

Apports de phosphore dans les retenues et rôle des sédiments en tant que charge interne

Véronique Deluchat,

Marion Rabiet, Malgorzata Grybos

Doctorantes: Anne Rapin, Ngoc Diep Nguyen

Post-Doc: Claire Lix (Projet POMOSED)



Université
de Limoges

Sources du P

- Sources primaires au sein de l'environnement

Roches, sols, biosphères, eaux continentales et marines

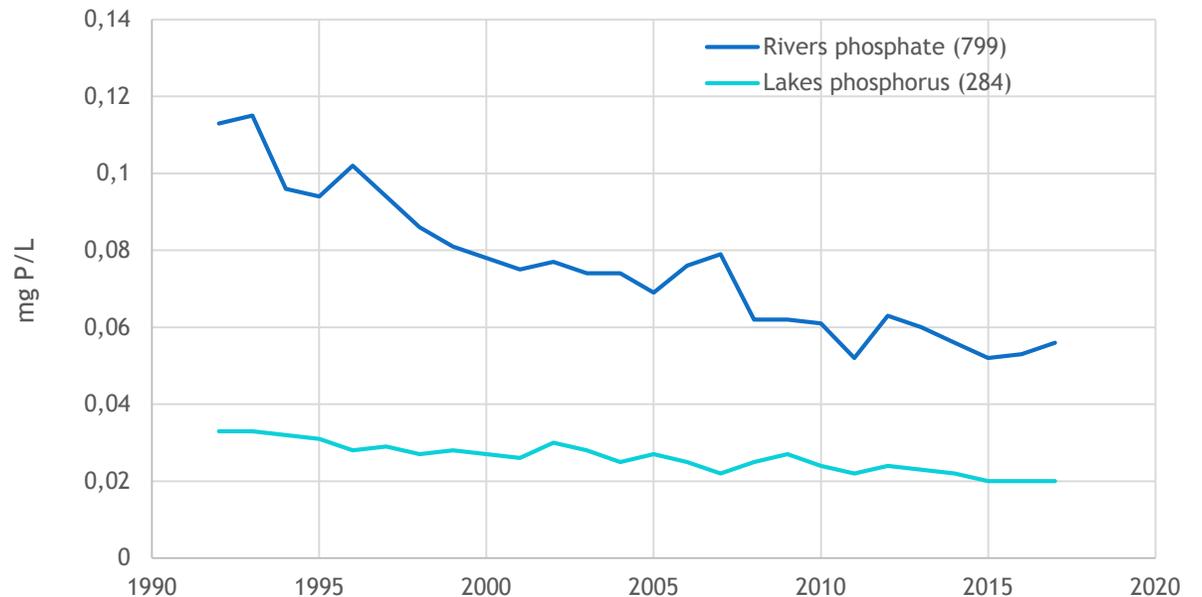
- Sources d'enrichissement de P : activités anthropiques

Agriculture (engrais, élevage, épandage, pratiques agricoles...)

Assainissement (rejets domestiques)

Industrie

Activités récréatives (pêche...)



Au sein des réservoirs ?

■ Apports exogènes via le bassin versant

➤ Apports ponctuels

- Domestiques
- Agricoles
- Industriels
- Etangs...

➤ Apports diffus

- Eaux de ruissellement : lessivage sols agricoles, forestiers, urbains...
- Zones humides
- Assainissement Non Collectif...

■ Apports directs au sein du milieu

➤ Apports endogènes

- Biomasse dans le plan d'eau (macrophytes, phytoplancton)
- **Charge interne en P dans les sédiments**

➤ Autres apports directs

- Excréments des animaux ayant leur habitat sur le plan d'eau
- Amorçage pour la pêche...

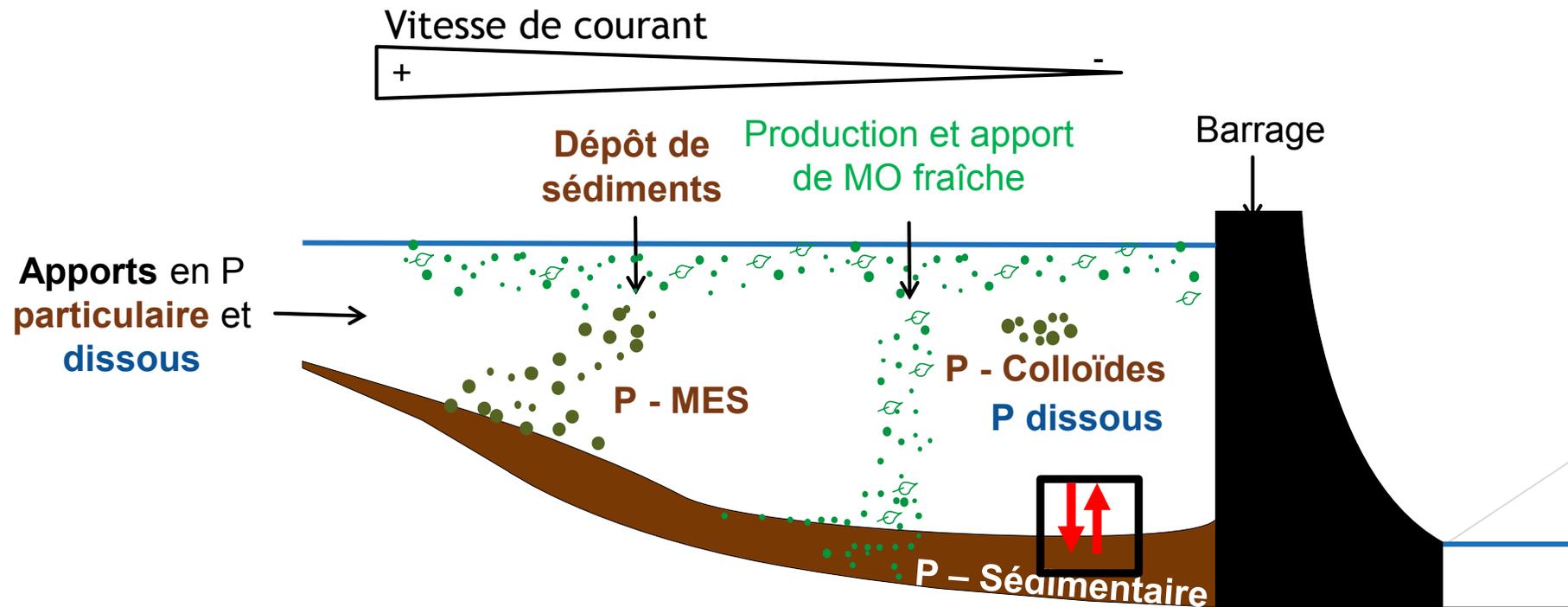
Retenue de barrage : perturbation des continuités

- **Hydrologique:**

↗ temps de séjour, ↗ T° C, ↘ turbulence, ↘ turbidité

- **Sédimentaire:**

Accumulation de sédiments



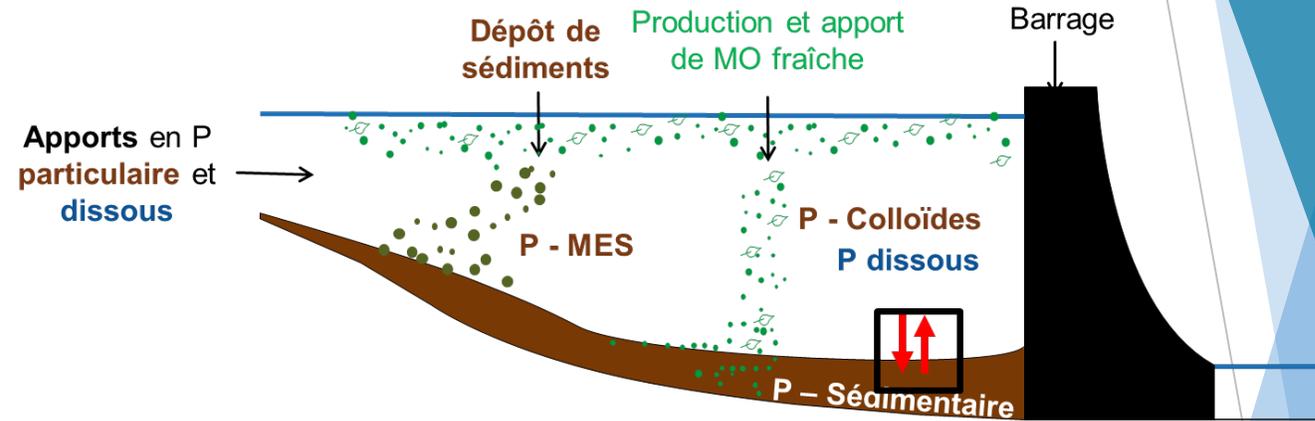
Retenue de barrage : perturbation des continuités

- **Hydrologique:**

☑ temps de séjour, ☑ T° C, ☐ turbulence, ☐ turbidité

- **Sédimentaire:**

Accumulation de sédiments



12 % de la charge globale en P des rivières stockés dans les retenues de barrage (Maavara et al., 2015)

Charge interne en P sédimentaire potentiellement remobilisable vers la colonne d'eau ?

