



United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization



International
Hydrological
Programme



Man and
the Biosphere
Programme

With the support of the
Government of Flanders



Climate change impacts on mountain regions of the world

*Impacts du changement climatique
sur les régions montagneuses à travers le monde*



Cover/Couverture:

SPOT - © CNES 2010 - Distribution Astrium Services

- Image provided by Planet Action / SPOT

© CNES 2010 - Distribution par Astrium Services -
image fournie par Planet Action

Climate change impacts
on mountain regions of the world

Impacts du changement climatique
sur les régions montagneuses à travers le monde

Climate change impacts on mountain regions of the world

Impacts du changement climatique sur les régions montagneuses à travers le monde

Mountains and their adjacent valleys occupy 24% of the Earth's surface, and are home to about 1.2 billion people. While many inhabitants rely on mountains resources for their daily livelihoods, about 40% of the population depends indirectly on these resources for water supply, agriculture, hydroelectricity and biodiversity.

Mountains harbour more than half of the world's biodiversity hotspots and have a unique multi-functionality, providing numerous and diverse ecosystem services, with water supply being one of the most critical. These ecosystem services are of significant economic value, and are essential to human well-being, and social and economic development.

Les montagnes et leurs vallées adjacentes occupent 24 % de la surface du globe et abritent environ 1,2 milliard d'habitants. Bien que beaucoup d'habitants dépendent quotidiennement des ressources provenant de ces montagnes, près de 40 % de la population en dépend indirectement pour l'approvisionnement en eau, l'agriculture, l'énergie hydroélectrique et la biodiversité.

Les montagnes recèlent plus de la moitié des « points chauds » de biodiversité du monde et constituent des systèmes multifonctionnels uniques. En effet, elles fournissent de nombreux et divers services écosystémiques tels que l'approvisionnement en eau qui compte parmi les plus cruciaux. Ces services ont une grande valeur pour

The important role played by mountains in freshwater supply and regulation justifies their reputation as 'water towers' of the world. Mountains are home to the headwaters of the world's major rivers, and contribute a disproportionately high amount to total discharge. It is estimated that over 50% of mountain regions play an essential or supportive role in downstream water supply. A key feature of many mountain ecosystems is their capacity to counter seasonal water deficits due to their high storage potential. Glaciers and snow resources act as critical buffers to the variability of water in time by providing water during the dry season, and by storing water in years of high snowfall and releasing it in hot and dry years. In other words, they store water when it is less needed, and release it when it is most needed. Mountain ecosystems such as montane forests, cloud forests, wetlands and grasslands play vital roles in water storage and supply, erosion prevention, reduction of peak flows, reduction of flood risks, water filtering and improvement of water quality.

Mountains are among the most sensitive ecosystems to climate change and are being affected at a faster rate than other terrestrial habitats. Climate change impacts are a major threat to their integrity and the services they provide,

l'économie et sont par ailleurs essentiels au bien-être humain et au développement social et économique.

Le rôle incontournable des montagnes dans l'approvisionnement et la régulation en eau douce leur vaut le surnom bien mérité de « châteaux d'eau » du monde. Les montagnes abritent les sources des plus grands fleuves du monde, qu'elles alimentent en très grande partie. On estime que plus de 50 % des régions montagneuses jouent un rôle important, voire essentiel, dans l'approvisionnement en eau des zones situées en aval. Une des fonctions clés d'un grand nombre d'écosystèmes montagneux consiste à pallier les déficits saisonniers en eau grâce à leur importante capacité de stockage. Les ressources glaciaires et neigeuses jouent un rôle de tampon vis-à-vis de la variabilité des ressources en eau. Les montagnes stockent de l'eau durant les années de fort enneigement pour la libérer pendant les années chaudes et fournir ainsi de l'eau durant la saison sèche. En d'autres termes, elles stockent l'eau lorsqu'il y en a le moins besoin et la libèrent lorsqu'il y en a le plus besoin. Les écosystèmes montagneux tels que les forêts montagneuses, les forêts de nuage, les zones humides et les prairies jouent un rôle vital pour le stockage et l'approvisionnement en eau, la prévention de l'érosion,

and to the large often vulnerable populations that depend on them. In comparison to the global mean, above-average warming has been observed in mountains during the twentieth century. Because of their high sensitivity, mountains can perform an important role as global early warning systems.

Climate change in mountain regions is expected to lead to further alterations in temperature and precipitation, increased weather variability, decreases in snow and glacier resources, changes in river flows and increased variability of stream flows. Greater frequency of extreme weather events, fires, droughts and floods, including flash floods and glacial lake outburst floods (GLOFs), is also predicted. Worldwide monitoring of these regions shows widespread retreat of glaciers due to changes in climatic conditions, making them key indicators for mountain climate research.

Climate change impacts will vary strongly among mountain regions and river catchments. The heterogeneity, broad range of climatic and topographic environments, and complex geophysical structure, pose extra challenges for mountain research, and many knowledge gaps remain. There is an urgent need to increase knowledge

la réduction des débits de pointe, la réduction des risques d'inondations, le filtrage de l'eau et l'amélioration de sa qualité.

Les montagnes comptent parmi les écosystèmes les plus sensibles et subissent les impacts du changement climatique plus rapidement que tout habitat terrestre. En effet, le changement climatique fait peser une lourde menace sur l'intégrité de ces fragiles écosystèmes, sur les services qu'ils fournissent, ainsi que sur les vastes populations, souvent vulnérables, qui en dépendent. Au cours du XX^e siècle, un réchauffement supérieur à la moyenne mondiale a été observé dans les montagnes. Du fait de leur grande sensibilité, celles-ci peuvent jouer un rôle important en tant que systèmes mondiaux d'alerte précoce. Dans les régions montagneuses, le changement climatique risque encore d'accentuer le dérèglement des températures et des précipitations, la variabilité du climat, la diminution des ressources neigeuses et glaciaires, la modification des débits des fleuves et la variabilité de l'écoulement des rivières. En outre, les projections prévoient une augmentation de la fréquence des événements météorologiques extrêmes pouvant entraîner incendies, sécheresses et inondations, y compris crues subites et inondations éruptives de

and understanding of climate change impacts on water resources and to further develop and implement risk management and adaptation strategies. In particular, there is a need for enhanced monitoring, modelling, detailed case studies and enhanced prediction of local hydrological responses to climate change impacts in mountain regions. The development of adaptation strategies will involve the need for improved water efficiency, and water storage and capture methods to buffer the high variability of water across time, which is expected to increase under climate change. Given their important role in water supply and regulation, the protection, sustainable management and restoration of mountain ecosystems will be essential.

The importance of mountains, the services they provide and their important role in water supply has been recognized through Chapter 13 of Agenda 21 'Managing Fragile Ecosystems: Sustainable Mountain Development' of the Rio Earth Summit (1992), the International Year of Mountains (2002), and UN Resolutions on sustainable mountain development, including the outcome document 'The Future We Want' of the Rio+20 Conference (2012). Resolution 62/196, which was adopted by the UN General

lacs glaciaires. La surveillance de ces régions à l'échelle mondiale montre un recul généralisé des glaciers causé par la modification des conditions climatiques ; les glaciers constituent de facto des indicateurs clés pour la recherche sur le climat dans les montagnes.

Les impacts du changement climatique peuvent grandement varier suivant les régions montagneuses et les bassins hydrographiques. L'hétérogénéité des montagnes, leur vaste éventail d'environnements climatiques et topographiques et leurs structures géophysiques complexes sont autant de défis supplémentaires posés aux études de recherche sur les montagnes, qui ont encore bien des lacunes à combler. Il est urgent d'améliorer nos connaissances et notre compréhension des impacts du changement climatique sur les ressources en eau, et de poursuivre le développement et la mise en œuvre de stratégies d'adaptation et de gestion des risques. En particulier, il est nécessaire d'améliorer le suivi, la modélisation, et de réaliser des études de cas détaillées dans le but d'apporter en amont des réponses hydrologiques locales pouvant permettre de faire face aux impacts du changement climatique sur les régions montagneuses.

Assembly in 2007, referred to 'the global importance of mountains as the source of most of the Earth's freshwater'.

Securing international scientific cooperation is vital to addressing the challenges posed by global climate change. Strengthened regional cooperation, collaboration with local organizations and institutions, and enhanced knowledge sharing and dialogue among policy-makers, scientists and local stakeholders, will be needed to safeguard these ecosystems, their role in freshwater provision and regulation, and to enhance the resilience of the populations dependent on them.

The following exhibition, developed by the UNESCO International Hydrological Programme (IHP) and the Man and Biosphere Programme (MAB), features satellite images of different mountain regions worldwide, many of which are UNESCO Biosphere Reserves and World Heritage sites. It highlights the critical functions of mountains and the implications of climate change for mountain ecosystems, water resources and livelihoods.

This exhibition is a contribution to the International Year of Water Cooperation (2013).

Le développement de stratégies d'adaptation impliquera une utilisation ainsi que des méthodes de stockage et de collecte de l'eau plus efficaces pour compenser la grande variabilité des ressources en eau qui devrait augmenter sous les effets du changement climatique. Compte tenu de l'important rôle des écosystèmes montagneux dans l'approvisionnement et la régulation de l'eau, il est essentiel de les protéger, de les gérer durablement et de les restaurer.

L'importance des montagnes et des services qu'elles fournissent, ainsi que leur rôle essentiel dans l'approvisionnement en eau ont été reconnus par le Chapitre 13 de l'Agenda 21 « Gestion des écosystèmes fragiles : mise en valeur durable des montagnes » du Sommet de la Terre de Rio (1992), par l'Année internationale de la montagne (2002) et par les Résolutions des Nations Unies sur le développement durable des montagnes qui incluaient le document final de la Conférence Rio+20 « L'Avenir que nous voulons » (2012). La Résolution 62/196 adoptée par l'Assemblée générale des Nations Unies en 2007 constate « que les montagnes sont importantes pour la planète parce qu'elles sont la source de la plus grande partie de l'eau douce sur terre. »

UNESCO would like to thank the following partners, whose generous contributions made this exhibition possible:

- The Government of Flanders, Belgium
- The Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)
- The European Space Agency (ESA)
- The United States Geological Survey (USGS)
- Planet Action

UNESCO also thanks all the reviewers and authors of publications used for this exhibition for their vital research and valuable contributions.

Dans ce cadre, une coopération scientifique internationale est essentielle pour relever les défis posés par le changement climatique. En effet, la sauvegarde de ces écosystèmes de leur rôle dans l’approvisionnement et la régulation en eau douce ainsi que le renforcement de la résilience des populations qui en dépendent ne se feront pas sans l’amélioration des coopérations régionales, la collaboration avec les organisations et les institutions locales, l’amélioration du partage des connaissances et l’établissement d’un dialogue entre les décideurs politiques, les scientifiques et les parties prenantes locales.

Cette exposition, mise en place par le Programme hydrologique international (PHI) et le Programme sur l’Homme et la Biosphère (MAB) de l’UNESCO, présente des images satellitaires de diverses régions montagneuses ; beaucoup sont des Réserves de Biosphère et/ou des sites classés au Patrimoine Mondial de l’UNESCO. Cette exposition montre le rôle important des montagnes, et met en avant les conséquences du changement climatique sur

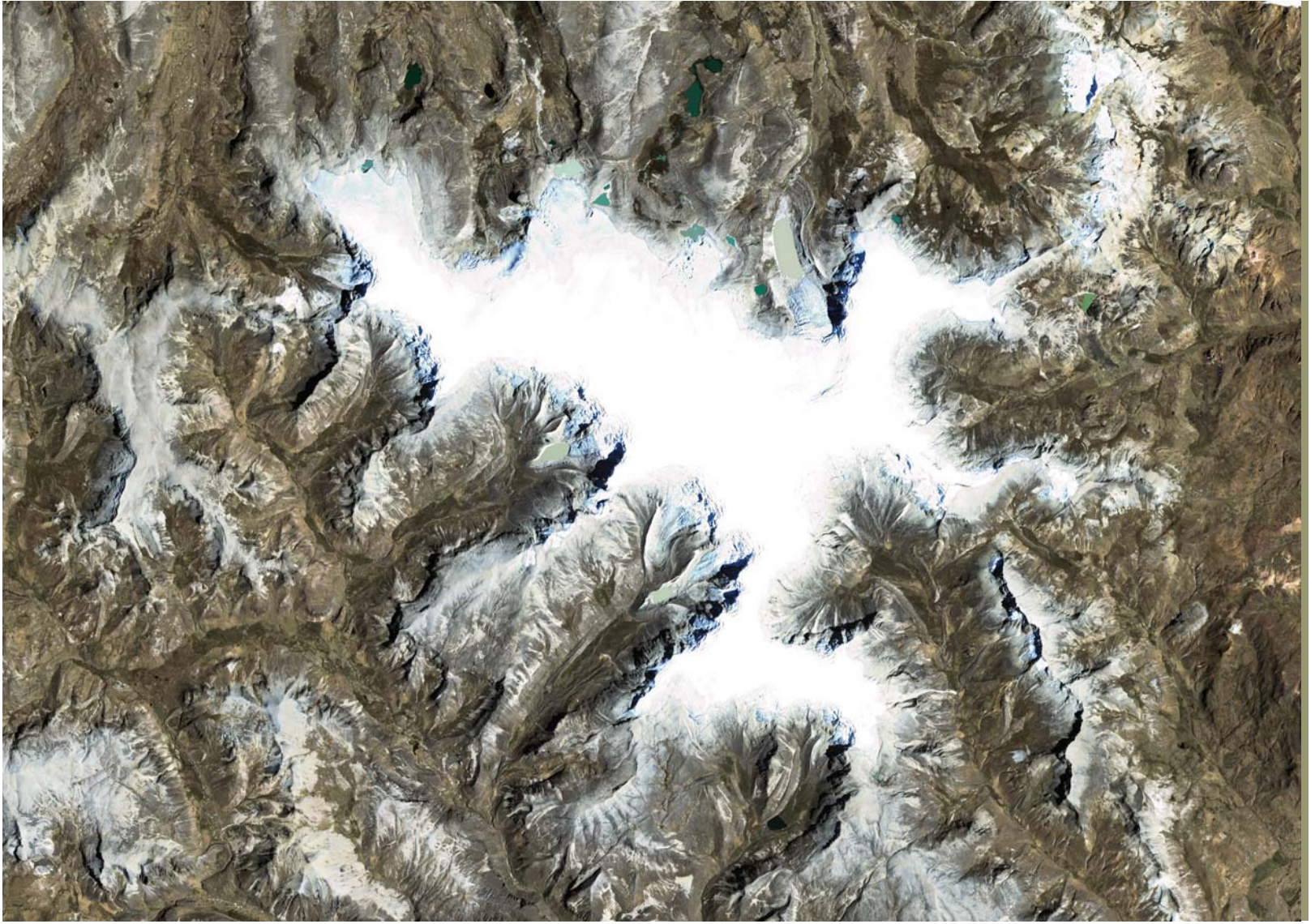
les écosystèmes, les ressources en eau et les moyens de subsistance associés aux montagnes.

Cette exposition entre dans le cadre de l'Année internationale de la coopération dans le domaine de l'eau (2013).

Sans la généreuse contribution de partenaires, cette exposition n'aurait pu voir le jour. L'UNESCO souhaite, à ce titre, remercier :

- *Le gouvernement de la Flandre (Belgique)*
- *L'Agence d'exploration aérospatiale japonaise (JAXA)*
- *L'Agence spatiale européenne (ESA)*
- *La Commission géologique des États-Unis (USGS)*
- *Planet Action*

L'UNESCO remercie également, pour leurs travaux de recherche et leurs précieuses contributions, tous les relecteurs et auteurs des publications scientifiques ayant permis de réaliser cette exposition.



Quelccaya Ice Cap: the shrinking of the world's largest tropical ice field

*Calotte glaciaire de Quelccaya :
fonte du plus vaste champ de glace
tropical du monde*

Peru/Pérou

Satellite image from the Japan Aerospace Exploration Agency's (JAXA) ALOS satellite taken on 14 June 2010

Image prise par le satellite ALOS de l'Agence d'exploration aérospatiale japonaise (JAXA) le 14 juin 2010

The Peruvian Andes are host to the largest proportion of tropical glaciers. They feed hydropower plants that account for more than 70% of the country's electricity generation, and supply drinking water to Lima, the world's second largest desert city with 9 million inhabitants.

The Quelccaya Ice Cap is located in the Vilcanota range in the eastern part of the Peruvian Andes. It is the largest single ice body in Peru as well as the world's largest tropical ice

field. In 1998, the glacier's size was estimated at 54 km². Quelccaya's biggest outlet glacier, Qori Kalis, retreated by 1.2 km between 1978 and 2008, and a 60 m deep pro-glacial lake formed at its margin, covering an area of 34 hectares.

