

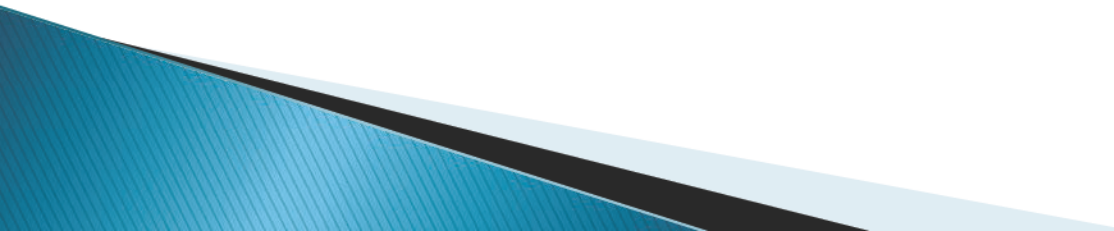
Espace de liberté des cours d'eau: Lien entre hydrogéomorphologie et qualité de l'eau

Pascale Biron

Département de géographie, urbanisme et environnement

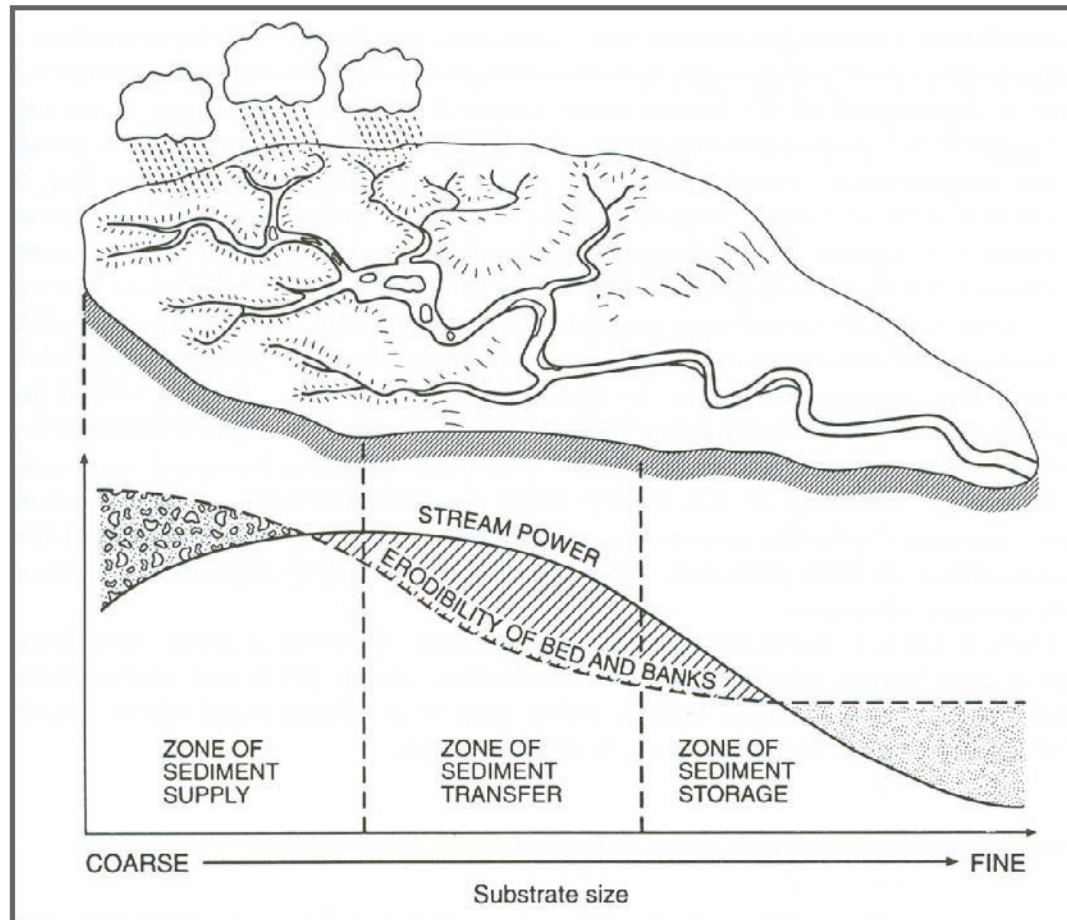


Plan

1. Quelques notions de base en hydrogéomorphologie menant au concept d'espace de liberté
 2. L'hydrogéomorphologie en milieu agricole – lien avec la qualité de l'eau
 3. Entretien des cours d'eau, hydrogéomorphologie et qualité de l'eau
- 

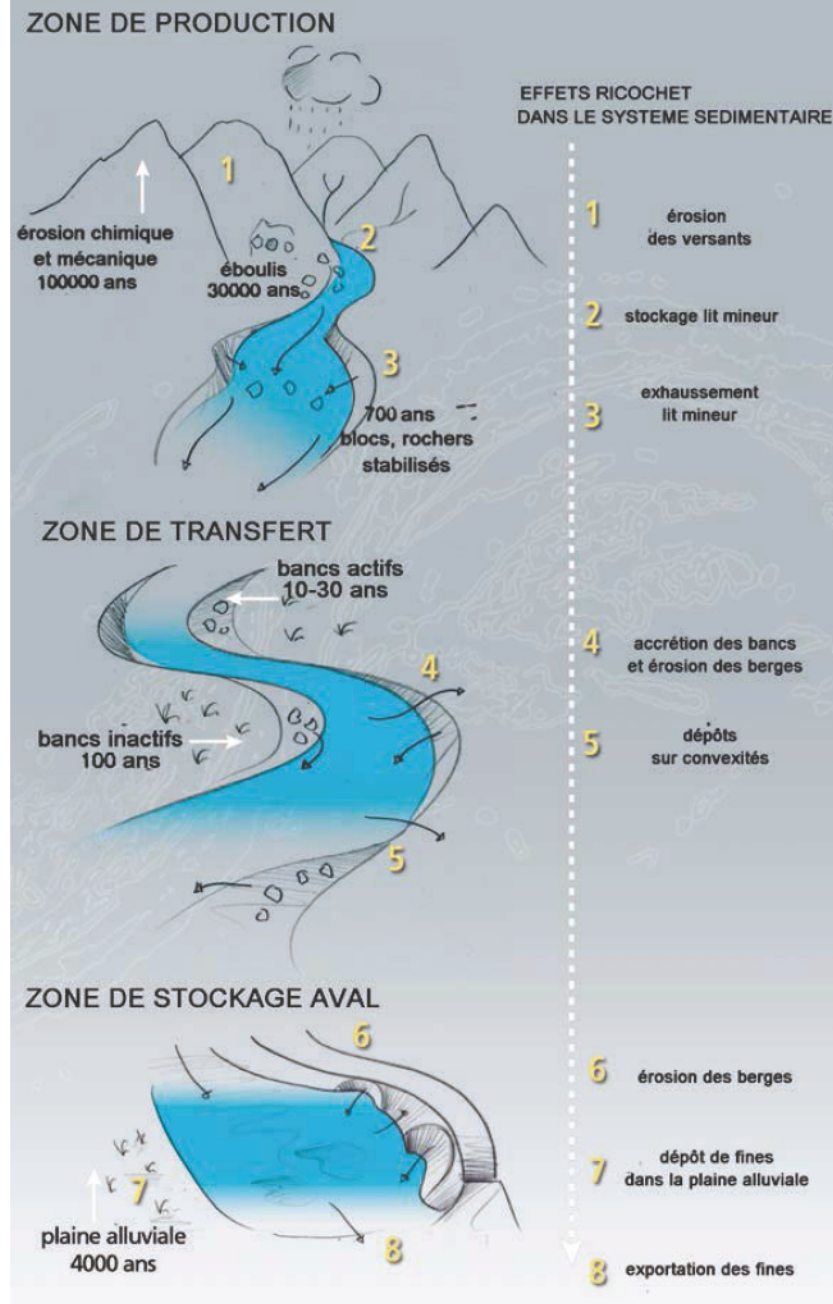
Partie 1: Notions de base

Le bassin-versant et le transport de sédiments



Une classification simple du bassin-versant

- ▶ Bassins-versant: processus de transfert non seulement du débit liquide, mais aussi du débit solide.
- ▶ Notion de stockage temporaire importante pour le débit solide
 - Artificiel: ex: barrages
 - Naturel: ex: bancs d'accumulation



Source: Malavoi et al. (2011), d'après Sear (1996)

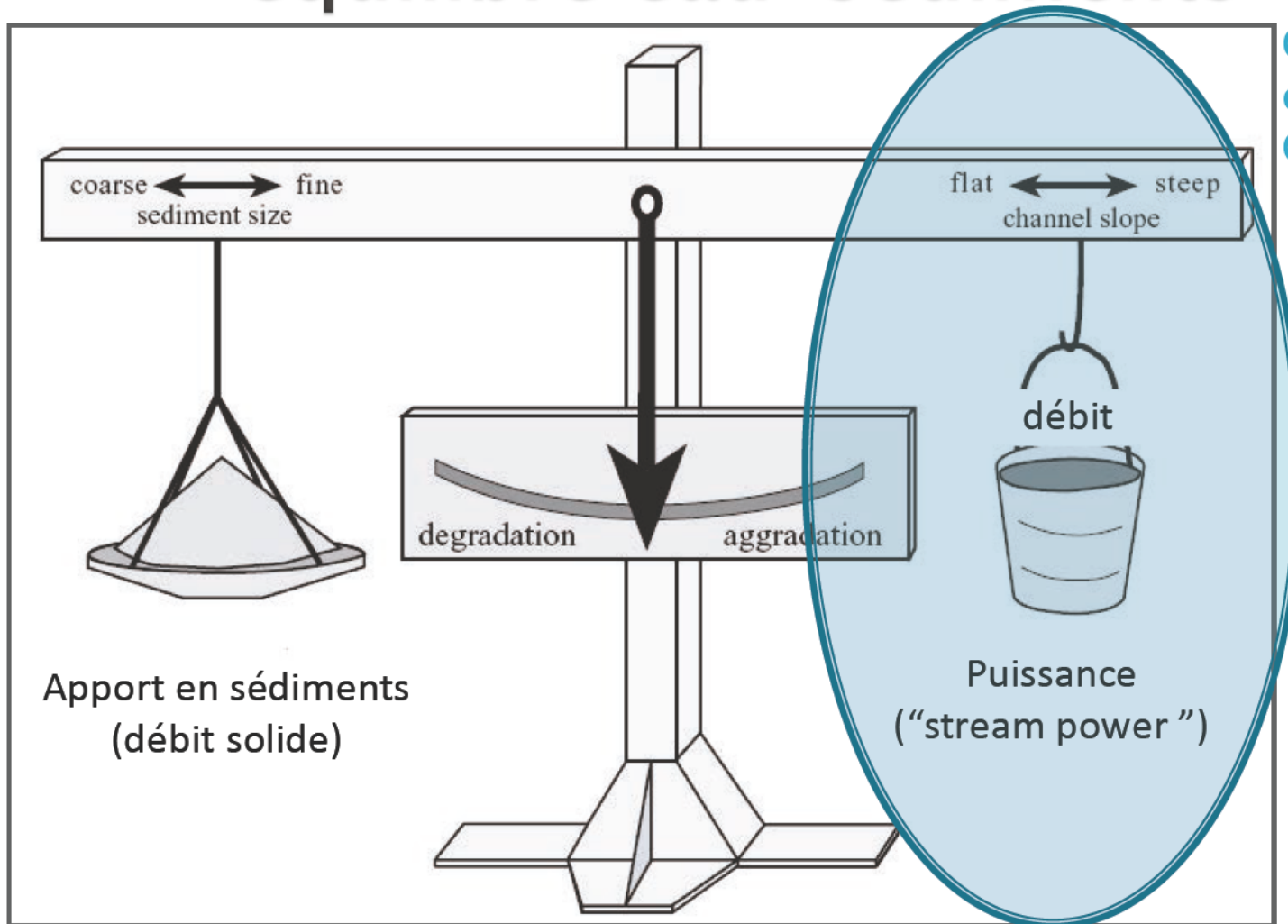
Provenance du débit solide

- ▶ Apports externes:
 - versants (tête de bassin-versant): érosion, glissements de terrain
 - Tributaires
- ▶ Apports internes
 - Stock de lit mineur (sédiments en provenance de l'amont)
 - Stock de lit majeur et des terrasses (dépôts quaternaires)
 - Berges

Très important en milieu agricole (jusqu'à 80% des apports – Smith et Dragovich, 2008)

Hydrogéomorphologie: équilibre eau-sédiments

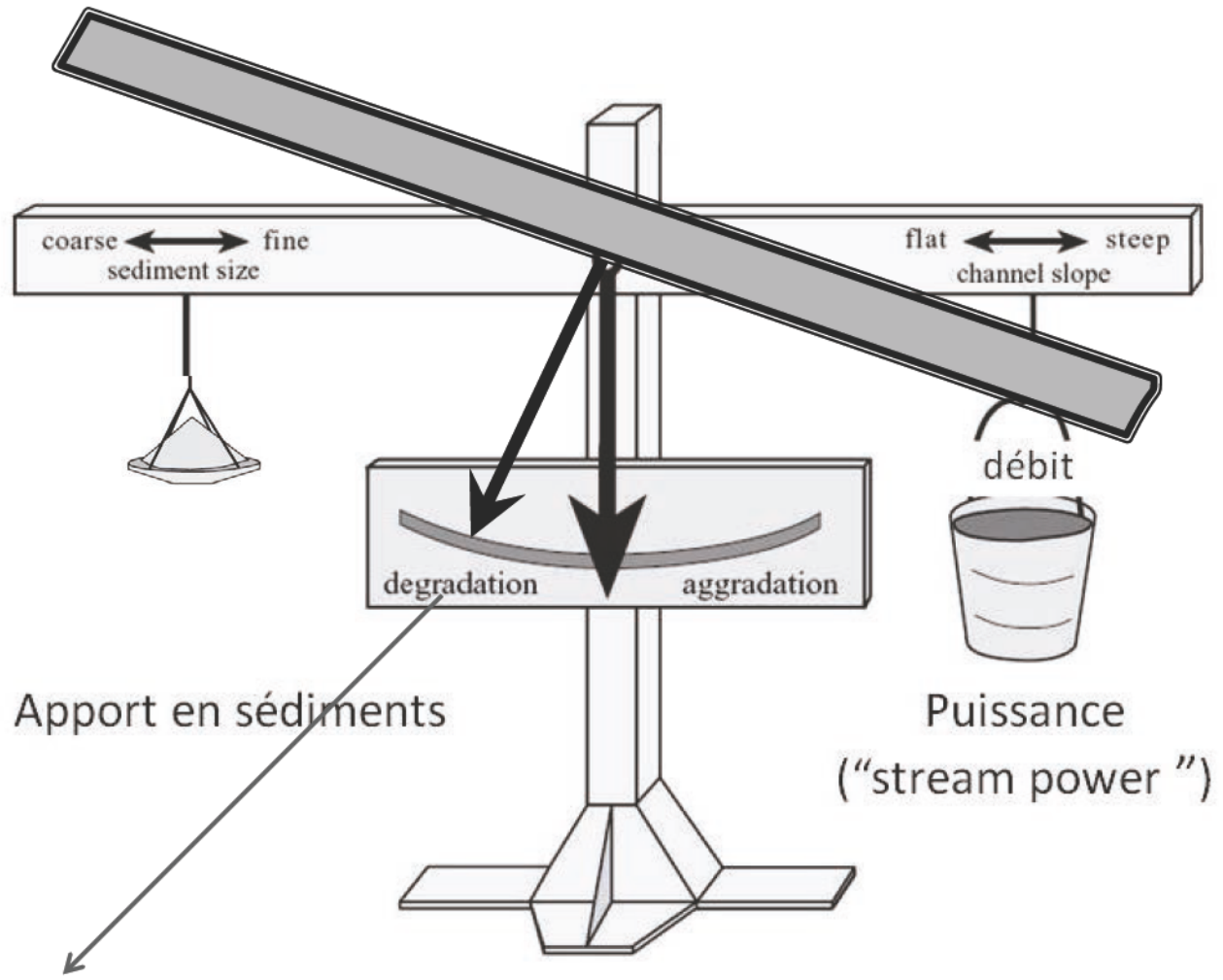
Gestion des
cours d'eau au
Québec



Modèle d'équilibre pour l'aggradation (dépôt) et la dégradation (érosion) des chenaux. À partir d'une figure du USA Bureau of Reclamation basée sur l'équation de Lane (1955). Blum et Tornquist (2000).

Si...