→ Maintien du processus d'eutrophisation

Charge interne en P dans les sédiments en France

■ Teneurs en P dans les sédiments

Suivi dans le cadre du suivi DCE (base de données Naiades) sur env. 250 plans d'eau

→ teneur moyenne de 1,45 mg P / g sed *

*Données traitées dans le cadre du Projet POMOSED

■ Risques ?

En Europe, pas de grille de qualité actuellement

Dans le monde ?

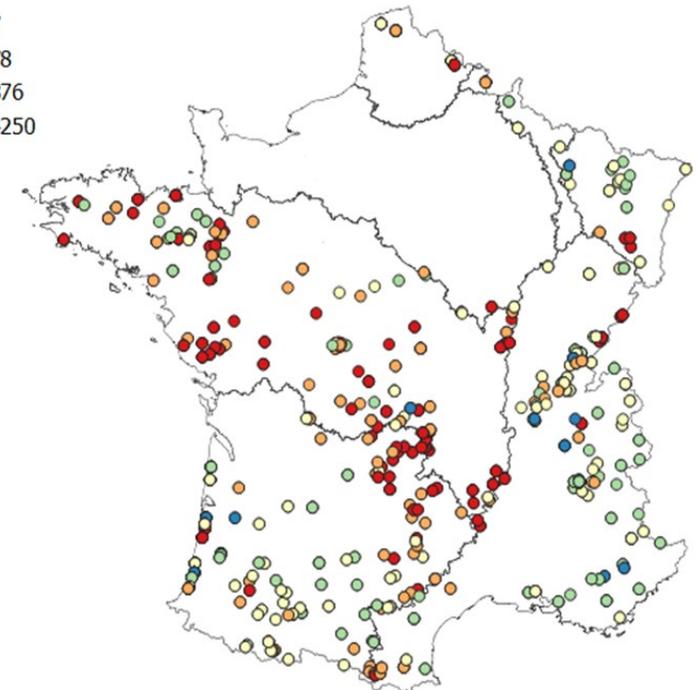
Valeurs de référence pour l'Ontario (2008)

0,6 mg P/g sed → pas d'effet

2,0 mg P/g sed → milieu altéré

Analyse de données
PT sédimentaire (mg/kg)

- 5 - 399
- 399 - 787
- 787 - 1178
- 1178 - 1876
- 1876 - 14250



0 100 km
Projet POMOSED

Verrous scientifiques (parmi d'autres...)



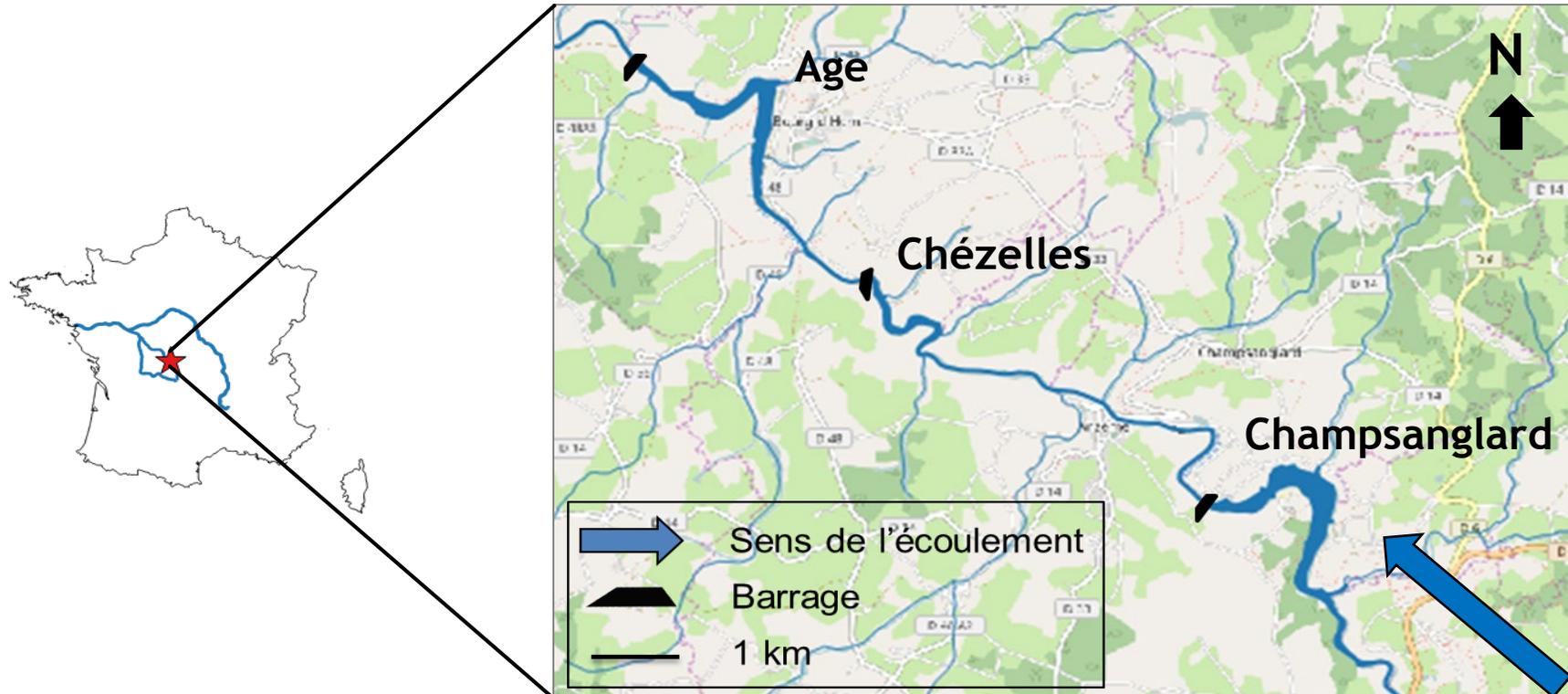
■ Au sein du sédiment

- ✓ Quelle est la distribution du P sédimentaire dans les barrages ?
- ✓ Quels paramètres contrôlent la variabilité spatiale du P ?

■ A l'interface sédiment/colonne d'eau

- ✓ Quel est le risque de mobilisation du P sédimentaire vers la colonne d'eau ? Rôle puits ou source de P ?
- ✓ Quelle contribution des colloïdes dans la mobilité du P sédimentaire ?
- ✓ Quels facteurs induisent une plus forte mobilité du P ?