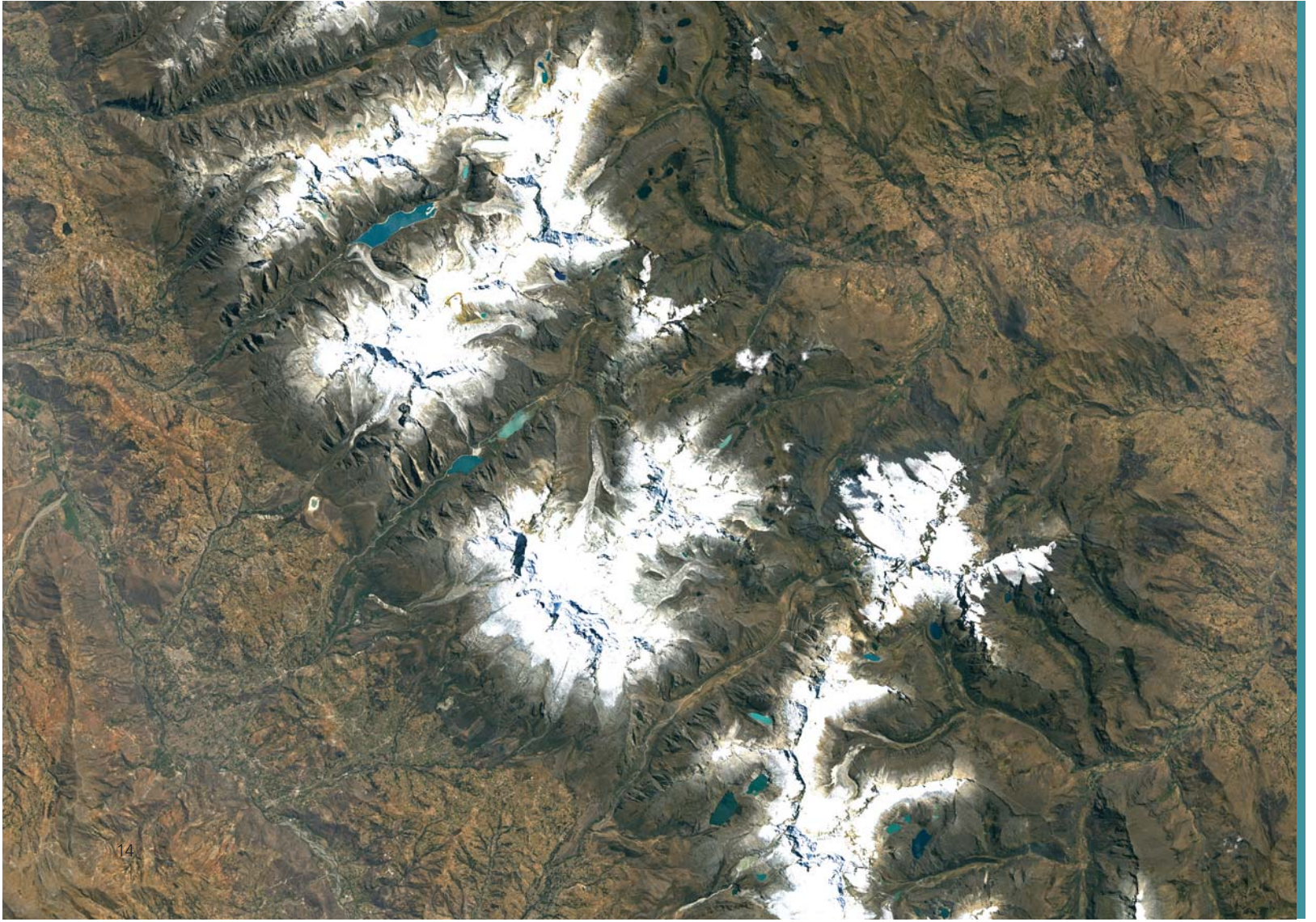
Glaciers have a regulating effect which functions by constant release of meltwater during the dry season. As glaciers in the area continue to recede, this will gradually lead to a strong concentration of runoff during the rainy season, and little base flow during the dry season.

La majeure partie des glaciers tropicaux se trouvent dans les Andes péruviennes. Les montagnes andéennes alimentent des centrales hydroélectriques générant plus de 70 % de l'électricité produite au Pérou. En outre, elles approvisionnent en eau potable la ville de Lima qui, avec ses 9 millions d'habitants, est la deuxième plus grande ville du monde établie sur un désert.

La calotte glaciaire de Quelccaya se trouve dans la cordillère de Vilcanota, dans la partie orientale des Andes péruviennes. C'est à la fois la plus grande masse de glace présente au Pérou et le plus vaste champ de glace du

monde. On estimait en 1998 la taille du glacier à 54 km². Le Qori Kalis est le plus grand glacier émissaire du Quelccaya ; entre 1978 et 2008, il a reculé de 1,2 km et entraîné la formation sur sa bordure d'un lac proglaciaire d'une profondeur de 60 m et d'une superficie de 34 hectares.

Les glaciers ont un effet régulateur reposant sur la libération constante d'eau de fonte pendant la saison sèche. Le recul continu des glaciers de cette zone va progressivement entraîner une forte concentration du ruissellement pendant la saison des pluies, et une diminution de l'écoulement de base pendant la saison sèche.



Loss of glaciated area in the Cordillera Blanca

Disparition de zones englacées dans la cordillère Blanche

Peru/Pérou

The image was acquired, processed and distributed by the European Space Agency (ESA) by using data from the Japanese ALOS satellite on 24 August 2010 in the framework of the Third Party Mission programme. Copyrights: ESA – JAXA

L'image a été acquise, traitée et distribuée par l'Agence Spatiale Européenne (ESA) à partir de données acquises par le satellite japonais ALOS le 24 août 2010 dans le cadre d'un Programme de mission tripartite. Copyrights : ESA – JAXA

Mount Huascarán, Peru's highest peak (6,768 m), is located in the Cordillera Blanca, the world's highest and most extensively glacier-covered tropical mountain range. The Huascarán National Park was designated a UNESCO Biosphere Reserve in 1977 and a World Heritage site in 1985.

It is estimated that about 22% of the glaciated area in the Cordillera Blanca disappeared between 1970 and 2003. Many of the smaller, lower-lying glaciers in the Cordillera Blanca are predicted to disappear within a few decades. Glaciers on Mount Huascarán have lost at least

13 km² of ice and about 40% of area compared to 37 years ago. Recent research on catchments in the Cordillera Blanca suggests that the complete melting of the glaciers would lead to a decrease in annual dry season discharge of 30% to 60%, depending on the watershed.

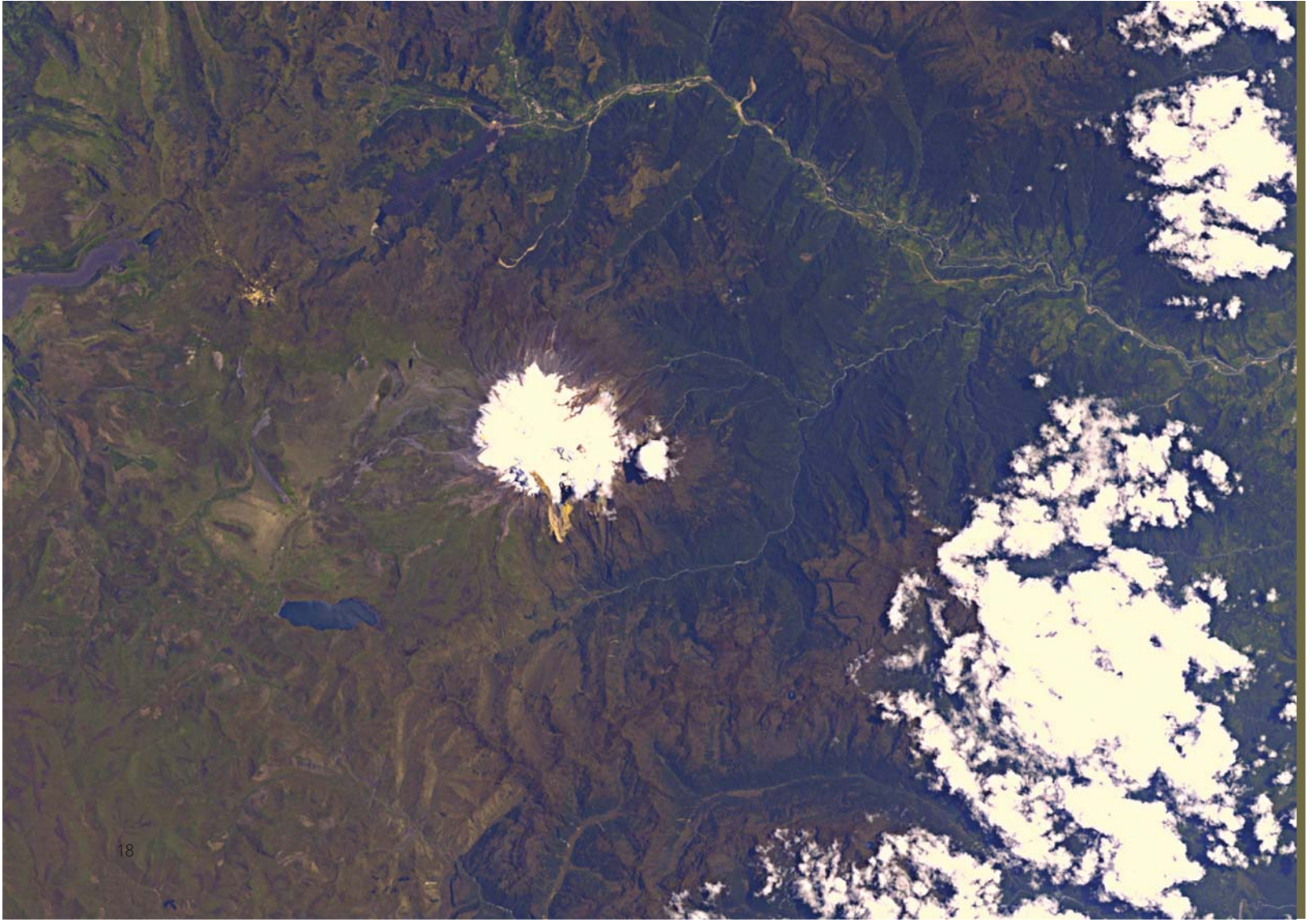
Two million people depend on water originating from the Huascarán National Park, and are vulnerable to the risks of water shortages and floods, including glacial lake outburst floods. During the period 1941–2005, at least 30,000 people were killed by more than 30 glacier-related disasters in the Peruvian Cordillera Blanca.

Avec 6 768 m d'altitude, le mont Huascarán est le point culminant du Pérou. Il se situe dans la cordillère Blanche, la chaîne de montagnes tropicale la plus haute et la plus englacée du monde. Le parc national de Huascarán a été désigné Réserve de Biosphère en 1977 et classé au Patrimoine Mondial de l'UNESCO en 1985.

On estime qu'entre 1970 et 2003, environ 22 % des zones englacées de la cordillère Blanche ont disparu. À de plus faibles altitudes, un grand nombre de glaciers plus petits sont appelés à disparaître dans les prochaines décennies. Au cours des 37 dernières années, les glaciers du mont Huascarán ont perdu au moins 13 km² de glace et environ 40 % de leur

superficie. De récentes études concernant les bassins hydrologiques de la cordillère Blanche suggèrent que la fonte totale des glaciers entraînerait, suivant le bassin, une diminution annuelle de 30 % à 60 % de l'écoulement en saison sèche.

Deux millions de personnes dépendent de l'eau provenant du parc national de Huascarán. Cette population est vulnérable aux risques de pénurie d'eau et d'inondations, y compris aux inondations éruptives de lac glaciaire. Entre 1941 et 2005, au moins 30 000 personnes ont trouvé la mort dans la cordillère Blanche péruvienne, dans plus de trente catastrophes liées aux glaciers.



Natural sponges under stress: páramos ecosystems in Antisana

*Des « éponges naturelles »
menacées : écosystèmes des
páramos sur l'Antisana*

Ecuador/Équateur

Satellite image from the United States Geological Survey's (USGS) satellite acquired on 12 April 2002

Image prise par le satellite Landsat 7 de la Commission géologique des États-Unis (U.S. Geological Survey – USGS) le 12 avril 2002

The Antisana lies 50 km south-east of Quito and is one of the largest volcanoes in Ecuador. Rising 5,573 m, the volcano is topped by a well-defined ice cap, and covered by 22 km² of snow and 17 outlet glaciers. Between 1979 and 2007, glaciers on the Antisana lost 33% of their surface area.

Antisana and the neighbouring Cotopaxi Volcano provide most of the water supply for Quito's 1.6 million inhabitants. The flanks of the Volcano are covered with *páramos*, high-altitude alpine wetland ecosystems that act as natural sponges. Storing and filtering large

amounts of water and gradually releasing it, the *páramos* act as vital suppliers of freshwater and function as critical buffers to flow variations.

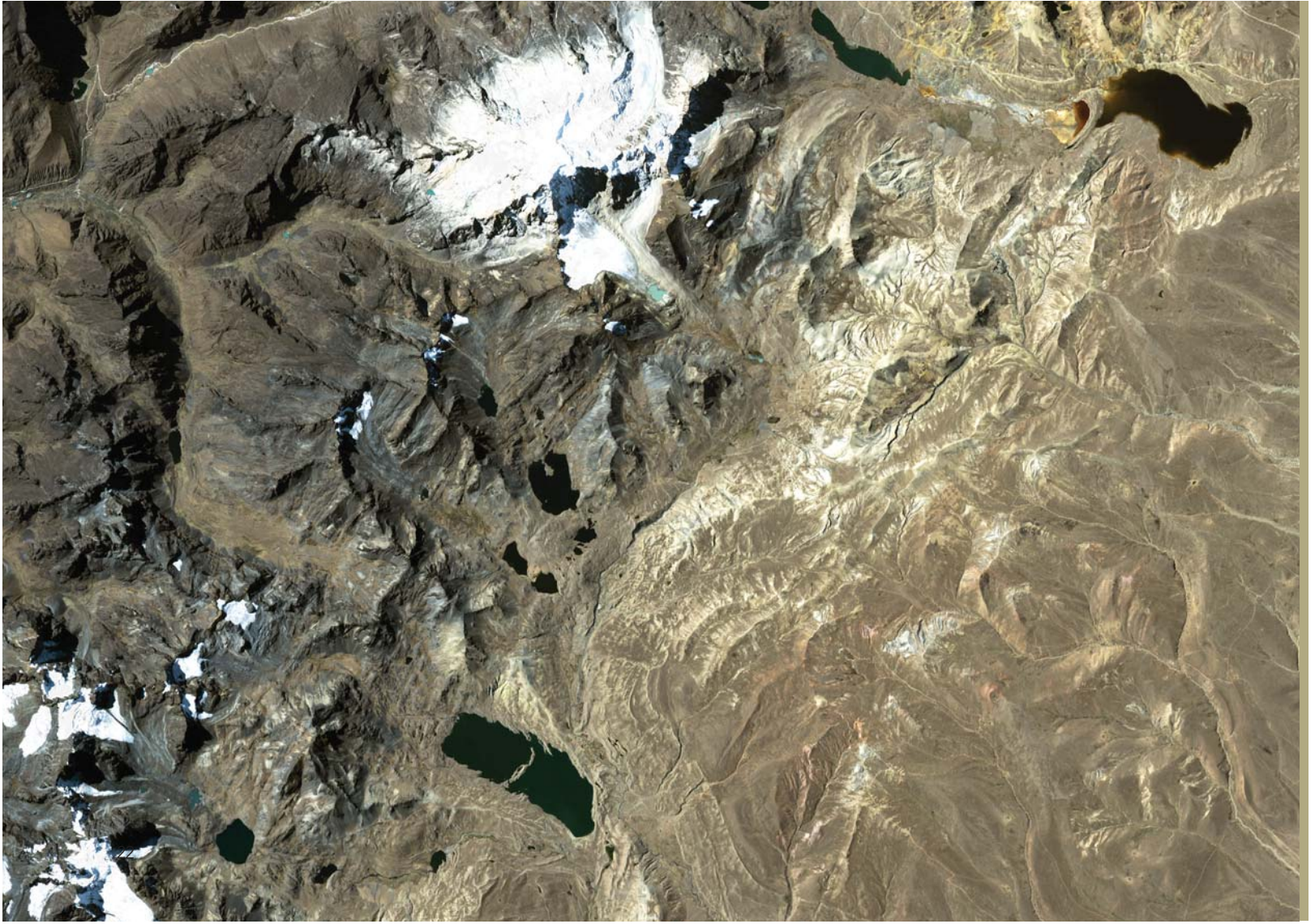
These fragile biodiversity hotspots are extremely vulnerable to climate change and human perturbation. Higher temperatures and decreased precipitation will lead to further degradation of the *páramo* ecosystems. The results of recent research into the role of glaciers and *páramos* in Quito's water supply show that the *páramos* play a most critical role in this region, and that further degradation will pose significant threats to the safeguarding of water supplies.

