

# **Le continuum Homme-Terre-Mer :** Une vision intégrée du système eau-agro- alimentaire pour comprendre l'eutrophisation

**Josette GARNIER**

Directrice de recherche – CNRS – UMR METIS



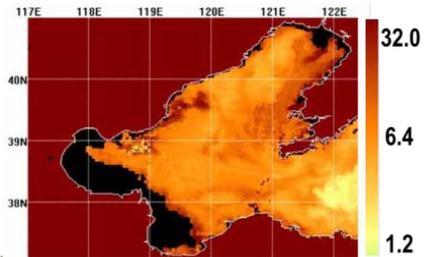
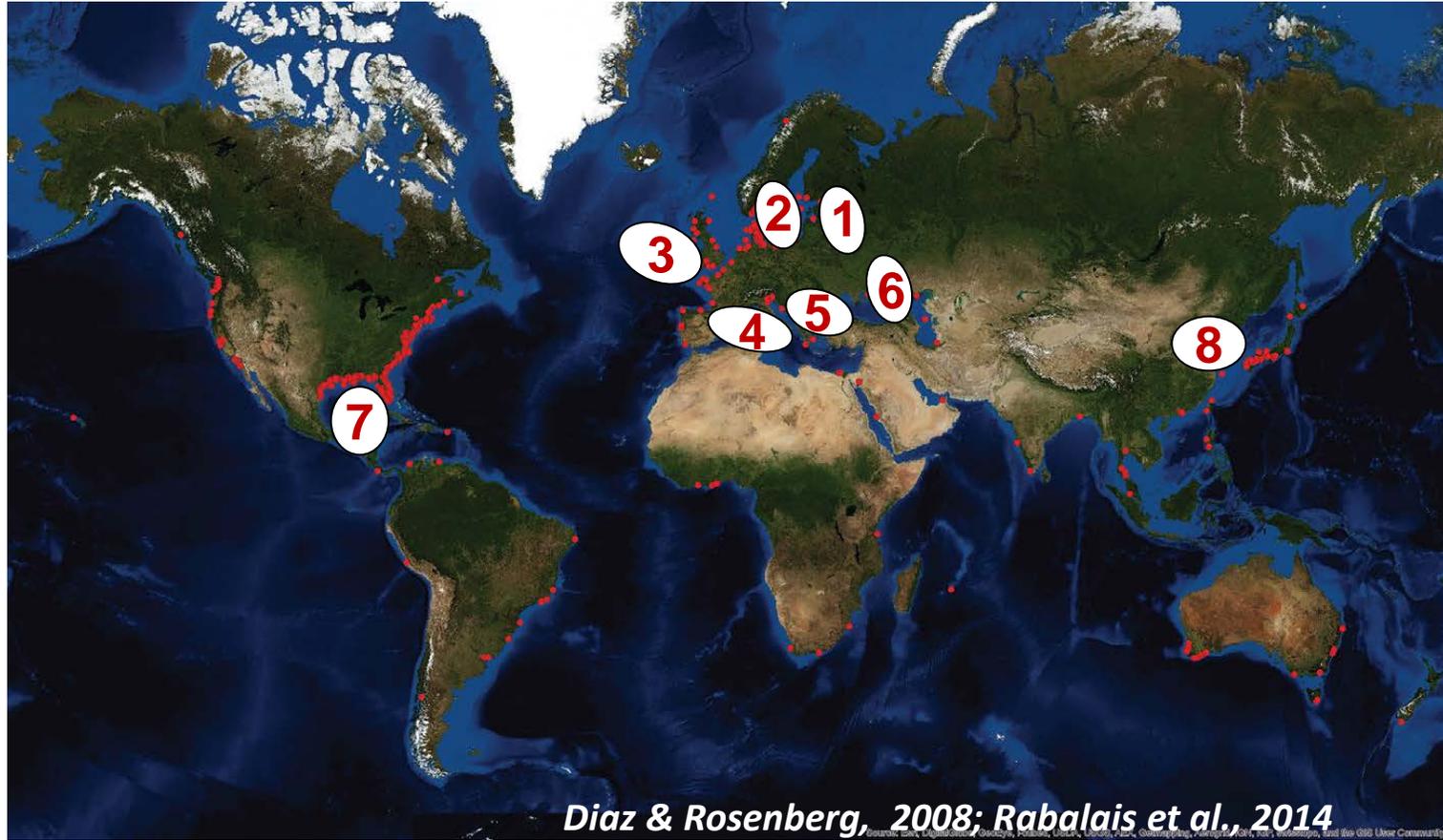
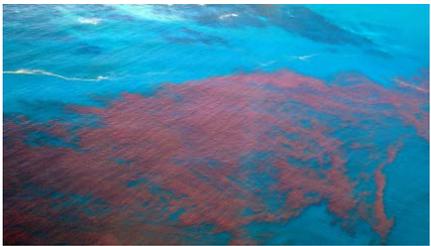
## En bref...

- **L'eutrophisation côtière, et sa modélisation prenant en compte les continuums aquatiques et l'activité humaine dans leur bassin**
- **Flux de N, P, Si et calcul d'indicateurs du potentiel d'eutrophisation côtière**
- **Un scénario pour réduire l'eutrophisation côtière**

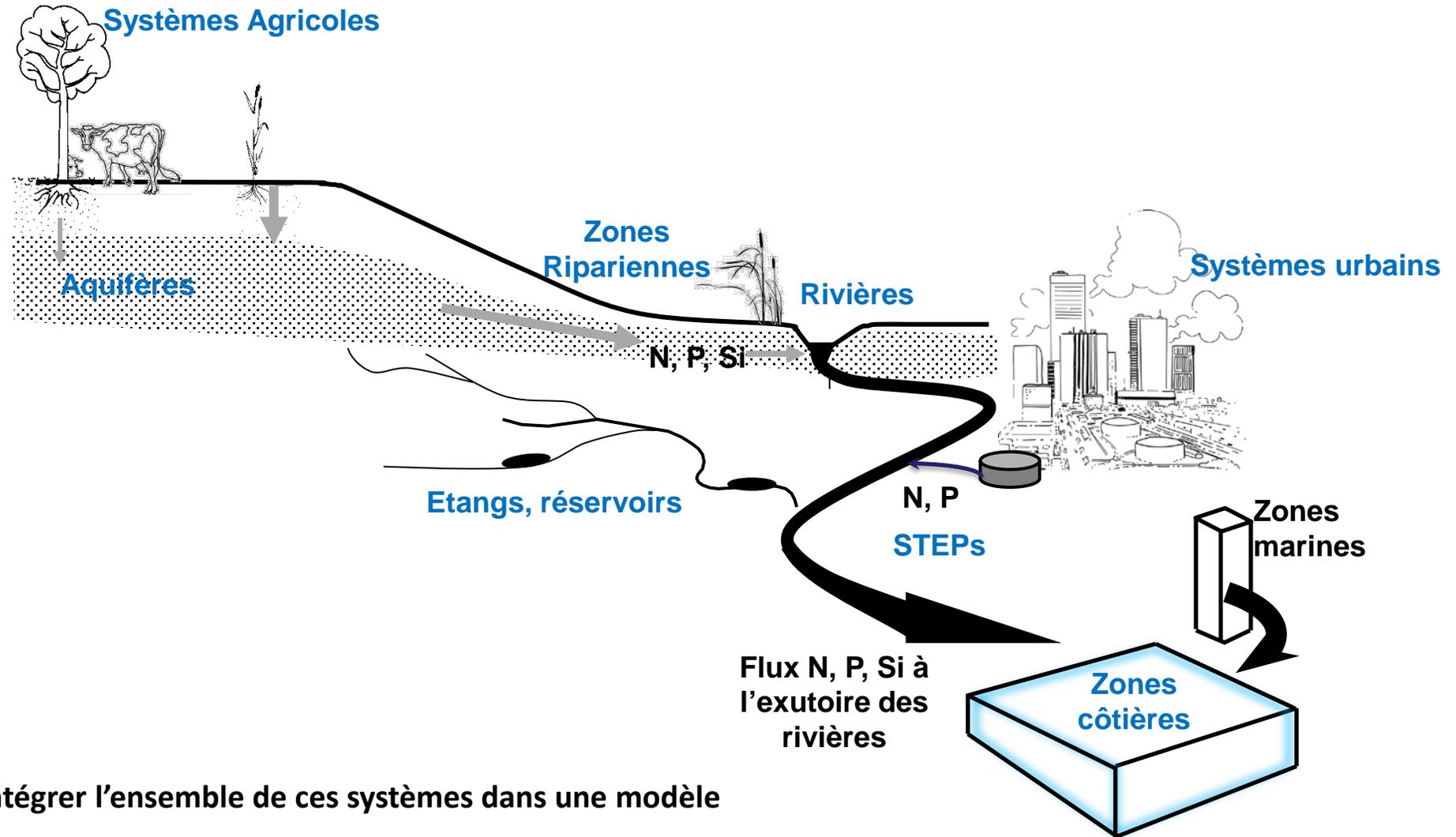
# La zone côtière est un réceptacle de la pollution générée dans le continuum Homme-Terre-Mer

