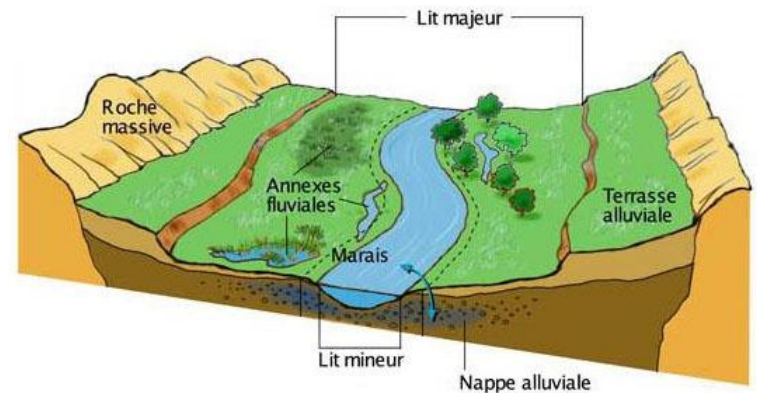
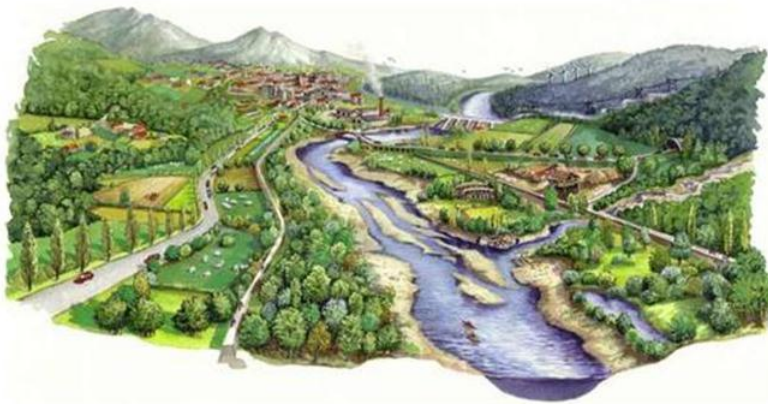


# Les milieux humides riverains: un rôle essentiel dans l'espace de liberté des rivières

Pascale Biron

Département de géographie,  
urbanisme et environnement



# Gestion durable des cours d'eau au Québec?

- ▶ Bandes riveraines, mais aussi beaucoup d'interventions



# Autre mode de gestion: espace de liberté (basé sur l'hydro-géomorphologie)

- ▶ Les méandres migrent latéralement



Photo: Copyright Louis Maher; Earth Science World Image Bank

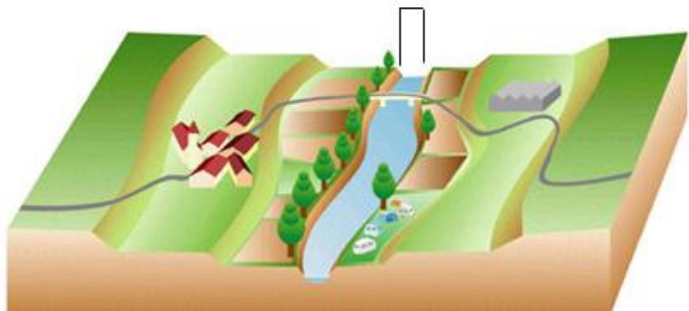
- ▶ Les rivières débordent de leur lit régulièrement



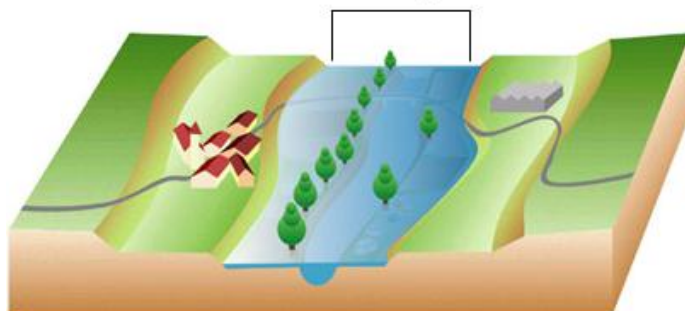
<http://www.mfwcc.org/floodplain.html>

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

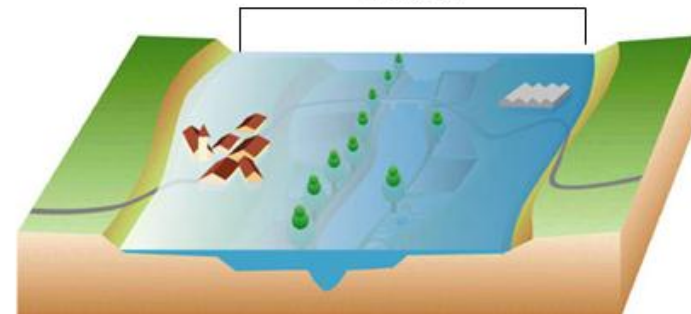
Lit Mineur



Lit moyen



Lit Majeur



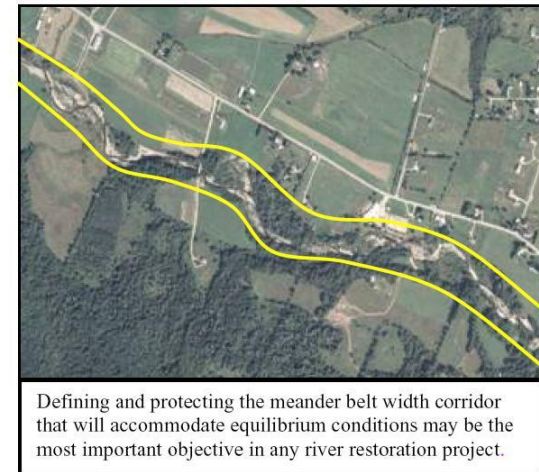
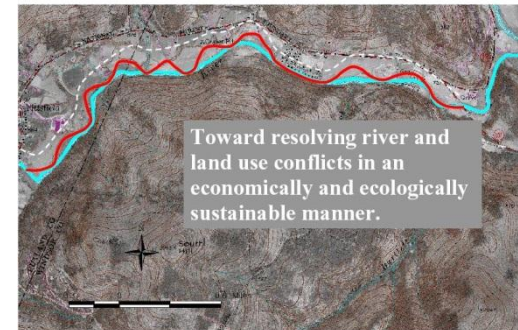
# Espace de liberté: une tendance vers un changement de mode de gestion à l'échelle mondiale



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

November 20, 2006

## Alternatives for River Corridor Management Vermont DEC River Management Program



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 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 occurred 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 through improved tourism and recreational opportunities.*

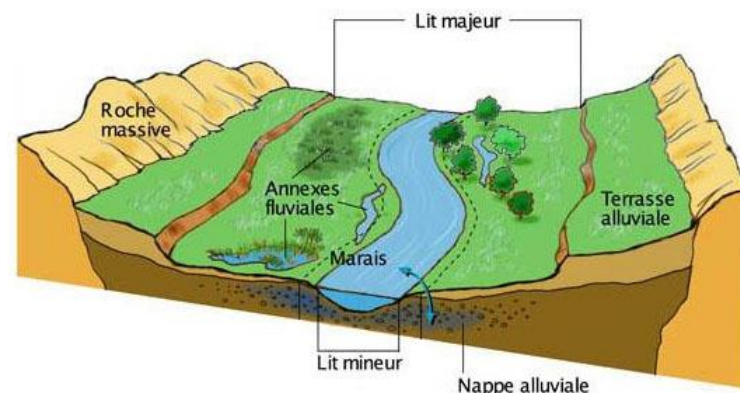
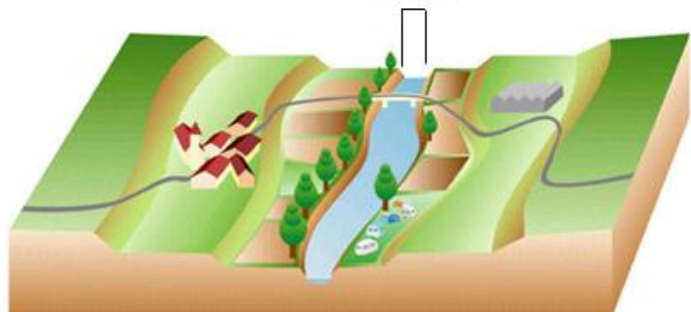
Activités récréatives (\$\$) ↑

*Renews the spirit of communities along the river.*

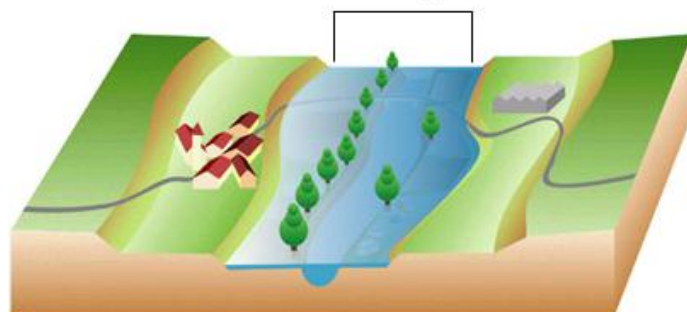
Esprit communautaire ↑

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

Lit Mineur

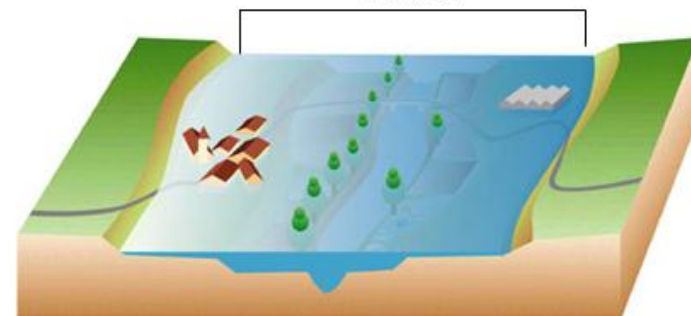


Lit moyen



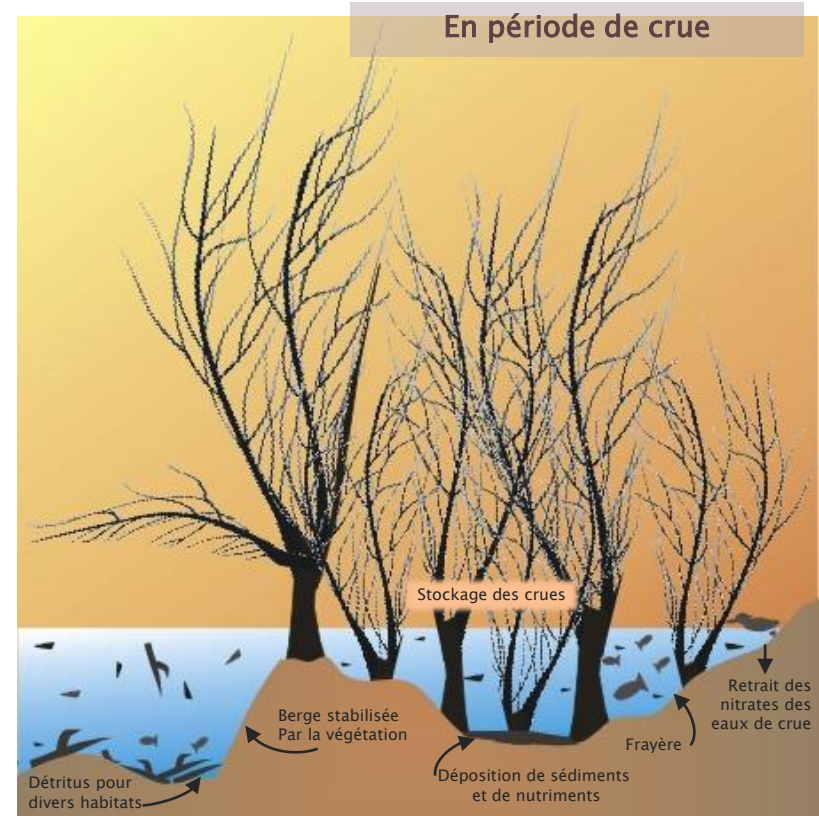
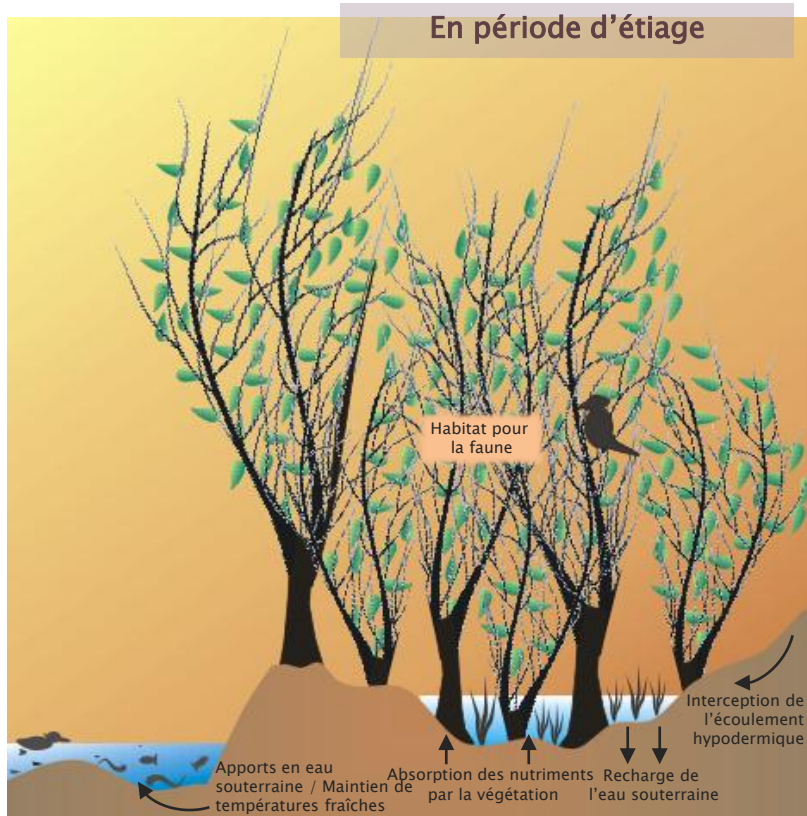
+ milieux humides  
(espace d'intégrité)