Situé à 50 km au sud-est de Quito, l'Antisana est un des plus grands volcans d'Équateur. Culminant à 5 573 m d'altitude, ce volcan coiffé d'une calotte glacière clairement délimitée est couvert de 22 km² de neige et possède 17 glaciers émissaires. Entre 1979 et 2007, les glaciers de l'Antisana ont perdu 33 % de leur superficie.

Avec le volcan voisin Cotopaxi, l'Antisana fournit la majeure partie de l'approvisionnement en eau des 1,6 million de personnes habitant Quito. Les flancs du volcan sont couverts de páramos, des écosystèmes de zones humides alpines de haute altitude, qui jouent un rôle d'éponge naturelle. Les páramos stockent et filtrent de grandes quantités d'eau qu'ils libèrent ensuite

progressivement ; ils représentent une source vitale d'approvisionnement en eau douce et jouent un rôle crucial de tampon vis-à-vis des variations des écoulements d'eau.

Ces points chauds de biodiversité sont fragiles et extrêmement vulnérables au changement climatique ainsi qu'aux perturbations humaines. La hausse des températures et la diminution des précipitations vont continuer à dégrader ces écosystèmes. De récents travaux de recherche sur le rôle des glaciers et des páramos dans l'approvisionnement en eau de Quito montrent que les páramos jouent un rôle tout à fait crucial dans cette région ; la poursuite de leur dégradation constitue une sérieuse menace pour l'approvisionnement en eau.



Zongo: a shrinking glacier in the Cordillera Real

*Zongo : un glacier en recul
dans la cordillère Royale*

Bolivia/Bolivie

Satellite image from the Japan Aerospace Exploration Agency's (JAXA) ALOS satellite taken on 21 June 2010

Image prise par le satellite ALOS de l'Agence d'exploration aérospatiale japonaise (JAXA) le 21 juin 2010

The Zongo glacier in the Cordillera Real is situated 30 km north of La Paz, the principal city of the Altiplano and the highest large city in the world (3,250–4,100 m above sea level).

Zongo has been monitored since 1992 and as of 2007 had lost 9.4% of its surface area and about 6 m of its thickness. In 2009, the glacier covered an area of 1.87 km². The glacier is also part of a 3.3 km² hydropower plant catchment area which constitutes the major energy source for La Paz's 1 million inhabitants.

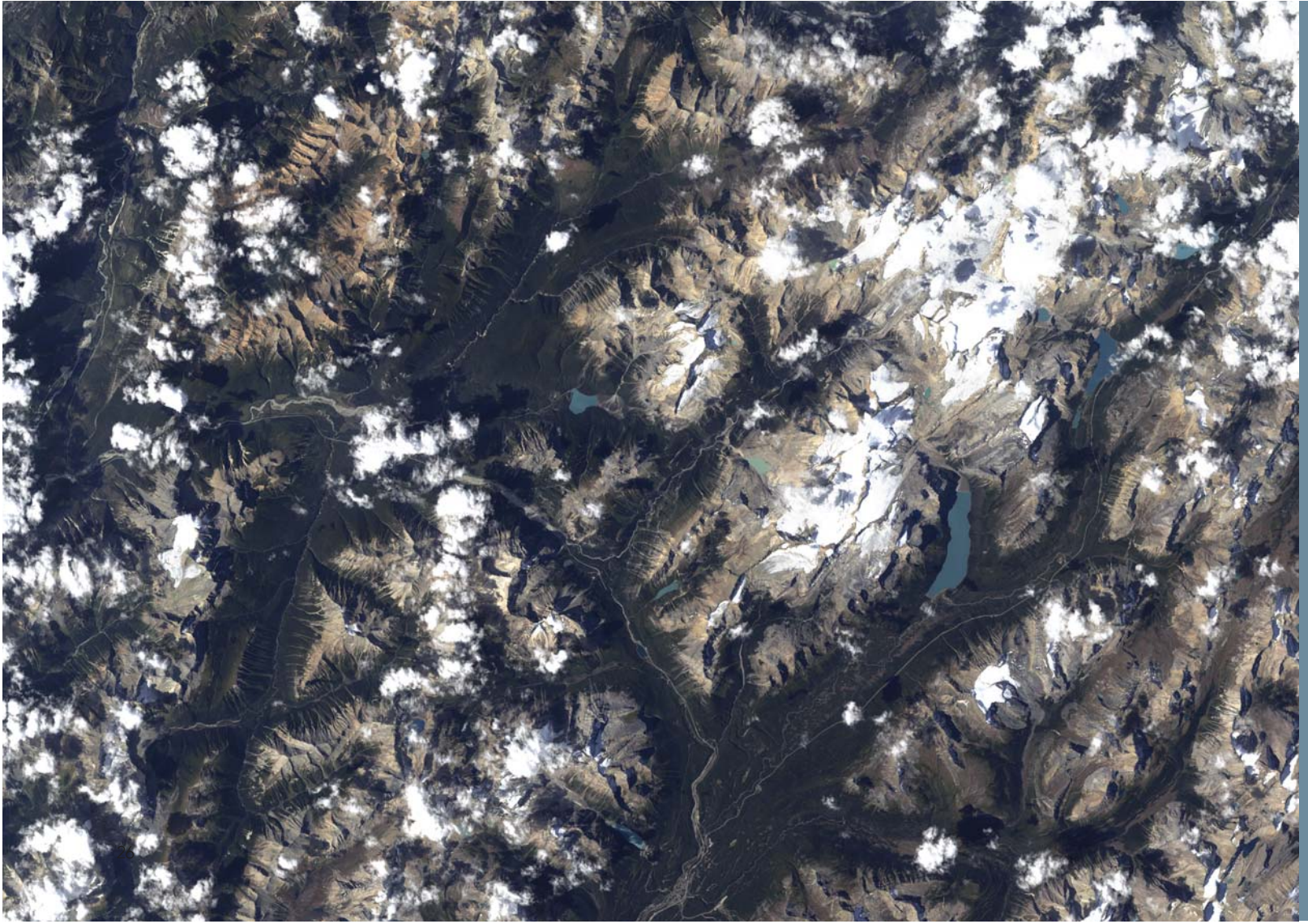
For the population of the dry Altiplano and its major cities, a region where more than 50% of the population lack safe drinking water, the contribution of glaciers to seasonally delayed runoff is a vital source of water supply. The retreat of tropical glaciers in the region will result in major constraints on agriculture and hydropower, and will have significant socio-economic impacts on the local population. Already, decreases in stream flow are increasing tensions between water users such as local farmers and mining companies.

Le glacier Zongo se trouve dans la cordillère Royale à 30 km de La Paz. Principale ville de l'Altiplano, La Paz est aussi la ville la plus haute du monde, elle se situe entre 3 250 m et 4 100 m au-dessus du niveau de la mer.

Ce glacier fait partie de la zone de captage d'une centrale hydroélectrique de 3,3 km² qui est la principale source d'énergie pour les 1 million d'habitants de La Paz. Sous surveillance depuis 1992, le glacier avait en 2007 perdu 9,4 % de sa superficie et près de 6 m d'épaisseur. En 2009, il ne recouvrait plus qu'une superficie de 1,87 km².

L'Altiplano est une région sèche où plus de 50 % de la population manque d'eau potable. Le ruissellement retardé des glaciers constitue une importante source d'approvisionnement en eau potable pour la population de l'Altiplano et pour ses principales villes. L'important recul des glaciers tropicaux de la région va avoir des conséquences non négligeables sur l'agriculture et la production hydroélectrique, et son impact socio-économique sur la population locale s'annonce considérable.

L'affaiblissement du débit des cours d'eau attise déjà les tensions entre les divers utilisateurs de l'eau tels que les fermiers locaux et les sociétés minières.



The Rocky Mountains: warmer weather impacts runoff flows

*Les montagnes Rocheuses :
impact du réchauffement climatique
sur les eaux de ruissellement*

Canada and the United States/Canada et États-Unis

Satellite image from the Japan Aerospace Exploration Agency's (JAXA) ALOS satellite taken on 17 September 2007

Image prise par le satellite ALOS de l'Agence d'exploration aérospatiale japonaise (JAXA) le 17 septembre 2007

The Rocky Mountains harbour the highest peaks in central North America and cover about 4,830 km, stretching from western Canada to New Mexico. About 60% to 80% of the annual water supply of the western United States consists of runoff water from the snow layers formed during winter on the mountains.

A number of major rivers flow down from sources high up in the Rocky Mountains. The Colorado River, for example, serves 30 million people in Mexico and the United States, with about 70% of its water used for the irrigation

of 14,000 km² of cropland. The Columbia River also originates in the Rockies, feeding 40 hydropower stations that supply the majority of electricity for the North-West Pacific.

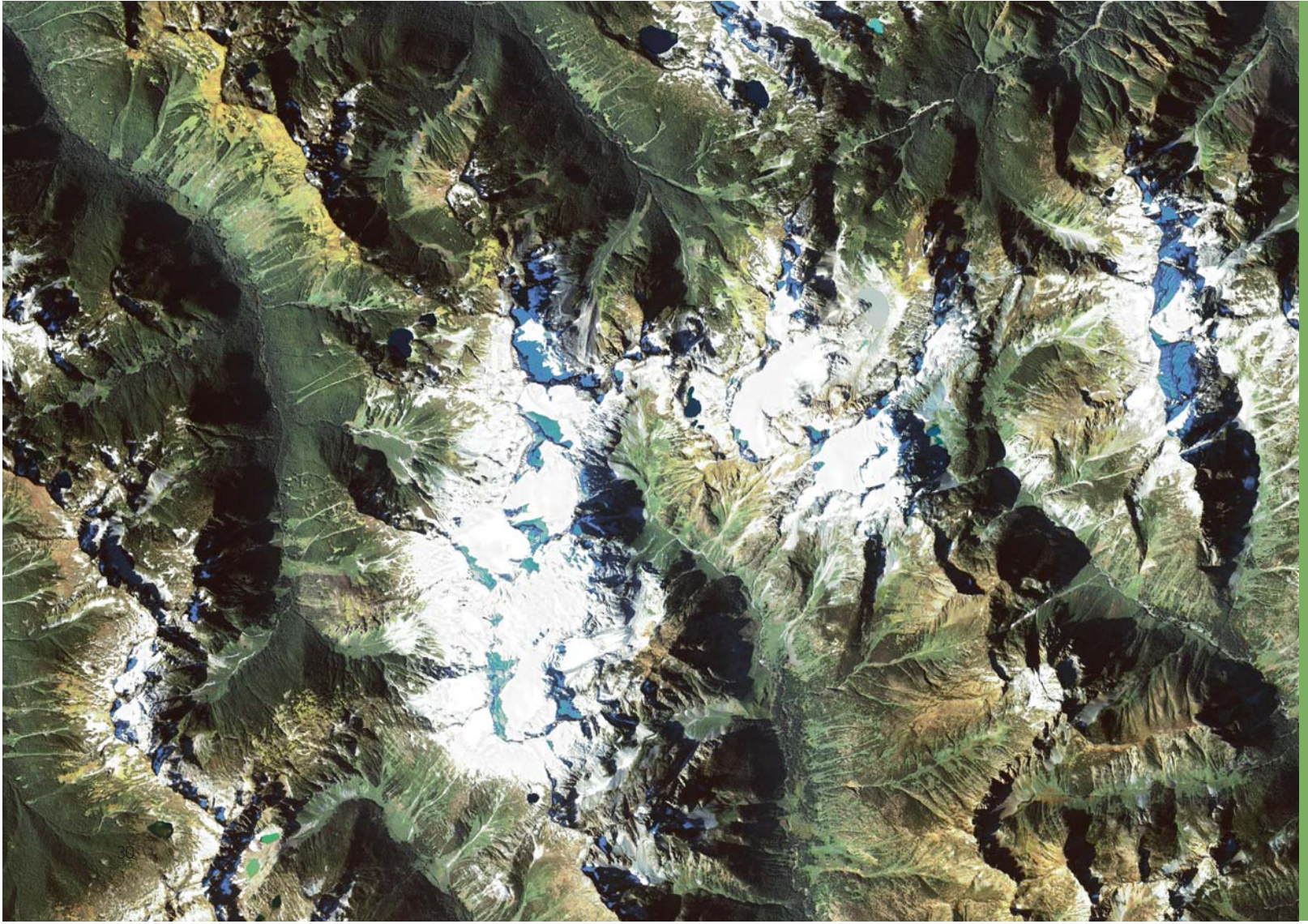
During the last 30 years a marked decline in snowpack, associated with higher temperatures during spring, has been observed along the whole length of the Rocky Mountains. Trends suggest that this decline will result in increased pressure on summer water supply for more than 70 million people in the western United States.

Les montagnes Rocheuses abritent les plus hauts sommets du centre de l'Amérique du Nord et s'étendent sur environ 4 830 km entre l'ouest du Canada et le Nouveau Mexique. 60 % à 80 % de l'approvisionnement annuel en eau de l'ouest des États-Unis provient des eaux de ruissellement issues du manteau neigeux qui se forme sur ces montagnes durant l'hiver.

De nombreux grands fleuves trouvent leur source au coeur des montagnes Rocheuses. Des États-Unis au Mexique, le fleuve Colorado subvient aux besoins de 30 millions de personnes, et environ 70 % de son eau permet d'irriguer 14 000 km² de terres cultivées. Le

fleuve Columbia prend également sa source dans les Rocheuses ; il alimente quarante centrales hydroélectriques qui produisent la majeure partie de l'électricité consommée au Nord-Ouest des États-Unis.

Au cours des trente dernières années, un recul notable du manteau neigeux combiné à des températures printanières plus élevées a été observé sur toute la longueur des montagnes Rocheuses. Les tendances actuelles laissent à penser que ce recul engendrera, pour plus de 70 millions de personnes habitant l'ouest des États-Unis, une pression accrue sur l'approvisionnement estival en eau.



The melting of the South Cascade Glacier

Fonte du glacier de South Cascade

United States/États-Unis

Satellite image from the Japan Aerospace Exploration Agency's (JAXA) ALOS satellite taken on 29 September 2008

Image prise par le satellite ALOS de l'Agence d'exploration aérospatiale japonaise (JAXA) le 29 septembre 2008

The South Cascade Glacier is a temperate mountain glacier situated in the North Cascades Range of Washington. The ecosystem of this range functions as a habitat for many wildlife and fish species, such as the grizzly bear, bobcat and Chinook salmon.