Site d'étude: Complexe de l'Age et sa retenue principale, Champsanglard



Retenue de l'Age



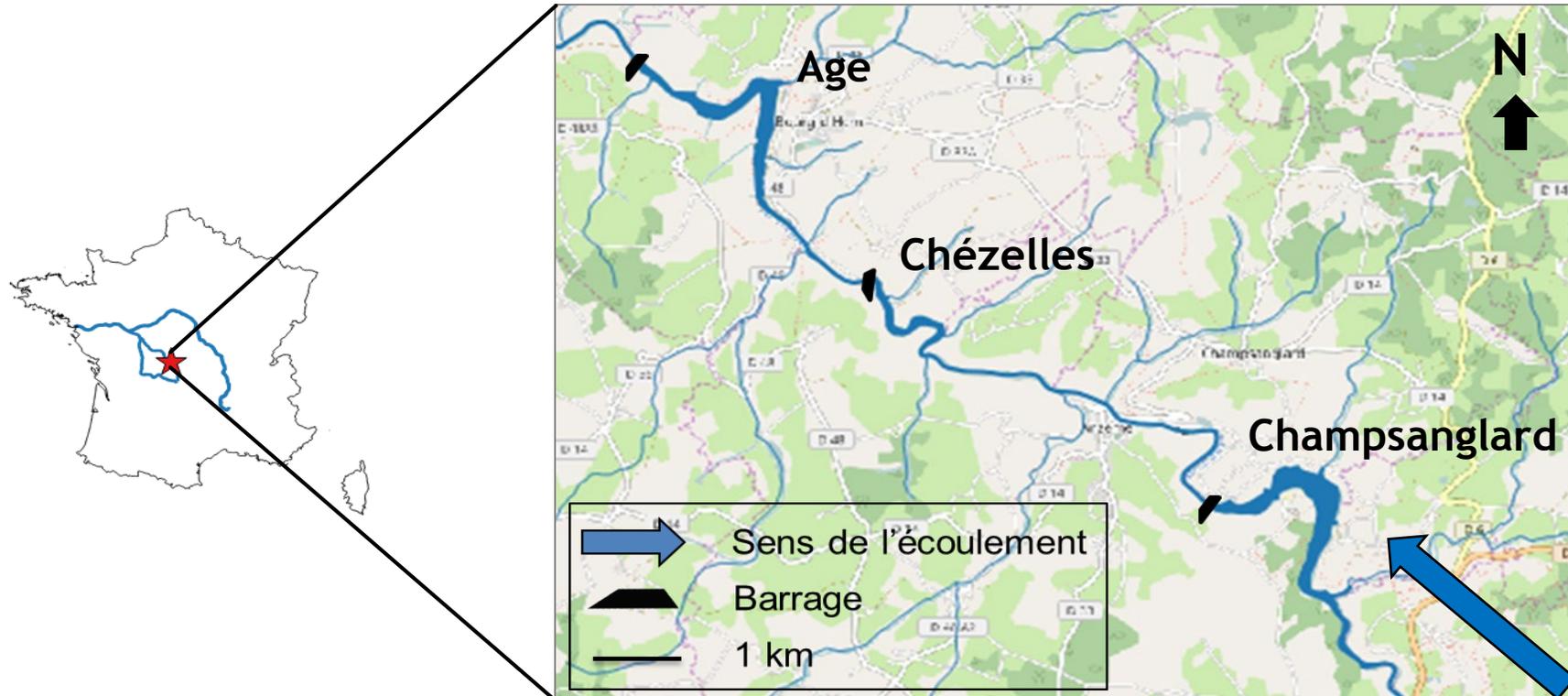
Barrage de Chézelles



Retenue de Champsanglard

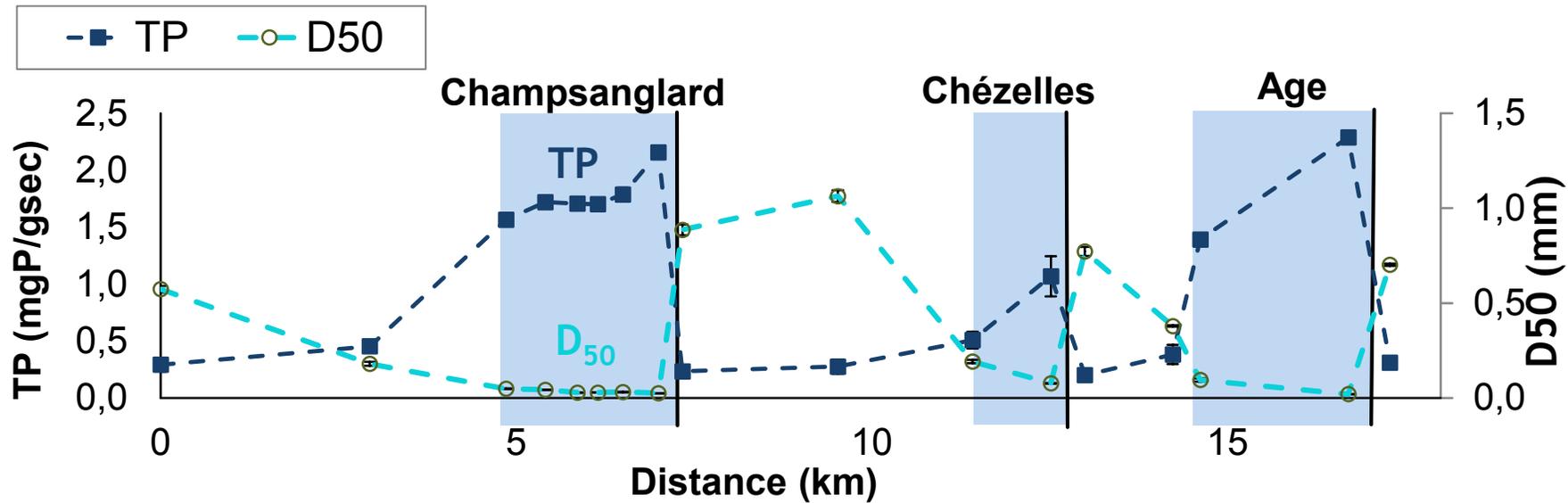


Site d'étude: Complexe de l'Age et sa retenue principale, Champsanglard



	Age	Chézelles	Champsanglard
Mise en service	1981	1985	1984
Gestion	Fil de l'eau ou micro-éclusées		
Hauteur du barrage	19 m		
Surface retenue (km ²)	0,38	0,23	0,55
Temps de séjour (jour)	1,7	0,8	3,0
Loisirs	Nautique ; pêche	Pêche	Nautique ; pêche

Distribution du P_{sédimentaire} dans les barrages



- Retenues : Rétention de sédiments fins

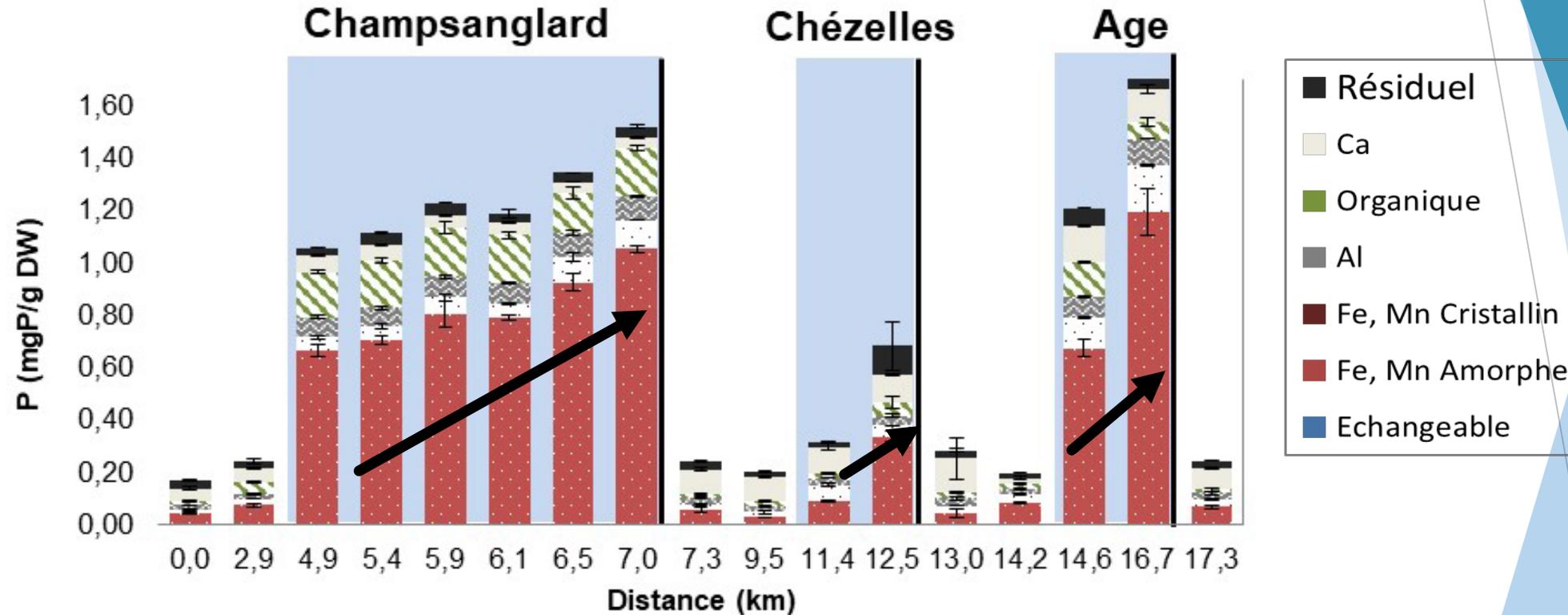
- $[TP]_{\text{rivière}} = 0,31 \pm 0,09 \text{ mg P/g}_{\text{sec}}$

- $[TP]_{\text{retenues}} = 1,59 \pm 0,51 \text{ mg P/g}_{\text{sec}}$

- Dans les retenues : ↘ granulométrie et ↗ [P]

Distribution du P_{sédimentaire} dans les barrages

Quels paramètres contrôlent la variabilité spatiale du P ?

