

## Evaluation du rôle « filtre » des estuaires par modélisation des processus biogéochimiques

Josette Garnier (coord RESET-GIPSA), Estela Romero, Gilles Billen (**UMR Metis**)  
Romain Legendre, Philippe Riou (**LERN-IFREMER**),

# L'eutrophisation côtière

causée par les apports de nutriments du bassin versant fluvial

Sources agricoles et urbaines de N, P, Si dans le bassin versant

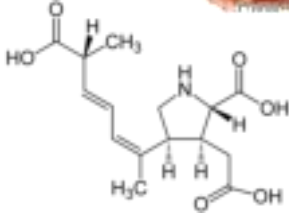


Apports fluviaux de N, P, Si

Excès de N et P par rapport à la Si

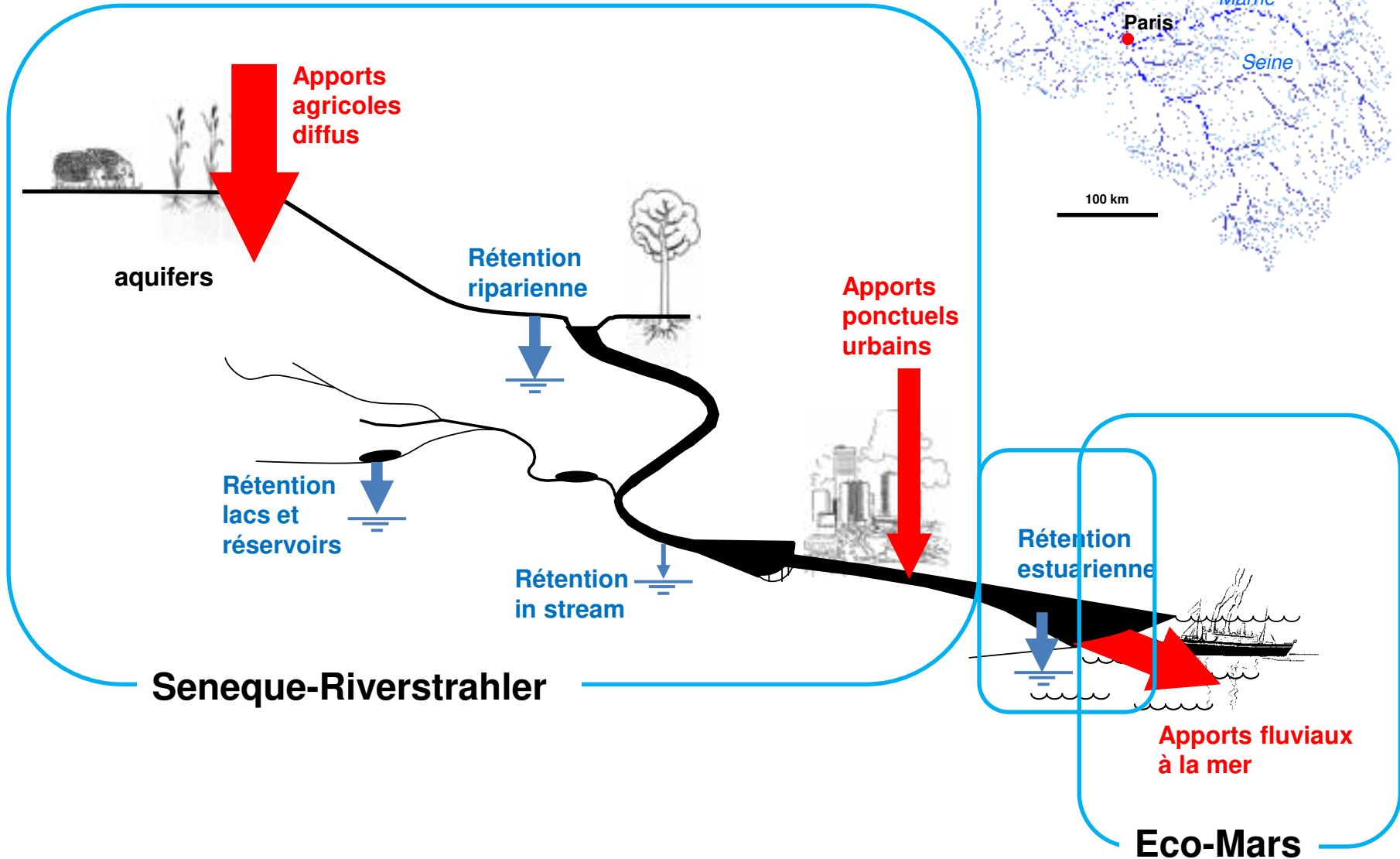


Eutrophisation marine côtière

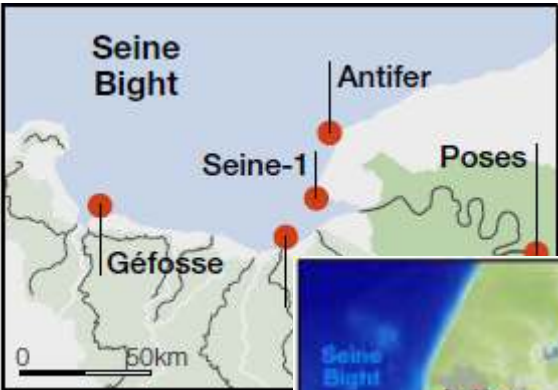


# Rétention des nutriments le long du continuum aquatique

☐ du bassin versant à la zone côtière

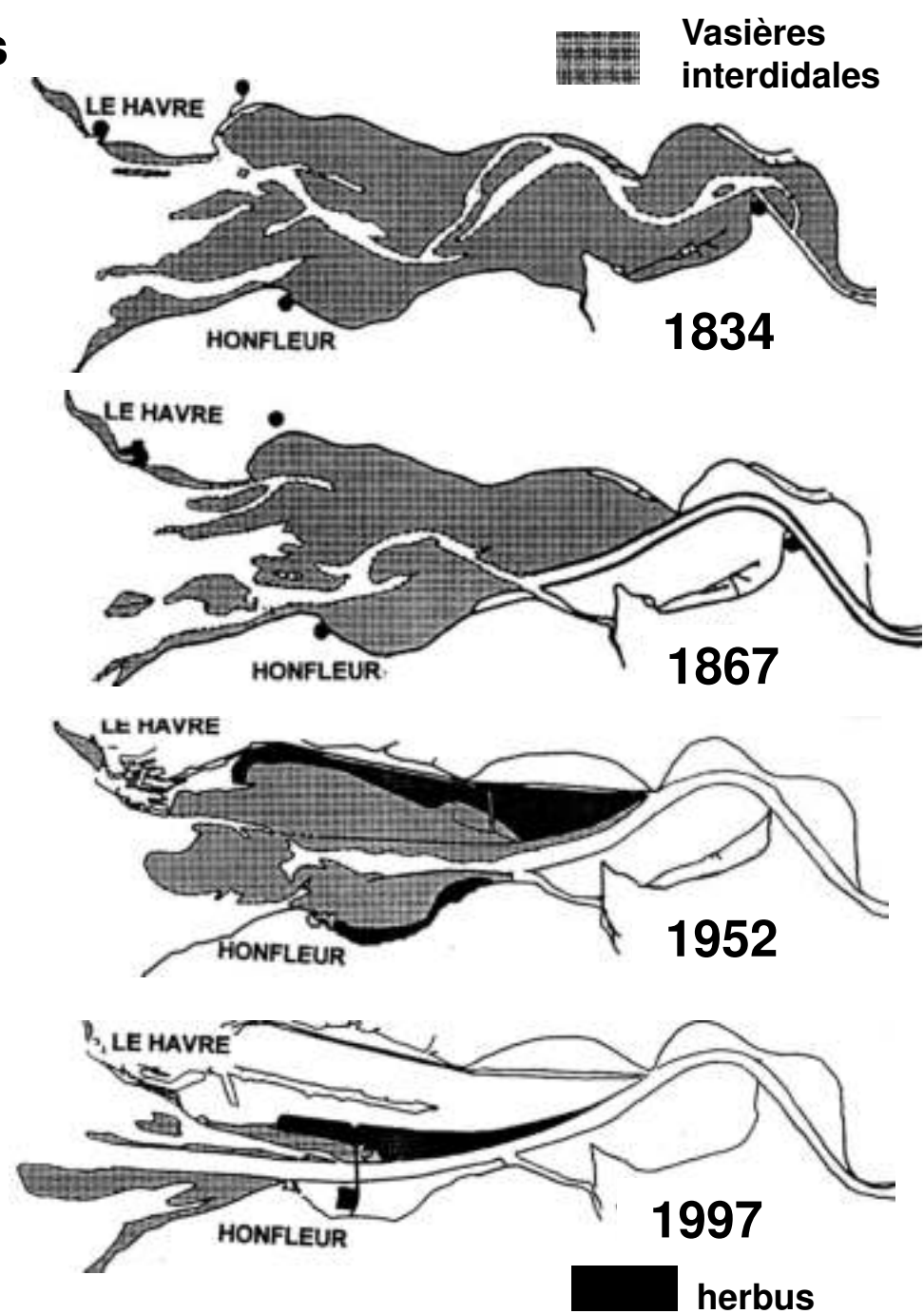


# L'estuaire de Seine dans son continuum terre-mer



# Des changements profonds anciens

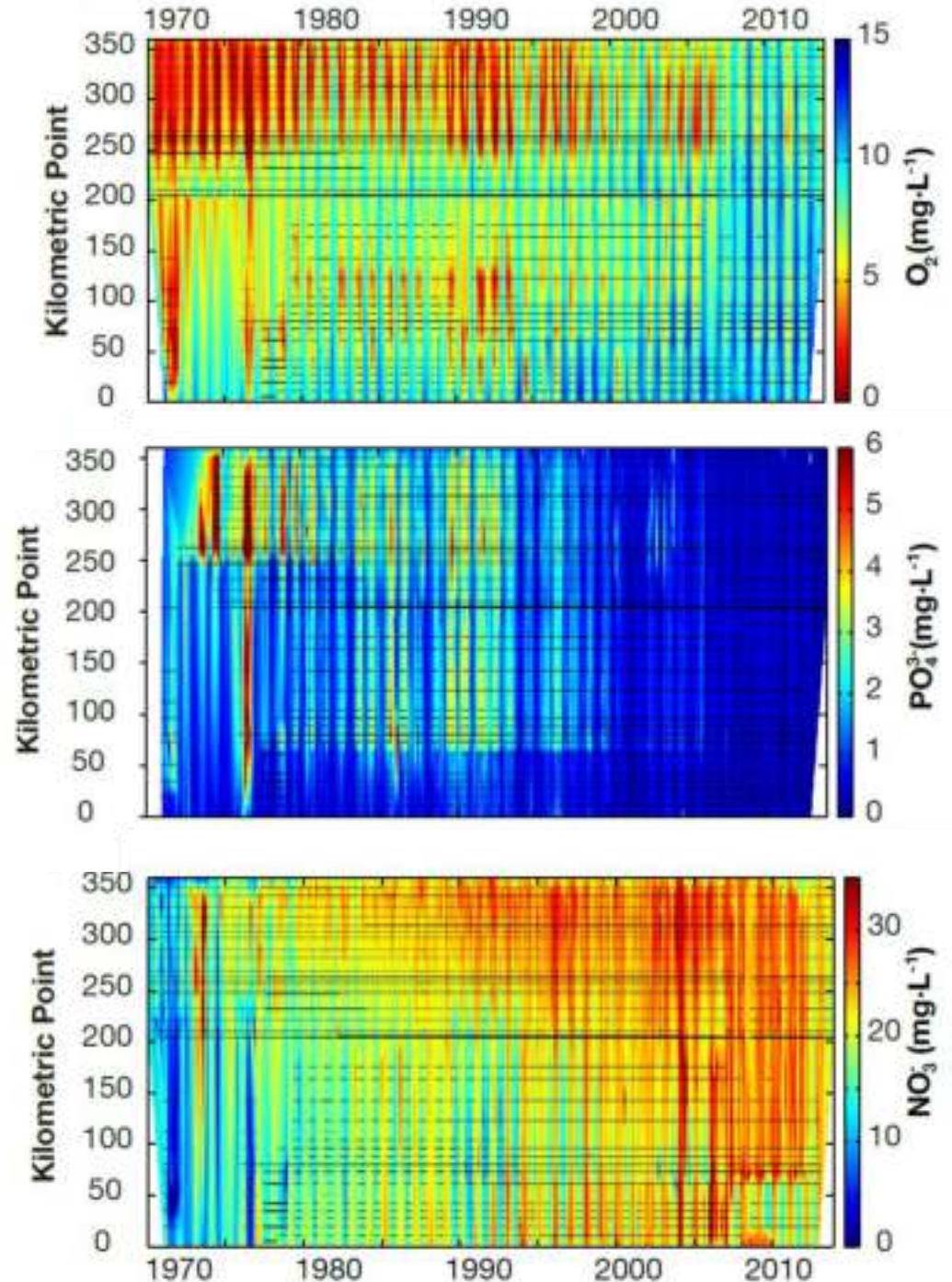
- Une morphologie qui a considérablement réduit les espaces d'expansion de l'estuaire



