

Proposition de Sujet de thèse 2018

Laboratoire (et n° de l'unité) dans lequel se déroulera la thèse :
CNRM - UMR 3589

Titre du sujet proposé :

Facteurs climatiques favorisant les extrêmes de pluies au Sahel : Climat présent et évolution en changement climatique

Nom et statut (PR, DR, MCf, CR, ...) du (des) responsable(s) de thèse (préciser si HDR) :

Philippe Peyrillé, ITM, Météo-France
Romain Roehrig, IPEF, Météo-France
Françoise Guichard, CNRS, HDR

Coordonnées (téléphone et e-mail) du (des) responsable(s) de thèse :

Philippe Peyrillé, philippe.peyrille@meteo.fr, tel : 05.61.07.97.43
Romain Roehrig, romain.roehrig@meteo.fr, tel : 05.61.07.97.62
Françoise Guichard, francoise.guichard@meteo.fr, tel: 05.61.07.90.14.

Résumé du sujet de la thèse

Contexte de l'étude :

Après une période extrêmement sèche dans les années 70-80, le Sahel connaît depuis les quinze dernières années un « retour à la normale » des cumuls annuels de précipitations, avec cependant un nombre croissant d'Événements Extrêmes de Précipitations (EEP), à l'origine d'inondations importantes et de dommages matériels et humains considérables. Cette augmentation, observée à partir d'une longue série de données de précipitations sur le Sahel (1950-2010, Panthou et al. ; 2014), est cohérente avec les signaux globaux (hausse de température) et régionaux (augmentation du contraste thermique entre Sahara et Golfe de Guinée) du changement climatique (Taylor et al. 2017). La question de l'évolution de ces EEP dans le contexte du changement climatique est cruciale afin de permettre aux sociétés sahéliennes de s'y adapter, ou du moins d'en réduire les impacts.

Pour comprendre l'évolution des EEPs à la fois sur la période récente et dans un contexte de changement climatique, il est nécessaire d'identifier les mécanismes associés à ces événements. Actuellement, notre connaissance des mécanismes liés aux EEP se limite principalement à trois études d'EEP ayant touché Ouagadougou (Burkina Faso) (Lafore et al. 2017, Engel et al. 2017, Roehrig et al. 2018). Elles ont montré que les échelles convective, synoptique (présence d'un train d'onde est africaine) et les conditions de plus grande échelle (onde équatoriale de Rossby et de Kelvin, anomalie humide de grande échelle sur le Sahel) sont impliquées dans l'occurrence de ce type d'événements. On ignore cependant si ces résultats sont généralisables à l'ensemble du Sahel et comment les conditions de plus grande échelle modulent l'occurrence des EEP, aussi bien à l'échelle d'une saison qu'à l'échelle interannuelle ou multi-décennale.

Objectifs :

L'objectif de la thèse est de comprendre les différentes contributions des facteurs locaux, régionaux et globaux dans l'occurrence des EEPs sur le Sahel. En particulier, il s'agira de construire un schéma conceptuel des mécanismes favorisant les EEP et décrivant leurs modes d'interaction et leur évolution en changement climatique.

Ces mécanismes impliquent différentes échelles, allant de la dizaine de kilomètres à l'échelle globale, et on constate que les modèles de climat peinent actuellement à reproduire ce continuum d'échelles. Le défi de la thèse sera de tirer parti des simulations climatiques actuelles, à l'état de l'art, tout en questionnant leur capacité à représenter les EEPs et leur variabilité.

Méthodologie

Cette thèse s'articule autour de trois parties : 1) Identifier dans les données (?) les mécanismes/modes de variabilité favorisant les EEP, 2) évaluer la capacité du modèle de climat du CNRM, CNRM-CM6 (Voldoire et al. 2014) à les reproduire et 3) exploiter CNRM-CM6 dans des configurations idéalisés pour comprendre leurs modes d'interaction et étudier leur évolution en changement climatique.

La première partie de l'étude visera à documenter dans les réanalyses actuelles (ERAInterim,) et les observations disponibles (stations au sol et satellites) le comportement et la variabilité des EEP à différentes échelles de temps : intrasaisonnière interannuelle et multi-décennale. Une approche composite des EEP permettra de caractériser les facteurs de grande échelle et régionaux qui modulent leur occurrence. On étudiera notamment la contribution à l'occurrence d'EEP des modes de variabilité climatiques modulant le contraste thermique océan-continent et l'activité des ondes d'est africaines auxquels les EEP sont liés (Taylor et al. 2017). On explorera ainsi les rôles de la variabilité océaniques, des aérosols, mais aussi le rôle des modes de variabilité tropicale et extratropicale déjà identifiés dans Lafore et al. (2017). Sur cette base, des schémas conceptuels de fonctionnement des EEP seront élaborés mettant en jeu des aspects régionaux et de plus grande échelle.

