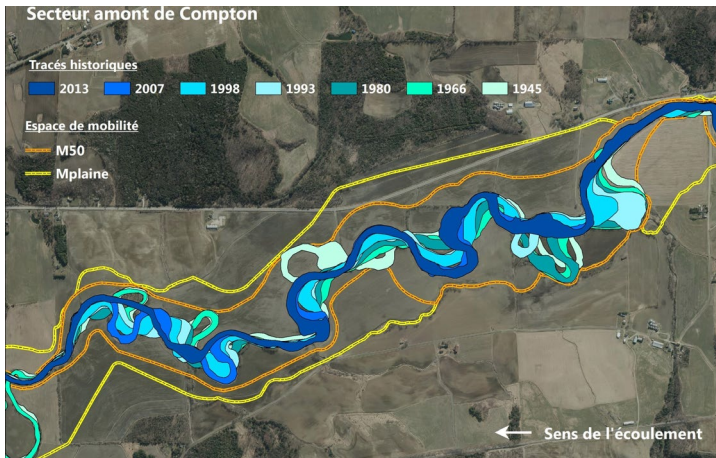


Gérer les cours d'eau par espace de liberté

Pascale Biron



Espace de mobilité de la rivière Coaticook (travaux de doctorat de Simon Massé)



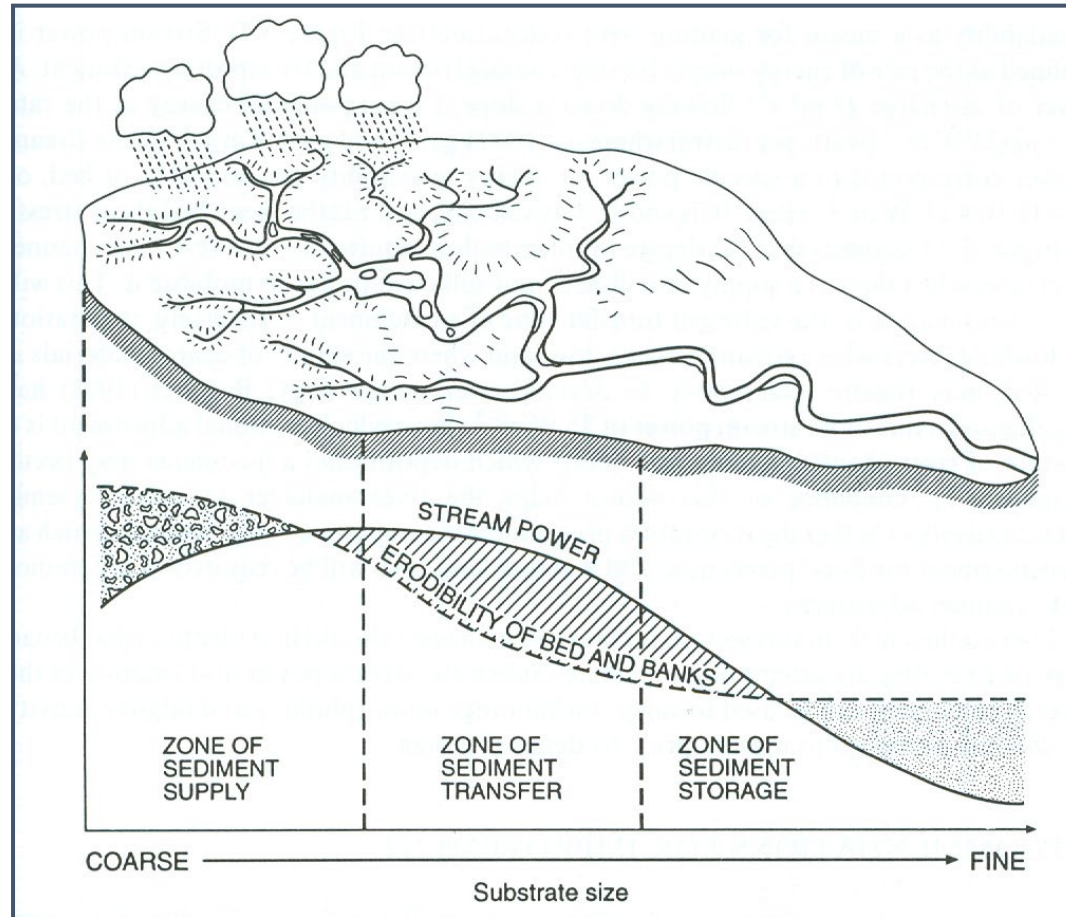
Érosion de berge dans un méandre sur la rivière Yamaska Sud-Est



USEPA Environmental-Protection-Agency - Greeley, CO, September 19, 2013, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=51970657>

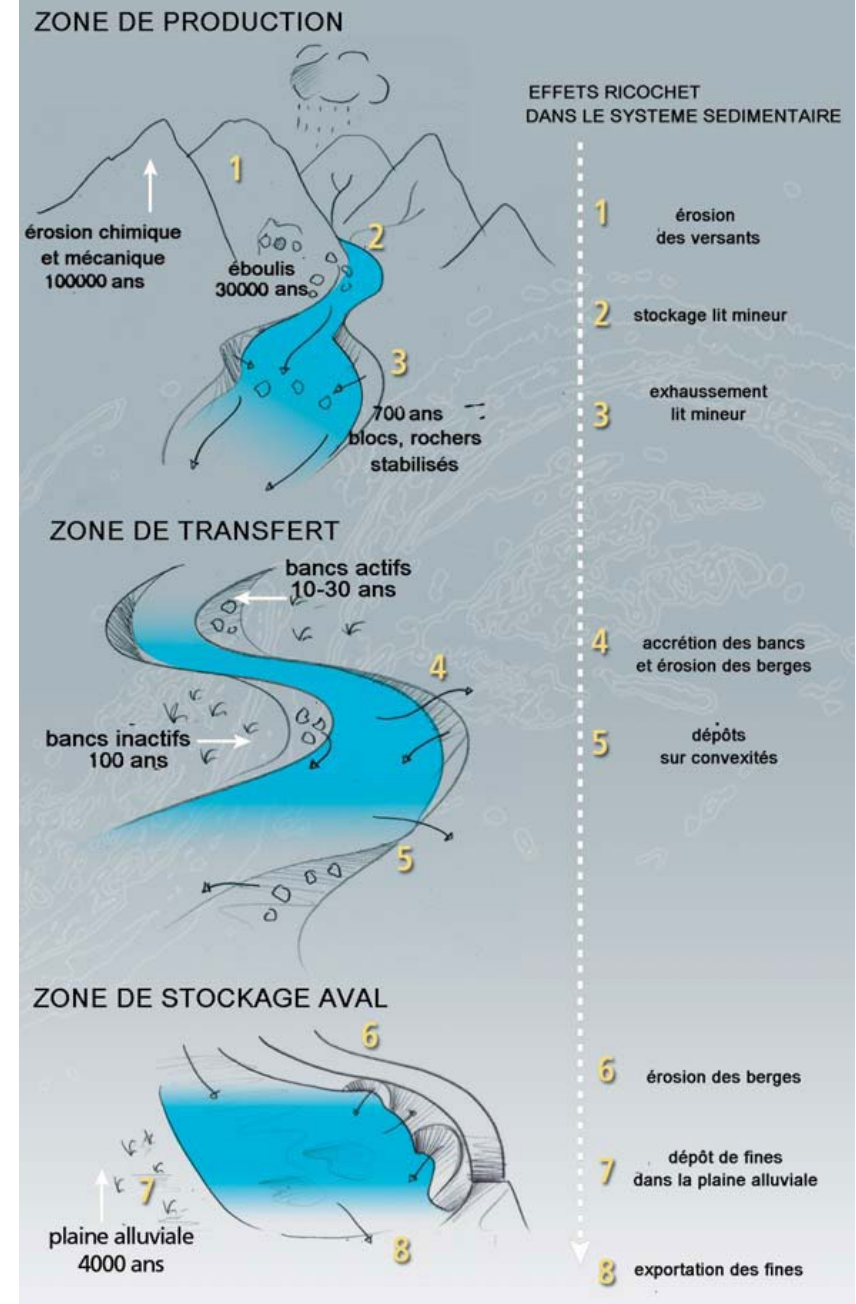
Notions de base

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



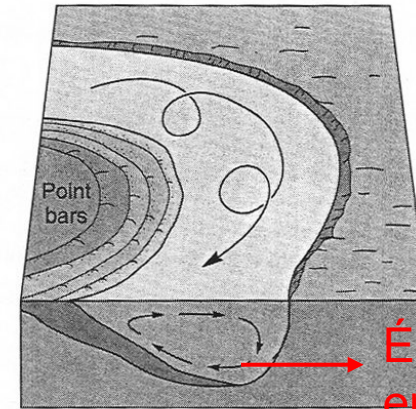
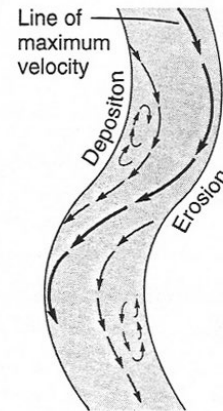
Source: Malavoi et al. (2011), d'après Sear (1996)

Hydrogéomorphologie: deux éléments clés de la dynamique naturelle des cours d'eau

- Les méandres migrent latéralement

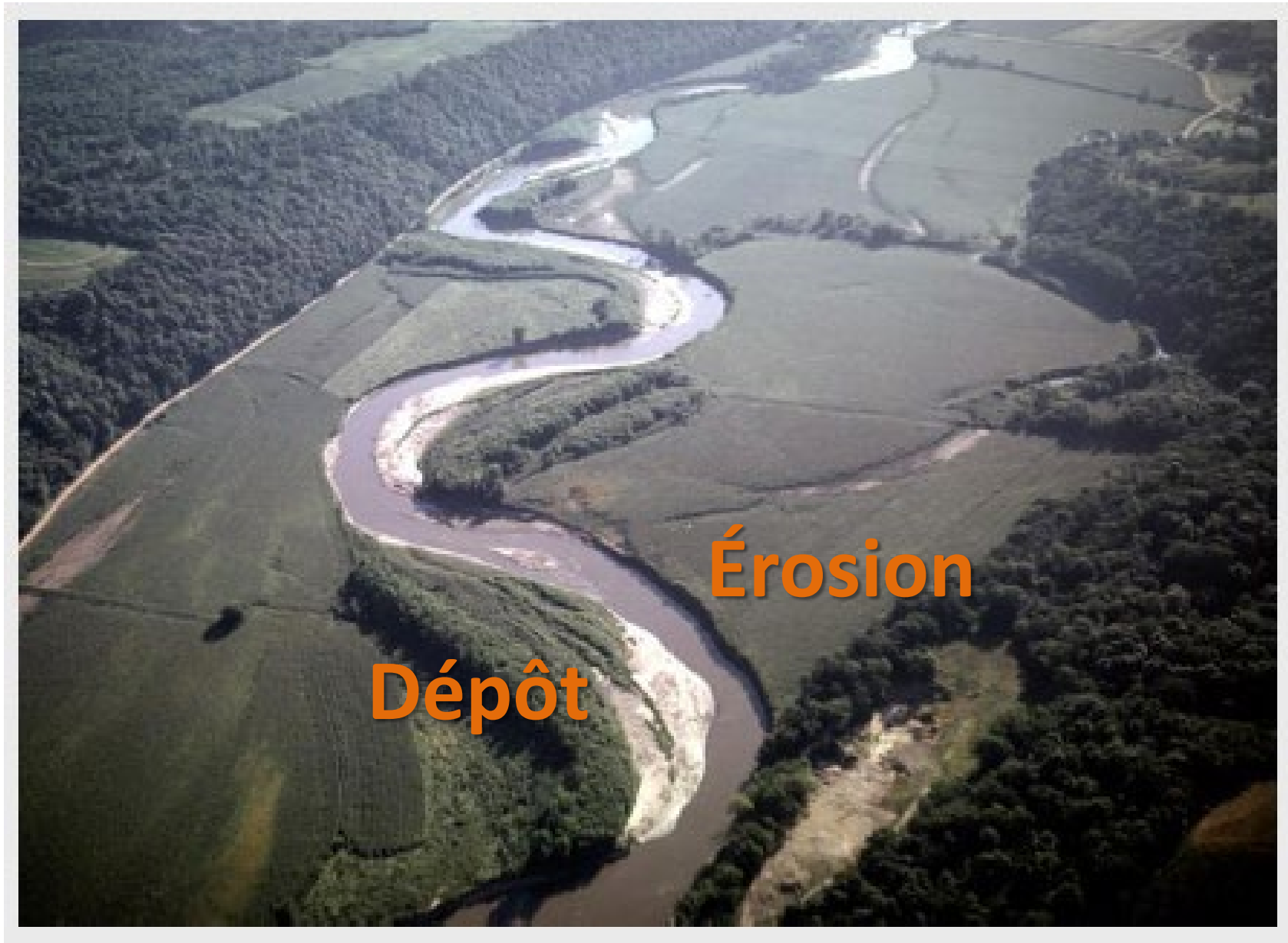


Photo: Copyright Louis Maher; Earth Science World Image Bank



Source: Easterbrook (1999)

Écoulement
en spirale
(hélicoïdal)



Dépôt

Érosion

Le transport de sédiments et l'érosion des berges: des processus naturels mal-aimés, et pourtant...