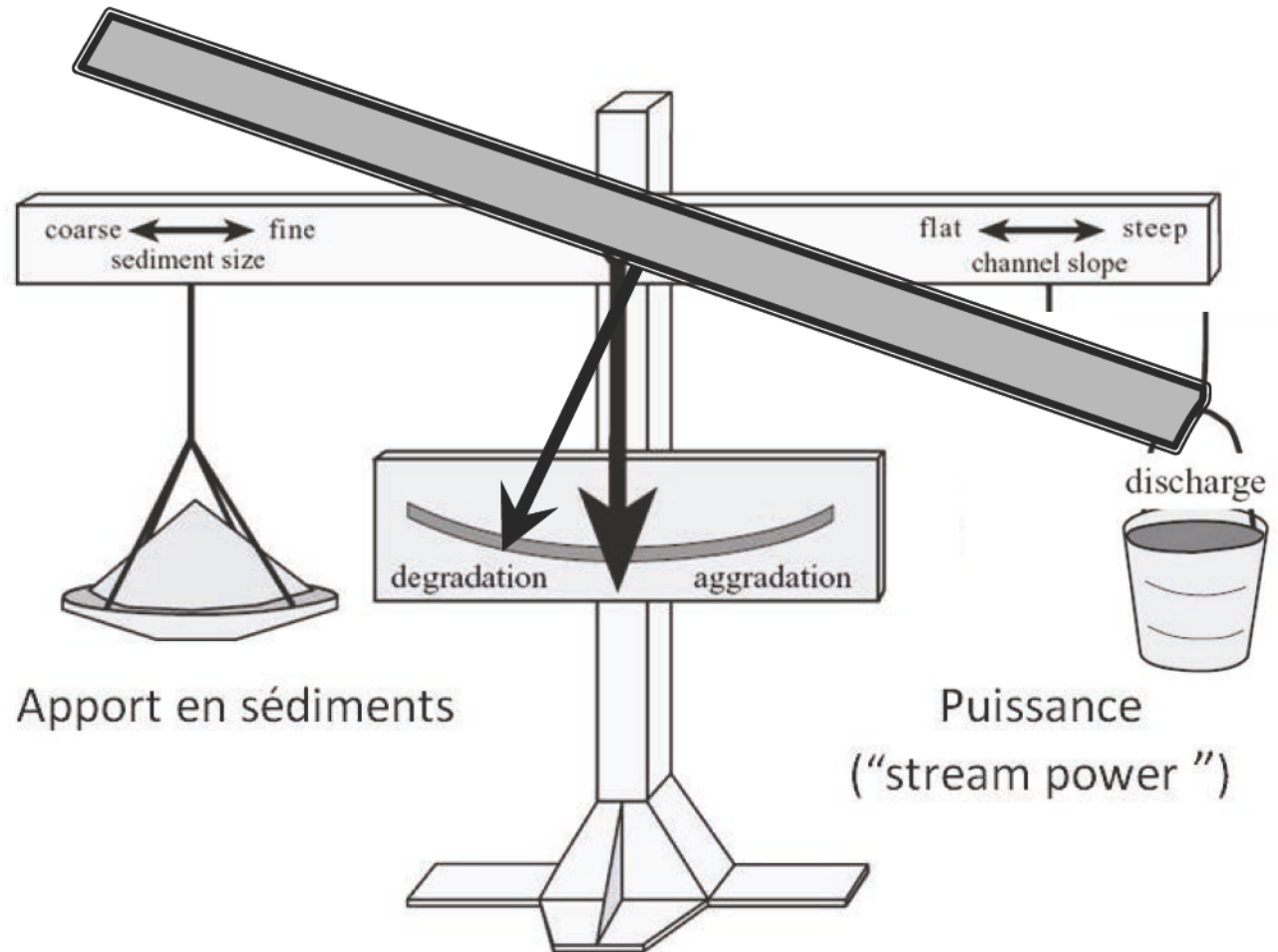
On réduit la charge sédimentaire
(construction d'un barrage, de seuils qui trappent les sédiments, protection massive des berges...)



« Degradation » = incision verticale ou régression de fond

Si...

On augmente la
pente (élimination
des méandres)

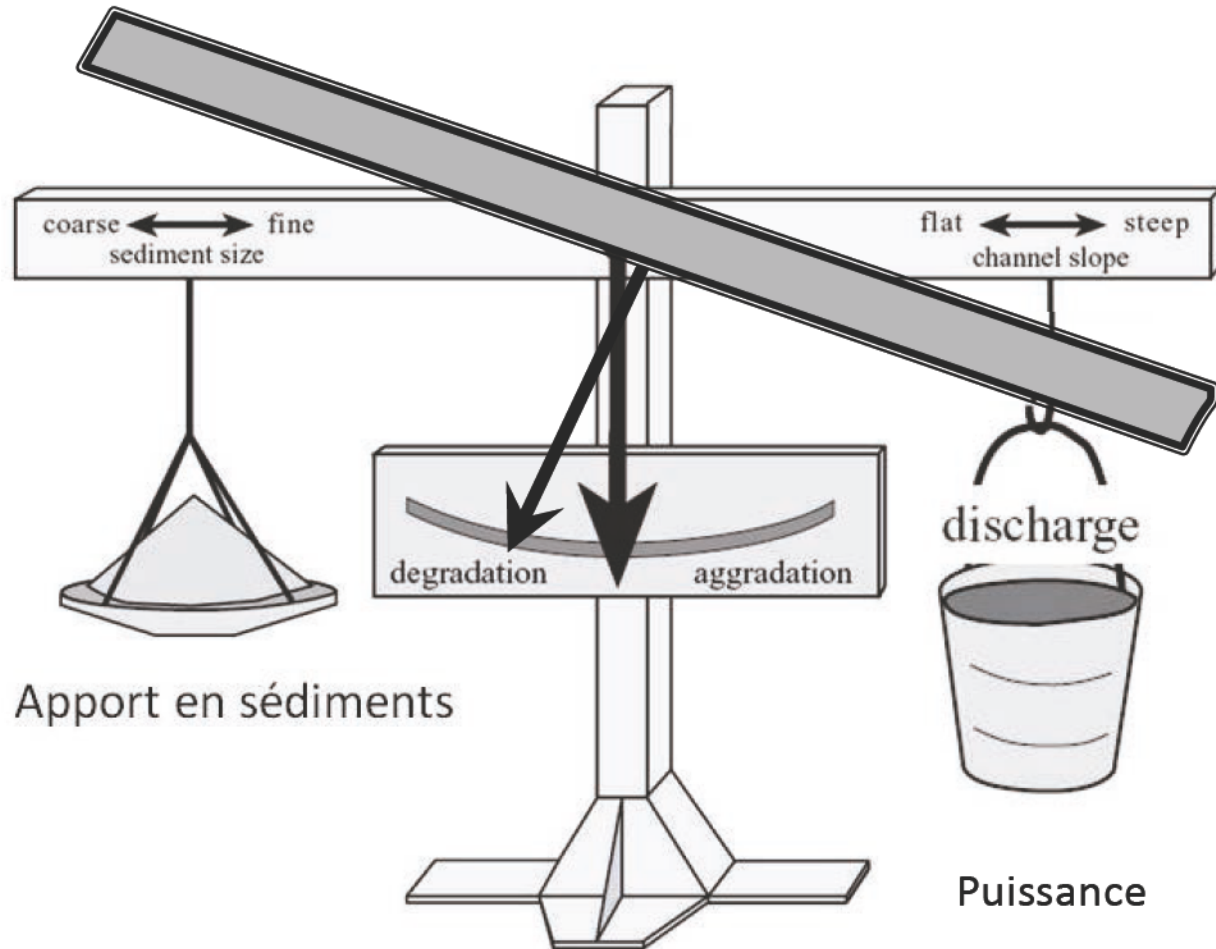


Apport en sédiments

Puissance
("stream power")

Si...

On augmente le débit (changements climatiques)



Cours d'eau en équilibre

“Un cours d'eau dont, sur une période de plusieurs années, la pente est délicatement ajustée pour procurer, avec le débit disponible et les caractéristiques du chenal, juste la vitesse nécessaire au transport du flux des sédiments du bassin-versant”

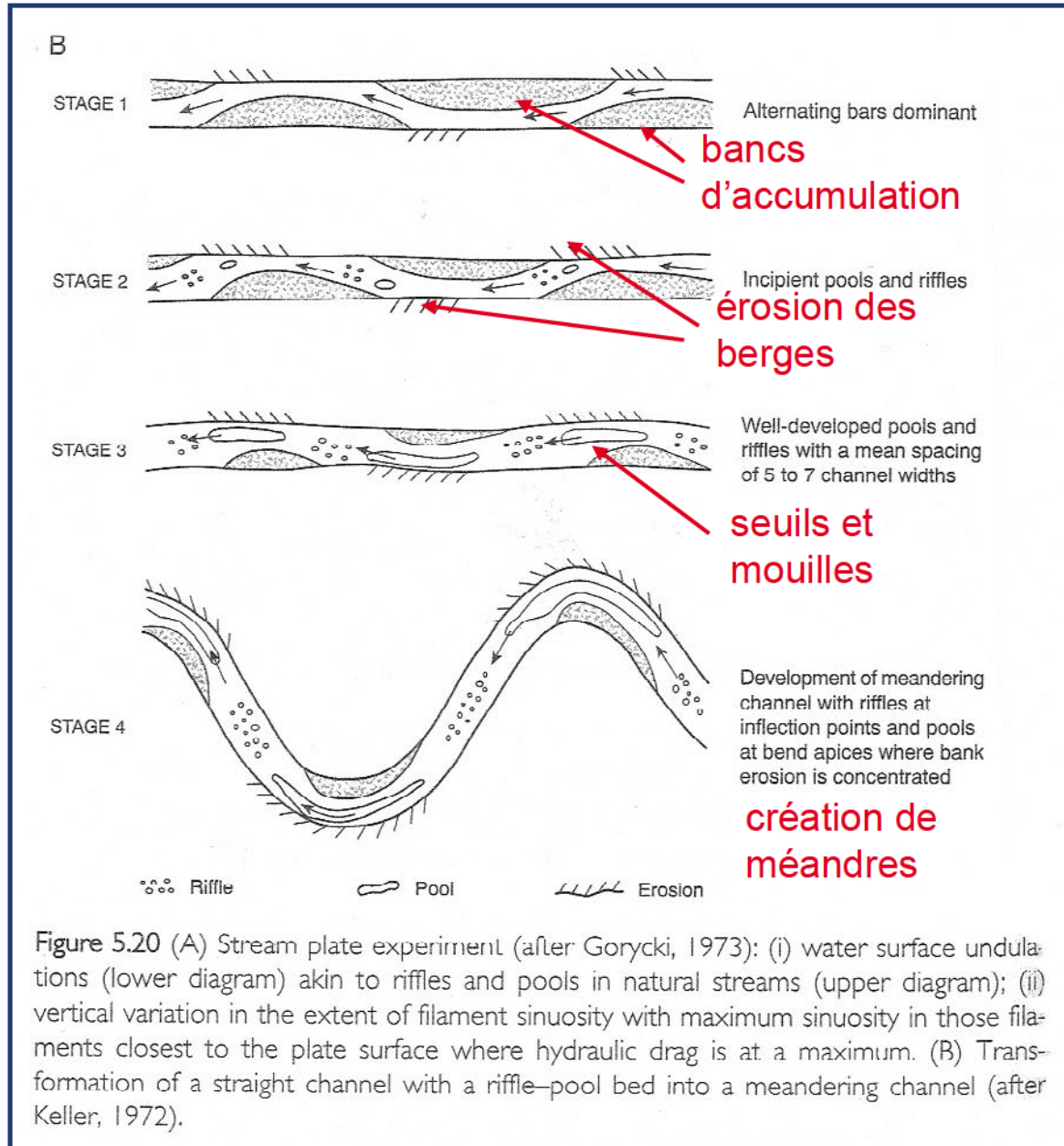
Mackin (1948)

Linéarisation: plus de 30,000 km de rivières au Québec



Ruisseau Richer (St-Marc-sur-Richelieu): parcours de 1932 superposé au parcours linéaire de 2006

Tendance naturelle des cours d'eau à suivre un parcours sinueux



Linéarisation et ajustements en nature



Source: River Geomorphology Videos, Little River Research & Design

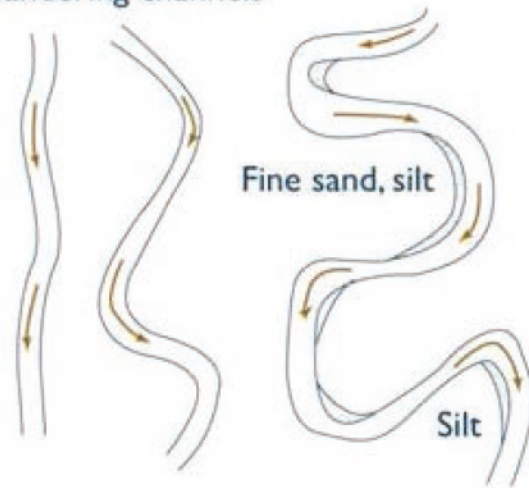
Grand River aujourd'hui



Baisse de la stabilité du chenal →
 Hausse de l'apport en sédiments →

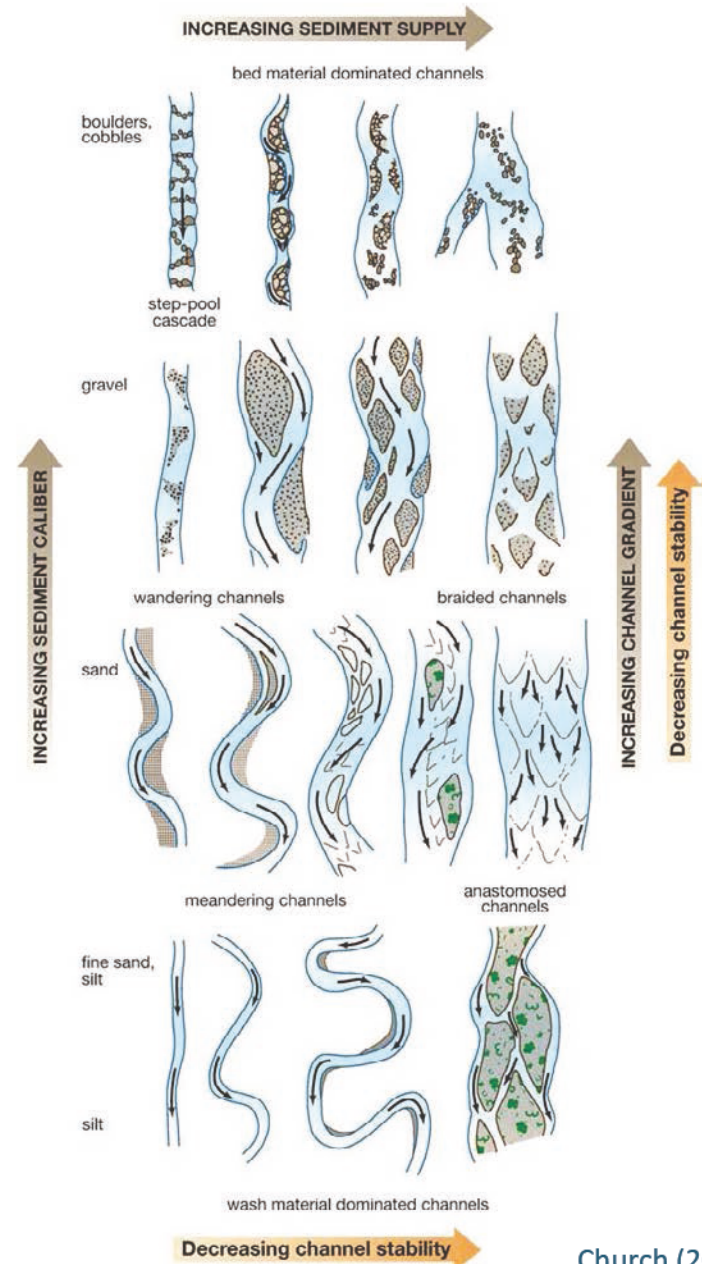
Stabilité ≠ immobilité!