Howarth et al. 2010

- une variété de symptômes de l'eutrophication

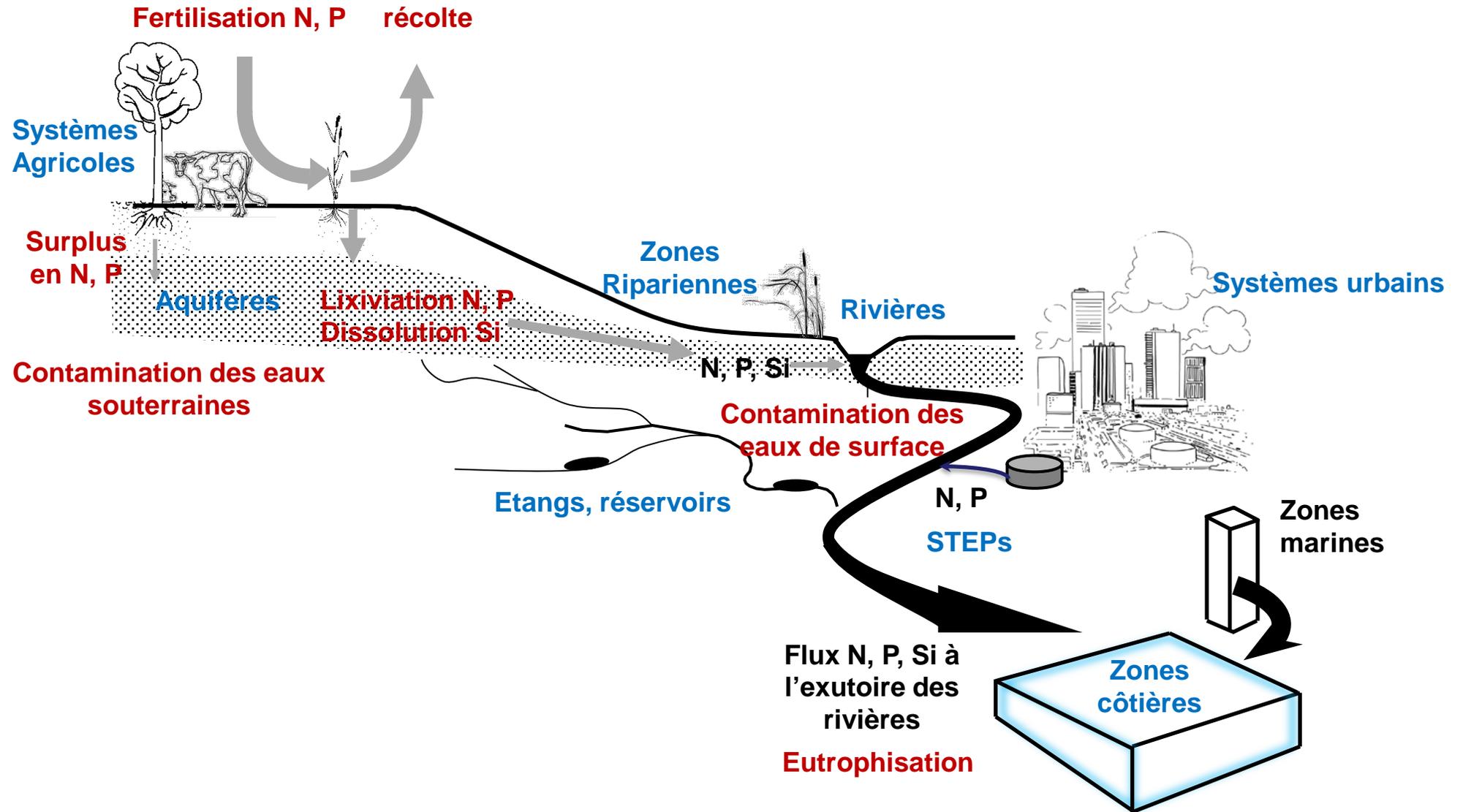


# Des têtes de bassins à la mer: une succession d'écosystèmes



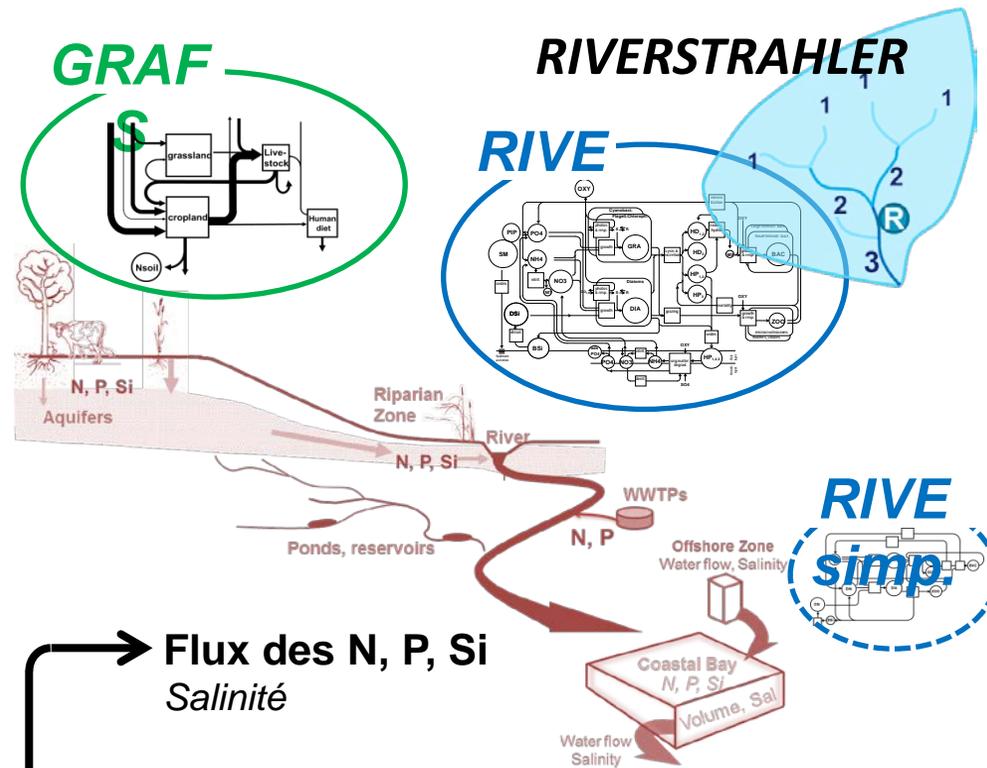
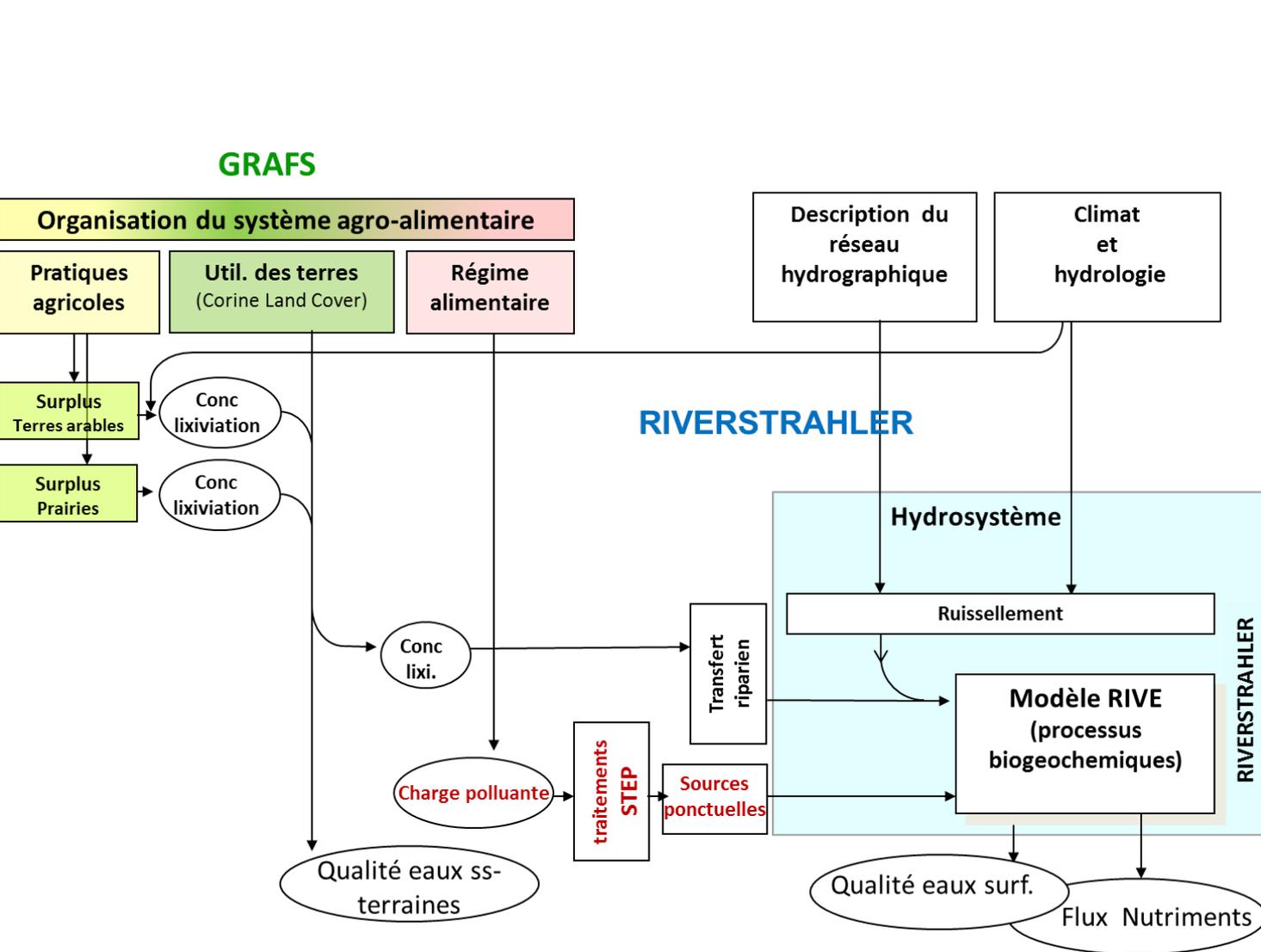
✓ D'où la nécessité d'intégrer l'ensemble de ces systèmes dans une modèle

