

# Impact du changement climatique en milieu estuarien

Pierre Le Hir

*et, pour le projet C3E2 : Frédéric Bioret, Régis Walther,  
Bernard Prudhomme et Florence Cayocca*

*Séminaire Programme GICC*

*Aussois, 20-21 janvier 2011*



Ifremer



## *Spécificité des estuaires :*

- propagation de la marée : amplification/amortissement selon convergence/frottements
- asymétrie de la marée : transport résiduel de sédiments
- mélange eau douce / eau salée (→ peuplements spécif.)
- accumulations turbides (bouchon vaseux)
- secteurs fortement aménagés (chenaux, quais), occupation dense
- zones humides en « lit majeur »
- « fonctionnalités » écologiques : productivité, nourriceries...
- paysages

# Effets à attendre du changement climatique

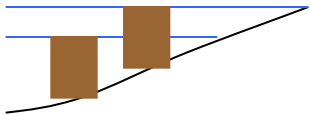
élévation de température (effets sur biocénoses, saturation en oxygène)

changement des apports amont

- réduction débits étiage, régimes de crue
- quid des apports solides ? des nutriments ?

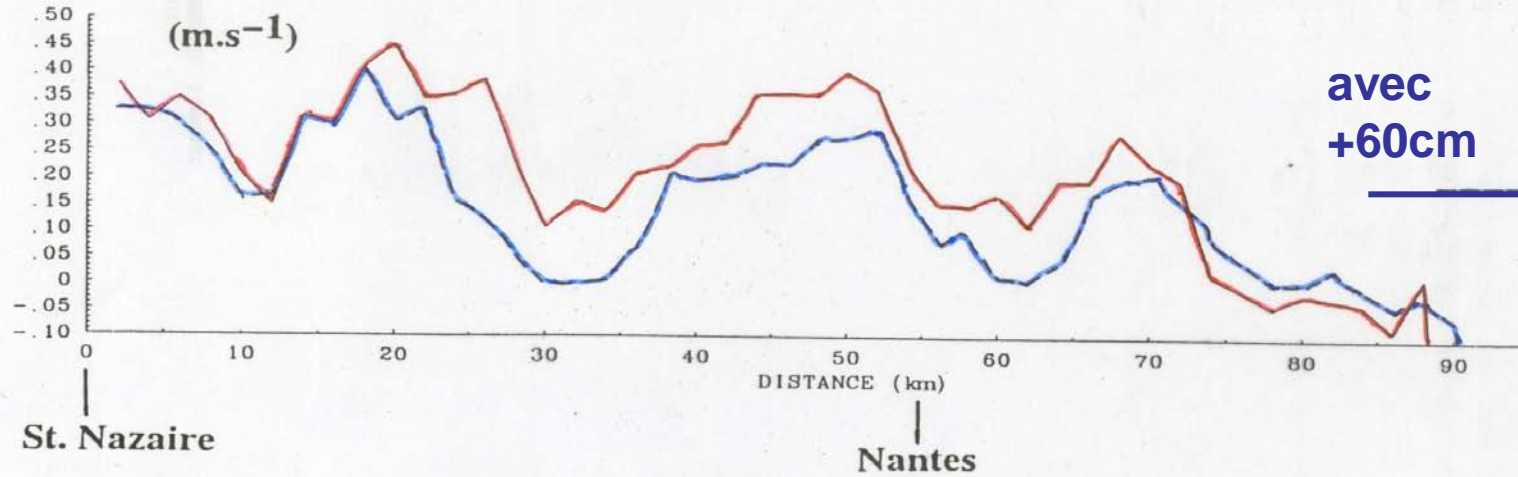
variation relative du niveau de la mer

- submersion des rives (besoin MNT précis)
- pénétration accrue de la marée
- modifications hydrodynamiques
- « translation » de la remontée des eaux salées
- évolution du bouchon vaseux
- modifications des érosions / dépôts  
⇒ adaptation morphologique ?

