Hydrogéomorphologie et gestion des inondations : S'attaquer à la source des problèmes plutôt qu'aux symptômes

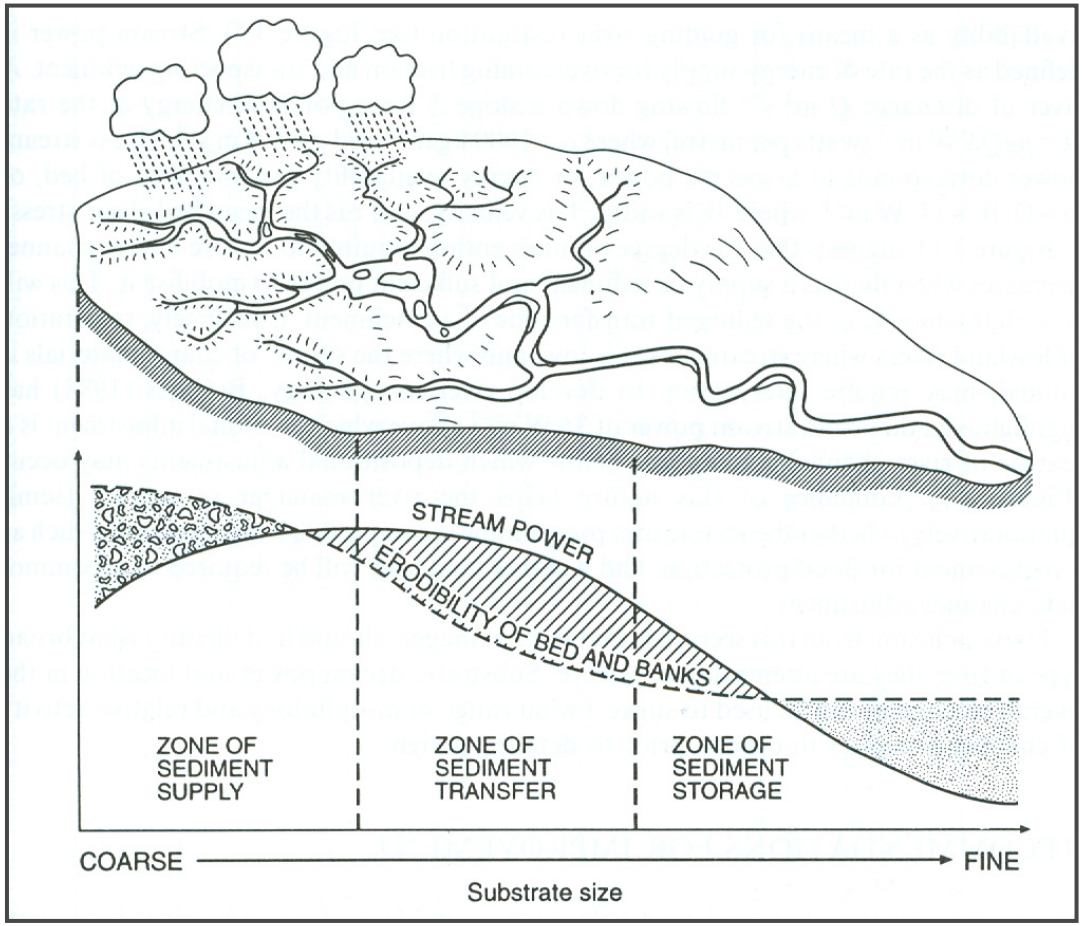
Pascale Biron
Professeure
Département de géographie, urbanisme et environnement
Université Concordia University

Note: Plan

1. Quelques concepts de base en hydro-géomorphologie
2. Hydrogéomorphologie et espace de liberté
3. Effet des interventions humaines sur les inondations
4. Solutions: retenir l'eau à la source

Partie 1: Notions de base

Le bassin-versant et le transport de sédiments



Une classification simple du bassin-versant

Source: Brookes et Sear (1996)

Mouvement de sédiments

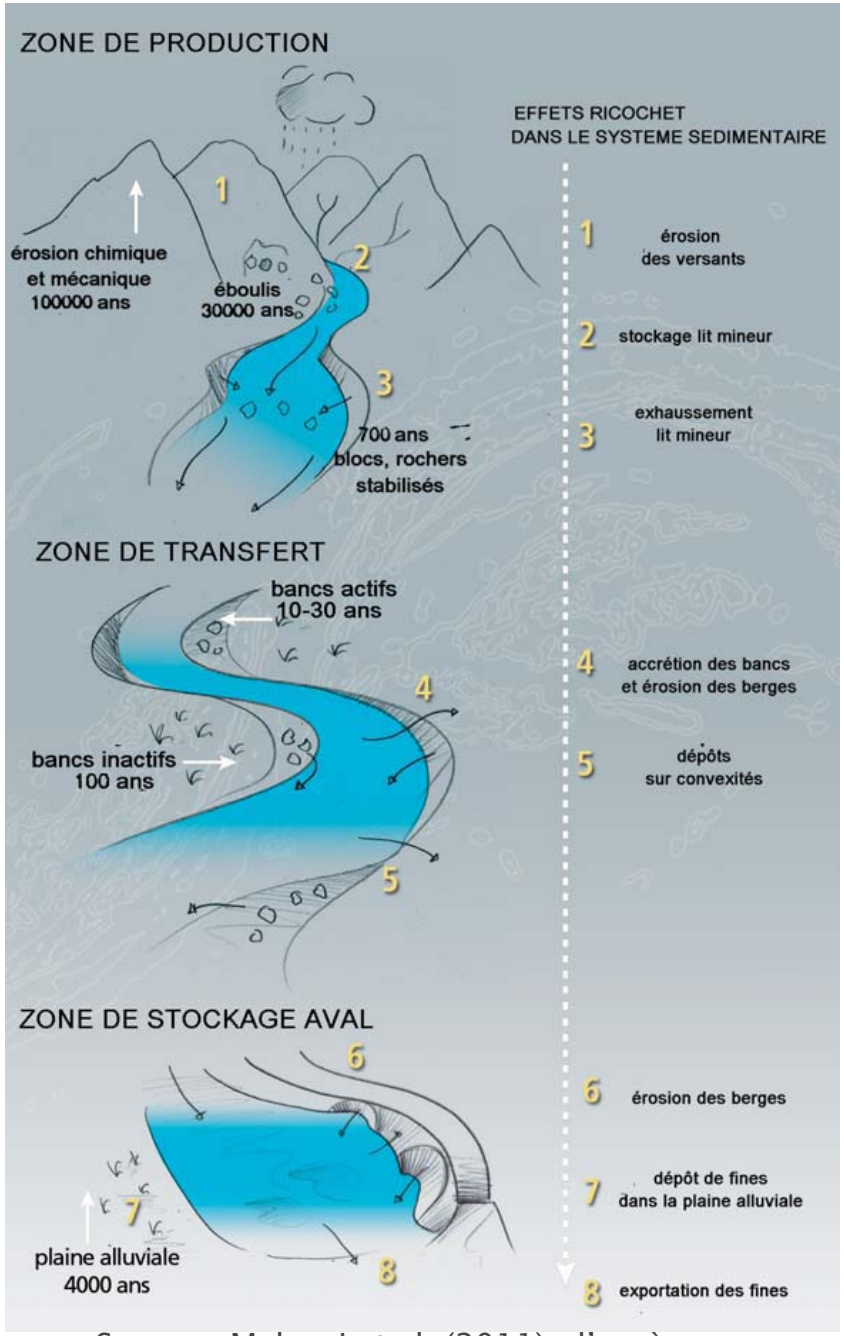
Zone de production : tronçons avec une érosion nette. Source de sédiments pour les autres tronçons. Lors des crues, ces sédiments seront transportés vers l'aval et seront déposés dans certains tronçons.

Zone de transfert : tronçons avec généralement une quantité égale d'érosion et de dépôt. Lors des crues, des sédiments proviennent de l'amont et les sédiments du tronçon sont déplacés vers l'aval.

Zone de dépôt : tronçons avec un dépôt net. Lors des crues, des sédiments proviennent de l'amont et moins de sédiments du tronçon seront déplacés vers l'aval.

Source: SEPA (2010)

- 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)

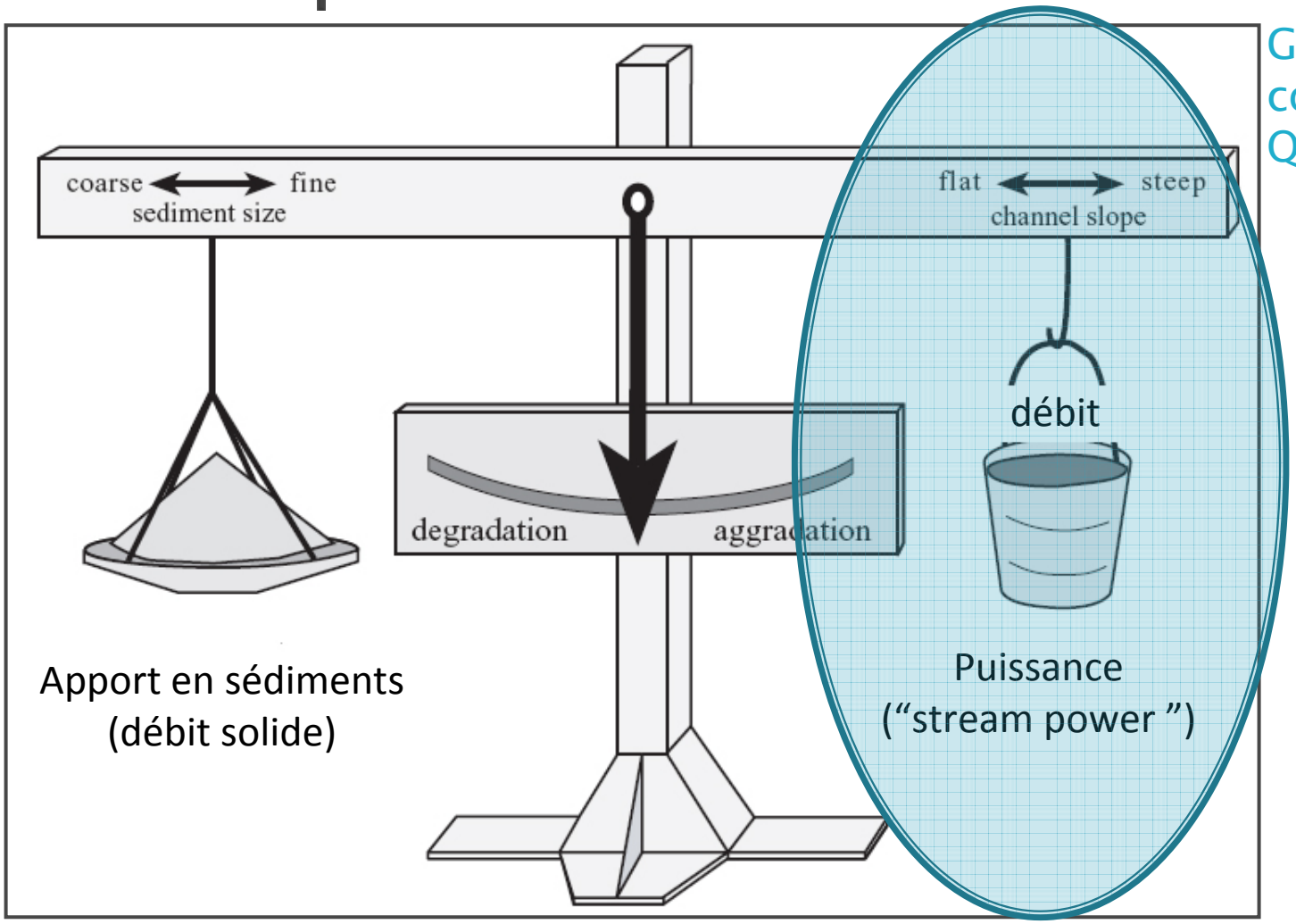
Provenance du débit solide

- 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).

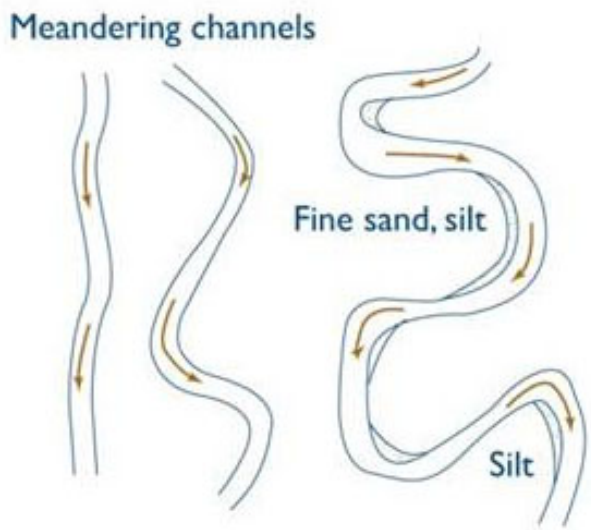
Cours d'eau en équilibre

« 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)

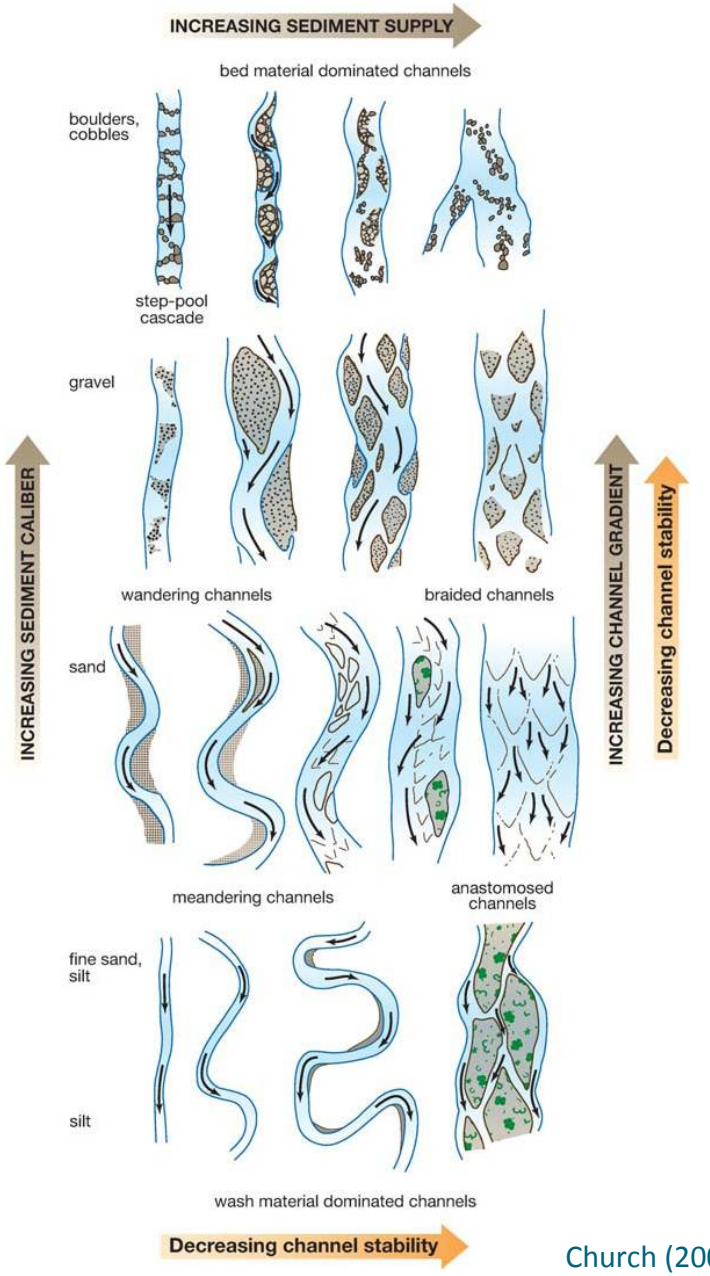
Baisse de la stabilité du chenal ⟶
Hausse de l'apport en sédiments ⟶

Stabilité ≠ immobilité!



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

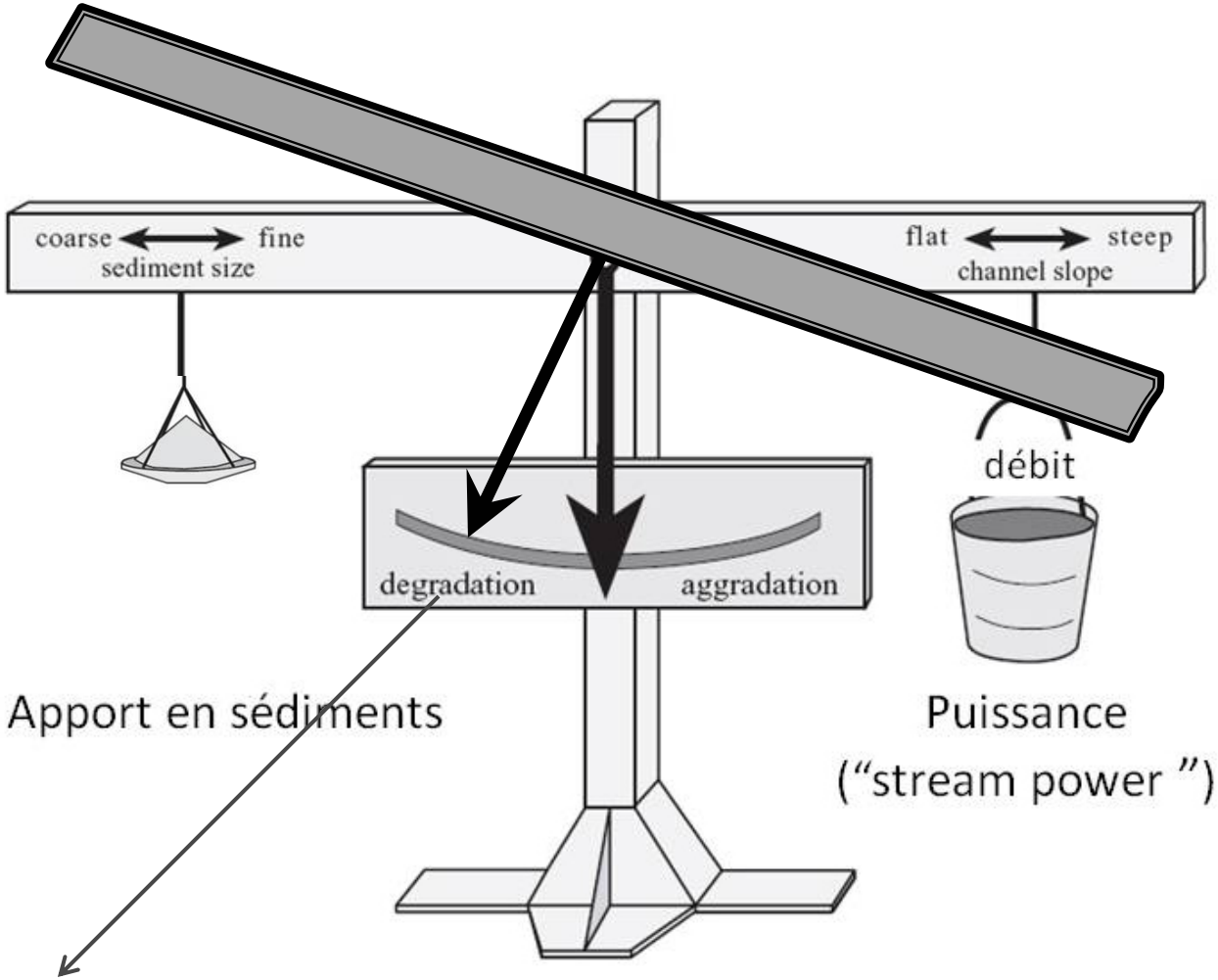
DONC : Les méandres sont une forme stable de cours d'eau lorsque les pentes sont faibles et les sédiments sont fins (milieu agricole)



Church (2006)

Si…

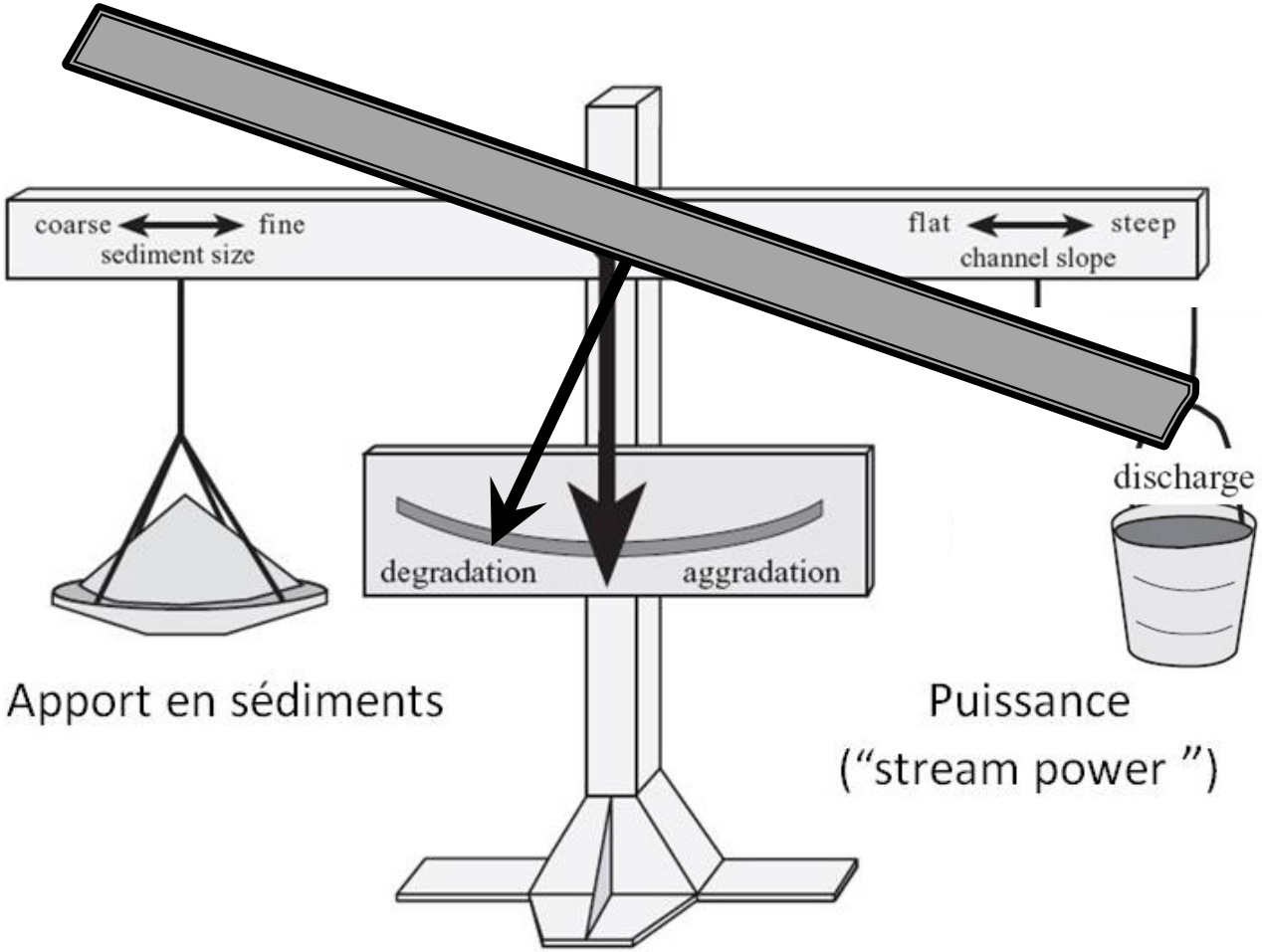
On réduit la charge sédimentaire (construction d'un barrage, de seuils qui trappent les sédiments, protection massive des berges…)