Lit Majeur





# Échanges nappe-rivière: variables dans le temps et dans l'espace



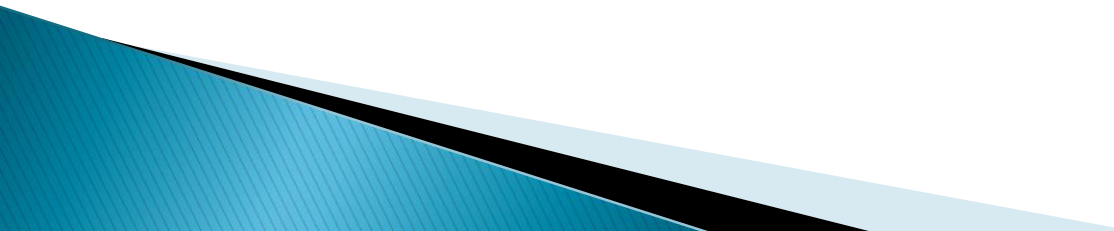
# Connectivité milieu humide riverain et tronçon fluvial: essentielle mais peu documentée

Un exemple de restauration pour recréer la connectivité latérale de la rivière Calapooia (Oregon)



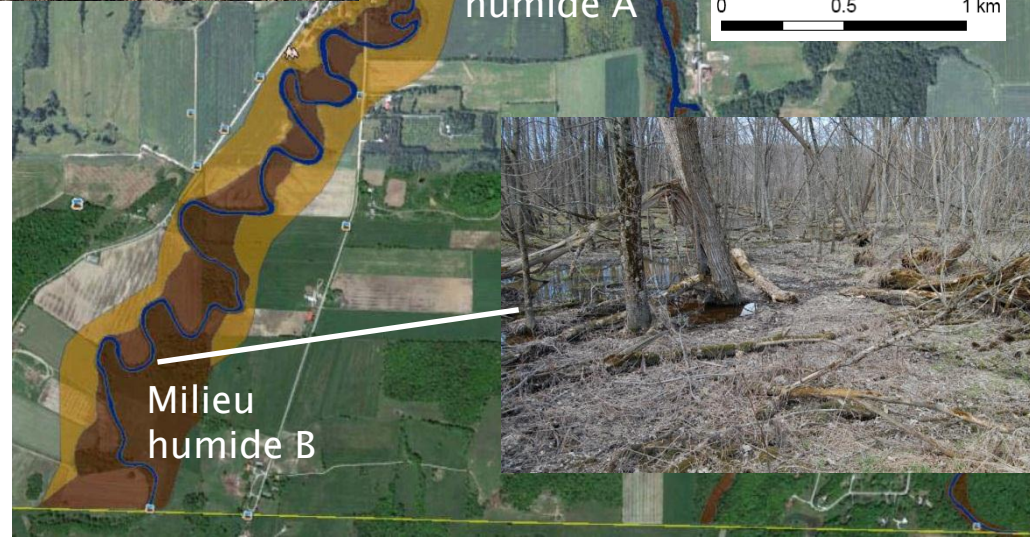
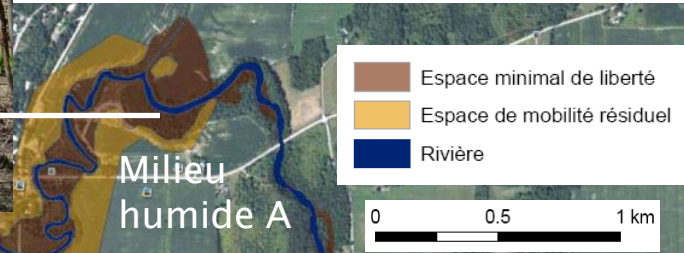
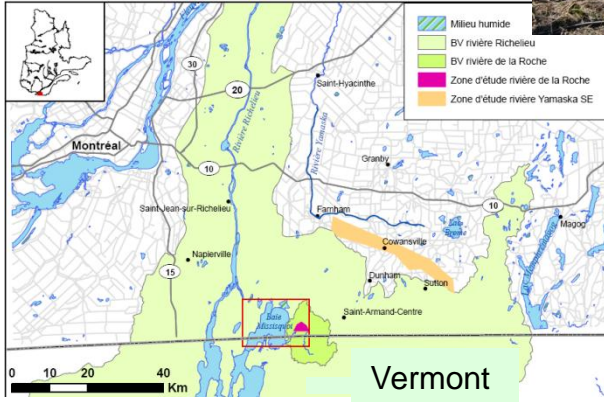
<http://www.hendersondesign-build.com>

# Objectifs:

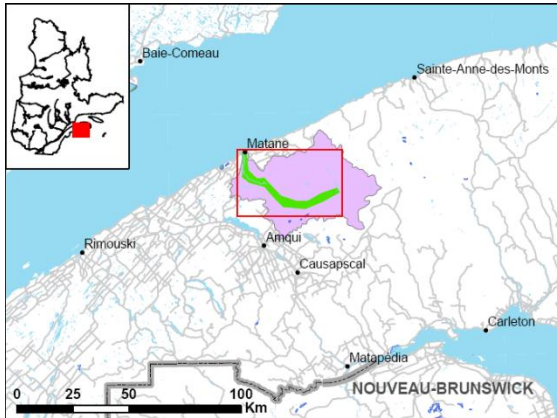
- ▶ Mieux comprendre le rôle des milieux humides riverains et de la plaine alluviale dans l'espace de liberté dans deux cours d'eau du Québec: rivière de la Roche et rivière Matane
  - ▶ Examiner les contrastes dans la connectivité entre les zones riveraines et le tronçon fluvial
- 

# Sites:

## Rivière de la Roche



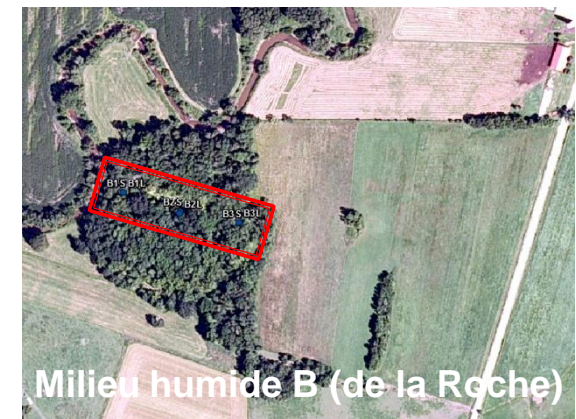
## Rivière Matane



Plaine alluviale

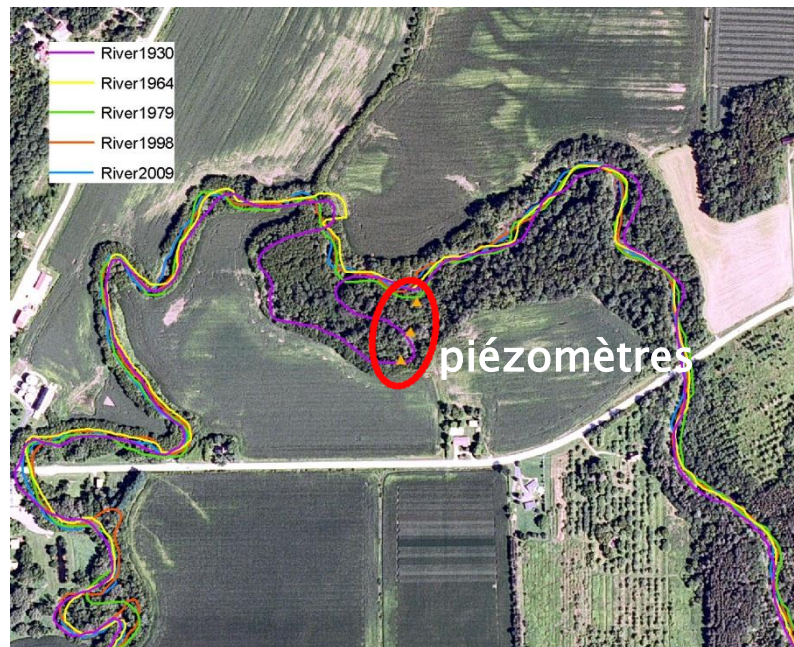
# Instrumentation

- ▶ Piézomètres
- ▶ Sondes de niveau d'eau (cours d'eau et piézomètres)
- ▶ Sondes de températures (Hobo, Solinst et DTS, de la Roche)
- ▶ Relevés de terrain (de la Roche)
  - pH, conductivité électrique, charge hydraulique, végétation, radon, isotope stable O-18

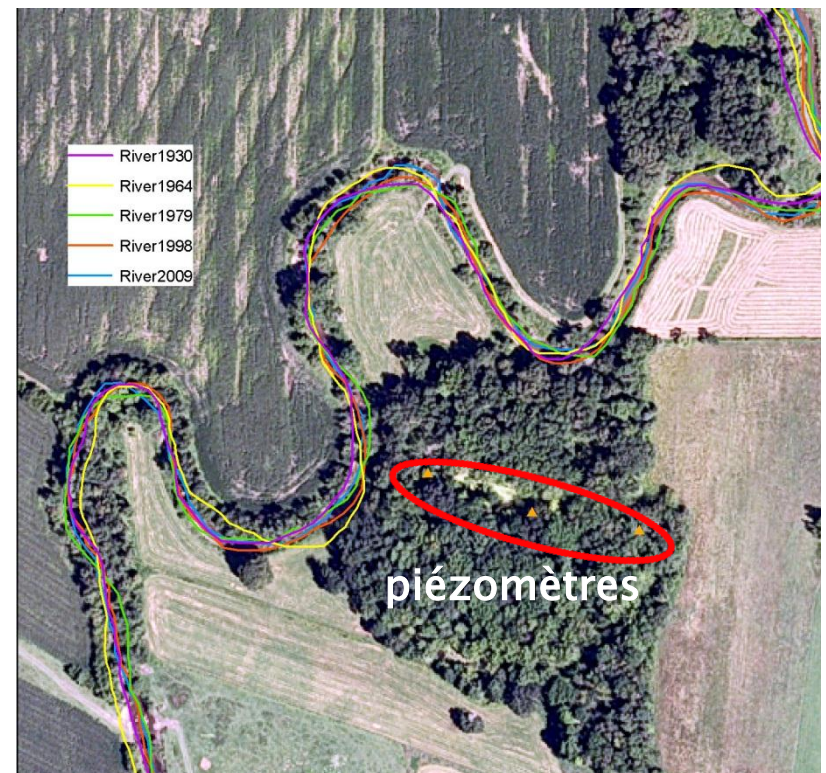


# Rivière de la Roche

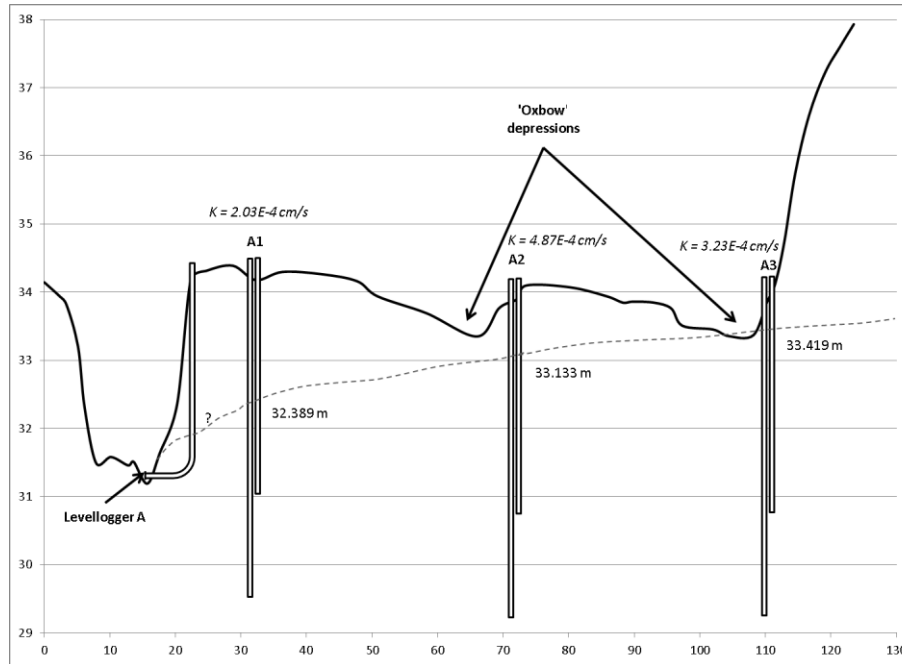
Milieu A: ancien bras de méandre



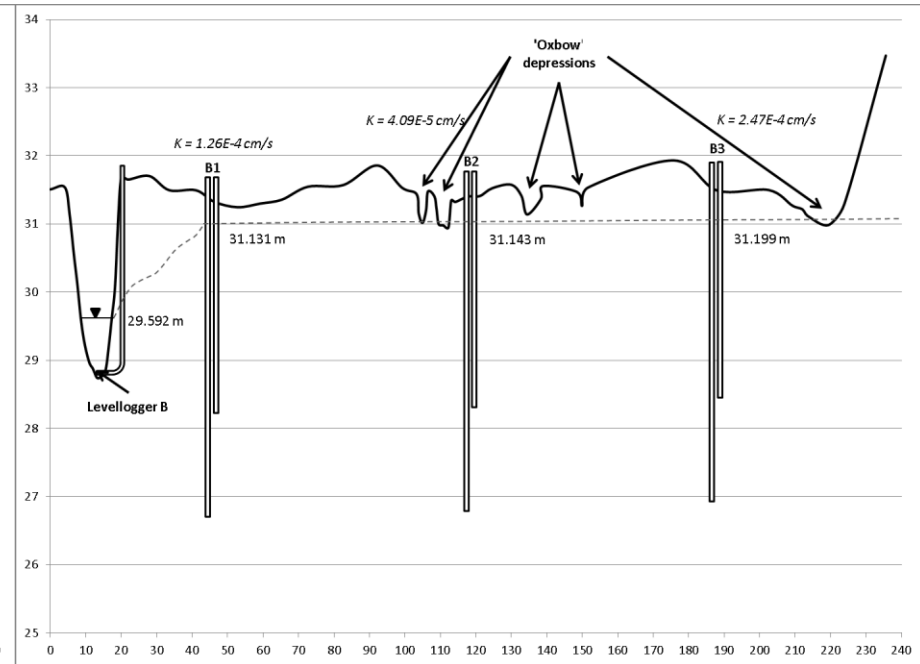
Milieu B:  
Rivière stable depuis 80 ans