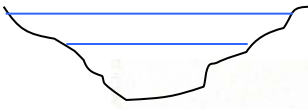


régimes de vagues et surcotes météorologiques

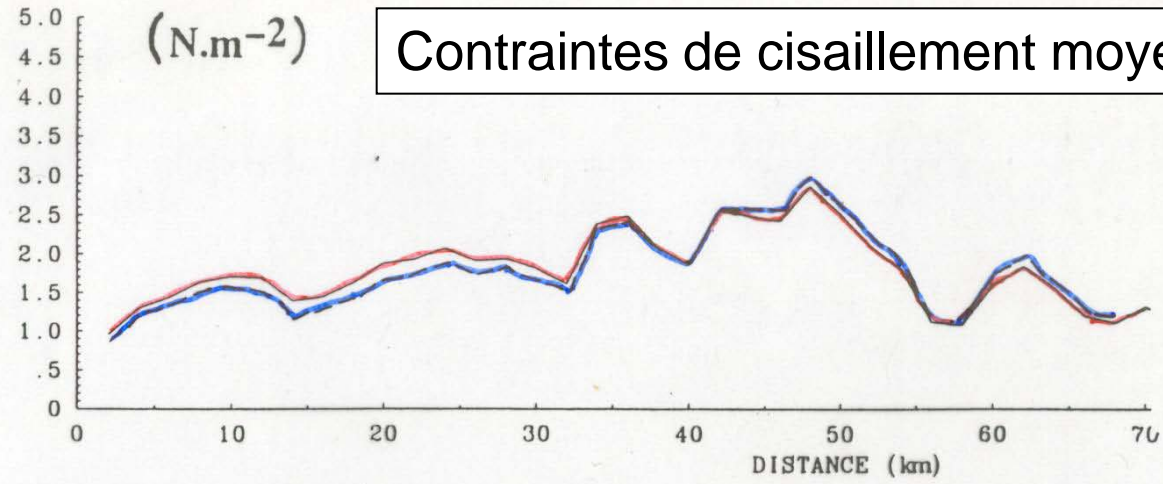
U flot moy. - U jusant moy.



