

# Gestion intégrée du risque d'inondation

Pascale Biron



Calgary, 2013



Gatineau, 2017



Montréal, 2017



Houston, 2017

# Gestion des inondations au Québec: approche réactive plutôt que proactive

- Dommages causés par les rivières à la suite du passage de l'ouragan Irene en 2011 dans la MRC Brome-Missisquoi

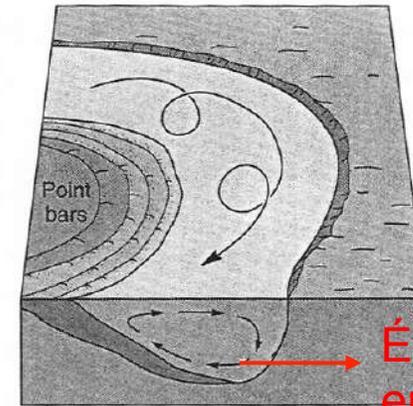
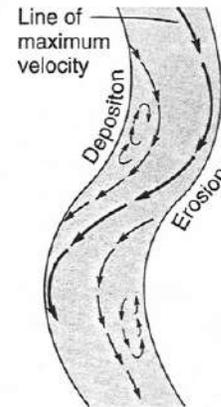


# Hydrogéomorphologie: deux éléments clés de la dynamique naturelle des cours d'eau

- Les méandres migrent latéralement



Photo: Copyright Louis Maher; Earth Science World Image Bank



Écoulement  
en spirale  
(hélicoïdal)

Source: Easterbrook (1999)

- Les rivières débordent de leur lit régulièrement

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



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

# La plaine d'inondation en hydrogéomorphologie

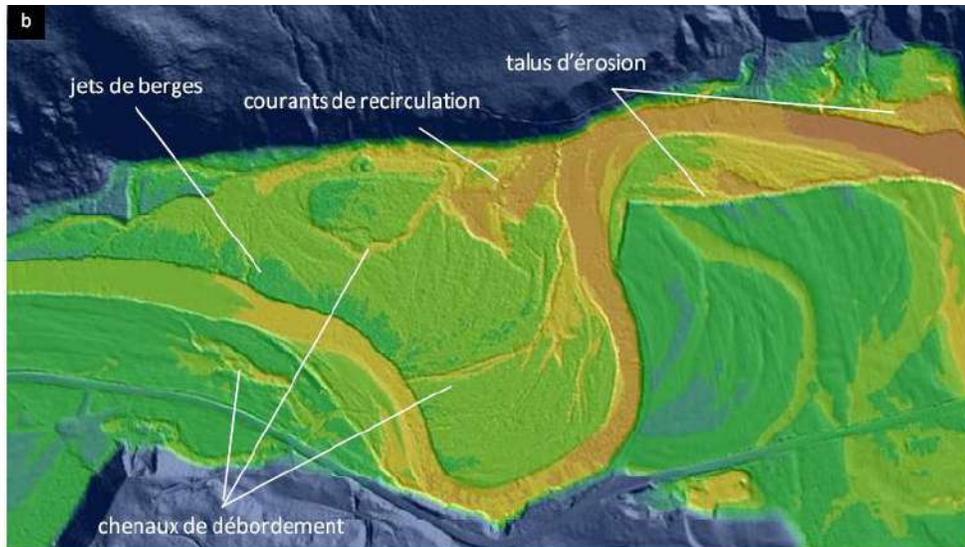
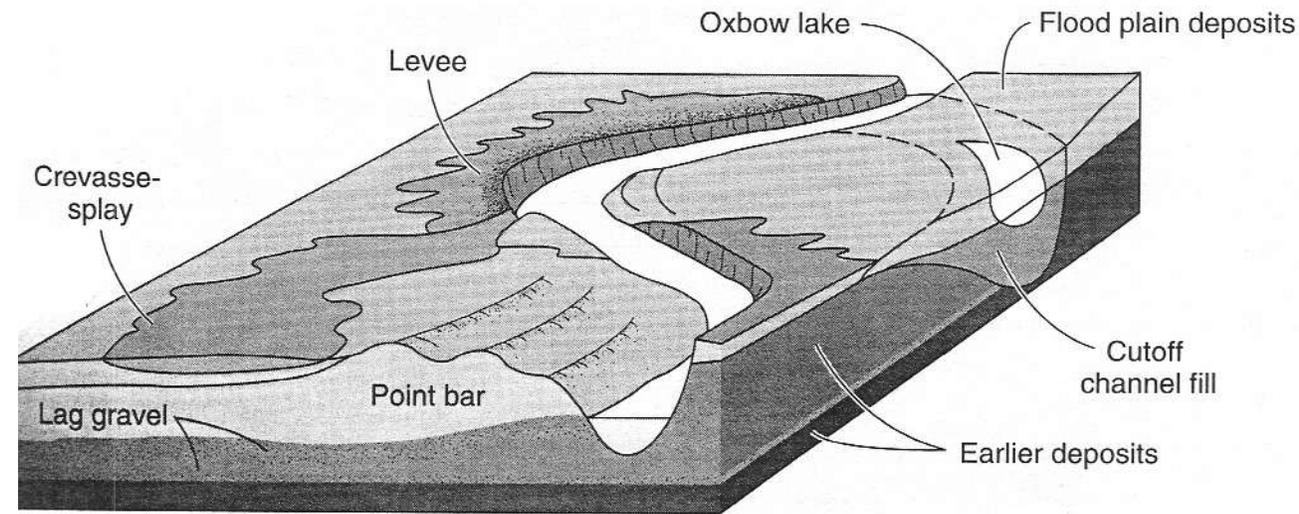


Figure 4 : a) Coupe transversale de la vallée de la rivière Matane où apparaît le chenal, la plaine inondable (PI) et les terrasses fluviales (TF); b) Indicateurs morphologiques représentatifs d'écoulements dynamiques révélés à partir d'un relevé LiDAR (*Ligh Detection And Ranging*) dans un secteur inondable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

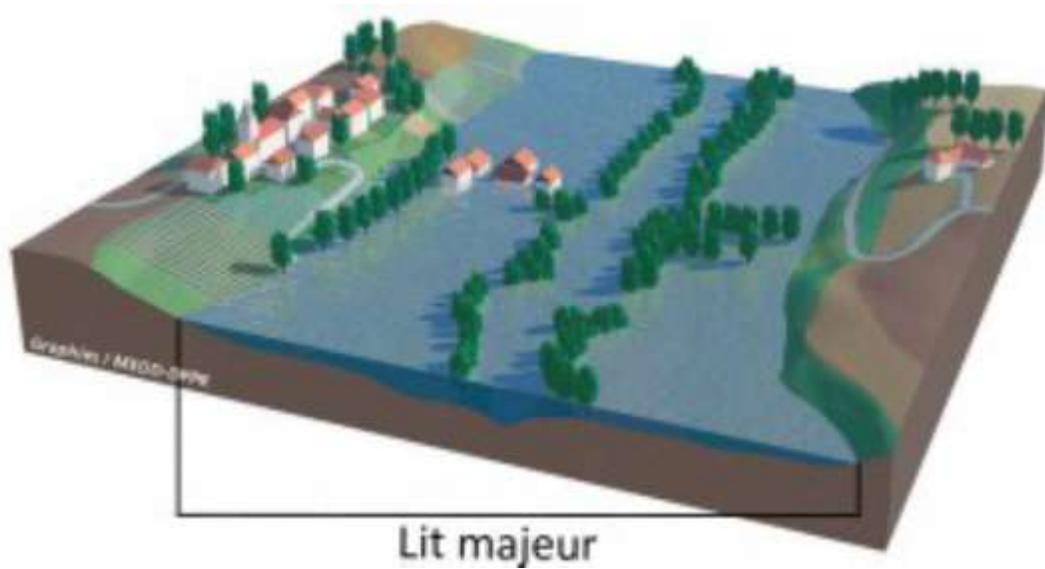
Buffin-Bélanger et al. (2011)



**FIGURE 6-18**

Typical floodplain landforms. Easterbrook (1999)  
(Modified from Happ, 1971)

# La plaine d'inondation en réalité

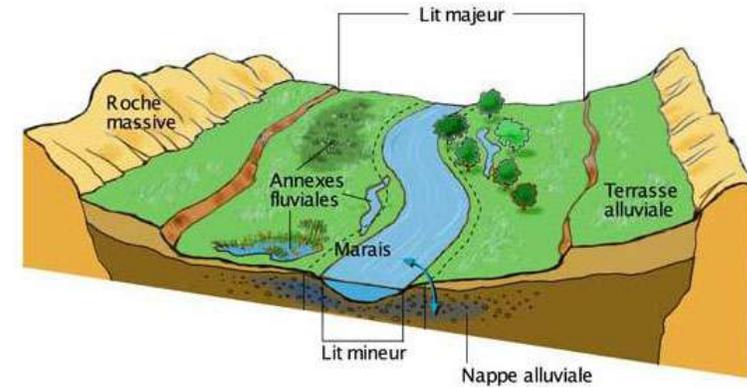
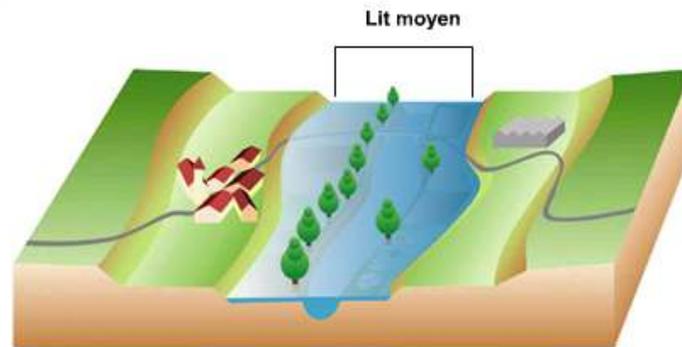
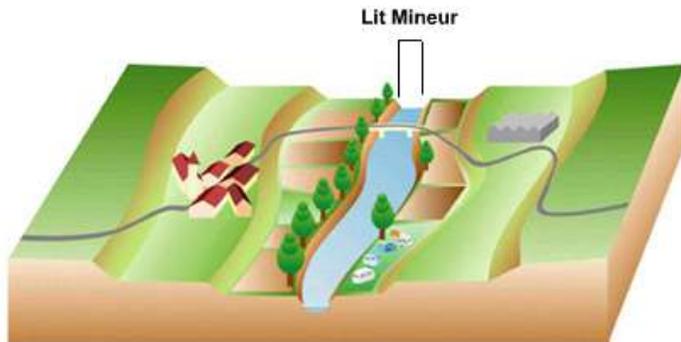


<http://www.georisques.gouv.fr/dossier-thematique>

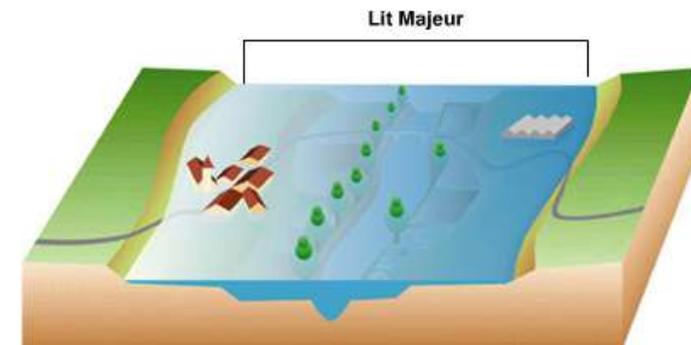


<https://www.lenouvelliste.ca/actualites/environnement/inondations-facture-de-plus-de-12-million--8c25b25519765cf77b36daafb6750c06>