Rivière Ucayali
(Perou) –
Google Earth
(Engine)

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



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv



Science of the Total Environment 715 (2020) 136817

Let the river erode! Enabling lateral migration increases geomorphic unit diversity

R.D. Williams^{a,*}, S. Bangen^{b,d}, E. Gillies^c, N. Kramer^{b,d}, H. Moir^{c,e}, J. Wheaton^{b,d}

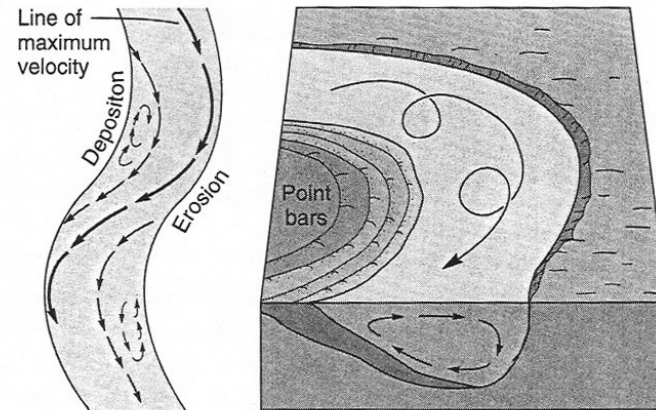


Hydrogéomorphologie: deux éléments clés de la dynamique naturelle des cours d'eau

- Les méandres migrent latéralement



Photo: Copyright Louis Maher; Earth Science World Image Bank



Source: Easterbrook (1999)

- Les rivières débordent de leur lit régulièrement

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



La plaine d'inondation en hydrogéomorphologie

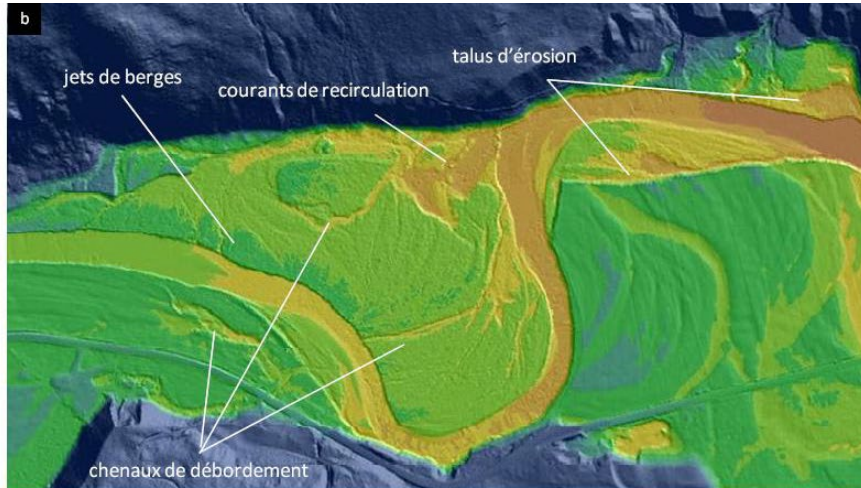


Figure 4 : a) Coupe transversale de la vallée de la rivière Matane où apparaît le chenal, la plaine inondable (PI) et les terrasses fluviales (TF); b) Indicateurs morphologiques représentatifs d'écoulements dynamiques révélés à partir d'un relevé LiDAR (*Ligh Detection And Ranging*) dans un secteur inondable de niveau 1 (N1) à Saint-René-de-Matane.

Buffin-Bélanger et al. (2011)

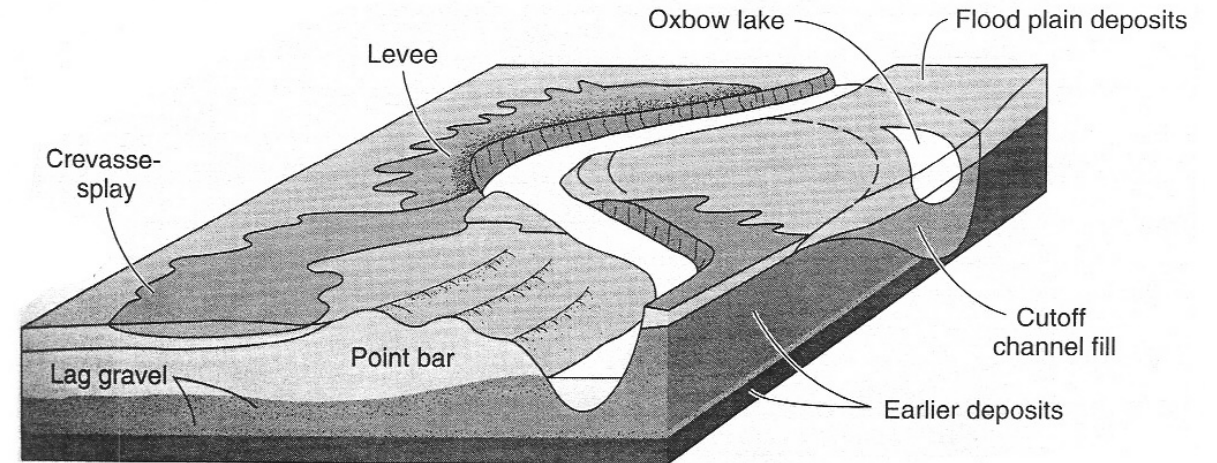
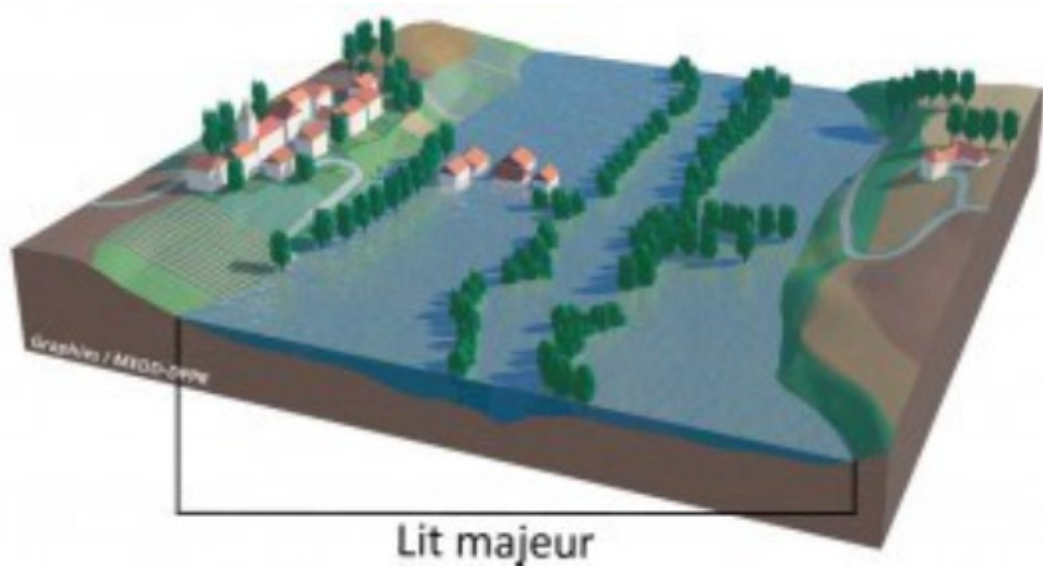


FIGURE 6-18
Typical floodplain landforms.
(Modified from Happ, 1971)

Easterbrook (1999)

La plaine d'inondation en réalité

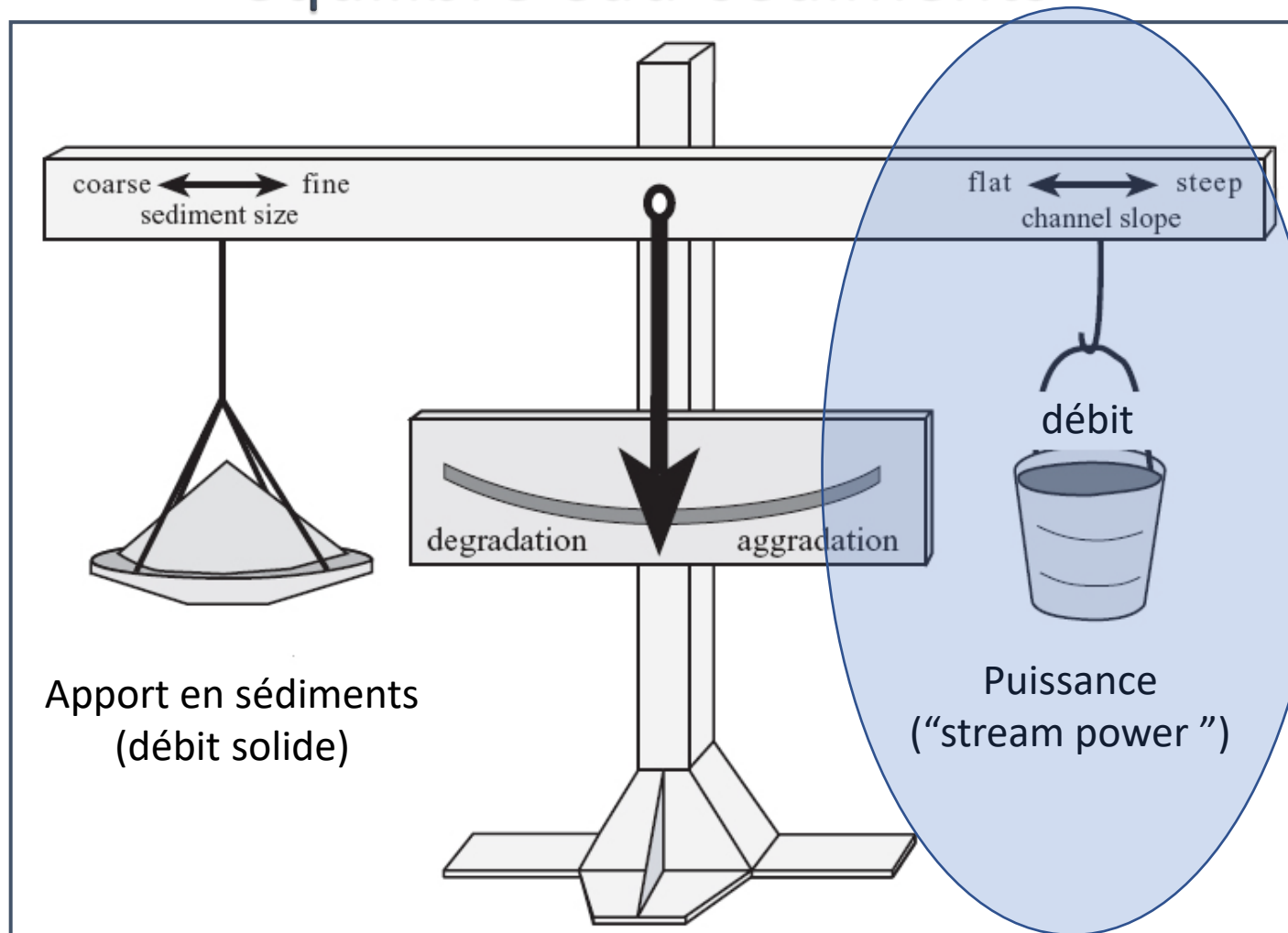


<http://www.georisques.gouv.fr/dossier-thematique>



<https://www.lenouvelliste.ca/actualites/environnement/inondations-facture-de-plus-de-12-million--8c25b25519765cf77b36daafb6750c06>

