The background of the slide is a photograph of a pond with tall reeds and lily pads. A white lightbulb icon is superimposed on the left side of the image, symbolizing an idea or key factor.

# Hydrodynamique de l'Etang de Berre : un facteur clé de l'écosystème

**EDF R&D – LNHE**

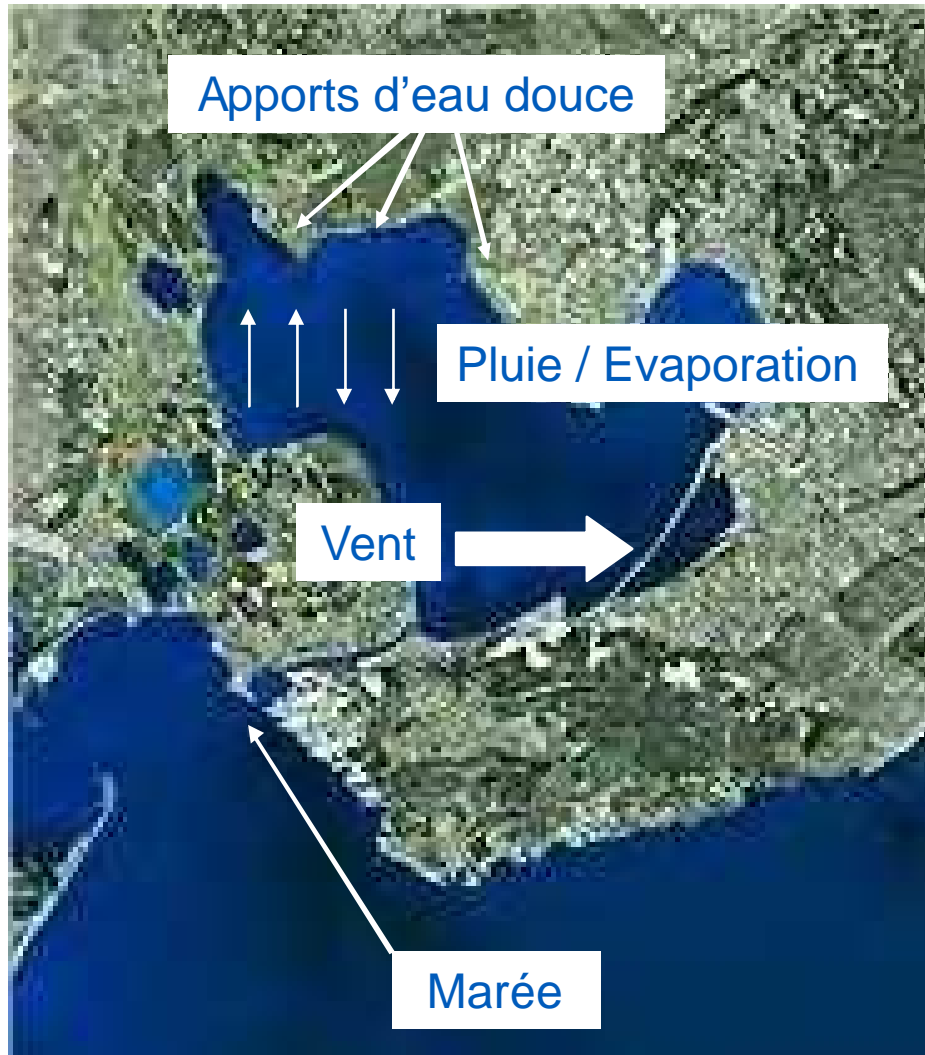
N. Durand, L. Martin, E. Razafindrakoto,  
J.M. Hervouet

Rencontres Lagun'R – 14 mars 2011



CHANGER L'ÉNERGIE ENSEMBLE

# Introduction : mécanismes hydrodynamiques en jeu



- ▶ Une masse d'eau confinée, peu profonde
- ▶ Une superposition de forçages physiques



- ▶ Dynamique complexe : marée, vent, effets de flottabilité
- ▶ Effets 3D importants (circulation, salinité)