« Degradation » = incision verticale ou régression de fond

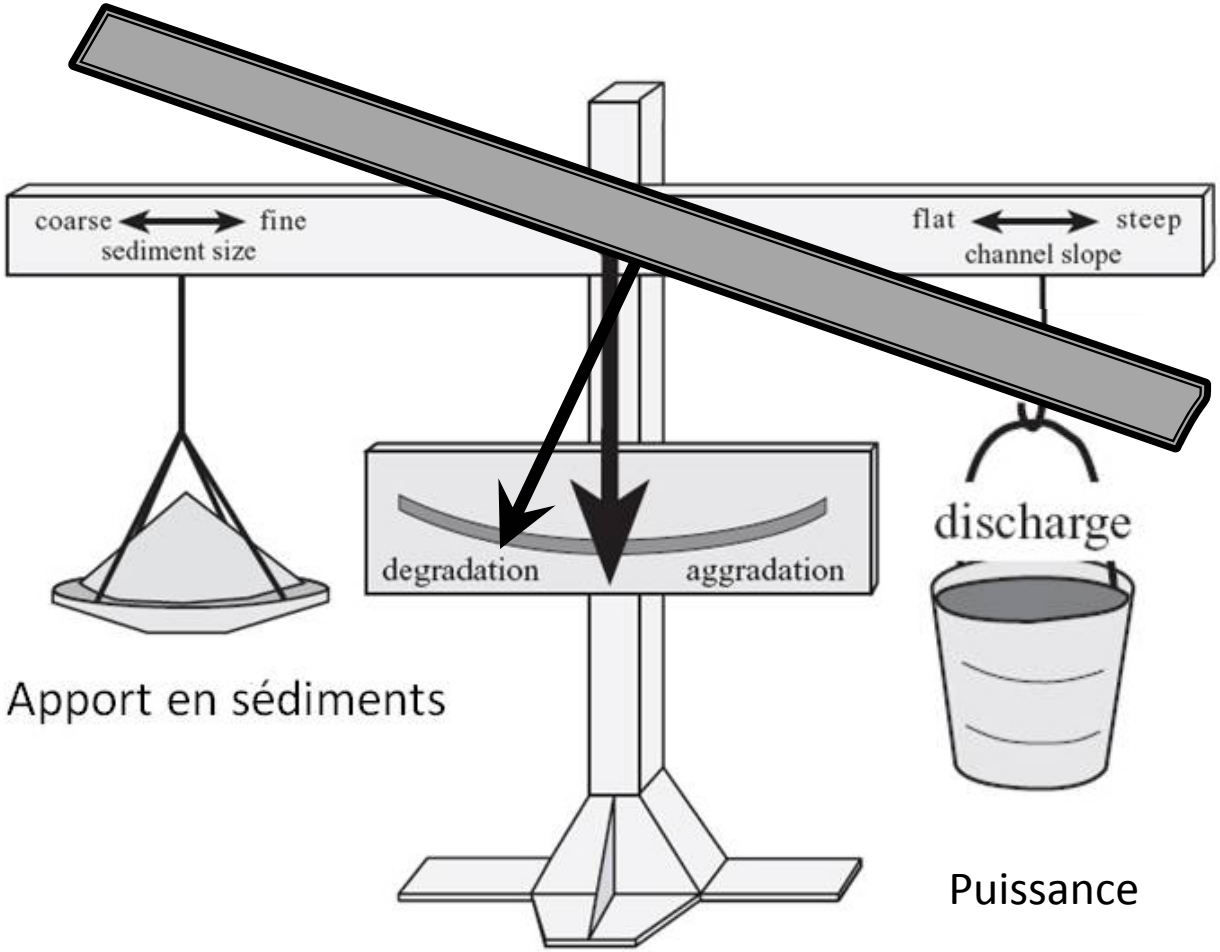
Si…

On augmente la pente (élimination des méandres)



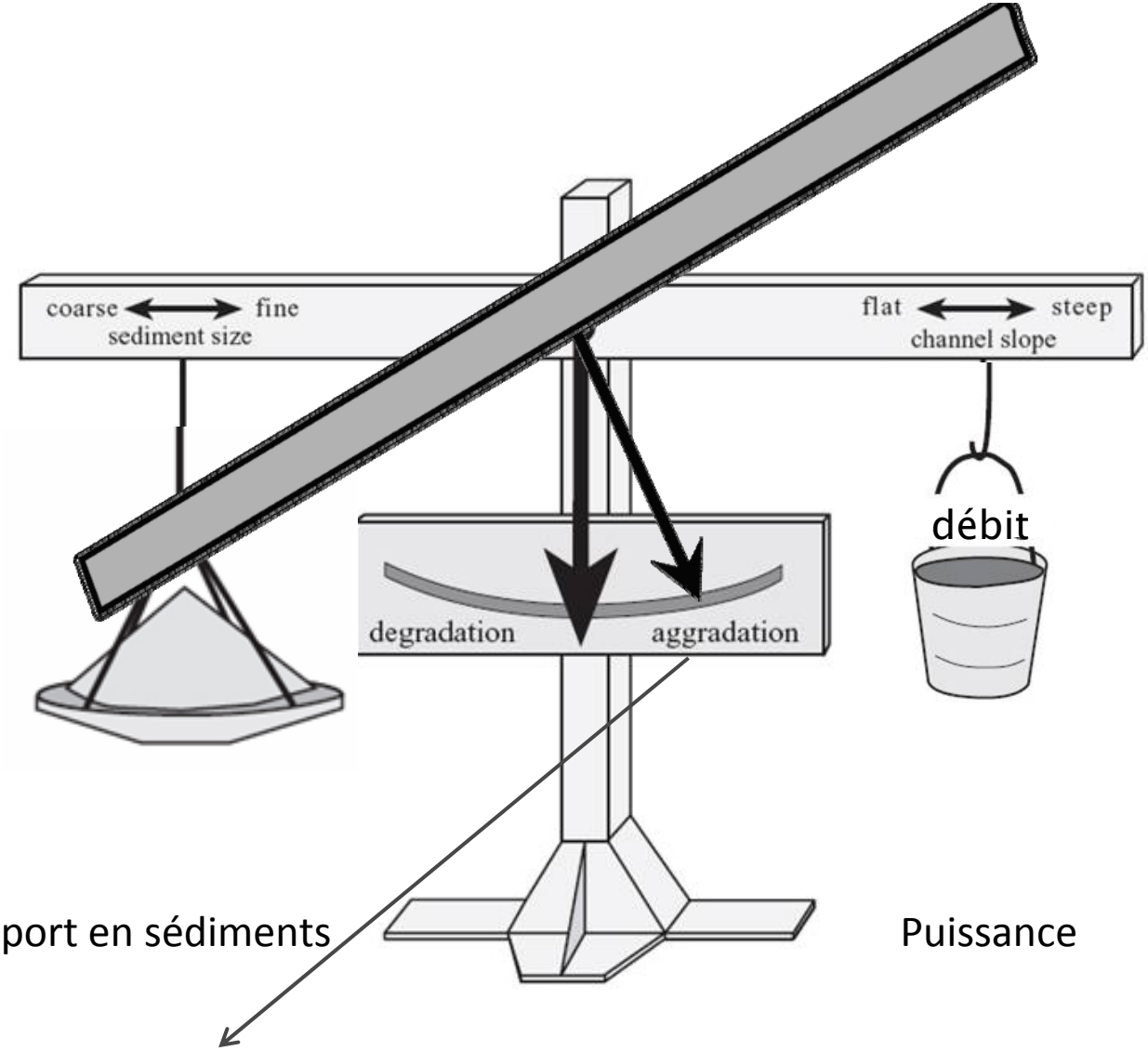
Si…

On augmente le débit (changements climatiques)



Si…

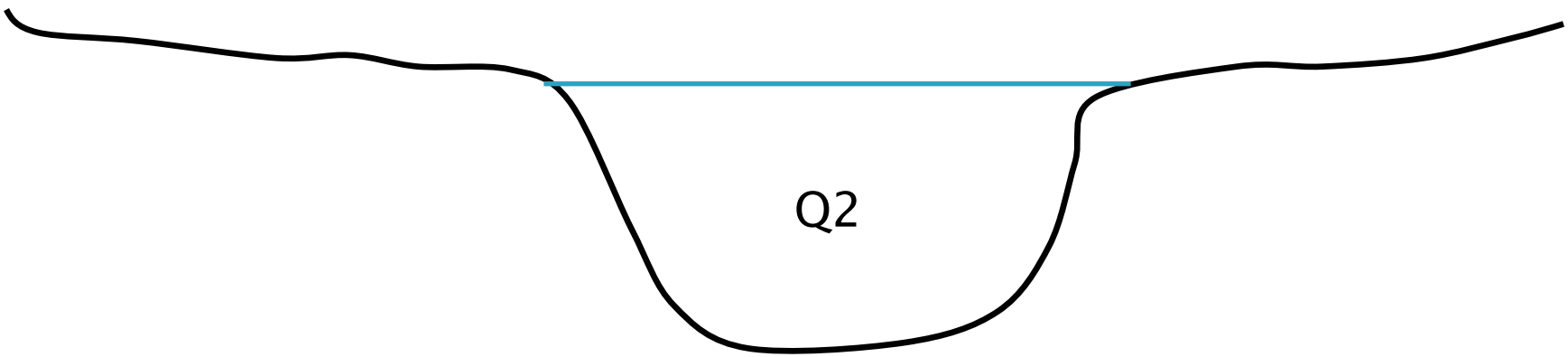
On augmente l'apport en sédiments (glissement de terrain)



« Aggradation » = dépôt de sédiments sur le lit de la rivière

Rivières non statiques dans le temps

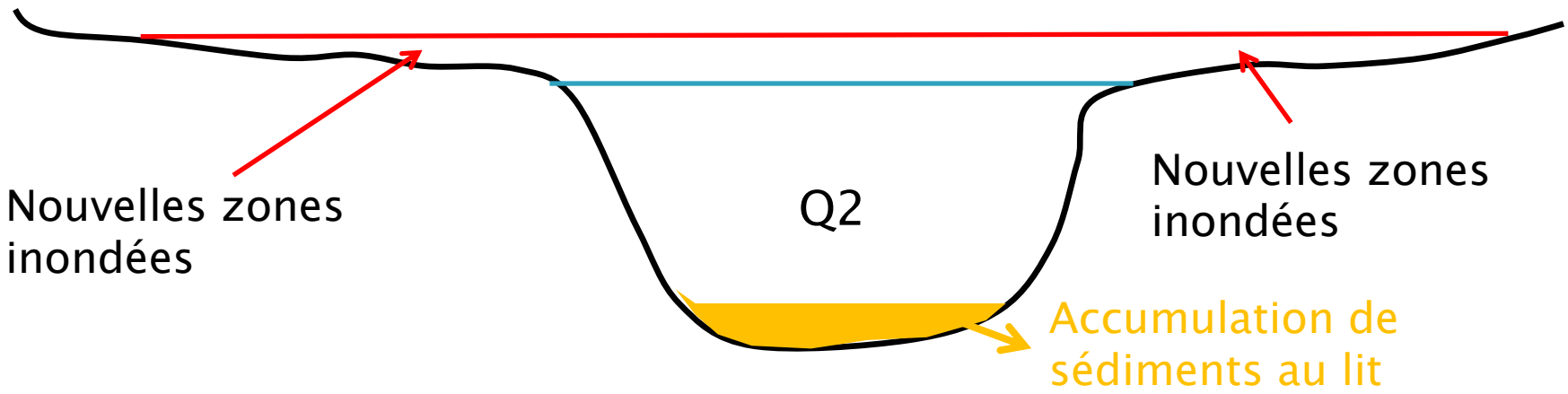
1) Érosion ou accumulation de sédiments sur le lit



Débit plein-bord
(récurrence de 2 ans)

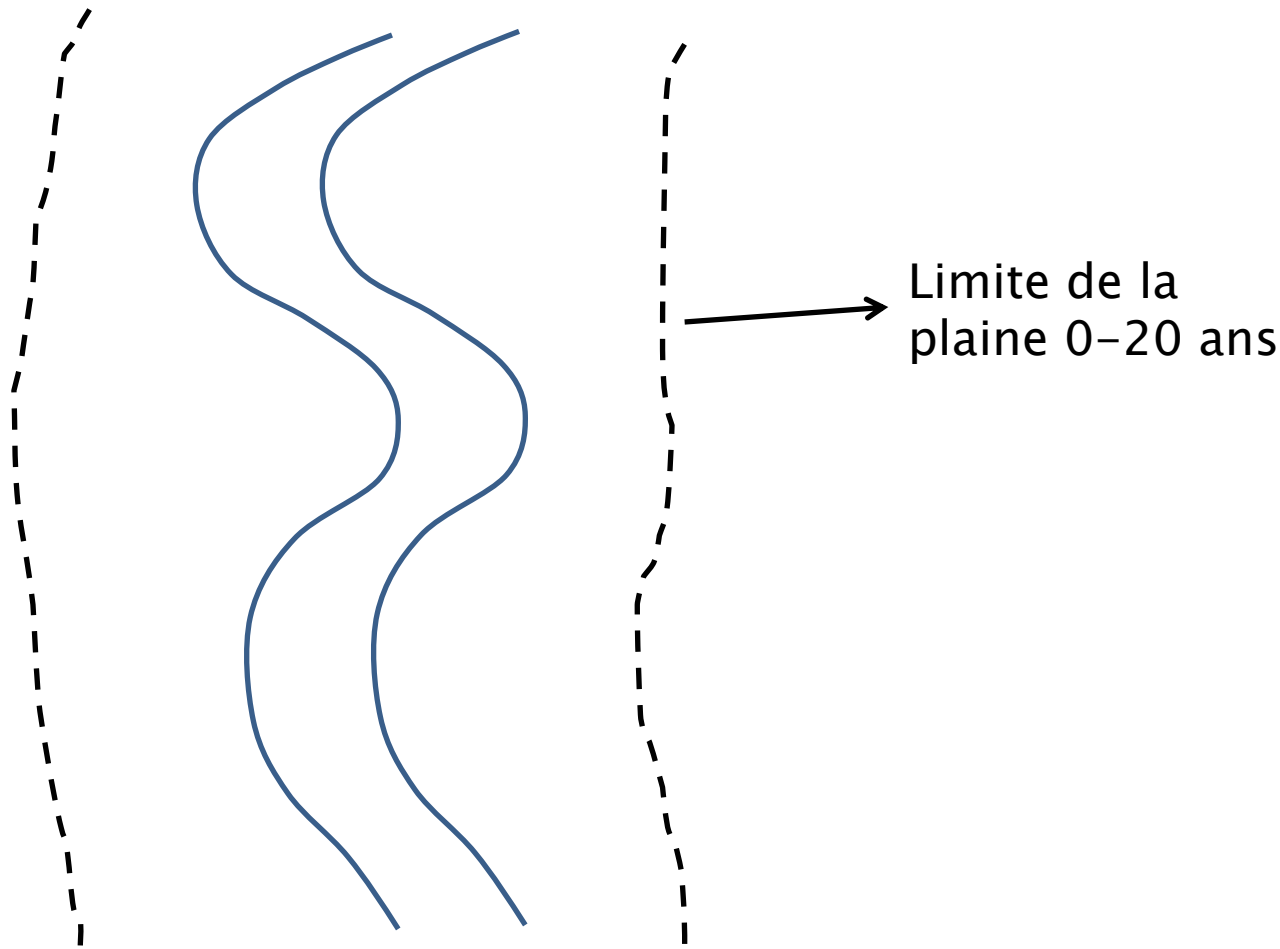
Rivières non statiques dans le temps

1) Érosion ou accumulation de sédiments sur le lit

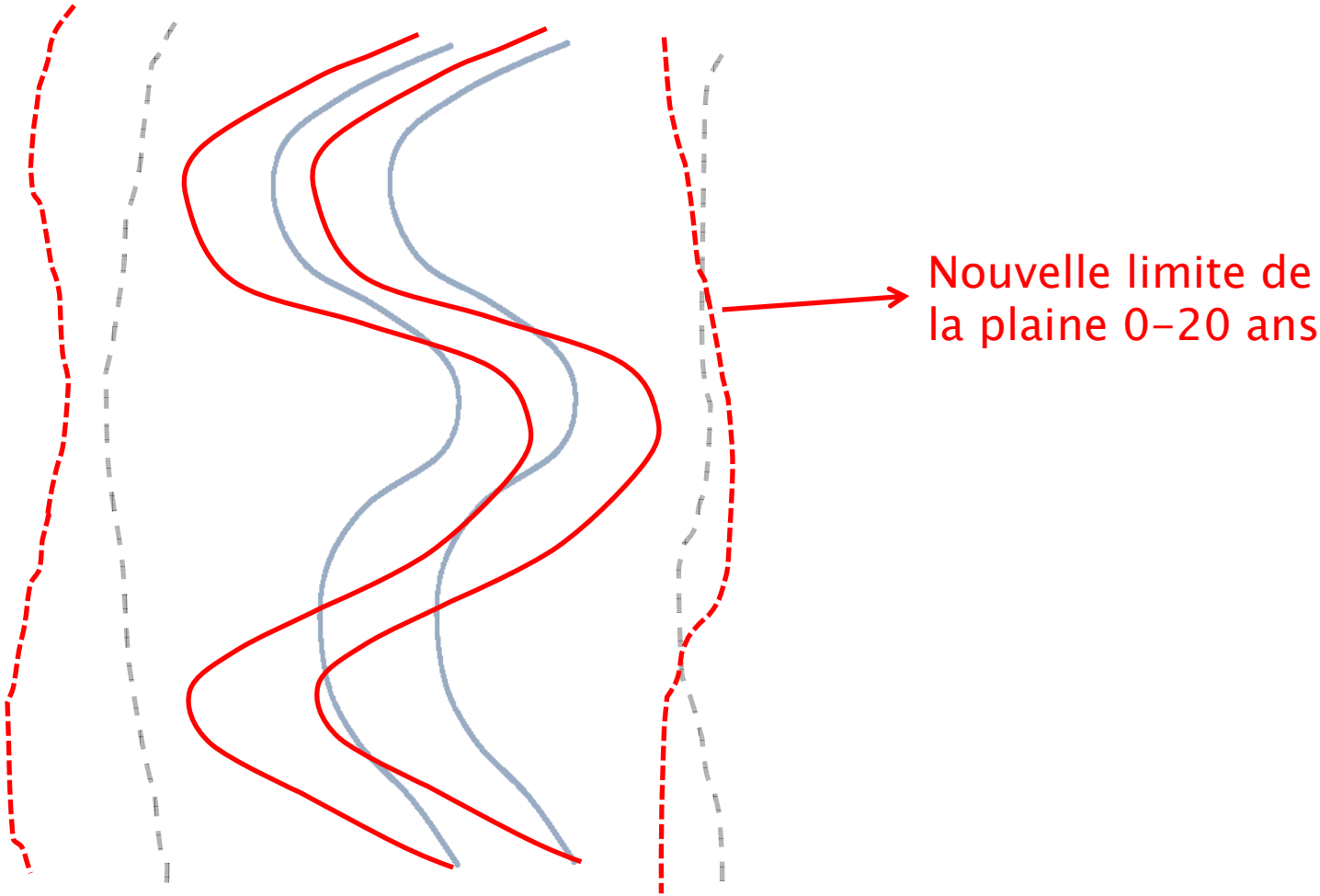


Débit plein-bord
(récurrence de 2 ans)

Migration latérale et inondations



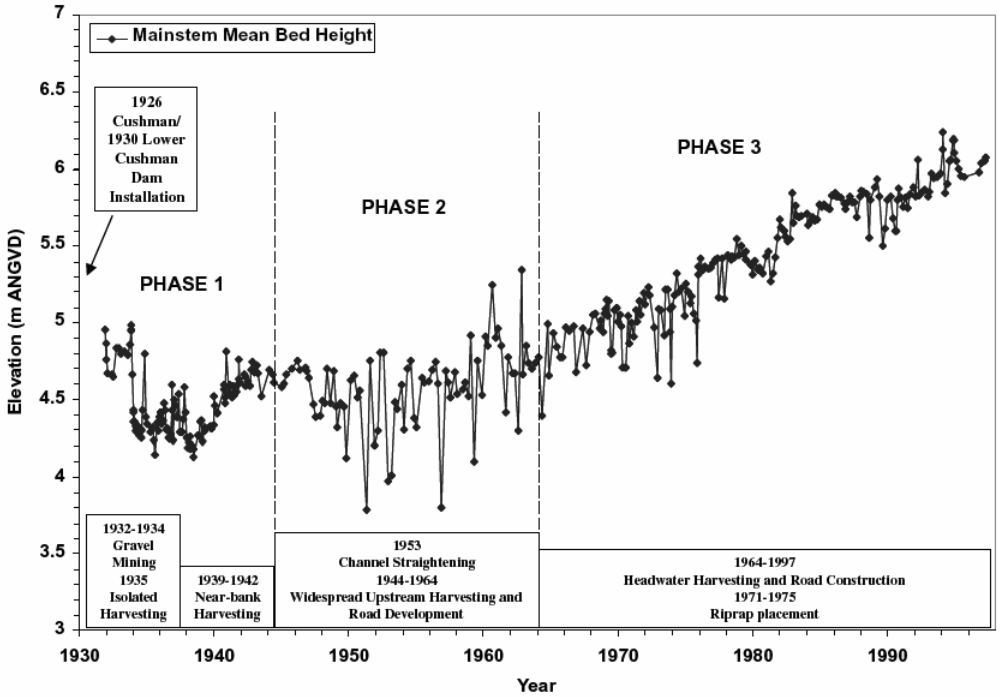
Migration latérale et inondations



Niveaux des inondations

- Bien que les débits de pointe n'aient pas changé dans le temps, les niveaux d'eau atteints par les crues ont augmenté de façon marquée (Stover et Montgomery, 2001; Pinter et Heine (2005)
- Cause?

