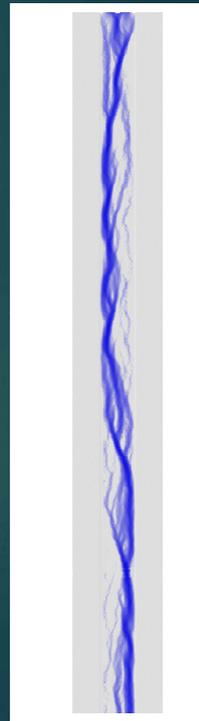


Dynamique géomorphologique des cours d'eau et événements extrêmes



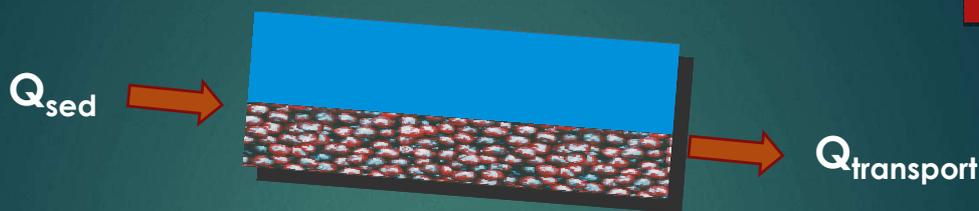
Dimitri Lague, Alain Crave, Philippe Davy

CNRS / GÉOSCIENCES RENNES / OSUR / UNIV. RENNES 1



Code Éros, P. Davy (Geosciences)

Evolution du fond d'une rivière: concept



Flux sédimentaire entrant:

- Erosion des versants
 - Stockage/déstockage dans la rivière
 - Erosion des berges
- = $f(\text{climat, topographie, usages})$

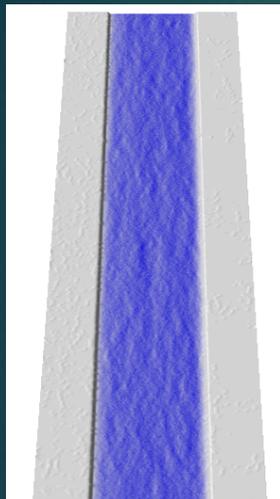
Capacité de transport :

- Débit d'eau, largeur, pente
- rugosité (e.g. végétation)
→ Contrainte cisailante
- Taille de grain
→ Seuil de transport

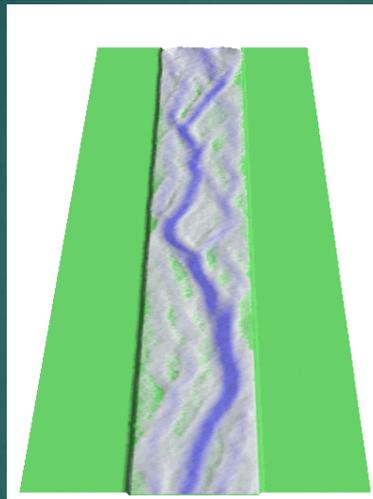
$Q_s > Q_t \rightarrow$ aggradation
 $Q_s \sim Q_t \rightarrow$ pas de changement
 $Q_s < Q_t \rightarrow$ dégradation

- ▶ Valable pour une classe de grain
- ▶ Valable de l'échelle de la crue à l'échelle séculaire
- ▶ Recherches actives sur la mesure de Q_{sed} , le changement de bathymétrie et la prédiction de $Q_{transport}$

Exemple de simulations numériques de rivières en tresses

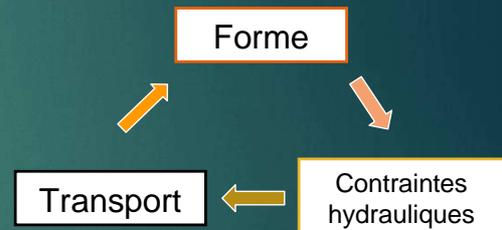


Avec vegetation



Sans vegetation

- ▶ Modélisation simplifiée sur plusieurs dizaines/centaines d'années (code €ROS)