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



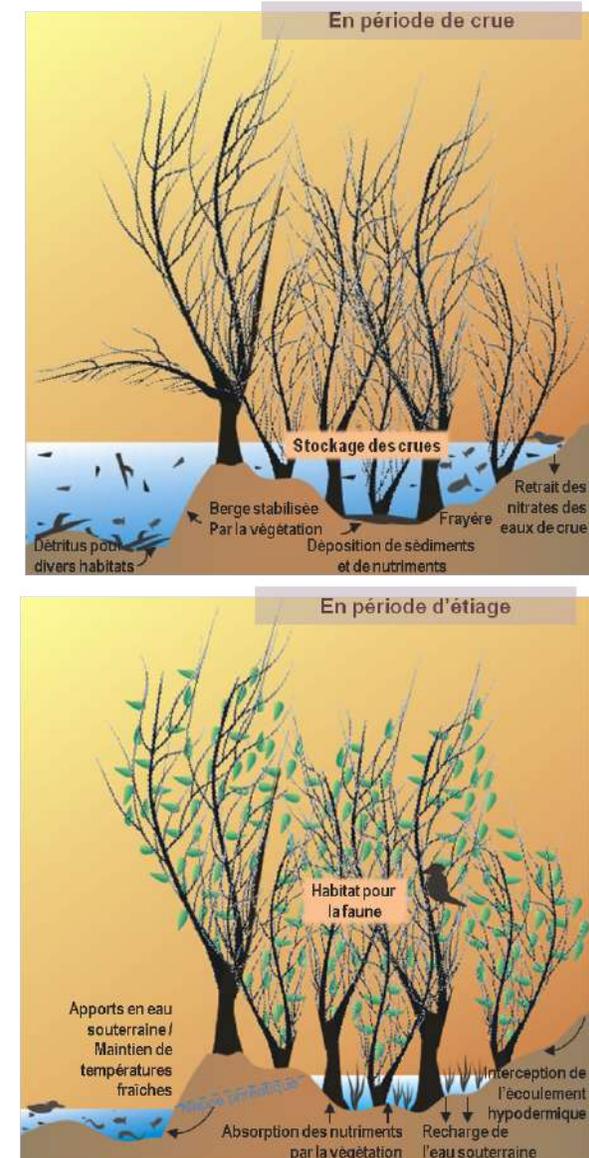
**+ milieux humides  
(espace d'intégrité)**



# 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)

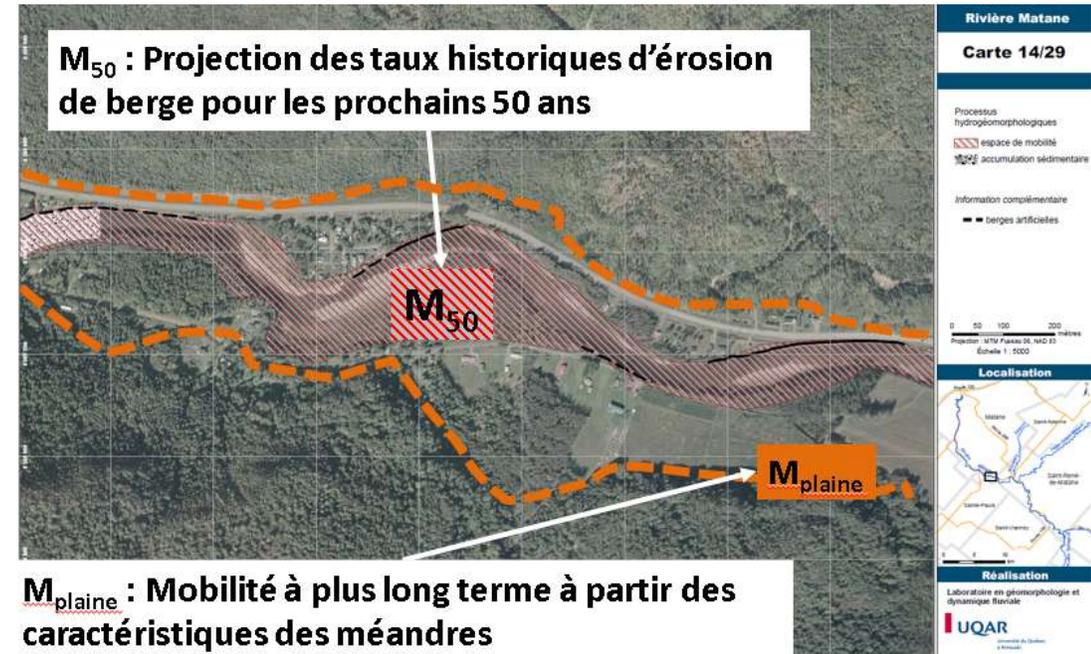
➔ **Services écosystémiques**



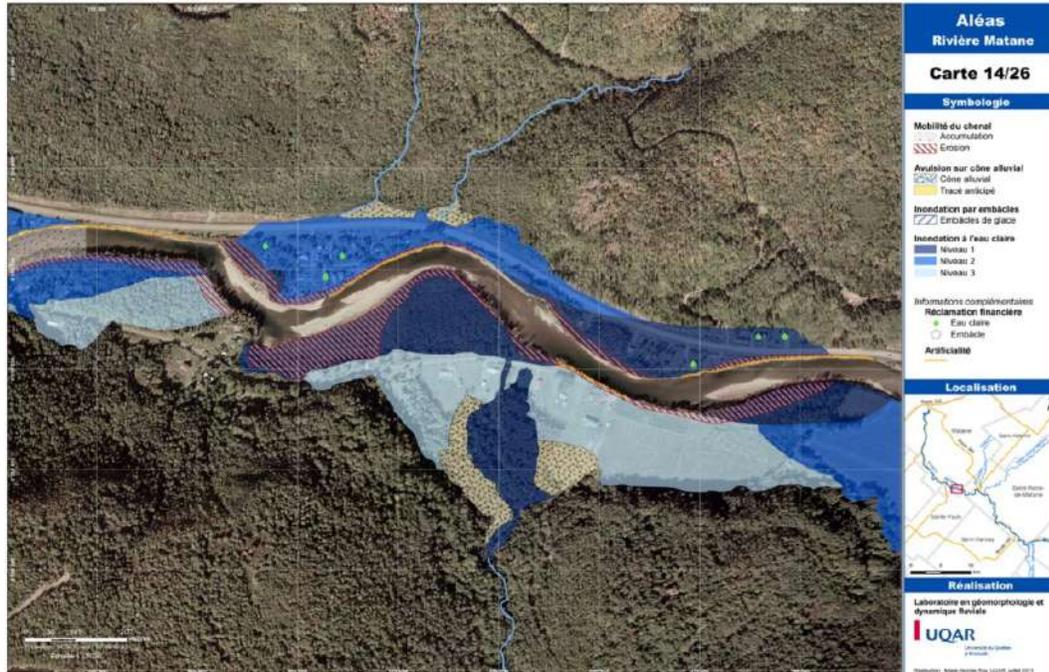
# Espace de mobilité:

## Deux niveaux de mobilité: $M_{50}$ et $M_{\text{plaine}}$

- $M_{50}$  : Zones où un risque élevé d'érosion ou de recoupement de méandre est présent – horizon temporel de 50 ans.
- $M_{\text{plaine}}$  : Espace requis pour la conservation de l'ensemble des processus fluviaux, où la rivière peut potentiellement migrer à long terme.



# Espace d'inondabilité



Buffin-Bélanger (2011)

Approche hydro-géomorphologique:  
niveaux réellement atteints par les  
inondations ( $\neq$  approche statistique)



Inondation par embâcle sur la rivière  
Matane



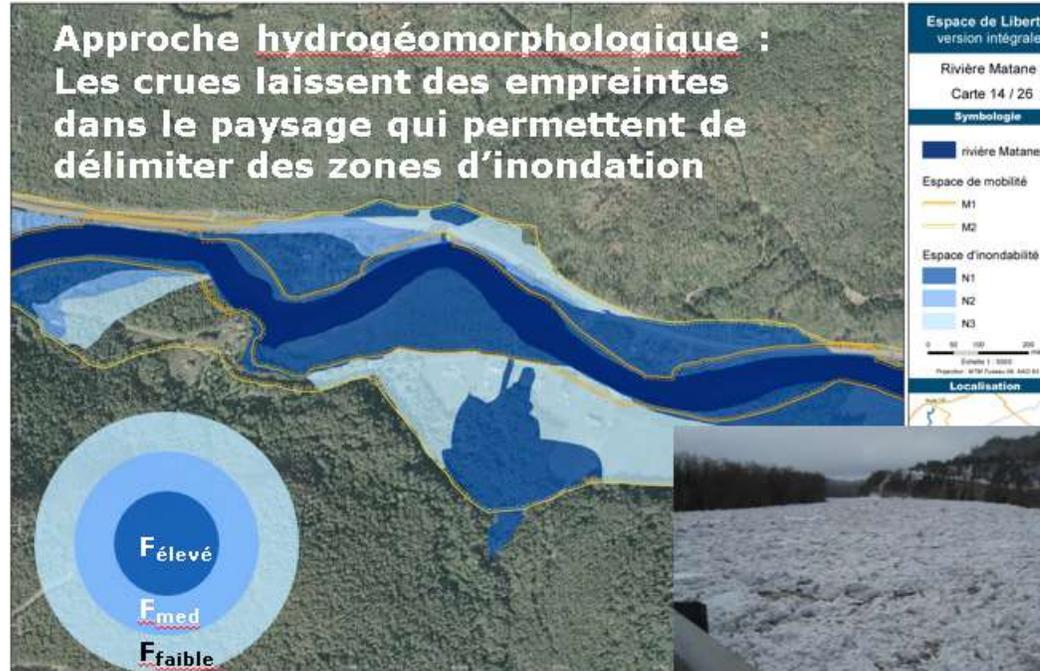
# Niveaux d'inondabilité $F_{\text{élevé}}$ , $F_{\text{med}}$ , $F_{\text{faible}}$

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

$F_{\text{med}}$ : zones fréquemment inondées de faibles courants

$F_{\text{faible}}$ : Inondations peu fréquentes de faibles courants

Niveaux d'inondabilité  
rivière Matane



# 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  $F_{\text{élevé}}$

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



# Espace de liberté

=

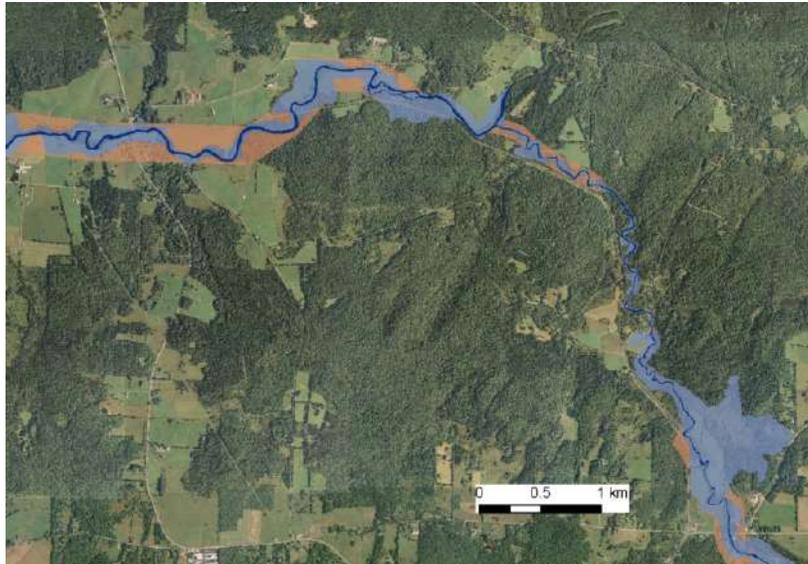
**Espace de mobilité** + **espace d'inondabilité (qui inclut les milieux humides)**

		Mobilité				
	$L_{\min}$	$L_{\text{fonc}}$	$L_{\text{rare}}$			
				$M_{50}$	$M_{\text{plaine}}$	En dehors de l'espace de mobilité ( $> M_{\text{plaine}}$ )
Inondabilité	$F_{\text{élevé}}$					
	$F_{\text{med}}$					
	$F_{\text{faible}}$					
	En dehors de l'espace d'inondabilité					