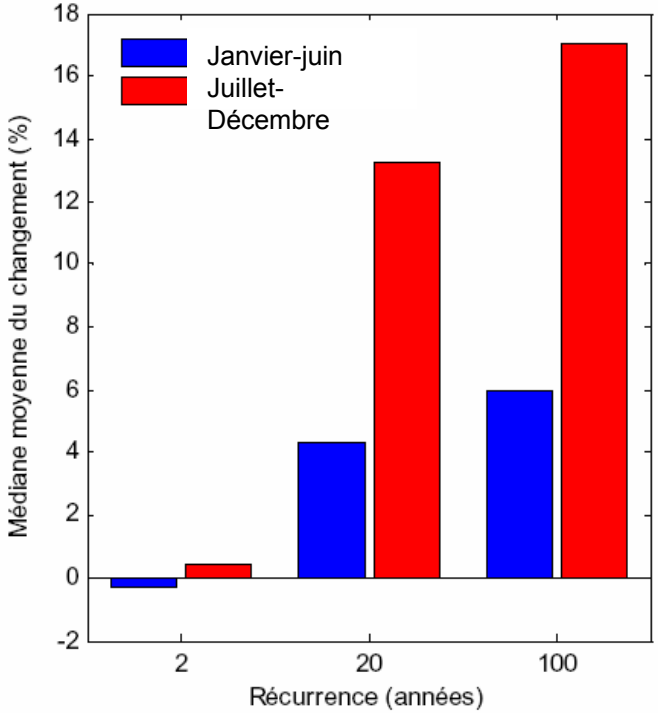
Changement dans la coupe transversale



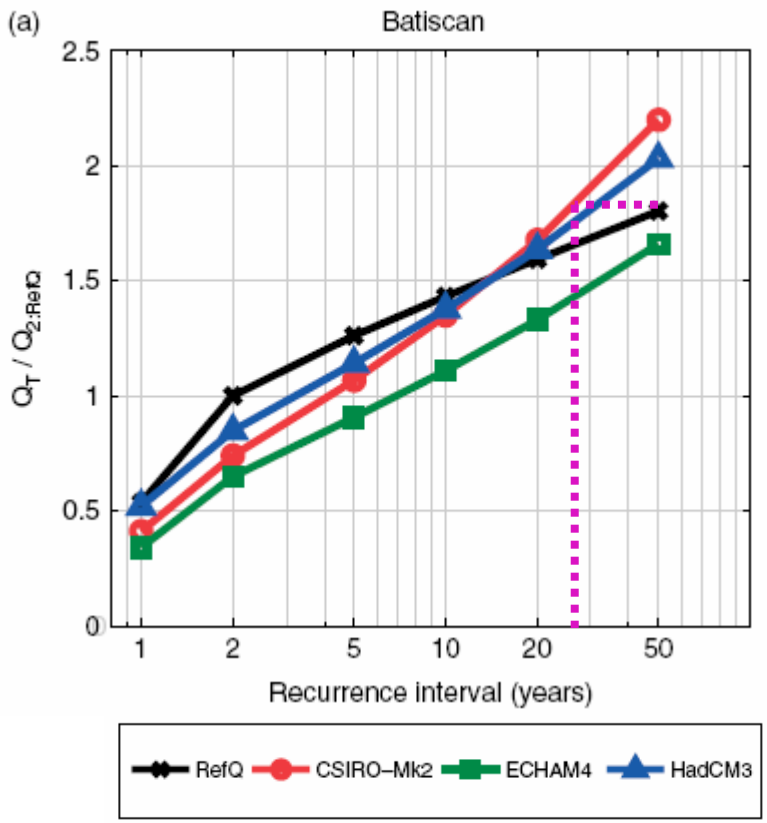
Changements climatiques au Québec

- Risques accrus d'inondation

Crues de forte magnitude plus fréquentes



CEHQ (2012)



Verhaar et al. (2011)

Gestion des crues au Québec : approche réactive plutôt que proactive

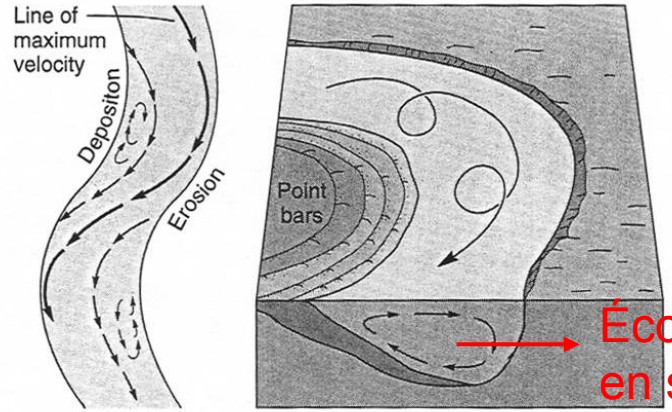
- Dommages causés par des cours d'eau à la suite du passage de l'ouragan Irene en 2011 dans la MRC de Brome-Missisquoi

Photos : Simon Lajeunesse

Hydrogéomorphologie : 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 (hélicoïdal)

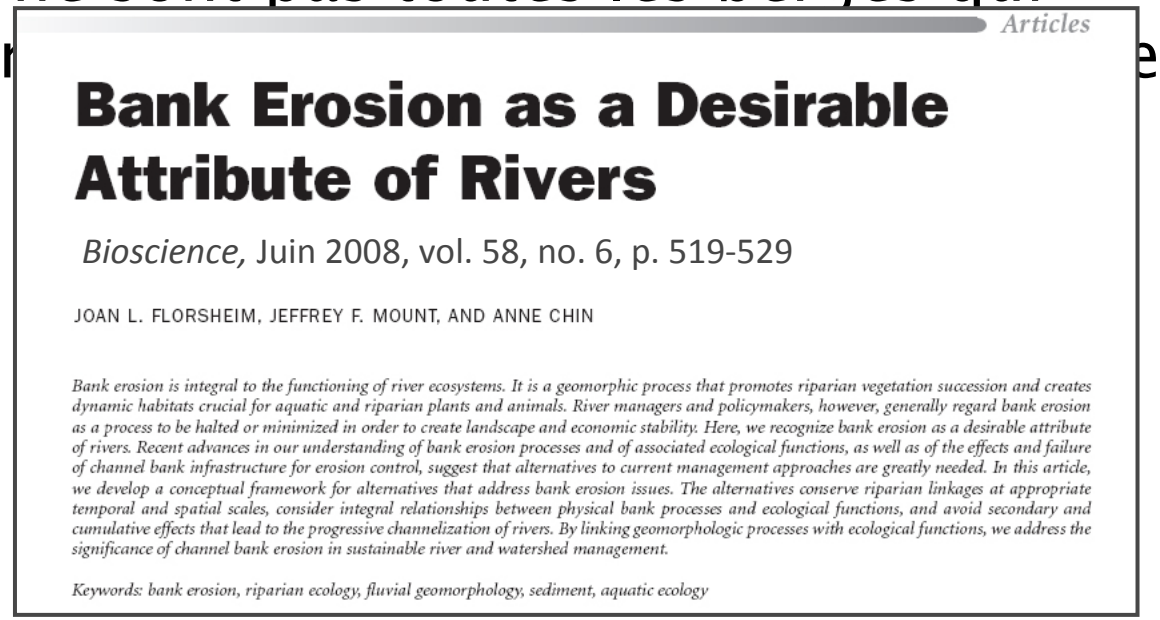
- Les rivières débordent de leur lit régulièrement

Niveau plein-bord atteint à chaque 1,5 – 2 ans

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

Approche hydrogéomorphologique :

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

Connectivité avec la plaine inondable

- Trigg et al. (2013) (étude en Thaïlande) :
  - « Les plaines inondables qui sont bien connectées au chenal procurent un stockage d'eau progressif durant la montée de la crue qui réduit le débit et le niveau d'eau maximal atteint par la crue. Une rivière artificiellement coupée de sa plaine inondable résulte en des niveaux d'eau plus élevés lors des crues, sans compter le risque d'une crue catastrophique si les digues cèdent ou si le niveau d'eau les dépasse. »

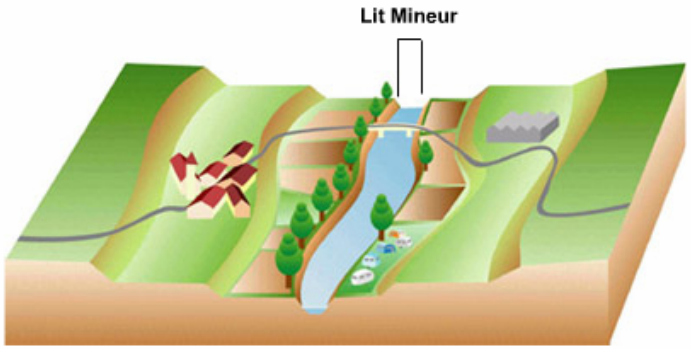
Résumé section 1

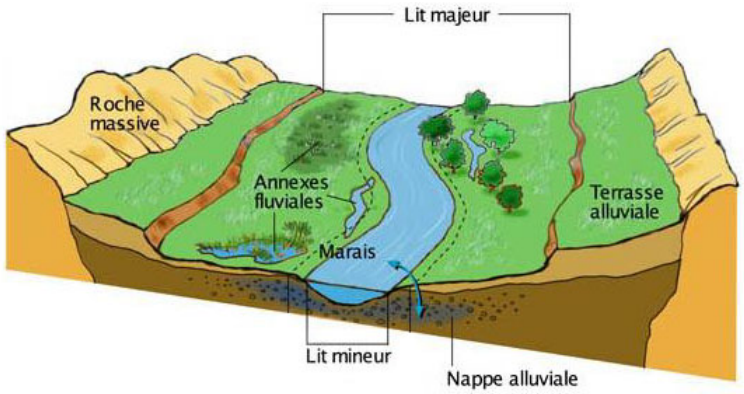
- On ne peut pas gérer les cours d'eau sans tenir compte du débit solide (transport de sédiments).
- Les cours d'eau sont ajustés afin de transporter efficacement la charge liquide et solide ⇨ une modification de la pente, du débit liquide et/ou solide entraîne des ajustements.
- Les niveaux atteints par des débits d'une certaine magnitude vont varier en fonction du dépôt (ou de l'érosion) de sédiments du lit des rivières.

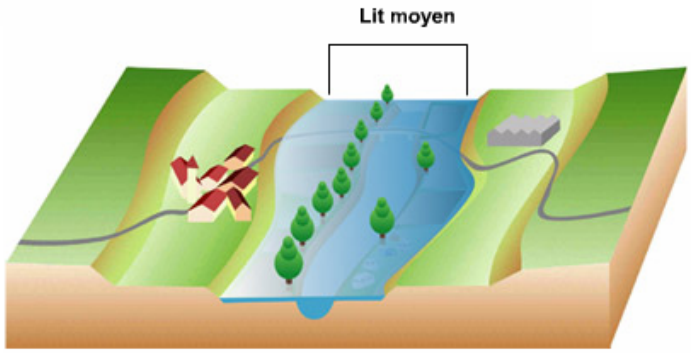
Partie 2:
Hydrogéomorphologie et espace de liberté

- Espaces de mobilité, d'inondabilité et de liberté

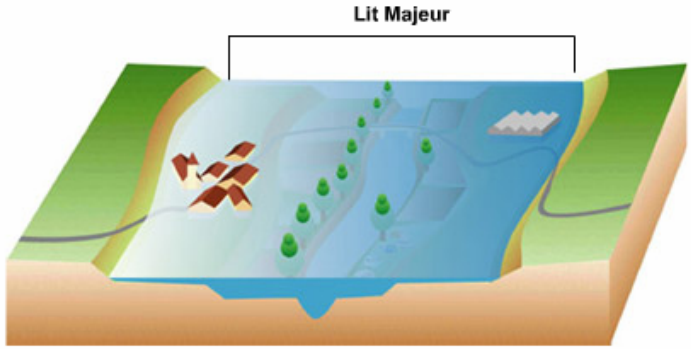
Hydro-géomorphologie → Espace de liberté = Espace de mobilité + espace d'inondabilité…







+ milieux humides
(espace d'intégrité)



http://guiers.siaga.pagesperso-orange.fr/Le-Guiers/Lit-Min-Maj.htm

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

Eos, Vol. 95, No. 8, 25 February 2014

NEWS

Transactions of the American Geophysical Union

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 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

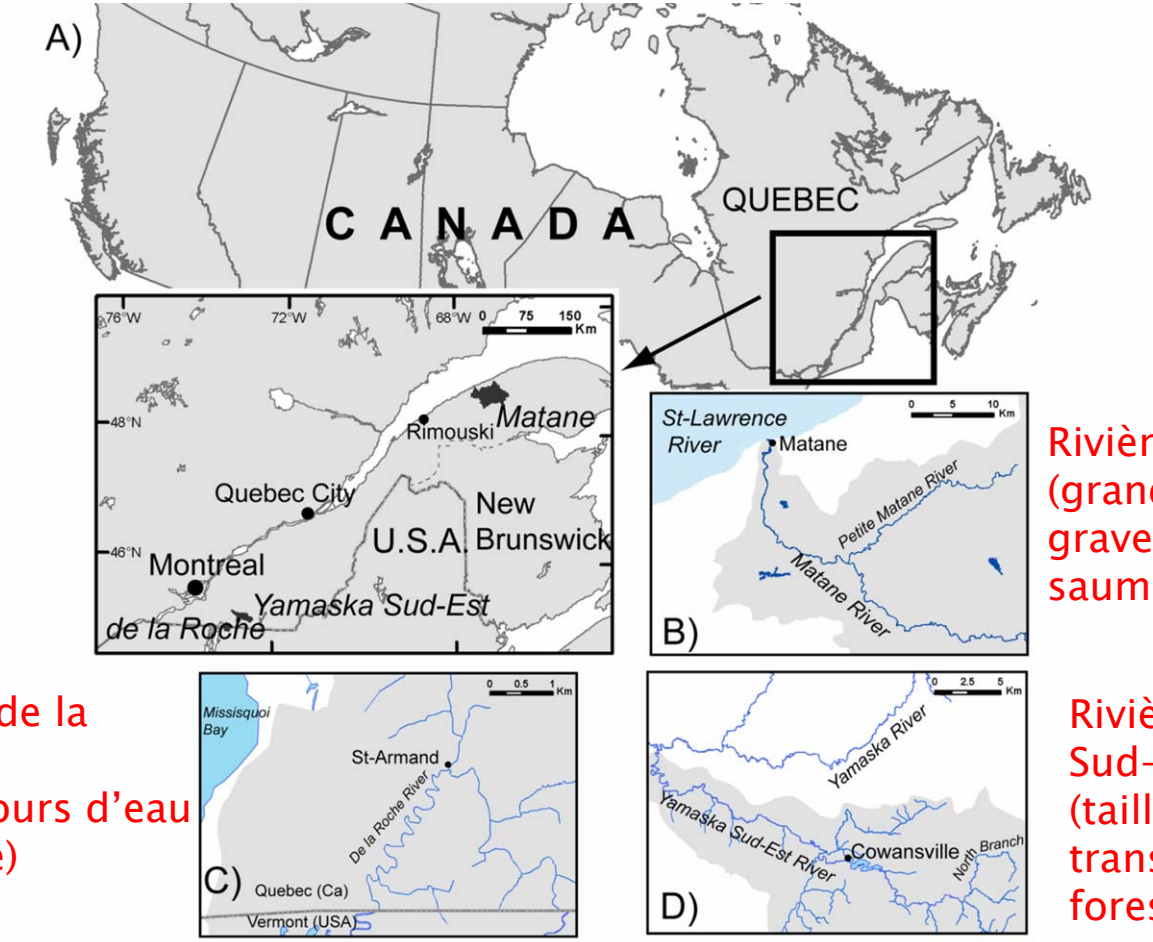
« D'un point de vue pratique, financer la résilience est un investissement nettement plus sage que de dépenser en fonds d'urgence en cas de désastre »
L. Patton, Zurich Insurance Group

Environmental Management
DOI 10.1007/s00267-014-0366-z

Freedom Space for Rivers: A Sustainable Management Approach to Enhance River Resilience

Pascale M. Biron · Thomas Buffin-Bélanger · Marie Larocque · Guénolé Choné · Claude-André Cloutier · Marie-Audray Ouellet · Sylvio Demers · Taylor Olsen · Claude Desjarlais · Joanna Eyquem

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



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

Rivière de la Roche (petit cours d'eau agricole)

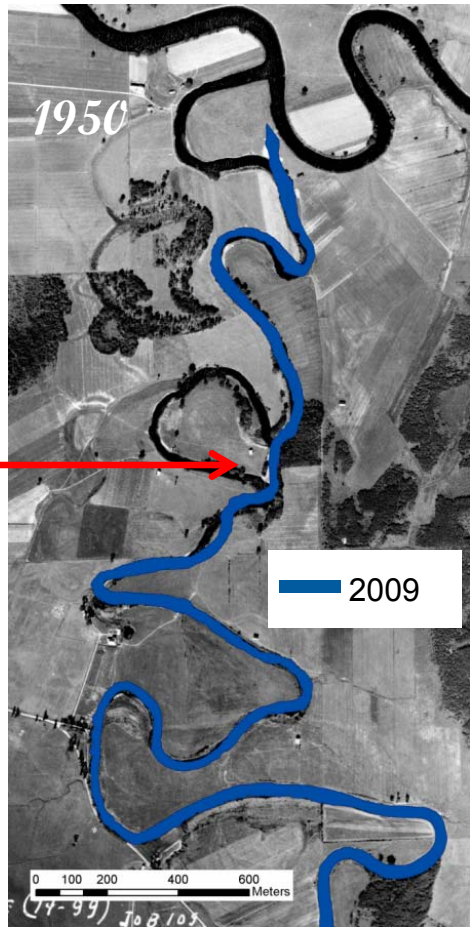
Rivière Yamaska Sud-Est (taille moyenne – transition forestier-agricole)

Figure 1. A) Location of the three study sites in Québec, Canada; B) Matane River study reach; C) de la Roche River study reach; D) Yamaska Sud-Est River and North-Branch tributary study reach.

Biron et al. (2014)

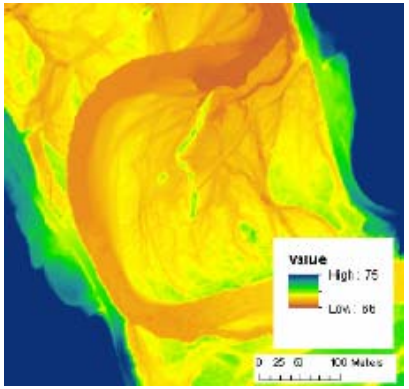
Espace de mobilité

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



Photographies aériennes historiques

Terrain



Lidar

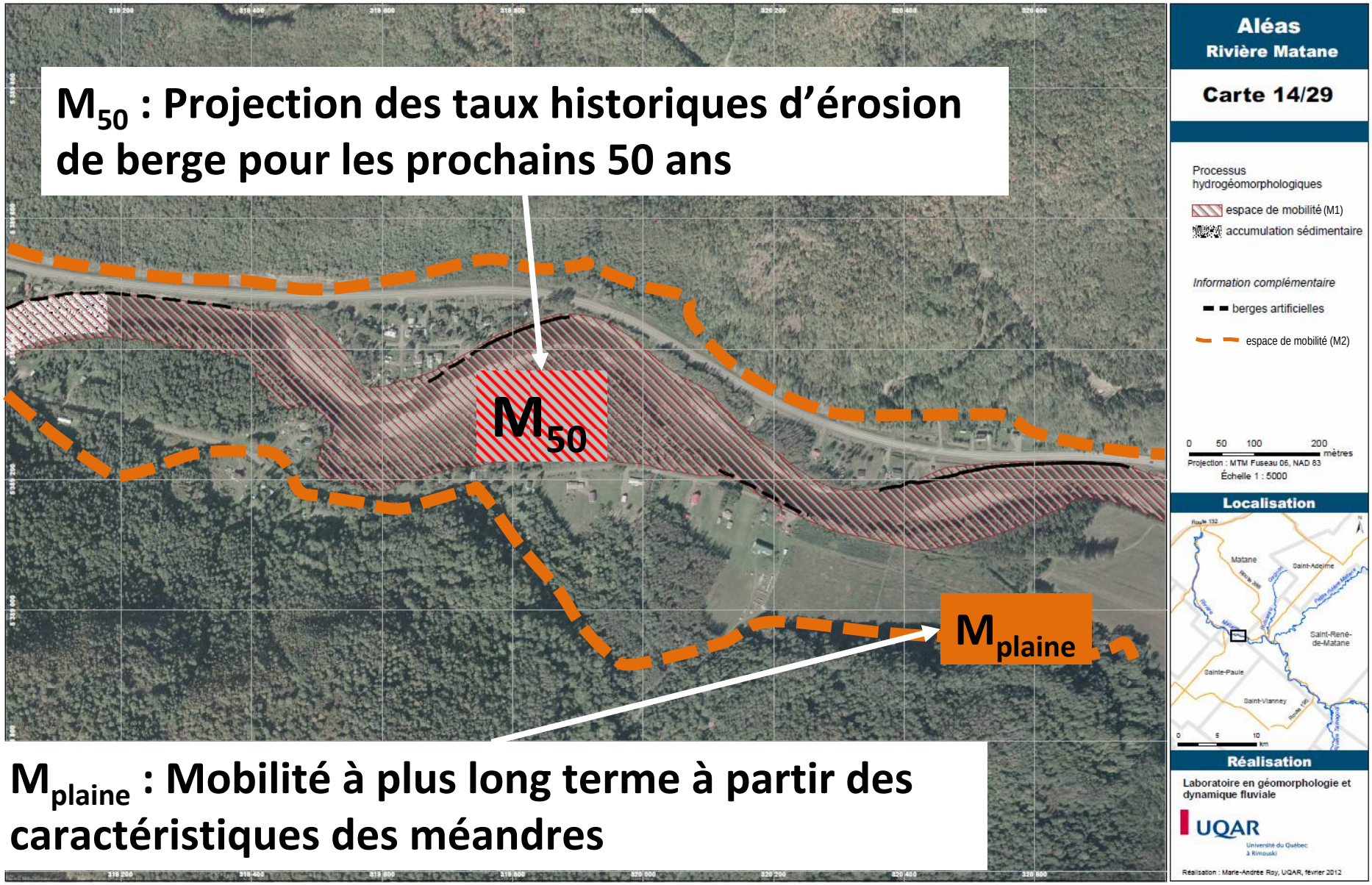
Source Lidar: Ministère de la Sécurité Publique

Deux espaces de mobilité

- M_{50} : Zones où un risque élevé d'érosion ou de recoupement de méandre est présent – horizon temporel de 50 ans.

