



PLAN
LOIRE
GRANDEUR NATURE
2007-2013



SEMINAIRE TECHNIQUE

« Le transport sédimentaire : Principes et expériences
sur le bassin ligérien »

Jeudi 24 novembre 2011 à Vierzon (18)



Avec la collaboration de



Avec le soutien de :



Construction sédimentaire d'une plaine d'inondation

Biométamorphose et réponse topo-sédimentaire du fleuve Loire

Emmanuèle Gautier
Emmanuele.gautier@cnr-bellevue.fr



LABORATOIRE
DE GÉOGRAPHIE
PHYSIQUE

UMR 8501

PARIS

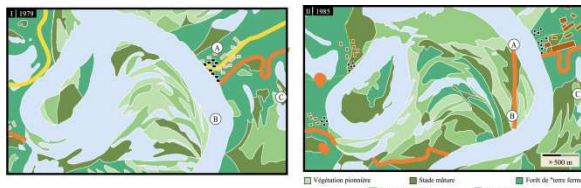


UNIVERSITÉ
VINCENNES - SAINT-DENIS

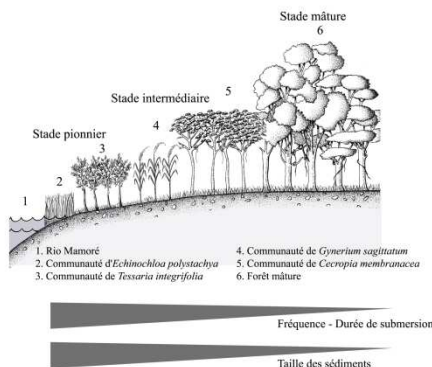
Les plaines fluviales

L'analyse du fonctionnement hydrogéomorphologique au service de trois enjeux majeurs :

- la compréhension de la diversité spatiale de la dynamique des plaines,
- la biodiversité : connaissance, préservation et restauration d'un « patrimoine » faunistique et floristique exceptionnel,
- les risques : diffusion des contaminants, protection contre les inondations, protection de la ressource en eau



A. Comparaison de la couverture végétale (1979 - 1985) en 3 points d'un méandre du Rio Mamoré en face de Puerto Varador



B. Profil transversal de végétation et succession des communautés végétales sur un méandre type du Rio Mamoré dans la région de Trinidad

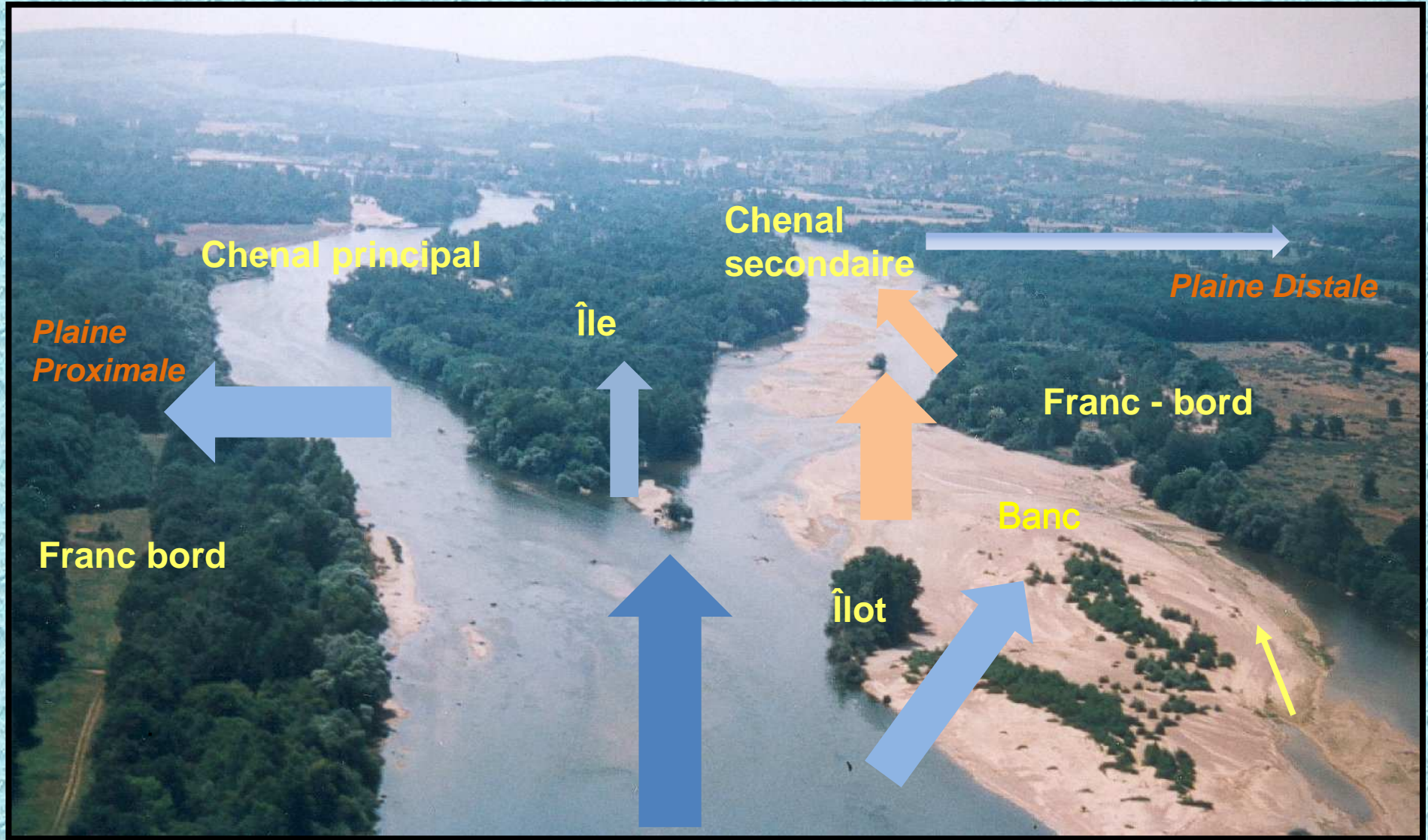
Plaine d'inondation : définition de l'enveloppe spatiale et temporelle des inondations et des dépôts associés

- L.B. Leopold et M.G. Wolman (1957) une plaine active est inondée annuellement
- L.B. Leopold *et al.* (1964), la valeur moyenne de submersion serait plutôt de 1,5 an.
- J. Alexander et S.B. Marriott (1999, p. 3):

« ... *The active floodplain is a relatively flat area adjacent to a stream that is periodically (over a period of 100-200 years) inundated by flood water, at least part of which emanates from the channel* ».

- G.C. Nanson et J.C. Croke (1992) : « *genetic floodplain* » Une plaine d'inondation fonctionnelle est construite par les sédiments transportés par les écoulements actuels

Transfert de sédiment



Lien entre biométamorphose – Evolution topographique et sédimentaire de la plaine d'inondation

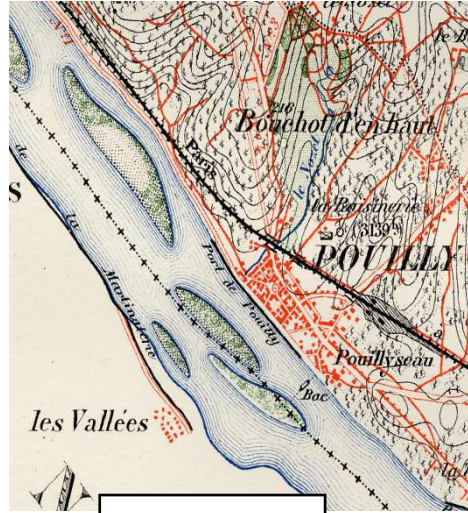
Quelle est la réponse sédimentaire à l'évolution des formes fluviales et à la colonisation végétale du lit ?



(Sources: Diren Centre & Archives de la Ville de Paris)