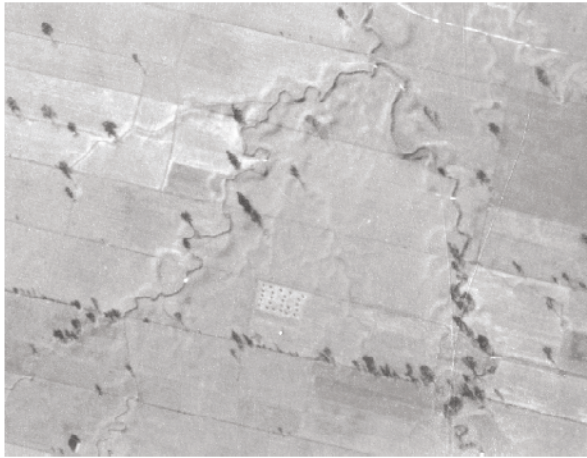
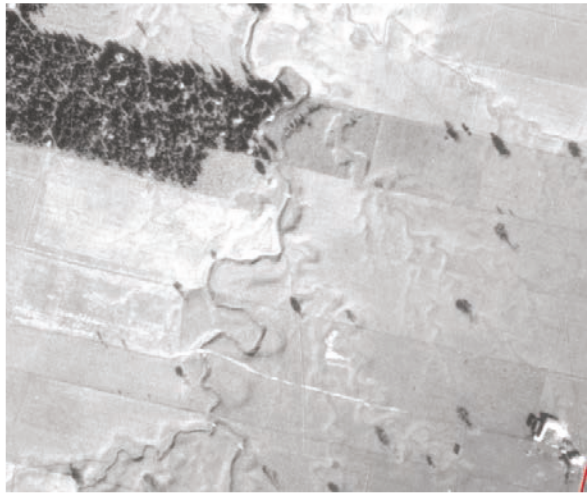
Meandering channels



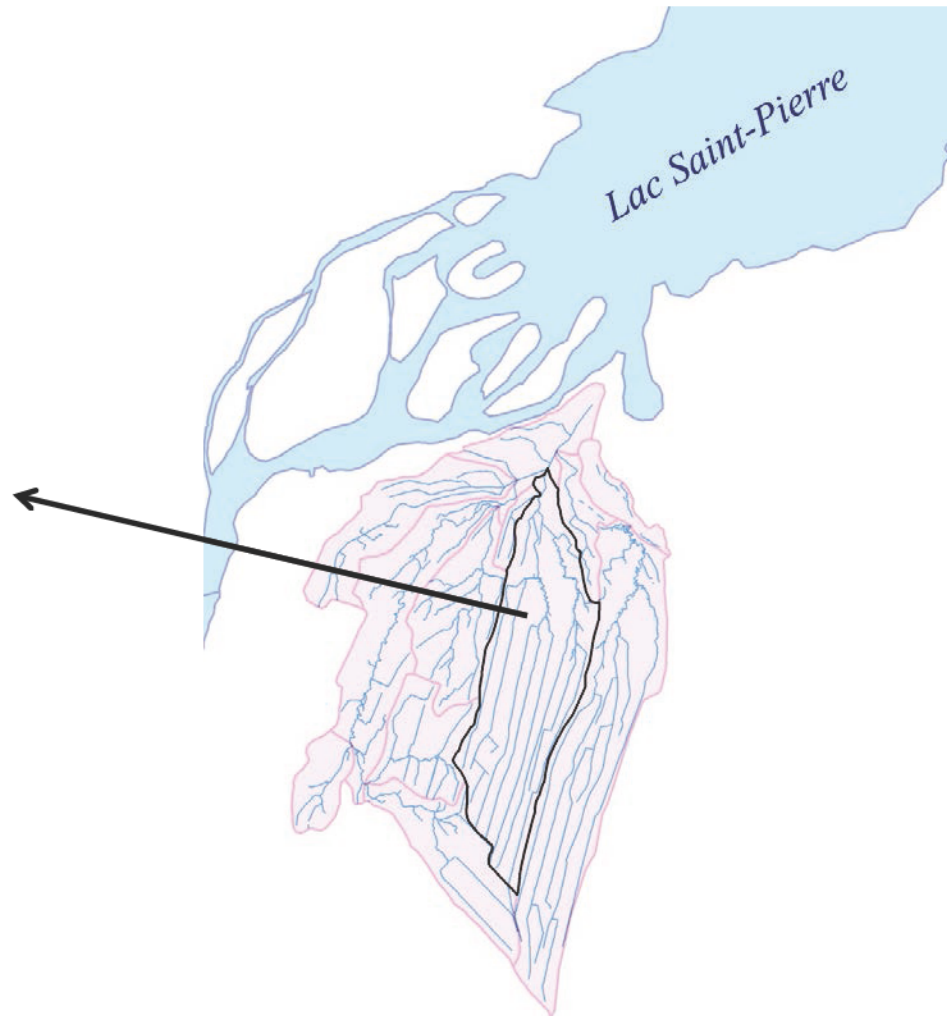
Hausse de la pente du chenal →
 Baisse de la stabilité des chenaux →
 Hausse de la taille des sédiments →

DONC: Les méandres sont une forme stable de cours d'eau lorsque les pentes sont faibles et les sédiments sont fins (milieu agricole)

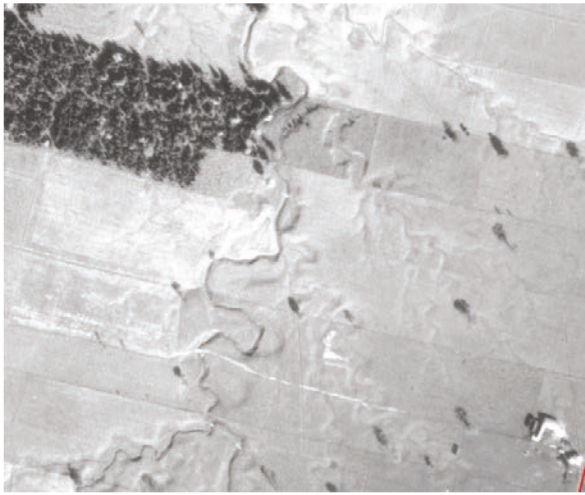




1935



Petite rivière Pot au beurre, Baie Lavallière



1935



1964



2009

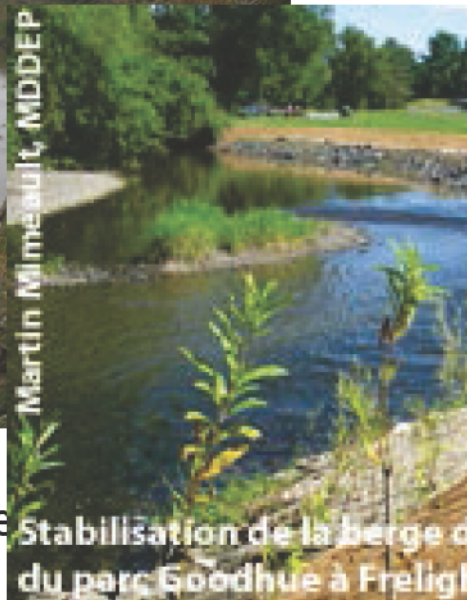
Petite rivière Pot au beurre, Baie Lavallière

Gestion des corridors fluviaux au Québec

- ▶ Bandes riveraines restreintes, beaucoup de stabilisation



Rivière Yamachiche:
mais sans bande riveraine



Stabilisation de la berge d
du parc Goodhue à Freligh



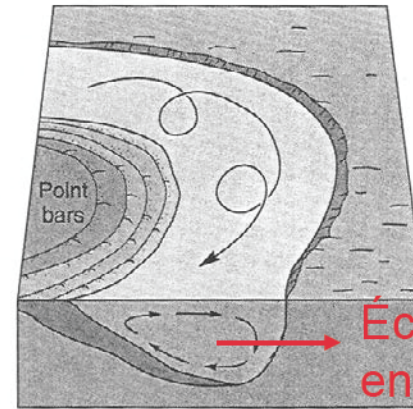
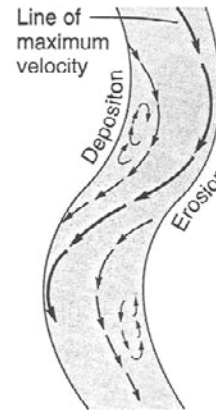
Rivière Matane: enrochement
typique de la région de la Gaspésie

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
(hélicoïdal)

- ▶ Les rivières débordent de leur lit régulièrement

Niveau plein-bord atteint
à chaque 1.5 - 2 ans



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

Érosion des berges: un problème?

Articles

Bank Erosion as a Desirable Attribute of Rivers

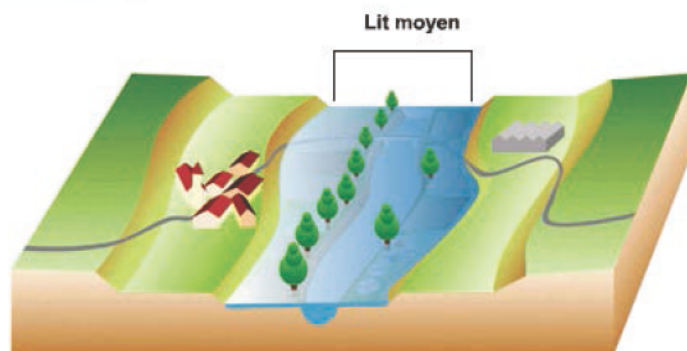
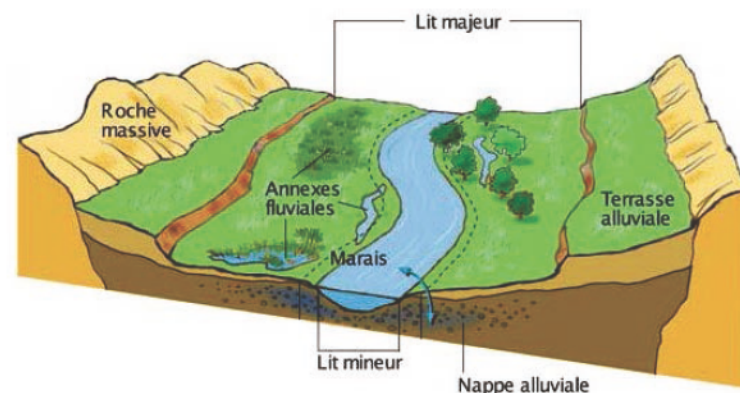
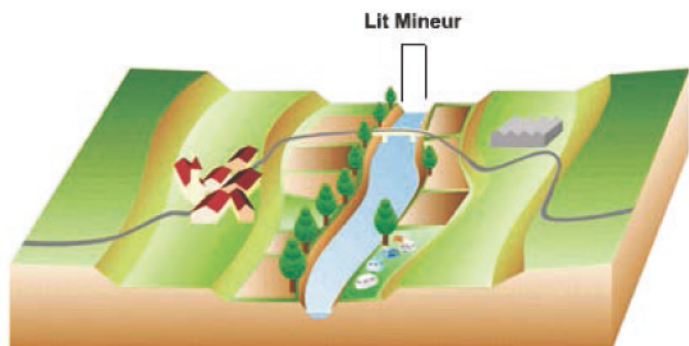
JOAN L. FLORSHEIM, JEFFREY F. MOUNT, AND ANNE CHIN

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.

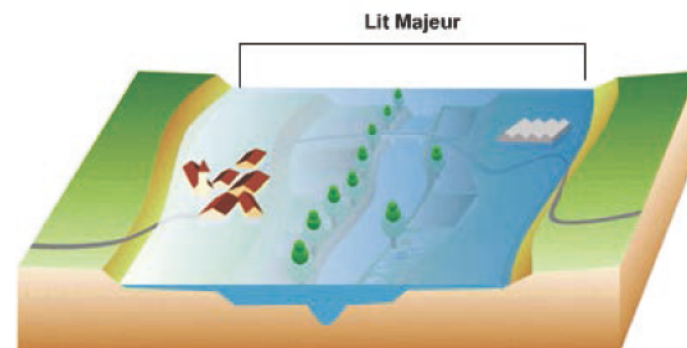
Keywords: bank erosion, riparian ecology, fluvial geomorphology, sediment, aquatic ecology

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

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

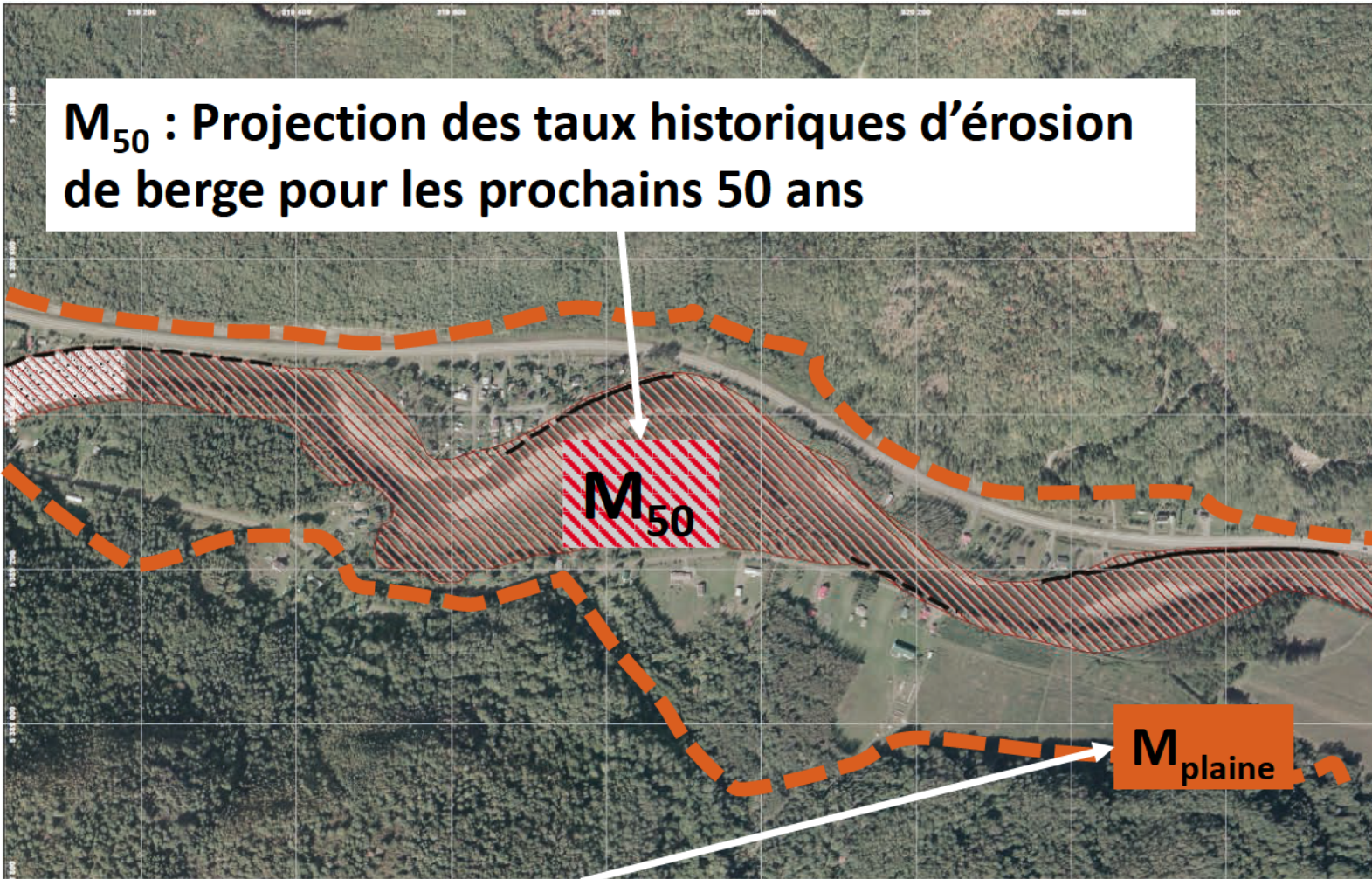


+ milieux humides
(espace d'intégrité)



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

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 : $F_{\text{élevé}}$, 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