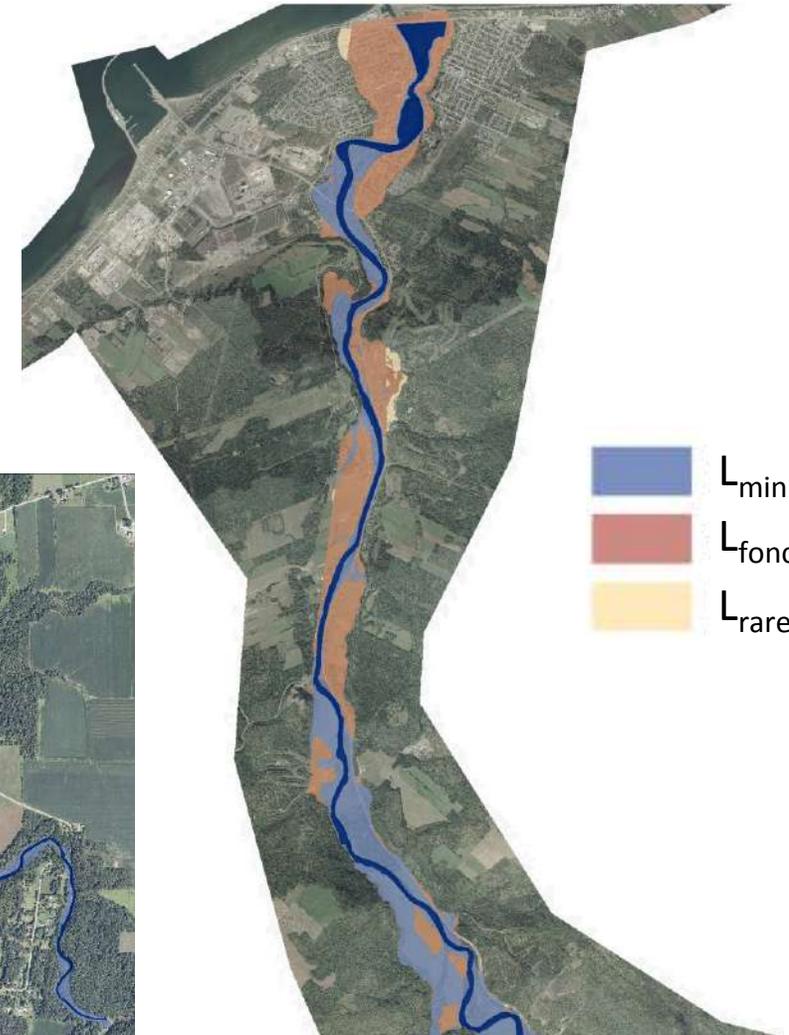
- Niveau  $L_{\min}$  (niveau minimal): Inondations très fréquentes ( $F_{\text{élevé}}$ ) OU Mobilité active basée sur l'érosion des berges observée et extrapolée ( $M_{50}$ ) OU milieux humides riverains
- Niveau  $L_{\text{fonc}}$  (niveau fonctionnel): Inondations fréquentes ( $F_{\text{med}}$ ) OU Mobilité basée sur l'amplitude des méandres ( $M_{\text{plaine}}$ )
- Niveau  $L_{\text{rare}}$ : Inondations exceptionnelles ( $F_{\text{faible}}$ ) ET Mobilité faible

# Espace de liberté

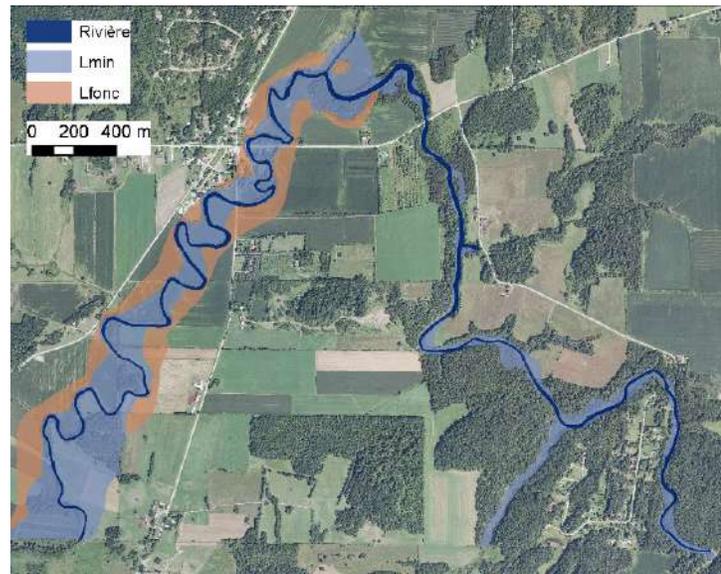
Rivière Yamaska Sud-Est (amont)



Rivière Matane (aval)



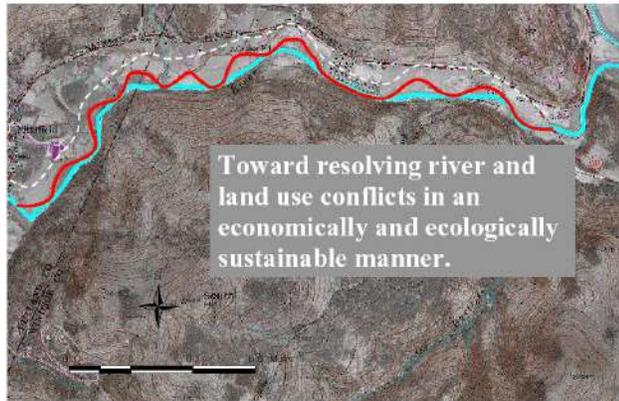
Rivière de la Roche



# Réalisme du concept d'espace de liberté?

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

## 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

# France



= espace de mobilité



Guide technique  
du SDAGE



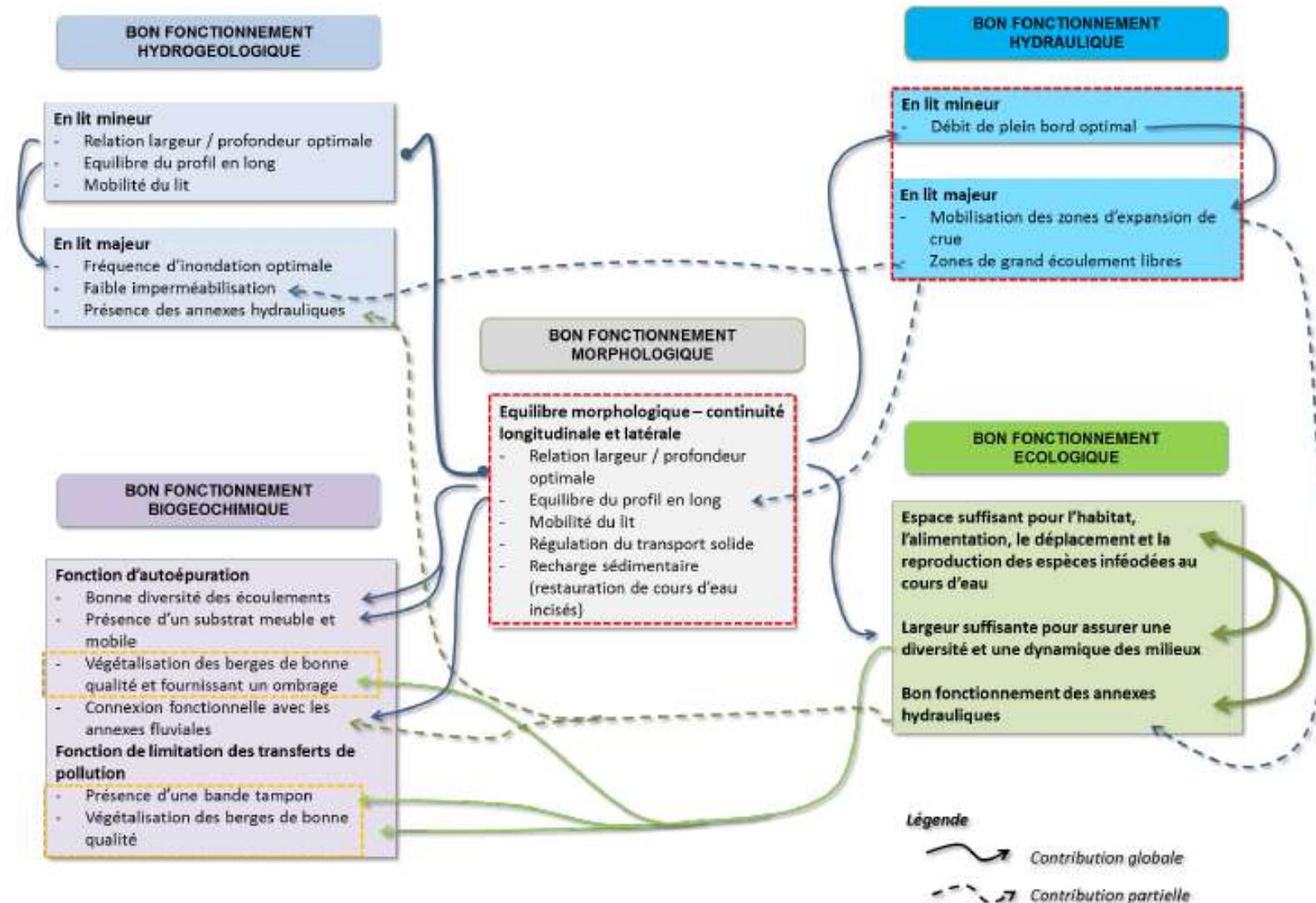
**DÉLIMITER L'ESPACE  
DE BON FONCTIONNEMENT  
DES COURS D'EAU**

Hydromorphologie

**Hydromorphologie** = hydrogéomorphologie au Québec

[https://www.eaurmc.fr/espace-dinformation/guides-acteurs-de-leau/agir-sur-lhydromorphologie-des-milieux-aquatiques.html?eID=dam\\_frontend\\_push&docID=4329](https://www.eaurmc.fr/espace-dinformation/guides-acteurs-de-leau/agir-sur-lhydromorphologie-des-milieux-aquatiques.html?eID=dam_frontend_push&docID=4329)

# Espace de bon fonctionnement (EBF)



# Comment atténuer le risque d'inondation?

## 1. Retenir l'eau à la source (gestion à l'échelle du bassin-versant)



<http://www.intactcentreclimateadaptation.ca/wp-content/uploads/2017/07/When-the-Big-Storms-Hit.pdf>

## 2. Infrastructures vertes en milieu urbain

Exemple d'un parc urbain à Dallas, conçu pour être inondé de façon contrôlée

When it rains, the park will welcome the water, lead architect Michael Van Valkenburgh said at a recent conference. The park will naturally flood in controlled areas, and the water will drain into bioswales, sloped courses that absorb water.



<http://www.businessinsider.com/dallas-trinity-river-park-project-2016-12>

# Solution #1: retenir l'eau à la source

## 2 études de cas

- Belford (Angleterre)
- Yzeron (France)



La directive européenne inondation

Depuis 2007



LOIRE  
GRANDEUR NATURE

PUBLIC LOIRE

## Natural Flood Management

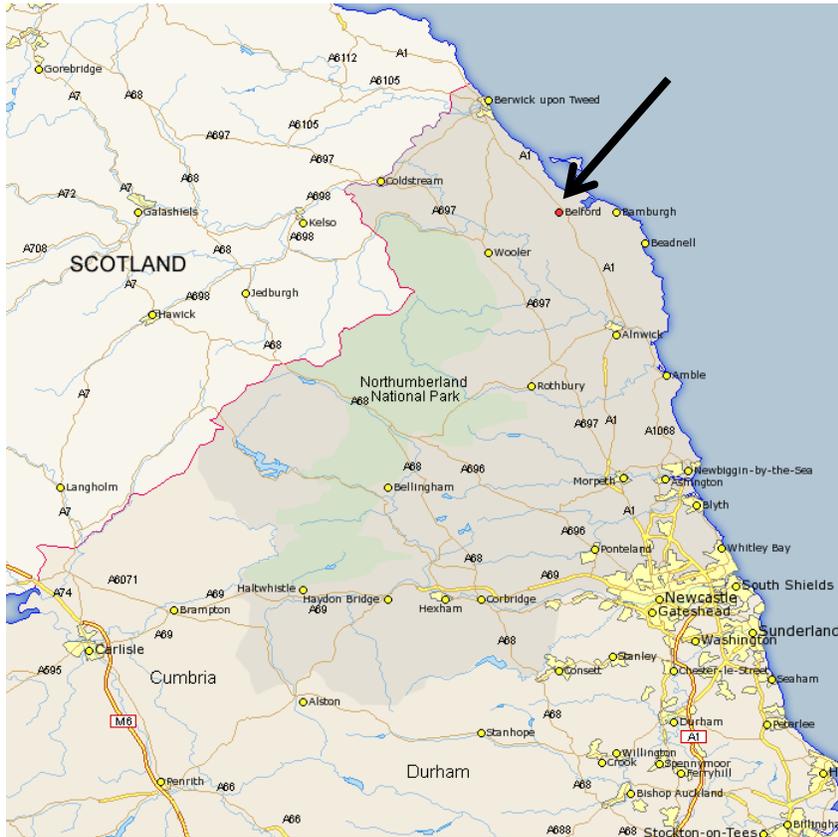


Natural flood management, defined here as the alteration, restoration or use of landscape features, is being promoted as a novel way of reducing flood risk. This POSTnote reviews the policy drivers of this approach, as well as the scientific basis, and implementation, of inland natural flood management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