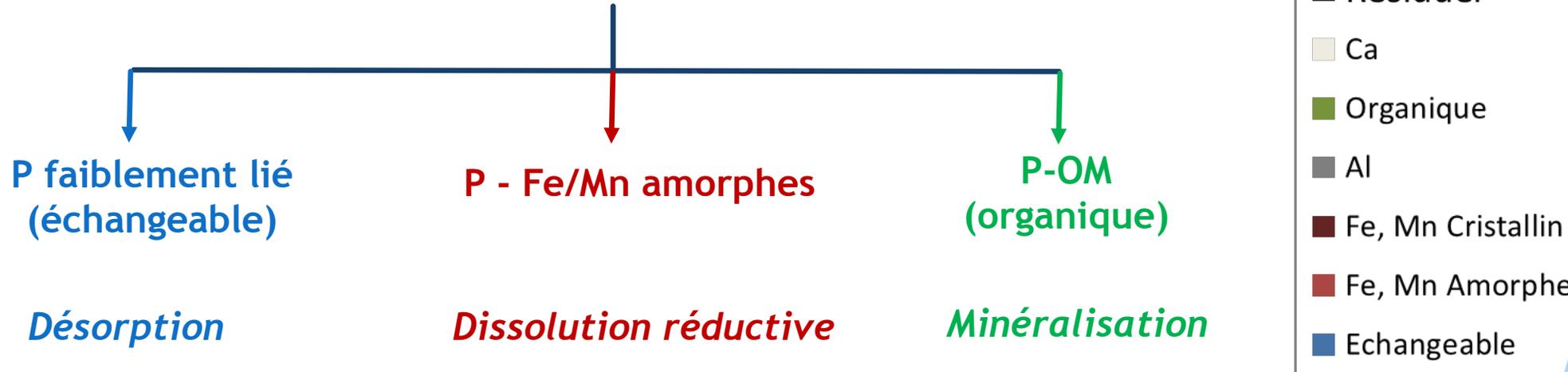


Association du P avec la fraction réductible « ascorbate » : oxy-hydroxydes de Fe amorphes dans les particules fines

→ **Facteur principal expliquant l'accumulation du P dans les retenues**

Quel est le risque de mobilisation du P sédimentaire vers la colonne d'eau ?

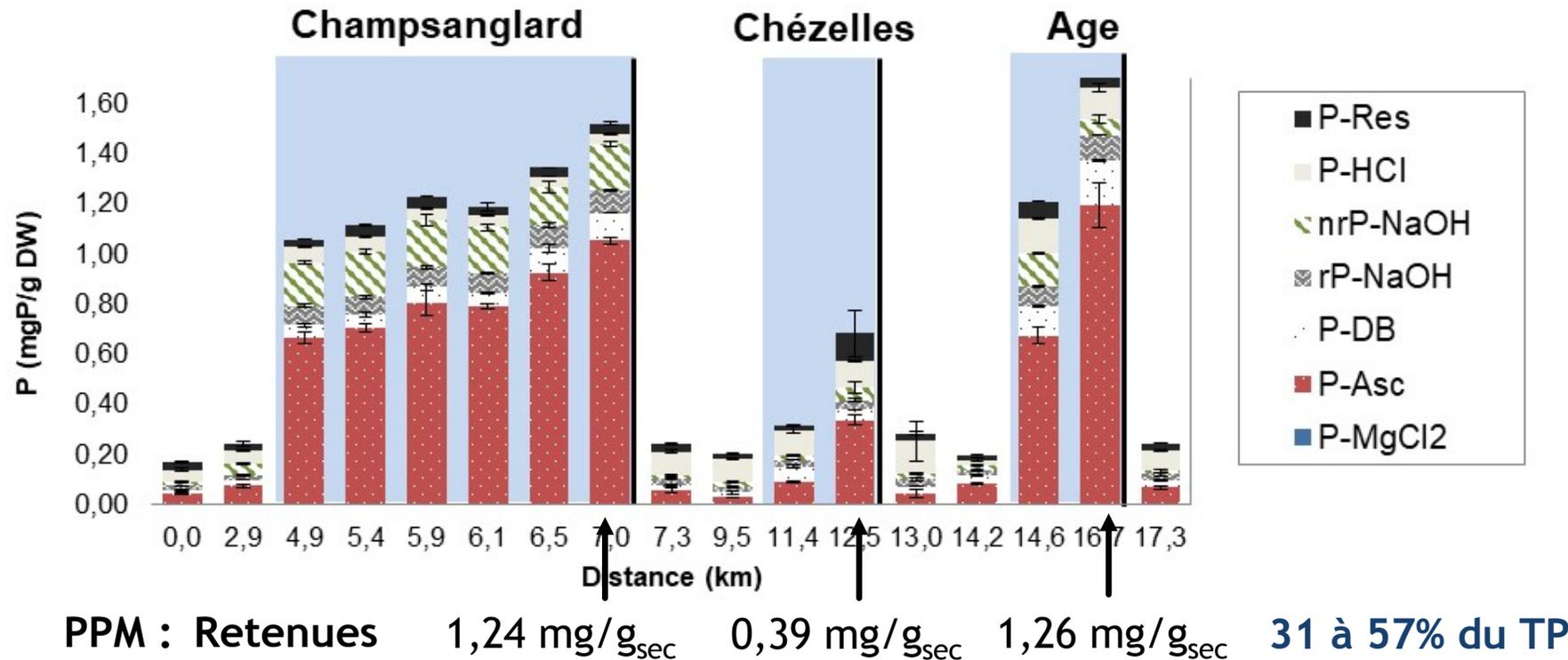
Phosphore sédimentaire potentiellement mobilisable (PPM)



P assimilable par les espèces phytoplanctoniques et macrophytes

Quel est le risque de mobilisation du P sédimentaire vers la colonne d'eau ?

PPM : Phosphore sédimentaire potentiellement mobilisable

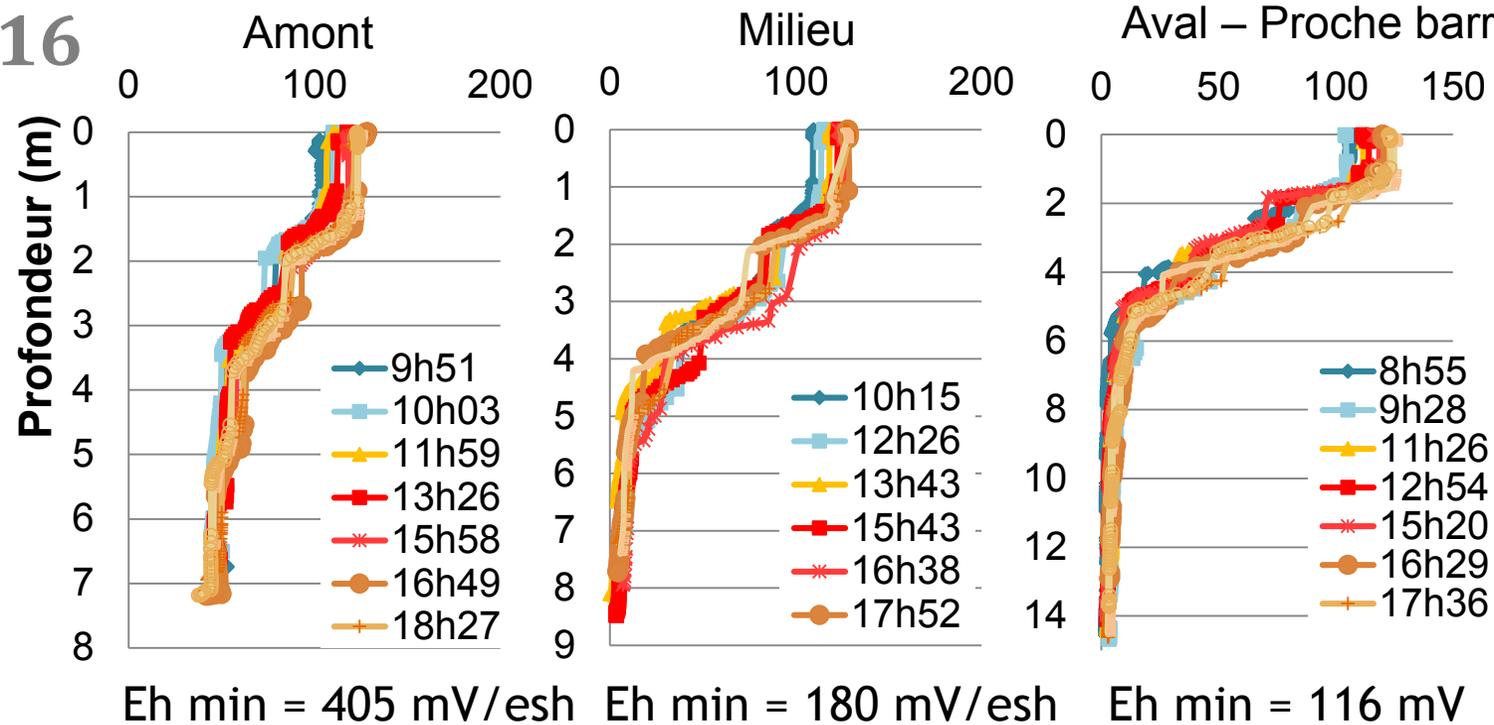


→ 79 ± 9 % du PPM : Fe, Mn amorphes

→ Fort potentiel de mobilisation du P en condition anoxique

Quel est le risque de mobilisation du P sédimentaire vers la colonne d'eau ?