$$C = (gh)^{1/2}$$

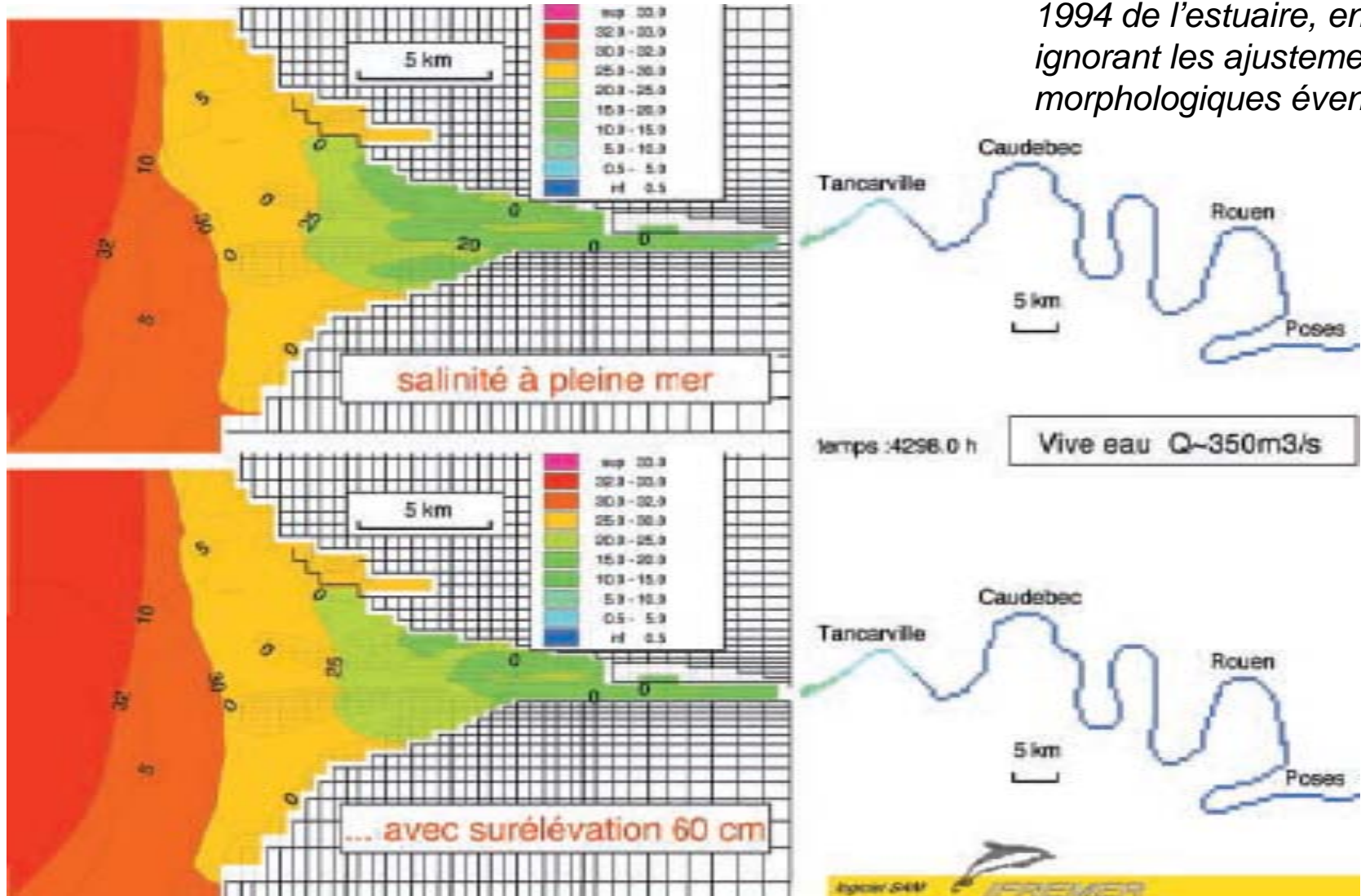


Contraintes de cisaillement moyennes



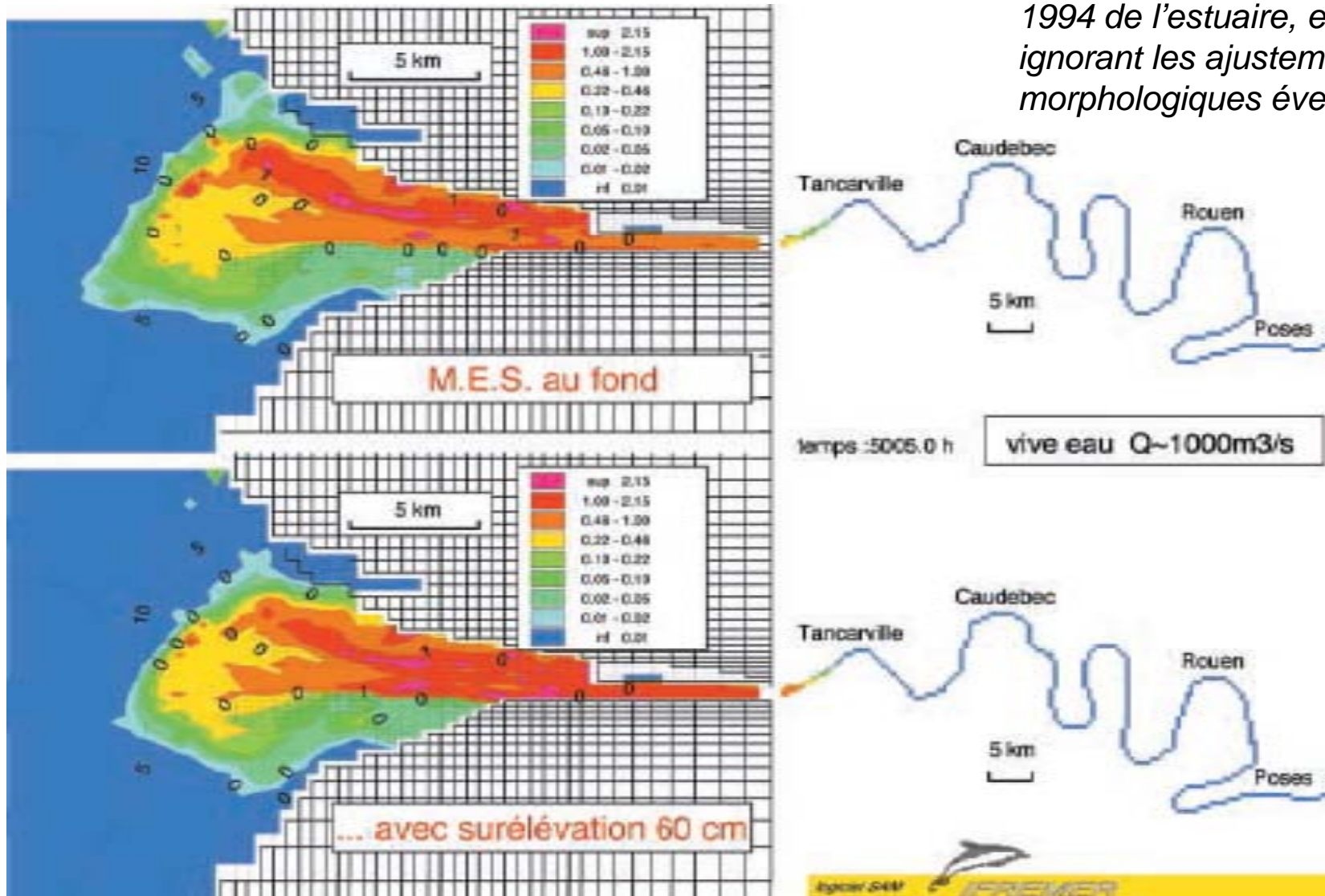
# Effet d'une surélévation de la mer de 60 cm sur la salinité de l'estuaire de la Seine à pleine mer

