

Prendre la température de la montagne

À l'avenir, le réchauffement climatique devrait se faire particulièrement sentir dans les milieux froids, comme les montagnes et les climats nordiques. Durant les deux dernières années, 350 scientifiques ont collaboré à un projet sur le Changement planétaire dans les régions de montagne (GLOCHAMORE), impliquant l'UNESCO et le *Mountain Research Institute* (MRI) dont le siège est en Suisse. Ces scientifiques ont mis en place un réseau de sites sélectionnés dans diverses réserves de biosphère de montagne, afin d'observer et d'étudier, au fil du temps, les empreintes du changement planétaire sur la nature et son impact sur les habitants de ces régions. Coordonné par l'Université de Vienne en Autriche et financé par l'Union européenne, le projet regroupait 14 partenaires de 8 pays européens, plus l'Inde. Lorsque le projet a pris fin en octobre dernier, quelque 28 réserves de biosphère du monde entier avaient été sélectionnées et les bases avaient été jetées pour la surveillance à long terme des changements dans ces sites alpins.



© D. Figure

Le quart de la superficie des terres émergées de notre globe se compose de régions montagneuses qui procurent, à près de la moitié de l'humanité, des biens et des services comme par exemple une eau douce de qualité. En dépit de l'aspect robuste des montagnes, leur

environnement est en réalité très exposé à la dégradation, ainsi qu'il apparaît à quiconque a observé les ravages causés par les mines à ciel ouvert ou le déboisement systématique des versants. En milieu alpin, les principaux moteurs du changement sont le climat, le mode d'exploitation des terres et les dépôts azotés.



© T. Scharif

Jeunes gens dans la Réserve de biosphère de Issyk-Kul, au Kirghizstan

Le changement climatique va entraîner des pénuries d'eau pour les millions de personnes tributaires des glaciers

Pour les millions de personnes dont l'approvisionnement en eau douce dépend, en Asie et en Amérique latine, de la fonte de la neige et des glaciers le changement climatique entraînera de grandes pénuries, selon un article publié dans *Nature* le 17 novembre par une équipe de chercheurs dirigée par Tim Barnett, du *Scripps Institute of Oceanography*, situé aux Etats-Unis.

Dans de nombreuses régions du monde, les glaciers fondent à une vitesse sans précédent. La partie du Pérou qui est couverte de glaciers s'est réduite de 25 % en l'espace de 30 ans. Toutefois, selon les auteurs, « la région où la disparition des glaciers affectera peut-être le plus l'approvisionnement en eau dans les quelques décennies à venir est la Chine et certaines parties de l'Asie, y compris l'Inde, qui constituent ensemble la région Hindu Kouch-Himalaya », peuplée d'environ 50 à 60 % de la population mondiale.

La région Hindu Kouch-Himalaya recèle plus de glace que tout autre lieu de la terre, exception faite des régions polaires. Les auteurs déclarent qu'« il ne fait aucun doute que les glaciers de la région Hindu-Kouch-Himalaya fondent et que ce phénomène est concomitant avec une élévation à long terme des températures de l'air près de la surface ». Après 25 ans de travaux, *l'Inventaire des glaciers de Chine*, qui vient d'être rendu public, signale une fusion substantielle de pratiquement tous les glaciers, le recul le plus marqué (750 m) pendant ces 13 dernières années étant notamment celui du glacier qui alimente l'une des principales sources du fleuve Yangtze, le plus grand de Chine... Les auteurs ajoutent que la fusion semble aller en s'accéléralant.

« Le cycle hydrologique de la région est affecté par la mousson d'Asie mais il n'est pas douteux que la fusion des glaciers fournit à la région une source d'eau essentielle dans les mois d'été : jusqu'à 70 % du débit estival du Gange et 50 à 60 % de celui des autres fleuves. En Chine, 23 % de la population vit dans les régions de l'ouest, où la fonte des glaces constitue le principal apport d'eau en saison sèche ».

Les auteurs concluent : « il semble que certaines parties des régions les plus peuplées du globe soient menacées de manquer d'eau en saison sèche si les tendances actuelles du réchauffement et de la fonte des glaces se poursuivent pendant encore quelques décennies. Il est peut-être encore temps de planifier une stratégie à long terme qui permettrait à la région de faire face à ce problème ».

