

Great Ice : vingt ans d'observation du climat et de la ressource en eau à partir des glaciers des Andes tropicales

Comme toutes les chaînes de montagne, les Andes agissent comme un château d'eau. C'est particulièrement vrai sur leur segment tropical où les populations se concentrent dans les zones les plus sèches, vallées intra-andines et piémonts pacifiques, tandis que les précipitations viennent d'Amazonie. Le rôle des glaciers dans la régularisation du débit des rivières croît, à superficie égale, de l'équateur vers le sud à mesure que le régime des précipitations devient plus contrasté (saison des pluies/saison sèche) et irrégulier (forte variabilité d'une année sur l'autre). Face à la décrue rapide des glaciers andins tropicaux depuis la fin des années 1970, l'IRD a constitué une équipe pour analyser le phénomène et en déterminer l'impact hydrologique. Lancé en 1991 en Bolivie, puis étendu au Pérou et à l'Équateur, le programme Great Ice est devenu un observatoire pérenne de l'environnement en 2001 et s'est structuré en Laboratoire mixte international (LMI) en 2011. Il fournit depuis 15-20 ans à la communauté internationale (WGMS, Giec) des données régulières et une expertise sur les glaciers s'étendant sur une surface proche de 1 900 km² de la Bolivie à la Colombie. Ses études ont permis de quantifier l'ampleur de la déglaciation depuis les années 1950. Les massifs glaciaires ont ainsi perdu en un demi-siècle 40 %-50 % de leur surface et de leur volume et de nombreux glaciers de moins de 1 km² ont disparu. Cette récession est liée à une perte de glace équivalente à une tranche d'eau de 0,5 m à 1,2 m/an. Le réchauffement de l'atmosphère est responsable de cette évolution, mais il agit plus en changeant le bilan radiatif à la surface du glacier (davantage de précipitations liquides, moins de chances que des manteaux neigeux persistent longtemps à basse altitude) que par effet direct sur la fusion de la glace. En un demi-siècle, la hausse des températures a atteint près de 0,7 °C dans cette partie de Andes. Great Ice révèle que cette hausse a eu lieu surtout à partir de 1976, date qui coïncide avec le début du déclin accéléré des glaciers. 1976 correspond aussi au réchauffement du Pacifique, ce qui met en évidence la forte dépendance dans laquelle se trouvent les glaciers des Andes centrales vis-à-vis des variations de tempé-

rature des eaux superficielles du Pacifique tropical. On a observé en effet que les glaciers fondent beaucoup lors des phases chaudes (*El Niño*) et bien moins pendant les phases froides (*La Niña*). Localement, les événements chauds peuvent être aussi plus secs, ce qui renforce l'effet de la température sur la fusion.

Le déstockage de la glace a eu pour conséquence d'augmenter le débit des rivières dans les hauts bassins dominés par le régime glaciaire, tandis que les étiages se sont creusés dans les bassins au régime « pluvio-nival », où les glaciers étaient résiduels. La forte sensibilité des glaciers à l'augmentation de la température atmosphérique et les fortes hausses simulées dans les Andes tropicales par les modèles climatiques dans le pire scénario envisagé par le Giec laissent prévoir que de nombreux massifs seront sans glaciers dès le milieu du siècle. Dans cette éventualité, la ressource en eau sera davantage contrôlée par le régime des précipitations. Aussi, analyser le fonctionnement des aquifères, préciser le rôle joué par la nature du sol et la dynamique des écosystèmes seront des questions clés pour pouvoir établir des prévisions fiables sur la ressource en eau provenant des régions d'altitude. De nouvelles perspectives pour Great Ice.

GREAT ICE: 20 years of observing glaciers, climate and water resources in the tropical Andes

The Andes operate as a reservoir, like all mountain ranges. This is particularly the case in the tropical segment of the range where the population is concentrated in the driest zones—intra-Andes and Pacific piedmont— whereas precipitation is from Amazonia. The role of glaciers in the regularisation of river discharges increases southward from the equator for the same land area as the precipitation regime becomes more contrasted (dry season/rainy season) and irregular (strong variability from one year to the next). Given the rapid retreat of the tropical Andean glaciers since the end of the 1970s, IRD set up a team to analyse the phenomenon and determine its hydrological impact. Launched in 1991 in Bolivia and then extended to Peru and Ecuador, the Great Ice programme became a permanent environment watch in 2001 and an international joint