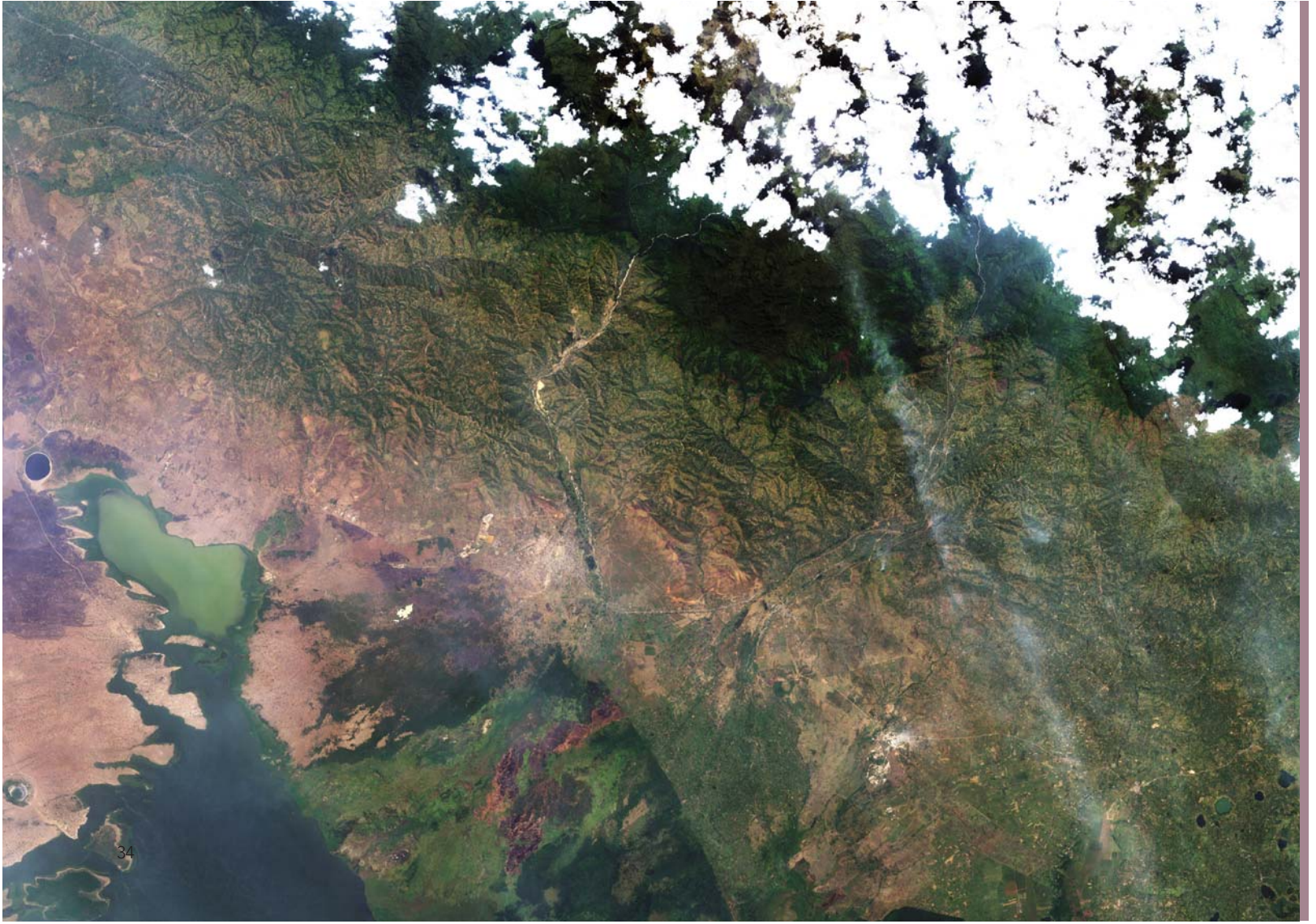
More than 700 glaciers have been found in the area. Most of them, however, are now in retreat and many have already disappeared. The US

Geological Survey has closely monitored the South Cascade since the late 1950s, during which time the area covered by the glacier shrank from 2.17 km² to 1.73 km². The glacier also retreated by about 0.7 km from 1958 to 2007. A 2009 USGS study revealed a strong increase in the melt rate of the glacier over the last fifteen years, as well as a decrease in volume from 0.25 km³ of water in 1958 to 0.1 km³ in 2008.

Le glacier de South Cascade est un glacier alpin tempéré situé dans la chaîne des North Cascades de l'État de Washington. L'écosystème de cette chaîne de montagnes abrite une large faune comprenant le grizzli et le lynx roux.

Plus de 700 glaciers ont été recensés dans cette zone ; la plupart d'entre eux sont en recul et beaucoup ont même déjà complètement disparu. Depuis la fin des années 50, la

Commission géologique des États-Unis (CGEU) surveille attentivement le South Cascade et révèle que, sur cette période, la surface couverte par le glacier est passée de 2,17 km² à 1,73 km². Le glacier, quant à lui, a reculé d'environ 0,7 km entre 1958 et 2007. Une étude de la CGEU datant de 2009 a mis en exergue l'augmentation rapide de la fonte du glacier sur les quinze dernières années, ainsi que la diminution de son volume qui est passé de 0,25 km³ d'eau en 1958 à 0,1 km³ en 2008.



Rwenzori Mountains: shrinking glaciers on Uganda's Rainmaker

Monts Rwenzori : fonte des glaciers du « faiseur d'eau » de l'Ouganda

Democratic Republic of the Congo and Uganda/République Démocratique du Congo et Ouganda

Satellite image from the Japan Aerospace Exploration Agency's (JAXA) ALOS satellite taken on 10 January 2008

Image prise par le satellite ALOS de l'Agence d'exploration aérospatiale japonaise (JAXA) le 10 janvier 2008

The Rwenzori Mountains, also referred to as 'Mountains of the Moon', are located on the border between the Democratic Republic of the Congo and Uganda. Aside from Kilimanjaro and Mount Kenya, the Rwenzori Mountains are the only African range where glaciers are found. The Rwenzori Mountains National Park, which comprises the main part of the Rwenzori mountain chain, was listed as a World Heritage site in 1994.

The mountain range is a major contributor to the White Nile River and constitutes a vital water

catchment, feeding Lakes Edward, George and Albert, which play an important role in the economy. About 500,000 people in Uganda are estimated to rely on the mountains for domestic water supply. In fact, the word 'Rwenzori' means 'Rainmaker' in the local language.

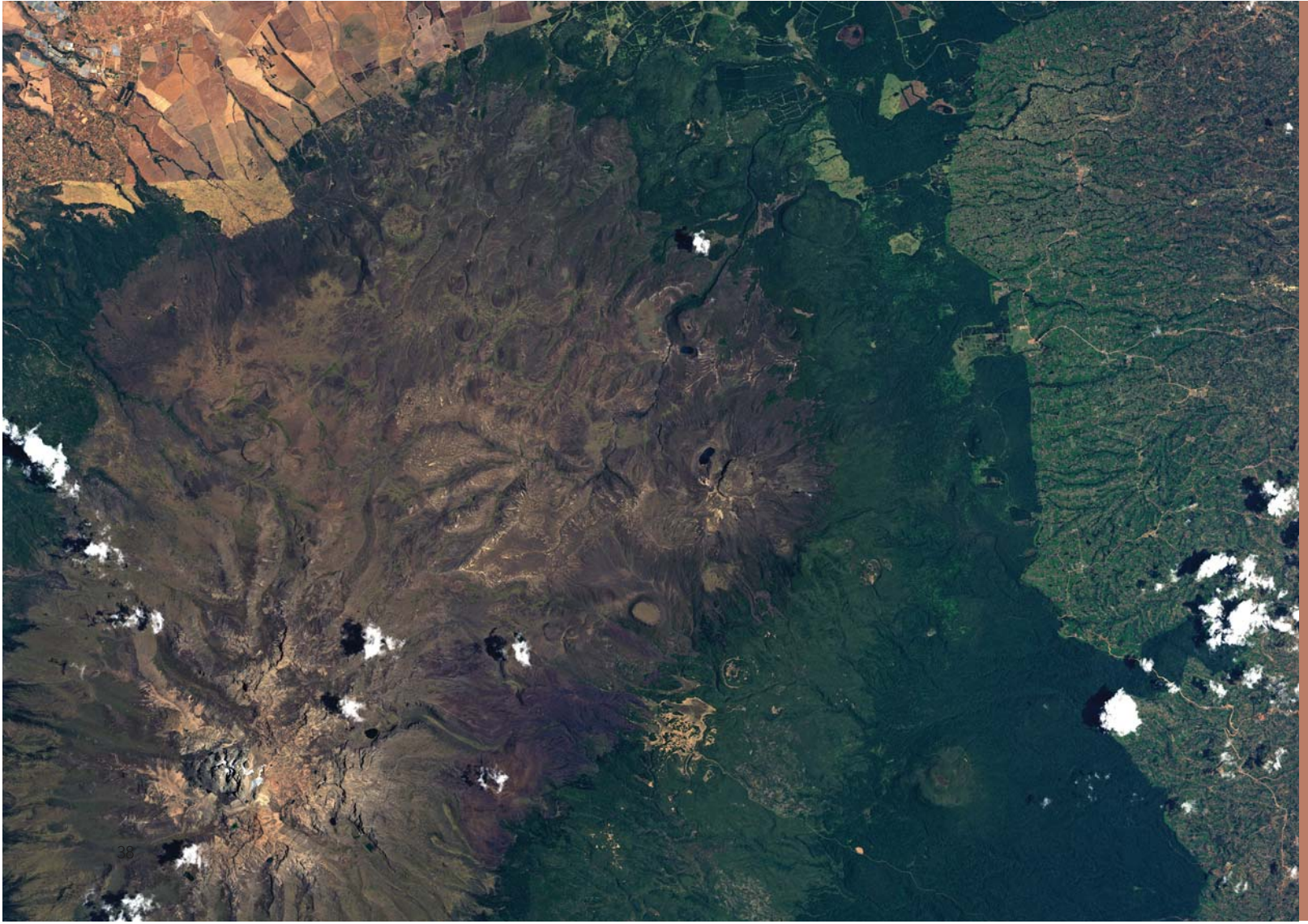
A century ago, the Rwenzori glaciers covered an area of about 6.5 km². During the period 1987–2006 they shrank by about 50% from 2.55 km² to 1.31 km². If they continue to recede, as they have since 1906, some experts project that they will disappear entirely in coming decades.

Les monts Rwenzori, aussi appelés « montagnes de la Lune », se trouvent sur la frontière séparant la République Démocratique du Congo de l'Ouganda. Avec le Kilimandjaro et le mont Kenya, les monts Rwenzori sont les seules chaînes montagneuses englacées d'Afrique. Le Parc national des monts Rwenzori englobe la majeure partie de la chaîne du Rwenzori ; il a été classé au Patrimoine Mondial en 1994.

Cette chaîne de montagnes alimente en grande partie le Nil Blanc, elle constitue un bassin hydrologique vital desservant les lacs Edward, Georges et Albert dont le rôle

économique régional est de tout premier plan. On estime que 500 000 personnes vivant en Ouganda dépendent de ces montagnes pour leur approvisionnement en eau à usage domestique. De fait, dans le dialecte local, le mot « Rwenzori » signifie « faiseur d'eau ».

Au cours de la période 1987-2006, les glaciers du Rwenzori ont fondu de 50 %, leur superficie passant de 2,55 km² à 1,31 km². Un siècle plus tôt, ces glaciers couvraient une superficie d'environ 6,5 km². S'ils continuent à reculer au rythme observé depuis 1906, certains experts considèrent qu'ils disparaîtront complètement au cours des prochaines décennies.



Mount Kenya: a 'water tower' in a semi-arid region

Mont Kenya : un « château d'eau » dans une région semi-aride

Kenya

The image was acquired, processed and distributed by the European Space Agency (ESA) by using data from the Japanese ALOS satellite on 25 February 2011 in the framework of the Third Party Mission programme

© ESA – JAXA

L'image a été acquise, traitée et distribuée par l'Agence Spatiale Européenne (ESA) à partir de données acquises par le satellite japonais ALOS le 25 février 2011 dans le cadre d'un Programme de mission tripartite

© ESA – JAXA

At 5,199 m, Mount Kenya is the second-highest peak in Africa. This ancient, extinct volcano was designated a UNESCO Biosphere Reserve in 1978 and was made a World Heritage site in 1997. During the twentieth century, 8 out of 18 glaciers on Mount Kenya vanished, decreasing the ice cover by more than two-thirds. The largest glacier on Mount Kenya and among the best-documented tropical glaciers, Lewis Glacier, decreased in volume by 90% from

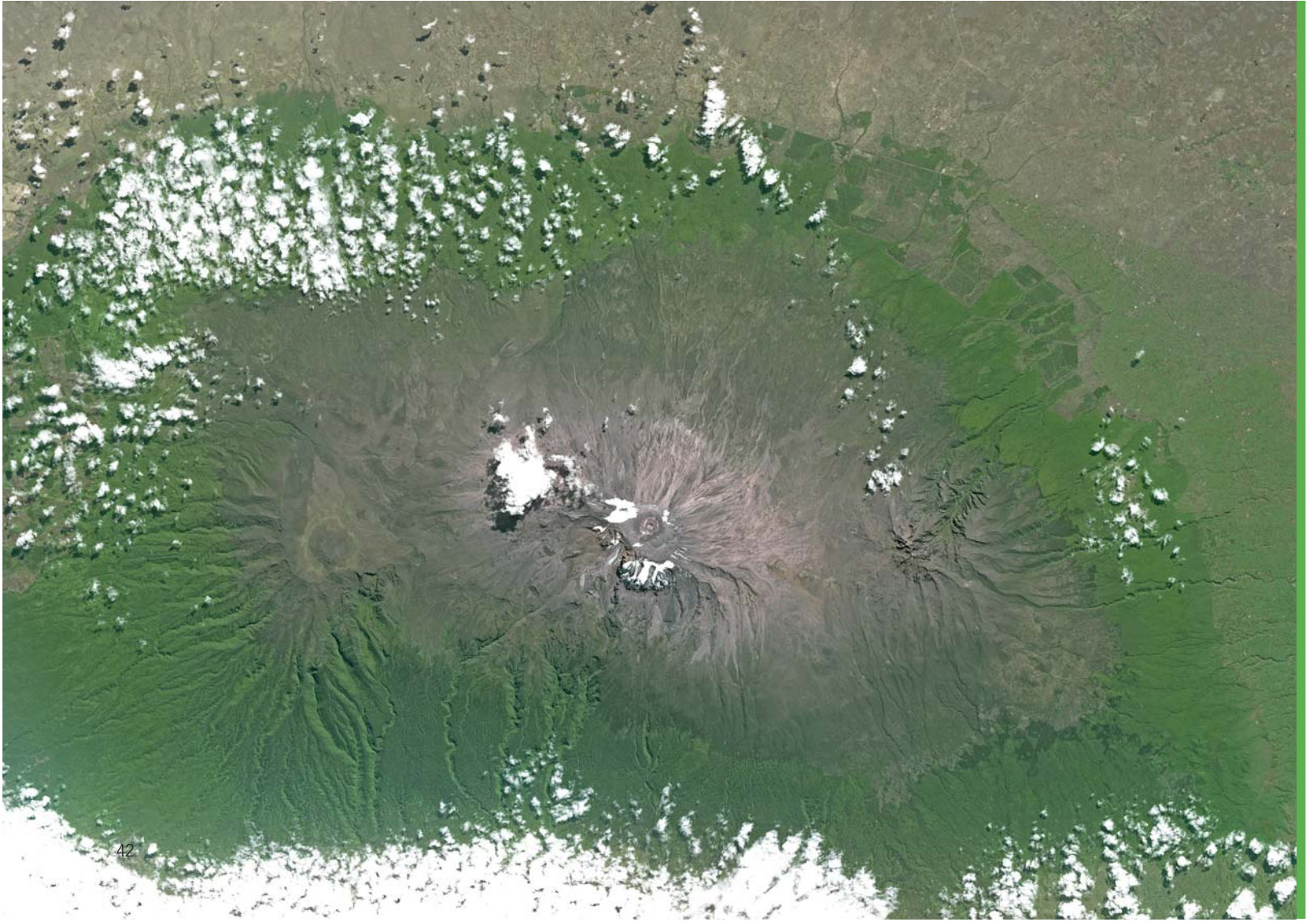
1934 to 2010 with the highest rates of ice volume loss occurring around the turn of the century.

Mount Kenya provides 97% of Kenya's hydroelectric power and acts as a 'water tower', supplying water to over 7 million people living in the surrounding region. The forested slopes in the middle and upper zones of the mountain are the most important source of freshwater with all the major rivers in the region originating there.

Culminant à 5 199 m d'altitude, le mont Kenya est le deuxième plus haut sommet d'Afrique. Aujourd'hui éteint, cet ancien volcan a été désigné Réserve de Biosphère par l'UNESCO en 1978 et classé au Patrimoine Mondial en 1997. Au cours du XX^e siècle, huit des dix-huit glaciers que comptait le mont Kenya ont disparu, et sa couverture glaciaire s'est réduite de plus des deux tiers. Le glacier Lewis, le plus grand glacier du mont Kenya, est un des glaciers tropicaux à propos desquels nous avons le plus de données ;

entre 1934 et 2010, il a perdu 90 % de son volume, pour la plus grande partie au tournant du siècle.

Le Mont Kenya fournit 97 % de l'énergie hydroélectrique du pays. Il est un véritable « château d'eau », fournissant de l'eau à plus de 7 millions de personnes peuplant les régions avoisinantes. Les pentes boisées des zones moyennes et hautes du Mont constituent, avec tous les grands fleuves qui y naissent, la plus importante source d'eau douce de la région.