# Rivière de la Roche: piézomètres

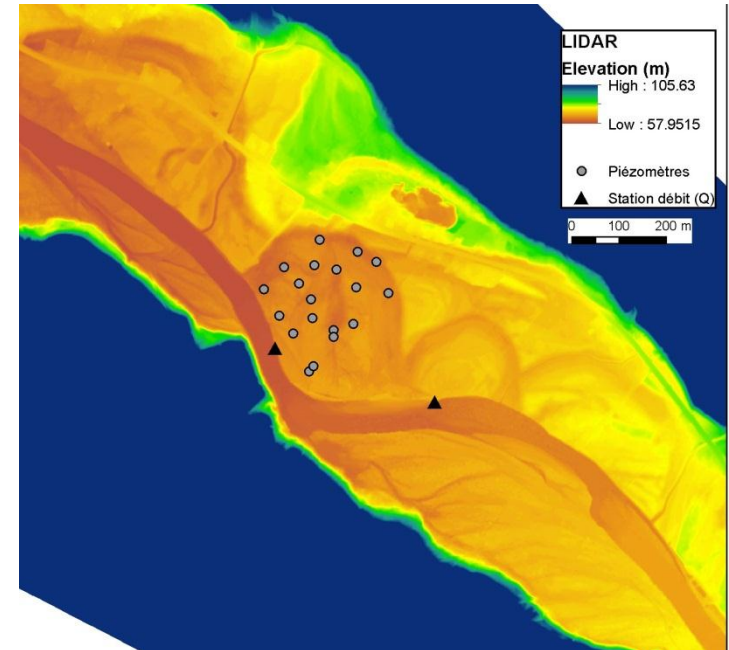
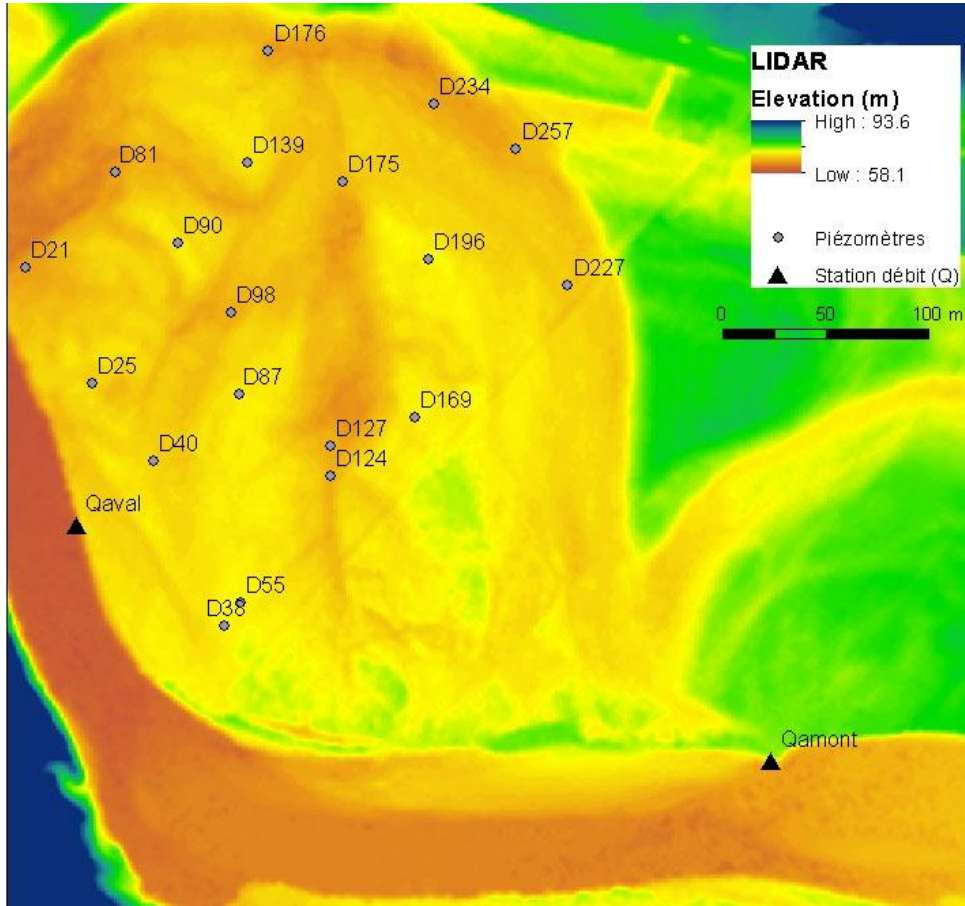


Milieu humide A



Milieu humide B

# Rivière Matane: plaine alluviale (dynamique des méandres)

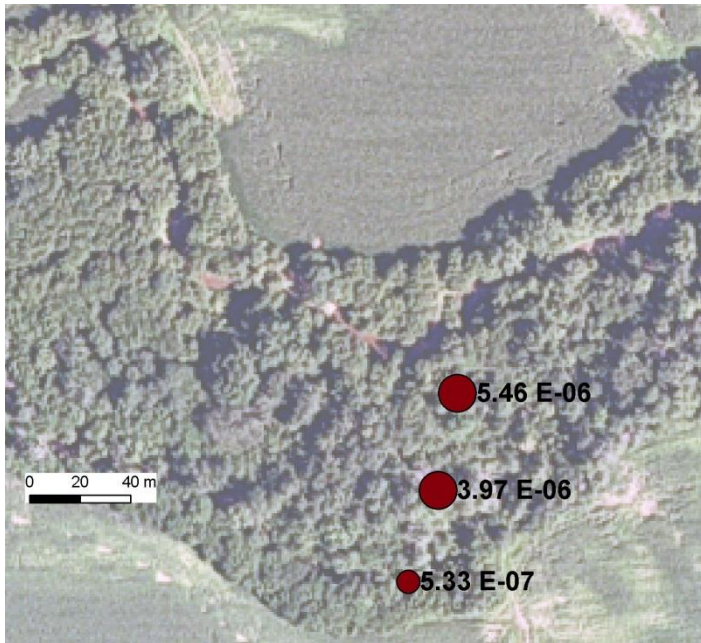




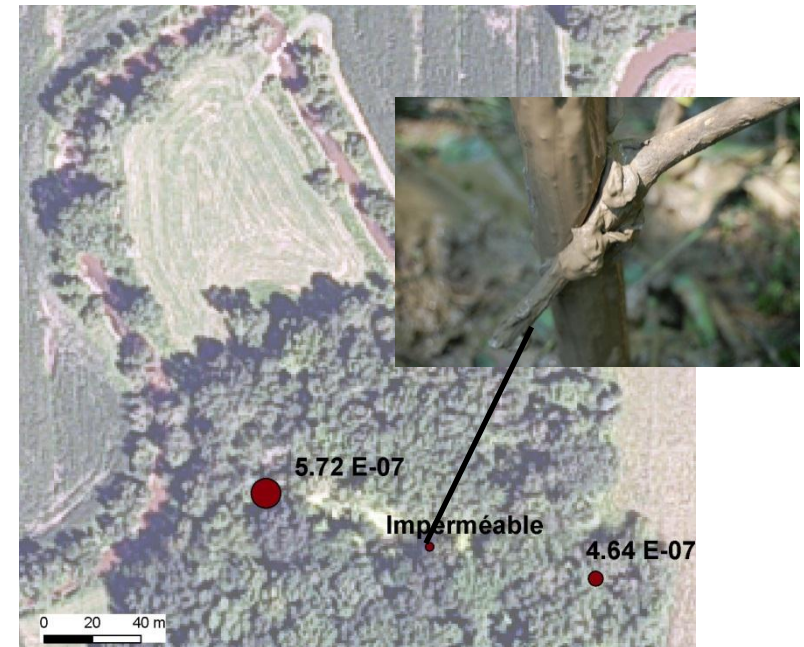
# Conductivité hydraulique

- ▶ De la Roche (contraste entre les deux milieux humides)

Milieu A:  
 $5.3 \cdot 10^{-7} < K < 5.5 \cdot 10^{-6}$



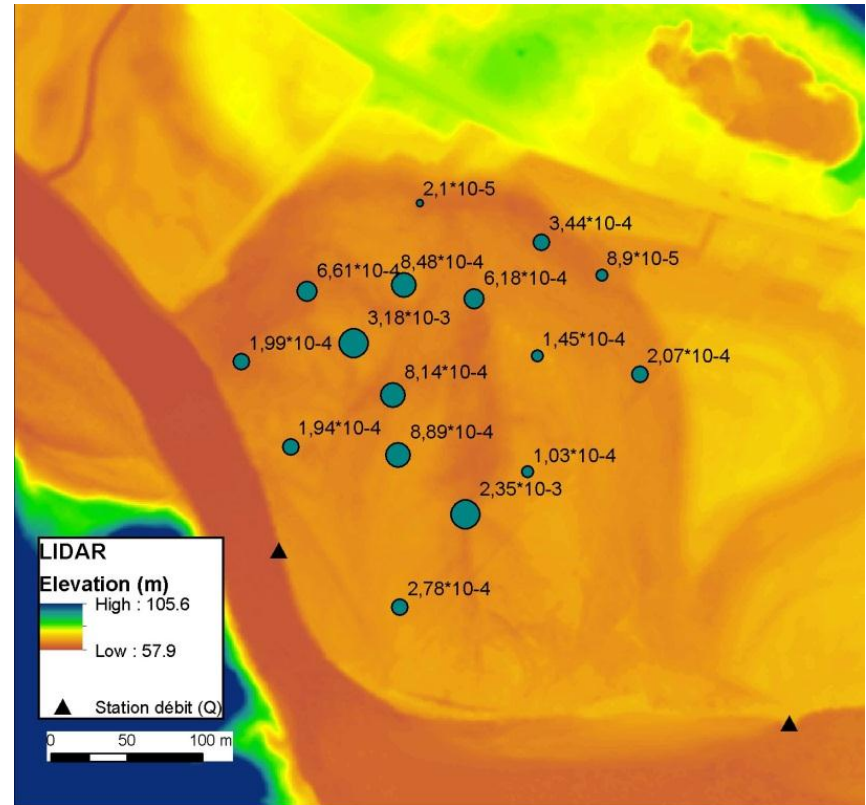
Milieu B:  
 $0 < K < 8.7 \cdot 10^{-7}$



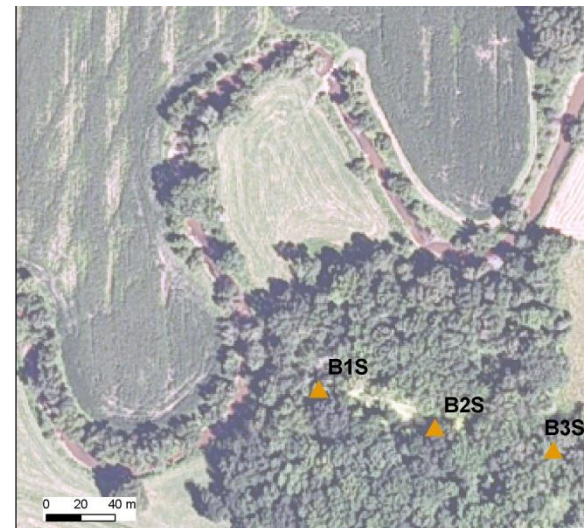
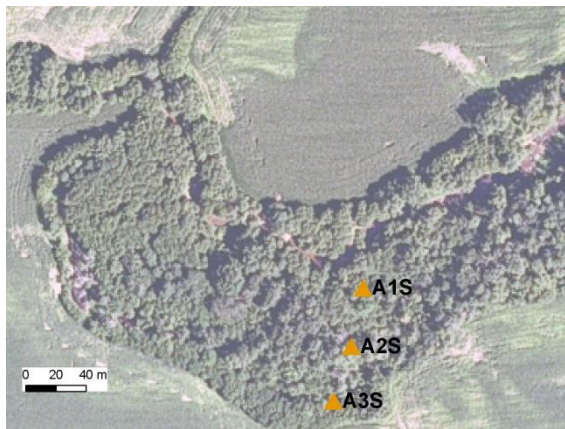
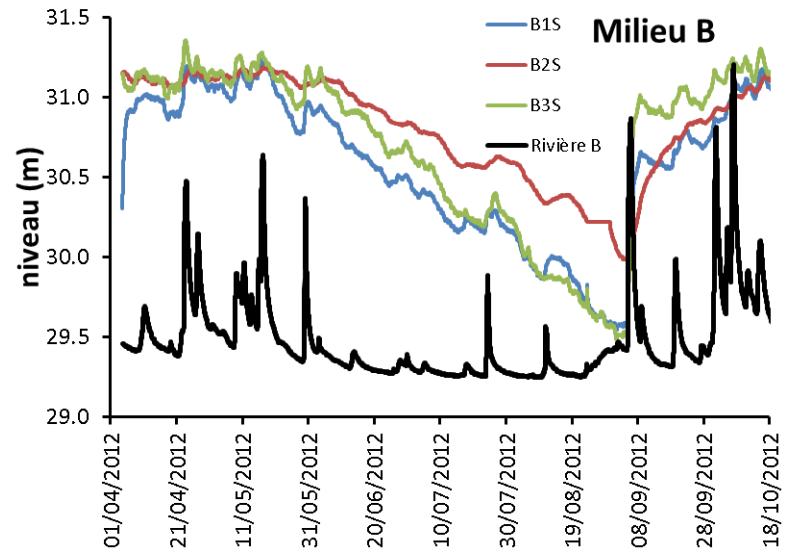
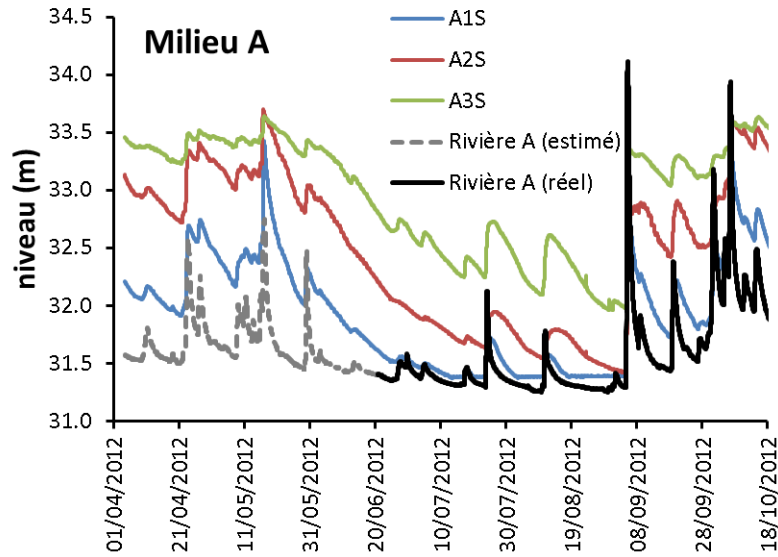
# Conductivité hydraulique

- ▶ Rivière Matane: nettement plus élevée que sur la De la Roche

$$2.1 \cdot 10^{-5} < K < 3.2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