# Une cascade de nutriments dans ce continuum Terre-Mer

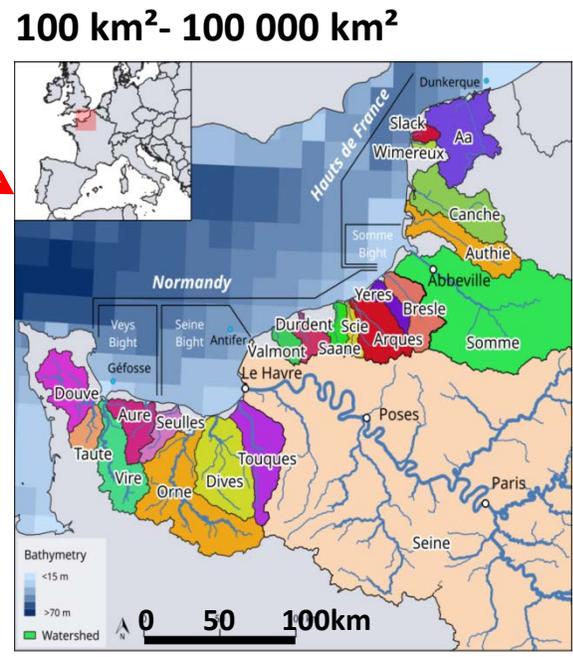
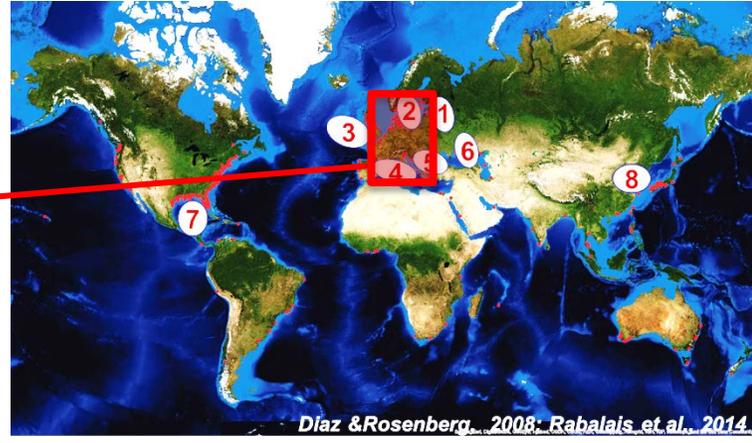
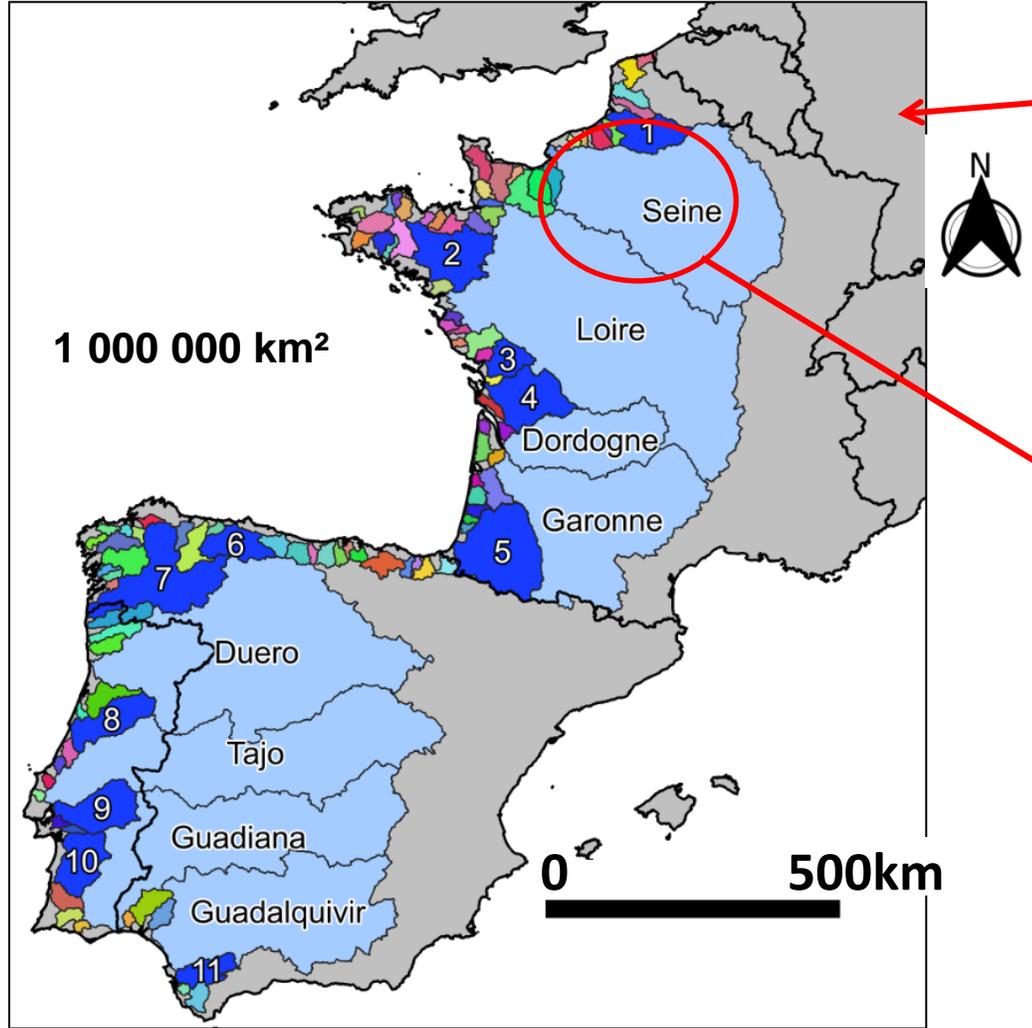


✓ D'où la nécessité d'intégrer l'ensemble de ces systèmes dans une modèle

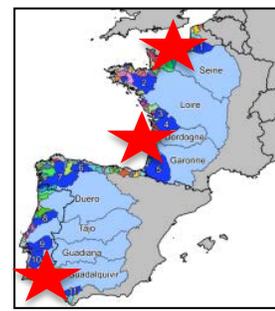
# Une chaine de modèles pour quantifier les transformations et les transferts des éléments



