

# Thèse en modélisation du climat (H/F) : Modélisation de l'injection d'aérosols stratosphériques et impacts sur le climat de la France

## Sujet de thèse :

Malgré les efforts entrepris pour limiter le réchauffement climatique, notamment depuis l'entrée en vigueur de l'Accord de Paris, le rythme actuel des émissions de gaz à effet de serre nous conduirait à dépasser au cours des prochaines décennies le seuil de réchauffement de +2.0°C par rapport au niveau préindustriel (UNEP Gap Report 2024). Cette situation suscite ainsi un intérêt croissant pour les méthodes d'intervention climatique et en particulier pour la modification du rayonnement solaire (SRM). Cependant, les impacts de la SRM, restent aujourd'hui mal quantifiés, avec de fortes incertitudes liées aux effets non-intentionnels comme des modifications sur les précipitations, des effets sur l'ozone stratosphérique, des effets supplémentaires en cas d'arrêt d'application, et d'autres conséquences potentielles inattendues sur le système climatique. En particulier, à l'échelle régionale, les conséquences sur la France de l'application de la SRM dans le monde sont aujourd'hui inconnues. Parmi les méthodes de SRM, l'injection d'aérosols stratosphériques (SAI) est une des techniques les plus envisagées, et mérite donc d'être étudiée en particulier.

L'objectif de cette thèse sera ainsi d'estimer et comprendre les effets de l'application de méthodes d'intervention climatique basées sur la SAI sur le climat de la France. Pour cela, la personne retenue utilisera une approche de modélisation climatique multi-échelle, du global au régional, permettant dans un premier temps de réaliser des simulations globales avec et sans injection d'aérosols stratosphériques dans le monde, puis dans un deuxième temps d'appliquer une descente d'échelle au niveau de la France avec un modèle de climat régional piloté par ces simulations globales. Ces simulations régionales permettront d'étudier à fine échelle les impacts sur le climat de la France, aussi bien en terme de climat moyen que de phénomènes extrêmes (vagues de chaleur, précipitations intenses, ...).

Les modèles utilisés seront les modèles de climat du CNRM global (Séférian et al. 2019) et régional (Nabat et al. 2020, Caillaud et al. 2021). Ces modèles incluent déjà les principales composantes du système climatique, mais il leur manque aujourd'hui une représentation explicite des aérosols stratosphériques. Une première phase de la thèse consistera donc à implémenter dans ces modèles un module d'aérosols stratosphériques (comme celui de Chabrilat et al. 2025), permettant ainsi de reproduire les injections envisagées dans les méthodes d'intervention climatique, et d'améliorer ainsi les schémas actuels d'aérosols et de chimie contenus dans la librairie ACLIB, pour leur donner la capacité de répondre à l'objectif de la thèse (Tilmes et al. 2026). La deuxième phase de la thèse sera consacrée à la réalisation et l'analyse des simulations climatiques avec et sans SAI.

Ce sujet de thèse sera financé par le projet ANR GEOSIC inclut dans le programme TRACCS, visant à fournir une vision globale des climats futurs potentiels qui pourraient résulter du changement climatique et de l'intervention climatique, en tenant compte du contexte social et géopolitique global, ainsi que de l'impact de ces climats futurs sur les scénarios d'atténuation et d'adaptation.

## **Encadrement :**

La personne retenue sera co-encadrée par Roland Séférian, spécialiste de la modélisation climatique du système Terre à l'échelle globale, Pierre Nabat, spécialiste de la modélisation climatique régionale, et Martin Cussac et Béatrice Josse spécialistes en chimie atmosphérique.

## **Profil et compétences recherchées :**

- La personne recrutée devra posséder un master dans le domaine des sciences de l'atmosphère et du climat, de la modélisation ou de la composition atmosphérique
- Bonnes connaissances en python et en programmation pour un usage scientifique
- Une expérience en modélisation du climat sera aussi appréciée
- Capacité à travailler en équipe et en collaboration
- Motivation et curiosité scientifique

## **Mots clés :**

Intervention climatique, rayonnement, aérosols, climat régional, modélisation

## **Références :**

- Caillaud, C. et al. : Modelling Mediterranean heavy precipitation events at climate scale: an object-oriented evaluation of the CNRM-AROME convection-permitting regional climate model. *Clim Dyn* 56, 1717–1752, 2021.
- Chabrillat, S., et al.: Modelling stratospheric composition for the Copernicus Atmosphere Monitoring Service: multi-species evaluation of IFS-COMPO Cy49, *Geosci. Model Dev.*, 18, 8973–9014, <https://doi.org/10.5194/gmd-18-8973-2025>, 2025.
- Nabat P. et al. : Modulation of radiative aerosols effects by atmospheric circulation over the Euro-Mediterranean region, *Atmos. Chem. Phys.*, 20, 8315–8349, <https://doi.org/10.5194/acp-20-8315-2020>, 2020.
- Séférian, R., et al.: Evaluation of CNRM Earth-System model, CNRM-ESM 2-1: role of Earth system processes in present-day and future climate, *J. Adv. Model. Earth Syst.*, 11, 4182–4227, <https://doi.org/10.1029/2019MS001791>, 2019.
- Tilmes, S. et al.: Uncertainties of SAI efficiency and impacts depending on the complexity of the aerosol microphysical model, *Atmos. Chem. Phys.*, 26, 2649–2666, <https://doi.org/10.5194/acp-26-2649-2026>, 2026.