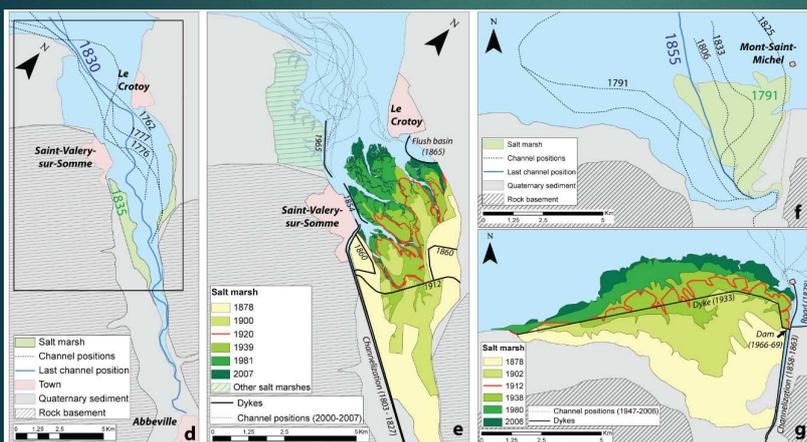
Enseignements :

- ▶ Evolution vers un état d'équilibre = $f(Q_{eau}, Q_{sed}, D_{50}, Veget)$
 - ▶ Quel est l'état d'équilibre actuel des rivières ?
- ▶ Fluctuations autour de cet état d'équilibre SANS perturbations extérieures fortes

Ex : Impact séculaire de la chenalisation des rivières

Baie de Somme

Baie du Mt St Michel



Dynamique naturelle au XVIIème siècle :

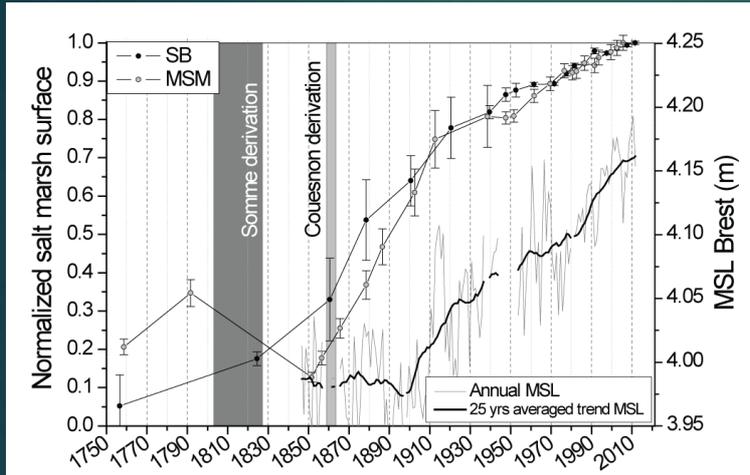
Migration latérale rapide du fleuve empêchant l'installation permanente des prés salés

Chenalisation ~ 1830 + poldérisation jusqu'en 1930

→ progression rapide des prés salés

(Leroux, Goffe, Lague and Davy, soumis à Geomorphology)

Dynamique séculaire



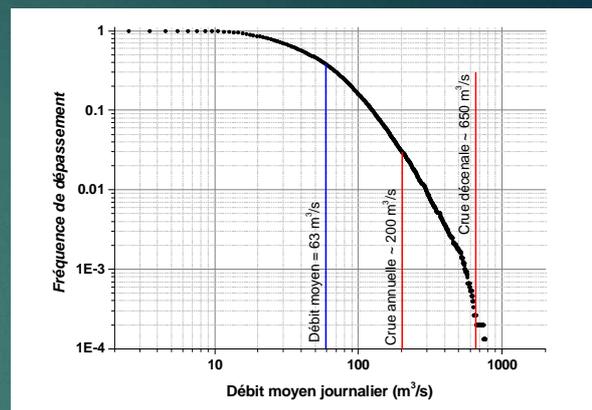
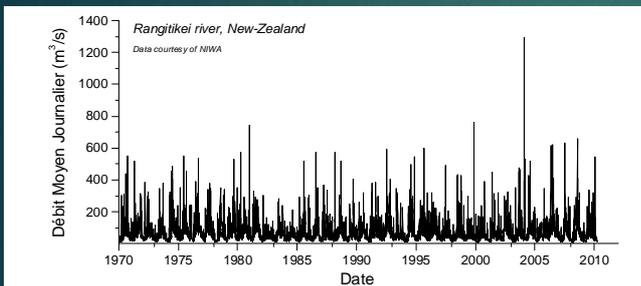
(Leroux, Goffe, Lague and Davy, soumis à Geomorphology)

