

Journées de dialogue recherche-gestion EP Loire
Qualité de l'eau dans les retenues

Orléans, mardi 17 septembre 2019

LES FLUX DE NUTRIMENTS À
L'INTERFACE EAU-SÉDIMENTS DANS
LES RETENUES : INFLUENCE DE LA
BIOTURBATION ET DE L'OXYGÉNATION

Edwige Gautreau

Gautreau E., Volatier L., Nogaro G., Gouze E. et Mermillod-Blondin F.
Influences of bioturbation and water column oxygenation on nutrient
recycling from reservoir sediments, 2019, *Hydrobiologia*, submitted



Université Claude Bernard Lyon 1



ENTPE

L'école de l'aménagement durable des territoires

CONTEXTE

- Directive Cadre sur l'Eau (DCE) → atteinte du bon état des masses d'eau
- Mieux comprendre les facteurs impliqués dans la dégradation de la qualité de l'eau → améliorer ou préserver le fonctionnement des écosystèmes aquatiques

Retenues hydrauliques :
zones d'accumulation de
sédiments chargés en N et
P du bassin versant



Eutrophisation :
blooms
phytoplanktoniques,
hypoxie...



Affecte ressource en
eau et activités (eau
potable, pêche...)



Puyvalador (66), Géraldine Nogaro

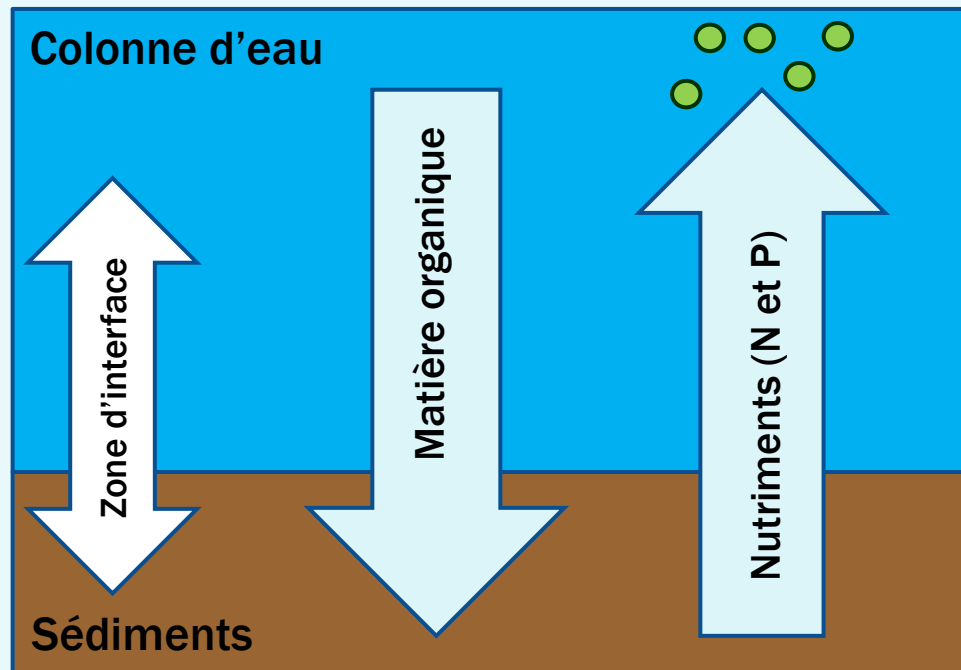


Puyvalador (66), Géraldine Nogaro

INTRODUCTION

- Origines des nutriments
 - Apports externes provenant du bassin versant (e.g. tributaires)
 - Apports internes provenant de la matière organique dans la colonne d'eau et dans les sédiments

Flux de nutriments : sédiments vers la colonne d'eau → rarement pris en compte lors du processus d'eutrophisation



INTRODUCTION

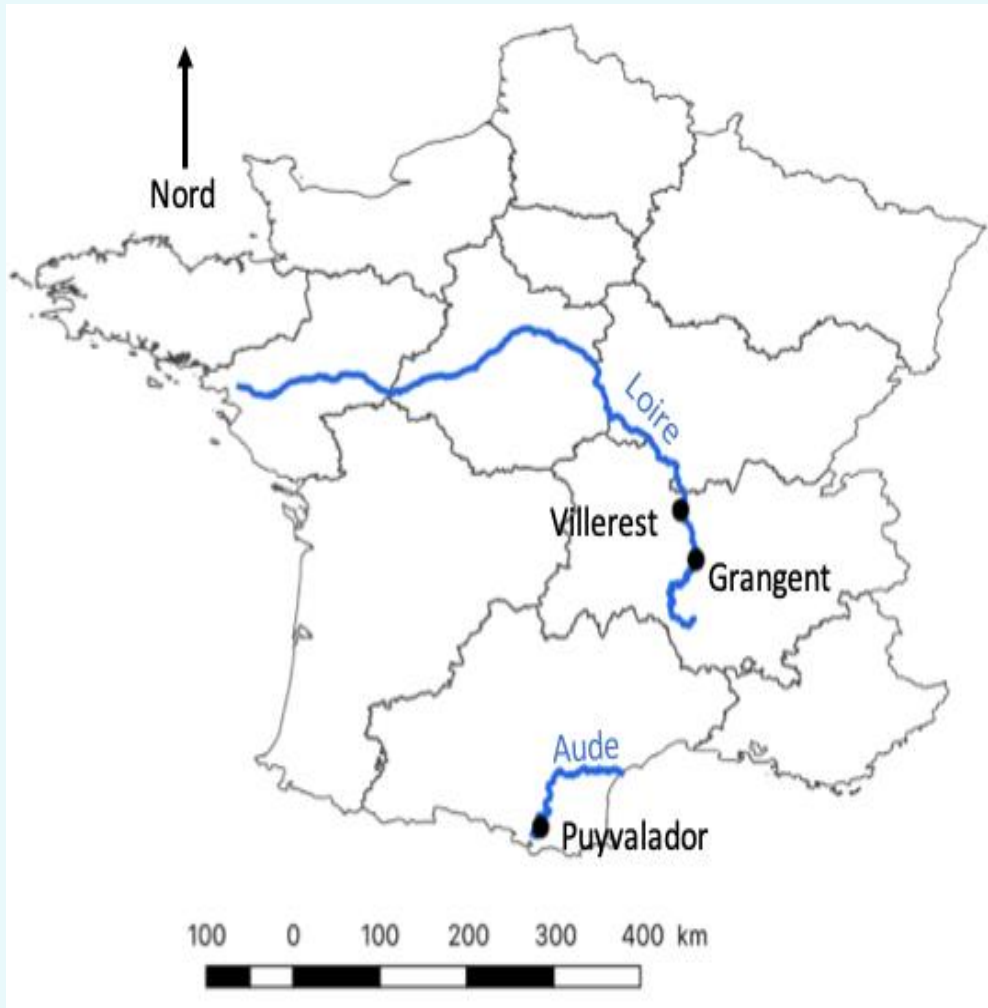
- **Processus de relargage de nutriments des sédiments vers la colonne d'eau**
 - **Diffusion moléculaire** (Anschutz et al., 2012)
 - **Facteurs abiotiques (e.g. oxygénation)** (Mortimer, 1941 ; Boström et al., 1988)
 - **Facteurs biotiques (i.e. bioturbation)** (Kristensen, 2000, Pelegri et Blackburn, 1996 ; Mermillod-Blondin et al., 2005)



