

Colloque 2022 du PIREN-Seine – 6 & 7 octobre

# Fonctionnement biogéochimique des réservoirs de Champagne

## Observations et modélisation

*Xingcheng Yan, Josette Garnier, Gilles Billen, Shuaitao Wang,  
Benjamin Mercier, Anun Martinez, Romane Nespoulet, Vincent Thieu*

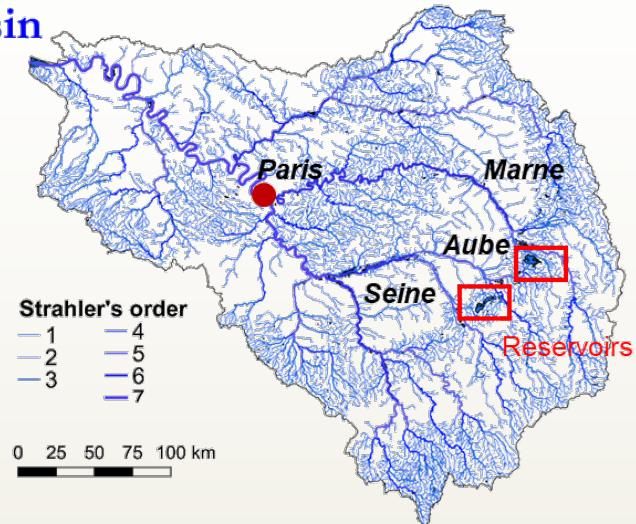
# Contenu de l'exposé

- Rappels de résultats (2020 et 2021)
  - Rétention des nutriments
  - Emission des gaz à effet de serre
- Modélisation Barman, inclut nouvellement la dynamique du CO<sub>2</sub> (2022)
  - Implémentation du modèle
  - Simulations/validations
  - Quelques explorations
- Conclusions et perspectives (2023)

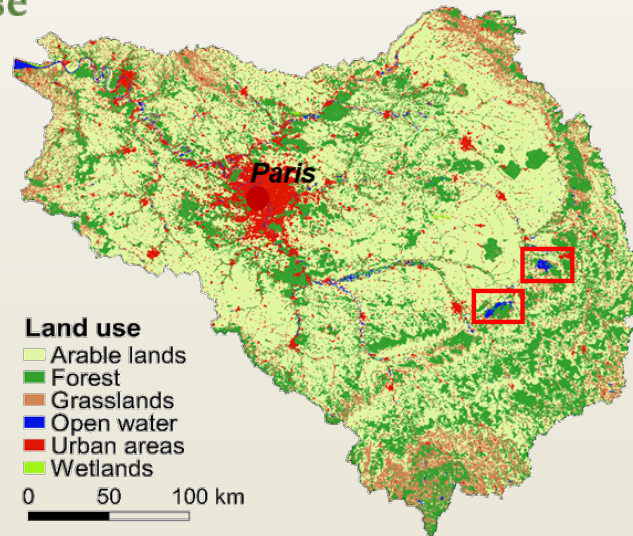


# Les trois réservoirs de Champagne

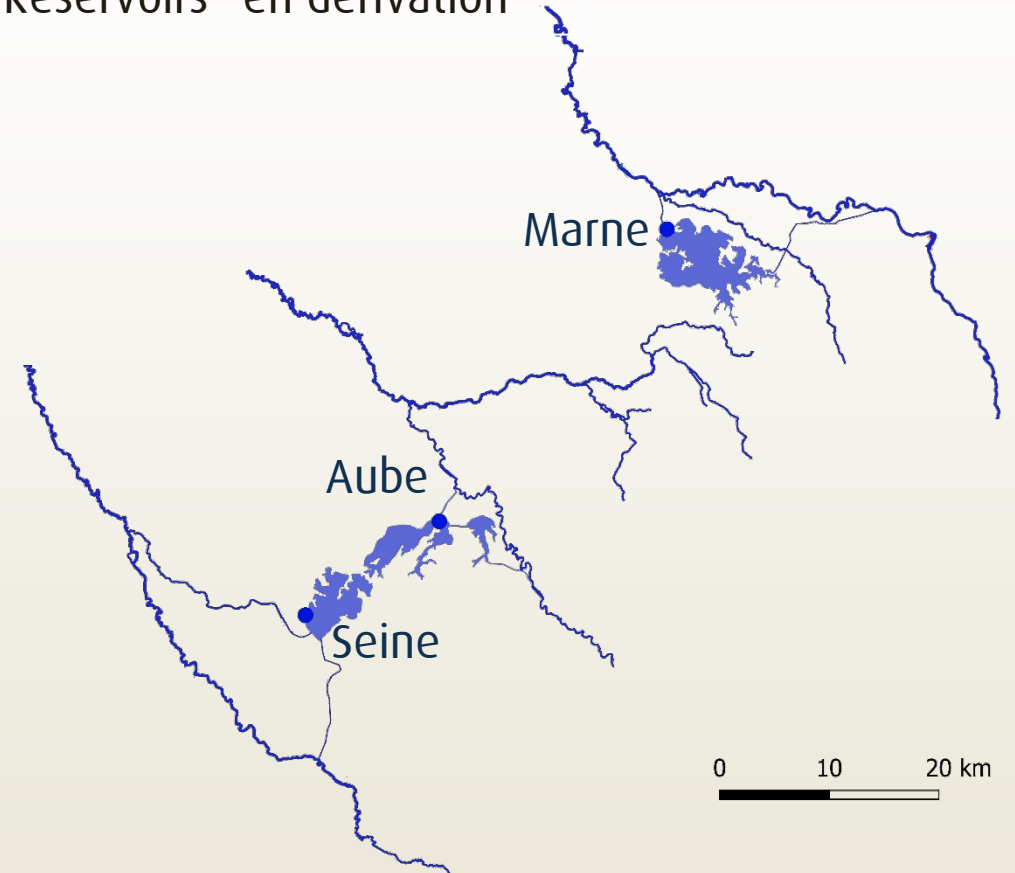
Seine Basin



Land use

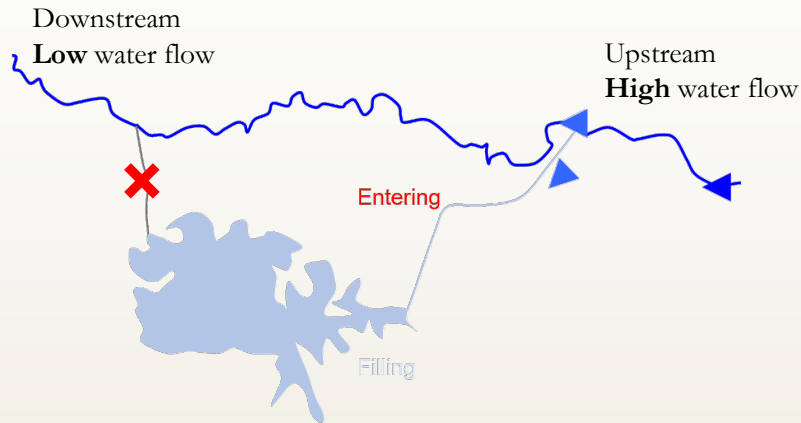


Réservoirs "en dérivation"