# Une approche à des échelles spatiales multiples



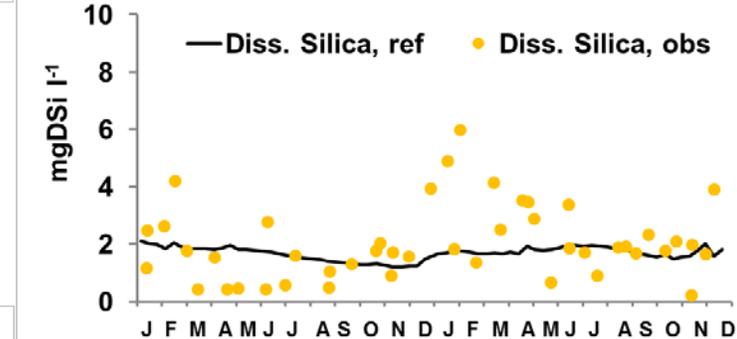
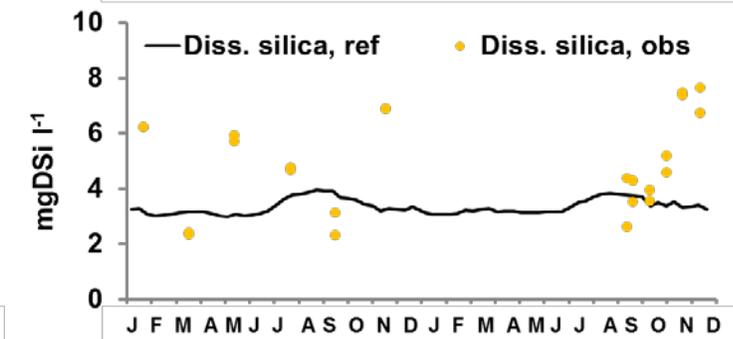
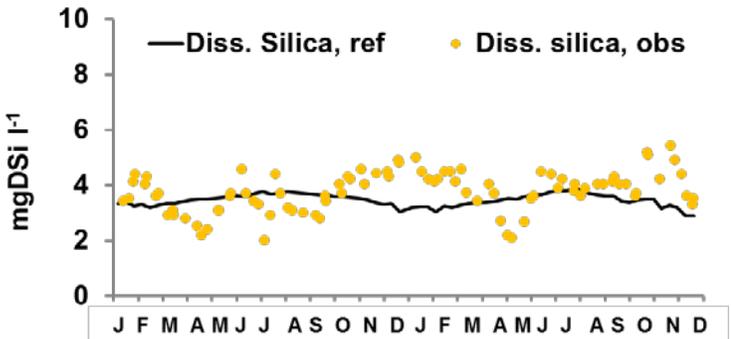
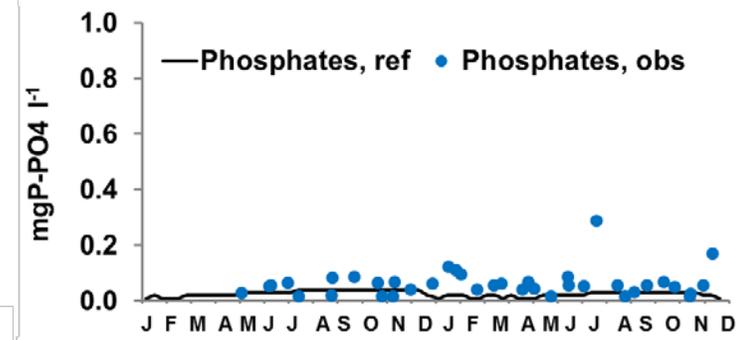
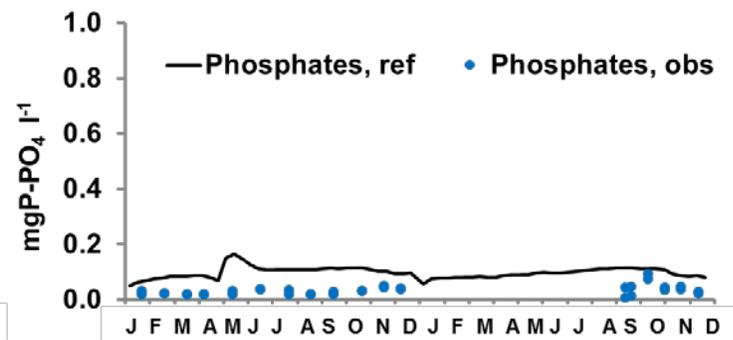
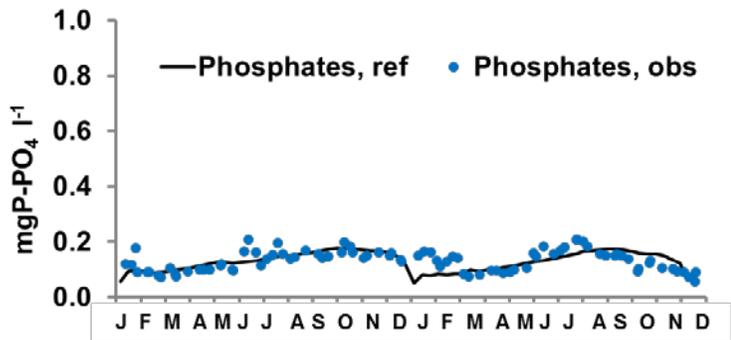
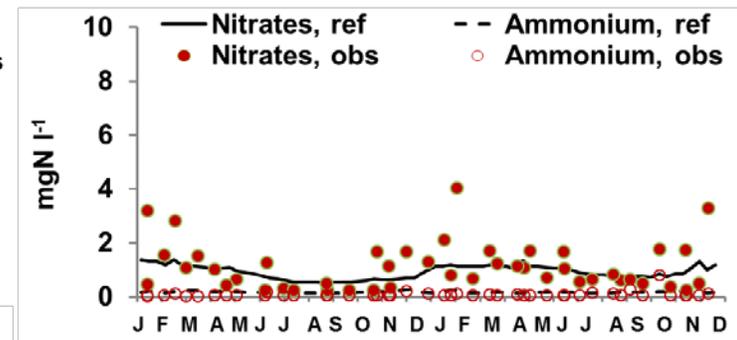
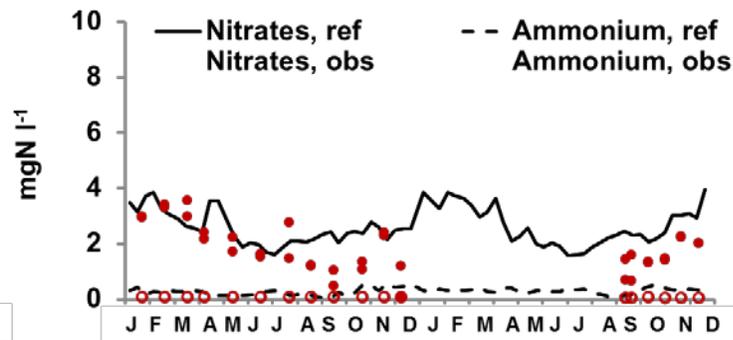
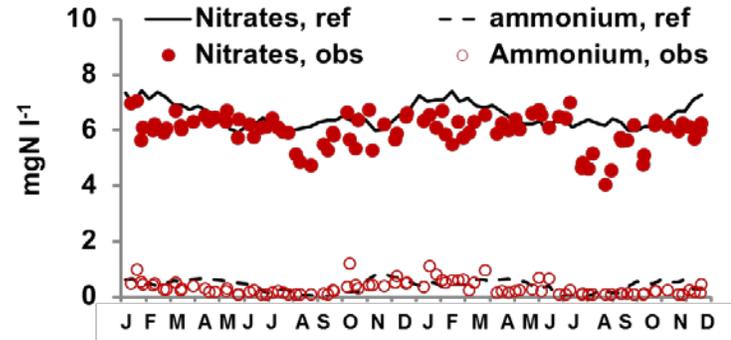
# Le modèle couplé GRAFS-RIVERSTRAHLER: validations