## Le modèle numérique : objectifs

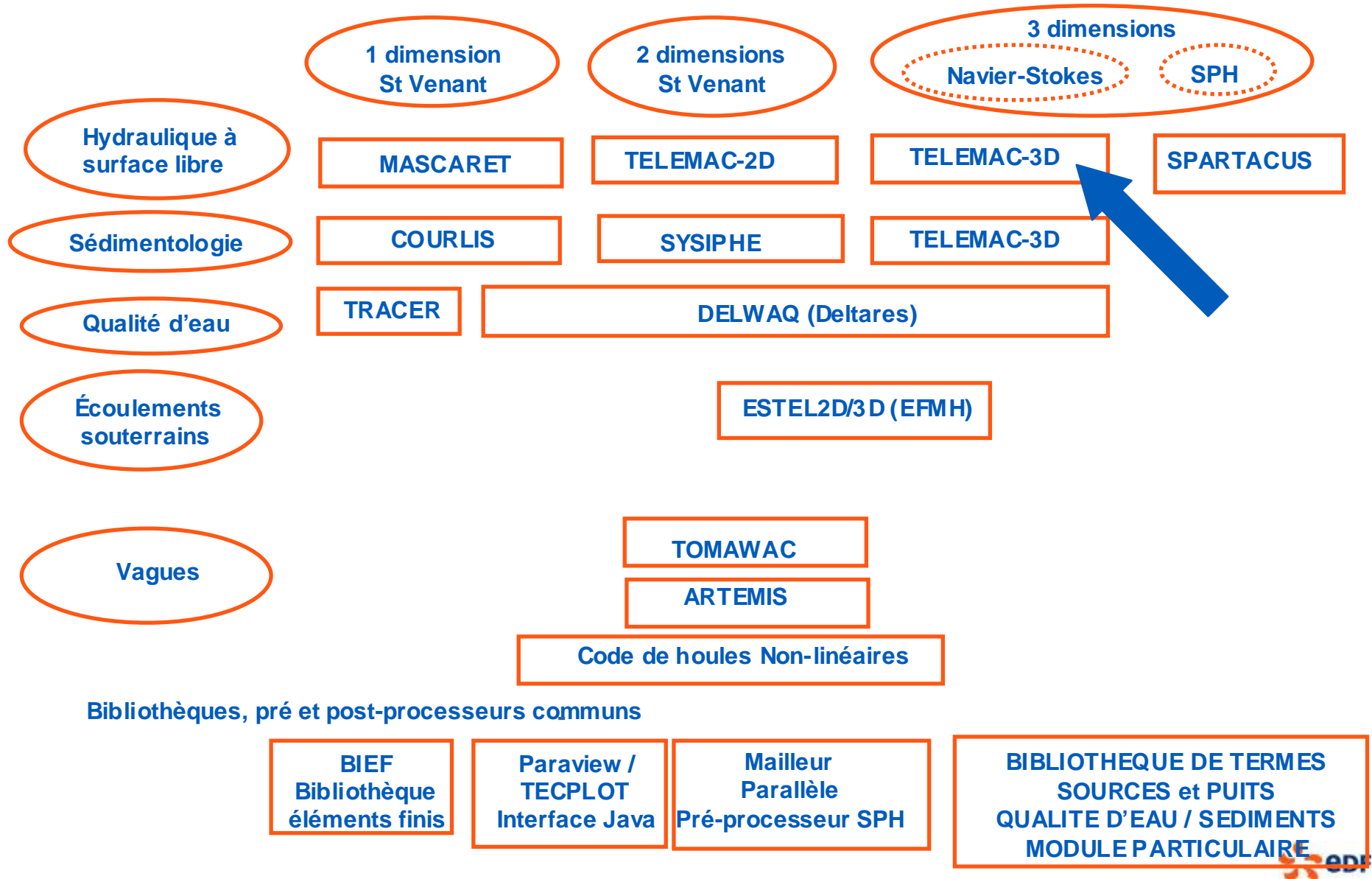
- ▶ Comprendre le fonctionnement hydrodynamique
- ▶ Fournir les données d'entrée nécessaires à la modélisation biogéochimique
- ▶ Tester des scénarios de gestion et des stratégies de réhabilitation



Un modèle numérique qui calcule l'évolution des masses d'eau (courants, salinité, température) en réponse aux forçages par la marée, le vent et les effets de flottabilité :