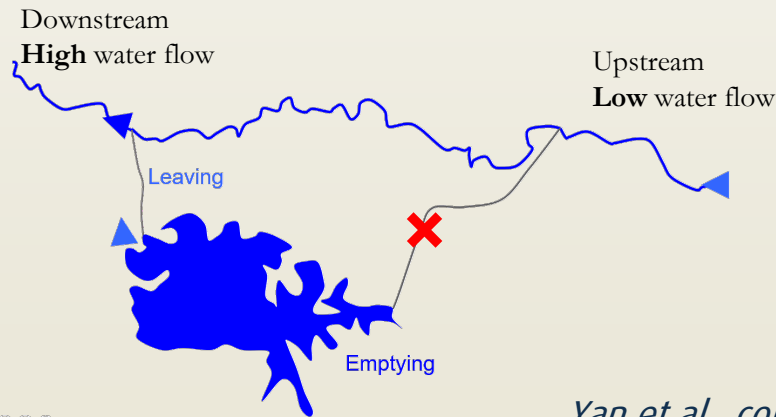


# L'hydrologie des réservoirs: rappel

## 1. Période de remplissage (Déc-Jun)

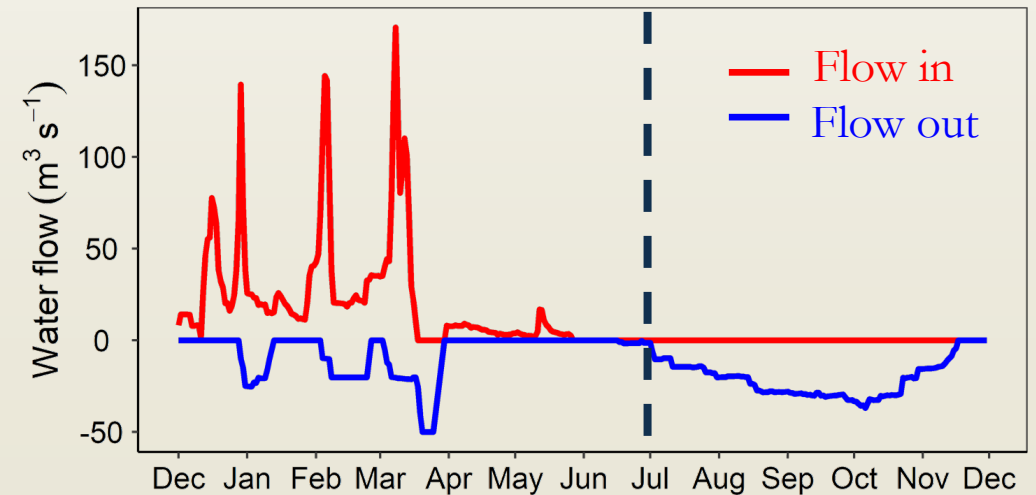
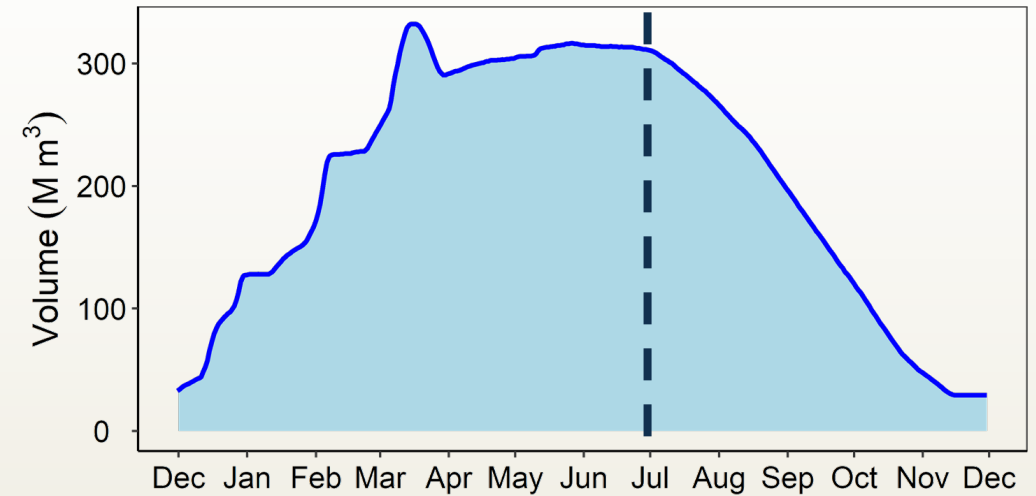


