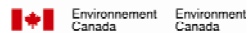


Le transport des sédiments en charge de fond: Mesures et modélisation

André G. Roy

*Chaire de recherche du Canada en dynamique fluviale
Université de Montréal*





Mobilisation + transport
des sédiments en charge de fond
=
Formes et tracé du lit de la rivière





Le transport en charge de fond

Mécanique complexe

Interactions et rétroactions entre le fluide et les
sédiments

Contingence

Les variables d'intérêt

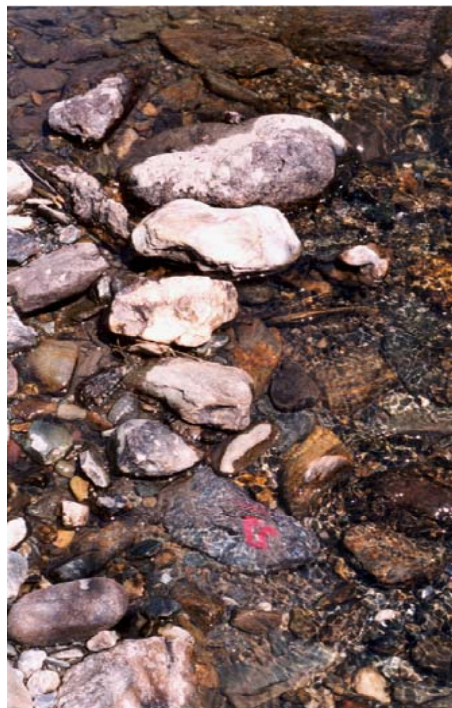
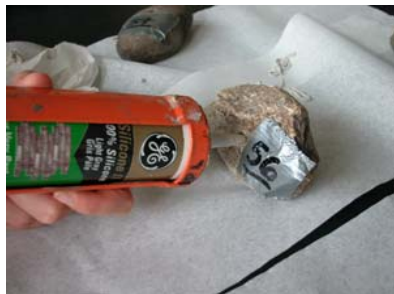
Particules individuelles

Mobilisation (Oui, Non)

Taille des particules mobilisées/non-mobilisées

Distance de déplacement

Marquage de cailloux (PIT tags)



Les variables d'intérêt

Transport en vrac

Mobilisation (Oui, Non)

Volume de sédiments

Granulométrie

Taux de transport

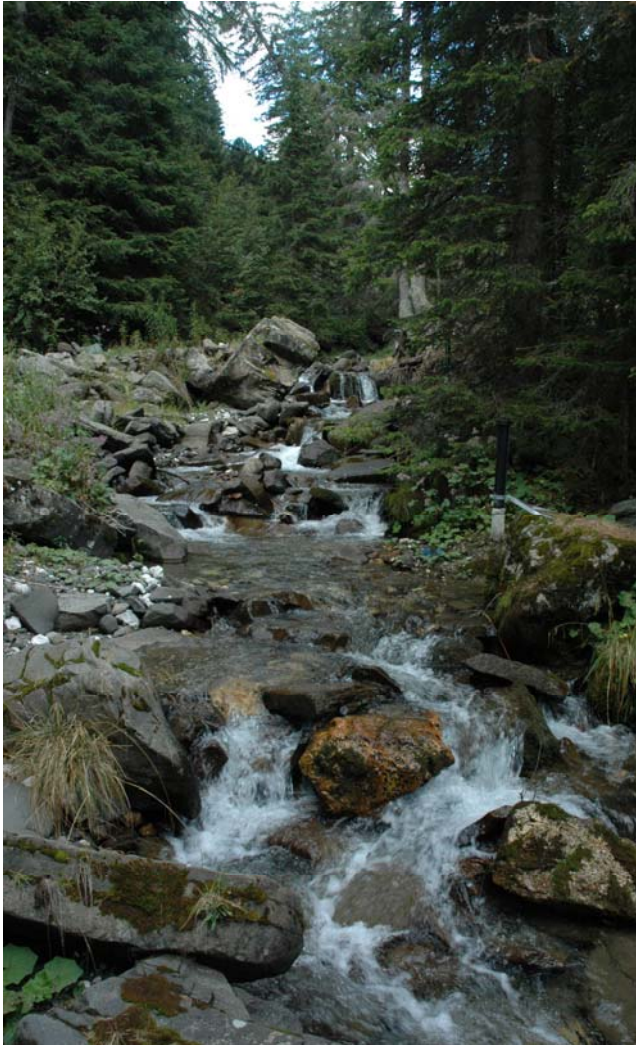


Échantillonneur de la charge de fond TR-2

Trappe à sédiments avec cellule de charge



Rio Cordon (Italie): Trappes à sédiments



Les variables d'intérêt

Activité du lit

Lit actif (Oui, Non)

Profondeur

Surface du lit

Techniques

Activité du lit

Changements topographiques

Chaines d'érosion

Marquage du lit

Les variables d'intérêt

Particules individuelles

Transport en vrac

Activité du lit

Variabilité spatiale et temporelle

Approche

Diversité d'instruments et de techniques de
mesure



Convergence des observations?

Approche

Mesures

+

Modèles prédictifs



**Scénarios possibles d'apports
sédimentaires et de changements
morphologiques**

Deux cas

Ruisseau Béard

Intégration de mesures sur le transport en vrac et
l'activité du lit

Tributaires du Saint-Laurent

Modélisation de la réponse des rivières aux
changements environnementaux

Ruisseau Béard (Québec)

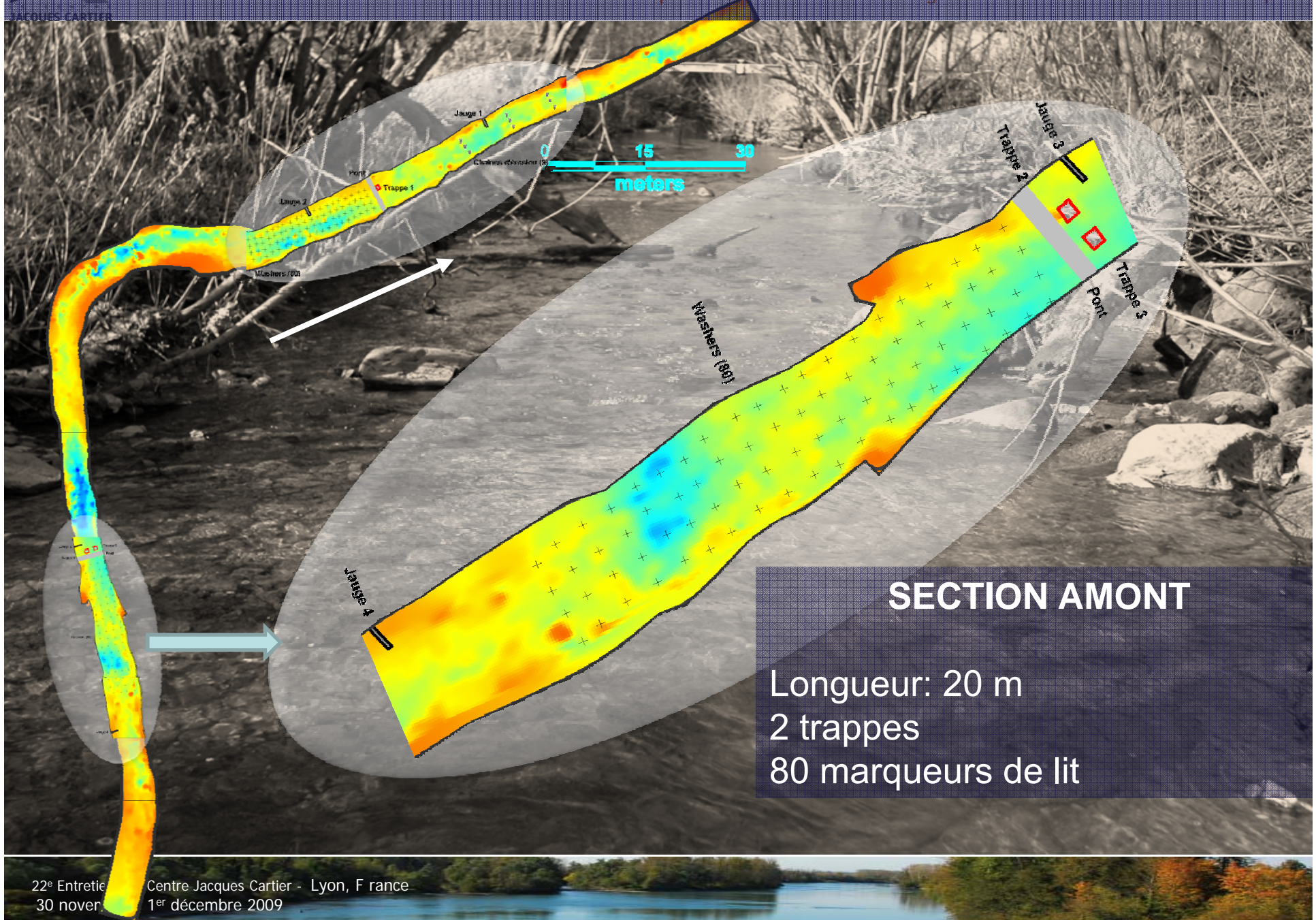


Section aval

Section amont

Cours d'eau et bassin

- Largeur plein-bord: 5 à 6 m
- Profondeur moyenne: 0.8 m
- D50: 40 mm
- Pente du lit: 1%
- Superficie de drainage: 8 km²



SECTION AMONT

Longueur: 20 m
2 trappes
80 marqueurs de lit

0.1 m³/s

0:00 PM T 25°C



1.1 m³/s

:00 PM T 19°C



2.5 m³/s

:00 AM T 18°C



7 m³/s

5:00 AM T 16°C



1- Bilan sédimentaire (Levés topographiques)