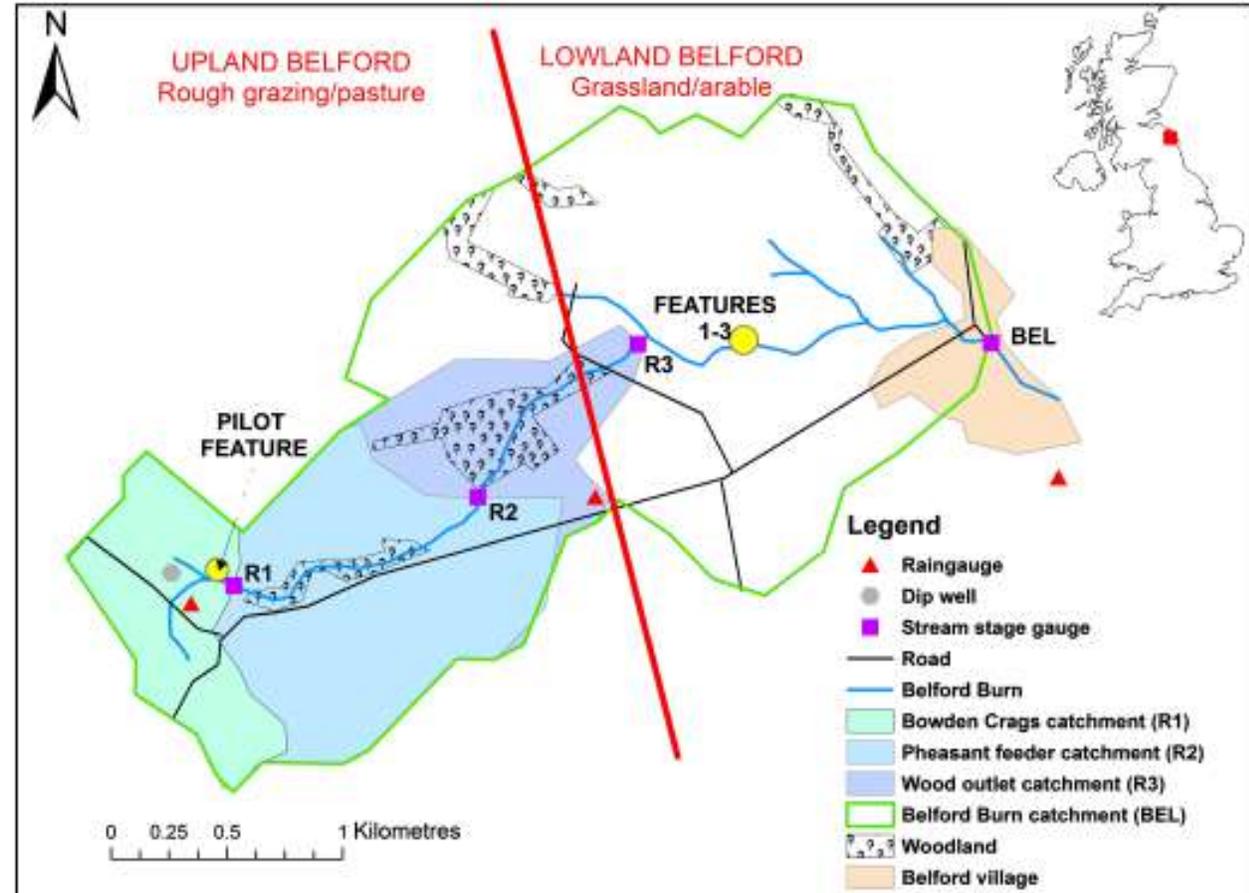


Belford

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

# Belford

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

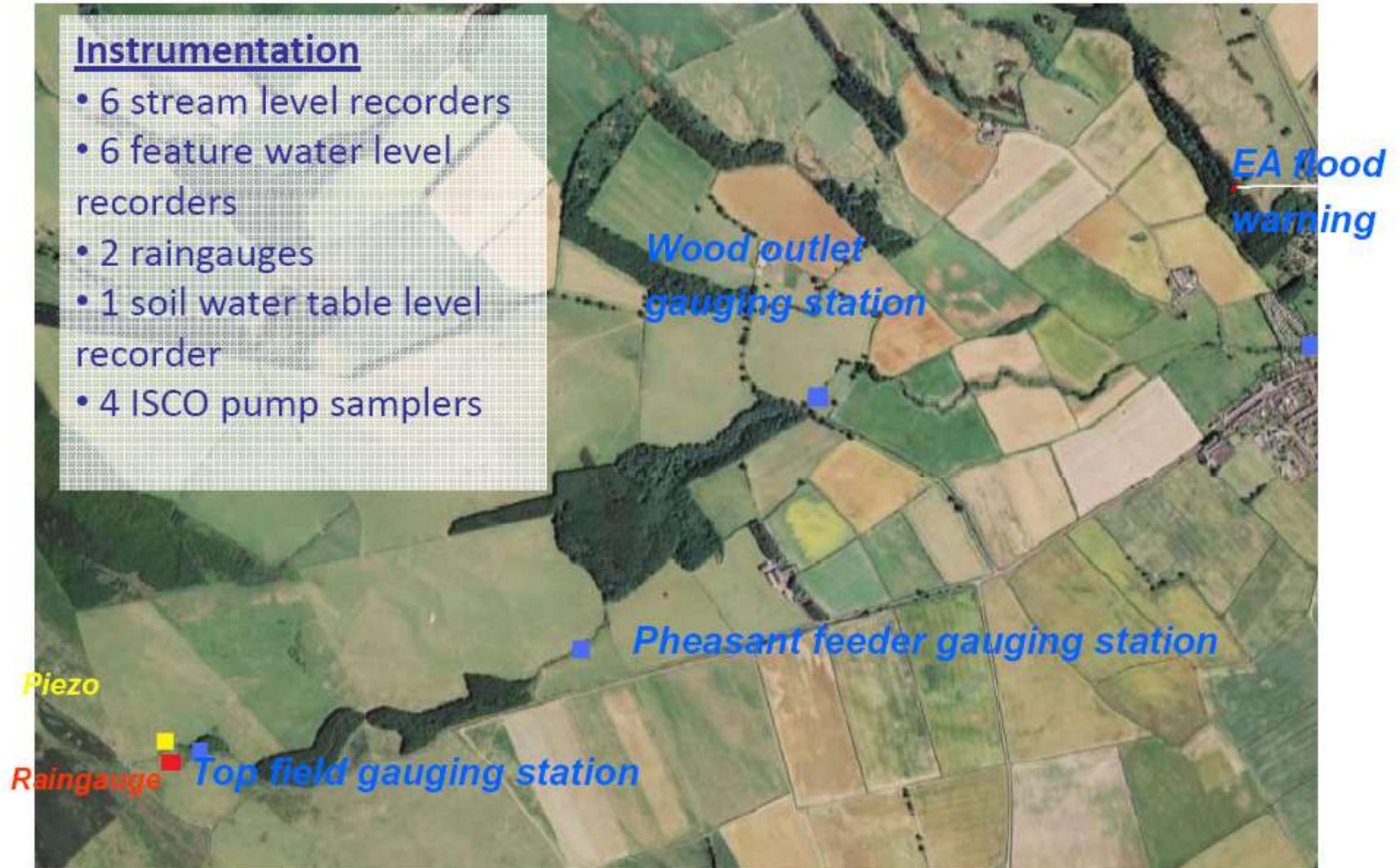


Wilkinson et al. (2010)

# Belford

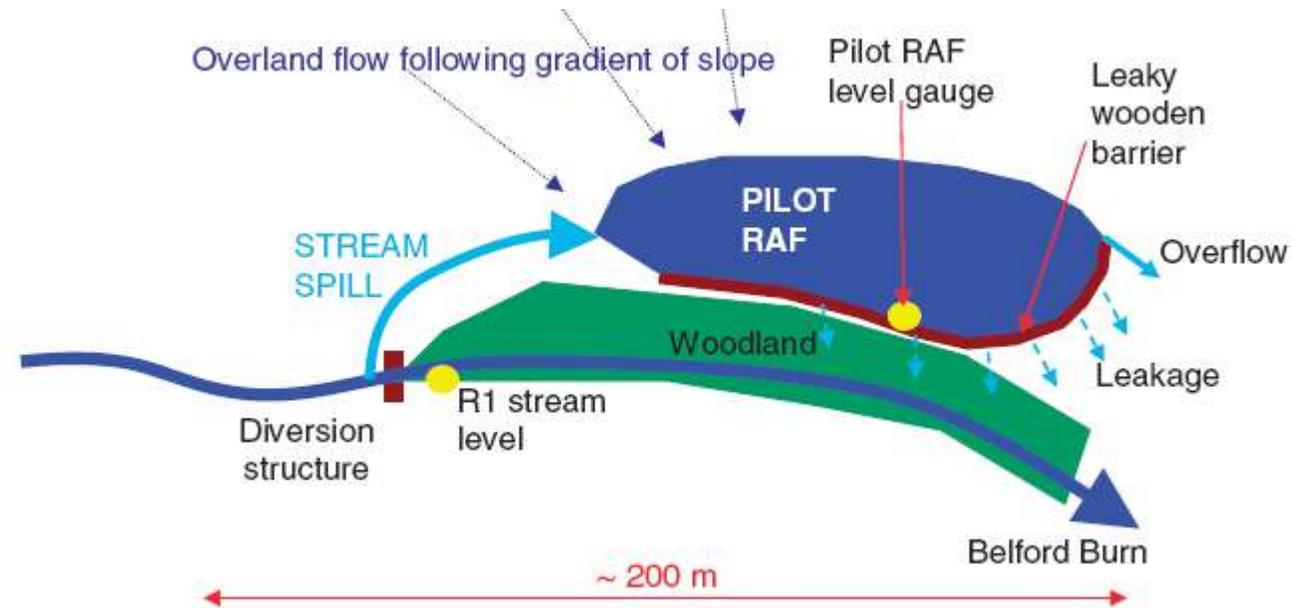
## Instrumentation

- 6 stream level recorders
- 6 feature water level recorders
- 2 raingauges
- 1 soil water table level recorder
- 4 ISCO pump samplers



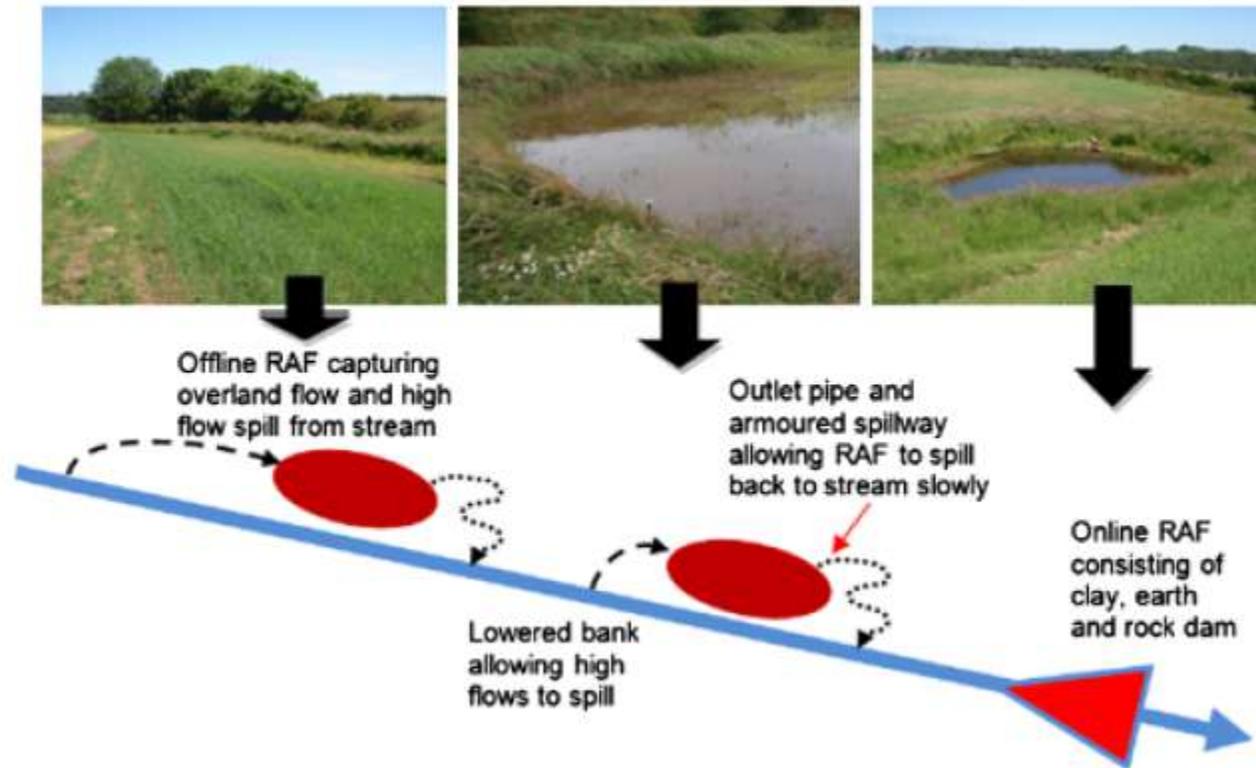
(areal pictures taken from Google earth)