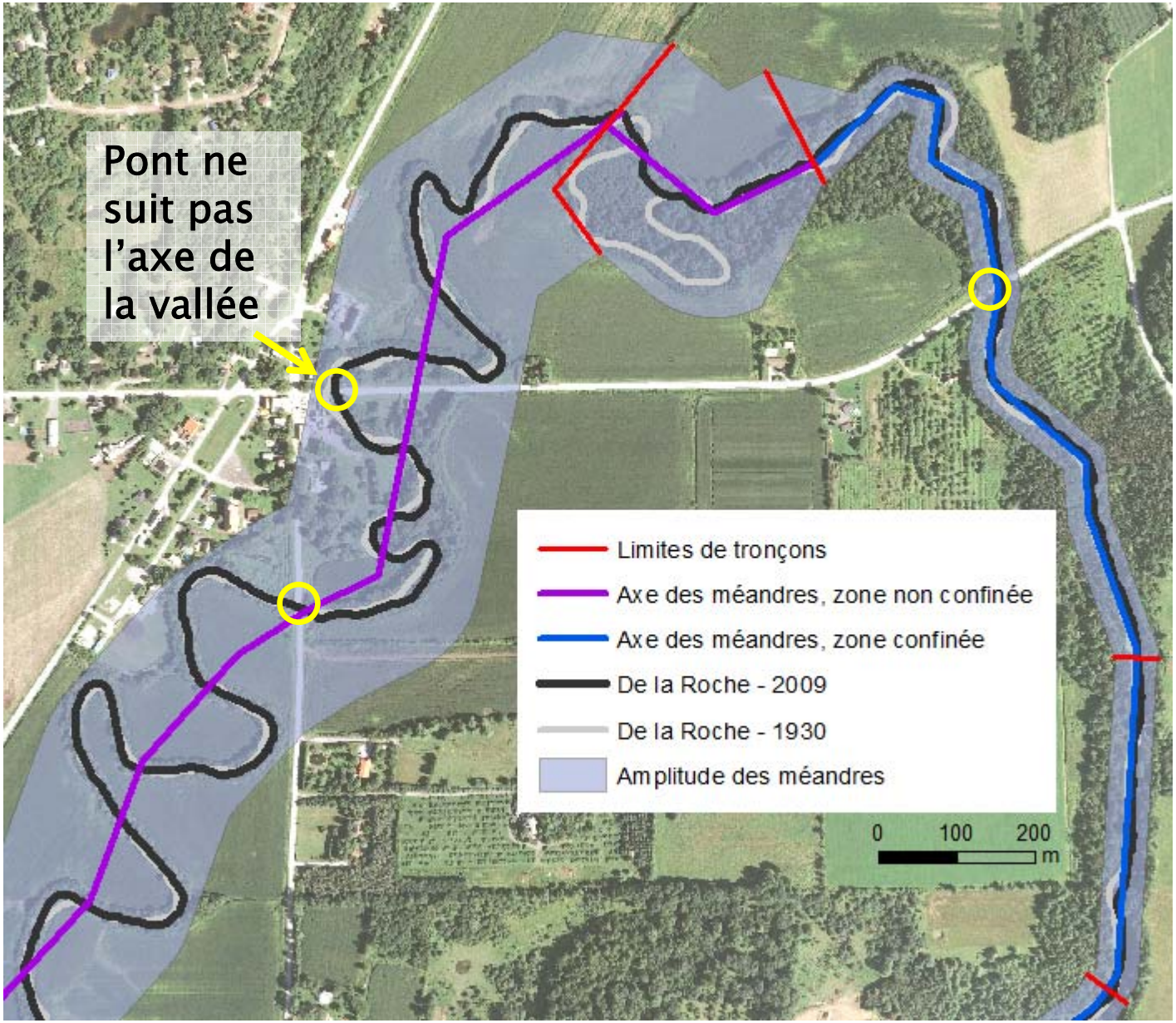
- M_{plaine} : Espace requis pour la conservation de l'ensemble des processus fluviaux, où la rivière peut potentiellement migrer à long terme.

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

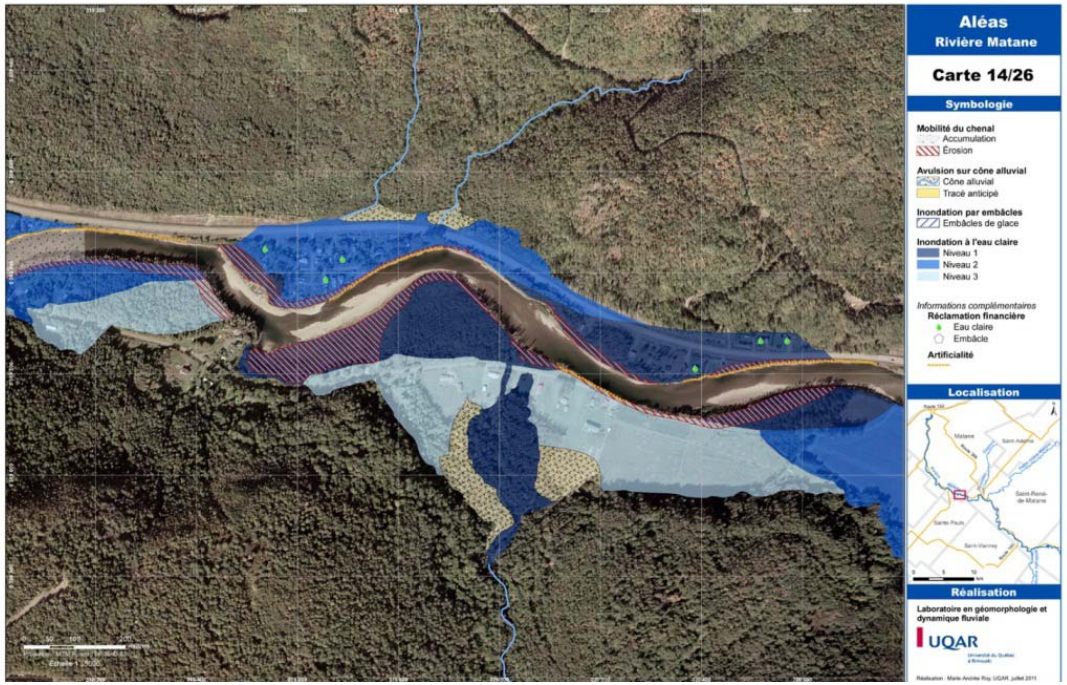


Niveau de mobilité M_{plaine}

Rivière de la Roche



Espace d'inondabilité

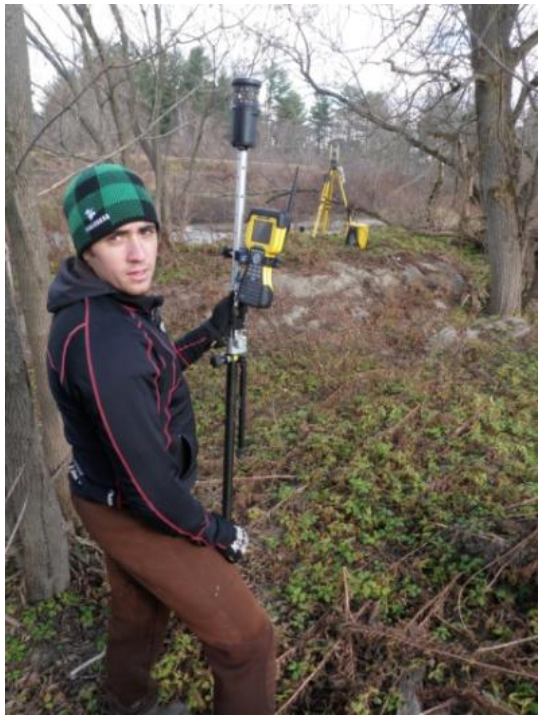


Approche hydro-géomorphologique: niveaux réellement atteints par les inondations (≠ approche statistique)

Inondation par embâcle sur la rivière Matane

Espace d'inondabilité

- Mesures sur le terrain
  - DGPS et Lidar terrestre (modèle numérique d'altitude)
  - Présence de terrasses
  - Changement de végétation
  - Changement dans la taille des sédiments
  - Cicatrices de glace sur les arbres



- Examen des photos aériennes et des données Lidar (Matane)

3 niveaux d'inondabilité $F_{élevé}$, F_{med}, F_{faible}

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

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

F_{med} : zones fréquemment inondées de faibles courants

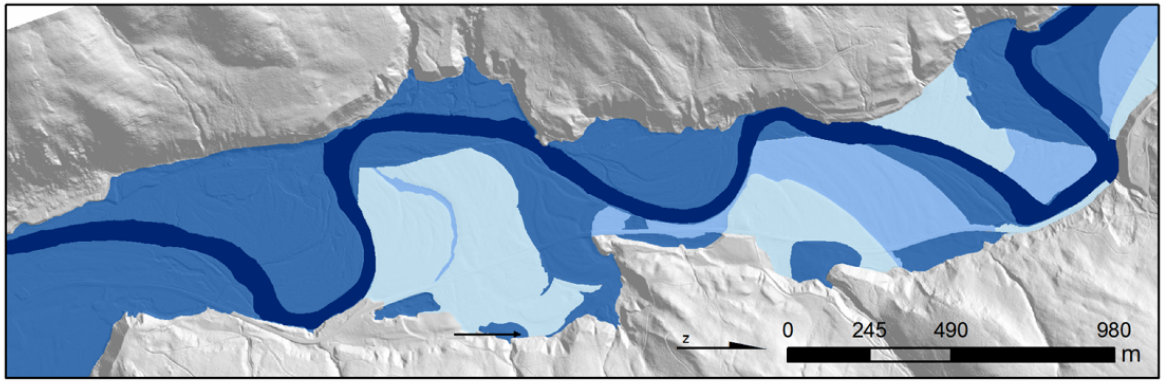
F_{faible}: Inondations peu fréquentes de faibles courants

Niveaux d'inondabilité rivière Matane

Buffin-Bélanger (2011)

Espace d'inondabilité et zones inondables traditionnelles

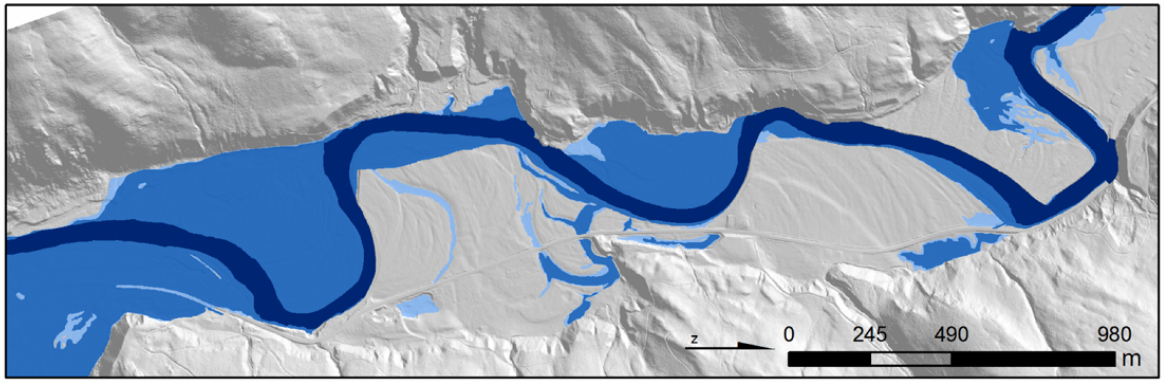
C- Matane River (based on HGM and hdraulics)
ω = 90 W/m²



Flood spaces
(A-B-C)

- river channel
- F_{high}
- F_{med}
- F_{low}

D- Matane River (based only on hydraulics)
ω = 90 W/m²



Hydraulic map (D)

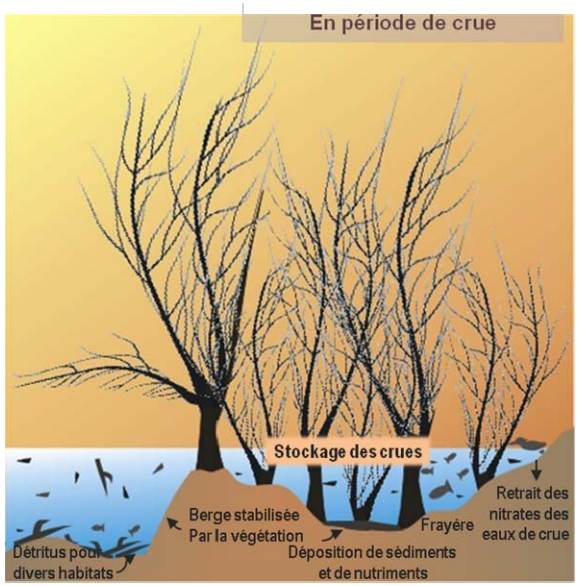
- river channel
- 0-20 flood return period
- 20-100 flood return period

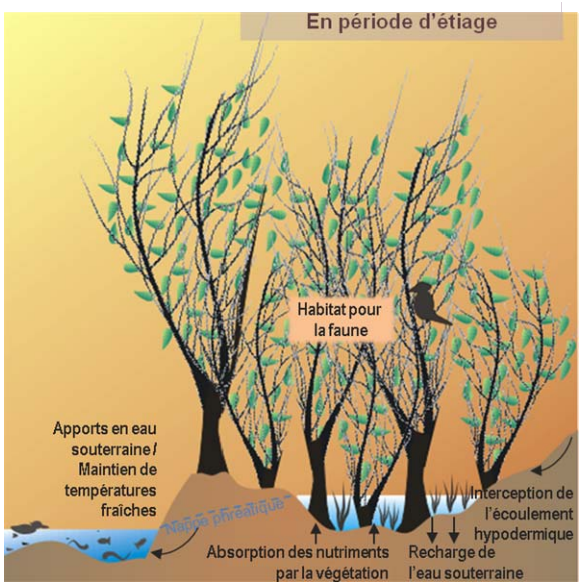
Exemple rivière Matane
Biron et al. (2014)

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).

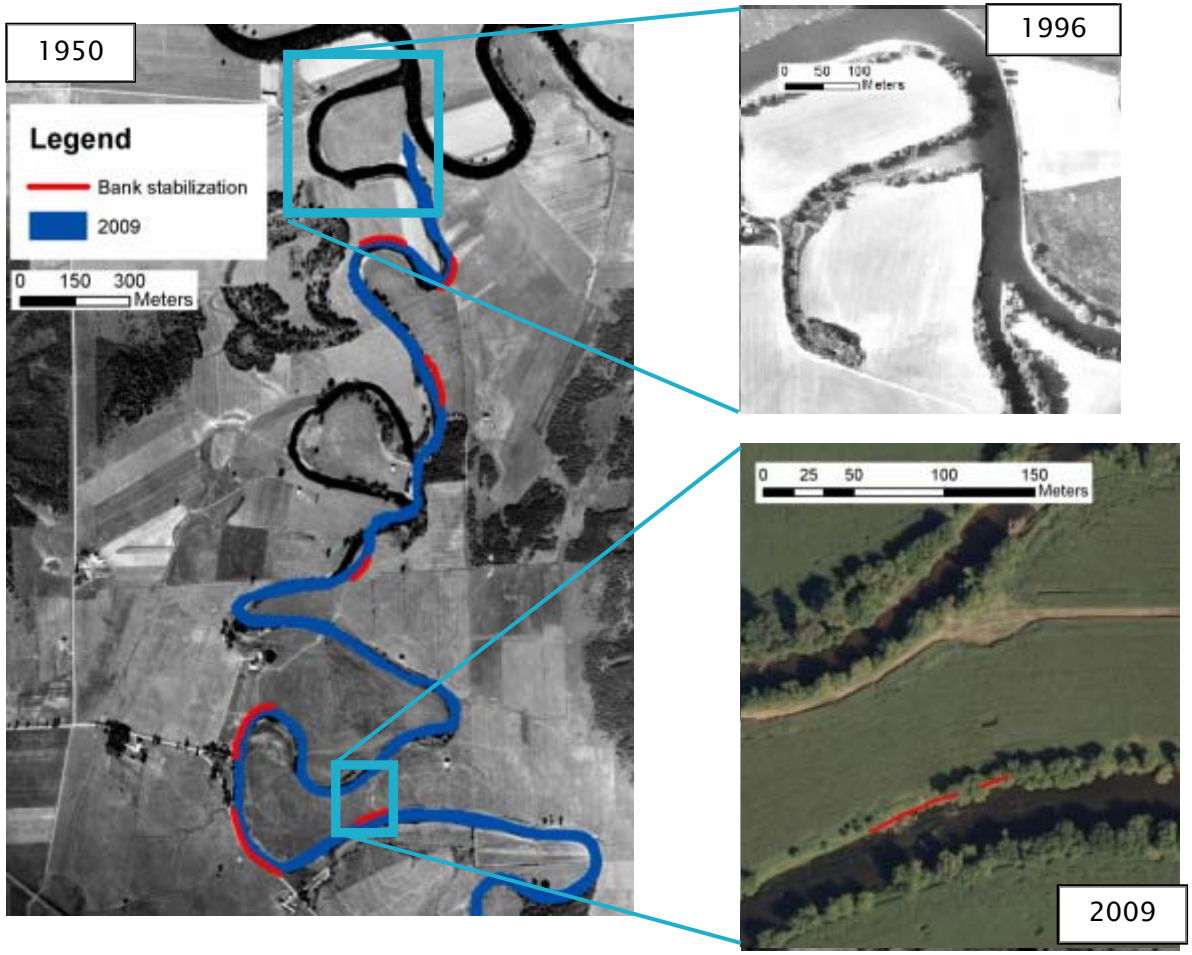
→ Services écosystémiques





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 $F_{élevé}$

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

http://www.hendersondesign-build.com

Espace de liberté

=

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

		Mobilité		
L_{min} L_{fonc} L_{rare}		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'inondabilté			En dehors de l'espace de liberté

Espace de liberté

- Niveau L_{min} (niveau minimal) :
  - Inondations très fréquentes ($F_{élevé}$) 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