- Densité 5 pts / m²
- Erreur verticale ± 3 cm
- Erreur distance ± 25 mm



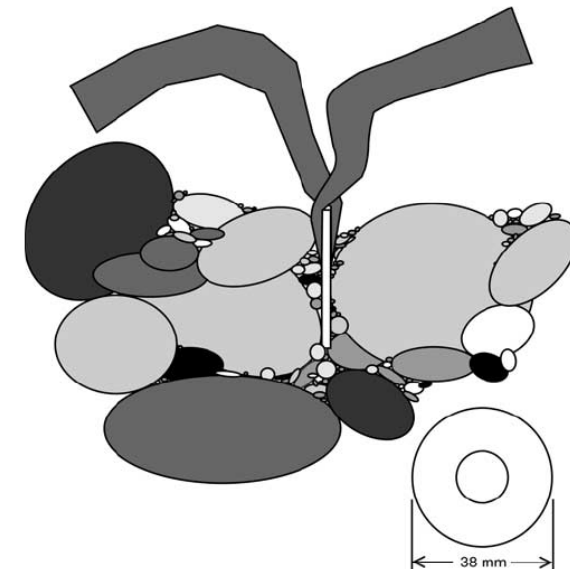
2- Taux de transport (Trappes à sédiments)

- Fréquence d'échantillonnage 1 min
- Capacité 100 kg
- Sensibilité ± 30 g



3- Activité du lit (Marqueurs du lit)

- Densité 1 tag / m²
- États:
Sans changement
Changement



Konrad *et al.* (2002)



2008-08-08 11:15:00 AM T

16°C

LEVÉS

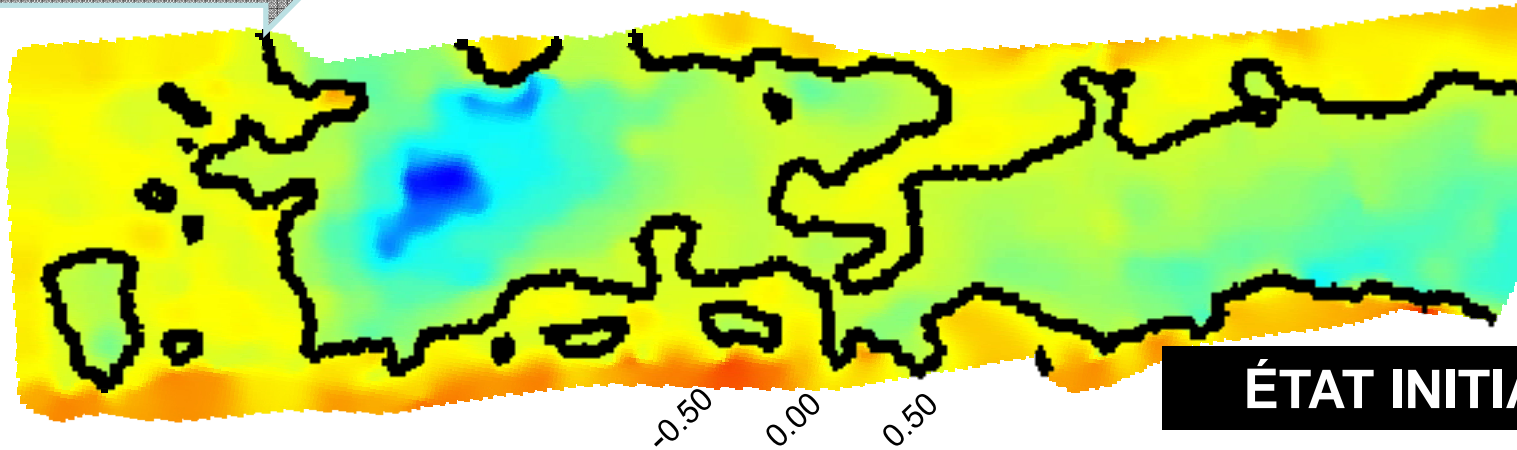
- Observations sur 2 ans
- 12 crues avec transport en charge de fond
- Débits: de 0.7 à $7 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$
- Taux de transport: de 2 à 1000 kg/m/h
- Superficie active du lit: 25 à 100%
- Bilans sédimentaires: volumes de 1 à 5 m^3

RECONYA

Changements topographiques

Écoulement

15 octobre 2006

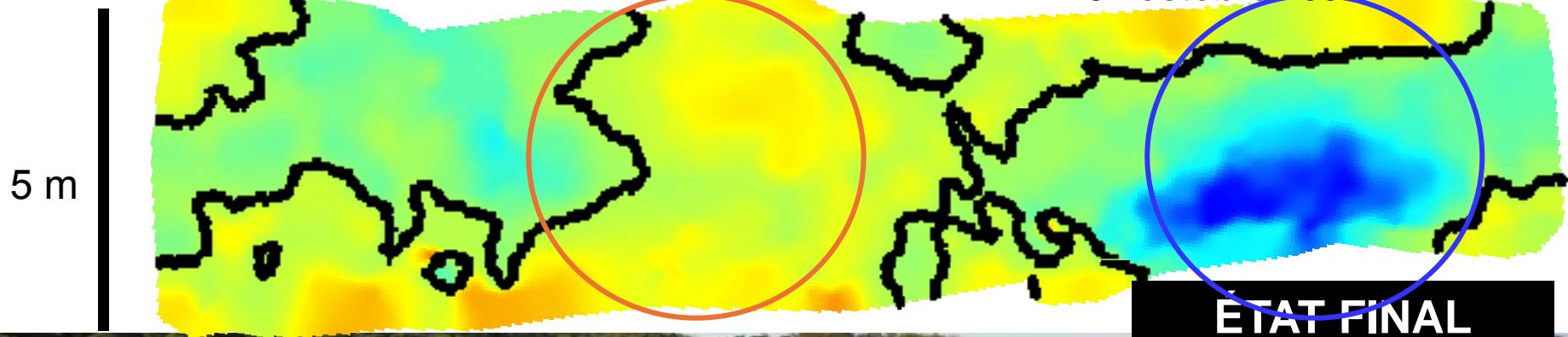


ÉTAT INITIAL



Altitude (m)

31 octobre 2008



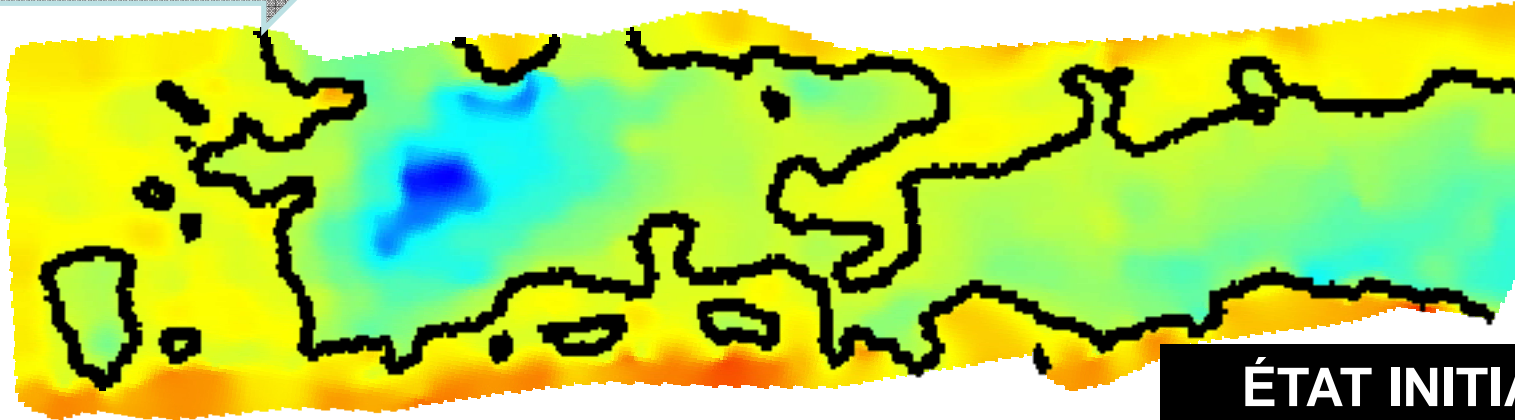
ÉTAT FINAL

Changements topographiques

Écoulement



15 octobre 2006



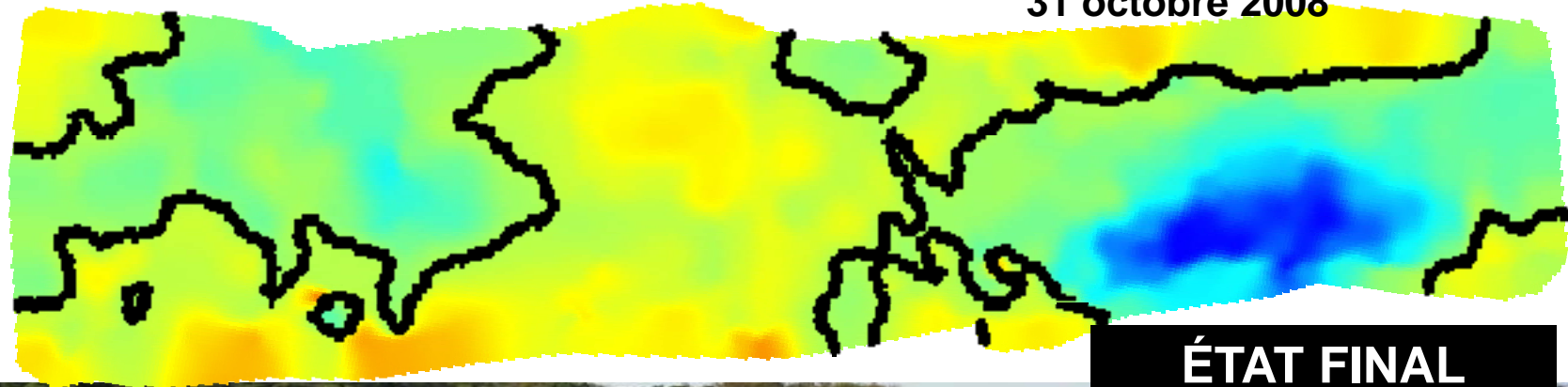
ÉTAT INITIAL

± 20 crues effectives

Volume total de changement:
- 3 m³ = (- 3 cm/ m²)

