

Biogeochemistry of an estuary subjected to hypoxia: mineralisation and lability of organic matter in the Loire

Biogéochimie d'un estuaire soumis aux hypoxies : minéralisation et labilité de la matière organique dans la Loire

1. **Mots clés** : diagenèse précoce, transferts benthiques, continuum terre-mer, hypoxie, processus hydrosédimentaires

2. Résumé du projet

Dans la Loire les déficits en oxygène dissous sont un des problèmes récurrents de l'estuaire depuis plusieurs décennies. Diverses études mettent en exergue l'influence des processus de dégradation de la matière organique dans la consommation de l'oxygène, mais le diagnostic exhaustif des causes reste complexe, en raison de la multiplicité des processus biogéochimiques à l'œuvre dans un estuaire.

Pour contribuer à cerner ce problème, le LPG, UMR CNRS, de l'Université d'Angers propose, dans le cadre du projet européen REVERS'EAU, une étude focalisée sur **le rôle potentiel des stocks en phosphore et en espèces chimiques réductrices contenus dans le sédiment superficiel dans l'aggravation des épisodes d'hypoxie.**

Les hypothèses formulées sont que :

- la réactivité des particules stockées est suffisamment importante pour générer une baisse significative de la quantité d'oxygène dans la colonne d'eau lors de la mise en suspension des sédiments,
- l'augmentation du temps de résidence de l'eau à l'étiage augmentant dans l'estuaire, la baisse de l'oxygénation par les processus benthiques est favorisée, et par un effet de rétroaction positive, permet le transfert vers la colonne d'eau de composés réduits et de nutriments comme les phosphates et l'ammonium.

Il ne s'agit pas de qualifier les périodes hypoxiques ou d'en évaluer les risques d'effets nocifs mais

(1) d'apporter des éléments de compréhension sur les apparitions d'épisodes d'hypoxie-anoxie, dans l'estuaire de la Loire par une approche centrée sur l'estimation du potentiel de consommation d'oxygène par les sédiments déjà présents dans l'estuaire et potentiellement géochimiquement différents des apports amont actuels.

(2) d'évaluer la cinétique de ces processus, et de modéliser les interactions entre les sédiments et la qualité de l'eau pour aboutir à un bilan chiffré de la consommation d'O₂ dans les zones de l'estuaire particulièrement réactives et à l'échelle de l'ensemble de l'estuaire.

3. Présentation de l'unité de recherche

Situé à l'Université d'Angers, le LPG-BIAF est le pôle angevin de l'UMR CNRS 6112. Après avoir existé pendant 12 ans en tant qu'équipe d'accueil, l'ancien laboratoire BIAF s'est joint au laboratoire LPG de Nantes, en 2012, pour créer une seule équipe universitaire en géosciences dans la Région Pays de la Loire. Les recherches proposées dans le cadre de cette thèse s'inscrivent dans le thème Systèmes Marins en Transition de l'UMR

Nos principaux outils de recherche :

- les micro-organismes fossilisables (foraminifères benthiques et planctoniques),
- la géochimie (réactions diagénétiques, composition des tests de foraminifères),
- la sédimentologie (dynamique et flux sédimentaires).

Notre stratégie de recherche est basée sur une combinaison d'observations sur le terrain, d'expériences en laboratoire, et d'études de carottes sédimentaires.

4. Equipe d'encadrement

Directeur de thèse : Edouard Metzger, Maître de Conférences HDR, Université d'Angers, est directeur adjoint de l'UMR 6112. Il a co-écrit 55 articles scientifiques (Hindex 23) et a co-encadré 6 doctorants dans le domaine de la biogéochimie et de l'écologie benthique. Il est spécialisé dans le développement et l'application de techniques à haute résolution pour l'étude des processus de diagénèse précoce. Il a également participé à la structuration d'un groupe de recherche national sur la biogéochimie des estuaires. Il est actuellement PI du projet REBELRED (2020-2022) qui vise à étudier le cycle fer, manganèse, phosphore à l'interface eau-sédiment dans l'estuaire de la Loire. (edouard.metzger@univ-angers.fr)

Co-directrice : Sabine Schmidt est Directrice de recherche au CNRS – UMR CNRS 5805 EPOC. Elle est spécialisée dans la détermination des flux de particules et du temps de résidence des particules dans la colonne d'eau, en relation avec l'activité biologique et l'hydrologie, l'estimation des taux de bioturbation et de sédimentation à l'interface eau-sédiment et l'intensité des flux de particules actuels et passés. Elle est également responsable du réseau de suivi à haute fréquence des paramètres hydro-sédimentaires de l'estuaire de la Gironde dans le cadre de la DCE (sabine.schmidt@u-bordeaux.fr)

Co-encadrant : Grégoire Maillet est Maître de Conférences, Université d'Angers, spécialiste des processus morpho-sédimentaires à l'interface fleuve/mer. Il étudie principalement les mécanismes de transferts sédimentaires dans le continuum estuarien. Il est actuellement PI du projet OXYMORE 2, action du LIFE Intégré REVERS'EAU (gregoire.maillet@univ-angers.fr)

5. Coordonnées

Université d'Angers,
UMR 6112 LPG
Faculté des Sciences, Bat C', 2eme étage
2 Bd Lavoisier, F-49045 ANGERS cedex 1
Tél. 02 41 73 53 82
Mel : edouard.metzger@univ-angers.fr