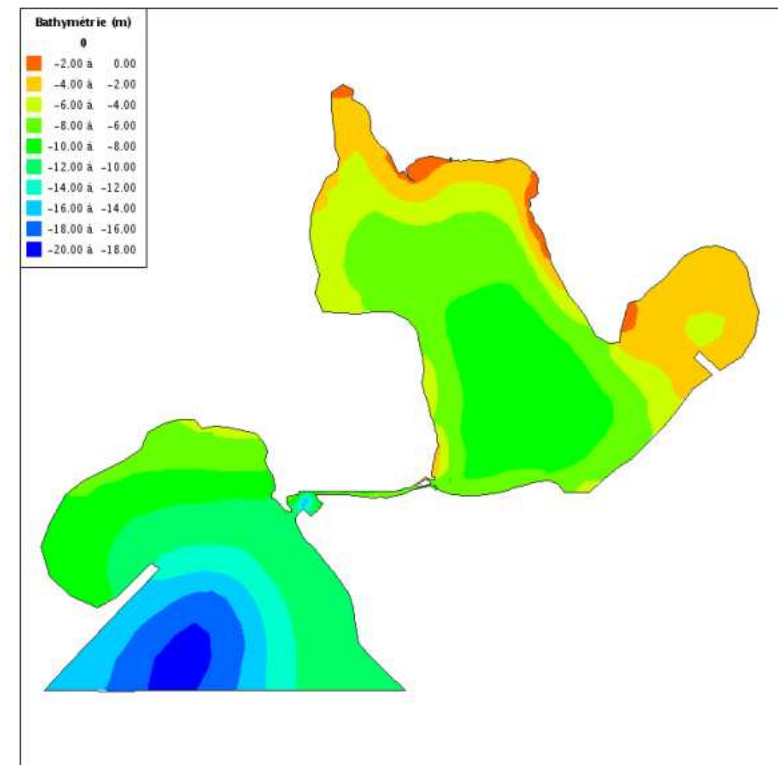
- ▶ Sa capacité à reproduire la stratification est un point clé
- ▶ Seul un outil 3D est pertinent