## 2. Période de vidange (Jul-Nov)



*Yan et al., colloque 2021*

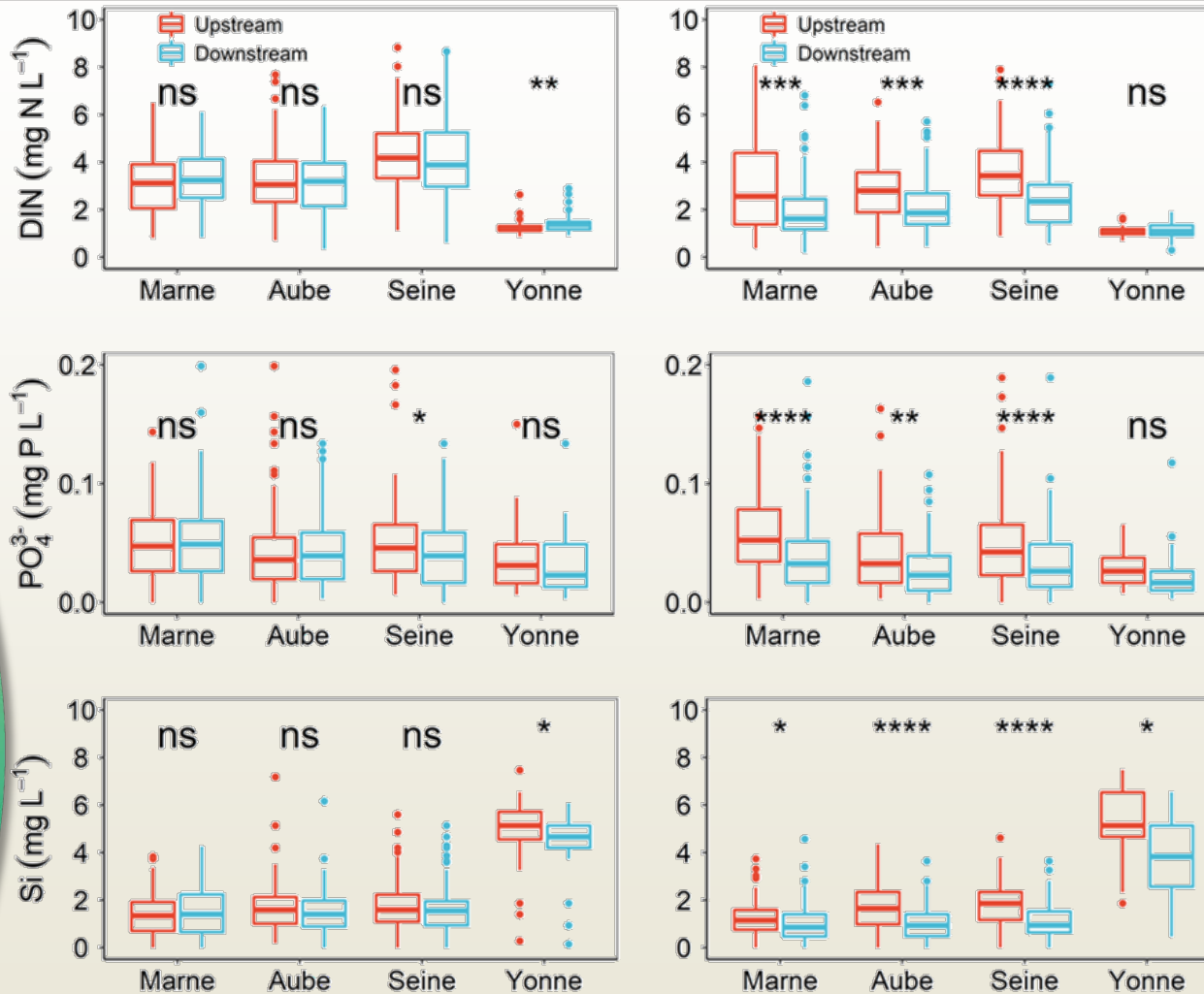
## Marne R. 2019-2020



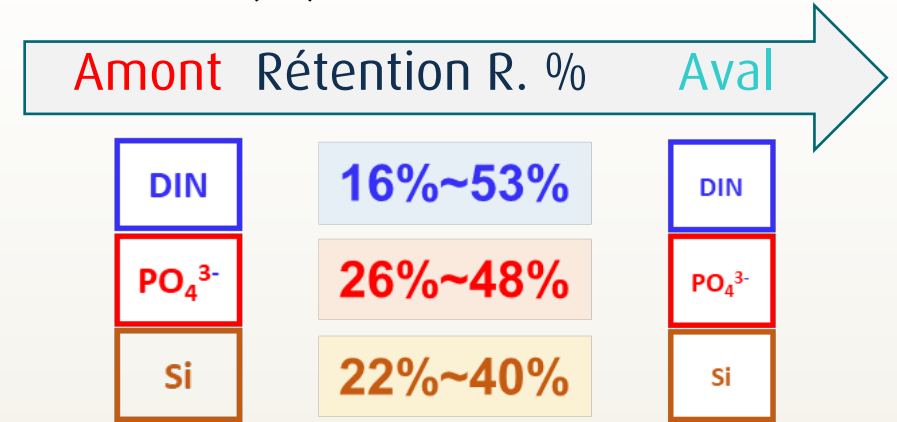
# La rétention des nutriments dans les réservoirs

- Période de remplissage

- Période de vidange



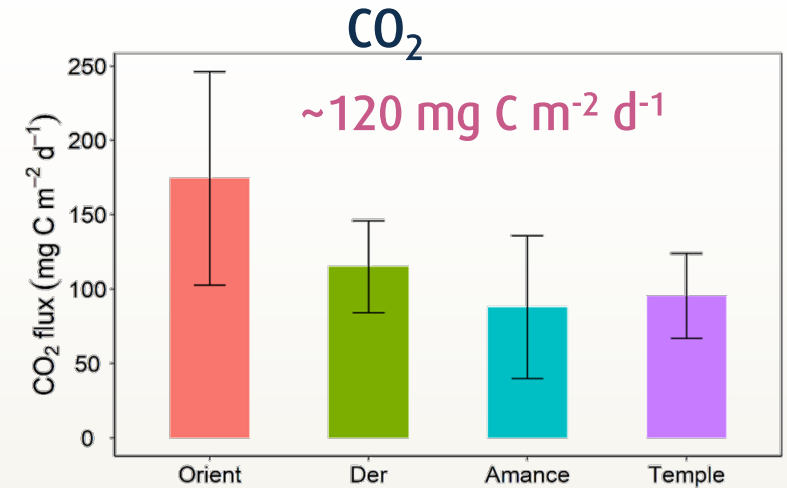
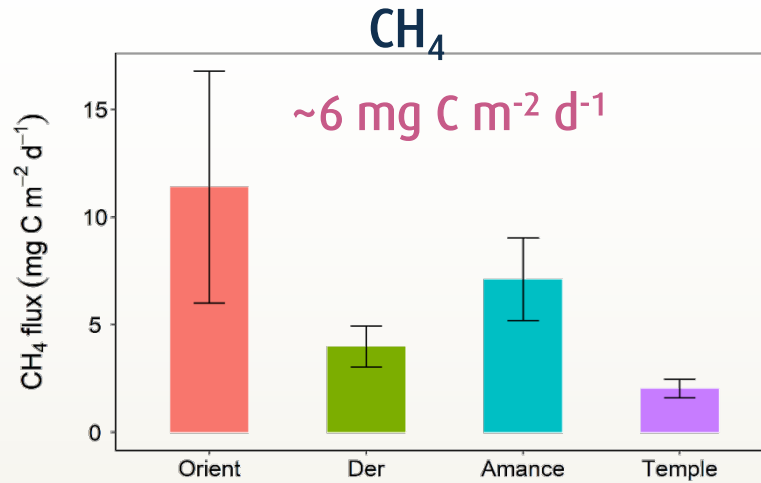
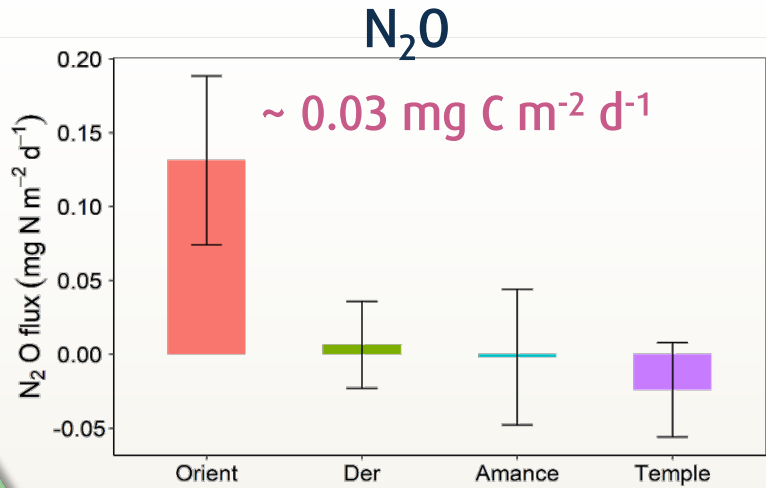
- Rétention (%) des 4 réservoirs du bassin