Cartographie intégrale

Cartographie simplifiée

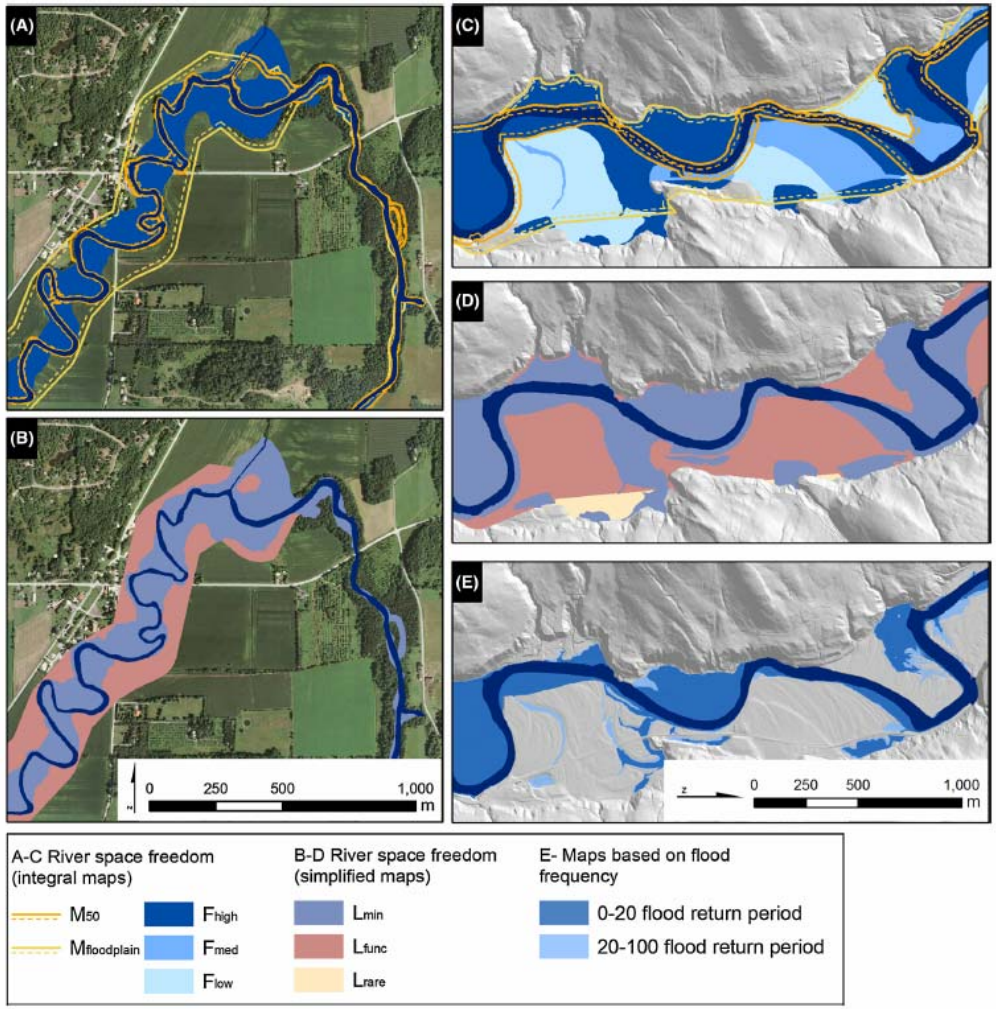
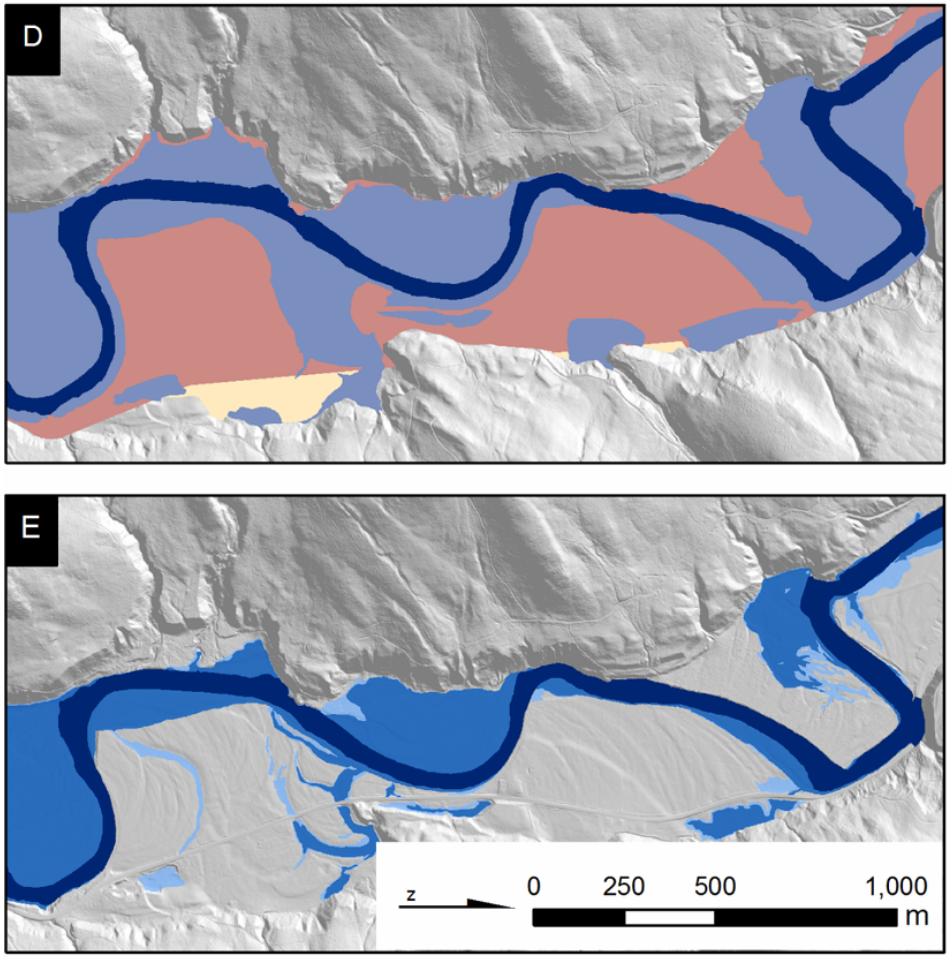


Fig. 8 Examples of the freedom space using integral (**a**) and simplified (**b**) cartography on the de la Roche River, and integral (**c**) and simplified (**d**) cartography on the Matane River. Only two levels of freedom space (L_{min} and L_{func}) are needed on the de la Roche River, whereas the third level (L_{rare}) is required in some zones on the Matane River. The traditional 0–20 and 20–100 year flood zones from hydraulic models are also shown in **e** for the Matane River reach

Biron et al. (2014)

Espace de liberté et zones inondables traditionnelles



B-D River space freedom (simplified maps)

- L_{min}
- L_{func}
- L_{rare}

E- Maps based on flood frequency

- 0-20 flood return period
- 20-100 flood return period

Exemple rivière Matane

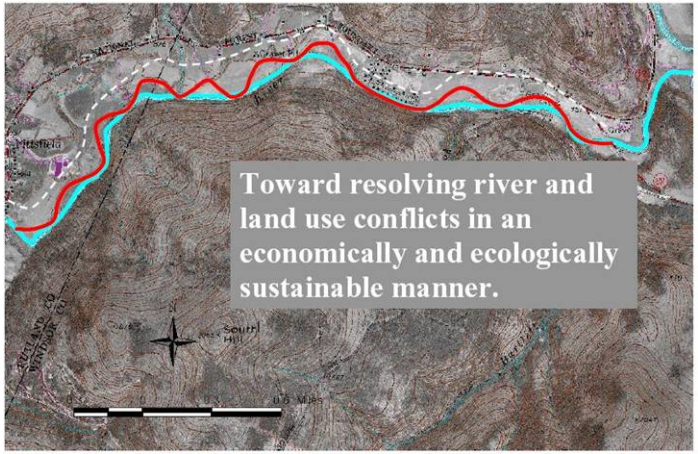
Biron et al. (2014)

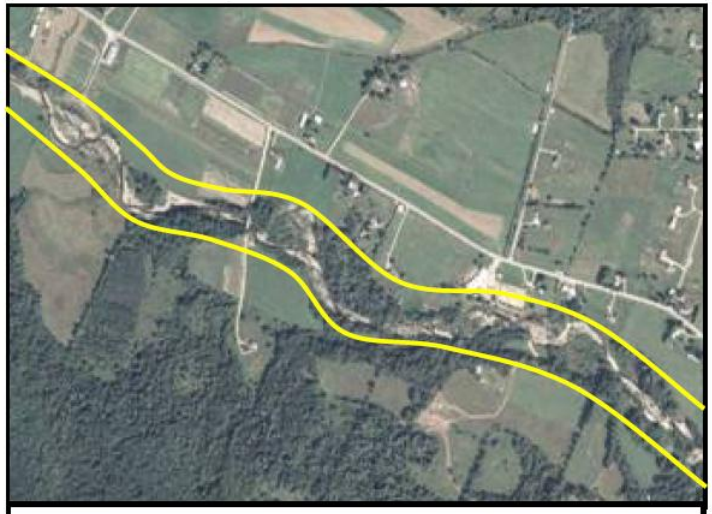
Espace de liberté: Est-ce faisable?

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

November 20, 2006

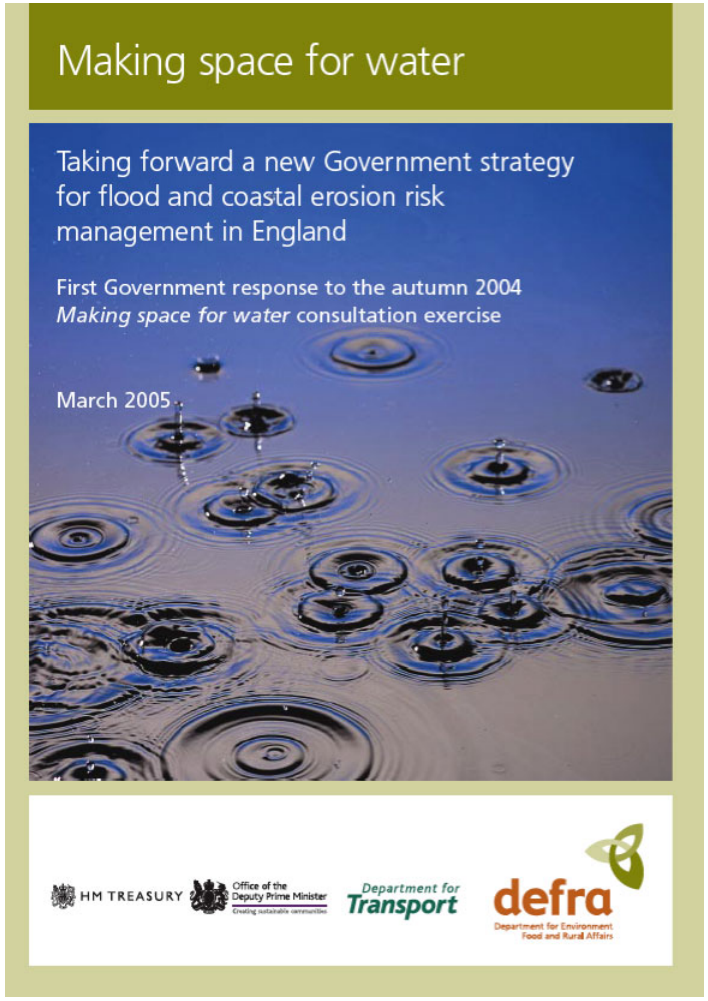
Alternatives for River Corridor Management
Vermont DEC River Management Program





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



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

Iowa River Corridor PROJECT

IOWA RIVER CORRIDOR PROJECT

Re:

- *Rethinking the system*
- *Early signs of success*
- *Big-Picture Benefits*
- *Pooling our resources*
- *What's on the horizon*

The Iowa River Corridor Project

For farmers and landowners who live and work along the Iowa River, the flood of 1993 was the last straw. By mid-September of that year, total flood damage was estimated at $6.9 million. While the flood was hardly unusual -- flooding has occured along the Iowa River in 28 of the past 30 years -- it was exceptional. Over time many landowners received disaster payments and crop liabilities from the U.S. government that exceeded the total value of their land. *It was clearly time for a new approach.*

What the IRCP does for Iowa

Improves the quality of the water in the Iowa River. Qualité de l'eau ↑

Enhances wildlife habitat. Habitat faunique ↑

Reduces the financial liability of landowners and taxpayers for flood damages. Coûts associés aux crues ↓

Stimulates local economies . es through improved tourism and recreational opportunities. Activités récréatives ($$) ↑

Renews the spirit of communities along the river.

Esprit communautaire ↑

Résumé section 2

- Une gestion des cours d'eau basée sur les concepts d'espace de liberté vise à accroître la résilience des systèmes fluviaux dans le futur.
- L'espace d'inondabilité délimité par l'approche hydrogéomorphologique tient compte des ajustements des cours d'eau (e.g. aggradation), contrairement à l'approche traditionnelle (e.g. zones 0-20 ans) qui présume que le cours d'eau demeure statique dans le temps.

Partie 3:
Effet des interventions humaines sur les inondations

- Linéarisation
- Digues et bris de connectivité avec la plaine inondable et les milieux humides
- Enlèvement des arbres
- Dragage

Linéarisation des cours d'eau

- Environ 30,000 km de cours d'eau de tête linéarisés en milieu agricole au Québec

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

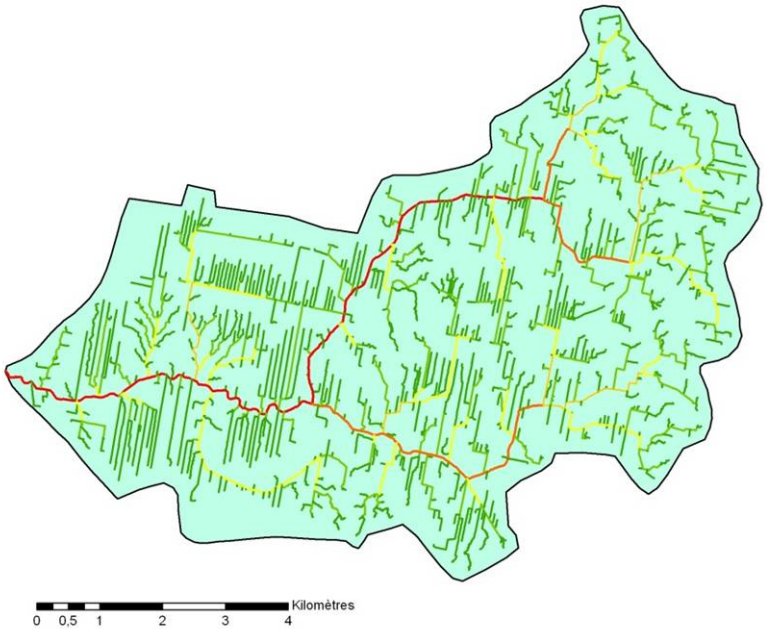
Rousseau (2010)

Linéarisation des cours d'eau

- 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^2):

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



Linéarisation

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 (≠ hydro-géomorphologie)

Pas de stockage de sédiments (≠ 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

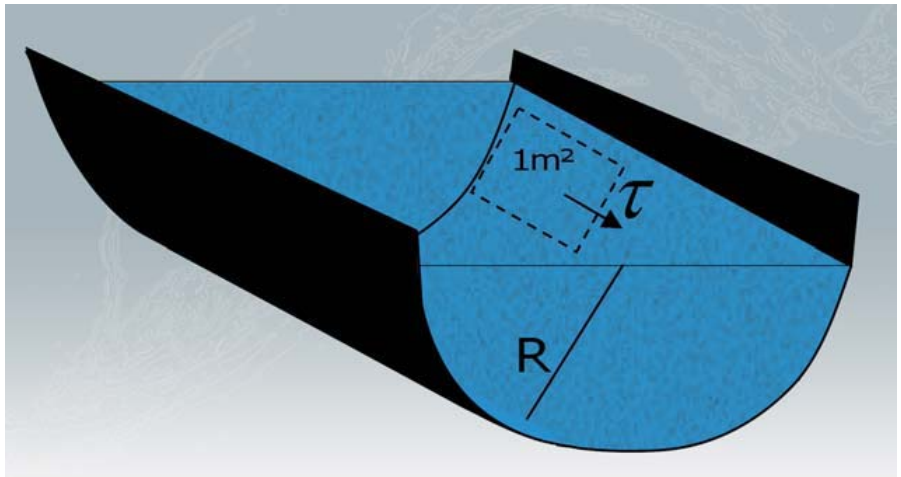
Les drains agricoles qui se jettent directement dans le cours d'eau…

contribuent à la détérioration de la qualité de l'eau

Force tractrice (ou contrainte de cisaillement) : τ

- Variable clé pour le transport des sédiments et l'érosion de berges
- $\tau \propto$ pente * profondeur

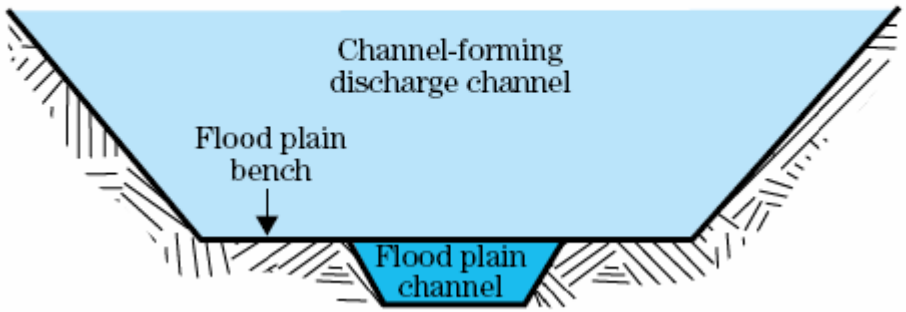
$\therefore$ pente et profondeur élevées = + d'érosion



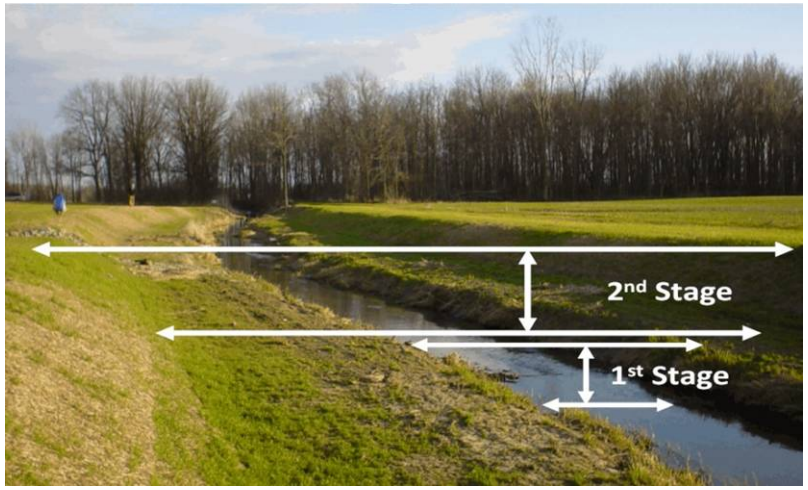
Malavoi et al. (2011)

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



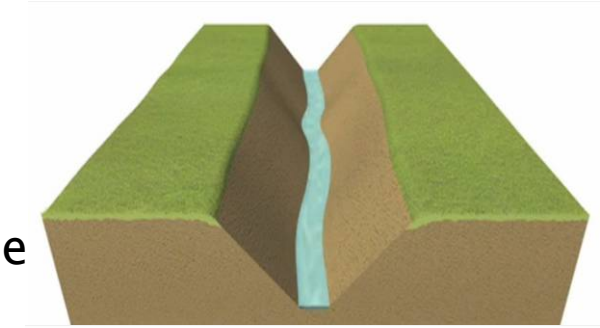
Un chenal à 2 niveaux fraîchement construit en Ohio (Crommer Ditch) (Powell, 2006)

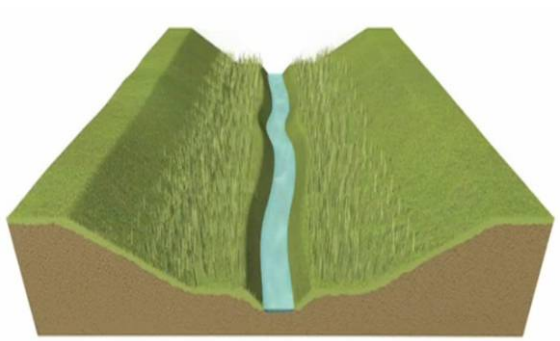
- Plus dispendieux à construire (~ 33,000 $/km) que les trapèzes simples, mais moins de besoin de maintenance (aux 30 ans plutôt qu'aux 10 ans)
- Bénéfices écologiques (qualité de l'eau et de l'habitat)

Trapèze

Chenal à 2 niveaux

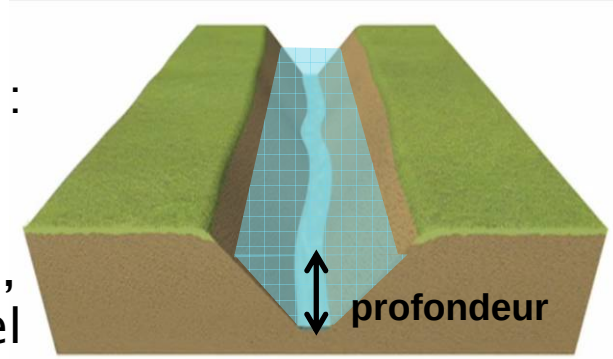
Bas niveau : faible profondeur, faible vitesse

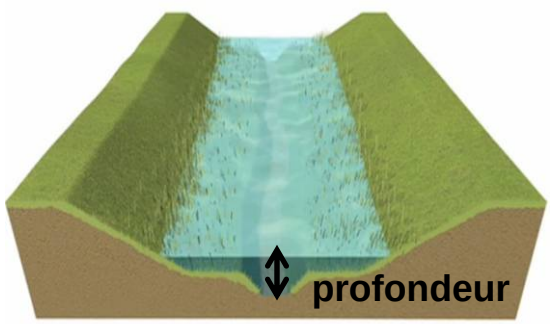




Bas niveau : faible profondeur, faible vitesse

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

http://vimeo.com/7901535

Digues et connectivité avec la plaine inondable

Digue pour contrôler les crues sur la rivière Long Eau (Angleterre)

Même site après restauration pour reconnecter la plaine d'inondation (600,000 m^3 de stockage d'eau additionnel)

Gumiero et al. (2013)

Digues et inondations

- Rivière Cherwell (Angleterre) : pics de crue ont augmenté de 150 % à la suite de la construction de digues, en comparaison avec la situation où la plaine inondable pouvait stocker de l'eau (Gumiero et al. 2013)
- Fausse impression de sécurité derrière les digues

Inondation à la suite d'une crue dépassant la hauteur des digues sur le Missouri en 2008 (Kusky, 2009)

Enlèvement des arbres

- Loi sur les compétences municipales: effet de l'enlèvement de toute « obstruction qui menace la sécurité des personnes ou des biens » (e.g. arbres)
- Ailleurs : on restaure en ***ajoutant*** des débris ligneux (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.

http://www.fishactive.com/news/3149-fish-live-in-trees-too.html

Dragage: Solution?