Objectif → Quantifier la contribution de la bioturbation et de la concentration en oxygène sur les flux de nutriments à l'interface eau-sédiments

PRÉSENTATION DU SITE D'ÉTUDE

Réservoir de Puyvalador sur l'Aude (Pyrénées-Orientales)



PRÉSENTATION DU SITE D'ÉTUDE

Réservoir de Puyvalador sur l'Aude (Pyrénées-Orientales)

géré par Electricité de France (EDF)

rôle principal : production d'électricité

superficie : 90 ha (cote 1421 m)

volume : 10,1 hm³ (cote 1421 m)

profondeur max : 21 m (cote 1421 m)

temps de résidence : 40 jours

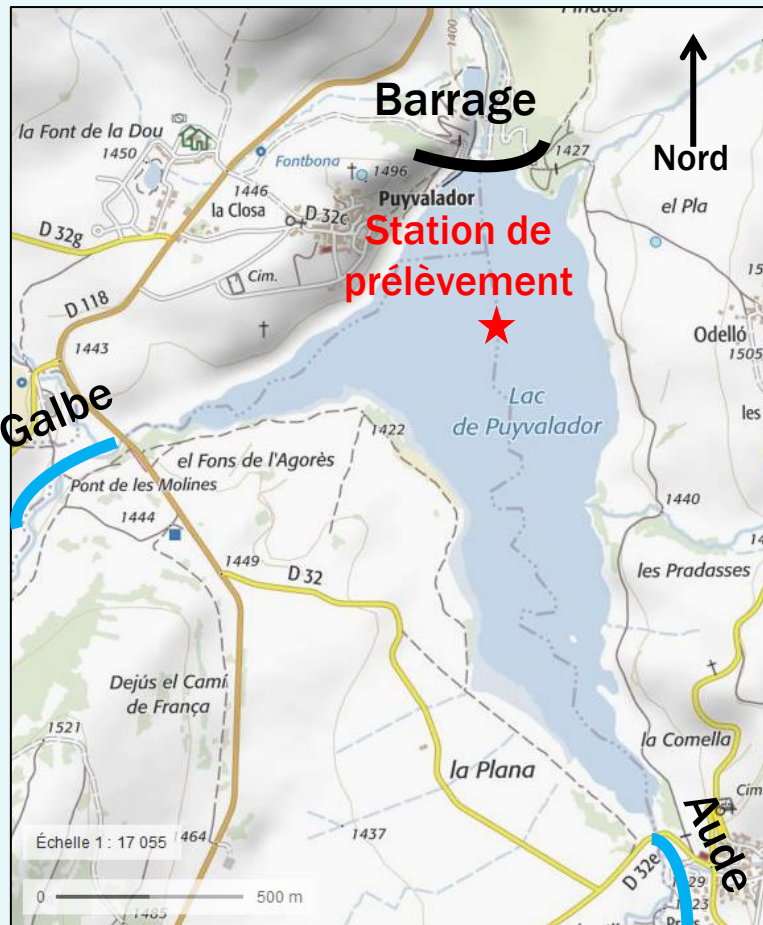
tributaires : Aude et Galbe

exutoire : Aude

faune présente : larves de *Chironomus plumosus* et vers Oligochètes

bassin versant : agricole, station de ski

Blooms phytoplanctoniques tous les étés



Carte du site d'étude sur la retenue de Puyvalador (66)