riivière Matane

Espace de mobilité

M1

M2

Espace d'inondabilité

N1

N2

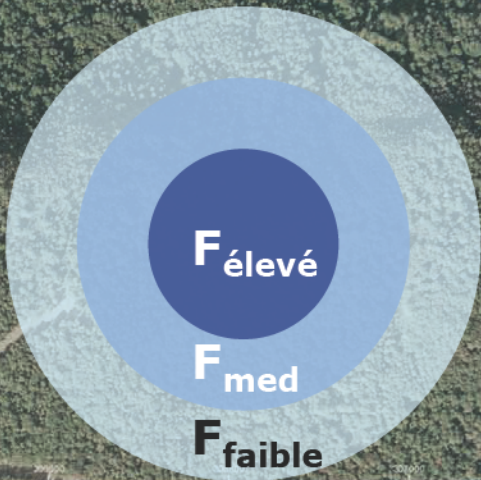
N3

0 50 100 200 mètres

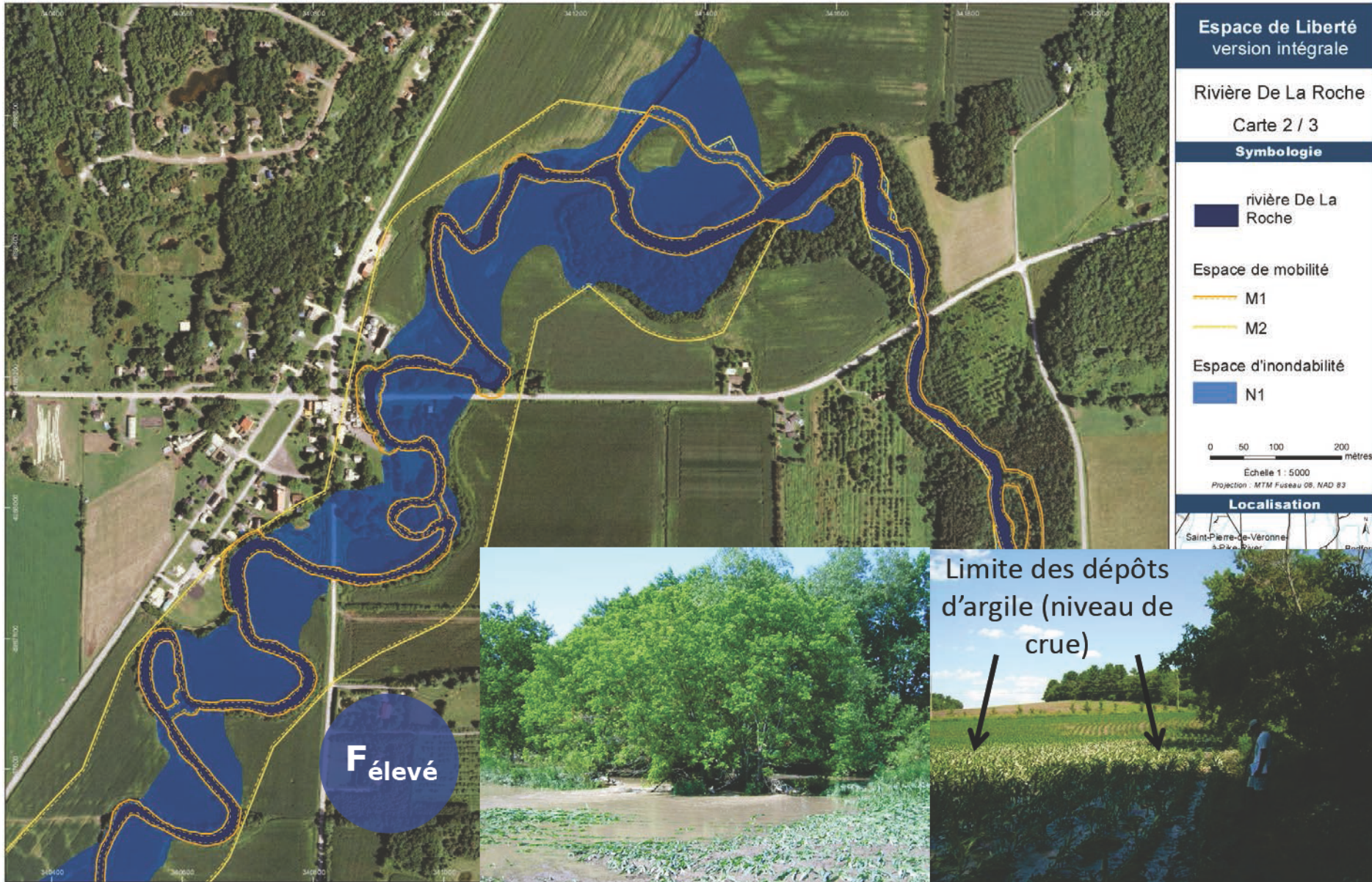
Echelle 1 : 5000

Projection : MTM Fusau 06, NAD 83

Localisation



Basses Terres: un seul niveau d'inondabilité : F^{élevé}



Espace de liberté

=

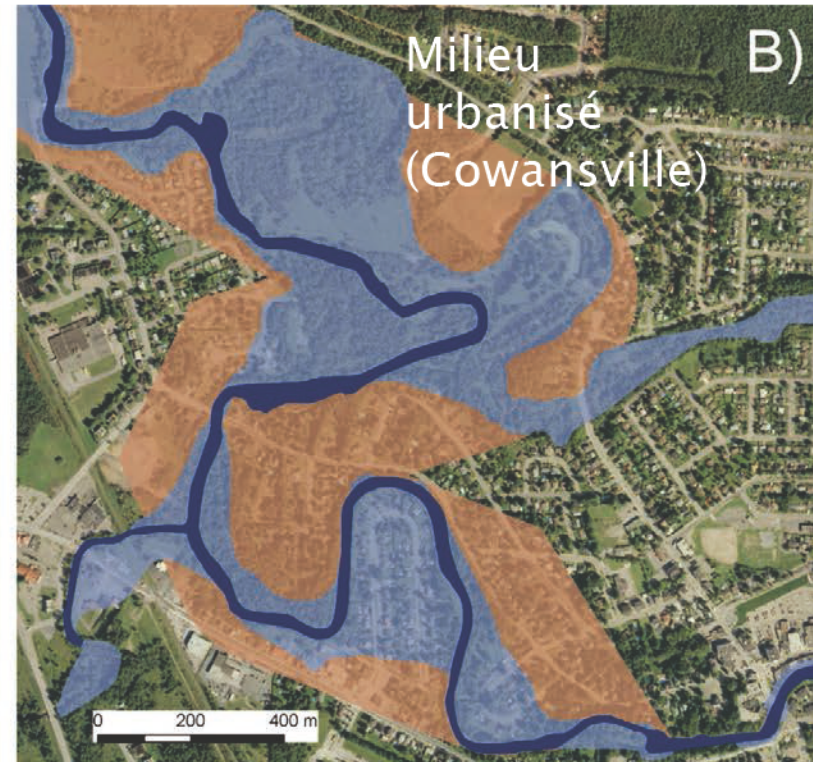
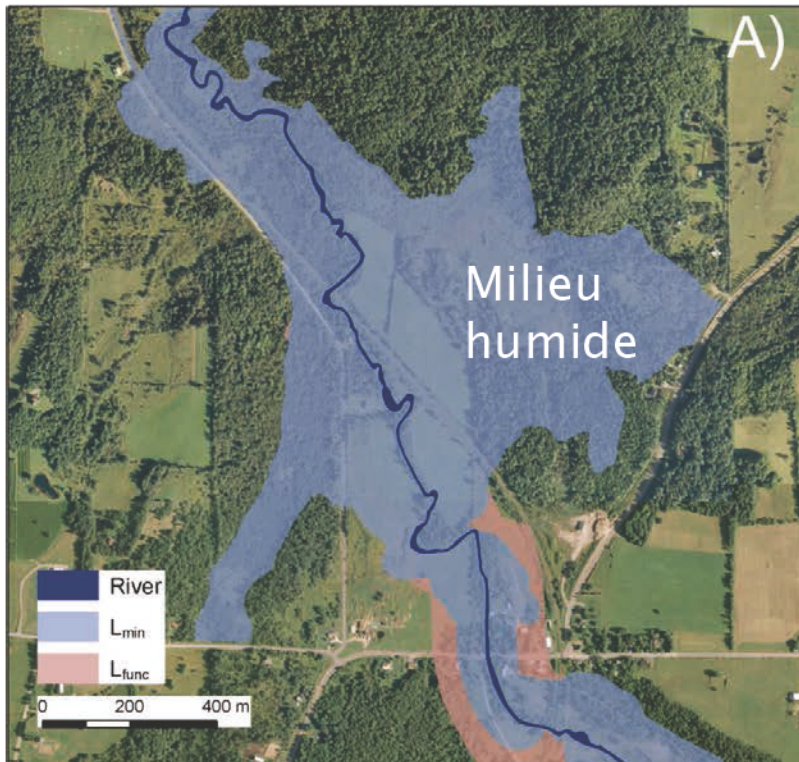
Espace de mobilité + **espace d'inondabilité**
(qui inclut les milieux humides)

		Mobilité		
		M ₅₀	M _{plaine}	En dehors de l'espace de mobilité (> M _{plaine})
Inondabilité	F _{élevé}			
	F _{med}			
	F _{faible}			
	En dehors de l'espace d'inondabilité			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

Variabilité dans l'espace de liberté



Yamaska Sud-Est

Biron et al. (2014)

Analyse coûts-avantages

+2,4 millions \$

Type	Catégorie	Valeur (\$ CAD)
Rivière Yamaska Sud-Est		
Coûts	Perte de droit de construction	-2 913 120
	Perte de droit de culture	-1 453 832
	Réductions des coûts de protection – mesures additionnelles	3 269 009
Avantages	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
Total		2 375 263

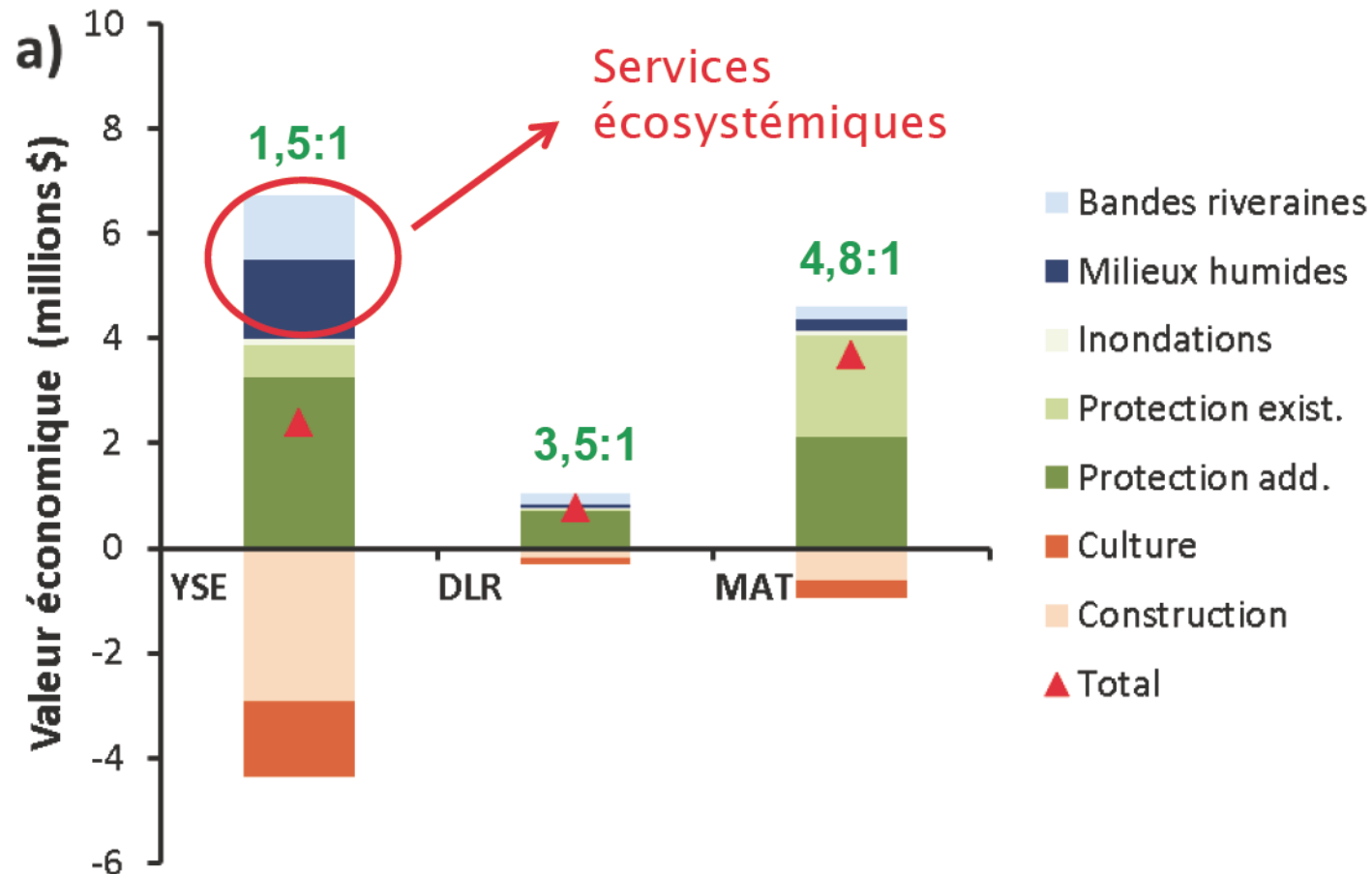
+0,8 millions \$

Rivière De La Roche		
Coûts	Perte de droit de construction	-183 600
	Perte de droit de culture	-115 969
	Réductions des coûts de protection – mesures additionnelles	705 487
Avantages	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	228 959
Total		746 799

+3,7 millions \$

Rivière Matane		
Coûts	Perte de droit de construction	-630 000
	Perte de droit de culture	-330 172
	Réductions des coûts de protection – mesures additionnelles	2 107 479
Avantages	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	263 623
Total		3 663 663

Analyse avantages-coûts



YSE: Yamaska Sud-Est
DLR: De la Roche
MAT: Matane

Exemple d'application: Vermont



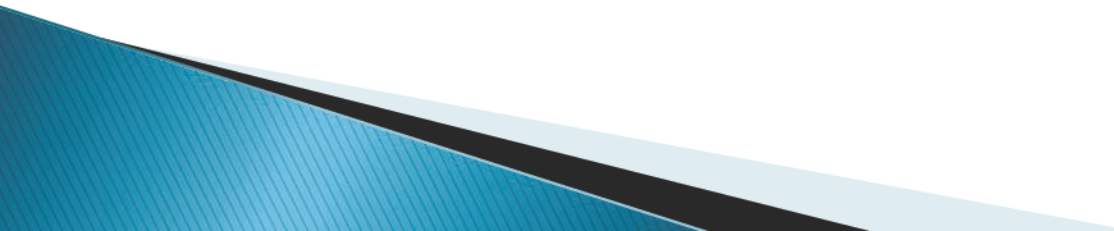
Rivière Winooski, Vermont

Zones de servitude impliquent de ne pas:

- Protéger les berges
- Remblayer
- Draguer
- Effectuer des travaux qui feraient obstacle à l'écoulement de l'eau

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

Partie 1 : Résumé

- ▶ On ne peut pas gérer les cours d'eau sans tenir compte du débit solide (transport de sédiments)
 - ▶ Il faut tenir compte de la dynamique naturelle des cours d'eau lorsqu'on intervient dans le corridor fluvial
 - ▶ L'espace de liberté est une approche de gestion des cours d'eau qui tient compte de la dynamique naturelle et qui vise à diminuer la nécessité d'intervenir (meilleure résilience)
- 

Partie 2: Milieu agricole

Hydrogéomorphologie et qualité de l'eau

- ▶ Beaucoup d'interventions anthropiques dans les cours d'eau en milieu agricole, particulièrement dans les petits cours d'eau de tête
- ▶ Impacts cumulatifs qui affectent la qualité de l'eau – importance de travailler à l'échelle du bassin-versant et de comprendre la source des problèmes
- ▶ Exemple: bassin du Mississippi



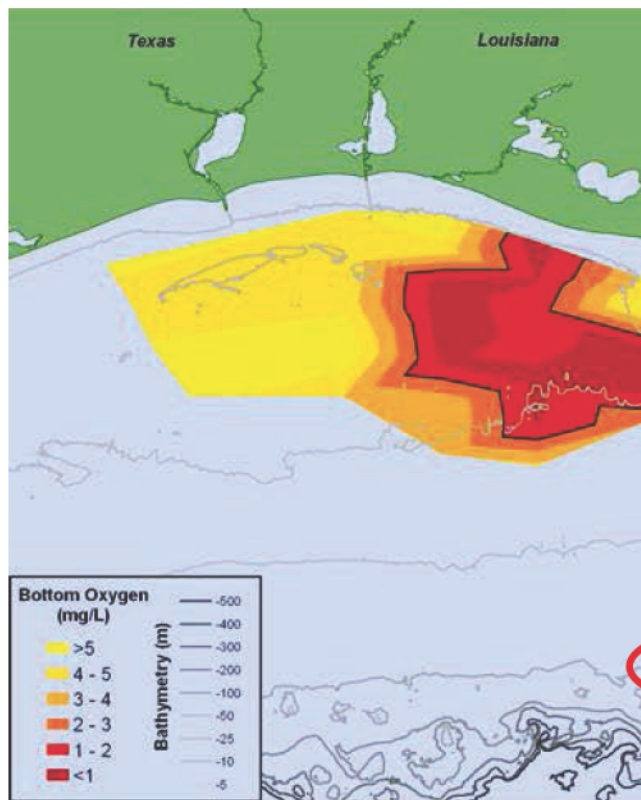
Problème à l'embouchure (Golfe du Mexique)

Zone morte (hypoxique) «**Mexique**»

Une «zone morte» record dans le golfe du

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 km² 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 km² 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 km², selon l'agence.

L'agriculture en cause

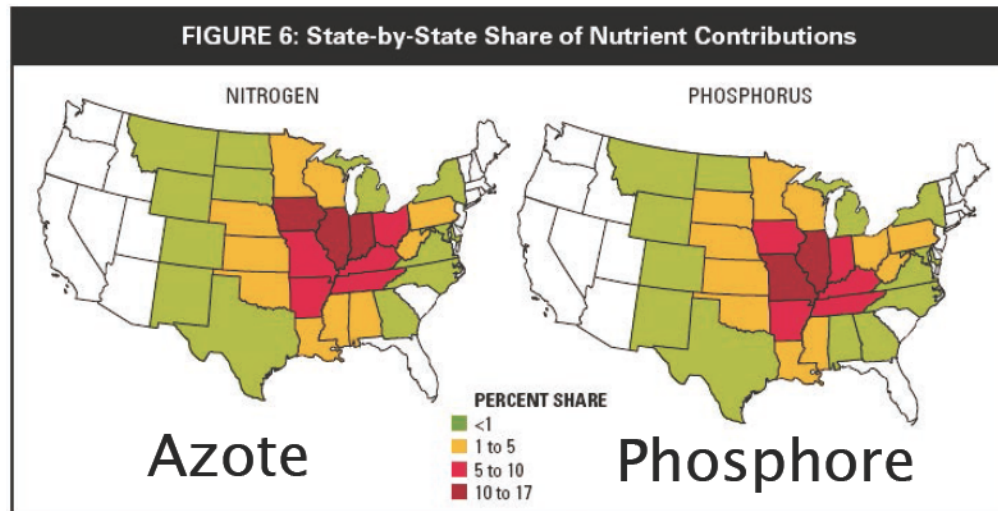
Ce désert sous-marin se forme annuellement à partir du delta du Mississippi. C'est que le mythique fleuve draine près de 40 % des eaux des États-Unis, dont une bonne partie de celles qui s'écoulent des zones agricoles, notamment des champs de maïs. C'est ainsi que chaque année, des centaines de milliers 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.

<http://www.noaanews.noaa.gov/stories2015/0>

Superficie

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)

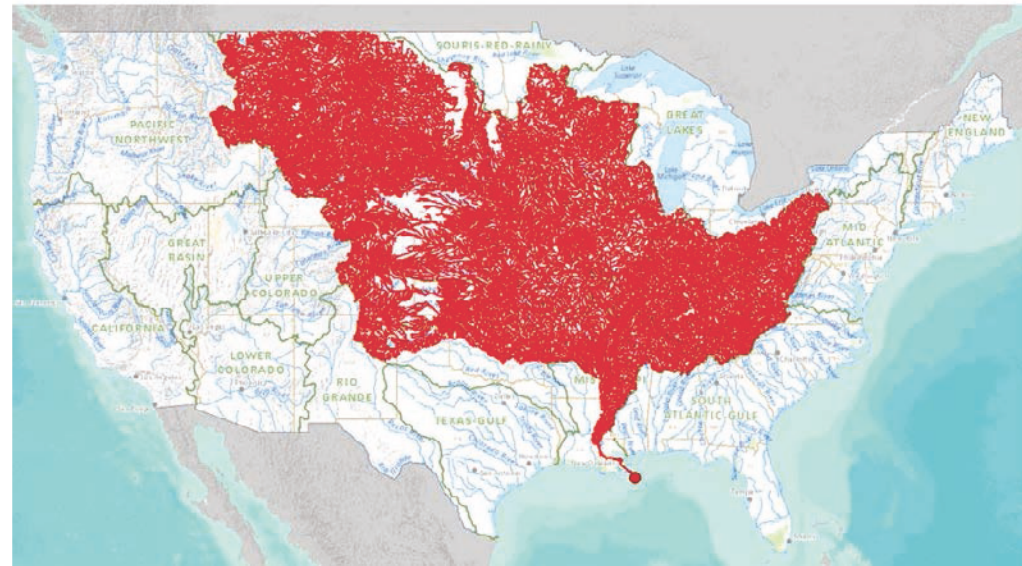
- ▶ Tête du Mississippi et Bassin de l'Ohio-Tennessee = 31% de la superficie du bassin versant
- ▶ Apportent 82% de l'azote et 58% du phosphore

Solution?