Simulation faite dans le cadre du **programme Seine-Aval 2** pour la configuration bathymétrique 1994 de l'estuaire, en ignorant les ajustements morphologiques éventuels



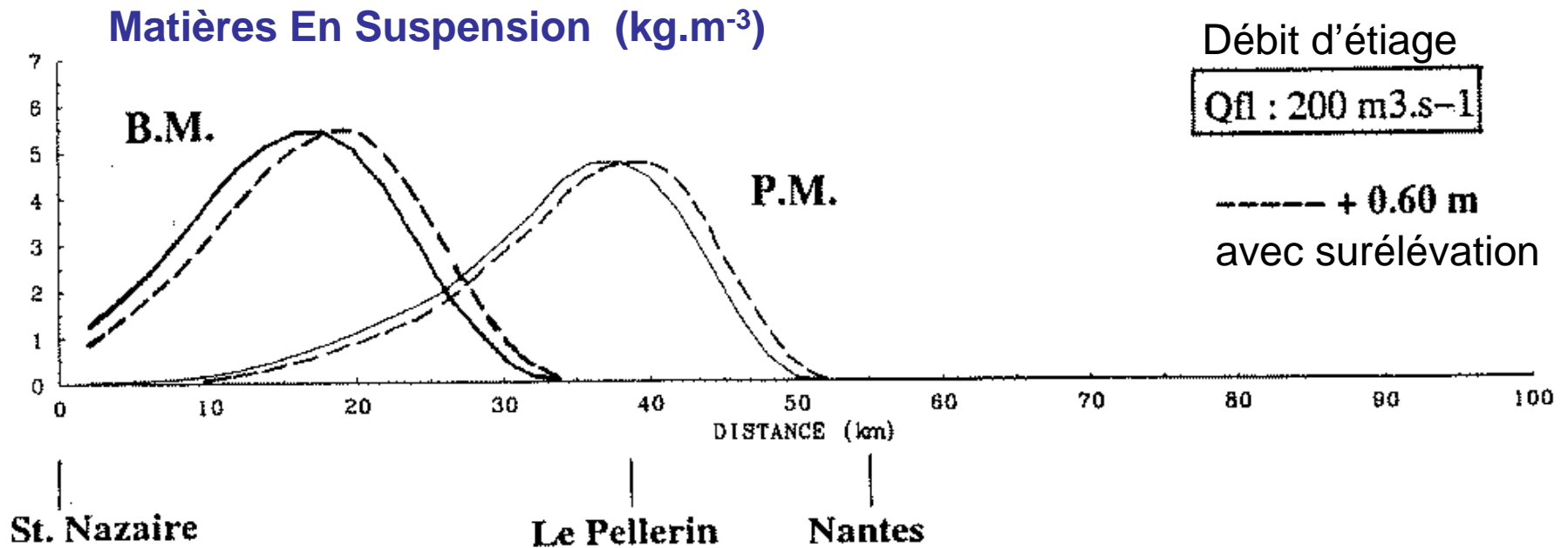
# Effet d'une surélévation de la mer de 60 cm sur Le bouchon vaseux dans l'estuaire de la Seine