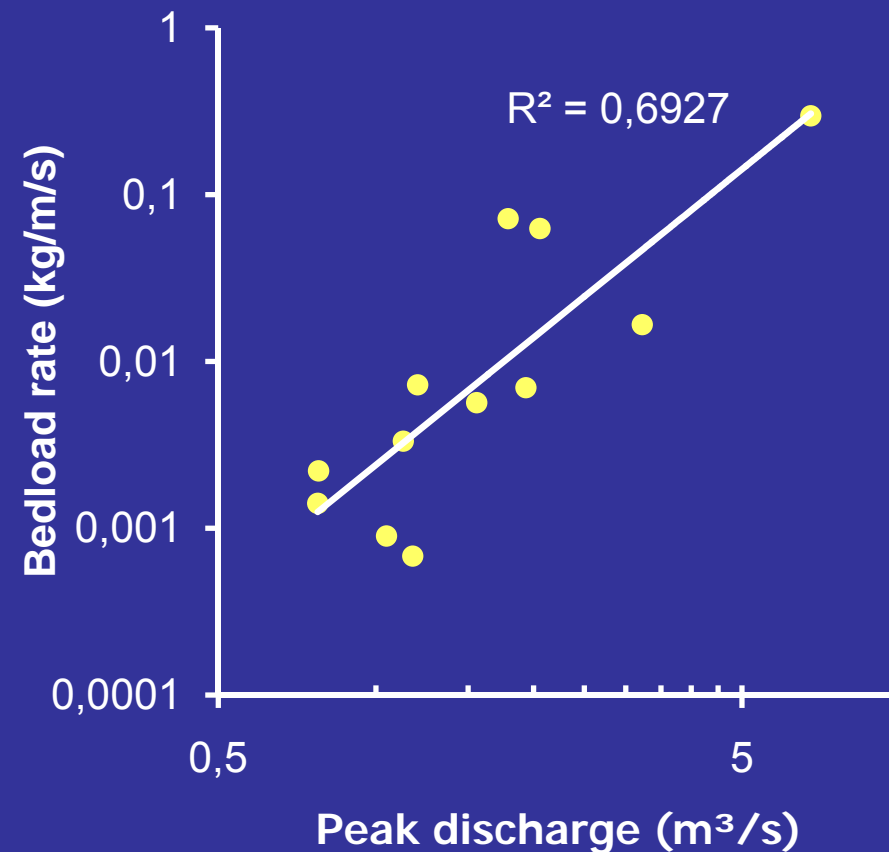
31 octobre 2008

5 m

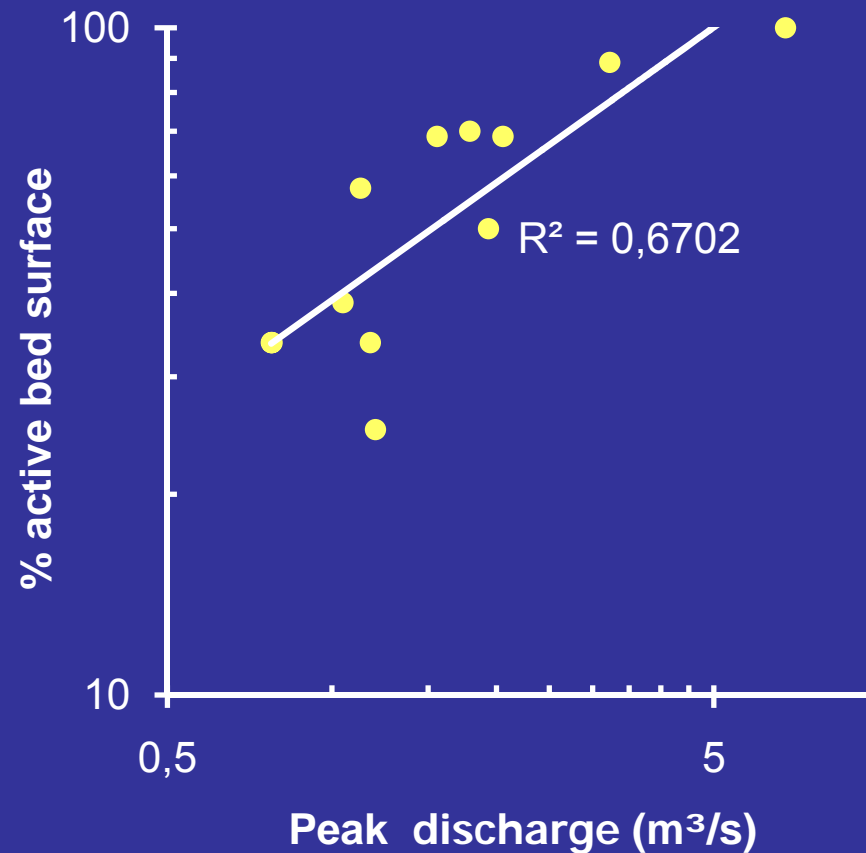


ÉTAT FINAL

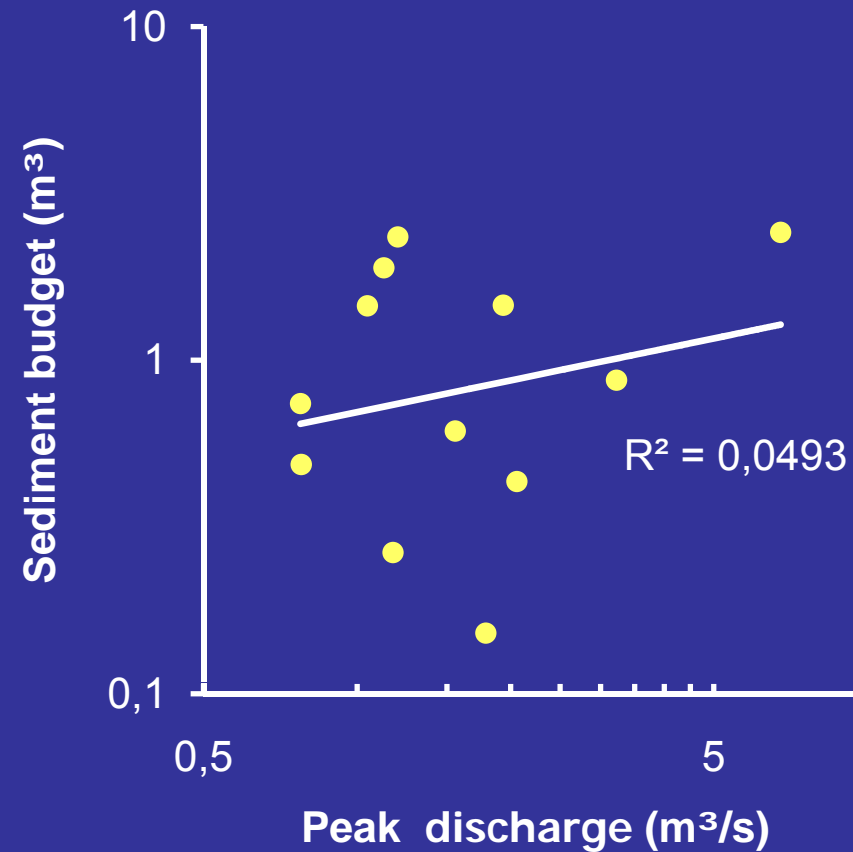
Relation entre le débit de pointe et les taux de transport en charge de fond



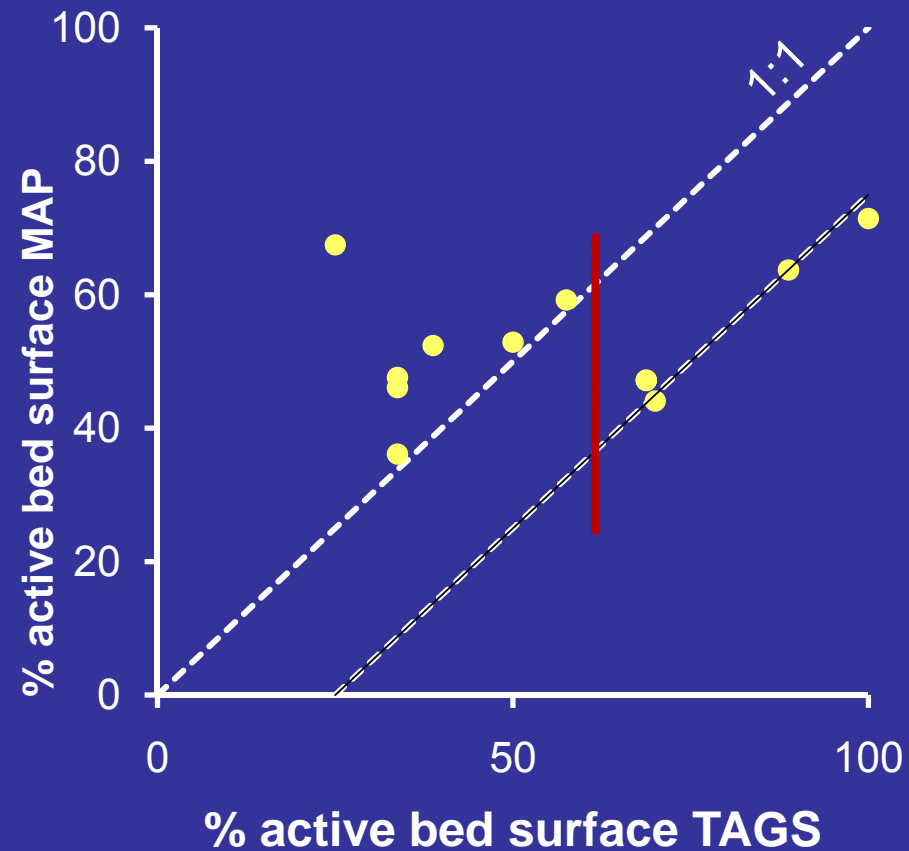
Relation entre le débit de pointe et le pourcentage de la surface active du lit