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



Branches principales du Mississippi



Ensemble des tributaires du Mississippi

- ▶ 80–85% de la longueur des cours d'eau d'un bassin versant = cours d'eau de tête

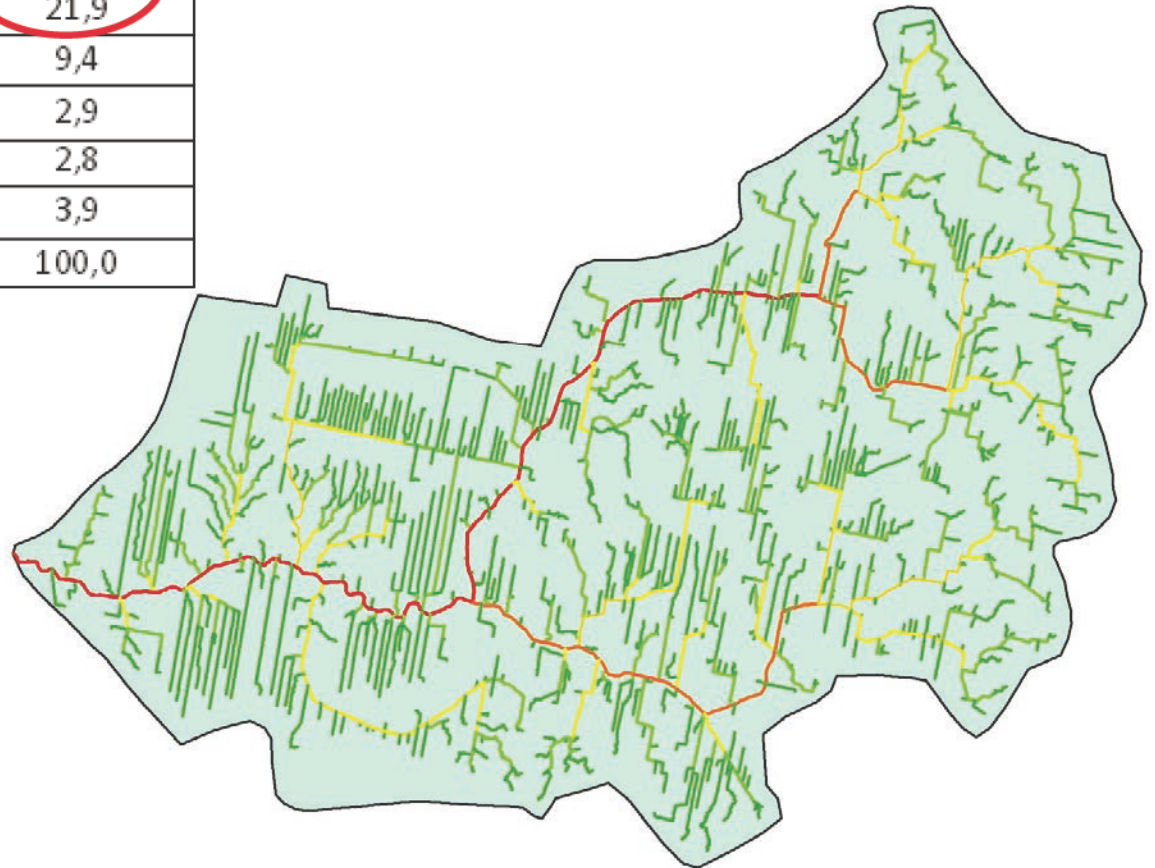
Cours d'eau de tête: exemple

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
Total	303,89	100,0

81%

Bassin Des Fèves (tributaire de la rivière Châteauguay)

Note: très souvent les petits cours d'eau de tête n'apparaissent pas sur les cartes et ne peuvent être extraits qu'à partir de données LiDAR précises.



0 0,5 1 2 3 4 Kilomètres



Hypoxia In the Northern Gulf of Mexico

Louisiana
Universities
Marine
Consortium



Home

About Hypoxia

Research

Publications

News

Resources

About Us

[news](#)

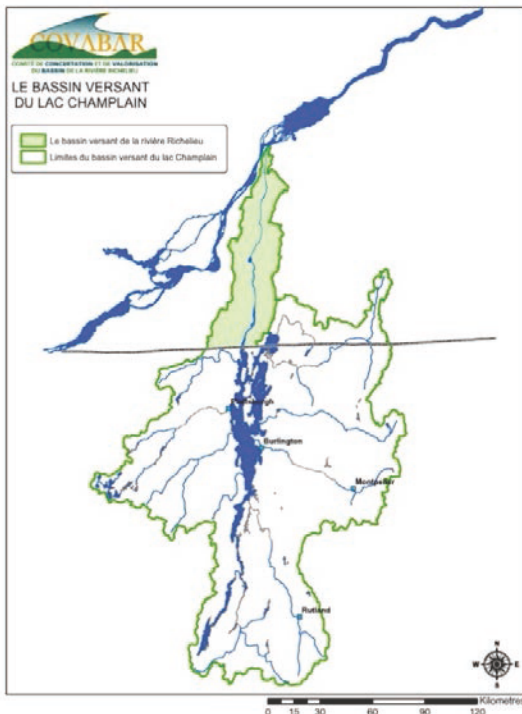
Iowa's strategy to reduce agricultural runoff of nitrogen and phosphorus

By Daryll E. Ray and Hardwood D. Schaffer, Farm and Ranch Guide
20 September 2014



Au Québec...

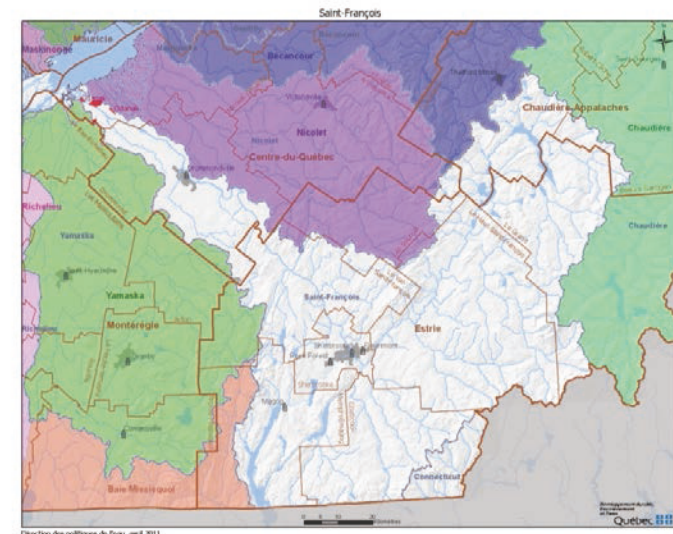
- ▶ Lac St-Pierre: notre “Golfe du Mexique”?



Bassin-versant du Richelieu

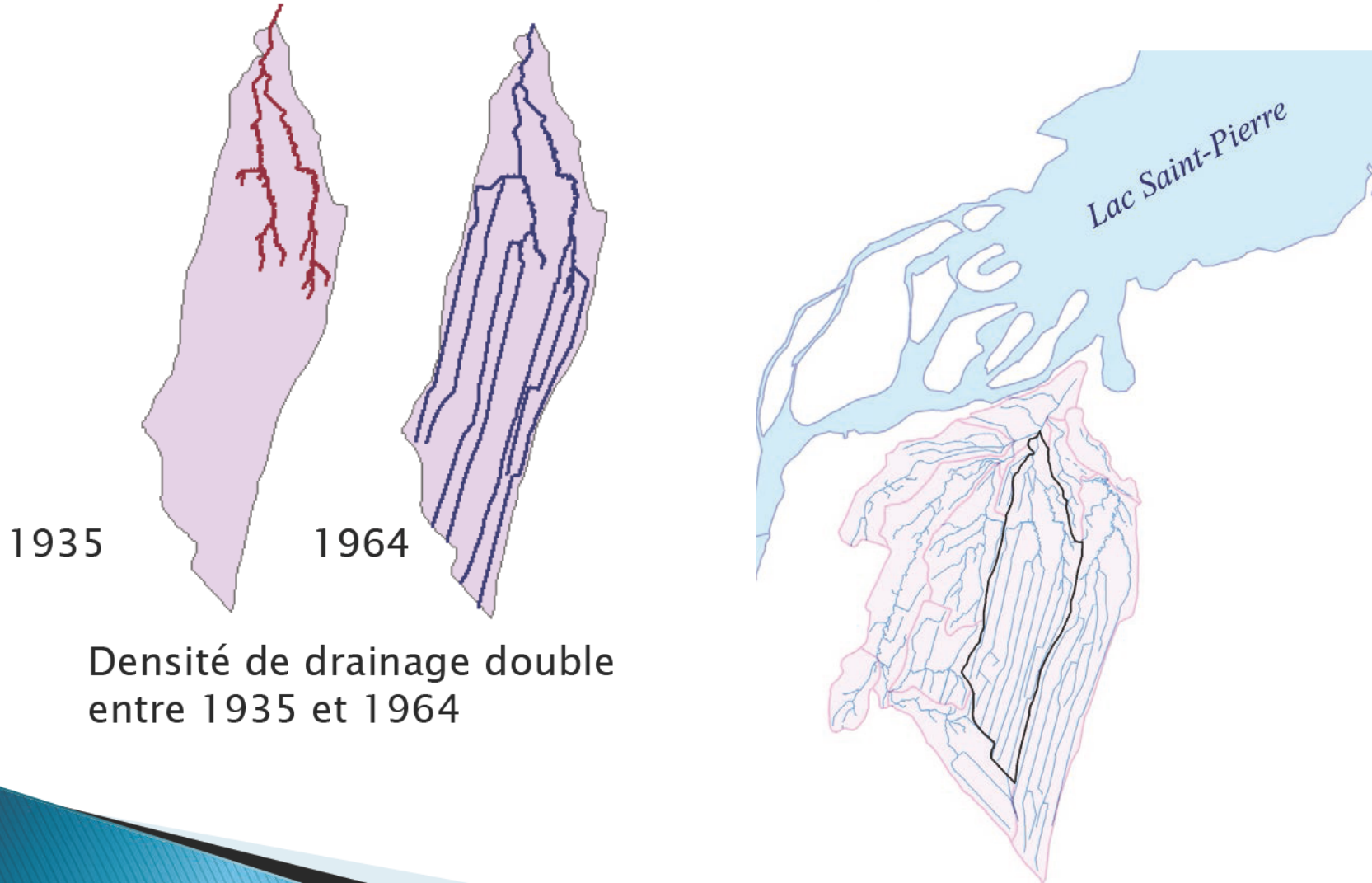


Bassin-versant de la Yamaska

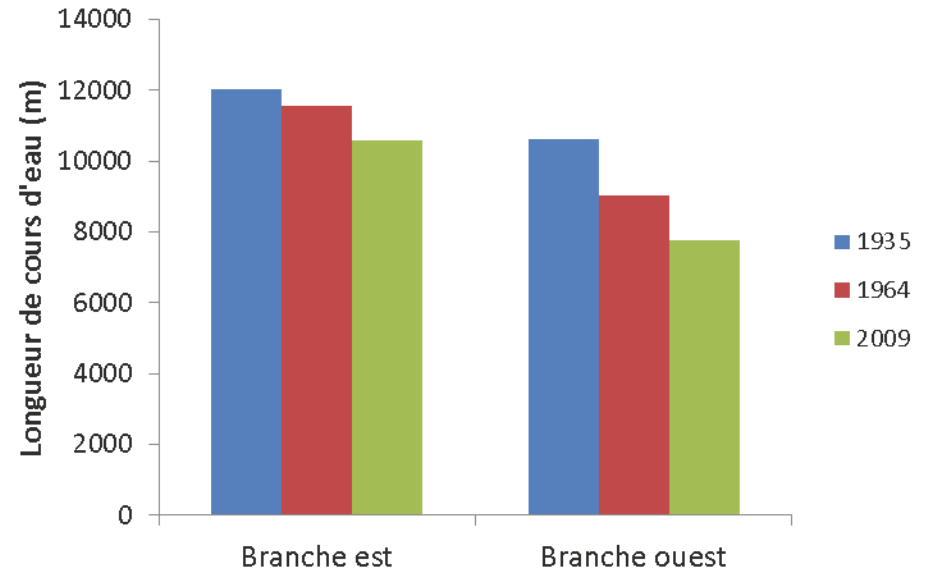
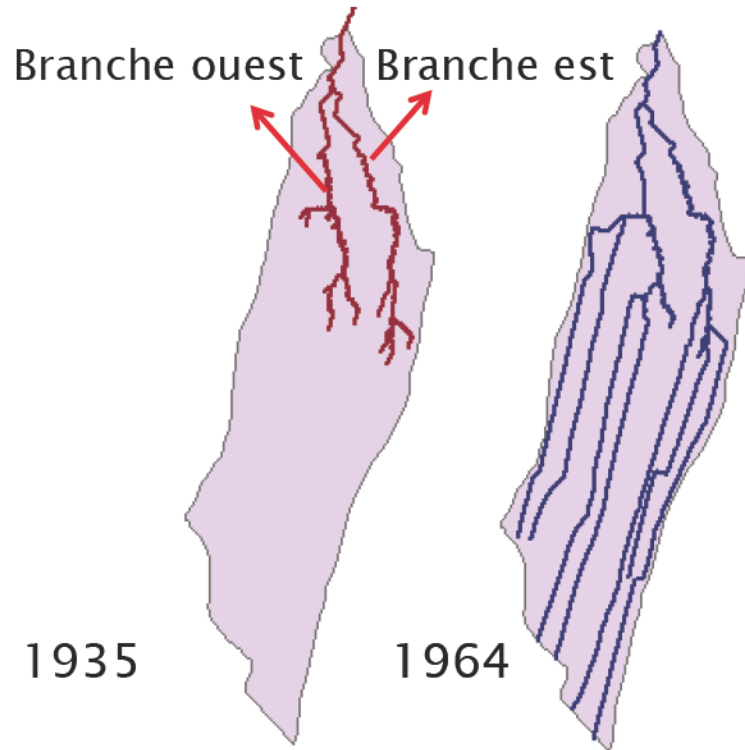


Bassin-versant de la St-François

Exemple: Petit Pot au Beurre (Baie Lavallière)



Exemple: Petit Pot au Beurre (Baie Lavallière)

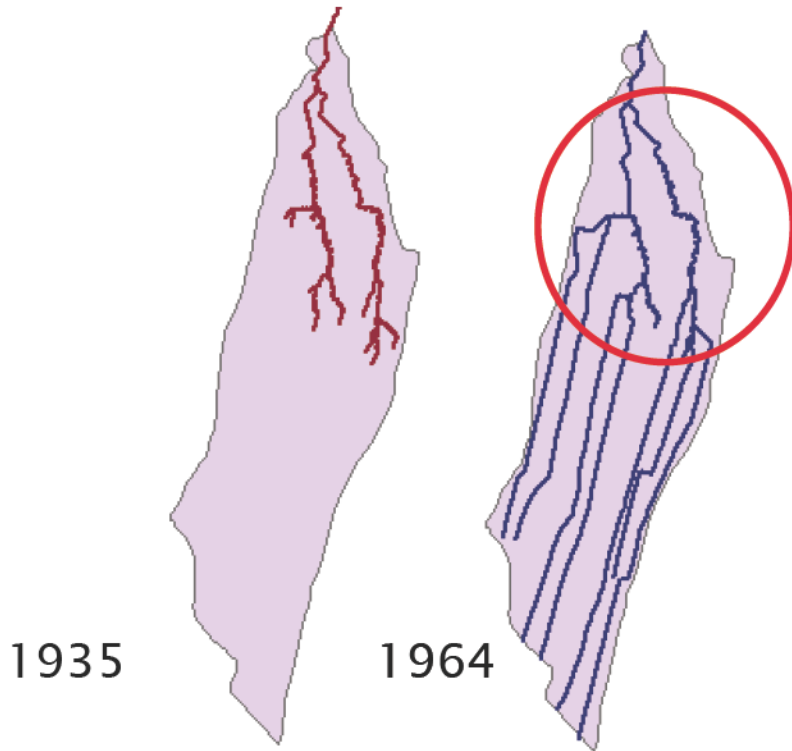


Linéarisation (1935 – 2009):

Branche est: 12.1% plus courte

Branche ouest: **26.8%** plus courte

Exemple Petit Pot au Beurre



Plusieurs problèmes dans ces secteurs – volonté locale d’entretenir les fossés, de stabiliser les berges et d’installer des seuils, mais...

Quelles sont les causes des problèmes observés?