Western Morning News

News | Sport | What's On | Jobs | Property | Cars | Directory | Offers | Notices

Farming | Business | Politics | Education | Environment | Crime | Health | Opinion | Le

SOMERSET FLOODING: To dredge or not to dredge - battle lines drawn over floodings on The Levels

By WMNPBowern | Posted: January 20, 2014

The flooded Somerset Levels

Inondations dans le Somerset (Angleterre) en janvier 2014

Le maire de Saint-Raymond propose de draguer la rivière Sainte-Anne

Mise à jour le lundi 21 avril 2014 à 6 h 32 HAE

32 | 0 | 81 | 16 | Partager

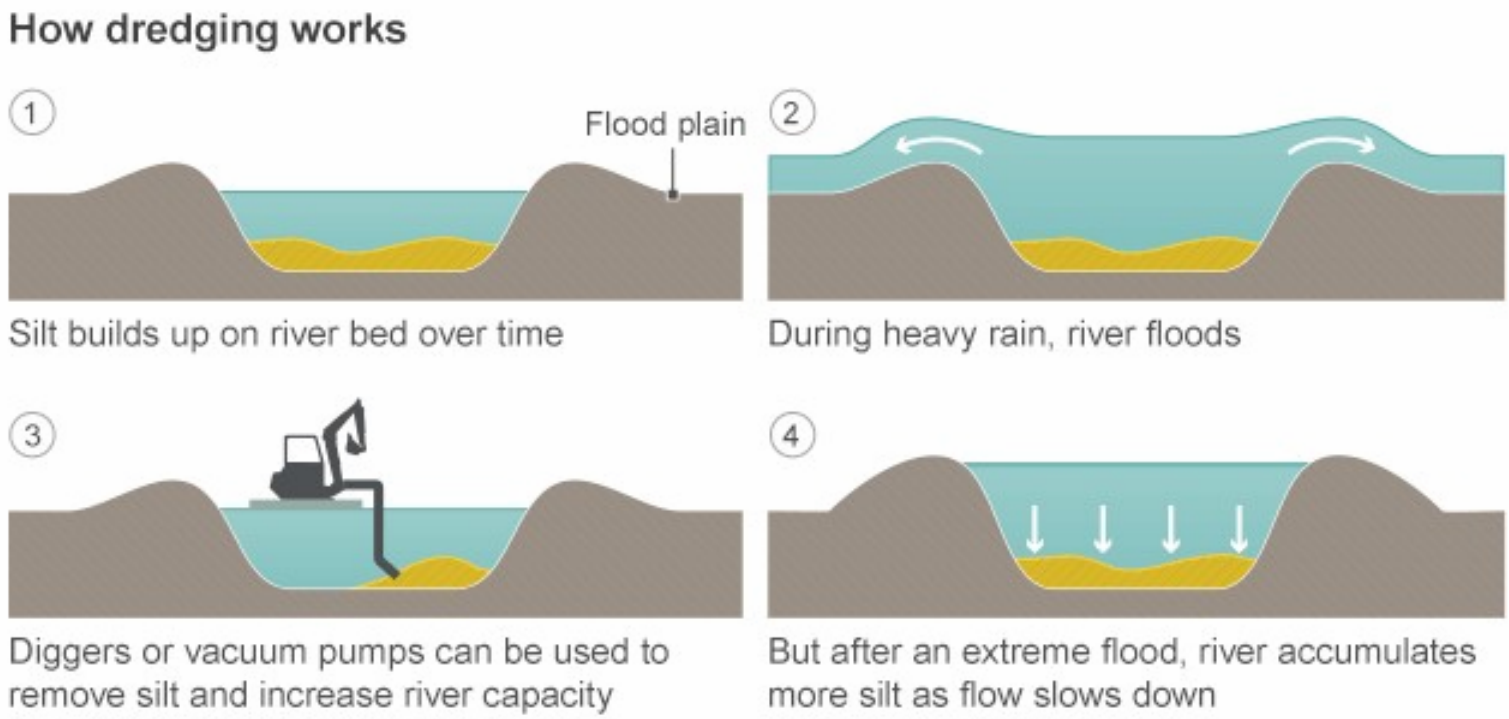
La rivière Sainte-Anne, à Saint-Raymond de Portneuf

Au moment où la majorité des sinistrés de Saint-Raymond de Portneuf ont pu réintégrer ce week-end leur résidence endommagée par les crues printanières, des voix s'élèvent à nouveau pour réclamer que des travaux soient effectués sur la rivière Sainte-Anne afin de limiter les dégâts causés par les crues.

radio-canada.ca (21 avril 2014)

Dragage

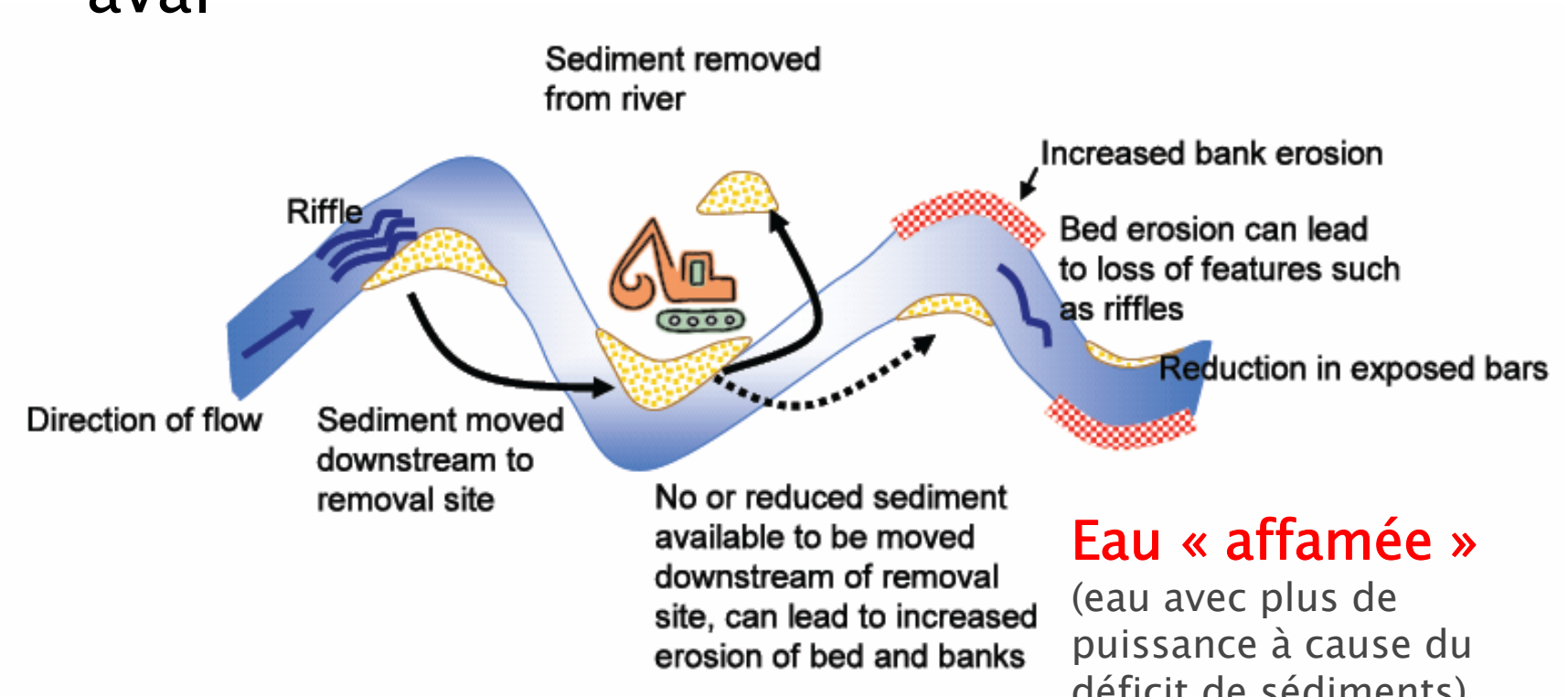
- Pas une solution durable d'un point de vue hydrogéomorphologique



http://www.bbc.com/news/uk-england-somerset-26808840

Dragage et prélèvements de sédiments

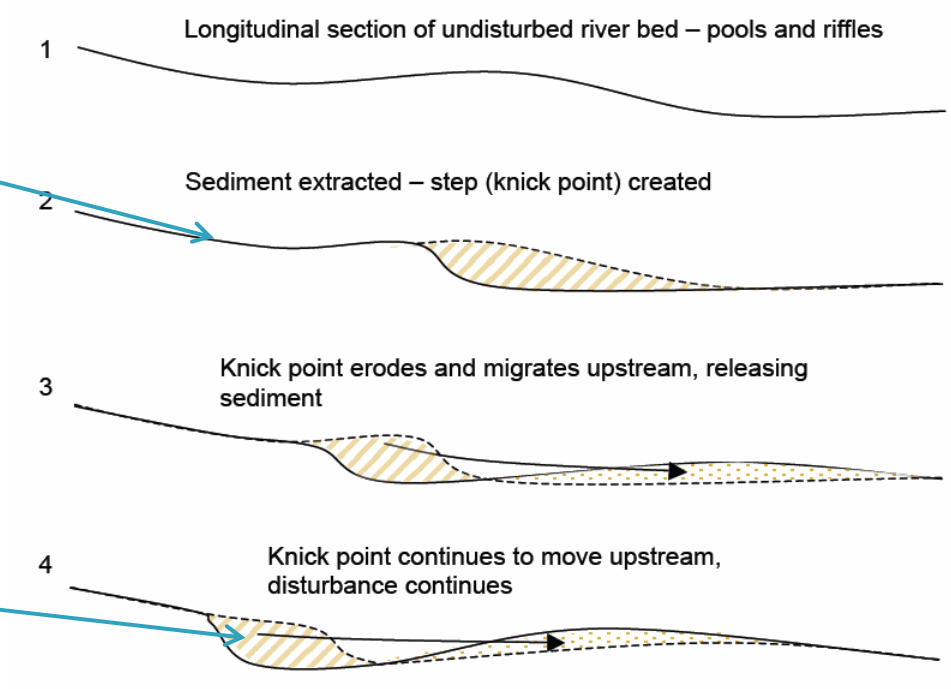
- Répercussions se font sentir en amont et en aval



Eau « affamée »
(eau avec plus de puissance à cause du déficit de sédiments)

SEPA (2010)

Érosion régressive à la suite d'un dragage



SEPA (2010)

Érosion régressive à la suite d'un dragage

Water of Ruchill (Écosse)

SEPA (2010)

Dragage : importance de bien comprendre la dynamique du débit solide

Bowmont Water (Écosse) : dragage le 5 août 2009 1 mètre sous son niveau

4 septembre 2009 : crue (niveau plein-bord)

14 septembre 2009 : le lit s'est aggradé d'environ 1 mètre à la suite de la crue d'une récurrence d'environ 1 an

SEPA (2010)

Dragage : Solution?

- Sans doute très peu d'effet sur les niveaux d'eau atteints lors de très grandes crues
- Mais… peut diminuer la durée de la crue en permettant d'évacuer plus d'eau lors de la décrue
- Risque accru d'apport de sédiments et d'inondation en aval

Dragage : Solution?

- Risque accru d'érosion (puissance du cours d'eau fonction de la profondeur) (pire si l'on construit des digues, car la profondeur augmente)
- Conséquences sur la faune aquatique

Résumé section 3

- Plusieurs interventions humaines (e.g. linéarisation, digues, dragage) ont pour effet d'augmenter la pente des cours d'eau et/ou leur profondeur, ce qui résulte en un transit plus rapide de l'eau vers l'aval, et du même coup accroît la force tractrice (et donc le transport de sédiments).
- Le dragage est souvent perçu (à tort) comme une solution aux inondations, alors qu'il peut créer de nombreux problèmes dans les cours d'eau en amont et en aval.

Partie 4 : Solutions?

- Bien comprendre la cause des problèmes
- Un porte-folio allant des méthodes « dures » (ingénierie) aux méthodes « douces » (basées sur la dynamique naturelle des cours d'eau)
- Là où l'espace le permet, créer un espace de liberté
- Et le plus possible : retenir l'eau à la source

Solution: retenir l'eau à la source

- Étude de cas de Belford (Angleterre)

HOUSES OF PARLIAMENT
PARLIAMENTARY OFFICE OF SCIENCE & TECHNOLOGY

POSTNOTE

Number 396 December 2011

Natural Flood Management

Natural flood management, defined here as the alteration, restoration or use of landscape features, is being promoted as a novel way of reducing flood risk. This POSTnote reviews the policy drivers of this approach, as well as the scientific basis, and implementation, of inland natural flood management strategies.

Overview

- The Flood and Water Management Act (2010) and Environment Agency Catchment Flood Management Plans promote working with natural processes where possible.
- Natural flood management (NFM) varies in its effectiveness, for example, water storage or flooding land are often more effective than changing land management practices.
- NFM can reduce erosion and benefit water quality, carbon storage & biodiversity. These positive effects may sometimes be more valuable than the reduction in flood risk.
- Collaboration between land-owners and communities is likely to be a key part of the success of NFM. Long-term funding measures or incentives, and better use of local knowledge, will also be important.

Étude de cas: Belford (Angleterre)

Village hit by its third flood

Jul 04, 2007 00:00 | By **The Journal**

VILLAGERS called last night for urgent action to prevent further flooding after torrents of water swept through homes.

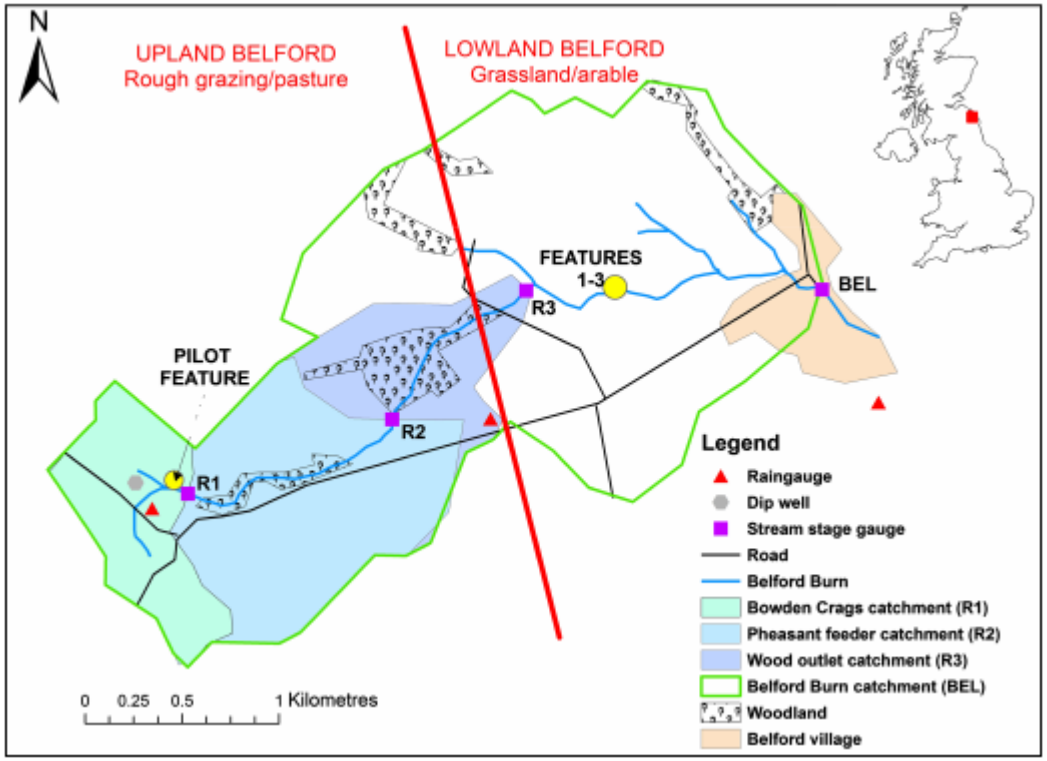
496 Shares | Share | Tweet | +1 | Email

Belford

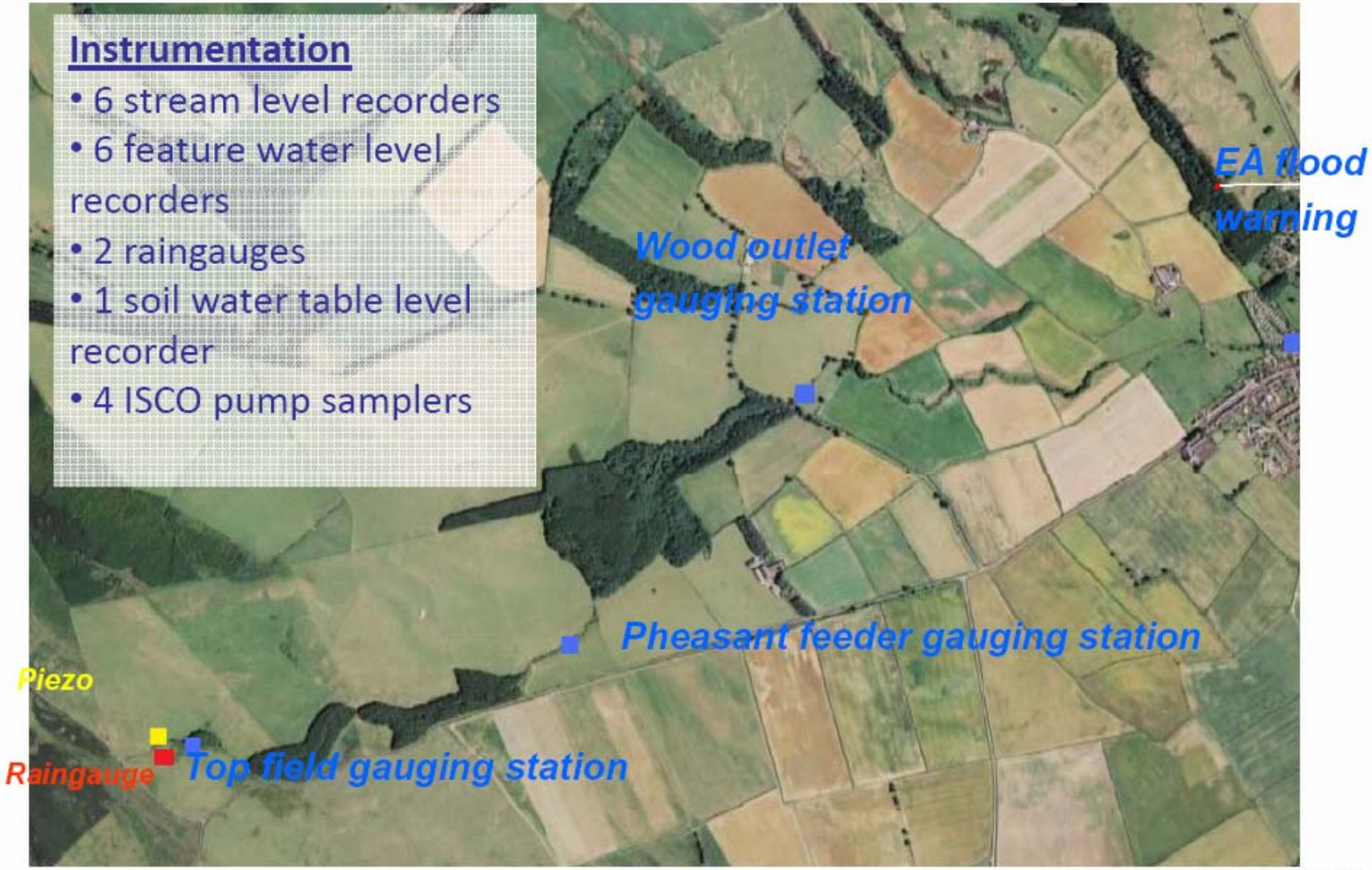
VILLAGERS called last night for urgent action to prevent further flooding after torrents of water swept through homes.

Belford

- Historique d'inondations
- Pentes assez fortes
- Sols assez minces
- Compaction du sol (agriculture intensive)

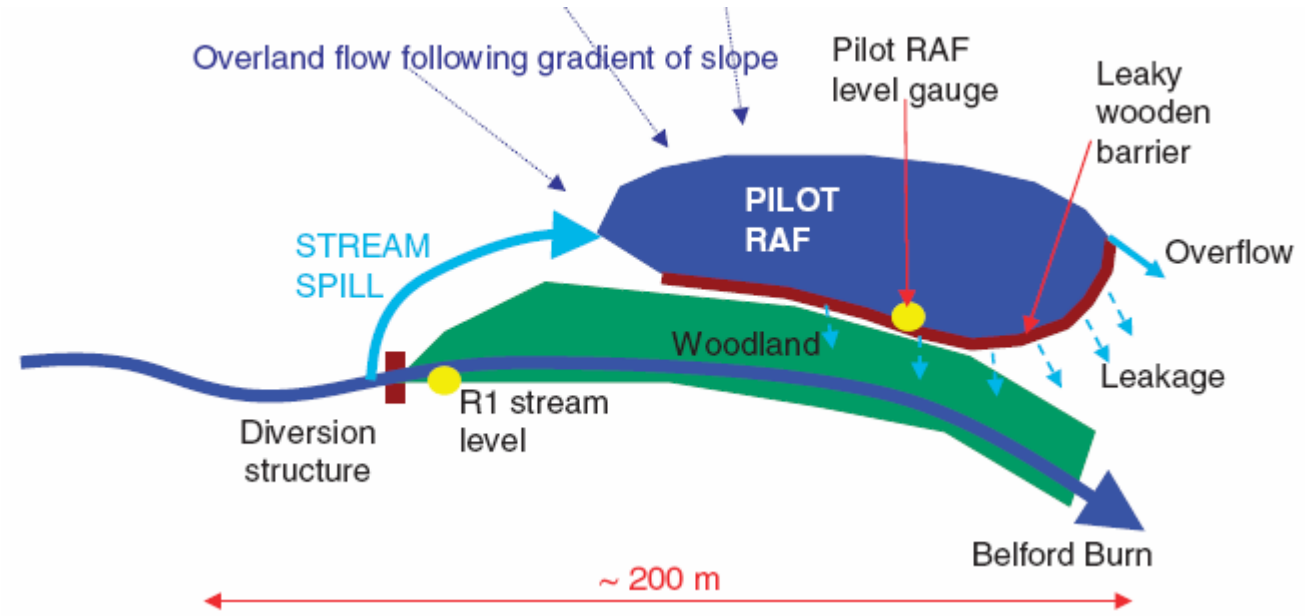


Wilkinson et al. (2010)

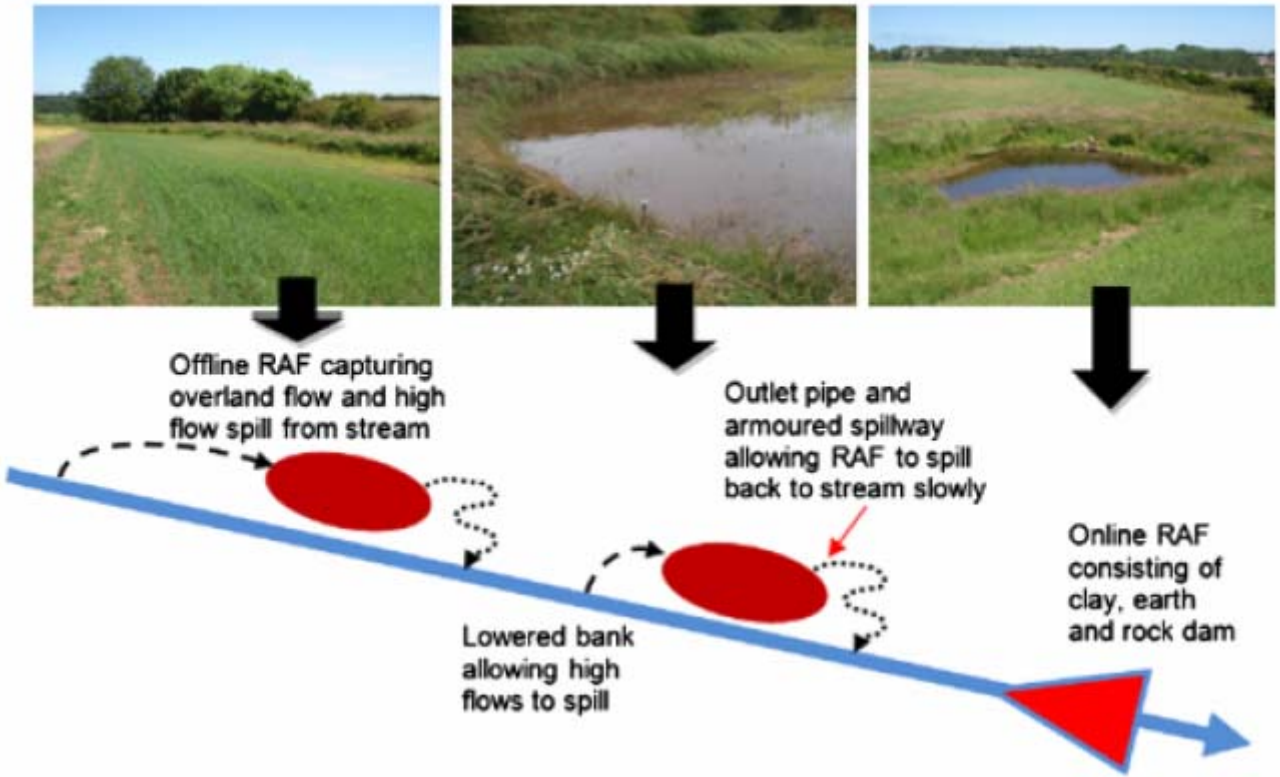


(areal pictures taken from Google earth)