Source : *Nature* 438, 303 (2005) et M. Shanahan pour *SciDev.net*



Dans la chaîne de montagne Cordillera Blanca d'Amérique latine, la zone couverte par les glaciers a sensiblement rétréci depuis 30 ans. Vue du glacier Yanamarey, en régression accélérée, dans la Réserve de biosphère du Huascarán, au Pérou



© INRENA

Signes manifestes du changement climatique

Dans une étude menée en 2004 dans le cadre du projet GLOCHAMORE, les gestionnaires des réserves de biosphère de montagne ont relaté leur expérience vécue du réchauffement planétaire. En tête de leurs préoccupations figure l'impact économique des modifications du milieu naturel. Dans la Réserve de biosphère de Kosciusko en Australie, par exemple, où quatre stations de ski procurent à la région un revenu annuel d'environ 190 millions de dollars australiens, la saison hivernale tend à se raccourcir. Dans la Réserve de biosphère de Changbaishan, en Chine, la diminution du couvert neigeux se traduit pour les paysans par une réduction de la quantité d'eau disponible pour l'agriculture. Dans la Réserve de biosphère du mont Kenya, des crues subites et autres phénomènes hydrologiques sont en train d'envaser les systèmes hydrauliques et les canalisations servant à l'irrigation. Les communautés locales souffrent également de pénurie d'eau, comme dans la Réserve de biosphère de Kruger to Canyons, en Afrique du Sud.

C'est sur la végétation que se manifeste le plus nettement l'impact du réchauffement du climat. La Réserve de biosphère de Changbaishan a signalé que « le bouleau alpin *Betula ermannii* s'est déplacé en altitude ces 20 dernières années vers l'écosystème de toundra. On a constaté que chez certaines espèces, comme le *Larix olgensis* et l'*Abies nephrolepis*, la biomasse semble avoir augmenté avec le réchauffement du climat ». Autrement dit, ces deux espèces végétales prolifèrent en raison de l'élévation de la température, phénomène qui finira par entraîner un déséquilibre écologique.

Voici une liste non exhaustive des effets du changement climatique dans les réserves de biosphère de montagne. Les signes énumérés ci-dessous sont souvent liés entre eux, ce qui suggère que tout effet du changement climatique peut déclencher des réactions en chaîne, à la fois dans la sphère physique et sociale :

- Intensification du rayonnement ultraviolet du soleil
- Fonte des glaciers
- Dégel des pergélisols, entraînant une intensification de l'érosion (éclatement des roches et autres minéraux à la surface ou juste en dessous dû au changement de température ou d'humidité, etc.)
- En raison de l'intensification de l'érosion, sols plus secs, subsidence, envasement, glissements de terrains etc.
- Fréquence et violence accrues des tempêtes, inondations, incendies, glissements de terrains et avalanches
- Modification de la distribution et du nombre des espèces végétales et animales
- Allongement de la période de croissance de la végétation, dans la mesure où ses divers étages se déplacent en hauteur dans la montagne
- Diminution des chutes de pluie et de neige (précipitations)
- Assèchement de l'étage forestier par suite de la diminution des précipitations
- Augmentation des risques d'incendie, par suite de l'assèchement de l'étage forestier
- Intensification des rivalités chez les populations humaines des basses terres pour s'approprier des ressources naturelles en diminution.



© Li Yang

Station météorologique du lac Céleste, à 2 600 m d'altitude, dans la Réserve de biosphère de Changbaishan, en Chine. D'autres stations étudient les facteurs hydrologiques et l'activité sismique et volcanique

Des scientifiques font des relevés glaciologiques dans le manteau neigeux de la montagne afin de reconstituer l'histoire du climat à partir des couches sédimentaires et des carottes de glace. Ils se trouvent dans le Glacier National Park de l'État du Montana, aux É-U

Les paysages de montagne sont parmi les écosystèmes les plus complexes et les plus fragiles de la planète. Leur verticalité même impose une variété considérable d'habitats dont la juxtaposition est saisissante au regard des faibles différences d'altitude. En régions tropicales ou subtropicales, cette variété se manifeste par la présence de palmiers dans les étages inférieurs et de glaciers en hauteur ou, ce qui est moins frappant, les différences dans les espèces d'insectes, à mesure que vous escaladez le flanc de la montagne.