# Des changements profonds 1970-2014

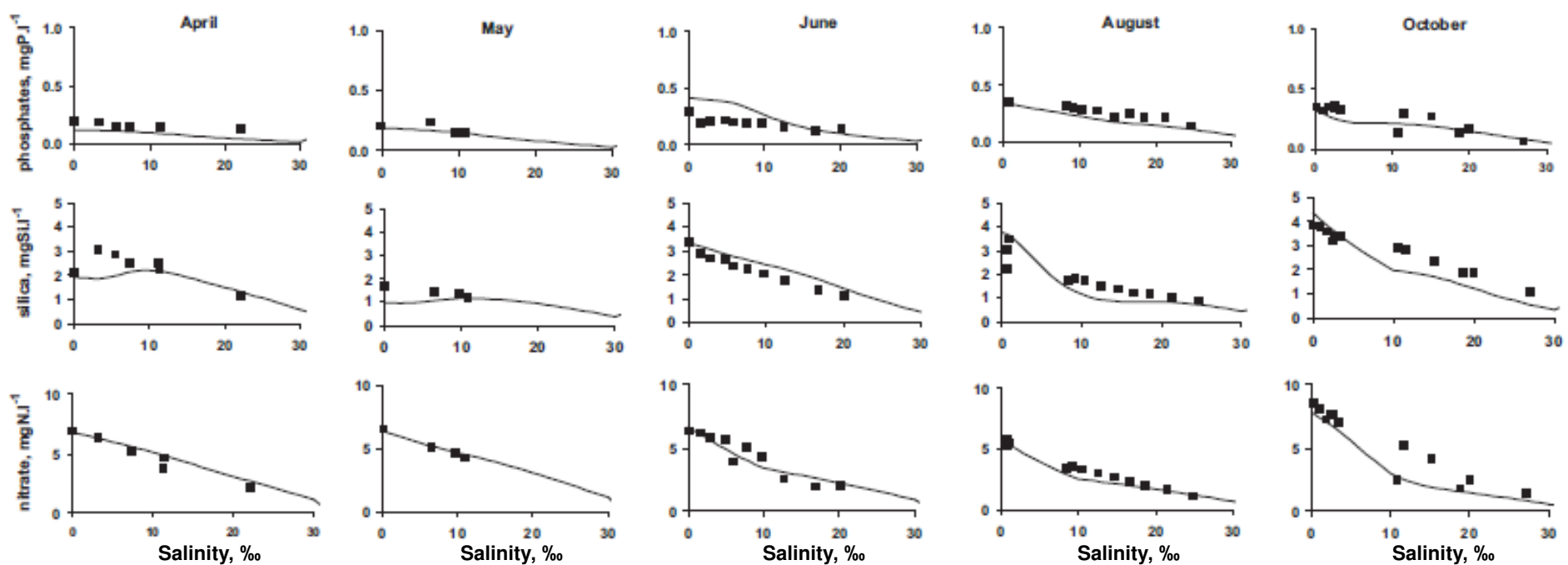
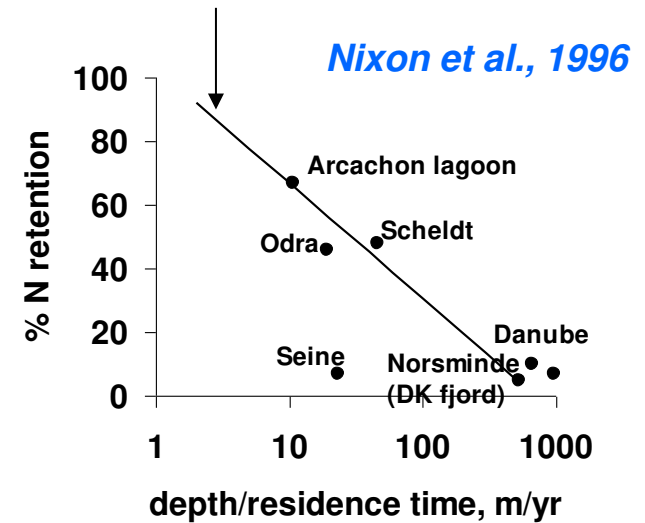
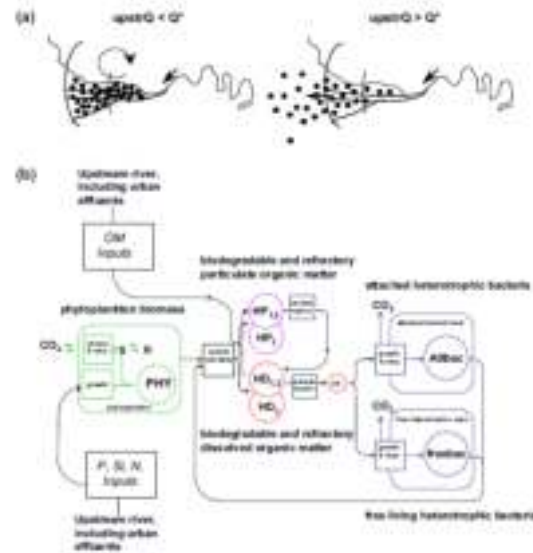
- des impacts humains sur le bassin qui modifient la qualité du milieu

*Romero et al., 2016, Env. Sci Policy*



# Démarches empiriques et de modélisation pour évaluer la rétention estuarienne

Modèle LIFT  
*Garnier et al, ECSS 2010*



# Une vraie modélisation estuarienne: adaptation du modèle ECO-MARS

Eco-MARS enchassé dans MANGA et couplé à Seneque/Riverstrahler à l'amont

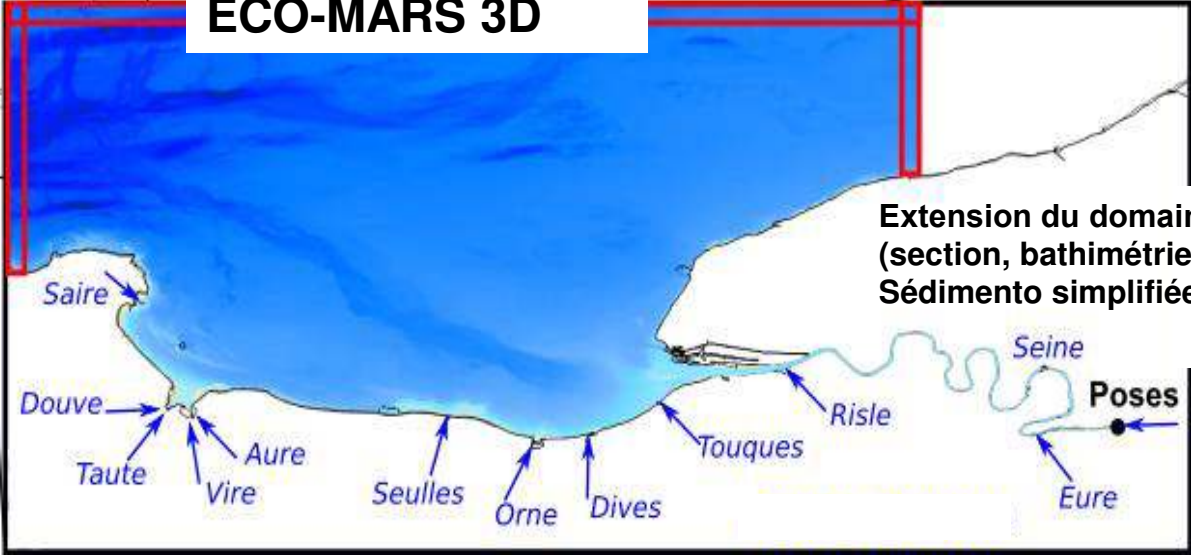
Conditions imites:  
MARS MANGA, 16x16 km