Hydrogéomorphologie: équilibre eau-sédiments

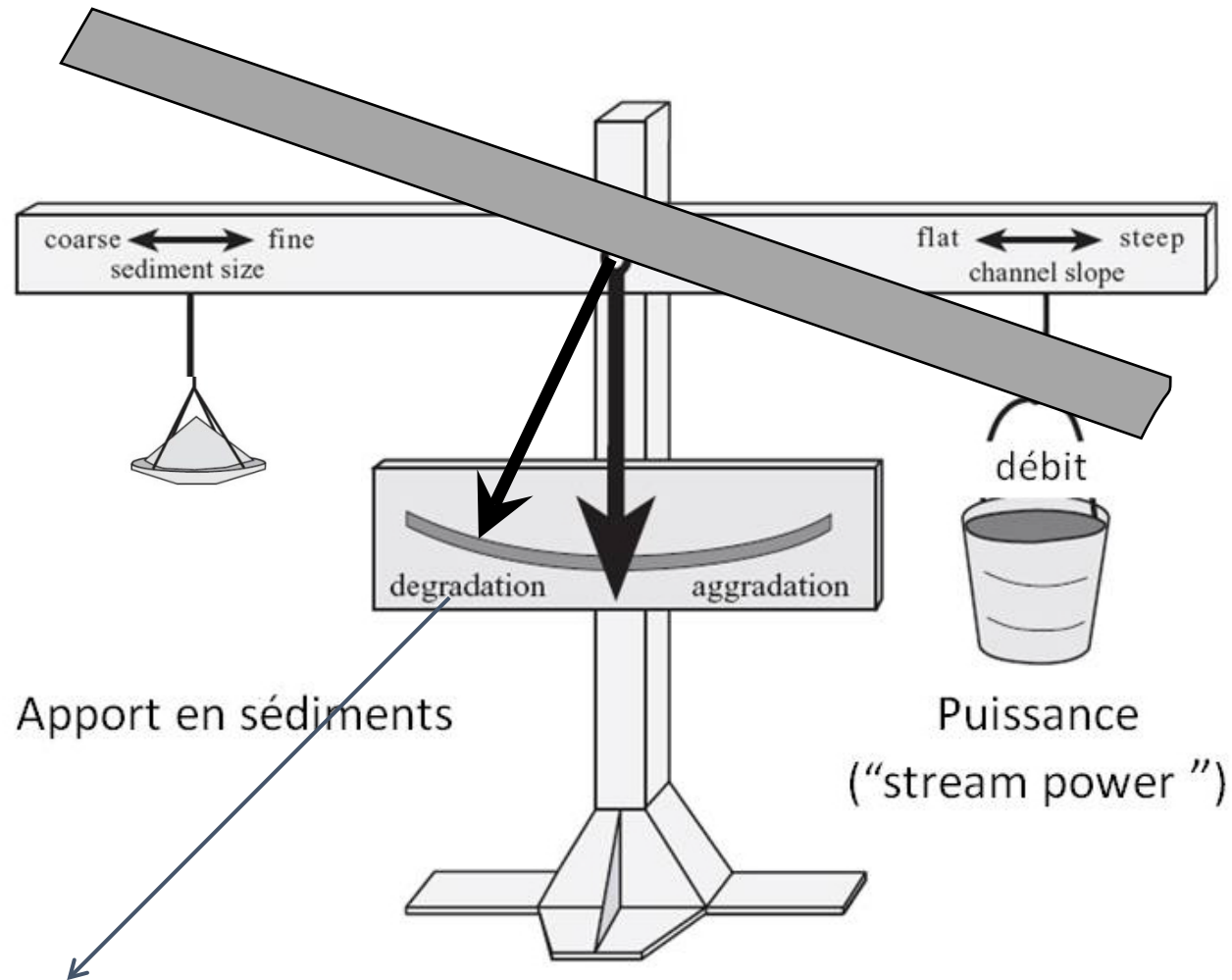


Gestion des cours
d'eau au Québec

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...

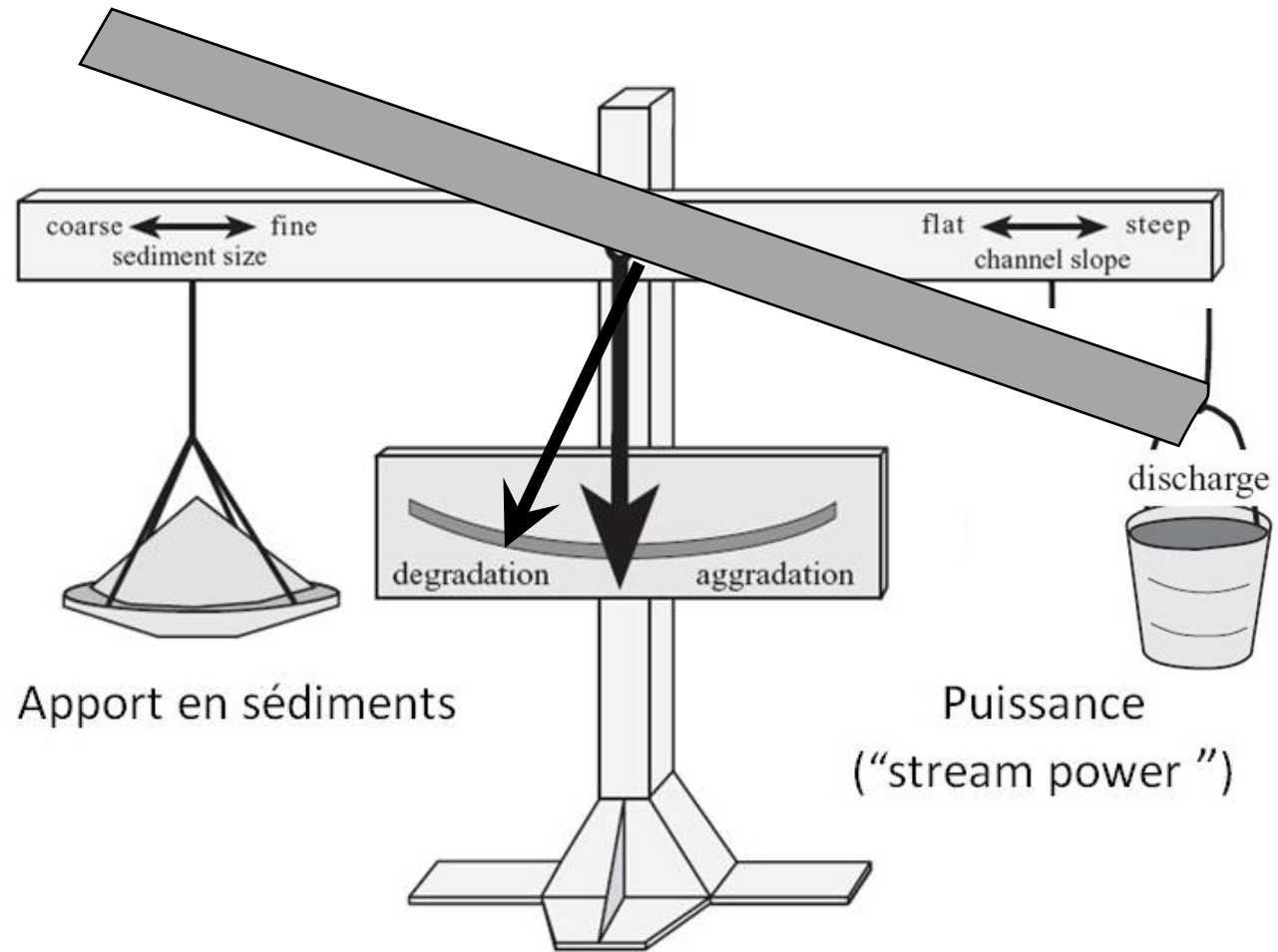
On réduit la charge sédimentaire
(construction d'un barrage, de seuils qui trappent les sédiments, protection massive des berges...)



« Degradation » = incision verticale ou régression de fond

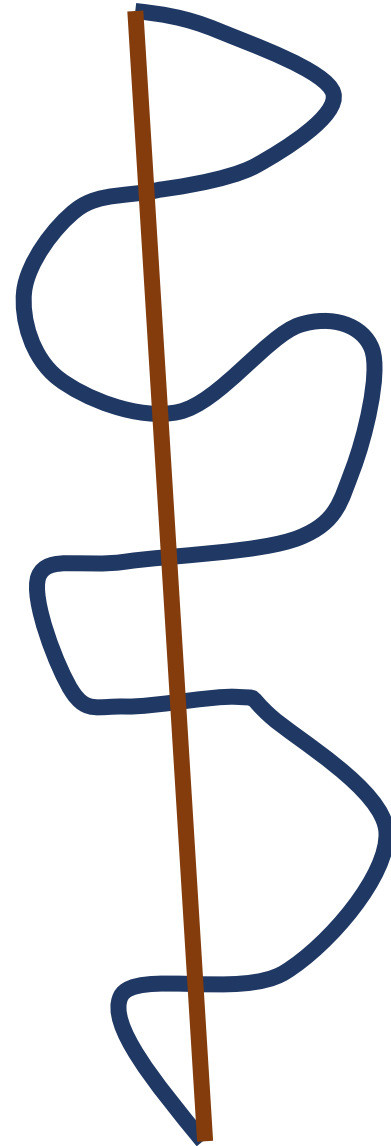
Si...

On augmente la
pente (élimination
des méandres)