Pour calculer et prévoir les effets des changements climatiques dans ces milieux, l'investigation scientifique doit disposer d'une vaste expertise. Les participants au projet GLOCHAMORE ont donc mis au point une stratégie de recherche couvrant des domaines aussi divers que les modifications de l'utilisation des terres, la cryosphère (paysages gelés en permanence, d'après le terme grec cryo, froid), les régions enneigées, les systèmes hydrologiques, les prairies et la toundra, les forêts et les systèmes aquatiques, la vie sauvage, les espèces végétales et animales exogènes et les risques naturels (inondations, incendies, glissements de terrains etc.) pour n'en citer que quelques uns.

Parmi les recommandations des scientifiques participant au GLOCHAMORE, l'une concerne les mécanismes d'« alerte rapide » à mettre en place, afin de déceler l'arrivée d'organismes envahisseurs et leur impact sur l'environnement. Avec l'élévation annuelle des températures sur le long terme due au réchauffement planétaire, des espèces non endogènes de végétaux, d'insectes et d'autres animaux, par exemple, peuvent être plus susceptibles d'envahir de nouveaux écosystèmes dès lors que leur comportement n'est pas surveillé. L'absence de contrôle et de réaction peut être fatale à la structure et aux fonctions des écosystèmes de montagne. Des bestioles hostiles pourraient attaquer les plantes et les herbes qui maintiennent le sol sur la pente, par exemple. Retirez cet ancrage et vous aurez une sérieuse érosion avec glissements de terrains et des réactions en chaîne sur les habitants des communautés locales.

Un réseau de postes d'observation alpins

Le projet GLOCHAMORE a mis en place un réseau de postes d'observation pour mesurer les effets des changements sur la nature mais aussi sur les personnes qui vivent dans ces climats plutôt froids. En l'espace de deux ans, le projet a élaboré un plan d'observation de l'environnement et de la vie sociale en régions montagneuses qui facilite l'établissement de stratégies de recherche sur le changement planétaire dans certaines réserves de biosphère de l'UNESCO (voir tableau, p. 13). Rien n'empêche d'appliquer un jour la stratégie de recherche de GLOCHAMORE à d'autres réserves de biosphère de montagne – on en compte 150 en tout – ou au site du patrimoine mondial du mont Kilimandjaro en République unie de Tanzanie. Certains sites alpins se sont même vu accorder la double qualification ; c'est le cas du bassin de l'Uvs Nuur en Mongolie et du mont Kenya, qui sont à la fois réserves de biosphère et sites du patrimoine mondial. Or, il se trouve que l'impact du changement climatique sur les derniers

sites du patrimoine mondial fera l'objet d'une réunion à l'UNESCO les 16 et 17 mars prochains.

Au cours des deux années écoulées, GLOCHAMORE a défini des indicateurs pour détecter et analyser les signaux du changement dans ces régions de haute altitude et analyser les relations directes de cause à effet qui affectent chacun des écosystèmes, grâce à des marqueurs soigneusement sélectionnés. Ces indicateurs ont été gradués selon leur facilité d'emploi.



Traversée d'une rivière dans la Réserve de biosphère de Katunsky dans l'Altaï, Fédération de Russie

le 20ème siècle a déjà eu un effet certain sur les glaciers et les marges périglaciaires des montagnes. Si cette tendance devait se poursuivre, les experts prévoient que les petits glaciers de montagne pourraient fondre, de même que le pergélisol, et que l'espace occupé par les régions alpines pourrait diminuer.

Concrètement, le réseau des réserves de biosphère sélectionnées observe les indicateurs cryosphériques tels que le couvert neigeux, les glaciers, le pergélisol et la solifluxion (l'effet du gel et de la fonte du sol,

qui fait glisser sa couverture), les écosystèmes de haute montagne et d'eau douce et l'hydrologie des bassins versants, et enfin les écosystèmes terrestres, notamment la vie végétale des montagnes et certains animaux qui s'abritent sous la terre. Il a déjà mis au jour des preuves troublantes du changement climatique (*voir encadré, p.11*).