Fossé non entretenu depuis 50 ans (Petit Pot au Beurre)



Tendance à retrouver
une certaine sinuosité,
bonne stabilité

Aucun problème d'érosion lorsque les berges sont végétalisées



Sorties de drain problématiques: érosion de berge accentuée



Érosion liée à la machinerie agricole



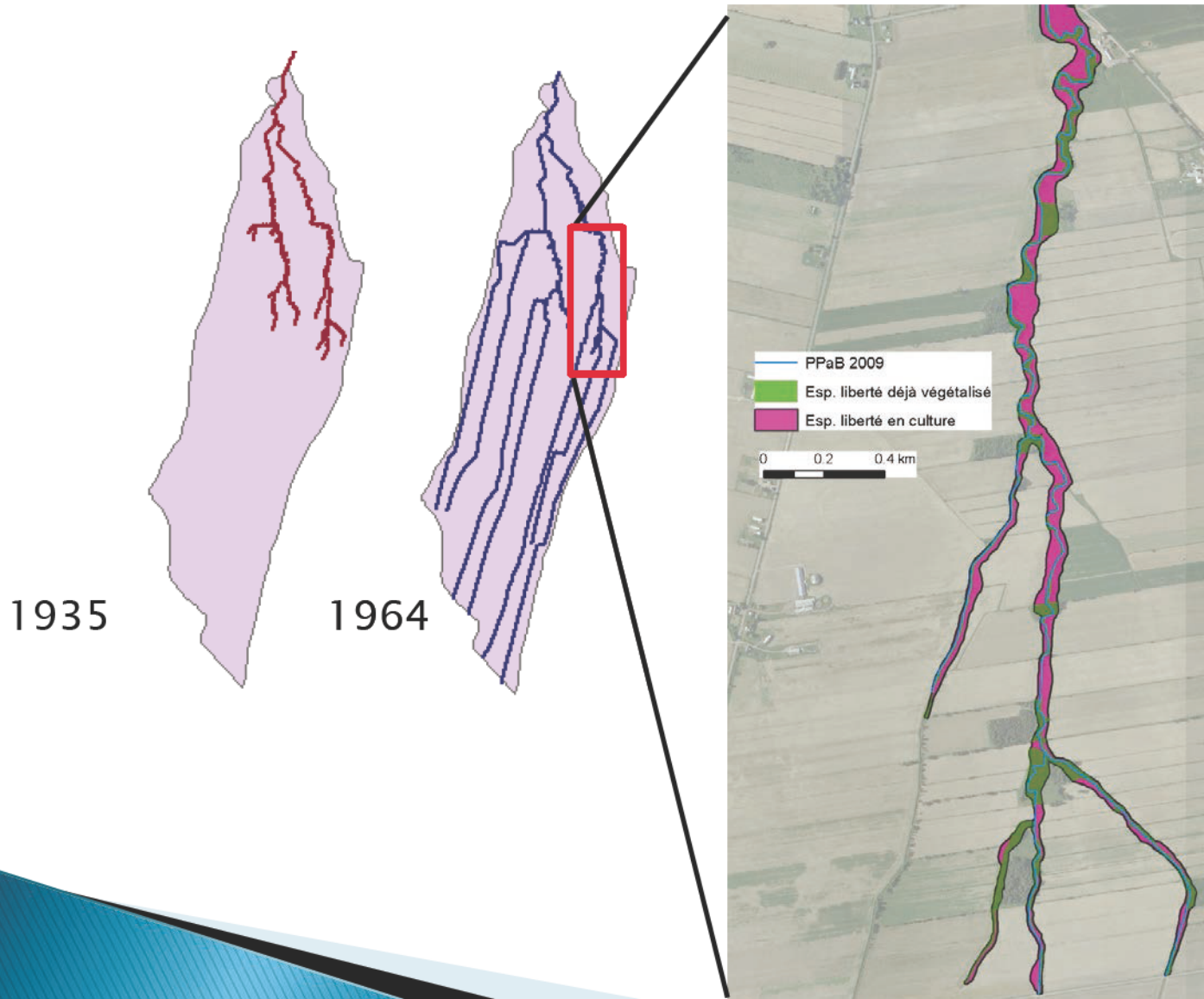
Espace de mobilité non respecté



Espace d'inondabilité non respecté



Espace de liberté approximatif (LiDAR et photos aériennes historiques)



6.8 km de cours
d'eau

24 ha d'espace
de liberté

12 ha déjà
végétalisé

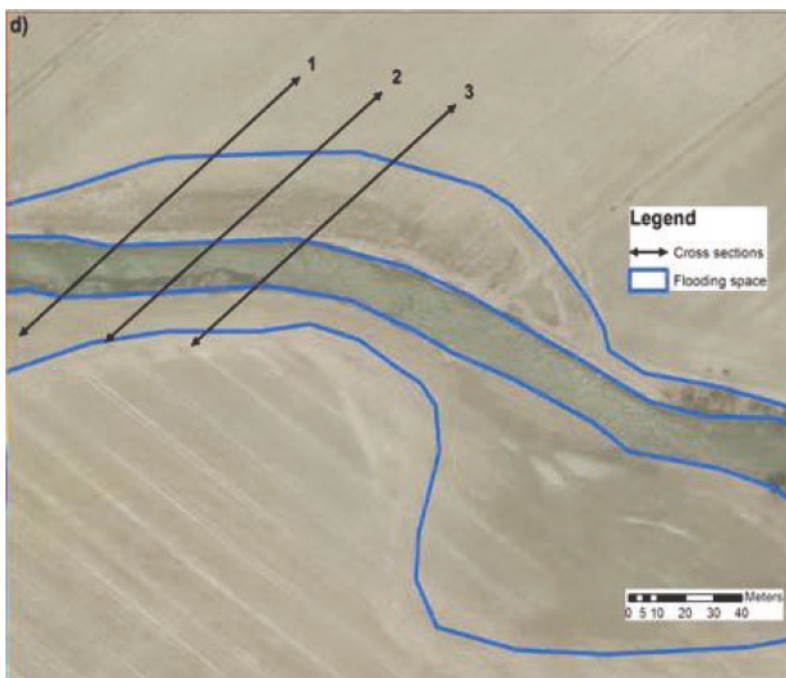
Bande riveraine
moyenne: 17 m

Problème: perte de terres agricoles

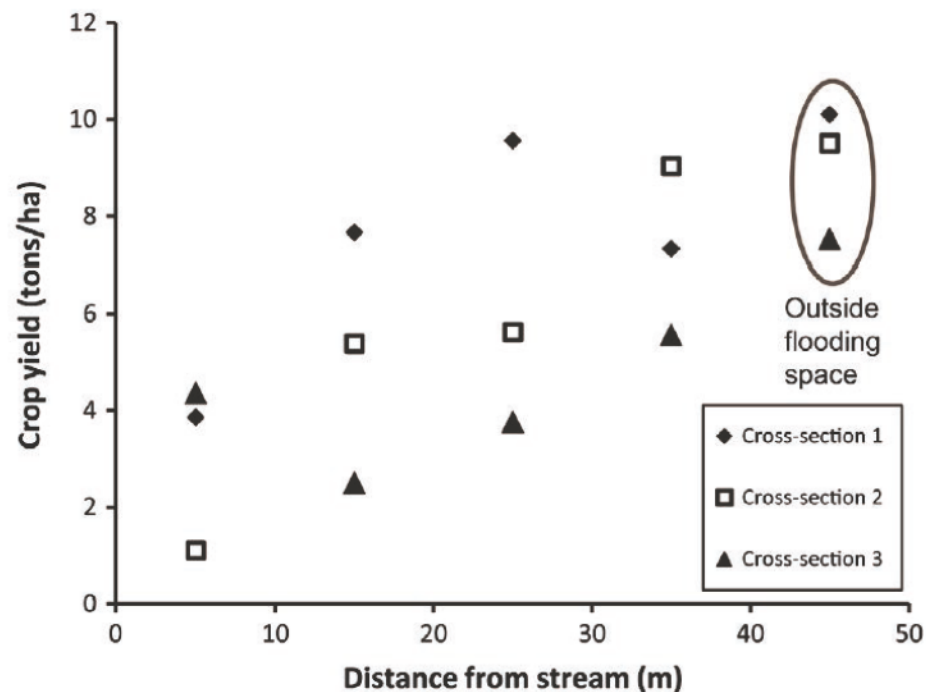
- ▶ Rendement dans l'espace de liberté?



Rendement dans zones fréquemment inondées



Mesures de rendement (maïs) en 2014 à 3 transects dans la rivière Des Fèves (Paradis, 2015)



Paradis et Biron, 2016

Bandes riveraines

- ▶ Doivent être plus larges que 3 m pour avoir un impact sur la qualité de l'eau

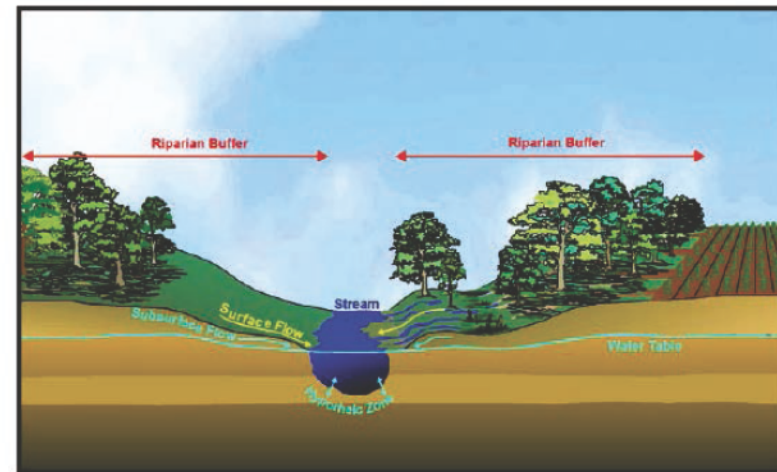


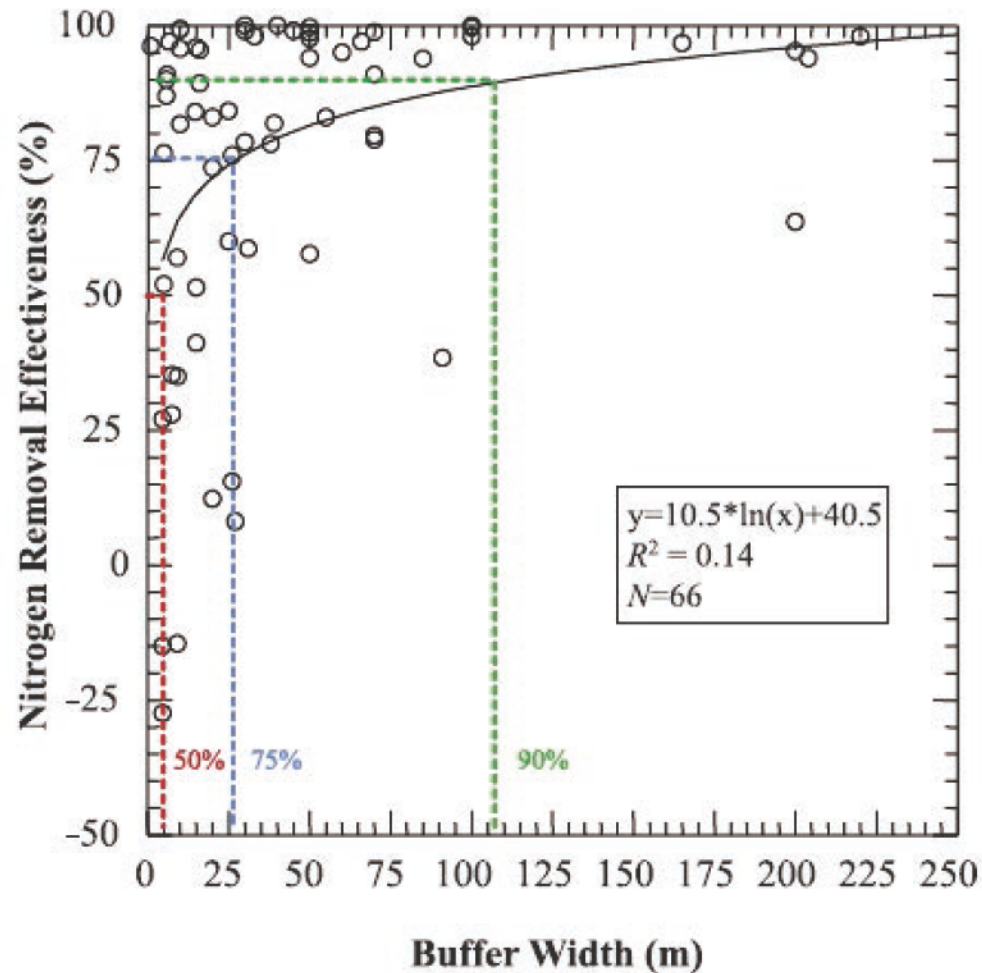
Natural Resources Conservation Service, Iowa



Riparian Buffer Width, Vegetative Cover, and Nitrogen Removal Effectiveness:

A Review of Current Science and Regulations

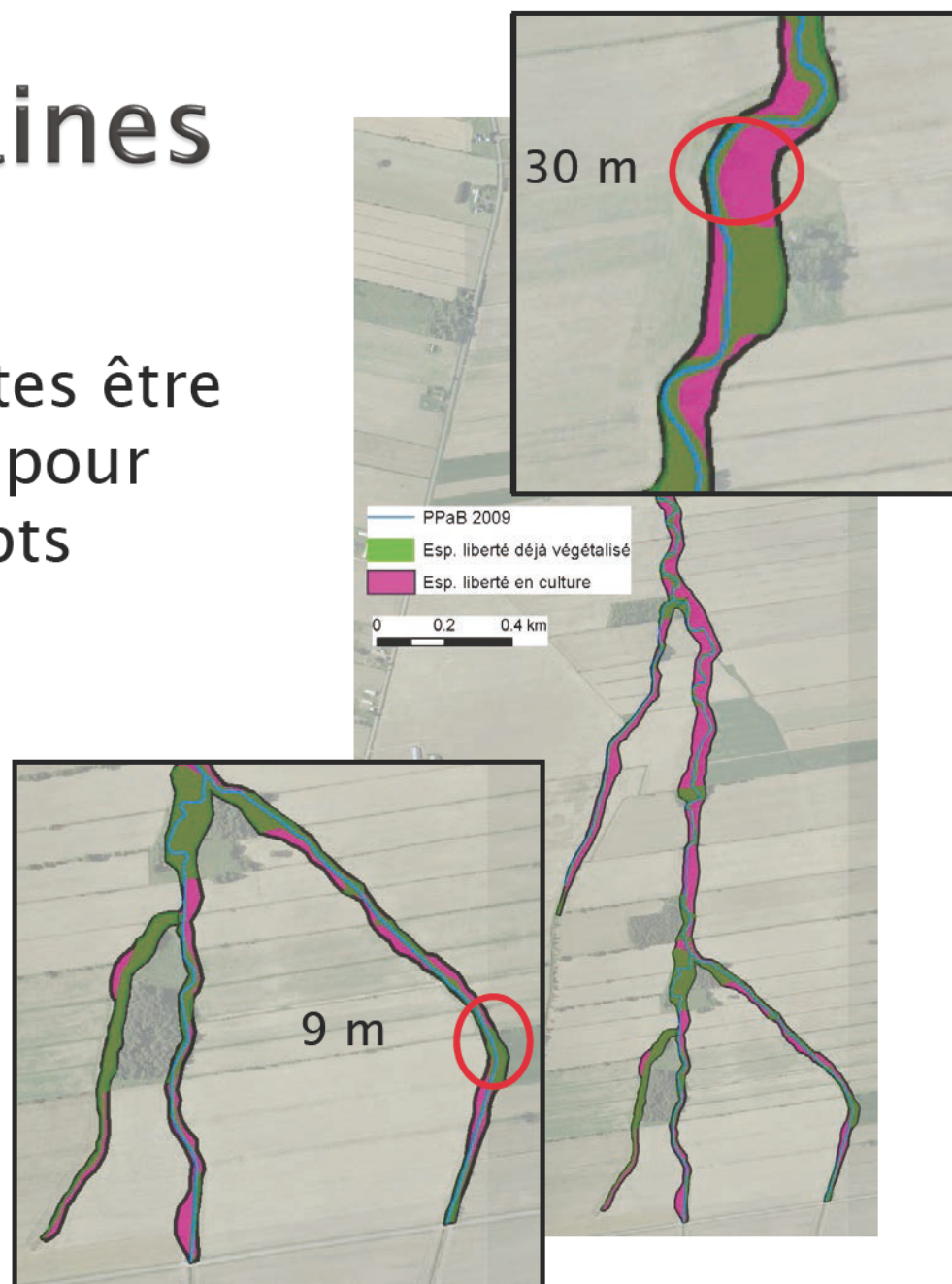




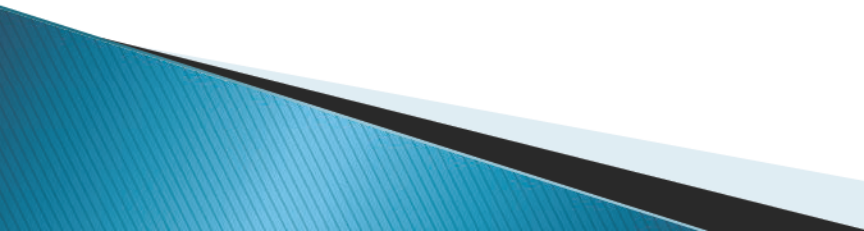
Relation entre l'efficacité de l'élimination de l'azote et la largeur de la bande riveraine à partir d'une méta-analyse

Bandes riveraines

- ▶ Ne doivent pas nécessairement toutes être de la même largeur pour respecter les concepts d'espace de liberté



Partie 2: Résumé

- ▶ Permettre aux processus hydro-géomorphologiques d'opérer dans les cours d'eau en milieu agricole permet de diminuer les interventions et d'améliorer la qualité de l'eau
 - ▶ Les petits cours d'eau de tête de bassin jouent un rôle très important et ne doivent pas être oubliés
 - ▶ Il est essentiel d'accroître la largeur des bandes riveraines afin de stopper la dégradation des cours d'eau
- 

Partie 3: Entretien des cours d'eau

Des concepts hydrogéomorphologiques



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 hydrogéomorphologie)



Pas de stockage de sédiments (\neq hydrogéomorphologie)

