

STAGE DE RECHERCHE de MASTER 2^{ème} ANNEE

Titre du sujet de stage :

Etude des propriétés hydro-environnementale des lacs arctiques dans un cadre de changement climatique

Laboratoires :

LSCE – Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (équipe MOSAIC)

LG-ENS – Laboratoire de géologie de l'ENS (équipe réservoir)

Coordonnées des responsables :

Nom – Prénom : OTTLE Catherine / SALMON Elodie

Grade : Directrice de recherche CNRS/ Post-doc

Adresse : LSCE, CEA Orme des Merisiers, Bat. 714, 91191 GIF-SUR-YVETTE

E-mail : catherine.ottle@lsce.ipsl.fr, elodie.salmon@lsce.ipsl.fr

Nom – Prénom : GUENET Bertrand

Grade : Chargé de recherche CNRS

Adresse : LSCE, CEA Orme des Merisiers, Bat. 714, 91191 GIF-SUR-YVETTE

Laboratoire de Géologie, Département de Géosciences, Ecole normale supérieure (ENS), 24 rue Lhomond, 75231 Paris Cedex 05, France

E-mail : guenet@biotite.ens.fr

Nature du sujet :

Théorie	Un peu
Modélisation num.	Un peu
Expérimentation	Pas du tout
Analyse de données	Beaucoup
Instrumentation	Pas du tout

Description du sujet :

Les surfaces aquatiques continentales couvrent de manière permanente seulement 4% des terres émergées auxquelles s'ajoutent 10% des surfaces continentales temporairement recouvertes d'eau [1]. Ces surfaces aquatiques font partie de la zone critique qui est une composante très réactive du cycle contemporain du C, au sein de laquelle le temps de résidence et les échanges avec la biosphère continentale, les sols, la lithosphère, l'atmosphère et l'océan sont très rapides, variables, hétérogènes et donc encore très incertains. Les émissions de CH₄ des rivières, des lacs et des réservoirs, sans inclure les zones humides ont été estimées à 103 Teragrammes de CH₄ par an, correspondant à 0.65 Petagrammes de C (ou équivalent CO₂) par an [2]. Cette quantité représente environ 25% du CO₂ repris par les processus de puits de C des surfaces continentales. Comme les émissions de méthane, les estimations de CO₂ des eaux continentales sont mal contraintes à cause des difficultés techniques pour mesurer en continu et sur de grandes surfaces, les échanges gazeux à l'interface avec l'atmosphère. Grâce aux développements des capteurs et aux observations par télédétection (satellite et aéroportée), ces échanges sont maintenant quantifiés de manière plus précise. Les mesures montrent ainsi des

émissions de CO₂ par les fleuves mondiaux accrues si l'on tient compte des émissions nocturnes qui n'étaient pas considérées jusqu'ici [3].

Dans le cadre du projet Européen H2020 GreenFeedBack, le LSCE travaille à la représentation des processus liés aux émissions des gaz à effet de serre par les lacs dans le modèle de biosphère continentale ORCHIDEE, composante du modèle de climat de l'IPSL. Ces développements vont permettre de simuler les cycles liés à la production du phytoplancton, des macrophytes, à la décomposition du charbon dans les sédiments lacustres et aux échanges gazeux. L'objectif du stage sera de collecter des données d'observations sur la production du phytoplancton [4, 5, 6] et des macrophytes [7,8] dans les lacs et d'étudier les variations saisonnières en lien avec les caractéristiques physiques des lacs (morphologie, conditions environnementales et climatiques [9]) et les émissions de gaz à effet de serre [10]. Une comparaison avec les simulations du modèle sur les lacs observés, permettra une première évaluation des nouveaux processus introduits dans ORCHIDEE.

Le stage se déroulera au Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) et il sera encadré par Elodie Salmon (LSCE), Catherine Ottlé (LSCE) et Bertrand Guenet (LG-ENS).

[1] Downing, J.A. (2009) Plenary lecture Global limnology: up-scaling aquatic services and processes to planet Earth. *Verh. Int. Verein. Limnol.*, 30, 1149–1166.

[2] Bastviken, D., et al. (2011), Freshwater methane emissions offset the continental carbon sink, *Science*, 331, 50.

[3] Gómez-Gener, L. et al. (2021). Global carbon dioxide efflux from rivers enhanced by high nocturnal emissions. *Nature Geoscience*. 1-6. [10.1038/s41561-021-00722-3](https://doi.org/10.1038/s41561-021-00722-3).

[4] Filazzola, A., Mahdian, O., Shuvo, A. et al. A database of chlorophyll and water chemistry in freshwater lakes. *Sci Data* 7, 310 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41597-020-00648-2>

[5] Huang, Hanjie, Wei Wang, Junping Lv, Qi Liu, Xudong Liu, Shulian Xie, Fei Wang, and Jia Feng. 2022. "Relationship between Chlorophyll a and Environmental Factors in Lakes Based on the Random Forest Algorithm" *Water* 14, no. 19: 3128. <https://doi.org/10.3390/w14193128>

[6] Lehner, B., Messenger, M.L., Korver, M.C. et al. Global hydro-environmental lake characteristics at high spatial resolution. *Sci Data* 9, 351 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01425-z>

[7] Alahuhta, Janne, et al. "Macroecology of macrophytes in the freshwater realm: Patterns, mechanisms and implications." *Aquatic Botany* 168 (2021): 103325. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2020.103325>

[8] Janne Alahuhta, Marja Lindholm, Lars Baastrup-Spohr, Jorge García-Girón, Maija Toivanen, Jani Heino, Kevin Murphy, Macroecology of macrophytes in the freshwater realm: Patterns, mechanisms and implications, *Aquatic Botany*, Volume 168, 2021, 103325, ISSN 0304-3770, <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2020.103325>.

[9] Lars Håkanson, Viktor V Boulion, Empirical and dynamical models to predict the cover, biomass and production of macrophytes in lakes, *Ecological Modelling*, Volume 151, Issues 2–3, 2002, Pages 213-243, ISSN 0304-3800, [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(01\)00458-6](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(01)00458-6).

[10] Sanches, L.F., Guenet, B., Marinho, C.C. et al. Global regulation of methane emission from natural lakes. *Sci Rep* 9, 255 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36519-5>

Profil :

Niveau M2 ou dernière année de cycle ingénieur – formation en climatologie / géosciences / physique

Compétences souhaitées :

- Analyse de données
- Calcul scientifique et programmation (Python – *de préférence*, R, Matlab...)
- Bonne compréhension des processus biogéochimiques (*apprécié*)
- Maîtrise de l'environnement Unix (*apprécié*)
- Maîtrise du format NetCDF (*très apprécié*)

Poursuite :

Ce stage peut-il donner lieu à un sujet de thèse ?

Une thèse n'est pour le moment pas prévue à la suite de ce stage, mais le LSCE propose chaque année de nombreux sujets de thèse.

Noter que le stage de M2 peut être totalement indépendant du sujet de thèse.