Simulation faite dans le cadre du **programme Seine-Aval 2** pour la configuration bathymétrique 1994 de l'estuaire, en ignorant les ajustements morphologiques éventuels



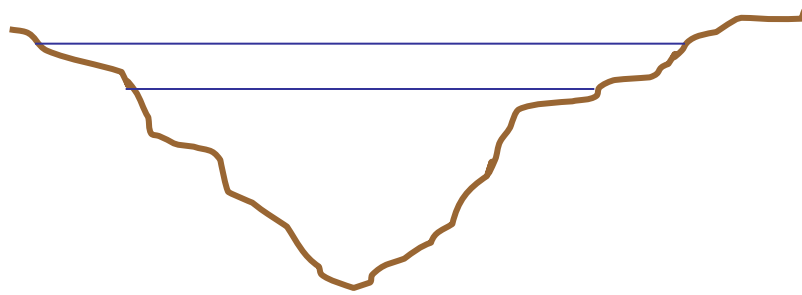
# Effet d'une élévation du niveau de la mer sur le bouchon vaseux de la Loire

*simulation SiAM-1DH (1996) ignorant les éventuels ajustements bathymétriques*



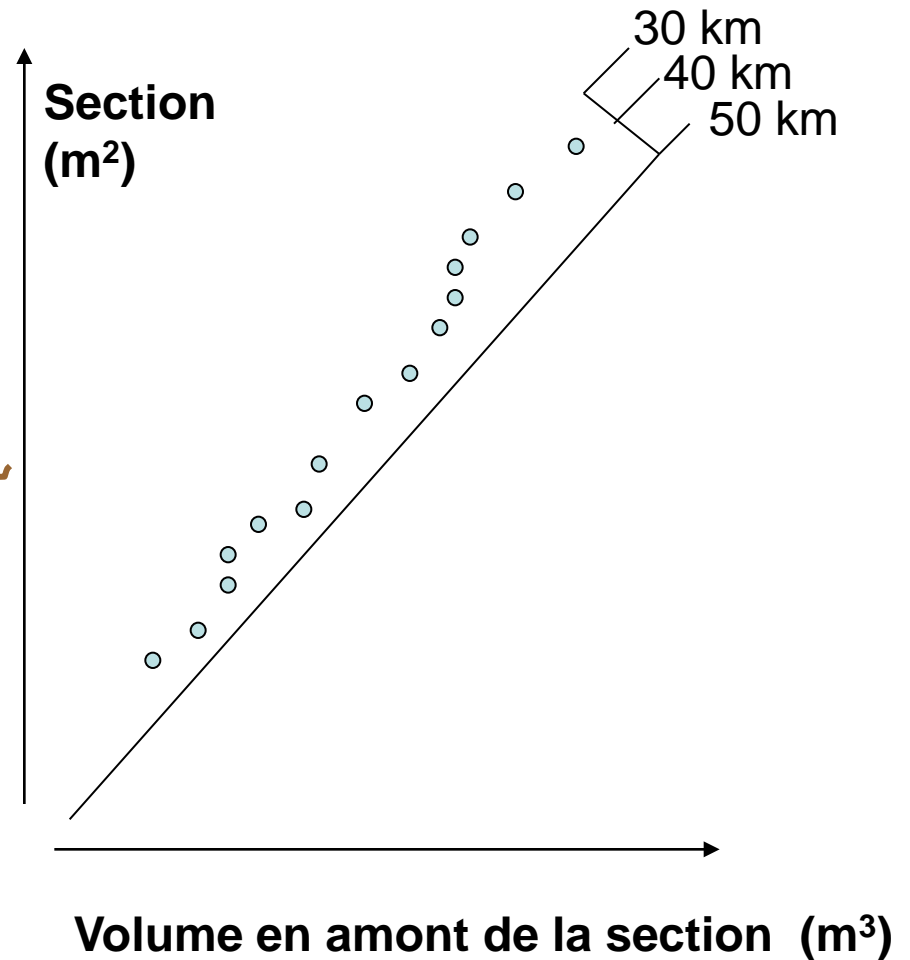
# (dés)équilibre morphodynamique ?