Source : carte IGN, site web Géoportail

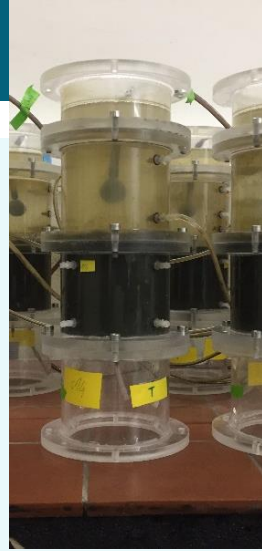
MATÉRIELS ET MÉTHODES

5 traitements

15 mésocosmes à 15 °C

Témoin : pas de faune, bulleur 24h/24h

n = 3 par traitements
15 jours d'expérimentation



Traitement Faune

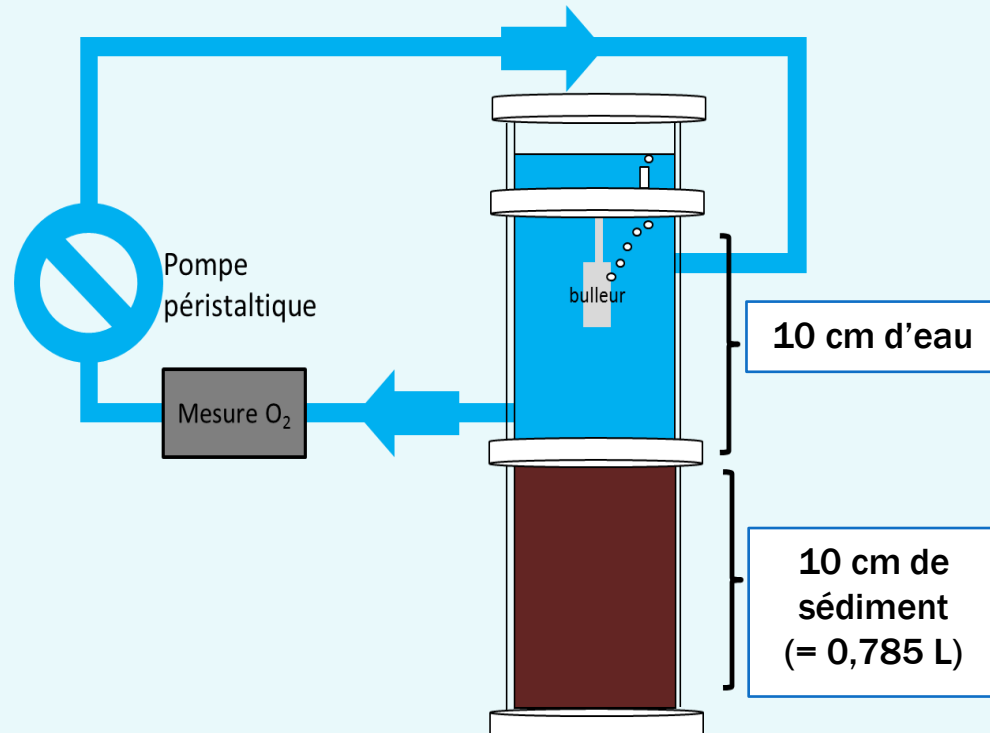
Chironomes : 15 larves de *Chironomus plumosus* en stade 4 (2095 ind/m²)

Oligochètes : 150 vers Oligochètes (18 190 ind/m²)

Traitement Oxygénation

Anoxie : colonne fermée hermétiquement

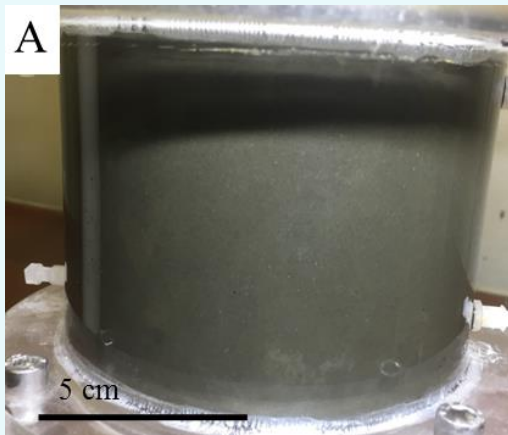
Fluctuation : bulleur 12h/24h



RÉSULTATS : EFFET FAUNE

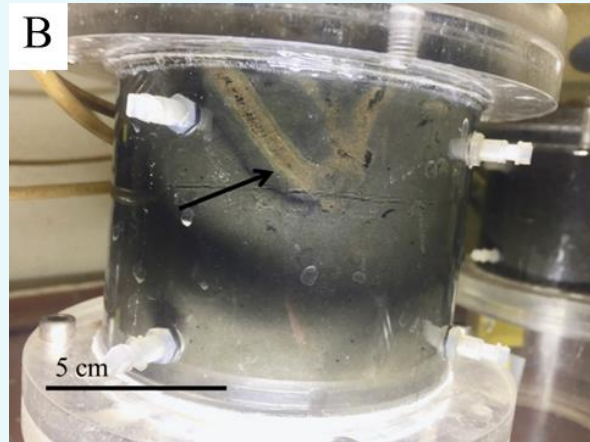
Observations visuelles de l'effet de la faune en fin d'expérimentation