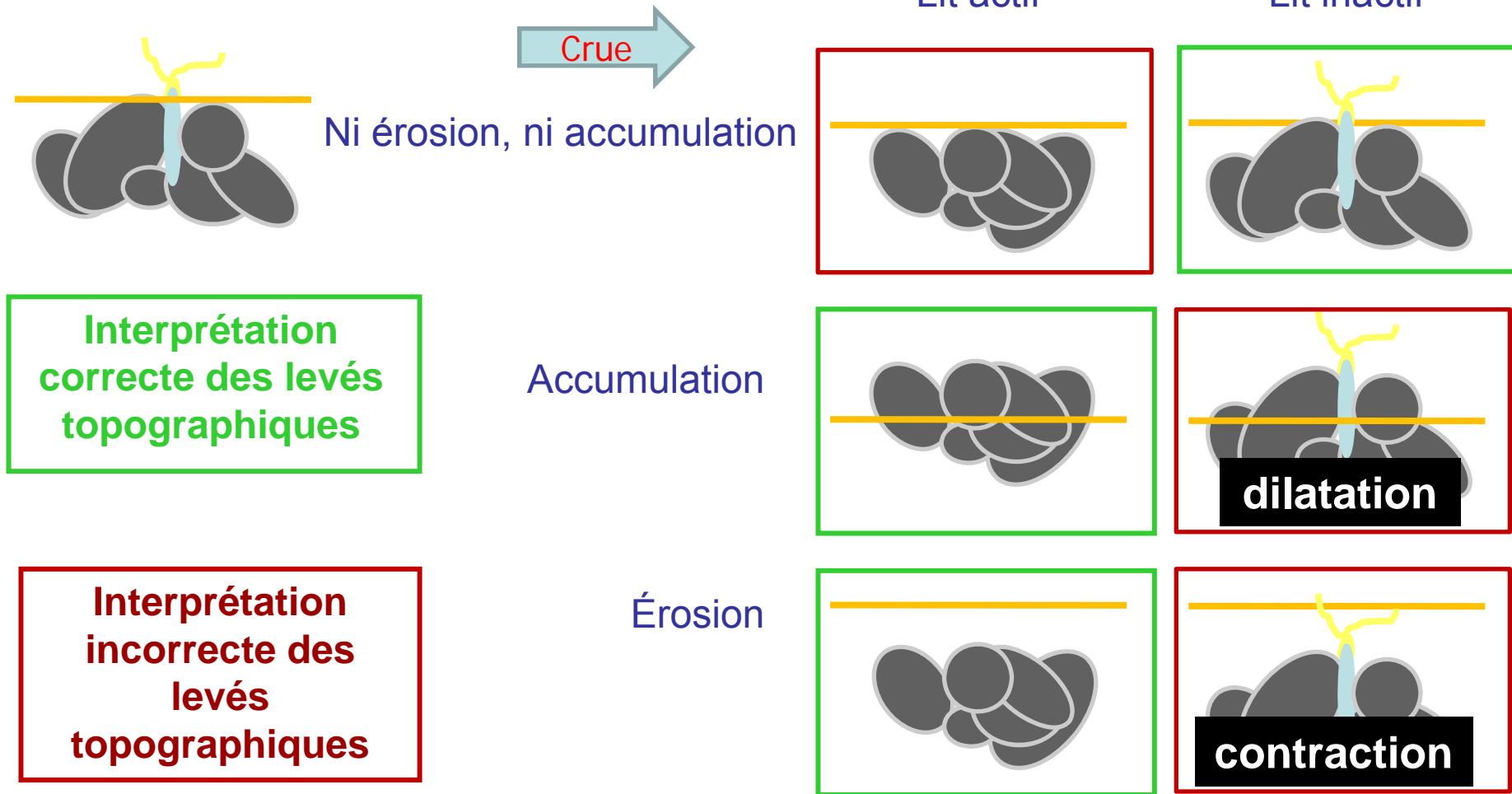
Relation entre le débit de pointe et le bilan sédimentaire estimé par les cartes



Relation entre le pourcentage de la surface active du lit estimé par les marqueurs et le pourcentage estimé par les cartes



