«LE CLIMAT ESTIVAL ET DES VAGUES DE CHALEUR EN EUROPE» PAR ANNEMIEK STEGEHUIS

Présentée par : Annemiek Stegehuis Discipline : météorologie, océanographie physique de l'environnement Laboratoire : LSCE

Résumé :
L’objectif de mon travail de thèse est de contribuer à la compréhension des rôles joués par les interactions sol-atmosphère et par la circulation à grande-échelle dans la formation d’anomalies de températures estivales en Europe. Cela constitue un double défi du fait de la rareté des observations d’une part et des incertitudes liées aux paramétrages des modèles atmosphériques d’autre part. Je me concentre sur 4 sujets principaux : 1) Comment les interactions sol-atmosphère influencent-elles les projections climatiques et leurs incertitudes ? 2) Comment les paramétrisations atmosphériques influencent les simulations des vagues de chaleur extrêmes ? 3) Quelle importance joue l’ humidité du sol et les circulations atmosphériques sur les anomalies de température estivales ? Et 4) Quels sont les impacts des sécheresses et de la chaleur sur la végétation ?
Concernant la première question j’ai montré que les différences de partitionnement des flux de chaleur conduisent à un réchauffement spatialement hétérogène et incertain en Europe dans l'avenir. En particulier en Europe centrale, les modèles prédisent une grande gamme de réchauffements en été, alors qu’un relatif accord est obtenu en Europe du Sud. J’ai montré que l'utilisation d’une contrainte sur l’ensemble de projections par des observations des flux de chaleur sensible permet de réduire cette incertitude future au niveau régional jusqu’à 40% dans cette région.
En outre, en testant des physiques atmosphériques pour des conditions caniculaires, j’ai constaté une grande variabilité des températures entres toutes les configurations

physiques. La température est principalement sous-estimée par rapport aux observations. Le rayonnement à ondes courtes et les précipitations sont généralement surestimées. J'ai sélectionné un sous-ensemble réduit de configurations pour simuler une hausse futures des températures estivales en Europe.
Avec la meilleure configuration trouvée j'ai quantifié la contribution de l'humidité du sol au début d'été et les 'drivers' à grandes échelle sur les températures estivales. J'ai montré que la contribution de l'humidité du sol peut monter jusqu'à 1°C au maximum pendant les vagues de chaleurs de 2003 et de2010. La contribution des 'drivers' à grande échelle est la plus importante, jusqu'à 3°C en 2003 et jusqu'à 6°C en 2010. Toutefois, la contribution de l'humidité du sol en début d'été a augmenté au cours des dernières décennies en Europe centrale et en Russie, correspondant aux régions avec une tendance négative significative de l'humidité du sol. Les 'drivers' a grands échelles ont joué un plus grand rôle en Europe de l'Est.
Enfin, j'ai étudié les effets des sécheresses et de la chaleur sur la végétation. J'ai trouvé une surestimation de la GPP simulée à l'échelle locale sur un site méditerranéen pendant l'été. Cela indique que le modèle de végétation ne peut pas actuellement reproduire les conséquences complexes du stress hydrique. Pour simuler l'avenir, avec des impacts possiblement plus importants des sécheresses, le modèle doit être adapté avec des processus spécifiques liés aux sécheresses et leurs effets différés.

Abstract :
Through this work I aimed to improve the understanding of the role of land-atmosphere feedbacks and large-scale circulation that lead to warm summer temperatures in Europe. This is challenging due to the scarcity of observations and the uncertainties of parameterized atmospheric processes. I focused on four main issues: 1) How do land-atmosphere feedbacks affect climate projections and their uncertainties ? 2) How do different physical parameterizations affect the simulation of extreme heatwaves ? 3) How large are the roles of soil moisture and atmospheric circulation in the development of European summer temperature anomalies ? And 4) What are the impacts of heat and drought stress on vegetation ?
Regarding the first question I found that the different partitioning of land heat fluxes between models leads to spatially different warming over Europe in the future. The uncertainty of future climate change was especially high in central Europe, largely due to the uncertainty in heat flux partitioning, while in Southern Europe the models mostly agreed. The use of observation-based sensible heat fluxes allowed to reduce this climate change uncertainty regionally up to 40%.
While studying different atmospheric parameterizations for the extreme heatwaves of 2003 and 2010, I found a large temperature spread between the simulations. Compared

to observations, temperature was mostly underestimated. Shortwave radiation and precipitation were generally overestimated. I selected a reduced model ensemble of well performing configurations compared to observations, to perform future studies on warm summer temperatures over Europe.
The best physics configuration was consequently used to quantify the role of early summer soil moisture and large-scale drivers on summer temperature anomalies. The contribution of soil moisture was up to maximum 1°C during the heatwaves of 2003 and 2010. The contribution of large-scale drivers was larger, reaching up to 3°C in 2003 and up to 6°C in 2010. However, the contribution of early summer soil moisture to the temperature anomalies has been increasing over the last decades over parts of central Europe and Russia, corresponding to the regions with a significant negative trend of soil moisture. Large-scale drivers showed an increasing importance in the Eastern European region.
Lastly, I studied the impacts of drought and heat stress on several European forest tree species. I found an overestimation of modeled GPP at a local scale in the Mediterranean region during summer with ORCHIDEE. This indicates that the vegetation model does not well reproduce the complicated consequences of drought stress. To model future, possibly more severe impacts of drought, the model may need to be adapted with drought-specific processes and lagged effects.

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

Jesus FERNANDEZ, Professeur Associé, à l'Université de Cantabria/Département de Mathématiques Appliquées et Sciences du Calcul - Santander (Espagne) - Rapporteur
Bart VAN DEN HURK, Professeur des Universités, au Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut - De Bilt (Pays-Bas) - Rapporteur
Robert VAUTARD, Directeur de Recherche, à l'Université Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines/Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) - Gif/Yvette - Directeur de thèse
Philippe CIAIS, Directeur de Recherche, à l'Université Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines/Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) - Gif/Yvette - Co-Directeur de thèse
Ryan TEULING, Professeur Assistant, à l'Université de Wageningen - Wageningen (Pays-Bas) - Co-Directeur de thèse
Philippe BOUSQUET, Professeur des Universités, à l'Université Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines/Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) - Gif/Yvette - Examinateur
Wolfgang CRAMER, Professeur des Universités, à l'Université Aix-Marseille/Institut

Méditerranéen de Biodiversité et d’Ecologie Marine et Continentale (IMBE) - Aix-en-Provence - Examinateur

Contact : dredval service FED : theses@uvsq.fr