Colonne Témoin



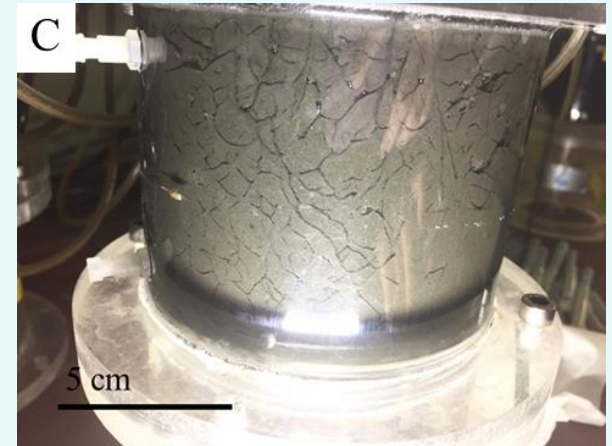
→ Pas de différence

Colonne Chironomes



→ Galerie en U et différence de couleur due à l'oxygénation

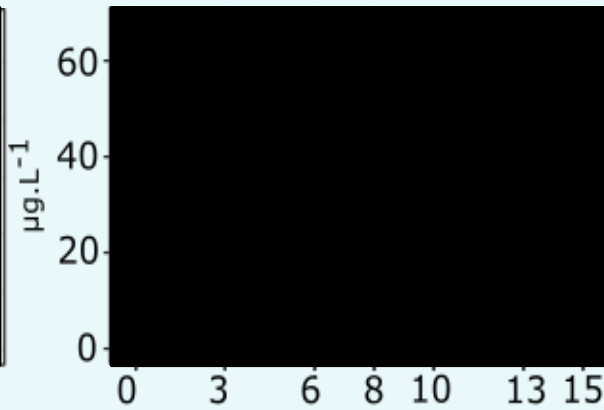
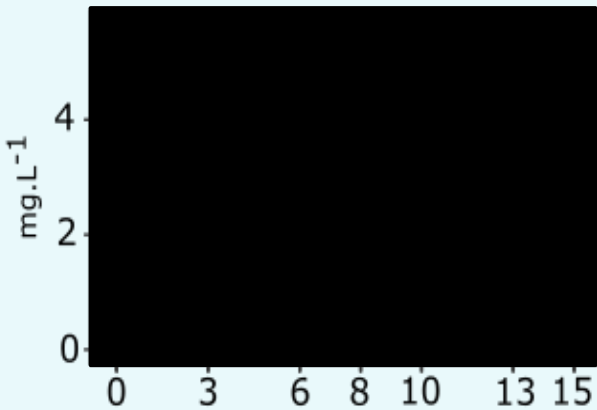
Colonne Oligochètes



→ Réseau de galeries, pas de différence de couleur visible

RÉSULTATS : EFFET FAUNE

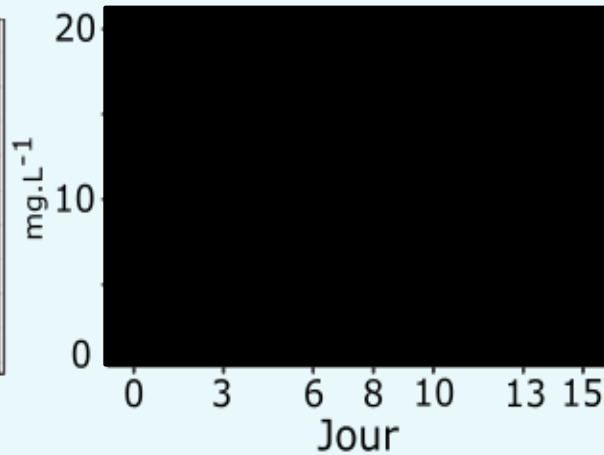
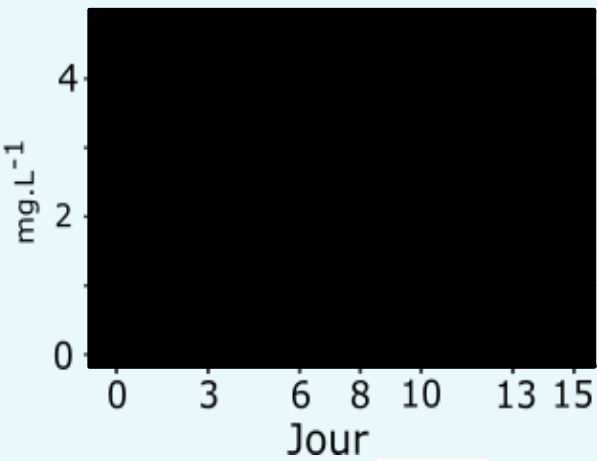
Dynamique de la concentration en nutriments