Comparaison Somme et Couesnon

Cartographie des surfaces de prés salés à partir de cartes historiques, photos aériennes et images satellites.
Surface normalisée par la valeur en 2010

- ▶ Dynamique actuelle héritée de perturbations vieilles d'1 siècle
- ▶ Fortes fluctuations annuelles
 - besoin de regarder sur une période de temps longue pour détecter une tendance
- ▶ Pas d'état d'équilibre actuellement

Variabilité hydrologique, extrêmes et stabilité des rivières



- ▶ Evolution des rivières très variable annuellement en lien avec les maxima hydrologiques
 - ▶ Rôle des événements rares sur l'acquisition de la forme encore mal compris.
 - ▶ Hypothèse d'une seule crue « morphogène » discutée.
 - ▶ Difficulté à comparer les flux et variations topographiques pré et post-restauration.
 - ▶ Besoin de mesure sur des durées pluri-annuelles

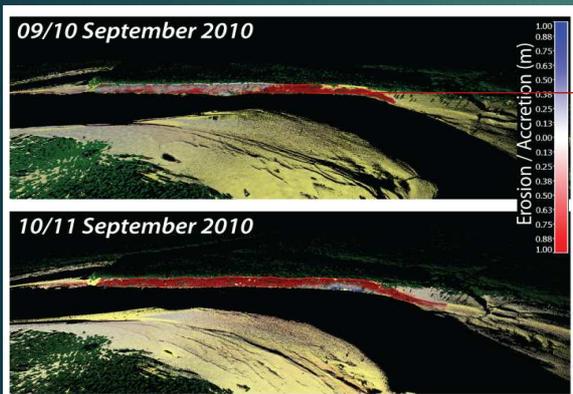
Erosion des berges: un phénomène à seuil encore difficile à prédire, mais essentiel à la dynamique des rivières

Etude en Baie du Mt St Michel

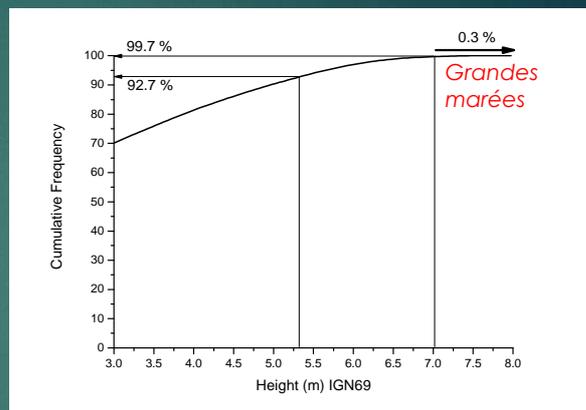
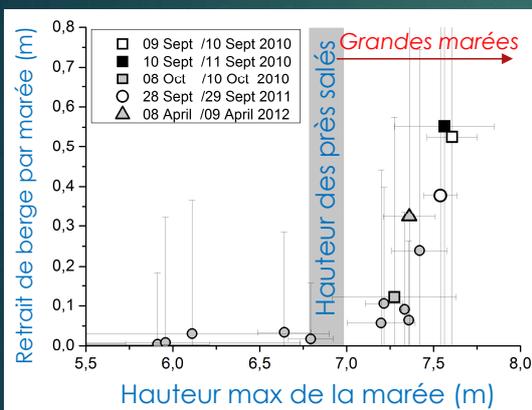
Levé lidar terrestre avant/après pour cartographier l'érosion des berges