Suivi O₂ (%) dans la colonne d'eau Champsanglard août 2016



→ Développement de conditions réductrices favorables à la remobilisation du PPM

Quel est le risque de mobilisation du P sédimentaire vers la colonne d'eau ?

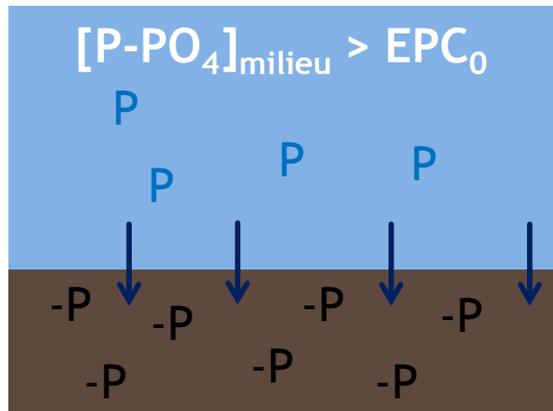
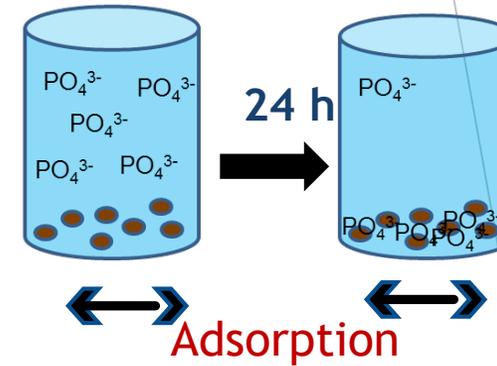
Rôle puits ou source de P ?

Isothermes d'adsorption :

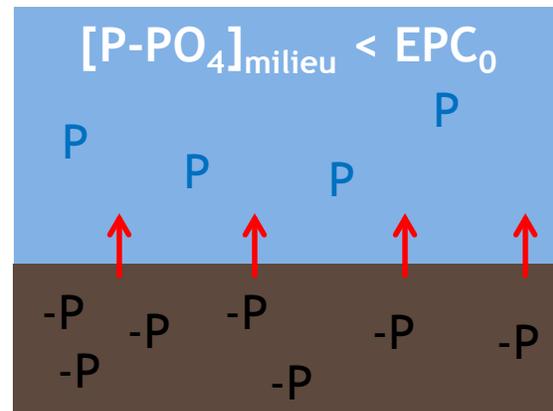
→ Q_m : Capacité d'adsorption maximale en mg P/g sec de sédiment

Quantité de P adsorbé en plus de la teneur initiale en TP

→ EPC_0 : Concentration seuil en P- PO_4 dans la colonne d'eau pour laquelle il n'y a ni adsorption ni désorption de P par le sédiment



Sédiment = Puits ???



Sédiment = Source ???

Quel est le risque de mobilisation du P sédimentaire vers la colonne d'eau ?

Rôle puits ou source de P ?

➤ Capacité maximale d'adsorption (modèle Langmuir)

- Retenues

- Q_m : 0,6 à 1,2 mg P/g_{sec} → capacité de piégeage de P élevée

>> **Tronçons fluviatiles** : $Q_m = 0,07$ mg P/g_{sec}

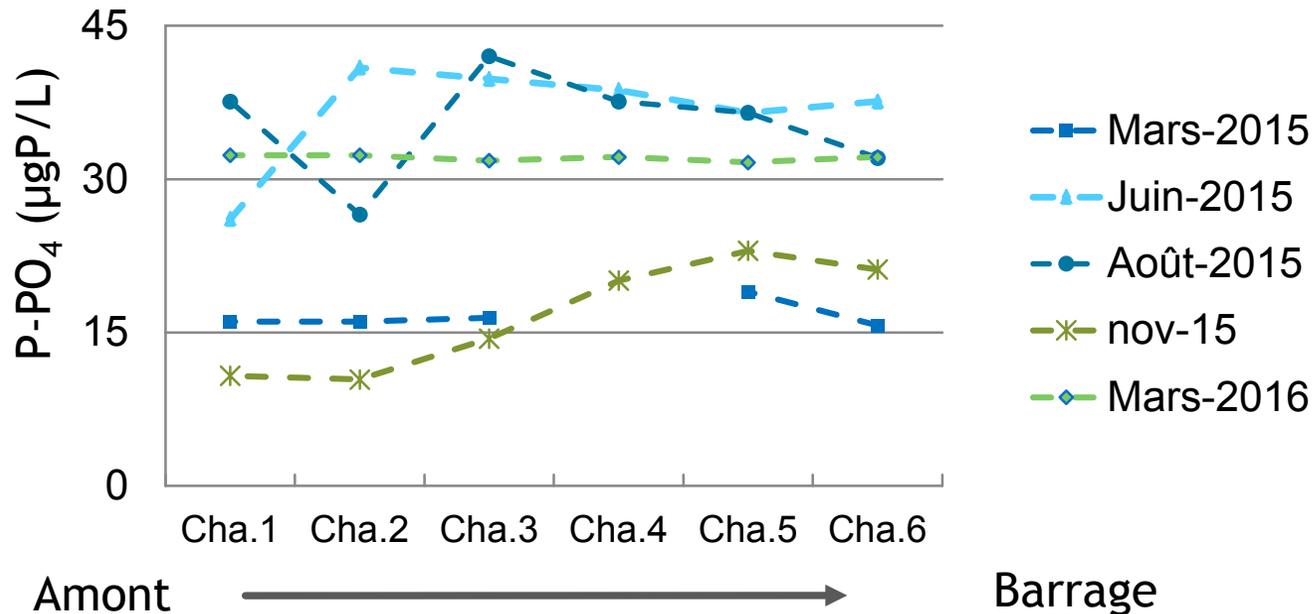
➤ EPC_0 : [P] dans la colonne d'eau pour laquelle il n'y a ni adsorption ni désorption de P par le sédiment

→ EPC_0 Chamsanglard = 0,142 µg/L >> EPC_0 Age = 0,017 µg/L

Quel est le risque de mobilisation du P sédimentaire vers la colonne d'eau ?

Rôle puits ou source de P ?

➤ Suivi des teneurs en PO_4 : Eau de de fond Champsanglard



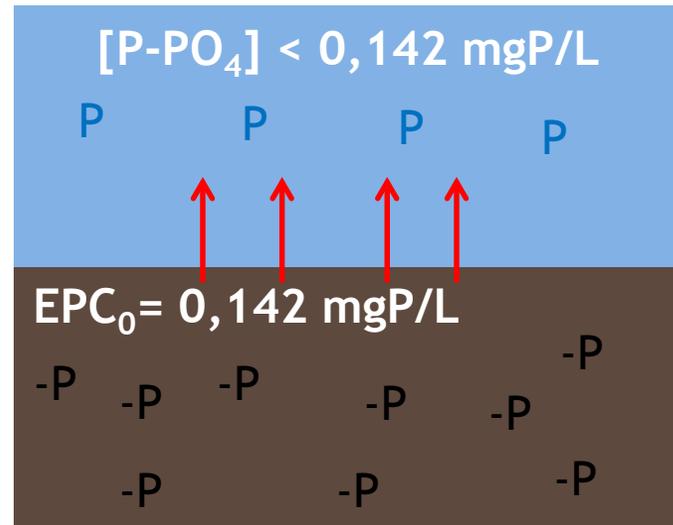
Pour toutes les mesures, aux différentes saisons

→ $[\text{P-PO}_4] \ll 142 \mu\text{g P/L}$

Quel est le risque de mobilisation du P sédimentaire vers la colonne d'eau ?

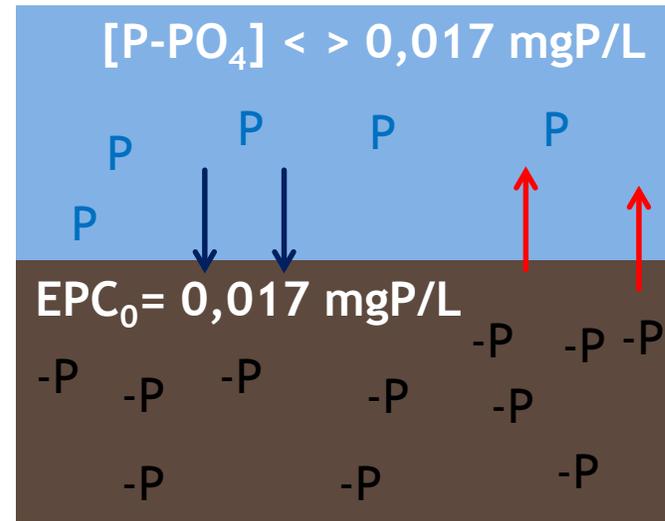
Rôle puits ou source de P ?