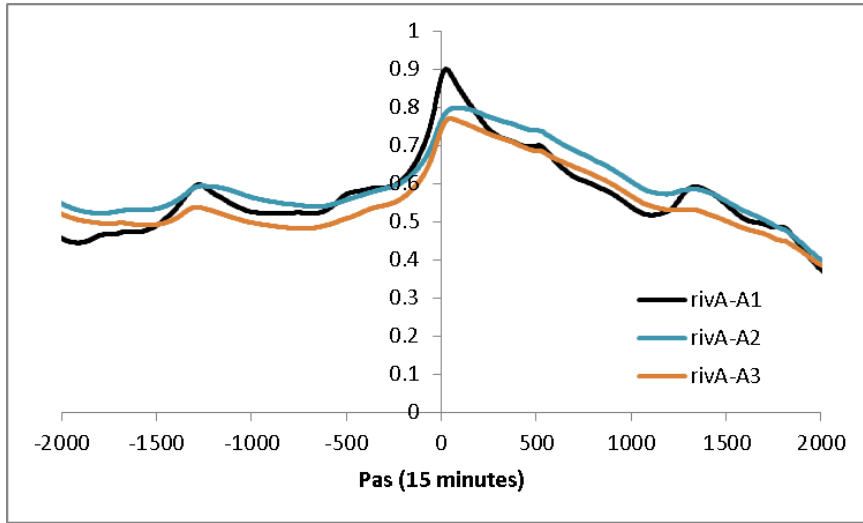


# Niveaux d'eau de la Roche

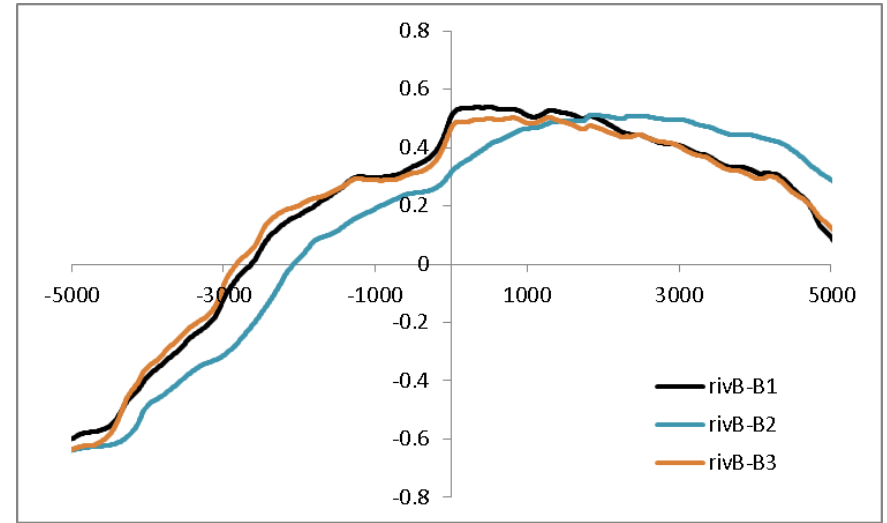


# Corrélations croisées milieu humide et tronçon fluvial

Milieu A



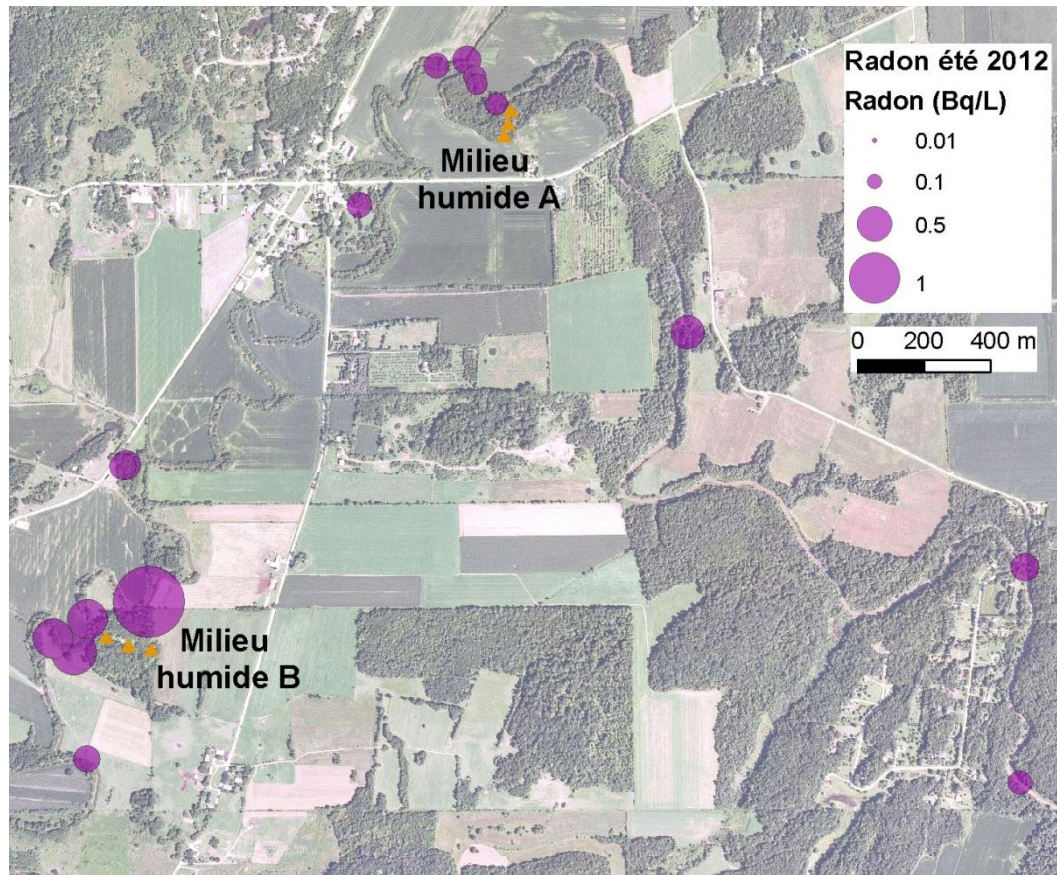
Milieu B



	Décalage (h)	Corr. max
A1	6.3	0.90
A2	21.3	0.80
A3	11.8	0.77

	Décalage (h)	Corr. max
B1	128	0.54
B2	460	0.51
B3	322	0.51

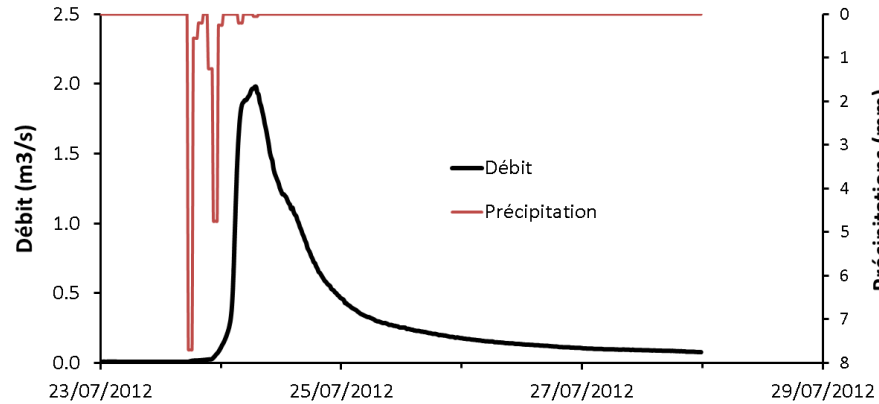
# Radon



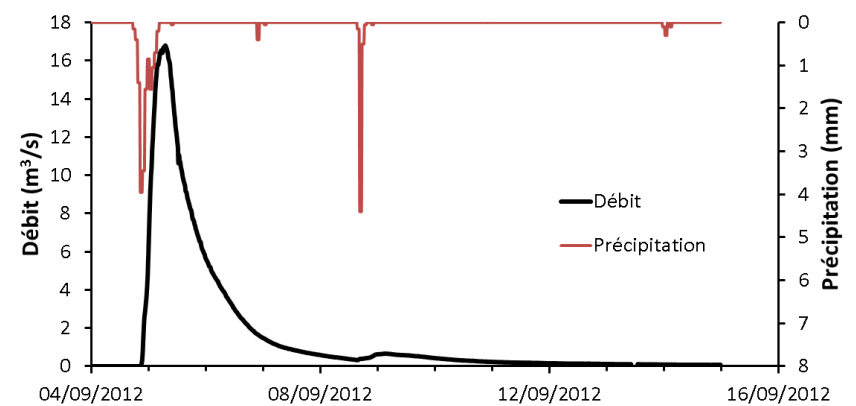
Connectivité moindre dans les niveaux d'eau dans le milieu B, mais apport important d'eau souterraine malgré tout...

# Analyse par événement

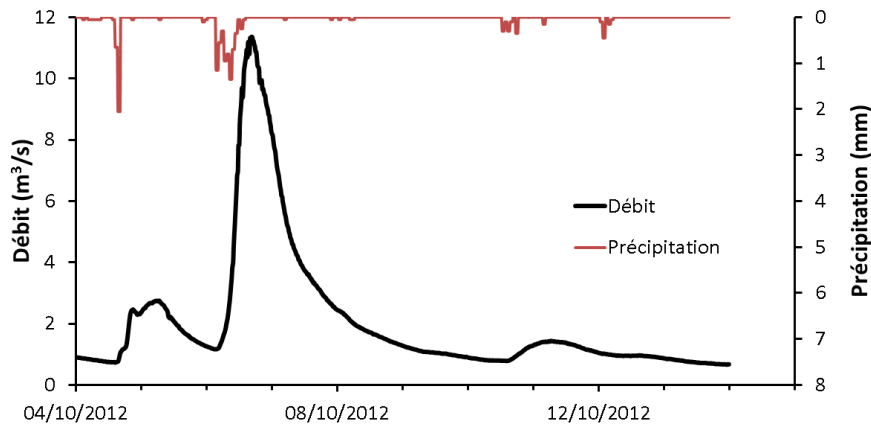
23 juillet 2012: 59 mm



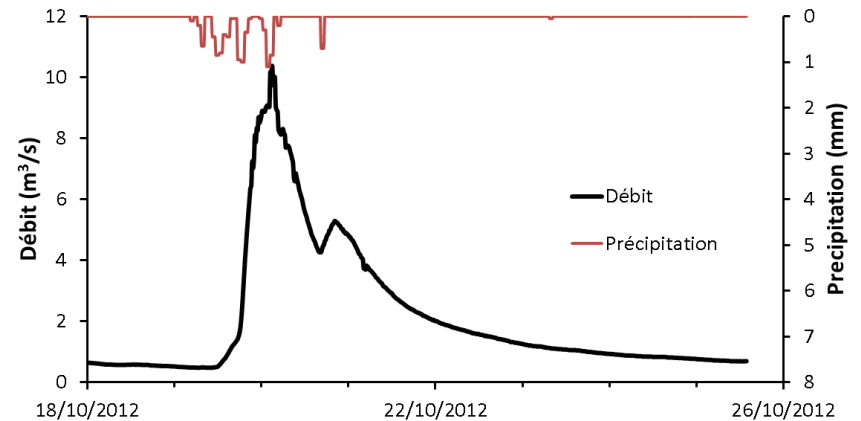
5 septembre 2012: 61 mm



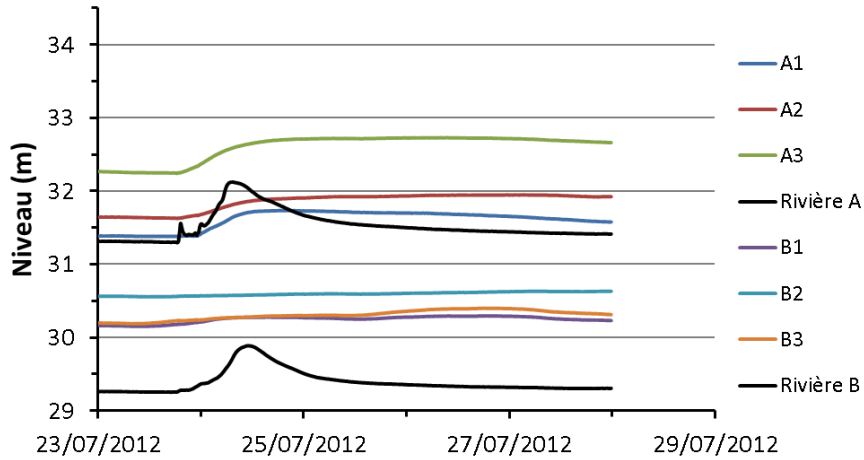
6 octobre 2012: 27 mm



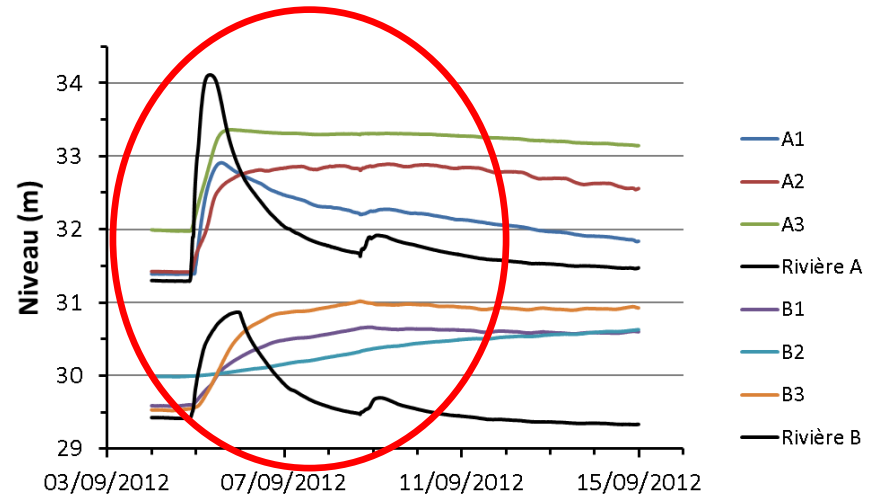
19 octobre 2012: 35 mm



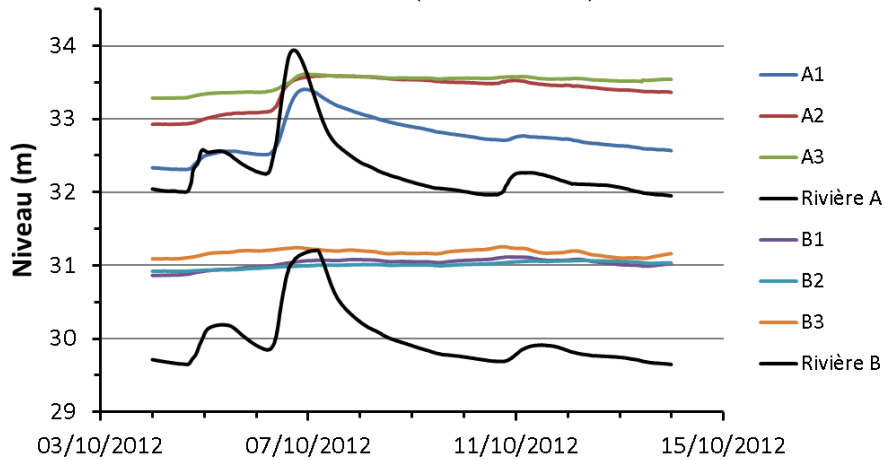
### 23 juillet (59 mm)