Cartographie 3D durant les grandes marées

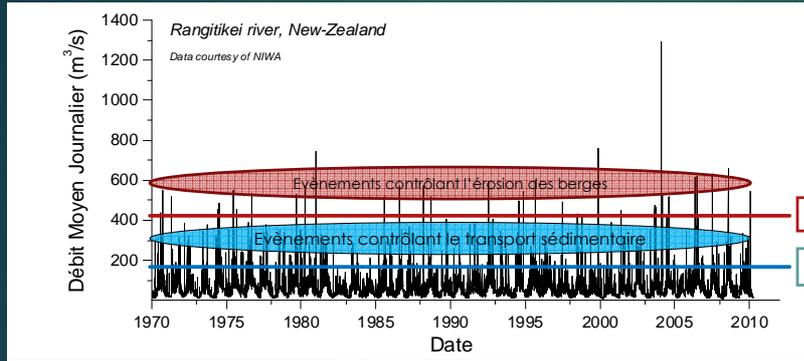


Erosion des berges dominée par les événements rares et extrêmes



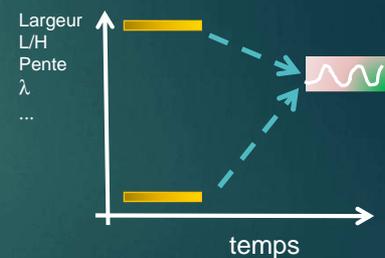
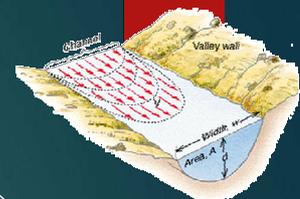
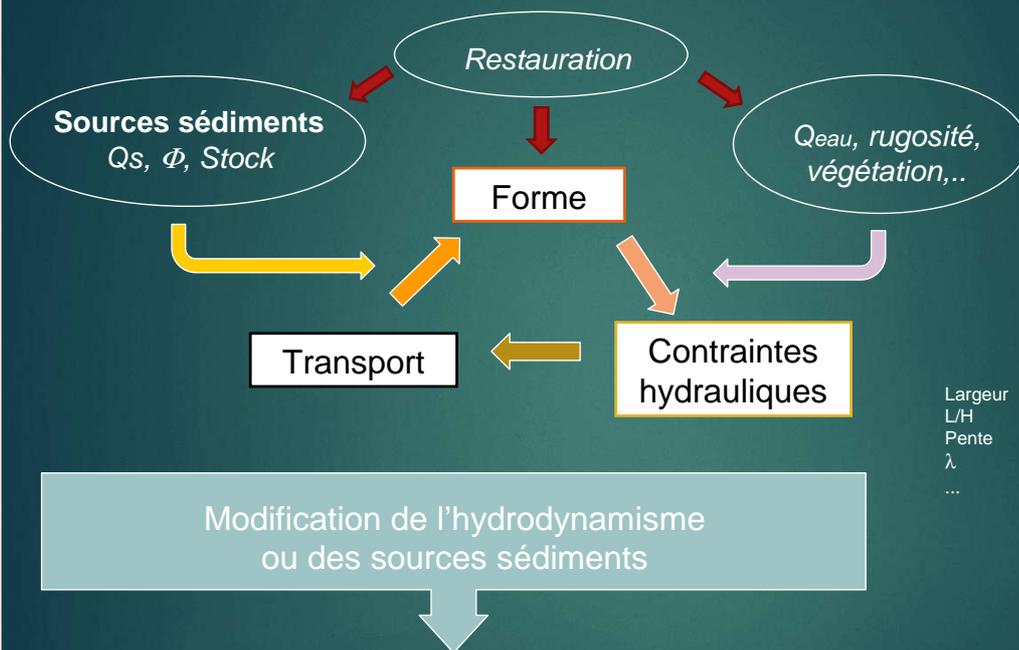
- ▶ Enseignement pour les rivières
 - ▶ Erosion des berges, phénomène à seuil important
 - ▶ 99.95 % du temps il ne se passe rien de significatif
 - ▶ Erosion annuelle (= mobilité du chenal) réalisée par **l'événement hydraulique le plus important** → forte variabilité inter-annuelle