➤ Etude d'adsorption



Champsanglard

Sédiment = P source



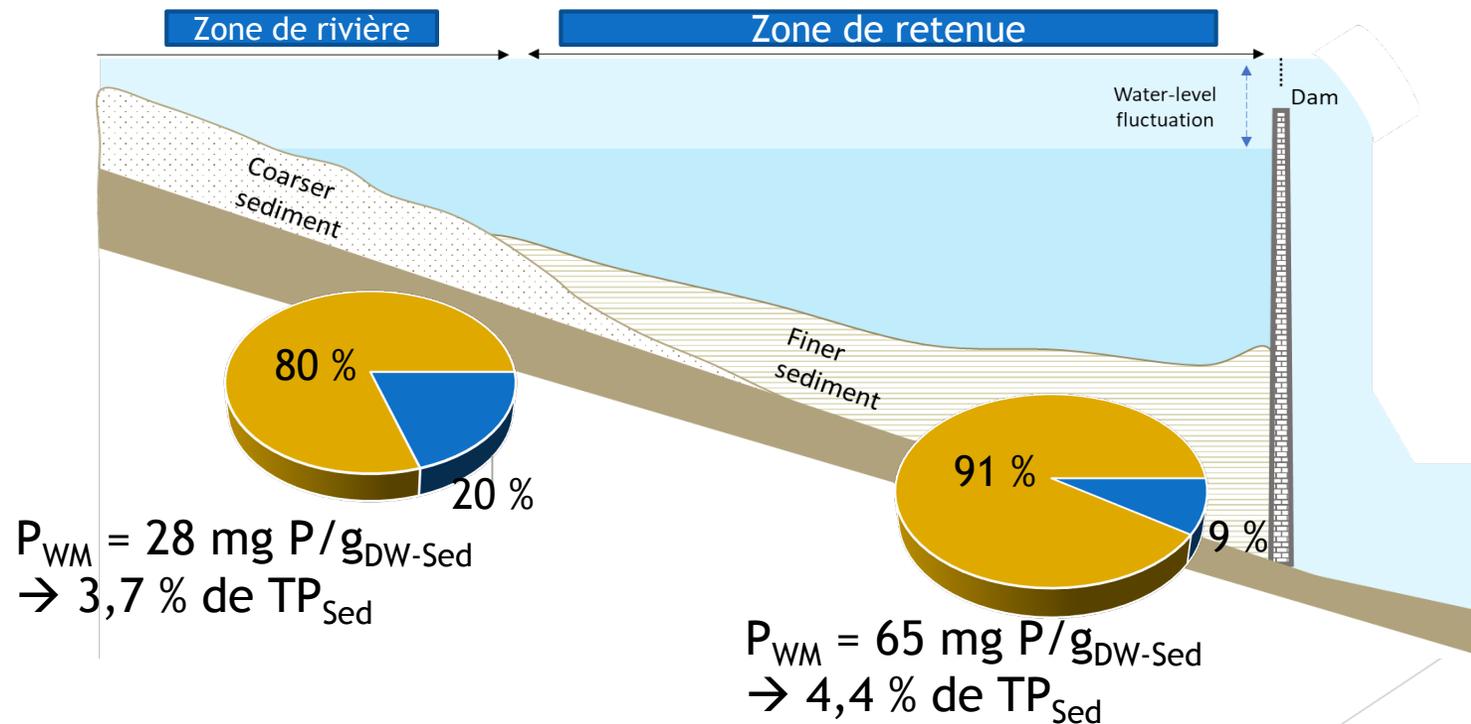
Age

Sédiment = P puits/source

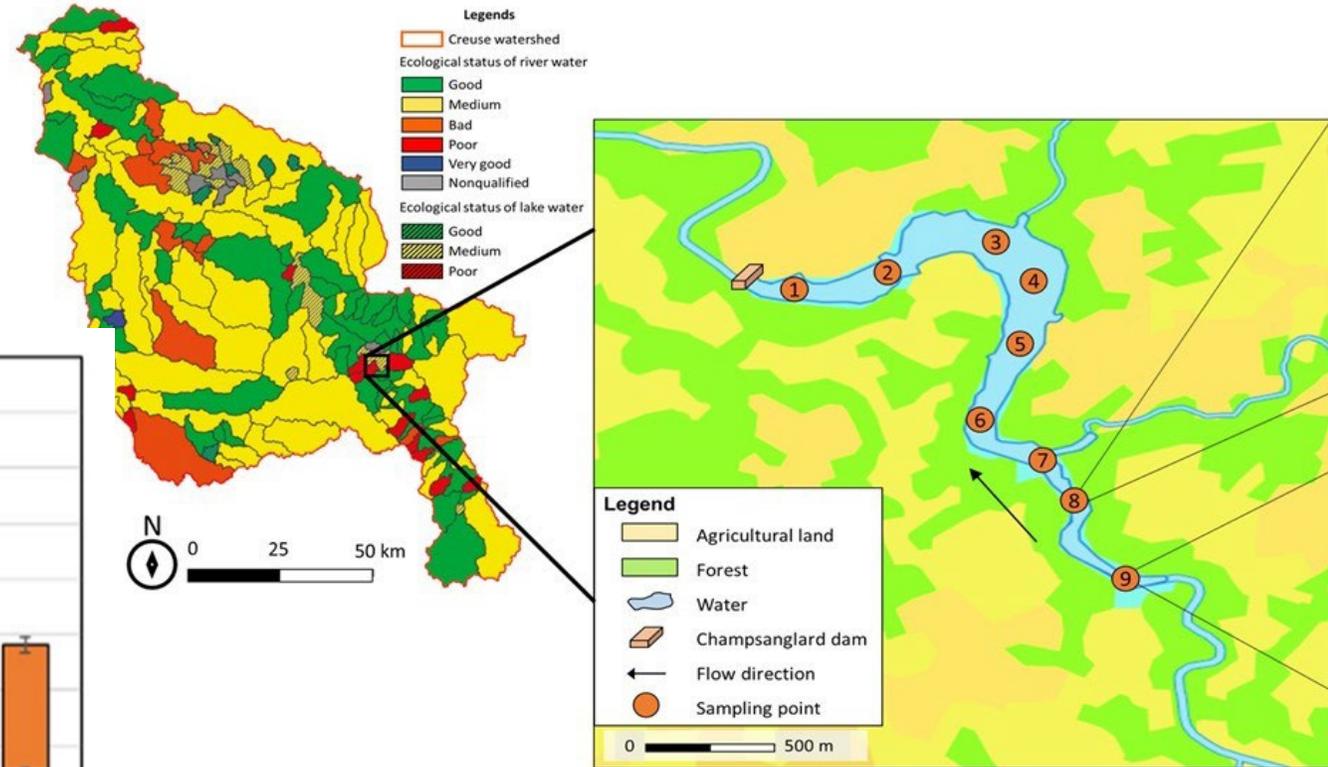
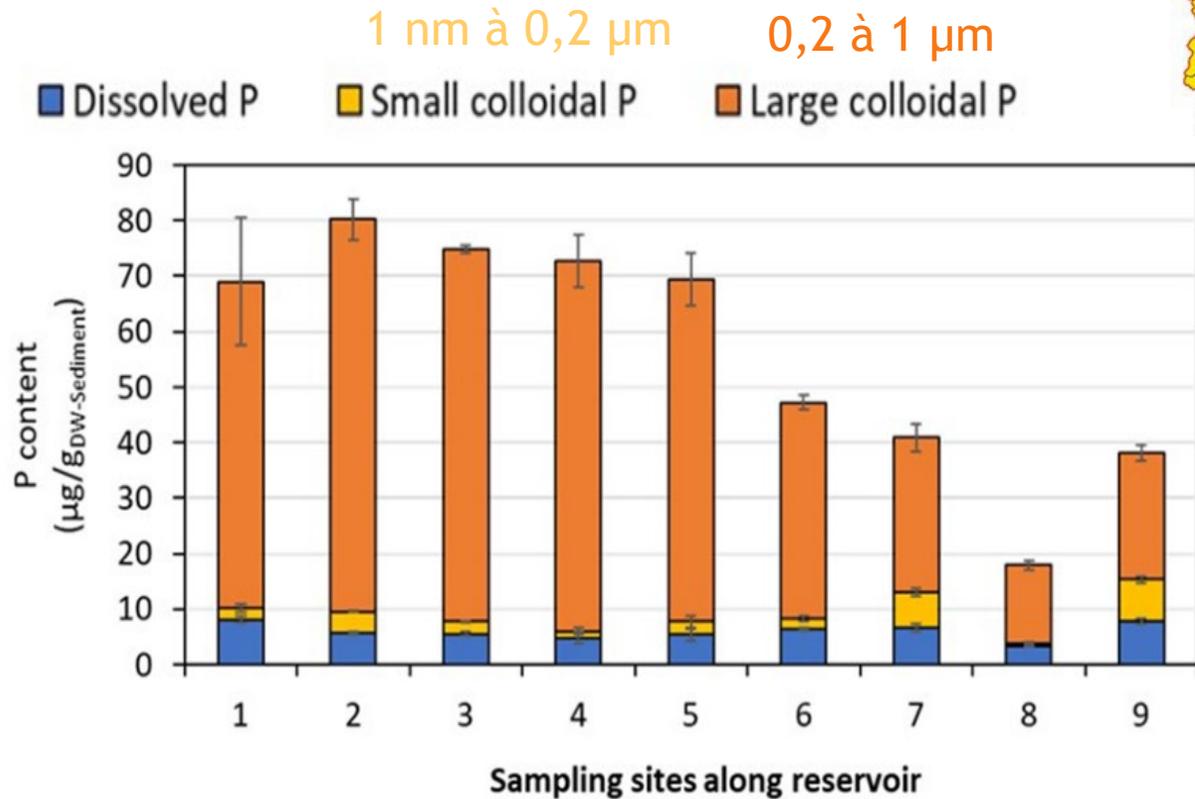
Quelle contribution des colloïdes dans la mobilité du P sédimentaire ?