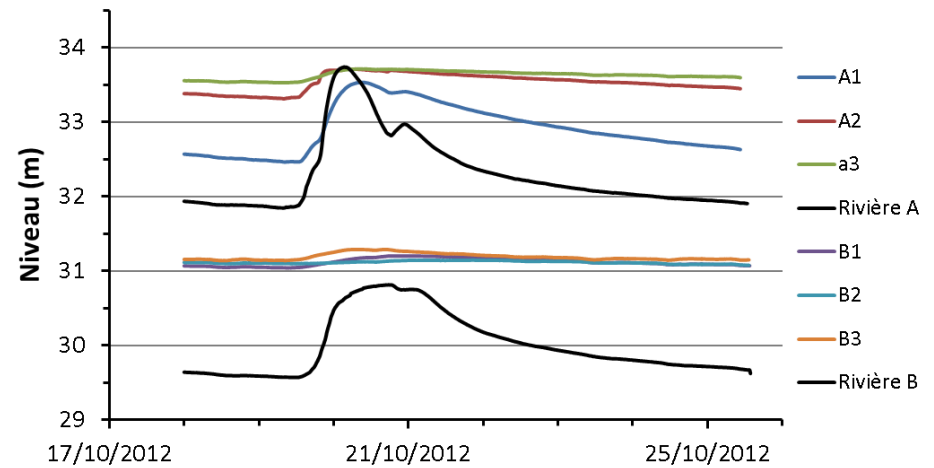
### 5 septembre (61 mm)



### 6 octobre (27 mm)

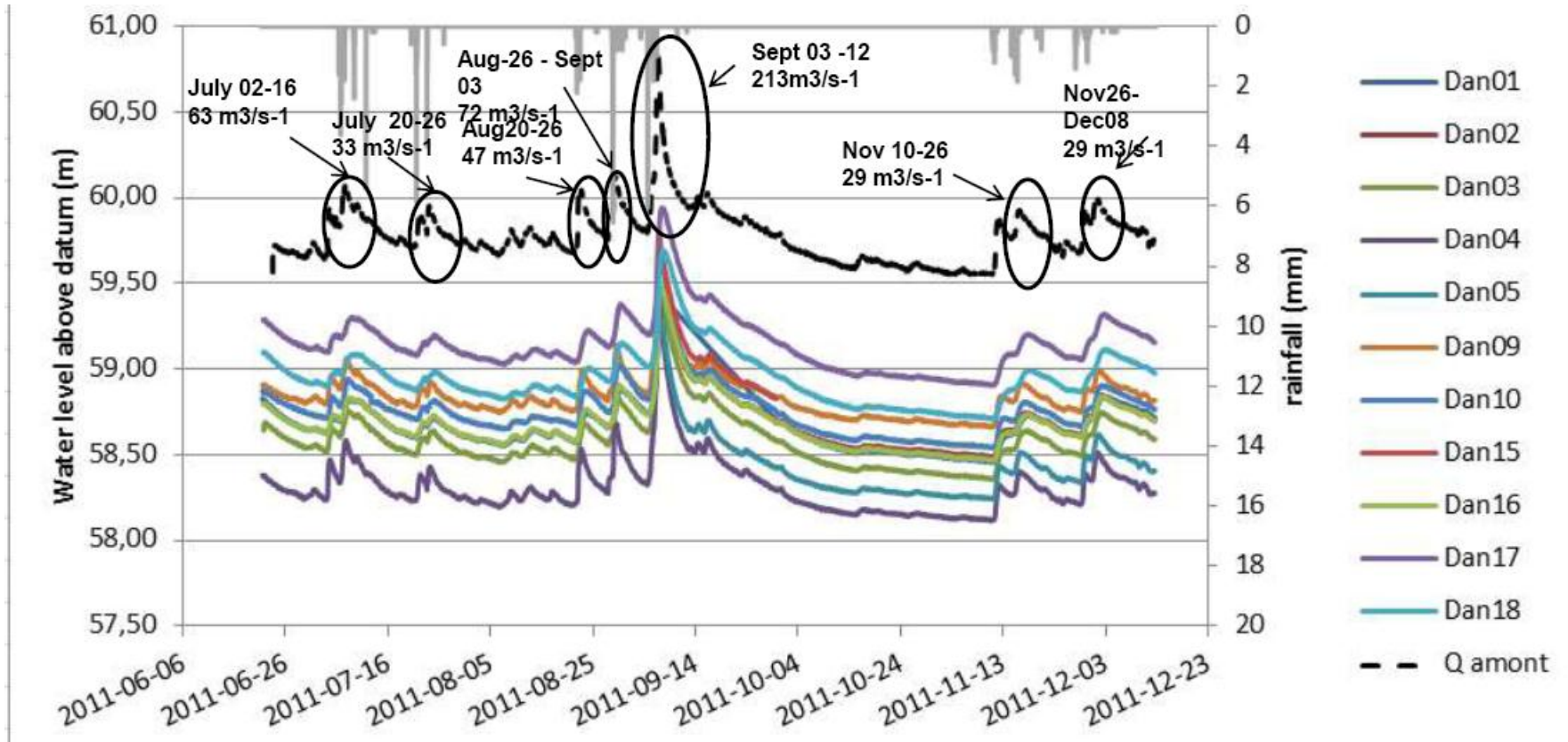


### 19 octobre (35 mm)



# Niveaux d'eau Matane

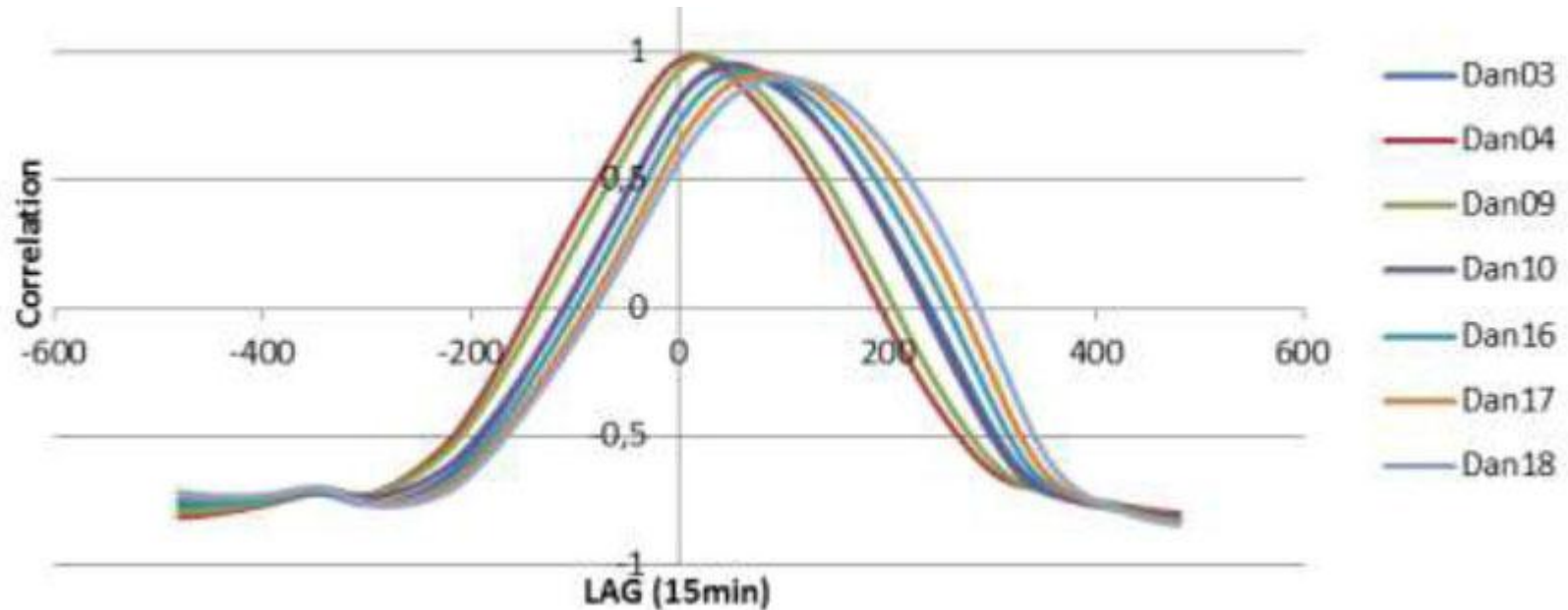
- ▶ Très forte connectivité



C.-A. Cloutier (2013)

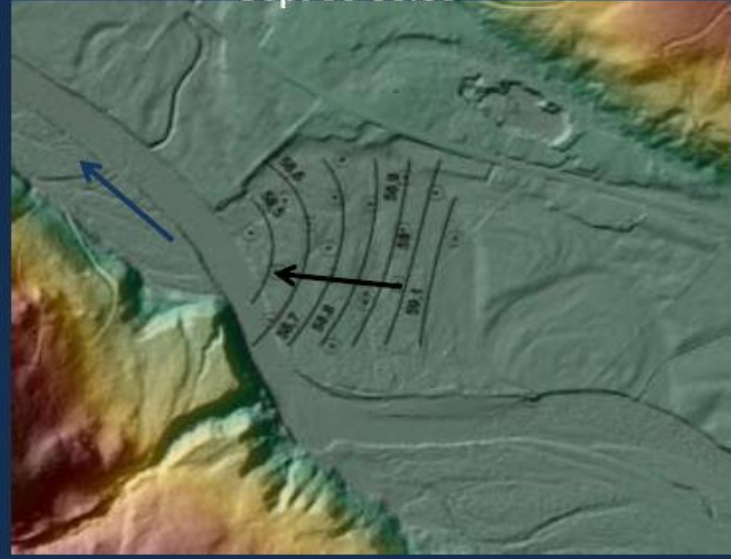


# Corrélations croisées Matane



Distance de la Matane (m)	Décalage (h)
<55	4.7
55 - 150	15.6
150 - 255	24.6

Sept 05 00:00



Sept 07 14:00



Pic de crue

Inversion de la direction d'écoulement entre la nappe et le tronçon fluvial durant une crue sur la rivière Matane