- Rétention importante en DIN, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P, et DSI
- Diminution des nutriments dans les rivières à l'aval

Yan et al., 2021 (Données Grands Lac de Seine, GLS: 1998 to 2018)

# Les émissions de gaz à effets de serre (GES)



→ A comparer avec les émissions moyennes de gaz à effet de serre des réservoirs dans le monde (*Deemer et al., 2016*)

N<sub>2</sub>O: 0.30 mg N m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>

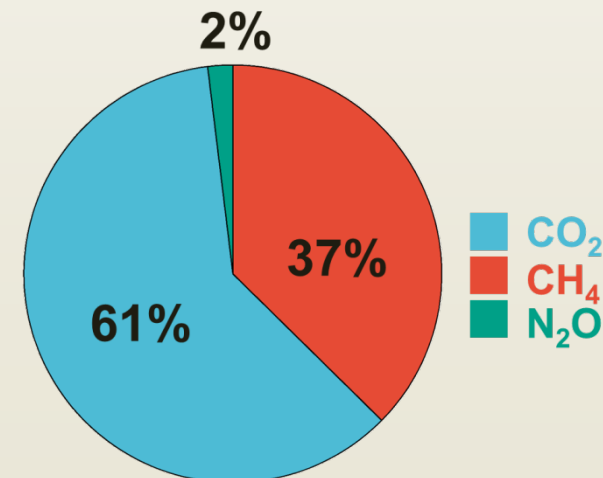
CH<sub>4</sub>: 120 mg C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>

CO<sub>2</sub>: 330 mg C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>

En équivalent CO<sub>2</sub>, les émissions de GES se répartissent ainsi :

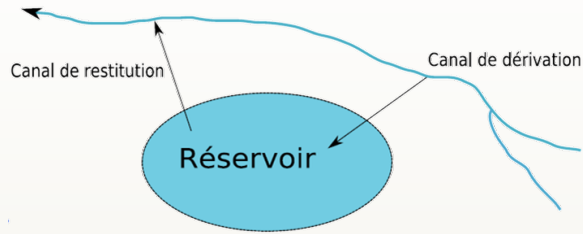
CO<sub>2</sub> > CH<sub>4</sub> >> N<sub>2</sub>O

*X. Yan, colloque 2021*

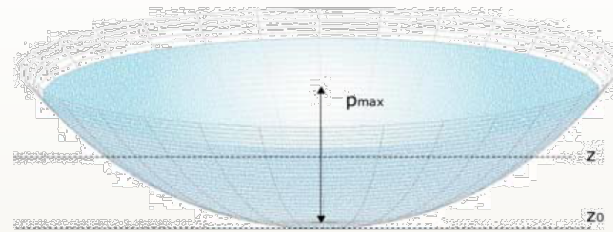


# La modélisation des réservoirs: Barman

## □ Hydro-morphologie

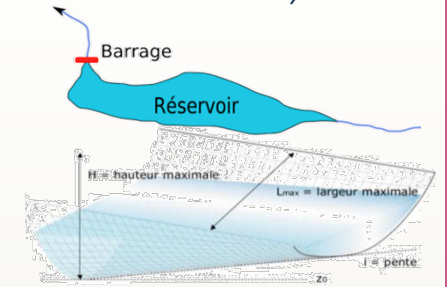


Réservoirs en dérivation  
(ceux de Champagne)



→ Calotte sphérique

NB: Version pour un réservoir de vallée ennoyée (ex: Pannecière)



*Garnier et al., 2000*  
*Thieu et al., 2006*

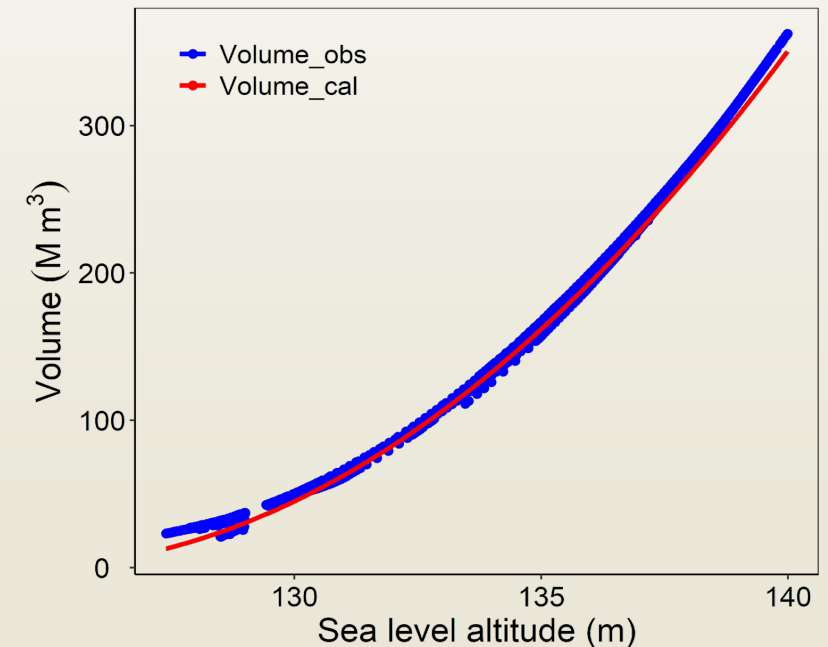
### ▪ Paramètres à ajuster ...