Mount Kilimanjaro:
melting ice cap of 'Africa's rooftop'

Mont Kilimandjaro :
fonte de la calotte glaciaire
du « toit de l'Afrique »

Tanzania/Tanzanie

1976 – 2006 Satellite images: © UNEP/USGS

2002 satellite image: SPOT - © CNES 2002 - Distribution Astrium Services – Image provided by Planet Action

Images satellites de 1976 et 2006 : © UNEP / USGS

Images satellites de 2002 : SPOT - © CNES 2002 - Distribuée par Astrium Services - image fournie par Planet Action

Mount Kilimanjaro is the highest mountain in Africa with a summit rising to 5,895 m above sea level. A World Heritage site since 1987, its name derives from the Swahili words 'Kilima Njaro', which mean 'shining mountain' – a reference to its legendary ice cap, now fast disappearing. Over the last 100 years about 85% of the ice cover has disappeared. Glaciers that covered an area of 11.40 km² in 1912 extended only 1.76 km² in 2011.

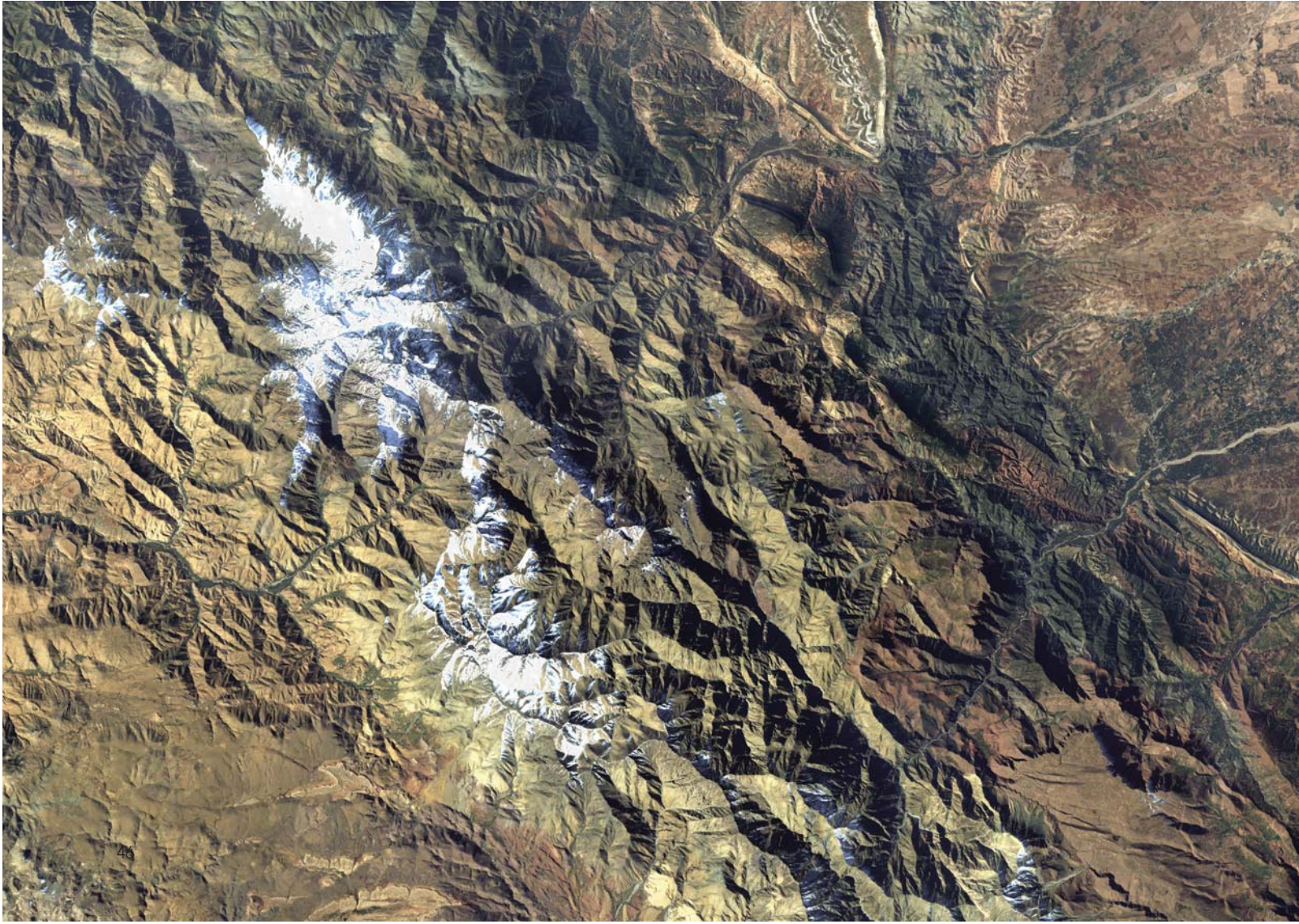
In addition to the melting of the icecap, a 30% reduction in rainfall over the last century

coupled with increased temperatures has had a tremendous impact on Kilimanjaro's forests, increasing their vulnerability to fire. Located above 2,700 m amid almost constant cloud, these forests collect large amounts of moisture. Between 1976 and 2000, fires destroyed approximately 83% of the forest cover. The gradual loss of these trees has resulted in a 25% annual reduction in water sources derived from fog, which contribute to the supply of drinking water for the 1 million inhabitants of Kilimanjaro.

Le mont Kilimandjaro est la plus haute montagne d'Afrique, avec un sommet culminant à 5 895 m au-dessus du niveau de la mer. Classé au Patrimoine Mondial de l'UNESCO en 1987, son nom vient du swahili « Kilima Njaro », qui signifie « montagne étincelante », en référence à sa légendaire calotte glaciaire qui disparaît rapidement aujourd'hui. Ces glaciers, qui en 1912 s'étendaient sur une superficie de 11,40 km², ne couvraient plus que 1,76 km² en 2011. Au cours des 100 dernières années, près de 85 % de cette couverture glaciaire a disparu.

Conjointement à la fonte de la calotte glaciaire, les précipitations ont chuté de 30 % au cours

du siècle dernier et les températures ont augmenté : ces phénomènes combinés ont eu un impact désastreux sur la forêt et sur sa vulnérabilité face aux incendies. Entre 1976 et 2000, les incendies ont ravagé environ 83 % des « forêts de nuages » du Kilimandjaro. Situées au-dessus de 2 700 m d'altitude sous une couverture nuageuse quasi-permanente, ces forêts recueillent une grande quantité d'eau de condensation issue de la brume. La disparition progressive de ces arbres a entraîné une réduction annuelle de 25 % des sources d'eau issues de la brume, qui contribuent à l'approvisionnement en eau potable des 1 million d'habitants de la région du Kilimandjaro.



Rising temperatures and decreasing precipitation in the Atlas Mountains

*Augmentation des températures
et diminution des précipitations
dans l'Atlas*

Morocco/Maroc

Satellite image from the Japan Aerospace Exploration Agency's (JAXA) ALOS satellite taken on 20 January 2011

Image prise par le satellite ALOS de l'Agence d'exploration aérospatiale japonaise (JAXA) le 20 janvier 2011

The Atlas Mountain region belongs to the Mediterranean Basin biodiversity hotspot, with rates of plant endemism higher than 20%. Many endangered animals species are found in the region, such as the Barbary macaque and the Cuvier's gazelle, and part of the region was made a UNESCO Biosphere Reserve in 2000. Snow in the High Atlas is a vital source of freshwater for the semi-arid lowlands in south-eastern Morocco, which are irrigated through 'oueds' or 'wadi', temporary water ways found in semi-arid and arid zones.

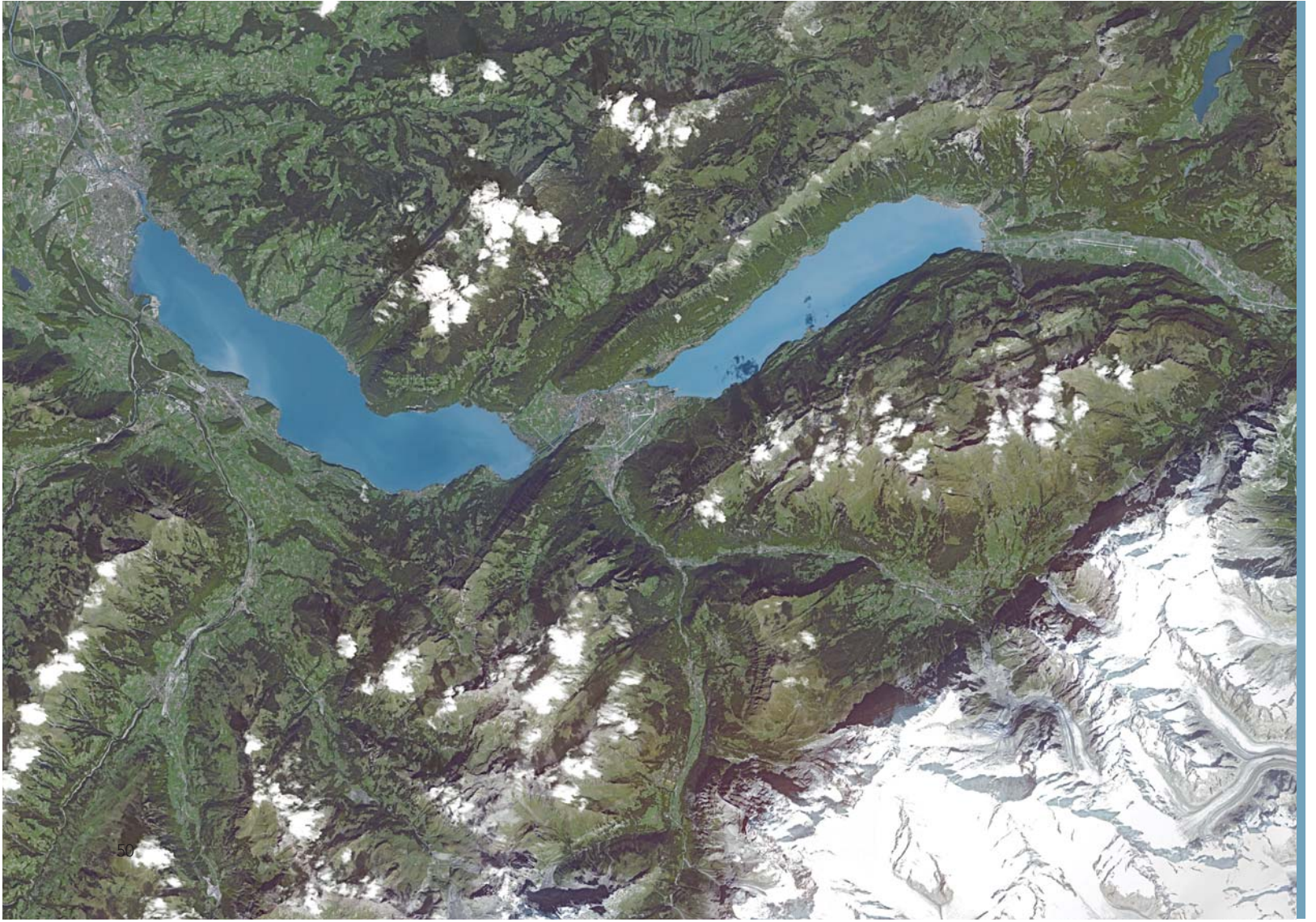
These rivers contribute to the recharge of groundwater reserves.

Climate change is affecting the region in several ways, specifically rising temperatures and decreased precipitation, increased snow sublimation, severe soil erosion and decreased water supplies. It is also expected to further impact the timing and quantity of water supply. For the mountainous areas of Morocco, models predict that precipitation could decrease by 5% in the period 2011–2050.

Une partie de la région montagneuse de l'Atlas a été désignée Réserve de Biosphère en 2000. Avec un taux d'endémisme de la flore supérieur à 20 %, cette région est un « point chaud » de biodiversité du bassin méditerranéen. On y trouve de nombreuses espèces animales en voie de disparition comme le macaque berbère et la gazelle de Cuvier. Les neiges du Haut Atlas sont une source vitale d'eau douce pour les plaines semi-arides du sud-est marocain. En effet, le Haut Atlas irrigue le Maroc par le biais d'« oueds » (ou « wadi »), des cours d'eau éphémères se formant dans les zones

arides et semi-arides, contribuant ainsi à l'approvisionnement des aquifères des plaines.

Le changement climatique touche cette région de diverses manières : augmentation des températures et diminution des précipitations, sublimation accrue des neiges, forte érosion des sols et baisse des réserves d'eau. Selon toute vraisemblance, ces phénomènes vont poursuivre leur impact sur la saisonnalité et la quantité des réserves d'eau. D'après les modèles prédictifs, les précipitations pourraient chuter de 5 % sur la période 2011-2050 dans les zones montagneuses du Maroc.



Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn: the retreat of Europe's largest glacier

*Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn :
recul du plus grand glacier
d'Europe*

Switzerland/Suisse

SPOT - © CNES 2009 - Distribution Astrium Services – Image provided by Planet Action

SPOT - © CNES 2009 - Distribution par Astrium Services - image fournie par Planet Action

Switzerland harbours 6% of Europe's freshwater although it accounts for only 0.4% of the continent's surface area: 60 billion m³ of water is stored in the glaciers of the Swiss Alps. The most glaciated area is Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn, a UNESCO World Heritage site since 2001. It contains the Aletsch glacier – the largest glacier in Europe, which has an area of 128 km², a length of 23 km and a depth of 900 m.

The Aletsch glacier has retreated by about 3.4 km since the mid-nineteenth century, 1.4 km

of which occurred during the past 56 years.

It is probable that, by 2050, the glacier will have shrunk to its smallest size since the late Bronze Age. If current trends continue, 75% of the glaciers in the Swiss Alps are likely to disappear by 2050. Further shrinkage of glaciers, reduced snow precipitation and snow cover, combined with earlier snow melt, will result in decreased summer runoff, when water demand is highest. This could result in significant consequences for millions of people in Europe, as runoff from the Swiss Alps feeds major rivers, including the Rhone and the Rhine.

Bien qu'elle ne représente que 0,4 % de la superficie du continent, la Suisse abrite 6 % des réserves européennes d'eau douce : 60 milliards de m³ d'eau sont stockés dans les glaciers des Alpes suisses. La partie la plus gelée de cette région est le site de Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn, classé au Patrimoine Mondial depuis 2001. On y trouve le glacier d'Aletsch – le plus grand glacier d'Europe, couvrant une superficie de 128 km², pour 23 km de longueur et 900 m de profondeur.

Le glacier d'Aletsch a reculé d'environ 3,4 km depuis le milieu du XIX^e siècle, dont 1,4 km au cours des 56 dernières années. Il est probable

que d'ici 2050 le glacier fonde jusqu'à atteindre sa plus petite taille depuis l'Âge de Bronze. Si les tendances actuelles se poursuivent, 75 % des glaciers des Alpes suisses auront disparu d'ici 2050. La poursuite de la fonte des glaciers, la diminution des précipitations neigeuses et le recul du manteau neigeux, conjugués à la fonte des neiges qui intervient de plus en plus tôt dans la saison, ont pour conséquence une diminution du ruissellement estival qui coïncide avec le pic de demande en eau. Ce phénomène pourrait avoir de graves conséquences pour des millions de personnes habitant en Europe, car le ruissellement des Alpes suisses alimente des fleuves européens majeurs tels que le Rhin et le Rhône.



Fluctuations of the Nigardsbreen maritime outlet glacier

Les fluctuations du glacier émissaire Nigardsbreen

Norway/Norvège

Satellite image from the Japan Aerospace Exploration Agency's (JAXA) ALOS satellite taken on 27 July 2010

Image prise par le satellite ALOS de l'Agence d'exploration aérospatiale japonaise (JAXA) le 27 juillet 2010

Nigardsbreen is a maritime outlet glacier from Jostedalbreen, the largest ice cap in continental Europe. In 2009, it covered an area of 47.2 km². The mass of the glacier has fluctuated as a result of climate change. For the period 1963–2000, a positive average mass balance was recorded for Nigardsbreen, with a large surplus during the period 1989–1995 as a result of snow-heavy winters. Many other maritime glaciers in Norway advanced after 1990 for this reason, but retreated after 2000 due to high summer temperatures. During the period 2001–2010, the mass balance of Nigardsbreen was alternately positive and negative, with substantial ice loss in 2002,

2003 and 2006, associated with record warm summers and little winter precipitation.

Many Norwegian glaciers contribute significantly to hydropower, which accounts for almost all (98%) of the energy produced for domestic use and export. About 15% of the used runoff comes from glaciated basins, with most of the runoff (80%) taking place in summer. Changes in water supply as a result of glacial fluctuations are reflected in plans for the country's future energy generation, which now take into account the hydrological features of different basins and other sources of sustainable energy, such as wind.