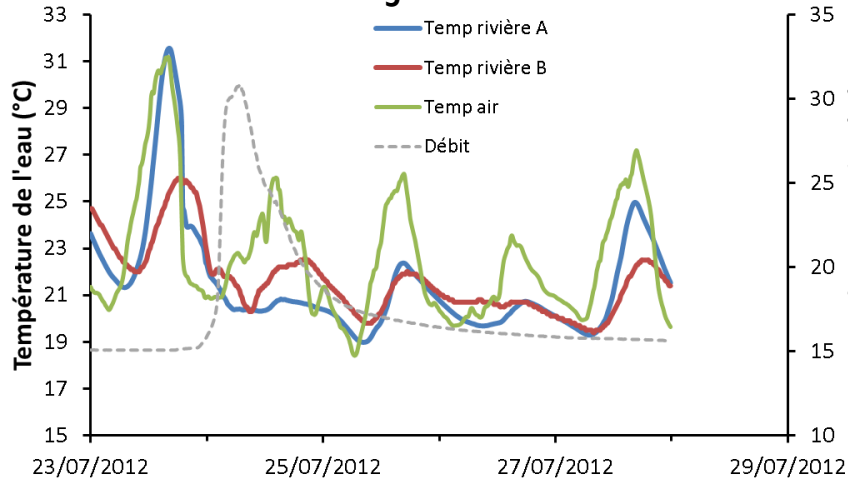
Sept 07 20:00



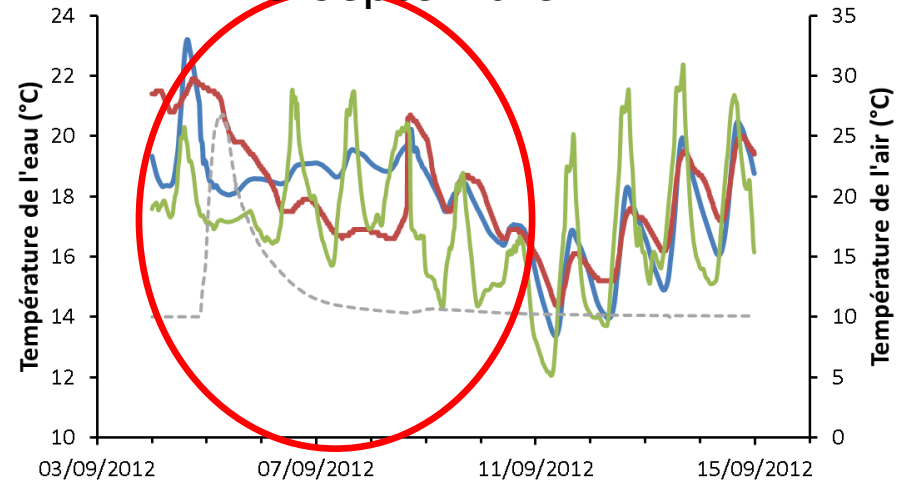
C.-A. Cloutier, 2013

# Température (Solinst, de la Roche)

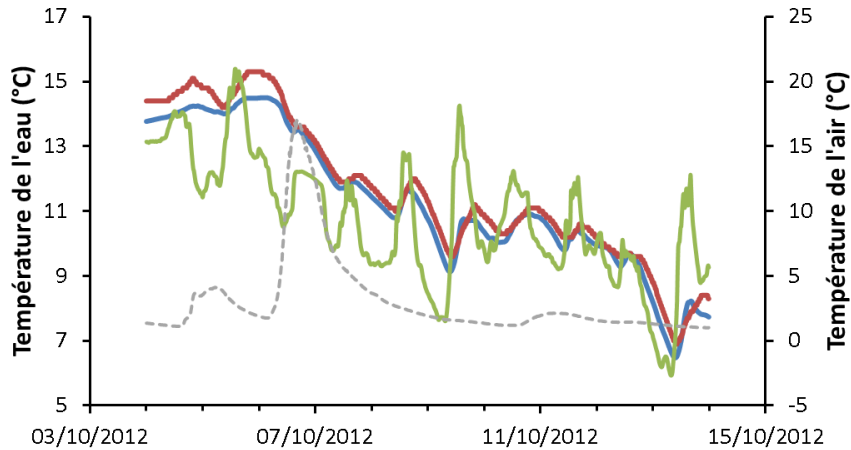
23 juillet



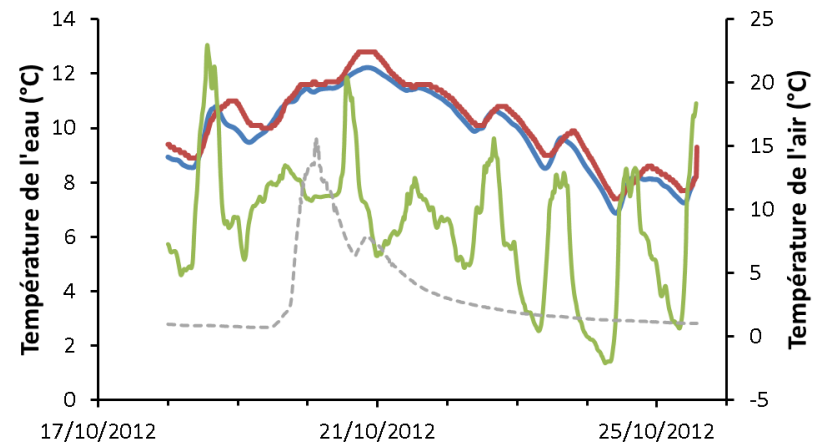
5 septembre



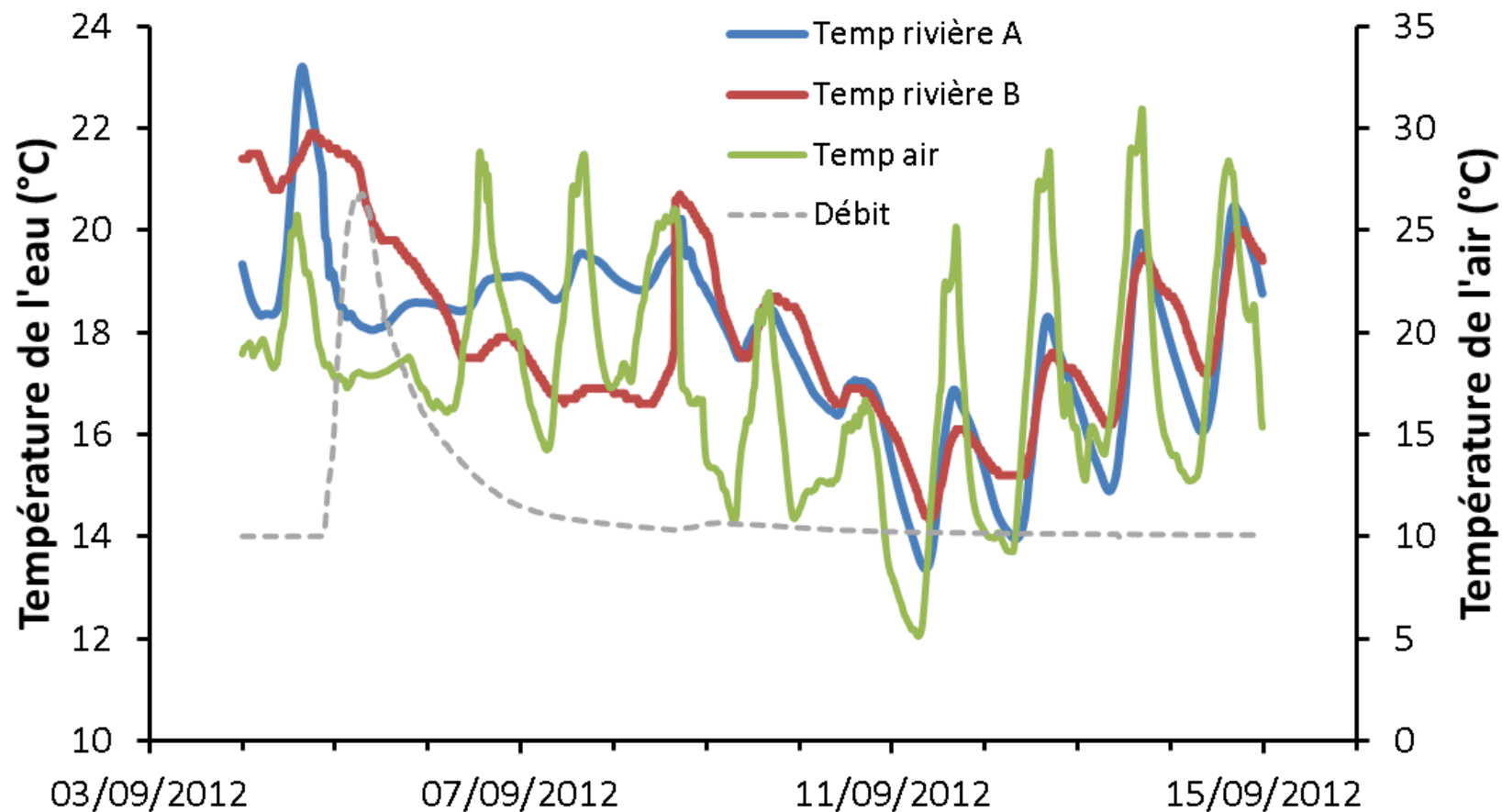
6 octobre



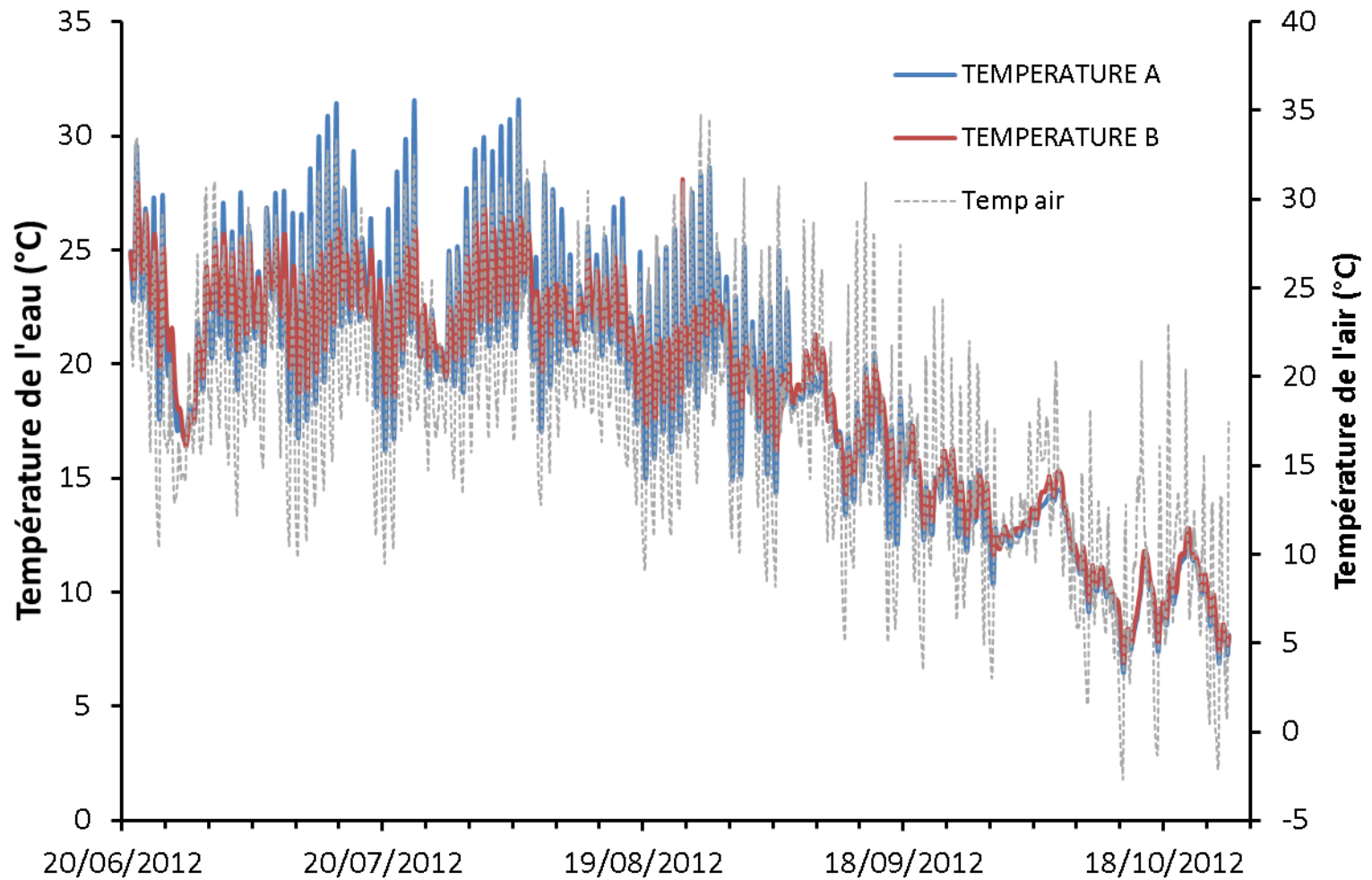
19 octobre



# 5 septembre

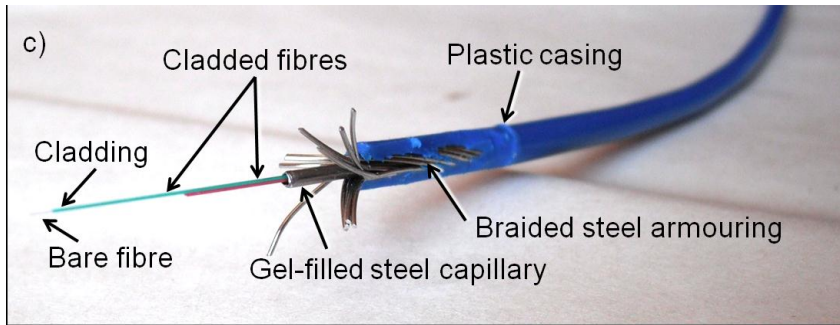


# Amplitudes atténuées au milieu humide B

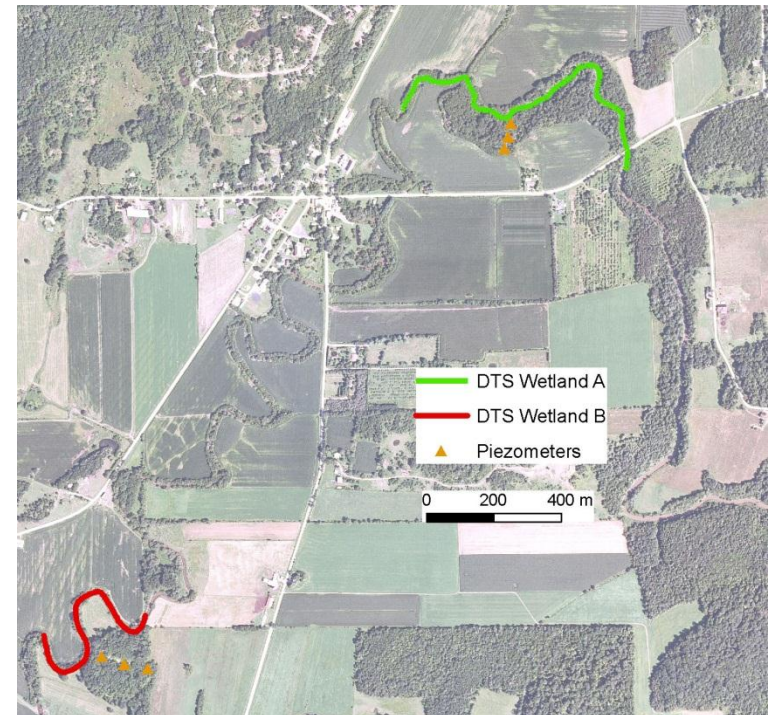


# Température (DTS, de la Roche)

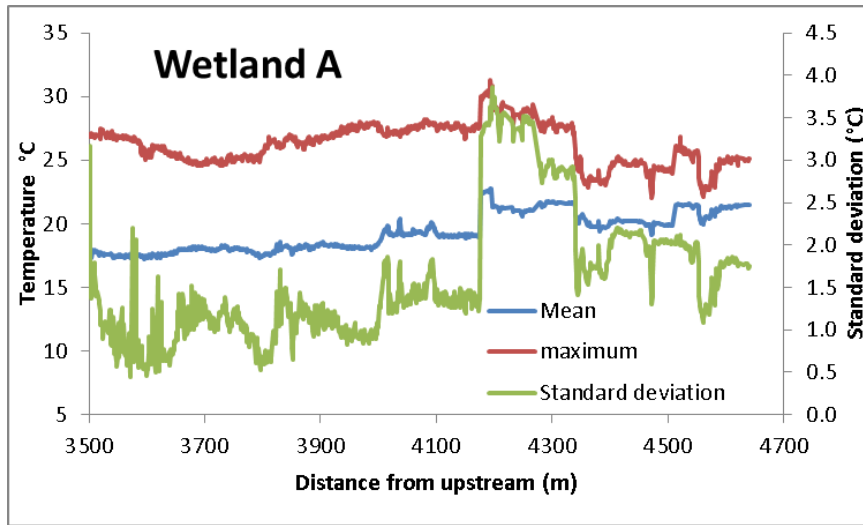
## ► Senseur DTS: Distributed Temperature Sensor