Forçages météo: ARPEGE 0.5 ° lat/long, 6h



Maillage:  
500x500mx10n°prof

ECO-MARS 3D



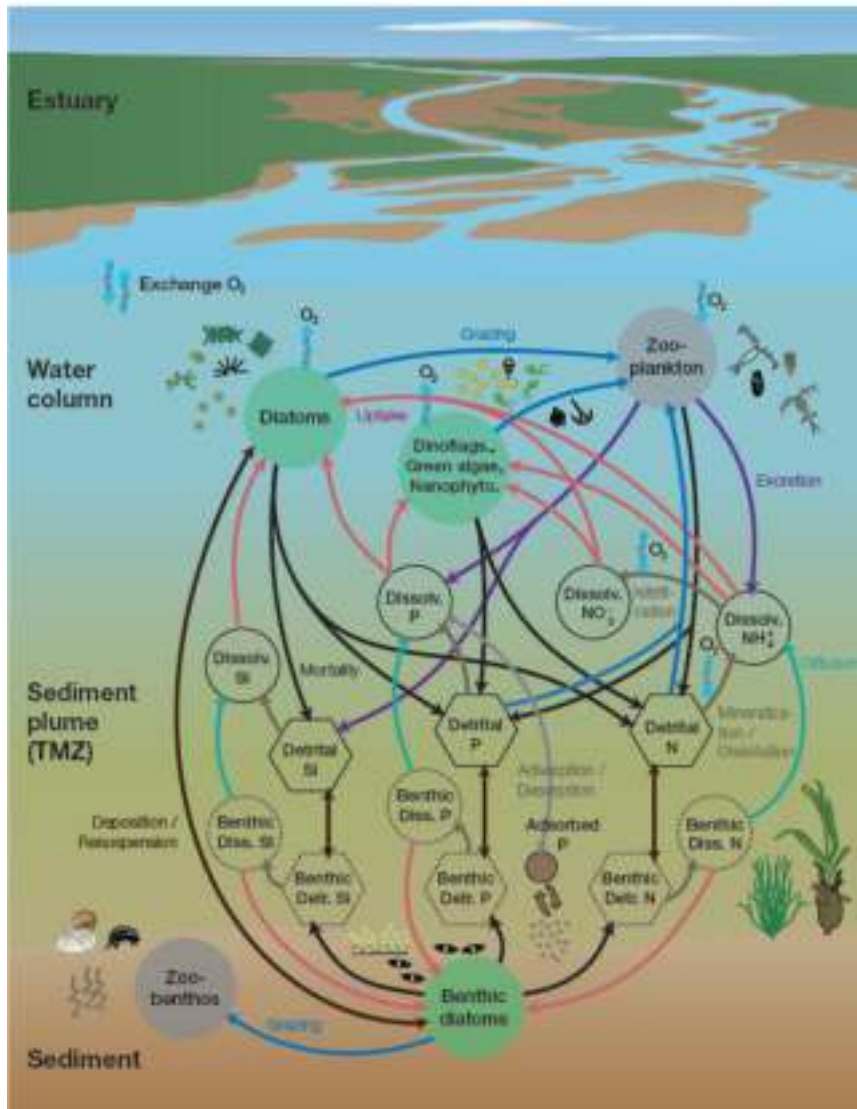
Extension du domaine à la Seine jusqu'à Poses  
(section, bathimétrie, rugosité)  
Sédimento simplifiée 2 classes particules  
légères fluviales  
lourdes BV

Apports fluviaux: Sénèque 3.7, Seine, Eure, Risle et côtiers Normands

Période de référence 2009-2013  
Spin up 1 an (2008)



# Révision du schéma conceptuel de la biologie

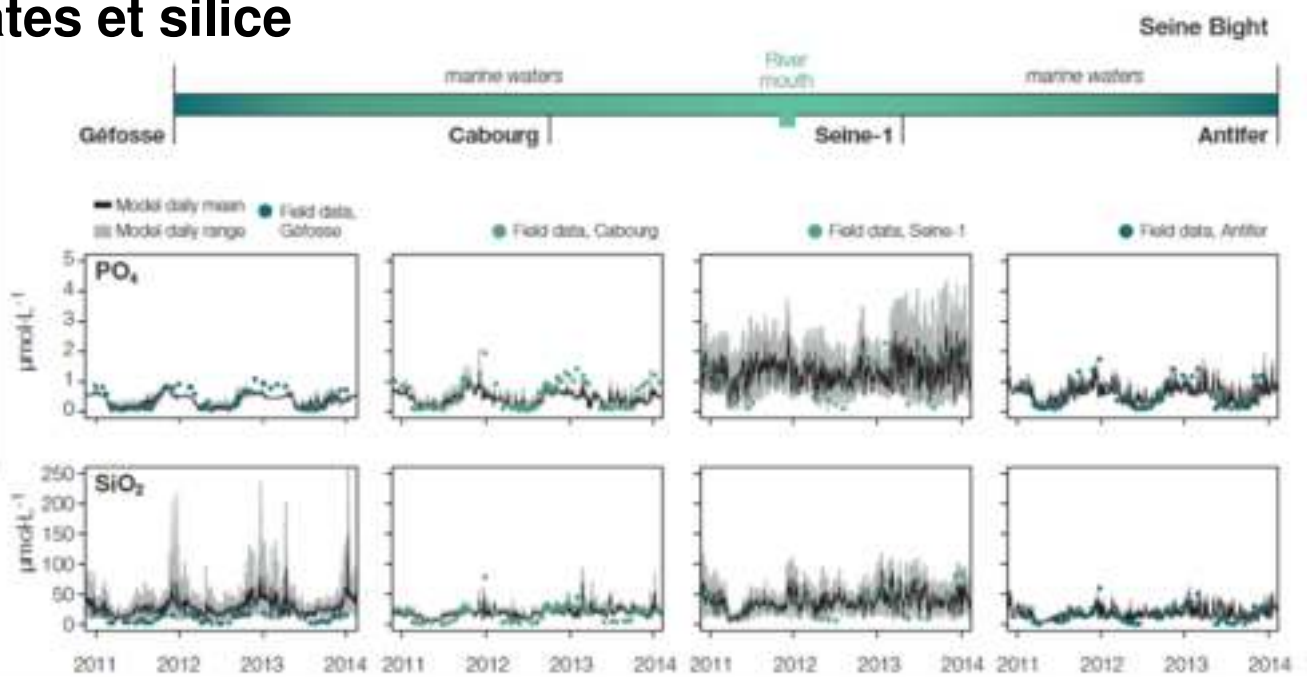


- ❑ Ajout des espèces de phytoplancton et de zooplancton d'eau douce
- ❑ Effet de la salinité sur la physiologie des organismes
- ❑ Ajout de la variable oxygène