# Belford



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

# Belford



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

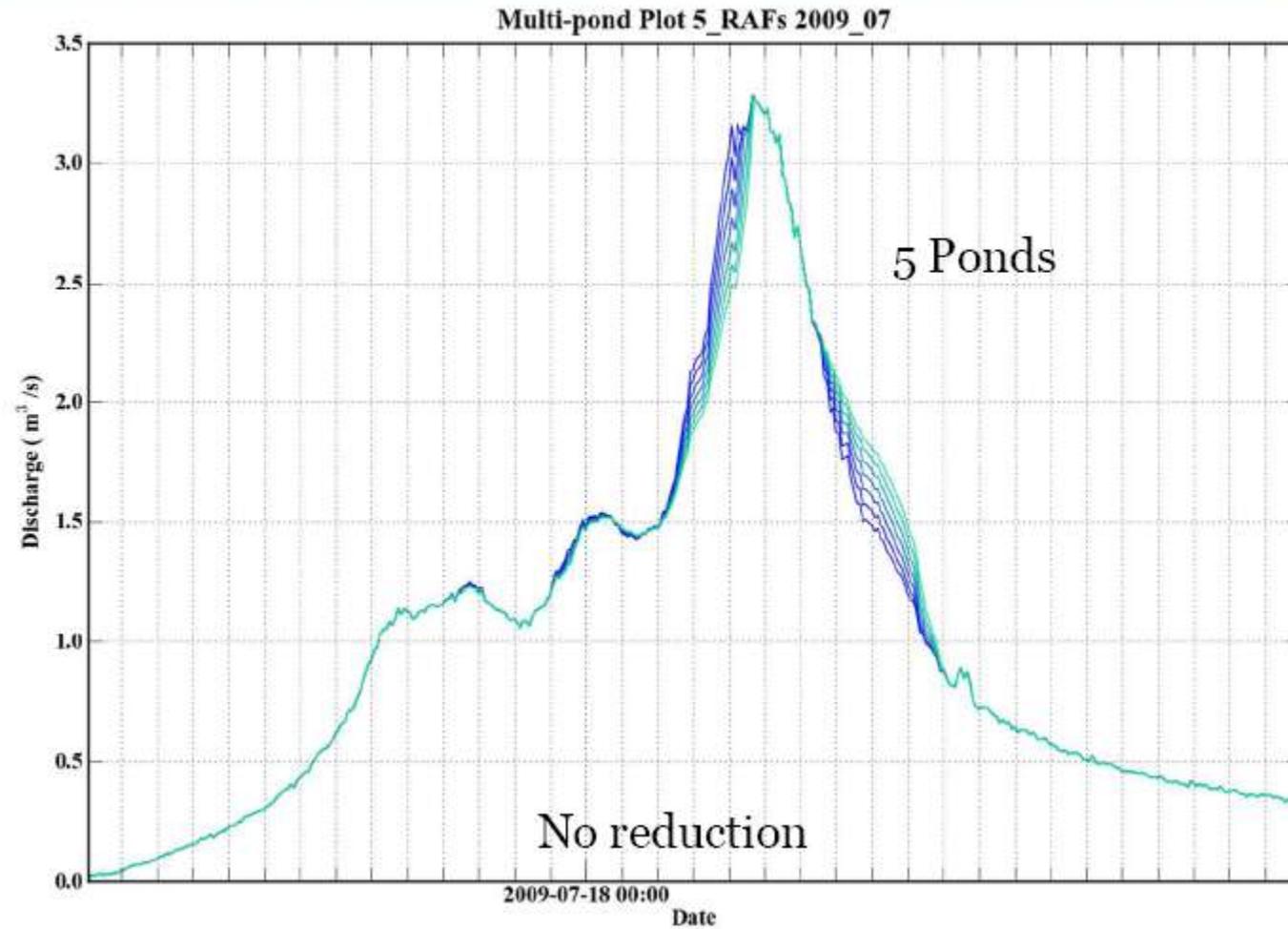
# Belford

96 mm de pluie  
en 36 heures  
(septembre 2008)

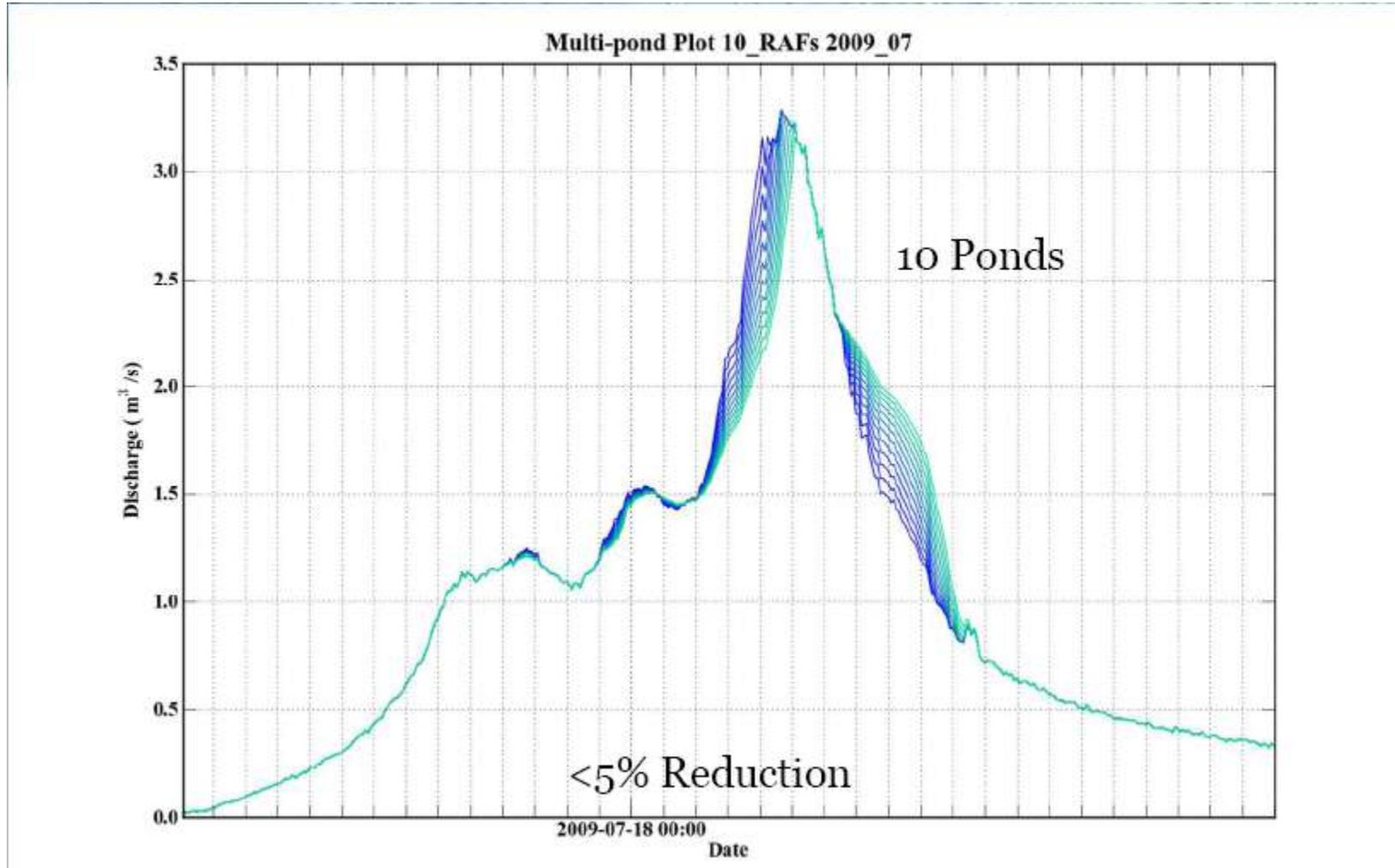


Photos du RAF à pleine capacité (a) et avant la crue du 6 septembre 2008 (b), avec des photos montrant la diversion du cours d'eau pendant (c) et après (d) cet événement (Wilkinson et al., 2010)