N-NH₄⁺ et N-NO₃⁻

→ Relargage sous forme de N-NH₄⁺ puis nitrification (N-NO₃⁻) à partir de J+10

→ Concentration sous forme de N + importante en Chiro



P-PO₄³⁻

→ Concentration + importante en traitement Chiro

SiO₂

→ Concentration + importante en traitement Chiro

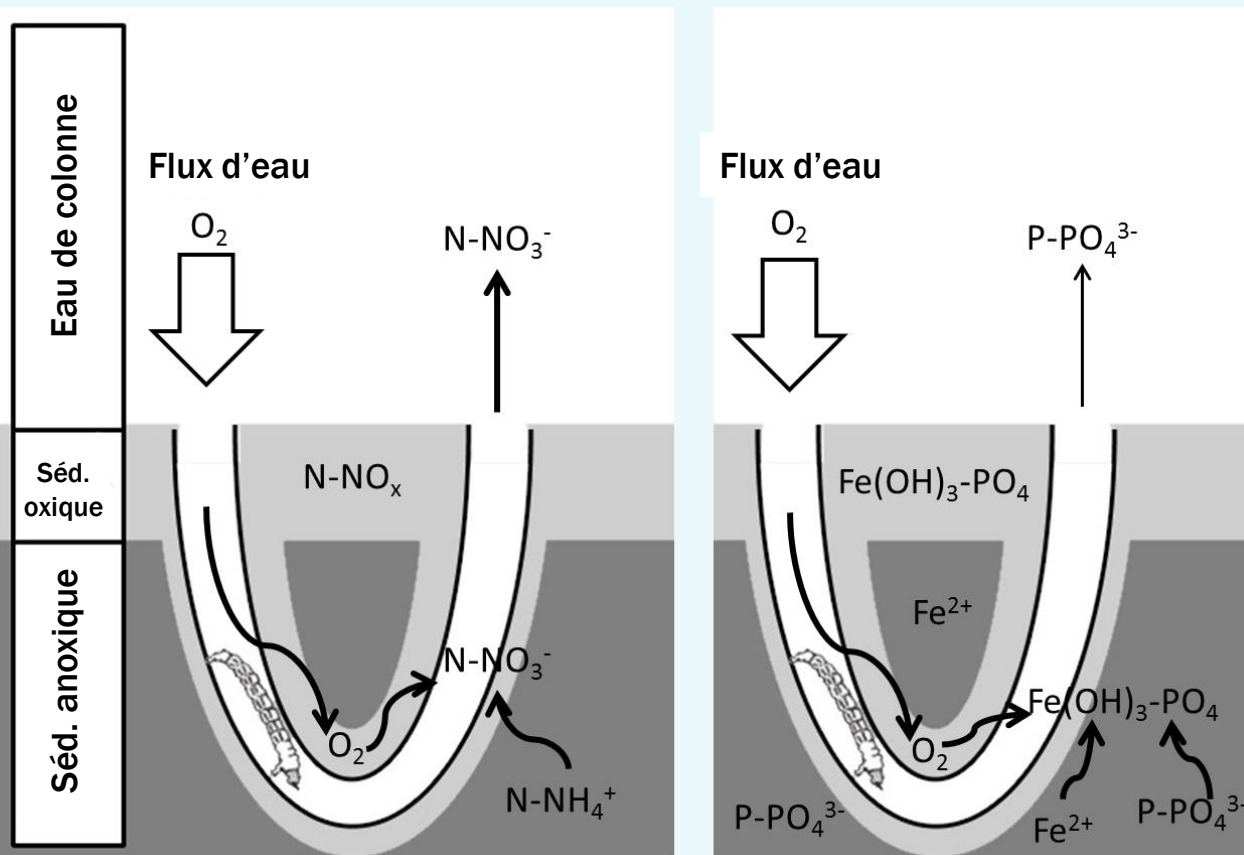
■ Témoïn ▲ Oligochètes ● Chironomes

DISCUSSION

Influence de la faune sur la dynamique des nutriments

Chironomes

→ en fin d'expérimentation



Ventilation du tube en U :
vient oxyder les parois des
tubes



$N-NO_3^-$: relargage

$P-PO_4^{3-}$: adsorbés par les
oxydes de fer

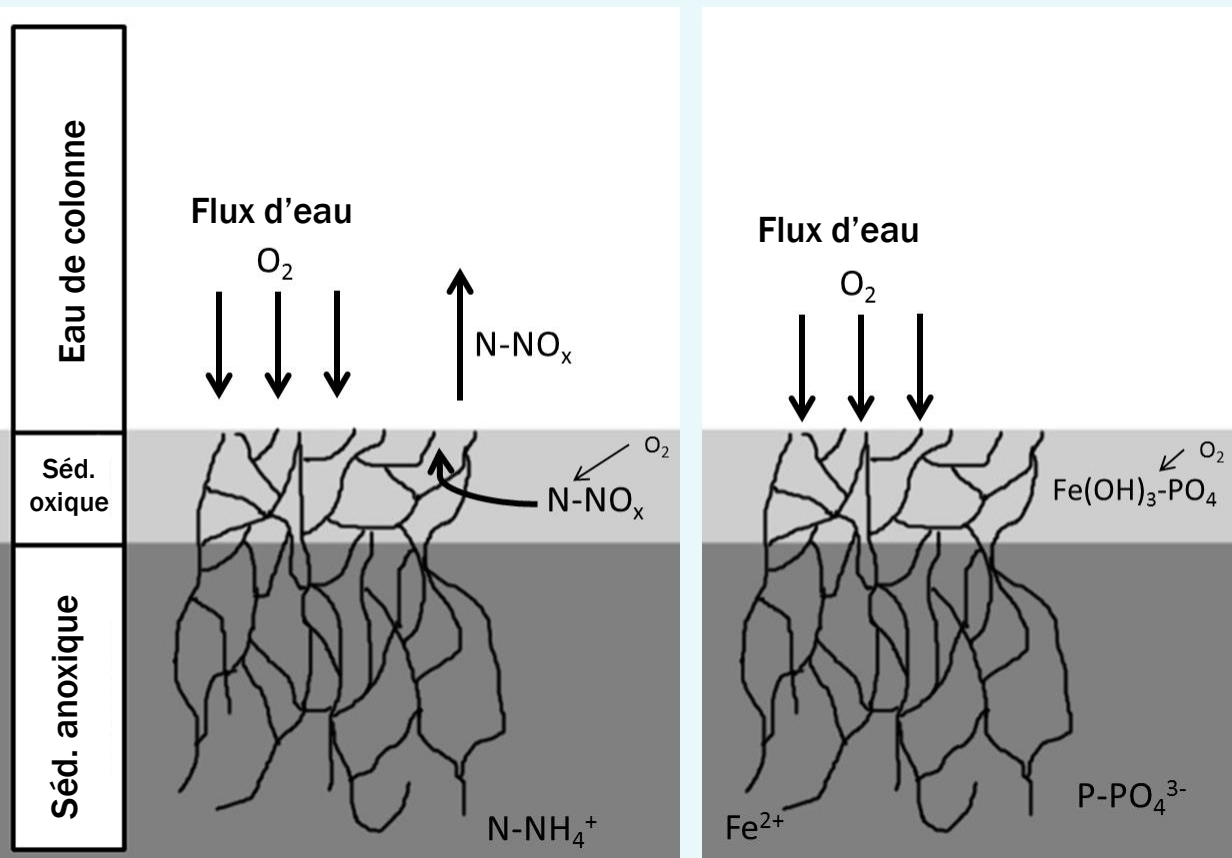
SiO_2 : relargage

(Lewandowski et Hupfer, 2005 ; Hupfer et al., 2019)