Le Nigardsbreen est un glacier émissaire de la calotte glaciaire de Jostedalbreen, la plus grande en Europe continentale. En 2009, sa superficie était de 47,2 km². Néanmoins, la masse du glacier a fluctué en raison du changement climatique. Pour la période allant de 1963 à 2000, le glacier Nigardsbreen présente un bilan de masse positif, avec un surplus notable entre 1989 et 1995 dû à des hivers particulièrement neigeux. En Norvège, de nombreux autres glaciers côtiers ont progressé après 1990 pour cette même raison ; ils ont cependant reculé après 2000 à cause des températures estivales élevées. Sur la période 2001–2010, le bilan de masse du glacier Nigardsbreen a été alternativement positif et négatif, avec des pertes de glace substantielles en 2002, 2003 et 2006, dues notamment à des

étés chauds et à des précipitations hivernales peu abondantes.

De nombreux glaciers norvégiens contribuent de manière significative à la production d'hydroélectricité. Cette énergie est la principale (98 %) source d'énergie produite pour l'usage domestique et pour l'exportation. Environ 15 % du ruissellement utilisé provient des bassins glaciaires dont la plus grande partie (80 %) a lieu en été. Compte tenu des projections et des changements actuels concernant l'approvisionnement en eau, la planification de la production énergétique du pays est menée avec prudence. Il est, en effet, nécessaire de prendre en compte les caractéristiques hydrologiques des divers bassins, les tendances de la demande en énergie, ainsi que les options offertes par d'autres sources d'énergie renouvelable telles que le vent.



Sierra Nevada: a warming Mediterranean Biodiversity Hotspot

*Sierra Nevada : réchauffement
d'un point chaud de biodiversité
méditerranéen*

Spain/Espagne

Satellite image from the Japan Aerospace Exploration Agency's (JAXA) ALOS satellite taken on 5 February 2011

Image prise par le satellite ALOS de l'Agence d'exploration aérospatiale japonaise (JAXA) le 5 février 2011

The Sierra Nevada is the highest mountain chain in the Iberian Peninsula with the Mulhacén its highest peak at 3,482 m. The Sierra Nevada used to contain the southernmost glacier in Europe, the Corral del Veleta, which disappeared in 1913.

A UNESCO Biosphere Reserve since 1986, the Sierra Nevada harbours a particularly high number of endemic plant species. It is one of the most important biodiversity hotspots, supporting more than 2,100 vascular plant species, together representing 20% of European flora. General warming and

associated earlier snow melt, combined with an expected precipitation decrease and human activities, will have a strong impact on the number and composition of species of high-altitude flora in the Sierra Nevada.

An 8% decrease in the number of flora species has been found on four summits for the period 2001–2008. In addition, 27% of the ecosystem services in the Sierra Nevada are not used sustainably, with regulating climatic and hydrological services experiencing significant negative effects.

La Sierra Nevada est la plus haute chaîne de montagnes de la péninsule Ibérique. Son point culminant, le mont Mulhacén, s'élève à 3 482 m d'altitude. La Sierra Nevada a abrité le glacier le plus méridional d'Europe, le Corral del Veleta, qui a disparu en 1913.

Désignée Réserve de Biosphère en 1986, la Sierra Nevada recèle un grand nombre de plantes endémiques. C'est un important « point chaud » de biodiversité, avec plus de 2 100 espèces de plantes vasculaires qui représentent 20 % de la flore européenne. Le

réchauffement climatique et la fonte précoce des neiges qui en résulte, combinés à une diminution des précipitations et à l'activité humaine, vont avoir des conséquences sur le nombre et la composition des espèces de cette flore de haute altitude. De 2001 à 2008, le nombre d'espèces composant la flore a diminué de 8 % sur quatre des sommets de la chaîne. De plus, 27 % des services écosystémiques de la Sierra Nevada ne sont pas utilisés de manière durable ; les services de régulation climatique et hydrologique en subissent d'ores et déjà les effets néfastes.



Melting glaciers in the Caucasus Mountains

Fonte des glaciers dans les montagnes du Caucase

Russian Federation/*Fédération de Russie*

Satellite image from the Japan Aerospace Exploration Agency's (JAXA) ALOS satellite taken on 22 May 2008

Image prise par le satellite ALOS de l'Agence d'exploration aérospatiale japonaise (JAXA) le 22 mai 2008

The Caucasus region, situated between the Black and Caspian Seas, comprises the Greater Caucasus Mountains and the mountains and lowlands of Transcaucasia. The ranges form part of the Caucasus biodiversity hotspot, which supports a variety of animal species such as the Persian Leopard, the Western and Eastern Tur, Bezoar Goats and the Caucasian Viper. In 1970, glaciers covered approximately 1,600 km² of the Greater Caucasus area, but glacial retreat during the period 1985–2000 saw their size diminish by about 8 m/year.

Mount Elbrus is a large, ice-capped stratovolcano in the Caucasus Mountains. At 5,643 m it is considered the highest summit

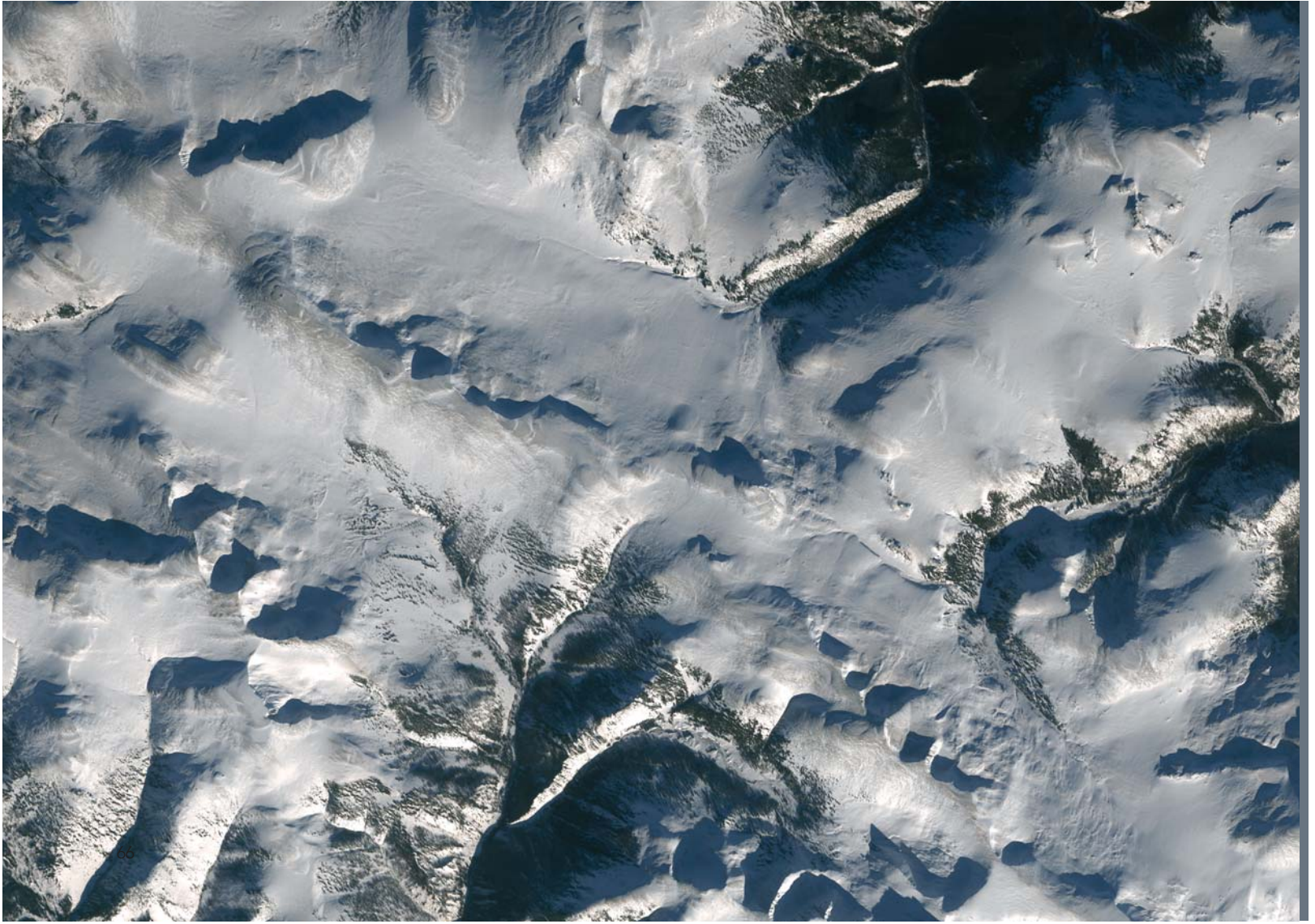
on the European continent. During the period 1985–2007 Elbrus lost 11.2 km² of its glacial area. The shrinking of glaciers is accompanied by the expansion of glacial lakes and higher frequency of lake outbursts. Natural hazards, such as ice-rock avalanches and floods, are also predicted to increase. The water supply in the Caucasus region is dominated by runoff from the high mountains, with snow and ice contributing considerably to river flows.

Consequently, deglaciation and reduction in extent and duration of seasonal snow cover could adversely impact regional water resources, impacting water supply and agriculture.

Située entre la mer Noire et la mer Caspienne, la région du Caucase englobe la chaîne montagneuse du Grand Caucase ainsi que les montagnes et les plaines de Transcaucasie. Ces chaînes de montagnes font parties du « point chaud » de biodiversité du Caucase, et hébergent des espèces animales variées : la panthère de Perse, les chèvres du Caucase occidental et oriental, la chèvre Bezoar et la vipère du Caucase. En 1970 dans le Grand Caucase, les glaciers couvraient environ 1 600 km², mais entre 1985 et 2000 leur taille a diminué d'environ 8 m/an.

Situé dans les montagnes du Caucase, le mont Elbrouz est un grand stratovolcan couvert d'une calotte glaciaire. Culminant à 5 643 m d'altitude,

il est le plus haut sommet d'Europe continentale. Entre 1985 et 2007, 11,2 % de sa surface englacée a disparu. La fonte des glaciers fait apparaître des lacs glaciaires dont les éruptions sont de plus en plus fréquentes. Une augmentation des catastrophes naturelles (avalanches de glace et de pierres, inondations) est à prévoir. La neige et la glace alimentent en grande partie les fleuves du Caucase ; la région est tributaire du ruissellement issu de la haute montagne pour son approvisionnement en eau. Par conséquent, la déglaciation, la réduction de la couverture et de la persistance du manteau neigeux pourraient avoir un effet négatif sur les ressources en eau de toute la région, avec des répercussions directes sur l'approvisionnement en eau et l'agriculture.



Altai Mountains: the effect of climate change on Siberia's 'water tower'

*Montagnes de l'Altai :
effets du changement climatique
sur le « château d'eau »
de la Sibérie*

Russian Federation/Fédération de Russie

Satellite image from the Japan Aerospace Exploration Agency's (JAXA) ALOS satellite taken on 9 January 2011

Image prise par le satellite ALOS de l'Agence d'exploration aérospatiale japonaise (JAXA) le 9 janvier 2011

The Altai Mountains, known as the 'Golden Mountains' in Mongolian, are the largest mountain range in the western Siberia biogeographic region, spreading across China, Kazakhstan, Mongolia and the Russian Federation. The sources of the region's greatest rivers, the Ob and the Irtysh, are found in the area, which also supports habitats for a rich array of biodiversity, including species such as the Siberian Ibex, Pallas's cat and the Altai Snowcock. In 1998, the Russian part of the Altai range was designated a UNESCO World Heritage site and, in 2000, part of the site became the Katunskiy Biosphere Reserve.

The reserve encompasses glaciers and nival landscapes, which comprise 24% of the area, mountain forests, alpine landscapes, woods and steppes.

The Biosphere Reserve is also a major centre of modern glaciation in Siberia, and serves as a 'water tower', producing the major part of discharge of the Katun River, a tributary of the River Ob. In different regions of the Russian Altai, the glacier area was found to have decreased by 9% to 27% for the period 1952–2008, while glacier volume decreased by 12% to 24%.

Les montagnes de l'Altai (« montagnes dorées » en mongol) constituent la plus grande chaîne montagneuse de la région biogéographique de Sibérie occidentale : elle s'étend sur la Chine, le Kazakhstan, la Mongolie et la Fédération de Russie. C'est dans cette zone que trouvent leur source l'Ob et l'Irtysh, les plus grands fleuves de la région. Ses habitats abritent un large éventail de biodiversité, comprenant des espèces telles que le bouquetin de Sibérie, le chat de Pallas et le tétraogalle de l'Altai. La partie russe de l'Altai a été classée au Patrimoine Mondial de l'UNESCO en 1998 et une partie du site est devenue la Réserve de Biosphère de Katunskiy

en 2000. La Réserve recèle des glaciers et des paysages neigeux sur 24 % de sa superficie, mais aussi des forêts de montagne, des paysages alpins, des bois et des steppes.

En outre, cette Réserve de Biosphère est une importante zone de glaciation moderne en Sibérie. Elle tient lieu de « château d'eau » et alimente en grande partie le fleuve Katun, un affluent de l'Ob. Entre 1952 et 2008, un recul de 9 % à 27 % de la zone glaciaire a été observé dans différentes régions de l'Altai russe ; le volume des glaciers a, quant à lui, diminué de 12 % à 24 %.



Increasing temperatures in the Tien Shan Mountains

Augmentation des températures sur les monts Tien Shan

Kazakhstan

Satellite image from the Japan Aerospace Exploration Agency's (JAXA) ALOS satellite taken on 2 January 2011

Image prise par le satellite ALOS de l'Agence d'exploration aérospatiale japonaise (JAXA) le 2 janvier 2011

The Tien Shan is one of the largest mountain systems in Asia, and features a wide variety of ecosystems and a rich biodiversity. The region is home to many vulnerable and endangered species, such as the Snow Leopard and the biggest wild sheep, the Argali. The mountain range also represents a major source of freshwater for central Asia. According to recent estimates, the Tien Shan harbours 7,590 glaciers covering an area of about 13,271 km² and comprising 1,840 km³ of ice. Heightened temperatures in the region have

increased the period and intensity of snow and ice melt, and have led to accelerated recession of glaciers at varying rates across the region.

The Tuyuksu Glacier, a small valley glacier in the Kazakh (northern) Tien Shan, covers an area of 2,451 km². The Tuyuksu is the only Tien Shan glacier for which continuous glaciological observations have been taken since the 1930s. The cumulative mass balance of the glacier shows a nearly continuous retreat, with a loss of about 21% of its area from 1957 to 1999.

Le Tien Shan est un des plus vastes systèmes montagneux d'Asie. Il possède une grande variété d'écosystèmes et abrite une biodiversité particulièrement riche. Cette région héberge de nombreuses espèces vulnérables et en voie de disparition telles que le léopard des neiges et l'Argali, la plus grande espèce de mouton sauvage. Cette chaîne de montagnes est également une des plus importantes sources d'eau douce d'Asie centrale. Selon de récentes estimations, le Tien Shan abrite 7 590 glaciers couvrant environ 13 271 km², pour un volume global de 1 840 km³ de glace. Dans cette région, l'élévation

des températures a entraîné un rallongement et une intensification des périodes de fonte des neiges et des glaces ayant pour effet une accélération plus ou moins marquée du recul des glaciers.

Le glacier Tuyuksu, un petit glacier de la vallée du Tien Shan Kazakh (au nord), couvre une superficie de 2 451 km². Il est le seul glacier du Tien Shan à être sous observation glaciologique continue depuis les années 1930. Le bilan de masse cumulé du glacier révèle un recul quasi constant ; entre 1957 et 1999, le glacier a perdu près de 21 % de sa superficie.