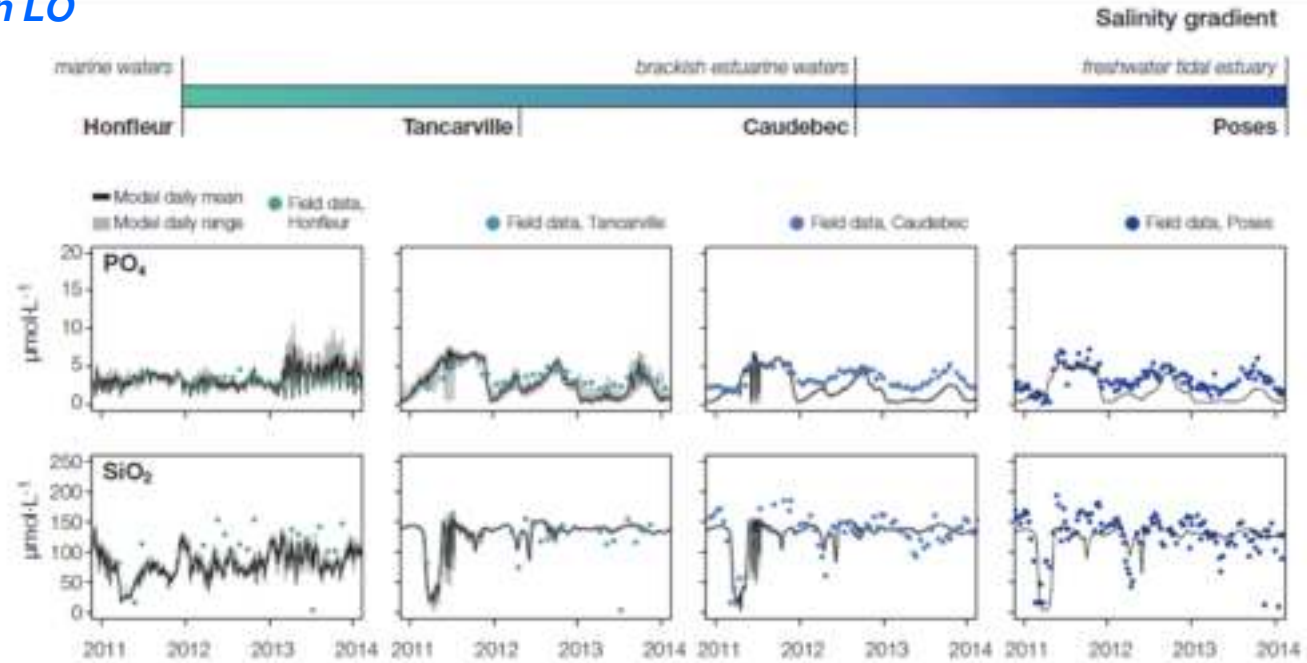
*Romero et al., 2018, en révision LO*

# Validations : phosphates et silice

☐ Bonne adéquation entre simulations et observations

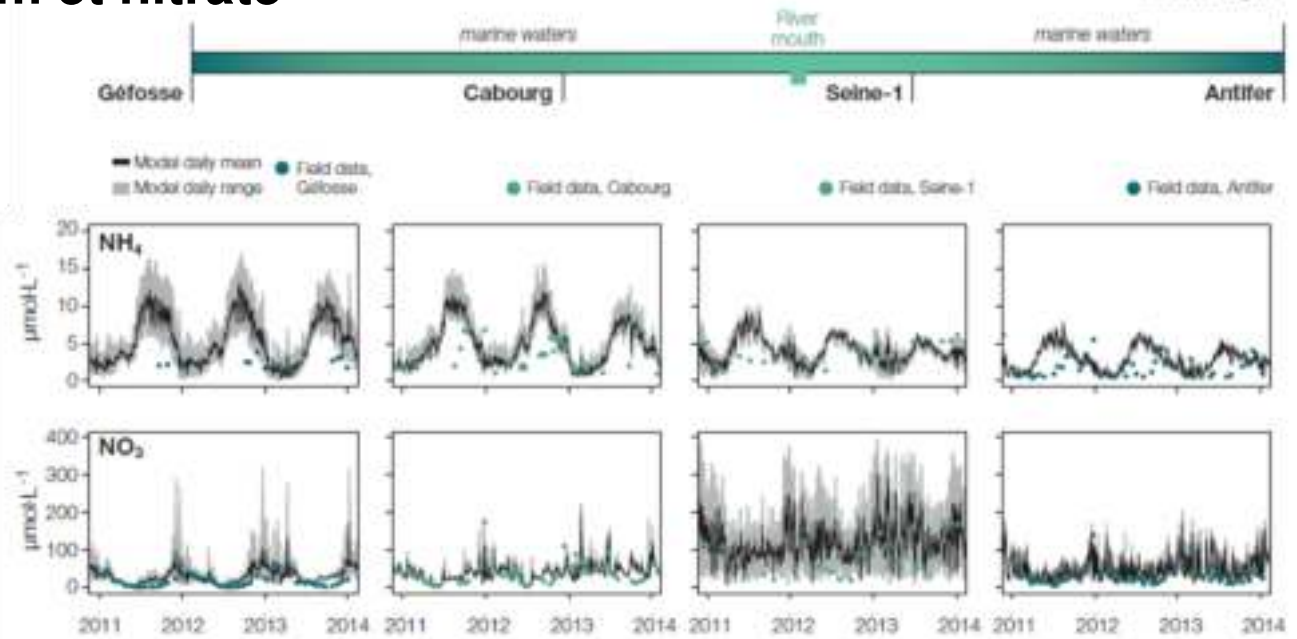


Romero et al., 2018, en révision LO



# Validations: ammonium et nitrate

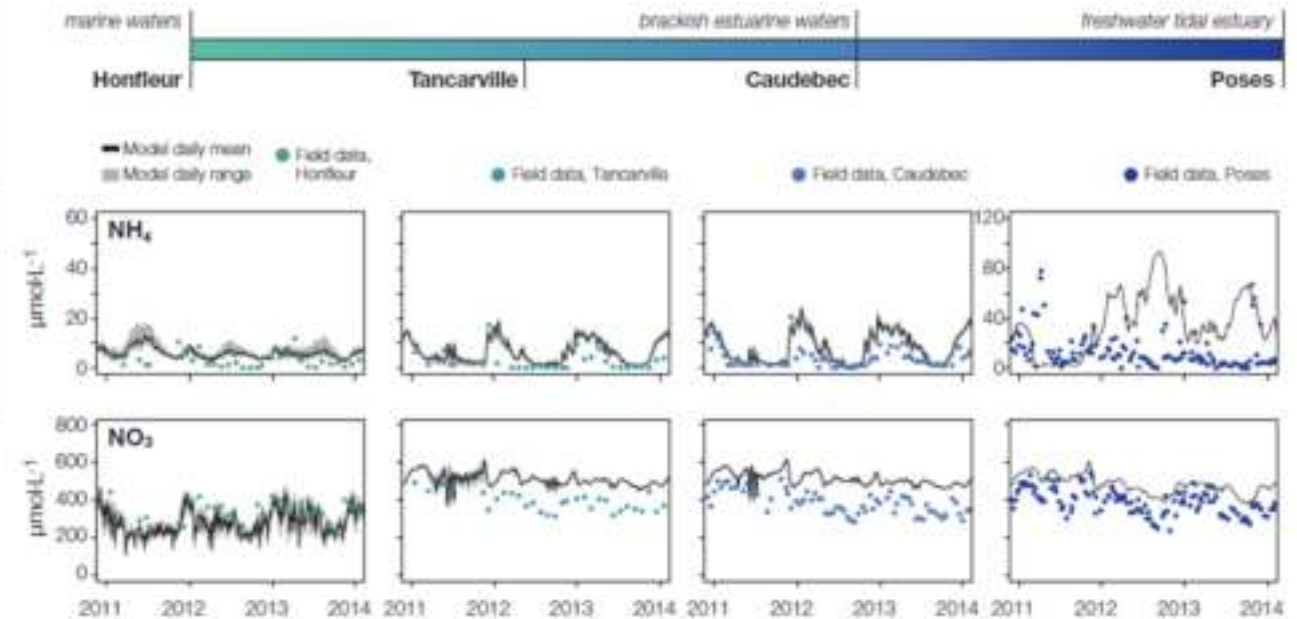
Seine Bight