# La Plate-forme Hydro-Environnementale 2010-2015

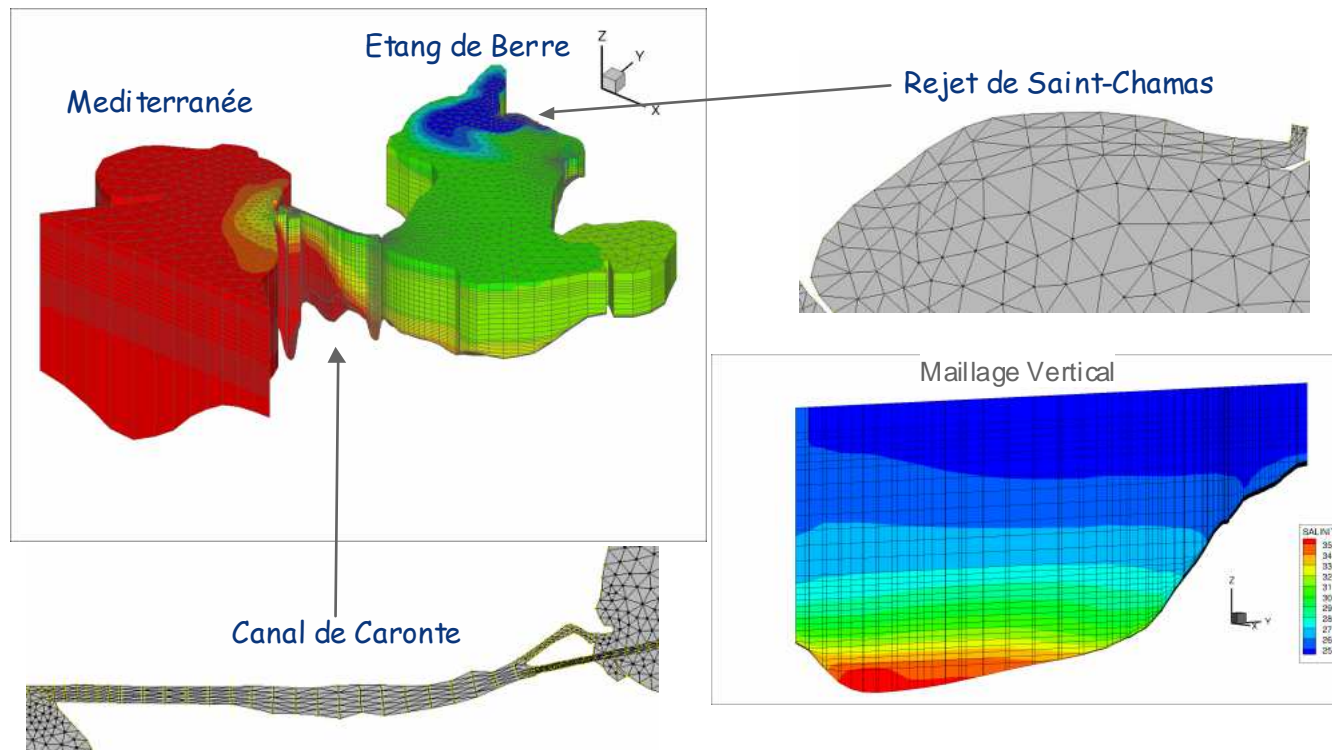


# Le modèle numérique : description (1/2)

- ◆ Logiciel Telemac-3D (V6P0), code 3D en éléments finis
- ◆ Equations de Navier-Stokes à surface libre
- ◆ Modèle de turbulence adapté aux milieux stratifiés
- ◆ Contraintes :
  - Rejets d'eau douce (Arc, Touloubre, Saint-Chamas) : débit,  $t^\circ$ , salinité nulle
  - Limite marine : hauteur d'eau (marégraphe),  $t^\circ$  et salinité de l'eau de mer
  - Surface : vent, évaporation, précipitations,  $t^\circ$  de l'air
- ◆ En sortie du modèle :
  - 3 composantes de la vitesse
  - salinité et température
  - cote de la surface libre



## Le modèle numérique : description (2/2)



### Maillage :

- Résolution fine suivant la verticale (20 à 80 cm)
- Raffinement au niveau des entrées (Caronte, Saint-Chamas, Arc, Touloubre) (10 à 600 m)

115 140 éléments

31 plans verticaux

### Simulations :

- 3 mois de temps physique en moins de 5 heures sur 64 processeurs (Clamart2)

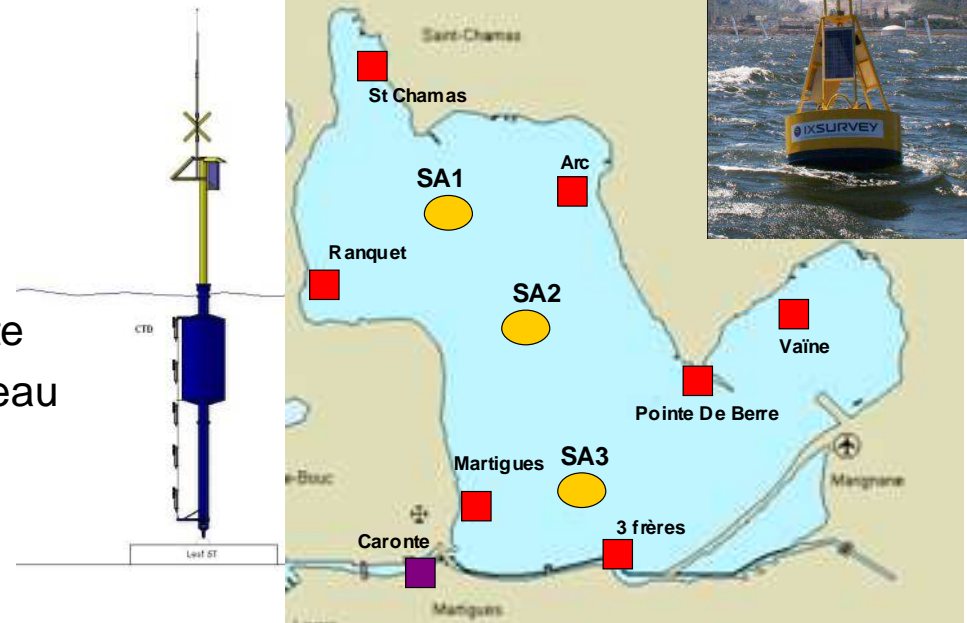
# Le modèle numérique : calibration et validation (1/2)

## ► Calibration du modèle (frottement au fond, entraînement par le vent)

- données 1996 (LNHE)

## ► Validation du modèle :

- Mesures 2005 dans le canal de Caronte
- Mesures en continu depuis 2006 (Réseau de suivi physique)