$$V / S \sim C^{te} \text{ (longueur caract.)}$$



Pour une variation du niveau moyen, le rapport  $V/S$  change

→ adaptation morphodynamique





# Montée du niveau marin : un risque... ou une chance ?

- réduction constatée des zones humides  
et des fonctionnalités environnementales associées
- estuaires progradent vers la mer
- zones connexes: limitent les inondations amont/aval, amortissent propagation de la marée, limitent pénétration saline, et celle du bouchon vaseux
- remontée du niveau moyen tendrait à ré-estuariser les milieux
- quelle compatibilité avec les occupations/usages du terrain ?
- peut-on prévoir ? (Etat de l'art ?)
  - à bathy fixée : OK (faut bon MNT+ modèle, connaissance apports amont)
  - si bathy s'ajuste : + difficile      Pb couplages morphodynamiques  
équilibre:  $\text{vol} = f(\text{section})$  ?
  - comparaisons utiles entre estuaires

## **Projet C3E2**

Conséquences du Changement Climatique sur l'Ecogéomorphologie des Estuaires

### ***Questions posées***

- **montée du niveau marin dans un estuaire avec rives basses : les submersions vont-elles augmenter, ou la morphologie va-t-elle s'adapter, à quel rythme?**
- **(...) si rives escarpées, le bouchon vaseux sera-t-il simplement translaté vers l'amont ?**
- **contribution de la végétation, conséquences des évolutions hydro-morpho-sédimentaires sur la végétation (berges et lit majeur) ?**
- **la nature sédimentaire des fonds de l'estuaire va-t-elle changer, à quel rythme ?**
  - **et si réduction forte des apports de sédiments fins en amont ?**

## **Projet C3E2**

Conséquences du Changement Climatique sur l'Ecogéomorphologie des Estuaires

### **Questions posées**

- montée du niveau marin dans un estuaire avec rives basses : les submersions vont-elles augmenter, ou la morphologie va-t-elle s'adapter, à quel rythme?
- (...) si rives escarpées, le bouchon vaseux sera-t-il simplement translaté vers l'amont ?
- contribution de la végétation, conséquences des évolutions hydro-morpho-sédimentaires sur la végétation (berges et lit majeur) ?
- la nature sédimentaire des fonds de l'estuaire va-t-elle changer, à quel rythme ?
  - et si réduction forte des apports de sédiments fins en amont ?

**4 partenaires: Ifremer, UBO/Géoarchitecture, Sogreah, GIP Loire-estuaire**

**5 actions:**

- 1- scénarios de forçage
- 2- morphodynamique d'estuaires schématiques (modèle générique)
- 3- échanges hydriques et sédimentaires entre lit majeur et lit mineur  
→ effets végétation
- 4- prospective Loire (modélisation « réaliste »)
- 5- estimation incertitudes, indicateurs & transfert vers gestionnaires

# Un modèle d'estuaire « générique »

Paramètres caractérisant les estuaires (exemples):