- Une surestimation à Poses (2012 et 2013, fin de la mise en place du traitement N en STEPs)

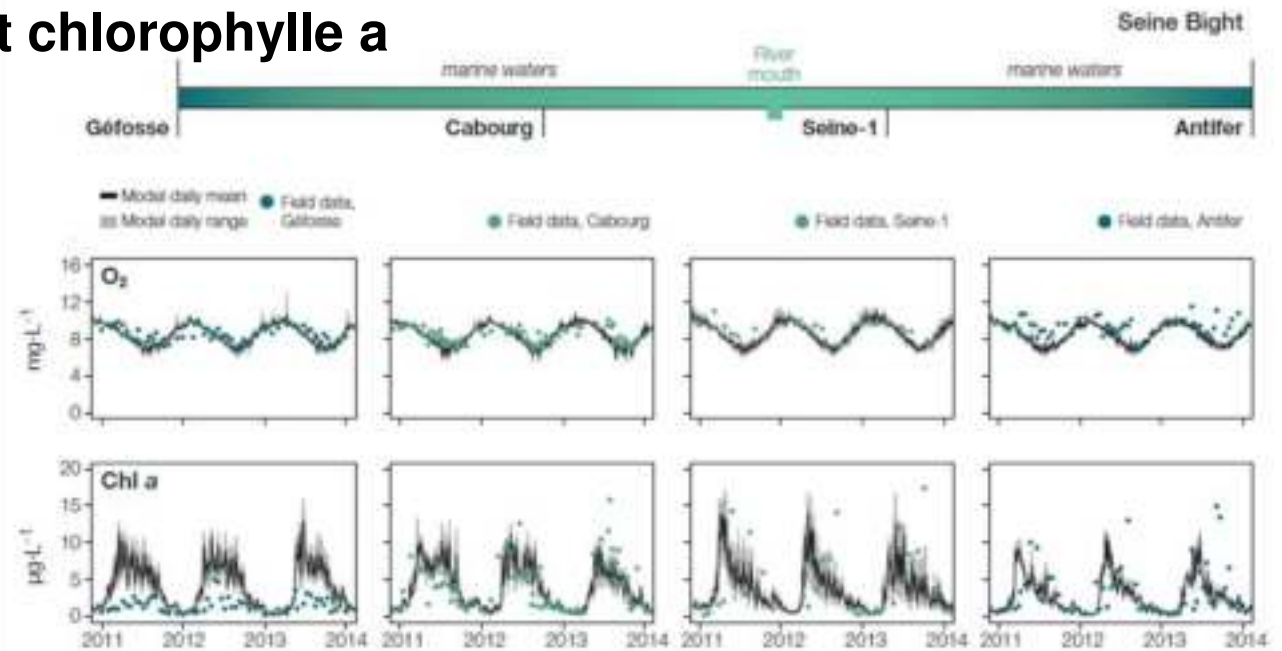
Romero et al., 2018, en révision LO

Salinity gradient

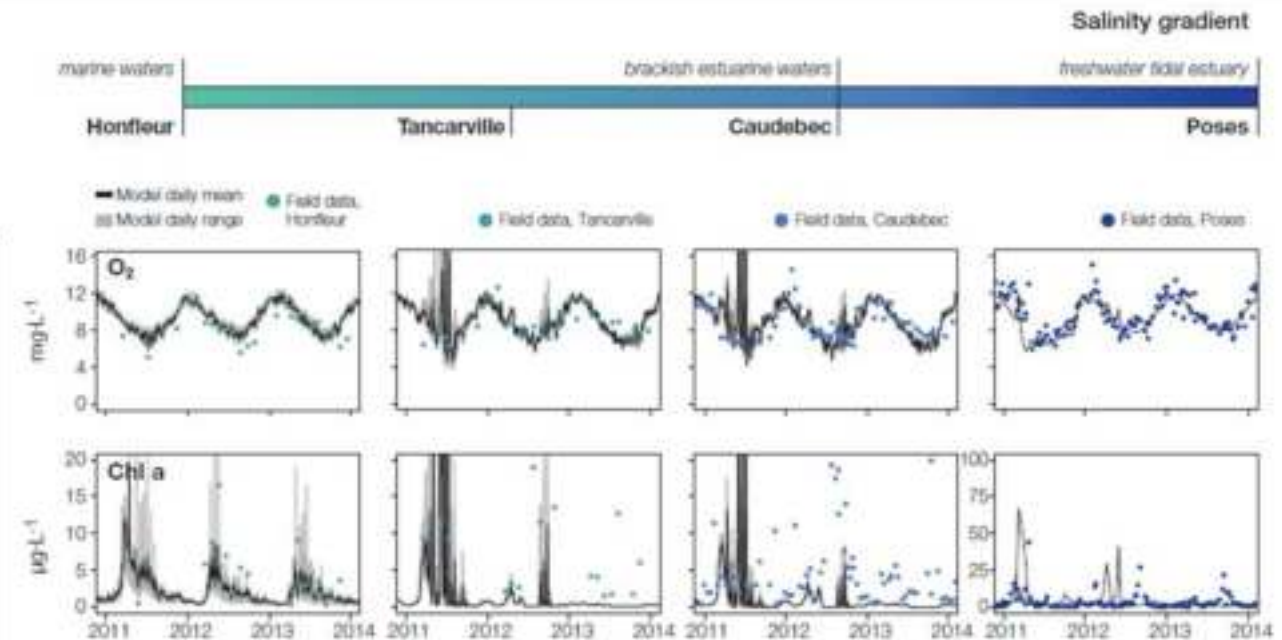


# Validations: oxygène et chlorophylle a

- $O_2$  : bonne adéquation
- Chl** : bon niveau, mais variabilité pas toujours reproduite