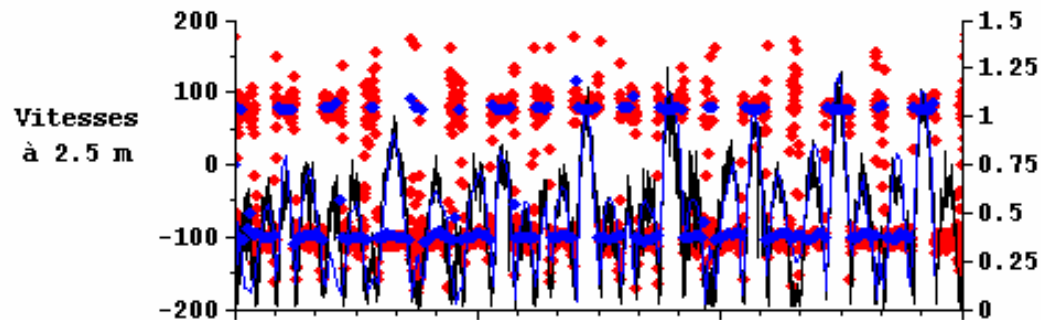
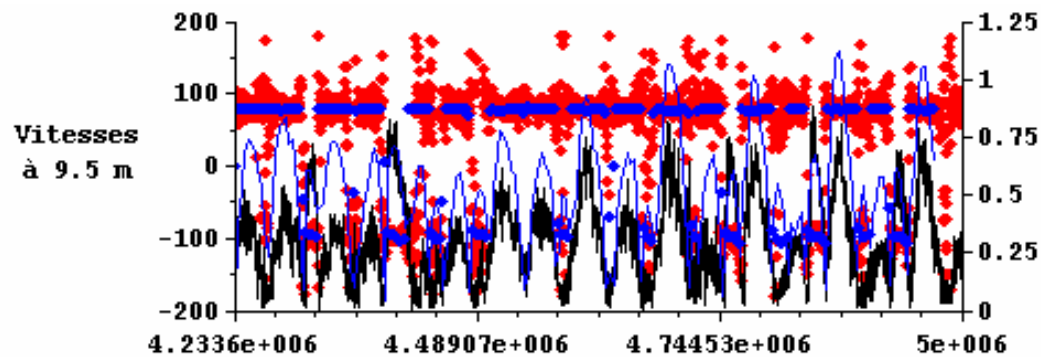
## Réseau de suivi physique – mesures en continu depuis sept. 2006 :

- Caronte : S et T à 5 profondeurs + courants + hauteur d'eau
- 3 stations centrales : S et T à 5 profondeurs + campagne courants et houle (fin 2007 - déb. 2008)
- 7 stations littorales : S et T à 1 m du fond

## Le modèle numérique : calibration et validation (2/2)

On vérifie la capacité du modèle :

▶ à bien représenter les vitesses



Vitesses à Caronte (-2.5m, -9.5m)

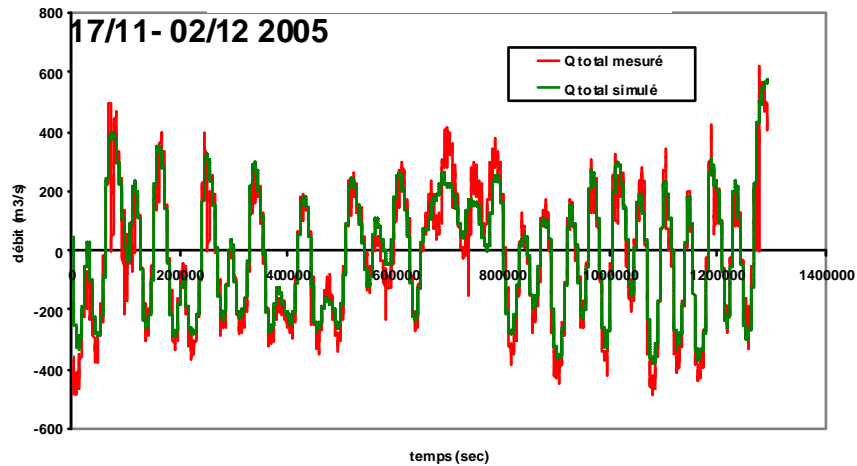
- direction simulée
- direction mesurée
- intensité simulée
- intensité mesurée

# Le modèle numérique : calibration et validation (2/2)

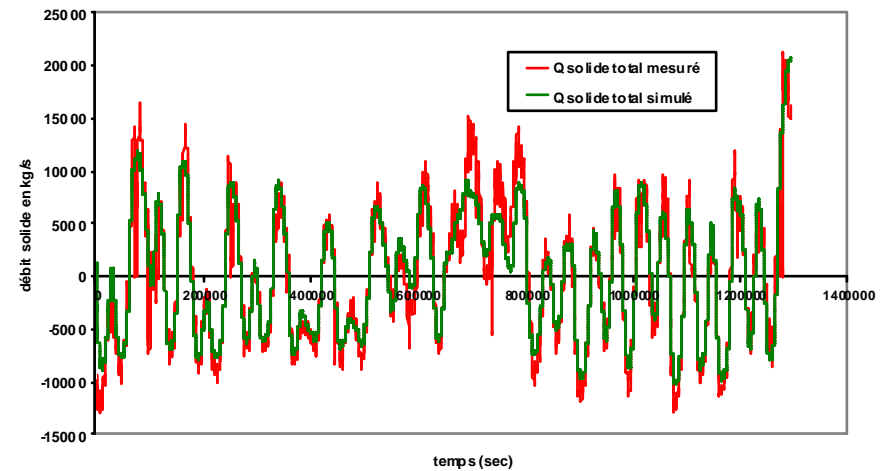
On vérifie la capacité du modèle :

