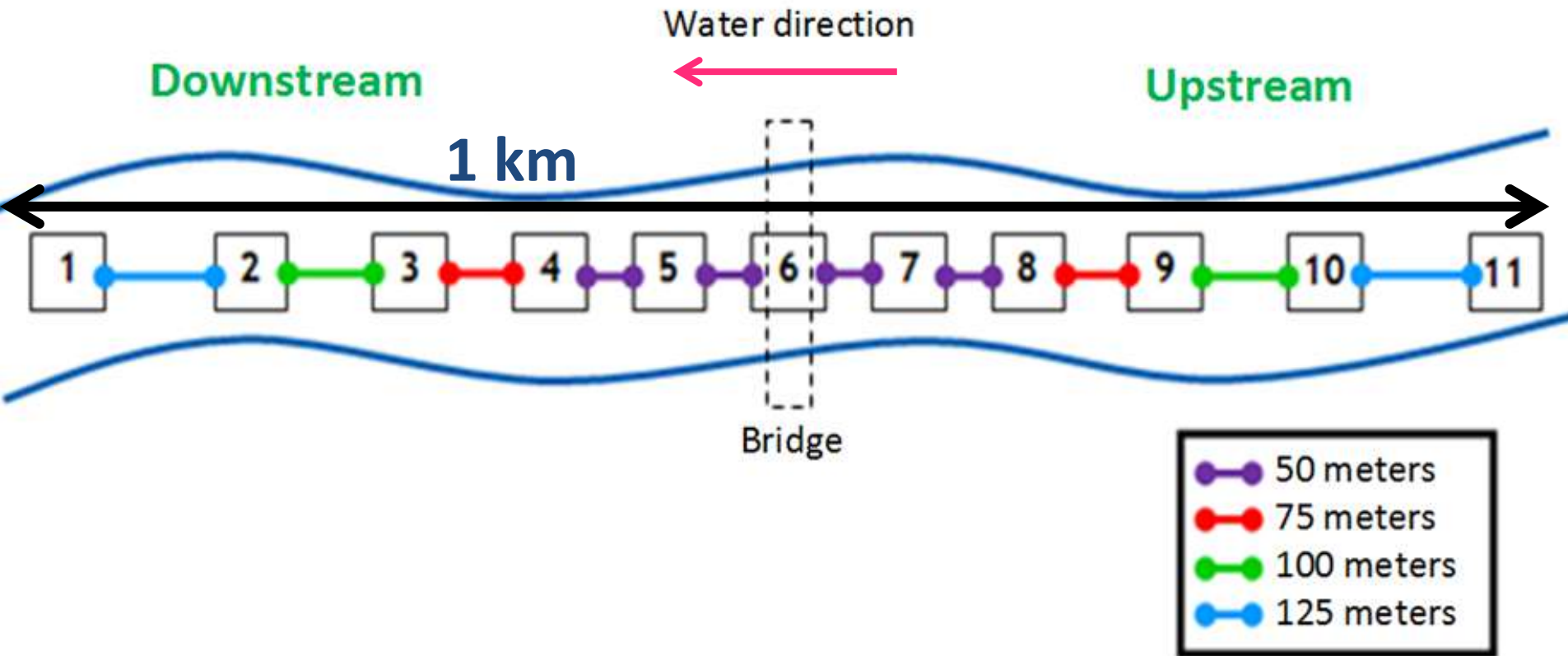
4 ans après

Données sur le poisson (Basses terres)

- Travaux de maîtrise de Joanie Asselin (Biologie, Université de Montréal, sous la direction de Daniel Boisclair)