1850



1878



1933



1960



1995

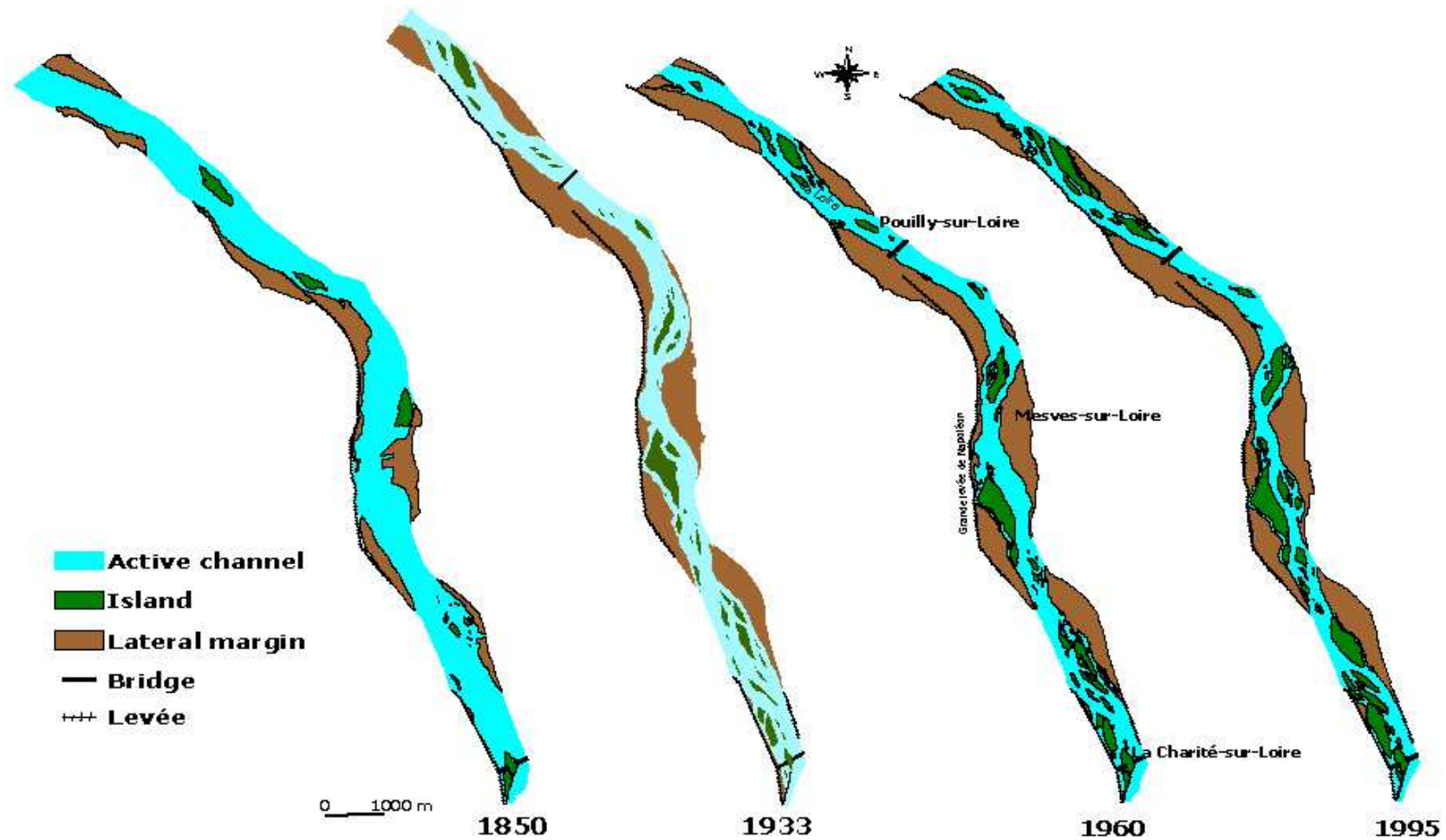


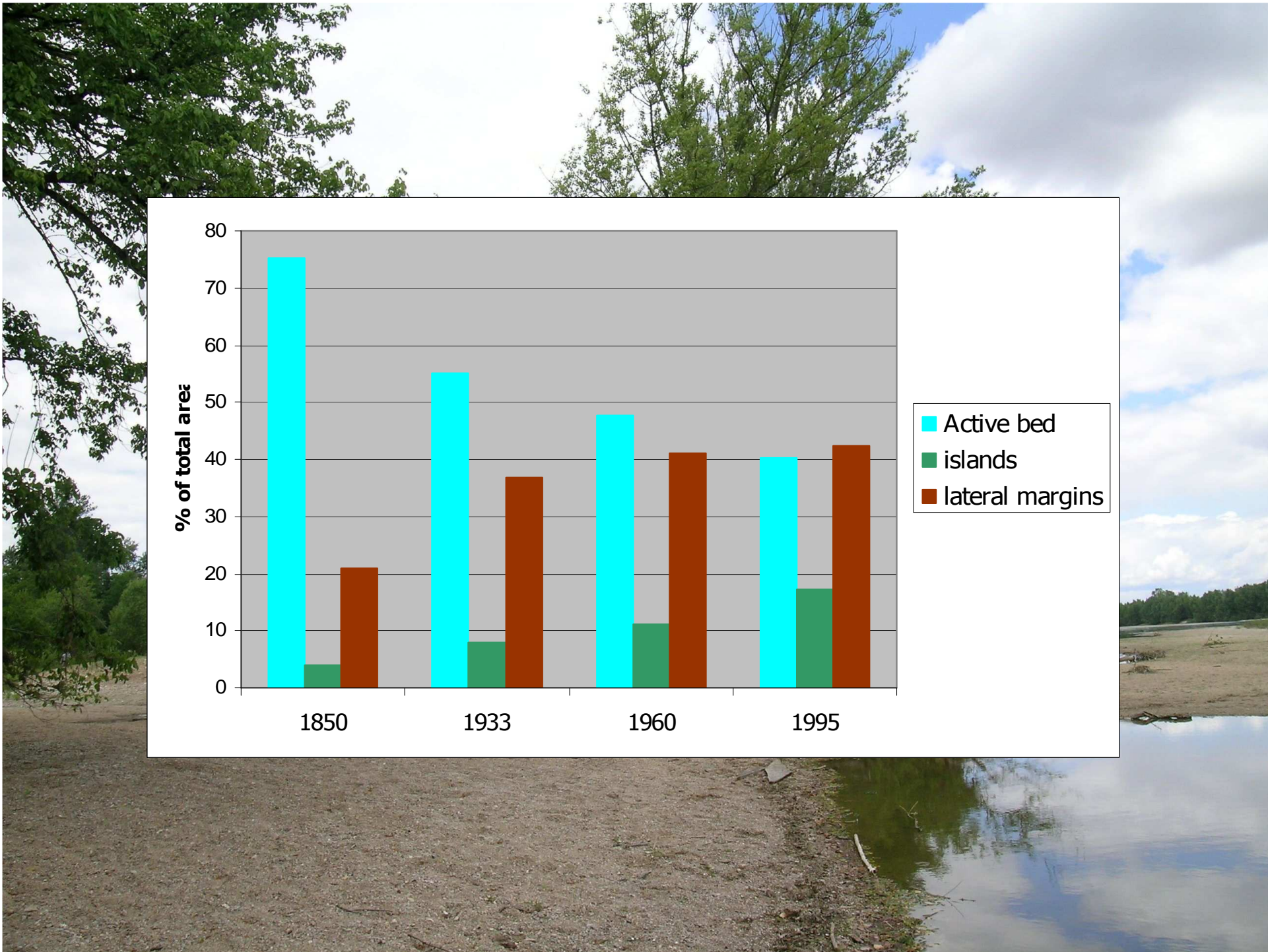
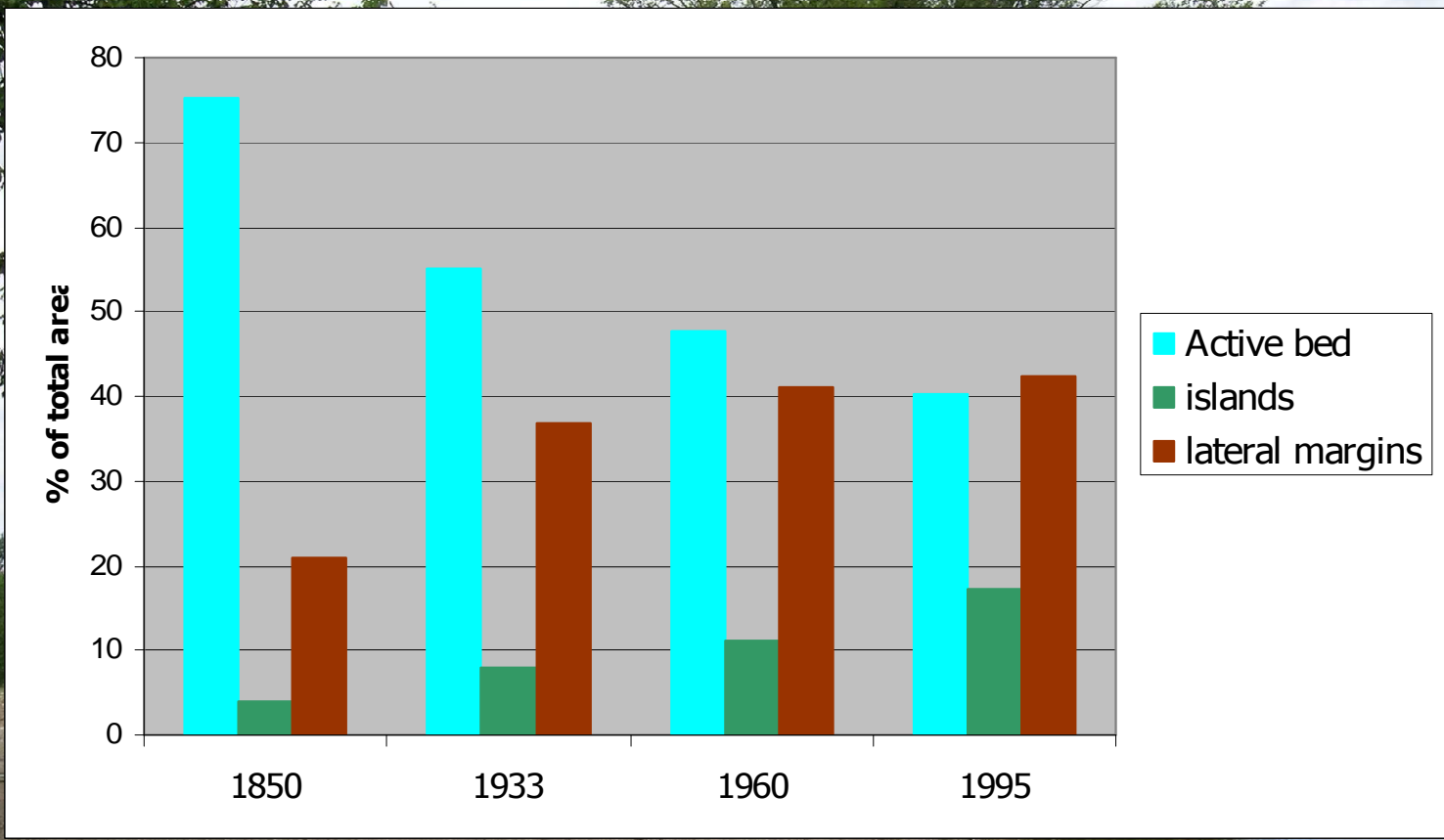
2005

S. Grivel

20th century: major fluvial forms change – Islands development

Active channel retraction
Lateral margins stabilization
Island development





Acceleration of the island accretion rate

Annual rate

1850 – 1933: +0.04% of the fluvial bed



1933 – 1960: +0.15% of the fluvial bed

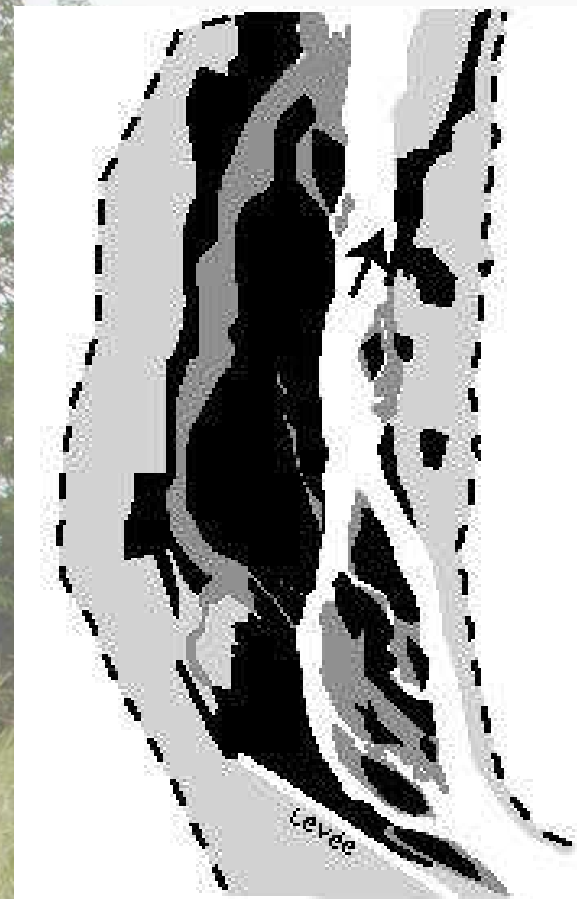
Since 1960: +0.17% of the fluvial bed



Un faisceau de facteurs multiples

- Des facteurs physiques
 - L'évolution hydro-climatique depuis la fin du 19^e siècle
 - L'incision du chenal
- Une mutation profonde des usages sociaux
 - Pratiques agro-pastorales
 - Navigation

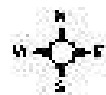




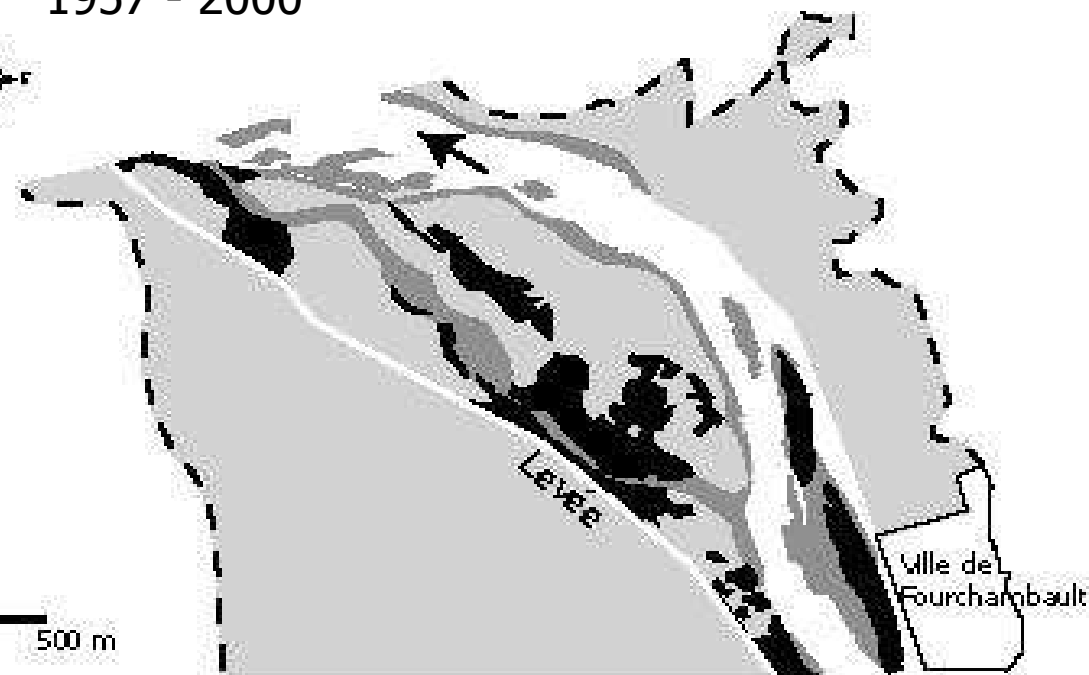
Bec d'Allier - Îles de Marzy et Cuffy
(Nièvre, Cher)

-  Active bed
-  Floodplain limit



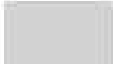
1957 - 2000

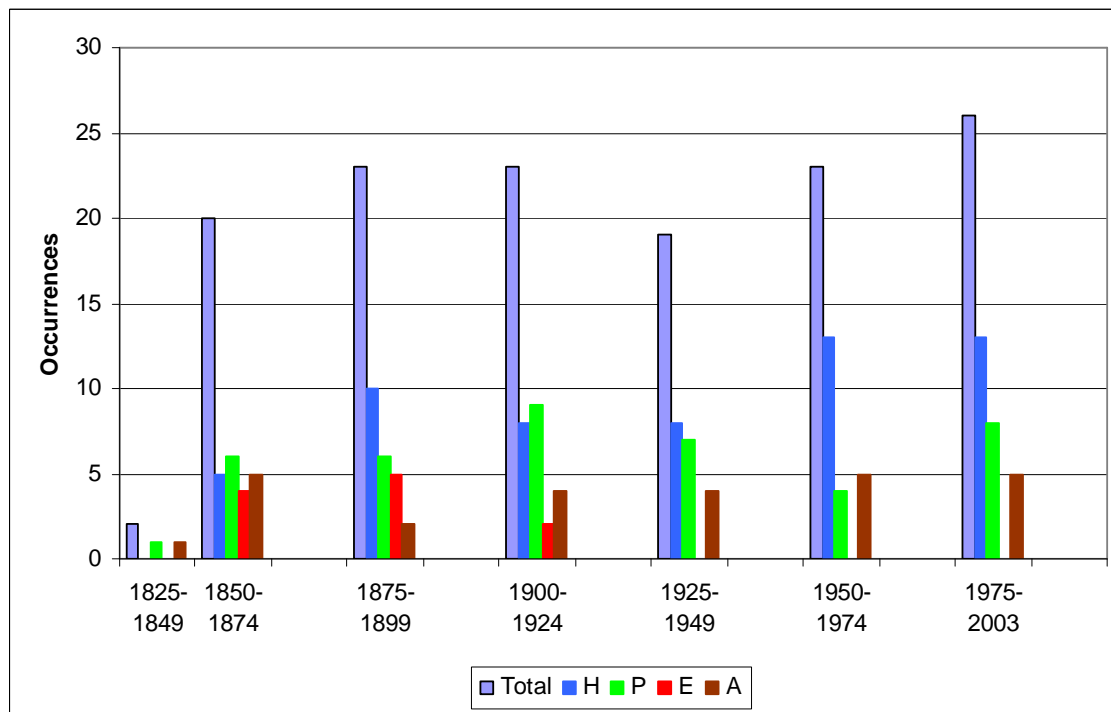


0 500 m



Îles de Soulangy
(Nièvre, Cher)

-  Bande active abandonnée
-  Anciennes surfaces cultivées ou pâturées
-  Sans évolution

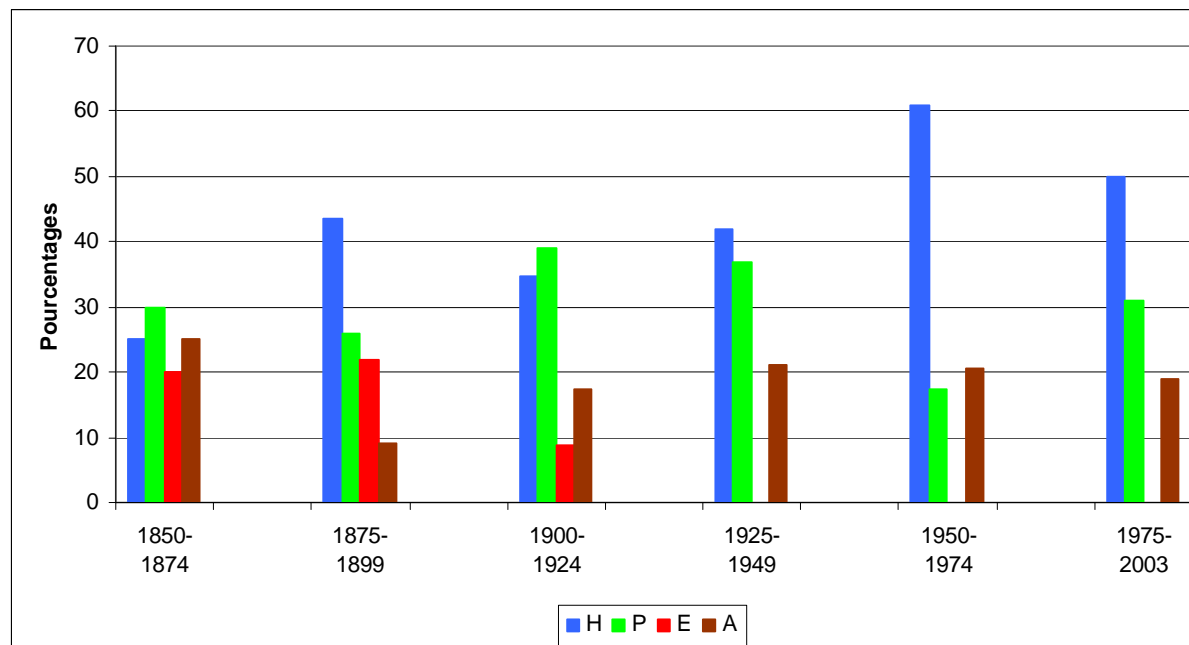


Maxima journaliers supérieurs au plein bord

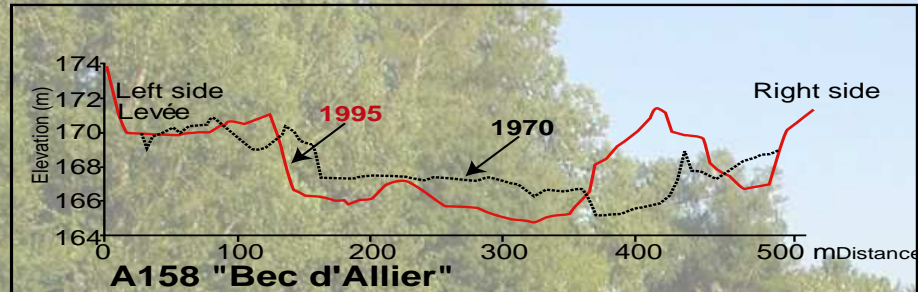
$Q_l > 1\ 000\ m^3.s^{-1}$

Evolution saisonnière depuis 1825 à la station de Givry - Fourchambault

E. Gautier, d'après données Diren SHC et Réseau Cristal



Analyse à échelle fine des taux d'érosion – sédimentation des différentes unités de la plaine