$Z_0$ : Cote du réservoir vide vs. ref (p. ex., NGF)  
 $P_{max}$  Profondeur maximale  
 $V_{max}, S_{max}$  Volume max ou la surface max

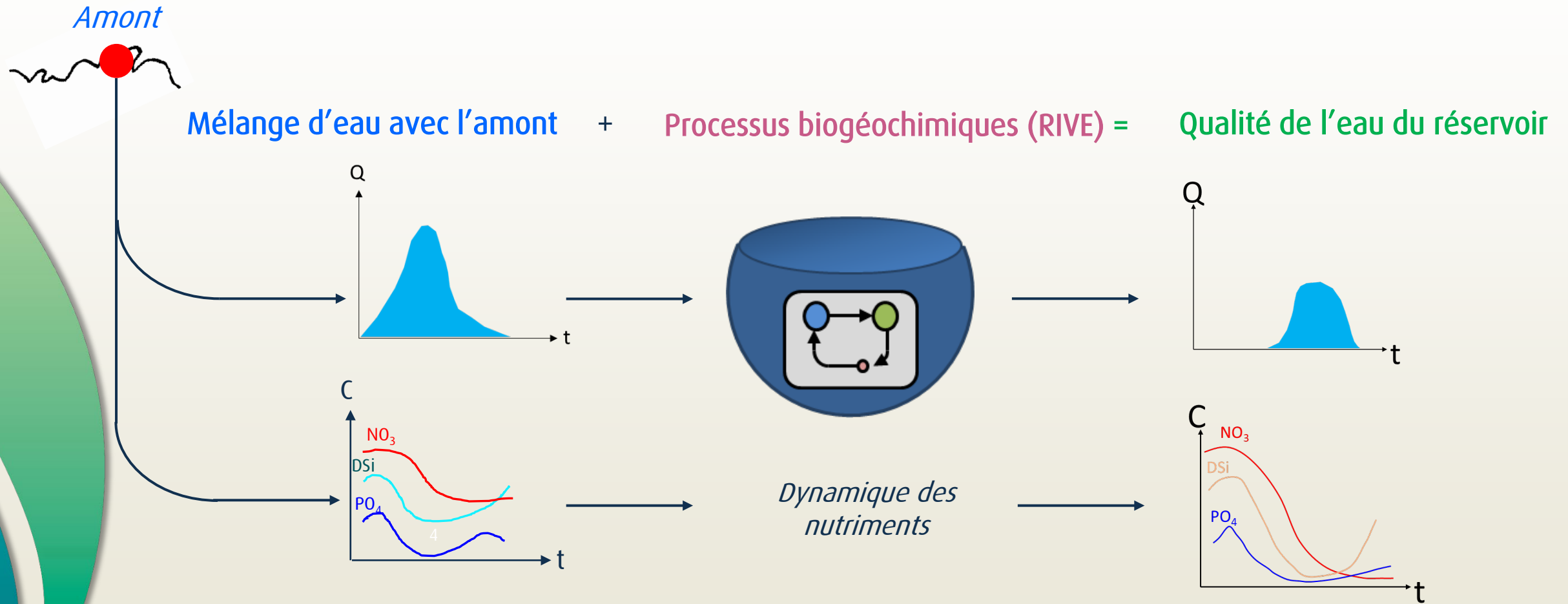
### ▪ ...sur les relations empiriques

Volume-cote  
Surface-cote

- **Pratiquement**, bilan d'eau (données entrée-sortie fournies par GLS)  
→ calcul d'une profondeur journalière, fondamentale pour le calcul de la biogéochimie