Linéarisation

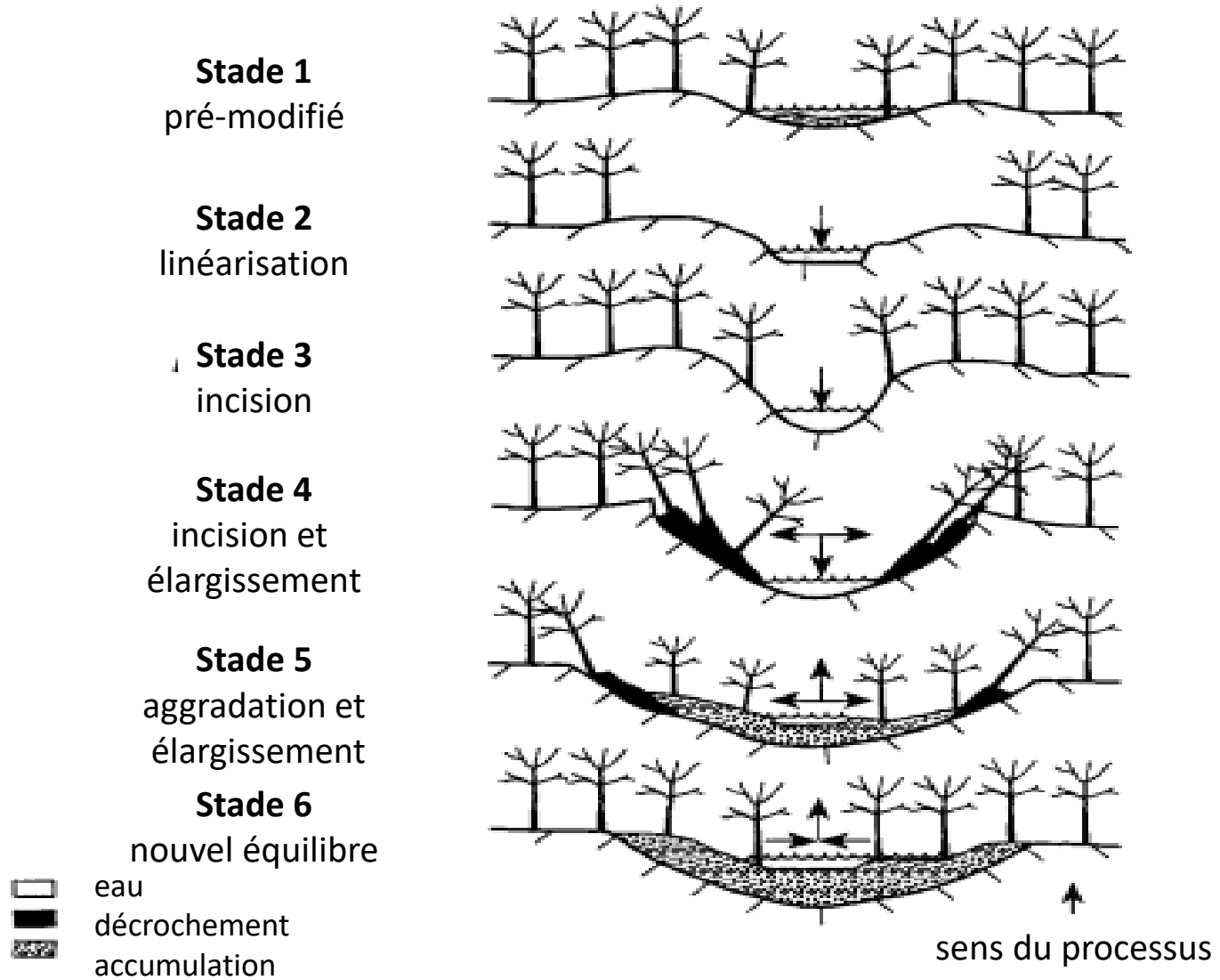


Longueur ↘

Dénivelé =

Pente ↗

Incision et retour à l'équilibre



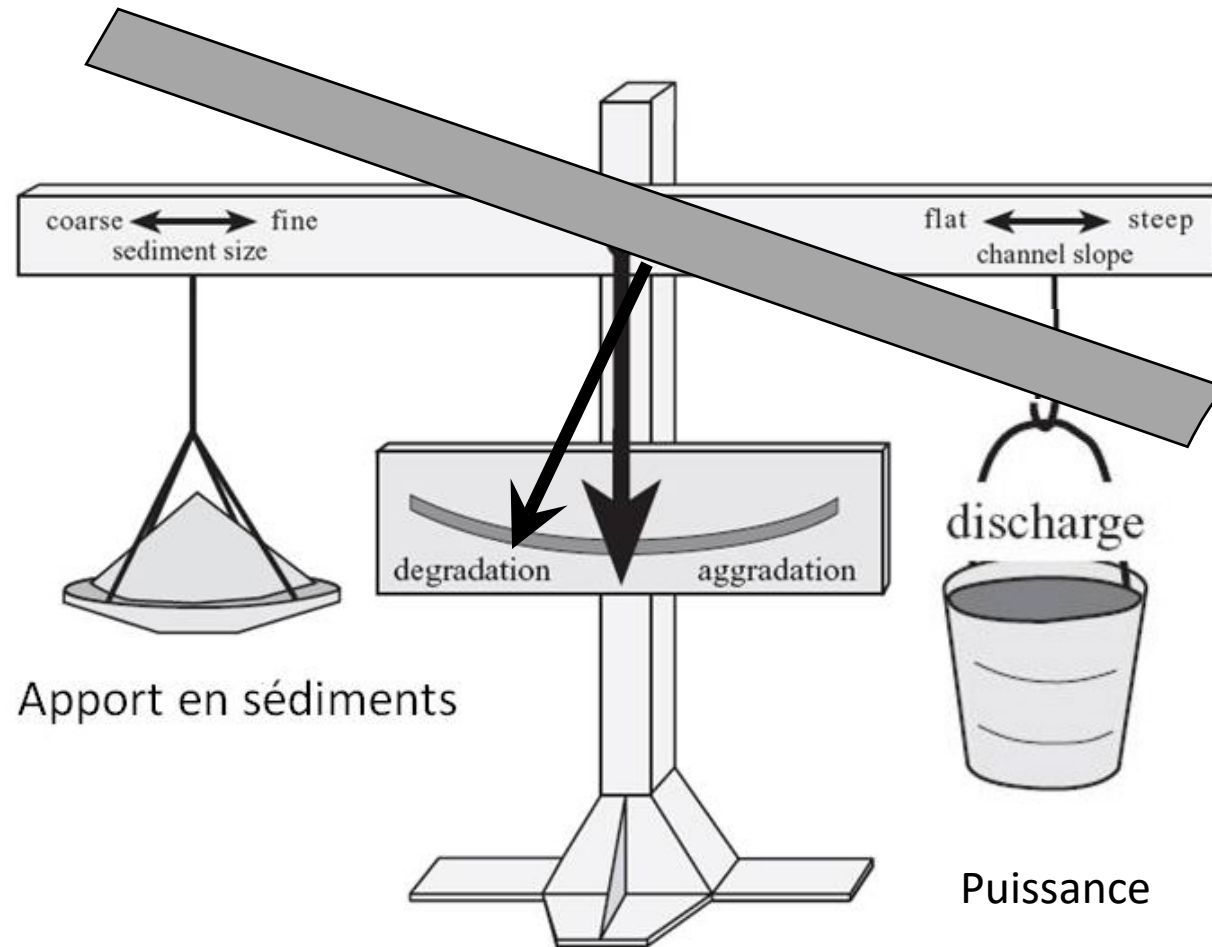
Incision et retour à l'équilibre

- stabilisation de berges
- dragage des sédiments
- ne rien faire!



Si...

On augmente le débit
(changements climatiques,
dérivation d'un bassin-versant à
un autre)





Incision du ruisseau Bonhomme Morency (Bas St-Laurent) après la dérivation du ruisseau Renouf dans les années 1970 vers le ruisseau Bonhomme Morency, ce qui a triplé la taille de son bassin-versant



Stabilisation par enrochement massif sur 2.2 km du ruisseau Bonhomme-Morency en 2009 (photo en 2012) – coût: 3,2\$millions



L'ENROCHEMENT MASSIF DE COURS D'EAU A-T-IL VRAIMENT SA PLACE AU QUÉBEC?

Dans la dernière décennie, plusieurs projets d'enrochement massif de cours d'eau ont vu le jour au Québec dans des secteurs à risque de glissements de terrain.

Un enrochement massif implique l'ajout d'une couche de roches très grossières sur le lit et sur les berges d'un cours d'eau sur une distance de plusieurs centaines de mètres, voire de kilomètres. C'est le cas par exemple à

**MAIS POURQUOI
ENROCHER CES
COURS D'EAU ?**

Des enrochements massifs de ce type ont d'abord eu lieu sur des distances de 500 à 800 m sur 4 tributaires de la rivière

Pascale Biron, hydrogéomorphologue, Université Concordia
Maxime Boivin, hydrogéomorphologue, UQAC
Thomas Buffin-Bélanger, hydrogéomorphologue, UQAR

2022

<https://www.youtube.com/watch?v=JmyJm-sebL4>

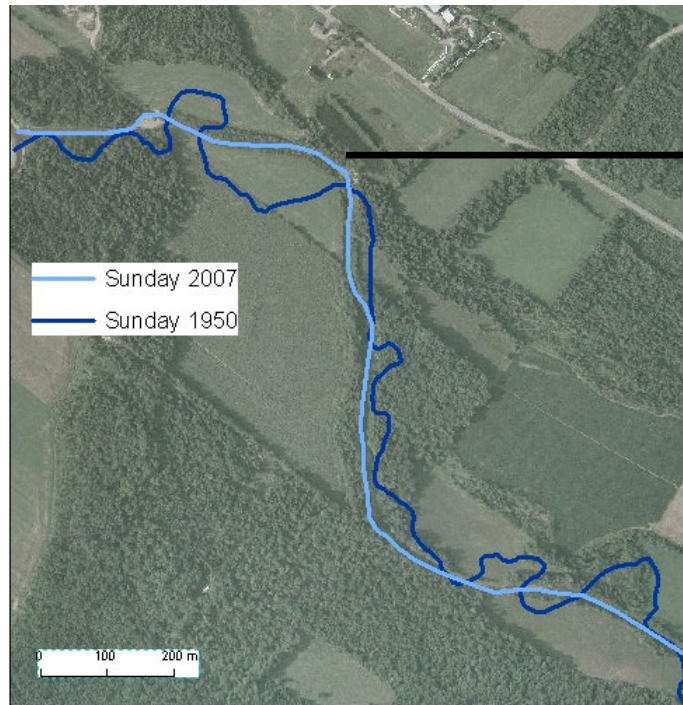
Cours d'eau en équilibre

“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)

Comment les cours d'eau ajustent-ils leur pente?

- Variation de la sinuosité



Rivière Sunday avec forte sinuosité en 1950

Ajustements par érosion de berge



2009

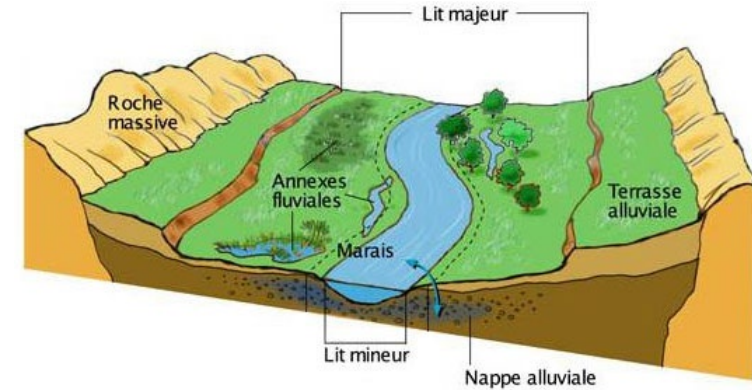
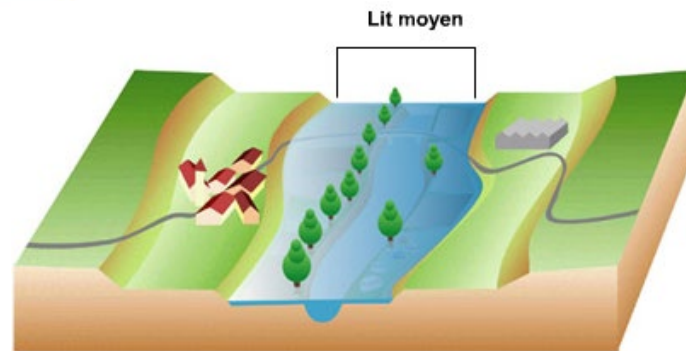


2010

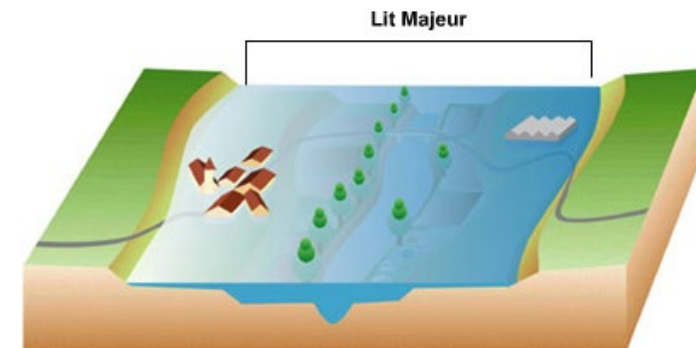


2011

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



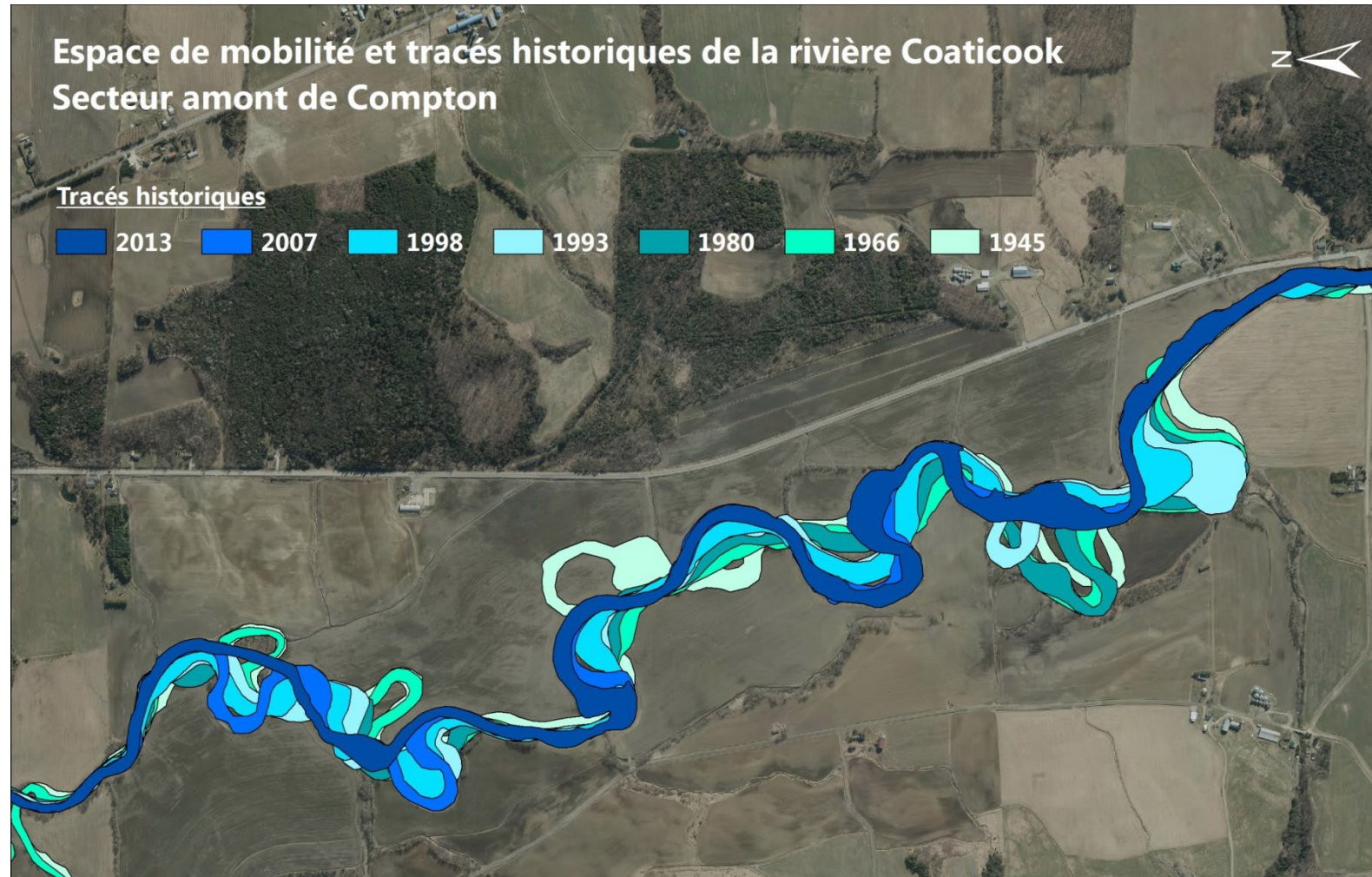
**+ milieux humides
(espace d'intégrité)**