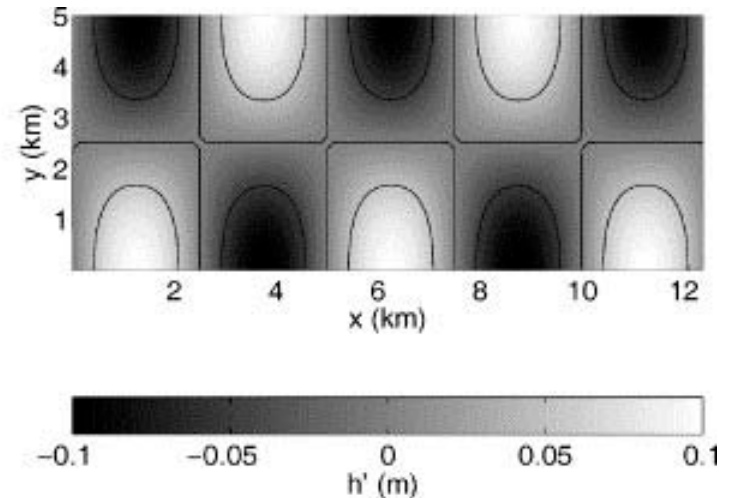
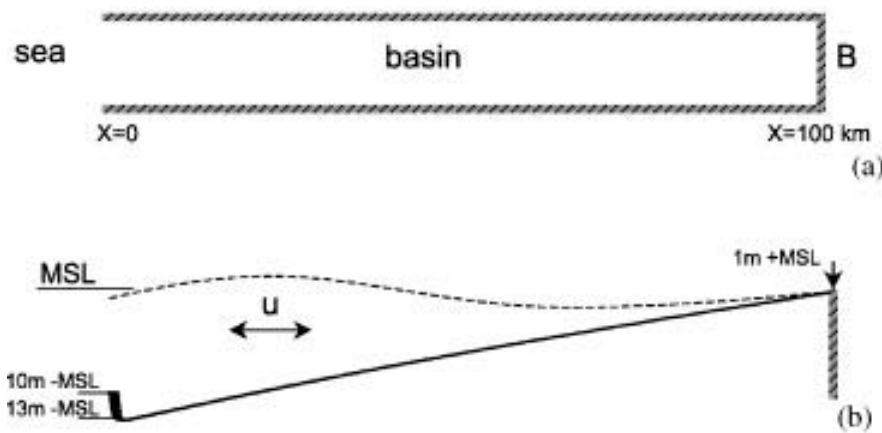
- marnage
- section à l'embouchure
- pente du chenal
- profil en travers (pentes transversales, prairies, végétation ...)
- apports liquides (moyenne, saisonnalité, var. interannuelle)
- apports solides (moyenne, saisonnalité, var. interannuelle, nature des matériaux)
- nature des fonds

Scénarios de forçage climatique:

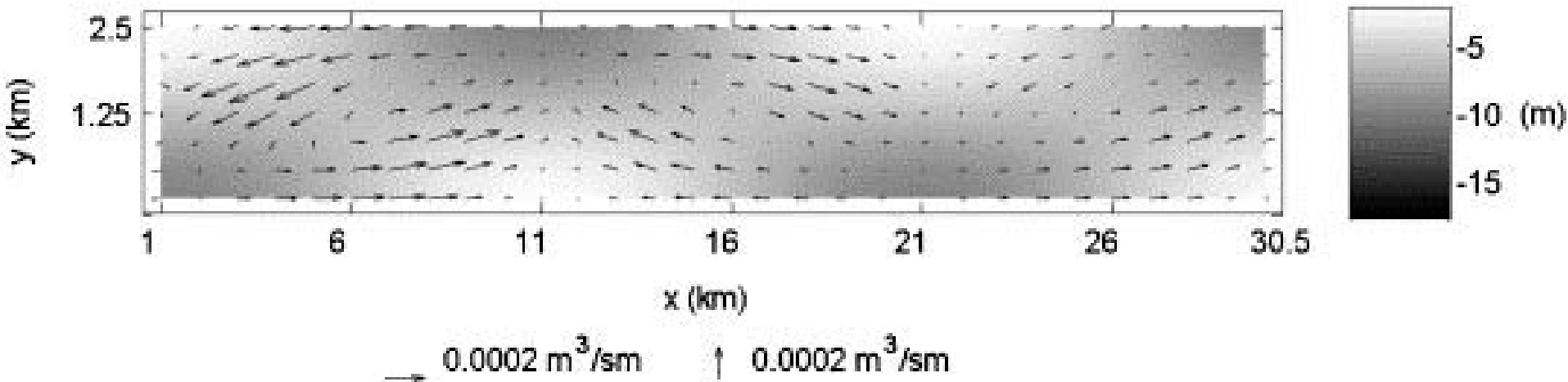
- niveau moyen de la mer (intensité, rythme d'élévation)
- régime de tempêtes/vagues
- variation des apports (liquides/solides) en amont

# approche par modélisation : formation de bancs et chenaux en estuaire

Perturbation initiale périodique : étude des longueurs d'ondes dominantes en relation avec la largeur et la profondeur de l'estuaire, et avec les vitesses maximales



Mécanisme de formation des bancs et chenaux :  
« positive feedback » entre courants de marée, transport sédimentaire et formes de fond

