

TITRE DU PROJET (limité chacun à 255 caractères)

Spatialisation des précipitations en relief tropical et changement climatique : application à l'Afrique de l'Est

1) Renseignements administratifs sur la direction de thèse¹ (1 page maximum) :

Directeur de thèse HDR :

Nom : CAMBERLIN

Prénom : Pierre

Section CNU : 23

Grade : PR

HDR : Date de soutenance : février 2004 - Discipline : Géographie

l'HDR devra être soutenue, ou sa soutenance autorisée, au moment du dépôt du présent projet.

Coordonnées (adresse, courriel, téléphone) :

CRC, 6 Bd Gabriel, 21000 Dijon – pierre.camberlin@ube.fr - 0380393821

Unité d'appartenance (intitulé, label, n°, directeur) :

UMR 6282 Biogéosciences – Dir. : Thomas SAUCEDE

Co-directeur de thèse éventuel :

Nom :

Prénom :

Section CNU :

Grade :

HDR : non ☐ ; oui ☐ Date de soutenance..... Discipline :

Coordonnées (adresse, courriel, téléphone) :

Unité d'appartenance (intitulé, label, n°, directeur) :

2) Descriptif du projet de thèse (devra inclure les rubriques suivantes) :

- nom et label de l'unité de recherche (ainsi que l'équipe interne s'il y a lieu)

UMR 6282 Biogéosciences (équipe Centre de Recherches de Climatologie)

- localisation

Bâtiment Sciences Gabriel, 6 Bd Gabriel, 21000 Dijon

- nom du directeur de thèse et du co-directeur s'il y a lieu

Pierre CAMBERLIN

- adresse courriel du contact scientifique

¹ ATTENTION : selon l'article 16 de l'arrêté du 25 mai 2016, le total d'encadrants ne peut pas dépasser 2, sauf si l'un des encadrants appartient au monde socio-économique, qui peut venir en sus, ou en cas de co-tutelle; Le décompte des co-encadrements se fera au prorata du nombre d'encadrants : 1 pour 1 encadrant, ½ pour deux encadrants.

- titre du projet

Spatialisation des précipitations en relief tropical et changement climatique : application à l'Afrique de l'Est

- description du projet (2 pages maximum)

Justification du projet :

Les enjeux du changement climatique dans les régions tropicales de montagne, notamment les « sky islands » d'Afrique de l'Est, sont colossaux. Ils touchent au devenir des écosystèmes afro-alpins et des forêts de nuages, à la pérennité des ressources hydriques fournies à des basses terres souvent plus sèches, à l'avenir des paysanneries inféodées aux ceintures agroforestières de moyenne altitude (Adler et al. 2022). Malgré le rôle capital de la composante climatique dans ces environnements, un déficit de connaissances criant touche deux aspects (Said et al. 2019) : la simple connaissance du climat actuel et de ses forçages, et la déclinaison locale des changements climatiques futurs, dans leur différenciation d'avec les basses-terres ainsi qu'en fonction de l'altitude et de l'exposition.

La cartographie des champs de précipitations à échelle fine présente des différences considérables d'une source à l'autre. Ainsi pour le Mt Kilimandjaro, aucune base de données globale actuelle, même à haute résolution spatiale [HR], ne reproduit le fort maximum de précipitations à mi-versant sud, ni l'assèchement sommital (Hemp et Hemp, 2024). Les projections disponibles, même celles utilisant des modèles climatiques régionaux (e.g. Magang et al. 2024), ne permettent de descendre qu'à des résolutions de l'ordre de 25 à 50 km, ce qui est insuffisant pour résoudre correctement les forts gradients topoclimatiques. Les évaluations de ces données ne s'intéressent pas aux cas particuliers des zones de montagne, où les biais sont considérables (Gebrechorkos et al. 2018). L'évolution future des précipitations occultes (néphéléniques, par dépôt d'eau direct des nuages sur les végétaux, jusqu'à 53% des apports d'eau au Mt Marsabit, Kenya - Los et al. 2019) est quasiment inexplorée, or celles-ci sont indispensables au maintien de certaines forêts d'altitude.