# La modélisation des réservoirs: Barman

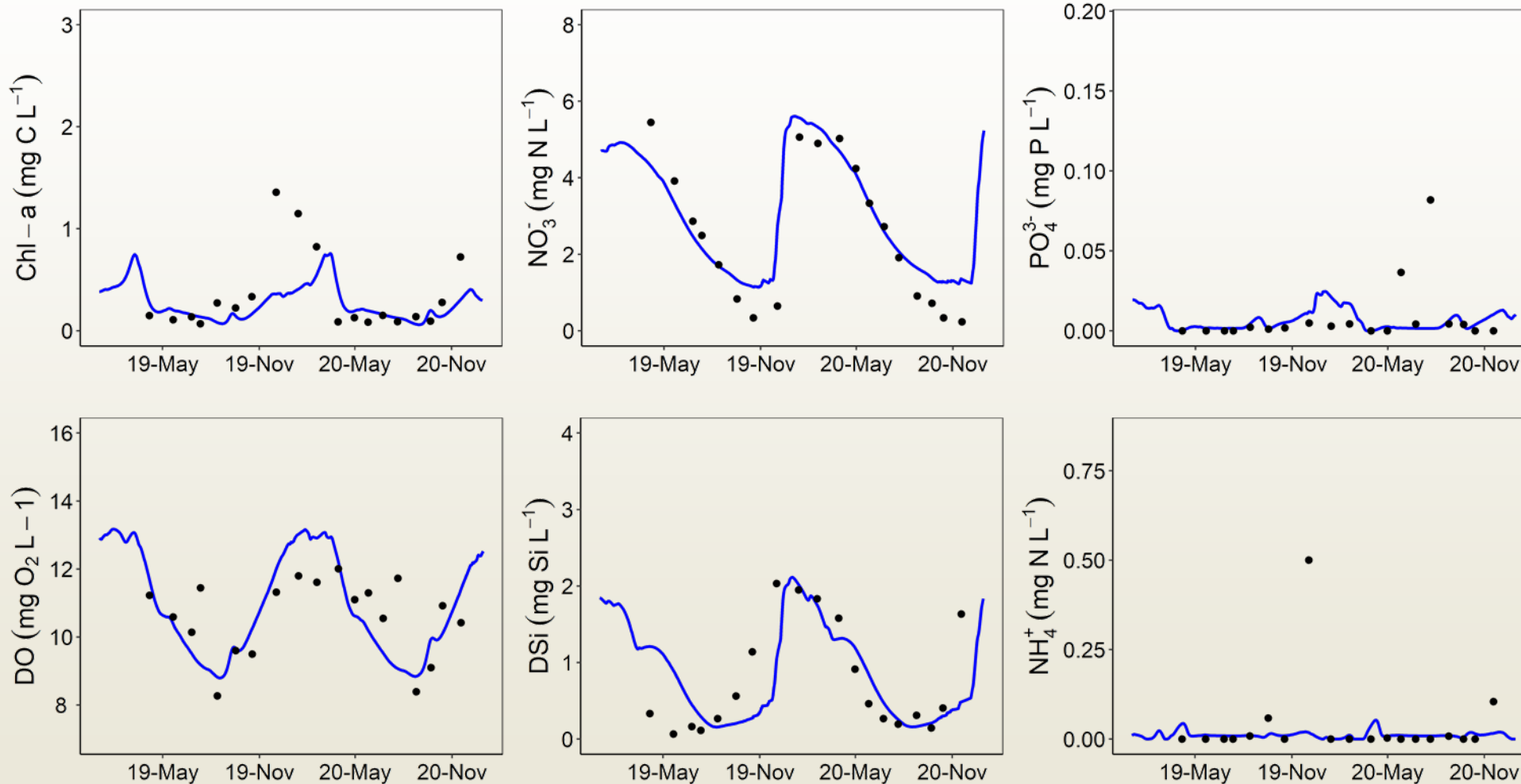


# Représentation de la qualité de l'eau par BARMAN

## Le réservoir Marne

● Observation — Simulation

*Yan et al, 2022, WR*

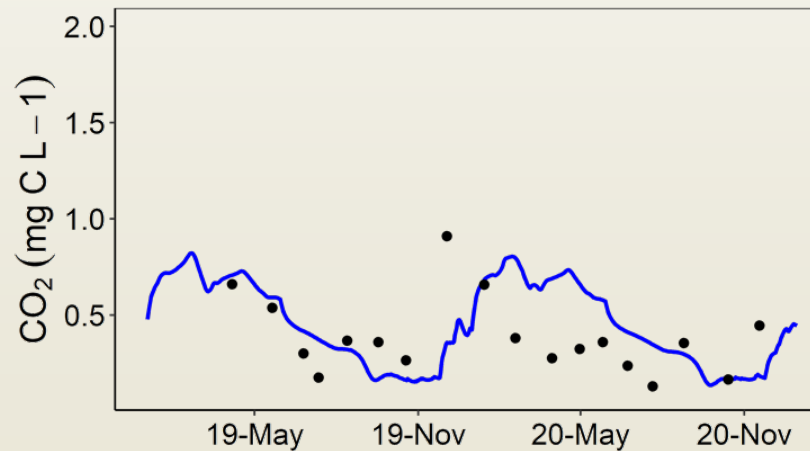
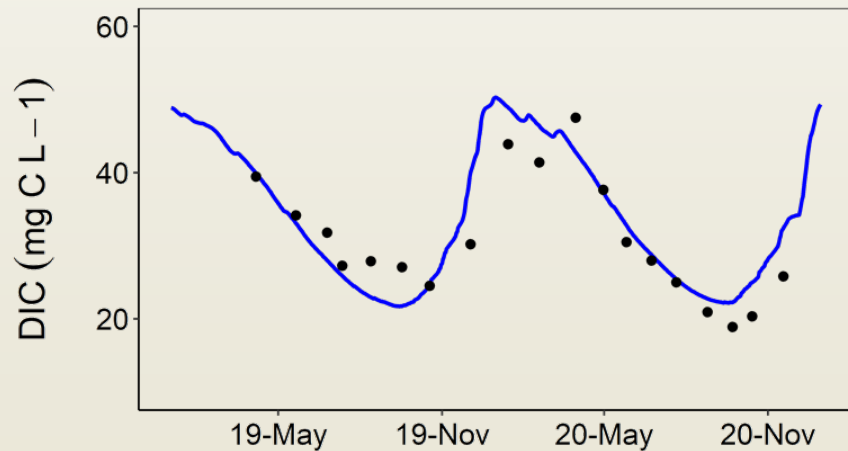
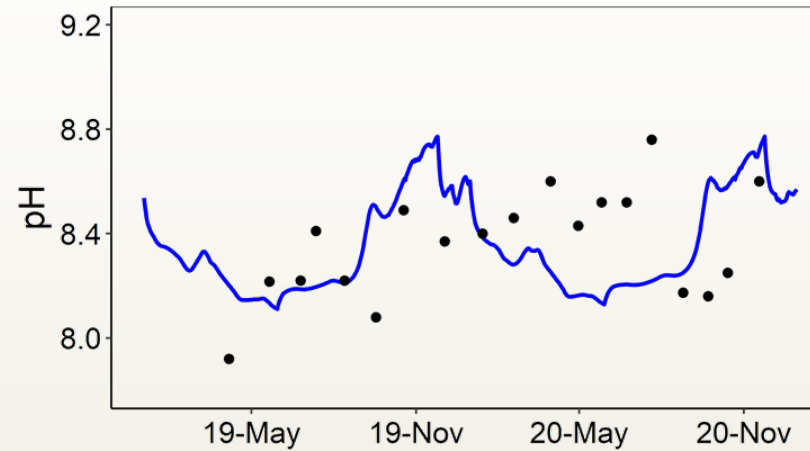
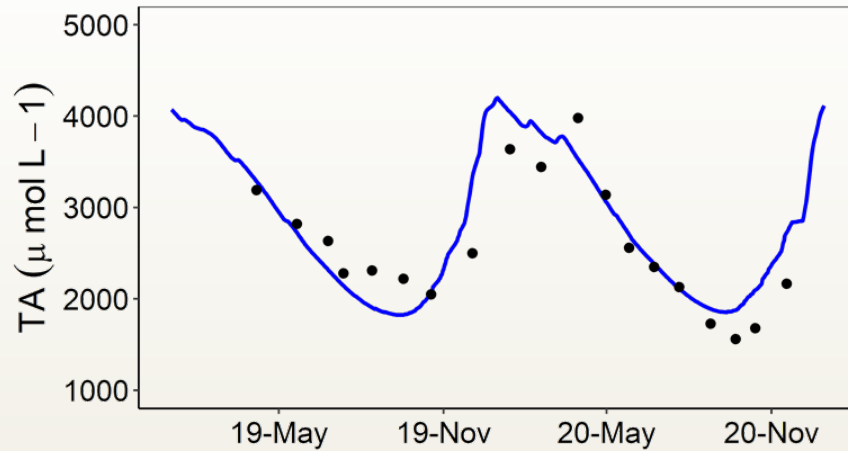