## Seine R.

## Garonne R.

## Guadiana R.

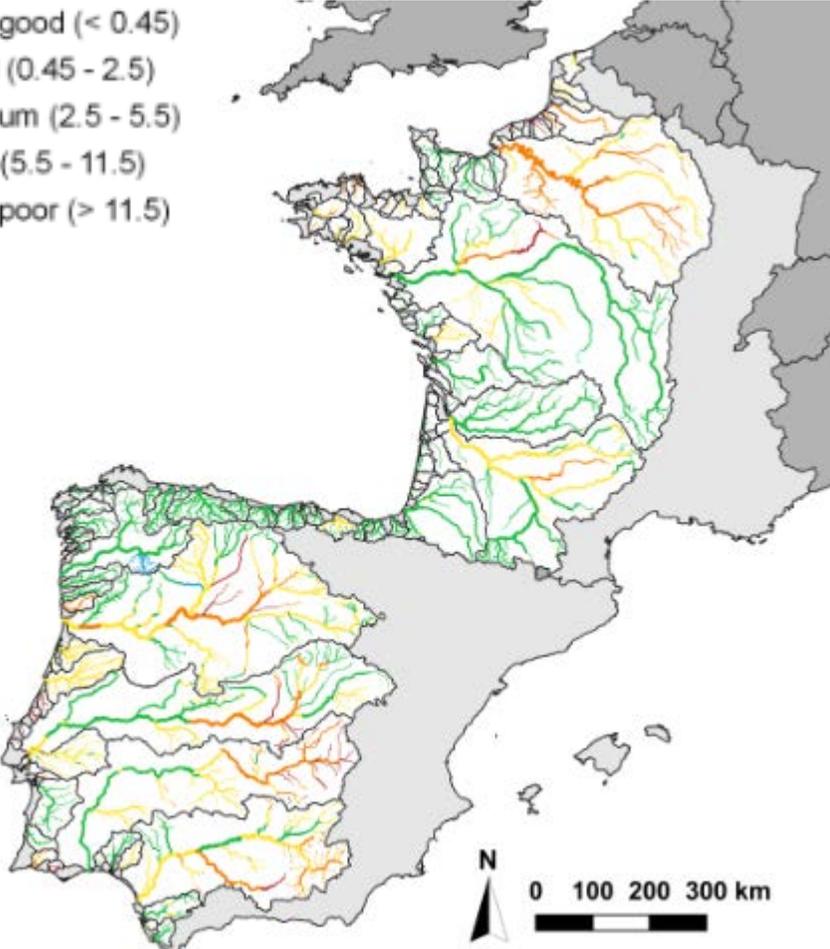


# Qualité des eaux de surface

*en moyenne annuelle*

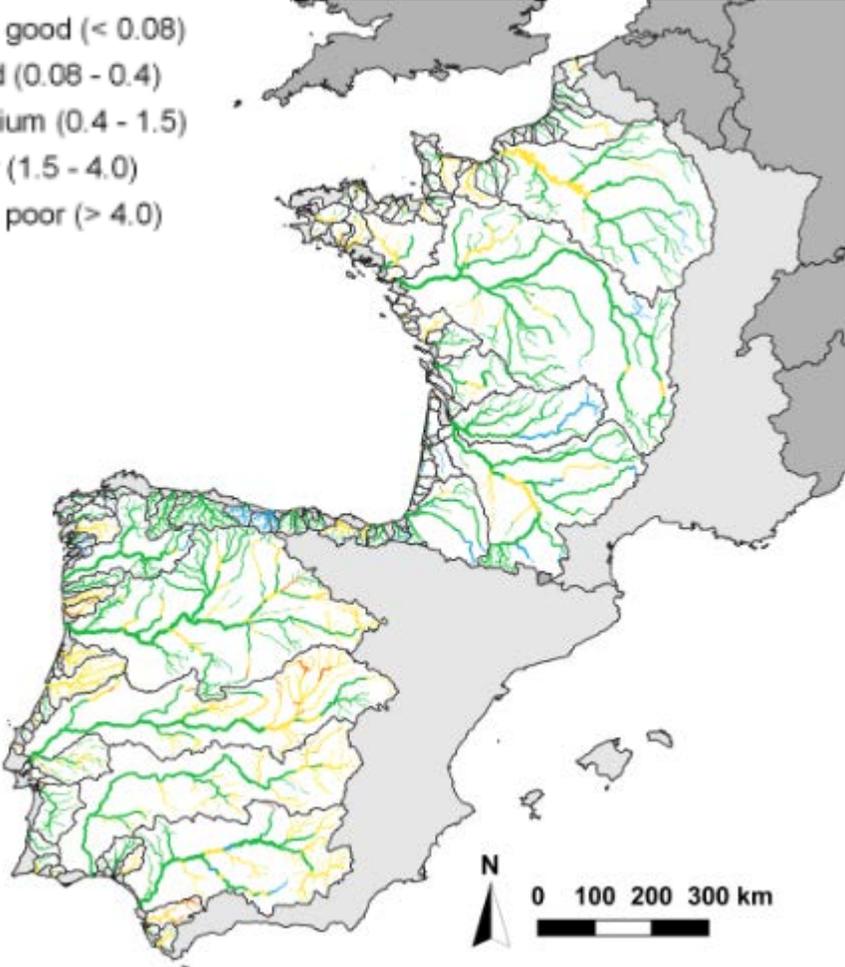
**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, mgN L<sup>-1</sup>**

- very good (< 0.45)
- good (0.45 - 2.5)
- medium (2.5 - 5.5)
- poor (5.5 - 11.5)
- very poor (> 11.5)



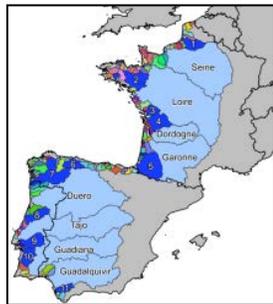
**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, mgN L<sup>-1</sup>**

- very good (< 0.08)
- good (0.08 - 0.4)
- medium (0.4 - 1.5)
- poor (1.5 - 4.0)
- very poor (> 4.0)



# ICEP, un indicateur d'eutrophisation

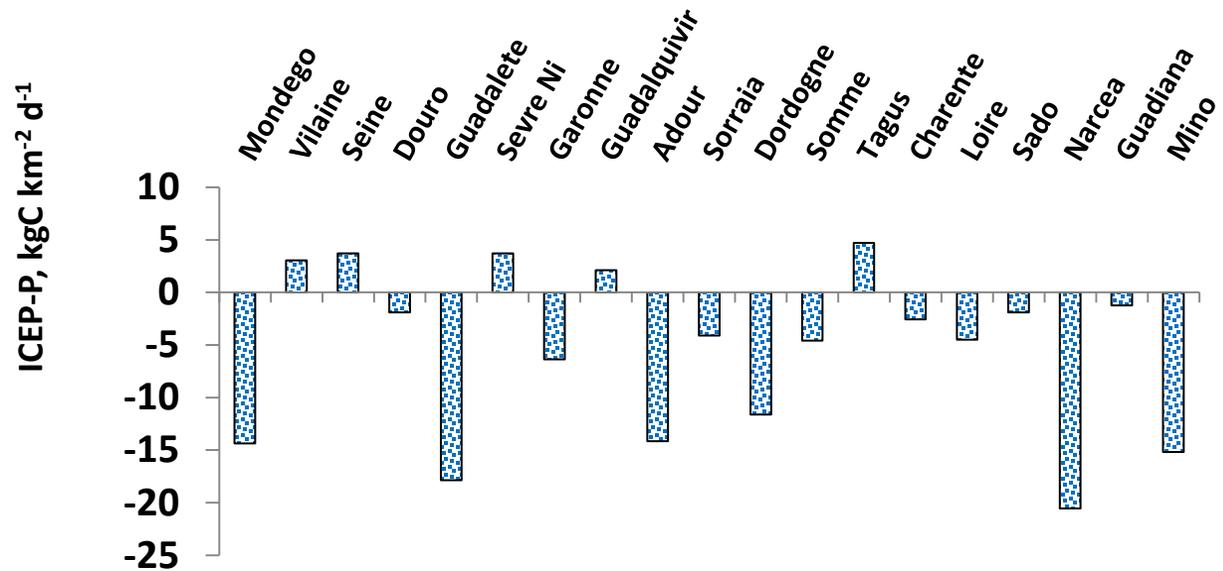
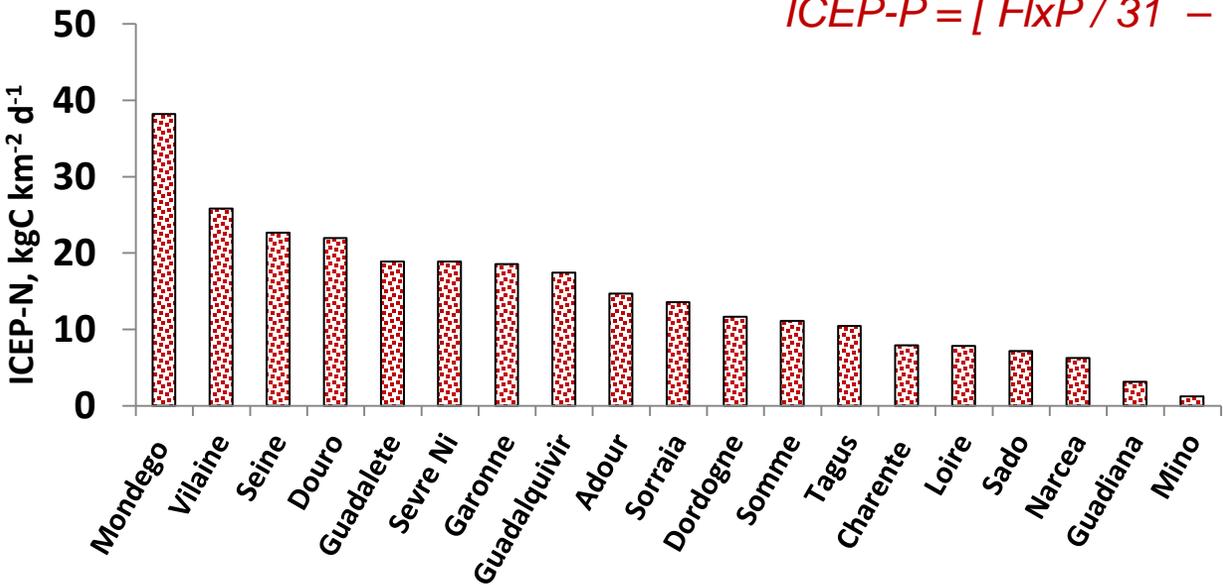
Billen & Garnier, 2007, *Marine Sci.*  
Garnier et al., 2010, *GBC*