Projet Espace de liberté: Objectif

- Développer une approche de gestion des cours d'eau québécois basée sur le concept d'espace de liberté pour renforcer la **résilience** des systèmes fluviaux face à l'augmentation de la variabilité et de l'amplitude des débits liquides et solides liée aux changements climatiques
- Laisser la place à la rivière pour inonder et éroder :
 - Pour la sécurité publique
 - Pour l'environnement

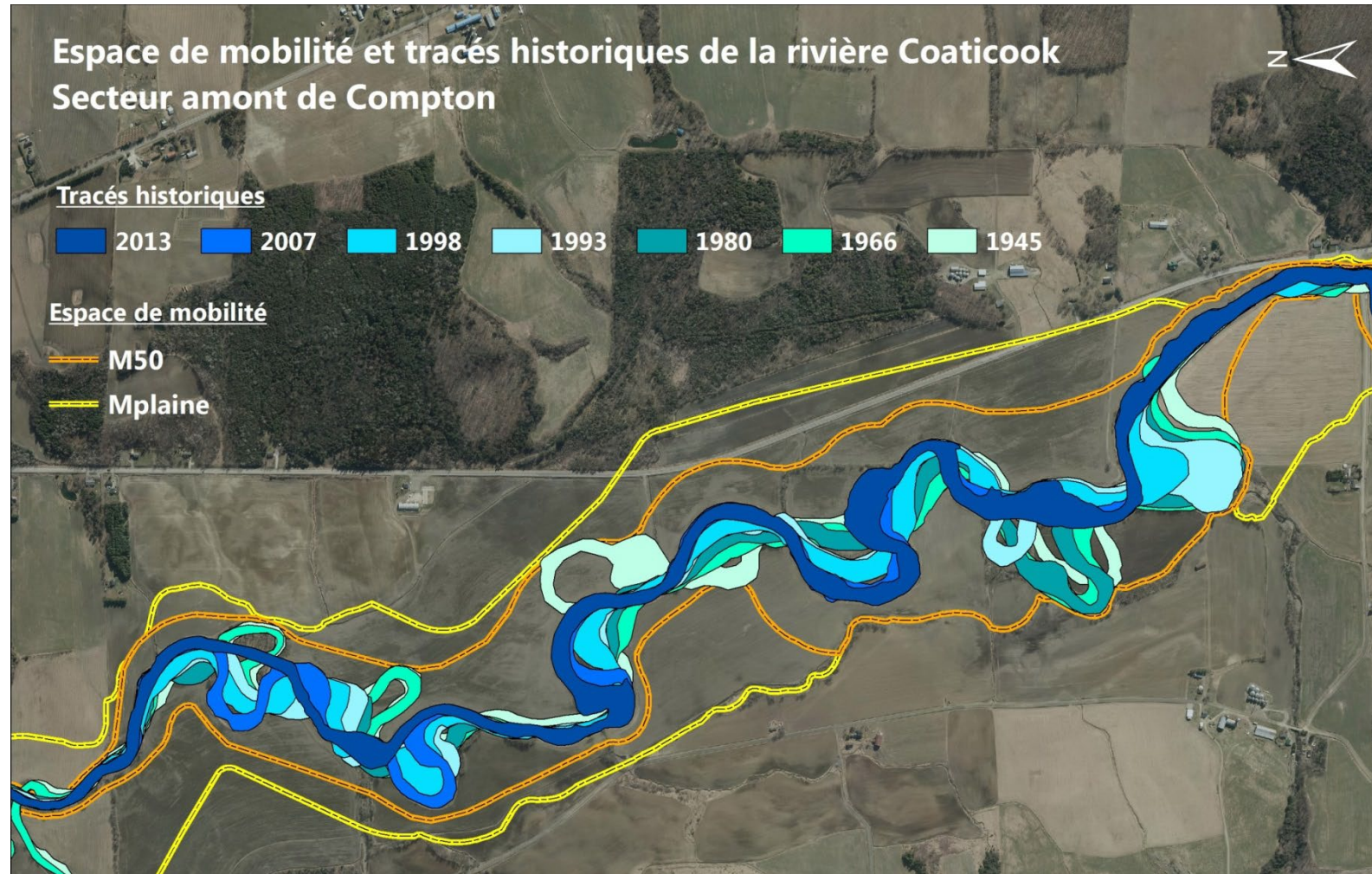
Exemple d'espace de mobilité: rivière Coaticook



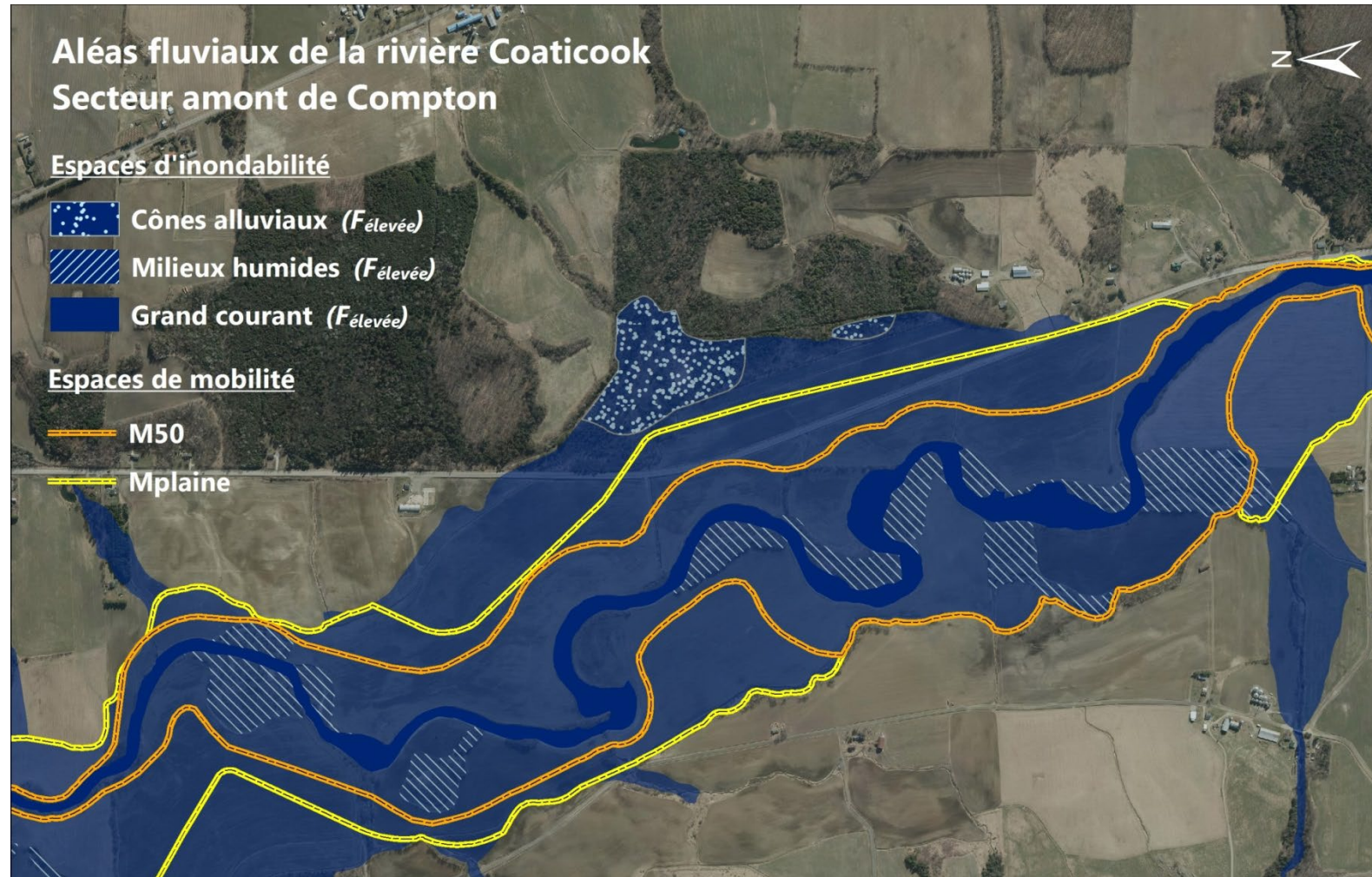


+ 50 ans

Exemple d'espace de mobilité: rivière Coaticook



Combinaison espace de mobilité – inondabilité – milieux humides riverains



Espace de liberté minimal – rivière Coaticook



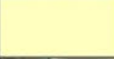
Espace de liberté de la rivière Coaticook

Secteur de Waterville



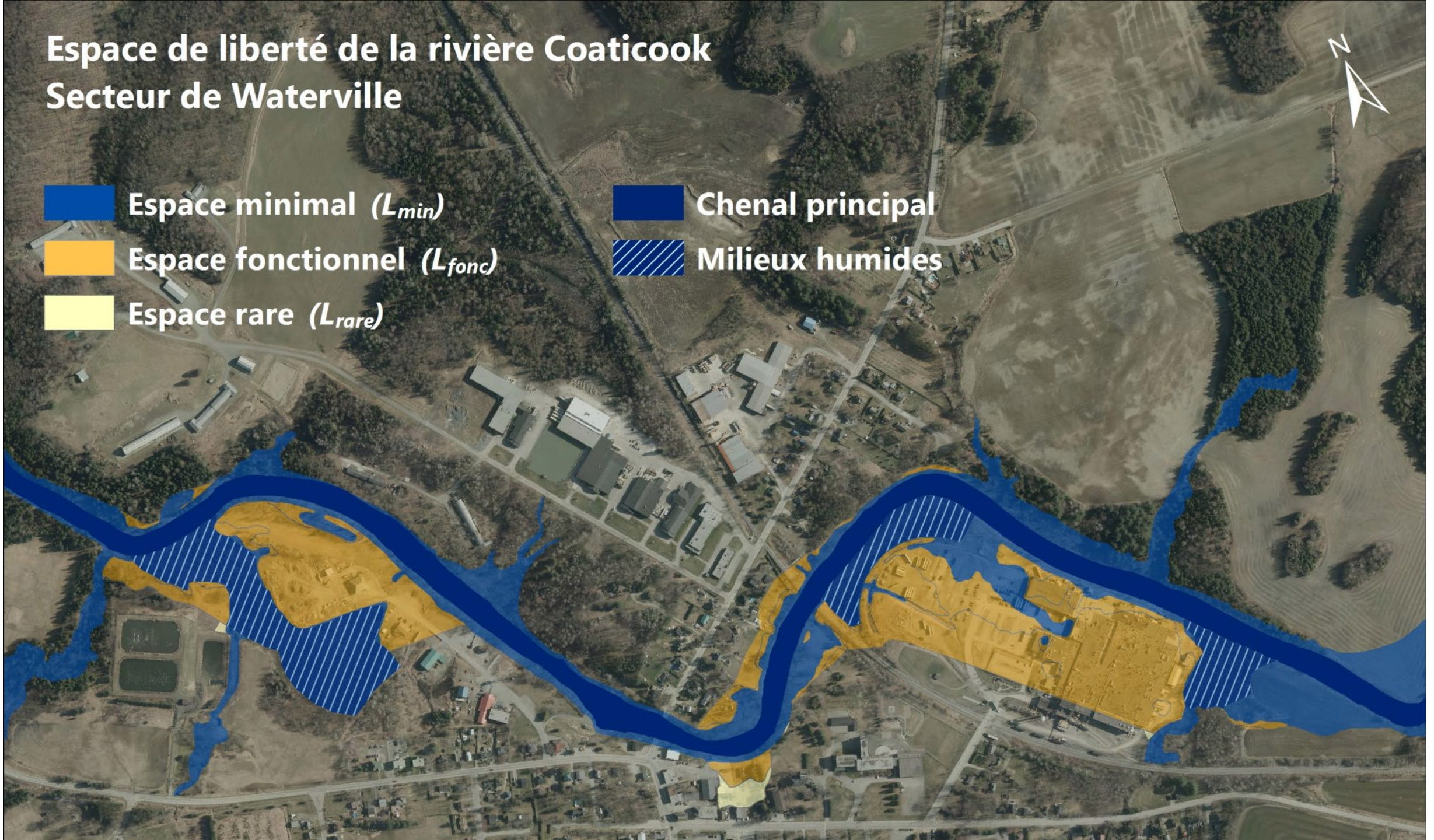
 Espace minimal (L_{min})

 Espace fonctionnel (L_{fonc})

 Espace rare (L_{rare})

 Chenal principal

 Milieux humides



Bien comprendre la dynamique de la rivière pour mieux anticiper les enjeux d'érosion et d'inondation

1. Quel style fluvial?
2. Connaissance de l'historique des interventions humaines passées

Styles fluviaux

Tableau 1. Principaux styles fluviaux et leur processus morphogènes et morphologies dominantes.