Chenal trapézoïdal surcreusé pour ne pas déborder même lors des crues

Dragage et nettoyage



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



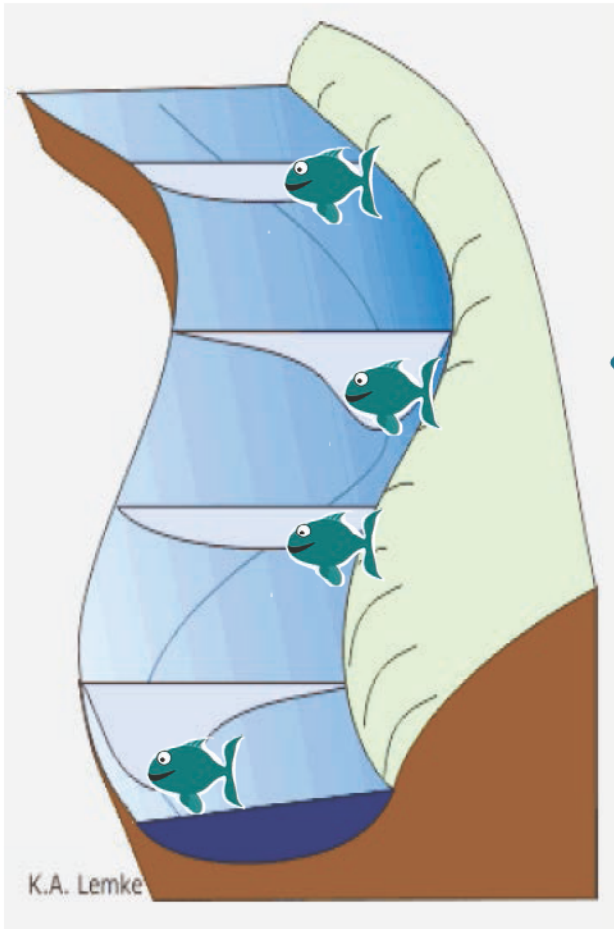
Travaux de nettoyage du cours d'eau des Allongés à Saint-Pie

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



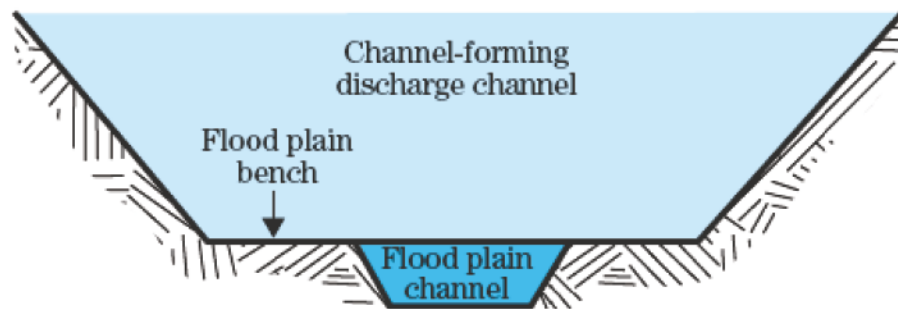
contribuent à la détérioration de la qualité de l'eau

Lit hétérogène (non “entretenu”) = meilleur habitat



Un compromis: chenal à 2 niveaux basé sur concepts hydrogéomorphologiques

Figure 10-3 Conceptual design for two-stage channel system



Bernard et al. (2007) Stream Restoration Design National Engineering Handbook

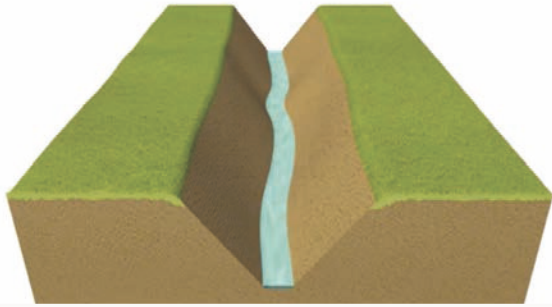


Un chenal à 2 niveaux fraîchement construit en Ohio (Crommer Ditch) (Powell, 2006)

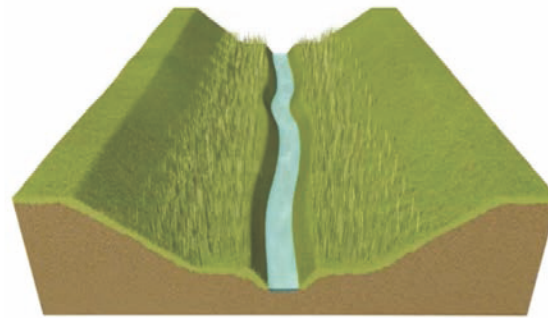
Trapèze

Chenal à 2 niveaux

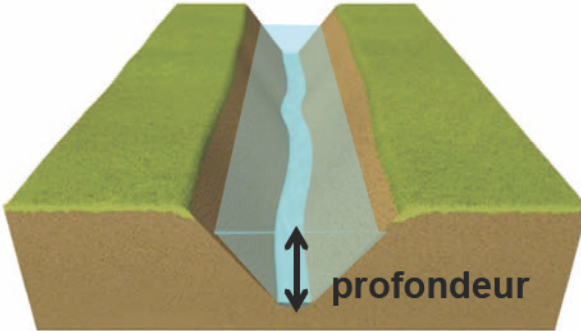
Bas niveau:
faible
profondeur,
faible vitesse



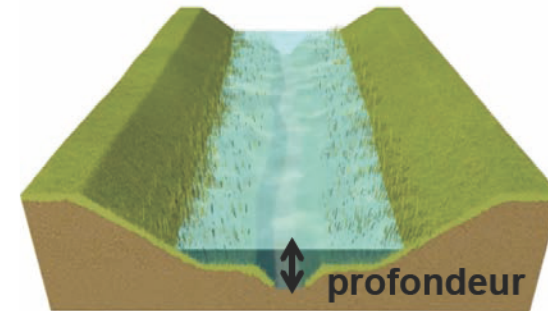
Bas niveau:
faible
profondeur,
faible vitesse



Haut niveau:
grande
profondeur,
forte vitesse,
fort potentiel
d'érosion de
berge



Haut niveau:
Profondeur
moindre,
vitesse ralentie
par végétation,
faible potentiel
d'érosion de
berge

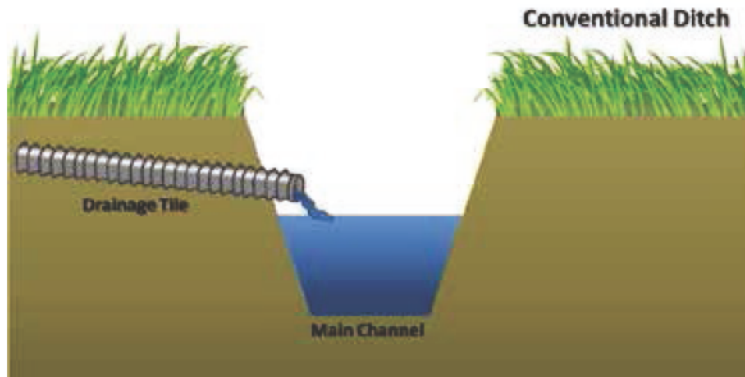


Crue dans un
fossé en
trapèze

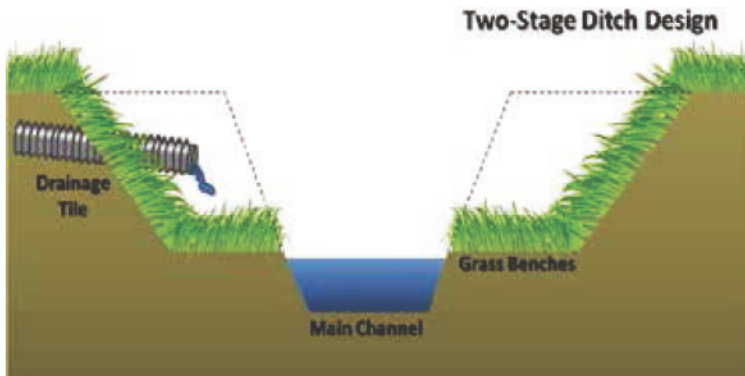


Crue dans un
chenal à 2
niveaux

Chenal à 2 niveaux: Berges plus stables



Chenal trapézoïdal
(avant)



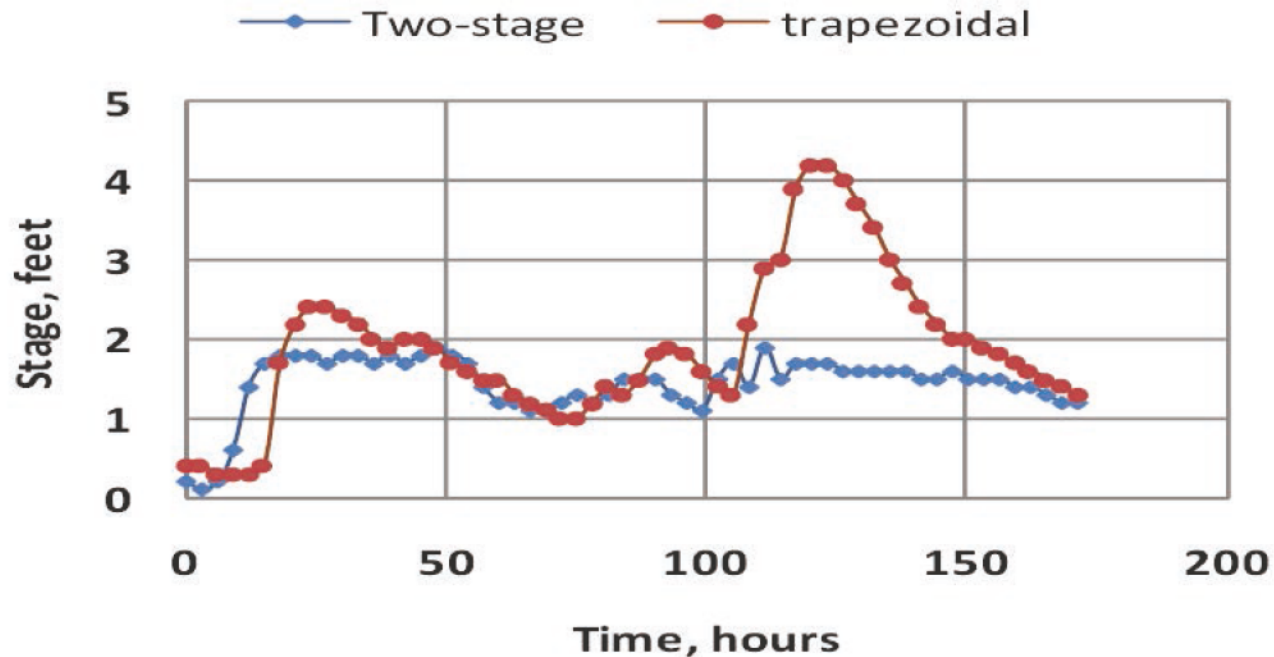
Chenal à
deux niveaux
(après)



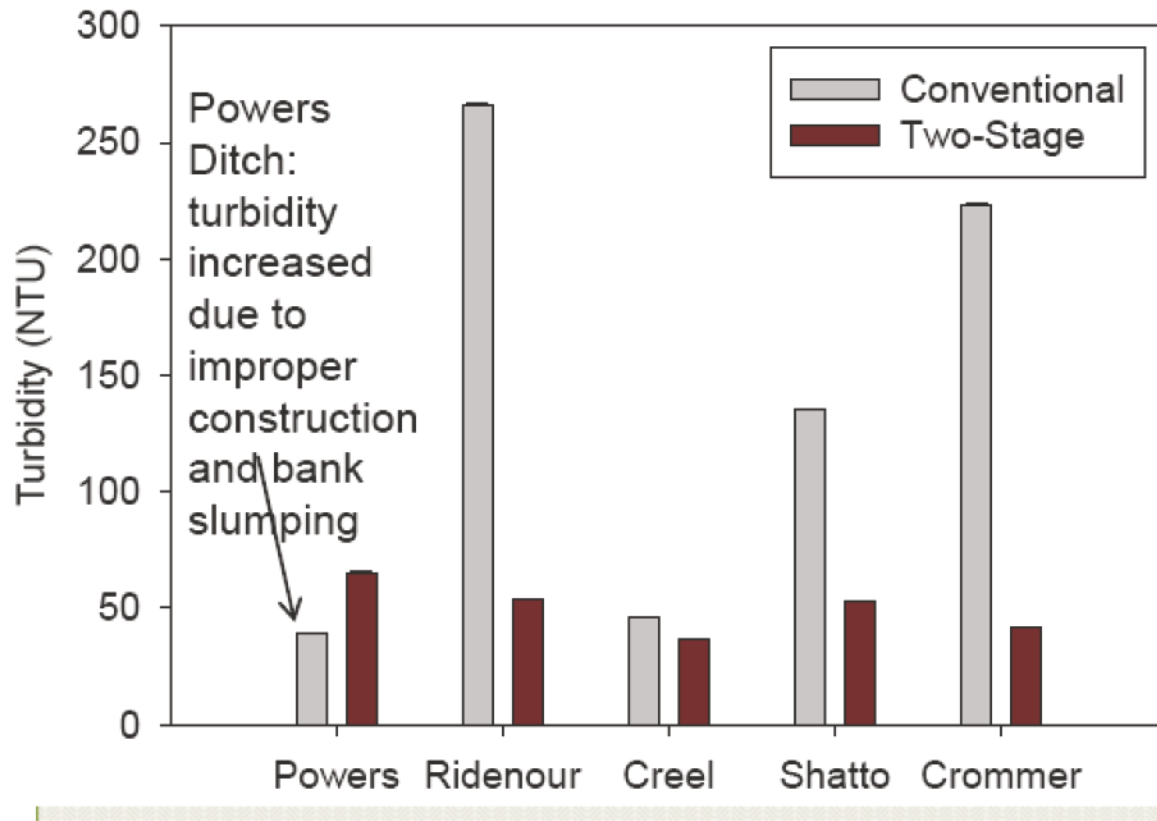
Chenal à 2 niveaux

Niveau des crues moins élevé

Creel Ditch February 7-14, 2009



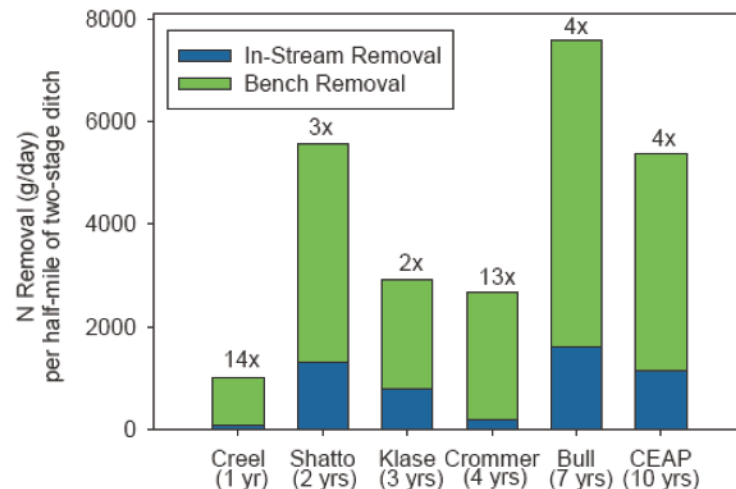
Chenal à 2 niveaux: Turbidité plus faible



Chenal à 2 niveaux: Dénitrification

Dimension/Caractéristique	Chenal conventionnel (trapézoïdal simple)	Chenal à deux niveaux
Largeur de la plaine d'inondation (m)	1.22	6.10
Largeur total du chenal (m)	13	17.9 1.4 fois plus
Élimination de l'azote (grammes/jour)	458	2284 5 fois plus

Kramer et al. (2011)

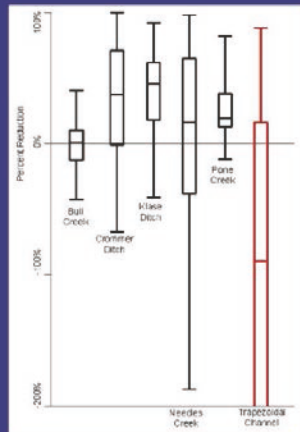


Chenal à 2 niveaux:

Amélioration globale de la qualité de l'eau en comparaison avec le trapèze simple

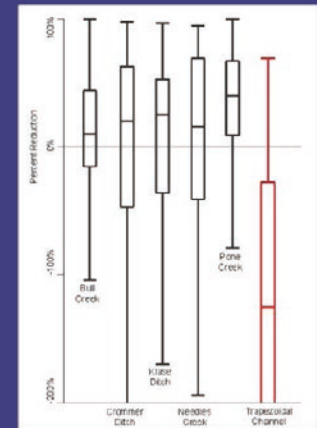
Nitrate Load Percent Reduction

Site	Median Value
Bull Creek	1%
Crommer Drain	37%
Klase Ditch	45%
Needles Creek	16%
Pone Creek	20%
Trapezoidal	-86%



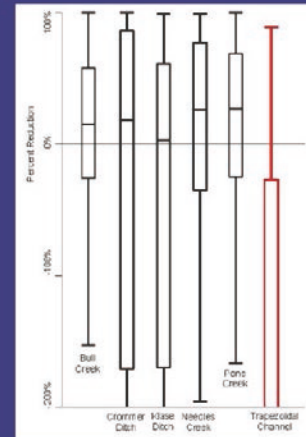
Total Phosphorus Load Percent Reduction

Site	Median Value
Bull Creek	10%
Crommer Drain	20%
Klase Ditch	26%
Needles Creek	16%
Pone Creek	40%
Trapezoidal	-130%