- A l'exutoire des continuums aquatiques
- Basé sur les flux journaliers des nutriments N, P, Si (en moyenne annuelle ou saisonnièrement)
- Exprimé en flux de carbone équivalent de N ou P en excès par rapport à Si.
- Besoin en nutriment pour la croissance des diatomées :  $C:N:P:Si = 106:16:1:16$  (Redfield et al., 1963)

$$ICEP-N = [FlxN / 14) - FlxSi / 28) * N/Si] * C/N * 12]$$

$$ICEP-P = [FlxP / 31 - FlxSi / 28 * P/Si ] * C/P * 12]$$

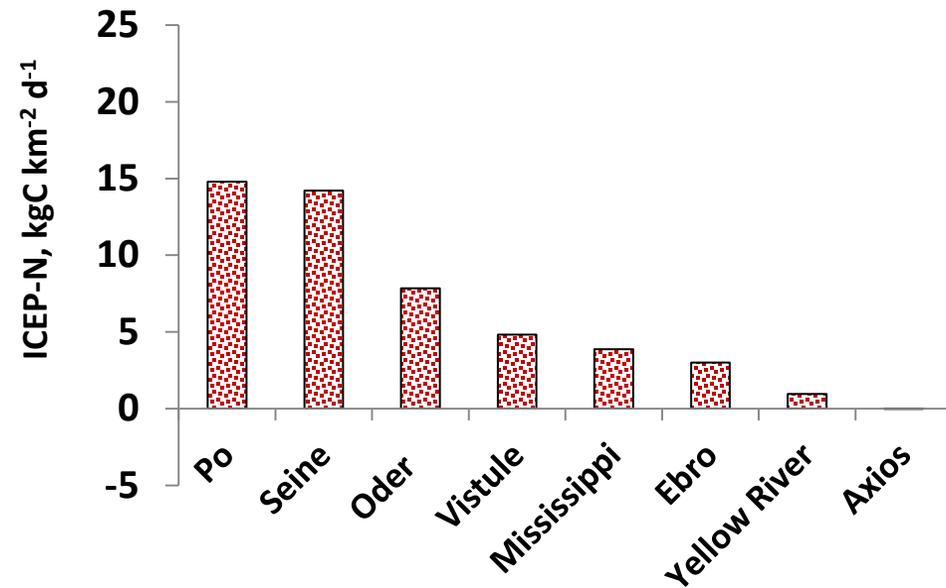


Fév. 2019: ICEP fait partie des indicateurs officiels de l'IOC-UNESCO (SDG 14)

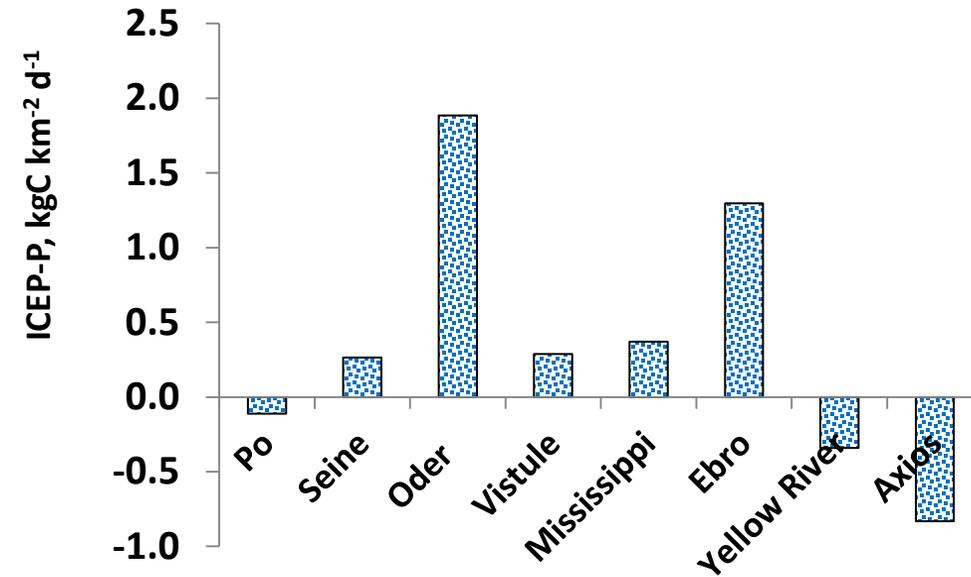
# ICEP, un indicateur d'eutrophisation



- ICEP-N, surtout positif



- ICEP-P, comparativement bas, mais toutefois positif



# Un indicateur B\_ICEP pour prendre en compte les caractéristiques de la zone côtière



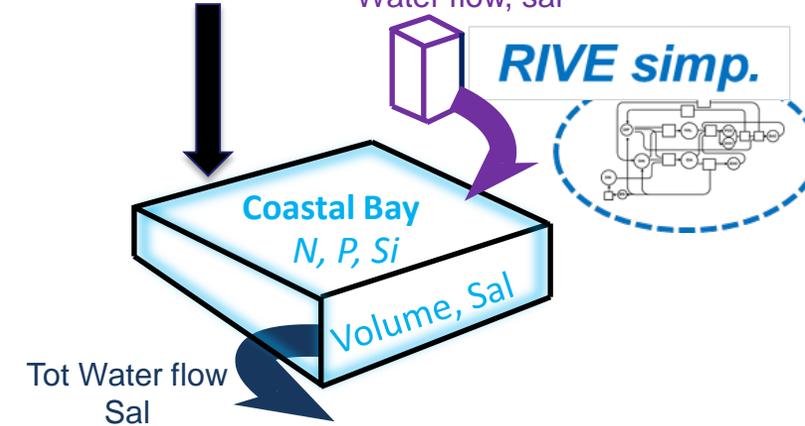
$$B\_ICEP = (ICEP * Wa) / (Vol * totWf)$$

Watershed area,  $Wa$

$N, P, Si,$   
Water fluxes  
 $ICEP$

Offshore Zone  
Water flow, sal

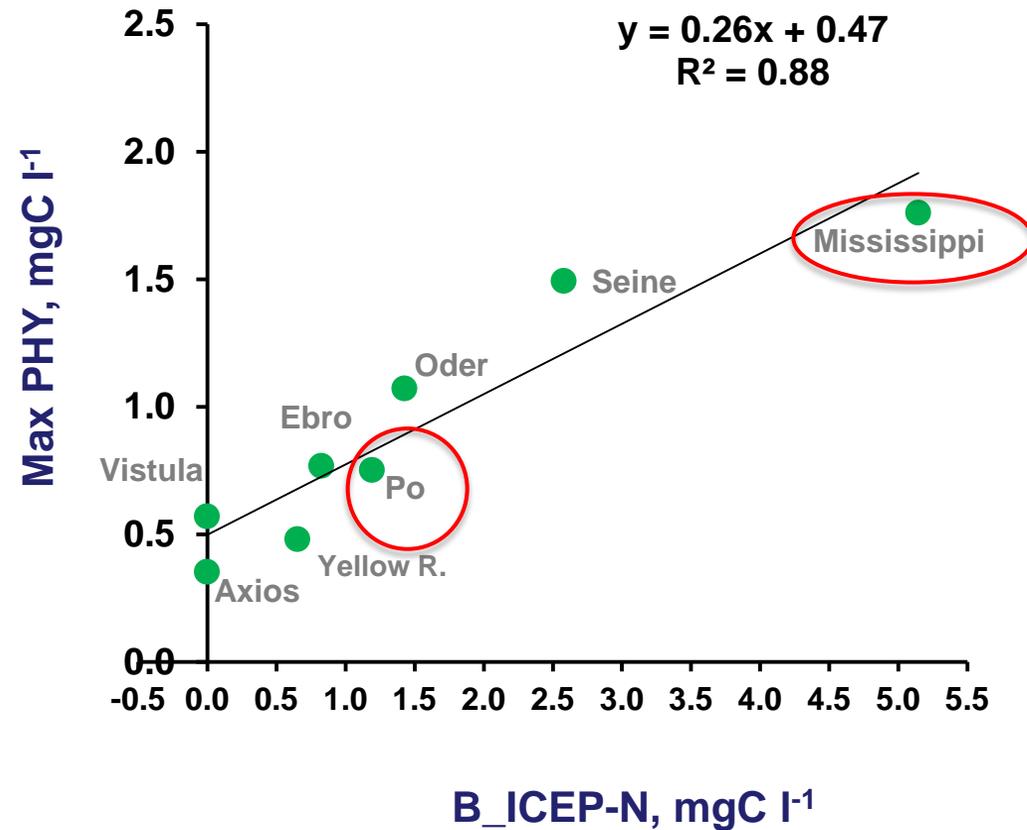
*RIVE simp.*



Garnier et al., 2021, ERL

# Un indicateur B\_ICEP pour prendre en compte les caractéristiques de la zone côtière

## B\_ICEP



✓ Mississippi River : B\_ICEP élevé  
valeur intermédiaire de ICEP

✓ Po River : valeur intermédiaire de B\_ICEP,  
ICEP élevé

➔ Un effet de dilution à la zone côtière peut réduire les risques d'eutrophication, d'où la pertinence de mise en place de mesures différenciées régionalement