Objectifs et aire d'étude :

Le sujet proposé vise à combler certaines des lacunes ci-dessus, en travaillant sur une région d'Afrique de l'Est située entre le nord-est de la Tanzanie et le sud du Kenya (5°S-1°N), à l'est du Grand Rift est-africain. Elle incorpore à la fois de très hauts massifs comme les Mts Kilimandjaro et Kenya, et des chaînes ou reliefs isolés moins élevés, aux profils coniques ou plus complexes, comme les Chyulu Hills, les Taita Hills, les Mts Pare, dans un contexte semi-aride. Cette diversité d'environnements de montagne crée des situations climatologiques variées (rôle différencié de l'altitude selon les massifs, contournement ou ascension des reliefs par les vents dominants, créant ou non des contrastes d'exposition) ainsi que des enjeux dissemblables du point de vue agronomique, écologique et hydrologique.

Deux objectifs spécifiques seront visés :

1. Comprendre la modulation par le relief de la composante hydrique du bioclimat (précipitations convectives, stratiformes et néphéléniques) sous l'effet de différents forçages inter/intra-annuels, connus pour leur rôle sur le climat est-africain : Oscillation de Madden-Julian (Pohl et Camberlin, 2006), Dipôle de l'océan Indien (Zheng et al. 2025) etc.... Cette modulation est en effet susceptible d'obéir à des logiques différentes selon le contexte thermodynamique, la géométrie des reliefs

(Anders et Nesbitt, 2015), ce qui n'a jamais été exploré pour les reliefs du Rift est-africain.

2. Produire une cartographie HR [1-2 km] des changements climatiques projetés dans les zones de relief, pour documenter les conditions futures du bioclimat et comprendre leur modulation par les effets de relief. A ce stade, les seules projections HR disponibles (Worldclim [Fick et Hijmans, 2017], CHELSA [Karger et al. 2020] ou TerraClimate [Abatzoglou et al. 2018]) sont limitées soit par la méthode de projection (deltas à partir des projections basse résolution des GCM) soit par une climatologie de référence partiellement défaillante en environnement de montagne (Bobrowski et al., 2021 ; Hemp et Hemp, 2024). Cela les rend peu utilisables pour des études d'impact.

Méthodes et données :

1. Construction d'une base de données climatiques de référence HR [1-2 km]. Elle mobilisera des jeux de données en point de grille combinant données de surface et satellitaires, qui seront corrigés spatialement et fusionnés avec des stations des réseaux météo nationaux et des observations d'altitude provenant de réseaux de recherche partenaires. Cette BD servira les deux objectifs ci-dessus : (1) comprendre les effets de relief (2) corriger les biais des projections climatiques.
2. Analyse des effets de relief sur les forçages majeurs du climat est-africain, via des méthodes statistiques mettant en relation les données de précipitations produites à l'étape 1, les températures océaniques et la circulation atmosphérique, aux échelles saisonnières à journalière (données d'observations et réanalyses ERA5). Un diagnostic des causes de ces modulations (direction des vents de basses couches, flux d'humidité, niveau d'inversion des alizés) sera produit.
3. Application de méthodes de descente d'échelle (downscaling) pour l'obtention de projections HR à partir des données plus grossières provenant de modèles globaux. Deux voies pourront être explorées : (1) un downscaling statistique, par exemple à partir des projections à résolution de 10 km du projet NextGEMS (Segura et al. 2025) ; (2) un downscaling dynamique, via le modèle climatique régional WRF (implémenté sur le cluster de calcul de l'UBE), alimenté par les GCM des projets CMIP6-7, pour différents niveaux de réchauffement global. Un diagnostic spatial sera produit afin de caractériser les changements dans la géographie des précipitations, en tenant compte des différentes sources d'incertitudes.