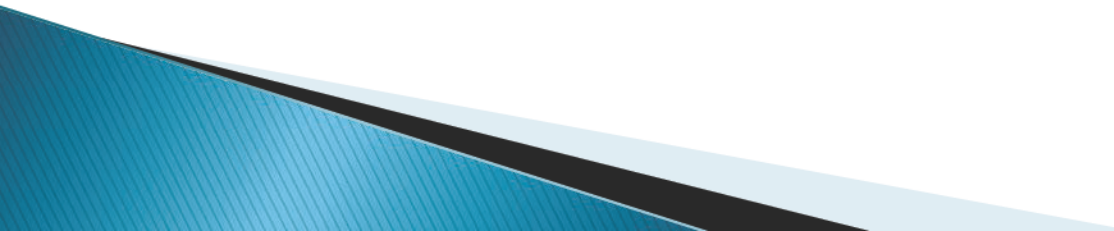
Suspended Solids Load Percent Reduction

Site	Median Value
Bull Creek	15%
Crommer Drain	18%
Klase Ditch	3%
Needles Creek	25%
Pone Creek	27%
Trapezoidal	-230%



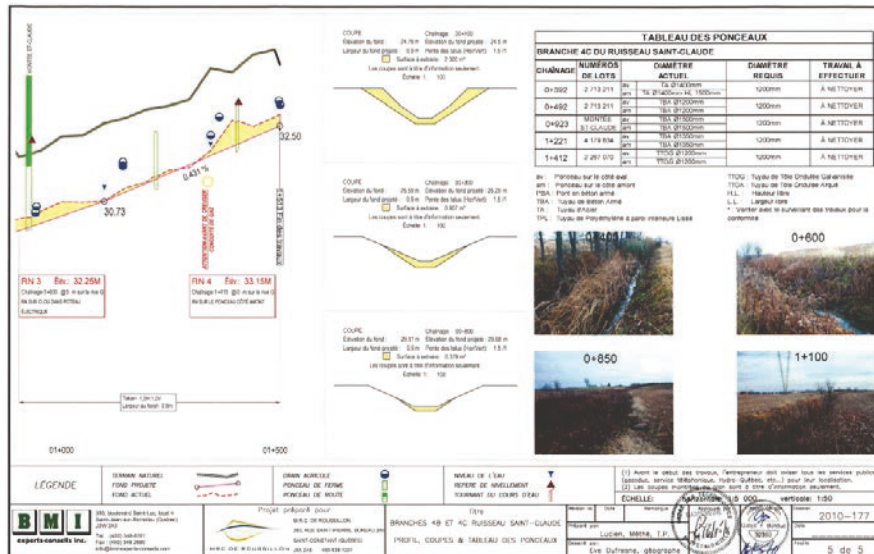
D'Ambrosio et Ritter (2011)

Problèmes avec les “profils existants” (chenaux en trapèze)

- ▶ Ratio largeur/profondeur trop faible (les rivières naturelles sont toujours nettement plus larges que profondes)
 - ▶ Profondeur trop élevée (les rivières naturelles ont une plaine d'inondation qui est atteinte en moyenne à tous les 1.5–2 ans)
 - ▶ Calculs des dimensions non basés sur une approche théorique reconnue?
- 

Conception des dimensions des chenaux en trapèze au Québec

- Les dimensions (largeur, profondeur) indiqués dans les plans d'ingénieur ne semblent pas suivre les normes de « channel design » reconnues



United States
Department of
Agriculture

Part 654 Stream Restoration Design
National Engineering Handbook

Natural
Resources
Conservation
Service

Chapter 8

Threshold Channel Design

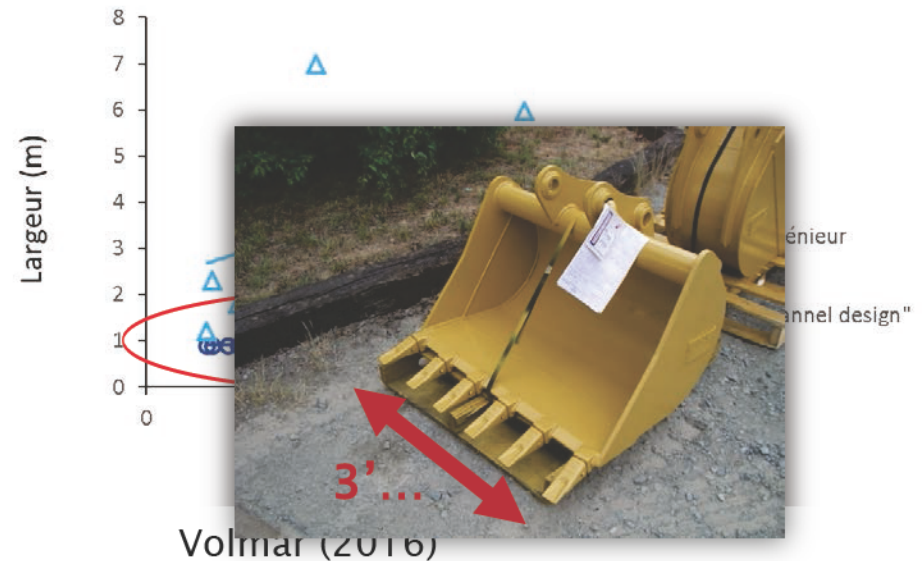
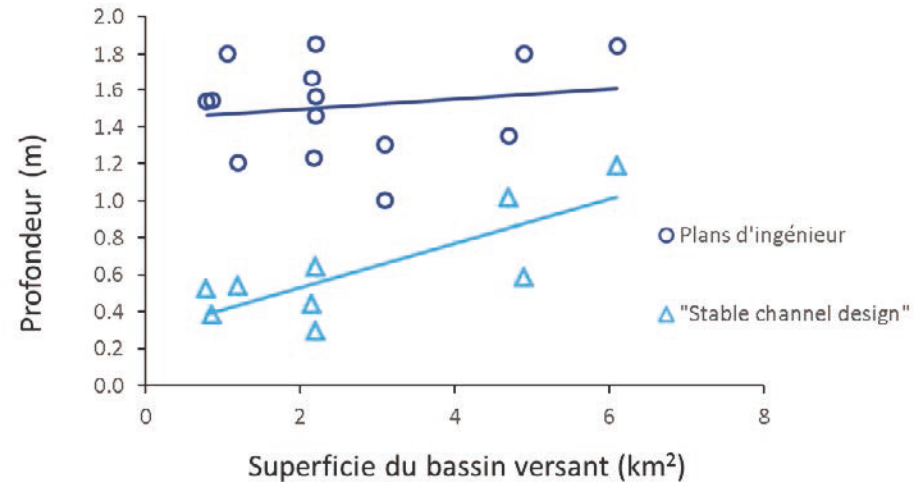


2010-177

5 de 5

Dimensions des trapèzes au Québec

- ▶ Concepts de base non respectés (largeur et profondeur devraient augmenter avec la superficie du bassin)
- ▶ Largeur constante (!) de 3 pieds (0.9 m) pour la base des trapèzes



Volmar (2016)

Problèmes avec les “profils existants” (chenaux en trapèze)

- ▶ Besoin d’une analyse critique du design de ces chenaux (trop souvent approuvés par les MRC sans réelle évaluation hydraulique)
- ▶ “ Autoroutes de l’eau” aucunement basées sur les processus naturels: entretien récurrent sans espoir de solution permanente, peu ou pas d’habitat, contribuent à la mauvaise qualité de l’eau en aval

Partie 3: Résumé

- ▶ Les possibilités d'améliorer les fossés agricoles existents, et il serait intéressant de tester ces méthodes au Québec

United States
Department of
Agriculture

Natural
Resources
Conservation
Service

Part 654 Stream Restoration Design
National Engineering Handbook

Chapter 10

Two-Stage Channel Design



To Build A Better Ditch

from Ravenswood Media Public 3 years ago

<http://vimeo.com/7901535>



Partie 3: Résumé

Table 8. Comparison of total cost for a traditional dredging approach, self-formed channel approach, two-stage channel and over-widened channel designs.

Site	Traditional clean-out dredging (\$)	Self-formed (\$)	Two-stage channel (\$)	Over-widened channel (\$)
Des Fèves	71,000 (\$25/m)	38,079 (\$13/m)	169,594 (\$60/m)	211,922 (\$75/m)
Lacolle	98,250 (\$25/m)	59,839 (\$15/m)	565,924 (\$144/m)	798,044 (\$203/m)
L'Acadie	12,000 (\$25/m)	3708 (\$8/m)	17,788 (\$37/m)	17,788 (\$37/m)

\$: 2015 Canadian dollars.

Paradis et Biron (2016)

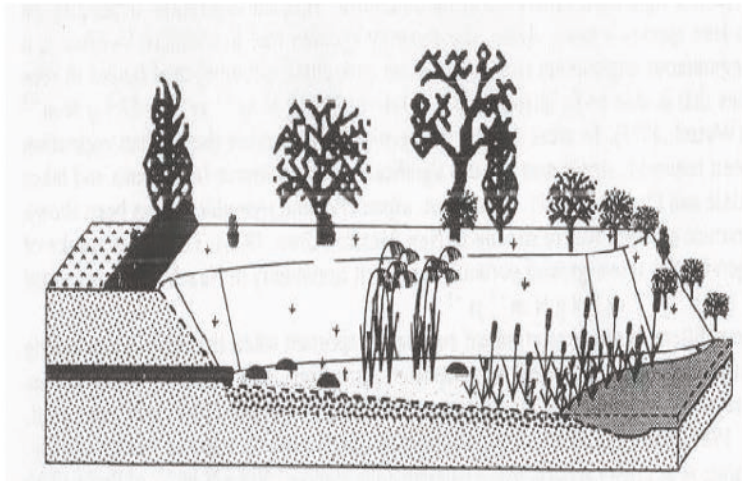
- ▶ Laisser les cours d'eau redressés revenir par eux-mêmes à une certaine sinuosité (« self-formed channels ») est l'approche de gestion la moins coûteuse



Rivière du Sud branche 19 (Montérégie) qui reprend une légère sinuosité (photo: E. Volmar)

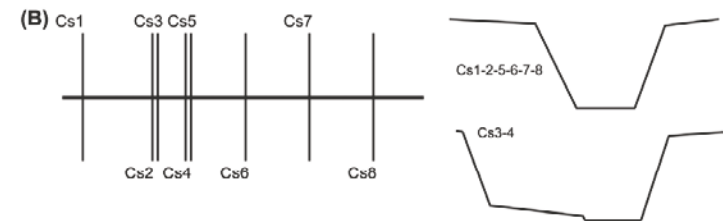
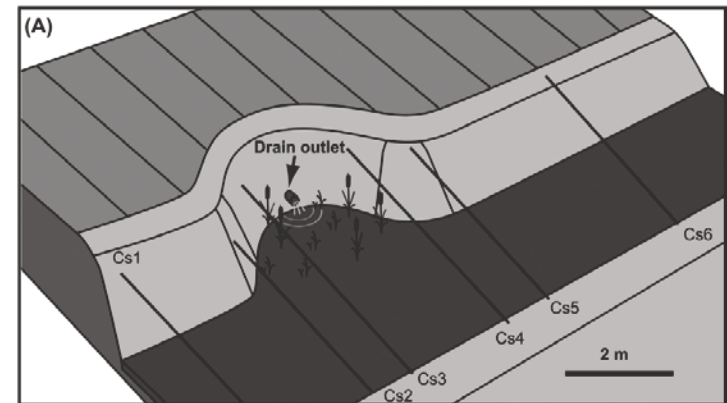
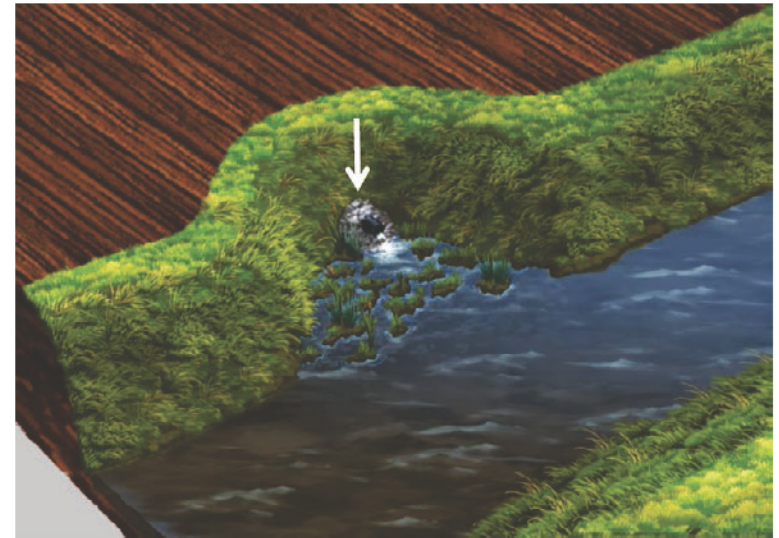
Partie 3: Résumé

- Sorties de drain pourraient être modifiées pour limiter les besoins d'entretien sur de grandes distances



Petersen et al. (1990)

Exemples de petits milieux humides en fer-à-cheval pour les sorties de drain



Paradis et Biron (2016)

Conclusions

- ▶ La gestion actuelle des cours d'eau en milieu agricole au Québec n'est pas durable pour plusieurs raisons:
 - ▶ N'est pas basée sur des concepts hydrogéomorphologiques
 - ▶ Requiert des entretiens récurrents et coûteux
 - ▶ Contribue à la détérioration des habitats et de la qualité de l'eau
- ▶ Les petits cours d'eau de tête sont souvent négligés dans les politiques de gestion, alors qu'ils contribuent significativement à la détérioration de la qualité de l'eau.
- ▶ Toutes les options de gestion durable des cours d'eau testées ailleurs (espace de liberté, chenaux à deux niveaux) se basent sur des processus naturels, mais elles impliquent toutes une bande riveraine élargie.

Conclusions

- ▶ Une analyse avantages–coûts qui tiendrait compte de l'ensemble des coûts d'intervention (e.g. stabilisation de berge, entretien) et de mauvaise qualité de l'eau (e.g. lac St–Pierre) ainsi que des services écosystémiques (e.g. amélioration de la biodiversité) permettrait sans doute de montrer des bénéfices économiques pour la société de laisser plus d'espace aux cours d'eau.
- ▶ Beaucoup d'éducation reste à faire pour intégrer la dynamique des cours d'eau dans la gestion des corridors fluviaux, particulièrement en milieu agricole.

Merci...



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

Références

- ▶ Blann, K.L., Anderson, J.L., Sands, G.R., Vondracek, B. (2009) Effects of Agricultural Drainage on Aquatic Ecosystems: A Review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 39, 11, 909–1001.
- ▶ Blum, M.D. et Tornquist, T.E. (2000) Fluvial response to climate and sea-level change: a review and look forward, *Sedimentology*, 47, 2–48
- ▶ Brookes, A. et Sear, D.A. (1996) Geomorphological principles for restoring channels. Dans: Brookes, A. et Shields, F.D. Jr. (Eds) *River Channel Restoration: Guiding Principles for Sustainable Projects*, John Wiley & Sons, 75–101
- ▶ D'Ambrosio, J., Witter, J., Ward, A., Tank, J., Roley, S. (2012) The evolution and water quality benefits of constructed two-stage agricultural ditches.
http://www.usawaterquality.org/conferences/2012/Concurrent_pdf/D%27Ambrosio_R3.pdf
- ▶ Freeman, M.C., Pringle, C.M., Jackson, C.R. (2007) Hydrologic connectivity and the contribution of stream headwaters to ecological integrity at regional scales. *Journal of the American Water Resources Association*, 43, 1, 5–14.
- ▶ Knighton, D. (1998) *Fluvial Forms and Processes*. Arnold, New York
- ▶ Lemke, A.M., Kirkham, K.G., Lindenbaum, T.T., Herbert, M.E., Tear, T.H., Perry, W.L., Herkert, J.R. (2011) Evaluating Agricultural Best Management Practices in Tile-Drained Subwatersheds of the Mackinaw River, Illinois. *Journal of Environmental Quality*, 40, 4, 1215–1228.

Références

- ▶ Mackin, J.H. (1948) The concept of the graded stream. *Geological Society of America Bulletin*, 59, 463–511.
- ▶ Mayer, P.M., Reynolds, S.K, Canfield, T.J. (2005) Riparian buffer width, vegetative cover, and nitrogen removal effectiveness: a review of current science and regulation. EPA report.
- ▶ Paradis, A., Biron, P.M. (2016) Integrating hydrogeomorphological concepts in management approaches of lowland agricultural streams: Perspectives, problems and prospects based on case studies in Quebec. *Canadian Water Resources Journal*.
- ▶ Petersen, R. C., Petersen, L. B. M., and Lacoursière, J. O. (1990). Restoration of lowland streams : the building block model. *Vatten*, 46(4): 244–249.
- ▶ Roley, S.S., Tank, J.L., Williams, M.A. (2012) Hydrologic connectivity increases denitrification in the hyporheic zone and restored floodplains of an agricultural stream, *Journal of Geophysical Research – Biogeosciences*, 117, G00N04, doi:10.1029/2012JG001950.
- ▶ Rousseau, Y. (2010) Assessment of management strategies for a lowland straightened agricultural stream. Mémoire de maîtrise, Université Concordia, 167 p
- ▶ SEPA (2010) Scottish Environment Protection Agency: Engineering in the water environment: good practice guide. *Sediment Management*, 55 pp.
- ▶ Smith, H.G. et Dragovich, D. (2008) Sediment budget analysis in slope–channel coupling and in–channel sediment storage in an upland catchment, Southeastern Australia. *Geomorphology*, 101, 643–654.
- ▶ Volmar, E. (2016) An assessment of agricultural stream designs in Quebec. MSc thesis, Department of Civil Engineering, McGill University.