



# ÉCOLE DOCTORALE

## SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'ENVIRONNEMENT ET PHYSIQUE DE L'UNIVERS, PARIS

[ed560.stepup@u-paris.fr](mailto:ed560.stepup@u-paris.fr)

---

**Titre du sujet :** L'optimum climatique Miocène : référence d'un climat chaud et humide à forte concentration en gaz à effet de serre analogue à celle prévue pour la fin du siècle

Directeur : FLUTEAU Frédéric, Professeur, [fluteau@ipgp.fr](mailto:fluteau@ipgp.fr)

Co-directeur : RAMSTEIN Gilles, Directeur de Recherche au CEA (LSCE), [gilles.ramstein@lsce.ipsl.fr](mailto:gilles.ramstein@lsce.ipsl.fr)

Équipe d'accueil :

IPGP- Équipe de Paléomagnétisme – UMR7154

Laboratoire des Sciences du climat et de l'Environnement UMR 8212, Paris Saclay

Financement : **Contrat doctoral avec mission d'enseignement**

---

**Développement du sujet :** (Maximum 2 pages)

**Titre du projet :** L'optimum climatique Miocène : référence d'un climat chaud et humide à forte concentration en gaz à effet de serre analogue à celle prévue pour la fin du siècle.

### Résumé du projet

L'objectif de cette thèse est de mieux appréhender l'évolution du climat au cours du Miocène. Cet objectif est partagé au niveau international par de nombreuses équipes, dans le cadre de MioMIP2, un nouvel exercice international sur le Miocène qui démarre avec un focus sur le Miocène Moyen. Les spécificités de ce sujet, mais aussi l'expertise des laboratoires français (LSCE et IPGP) en paléoclimatologie nous permettront d'aborder des questions fondamentales pour cette période de temps ; comment se comportent les différentes composantes du système climatique dans un climat à très forte concentration en gaz à effet de serre ? à la fois dans les zones arides, humides mousson et glacées (calotte Antarctique). Une première étape de cette thèse visera à quantifier l'impact des changements paléogéographiques sur le climat, la variabilité climatique et à confronter le climat du Miocène Moyen aux scénarios climatiques futurs de la Terre. Un autre aspect important est la réponse de la biosphère dans ce type de climat, et son impact sur le cycle du méthane. Ici, deux questions importantes se posent : d'une part, la simulation de la végétation et d'autre part, la contribution du méthane à l'amplification polaire (Hopcroft et al. 2020). Enfin le Miocène correspond à l'émergence des grands déserts (Zhang et al. 2014) et cela pose la question du rôle de l'émission de poussières minérales sur le système climatique. L'opportunité de cette thèse est également que nos laboratoires participant aux « core experiments » du projet MIOMIP2, l'étudiant sera d'emblée intégré dans une dynamique scientifique internationale.

### Description du projet

Le Miocène (23-5,4 Ma) a connu des changements climatiques majeurs qui se traduisent notamment par un refroidissement global, le développement de la calotte de glace en Antarctique et des déserts sur plusieurs continents mais également des changements du couvert végétal et en particulier l'apparition et le développement d'une biosphère continentale utilisant une photosynthèse en C4. Cette tendance à un refroidissement global est toutefois entrecoupée par une période plus chaude et plus humide au Miocène Moyen (MMCO) (entre 16,9 et 14,75 millions d'années), conséquence d'une augmentation de la teneur atmosphérique en CO<sub>2</sub> jusqu'à environ 1000ppmv. Ces dernières années, le Miocène moyen est donc devenu une question centrale en ce qui concerne les recherches sur les paléoclimats. En effet, les trajectoires futures de l'IPCC indiquent la possibilité d'atteindre des niveaux de 500 à 1000 ppmv d'ici la fin du siècle, autrement dit des teneurs en CO<sub>2</sub> que la Terre n'avait plus connu depuis le Miocène moyen. Ce regain d'intérêt pour le Miocène moyen au sein de la communauté scientifique se traduit également par le montage de l'exercice international d'intercomparaison MioMIP2 (Burls et al. in prep)

Cette thèse s'articule à la fois sur des thématiques imposées : les simulations à produire par la composante française de MIOMIP2 avec le modèle de l'IPSL qui permettra à l'étudiant de participer à tous les papiers d'intercomparaison et des « figures libres » c'est-à-dire d'effectuer une recherche originale à partir de ces « core experiments ».