Colloïdes → particules de taille comprise entre 1 μm et 1 nm

P_{WM} : P mobilisé par suspension des sédiments dans l'eau ($S/L = 1/10$)



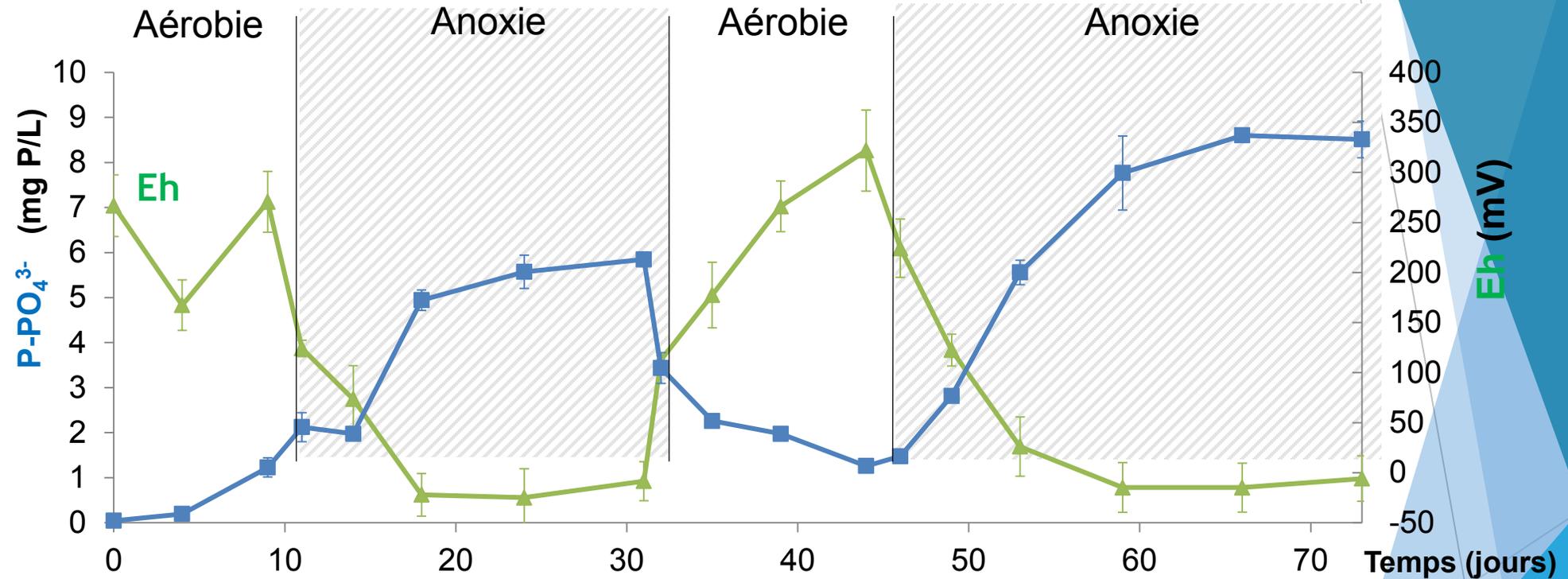
Quelle contribution des colloïdes dans la mobilité du P sédimentaire ?



➤ Contribution majeure de la fraction colloïdale 0,2 à 1 µm dans la mobilité du P sédimentaire

Quels facteurs induisent une plus forte mobilité du P ?

Simulation alternance **milieu avec/sans oxygène**

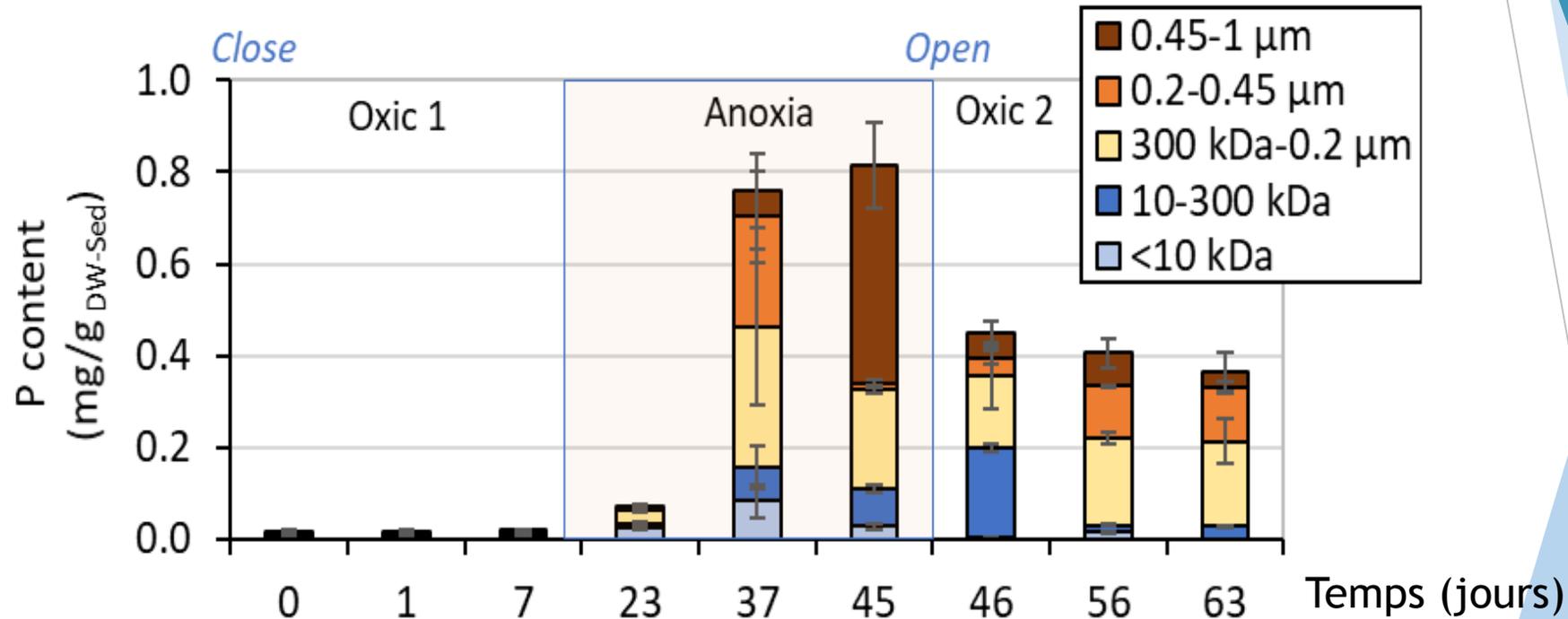


Dynamique du P inversement corrélée avec celle du potentiel redox Eh

- 1^{er} cycle anoxique : relargage de P-PO₄³⁻ dissous → 5,57 mg P/L (2,6 % du TP)
- 2^{ème} cycle anoxique : relargage de P-PO₄³⁻ dissous → 8,73 mg P/L (3,6 % du TP)
- 2^{ème} cycle aérobie : remobilisation de P-PO₄³⁻ dissous plus élevée que lors du 1^{er} cycle

Quels facteurs induisent une plus forte mobilité du P ?