Levés topographiques vs marqueurs d'activité du lit



Conclusion Béard

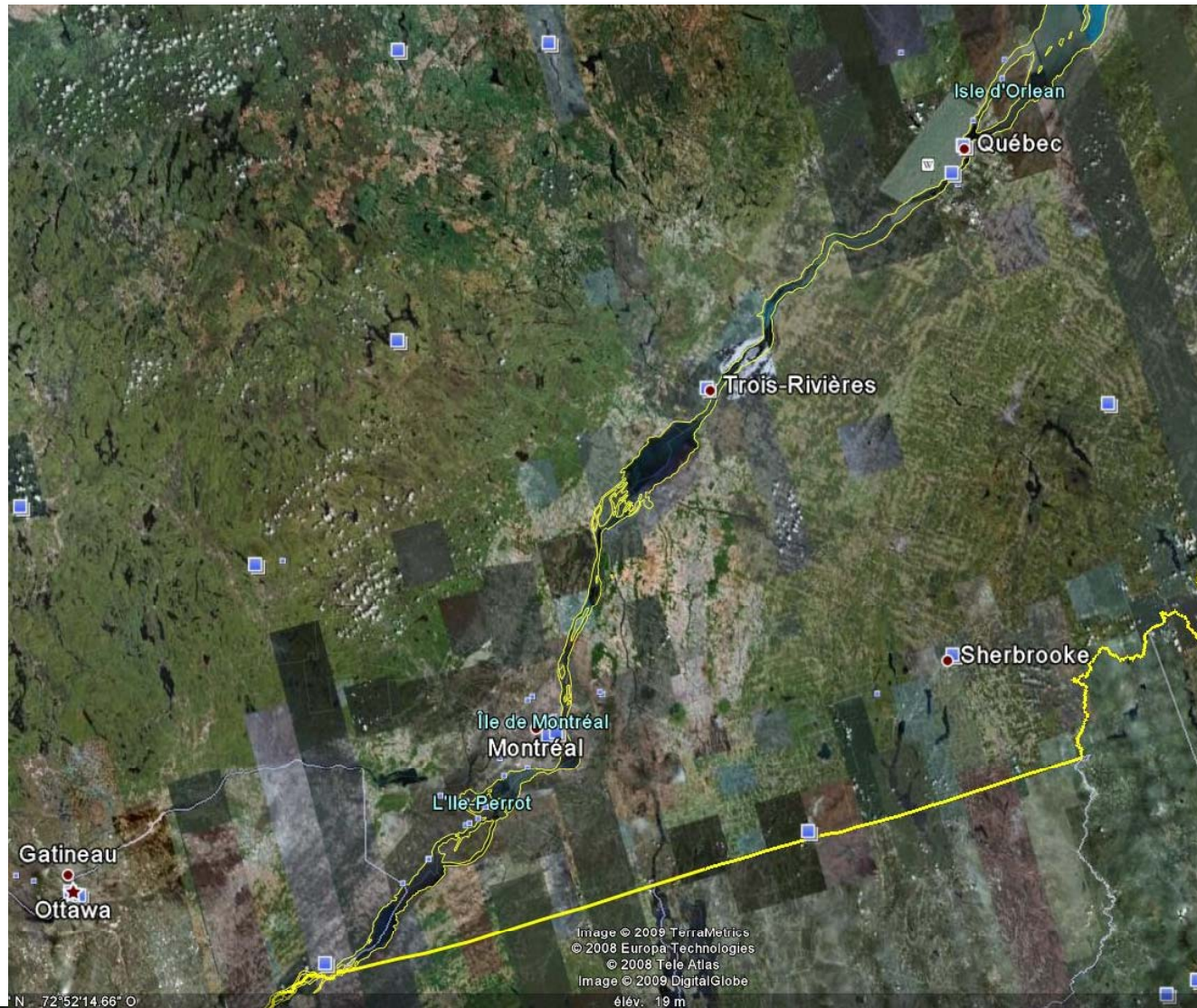
Importance de la diversité des mesures

Absence de convergence de la mesure
de l'activité du lit =
Processus nouveaux

Méthode morphologique pour estimer
des bilans = Problématique



Les tributaires du Saint-Laurent



Anticipation de changements dans le niveau du fleuve Saint-Laurent pour 2100

$\Delta \downarrow$ 20-40%
 $\Delta \downarrow \pm 1\text{m}$

Débit annuel moyen à Montréal

Niveau d'eau moyen entre Montréal et Québec

Exemple: Pointe-aux-Trembles



Photo : Environnement Canada

1994

Niveau moyen des 30 dernières années



Photo : Environnement Canada

1999

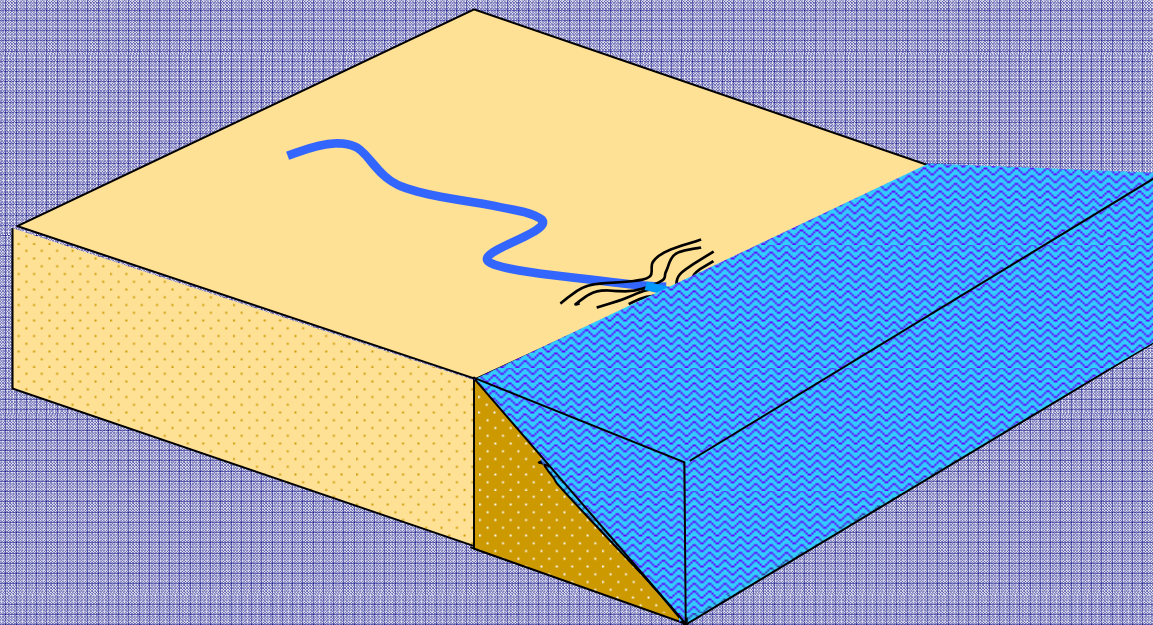
Niveau moyen des 30 dernières années – 1 m



Ajustements des cours d'eau quand le niveau de base diminue

Phase 1: Extension du cours d'eau sur la surface nouvellement exposée

Phase 2: Incision du lit du cours d'eau: progression vers l'amont, érosion des berges, changements dans la sinuosité du cours d'eau



Variations des niveaux du Saint-Laurent



*Changements des
caractéristiques
abiotiques*



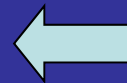
*Changements du niveau
de base des tributaires*



*Capacité de transport
des sédiments et
évacuation des
sédiments*



*Ajustements du lit des
tributaires et changements du
volume de sédiments apportés*



Sensibilité des tributaires aux changements climatiques prévus pour 2010-2100

Prévision: Baisse du niveau du Saint-Laurent de 1 m dans le prochain siècle

► Effets sur les tributaires

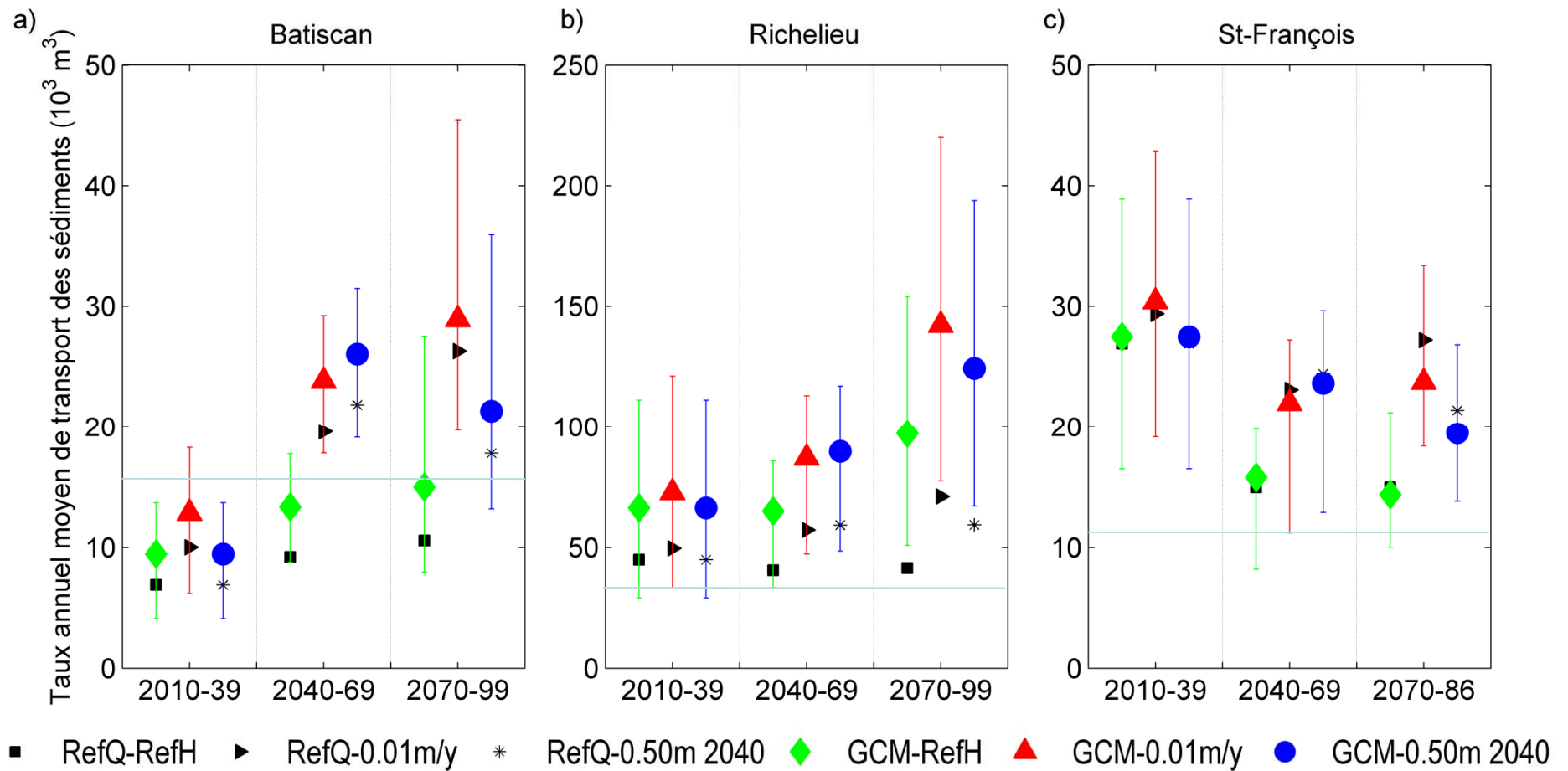
*Modélisation de l'ajustement du profil en long des tributaires:
Simulations hydrologiques issues de 3 GCM
+ Modèle morphosédimentaire SEDROUT(1D) modifié pour
une charge de fond sablonneuse (formule: Ackers and White)
+ 2 Scénarios de baisse du niveau du fleuve (graduelle ou
 Brusque en 2040)*