La première étape de cette thèse sera donc d'effectuer les simulations du « core project » MioMIP2, c'est-à-dire les simulations de référence. A partir de ces simulations de références, le/la doctorant(e) réalisera des expériences de sensibilité à la paléogéographie, notamment à l'ouverture/fermeture de passages océaniques ; aux gaz à effet de serre, en particulier le méthane et le CO<sub>2</sub>. Des expériences de sensibilité aux paramètres orbitaux permettront d'explorer la variabilité climatique au Miocène. Ces expériences seront évidemment confrontées aux données. En effet, parallèlement aux simulations numériques un effort sans précédent de synthèse de différents proxies est en cours (Burls et al. en préparation), notamment une synthèse de données marines et continentales de l'optimum climatique du Miocène réalisé dans le cadre de l'exercice MioMIP2.

La deuxième étape concerne les changements de végétation. En effet, des études très récentes publiées dans Science ont suggéré que l'origine des plantes de type C4 datait du Miocène Moyen en l'Afrique de l'Est (Maclatchy et al. 2023, Peppe et al. 2023). Donc, il est important d'étudier les variations de la végétation et leur impact sur le cycle du méthane (Hopcroft et al., 2020).

Dans une troisième et dernière étape, on s'intéressera à l'aridification continentale au Miocène Supérieur. C'est en effet à cette période que le désert du Sahara par exemple, se serait développé comme le suggère les dépôts de sédiments éoliens dans les forages océaniques. Le développement de zones arides intensifie l'émission de poussières minérales qui perturbent le système climatique et apportent des nutriments.

Cette thèse s'articule autour de 4 questions principales :

Les 2 premières concernent le climat du MMCO et les suivantes portent davantage sur la biosphère continentale et le cycle de l'eau. Elles sont rendues possibles par l'expertise des 2 équipes et leur implication dans MIOMIP2.

- 1) Quelle est la dynamique de l'océan dans un monde unipolaire, où seul une calotte de glace existe (l'Antarctique) ? Comment cette circulation est affectée par les changements des passages maritimes ?
- 2) Quelle est la variabilité climatique induit par les paramètres orbitaux de la Terre ?
- 3) Quel est l'impact de l'apparition des plantes en C4 au Miocène sur le climat et le cycle du méthane ? Quel impact sur l'amplification polaire ?
- 4) Quel est la cause de l'expansion des zones arides ? Quelles en sont les conséquences ?

En ce qui concerne la première question, nous avons déjà réalisé des simulations, qui pourraient être analysées au sein du projet MioMIP (Burls et al., 2021). Cela pourrait être bénéfique pour le/la doctorant(e), car il/elle pourrait comparer ces simulations avec les autres groupes impliqués dans MioMIP.

Pour la deuxième question, nous avons développé une collaboration avec Peter Hopcroft de l'université de Birmingham pour calculer le cycle du méthane pendant la période du Miocène. Nous souhaitons utiliser l'outil que nous avons développé pour les différentes simulations climatiques du méthane, qui sont effectuées dans MioMIP. Le but final serait de quantifier la contribution du méthane à l'amplification polaire.

Pour les questions 3 et 4, nous disposons à la fois d'un modèle de végétation capable de simuler plantes C3 et C4 d'un modèle de système Terre couplé à un modèle de poussières minérales pour simuler les émissions, le transport et le dépôt de ces particules.

**Contexte :** Cette thèse bénéficiera de l'élan suscité par l'exercice MioMIP2. Il s'appuie également sur une collaboration de longue date entre le LSCE et l'IPGP, mais également sur de plus récentes collaborations avec Peter Hopcroft (Université de Birmingham) sur le méthane et avec l'IGG à Pékin pour les aspects paléogéographiques. De plus, nous souhaitons collaborer sur les aspects biosphère continentale avec S. Feakins (University of Southern California).

Le/la doctorant(e) sera donc dans un contexte très collaboratif, sur un sujet de recherche pour lequel il y a une activité importante de plusieurs groupes de recherche ce qui - si l'étudiant(e) souhaite poursuivre - sera très favorable. De plus, les deux encadrants sont très impliqués au niveau international dans l'élaboration de MioMIP2.

**Profil recherché :** H/F titulaire d'un master ou d'un diplôme d'ingénieur en Géosciences ou Physique, ayant des connaissances en sciences de l'atmosphère/océan/climat, modélisation, programmation (Fortran et/ou Python).

**Mots-clés :** changements climatiques, Miocène, paléogéographie, CO<sub>2</sub>, méthane, végétation, poussières minérales, variabilité climatique