DISCUSSION

Influence de la faune sur la dynamique des nutriments

Oligochètes



Produit un réseau de galeries

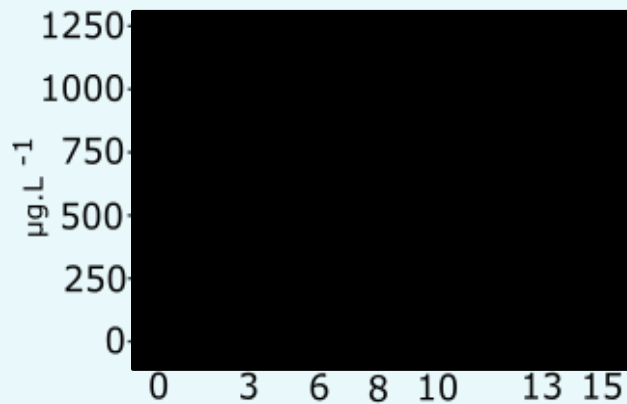
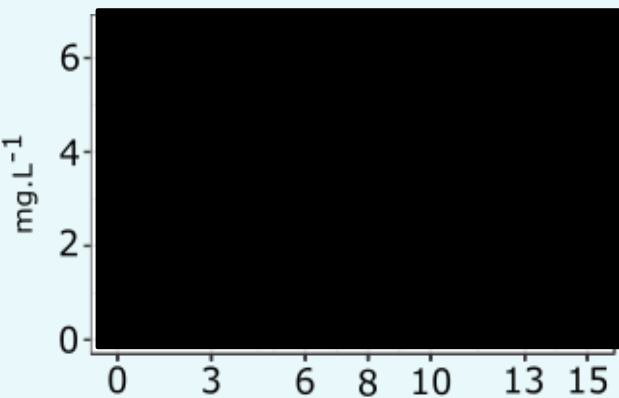


Peu de ventilation → peu de relargage de nutriments par rapport au traitement Chironomes

(Leuchs, 1986 ; Svensson et al., 2001)

RÉSULTATS : EFFET OXYGÈNE

Dynamique de la concentration en nutriments

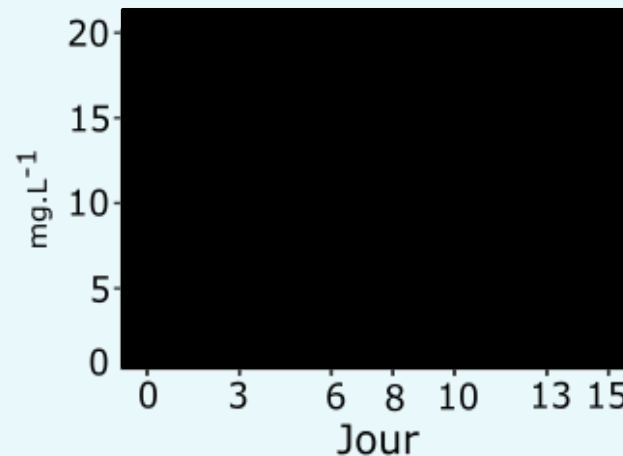
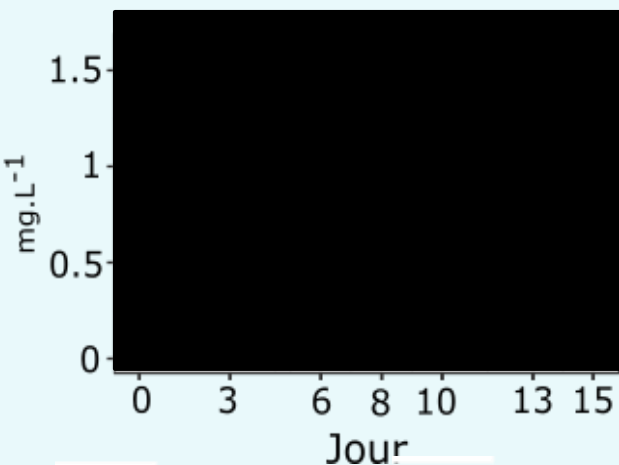