Les tributaires du Saint-Laurent



TAUX MOYEN DE TRANSPORT DES SÉDIMENTS À L'EMBOUCHURE

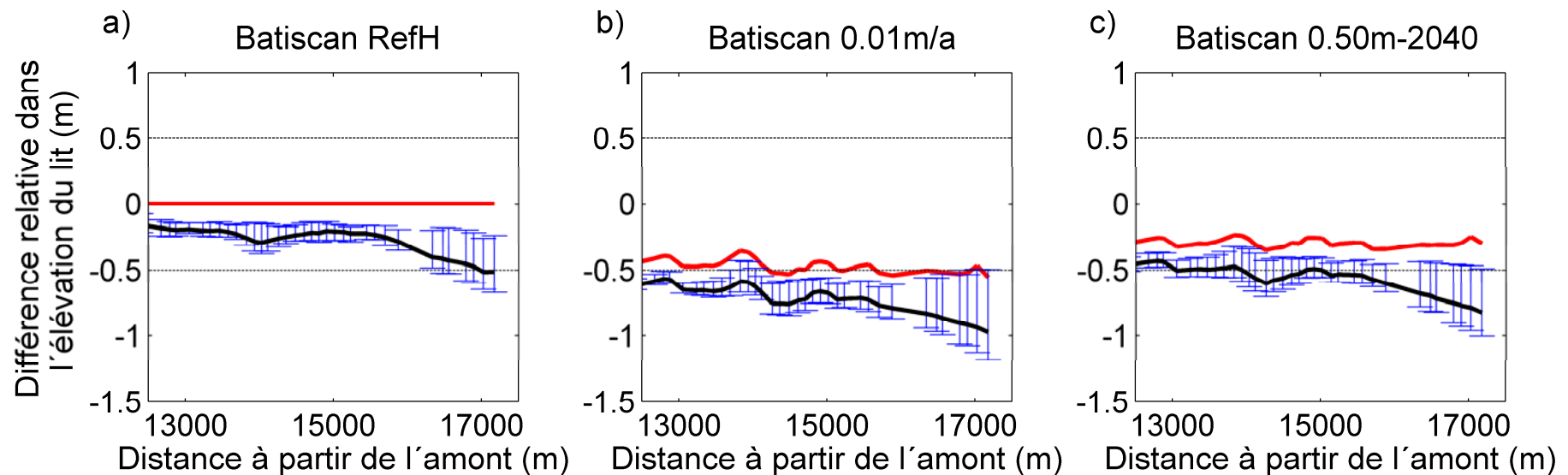


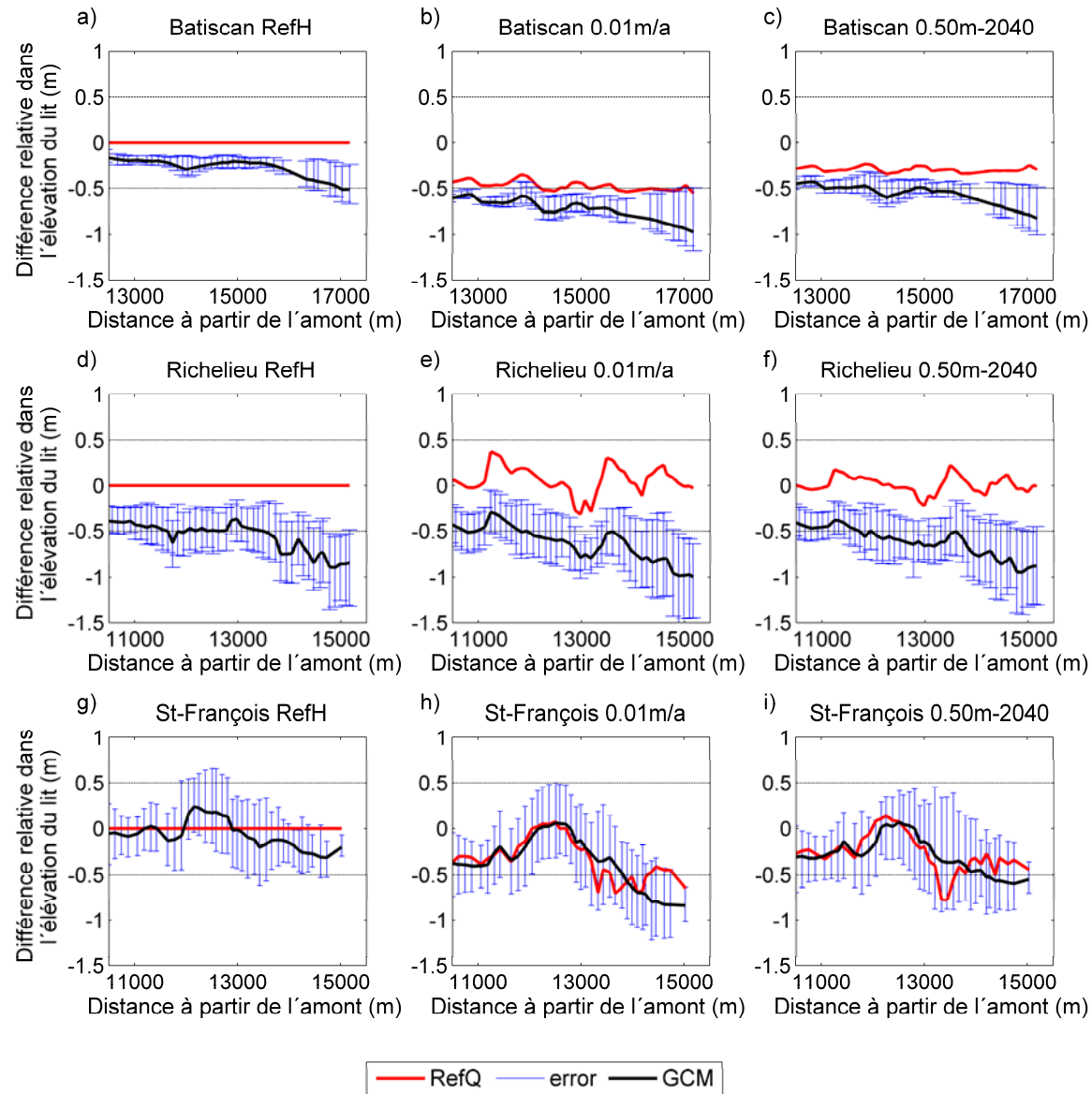
Ajustement du profil en long après 100 ans

Référence

Baisse graduelle

Baisse brusque 2040






Profil en long et apports sédimentaires des tributaires du St-Laurent

- Érosion du lit et modification significative du profil en long près de l'embouchure
- Augmentation importante des apports en sédiments vers le fleuve
- Effet du débit aussi important que celui des fluctuations du niveau du fleuve
- Réponse variable des tributaires



Université 
de Montréal



 Chaire de recherche du Canada
en dynamique fluviale

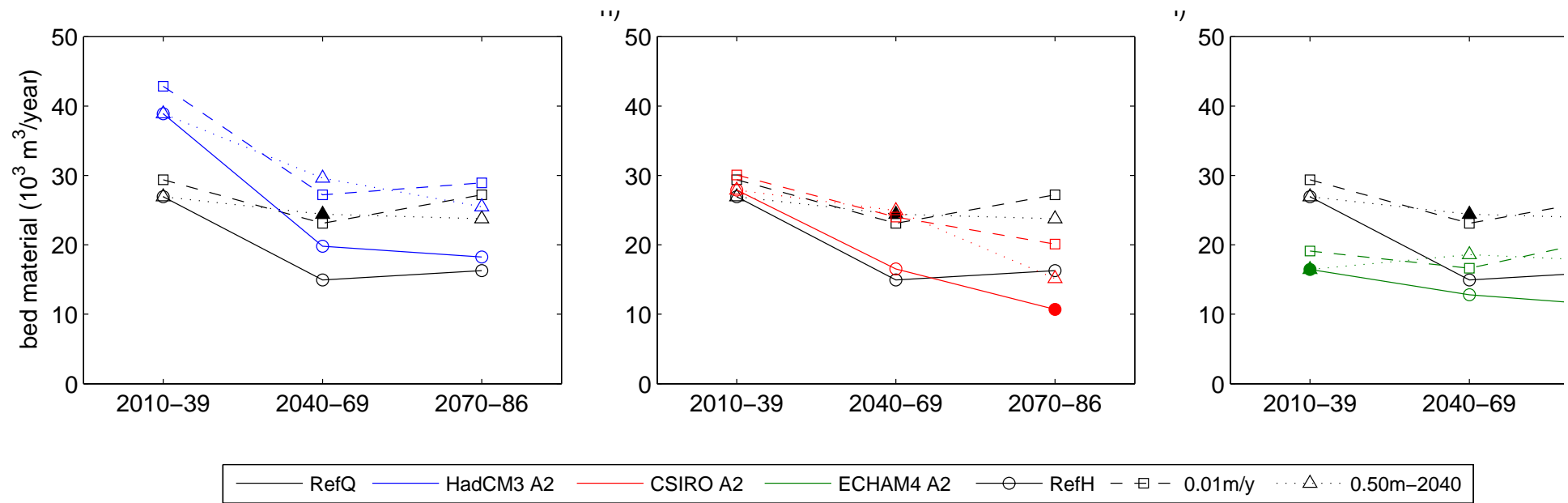
Remerciements

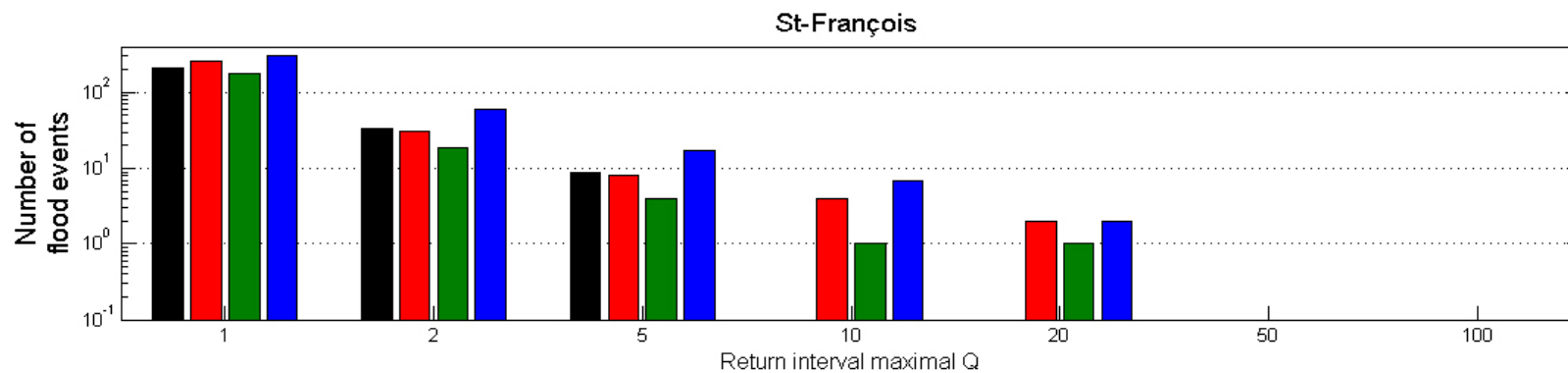
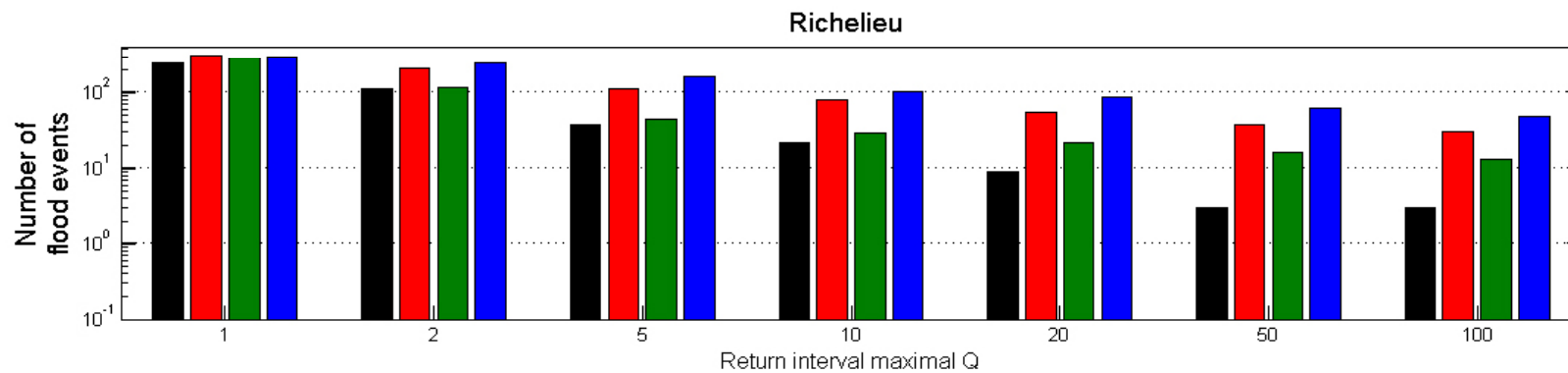
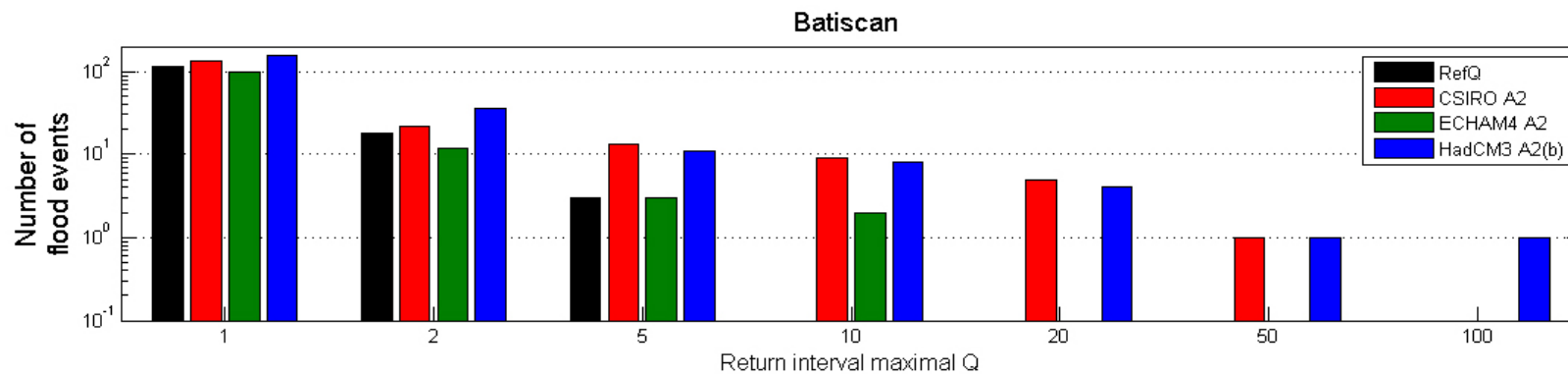
Geneviève Marquis
Patrick Verhaar
Claudine Boyer
Pascale Biron
Rob Ferguson

