

SOUTENANCE DE THÈSE

Le jeudi 24 mars 2016 à 13h30 en salle Lliboutry
Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement
54 rue Molière, Saint-Martin d'Hères

Présentée par

Ambroise DUFOUR

Thèse dirigée par **Olga ZOLINA**

Transport de vapeur d'eau vers les hautes latitudes

Mécanismes et variabilité d'après réanalyses et radiosondages

Devant le jury composé de :

M. Stefan BRÖNNIMANN

Professeur, Université de Berne, Rapporteur

M. Richard P. ALLAN

Professeur, Université de Reading, Rapporteur

Mme Valérie MASSON-DELMOTTE

Directrice de recherche, LSCE, Examinatrice

M. Peter KOLTERMANN

Professeur, Université de Moscou, Examineur

M. Christophe GENTHON

Directeur de recherche, LGGE, Examineur

Mme Olga ZOLINA

Doctor habilitata, LGGE, Directrice de thèse



Transport de vapeur d'eau vers les hautes latitudes

Mécanismes et variabilité d'après réanalyses et radiosondages

Résumé : La vapeur d'eau convergeant vers les régions polaires se condense en nuages qui retiennent la chaleur terrestre. Ces nuages donnent lieu à des précipitations, qui adoucissent les océans polaires et épaississent les calottes de glace. Sans changement des vents, le transport de vapeur d'eau est appelé à augmenter dans un climat plus chaud et donc les chutes de neige sur les calottes aussi. Le surplus d'humidité risque cependant de rétroagir sur le réchauffement de surface.

Afin de contraindre les projections futures, cette thèse se propose d'évaluer la variabilité actuelle du cycle de l'eau dans les hautes latitudes. Elle s'appuie sur sept réanalyses globales et des observations par radiosondages allant de 1979 à 2013. Leurs biais intrinsèques et les approximations de calcul n'entament pas les conclusions principales de cette étude.

En Arctique, mise à part une légère surestimation, le transport d'humidité dans les réanalyses est remarquablement proche des observations, aussi bien dans le temps que dans l'espace. Dans toutes les réanalyses, les vents dominants n'advectionnent qu'une fraction de la vapeur d'eau, de 6 à 11%, au profit des perturbations. D'après la plupart des sources, évaporation, précipitation et humidité atmosphérique augmentent en accord avec l'élévation des températures. Toutefois, les flux de vapeur d'eau ne suivent pas la loi de Clausius-Clapeyron car humidité et vents sont moins corrélés, notamment près de la surface.

En Antarctique, le manque d'observations se fait sentir : la convergence de vapeur d'eau sur la calotte varie de 117 à 156 mm par an selon les réanalyses. Le transport côtier, très variable dans l'espace, résulte de l'alternance entre vents catabatiques et passage de perturbations. Sur la côte, les radiosondages signalent une augmentation significative des flux d'humidité vers le Sud. À l'échelle du continent en revanche, les réanalyses ne font état de quasiment aucune tendance.

Enfin, le rôle des phénomènes météorologiques d'échelle courte est évalué de nouveau, selon plusieurs méthodes. En particulier, les cyclones extratropicaux laissent dans les flux de vapeur d'eau une empreinte caractéristique qui peut être détectée et quantifiée.

Mots clés: transport de vapeur d'eau, Arctique, Antarctique, réanalyse, radiosondages, cyclones

Water vapour transport to the high latitudes

Mechanisms and variability from reanalyses and radiosoundings

Abstract : The water vapour converging to the polar regions condenses into heat-trapping clouds and eventually precipitates, freshening the polar oceans and thickening the ice-sheets. Modulo circulation changes, the moisture transport is expected to increase in a warmer climate. While the extra precipitation could dampen the ice sheets' contribution to sea level rise, the surplus of moisture could also feed back on the surface warming. However, the present variability of the polar moisture budgets must be known precisely before they can be projected with confidence into the future.

This study examines the atmospheric water cycle of both the Arctic and the Antarctic in seven global reanalyses and in radiosonde observations covering the 1979-2013 period. The impacts of known model and assimilation flaws and of the various numerical approximations were evaluated and proven to be limited, at least for the moisture flux variable and the more recent reanalyses.

In the Arctic, aside from a slight overestimation, the northward fluxes in reanalyses exhibit a remarkable agreement with the radiosoundings in terms of spatial and temporal patterns. In all reanalyses, transient eddies provide the bulk of the mid-latitude moisture imports – 89-94% at 70°N. In most datasets, evaporation, precipitation and precipitable water increase in line with what is expected from a warming signal. However fluxes do not scale with the Clausius-Clapeyron relation because the increasing specific humidity is not correlated with the meridional wind, particularly near the surface.

The representations of the Antarctic atmospheric water cycle in reanalyses suffer from the scarcity of observations : the moisture convergence estimations vary from 117 to 156 mm per year. On the coast, the mean moisture flux results from the interplay between transient eddies and katabatic winds, which are particularly sensitive to the orography. The coastal radiosonde sites report significant increases of the southward moisture fluxes but otherwise there are practically no trends in reanalyses on a continental scale.

Finally, the share of transient eddies in moisture advection is qualified using alternate methods. In particular, extratropical cyclones leave a characteristic imprint on the transport field, which can be detected and quantified.

Keywords: moisture transport, Arctic, Antarctic, reanalyses, radiosoundings, cyclones