# Représentation des variables du système CO<sub>2</sub> par BARMAN

## Le réservoir Marne

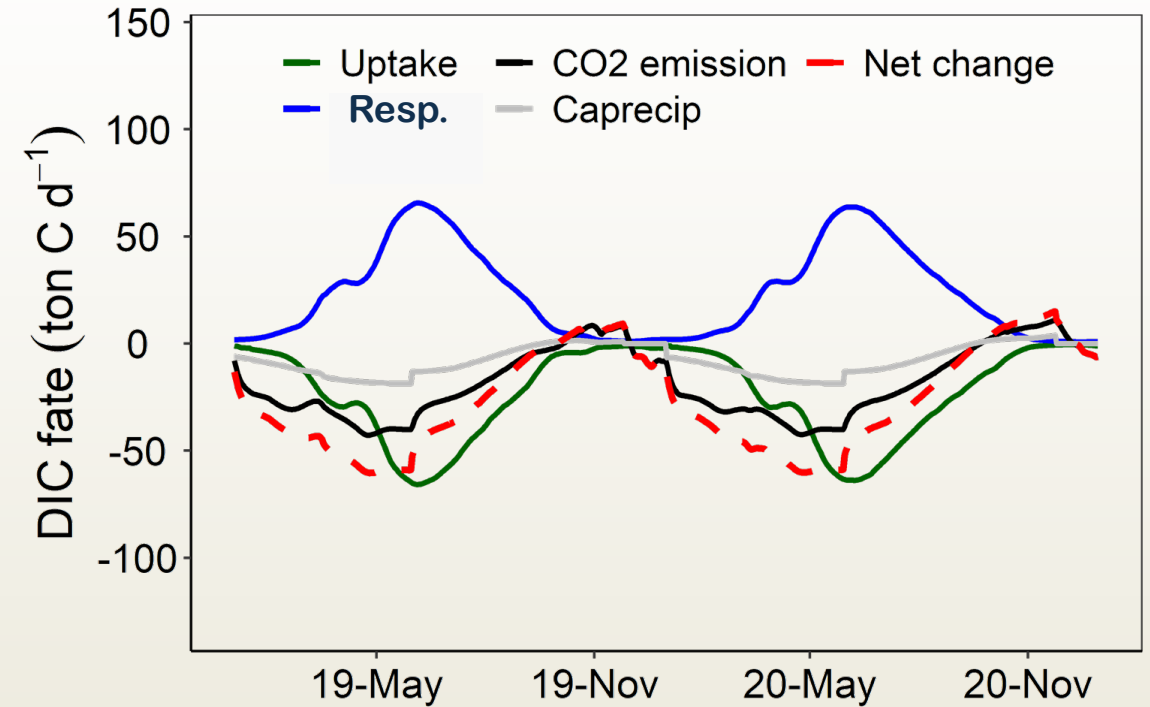
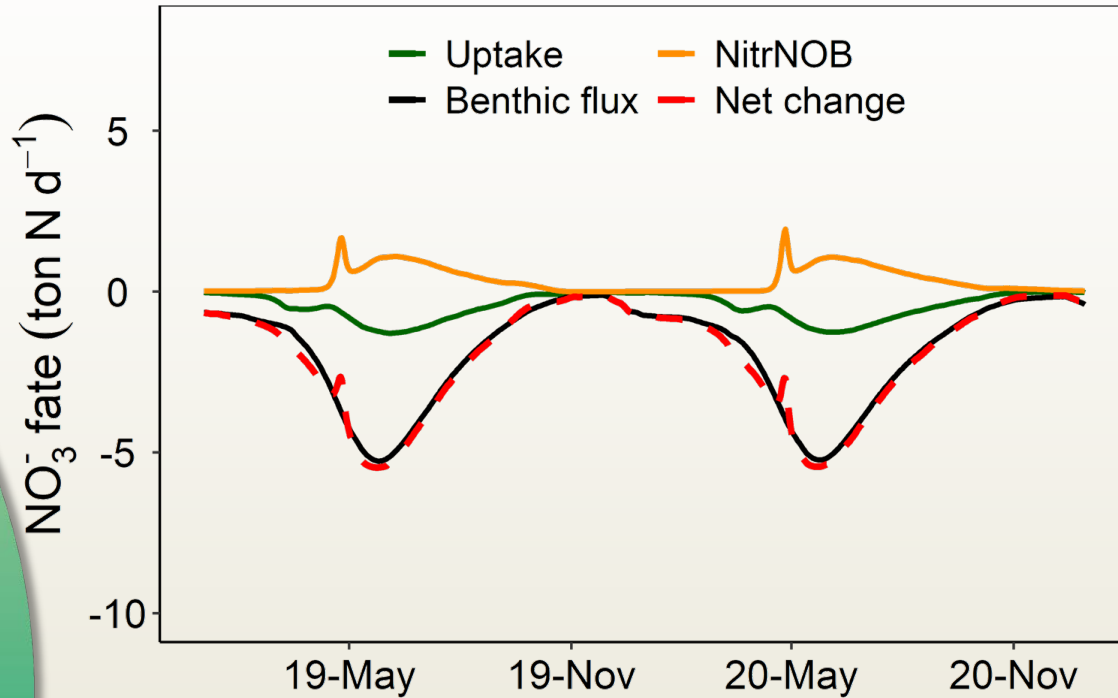
● Observation

— Simulation



# L'intensité des processus dans les réservoirs : Barman

## Le réservoir Marne



Les variations nettes sont déterminées par :

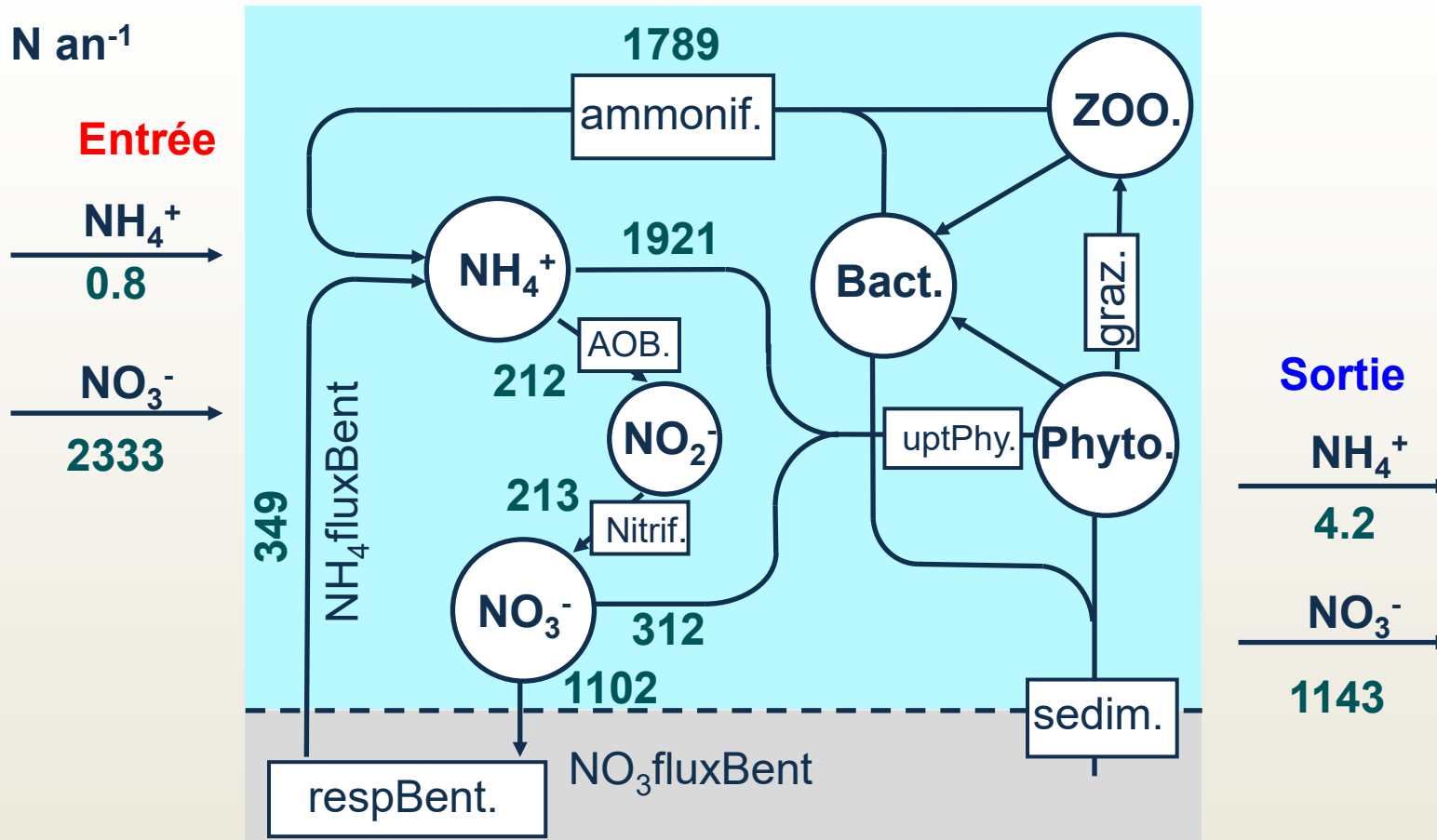
➤ NO<sub>3</sub>: flux benthique (dénitrification)