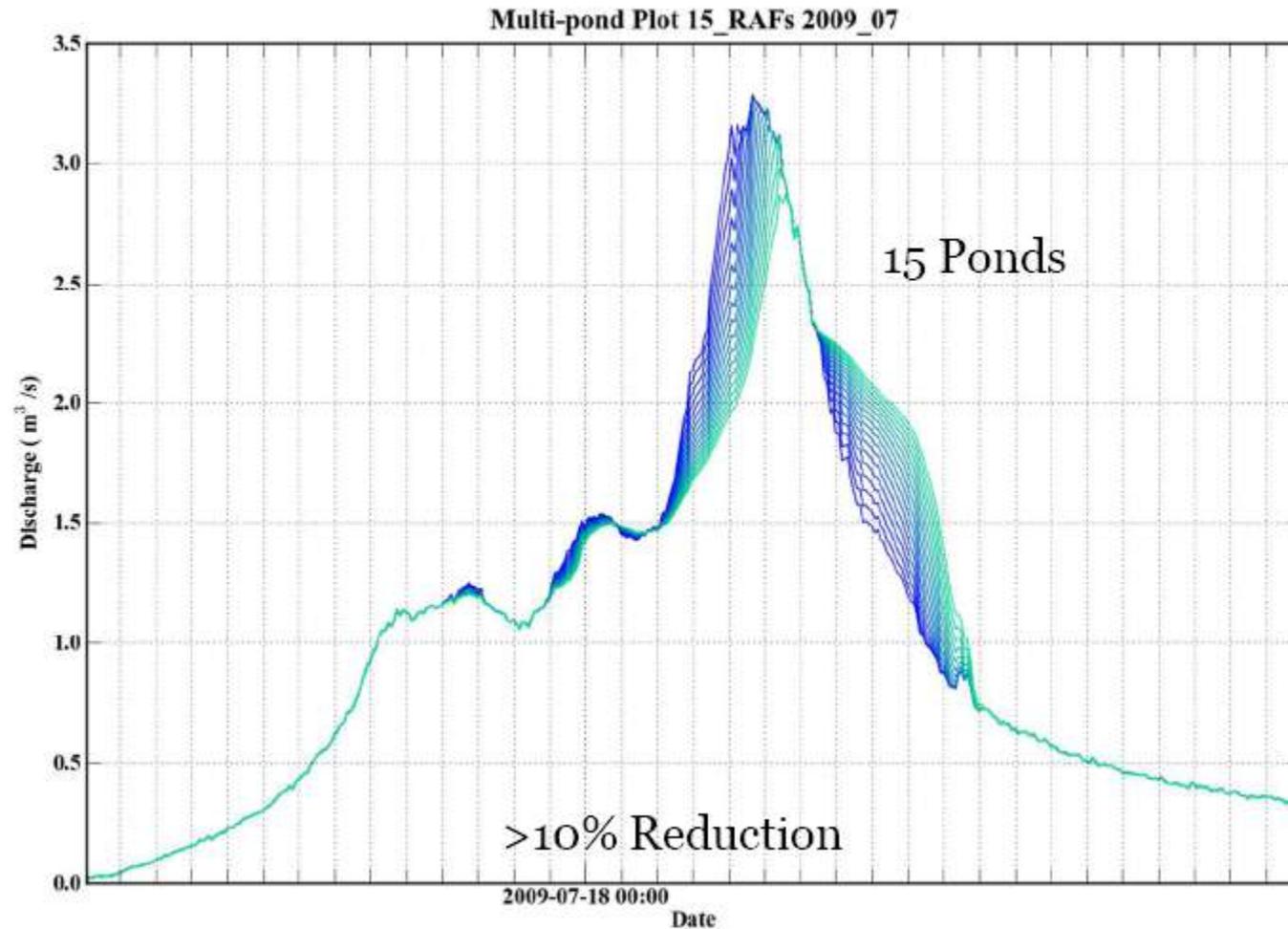
# Belford: Modélisation



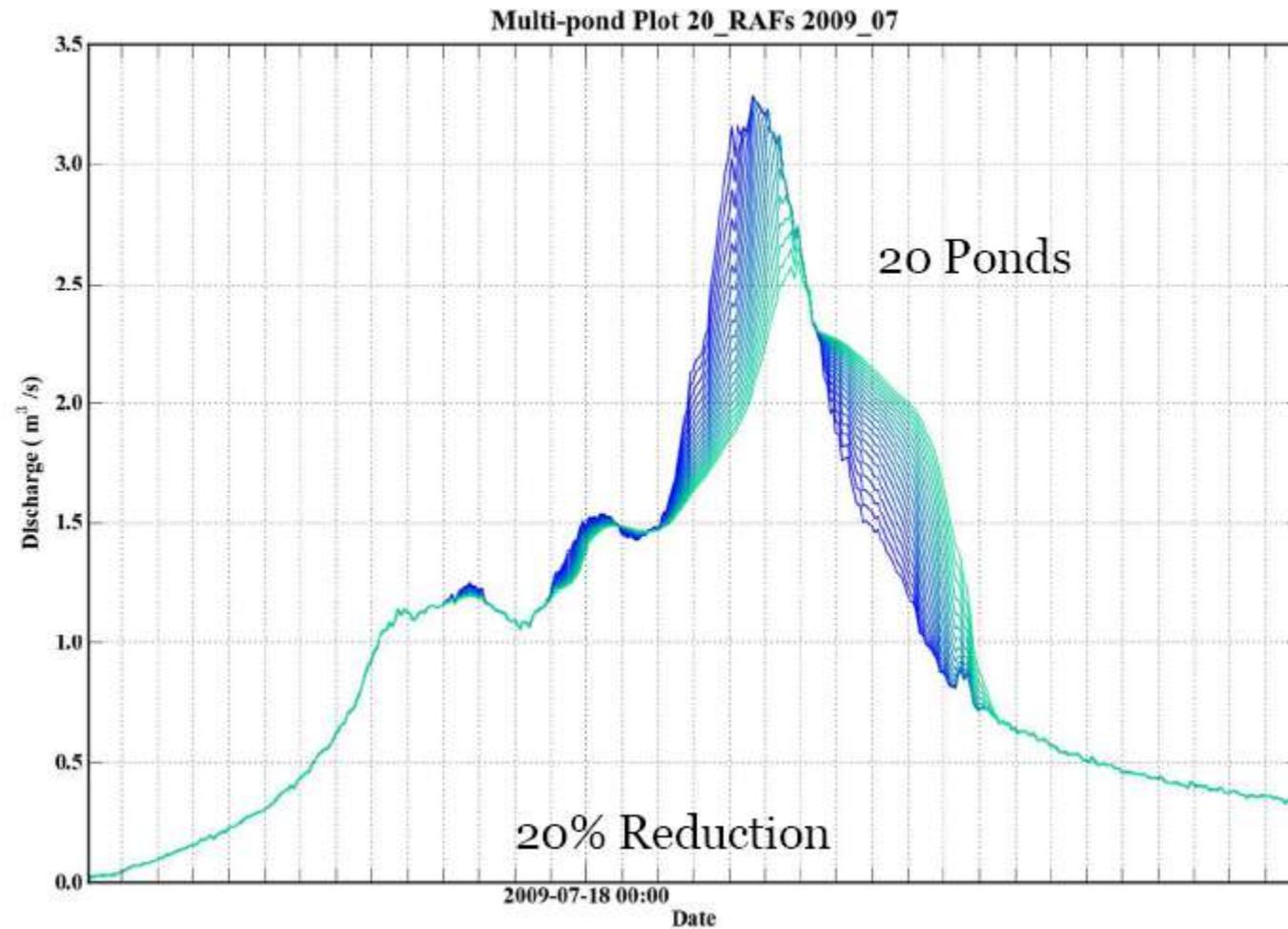
# Belford: Modélisation



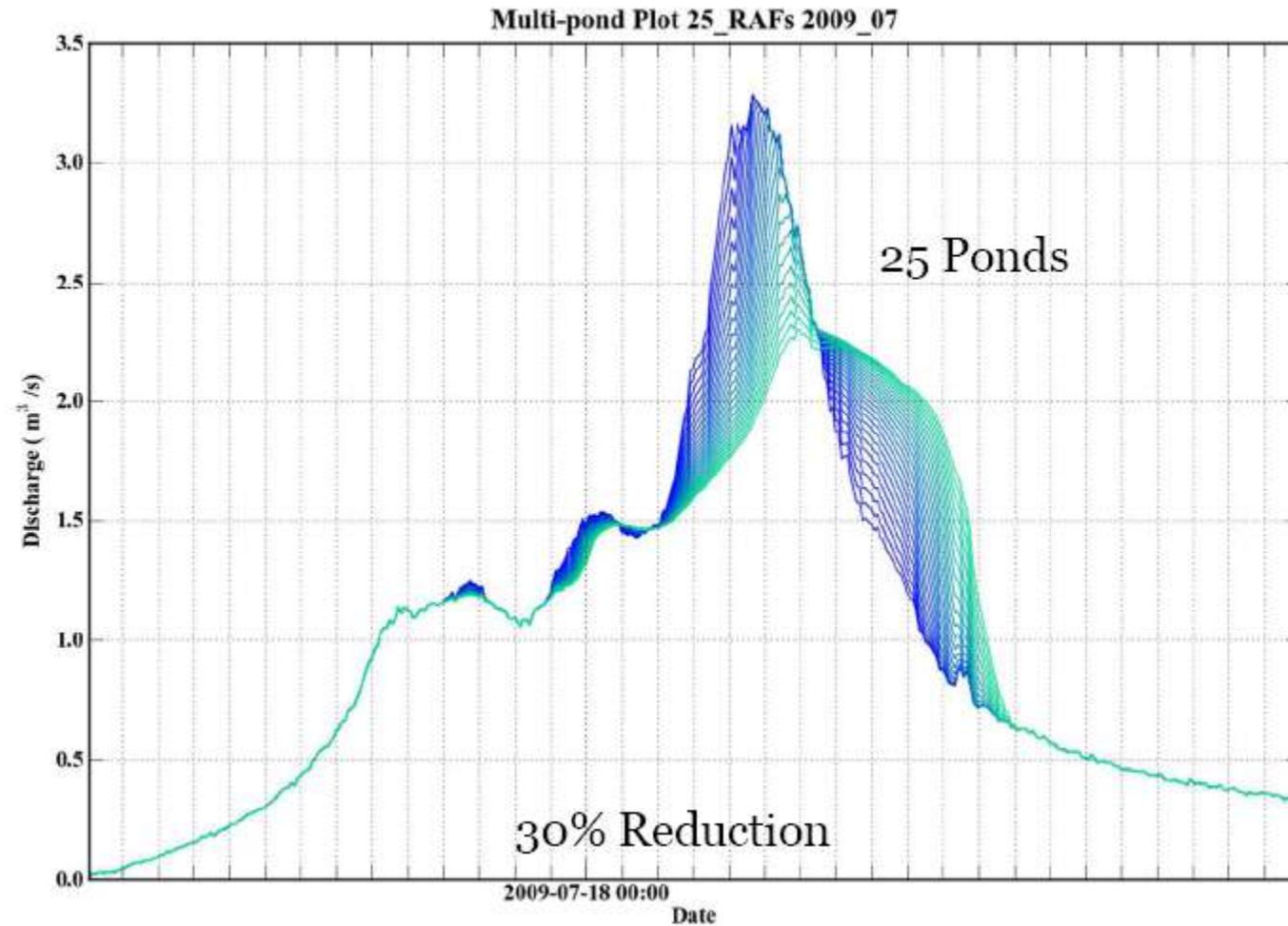
# Belford: Modélisation



# Belford: Modélisation



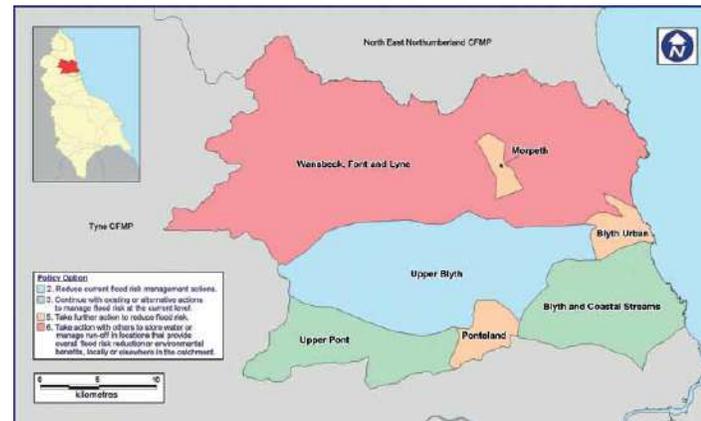
# Belford: Modélisation



# Belford: un exemple inspirant



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



# Étude de cas: Rivière Yzeron (France)



**85 M€**  
Montant des dommages  
générés par les crues  
depuis 1989

**3700**  
personnes exposées  
au risque de crue  
centennale

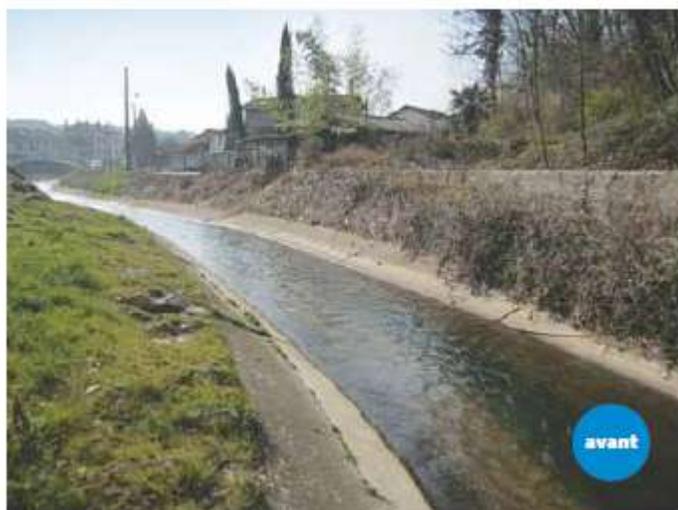
**1000**  
emplois exposés  
au risque de crue  
centennale

## LES AMÉNAGEMENTS À L'ÉCHELLE DU BASSIN VERSANT

-  Des élargissements de lit pour écouler sans débordements une crue trentennale (niveau de la crue de 2003) en aval de la confluence Yzeron/Charbonnières et une crue centennale en amont de la confluence
-  La création de deux retenues sèches (appelées aussi barrages écrêteurs) à Tassin et Francheville pour stocker momentanément les eaux d'une crue trentennale jusqu'à une crue centennale
-  Des bassins de rétention des eaux pluviales



# Rivière Yzeron (restauration complétée en aval)



Oullins  
Les Balmes de la Cadière



## LE RETOUR DES POISSONS DANS L'YZERON À OULLINS

*Une pêche d'inventaire s'est déroulée en octobre 2015. Dans un cours d'eau qui avait été bétonné et déserté par les poissons depuis plusieurs décennies, plus de dix espèces différentes ont été pêchées. Parmi les plus emblématiques, la truite fario et le vairon.*

*Ce repeuplement est une conséquence directe des travaux. Ils ont permis la renaturation du secteur en diversifiant au maximum les écoulements, en implantant une végétation adaptée, et en positionnant des souches et des enrochements, afin d'offrir des habitats favorables à la vie piscicole.*



