

DYNAMIQUE DU PHOSPHORE DANS LES PLANS D'EAU PEU PROFONDS DANS UN CONTEXTE CLIMATIQUE EN ÉVOLUTION – APPLICATION À L'ÉTANG DES LANDES (23)

PHOSPHORUS DYNAMIC IN SHALLOW WATER BODIES IN THE CLIMATE CHANGE CONTEXT - APPLICATION TO THE ETANG DES LANDE (23)S

Etablissement **Université de Limoges**

École doctorale **Sciences et Ingénierie**

Spécialité **Eau, sol, environnement**

Unité de recherche **Eau Environnement Limoges**

Encadrement de la thèse **VERONIQUE DELUCHAT-ANTONY**

Financement du 01-10-2024 au 30-09-2027 *origine* **50% état et 50% région RNA** *Employeur* **Université de Limoges**

Début de la thèse le **1 octobre 2024**

Date limite de candidature (à 23h59) **10 juin 2024**

Mots clés - Keywords

Phosphore, Sédiment, Plan d'eau, Eutrophisation, Changement climatique, Etang des Landes

Phosphorus, Sediment, Lake, Eutrophication, Climate Change, Etang des Landes

Description de la problématique de recherche - Project description

L'eutrophisation consiste en la dégradation d'un milieu aquatique associée à la surproduction de matières organiques induites par des apports de nutriments. Cela impacte fortement la fonctionnalité des milieux vis-à-vis de la biodiversité mais aussi des usages. En eau douce continentale, le phosphore (P) est considéré comme l'élément limitant l'eutrophisation. Les effets rapides du changement climatique sur les régimes hydriques et les températures soulèvent de grandes interrogations en terme d'impact sur la dynamique du phosphore. En France, le changement climatique s'illustre par l'occurrence d'évènements climatiques extrêmes avec notamment des périodes de sécheresse de plus en plus longues et intenses, des événements caniculaires répétés et des crues plus marquées. Ces changements risquent d'impacter la dynamique du P dans les plans d'eau via l'érosion, les variations de régime hydrique, les températures et donc les mécanismes d'immobilisation du P.

En région Nouvelle-Aquitaine, les retenues d'eau à enjeux variés (réservoir de biodiversité, eau potable, irrigation) subissent de plein fouet les bouleversements climatiques et leur résilience est questionnée. Les plans d'eau peu profonds dont l'alimentation n'est pas permanente sont ainsi sujets à des marnages de plus en plus importants en lien avec des sécheresses de plus en plus intenses pouvant parfois conduire à des assèchs non contrôlés.

L'objectif de cette étude est donc de mieux comprendre comment les plans d'eau peu profonds subissent l'impact du changement climatique en lien avec la dynamique du phosphore et également celle de l'azote pour définir des pratiques permettant d'en limiter l'impact. Ces résultats et la méthodologie développée sur un site atelier pourront par la suite être appliqués à d'autres systèmes similaires. Ce travail sera réalisé au travers de suivis sur le terrain, couplé à des expérimentations en laboratoire.

Cette étude porte sur la réserve naturelle nationale (RNN) de l'étang des Landes située sur la commune de Lussat (23), dans le bassin sédimentaire de Gouzon. Malgré sa faible superficie (166 ha), la réserve naturelle de l'étang des Landes est un hot-spot reconnu de biodiversité en région Nouvelle-Aquitaine d'enjeu national ainsi qu'un lieu touristique et pédagogique.

Eutrophication involves the degradation of an aquatic environment associated with the overproduction of organic matter induced by anthropogenic inputs of nutrients. This significantly impacts the functionality of ecosystems with respect to biodiversity as well as their uses.

In continental freshwater, phosphorus (P) is considered the limiting element for eutrophication. The rapid effects of climate change on water regimes and temperatures raise major concerns regarding their impact on phosphorus dynamics. In France, climate change is evidenced by the occurrence of extreme weather events, including increasingly prolonged and intense drought periods, repeated heatwaves, and more pronounced floods. These changes are likely to impact phosphorus dynamics in water bodies through erosion, variations in water regimes, temperatures, and thus phosphorus immobilization mechanisms.