- ▶ à bien représenter les vitesses
- ▶ à quantifier les échanges entre l'étang et la mer

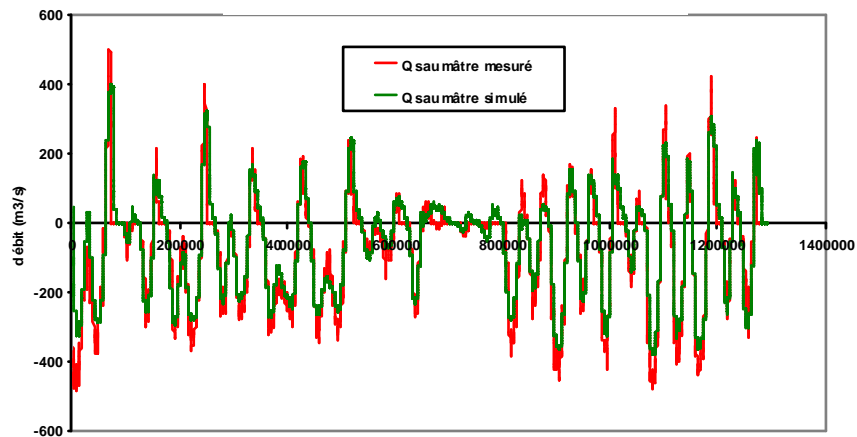
Débit total



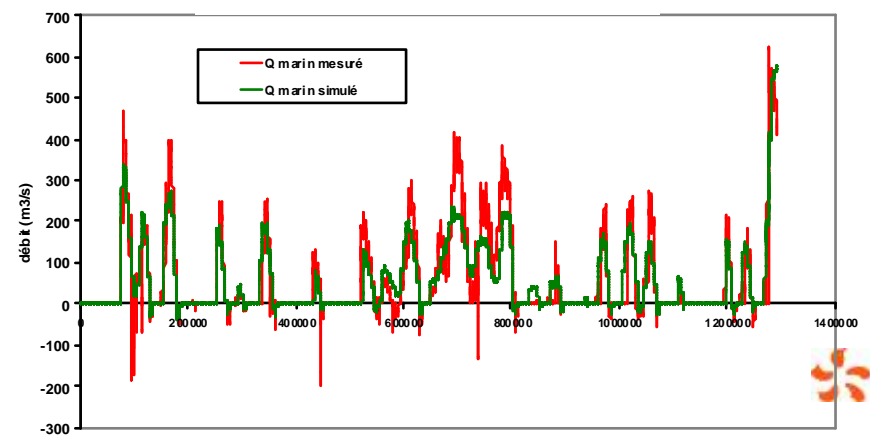
Débit solide



Débit saumâtre



Débit marin