Style fluvial	Processus morphogènes dominants et morphologies typiques	Illustration
Linéaire Seuil-mouille	Migration latérale Succession de seuil et de mouille Érosion dans les mouilles et accumulation dans les seuils	
Méandres stables	Débordements sur plaine alluviale (limons)	
Méandres dynamiques	Migration latérale avec banc de convexité Recoupement de méandres	

Tableau 1. Principaux styles fluviaux et leur processus morphogènes et morphologies dominantes.

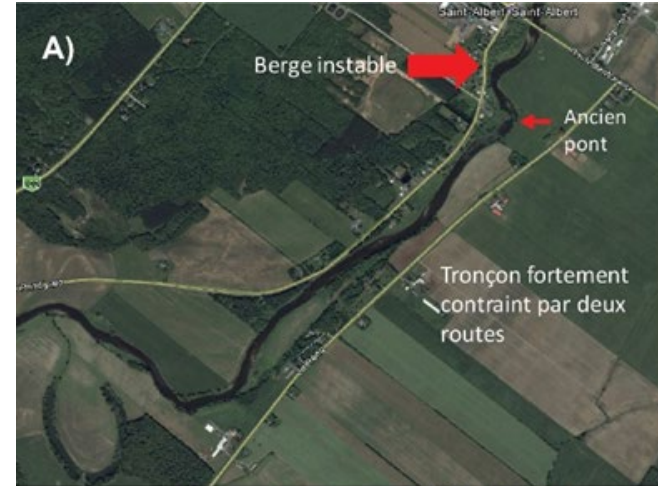
Style fluvial	Processus morphogènes dominants et morphologies typiques	Illustration
Divagant	Migration latérale avec bancs centraux et de convexité Chenaux secondaires Avulsion : changement brusque du chenal	
En tresses	Migration latérale avec bancs centraux Chenaux multiples Changements périodiques du chenal le plus actif	

Risque d'érosion plus élevé

Historique des interventions humaines

Exemple de la rivière Nicolet à St-Albert

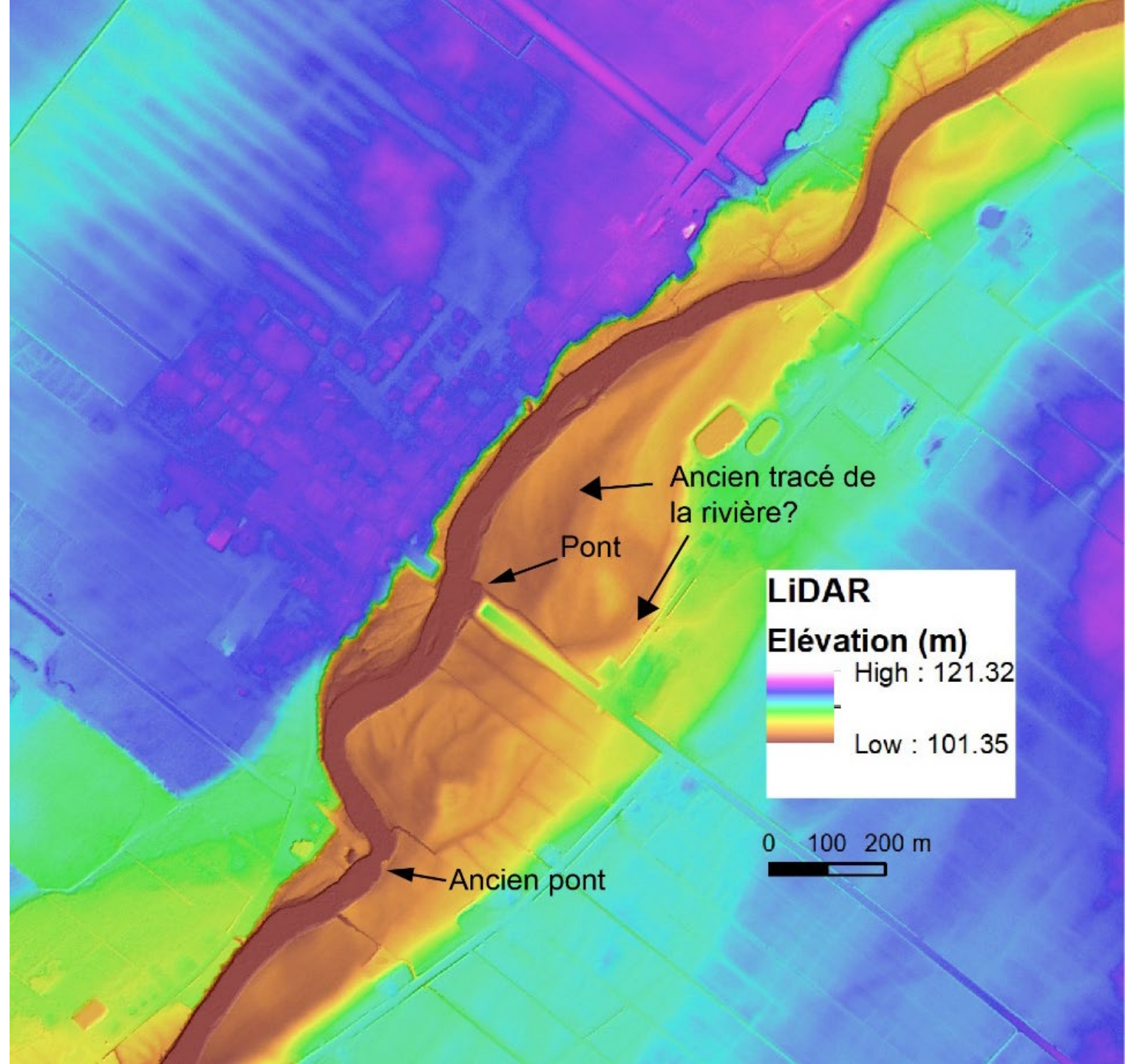
- Stabilisation nécessaire pour protéger la rue Principale
- Pourquoi la rivière menace-t-elle la route?



Exemple de la rivière Nicolet à St-Albert

Style divagant dans le passé
modifié en chenal unique?

Deux ponts très contraignants



Rivière Nicolet

- Piliers de l'ancien pont empêchant la migration latérale en aval



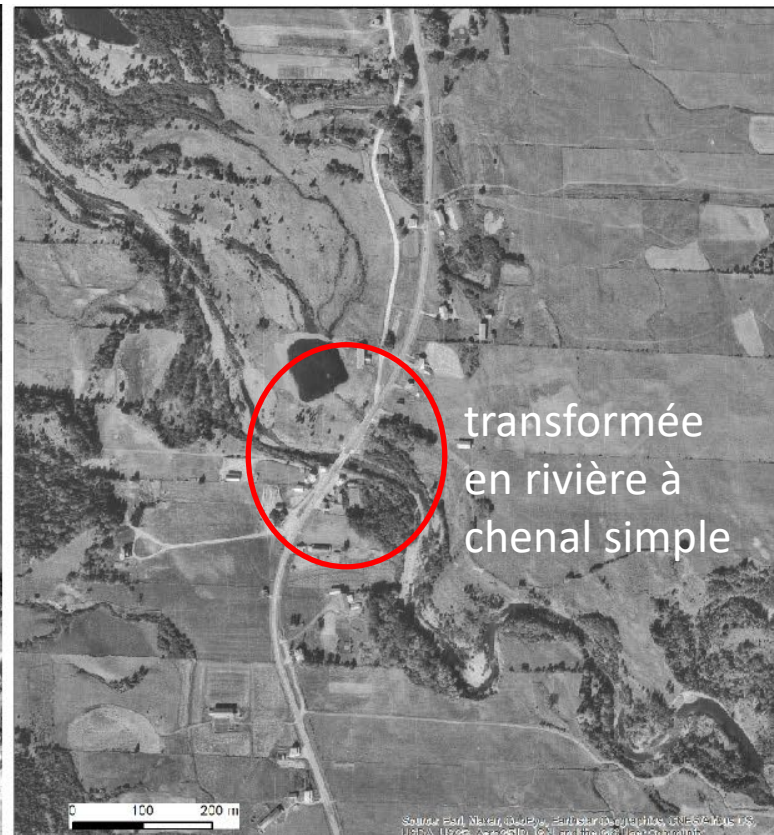
Piliers de pont toujours présents

Mobilité des rivières et sécurité publique: Rivière des Mares – bassin Du Gouffre

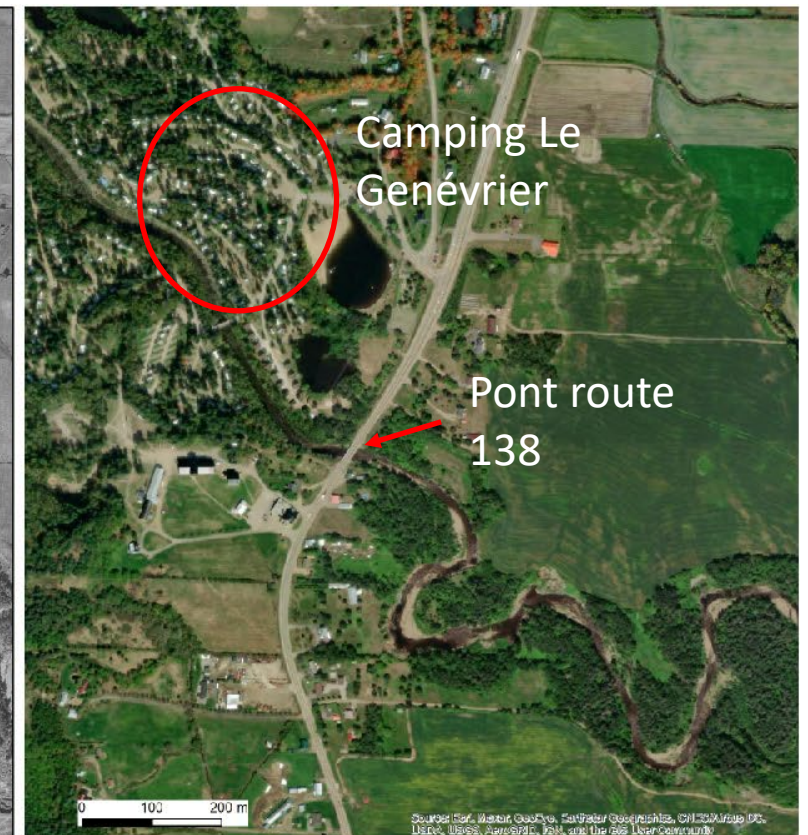
1927



1964



2022



Mobilité des rivières et sécurité publique: Rivière des Mares – bassin Du Gouffre



Pont route 138 mai 2023



Camping le Genévrier, Baie St-Paul (bassin-versant Du Gouffre), en 2022 (gauche) et après la crue de mai 2023 (droite)

Mobilité et sécurité publique

Ecological Engineering 186 (2023) 106821



ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Ecological Engineering

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecoleng

Analysis of historical changes in planform geometry of a mountain river to inform design of erodible river corridor

Hanna Hajdukiewicz*, Bartłomiej Wyźga

Institute of Nature Conservation, Polish Academy of Sciences, al. Mickiewicza 33, 31-120 Kraków, Poland



Fig. 3. Extent of the active zone of the Biała River digitized on the archival maps and orthophotos from the period 1878–2009 and the belt of river migration in this period shown for a fragment of the mountain section of the planned erodible corridor.