Comparaison des profils topographiques (1970s – 1990s - 2000s)



Relevés topo-bathymétriques (Echosondeur - GPS RTK & station totale)

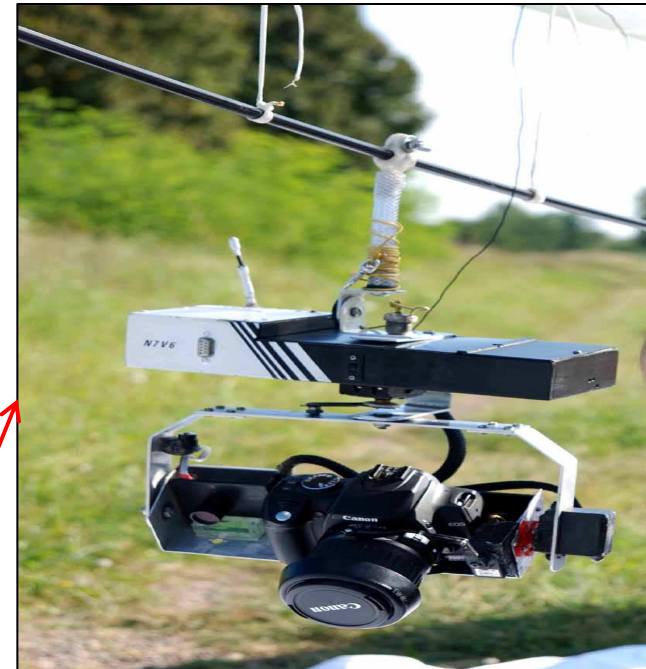
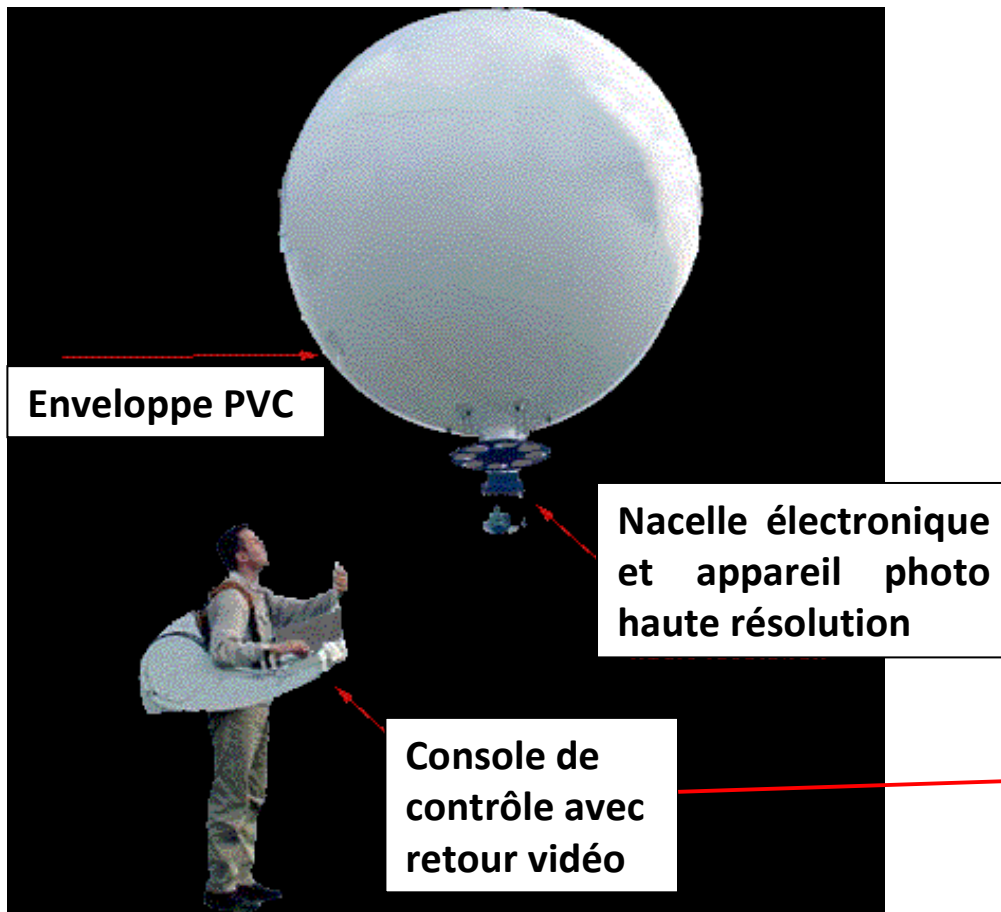


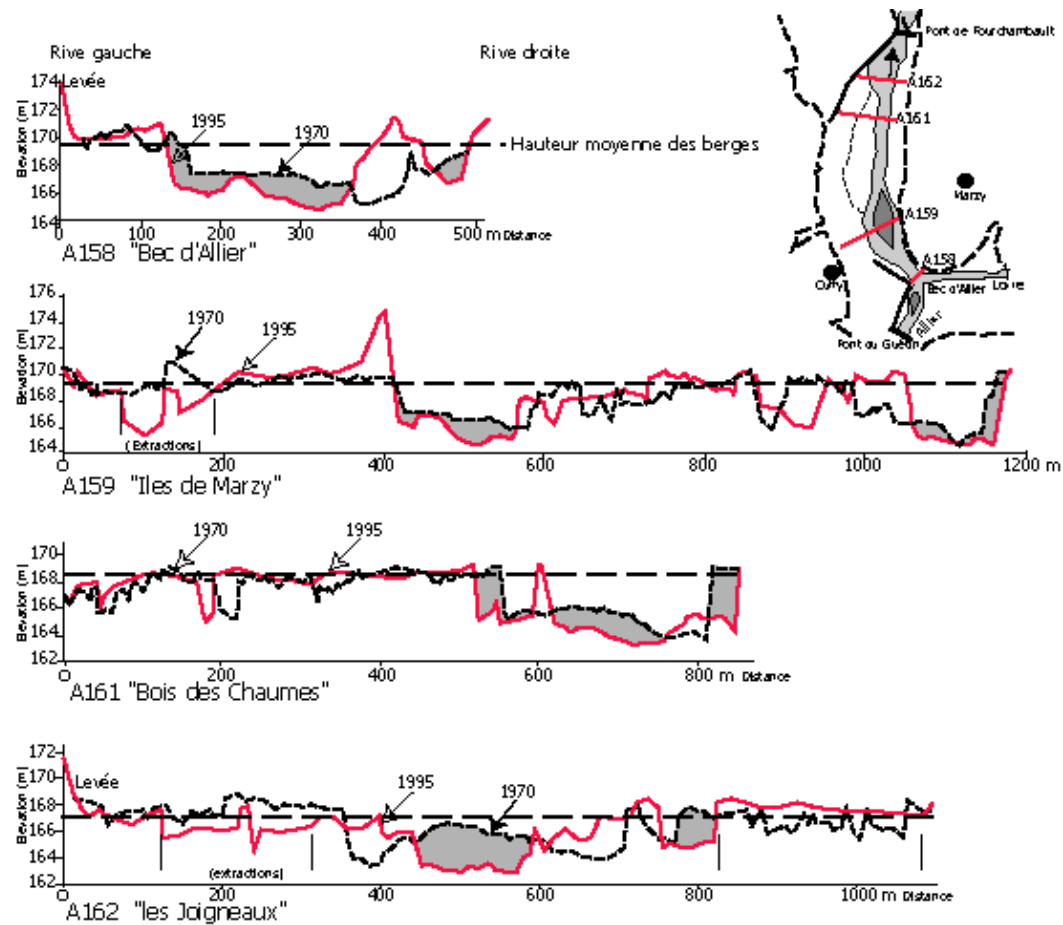
Pièges à sédiments et analyses granulométriques



Méthodologie expérimentale en cours : Suivi de l'évolution du couvert végétal

Application d'un ballon captif à la géomorphologie fluviale et au suivi fin des travaux de restauration du lit de la Loire

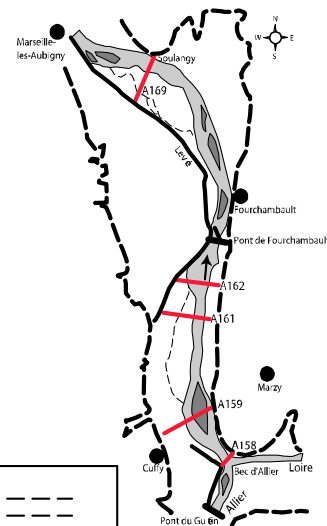
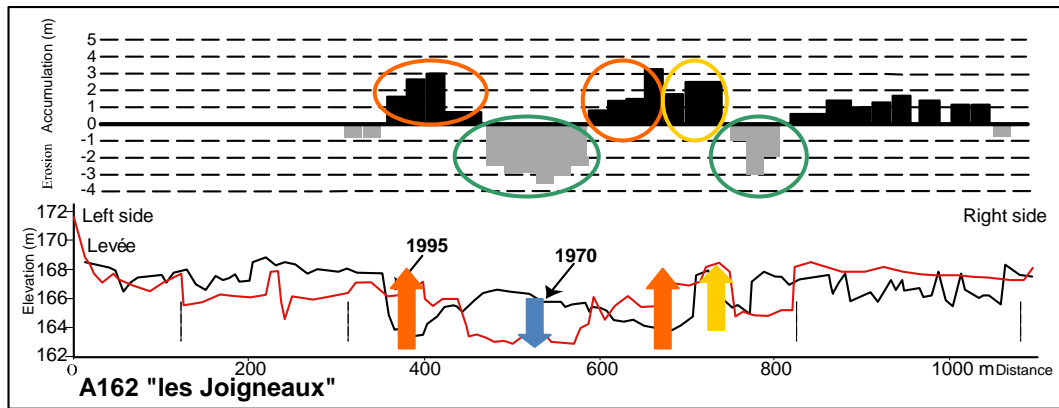
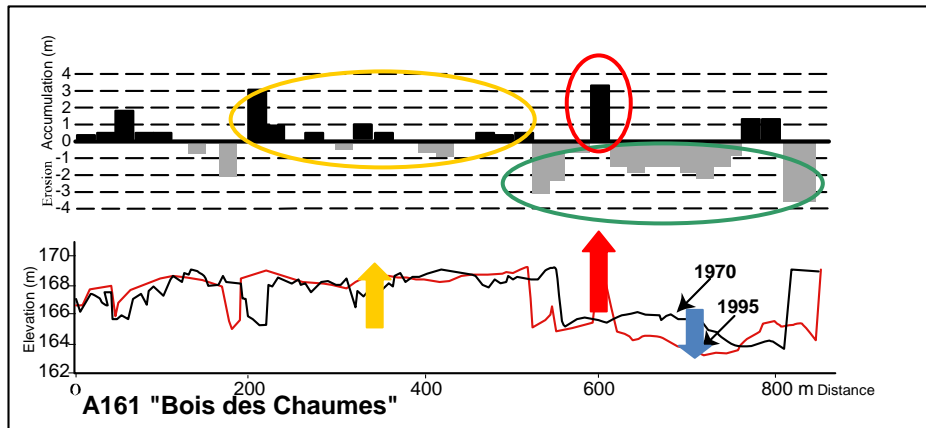
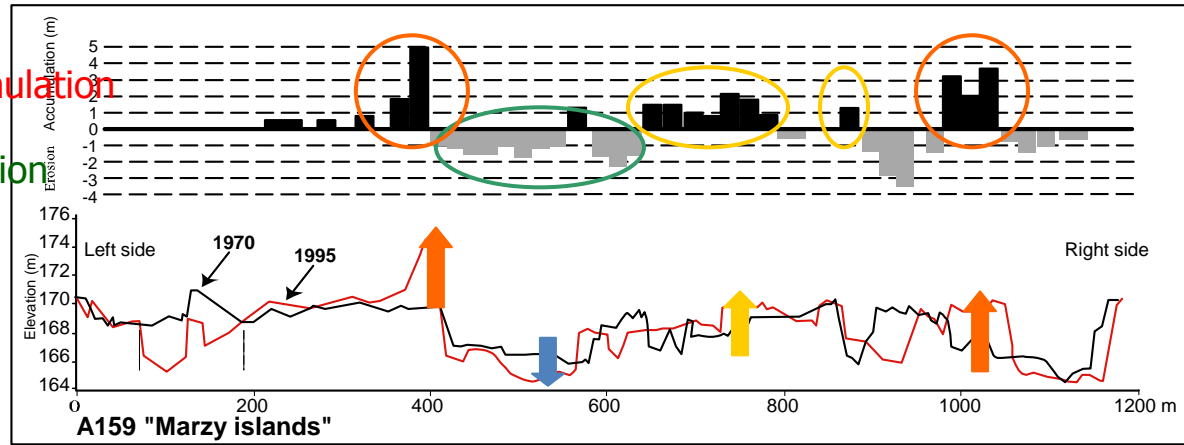
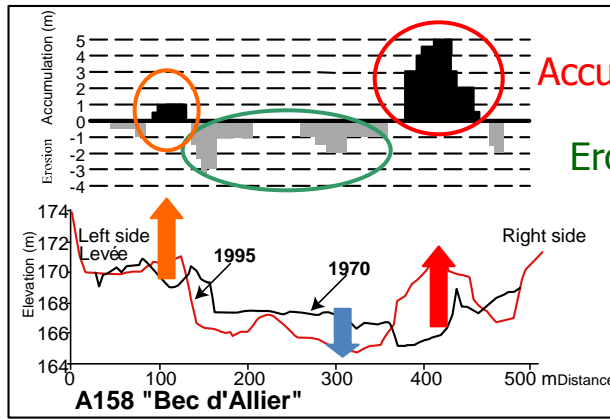