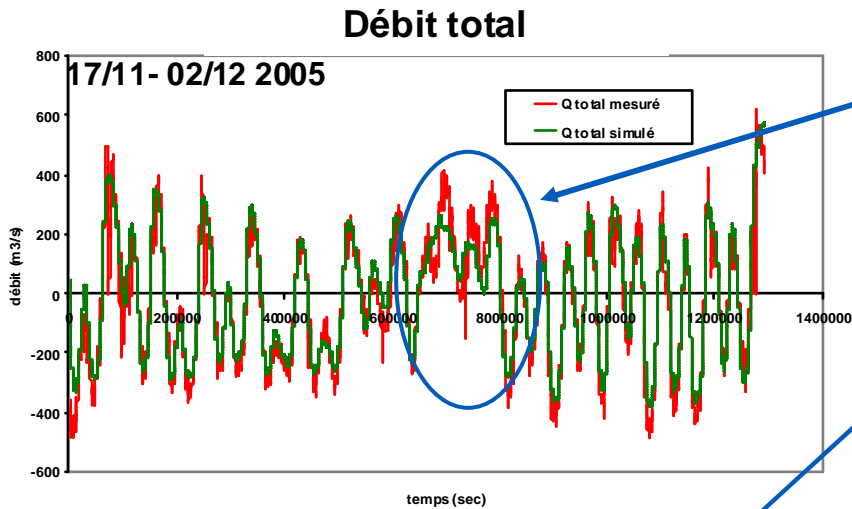


# Le modèle numérique : calibration et validation (2/2)

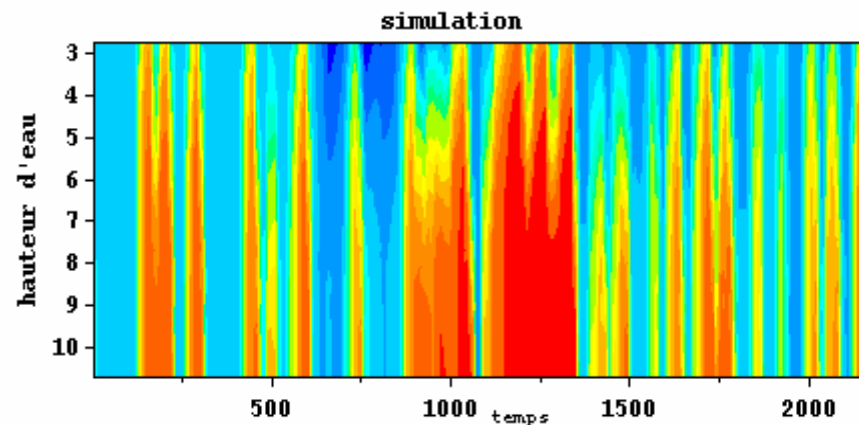
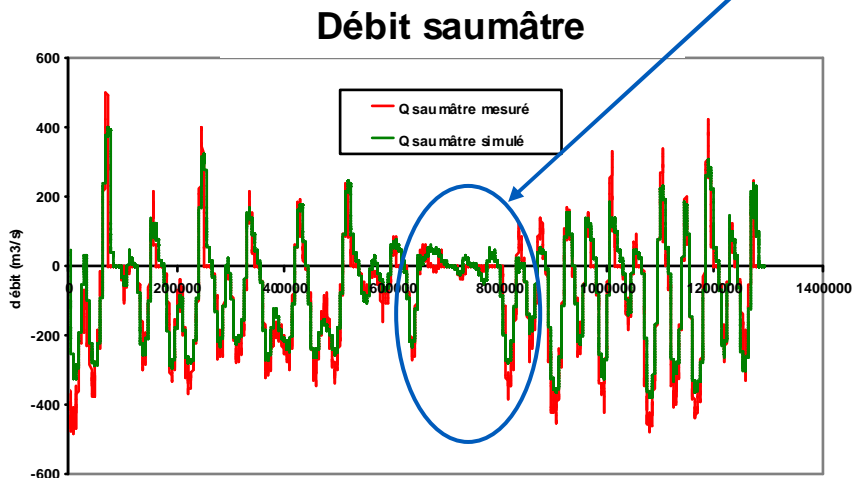
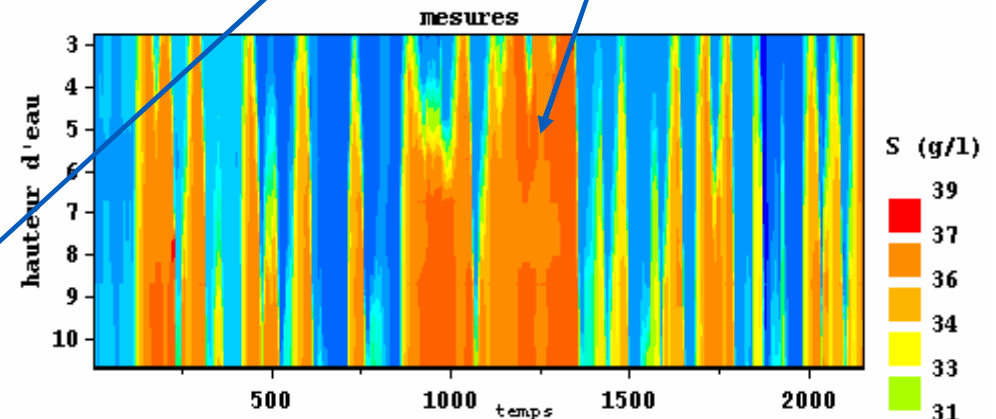
On vérifie la capacité du modèle :

