

M2 SOAC : Fiche de stage de recherche en laboratoire

Laboratoire : Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM)

Titre du stage : Évaluation du couplage surface-atmosphère dans les versions successives d'ARPEGE-Climat—SURFEX

Responsables de stage :

E. Bernard, Post-doctorante (CNRM/GMGEC/PHYCLIM), emilie.bernard@meteo.fr, 05 61 07 93 82

G. Canut, CRDD (CNRM/GMEI/4M), guylaine.canut@meteo.fr, 05 61 07 90 11

R. Roehrig, IPEF (CNRM/GMGEC/PHYCLIM), romain.roehrig@meteo.fr, 05 61 07 97 62

Sujet du stage :

Les échanges entre les surfaces continentales et l'atmosphère jouent un rôle majeur dans le fonctionnement du système climatique. Les flux turbulents à cette interface contrôlent notamment le partitionnement de l'énergie disponible entre chaleur sensible et évaporation et influencent la structure et la dynamique de la couche limite atmosphérique. Leur représentation constitue un enjeu important pour les modèles de prévision numérique du temps et du climat.

Le modèle atmosphérique de circulation générale ARPEGE-Climat, développé au CNRM, est couplé à la plateforme SURFEX qui représente les surfaces continentales via le module ISBA et les interfaces entre l'atmosphère et l'océan libre et la glace de mer. Ce modèle sert de base pour mener des études climatiques et contribuer aux les exercices d'inter-comparaison internationaux de type CMIP (*Coupled Model Intercomparison Project*).

L'objectif de ce stage est de contribuer à l'évaluation du couplage entre les surfaces continentales et l'atmosphère dans les versions 6.3 (utilisé dans le cadre CMIP6) et 7.4 (en cours de développement, notamment pour CMIP7) du modèle ARPEGE-Climat—SURFEX. Pour cela, le travail de stage exploitera les mesures sur trois sites métropolitains et développera des approches diagnostiques permettant une comparaison cohérente entre simulations et observations tout en tenant compte de différentes sources d'incertitudes.

Le stage s'inscrit dans le cadre du projet [MOSAI](#) (Model and Observation for Surface-Atmosphere Interactions – Lohou et al., 2025) qui vise à évaluer et améliorer les interactions entre la surface et l'atmosphère dans les modèles de prévision numérique du temps et de climat en s'appuyant sur les observations de trois sites français, le SIRTa (Palaiseau), la Météopole (Toulouse) et P2OA (Lannemezan). Ces sites fournissent des données sur plusieurs années voire décennies qui ont été enrichies pendant une année grâce au projet. L'évaluation pourra éventuellement être étendue à d'autres sites présentant des conditions climatiques et des types de surface variés, notamment parmi ceux disponibles via le réseau FLUXNET (<https://data.fluxnet.org/>).

Le stagiaire développera une analyse statistique des cycles diurnes et des variations saisonnières des flux et variables de surface, ainsi que d'indicateurs permettant de caractériser l'intensité du couplage surface-atmosphère (Dirmeyer et al., 2018 ; Seo & Dirmeyer, 2022). Les surfaces continentales présentent une forte hétérogénéité spatiale qui influence la couche limite atmosphérique, et qui représente un défi pour la modélisation climatique. Les observations locales intègrent généralement les contributions de plusieurs types de surfaces. Il sera donc nécessaire de développer des méthodes pour tenir compte de ces incertitudes. D'autres versions d'ARPEGE-Climat—SURFEX qui revisitent la représentation de la surface et des couplages avec l'atmosphère pourront être introduites dans l'évaluation.

Références :

Dirmeyer, P. A., Chen, L., Wu, J., Shin, C. S., Huang, B., Cash, B. A., ... & Lawrence, D. M. (2018). Verification of land-atmosphere coupling in forecast models, reanalyses, and land surface models using flux site observations. *Journal of Hydrometeorology*, 19(2), 375-392.

Lohou, F., Lothon, M., Bastin, S., Brut, A., Canut, G., Cohard, J. M., ... & Zouzoua, M. (2025). Model and Observation for surface-atmosphere interactions over heterogeneous landscape: MOSAI project. *Journal of the European Meteorological Society*, 3, 100019.

Seo, E., & Dirmeyer, P. A. (2022). Understanding the diurnal cycle of land-atmosphere interactions from flux site observations. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 2022, 1-25.