# Un scénario agroécologique pour réduire l'eutrophisation

✓ **Prise en compte des réglementations des eaux usées domestiques**

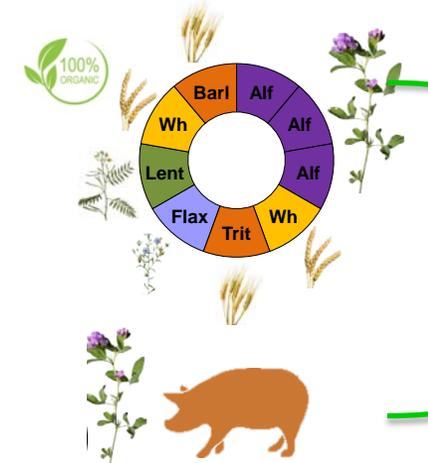
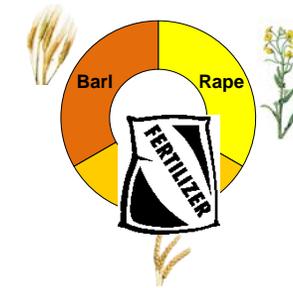
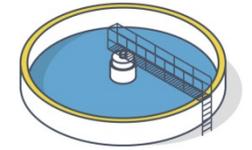
✓ **Changement structurel profond du système agro-alimentaire**

- Généralisation de l'agriculture biologique avec des rotations longues et diversifiées
- Reconnexion de la grande culture et de l'élevage
- Relocalisation de la consommation de nourriture (animaux et humains)
- Réduction des produits animaux dans notre consommation (= régime demitarien ou régime équitable )