Intérêt appliqué du projet : Les bases de données produites dans le cadre de la thèse pourront servir de données d'entrée à des études d'impact sur les effets du changement climatique dans les montagnes est-africaines (modèles hydrologiques, modèles de distribution d'espèces...).

Partenariats :

- Partenariat existant avec l'UMR Chrono-Environnement (GT Eau co-piloté par Hélène Celle) et avec les autres partenaires du projet franco-kenyan WATCH (Water Assessment using Muon Tomography in the Chyulu Hills – François Mialhe, U. Lyon 2). La thèse pourra contribuer à un projet ERC Synergy Grant en préparation (UMLP / U. Lyon / UBE / Wageningen U & R / U. of Nairobi).
- Partenariats opérationnels ou à consolider avec des groupes de recherche impliqués sur les massifs retenus, et disposant de données climatiques in situ (Kilimanjaro Research Group : Th. Nauss, U. Marburg / Bayreuth – U. of Nairobi : D. Olago).
- Partenariat avec l'U. de Bergen, Norvège (Shunya Koseki) pour les projections NextGEMS.
- La thèse élargera en outre aux activités du GDR Rift (<https://rift-cnrs.fr/>).

- Financement du projet – partie Recherche (montants acquis, type de contrat)

Dotation laboratoire + accès moyens calcul du CCUB pris en charge.

Absence de besoins financiers spécifiques, pas de terrain programmé.

Des aides à la mobilité pour échanges avec les partenaires au Kenya seront recherchées dans le cadre du GDR Rift ou du partenariat Hubert-Curien (PHC-Pamoja) France-Kenya

- connaissances et compétences requises

Climatologie dynamique ; climatologie tropicale ; data science ; télédétection atmosphérique

Résumé en français et anglais (limité chacun à 1800 caractères)

Les enjeux relatifs au changement climatique dans les régions tropicales de montagne (ressources en eau, devenir des forêts et des systèmes agroforestiers...) sont considérables. Malgré cela, un déficit de connaissance criant existe quant à l'évolution future des précipitations dans ce type d'environnement, voire sur la connaissance même de leur climat actuel, notamment en Afrique de l'Est. Le projet vise à comprendre, à haute résolution spatiale (effets d'altitude et d'exposition), comment se structurent spatialement les précipitations dans différents massifs du Kenya et de Tanzanie. Une cartographie fine (résolution 1 à 2 km) sera produite, croisant différentes sources de données in situ et satellitaires. Les forçages atmosphériques de la variabilité des précipitations (journalière à interannuelle) seront analysés. Via des méthodes statistiques et des simulations numériques à l'aide de modèles de climat haute résolution, les projections des différents types de précipitations (convectives, stratiformes et néphéliques) seront quantifiées et spatialisées.

The challenges related to climate change in tropical mountain regions (water resources, future of forests and agroforestry systems, etc.) are considerable. Despite this, significant knowledge gaps exist regarding the future evolution of rainfall in this type of environment, and even regarding the current climate, particularly in East Africa. This project aims to document, at high spatial resolution (altitude and aspect effects), how rainfall is spatially structured in different mountain ranges of Kenya and Tanzania. A detailed map (1 to 2 km resolution) will be produced, combining various in situ and satellite data sources. Atmospheric forcings of rainfall variability (daily to interannual) will be analyzed. Using statistical methods and numerical simulations with high-resolution climate models, projections of the different types of rainfall (convective, stratiform, and nephelenic) will be quantified and mapped.

Préciser le domaine de compétence dans la liste ci-dessous :

(2 choix possibles maximum –les intitulés sont ceux d’ABG).

- **Ecologie, Environnement**
- **Terre, univers, espace**

Indiquez quelques mots clés concernant votre sujet) :

Topoclimats, Précipitations, Dynamique atmosphérique, Ressource en eau, Changement climatique, Montagnes tropicales, Afrique, Simulations climatiques, Télédétection, Downscaling