Comparaison



**Zone enrochée (6) comparée aux sites naturels
(1 à 5 + 7 à 11)**

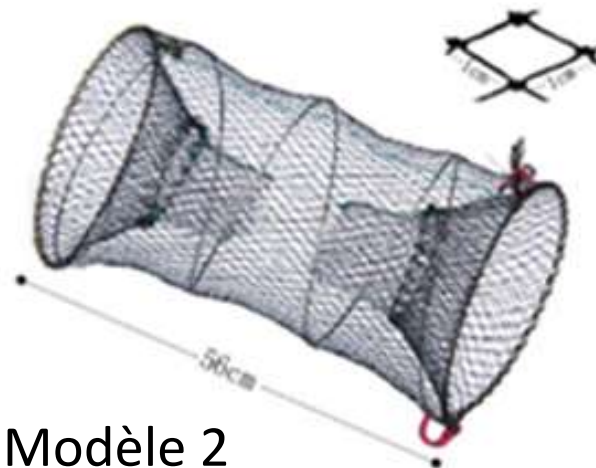
Pêche électrique



Nasses



Modèle 1



Modèle 2

	Minnow Trap Model 1	Minnow Trap Model 2
Length (cm) x Height (cm)	43 x 25	56 x 33
Mesh size (cm)	0.2	1
Diameter of the opening (cm)	5	12

Resultats

8 rivières - 2 réplicats - 2 méthodes / 1 rivière - 1 réplicat - 2 méthodes
9 rivières dans les Basses terres