Pourcentage du profil en dessous du niveau moyen des berges

	1970	1995
A 158	78	48
A 159	68	56
A161	73	65
A162	74	55

(Gautier et al., 2001)



1970 - 1995

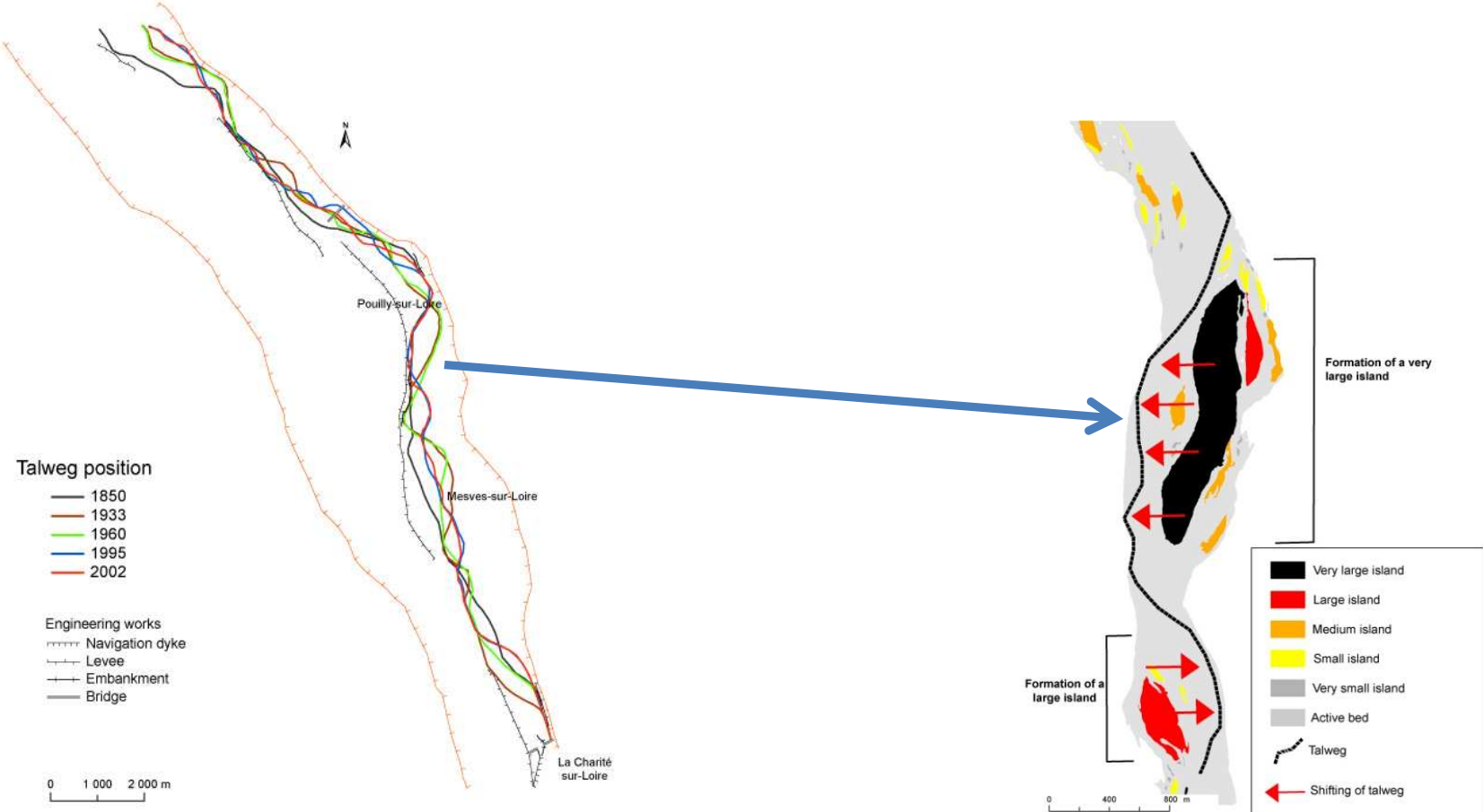
Young islands:
 rapid vertical accretion
 (Max. 5 m; 8 – 20 cm.yr⁻¹)

Old islands:
 moderate accumulation
 (max. 2 m; 4 - 10 cm.yr⁻¹)

Channel and island margins:
 rapid lateral accretion
 (Max. 4 m; 4 – 20 cm.yr⁻¹)

Active channel entrenchment
 (max. 3 m; 4 – 10 cm.yr⁻¹)

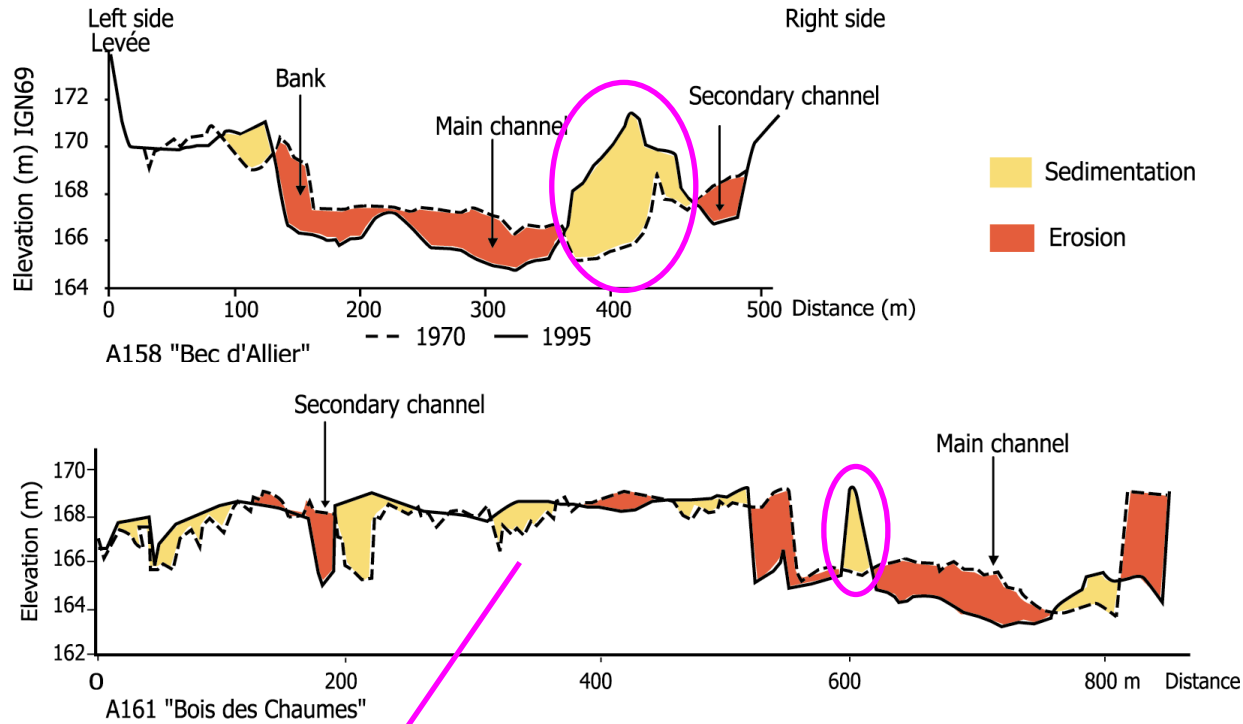
Channel mobility - Link between talweg shifting and island formation



Migration of talweg on the Middle Loire River (1850 – 2002)
 (Grivel, PhD 2008)

Rôle majeur de la végétation pionnière

La Loire - Sédimentation des îles jeunes - (1970 – aujourd'hui)



Accrétion verticale rapide :
8 – 20 cm.an⁻¹





Brunet et Gazelle (1995) :
-Ripisylves de l'Adour piègent 15 – 20 % des flux de MES
-Barthes (cultures, pâtures) : 0,5 – 0,65 %

Densité de la végétation au sol

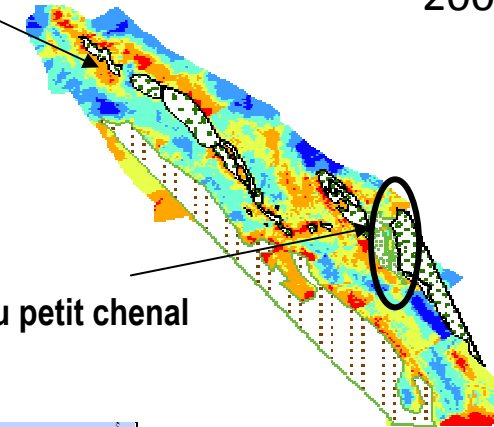
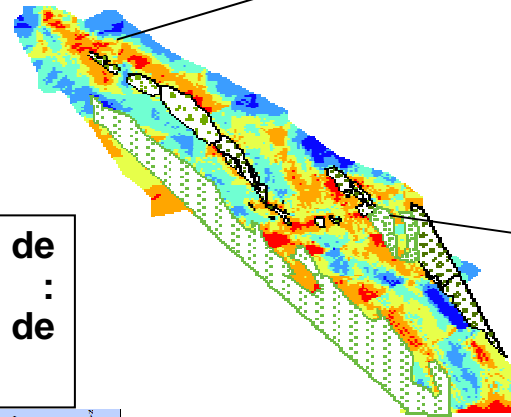


■ Connexion aval site de la Charité-sur-Loire

Évolution du couvert végétal

2008 Extension du couvert végétal

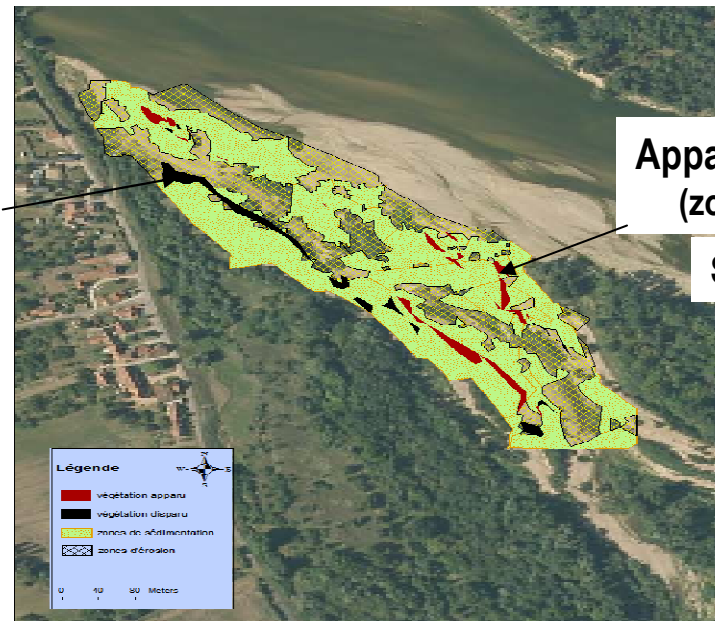
2009



- Identification des zones de sédimentation maximale : Saules et Peupliers de hauteur moyenne de 2 m

Fermeture du petit chenal

Evolution de la topographie et du couvert végétal 07-08 (connexion aval)



Apparition de la végétation (zones rouges)

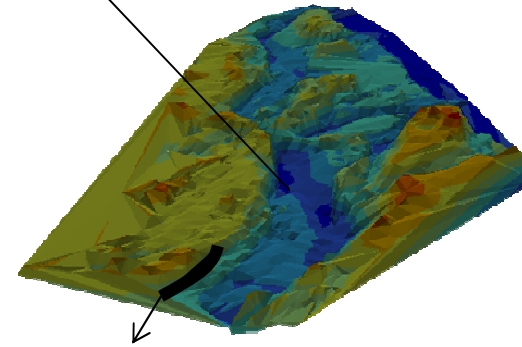
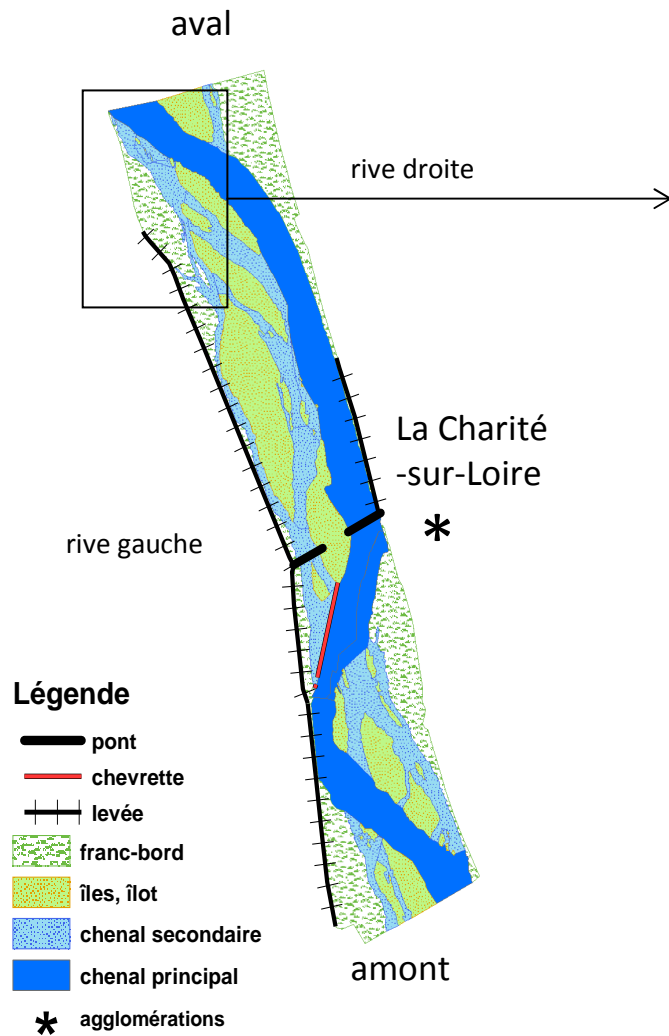
Superficie = 1331 m²

Seuils naturels et artificiels

- La fixation des atterrissements et des mouilles : Seuils, levées et îles, un impact non négligeable sur l'évolution du profil en long et du profils en travers au sein du lit mineur.