Référence

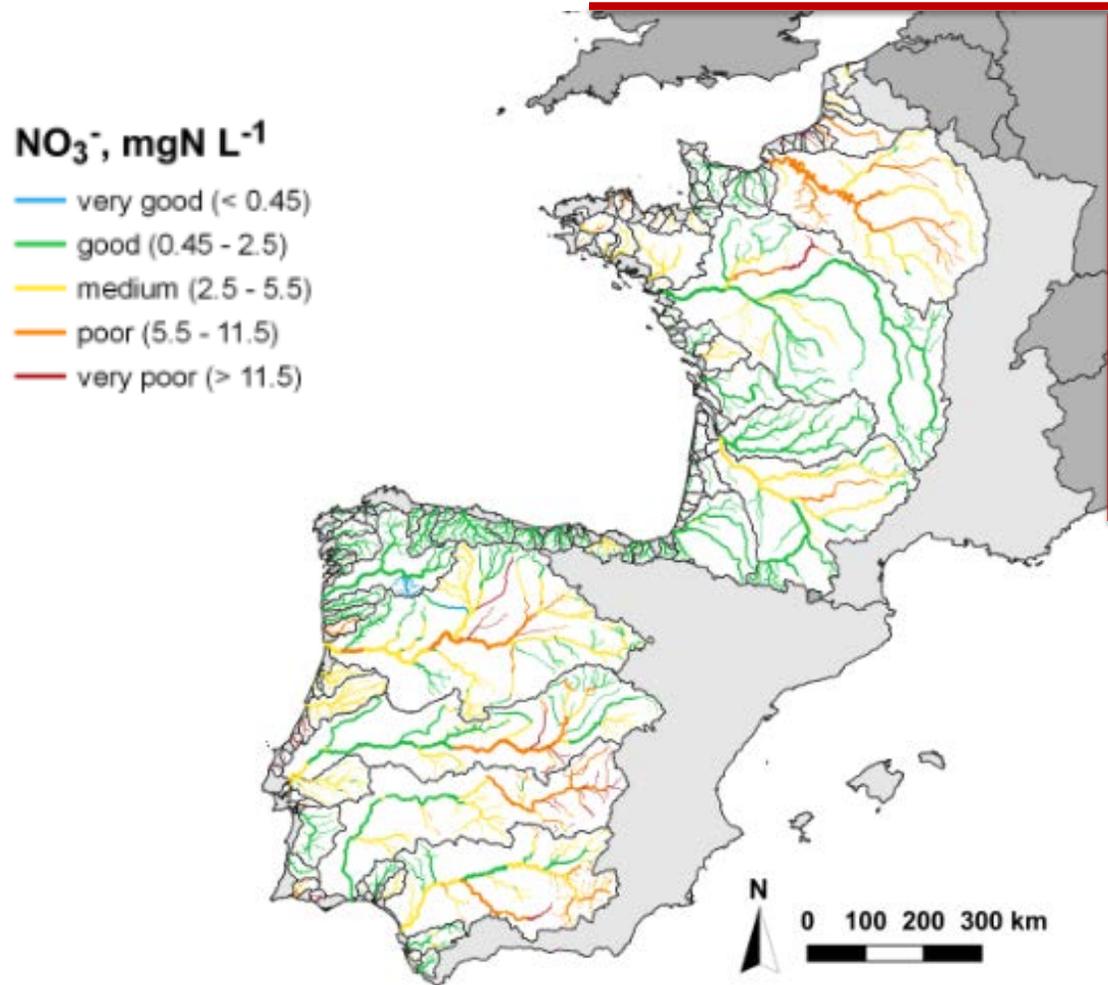


Scénario

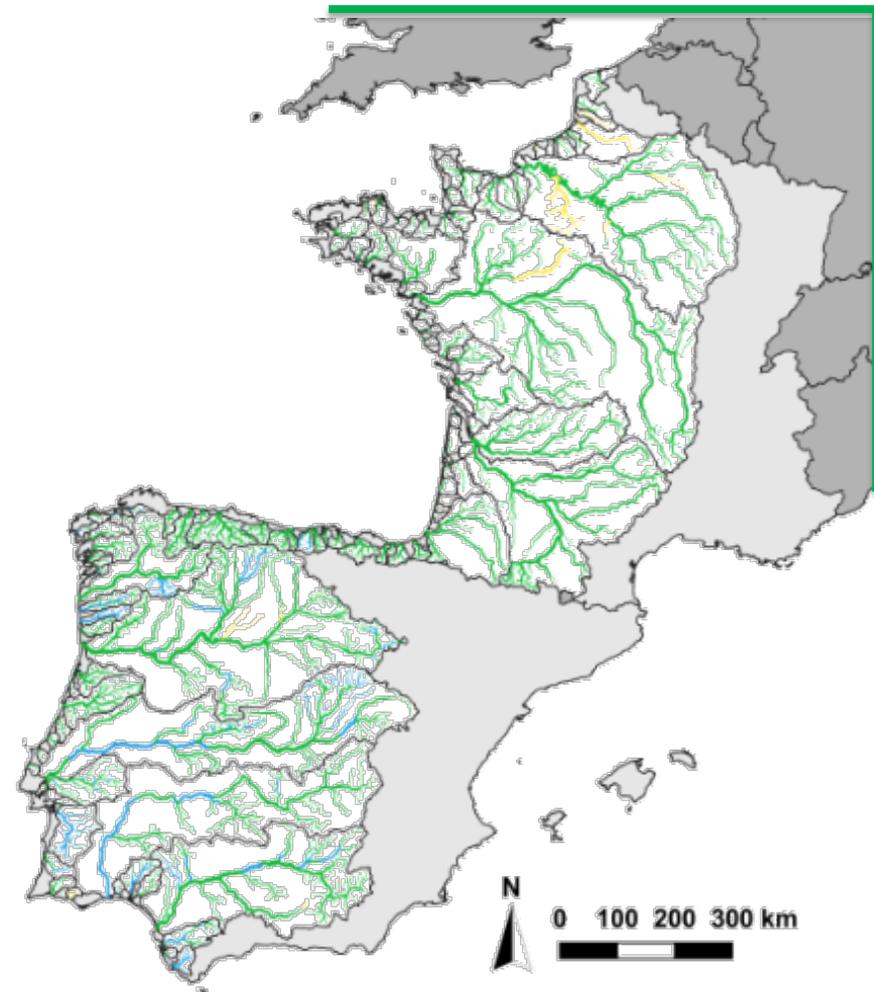


# Résultats du scénario : une amélioration de la contamination en nitrate

## ■ Situation de référence

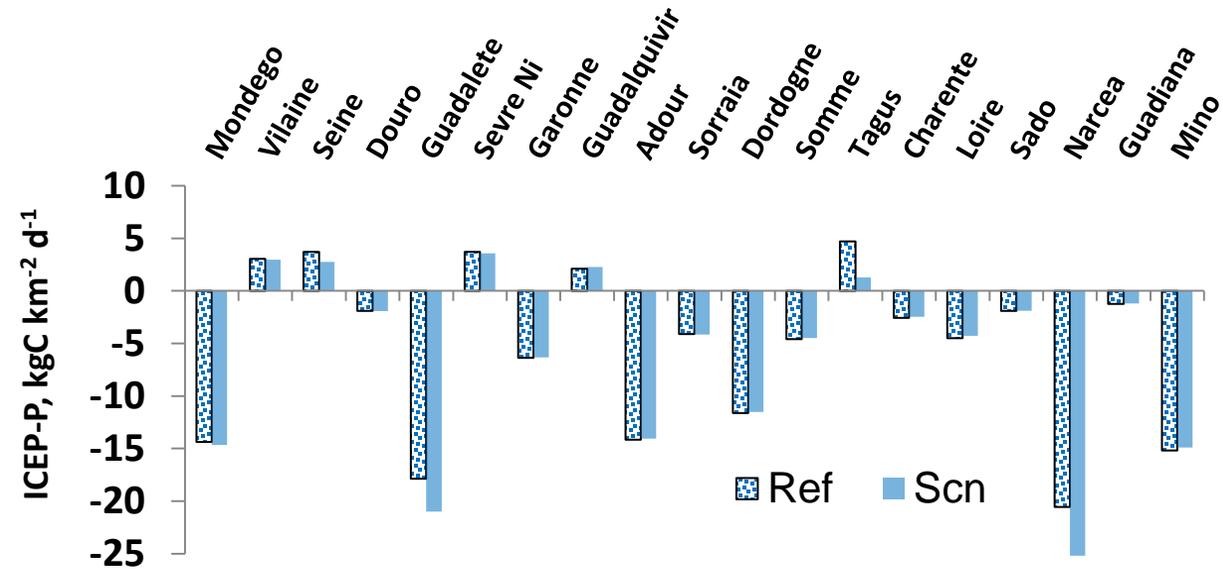
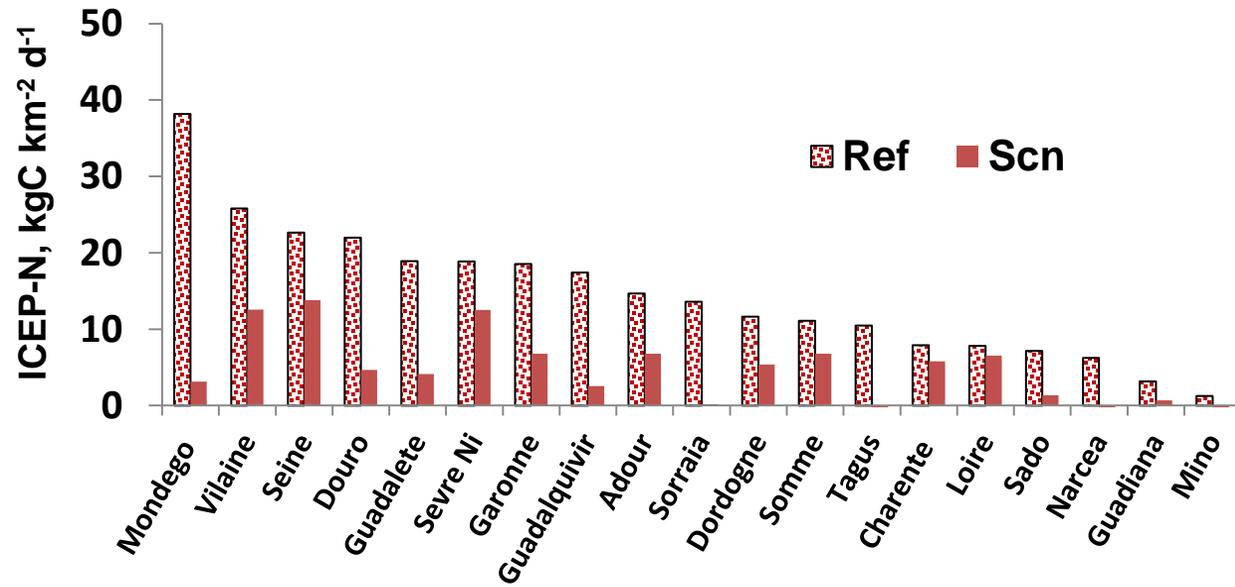
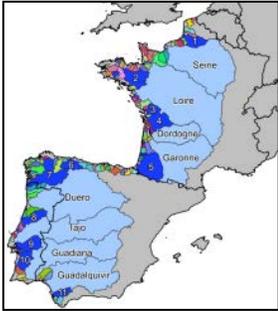


## ■ Scénario agroécologique



# Amélioration de l'eutrophisation

## ICEP pour la situation de référence (*Ref*) et le scénario (*Scn*)



# Conclusions

- Une nécessité de prendre en compte l'ensemble du système eau-agroalimentaire (c'est-à-dire le continuum terre-mer) pour comprendre l'eutrophisation de sa zone côtière.
- La modélisation de l'ensemble du continuum permet de calculer les flux de nutriments et leurs déséquilibres.
- L'ICEP est un bon indicateur du risque d'eutrophisation lorsqu'on ne considère que les apports fluviaux. B\_ICEP prend en compte les caractéristiques de la zone côtière réceptrice.
- Un scénario de changements profonds dans les systèmes agricoles réduit le risque d'eutrophisation sans l'éliminer, ce qui signifie que des efforts importants sont nécessaires, en plus de la réglementation actuelle, pour :
  - la production de denrées alimentaires et d'aliments pour animaux
  - les changements dans nos habitudes de consommation

# Merci pour votre attention !

Contacts : [josette.garnier@upmc.fr](mailto:josette.garnier@upmc.fr)

Travaux effectués dans la cadre du PIREN-Seine, du GIP-Seine Aval, du projet EMOSEM-SeasERA, JRC, ...



avec les collaborations de:

Gilles Billen, DR CNRS  
Vincent Thieu, MdC, SU  
Marie Silvestre, IR CNRS  
etc.

# Références

- Billen, G., Garnier, J. (2007). River basin nutrient delivery to the coastal sea: assessing its potential to sustain new production of non siliceous algae. *Mar. Chem*, 106: 148-160. doi: 10.1016/j.marchem.2006.12.017
- Billen G., Lassaletta L., Garnier J. (2014). A biogeochemical view of the global agro-food system: Nitrogen flows associated with protein production, consumption and trade. *Global Food Security*, 3-4: 209–219.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.gfs.2014.08.003>.
- Billen G., Le Noë J., Garnier J. (2018). Two contrasted future scenarios for the French agro-food system. *Science of the Total Environment*, 637–638: 695–705.
- Desmit X., Thieu V., Billen G., Campuzano F., Dulière V., Garnier J., Lassaletta L., Ménesguen A., Neves R., Pinto L., Silvestre M., Sobrinho J.L., Lacroix G. (2018). Reducing marine eutrophication may require a paradigmatic change. *Science of the Total Environment*, 635: 1444–1466.
- Garnier J., Beusen A., Thieu V., Billen G., Bouwman L. (2010). N:P:Si nutrient export ratios and ecological consequences in coastal seas evaluated by the ICEP approach. Special issue “Past and Future Trends in Nutrient Export from Global Watersheds and Impacts on Water Quality and Eutrophication”, *Global Biogeochem. Cycles*, 24, GB0A05, doi:10.1029/2009GB003583.
- Garnier J, Billen G., Legendre R., Riou Ph., Cugier Ph., Schapira M., Théry S., Thieu V., Menesguen A. (2019). Managing the Agri-Food System of Watersheds to Combat Coastal Eutrophication: A Land-to-Sea Modelling Approach to the French Coastal English Channel. *Geosciences* 2019, 9, 441.
- Garnier J., Billen G., Lassaletta L., Vigiak O., Nikolaidis N.P., Grizzetti B. (2021). Hydromorphology of coastal zone and structure of watershed agro-food system are main determinants of coastal eutrophication. *Environ. Res. Lett.* 16, 023005.  
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/abc77>.