Resultats

Diversité

35 espèces

Espèces tolérantes



Blacknose Dace



Creek Chub



Sand shiner



Yellow Perch



Brook Stickleback



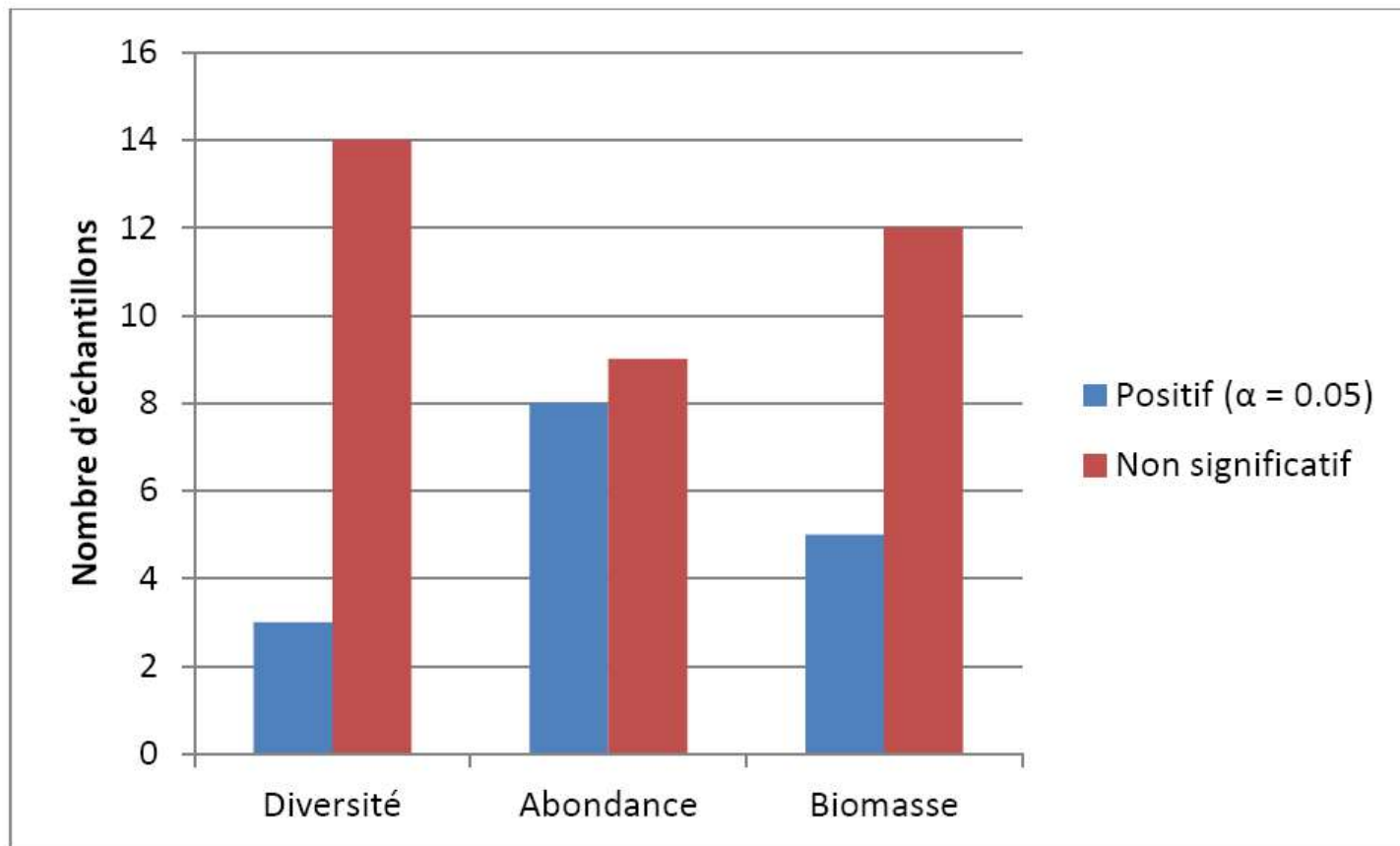
Round Goby



White Sucker

Impacts de la stabilisation

- Dans tous les cas, aucun impact négatif sur le poisson



Conclusions

- Laisser les cours d'eau libres d'éroder leurs berges (espace de mobilité) augmente la qualité de l'habitat faunique.
- La stabilisation des cours d'eau par enrochement affecte la qualité de l'habitat de poisson. Dans des cours d'eau fortement dégradés comme dans les Basses terres, l'ajout de roche peut toutefois améliorer la qualité de l'habitat (HMID).
- Les espèces de poisson trouvées dans les Basses terres semblent adaptées à un environnement en général assez dégradé, et bénéficient de l'ajout d'hétérogénéité du lit procuré par les enrochements.
- Il est toutefois souhaitable de viser une pratique de gestion qui donnent plus d'espace aux cours d'eau afin que les processus naturels de migration latérale puissent opérer et ainsi procurer une meilleure qualité d'habitat faunique.

Remerciements



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

- Thomas Buffin-Bélangier, Sylvio Demers, Taylor Olsen (UQAR)
- Guénolé Choné, William Massey (Concordia)
- Marie Larocque, Marie-Audray Ouellet (UQAM)
- Joanie Asselin, Daniel Boisclair (Université de Montréal)

Transports
Québec



Fonds de recherche
sur la nature
et les technologies

Québec



Développement durable,
Environnement,
Faune et Parcs

Québec



Fondsvert Québec



Sécurité publique
Québec



Références

- Biron, P.M., Buffin-Bélanger, T., Larocque, M., Demers, S., Olsen, T., Ouellet, M.-A., Choné, G., Cloutier, C.-A., Needelman, M. (2013) Espace de liberté: Un cadre de gestion intégrée pour la conservation des cours d'eau dans un contexte de changements climatiques. Rapport Ouranos, PACC-26., 170 p. http://www.ouranos.ca/media/publication/299_RapportBironetal2013.pdf
- Choné, G., Biron, P.M. (2015) Assessing the relationship between river mobility and habitat. River Research and Applications. RRA-14-0090 (early view)
- Easterbrook, D.J. (1999) *Surface Processes and Landforms*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, Second Edition.
- Gostner W, Alp M, Schleiss AJ, Robinson CT. 2012. The hydro-morphological index of diversity: a tool for describing habitat heterogeneity in river engineering projects. *Hydrobiologia* 712 : 43-60
- Kondolf GM. 2011. Setting goals in river restoration: when and where can the river 'Heal itself'? In *Stream Restoration in Dynamic Fluvial Systems: Scientific Approaches, Analyses, and Tools*, Simon A, Bennett SJ, Castro JM (eds). Geophysical Monograph Series, 194, AGU: Washington DC; 29–43.
- Massey, W., Biron, P.M. (soumis) Impacts of bank stabilization on fish habitat in two contrasted environments. *Earth Surface Processes and Landforms*
- Piégay H, Darby SE, Mosselman E, Surian N. 2005. A review of techniques available for delimiting the erodible river corridor: a sustainable approach to managing bank erosion. *River Research and Applications* 21: 773–789
- Rankin ET. 2006. Methods for assessing habitat in flowing waters: using the qualitative habitat evaluation index (QHEI). OHIO EPA Technical Bulletin EAS. State of Ohio Environmental Protection Agency. Division of Surface Water.