■ Connexion aval site de la Charité-sur-Loire

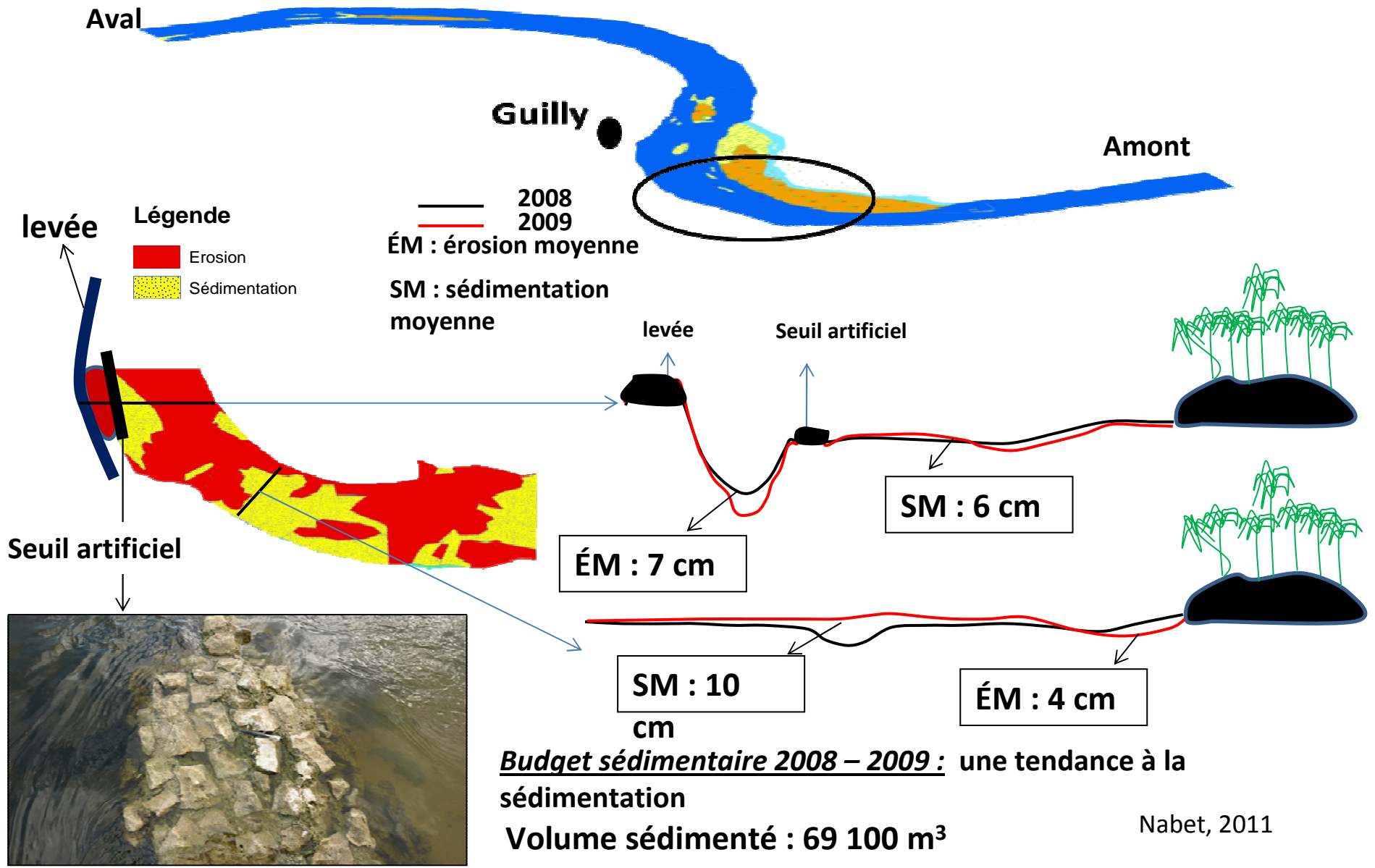


La limite de l'érosion correspond à la zone d'enrochement et d'installation de pieux (ouvrage ancien)

Une tendance à l'érosion : un volume sédimentaire de 2 045 m³ a été évacué vers la Loire entre 2007 et 2008.

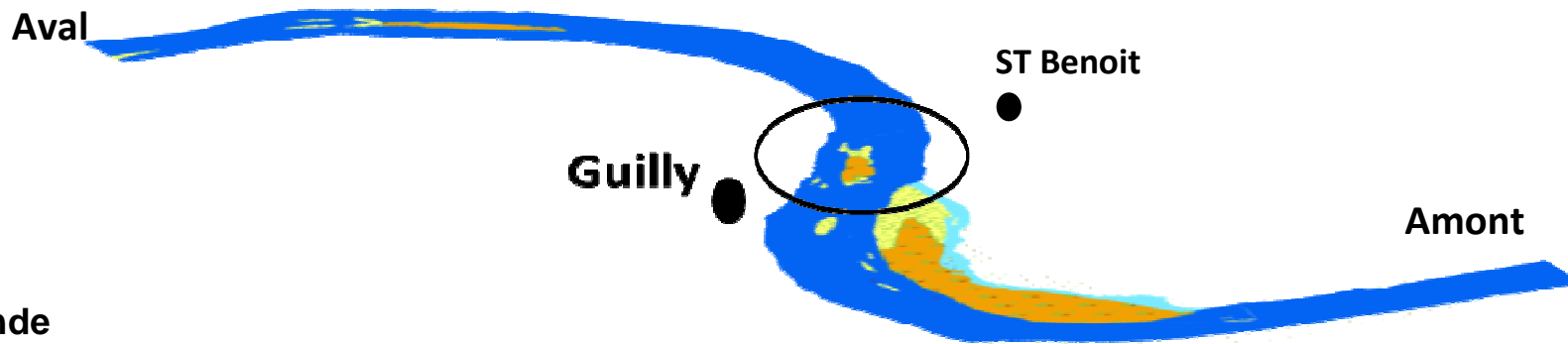
Guilly,
Zone n°1

Évolution 2008-2009, Impact morphosédimentaire de la crue de novembre 2008



Zone n°2

Évolution 2008-2009, Impact morphosédimentaire de la crue de novembre 2008



Légende

- île
- attérissement en cours de végétalisation
- érosion
- sédimentation

— 2008
— 2009

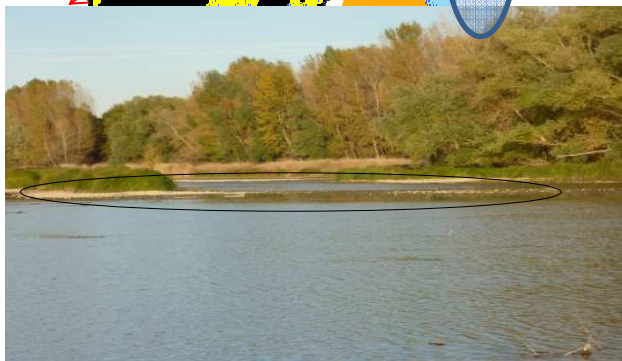
ÉM : érosion moyenne
SM : sédimentation moyenne

Érosion de la berge

SM : 5 cm

ÉM : 10 cm

levée
Le port de ST Benoit

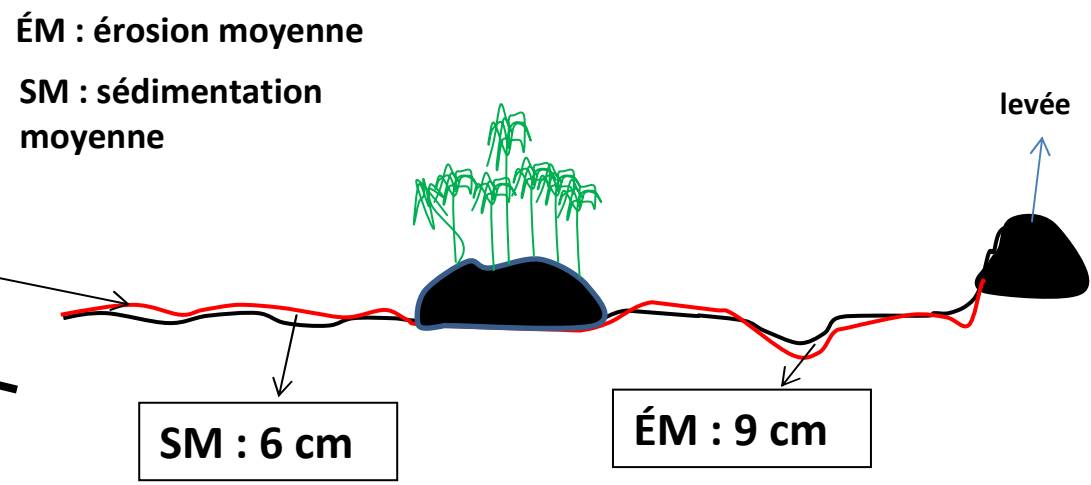
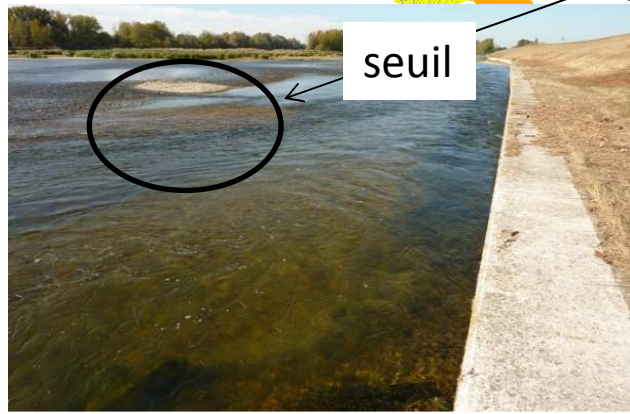
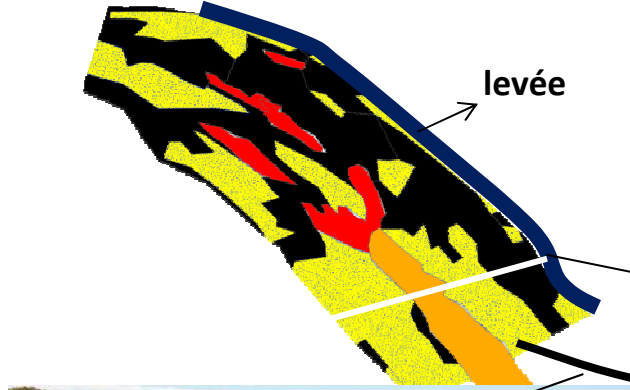
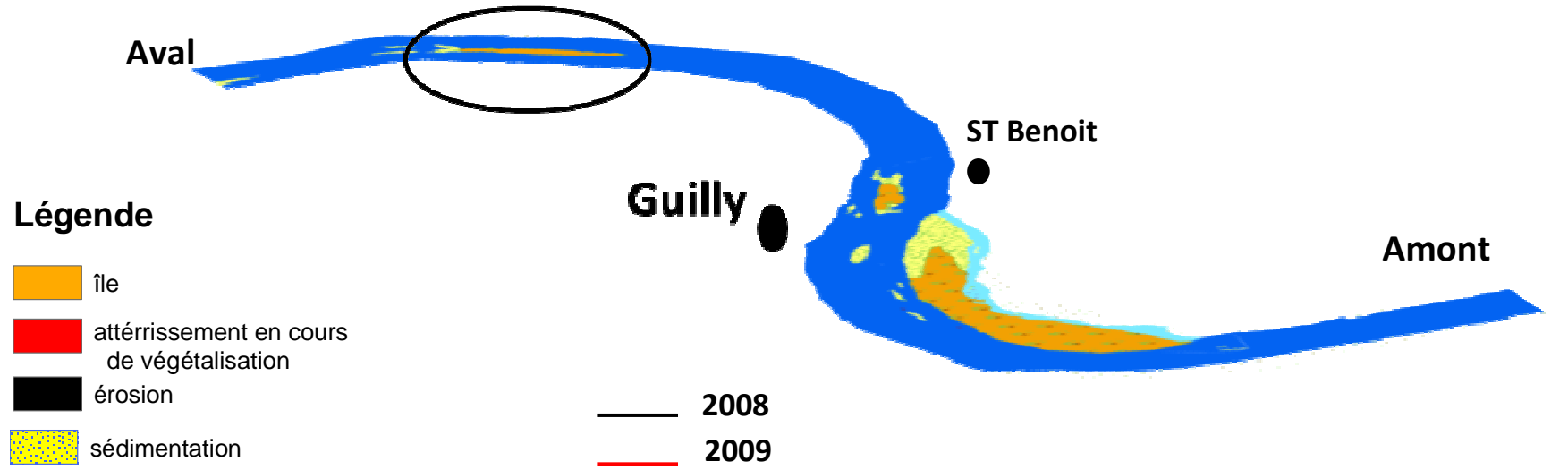


Budget sédimentaire 2008 – 2009 : une tendance à l'érosion

Volume érodé: 55 400 m³

Nabet, 2011

Zone n°3 *Évolution 2008-2009, Impact morphosédimentaire de la crue de novembre 2008*

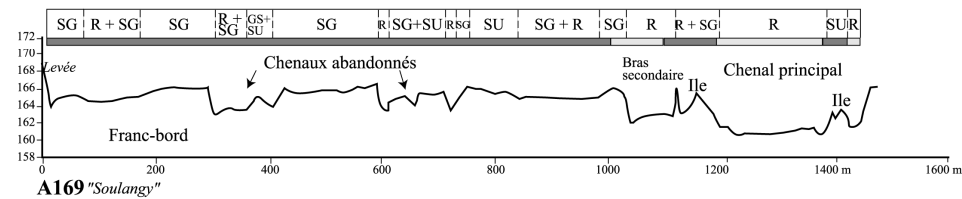
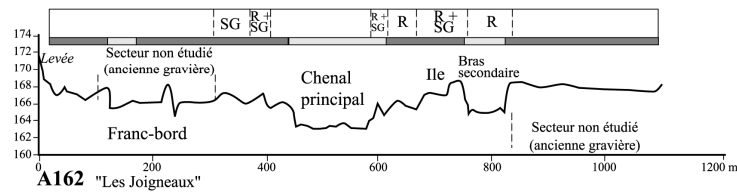
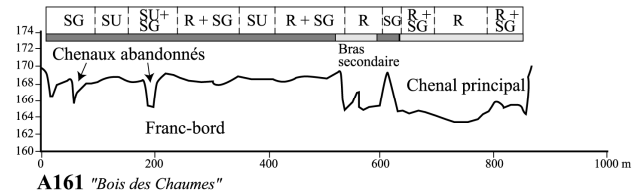
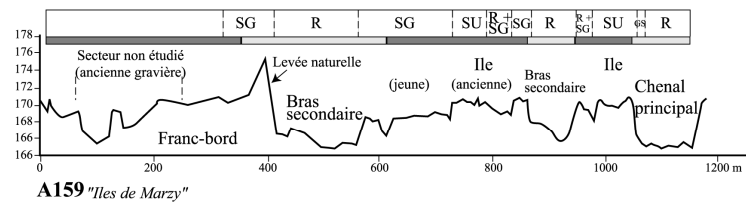
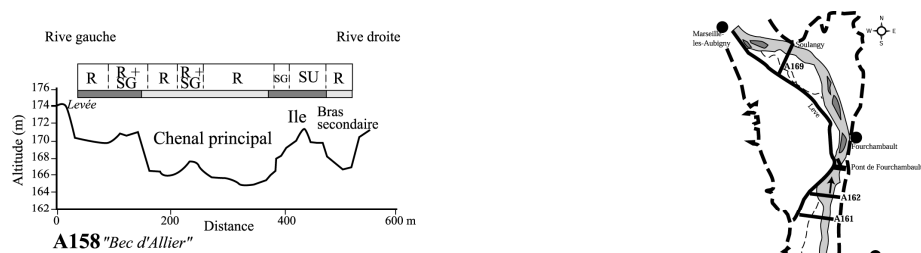


