



## Chronique du Petit Âge glaciaire dans les Andes tropicales

Bernard Francou

**Le Petit Âge glaciaire a fait l'objet d'un intérêt particulier** de la part de la communauté des sciences de l'environnement. Ces quelques siècles, compris entre environ 1300 et 1880 de notre ère, ont été marqués par une extension des glaciers de montagne parmi les plus remarquables connues durant l'Holocène (les derniers 11 000 ans). Assez bien documentée à l'échelle mondiale, cette période permet d'étudier une oscillation froide du climat ayant eu une origine naturelle, alors que le réchauffement qui suit, au cours du xx<sup>e</sup> siècle, est pour l'essentiel associé aux activités humaines.

**Dans les Andes tropicales, Great ice\* a reconstitué et daté** à partir des moraines abandonnées par les glaciers leur extension maximum, ainsi que leurs phases de retraits postérieures. Les dates ont été obtenues sur des blocs morainiques non perturbés depuis leur dépôt en utilisant les techniques lichénométriques (calibration de la courbe de croissance d'une espèce de lichens présente sur des objets datés) et isotopiques (mesure de la quantité de cosmonucléides accumulés donnant le temps d'exposition aux rayons cosmiques, comme par exemple le béryllium 10).

**Ces résultats ont pu être croisés avec ceux provenant d'archives** documentaires (peintures, gravures, récits) disponibles en Équateur depuis la période coloniale. En utilisant des modèles numériques de terrain, on reconstruit les bilans de masse glaciaires moyens et les lignes d'équilibre. Ensuite, un modèle climat-glacier permet de reconstruire l'évolution des températures et/ou des précipitations par rapport à leur

niveau actuel, en s'appuyant sur d'autres indicateurs comme les carottes glaciaires et les indices de végétation. Les résultats montrent que le maximum glaciaire s'est produit autour de 1630-1680 en Bolivie et au Pérou, et dans le premier tiers du xviii<sup>e</sup> siècle dans les Andes du nord. On estime qu'au cœur du Petit Âge glaciaire, la température était de 0,8 °C à 1,2 °C plus basse que de nos jours, avec des précipitations de 20 à 35 % plus élevées. Les glaciers ont ensuite reculé progressivement pendant les xviii<sup>e</sup> et xix<sup>e</sup> siècles, principalement sous l'effet d'une baisse des précipitations.

### Chronicle of the Little Ice Age in the tropical Andes

The Little Ice Age has been of particular interest to the environmental science community. The period lasting a few centuries from about 1300 to 1880 AD was marked by some of the most remarkable increased mountain glaciation seen during the Holocene (the last 11,000 years). The period is fairly well documented at a global scale and means that a cold oscillation of the climate with natural causes can be studied. It contrasts with the warming that followed in the twentieth century and that has been linked mainly with human activities.

In the tropical Andes, Great Ice\* worked on abandoned moraines to reconstitute and date the maximum extension of glaciers and their subsequent retreats. The dates were obtained using moraine blocks that had remained undisturbed since they were deposited using lichenometry (calibration of the growth curve of a lichen species present on the objects dated) and isotopic methods (measurement of the quantity of cosmonucleids accumulated



giving the period of exposure to cosmic radiation; beryllium 10 [ $^{10}\text{Be}$ ] is an example).

The results were cross-referenced with data from records (paintings, engravings, narrative) accumulated in Ecuador since the colonial period. Digital models of the terrain were used to reconstruct average glacial mass and lines of equilibrium. A climate-glacier model was then used to plot the patterns of temperature and/or precipitation in relation to present levels, using other indicators such as core borings from glaciers and vegetation indexes. The results show that peak glaciation occurred around 1630-1680 in Bolivia and Peru and in the first third of the eighteenth century in the northern Andes. It is considered that at the heart of the Little Ice Age the temperature was 0.8°C to 1.2°C lower than it is today and precipitations were 20 to 35% greater. The glaciers then retreated gradually in the eighteenth and nineteenth centuries, in particular as a result of decreased precipitation.

\* Great Ice (Glaciers et ressources en eau dans les Andes tropicales: indicateurs climatiques et environnementaux) est un Laboratoire mixte international de l'IRD depuis 2011.



*Page gauche/left*

© IRD/B. Francou

Les arêtes de l'Illimani  
vues du pic central (6400 m). Bolivie.

The crests of the Illimani  
from the central peak (6,400 m). Bolivia.

*Page droite/right*

© IRD/P. Wagnon

Station météo automatique (givrée)  
installée en décembre 2000 au sommet  
du Chimborazo (6,280 m) lors de l'opération  
de carottage profond. Équateur.

Automatic weather station (frozen)  
installed in December 2000 at the summit  
of the Chimborazo (6,280 m) during  
the deep core boring operation. Ecuador.

© IRD/B. Francou

Porteuses aymara en visite au camp d'altitude  
du forage de l'Illimani. Bolivie.

Aymara porters visiting the Illilmani  
high core boring camp. Bolivia.

A woman wearing a vibrant, patterned headscarf is seen from behind, filling a red bucket from a large, circular stone well. The well is situated in a historic city with multi-story stone buildings featuring arched windows and doorways. The water in the well is clear and reflects the surrounding architecture. The scene is set 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