In the Massif Central area, water reservoirs serving various purposes (biodiversity reserves, drinking water, irrigation) are directly affected by climate upheavals, and their resilience is questioned. Shallow water bodies with non-permanent water supply are thus subject to

increasingly significant fluctuations due to increasingly intense droughts, sometimes leading to uncontrolled drying out.

The objective of this study is therefore to better understand how shallow water bodies are impacted by climate change in relation to phosphorus dynamics, as well as nitrogen, and to adopt practices to limit their impact. These results and the methodology used can be applied to other similar systems. This work will be carried out through field monitoring coupled with laboratory experiments.

This study focuses on the national nature reserve of the Etang des Landes located in the municipality of Lussat (23), in the sedimentary basin of Gouzon. Despite its small size (166 ha), the Etang des Landes nature reserve is a recognized biodiversity hotspot in the Nouvelle-Aquitaine region with national significance.

Thématique / Contexte

L'eutrophisation consiste en la dégradation d'un milieu aquatique associé à la surproduction de matières organiques induites par des apports de nutriments (Pinay et al., 2017). En effet, un apport important d'azote et de phosphore dans les masses d'eau conduit à un développement massif de macrophytes ou d'espèces phytoplanctoniques. Du fait de l'intensité de l'activité photosynthétique, les variations de pH et de la concentration en oxygène dissous entre les périodes diurne et nocturne conduisent à une baisse de la biodiversité dans le système aquatique. La décomposition de cette biomasse entraîne un épuisement de la concentration en oxygène dissous (développement de conditions anoxiques) et par conséquent la perturbation de l'ensemble de l'écosystème, physicochimique et écologique, avec la disparition de certaines espèces piscicoles. L'eutrophisation conduit souvent au développement de cyanobactéries qui représente également un enjeu sanitaire majeur de par leur aptitude à produire des cyanotoxines (Chorus et Bartram, 1999). Ainsi, l'eutrophisation impacte fortement la fonctionnalité des milieux vis-à-vis de la biodiversité mais aussi des usages que ce soit l'alimentation en eau potable, l'abreuvement des animaux ou les activités récréatives (activités nautiques, baignade, pêche...). Les plans d'eau sont des milieux particulièrement sensibles à ce phénomène en raison des temps de séjour importants et des températures plus élevées de leurs eaux. Ils sont d'autant plus sensibles aux variations du régime hydrique ou aux variations de températures que ce sont des systèmes aquatiques dont le temps de renouvellement des eaux est lent.

La Directive Cadre Européenne sur l'Eau 2000/60/CE du 23 octobre 2000 impose aux états membres des objectifs de résultats visant à atteindre le « bon état » pour tous les milieux aquatiques incluant les plans d'eau. Bien que l'état des masses d'eau commence à s'améliorer notamment concernant les cours d'eau, le constat est très différent lorsqu'il s'agit des plans d'eau. Par exemple, sur le bassin Loire-Bretagne, l'évaluation 2017 (AELB, 2020) indique que seulement 14 % des plans d'eau sont en bon ou très bon état, 70 % en état moyen et le reste en état médiocre ou mauvais. Le principal facteur déclassant de ces milieux particulièrement sensibles est l'eutrophisation.