- ▶ à bien représenter les vitesses
- ▶ à quantifier les échanges entre l'étang et la mer

chute de la pression atmosphérique



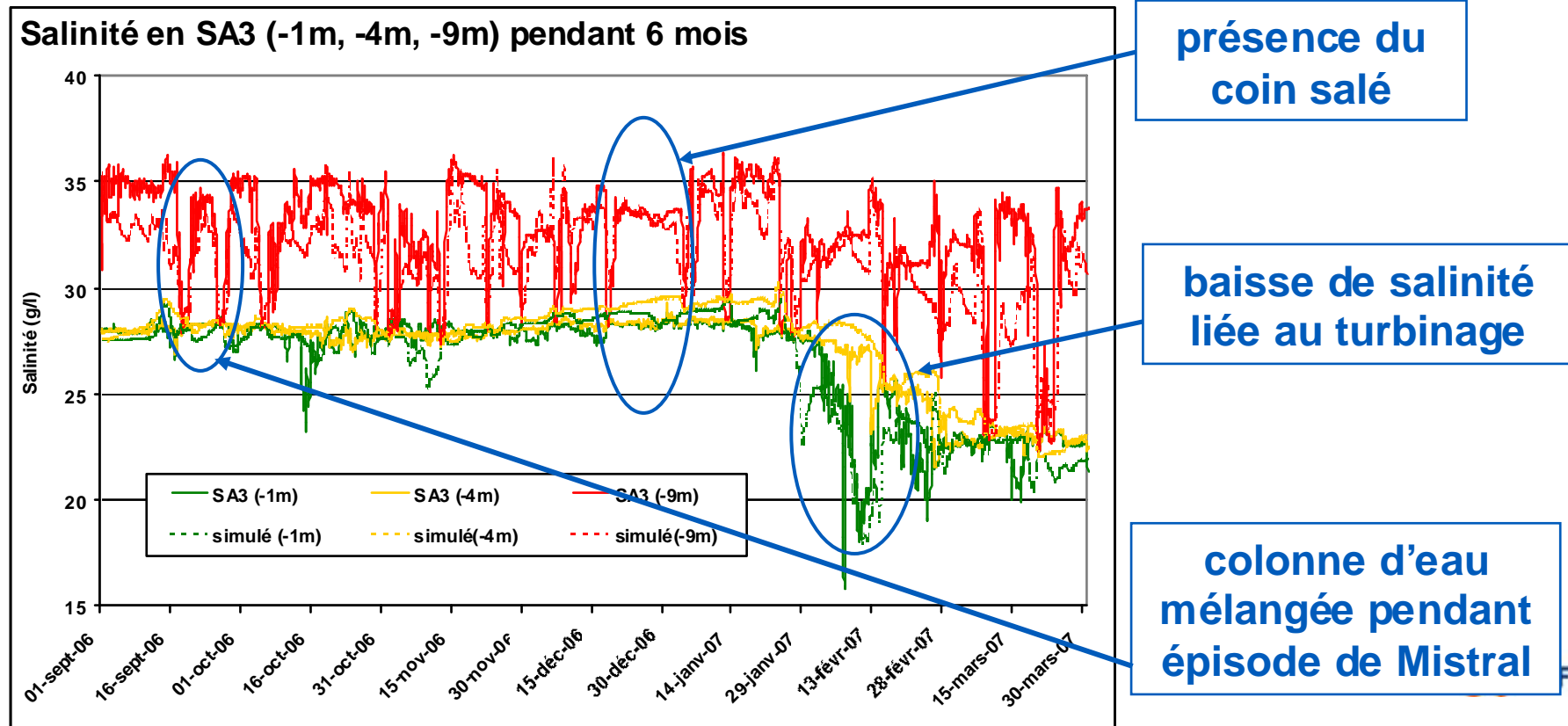
salinité dans le canal de Caronte  
du 17 novembre au 2 décembre 2005  
comparaion mesures et simulation



## Le modèle numérique : calibration et validation (2/2)

On vérifie la capacité du modèle :

- ▶ à bien représenter les vitesses
- ▶ à quantifier les échanges entre l'étang et la mer
- ▶ à reproduire les épisodes de stratification / mélange de la colonne d'eau







# Actions en cours et perspectives

- ▶ Des pistes d'amélioration du modèle numérique
  - Modélisation plus fine de la turbulence (modèle k-ε)
  - Modélisation plus élaborée des échanges thermiques air-eau (évaporation)
  - Meilleure prise en compte du vent en surface ?
  
- ▶ Couplage avec le modèle qualité d'eau de l'étang de Berre (DELWAQ)
  - Simulations longue durée (13 années)
  
- ▶ Différents travaux autour du modèle « Berre »
  - Utilisation du modèle Berre en HPC (Calcul Haute Performance) : 40 millions de mailles
  - Assimilation de données (collaboration CERFACS)
  - Couplage avec un modèle de houle (projet « Herbiers »)