$N-NH_4^+$

→ Augmentation $N-NH_4^+$ en traitement Anoxie

$P-PO_4^{3-}$

→ Augmentation $P-PO_4^{3-}$ en traitement Anoxie



$N-NO_3^-$

→ Augmentation $N-NO_3^-$ en traitements Témoign et Fluctu

SiO_2

→ Augmentation SiO_2 en traitement Anoxie

■ Témoign ● Fluctuation ▲ Anoxie

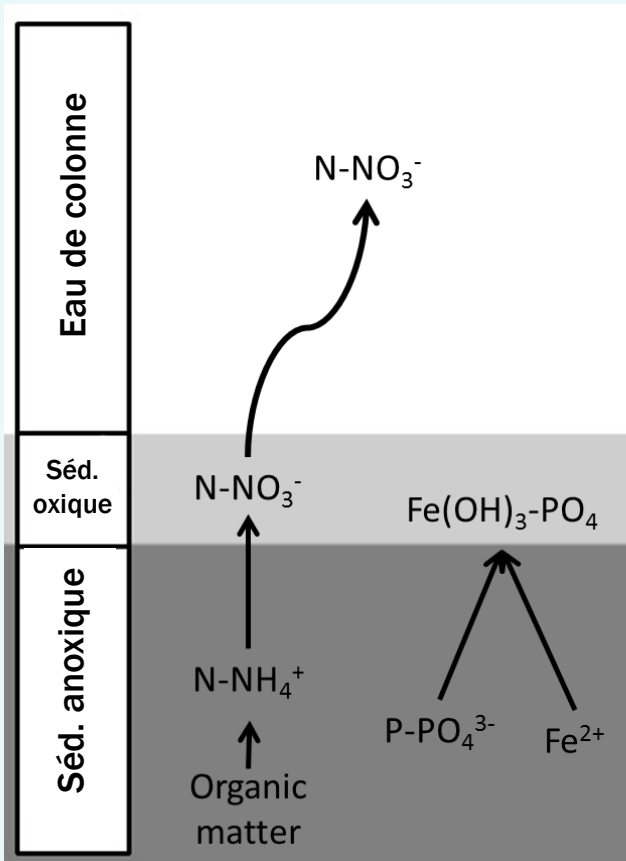
* : pas de mesure, problème d'analyse

Moyenne ± erreur standard, n=3

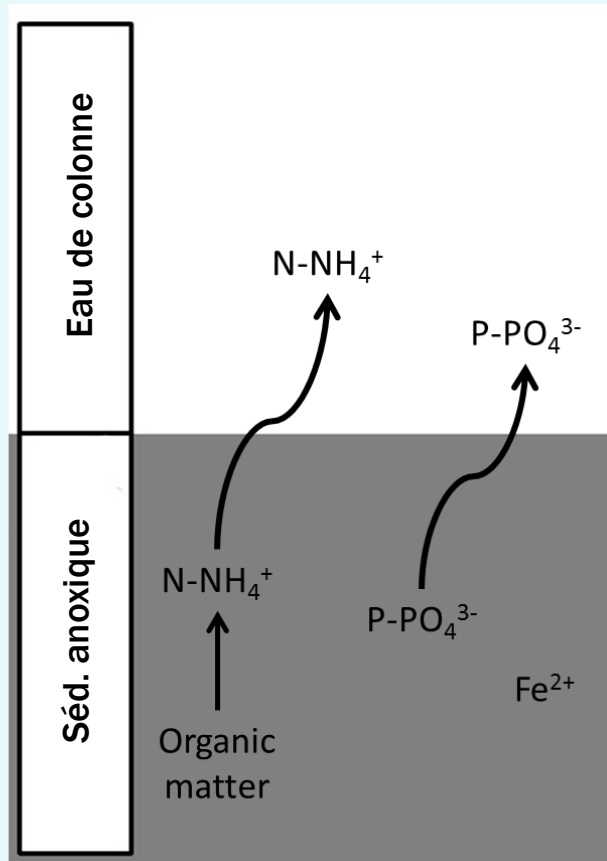
DISCUSSION

Influence de l'oxygénation sur la dynamique des nutriments

Témoin



Anoxie



En Anoxie

Relargage de $N-NH_4^+$:
accumulation de N sous
forme d'ammonium

Relargage de $P-PO_4^{3-}$:
désorption des
phosphates aux oxydes
de fer

Relargage de SiO_2 : dû à
la production de bulles
de CH_4

(Boström et al., 1988 ; Ekeröth et al., 2016 ;
Rapin et al., 2019)

CONCLUSION

Influence de la faune

- Faune augmente le relargage de nutriments
 - *Chironomus plumosus* : augmente le relargage de N (NO_3^-) et de P- PO_4^{3-}

Chironomes > Oligochètes

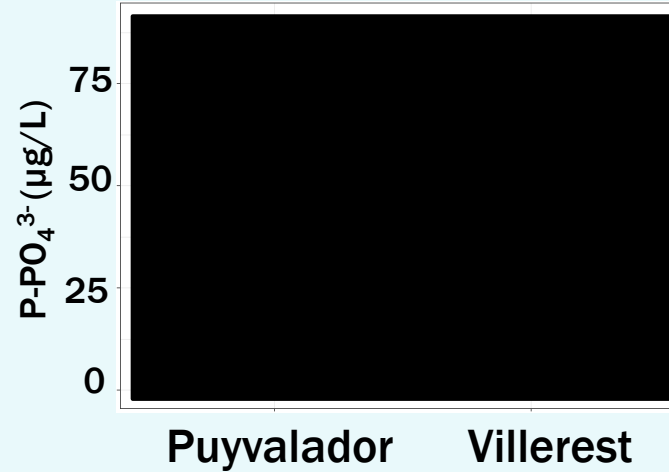
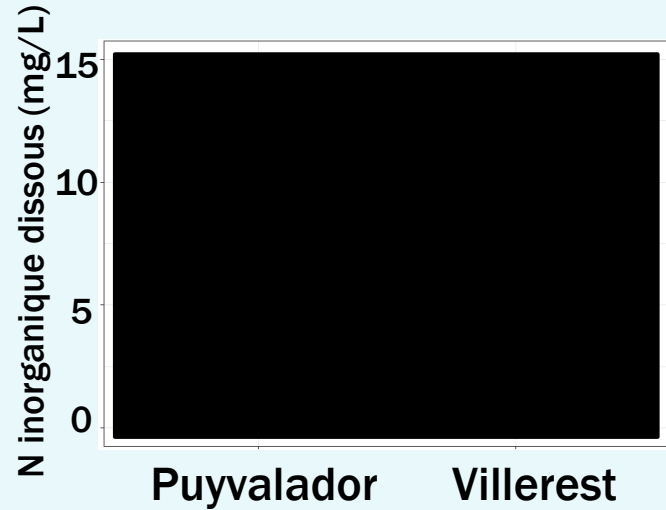
Influence de l'oxygénation

- Anoxie : augmente le relargage de N (NH_4^+) et le relargage de P- PO_4^{3-}

Anoxie >>> Présence de faune

QUELQUES RÉSULTATS VILLEREST

Influence de la faune à J+15



Faune (Oligochète)

→ Relargage de N

→ Relargage de P

NO_3^- :

