

# ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

D'ILE DE France N° 129

## Proposition de sujet de thèse pour la rentrée 2019

Nom du Laboratoire d'accueil :LMD

N° UMR : 8539

Nom du Directeur du laboratoire :Philippe Drobinski

Adresse complète du laboratoire :

Tour 45-55 3ieme étage, case courrier 99

4 Place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05

Nom de l'Equipe d'accueil et adresse si différente de celle du laboratoire :

EMC3

Nom du Directeur de thèse **HDR** :Frédérique CHERUY

Téléphone : 0616273418

Mail : cheruy@lmd.jussieu.fr

- **Titre de la thèse en Français :Décrypter le rôle du couplage humidité du sol-atmosphère dans la réponse des précipitations au changement climatique à l'échelle régionale**
- **Titre de la thèse en Anglais : Deciphering the role of the soil-moisture/atmosphere coupling in the response of the precipitation to climate change at regional scale.**

### • **Résumé Sujet en Français (1 page maximum) :**

Alors que, à l'échelle globale, la réponse des précipitations au réchauffement global est expliqué par des mécanismes robustes, de nombreuses incertitudes demeurent aux échelles régionales. Elles se traduisent par une forte dispersion des projections des modèles de climat qui nourrissent les rapports du GIEC. La question est particulièrement importante pour les régions de transition entre des climats secs et des climats tropicaux dans l'économie desquelles l'agriculture occupe souvent une place significative, ce qui rend les populations d'autant plus vulnérables aux aléas climatiques. Dans ces régions, les précipitations répondent de façon subtile à des changements de la circulation de grande échelle modulés par des couplages avec la surface continentale pour lesquels la disponibilité limitée en eau joue un rôle essentiel mais encore mal compris.

Les études de sensibilité des précipitations aux processus du sol (e.g Betts et al.,1996, Eltahir,1998, Schär et al. 1999, Randall et al. 2003, Koster et al., 2014, Taylor et al. 2011, 2012, Hohenneger and Stevens, 2018, Guilloc et al.,2018), fondées sur l'observation et sur la modélisation globale, régionale ou idéalisée, ont permis d'identifier deux effets antagonistes: un effet positif de recyclage et un effet négatif au travers de la modification des caractéristiques de la couche limite et de la stabilité atmosphérique dues aux hétérogénéités spatiales d'humidité superficielle et générant des circulations à petite échelle. Ces deux effets peuvent coexister mais leur effet net sur les précipitations en climat présent comme en climat futur est largement incertain et leur représentation dans les modèles de climat est délicate (e.g. Hohennegger et al. 2009, Rochetin et al., 2014, Qin et al. 2018) .

En outre, il a été montré que la réponse des précipitations au changement climatique peut se décomposer en une réponse due à l'accroissement de CO2 et une due à l'accroissement de température, ces réponses correspondent à des mécanismes distincts et sont souvent de signe opposés sur les continents avec des amplitudes dépendant des modèles utilisés (Bony et al. 2013). La sensibilité de ces mécanismes à l'humidité du sol demande à être explorée.

L'objectif de cette thèse est d'évaluer le réalisme du couplage humidité du sol-précipitation dans les versions les plus récentes des modèles de climat, de documenter et de réduire les incertitudes dont il dépend en particulier

dans le modèle de l'IPSL. Pour aborder ces questions on s'appuiera sur l'analyse de simulations existantes et sur les paramétrisations développées pour les modules atmosphère (LMDZ, Hourdin et al. 2013) et surface continentale (ORCHIDEE, Krinner et al. 2005, De Rosnay, 2011) du modèle de climat de l'IPSL. Pour le volet analyse on exploitera l'archive multi-modèle CMIP (e.g. Cheruy et al. 2014) enrichie des expériences numériques effectuées pour la phase 6 avec les dernières versions des modèles de climat disponibles dans le monde. On disposera en particulier des résultats des expériences de sensibilité conçues pour évaluer les rétroactions surface-atmosphère dans les modèles de climat (LS3MIP, Van der Hurk et al. 2015, Seneviratne et al. 2013). Pour le volet modélisation, on travaillera sur les modules atmosphériques et de surface continentale du modèle de climat de l'IPSL dont certaines paramétrisations (convection, turbulence de couche limite, hydrologie continentale) font l'objet d'un travail permanent d'évaluation et d'amélioration (e.g. Hourdin et al., 2013, Cheruy et al. 2013, Campoy et al. 2015). On s'attachera à comprendre et à améliorer la représentation des processus à l'origine du contrôle non linéaire de l'humidité de surface sur l'évaporation et la température de surface, étape essentielle pour représenter correctement des aspects importants du couplage humidité du sol-précipitation. On exploitera différentes configurations du modèle de climat pour analyser l'impact sur l'intensité du couplage humidité du sol-précipitation de l'amélioration des variations haute fréquence des précipitations convectives (intermittence), du transfert d'eau atmosphère (évaporation) et de l'accroissement de résolution. Pour ce dernier aspect on pourra aussi s'appuyer sur le nouveau cœur dynamique DYNAMICO (Dubos et al. 2015) du modèle du LMD.

