« EVALUATION MULTI-ÉCHELLE DES BILANS D'ÉNERGIE ET D'EAU DU MODÈLE ORCHIDEE SUR LA SIBÉRIE ET RÉPONSE À L'ÉVOLUTION DU CLIMAT » PAR SARAH DANTEC

Discipline : surfaces continentales / Laboratoire de recherche LSCE - Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement

Résumé :
L'évolution naturelle du climat, perturbée depuis les révolutions industrielles, est fortement marquée dans les hautes latitudes en particulier en Sibérie où une anomalie de température de +0.8°C est constatée depuis les années 2000 contre une anomalie moyenne de +0.4°C pour les moyennes latitudes. La Sibérie est couverte par des pergélisols lui conférant ainsi des particularités, notamment pour les régimes hydrologiques des rivières. Les projections climatiques prédisant jusqu'à un réchauffement de l'ordre de +5°C d'ici 2100, il est primordial d'en évaluer les impacts. La modélisation numérique à bases physiques s'avère être un outil intéressant pour répondre à ces questions. Ainsi, afin d'évaluer la réponse hydrologique au changement climatique en Sibérie nous avons travaillé sur l'évaluation multi-échelles des bilans d'énergie et d'eau avec le modèle ORCHIDEE. Ce modèle a été adapté aux caractéristiques des milieux froids, avec une amélioration de la représentation de la neige, une prise en compte du gel de l'eau du sol et une carte de végétation plus représentative de la végétation sibérienne. Une évaluation en mode forcé i.e. sans couplage avec l'atmosphère a été menée dans un premier temps. Ainsi, nous avons évalué ORCHIDEE au temps présent (1979-2009) à l'échelle du site en nous concentrant sur les données d'humidité et de température du sol dont nous disposions. Une analyse

de sensibilité du modèle nous a permis d'identifier les paramètres les plus influents sur les bilans d'énergie et d'eau dans le sol. Leur étalonnage sur sites nous a permis de montrer que le modèle ORCHIDEE est capable de simuler correctement les transferts verticaux de chaleur et d'eau et les contenus en eau et températures du sol résultants. Par la suite nous avons étendu l'évaluation à la région de la Sibérie en confrontant nos résultats de simulation à des produits satellitaires, permettant une évaluation sur une série temporelle conséquente et sur une grande zone. Nous avons rassemblé un grand nombre d'observations telles que des données d'albédo, d'équivalent en eau pour la neige..., auxquelles nous avons comparé nos résultats de simulation. Ce travail nous a permis de montrer que le modèle simule de façon satisfaisante les bilans d'énergie et d'eau en Sibérie, mais aussi de mettre en avant l'importance du choix du forçage climatique. Ainsi, l'utilisation d'un second forçage climatique nous a permis de montrer l'importance du partitionnement pluie/neige ainsi que la sous-estimation possible des précipitations dans les forçages. Le modèle validé a été utilisé ensuite pour mener des études d'impacts, en utilisant 2 forçages climatiques sur le temps futur (2005 à 2099) sous scénario d'émission des gaz à effet de serre RCP8.5. Ainsi nous avons pu évaluer la variabilité liée au forçage et l'impact de l'évolution du climat sur les variables des bilans d'énergie et d'eau. Une limite autour de la latitude 60°N a été définie lors de l'analyse des précipitations futures et choisie pour orienter notre analyse selon deux zones de part et d'autre de la limite. Nous avons analysé les cycles saisonniers des variables de surface nous permettant de mettre en évidence les impacts du réchauffement climatique en lien avec l'augmentation de la température de l'air et leurs différences spatiales. Nous avons montré que la fonte du manteau neigeux est plus précoce au Sud et engendre une avance temporelle du pic de crue de printemps pour la Lena et l'Amour. Sur l'Ob et le Ienisseï, des changements ont été aussi montrés (une diminution du débit au cours du temps pour l'Ob et une augmentation pour le Ienisseï, sans changement de phasage temporel), qui pourraient conduire à des impacts socio-économiques importants pour les populations locales. Cette étude nous a également permis de montrer que les nouvelles conditions climatiques sont plus favorables à la végétation. Nous avons montré aussi la cohérence des deux projections climatiques étudiées.

Abstract:
The natural evolution of the climate, disturbed since the industrial revolutions, is strongly marked in the high latitudes especially in Siberia where a temperature anomaly of +0.8°C has been observed since the 2000s against an average anomaly of + 0.4°C for The mid-latitudes. Siberia is covered by permafrost, giving it particularities, especially for the hydrological regimes of rivers. Climatic projections predicting up to +5°C warming by 2100, it is essential to evaluate their impacts. Physical-based numerical modeling is an

interesting tool to answer these questions. Thus, in order to evaluate the hydrological response to climate change in Siberia we worked on the multi-scale evaluation of energy and water balances with the ORCHIDEE model. This model was adapted to the characteristics of cold environments, with an improvement of the representation of the snow, a consideration of the freezing of the soil water and a map of vegetation more representative of the Siberian vegetation. An evaluation in forced mode i.e. without coupling with the atmosphere was carried out initially. Thus, we evaluated ORCHIDEE at the present time (1979-2009) at the site scale, concentrating on the soil moisture and soil temperature data available. A sensitivity analysis of the model allowed to identify the most influential parameters on the balance of energy and water in the soil. Their on-site calibration allowed to show that the ORCHIDEE model is able to correctly simulate the vertical transfers of heat and water and the resulting water and soil temperature contents. We then extended the evaluation to the Siberian region by comparing simulation results with remote sensing data, allowing an evaluation over a substantial time series and over a large area. We collected a large number of observations such as albedo data, water equivalent for snow ..., on which we compared the simulation results. This work allowed to show that the model simulates satisfactorily the energy and water balance in Siberia, but also to highlight the importance of the choice of climatic forcing. Thus, the use of a second climatic forcing enabled to show the importance of rain/snow partitioning and the possible underestimation of precipitation in forcing. The validated model was then used to carry out impact studies, using 2 climatic forcings on the future time (2005 to 2099) under scenario of emission of greenhouse gases RCP8.5. Thus, we were able to evaluate the variability related to forcing and the impact of climate change on the variables of energy and water balance. A boundary around latitude 60°N has been defined in the analysis of future precipitation and chosen to orient our analysis in two zones on either side of the boundary. We analyzed the seasonal cycles of the surface variables allowing us to highlight the impacts of global warming in relation to the increase in the air temperature and their spatial differences. We have shown that the melting of the snowpack is earlier in the South and generates a temporal advance of the spring flood peak for the Lena and the Amur. On the Ob and Yenisei, changes have also been shown (a decrease in flow over time for the Ob and an increase for the Yenisei, without any change in temporal phasing), which could lead to socio-economic impacts Important for local populations. This study also allowed us to show that the new climatic conditions are more favorable to vegetation. We also showed the coherence of the two climate projections studied.

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

Yvelines - Directeur de these
Mme Agnès DUCHARNE, Directeur de recherche, UPMC - Rapporteur
Mme Elena ZAKHAROVA, Chercheur attaché , Institut d'Oceanographie de St-Petersburg - Rapporteur
M. François COSTARD, Directeur de recherche, Université Paris-Sud 11 - Examinateur
M. Nicolas DELBART, Maître de conférences, Université Paris Diderot Paris 7 PRODIG - Examinateur
M. Matthieu ROY-BARMAN, Professeur, Université de Versailles Saint-Quentin en Yvelines - Examinateur

Contact : DSR - Service FED : theses@uvsq.fr