L'axe évaluation consistera d'une part à évaluer la capacité du jeu de paramétrisation physique de CNRM-CM6 à générer un EEP dans la version 1D unicolonne de CNRM-CM6. Ce cadre numérique sera forcé par des conditions atmosphériques typiques d'un composite d'EEP (température, humidité, vent) puis forcées avec des conditions atmosphérique typiques des mécanismes identifiés précédemment. Les simulations à haute résolution du projet AMMA-2050 et celles déjà réalisées au CNRM (Beucher et al. 2018) serviront de référence pour le comportement de la convection profonde et les propriétés statistiques d'EEP. L'évaluation sera ensuite menée sur les simulations historiques globales en documentant la capacité de CNRM-CM6 à reproduire les liens statistiques et les mécanismes identifiées précédemment, notamment le lien EEP - ondes d'est- modes de variabilité. A l'issue de cette partie, nous disposerons d'un ensemble de mécanisme jouant sur les EEP observés et une vision de ceux représentés ou pas dans CNRM-CM6.

Le volet sensibilité consistera à mettre en œuvre des tests de sensibilité pour quantifier / établir une hiérarchie des différents mécanismes de modulation des EEP représentés dans CNRM-CM6 en climat présent et étudier leur évolution en climat futur. On utilisera pour cela la technique du *nudging* – relaxation du vent, température, humidité sur certaines régions clés– pour contraindre des aspects de la dynamique régionale ou globale (en dehors du Sahel, aux moyennes latitude par exemple, filtrage d'un type d'ondes atmosphérique). Ce jeu de simulations sera complété par des sensibilités aux températures de surface de mer régionales ou globales, et aux aérosols de manière à confirmer les schémas conceptuels déduits précédemment sur les simulations historiques. Nous disposerons alors d'un schéma conceptuel de facteurs pilotant les EEP reproduits par CNRM-CM6. Les scénarios simples de changement climatiques (e.g. SST+4K, 4xC02) seront analysés sur cette base et éventuellement complétés par l'étude des modèles CMIP5 ou CMIP6.

Nature du travail attendu et compétences souhaitées

Ce travail de thèse comprend essentiellement i) une partie analyse de données provenant de différentes sources incluant des traitements statistiques et ii) un volet de modélisation numérique avec la réalisation d'expériences avec CNRM-CM6 . Il s'agira d'analyser les simulations existantes en climat présent et futur en mettant en œuvre des outils statistiques déjà en place au sein des équipes d'accueil. Les expériences idéalisées (SCM ou modèle 3D) seront à réaliser par l'étudiant qui devra avoir une bonne connaissance de l'environnement Linux, fortran, NCL ou python. Une bonne connaissance de la météorologie ou du climat tropical est un plus.

Références bibliographiques

- Engel, T., A.H. Fink, P. Knippertz, G. Pante, and J. Bliefernicht, 2017: Extreme Precipitation in the West African Cities of Dakar and Ouagadougou: Atmospheric Dynamics and Implications for Flood Risk Assessments. *J. Hydrometeor.*, 18, 2937–2957, <https://doi.org/10.1175/JHM-D-16-0218.1>
- Lafore et al, 2017: A multi-scale analysis of the extreme rain event of Ouagadougou in 2009, QJRMS, Accepted
- Roehrig, Peyrillé, Beucher, Budiarti, 2018: Composite analysis of extreme precipitation occurring at Ouagadougou. In preparation .
- Panthou, G., T. Vischel, and T. Lebel, 2014: Recent trends in the regime of extreme rainfall in the Central Sahel. *Int. J. Climatol.*, On-line.
- Taylor et al., 2017 : Frequency of extreme Sahelian storms tripled since 1982 in satellite observations, *Nature*, doi:10.1038/nature22069
- Wheeler, M. and G.N. Kiladis, 1999: [Convectively Coupled Equatorial Waves: Analysis of Clouds and Temperature in the Wavenumber–Frequency Domain](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1999)056<0374:CCEWAO>2.0.CO;2). *J. Atmos. Sci.*, 56, 374–399, [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1999\)056<0374:CCEWAO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1999)056<0374:CCEWAO>2.0.CO;2)