

Thèse en modélisation du climat

Le pergélisol : interactions climat-carbone du Pléistocène à l'Anthropocène

Directeur de thèse : Didier Roche

Co-directeurs : Nathaëlle Bouttes et Aurélien Quiquet

Contact : nathaelle.bouttes@lsce.ipsl.fr

Lieu : LSCE, Bat 714, CEA-Orme des Merisiers, 91191 Gif sur Yvette <https://www.lsce.ipsl.fr/>

Equipe : CLIM (https://www.lsce.ipsl.fr/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast_groupe.php?id_groupe=7)

Financement : ANR

Autres collaborateurs : Philippe Ciais (LSCE), Antoine Séjourné (GEOPS), Emilie Capron (IGE, Grenoble), Pepijn Bakker (University of Amsterdam)

Mots clés : pergélisol, permafrost, climat, cycle du carbone, modèle

Description du sujet de thèse

Le pergélisol, qui correspond au sol gelé pendant au moins 2 ans consécutifs, couvre de larges zones dans les hautes latitudes, notamment dans l'hémisphère nord. Il joue un rôle crucial dans le système climatique : les échanges de chaleur, d'eau et de carbone avec l'atmosphère peuvent modifier durablement le cycle du carbone et le climat. En particulier, la présence de pergélisol peut modifier fortement le cycle saisonnier local, ce qui peut favoriser la mise place ou la fonte de calottes de glace lors des cycles glaciaire-interglaciaire. Les changements de son extension ont également très probablement influencé les changements de concentration atmosphérique en CO₂ lors des périodes glaciaire-interglaciaires, en stockant ou relarguant du carbone au grès de ses avancées et reculs. Enfin, de nombreuses incertitudes demeurent quant à l'évolution du pergélisol dans le futur, pouvant impacter durablement le cycle du carbone et le climat des prochains milliers d'années.

Pour comprendre son rôle dans les changements passés et anticiper ses impacts dans le futur, il est nécessaire de simuler le pergélisol avec des modèles numériques en interaction avec des modèles de climat et de cycle du carbone. Pour cela, cette thèse s'attachera à coupler un modèle de pergélisol (VAMPER) avec un modèle couplé climat-calottes-carbone (modèle iLOVECLIM). La comparaison avec les données existantes pour la période moderne permettra de valider le couplage. Dans un deuxième temps, les simulations de l'évolution du pergélisol pendant les périodes passées et la comparaison aux données existantes, notamment en termes d'extension, permettra d'améliorer le modèle. Pendant les périodes glaciaire-interglaciaires, l'étudiant-e analysera les interactions avec le climat, afin d'évaluer le rôle du pergélisol pour la mise en place et la fonte des calottes de glace de l'hémisphère nord. L'étudiant-e ajoutera également le cycle du carbone dans le modèle de pergélisol afin d'évaluer son rôle dans les changements passés de CO₂ et de $\delta^{13}\text{C}$ atmosphérique, un proxy permettant de contraindre les échanges de carbone. Ces développements couplés à la comparaison aux reconstructions paléo, permettront d'améliorer le modèle et finalement d'évaluer le rôle du pergélisol dans les projections futures du CO₂ et du climat.

Contexte de travail

Le LSCE est une unité mixte de recherche (UMR 8212) entre le CEA, le CNRS et l'Université de Versailles Saint-Quentin (UVSQ), dédié à l'étude du climat et de l'environnement. Il fait partie de l'Institut Pierre Simon Laplace (IPSL) qui regroupe les laboratoires sur ces sujets en Ile de France. Le LSCE regroupe environ 300 chercheurs, ingénieurs et agents administratifs dont 150 personnels permanents issus des 3 tutelles et plusieurs dizaines d'étudiants thésitifs.

L'étudiant-e participera aux réunions d'équipe (équipe de modélisation du climat CLIM, https://www.lsce.ipsl.fr/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast_groupe.php?id_groupe=7) et pourra assister aux nombreux séminaires proposés au LSCE. La thèse se déroulera principalement au LSCE où se trouve l'expertise côté modélisation, avec un suivi et des échanges régulier avec des collègues en France et à l'étranger.

Domaine de recherche : Master dans ces domaines (ou similaires) : climat, environnement, modélisation , physique, chimie

Niveau d'études : Master ou équivalent

Langues : Français et Anglais

English :

Permafrost: climate-carbon interactions from the Pleistocene to the Anthropocene

Permafrost - ground frozen for at least 2 consecutive years - covers large areas of high latitudes, particularly in the northern hemisphere. It plays a crucial role in the climate system: exchanges of heat, water and carbon with the atmosphere can alter the carbon cycle and the climate. In particular, the presence of permafrost can strongly modify the local seasonal cycle, which can favour the formation or melting of ice caps during glacial-interglacial cycles. Changes in permafrost extent are also likely to have influenced changes in atmospheric CO₂ concentration during glacial-interglacial periods, by storing or releasing carbon as the permafrost advances and retreats. Finally, there are still many uncertainties as to how permafrost will evolve in the future, which could have a lasting impact on the carbon cycle and climate over the next few thousand years.

To understand its role in past changes and anticipate its future impacts, it is necessary to simulate permafrost with numerical models interacting with climate and carbon cycle models. To this end, this thesis will focus on coupling a permafrost model (VAMPER) with a coupled climate-calendar-carbon model (iLOVECLIM model). Comparison with existing data for the modern period will validate the coupling. Secondly, simulations of permafrost evolution during past periods and comparison with existing data, particularly in terms of extension, will enable the model to be improved. During glacial-interglacial periods, the student will analyze interactions with climate, in order to assess the role of permafrost in the establishment and melting of the Northern Hemisphere ice caps. The student will also add the carbon cycle to the permafrost model to assess its role in past changes in CO₂ and atmospheric $\delta^{13}\text{C}$ atmospheric, a proxy for constraining carbon exchange. These developments, coupled with comparisons with paleo reconstructions, will help improve the model and ultimately assess the role of permafrost in future CO₂ and climate projections.