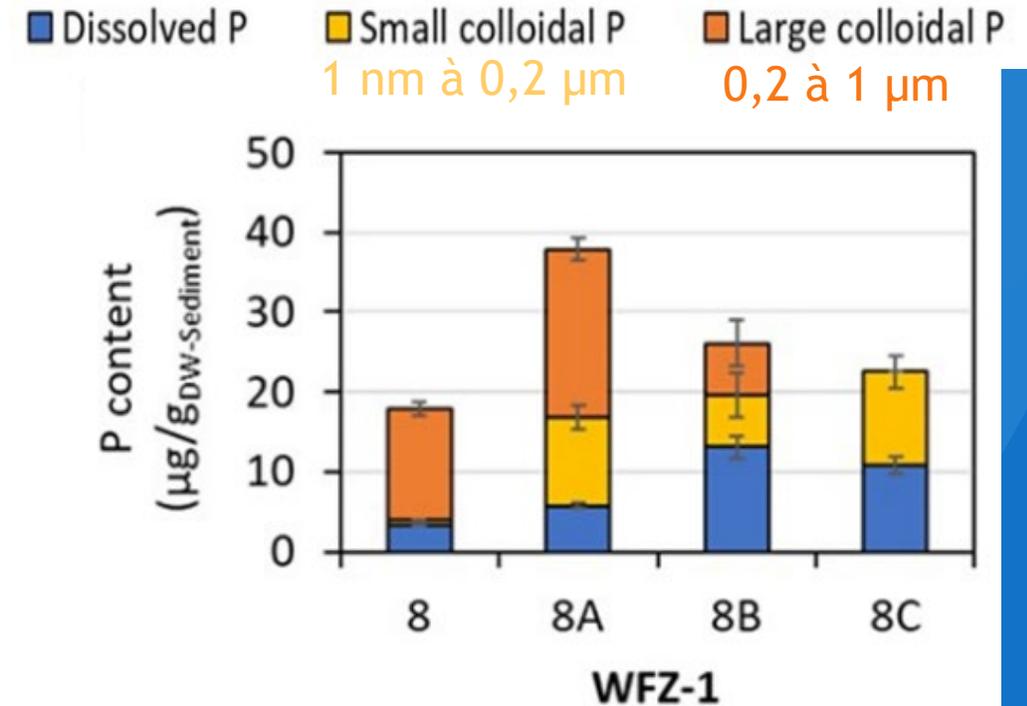
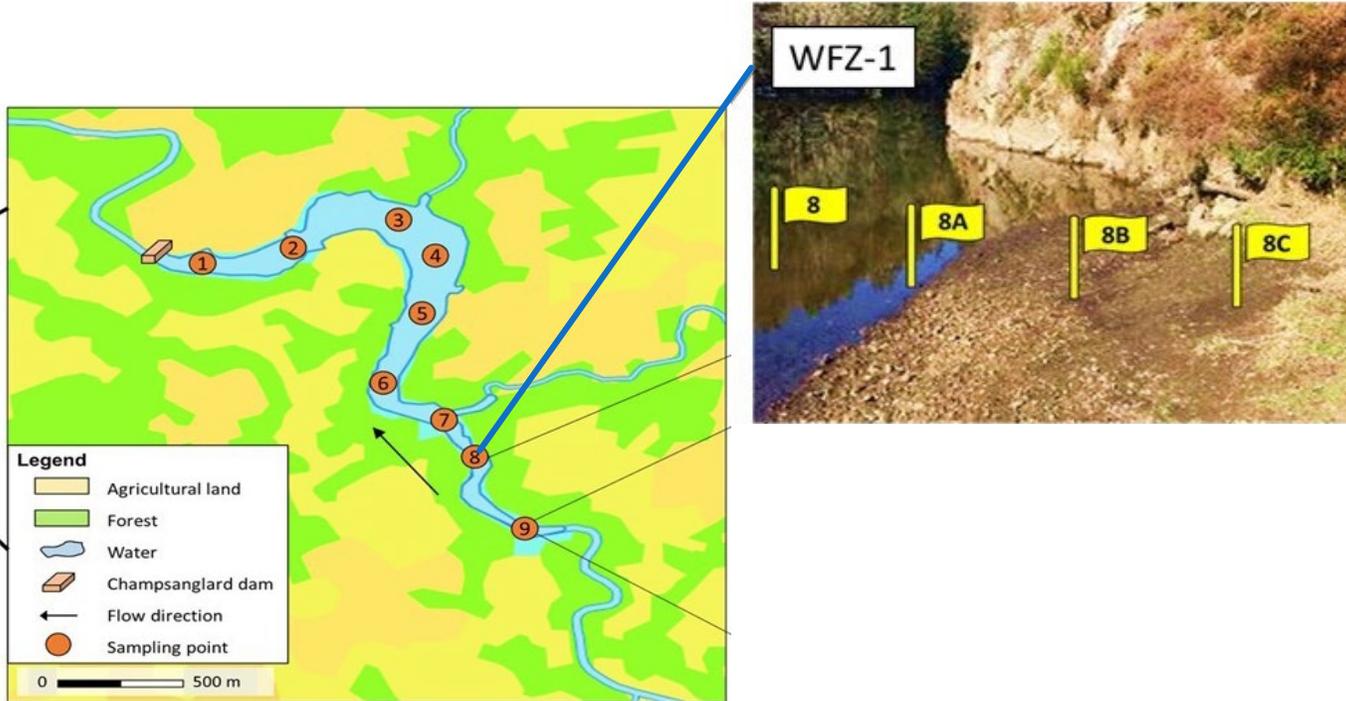
Simulation alternance **milieu avec/sans oxygène** : prise en compte de la fraction colloïdale



- En anoxie → P_{mobilisé} dans l'eau ~ 40 % du P sédimentaire
- Contribution majeure des colloïdes (contribution minimale du P-PO₄³⁻ dissous)
- Maintien de teneurs élevées en P dans la fraction colloïdale lors du cycle aérobie 2

Quels facteurs induisent une plus forte mobilité du P ?

Marnage → séchage / ré-humidification des sédiments de berge



Phosphore mobilisable par extraction à l'eau

→ **Mobilité P accrue au niveau des zones de berges**

Conclusions

Au sein du sédiment

- ▶ Ne pas considérer que la concentration totale en P mais aussi son **fractionnement** (dans quelles conditions le P sera-t-il mobilisable?)
- ▶ Intérêt de la détermination de EPC_0 pour évaluer le rôle des sédiments en tant que **puits ou source** de P
- ▶ Phénomène d'accumulation de P dans les retenues, dans la zone où la **granulométrie** est la plus faible, dans les zones où l'hydrodynamique est la plus lente

A l'interface sédiment/colonne d'eau

- ▶ En **condition anoxie** → remobilisation importante du P (fractions dissoute et colloïdale) avec un maintien de la mobilisation au retour à des conditions oxiques
→ importance d'éviter le développement de conditions anoxiques
- ▶ Remobilisation de P sédimentaire favorisée par les séquences de **séchage/ré-humidification** → contrôler les teneurs en P dans les sédiments des zones de marnage
- ▶ Importance de la **fraction colloïdale** → ne pas limiter l'analyse de P dans la fraction dissoute ($< 0,2$ ou $0,45 \mu\text{m}$)



Merci de votre attention

Bibliographie

- ▶ Nguyen Ngoc Diep, soutenance prévue en décembre 2020, Caractérisation et contribution de la fraction colloïdale dans la mobilité et la (bio)disponibilité du phosphore sédimentaire, Thèse de l'Université de Limoges
- ▶ Nguyen D-N., Grybos M., Rabiet M., Deluchat V. How do colloid separation and sediment storage methods affect water-mobilizable colloids and phosphorus? An insight into dam reservoir sediment, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 606, 125505
- ▶ Rapin A., Rabiet M., Mourier B., Grybos M., Deluchat V. (2020). Sedimentary phosphorus accumulation and distribution in the continuum of three cascade dams (Creuse River, France). *Environmental Science & Pollution Research* 27, 6526-6539.
- ▶ Rapin A., Grybos M., Rabiet M., Mourier B., Deluchat V. (2019). Phosphorus mobility in dam reservoir affected by redox oscillations: An experimental study. *Journal of Environmental Sciences (China)* 77, 250-263.
- ▶ Rapin A., Rabiet M., Grybos M., Mourier B., Fay A., Kestens T., Deluchat V. (2017). Distribution spatiale et mobilité du phosphore sédimentaire dans une retenue hydroélectrique. *Revue des Sciences de l'Eau* 30, 71-76.
- ▶ Rapin Anne, 2016, Mobilité du phosphore sédimentaire en contexte de retenues de barrage hydroélectrique, Thèse de l'Université de Limoges