Cette thèse se déroulera au LMD dans l'équipe EMC3 ou est développé LMDZ, elle sera dirigée par F. Cheruy en collaboration avec A. Ducharne de METIS pour les aspects liés à l'hydrologie dans ORCHIDEE.

### • **Résumé Sujet en Anglais (1 page maximum) :**

While at global scale, the response of rainfall to global warming is explained by robust mechanisms, many uncertainties remain at regional scales. They result in a large dispersion of projections of climate models that feed IPCC reports. The question is particularly important for transition regions between dry climates and tropical climates in the economy of which agriculture often occupies a significant place, which makes the populations all the more vulnerable to climatic hazards. In these regions, precipitation responds subtly to changes in large-scale circulation modulated by couplings with the continental surface for which the limited availability of water plays an essential but still poorly understood role.

Sensitivity studies of precipitation to soil processes (e.g. Betts et al., 1996, Eltahir, 1998, Schär et al. 1999, Randall et al. 2003, Koster et al., 2014, Taylor et al. 2011, 2012, Hohenegger and Stevens, 2018, Guillod et al., 2018) both with observations and with global, regional or idealized modeling, have identified two antagonistic effects: a positive effect of recycling and a negative effect through the modification of the characteristics of the boundary layer and the atmospheric stability due to spatial heterogeneities of surface moisture generating small scale circulations. These two effects may coexist but their net effect on rainfall in present and future climates is largely uncertain and their representation in climate models is delicate (e.g. Hohenegger et al. 2009, Rochetin et al., 2014, Qin et al. 2018) .

In addition, it has been shown that the response of precipitation to climate change can be decomposed into a response due to the increase of CO<sub>2</sub> and one due to the increase of temperature, these responses correspond to distinct mechanisms and are often of sign opposed on the continents with amplitudes depending on the models used (Bony et al. 2013). The sensitivity of these mechanisms to soil moisture needs to be explored.

The objective of this thesis is to evaluate the realism of soil moisture-precipitation coupling in the most recent versions of the climate models, to document and reduce the uncertainties on which it depends in particular in the IPSL model. To address these questions, we will rely on the analysis of existing simulations and on the parameterizations developed for the atmosphere (LMDZ, Hourdin et al. 2013) and continental surface (ORCHIDEE, Krinner et al., 2005, De Rosnay 2011) modules of the IPSL climate model. For the analysis part, we will exploit the multi-model CMIP archive where the numerical experiments carried out worldwide with state-of-the art climate models are being implemented for phase 6 of CMIP. In particular, the results of sensitivity experiments designed to evaluate surface-atmosphere feedbacks in climate models (LS3MIP) (Seneviratne et al., 2013, Van der Hurk 2016) will be analysed. For the modeling part, we will work on the atmospheric and continental surface modules of the IPSL climate model, whose several parameterizations

(convection, boundary layer turbulence, continental hydrology) are the subject of ongoing evaluation and improvements (e.g. Hourdin et al., 2013, Cheruy et al. 2013, Campoy et al. 2015). A special effort will be devoted to understand and improve the representation of the processes responsible for the non-linear control of surface moisture on evaporation and surface temperature, a critical step to correctly represent important aspects of soil moisture/precipitation coupling. Different configurations of the climate model will be used to analyze the impact on the intensity of soil-moisture/atmosphere coupling resulting from the improvement of high-frequency variations in convective precipitation (intermittency), soil-atmosphere water transfer (evaporation), and the increase of resolution. For this last aspect we can also rely on the new dynamic core DYNAMICO (Dubos et al., 2015) of the LMD model.

This thesis will take place at the LMD in the EMC3 team where the LMDZ model is developed. Frédérique Cheruy will be the PhD director in collaboration with A. Ducharne of METIS for aspects related to hydrology in the ORCHIDEE model.

• **Type de financement autre que ED 129, précisez si envisageable ou acquis (CNES, CEA, ADEME etc...) :**

• **Encadrement :**

. **Liste des autres doctorants que vous encadrez ou co-encadrez au 1<sup>er</sup> janvier 2019**

(Nom, Université d'inscription, type de financement, date de soutenance envisagée)

**Aucun (HDR soutenue en Novembre 2018)**