En eau douce continentale, le phosphore (P) est considéré comme l'élément limitant l'eutrophisation. Son origine dans les milieux aquatiques est double : naturelle, minéralogique via l'érosion ou le lessivage, organique via le cycle de la matière organique, mais surtout une origine anthropique majeure avec l'agriculture (engrais, élevage) et les rejets domestiques ou industriels. De par sa forte affinité avec la fraction solide (Rapin et al., 2017), le phosphore va se retrouver dans la fraction solide en suspension (MES) et au sein du compartiment sédimentaire, en particulier dans les plans d'eau qui sont de véritables décanteurs naturels (Maavara et al., 2015). Cependant, le phosphore sédimentaire n'est piégé que temporairement dans la matrice sédimentaire et est donc mobilisable dans la colonne d'eau selon les conditions physico-chimiques. Par exemple, l'anoxie qui peut se développer au fond des plans d'eau, va favoriser la dissolution réductrice des minéraux ferriques, phases porteuses souvent majoritaires du phosphore (Rabiet et al., 2022) et ainsi entraîner le relargage du P. A l'échelle d'un plan d'eau, les sédiments peuvent représenter la majorité du flux de P vers la colonne d'eau (84 % dans le cas du lac Diefenbaker au Canada; Maavara et al., 2015 ; Donald et al., 2015).

Beaucoup d'études (Rapin et al., 2019, 2020) se sont intéressées à la mobilité du phosphore au sein des retenues et notamment à l'interface solide/colonne d'eau mais les effets rapides du changement climatique sur les régimes hydriques et les températures posent de grandes interrogations en terme d'impact sur la dynamique du P. En France, le changement climatique s'illustre par l'occurrence d'événements climatiques extrêmes avec notamment des périodes de sécheresse de plus en plus longues et intenses, des événements caniculaires répétés et des crues plus marquées. Ces changements impactent directement la dynamique du P dans un contexte de plan d'eau via l'érosion, les variations de régime hydrique, les températures, l'allongement des périodes d'ensoleillement et les conséquences sur les mécanismes d'immobilisation du P.

Les plans d'eau peu profonds (moins de 10 mètres) sont ainsi sujet à des marnages de plus en plus importants (de plusieurs mètres parfois) en lien avec des sécheresses de plus en plus intenses pouvant parfois conduire à des assèchs non contrôlés. Leur faible profondeur fait qu'ils sont plus impactés par les variations des paramètres tel que la température.

Des études récentes (Gu et al., 2018) montrent que le marnage favorise la mobilité du phosphore notamment sous forme colloïdale, forme très mobile et potentiellement biodisponible. Cependant, la plupart des études sont réalisées sur des matrices « sol » et peu d'entre elles ont étudié la matrice « sédiment ». Il y a donc un réel besoin de connaissance en terme de mobilité du phosphore sédimentaire et en particulier en distinguant le phosphore dissous du phosphore colloïdal.

Objectifs

L'objectif de cette étude est donc d'apporter des éléments de compréhension des mécanismes impliqués dans la dynamique du phosphore sédimentaire à l'interface sédiment/eau, notamment dans les périodes de dessiccation importante et de remise en eau du système. Il s'agira également de déterminer les flux de phosphore entrant et sortant afin de réaliser un bilan quantitatif sur le système étudié, ce qui permettra de déterminer la quantité de P stockée annuellement dans la retenue mais aussi les échanges entre la colonne d'eau et le compartiment sédimentaire. Ces bilans seront réalisés sur une durée d'une année et demie hydrologique pour étudier leur variation temporelle, ce qui pourrait aboutir à la détermination de périodes critiques.