Mobilité et qualité de l'habitat

RIVER RESEARCH AND APPLICATIONS

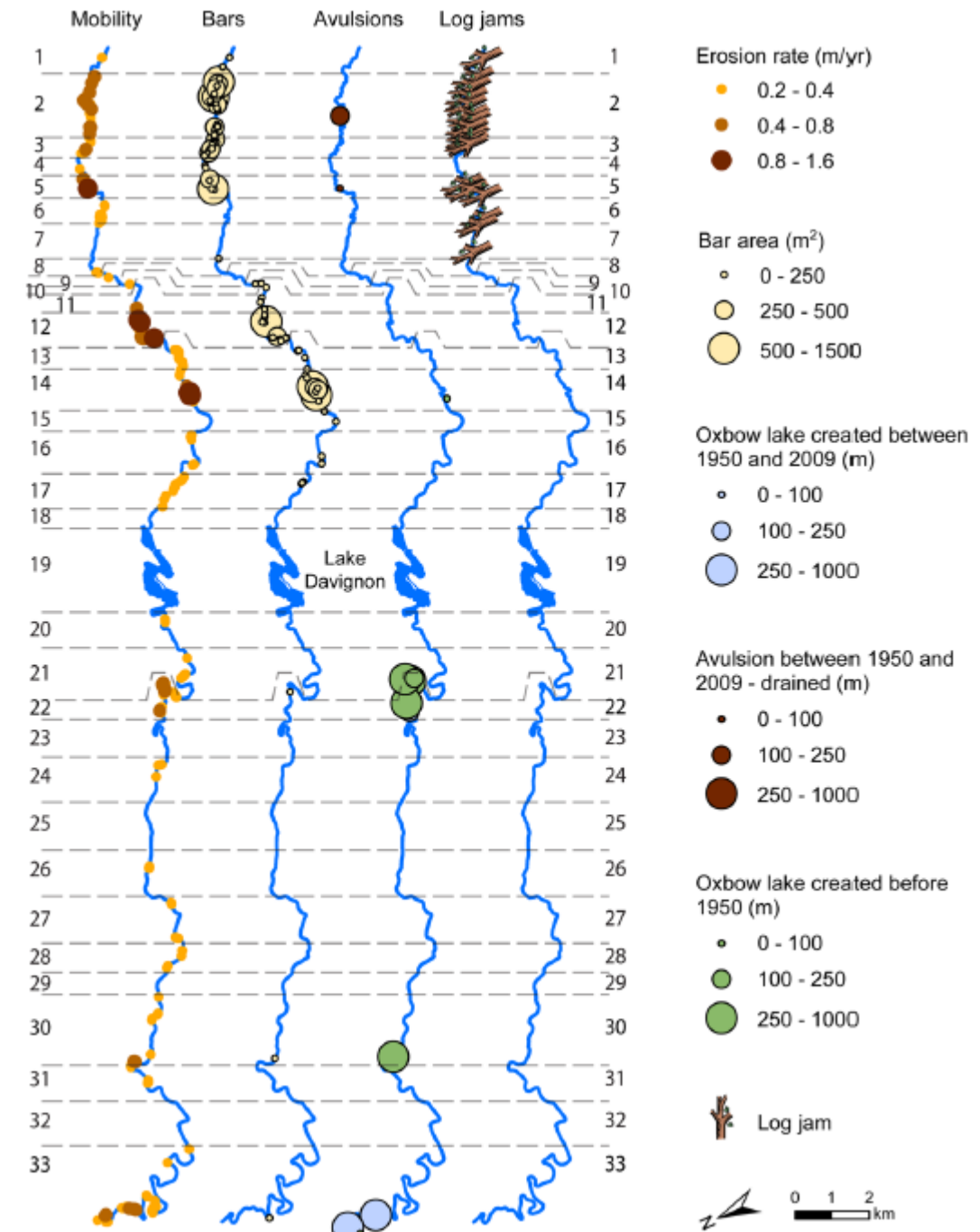
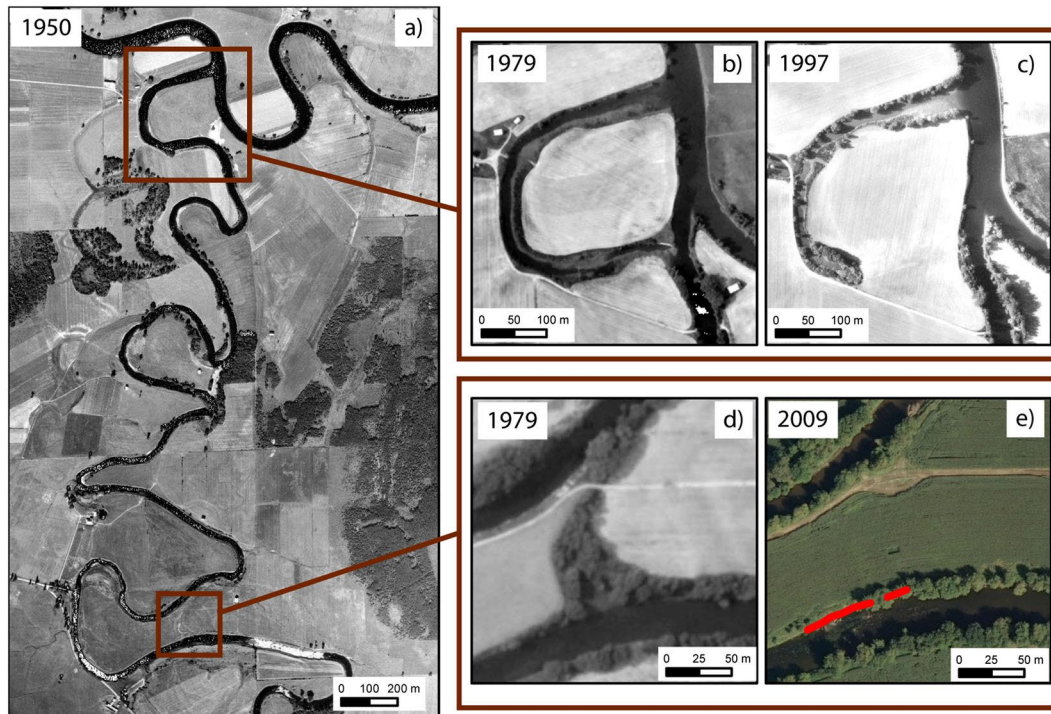
River Res. Applic. 32: 528–539 (2016)

Published online 15 March 2015 in Wiley Online Library
(wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/rra.2896

ASSESSING THE RELATIONSHIP BETWEEN RIVER MOBILITY AND HABITAT

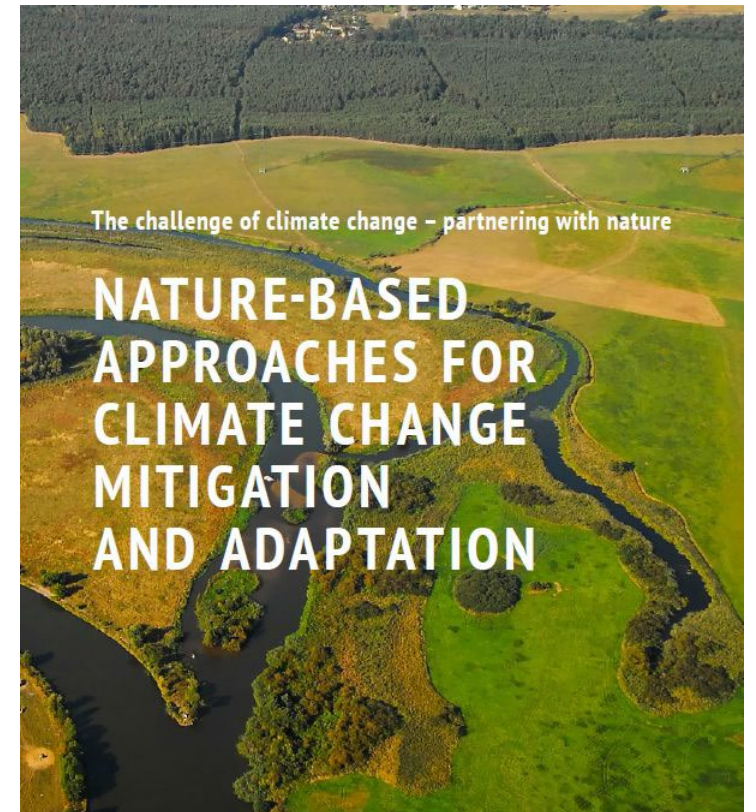
G. CHONÉ AND P. M. BIRON*

Department of Geography, Planning and Environment, Concordia University, Montreal, Quebec, Canada



Inondations et sécurité publique

- Historiquement : Contrôle (Barrages / Dignes)
- Aujourd'hui : Laisser faire la nature?