# Rivière Yzeron (restauration en cours en amont)



Chantier de l'Yzeron, secteur amont, 21 novembre 2016

# Rivière Yzeron

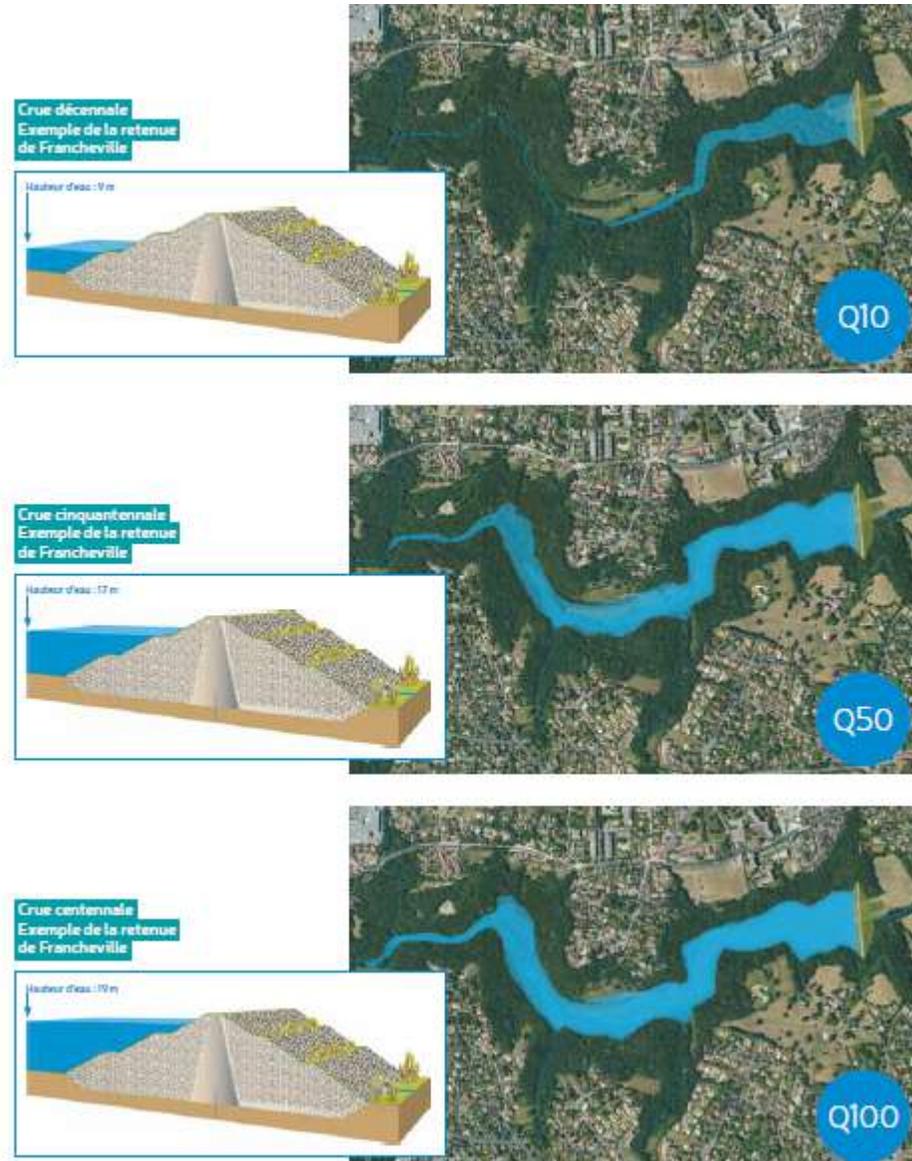
Crue du 22 novembre  
2016, récurrence estimée  
entre 10 et 20 ans,  
vitesses de plus de 3 m/s



Photo: Christophe Moiroud (Compagnie Nationale du Rhône)

# Rivière Yzeron

Pour chaque euro investi, le projet rapporte un bénéfice de 2,74 euros, sans même prendre en compte les bénéfices environnementaux



# Rôle des milieux humides

**INTACT CENTRE**  
ON CLIMATE ADAPTATION



Centre de recherche appliqué fondé en 2015 par Intact Assurance...



## **When the Big Storms Hit**

**The Role of Wetlands to Limit Urban and Rural Flood Damage**

**Prepared for the Ontario Ministry of  
Natural Resources and Forestry**

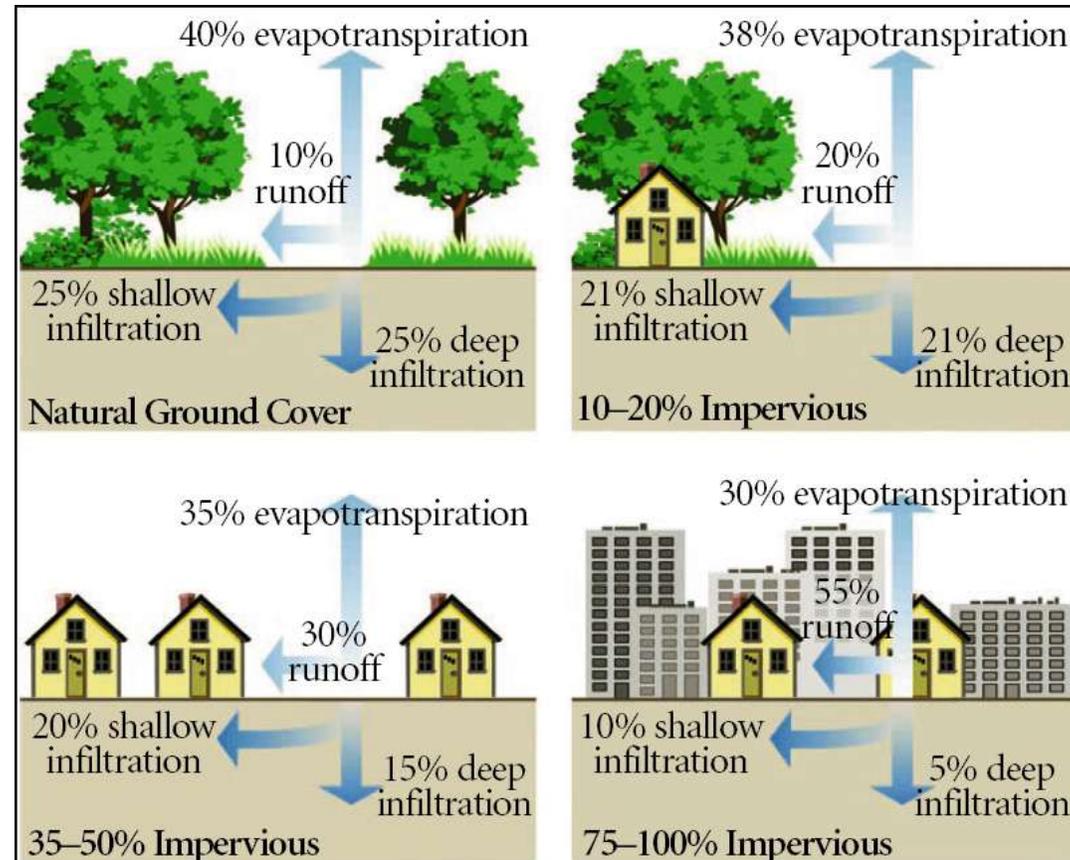
Natalia Moudrak, Anne-Marie Hutter, Dr. Blair Feltmate  
Intact Centre on Climate Adaptation

July 2017

- Étude de l'impact des milieux humides sur les inondations dans 2 bassins du sud de l'Ontario (Mississauga et Waterloo)
- Économie de coûts estimés de 29% en milieu rural et 38% en milieu urbain

# Solution #2: utilisation accrue des infrastructures vertes en milieu urbain

- Infiltration: facteur clé pour réduire les débits de pointe



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

# Quelques exemples ailleurs dans le monde

## 海绵城市 Sponge City

Chine

海绵城市是指城市能够像海绵一样，在适应环境变化和应对自然灾害等方面具有良好的“弹性”，下雨时吸水、蓄水、渗水、净水，需要时将蓄存的水“释放”或加以利用。



<http://www.initiatives.com.hk/sponge-city.html>

## The Vermont Rain Garden Manual “Gardening to Absorb the Storm”

Helping to protect and restore Vermont's rivers and lakes.





Rehabilitation Highlight

[YOUR WATERSHED](#)[WATERSHED ISSUES](#)[WHAT WE'RE DOING](#)[WHAT'S IN IT FOR YOU](#)

## Events

### Residents

[Clean Stormwater Tips](#)[Automobile Maintenance](#)[Backyard Stream Buffer](#)[Lawn & Garden Care](#)[Pet Waste](#)[Winter Ice Removal](#)

### Green Home Projects

[Container Gardens](#)[Depave Your Yard](#)[Downspout Planters](#)[Dry Well](#)[Green Roofs](#)[Porous Paving](#)[Rain Gardens](#)[Trees](#)[Wildflower Meadow](#)

### Rain Check

[Water Main Breaks](#)[Recycling & Clean-up](#)

## Porous Paving

### What is Porous Paving?

- Porous paving is a way to redesign the paved surfaces around your property, such as driveways, walkways and patios, to help manage stormwater.
- Porous paving can mean paving stones, bricks or pavers or a special mix of concrete or asphalt that has pores for water to soak through.

### Why Install Porous Paving?

- Paved areas cause water to "sheet" into storm drains, carrying pollution to our sewers and waterways.
- Porous paving mimics the way that natural land absorbs water and allows water to filter through the soil and recharge groundwater aquifers.
- Porous pavement performs just as well as conventional asphalt or concrete, and is very similar in cost.
- Porous pavement can help to prevent slick driveways and walkways as well as flooding.
- Pavers are an attractive alternative to concrete and asphalt that will provide a unique look for your yard and home.



# Permeable Pavements



Permeable Pavements Task Committee

EDITED BY

Bethany Eisenberg, LEED AP

Kelly Collins Lindow, PE

David R. Smith

**ASCE**



ENVIRONMENTAL &  
WATER RESOURCES  
INSTITUTE

2015

American Society of Civil Engineers

# Trame bleue verte et résilience des villes

## Flood Resilient Cities: *the Blue-Green Advantage*



Colin Thorne

University of Nottingham and KCB/ESA



[bluegreencities.ac.uk](http://bluegreencities.ac.uk)

EPSRC  
Pioneering research  
and skills

Environment  
Agency

RIVERS  
Agency



EPSRC Grant EP/K013661/1

## Séoul (Corée du Sud)

### Cheonggyecheon Canal



Seoul <https://www.quora.com/Is-it-possible-to-purify-the-Cooum-River-in-Chennai-and-bring-it-back-as-it-was-in-the-1940s>

# Au Québec



The screenshot shows the website for Écogénie. At the top, there is a navigation bar with links for 'Accueil', 'Carrières', 'Plan du site', and 'LinkedIn'. The company logo 'écogénie' is on the left. Below the logo is a menu with categories: 'NOUVELLES', 'ÉQUIPE', 'SERVICES', 'EXPERTISES' (highlighted in green), 'RÉALISATIONS', and 'CONTACT'. A search bar labeled 'Recherche' is on the right, and a button for 'ACCÈS CLIENT' is at the bottom right of the menu. The main heading is 'GESTION DES EAUX'. Below this is a large image of a pond with a wooden structure in the foreground. To the right of the image is a text block describing the company's services in water management.

Accueil Carrières Plan du site LinkedIn

Recherche

NOUVELLES ÉQUIPE SERVICES **EXPERTISES** RÉALISATIONS CONTACT ACCÈS CLIENT

## GESTION DES EAUX



Écogénie œuvre dans la gestion des **eaux de pluie** et de **drainage**, par la caractérisation des milieux hydrauliques, l'élaboration de plans de gestion, la conception d'ouvrages tels que des **marais**, des **bassins de rétention** et de **sédimentation**, des **zones de bio-rétention**, de **jardins de pluie** et de tous les éléments permettant de répondre aux objectifs du *Guide québécois de la gestion des eaux pluviales*.

Écogénie offre également ses services pour le suivi de la **qualité de l'eau**, autant au niveau chimique que microbiologique.