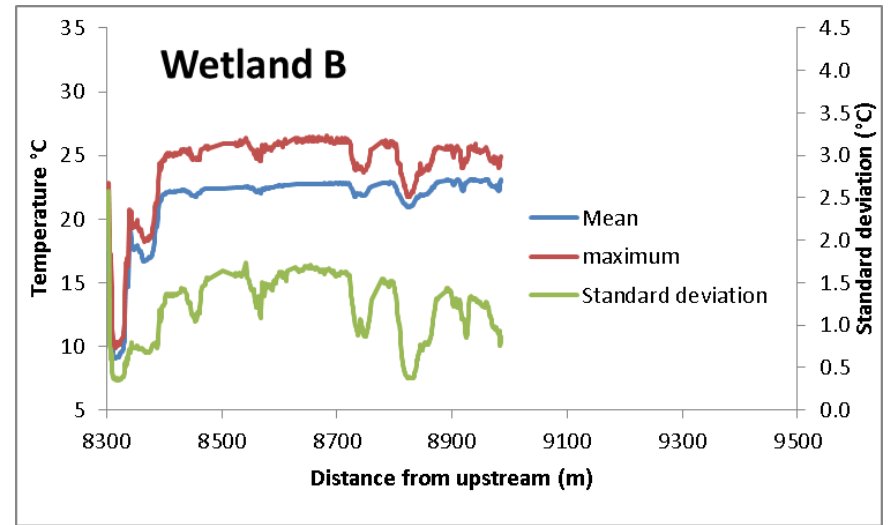
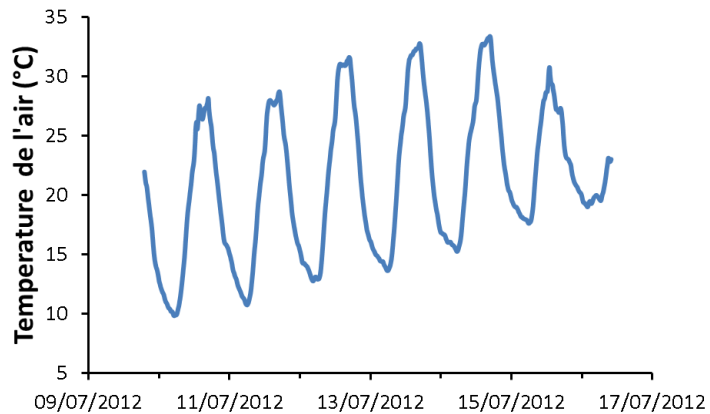
1.5 km de câble  
DTS



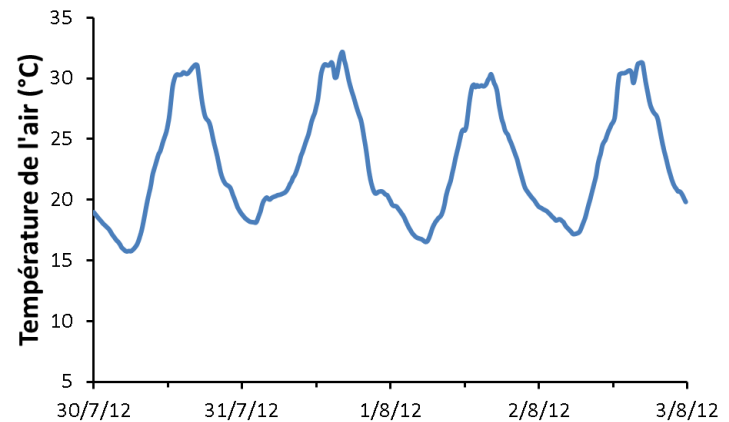
# Température



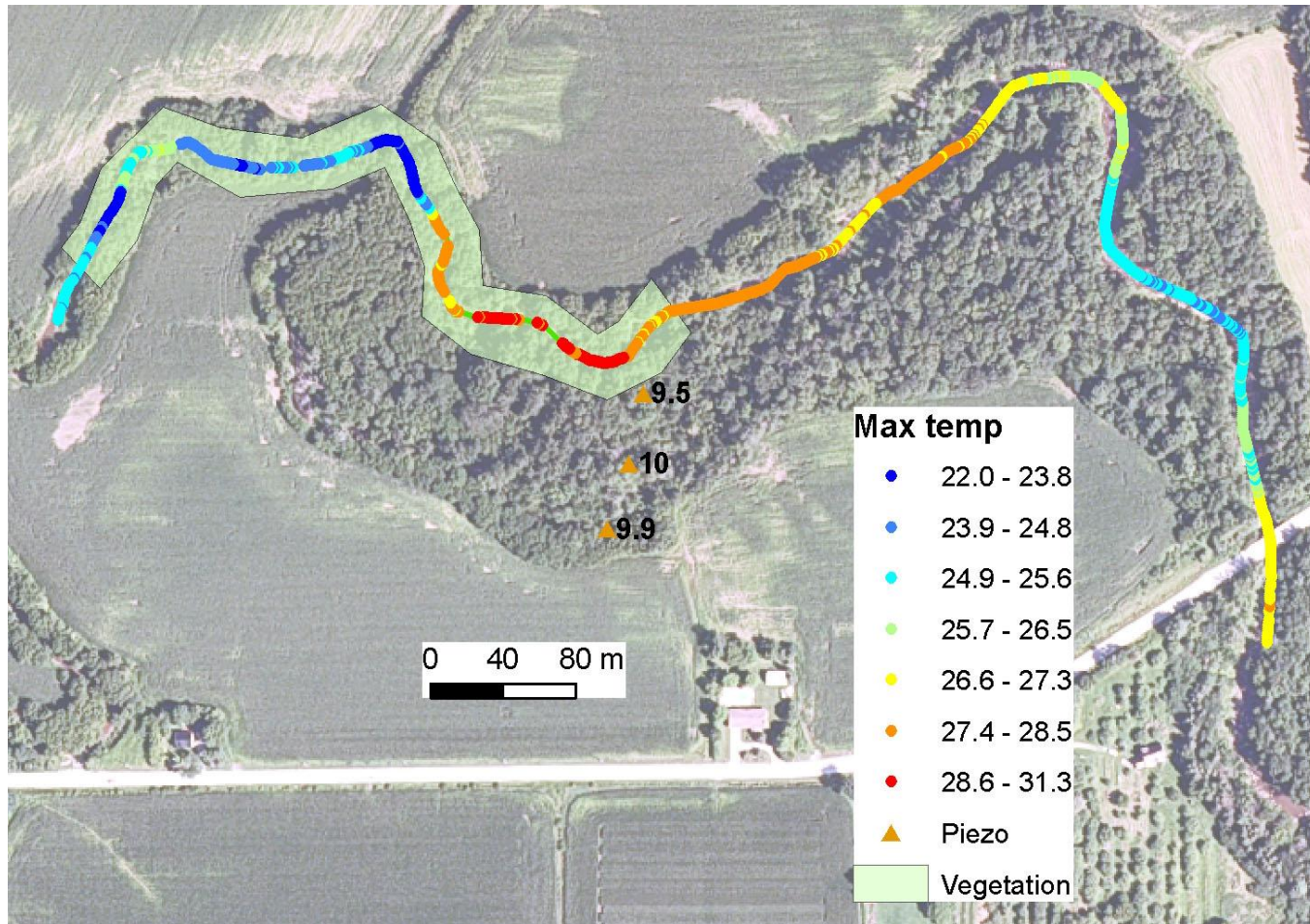
9 au 16 juillet 2012



29 juillet au 1<sup>er</sup> août 2012



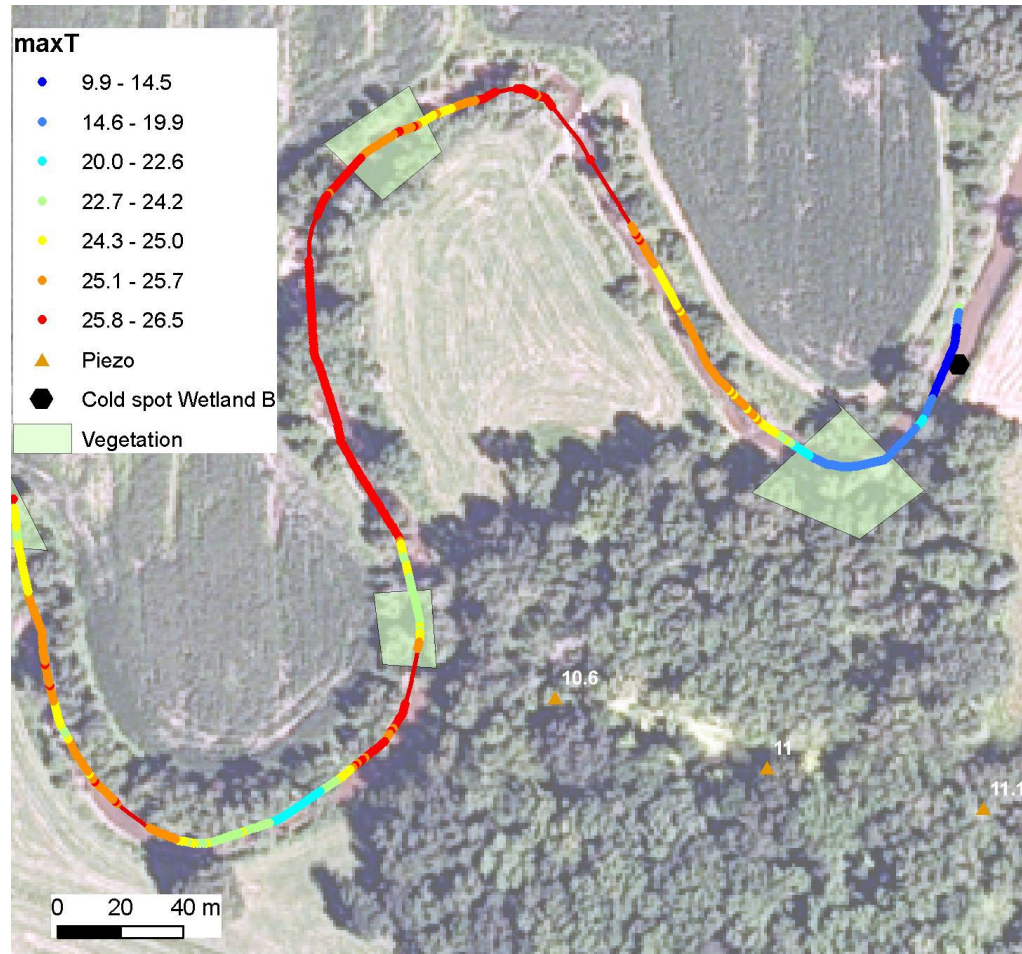
# Variabilité spatiale de la température



Milieu A

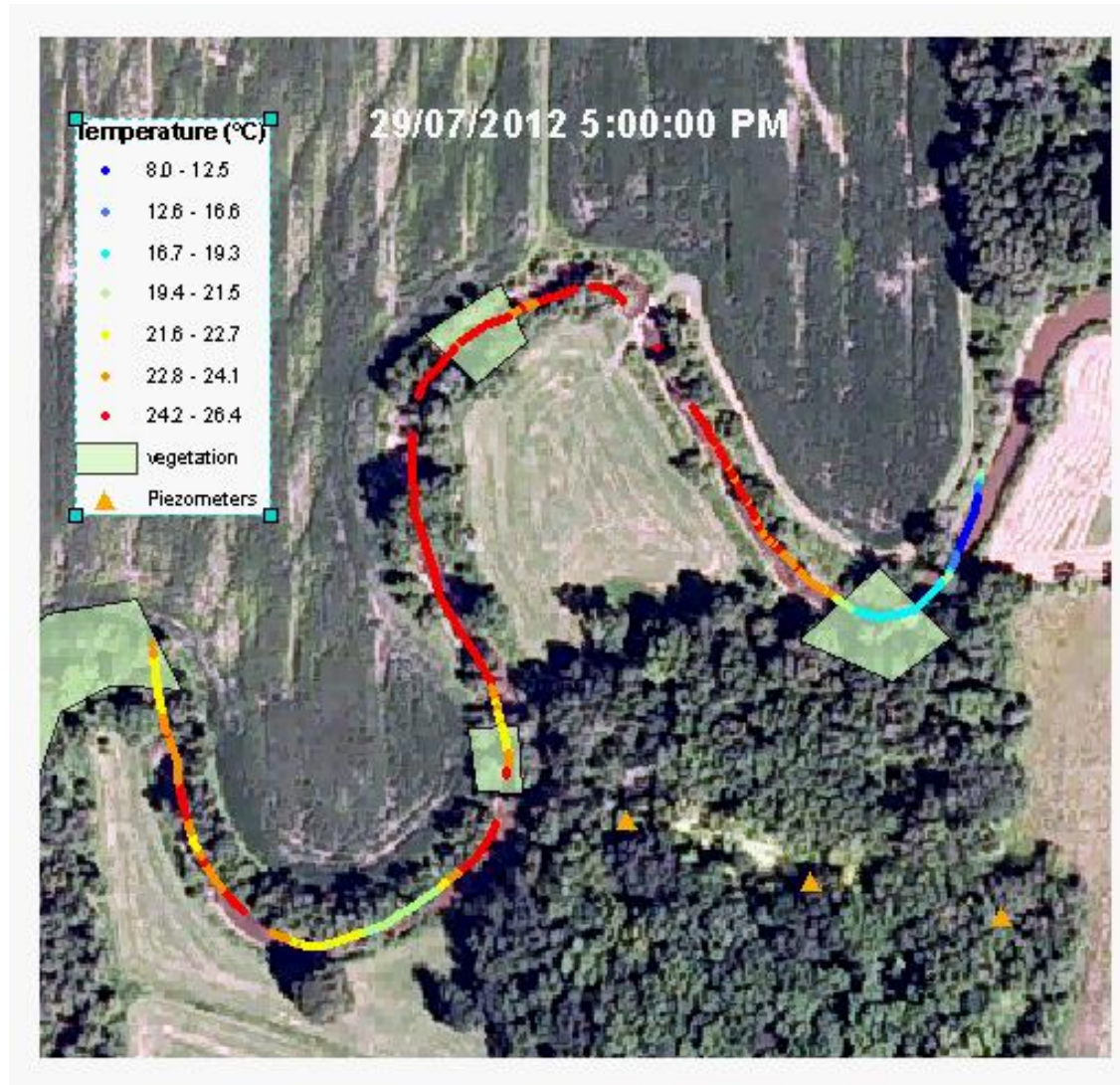


# Variabilité spatiale de la température



Milieu B

# Variabilité temporelle de la température



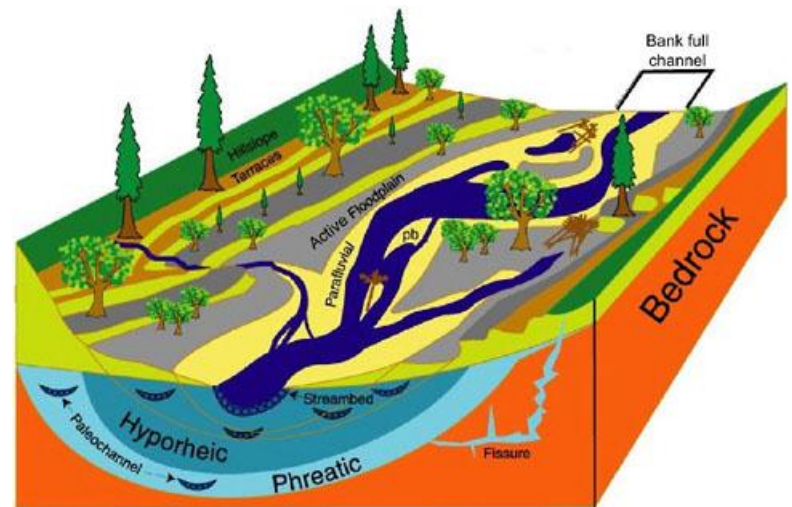
Milieu humide B

# En résumé

- ▶ Dynamique nappe–tronçon fluvial clairement affectée par la conductivité hydraulique, mais même dans un milieu relativement homogène (rivière de la Roche), les différences entre deux milieux humides peuvent être importantes
- ▶ Connectivité plus forte des niveaux d'eau dans le milieu A ne se traduit pas par des températures plus fraîches (écoulement souterrain semble plus important dans le milieu B)

# Connectivité latérale et verticale

- ▶ Malgré la complexité des liens entre la nappe et le tronçon fluvial, il est reconnu que pour qu'une rivière soit "fonctionnelle", il faut permettre à la connectivité latérale et verticale d'opérer tant pour les bénéfices écologiques que pour l'atténuation des variations de débit.