Références bibliographiques

- Agence de l'Eau Loire Bretagne (AELB), 2020. Etat 2017 des plans d'eau du bassin Loire-Bretagne. <https://agence.eau-loire-bretagne.fr/home/bassin-loire-bretagne/zoom-sur-la-qualite-des-eaux-en-loire-bretagne-2020.html?dossierCurrentElemente45c63ca-4536-4b29-97c5-1cc2713d5974=f3610971-6ff0-4ee5-9cec-2b4e42dcc203>. CD23 Conseil Départemental de la Creuse, 2020. – Réserve naturelle Etang des Landes. Plan de gestion 2020-2027. CD 23, 216 p. Chorus I., Bartram J., 1999. Toxic Cyanobacteria in Water—A Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring and Management. Routledge, London and New York E & FN Spon. Donald D.B., Parker, B.R., Davies J.M., Leavitt P.R., 2015. Nutrient sequestration in the Lake Winnipeg Watershed. *Journal of Great Lakes Research* 41(2):630-42. Gu, S., Gruau, G., Malique, F., Dupas, R., Petitjean, P., Gascuel-Odoux, C., 2018. Drying/rewetting cycles stimulate release of colloidal-bound phosphorus in riparian soils. *Geoderma* 321, 32–41.
- Mady M., 2018. Catalogue des végétations aquatiques et amphibiennes de la Réserve naturelle nationale de l'Étang des Landes. Conservatoire botanique national du Massif central \ Conseil départemental de la Creuse, 38 p.
- Maavara, T., Parsons, C.T., Ridenour, C., Stojanovic, S., Dürr, H.H., Powley, H.R., Van Cappellen, P., 2015. Global phosphorus retention by river damming. *Proc Natl Acad Sci U S A* 112, 15603–15608.
- Pinay G., Gascuel C., Menesguen A., Souchon Y., Le Moam M., Levain A., Ethrillard C., Moatar F., Pannard A., Souchu P., 2017. L'eutrophisation : Manifestations, Causes, Conséquences, et Prédicibilité. Synthèse de l'Expertise scientifique collective CNRS – Ifremer – INRA – Irstea (France), 148 pages.
- 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, 1, 71-76.
- 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* 77, 250-263.
- 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(6), 6526-6539.
- Nguyen D-N., Grybos M., Rabiet M., Deluchat V. (2020) 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, Article 125505.
- Rabiet M, Lix C, Grybos M, Blondeau Da Silva A, Louvet F, Fondaneche P, Cleries K, Ducloux E, Deluchat V., 2022. Phosphore mobilisable dans les sédiments de plans d'eau : quels paramètres pertinents pour l'évaluation des stocks ? – Rapport d'étape#2 –, – janvier 2022 – 44 pages.

Précisions sur l'encadrement - Details on the thesis supervision

Codirection avec Marion Rabiet
Réunions bimensuelles a minima

Conditions scientifiques matérielles et financières du projet de recherche

Contrat doctoral financé à 50 % par l'état et à 50 % par la Région.
Le laboratoire E2LIM dispose des équipements analytiques nécessaires pour la réalisation de cette thématique, qui s'inscrit dans la continuité de programmes de recherche antérieurs (Projet Pho-Ret de 2021-2023 et projet POMOSSED de 2019 à 2021).
Ce projet s'inscrit dans le contexte du projet DynaPLand, pour lequel des équipements matériels spécifiques complémentaires vont être acquis.

Objectifs de valorisation des travaux de recherche du doctorant : diffusion, publication et confidentialité, droit à la propriété intellectuelle,...

Il est envisagé de largement communiquer les résultats, au travers de publications dans des journaux scientifiques de rang A mais aussi dans des congrès scientifiques, réunions publiques répondant à l'attente du partenaire (réserve naturelle et collectivité).

Collaborations envisagées

Réserve Naturelle Nationale de l'Etang des Landes
Département de la Creuse

Profil et compétences recherchées - Profile and skills required

Diplômé(e) d'un bac +5 vous avez des connaissances dans les domaines scientifiques des sciences de l'environnement (chimie, géosciences, ...) avec de bonnes connaissances en pratique de laboratoire (traitement d'échantillons solides et aqueux, chimie analytique) et un intérêt pour la réalisation d'expérimentations en laboratoire et de campagnes de terrain (échantillonnage eau et sédiment). Des qualités rédactionnelles en anglais ou en français sont indispensables.

Permis B nécessaire.

With a 5-year university degree, you have a scientific background in environmental sciences (chemistry, geosciences, etc.), with good practical laboratory skills (processing of solid and aqueous samples, analytical chemistry) and an interest in conducting laboratory

experiments and field campaigns (water and sediment sampling).
Writing skills in English or in French are essential.

Driving license required.

Dernière mise à jour le 12 avril 2024