➤ DIC: émission de CO<sub>2</sub> et précipitation du Ca

# Des bilans des processus calculés par Barman

Exemple du devenir de l'azote dans le réservoir Marne

Unité, tonnes N an<sup>-1</sup>



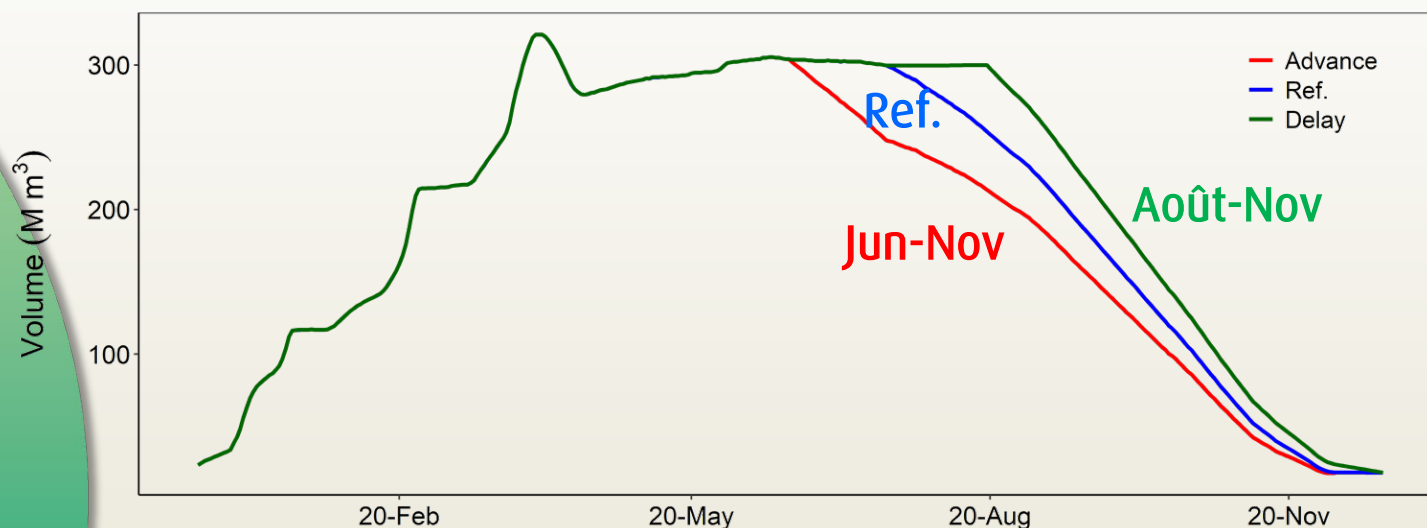
## ❑ Les flux dominants :

- Incorporation par le phytoplancton : 312 tons N an<sup>-1</sup>
- Dénitrification à l'interface eau-sédiment : 1102 tons N an<sup>-1</sup>

# Explorations de scénarios

Avec des courbes de remplissage-vidange équivalentes du réservoir Marne en 2020

- Une augmentation de la charge en P
- Un changement de morphologie à volume constant
- Une anticipation ou un retard de vidange (juin ou août).



	<b>Anticipation</b> % vs. référence	<b>Retard</b> % vs. référence
Production Primaire	+3.8	+1.6
Respiration	-3.9	+1.7
Rétention NO <sub>3</sub>	-2	+1
Rétention DSI	-2	0

# Conclusions

- Une remise à jour des données de qualité de l'eau des réservoirs, 25 ans plus tard !

*Thèses de : N. Sanchez (1997)*

*X. Yan (2022)*

- Une remise à jour du modèle Barman (incluant le CO<sub>2</sub> ; avec recodage en Python)
  - ➔ des simulations qui reproduisent bien les observations sur le long terme

# Perspectives

## ➔ Le couplage des réservoirs dans le chaîne de modélisation HTM

- prise en compte des émissions de CO<sub>2</sub> dans le continuum
- prise en compte des autres gaz (GES: N<sub>2</sub>O et CH<sub>4</sub>)
- et explorer le rôle des réservoirs sur la Seine à l'aval (par ex. étiage sévères et nouvelles règles de gestions...)

# Références

- Garnier J., Billen G., Sanchez N., Leporcq B (2000). Ecological functioning of a large reservoir in the upstream basin of the river Seine (Marne reservoir, France). *Regulated River*, 16:51-71.  
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1646\(200001/02\)16:1<51::AID-RRR571>3.0.CO;2-I](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1646(200001/02)16:1<51::AID-RRR571>3.0.CO;2-I)
- Thieu V., Guillon T., Billen G., Garnier J., Thouvenot M. (2006). Applicatif BARMAN Notice d'utilisation- Juillet 2006. Rapp. Annu. 2006 PIREN-Seine.
- Yan X., Thieu V., Garnier J. (2021). Long-term assessment of nutrient budgets for the four reservoirs of the Seine Basin (France). *Science of the Total Environment* 778 (2021) 146412.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146412>.
- Yan X., Thieu V., Wu S., Garnier J. (2022). Reservoirs change pCO<sub>2</sub> and water quality of downstream rivers: evidence from three reservoirs in the Seine Basin. *Water Research*, 213: 118158.  
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118158>.
- Yan X., Garnier J., Billen G., Wang S., Thieu V. (2022). Unravelling nutrient fate and CO<sub>2</sub> dynamics in the reservoirs of the Seine Basin using a modelling approach. *Water Research*. 225: 119135  
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.119135>