Urumqi Glacier No. 1 retreating along the Silk Road

*Recul du glacier n° 1 d'Urumqi en
bordure de la Route de la Soie*

China/Chine

Satellite image from the Japan Aerospace Exploration Agency's (JAXA) ALOS satellite taken on 28 January 2011

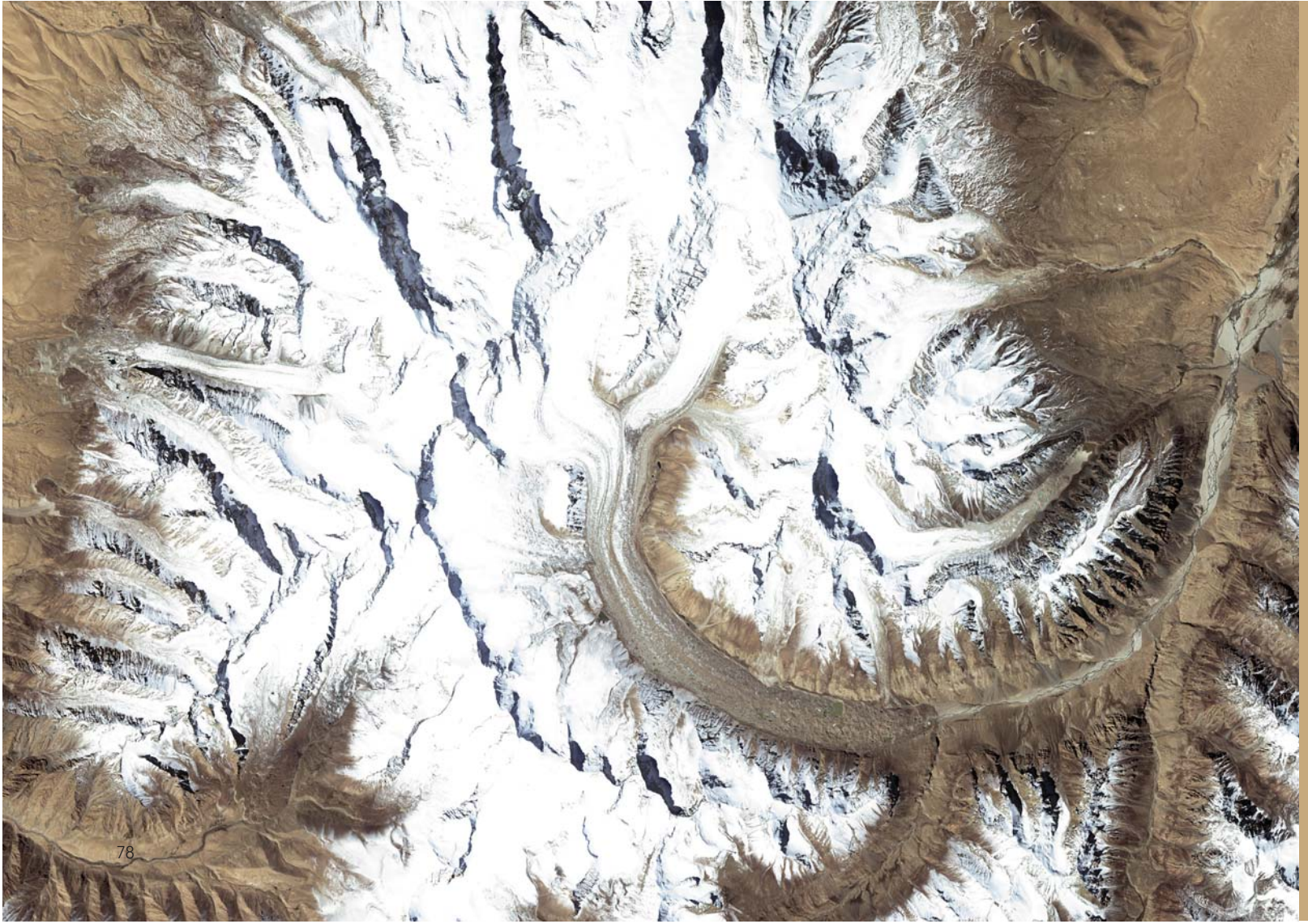
Image prise par le satellite ALOS de l'Agence d'exploration aérospatiale japonaise (JAXA) le 28 janvier 2011

The Urumqi Glacier No. 1, at the headwaters of the Urumqi River, is located in the Tien Shan Mountains about 120 km from Urumqi, a rapidly growing city on the Silk Road populated by about 3 million inhabitants. Monitoring of the glacier since 1959 has provided evidence of a continuous retreat, which resulted in the splitting of the glacier into two branches in 1993. From 1962 to 2006, the area of the Urumqi Glacier No. 1 reduced by 0.27 km² with a 12 m loss in thickness occurring for the period 1985–2004.

The Tien Shan mountain range (part of it a UNESCO World Heritage site since 2013) plays a vital role in water supply for the arid and semi-arid zones of Kyrgyzstan, Uzbekistan, Kazakhstan, Turkmenistan and north-western China, where summer precipitation is low. Glacier and snow melt are of major importance for the agricultural sector in these areas. Further shrinkage of glaciers in the region will lead to a partial loss of their buffer function, and to a much larger variability in yearly water yields.

Le glacier n° 1 d'Urumqi est situé dans les monts Tien Shan, en amont du fleuve Urumqi et à près de 120 km de la ville d'Urumqi. Située sur la Route de la Soie, cette ville en forte croissance compte environ 3 millions d'habitants. Sous surveillance depuis 1959, ce glacier est en constant recul, ce qui a entraîné en 1993 sa séparation en deux branches. Entre 1962 et 2006, la superficie du glacier n° 1 d'Urumqi a diminué de 0,27 km², avec une perte de 12 m d'épaisseur sur la seule période 1985-2004.

La chaîne des monts Tien Shan (dont une partie est depuis 2013 classée au Patrimoine Mondial de l'UNESCO) joue un rôle vital dans l'approvisionnement en eau des zones arides et semi-arides du Kirghizistan, de l'Ouzbékistan, du Kazakhstan, du Turkménistan et du nord-ouest de la Chine, où les précipitations estivales sont faibles. Dans ces zones, le glacier et la fonte des neiges sont d'une importance capitale pour le secteur agricole. La poursuite de la fonte des glaciers de la région va entraîner une dégradation de leur fonction de tampon ainsi qu'une forte variabilité de leur rendement annuel en eau.



Glacial retreat in the region of Muztag Ata

Recul glaciaire dans la région du Mustagh Ata

China/Chine

Satellite image from the Japan Aerospace Exploration Agency's (JAXA) ALOS satellite taken on 10 September 2009

Image prise par le satellite ALOS de l'Agence d'exploration aérospatiale japonaise (JAXA) le 10 septembre 2009

Mount Muztag Ata rises 7,546 m above sea level at the eastern edge of the Pamir Mountains. Known as the 'Father of the Ice Mountain', it forms together with the Kongur Shan massif a vast area of high topography at the northwestern end of the Tibetan Plateau. Monitoring results show that glaciers in the Muztag Ata and Kongur mountains retreated by 6 m per year between 1962/66 and 1990, increasing to 11.2 m per year between 1990 and 1999, with an overall glacier length reduction of 9.9% for the entire period.

Muztag Ata is mainly drained by the Kengxuwar River, which flows into the Tarim River basin. This basin, characterized by an extremely dry climate, has a total catchment area of over 1 million km² and is home to approximately 9 million people. Glacier and snow melt contribute considerably to runoff from the Tarim River, which is China's longest inland river with a main course of 1,321 m. The Tarim River plays a vital role in water supply, which is under increasing pressure from population growth and expansion of large-scale irrigated agriculture.

À la bordure orientale des montagnes du Pamir, le Mustagh Ata culmine à 7 546 m d'altitude. Il est connu sous le nom de « Père des montagnes de glace » et constitue, avec le massif du Kongur Shan, une vaste zone de haute altitude située à l'extrémité nord-ouest du plateau tibétain. Les données de surveillance révèlent que les glaciers du Mustagh Ata et du massif du Kongur ont reculé au rythme de 6 m/an entre 1962/1966 et 1990, puis de 11,2 m/an entre 1990 et 1999 ; sur la totalité de la période la longueur des glaciers a diminué de 9,9 %.

Le Mustagh Ata est principalement drainé par le fleuve Kengxuwar qui s'écoule dans le bassin du fleuve Tarim. Ce bassin, caractérisé par un climat extrêmement sec, a une zone totale de captage de plus de 1 million de km² et abrite environ 9 millions d'habitants. Le ruissellement issu des glaciers et de la neige alimente en grande partie le fleuve Tarim, fleuve intérieur le plus long de Chine avec une longueur principale de 1 321 m. Ce fleuve joue un rôle crucial dans l'approvisionnement en eau qui, face à la croissance démographique et au développement à grande échelle de l'agriculture irriguée, subit actuellement de fortes pressions.



Fedchenko Glacier:
the retreat of the longest alpine
glacier in the world

*Glacier Fedtchenko :
recul du plus long glacier alpin
du monde*

Tajikistan/Tadjikistan

Satellite image from the Japan Aerospace Exploration Agency's (JAXA) ALOS satellite taken on 23 September 2010

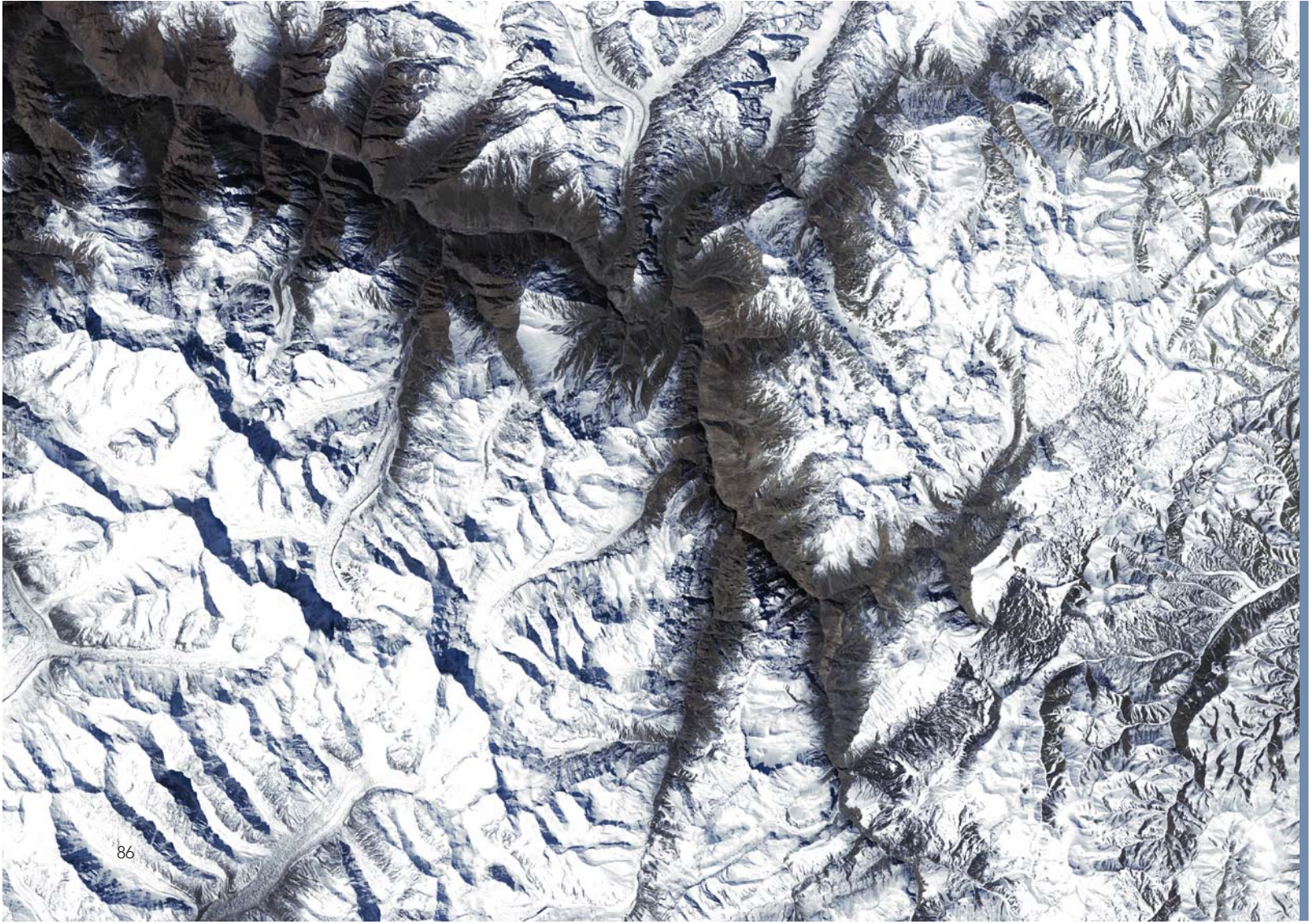
Image prise par le satellite ALOS de l'Agence d'exploration aérospatiale japonaise (JAXA) le 23 septembre 2010

The Fedchenko glacier is the world's longest valley glacier outside of the Polar Regions. It is located in the Tajik National Park, a UNESCO World Heritage site since 2013, and lies at the centre of the 'Pamir Knot', the meeting point of the highest mountain ranges on the Eurasian continent. The Fedchenko glacier covers an area of about 744 km² and extends over 72 km. Over the last 80 years, the glacier tongue has retreated by 755 m, with a total mass loss of 3.8%.

The melt waters of the Fedchenko glacier feed the Muksu, Vakhsh and Amu Darya rivers before arriving to the Aral Sea some 2,000 km away. The Amu Darya basin covers about 15% of the country's area, and is estimated to receive about 90% of its total water discharge from upper mountain catchments, including melt water from glaciers and the seasonal snow pack. Hydropower is a major source of energy in Tajikistan, with the seven hydroelectric power plants along the Vakhsh River providing about 93% of the country's electricity.

En dehors des régions polaires, le glacier Fedtchenko est le plus long glacier de vallée au monde. Il est situé dans le Parc national tadjik (classé au Patrimoine Mondial de l'UNESCO depuis 2013), au coeur du « noeud du Pamir », carrefour des plus hautes chaînes de montagnes du continent Eurasien. Le glacier Fedtchenko couvre une superficie de 744 km² et s'étale sur 72 km. Au cours des 80 dernières années, la langue du glacier a reculé de 755 m, avec une perte de masse totale s'élevant à 3,8 %.

Les eaux de fonte du glacier Fedtchenko alimentent les fleuves Muksu, Vakhch et Amou-Daria qui se jettent dans la mer d'Aral, à quelque 2 000 km de là. Le bassin versant de l'Amou-Daria recouvre près de 15 % de la surface du pays ; on estime qu'environ 90 % de son débit total provient des bassins hydrologiques de haute montagne drainant l'eau de fonte des glaciers et du manteau neigeux saisonnier. L'hydroélectricité est une importante source d'énergie pour le Tadjikistan : les sept centrales hydroélectriques situées le long du fleuve Vakhch produisent environ 93 % de l'électricité du pays.



Increased weather variability in the region of Nanda Devi

Risques liés à la variabilité climatique dans la région de Nanda Devi

India/Inde

Satellite image from the Japan Aerospace Exploration Agency's (JAXA) ALOS satellite taken on 16 March 2008

Image prise par le satellite ALOS de l'Agence d'exploration aérospatiale japonaise (JAXA) le 16 mars 2008

Situated in the Central Himalaya, Nanda Devi is the second highest mountain in India (7,817 m). The Nanda Devi Biosphere Reserve (2004) comprises the Nanda Devi and Valley of Flowers National Parks, designated as a World Heritage site in 1988. The reserve includes the Nanda Devi Sanctuary – a vast glacial basin surrounded by about a dozen peaks. Encompassing alpine meadows, forests, snow-covered areas and over 30 glaciers, the area provides habitats for numerous important and endangered species, such as the Himalayan Musk Deer.

Glaciers in the Nanda Devi Biosphere Reserve and in the central and eastern Himalaya, in general, have been shrinking at different rates. The impacts of decreased melt-water resources on runoff and flow seasonality will strongly vary in the Himalaya region. In the monsoon-dominated eastern and central regions of the Himalaya, changes in precipitation and the timing and intensity of summer monsoon could have significant impacts, given the large populations that depend on predictable weather for agriculture, and are vulnerable to flash floods.

Situé au coeur du Grand Himalaya, le Nanda Devi est la deuxième plus haute montagne d'Inde (7 817 m). La Réserve de Biosphère de Nanda Devi (2004) englobe les Parcs nationaux de Nanda Devi et de la Vallée des Fleurs, classés au Patrimoine Mondial de l'UNESCO depuis 1988. Elle abrite aussi le Sanctuaire de Nanda Devi, un vaste bassin glaciaire entouré d'une douzaine de sommets. Avec des alpages, des forêts, des zones enneigées et plus de 30 glaciers, les habitats de cette zone accueillent un grand nombre d'espèces en voie de disparition telles que le cerf porte-musc himalayen.

Dans la Réserve de Biosphère de Nanda Devi, et plus généralement dans le centre et l'est de l'Himalaya, les glaciers fondent à des vitesses inégales. Dans la région himalayenne, les conséquences de la diminution des ressources en eau de fonte sur la saisonnalité des écoulements et le débit des cours sont hautement variables. Dans les régions du centre et de l'est himalayens soumises à la mousson, les variations de précipitations, de saisonnalité et d'intensité de la mousson d'été pourraient avoir de graves répercussions. En effet, l'agriculture régionale est dépendante de la prédictibilité du climat, et d'importantes populations sont directement menacées par les risques de crues subites.