Budget sédimentaire 2008 – 2009 : une tendance à l'érosion

Volume érodé : 24 000 m³

Construction d'épais bourrelets de berges





Formes actives (chenaux et bancs non végétalisés)

Formes végétalisées (îles et francs-bords)

Mode de transport des sédiments : R: roulement ; SG: suspension graduée; SU : suspension uniforme

(Profils fournis par la Diren de Bassin Loire-Bretagne et l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne)

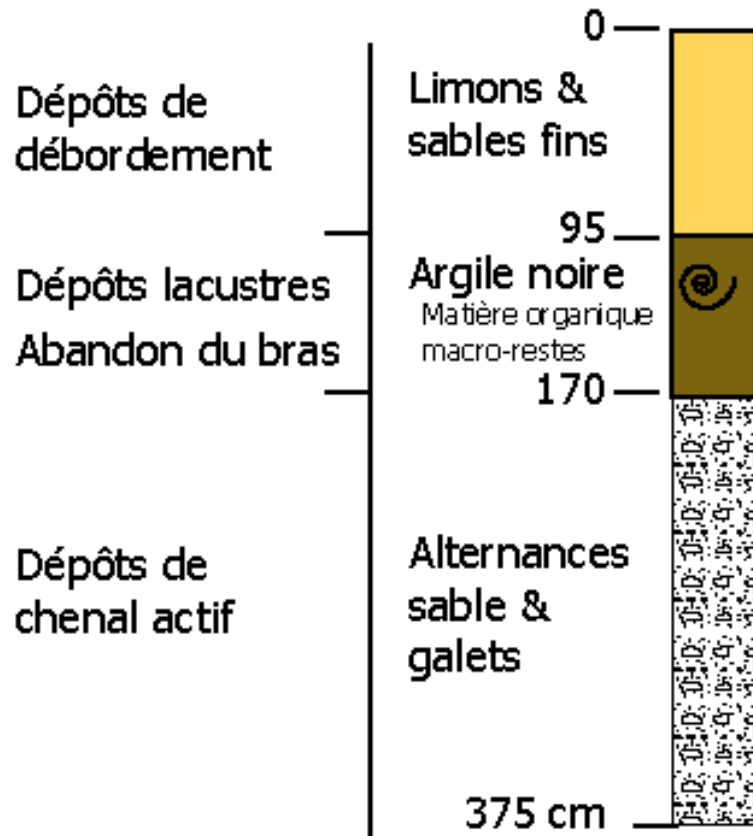
Fossilisation de la plaine distale

Taux de sédimentation très faibles

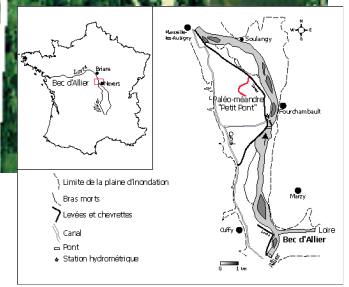
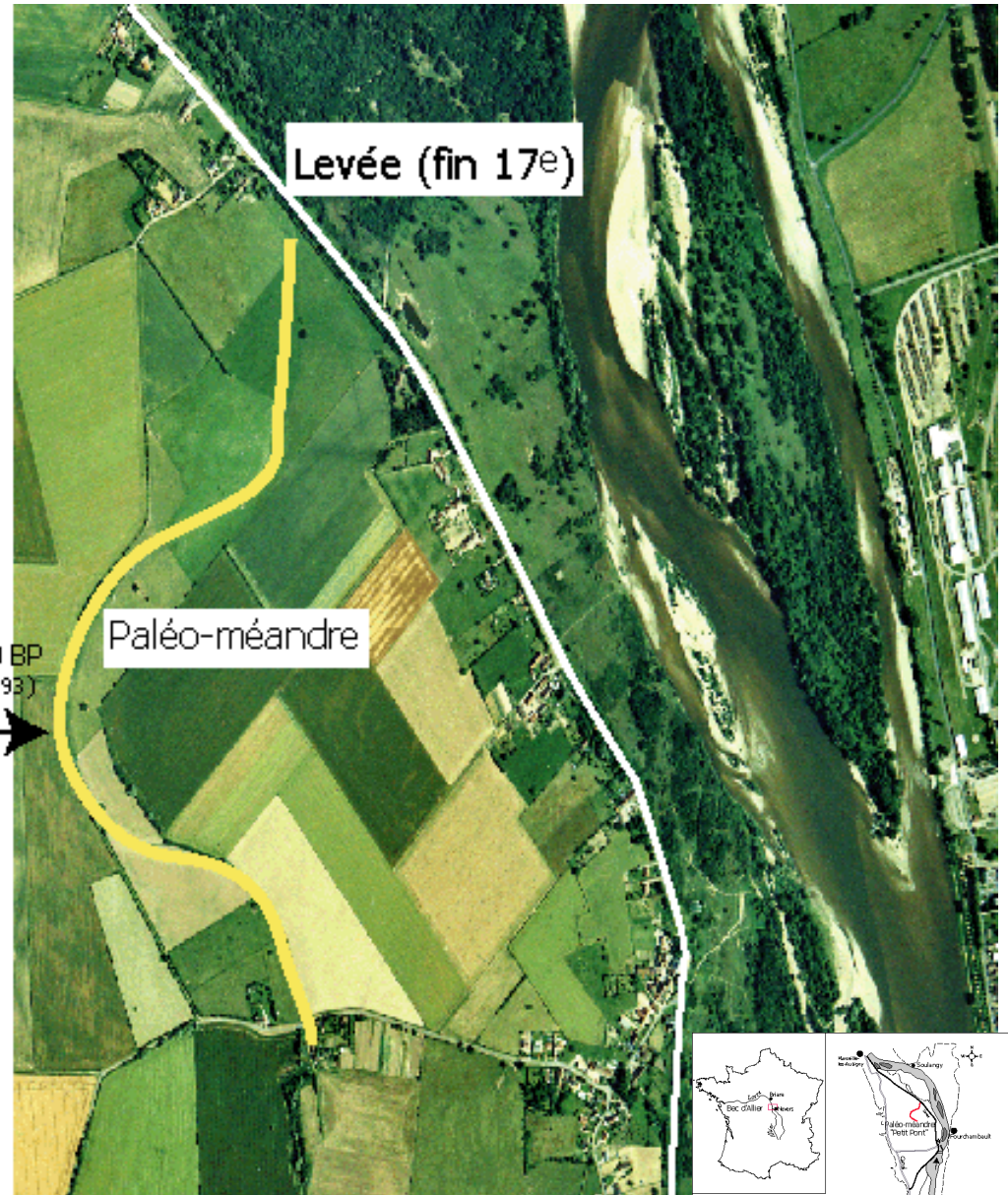


Confirmation sur des pas de temps historiques

Loire nivernaise à l'Époque Moderne

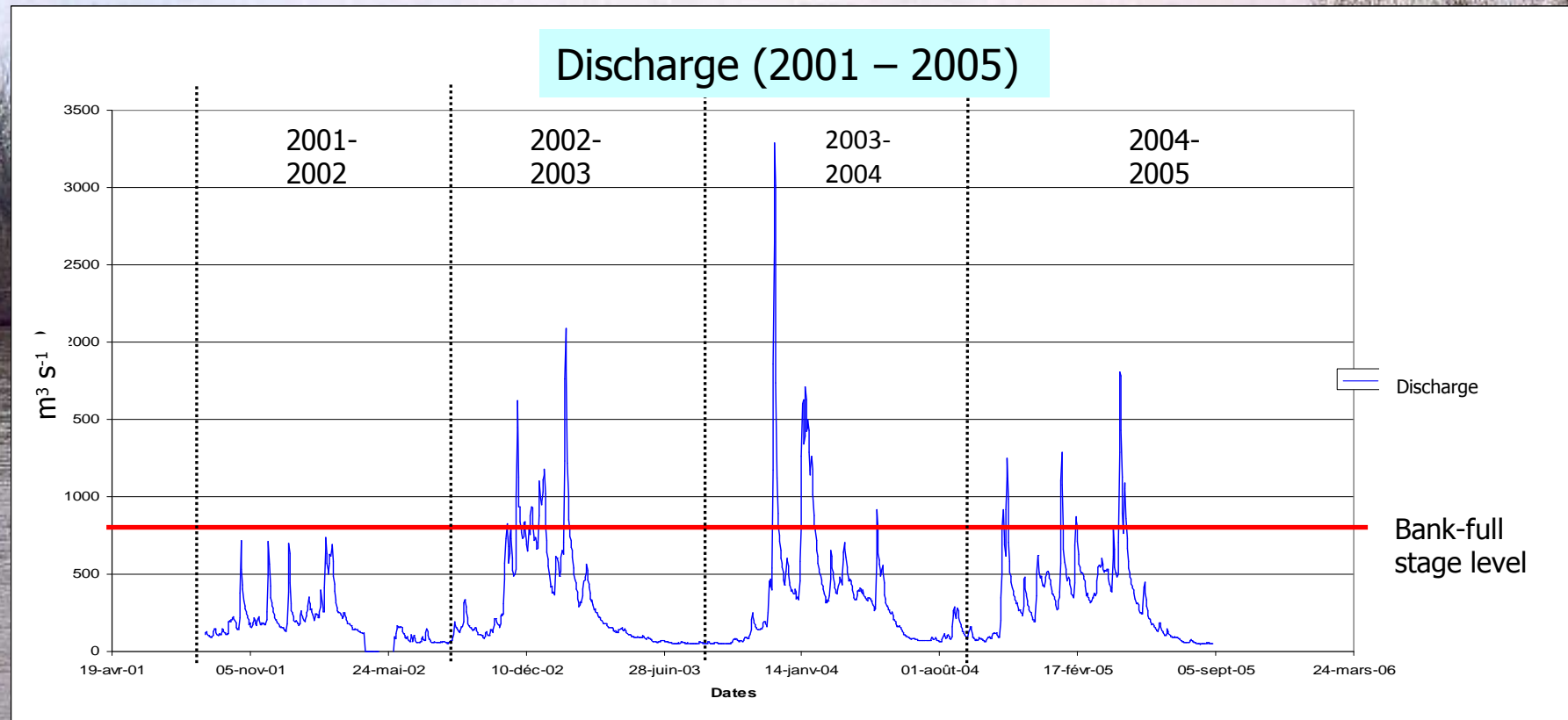


450 ± 60 BP
(Beta 145193)