6. Contexte, objectifs et intérêts scientifiques détaillés de la thèse

Dans les estuaires, les conditions environnementales semblent propices aux déficits en oxygène dissous. Ce déficit est en partie dû à des processus biologiques de consommation d'oxygène (nitrification, dégradation de la matière organique, ...) et semble provoquer un dysfonctionnement écologique mettant en péril la survie d'un nombre important d'organismes (Marchand, 1993). Dans la partie centrale de l'estuaire de la Loire, autour du centre de gravité du bouchon vaseux (station EDF de Cordemais), un déficit en oxygène chronique continue à apparaître fréquemment en période estivale et automnale (Le Bot, 2018), particulièrement important lors de situations de faible débit de la Loire (< 600m³/s) et de forte température de l'eau (>20°C). Pourtant, les apports en sels nutritifs issus de l'amont, suivis par l'Agence de l'Eau Loire Bretagne, ont décliné régulièrement au cours des trente dernières années (Le Bot, 2018) en raison de la réduction des rejets et de l'amélioration du traitement des effluents. Et si l'on semble assister à une recrudescence récente de ces épisodes sur la Loire, probablement en raison de l'allongement des périodes d'étiage, la cause ne peut être exclusivement imputée au changement climatique (Fisson et al., 2017 sur la Seine, Abril et al., 1999 sur la Gironde). Comme de nombreux autres environnements influencés par les politiques d'agriculture intensive de l'après-guerre, les stocks excédentaires de phosphore et d'azote, accumulés dans les sédiments et les nappes (« phosphore et azote hérités ») restent une source très importante pour la production primaire (Jarvie et al., 2013 ; Meter et al., 2018). Les flux benthiques résultants peuvent rétroagir positivement sur la production primaire et la demande en oxygène (Mesnage et al., 2007). En considérant les données estivales uniquement, les apports fluviaux de nitrates ont augmenté dans l'estuaire de la Loire sur les dernières décennies (Ratmaya et al., 2019). Ce résultat est expliqué par la qualité des eaux de nappes dont l'évolution reflète celle des pratiques agricoles sur le bassin versant avec un décalage temporel estimé à 14 ans. Le phosphore « hérité » se localiserait plus quantitativement dans les sédiments où il entretient des relations

complexes avec notamment les cycles du fer, du manganèse et de l'azote (comme sources d'oxydants), régulés en grande partie par la disponibilité en oxygène dissous.

Dans ce contexte, l'impact de la remobilisation des oxydes métalliques (fer et manganèse) sur la disponibilité des nutriments (phosphore et azote) doit être soigneusement étudié. **Les objectifs de la thèse sont donc (1) d'examiner l'importance relative des processus de minéralisation dans la colonne d'eau et dans le sédiment lors de situations hydrologiques contrastées (2) d'étudier la labilité de la matière organique minéralisée et son origine (3) de proposer un modèle conceptuel du cycle de Mn, Fe, P, N et O couplant les compartiments aquatique et sédimentaire dans l'estuaire.**

7. Méthodologie et planning

Pour réaliser ces objectifs, des carottes de sédiment vaseux, la colonne d'eau et ses particules en suspension seront réalisées en 2021 le long d'un transect amont-aval de l'estuaire de la Loire pour caractériser le milieu subtidal, et des carottes sédimentaires dans la plus grande vasière estuarienne intertidale de la Loire permettront de caractériser le rôle de ces milieux de stockage sédimentaire. Des missions de prélèvement de carottes d'interface sont également programmées « au fil de l'eau » pour suivre la variabilité temporelle de la contribution du compartiment sédimentaire aux occurrences d'épisodes hypoxiques. Diverses techniques d'analyse du dissous et du particulaire seront mises en œuvre, avec en particulier l'utilisation de méthodes d'analyse des eaux interstitielles de résolution spatiale submillimétrique telles que les DET-2D (Cesbron et al, 2014 ; Thibault de Chanvalon et al., 2017) et les microélectrodes (Revsbech et al., 1989).

8. Contexte stratégique et collaboratif

Ce projet fédère différents groupes de recherche français très actifs dans la compréhension des processus biogéochimiques estuariens autour d'un objet naturel commun : l'estuaire de la Loire. Tous ces groupes sont internationalement reconnus pour leurs recherches actives sur les processus biogéochimiques estuariens, ce qui rend cette synergie très favorable à la bonne compréhension de l'estuaire de la Loire qui n'est étudié que depuis peu. Depuis 2012, avec le soutien financier de la région Pays de la Loire, un effort croissant des groupes de recherche régionaux pour pallier cette lacune a conduit à la publication de plusieurs articles scientifiques et notamment d'un numéro spécial de Journal of Sea Research (2016). Cette offre de thèse s'inscrit dans cet élan, et s'ancre dans le contexte du programme européen LIFE REVERS'EAU. En tant que tel, ce projet agit comme un laboratoire où une variété de méthodologies et de concepts provenant de différents acteurs de différents estuaires sont réunis. En comparant et en combinant les approches, il est possible de développer une méthodologie commune pour réaliser une étude plus comparative à l'échelle nationale ou européenne, ce qui est encore inédit.

9. Profil du candidat recherché

1. Curiosité intellectuelle et confiance en soi
2. Diplôme de master Sciences de la Terre ou Chimie de l'Environnement ou équivalent, avec bon classement
3. Solides bases en géochimie de l'eau, chimie analytique, modélisation géochimique
5. Une expérience de la recherche (résultant d'un stage en laboratoire au niveau licence ou master) sera un atout majeur.
6. Engouement pour le travail de terrain
7. Maîtrise de l'anglais oral et écrit
8. Lettres de recommandation solides

L'évaluation de la lettre de motivation rédigée par le candidat constituera une partie importante de la procédure d'admission. La maîtrise et la profondeur de la compréhension de la problématique de recherche (Statement of Research Interests) seront particulièrement évaluées.