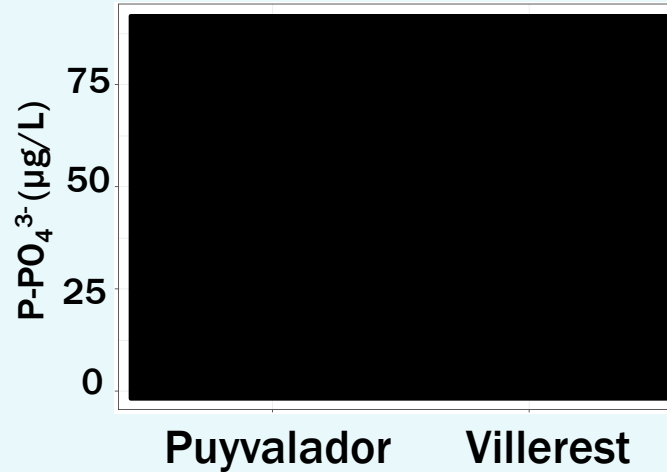
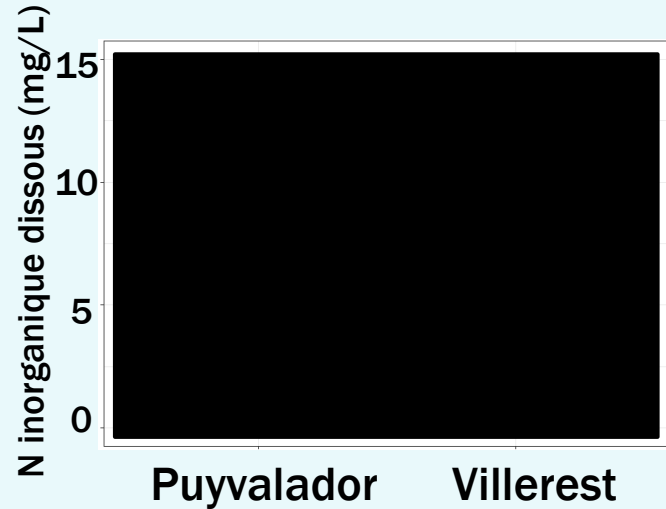
+ influence des
Oligochètes

PO_4^{3-} :

+influence des
Oligochètes

QUELQUES RÉSULTATS VILLEREST

Influence de la faune à J+15



Faune (Oligochète)

→ Relargage de N

→ Relargage de P

NO₃⁻ :

+ influence des

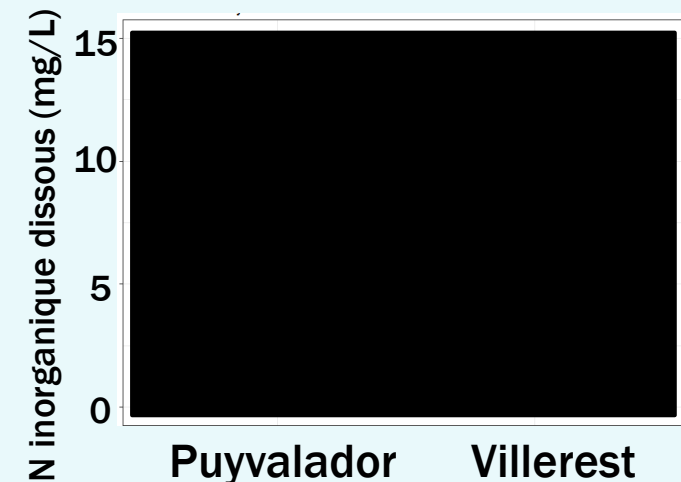
Oligochètes

PO₄³⁻ :

+influence des

Oligochètes

Influence de l'oxygénation à J+15



Anoxie

→ Relargage de N

→ Relargage de P

Anoxie >>>

Faune

**MERCI POUR VOTRE
ATTENTION**

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anschutz, P., A. Ciutat, P. Lecroart, M. Gérino, & A. Boudou, 2012. Effects of tubificid worm bioturbation on freshwater sediment biogeochemistry. *Aquatic Geochemistry* 18: 475–497.
- Boström, B., J. M. Andersen, S. Fleischer, & M. Jansson, 1988. Exchange of phosphorus across the sediment-water interface In Persson, G., & M. Jansson (eds), *Phosphorus in Freshwater Ecosystems*. Springer Netherlands, Dordrecht: 229–244, http://www.springerlink.com/index/10.1007/978-94-009-3109-1_14.
- Ekeröth, N., S. Blomqvist, & P. Hall, 2016. Nutrient fluxes from reduced Baltic Sea sediment: effects of oxygenation and macrobenthos. *Marine Ecology Progress Series* 544: 77–92.
- Hansen, K., S. Mouridsen, & E. Kristensen, 1998. The impact of *Chironomus plumosus* larvae on organic matter decay and nutrient (N, P) exchange in a shallow eutrophic lake sediment following a phytoplankton sedimentation. *Hydrobiologia* 364: 65–74.
- Hupfer, M., S. Jordan, C. Herzog, C. Ebeling, R. Ladwig, M. Rothe, & J. Lewandowski, 2019. Chironomid larvae enhance phosphorus burial in lake sediments: Insights from long-term and short-term experiments. *Science of The Total Environment* 663: 254–264.
- Leuchs, H., 1986. Die Schlaengelaktivität von Chironomuslarven (Diptera) aus flachen und tiefen Gewässern und die resultierenden Wasserzirkulationen in Abhängigkeit von Temperatur und Sauerstoffangebot. *Archiv für Hydrobiologie* 108: 281–299.
- Lewandowski, J., & M. Hupfer, 2005. Effect of macrozoobenthos on two-dimensional small-scale heterogeneity of pore water phosphorus concentrations in lake sediments: A laboratory study. *Limnology and Oceanography* 50: 1106–1118.
- Mortimer, C. H., 1941. The exchange of dissolved substances between mud and water in lakes. *Journal of Ecology* 29: 280–329
- Rapin, A., M. Grybos, M. Rabiet, B. Mourier, & V. Deluchat, 2019. Phosphorus mobility in dam reservoir affected by redox oscillations: An experimental study. *Journal of Environmental Sciences* 77: 250–263.
- Pelegri, S., & T. H. Blackburn, 1996. Nitrogen cycling in lake sediments bioturbated by *Chironomus plumosus* larvae, under different degrees of oxygenation. *Hydrobiologia* 325: 231–238.
- Stief, P., & D. De Beer, 2006. Probing the microenvironment of freshwater sediment macrofauna: Implications of deposit-feeding and bioirrigation for nitrogen cycling. *Limnology and Oceanography* 51: 2538–2548.
- Svensson, J. M., A. Enrich-Prast, & L. Leonardson, 2001. Nitrification and denitrification in a eutrophic lake sediment bioturbated by oligochaetes. *Aquatic Microbial Ecology* 23: 177–186.