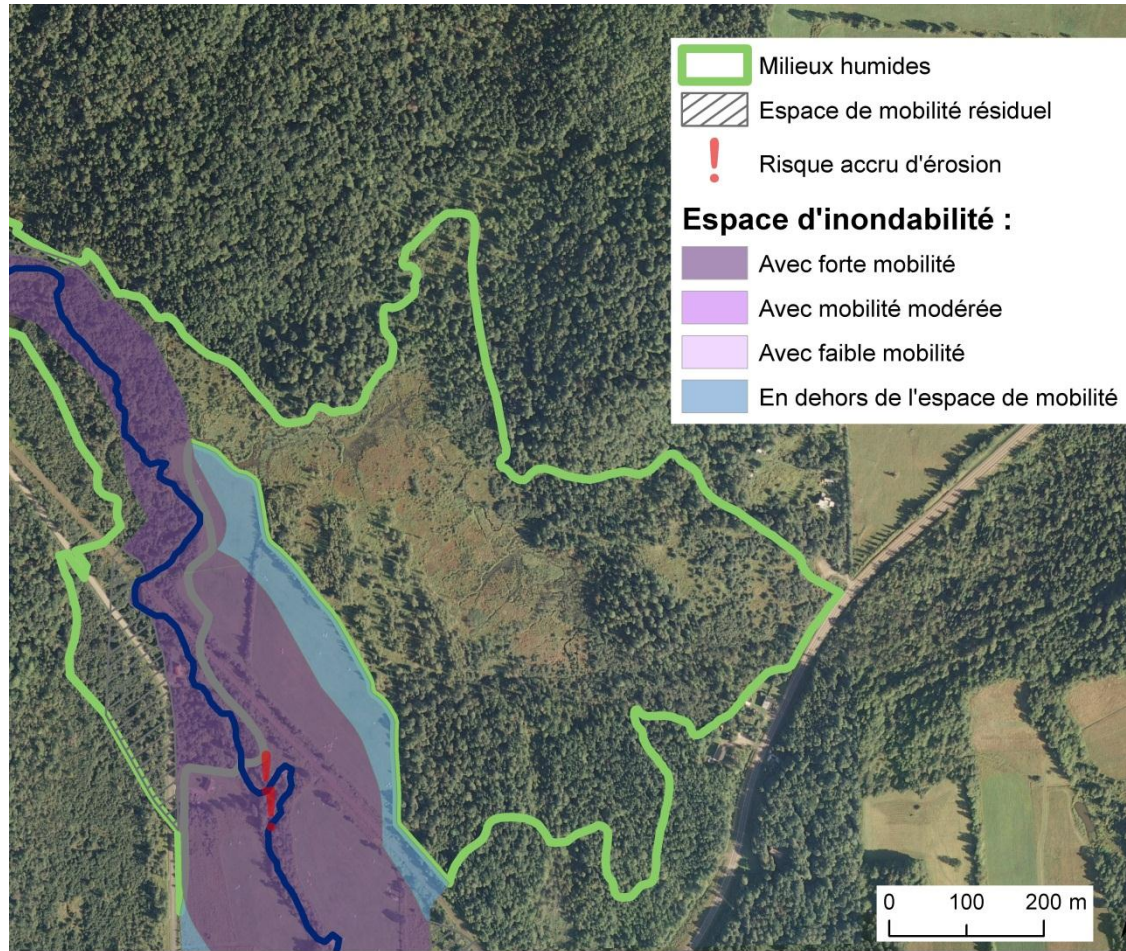
# Milieux humides dans l'espace de liberté



Situation présente (gauche) et future (droite) dans la plaine d'inondation Fortmond (Pays-Bas)

Tiggeloven, W., Maué, K.M., Ness, A., Nijland, H. (2005) Combining flood prevention measures with nature development; experiences in the sdf project . In Multifunctional land use in river catchments. European Centre for River Restoration.

# Inclusion des milieux humides: accroissement de l'espace de liberté



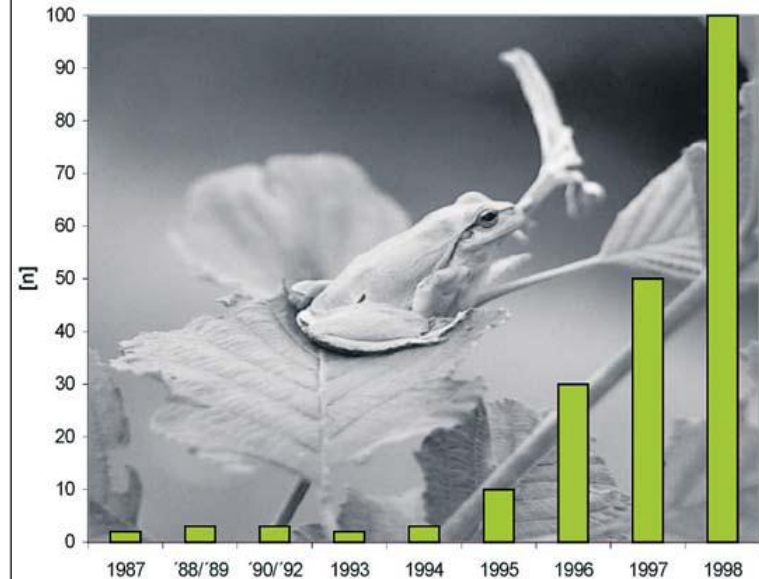
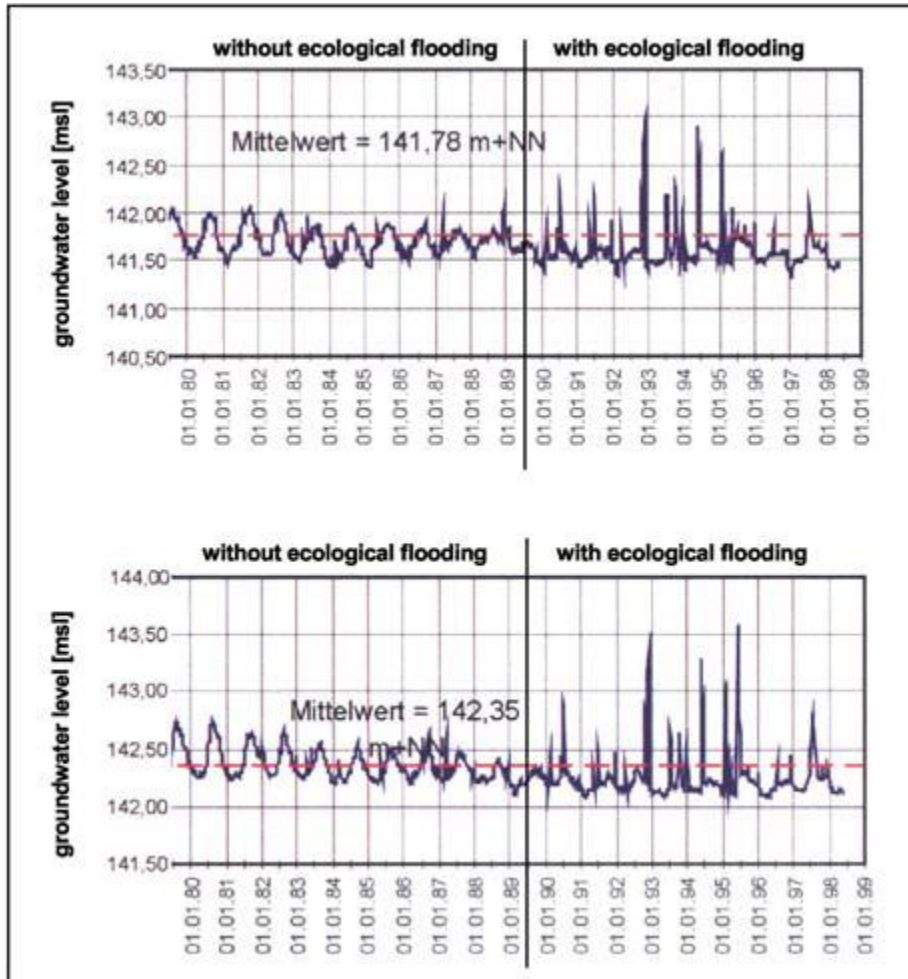
Rivière Yamaska Sud-Est

# Arguments pour faire “avancer les choses”

- ▶ Atténuation des crues: 1 acre de milieu humide saturé en eau avec 30 cm d'eau retient 330,000 gallons d'eau, soit l'équivalent du volume qui inonderait 13 maisons jusqu'à la hauteur des cuisses (American Rivers)
- ▶ Services écologiques (\$\$\$)



# Bénéfices écologiques



Dynamique des niveaux de nappe à deux stations de mesure sur le Polder Altenheim (Rhin) et augmentation de la rainette verte (*Hyla arborea*) depuis les crues écologiques

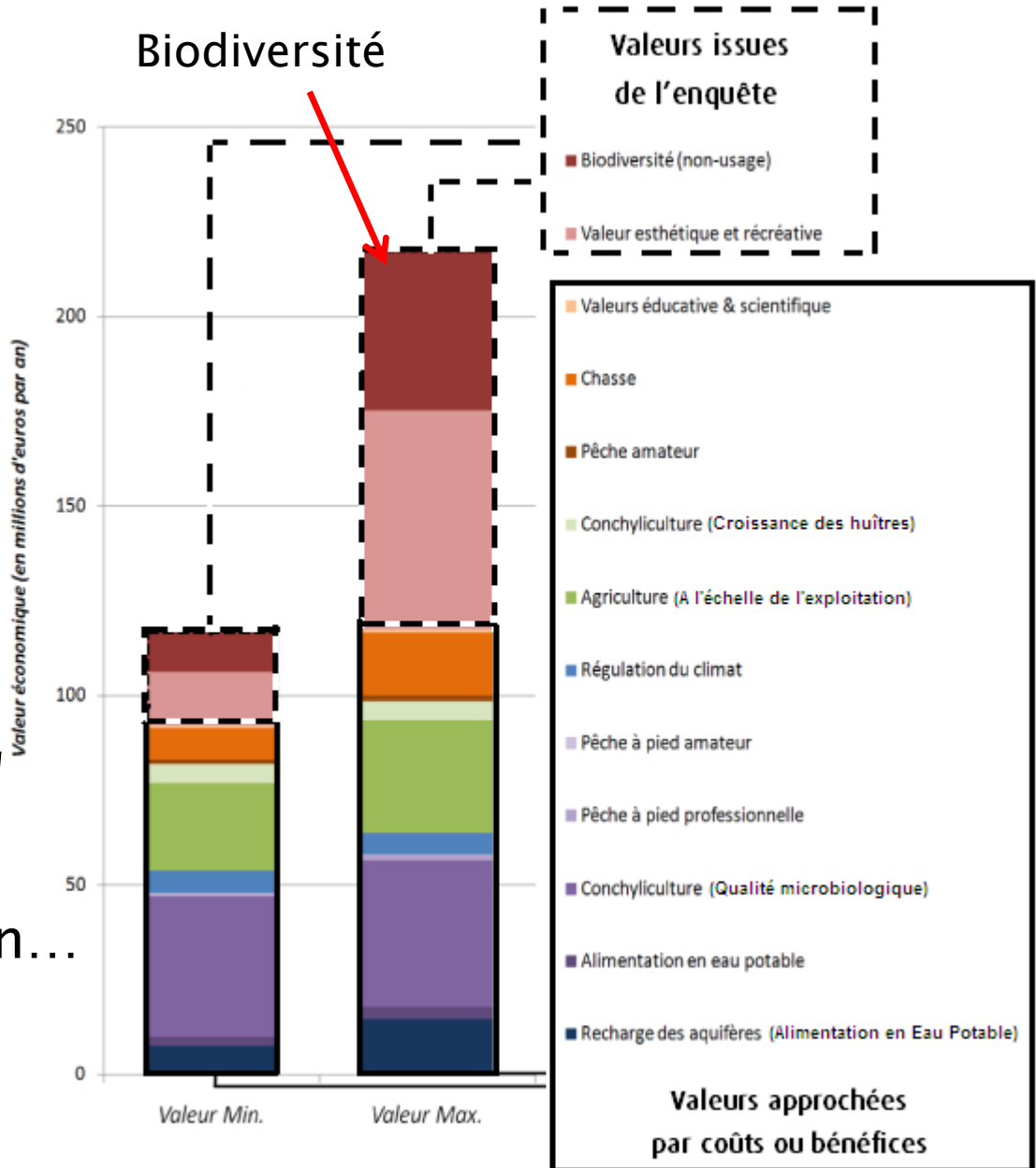
Menke et Nijland (2010) *Flood Risk Management and River Restoration*



# Services écologiques des milieux humides

Commissariat Général  
au Développement  
Durable (2011)  
Évaluation économique  
des services rendus par  
les milieux humides

Millions d'euros par an...



# Conclusions

- ▶ Les échanges nappe–rivière en présence de milieux humides sont complexes, variables dans le temps et dans l'espace
- ▶ Les bénéfices écologiques de ces milieux sont très clairs. Les bénéfices en termes de débit (atténuation des étiages et des crues) sont plus difficiles à quantifier car cela dépend de la superficie occupée par ces zones.
- ▶ L'inclusion des milieux humides riverains dans l'espace de liberté est critique si l'on veut maintenir l'intégrité du système fluvial. La gestion actuelle par bande riveraine doit être révisée afin de favoriser la connectivité latérale et verticale.

# Remerciements

- Thomas Buffin–Bélanger, Claude–André Cloutier, Sylvio Demers, Taylor Olsen (UQAR)
- Guéno­lé Choné (Concordia)
- Marie Larocque, Marie–Audray Ouellet, Michael Needelman (UQAM)
- Jeff McKenzie, Rob Carver (McGill)