laboratory in 2011. For 15 to 20 years, it has supplied the international community (WGMS, IPCC) with regular data and expert opinions on glaciers covering an area of nearly 1900 km² from Bolivia to Colombia. Its studies have made it possible to measure the scale of deglaciation since the 1950s. In half a century, glaciers have lost 40-50% of their area and volume and numerous glaciers with an area of less than one square kilometre have disappeared. This retreat involves a loss of ice that is equivalent to a water depth of 0.5 to 1.2 metres per year. The warming of the atmosphere is responsible for this change but it acts more by changing radiation balance at the surface of the glacier (more liquid precipitation and less chance of snow remaining on the ground for a long time at low altitudes) than by directly melting the ice. In half a century, the temperature has risen by nearly 0.7°C in this part of the Andes. Great Ice shows that this increase occurred above all from 1976 onwards, coinciding with the beginning of the accelerated retreat of the glaciers. 1976 also marked the warming of the Pacific, showing the strong dependence of the central Andean glaciers on tempera-

ture variations at the surface of the water of the tropical Pacific. Indeed, it has been observed that glaciers retreat considerably during warm phases (El Niño) and much less during cold periods (La Niña). Locally, hot events may also be drier and increase the effect of temperature on melting.

The melting of the ice increases the discharges of the rivers in the high catchments dominated by a glacier regime and low water levels are falling in pluvio-nival basins where glaciers were residual. The strong sensitivity of glaciers to increases in air temperature and the strong increases simulated for the tropical Andes by climate models in the worst case scenario envisaged by the IPCC indicate that many mountain ranges will have no glaciers by the middle of the century. If this happens, water resources will be controlled more by the precipitation regime. Thus analysis of the functioning of aquifers, determining the role played by the nature of the soil and the dynamics of ecosystems will be key questions for making reliable forecasts of water resources from highland regions. These are the new prospects for Great Ice.

© IRD/B. Francou
Arrivée au sommet de l'Antisana (5767 m)
pour procéder aux mesures annuelles
d'accumulation. En arrière-plan, l'Antisana
Nord. Équateur.

Arrival at the summit of Mount Antisana
(5,767 m) to perform annual measurements
of accumulation. Antisana Norte
is in the background. Ecuador.

A woman wearing a vibrant, patterned headscarf is seen from behind, filling a red bucket from a large, circular stone well. The well is surrounded by a low stone wall with several arched openings. In the background, there are multi-story buildings made of light-colored stone with many windows, some with arched openings. The water in the well is clear and reflects the surrounding buildings and sky. The scene is set in a historic, possibly Middle Eastern, city under a clear blue sky.

L'eau

au cœur de la science

Water at the Heart of Science

Préambule Érik Orsenna

IRD
Éditions

L'eau au cœur de la science

Water at the Heart of Science

Préambule A message from
Érik Orsenna

Avant-propos Foreword by
Michel Laurent

IRD Éditions
Institut de recherche pour le développement

Marseille, 2012

Ouvrage publié à l'occasion du Forum mondial de l'eau (Marseille, 12-17 mars 2012).

This book is published on the occasion of the World Water Forum (Marseille, 12-17 March 2012).

Les photos présentées dans cet ouvrage sont pour la plupart issues de la base Indigo, la banque d'images de l'IRD. Quelques-unes proviennent d'autres banques d'images. Elles sont publiées avec l'aimable autorisation des institutions et des auteurs sollicités.

Most of the photographs in this book are from Indigo, the IRD image bank. A few are from other image banks. They are published by kind permission of the establishments and of their authors.

Coordination scientifique Scientific coordination

Bernard Pouyaud

Coordination éditoriale Editorial coordination

Thomas Mourier

Rédaction Written by

Claire Gout/Coéval durable

Recherche iconographique Iconographic research

Thomas Mourier, Claire Gout/Coéval durable, Daïna Rechner

Traduction Translated from the French by

Simon Barnard

Mise en page et coordination fabrication Page layout and production coordination

Catherine Plasse

Maquette de couverture Cover design

Michelle Saint-Léger

Maquette intérieure Content layout

Catherine Plasse

Toute reproduction ou représentation, intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit (reprographie, microfilmage, scannérisation, numérisation...) de la présente publication, faite sans l'autorisation de l'éditeur, est illicite (article L 122-4 du Code de la propriété intellectuelle du 1er juillet 1992) et constitue une contrefaçon sanctionnée par les articles L 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. L'autorisation de reproduction de tout ou partie de la présente publication doit être obtenue auprès de l'éditeur.

© IRD, 2012

ISBN : 978-2-7099-1723-0