M2 SOAC : Fiche de stage de recherche en laboratoire

Laboratoire : LEGOS (CNRS/CNES/IRD/université de Toulouse)

Titre du stage : Les isotopes du fer dans l'océan : modélisation d'un micronutriment clé de la production primaire et du système climatique

Nom et statut des responsables de stage : M. Ayache (IR CNRS) - F. Lacan (DR CNRS).

Coordonnées des responsables de stage : mohamed.ayache@utoulouse.fr (05 61 33 27 17); francois.lacan@cnrs.fr (05 61 33 30 43).

Sujet du stage : Le fer est un micronutriment essentiel qui limite la production primaire dans de vastes régions de l'océan. Il joue ainsi un rôle majeur dans la pompe biologique de carbone et dans le fonctionnement du système climatique. Pourtant, les sources et le devenir du fer dans l'océan restent encore imparfaitement compris. Les isotopes du fer apportent une information complémentaire sur les sources, les transformations et le devenir du fer dans l'océan. Le programme international GEOTRACES, qui fédère les activités de recherche de plus de 35 pays, fournit aujourd'hui un ensemble exceptionnel d'observations sur les éléments traces et leurs isotopes.

Le LEGOS possède une expertise internationale pionnière sur les isotopes marins et la modélisation des traceurs océaniques. Le laboratoire est notamment à l'origine de travaux pionniers sur la mesure des isotopes du fer dans l'océan au sein de l'équipe TIM (Toulouse Isotopie Marine), ainsi que sur la modélisation des processus océaniques hydrodynamiques et biogéochimiques. Le LEGOS développe et utilise notamment des modèles tels que NEMO, CROCO, PISCES et ECO3M, ainsi que leurs développements associés. Ces activités sont fédérées au sein de l'axe scientifique transversal MOBIOTO (Modélisation couplée BIOgéochimie, Traceurs et isotopes dans l'Océan), qui rassemble des chercheurs et ingénieurs du LEGOS autour du développement et de l'utilisation de modèles permettant de mieux comprendre le cycle des éléments traces et de leurs isotopes dans l'océan.

L'objectif du stage est de travailler sur la modélisation des isotopes du fer avec le modèle océanique NEMO/PISCES. Une représentation des isotopes du fer est déjà implémentée dans le modèle (König et al., 2022). Le travail portera notamment sur la représentation des principales sources et puits du fer dans l'océan, la réalisation et l'analyse de simulations numériques, ainsi que la comparaison des résultats du modèle avec les observations du programme GEOTRACES, notamment dans l'Atlantique Nord, une région particulièrement importante pour la compréhension des interactions entre circulation océanique, biogéochimie et production primaire. Ce travail s'inscrit dans une démarche exploratoire et originale, les approches de modélisation des isotopes du fer dans l'océan restant encore peu développées à l'échelle internationale. Le stage permettra ainsi de contribuer à l'évaluation et au développement de cette approche, à l'interface entre modélisation océanique, biogéochimie et géochimie des traceurs.

Ce stage s'inscrit dans un projet de recherche plus large visant à développer une approche multi-traceurs et multi-isotopes dans l'océan (Fe, Ra, Pa, Th, Nd), en collaboration notamment avec le LSCE-IPSL, dans le cadre de l'ANR GEOMOBS. Un projet de thèse consacré à la modélisation globale et régionale des isotopes du fer sera proposé cette année à l'école doctorale SDU2E de Toulouse.

Prérequis : des connaissances en Python et/ou Fortran, ainsi qu'un intérêt pour les traceurs océaniques, la modélisation et le calcul scientifique, seront appréciés.

Références :

- Ayache et al. (2021). *Evaluate the impact of Mediterranean overflow on the large-scale circulation using IPSL-CM5*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2021.110359
- Camin, F., Lacan, F. et al. (2026). *Iron isotope insights into equatorial Pacific biogeochemistry*. Ocean Science, 22, 791–820. https://doi.org/10.5194/os-22-791-2026
- König, D. et al. (2022). *Surface ocean biogeochemistry regulates the impact of anthropogenic aerosol Fe*. Geophysical Research Letters. https://doi.org/10.1029/2022GL098016
- *Lacan, et al ;. 2008. Measurement of the isotopic composition of dissolved iron in the open ocean, Geophys. Res. Lett., 35, L24610, doi:10.1029/2008GL035841.*