Risk of Glacial Lake Outburst Floods in the region of Mount Everest, the Top of the World

*Risque d'inondations éruptives de
lacs glaciaires dans la région du
Mont Everest, le « toit du monde »*

Nepal/Népal

SPOT - © CNES 2010 - Distribution Astrium Services – Image provided by Planet Action

SPOT - © CNES 2010 - Distribution par Astrium Services - image fournie par Planet Action

In the region of Mount Everest, the Top of the World Mount Everest, the highest peak in the world (8,848 m), is located in Sagarmatha National Park in the Hindu Kush-Himalayas. High-altitude landscapes of rock, snow and ice characterize over 50% of the park, which is also home to about 210 million people, and supplies goods and services to 1.3 billion people living downstream. In 1979, the Sagarmatha National Park was designated a UNESCO World Heritage Site.

Sagarmatha National Park encompasses the upper catchment of the Dudh Koshi Basin, one of the largest glaciated basins of Nepal. However, the glaciers in the valley are

retreating; during the period 1962–2007 they shrunk at a rate of 10–59 m/year. As a result, the total area in the Everest region covered by glaciers has declined from about 482 km² in the 1960s to 473 km² in 2000.

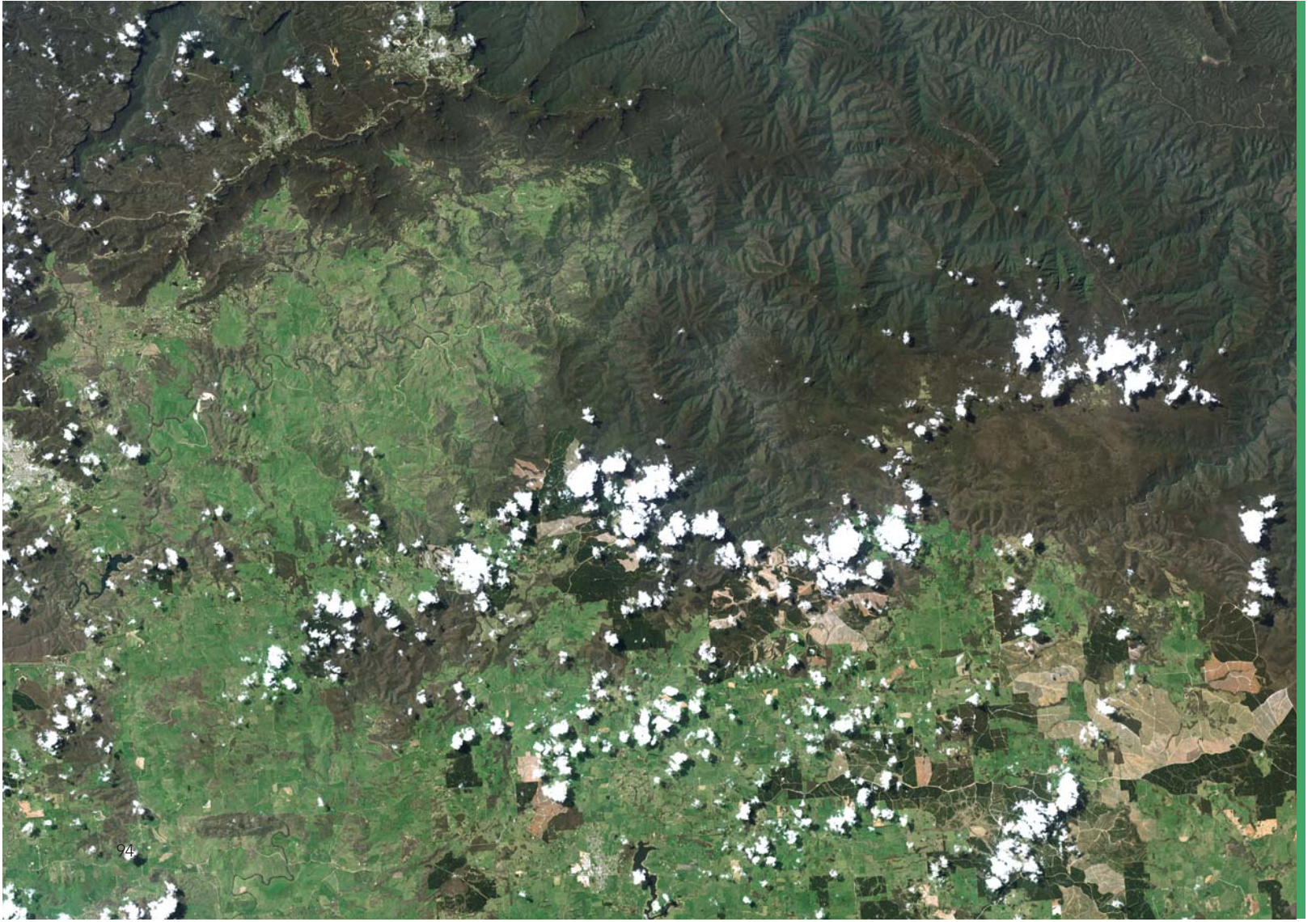
The melting of glaciers causes the rapid expansion of glacial lakes, which are surrounded by banks of unstable ice and loose debris. Glacial Lake Outburst Floods (GLOFs) constitute serious risks for the population, infrastructure and environmental resources in the Hindu-Kush Himalayas. Available information indicates that Nepal has experienced at least 24 GLOFs in the past, 14 of which originated within the country.

Le mont Everest est le plus haut sommet du globe (8 848 m) ; il se situe dans le Parc national de Sagarmatha, au coeur de l'Hindou-Koush-Himalaya. Ce Parc national, constitué à plus de 50 % de paysages rocheux de haute altitude couverts de neige et de glace, abrite environ 210 millions d'habitants et fournit biens et services aux quelque 1,3 milliard de personnes vivant en aval. Le Parc national de Sagarmatha a été classé au Patrimoine Mondial de l'UNESCO en 1979.

Le Parc national de Samargatha englobe la zone de captage située en amont du bassin du Dudh Koshi, l'un des plus grands bassins glaciaires du Népal. Néanmoins, on observe un

recul des glaciers de la vallée qui, entre 1962 et 2007, ont reculé au rythme de 10-59 m/an, et dont la superficie totale dans la région de l'Everest est passée d'environ 482 km² dans les années 1960 à 473 km² en 2000.

Cette fonte des glaciers entraîne le développement rapide de lacs glaciaires dont les berges sont couvertes de glace fragile et d'éboulis instables. Les inondations éruptives de lacs glaciaires (IELG) font peser une lourde menace sur la population, les infrastructures et les ressources environnementales de l'Hindou-Koush-Himalaya. Les données disponibles révèlent que le Népal a déjà subi 24 IELG par le passé, dont 14 prenant naissance dans le pays.



Increasing fires threaten the Greater Blue Mountains

*La recrudescence des incendies
menace les montagnes Bleues*

Australia/*Australie*

Satellite image from the Japan Aerospace Exploration Agency's (JAXA) ALOS satellite taken on 20 October 2010

Image prise par le satellite ALOS de l'Agence d'exploration aérospatiale japonaise (JAXA) le 20 octobre 2010

The Greater Blue Mountains Area, a UNESCO World Heritage site since 2000, is a magnificent location in eastern Australia known for its large variety of eucalypt taxa. The majority of the site is covered with forests, however swamps are found in frequently waterlogged areas upland. These play a key role in water management as they store, filter and gradually release water during the year. The area is vital to the clean water supply of Sydney, feeding six dams and providing water to the city's main water supply catchment, Lake Burrangorang, and several smaller catchments.

The Australian eucalypti forests, including those of the Greater Blue Mountains, are fire-dependent ecosystems. Many eucalypti species release their seeds only after a fire, as the ash can compensate for nutrient-poor soils. However, during regeneration fires can also lead to loss of plant life before maturation and seed production. Frequency of intense fires is predicted to increase due to global warming, alongside a decline in biodiversity and threats to eucalypti forests. This could adversely affect ecosystem integrity and the hydrological system of the area.

Classée au Patrimoine mondial de l'UNESCO depuis 2000, la région des montagnes Bleues est un magnifique site de l'est australien, connu pour abriter une importante variété de taxons d'eucalyptus.

La majeure partie du site est couverte de forêts, mais on y trouve également des marais dans des zones montagneuses fréquemment détrempées. Ces marais sont primordiaux pour la gestion de l'eau car ils stockent, filtrent et libèrent progressivement l'eau tout au long de l'année. Cette région joue un rôle vital dans l'approvisionnement en eau potable la ville de Sydney : elle alimente six barrages, le bassin principal d'alimentation en eau de la ville (le Lac Burrangorang), ainsi que d'autres points de captage plus petits.

Les forêts australiennes d'eucalyptus (dont celles des montagnes Bleues) constituent des écosystèmes pyrophytes. En effet, un grand nombre d'espèces d'eucalyptus ne libèrent leurs graines qu'après le passage d'un incendie, car les cendres compensent la pauvreté en nutriments des sols. Pendant les périodes de régénération, le feu peut toutefois tuer les plantes avant qu'elles n'arrivent à maturité pour produire des graines. Sous l'effet du réchauffement climatique, la fréquence des incendies de grande ampleur pourrait augmenter, entraînant un déclin de la biodiversité et faisant peser une menace directe sur les forêts d'eucalyptus. Ce phénomène pourrait nuire à l'intégrité de l'écosystème ainsi qu'au système hydrologique de la région.

References

Références

- Björnsen Gurung, A., von Dach, S.W., Price, M.F., Aspinall, R., Balsiger, J., Baron, J.S., Sharma, E., Greenwood, G., Kohler, T. (2012). Global Change and the World's Mountains-Research Needs and Emerging Themes for Sustainable Development - A Synthesis from the 2010 Perth II Conference. Mountain Research and Development, 32: S47-S54.
- GTOS (2008). Why focus on mountain regions? [on line]. GTOS. Available at: www.fao.org/gtos/tems/mod_mou.jsp/ [last visited 27/09/2010].
- Buytaert, W., Vuille, M., DeWulf, A., Urrutia, R., Karmalkar, A., Celleri, R. (2010). Uncertainties in climate change projections and regional downscaling in the tropical Andes: implications for water resources management. Hydrol. Earth Syst.Sci., 14: 1274-1258.
- Franquist, E., McGlone, D., Vuille, M. (2011). Commissioned by UNESCO-IHP. Climate Change and Tropical Andean Glacier Retreat. University at Albany - State University of New York, Albany, NY, 39 p.
- Huddleston, B., Ataman, E., De Salvo, P., Zanetti, M., Bloise, M., Bel, J., Francheschini, G., Fed'Ostiani, L. (2003). Towards a GIS-based analysis of mountain environments and populations. FAO Rome.
- ICIMOD (2009). Mountain Biodiversity and Climate Change. ICIMOD, Kathmandu, Nepal. 54 p.
- ICIMOD. Mountain Environment [on line]. ICIMOD. Available at: <http://www.icimod.org/?q=1400/> [last visited 04/05/2013].
- IPCC (2007). Climate change 2007-the physical science basis: Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC. Cambridge University Press.

- Kaltenborn, B. P., Nellemann, C., Vistnes, I. I. (eds.) (2010). High mountain glaciers and climate change – Challenges to human livelihoods and adaptation. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal. Birkeland Trykkeri AS, Norway. 56 p.
- Kapos, V., Rhind, J., Edwards, M., Price, M., Ravilious, C., Butt, N. (2000). Developing a map of the world's mountain forests. In: Forests in sustainable mountain development: a state of knowledge report for 2000. Task Force on Forests in Sustainable Mountain Development. CAB International, Wallingford, 4-9.
- Kohler, T. and Maselli, D. (eds.) (2009). Mountains and Climate Change - From Understanding to Action. Published by Geographica Bernensia with the support of the Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC), and an international team of contributors. Bern. 78 p.
- Nogués-Bravo D., Araújo M.B., Errea M. & Martínez-Rica J. (2007). Exposure of global mountain systems to climate warming during the 21st Century. *Global Environmental Change*, 17: 420-428.
- Price, M.F., Byers, A.C., Friend, D.A., Kohler, T., Price, L.W. (eds.) (2013). *Mountain Geography - Physical and Human Dimensions*. University of California Press. 400 p.
- Price, M. F., Gratzner, G., Duguma, L.A., Kohler, T., Maselli, D., Romeo, R. (eds.) (2011). *Mountain Forests in a Changing World - Realizing Values, addressing challenges*. Published by FAO/MPS and SDC, Rome. 85 p.
- Price, M.F., Jansky, L.F., Latsenia, A.A. (2004). Key issues for mountain areas. United Nations Univ. Press.
- Schild, A. (2008). The case of the Hindu Kush-Himalayas: ICIMOD's position on climate change and mountain systems. *Mountain Research and Development* 28(3/4): 328–331.
- Schild, A. and Sharma, E. (2011). Sustainable mountain development revisited. *Mountain Research and Development* 31(3): 237–241.
- Singh, S.P., Bassignana-Khadka, I., Karky, B.S., Sharma, E. (2011). Climate change in the Hindu Kush-Himalayas: The state of current knowledge. ICIMOD, Kathmandu, Nepal. 90 p.
- Vaidya, R. (2011). The Role of Water Storage Capacity Development in Enhancing Climate Resilience in the Hindu Kush-Himalaya Region. Paper presented at the Authors' Workshop for the Regional Report on Climate Change in the Hindu Kush–Himalayas: The State of Current Knowledge, 18–19 August 2011, ICIMOD, Kathmandu, Nepal.

Vuille, D., Archer, D.R., Buytaert, W., Fowler, H.J., Greenwood, G.B, Hamlet, A.F., Huang, Y., Koboltschnig, G., Litaor, M.I., Lopez-Moreno, J.I., Lorentz, S., Schadler, B., Schreier, H., Schwaiger, K., Vuille, M., Woods, R. (2011). Climate change and mountain water resources: overview and recommendations for research, management and policy. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15: 471-504.

Viviroli, D., Dürr, H.H., Messerli, B., Meybeck, M., Weingartner, R. (2007). Mountains of the world, water towers for humanity: Typology, mapping, and global significance. *Water Resources Research*, 43, W07447.

Viviroli, D., Weingartner, R., Messerli, B. (2003). Assessing the hydrological significance of the world's mountains. *Mountain Research and Development*, 23(1): 32-40.

Vuille, M. (2013). Climate Change and Water Resources in the Tropical Andes. Inter-American Development Bank, Environmental Safeguards Unit, Technical Note No. IDB-TN-515, 29 p.

Vuille, M., Francou, B., Wagnon, P., Juen, I., Kaser, G. Mark, B.G., Bradley, R.S. (2008). Climate change and tropical Andean glaciers: Past, present and future. *Earth-Science Reviews*, 89, issues 3-4: 79-96.

The full reference list can be found on the exhibition website:
http://www.unesco.org/new/exhibition_mountains_cc

This exhibition is a contribution to the International Year of Water Cooperation (2013).

UNESCO would like to thank the following partners, whose generous contributions made this exhibition possible:

The Government of Flanders, Belgium

The Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)

The European Space Agency (ESA)

The United States Geological Survey (USGS)

Planet Action

UNESCO also thanks all the reviewers and authors of publications used for this exhibition for their vital research and valuable contributions.

Cette exposition entre dans le cadre de l'Année internationale de la coopération dans le domaine de l'eau (2013).

Sans la généreuse contribution de partenaires, cette exposition n'aurait pu voir le jour. L'UNESCO souhaite, à ce titre, remercier :

Le gouvernement de la Flandre (Belgique)

L'Agence d'exploration aérospatiale japonaise (JAXA)

L'Agence spatiale européenne (ESA)

La Commission géologique des États-Unis (USGS)

Planet Action

L'UNESCO remercie également, pour leurs travaux de recherche et leurs précieuses contributions, tous les relecteurs et auteurs des publications scientifiques ayant permis de réaliser cette exposition.

With the support of the
Government of Flanders 





International Hydrological Programme (IHP) and Man and Biosphere Programme (MAB)

Coordination: Maria Rosa Cardenas, Kristine De Schamphelaere, Anil Mishra, Siegfried Demuth

Edition: David McDonald and Marie Laure Faber

Translation: Nicolas Durand

Graphic Design/Conception graphique : UNESCO

Printed by UNESCO/Imprimé par l'UNESCO

This brochure was made possible thanks to the financial support of the Government of Flanders
Cette brochure a été réalisée grâce à la contribution financière du Gouvernement de la Flandre

© UNESCO, 2013