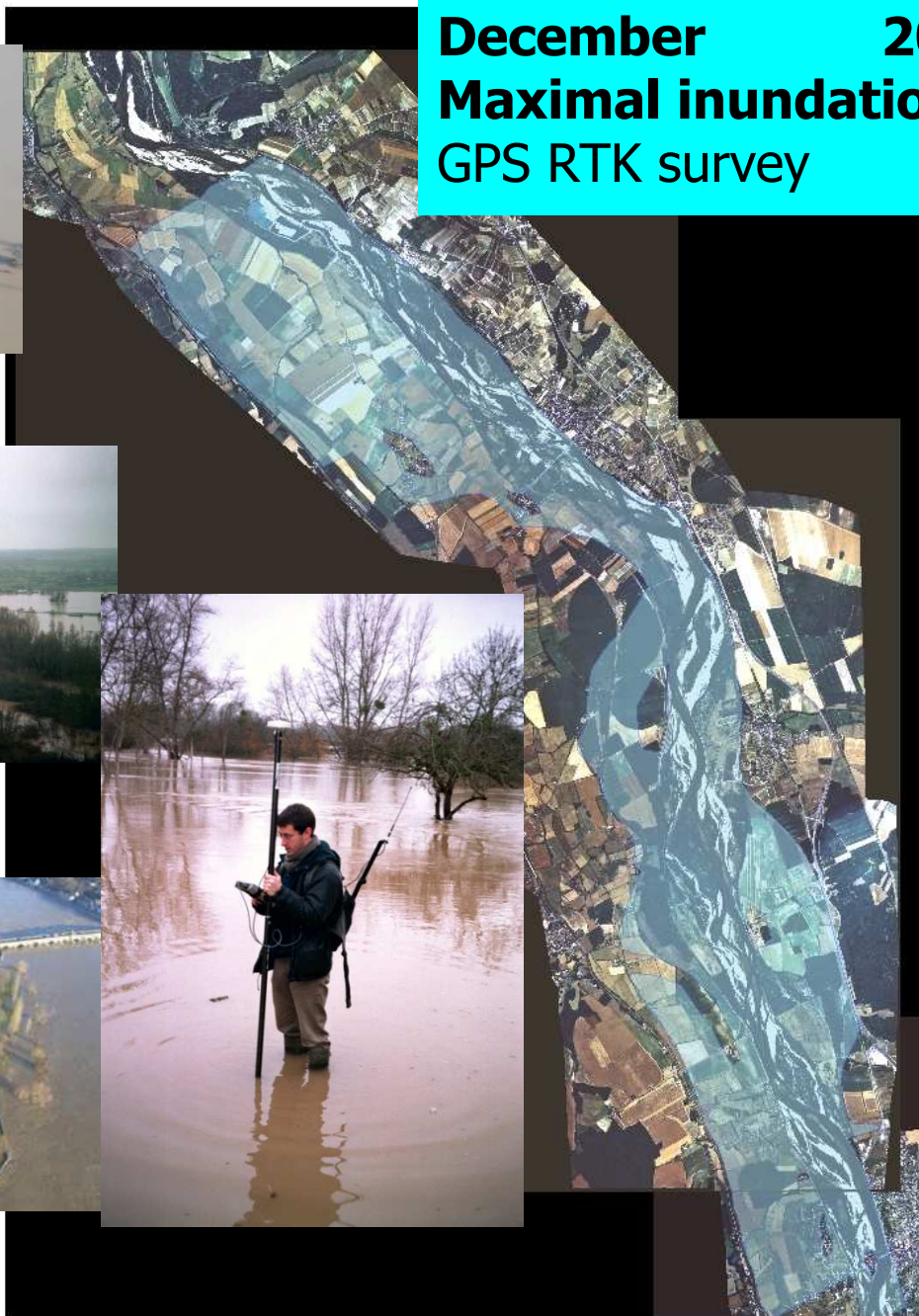


Sédimentation dans la plaine : rôle essentiel de la durée de la crue

Ex. Loire 2001 – 2005



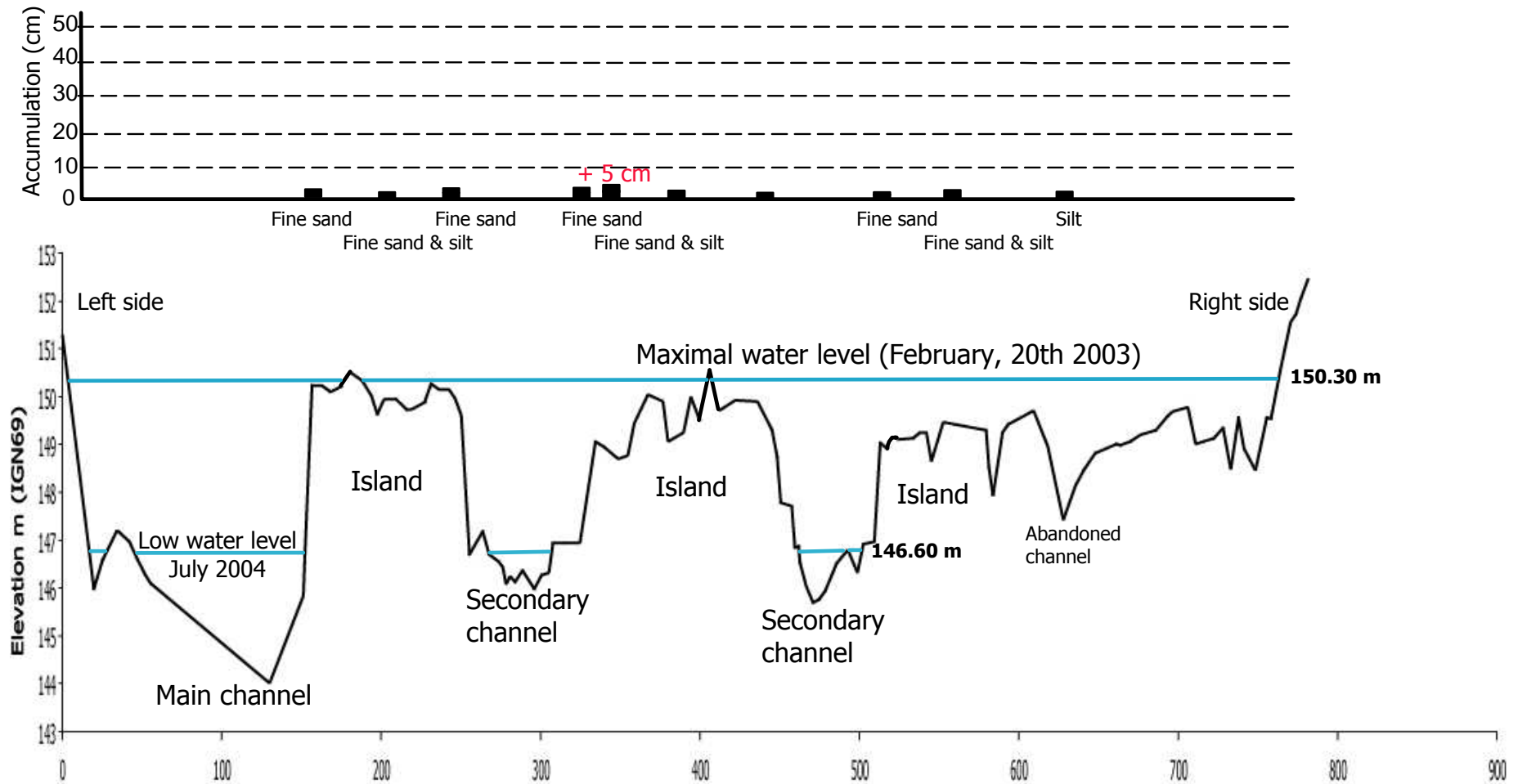
Méthode de détermination de
l'enveloppe spatiale



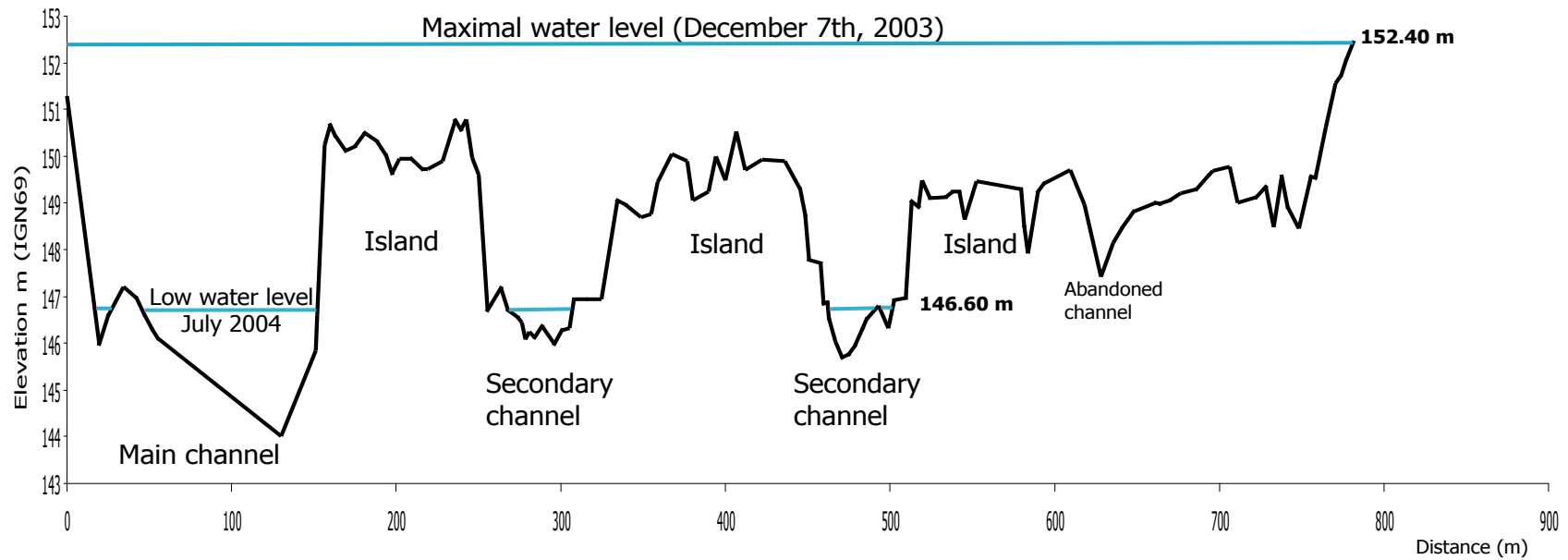
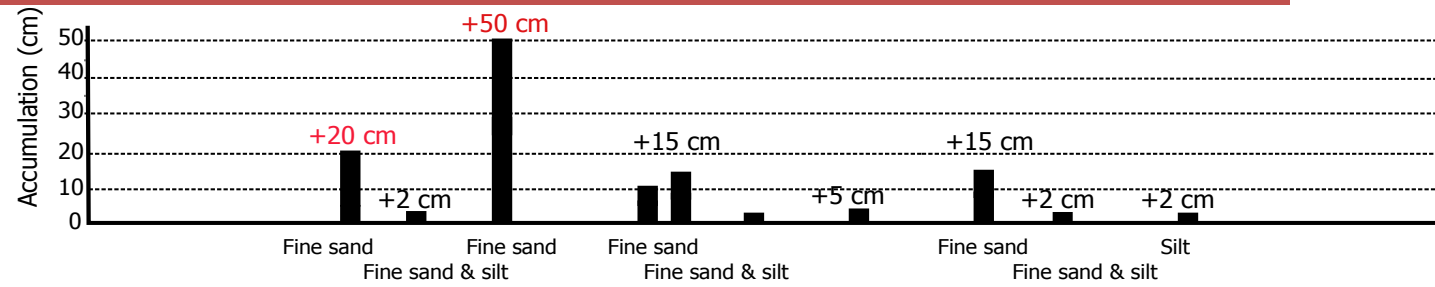
December 2003
Maximal inundation
GPS RTK survey



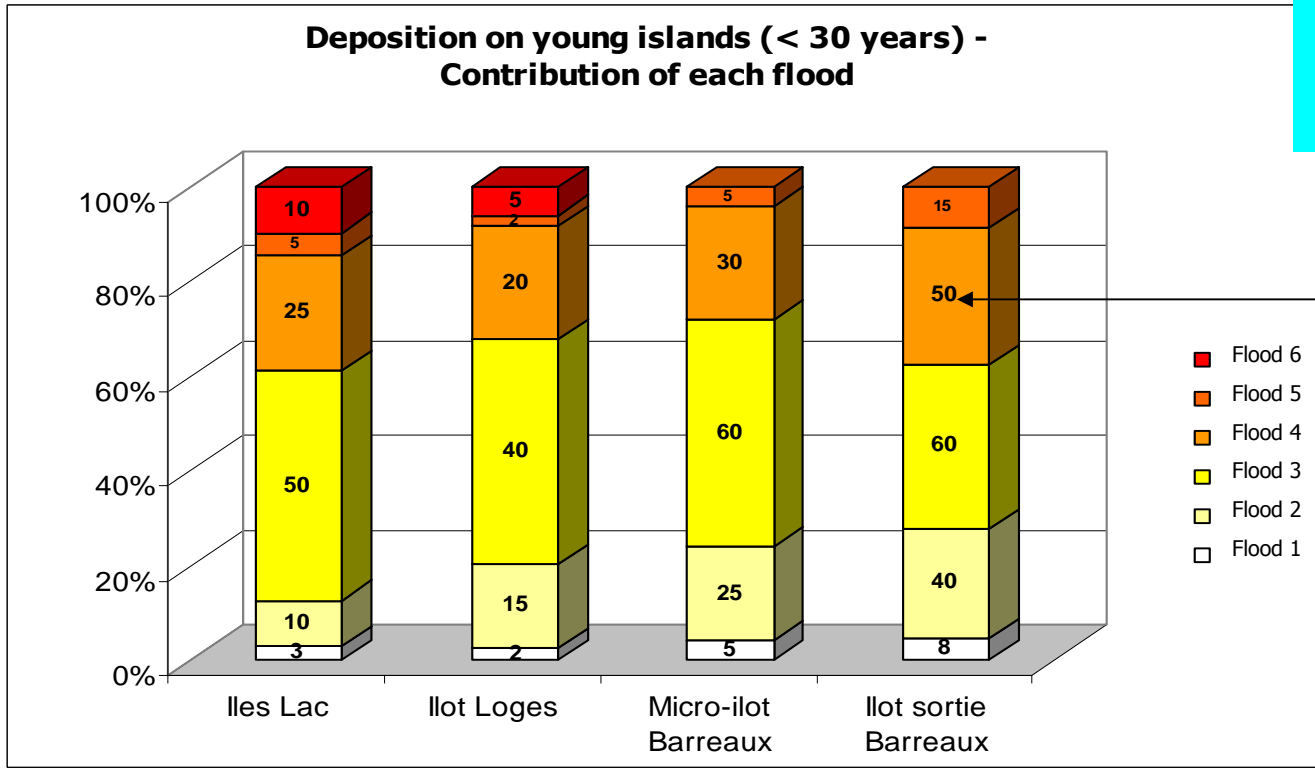
Deposits during the February flood



Deposits during the December 2003 flood



1. Young islands
6 floods



Deposits (cm)

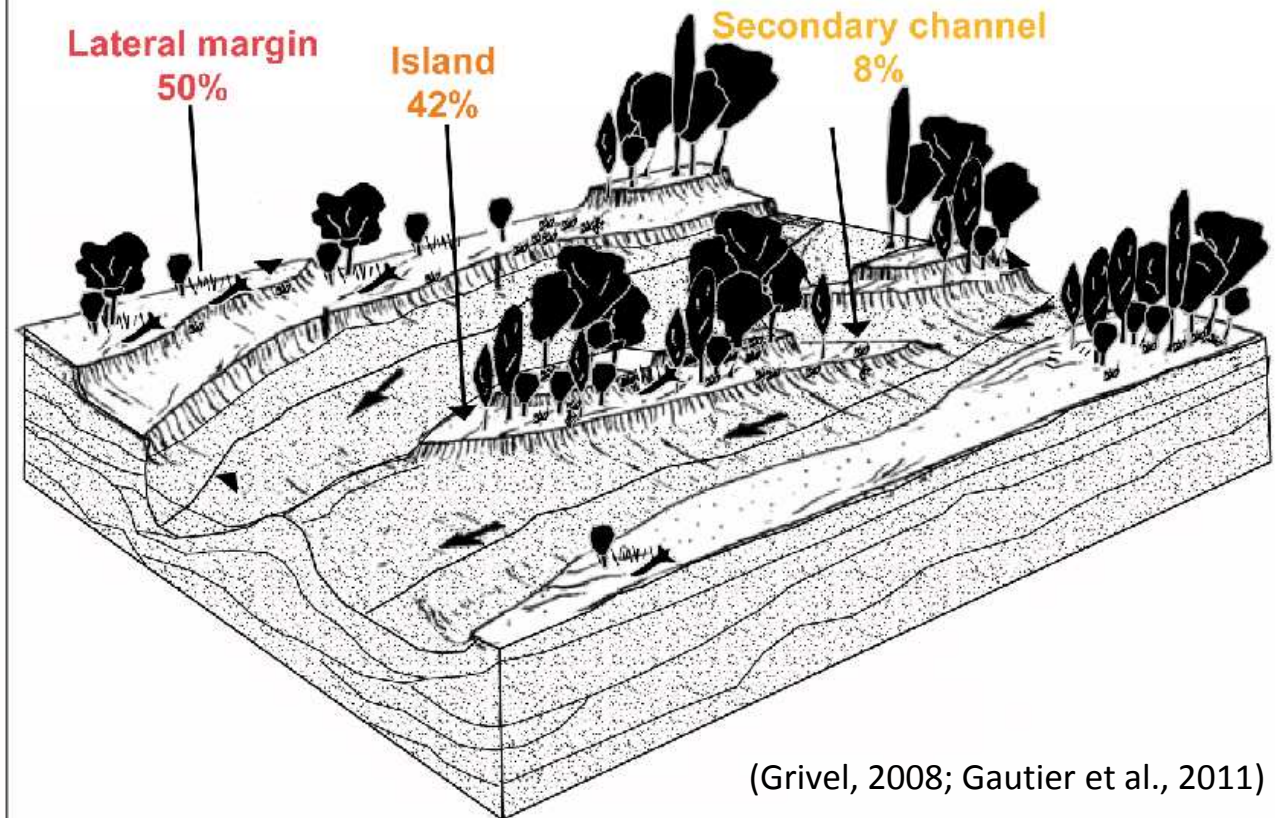
6 floods

Max. discharge ($m^3 s^{-1}$)