Voir aussi la section [Éco-ingénierie](#) pour les cours d'eau  
Voir aussi la section [Mise en valeur et gestion des milieux naturels](#) pour les milieux humides



Stationnement près du magasin Mountain Equipment, Longueuil Vinci Consultants, <http://www.vinciconsultants.com/realisations.php>

Des exemples de chocs et de stress que l'on pourrait subir à Montréal :

CHOC	STRESS	CHOC
<ul style="list-style-type: none"> <li>Attentat terroriste</li> <li>Cyberattaque</li> <li>Pandémie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Congestion</li> <li>Vieillesse des infrastructures</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Accident industriel majeur</li> <li>Contamination de l'eau potable</li> <li>Tremblement de terre</li> </ul>



STRESS	CHOC	STRESS
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pauvreté</li> <li>Inégalités sociales</li> <li>Criminalité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tempête de verglas</li> <li><b>Inondation</b></li> <li>Chaleur extrême</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Changements climatiques</li> <li>Crise économique</li> </ul>

<https://resilient.montreal.ca/>

TRAME VERTE ET BLEUE DU GRAND MONTRÉAL

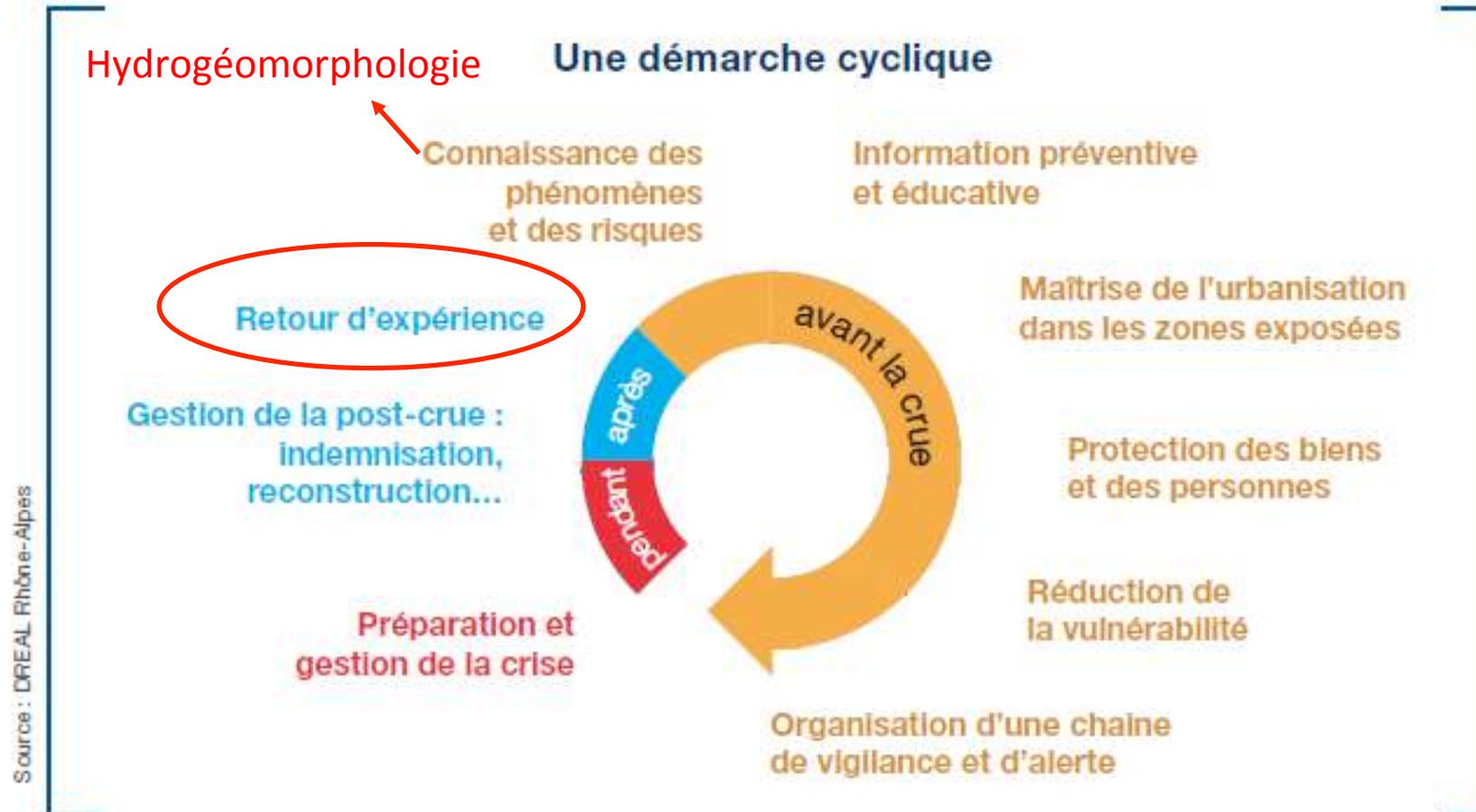
Depuis 2002  
**104** projets

Protection et mise en valeur  
**des milieux naturels**

Accent mis sur la vocation récréotouristique - Aucune mention de la gestion des inondations

<http://cmm.qc.ca/fr/champs-intervention/environnement/dossiers-en-environnement/trame-verte-et-bleue-du-grand-montreal/>

# Boucle de gestion intégrée proactive



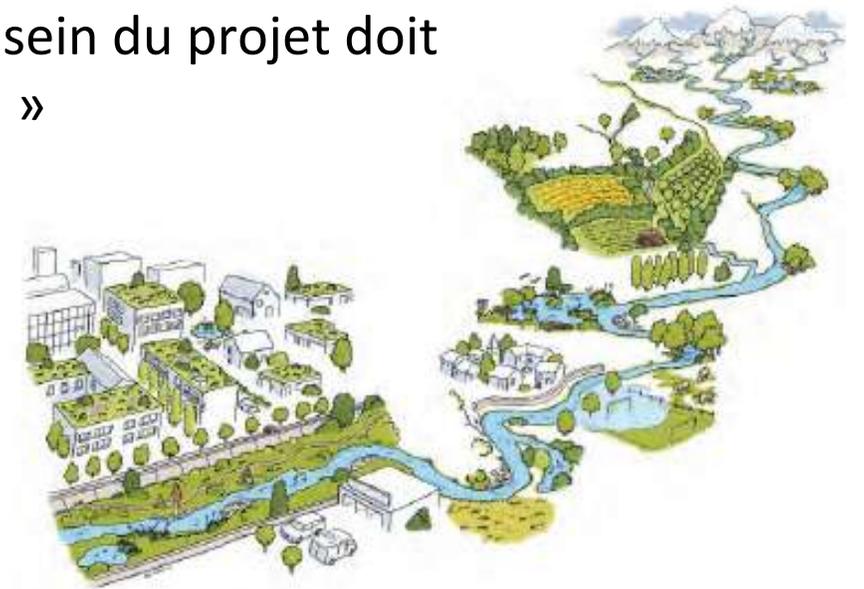
Retour d'expérience = étape manquante au Québec

# Gestion proactive: Solidarité amont-aval

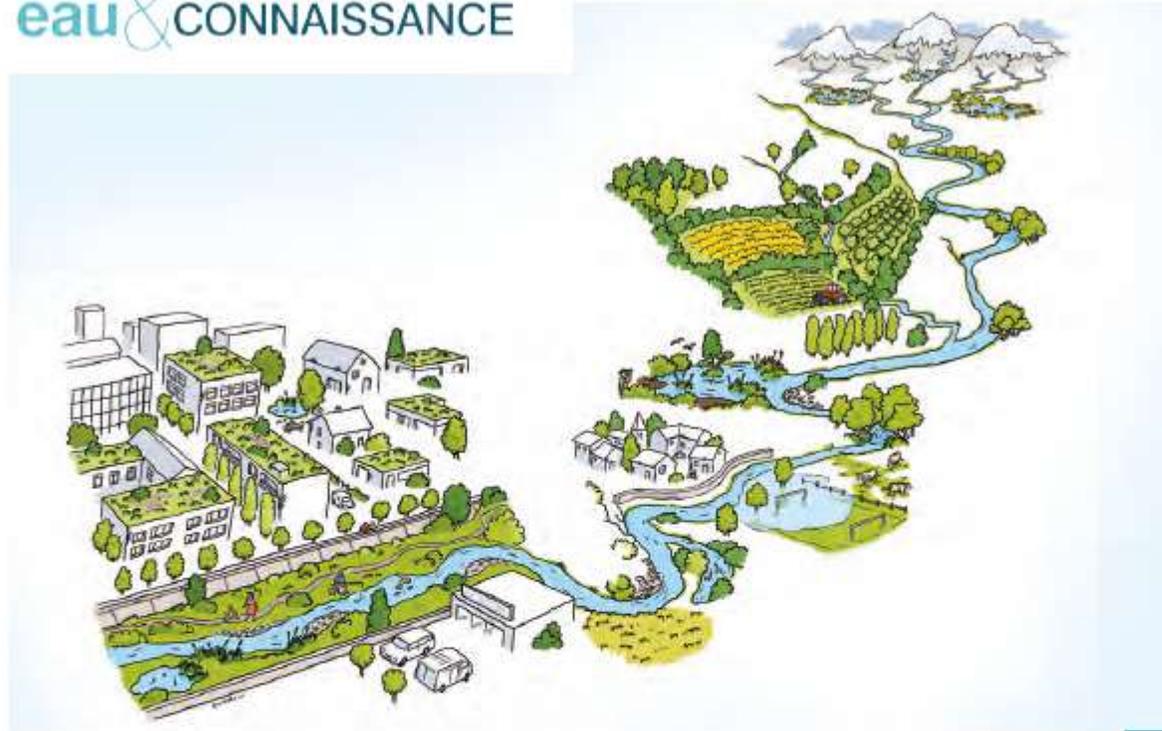


[http://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/20160422\\_guidetactiviteagricoleespacesnaturelsvoletactiviteagricole.pdf](http://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/20160422_guidetactiviteagricoleespacesnaturelsvoletactiviteagricole.pdf)

« En contrepartie du service rendu par l'amont du bassin en termes de gestion des inondations, l'intégration des communes [municipalités] bénéficiaires des aménagements situés en aval au sein du projet doit être encouragée. »



[https://www.eaurmc.fr/fileadmin/grands-dossiers/documents/GEMAPI/Grands\\_principes\\_VF1-WEB.pdf](https://www.eaurmc.fr/fileadmin/grands-dossiers/documents/GEMAPI/Grands_principes_VF1-WEB.pdf)



Changement de  
paradigme

## POUR UNE NOUVELLE GESTION DES RIVIÈRES

LES ACTIONS À L'HEURE  
DE LA GEMAPI

Mai 2015

Gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations

Rivières et inondations



**POUR UNE NOUVELLE  
GESTION DES RIVIÈRES**

LES ACTIONS À L'HEURE  
DE LA GEMAPI

Rivières et inondations

# Sommaire

---

Introduction .....	2
<b>1 Laisser plus d'espace à la rivière .....</b>	<b>3</b>
1.1 Décloisonner la rivière en prenant en compte les enjeux à proximité .....	3
1.2 Accroître les champs d'expansion des crues pour stocker l'eau .....	4
1.3 Rationaliser l'implantation des ouvrages de protection contre les crues .....	5
<hr/>	
<b>2 Ralentir les écoulements de la rivière .....</b>	<b>6</b>
2.1 Restaurer le caractère naturel de la rivière pour dissiper son énergie .....	6
2.2 Laisser les sédiments circuler .....	7
2.3 Replanter la végétation des berges pour freiner l'eau .....	8
<hr/>	
<b>3 Gérer l'eau par bassin versant .....</b>	<b>9</b>
3.1 Mobiliser les capacités de rétention de l'eau sur l'ensemble du bassin versant .....	9
3.2 Etudier plusieurs scénarios d'action pour adopter le meilleur .....	10
3.3 Consolider la solidarité entre l'amont et l'aval du bassin versant .....	10

# Conclusions

- Une gestion intégrée par bassin versant qui inclut les concepts hydrogéomorphologiques est essentielle pour mieux gérer les inondations
- L'applicabilité de plusieurs exemples inspirants, notamment en Europe avec la directive inondation depuis 2007, devrait être analysée au Québec tant en milieu agricole qu'urbain
- Atténuation des inondations: pour chaque 1\$ investi en prévention, entre 3 et 5\$ économisés

# Remerciements



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

- Thomas Buffin-Bélangier, Simon Massé (UQAR)
- Guénoilé Choné (Concordia)
- Marie Larocque (UQAM)

Fondsvert Québec 



Développement durable,  
Environnement,  
Faune et Parcs  
Québec 

Sécurité publique  
Québec 