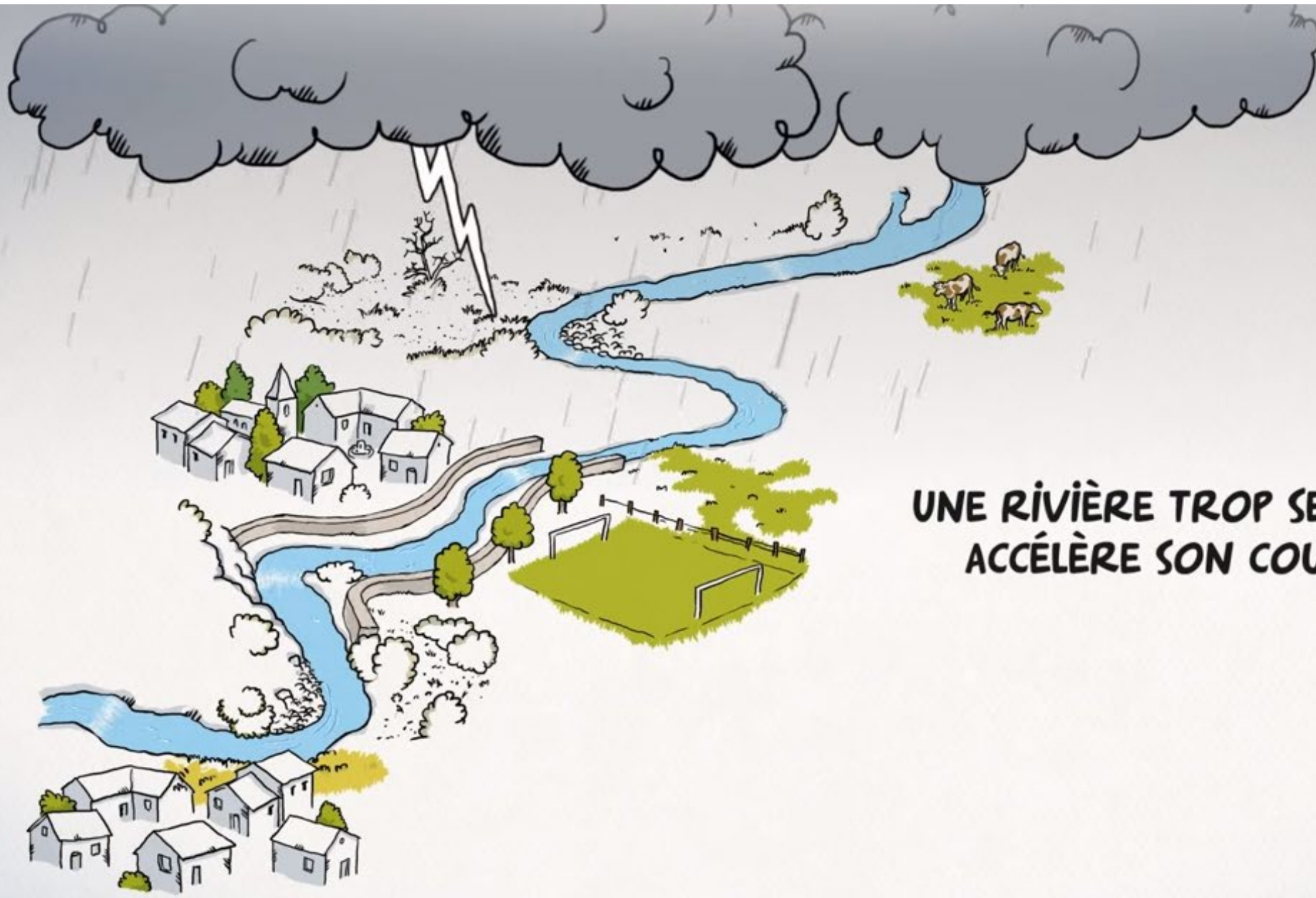


**LA RIVIÈRE S'ÉTALE DANS SES
CHAMPS D'EXPANSION DE CRUE**

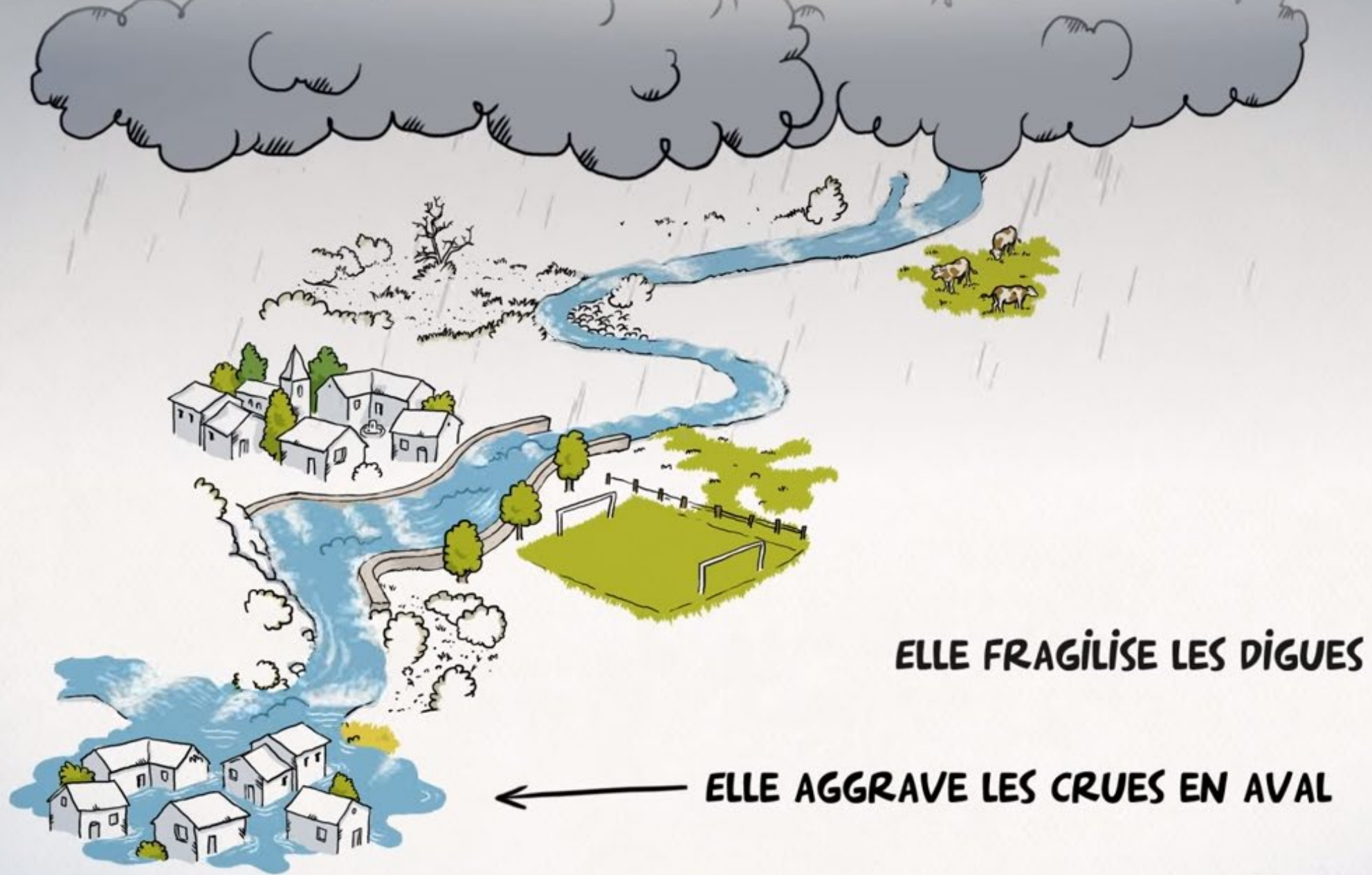


**LA RIVIÈRE S'ÉTALE DANS SES
CHAMPS D'EXPANSION DE CRUE**

ELLE ÉPARGNE LES HABITATIONS



**UNE RIVIÈRE TROP SERRÉE
ACCÉLÈRE SON COURS**

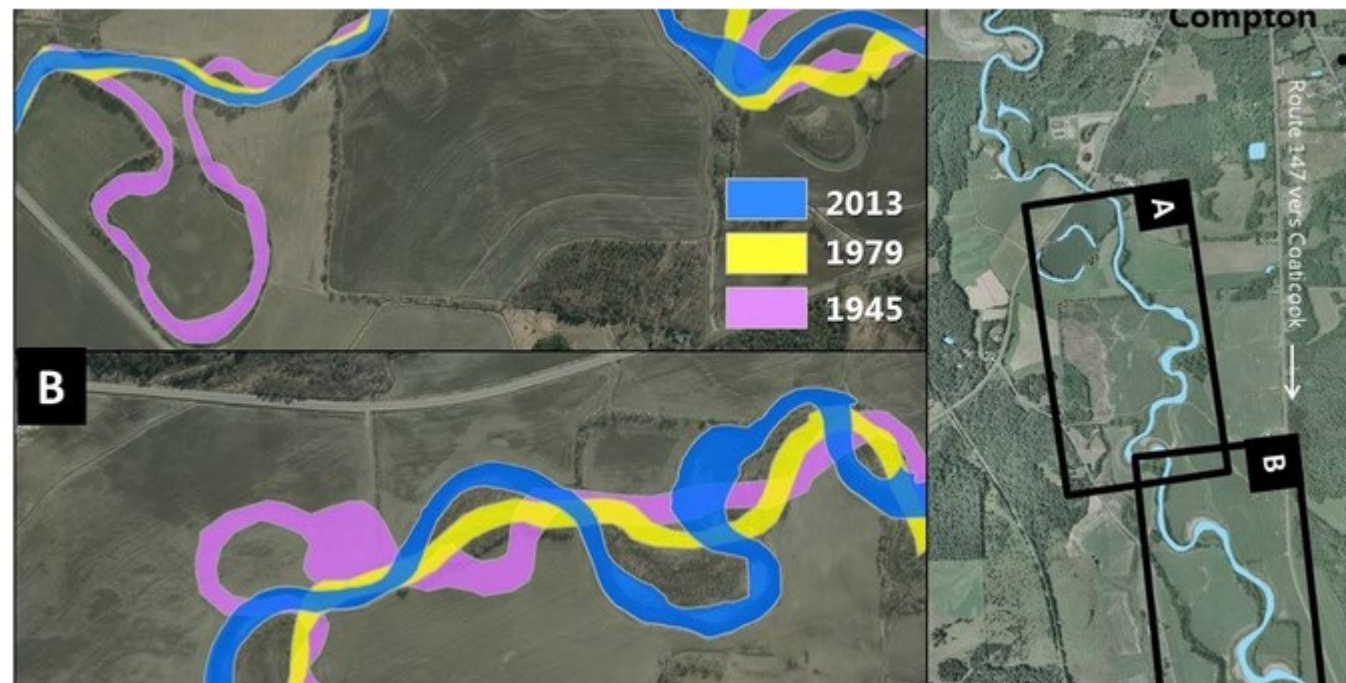


ELLE FRAGILISE LES DIGUES

ELLE AGGRAVE LES CRUES EN AVAL

INTÉGRATION DE L'APPROCHE PAR ESPACE DE LIBERTÉ POUR LA RIVIÈRE COATICOOK

Accueil / Nouvelles / Intégration de l'approche par espace...



<https://cogesaf.qc.ca/espace-de-liberte-pour-la-riviere-coaticook/>

Ailleurs dans le monde

Making space for water

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

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


March 2005



HM TREASURY Office of the Deputy Prime Minister
Department for Transport
defra Department for Environment, Food and Rural Affairs

Room for the River, Netherlands

Gallery [1](#) [2](#) [3](#) [4](#) next



Aerial view of the River Rhine as it flows through Arnhem

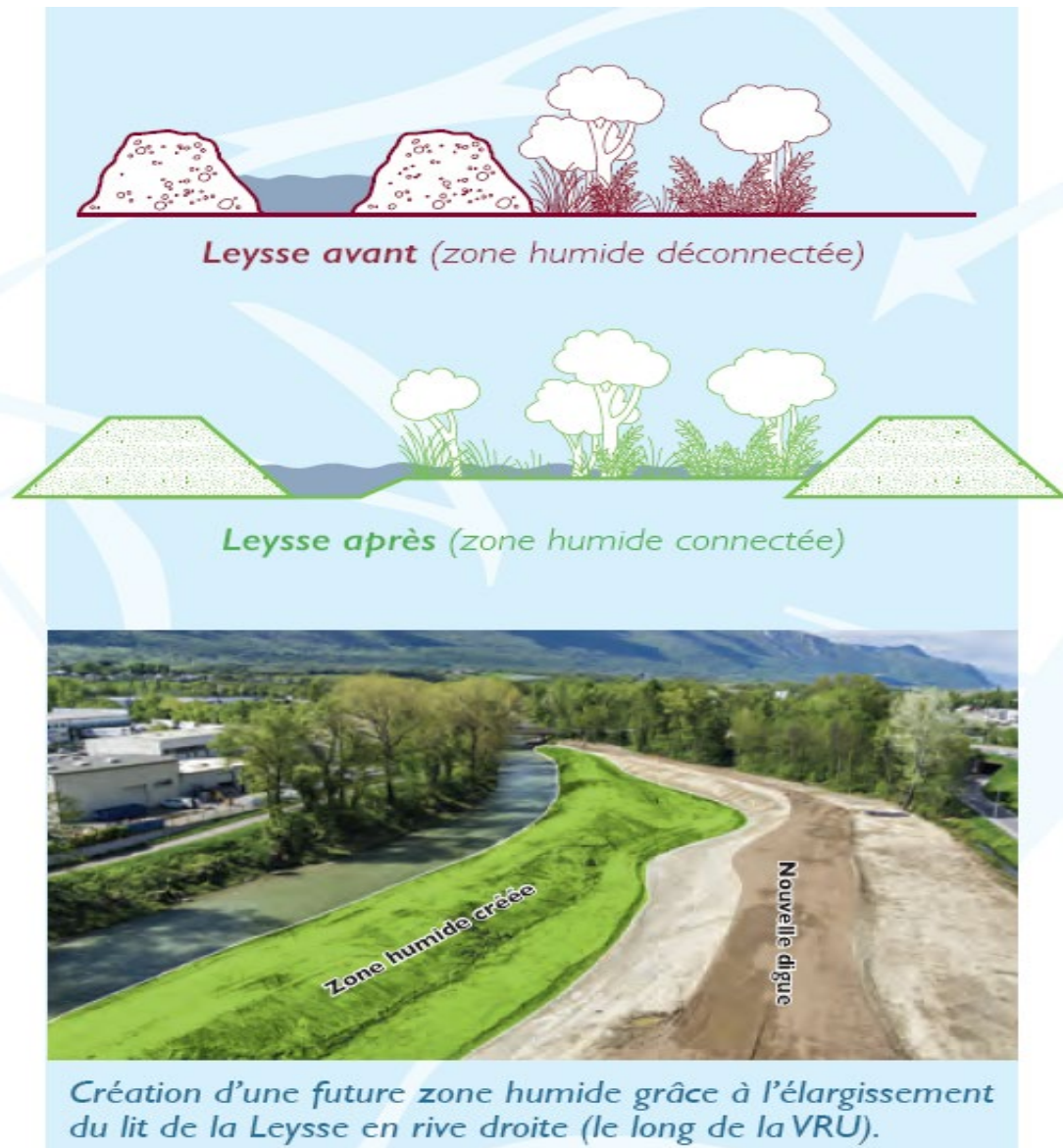
Innovative river management in the Netherlands

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

Budget de 2.3 milliards € aux Pays-Bas

CHANTIER DE RESTAURATION DE LA LEYSSE

Pour une rivière plus sûre et plus vivante



<http://www.chambery-bauges-metropole.fr/46-la-reconquete-des-berges-de-la-leysse.htm>

Conclusions

- Cours d'eau = systèmes complexes
- 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
- Plusieurs problèmes d'érosion des rivières viennent d'interventions humaines passées
- L'espace de liberté est une véritable approche de développement durable, avec des bénéfices environnementaux, sociaux et économiques pour les générations futures