Evolution des rivières et variabilité hydrologique: Bilan



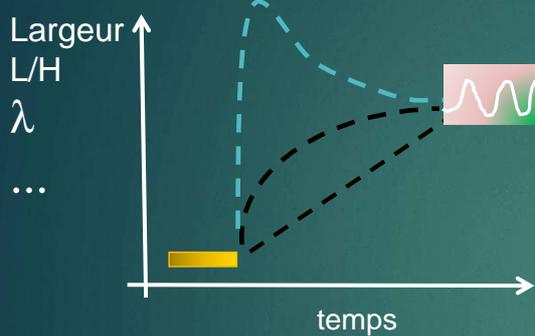
- ▶ Transport sédimentaire assez fréquent f =(classe de grain)
- ▶ Largeur de rivière apparemment stable pendant 99,95 % du temps, même après des crues annuelles
 - ▶ Contexte Breton: détection d'érosion nécessite des mesures précises
- ▶ Un événement rare (e.g., 10 yr) va entraîner une très forte érosion des berges
 - Élargissement de la rivière, production de sédiment
 - Changement de la capacité de transport → dépôt favorisé
 - Système en déséquilibre pendant n mois/années

Perturbation et évolution des rivières



- ▶ Convergence vers un autre état (géométrie)? Connue?
- ▶ Géométrie stable ou variable (temps et espace)?
- ▶ Dépendance aux forçages externes vs variabilité intrinsèque à la rivière?

Perturbation et évolution des rivières



$\tau_c \ll \tau$ variabilité des forçages
→ état d'équilibre

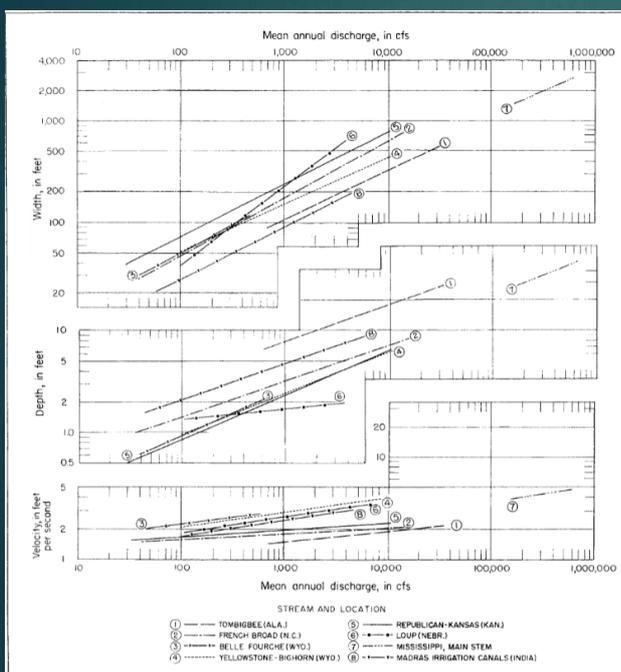
$\tau_c > \tau$ variabilité des forçages
→ état transitoire permanent

τ_c temps caractéristique pour atteindre le nouvel état ?

- ▶ dépendant de l'état initial ?
- ▶ dépendant du forçage (nature, amplitude, seuils) ?
- ▶ dépendant des lois physiques d'érosion et de transport ?

Notion d'état de référence

Géométrie empirique



Leopold et Maddock, 1953

Observations:
La morphologie des rivières suit des relations « types ».

$$\text{largeur} = a Q^b \quad H = c Q^d \quad \dots$$

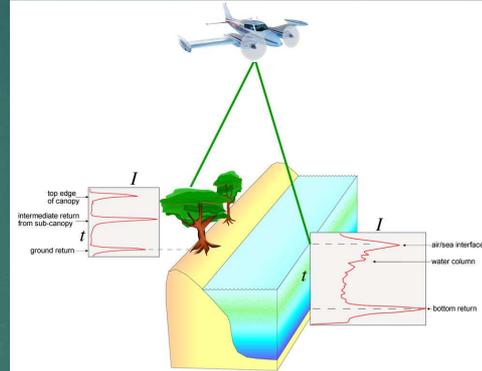
Pour: $\langle Q \rangle$, $Q_{\text{plein bord}}$, Q_{Ti} ?

Relations statistiques !

Certaines Indépendantes de la dynamique → # état d'équilibre

Plateforme Lidar Nantes-Rennes topo-bathymétrique

D. Lague (OSUR) & P. Launeau (OSUNA)



Optech Titan (opérationnel sept 2015)
Seul instrument de ce type en Europe