Belford

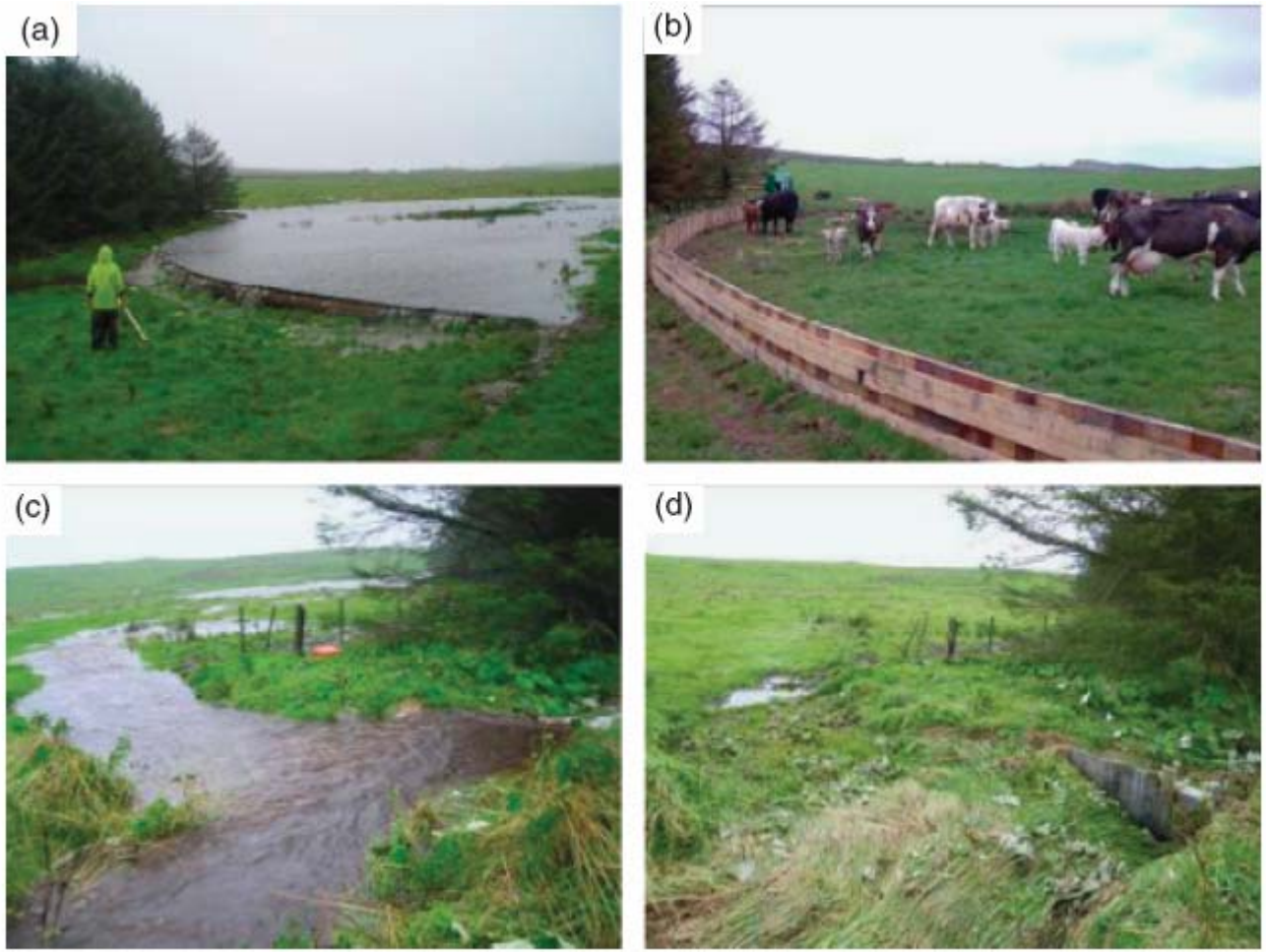


Mesure d'atténuation de ruissellement ("Runoff Attenuation Feature" (RAF)) utilisée dans le bassin versant de Belford (Wilkinson et al., 2010)



Exemples de structures d'atténuation du ruissellement (Wilkinson et al., 2010)

96 mm de pluie
en 36 heures



Photos du RAF à pleine capacité (a) et avant la crue du 6 septembre 2008 (b), avec des photos montrant la diversion du cours d'eau pendant (c) et après (d) cet événement (Wilkinson et al., 2010)

Researchers back 'natural' flood engineering

03/02/2014

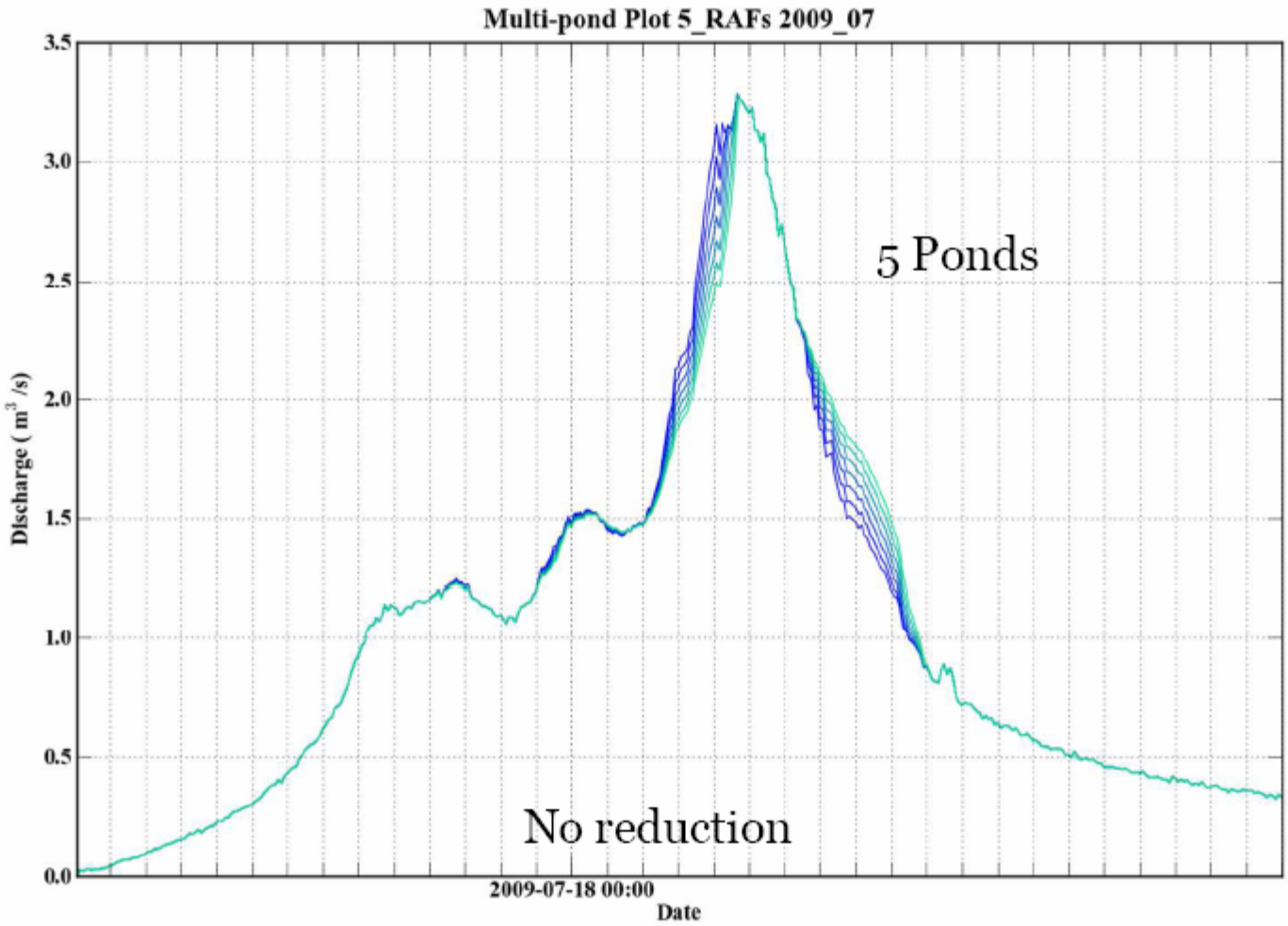
Share: 8+1 0 4

Back-to-nature flood schemes could be a cost-effective way of tackling flooding of low- lying land, say researchers at Newcastle University. Using Belford Burn in Northumberland as a demonstration pilot, the team have shown that by changing and hindering the natural flow pathways within a small catchment system, it is possible to manage the amount of run-off from the land.

A pilot pond in the Belford Burn catchment shows its function as a 'leaky dam', slowing runoff during a storm

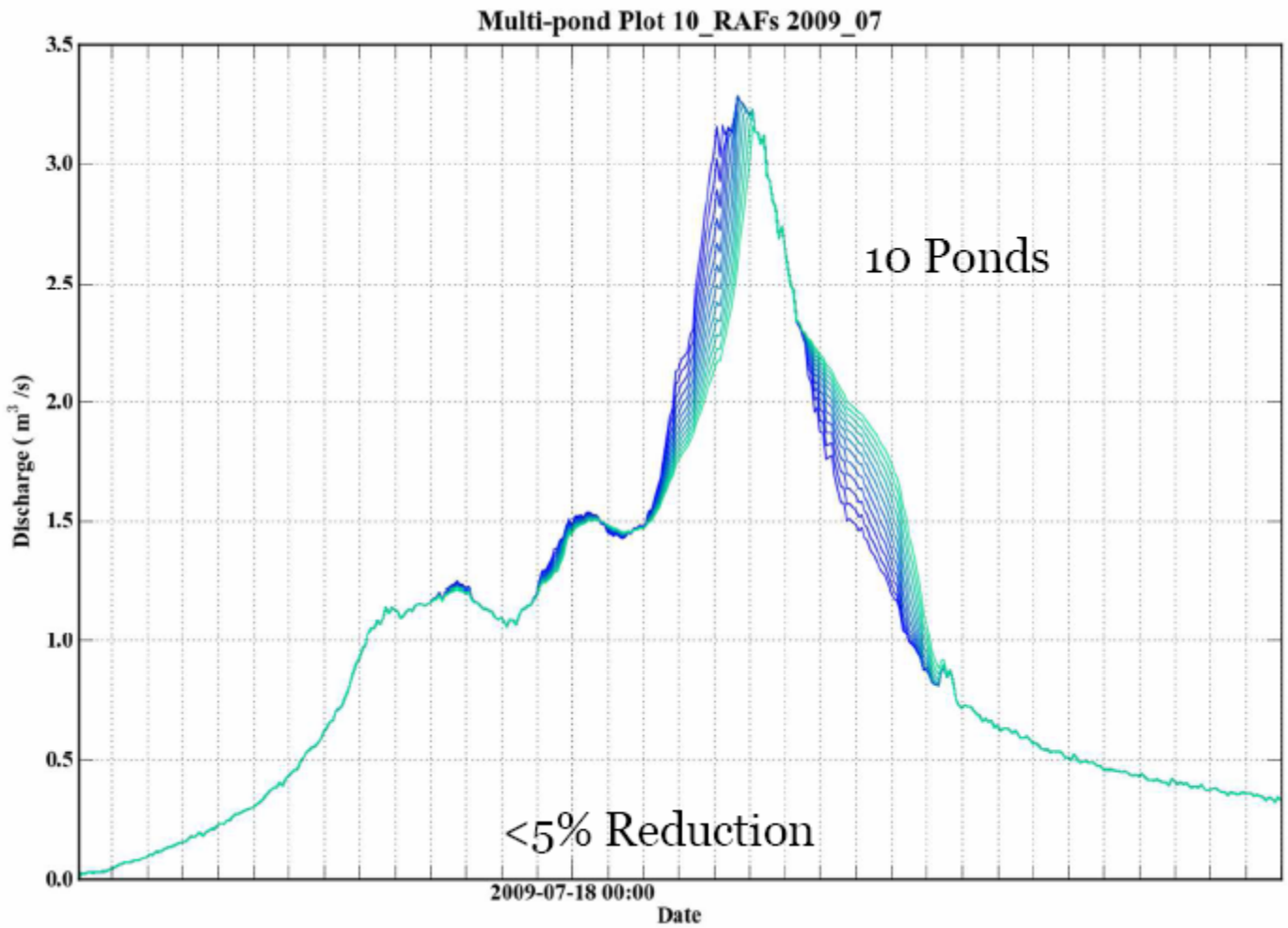
http://wwtonline.edie.net/news/researchers-back-natural-flood-engineering#.U4zFjCgvDKA

Modélisation



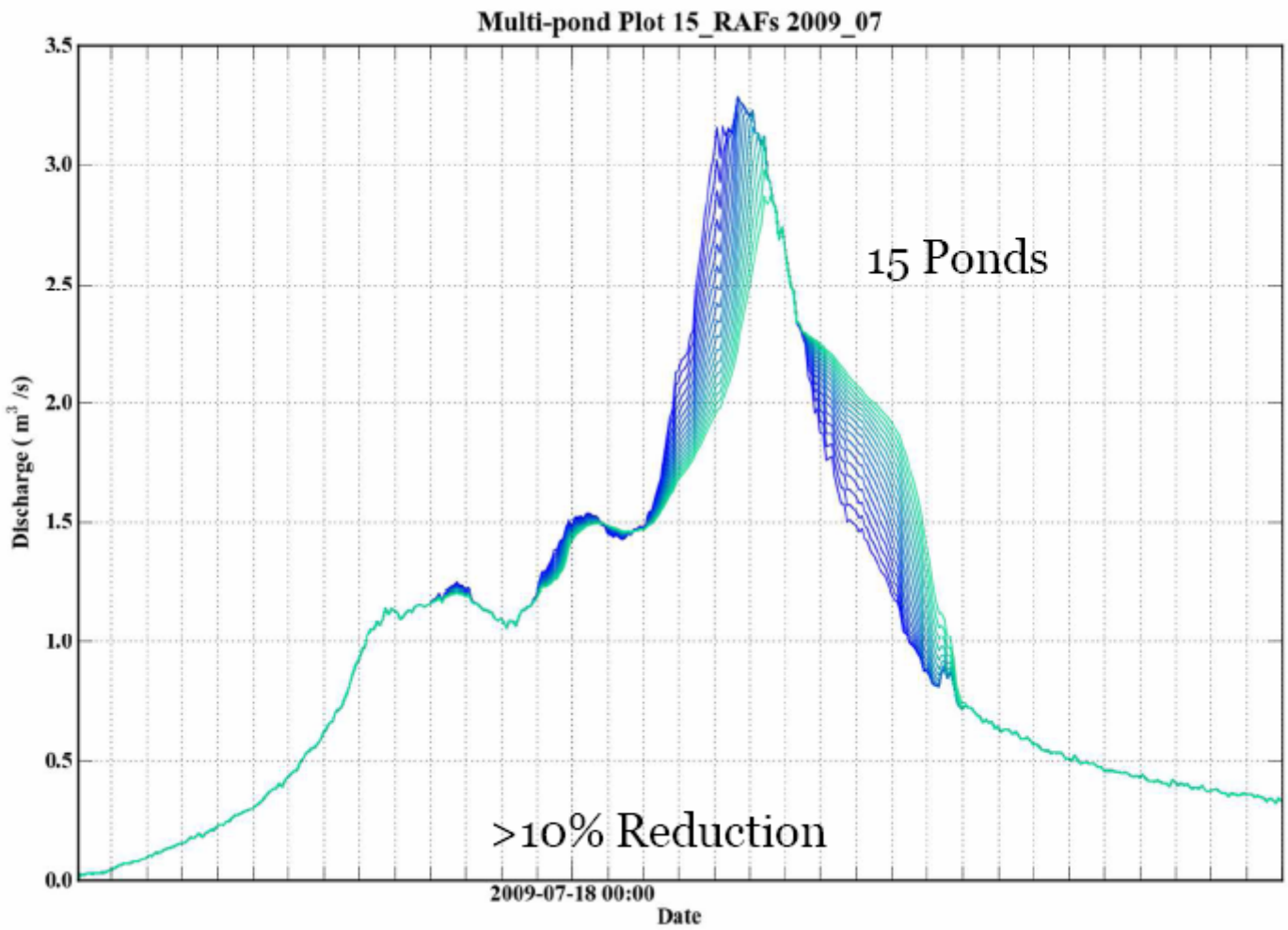
Wilkinson et al. 2010)

Modélisation



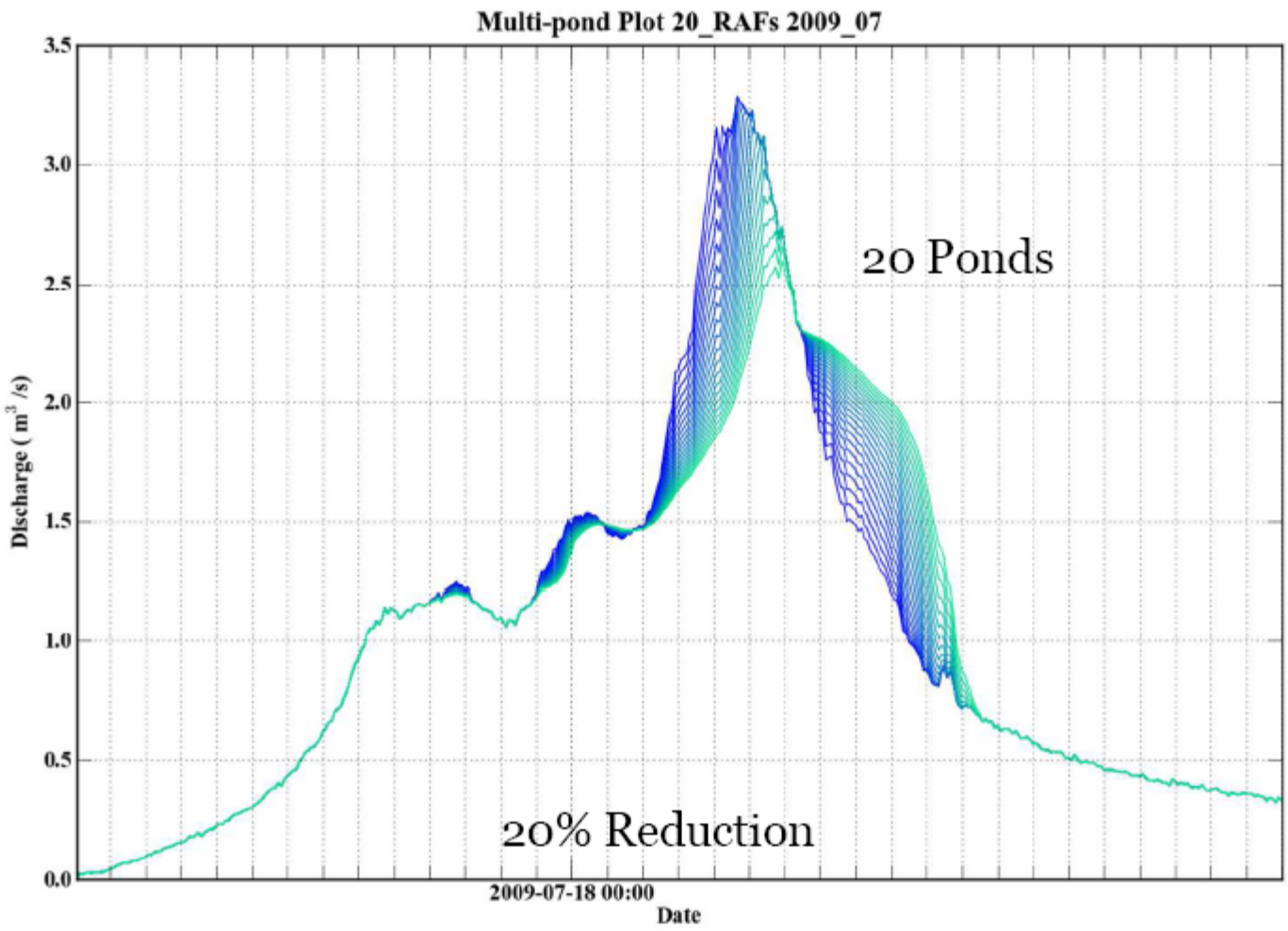
Wilkinson et al. 2010)