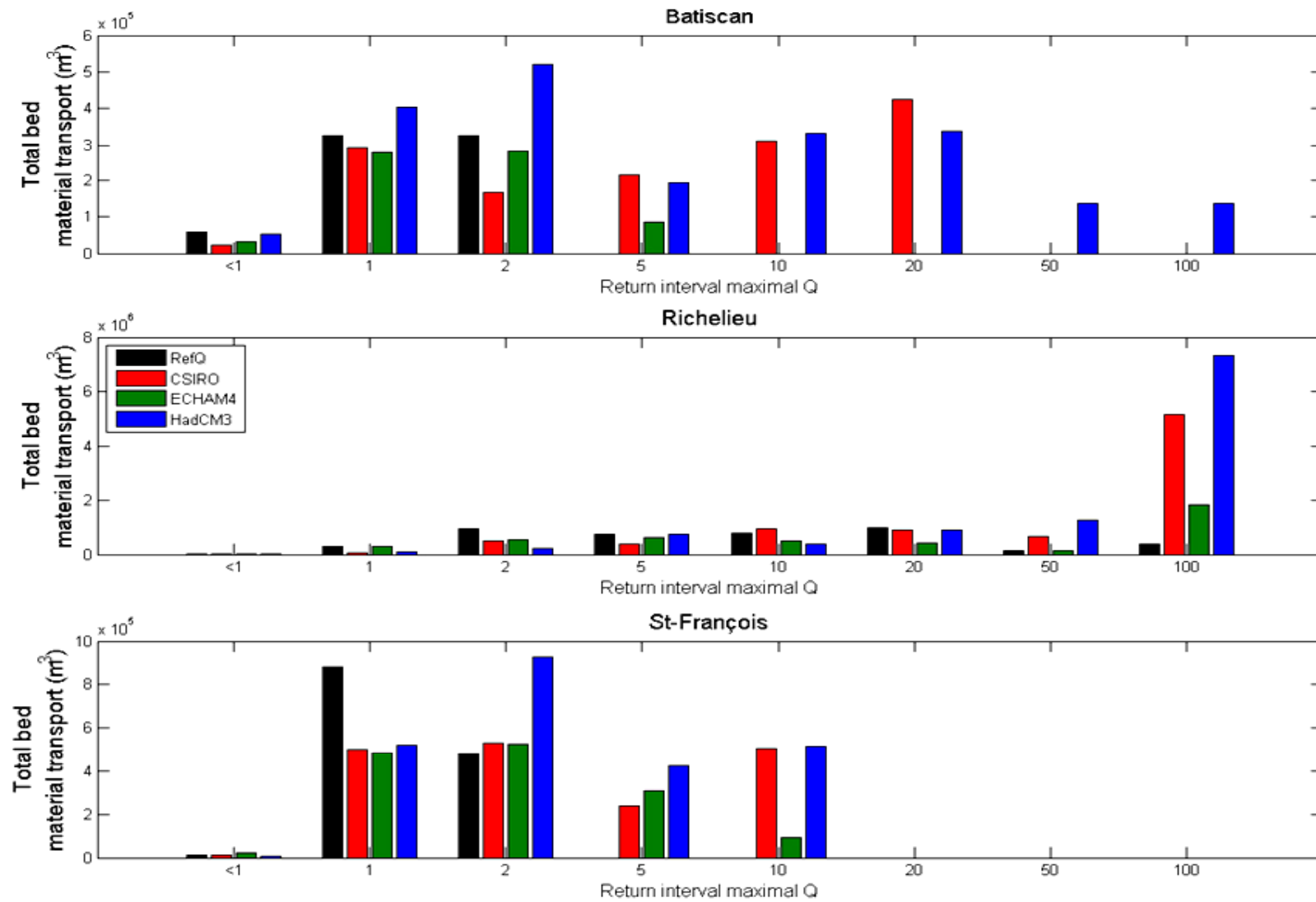


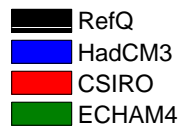
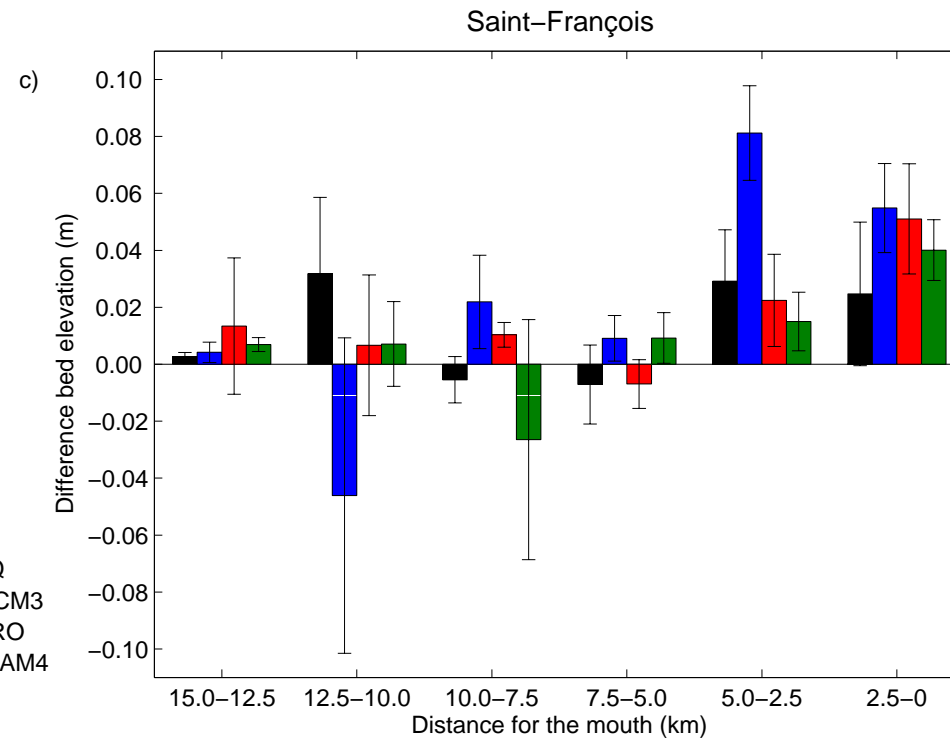
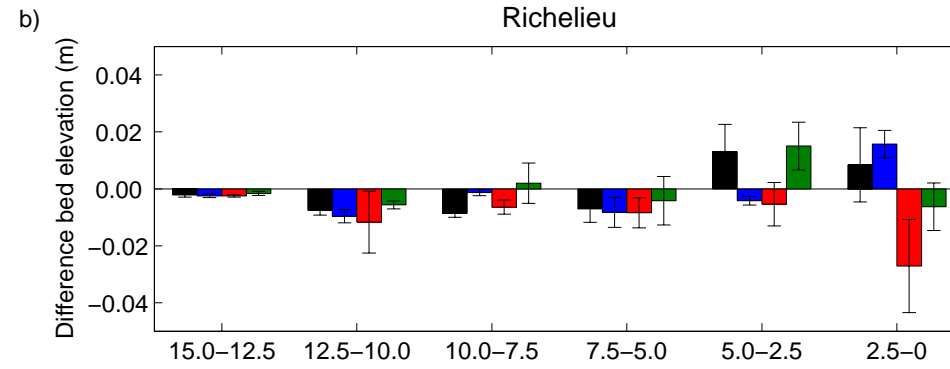
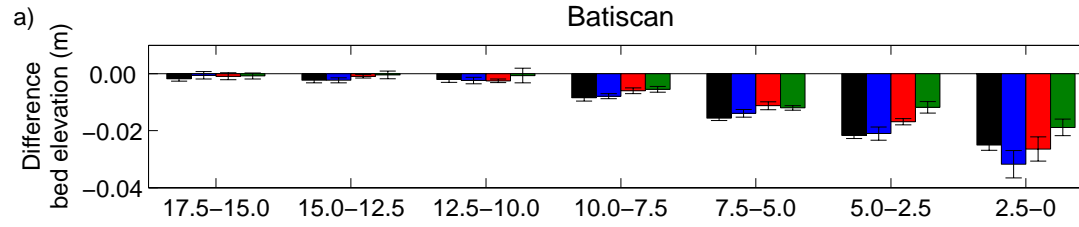
Canada Foundation for Innovation
Fondation canadienne pour l'innovation