Preuves troublantes du changement planétaire

Dans la mesure où ils sont tous sensibles aux variations de la température atmosphérique, les glaciers, les zones de sol gelé (le pergélisol) et les régions alpines servent de révélateurs du changement climatique planétaire. Le réchauffement durant

Laboratoires vivants du développement durable

Si les réserves de biosphère de montagne de l'UNESCO ont été choisies comme sites de surveillance du projet GLOCHAMORE, c'est parce qu'elles présentent l'énorme avantage de permettre de faire des comparaisons à l'échelle mondiale ; d'autre part, parce que le « concept de biosphère » se prête remarquablement à la recherche intégrée de l'observation des changements qui affectent les milieux naturels aussi bien que socioéconomiques.

En effet, le concept de biosphère admet que les êtres humains et la nature cohabitent et que cette réalité doit être prise en compte dans les pratiques de préservation de la nature. Le concept de réserve de biosphère obéit à une démarche de découpage en zones : aires centrales de protection rigoureuse, entourées de zones tampon où la protection de l'environnement est considérée comme importante mais où la population vit et travaille également, le tout étant entouré d'une zone de transition où le développement durable est encouragé.

C'est le rapport Brundtland, *Notre avenir à tous*, qui a proposé en 1987 la définition du développement durable qui est désormais admise par tous comme la norme :

Un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs.

Le rapport Brundtland a contribué à déclencher chez les Nations unies une série d'initiatives dont les « Sommets Terre » de Rio (Brésil, 1992) qui a adopté l'Action 21, et de Johannesburg (Afrique du Sud, 2002), ainsi que la Convention cadre sur les changements climatiques, à laquelle s'est ajouté en 1997 le Protocole de Kyoto.

Au Sommet Terre de Rio, les Nations unies ont mis en lumière le vaste réseau, créé par l'UNESCO, des réserves de biosphère en tant que laboratoires vivants pour les efforts de protection. Ce Sommet a marqué le début d'une prise de conscience croissante de l'importance des montagnes. Une décennie plus tard les Nations unies allaient désigner 2002 comme Année internationale des montagnes. La principale contribution de l'UNESCO serait de lancer le projet GLOCHAMORE. Il est intéressant de noter que les recherches sur la montagne ont également gagné du terrain cette dernière décennie dans l'Union européenne.

Sur l'Année internationale de la montagne, voir Planète Science 1(2) de janvier 2003



Dans la Réserve de biosphère de la Sierra Nevada (en Espagne), la population vit tout près de la montagne, source de revenus grâce au tourisme et autres activités de loisirs. Une station de ski se situe dans la zone tampon, sur les pentes inférieures ; la zone de transition est occupée par l'agriculture et les villages

Assurer la viabilité à long terme de la surveillance des montagnes

Le choix des sites de montagnes ne s'est pas fait au hasard. Ils ont été sélectionnés dans divers pays en fonction de critères de représentativité géographique, socioéconomique et culturelle. Il fallait également vérifier si le site disposait de l'infrastructure nécessaire pour participer au projet.

Les études entreprises sur les emplacements choisis devaient intégrer des facteurs naturels et sociétaux, faisant donc appel à plusieurs disciplines scientifiques. « Par la surveillance, il est possible d'élaborer un plan qui cible les indicateurs résultant de l'activité humaine, et qui permette aux gestionnaires des réserves de biosphère de fixer par exemple des seuils de viabilité et de s'efforcer de les respecter ». C'est ce que suggère le rapport de la première réunion thématique du projet à Vienne, en 2004. Mais, conclut le rapport, « pour réaliser une étude parfaitement intégrée de ce qu'on appelle le « système nature-société », encore faut-il trouver des dénominateurs communs, et même créer un nouveau vocabulaire qui soit intelligible aux praticiens des sciences naturelles et des sciences sociales ».



© Daniel B. Fager

Parc national des glaciers aux É.-U.

La Déclaration de Perth déplace des montagnes

En deux ans d'activité, le GLOCHAMORE a pu organiser cinq ateliers internationaux spécialisés. Ces ateliers scientifiques portaient en général sur les moteurs du changement planétaire et l'impact de ces changements sur les écosystèmes, sur les biens et les services fournis par ces écosystèmes, sur l'économie, la santé et les dispositifs institutionnels de chacune des régions. Les actes de ces ateliers ont été publiés en une série de recueils.