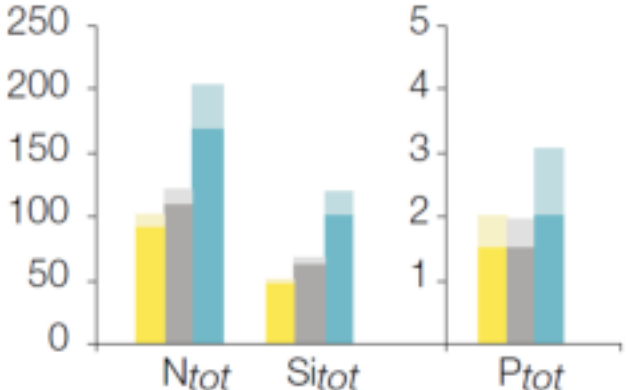
*Romero et al., 2018, en révision LO*



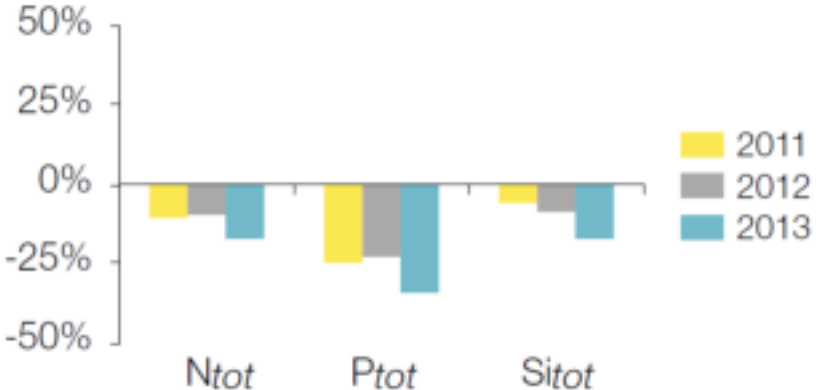
# L'effet filtre de l'estuaire: azote, phosphore et silice

☐ Poses – Le Havre

### Flux N, P, Si, kt yr<sup>-1</sup>



### Retention, %



IN    OUT  
■    ■ 2011  
■    ■ 2012  
■    ■ 2013

***NB: avec une rétention plus importante dans le secteur Poses-Caudebec***

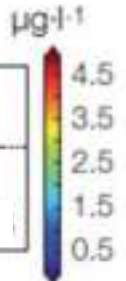
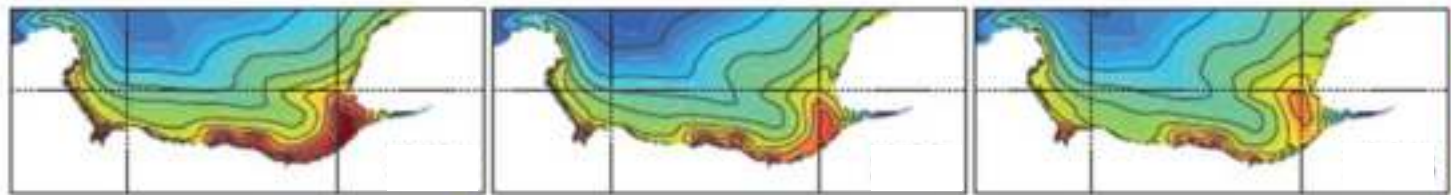
# Eutrophication à la zone côtière

2011

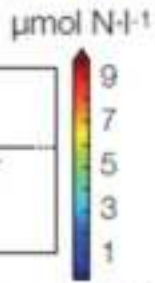
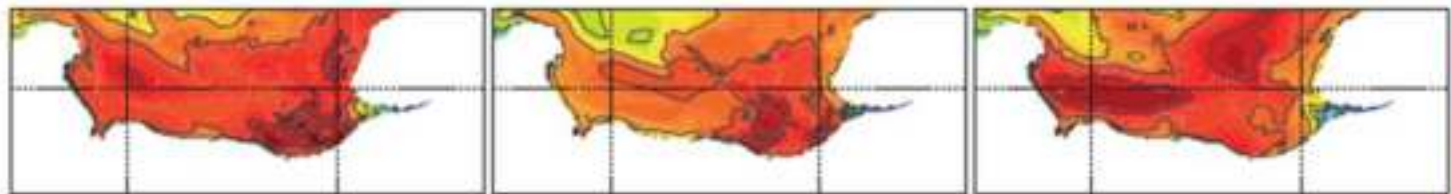
2012

2013

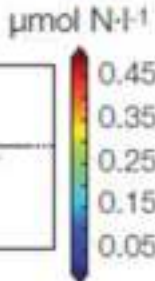
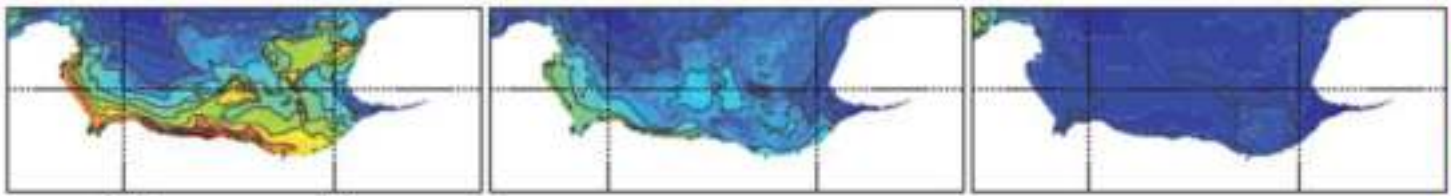
Chlorophyll (annual mean)



Diatoms (annual max)



Dinoflagellates (annual max)