Duration (days)

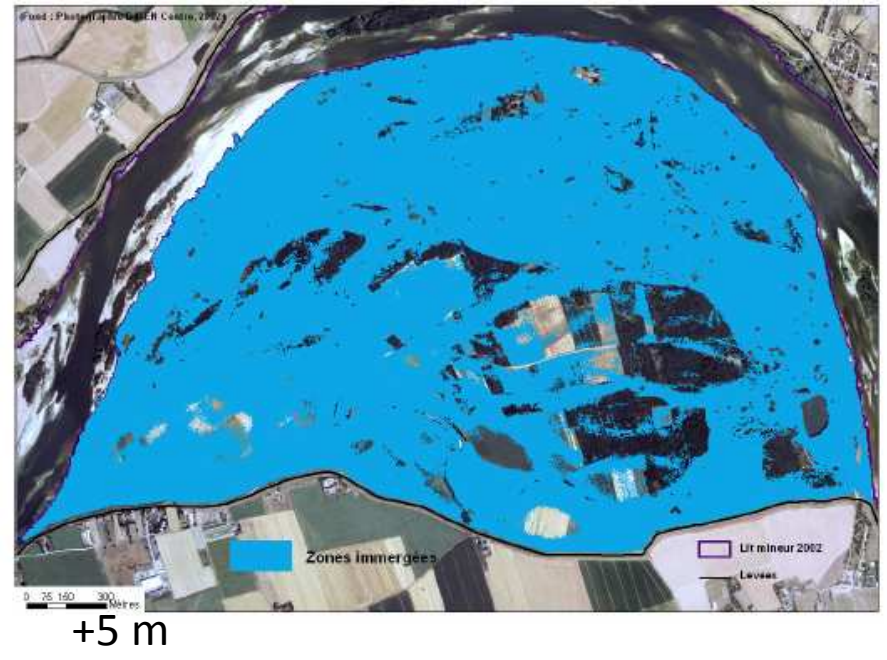
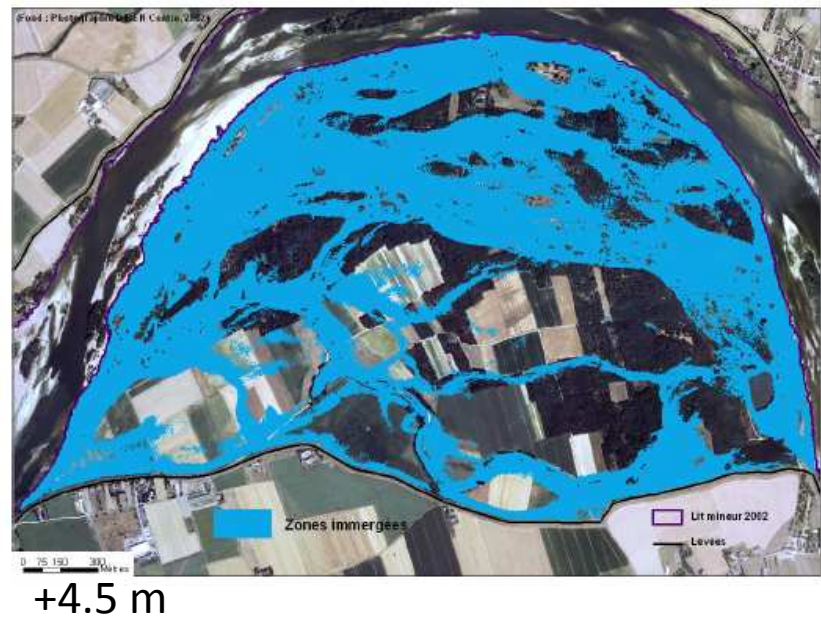
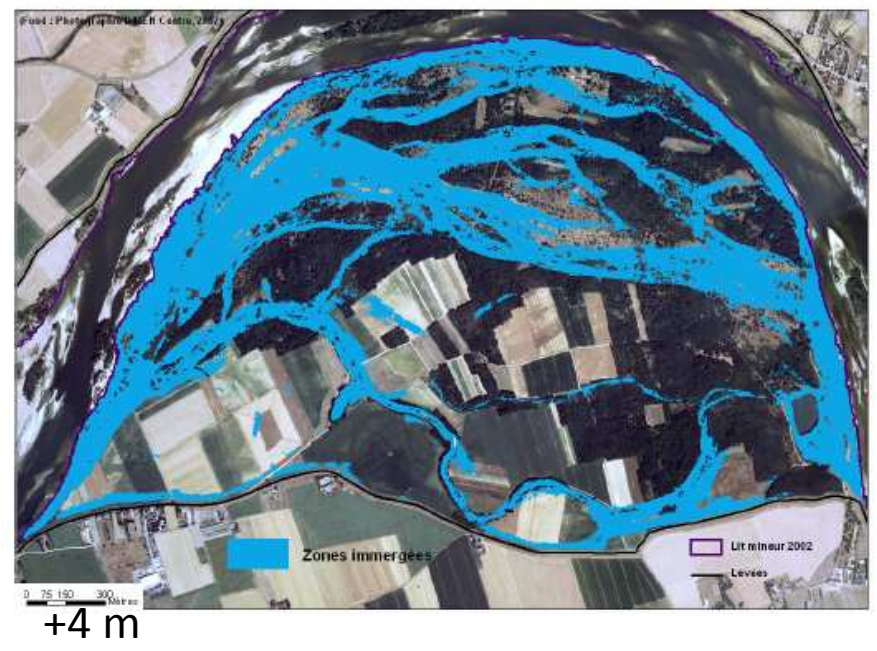
1. Nov-Dec. 2002	1 620	6
2. Feb. 2003	2 200	7
3. Dec. 2003	3 350	8
4. Jan. 2004	1 710	18
5. Nov. 2004	1 250	5
6. Apr. 2005	1 780	9

Bilan sédimentaire de la Loire



(Grivel, 2008; Gautier et al., 2011)

Simulation de la montée de l'eau dans le lobe de Guilly



Submersion par la Loire

1. Débit inférieur au plein bord

($h < 2,5$ m ; $Q_w < 900$ m³.s⁻¹)

2. Débit à plein bord

($2,5 < h < 3,25$ m ; $Q_w = 900 - 1\,000$ m³.s⁻¹)

Remontée de l'eau dans les dépressions

3. Débit supérieur au plein bord – crue

($3,25 < h < 3,5$ m ; $1\,000 < Q_w < 2\,300$ m³.s⁻¹)

Amorce de la connexion aval

4. Débit supérieur à crue 5ans

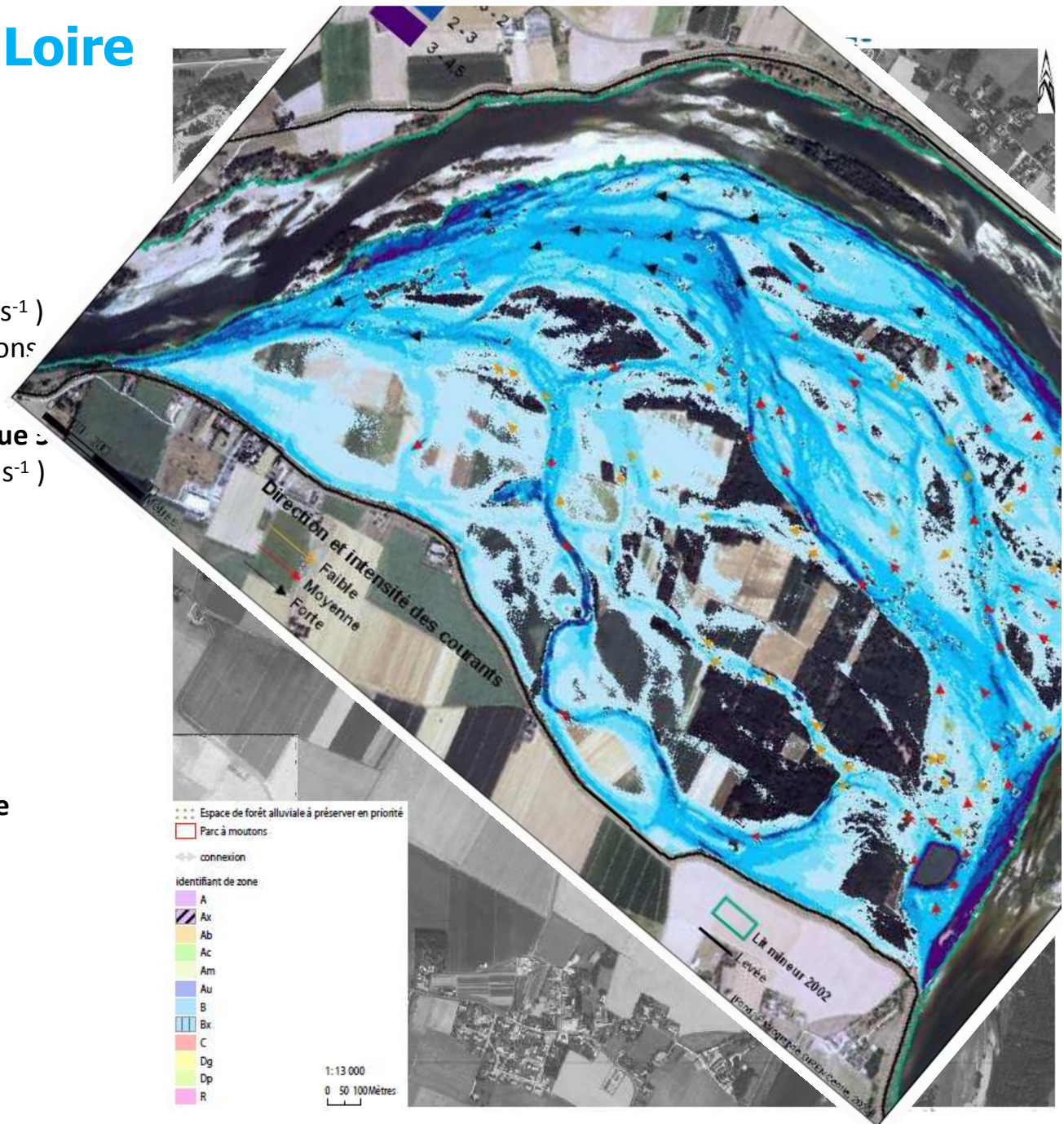
($3,75 < h < 4$ m ; $2\,300$ m³.s⁻¹ < Q_w)

Amorce de la connexion amont

5. Débit supérieur à la crue vicennale

($h > 4,75$ m ; $Q_w = 4\,300$ m³.s⁻¹)

Submersion générale



Sectorisation du secteur de Guilly

1. Secteurs remis en eau par la Loire

Débit < ou = au plein bord

Forts taux de sédimentation

Influence de la durée des basses eaux

2. Secteurs remis en eau par la Loire

- Par infiltration

- Par reconnexion aval

Débit > au plein bord

Inondations fréquentes

Faibles taux de sédimentation

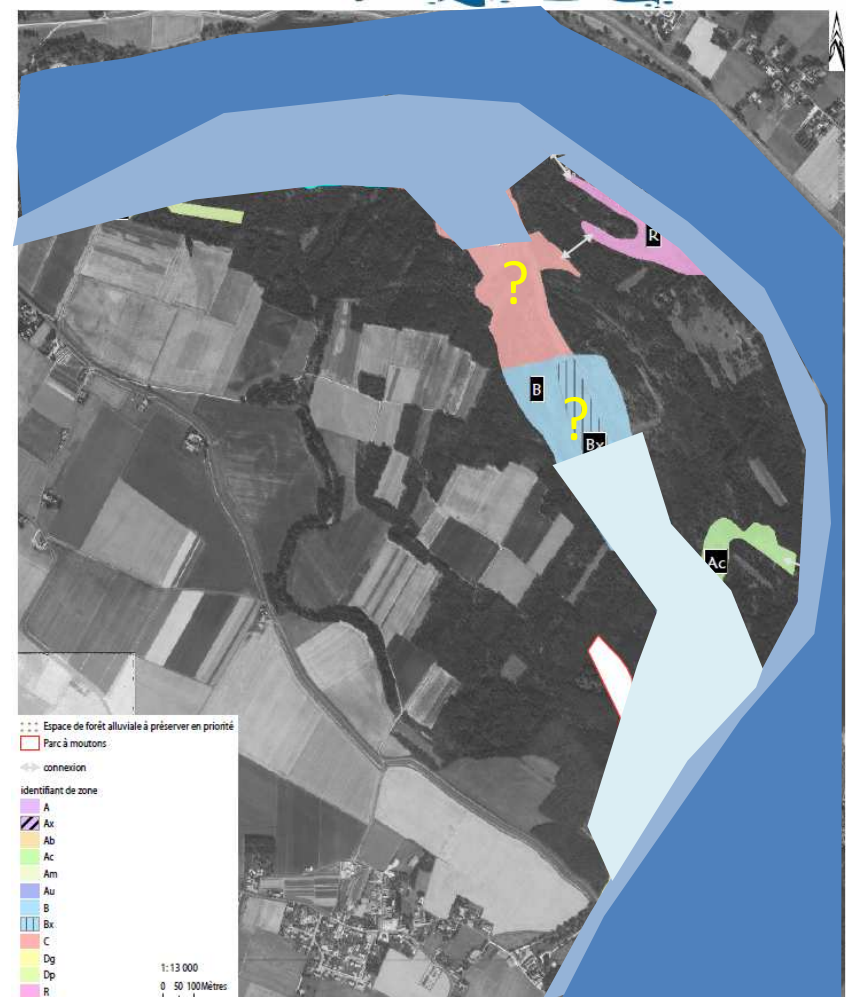
Sédiments fins

3. Secteurs remis en eau par l'amont

Inondations peu fréquentes (crue > 5 ans)

Influence déterminante des eaux de la nappe

Très faibles taux de sédimentation



Conclusion

- ❖ Rôle majeur exercé par la végétation pionnière (îles jeunes & plaine proximale)
- ❖ Double déconnexion :
 - ❖ Longitudinale : seuils & ouvrages
 - ❖ Transversale : bourrelets de berges
- ❖ Aggravation des déséquilibres sédimentaires :
 - ❖ Dans le chenal actif
 - ❖ Plaine distale fossilisée
- ❖ Des conditions hydrologiques défavorables :
 - ❖ Durée des basses eaux / absence de crues d'été
 - ❖ Brièveté des débordements
- ❖ Poursuite nécessaire de la collaboration gestionnaires & chercheurs



MERCI !