Les scientifiques ont examiné les aspects les plus inquiétants du changement climatique observés dans les paysages de montagne, tels l'exploitation durable des terres, la gestion des ressources naturelles, l'évaluation des relations entre les activités humaines et les modifications du milieu, et la modélisation destinée à planifier les futurs effets du réchauffement planétaire dans les montagnes.

Le projet a abouti à une Conférence scientifique multidisciplinaire sur les changements mondiaux en région montagneuse, qui s'est

tenue à Perth (Écosse), du 2 au 6 octobre. Elle capitalisait les acquis des réunions de Vienne (Autriche) et de L'Aquila (Italie) en 2004, de Grenade (Espagne) et de Samedan (Suisse) en 2005 et de la réunion « de coup d'envoi » du projet, tenue dans la Réserve de biosphère d'Entlebuch (Suisse) en novembre 2003.

La Conférence scientifique multidisciplinaire a réuni 250 délégués de 47 pays pour passer en revue les travaux du projet et définir la suite à lui donner. Les scientifiques ont profité de la conférence pour lancer un appel vibrant – la *Déclaration de Perth* – aux gouvernements, aux agences de financement et au secteur privé pour qu'ils apportent leur soutien à un nouvel effort de recherche sur les effets du changement climatique dans les écosystèmes de montagne et sur la gestion durable des milieux montagneux et des communautés établies au pied des montagnes.

Pour lire la *Déclaration de Perth* : www.unesco.org/mab/mountains/news.htm; et les *Actes des réunions de GLOCHAMORE* : www.unesco.org/mab/mountains/publications.htm

Réserves de biosphère de montagne retenues pour le projet	Altitude par rapport au niveau de la mer	
Afrique		
Tassili N'Ajjer (Algérie)	1 150	– 2 158
Mount Kenya	1 600	– 5 199
Oasis du Sud (Maroc)	680	– 4 071
Kruger to Canyons (Afrique du Sud)	200	– 2 050
Asie-Pacifique		
Kosciuszko (Australie)	213	– 2 228
Changbaishan (Chine)	720	– 2 691
Issyk-Kul (Kyrgyzstan)	1 609	– 7 439
Nanda Devi (Inde)	1 800	– 7 817
Uvs Nuur Basin (Mongolie)	759	– 3 966
Katunskiy (Fédération de Russie)	765	– 4 506
Sikhote-Alin (Fédération de Russie)	0	– 1 600
Teberda (Fédération de Russie)	1 260	– 4 047
Europe		
Gossenköllersee (Autriche)	2 413	– 2 828
Gurgler Kamm (Autriche)	1 900	– 3 400
Berchtesgaden Alps (Allemagne)	471	– 2 713
Sierra Nevada (Espagne)	400	– 3 482
Lake Torne (Suède)	340	– 1 610
Entlebuch (Suisse)	600	– 2 350
Swiss National Park (Suisse)	1 500	– 3 174
Amérique Latine		
Araucarias (Chili)	800	– 3 124
Torres del Paine (Chili)	20	– 3 050
Cinturón Andino (Colombie)	1 700	– 5 750
Huascarán (Pérou)	2 500	– 6 768
Amérique du Nord		
Mount Arrowsmith (Canada)	300	– 1 817
Glacier National Park (É.-U.)	972	– 3 185
Niwot Ridge (É.-U.)	2 866	– 3 780
Denali (É.-U.)	122	– 6 194
Olympic (É.-U.)	0	– 2 428

Les gestionnaires des réserves de biosphère de montagne auront un rôle crucial à jouer dans la viabilité à long terme de la surveillance des montagnes. Ils deviendront dépositaires de l'information et des données recueillies par le corps des scientifiques nationaux et étrangers qui vont, dans les dix prochaines années aller et venir dans ces régions. Surveiller l'évolution du climat est, par définition, une entreprise à long terme qui exige une observation *in situ* généralisée et constante. Sera également cruciale la participation d'autres parties prenantes telles que les communautés locales, afin de maintenir durablement un « poste d'observation » des changements climatiques.

Cet article est le fruit d'une collaboration d'auteurs du Consortium GLOCHAMORE ; pour en savoir plus : t.schaaf@unesco.org