49.5°N

1°W

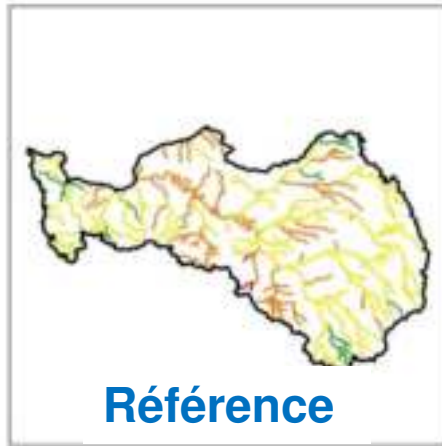
0°

# Scénarios et réponses à la zone côtière

## ☐ Qualité de l'eau dans le bassin

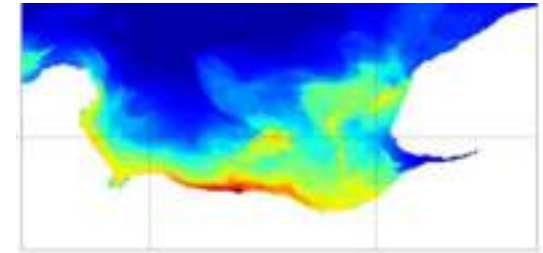
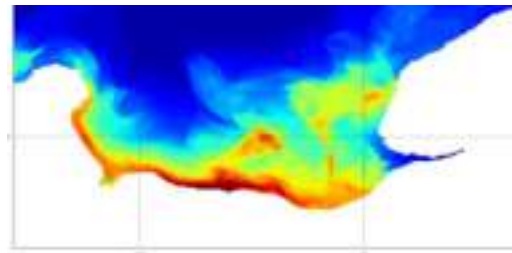
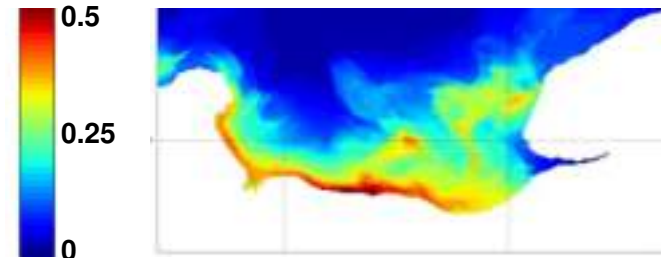
Qualité de l'eau en fonction de la concentration en nitrates (mgN/L)  
(Classification SEQ-Eau)

- très bonne (< 0,45)
- bonne (0,45 - 2,25)
- moyenne (2,25 - 5,65)
- mauvaise (5,65 - 11,3)
- très mauvaise (> 11,3)



## ☐ Réponse à la zone côtière

Max dinoflagellés,  $\mu\text{MN/l}$

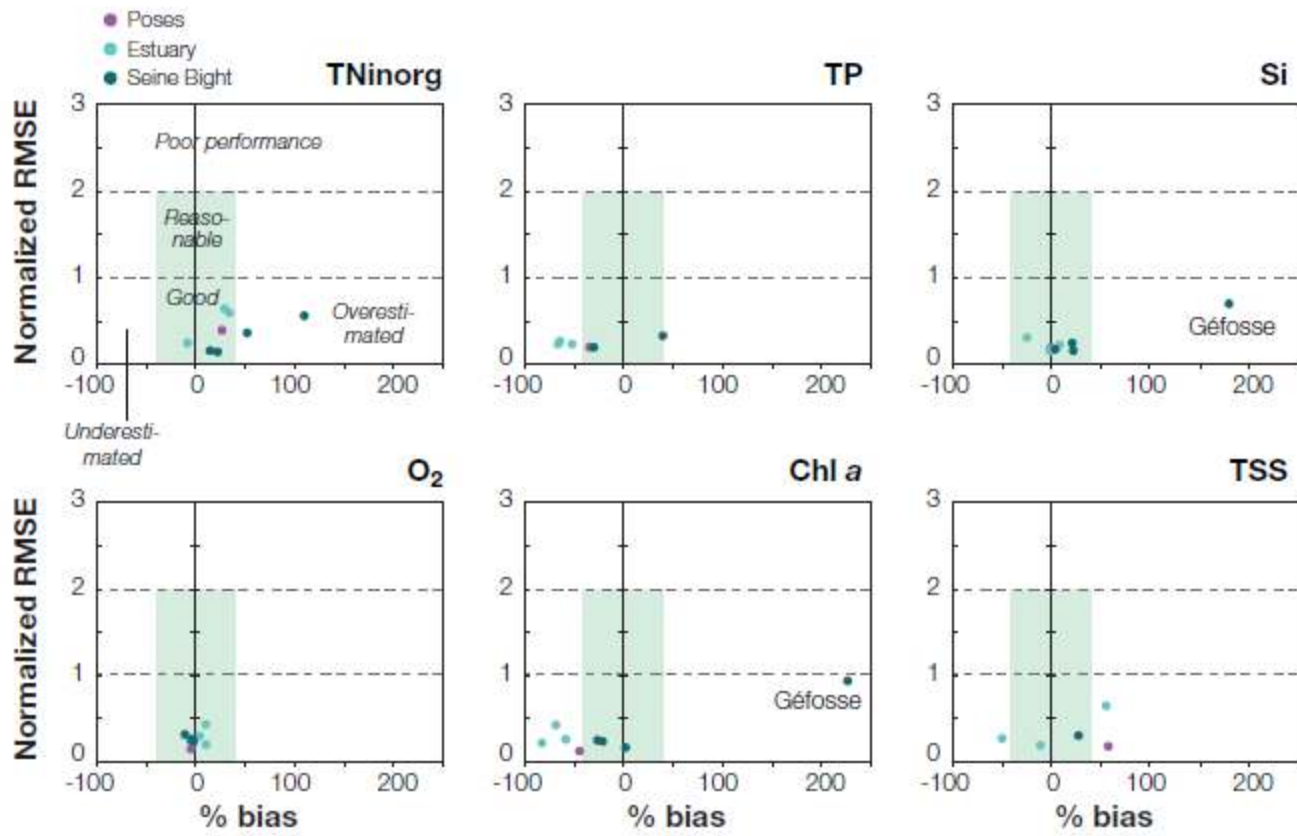


*En préparation  
Romero, Legendre et al.*

# Conclusions

- ❑ **Confirmation du rôle filtre limité de l'estuaire actuel**
- ❑ **Le questionnement subsiste sur son rôle passé sur celui qu'il pourrait jouer dans le cadre de mesures de restauration de grande ampleur**
- ❑ **Intérêt d'explorer des scénarios contrastés**
- ❑ **Nécessité d'une modélisation de l'évolution de la morphologie couplée à la biogéochimie**





where

$$\% \text{bias} = 100 \cdot \left[ \frac{\sum (\text{model} - \text{obs})}{\sum \text{obs}} \right]$$

$$\text{N-RMSE} = \sqrt{\left[ \frac{\text{mean}((\text{model} - \text{obs})^2)}{[\text{max}(\text{obs}) - \text{min}(\text{obs})]} \right]}$$