



# ÉCOLE DOCTORALE

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

---

**Titre du sujet : Le rôle des zones arides sur les climats du Cénozoïque**

Directeur (trice) : FLUTEAU Frédéric, Pr, fluteau@ipgp.fr

Co-directeur (trice) / Co-encadrant(e) : LADANT Jean-Baptiste, CR,  
jean-baptiste.ladant@lscce.ipsl.fr

Equipe d'accueil : **IPGP- Equipe de Paléomagnétisme – UMR7154**

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

---

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

Les poussières minérales présentes dans l'atmosphère sont principalement constituées de particules d'argiles et de silt (diamètre 0,1 à 20  $\mu\text{m}$ ) soulevées par le vent lorsqu'il est assez fort pour briser la cohésion des sols secs, pas ou peu végétalisés. Transportées par les vents, les poussières minérales peuvent être entraînées sur de très grandes distances (plusieurs milliers de kilomètres) puis finissent par se déposer après quelques jours, entraînées par les précipitations et la turbulence atmosphérique. Durant leur transport, les poussières minérales affectent le système climatique de différentes manières : i) en agissant sur le bilan radiatif terrestre par diffusion et absorption du rayonnement solaire incident et par absorption du rayonnement infrarouge terrestre (effet de serre), ii) en agissant sur la formation des nuages (les poussières minérales constituent des noyaux de nucléation pour les gouttelettes d'eau et les cristaux de glace), iii) en agissant sur les processus de chimie hétérogène au sein de l'atmosphère. Prévoir ces effets est donc essentiel, d'autant que l'atmosphère est très sensible à toute modification de leur concentration. Après s'être déposées, ces poussières minérales constituent une source en nutriment, particulièrement en fer pouvant contribuer à la fertilisation des océans, propice à une augmentation de la productivité primaire.

Aujourd'hui les observations montrent que les poussières minérales résultent de l'érosion éolienne des zones arides et semi-arides. Ces surfaces, principalement situées en Asie et Afrique, représentent environ 20% des surfaces continentales et produisent 40% de la masse des aérosols présent dans l'atmosphère (IPCC, 2007). L'extension des surfaces arides continentales variant au court du temps, la production de poussières n'est donc pas constante. Par exemple, le dernier maximum glaciaire est marqué par le développement de zones arides en périphérie des calottes de glace en Amérique du Nord et en Eurasie à l'origine d'une hausse de la production de poussières minérales, dont on retrouve la trace sous forme de loess. Les poussières minérales retrouvées dans les forages sédimentaires réalisés dans l'océan Pacifique présentent une signature isotopique en néodyme ( $\epsilon_{Nd}$ ) et strontium ( $^{87}Sr/^{86}Sr$ ) analogue à celles des bassins désertiques d'Asie (Zhang et al., 2016) et apportent des contraintes importantes sur les apports continents/océans passés (Muhs, 2013 ; Zhang et al., 2016).

Malheureusement la quantification des processus sources et de transports reste mal contraint à l'échelle du Cénozoïque. Le Cénozoïque est une période de transition d'un climat de type « greenhouse » à un climat « icehouse ». Cela se traduit par des changements climatiques globaux marqués par des périodes de refroidissement progressif entrecoupées de refroidissements abrupts, mais également par des changements climatiques régionaux, comme par exemple la mise en place d'un régime de mousson en Asie (Tardif et al., 2020) et l'émergence de vastes zones arides. En effet, les données lithologiques et floristiques soulignent l'aridification du continent Eurasie à partir de l'Eocène et de l'Afrique au Miocène. L'augmentation du flux de poussières minérales éoliennes observées dans les enregistrements sédimentaires océaniques dans le Pacifique est interprétée comme un témoin de cette aridification continentale. L'émergence de ces surfaces arides peut avoir plusieurs causes : le refroidissement global qui assèche la masse d'air, des changements paléogéographiques (dérive des continents, disparition de mers épicontinentales, surrection de relief) qui modifient la circulation générale atmosphérique et le cycle hydrologique, mais également les mécanismes de rétroaction des poussières minérales elles-mêmes sur le bilan radiatif terrestre et le cycle hydrologique.

Les principaux objectifs de cette thèse sont :

- 1) Déterminer l'évolution des sources et des flux de poussières minérales au cours du Cénozoïque (année 1)
- 2) Déterminer le rôle climatique des flux de poussières minérales sur le climat du Cénozoïque (année 1 et 2)
- 3) Déterminer la contribution de ce flux sur la fertilisation des océans au cours du Cénozoïque (année 3)

Pour répondre à ces différentes questions, le/la candidat(e) utilisera la modélisation numérique, en particulier le modèle de système Terre couplé océan, atmosphère, glace de mer, végétation et biogéochimie marine IPSL-CM5A2 et le modèle atmosphère-végétation-aérosols LMDzOR-INCA. Outre la modélisation, ce sujet nécessite également un important travail sur les données paléoclimatiques disponibles dans la littérature.

**Compétences requises** : le candidat doit être titulaire d'un Master ou d'un diplôme d'ingénieur en Sciences de la Terre ou en Physique, avoir des connaissances sur le fonctionnement du système climatique, en programmation scientifique (Fortran, Python, Shell script). La modélisation numérique sera réalisée avec les moyens de calcul nationaux (supercalculateurs du CNRS ou du CEA).

Ce projet implique également des chercheurs de différents établissements de recherche : Yannick Donnadieu (CEREGE), Laurie Barrier (IPGP), Guillaume Le Hir (IPGP), Yves Balkanski (LSCE), Pierre Sepulchre (LSCE)