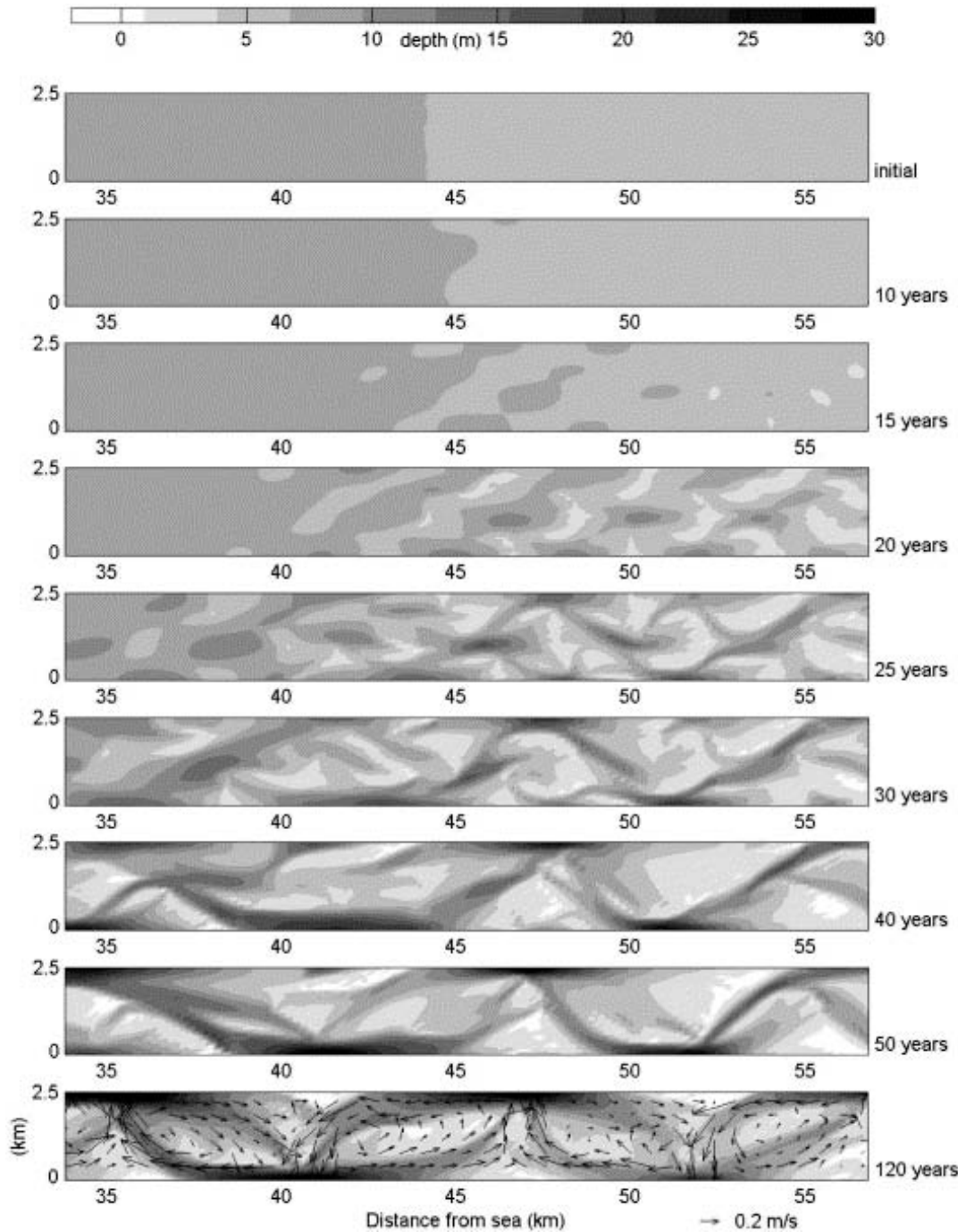


Transport sédimentaire résiduel sur une marée  
Coeveld et al. 2003

*D'après Hibma et al., 2003*

*D'après Hibma et al., 2003*

Perturbation initiale aléatoire



Formation de chenaux et de bancs dans la moitié amont de l'estuaire.

Les flèches représentent le courant résiduel de marée simulé.

