

Soutenance de Thèse

Mercredi 17 Décembre 2014, 14h00

Salle L. Lliboutry, LGGE

54 rue Molière, Dom. Univ.

Mohd Farooq Azam

LGGE/LTHE, Grenoble

**Climate-Glacier relationship in the monsoon-arid
transition zone: A Case study in Himachal Pradesh, India**

Abstract

The Hindu-Kush Karakoram Himalayan (HKH) region is the largest snow and ice reservoir on the planet outside the Polar Regions. In the HKH region the mass balance and meteorological observations are sparse and the historical knowledge is mainly concentrated on snout fluctuation records. Hitherto, the understanding of glacier-climate relationship is poor in the HKH region. Therefore, the goal of the present work is to improve the understanding of glacier-climate relationship on a representative glacier 'Chhota Shigri' in the western Himalaya.

A number of in-situ measurements concerning mass balances, surface velocity, ice thickness and meteorology have been collected during and before the present PhD work since 2002. These data sets were first analyzed to understand the glacier behaviour and then used in the models to understand the glacier relationship with climatic variables. Between 2002 and 2013, glacier showed a mass wastage/unsteady-state conditions with a cumulative mass loss of -6.45 m w.e. Further, the ice flux analysis over 2002-2010 suggested that the glacier has experienced a period of steady-state or slightly positive mass balance during the 1990s.

We first reconstructed the annual and seasonal mass balances using a degree day model from simple meteorological variables, precipitation and temperature. This reconstruction allowed us to examine the mass balances between 1969 and 2012. Since 1969, Chhota Shigri showed a moderate mean mass wastage at a rate of -0.30 m w.e. a^{-1} . A period of steady-state between 1986 and 2000, already suggested by ice flux analysis and geodetic measurements, was confirmed. The mass balance evolution of this glacier revealed that the mass wastage is recent and provide a very different pattern than that of usually found in the literature on western Himalayan glaciers. The analysis of decadal time scale mass balances with meteorological variables suggested that winter precipitation and summer temperature are almost equally important drivers controlling the mass balance pattern of this glacier. Second, in order to understand the detailed physical basis of climatic drivers, a surface energy balance study was also performed using the in-situ meteorological data from the ablation area of Chhota Shigri Glacier. Net all-wave radiation was the main heat flux towards surface with 80% contribution while sensible, latent heat and conductive heat fluxes shared 13%, 5% and 2% of total heat flux, respectively. Our study showed that the intensity of snowfall events during the summer-monsoon is among the most important drivers responsible for glacier-wide mass balance evolution of Chhota Shigri Glacier. However, due to the lack of precipitation measurements and the strong precipitation gradient in this region, the distribution of precipitation on the glacier remains unknown and needs further detailed investigations.

Keywords: Himalaya, Glacier, Mass Balance, Steady-State, Energy Balance, Summer-Monsoon, Albedo

Résumé

La région de l'Hindu-Kush Karakoram Himalaya (HKH) est la plus grande région englacée de la planète, hormis les calottes polaires. Dans cette région, les mesures météorologiques et de bilans de masse sont sporadiques et les observations glaciologiques concernent essentiellement les mesures de fluctuations des fronts des glaciers. Ainsi, la réponse de ces glaciers aux changements climatiques est très mal connue. Le but de ce travail de thèse est d'améliorer la connaissance des relations entre les variables météorologiques et les bilans de masse glaciaires à partir de l'étude du glacier du Chhota Shigri situé dans l'Ouest de l'Himalaya.

De nombreuses mesures in-situ de bilans de masse, de vitesses d'écoulement, d'épaisseurs et de météorologie ont été réalisées depuis 2002 et au cours de ce PhD. Ces observations permettent d'analyser le comportement du glacier au regard des fluctuations climatiques. Entre 2002 et 2013, nos observations indiquent une perte de masse cumulée équivalente à une lame d'eau de -6.45 m. Par ailleurs, l'analyse des observations des flux de glace suggèrent que le glacier a connu un état proche d'un état d'équilibre avec des bilans nuls ou légèrement positifs au cours des années 1990.

Nous avons dans un premier temps reconstitué les bilans de masse annuels et saisonniers depuis 1969 en utilisant un modèle degré-jour et des variables météorologiques simples, précipitations et températures. Depuis 1969, les bilans de masse sont faiblement négatifs, équivalents à -0.30 m d'eau par an. Cette reconstitution montre que le glacier était proche de l'état d'équilibre entre 1986 et 2000, ce qui confirme les résultats obtenus à partir de l'analyse des flux de glace et des mesures géodésiques. Cette étude montre également que la perte de masse glaciaire est récente et révèle des fluctuations de bilans de masse avant l'année 2000 très différentes de ce que l'on trouve dans la littérature. L'analyse des bilans de masse à l'échelle décennale révèle que les précipitations hivernales et les températures estivales jouent un rôle sensiblement équivalent. Afin de comprendre plus en détail les variables climatiques qui contrôlent le bilan de masse, nous avons, dans un second temps, analysé les flux d'énergie en surface à l'aide de stations météorologiques situées sur le glacier et à proximité du glacier. Le rayonnement de courtes longueurs d'onde contrôlent 80 % des flux d'énergie entrant en surface alors que les flux de chaleur latente, sensible et de conduction contribuent pour 13, 5 et 2 % respectivement du flux entrant total. Par ailleurs, notre étude montre que les événements de fortes précipitations au cours de la période de mousson jouent un rôle essentiel sur l'évolution des bilans de masse. Néanmoins, à cause du manque de données de précipitation dans cette région et le fort gradient régional, la distribution des précipitations sur le glacier reste mal connue.

Mots clefs: Himalaya, Glacier, Bilan de masse, Etat d'équilibre, Bilan d'énergie, Mousson, Albedo.