Modélisation



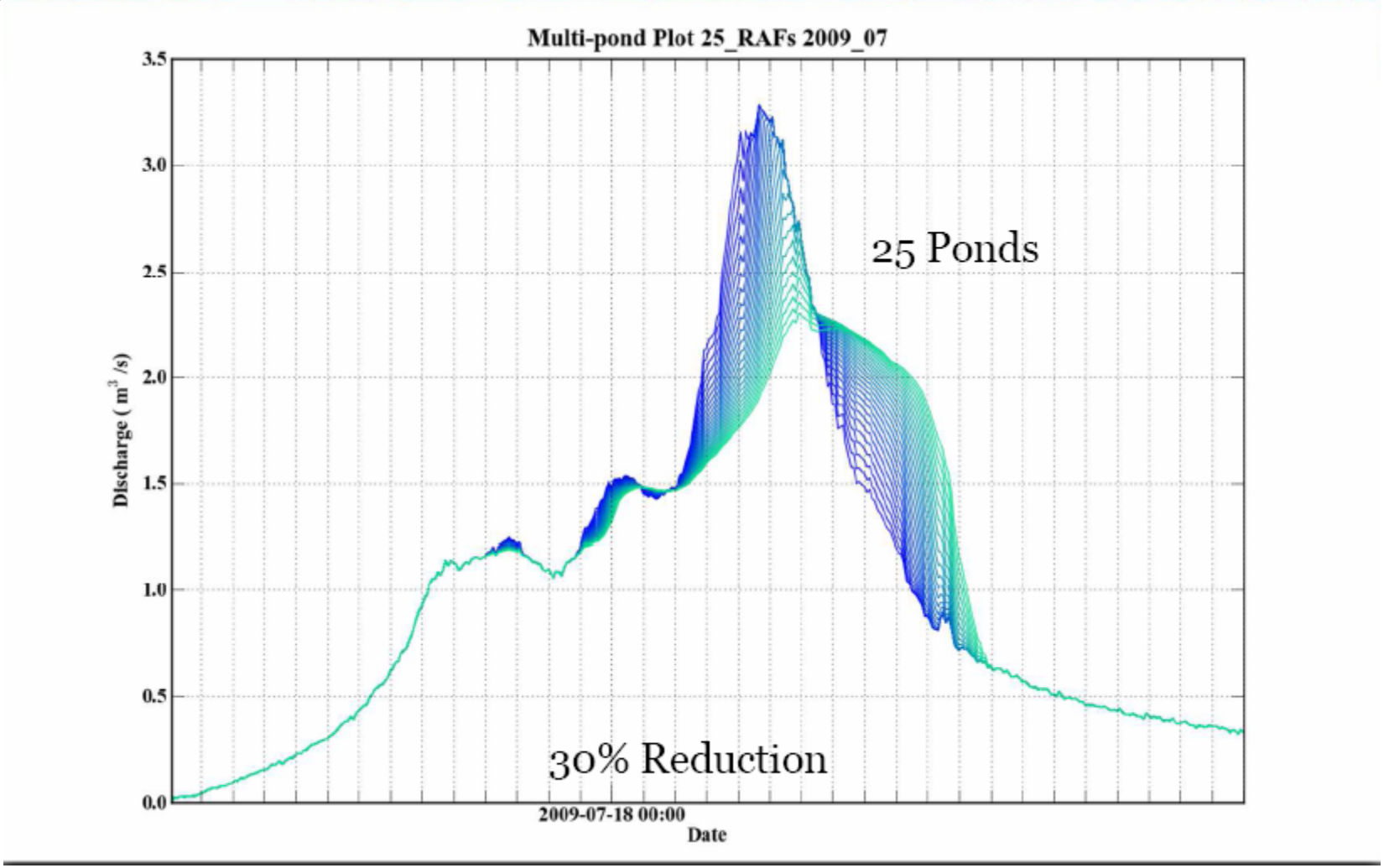
Wilkinson et al. 2010)

Modélisation



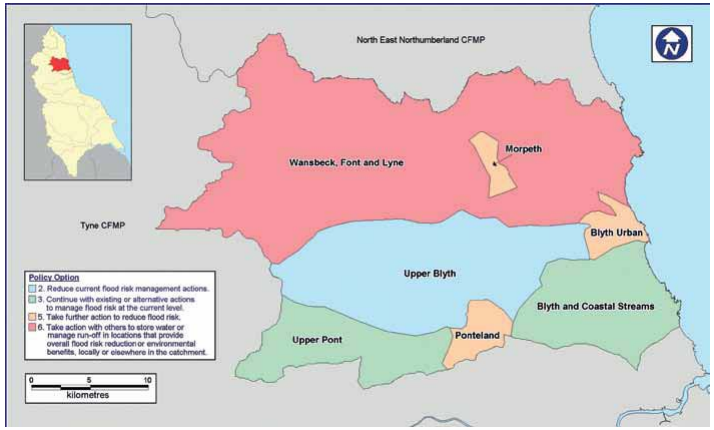
Wilkinson et al. 2010)

Modélisation



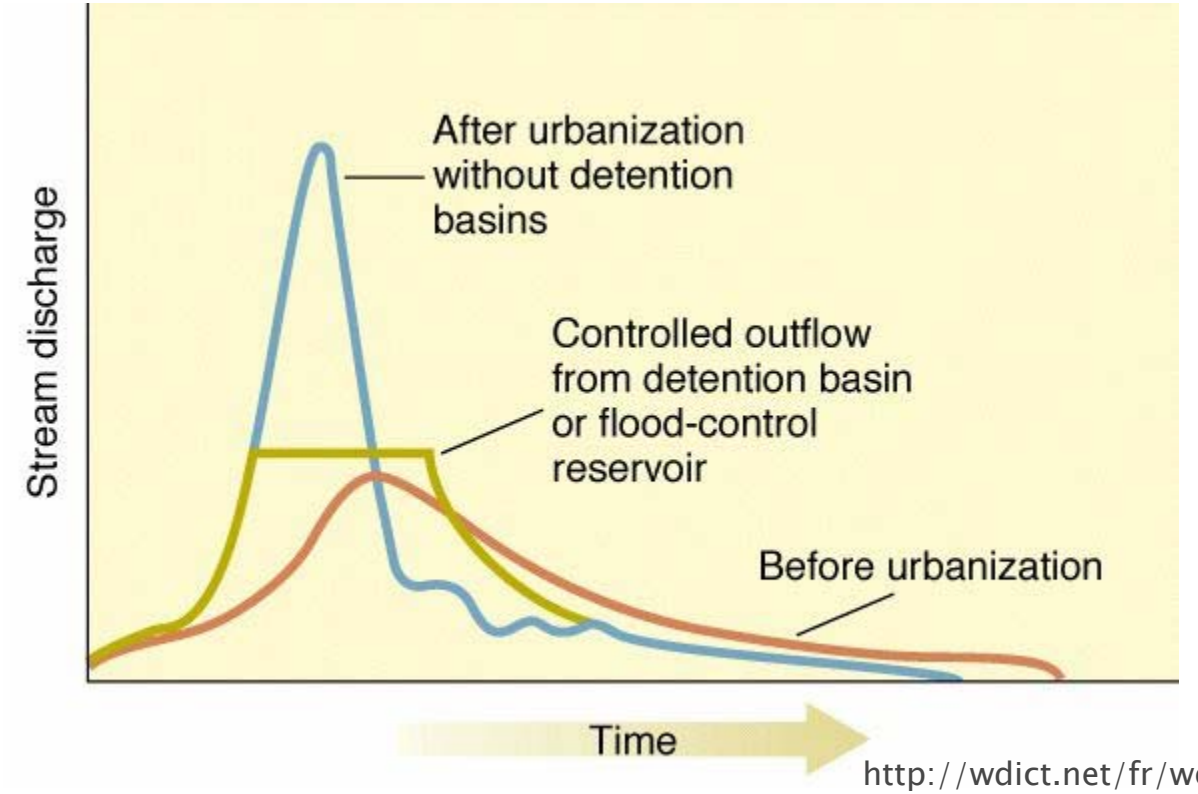
Wilkinson et al. 2010)

Inondations à Morpeth suite à la crue du 6 septembre 2008 (aucune inondation à Belford)



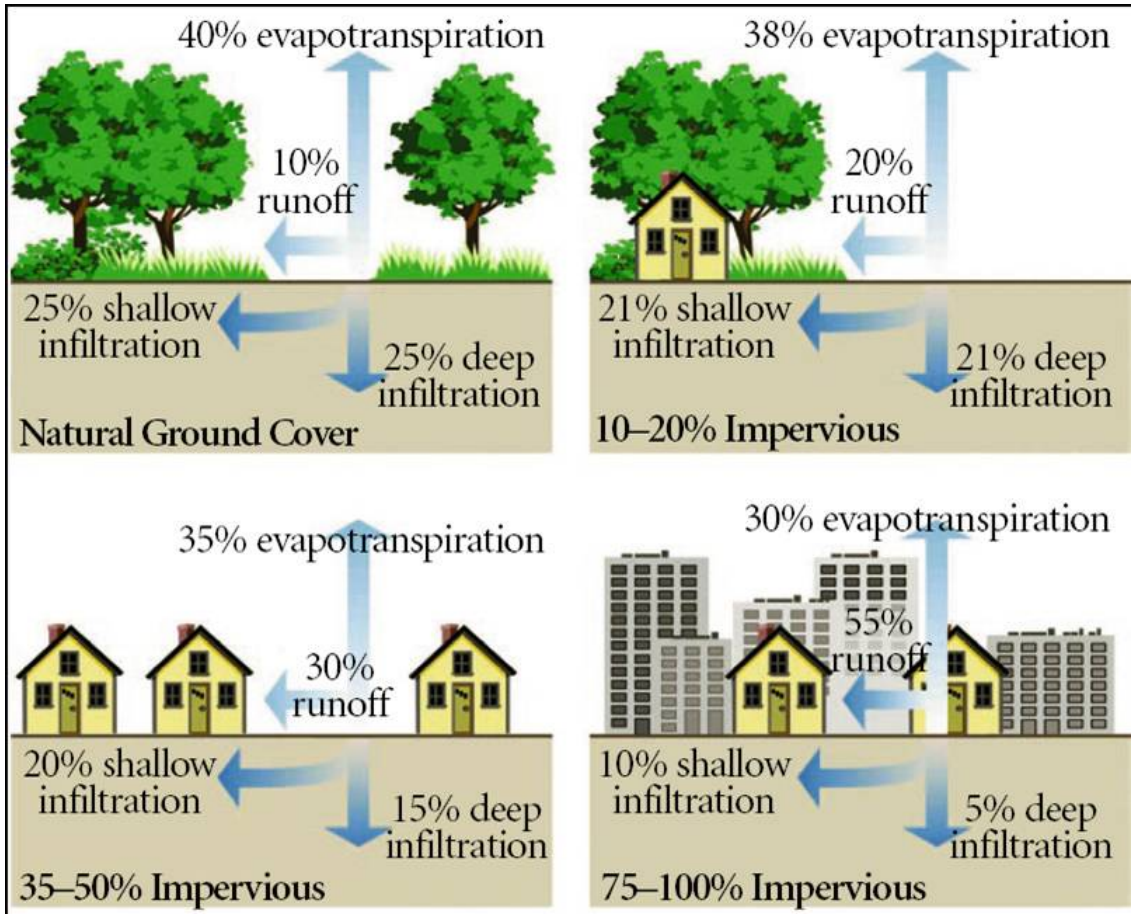
Retenir l'eau à la source

- Effet de l'urbanisation



http://wdict.net/fr/word/hydrogramme/

Infiltration :
facteur d'influence clé pour les débits de pointe



Relation entre la présence d'un couvert imperméable et l'écoulement de surface

FISRWG, 1998

Retenir l'eau à la source en milieu urbain

- Accroître l'infiltration

www.vacd.org

Retenir l'eau à la source en milieu urbain

Build next to a house

Build next to a road

Build next to a parking lot

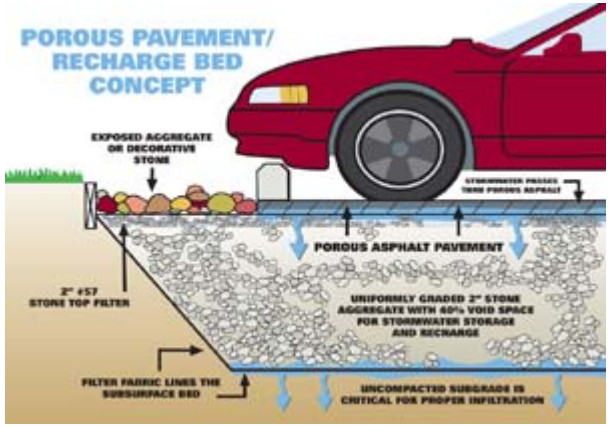
Photo courtesy Connecticut NEMO

"With green infrastructure, stormwater management is accomplished by letting the environment manage water naturally; capturing and retaining rainfall, infiltrating runoff, and trapping and absorbing pollutants." Natural Resources Defense Council

Photos courtesy of © Bureau of Environmental Services, Portland Oregon

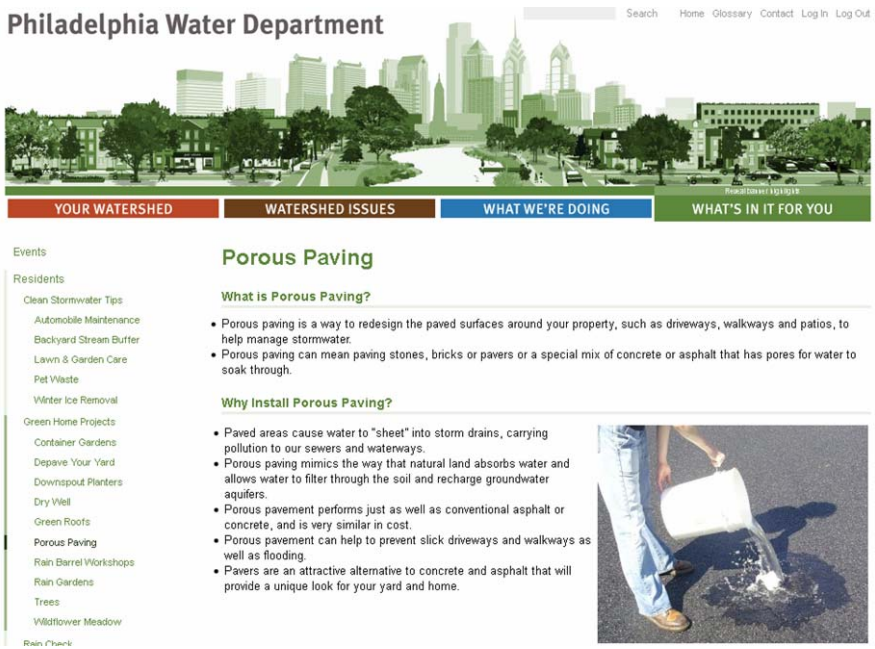
Retenir l'eau à la source en milieu urbain

- Asphalte poreuse



http://www.flexiblepavements.org/sustainability/porous-asphalt/porous-asphalt

Figure 1. Porous asphalt allows water to flow through it. *Photo courtesy of the National Asphalt Paving Association*



Au Québec, quelques initiatives…

Groupe
ROUSSEAU LEFEBVRE
architecture de paysage · environnement · urbanisme

projets
nouvelles
le groupe
notre approche

COMMERCIAL & IMMOBILIER
INSTITUTIONNEL
INFRASTRUCTURES & TRANSPORTS
MILIEUX NATURELS
AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
PROJETS URBAINS

Bassin de rétention Giovanni-Caboto_Laval
Boulevard de la Confédération_Ottawa
Cap-Rouge (mur des souvenirs)_CCNQ
Échangeur Turcot_Montréal
Écocentres_Montréal
Piste cyclable_Drummondville
Politique de rétention_Québec
Routes d'accès_Ottawa
Ruelle verte_Ahuntsic
Stationnements durables_AMT
Stationnement vert_Centropolis

1 2 3

un stationnement où la totalité de l'eau pluviale passe par un système alternatif de gestion

PRIX DUNAMIS DE LA CHAMBRE DE COMMERCE DE LAVAL | « DÉVELOPPEMENT DURABLE / ÉCOCITOYENNETÉ »

Le Groupe Rousseau Lefebvre entame son troisième stationnement vert sur le site commercial de Centropolis. l'objectif demeure toujours de gérer un volume maximal d'eaux pluviales par le biais d'infrastructures vertes qui contribuent également à la qualité visuelle et au verdissement du lieu.

Ce type d'intervention est à la fois plus économique et plus écologique.

> Pratiques de gestion optimale des eaux (PGO)

> Xéropaysage

> Îlots de fraîcheur

http://www.rousseau-lefebvre.com/infrastructure-10.php

L'entreprise Techo Bloc de Chambly s'illustre

Journal de Chambly

Par Jacques St-Onge
Dimanche 15 décembre 2013 11:37:35 HNE

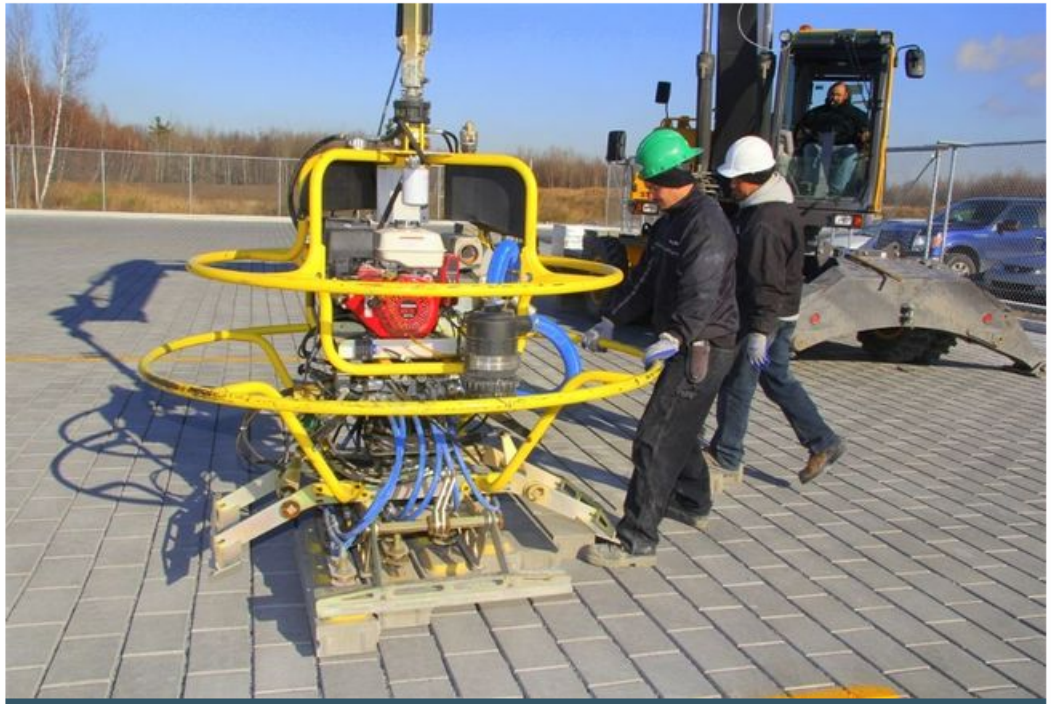


PHOTO ARCHIVES

Le pavé imperméable INFLO© de Techo Bloc est un produit innovant que la Ville de Chambly a installé dans son nouveau parc des Patriotes. Ici une photo de démonstration d'installation de ce pavé.

Pavé imperméable au parc des Patriotes à Chambly

Résumé section 4

- Permettre le plus possible à l'eau de s'infiltrer ou de transiter plus lentement dans les parties amont du bassin versant est une solution durable aux problèmes d'inondation en aval.
- Les infrastructures telles que les ponts et ponceaux sont souvent à l'origine des problèmes d'inondation et devraient idéalement être conçues et positionnées à la suite d'une analyse hydrogéomorphologique.

Conclusion

- Une gestion durable des cours d'eau nécessite une connaissance des processus hydrogéomorphologiques, dont la dynamique d'érosion des méandres et le rôle de la plaine d'inondation font partie.
- Pour gérer les inondations, il est essentiel de bien comprendre la dynamique sédimentaire des cours d'eau, et ne pas présumer que les rivières sont statiques dans le temps.

Conclusion

- Les crues sont des phénomènes naturels; les solutions durables aux problèmes d'inondation doivent composer avec la nature plutôt que d'aller à son encontre.
- Une gestion des cours d'eau basée sur le concept d'espace de liberté et sur la retenue d'eau à la source semble la solution la plus durable aux problèmes d'inondation.

Remerciements

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

- Thomas Buffin-Bélanger, Claude-André Cloutier, Sylvio Demers, Taylor Olsen (UQAR)
- Guénolé 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)

Références

- Biron, P.M., Buffin-Bélanger, T., Larocque, M., *Choné, G., Cloutier, C.-A., Ouellet, M.-A., Demers, S., Olsen, T., Desjarlais, C. et Eyquem, J. (2014) Freedom space for rivers: a sustainable management approach to enhance river resilience. *Environmental Management*. 54, 5, 1056-1073.
- 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.
- Easterbrook, D.J. (1999) *Surface Processes and Landforms*. Prentice Hall.
- FISRWG (1998) *Stream Corridor Restoration: Principles, Processes and Practices*
- Gumiero, B., Mant, J., Hein, T., Elso, J., Boz, B. (2013) Linking the restoration of rivers and riparian zones/wetlands in Europe: Sharing knowledge through case studies. Ecological Engineering, 56, 36-50.
- James A. 1999. Time and the persistence of alluvium: River engineering, fluvial geomorphology, and mining sediment in California. Geomorphology 31: 265-290
- Malavoi, J.R., Garnier, C.C., Landon, N., Recking, A., Baran, P. (2011) Éléments de connaissance pour la gestion du transport solide en rivières. Onema, 216 p.
- Kusky, T. (2009) The role of rivers and floods in history and the role of the Mississippi, Missouri and Illinois rivers in the development of the United States, Proceedings of a conference held November 11, 2008, in the Harlene and Marvin Wool Ballroom, Busch Student Center, at Saint Louis University

Références

- Mackin, J.H. (1948) The concept of the graded stream. *Geological Society of America Bulletin*, 59, 463-511.
- Rousseau, Y. (2010) Assessment of management strategies for a lowlad 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
- Stover SC, Montgomery DR. 2001. Channel change and flooding, Skokomish River, Washington. Journal of Hydrology 243: 272-286.
- Trigg, M.A., Michaelides, K., Neal, J.C., Bates, P.D. (2013) Surface water connectivity dynamics of a large scale extreme flood. Journal of Hydrology, 505, 138-149.
- Verhaar, P.M., Biron, P.M., Ferguson, R.I. and Hoey, T.B. (2011) Implications of climate change for the magnitude and frequency of bed-material transport in tributaries of the Saint-Lawrence. Hydrological Processes, 25, 10, 1558-1573
- Wilkinson, M.E., Quinn, P.F., Welton, P. (2010) Runoff management during the September 2008floods in the Belford catchment, Northumberland. Journal of Flood Risk Management, 3, 4, 285-295