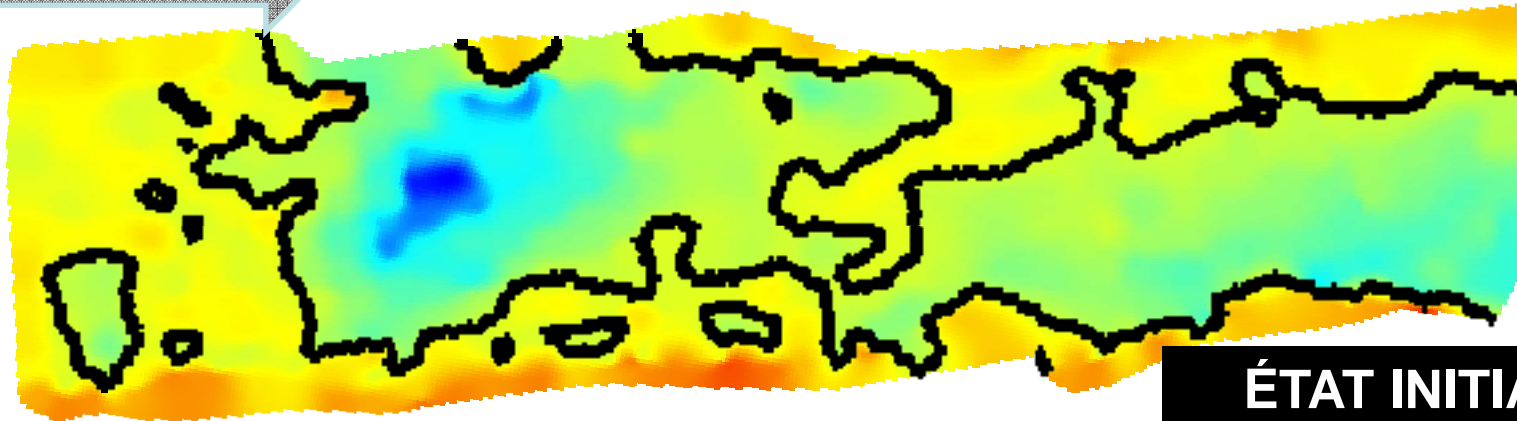




Changements topographiques

Écoulement

15 octobre 2006



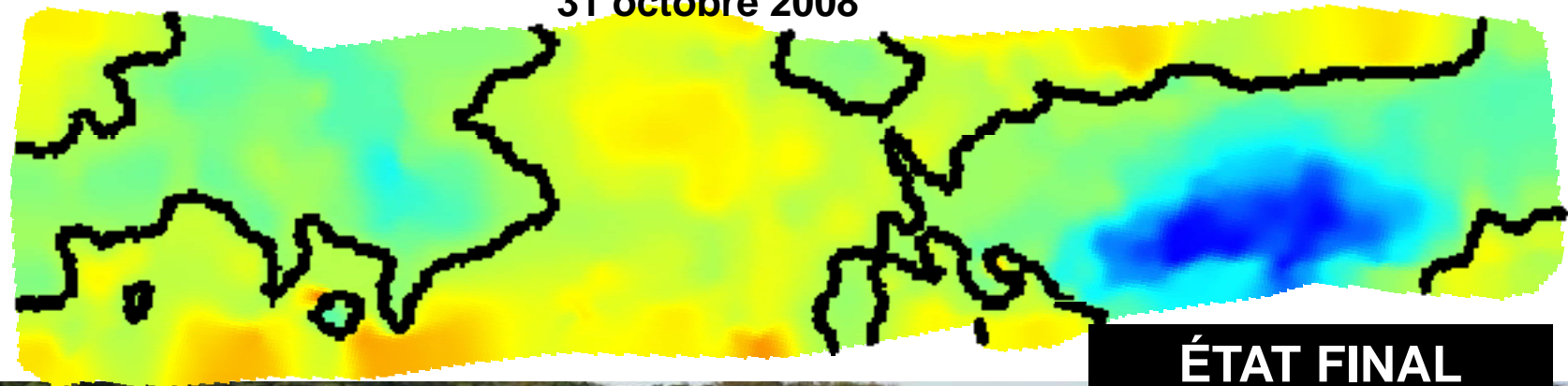
ÉTAT INITIAL



Altitude (m)

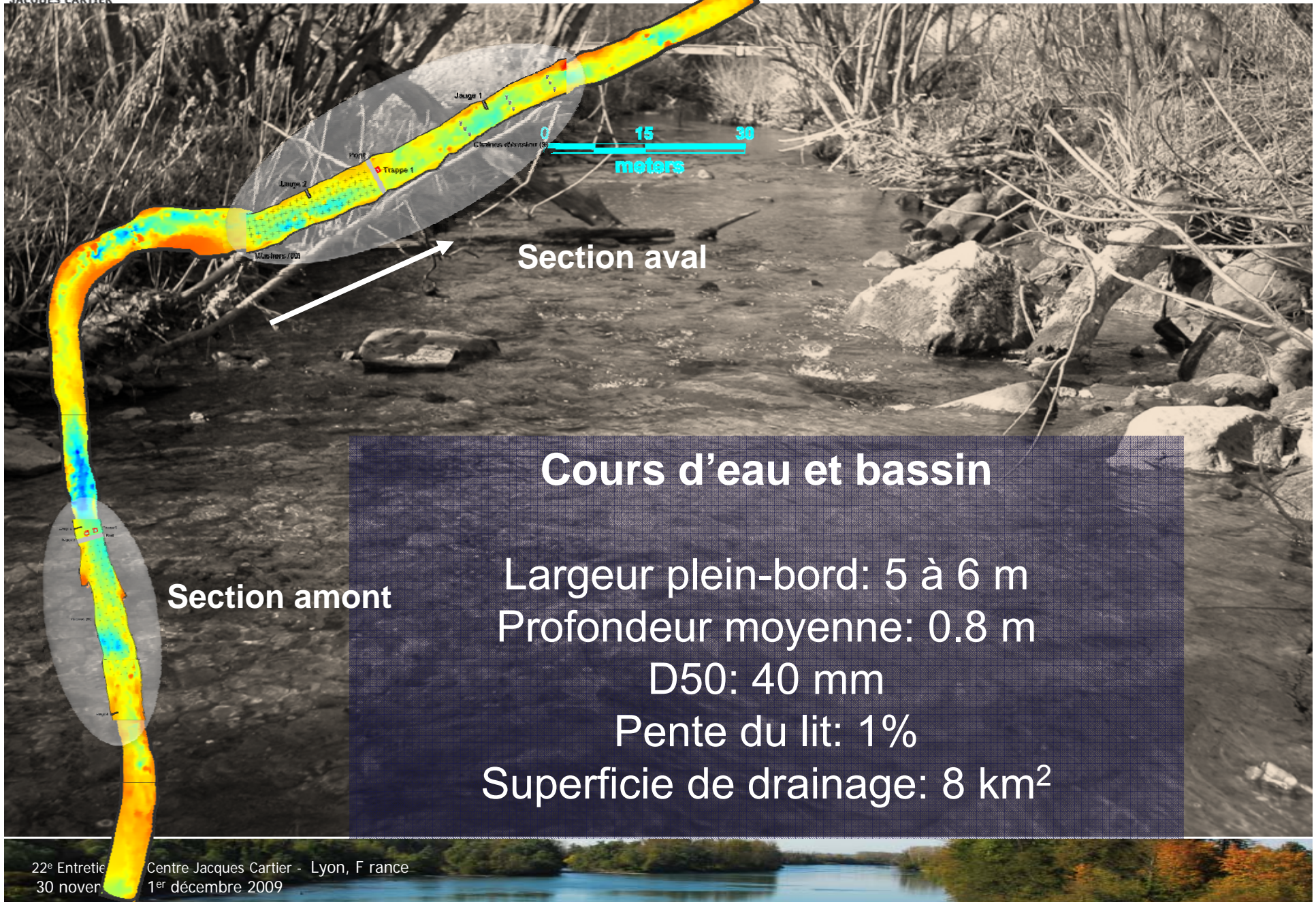
31 octobre 2008

5 m



ÉTAT FINAL





Cours d'eau et bassin

Largeur plein-bord: 5 à 6 m
Profondeur moyenne: 0.8 m
D50: 40 mm
Pente du lit: 1%
Superficie de drainage: 8 km²

Méthode

- Modélisation hydrologique (HSAMI) avec 3 GCMs et 2 GES
→ séries temporelles (3 horizons de 30 ans)
- Modélisation hydro-sédimentaire 1D (modèle SEDROUT)
du changement dans le profil en long des tributaires pour les
changements hydrologiques anticipés et deux scénarios de
baisse du niveau du fleuve (baisse graduelle et baisse
 Brusque)
- Estimation des volumes des sédiments apportés au fleuve
et évolution du profil en long de la rivière
- Trois tributaires: Batiscan, Richelieu, Saint-François