



**HAL**  
open science

## Des hautes montagnes sans glaciers?

Alberte Bondeau, Wolfgang Cramer

► **To cite this version:**

| Alberte Bondeau, Wolfgang Cramer. Des hautes montagnes sans glaciers?. 2018. hal-01934079

**HAL Id: hal-01934079**

**<https://amu.hal.science/hal-01934079v1>**

Submitted on 19 Apr 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# **DES HAUTES MONTAGNES SANS GLACIERS ?**

Par **Alberte Bondeau** et **Wolfgang Cramer**  
Chercheurs au Centre national de la recherche scientifique (CNRS)  
Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale  
Aix Marseille Université

**L**es changements climatiques récents, largement provoqués par l'augmentation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, sont en pleine accélération. La température s'élève pratiquement partout. Au niveau mondial, 2017 a été la deuxième année la plus chaude dans l'histoire des observations, battue seulement par 2015. Les conséquences de ce réchauffement sur les écosystèmes sont de plus en plus visibles, notamment en montagne, et en premier lieu dans les massifs glaciaires. Le recul des glaciers depuis plusieurs décennies saute aux yeux et ce recul s'accélère dans la plupart des massifs montagneux du globe (avec quelques exceptions comme en Norvège, en Nouvelle-Zélande ou dans l'ouest du massif himalayen). Mais c'est le terme de «changements environnementaux globaux» qu'il faut utiliser, car les écosystèmes sont aussi fortement touchés par des changements environnementaux autres que climatiques, comme les changements d'utilisation des terres et l'urbanisation. En montagne, selon les régions, on peut observer ici un abandon du pastoralisme, et ailleurs du surpâturage.

**« LES CHANGEMENTS ENVIRONNEMENTAUX QUI CARACTÉRISENT NOTRE ÉPOQUE ONT UNE RAPIDITÉ INÉDITE. »**

L'exploitation forestière peut mener à des coupes rases, à de denses plantations monospécifiques ou, au contraire, favoriser les couverts mixtes. Enfin, la construction d'infrastructures impacte les sols, soit dans les vallées où il y a déjà peu de place, soit sur les pentes où la couche de sol est vite fragilisée. À l'échelle globale, largement du fait de la déforestation, la modification du mode d'occupation des terres renforce le changement climatique.

On parle de la «grande accélération» pour insister sur le fait que ce ne sont pas les changements environnementaux en tant que tels qui caractérisent notre époque (ceux-ci ont toujours accompagné l'humanité), mais leur rapidité inédite. Comment les écosystèmes montagnards sont-ils impactés? Comment les services rendus par les écosystèmes de montagne sont-ils modifiés, de manière négative ou positive? Comment le milieu montagnard peut-il agir pour s'adapter et réussir à préserver sa capacité à délivrer de nombreux services?

#### **Moins de glace, moins de neige, plus de forêts**

**E**n montagne, le réchauffement de l'atmosphère fait fondre les glaciers, augmente la proportion d'épisodes pluvieux par rapport aux épisodes neigeux, modifie les aires de distribution des différentes espèces en faisant, entre autres, remonter en altitude la limite des arbres. Ces effets, conséquences du réchauffement global, entretiennent eux-mêmes le réchauffement en altitude, car ils créent une rétroaction positive à l'échelle locale. La température de l'air ne résulte pas seulement de la concentration en gaz ➤

➤ à effet de serre de l'atmosphère, elle dépend aussi de la capacité de la surface terrestre à réfléchir le rayonnement solaire, ce que l'on nomme «albédo». Il est bien connu qu'une surface claire réfléchit plus qu'une surface sombre. Ainsi, un glacier, tout comme de la neige fraîche, réfléchit beaucoup, limitant la quantité d'énergie reçue. Moins de glace, moins de neige, plus de forêts: tout ceci contribue à assombrir la surface terrestre et permet une plus forte absorption de l'énergie solaire qui va amplifier le réchauffement en altitude.

De nombreuses observations systématiques confirment une augmentation de la perte de masse des glaciers à peu près partout sur le globe. Dans les Alpes, alors que le tiers de leur superficie a disparu depuis le XIX<sup>e</sup> siècle, les mesures effectuées sur certains glaciers montrent qu'ils perdent actuellement 2 à 3 % de leur masse chaque année, alors que l'isotherme 0 °C remonte de 75 mètres par décennie depuis 1959. Les modèles projettent la disparition des glaciers alpins culminants à moins de 3500 mètres d'altitude avant la fin du XXI<sup>e</sup> siècle. Le volume glaciaire des Alpes et des Andes tropicales devrait se réduire de 80 %, celui des montagnes d'Asie de 50 %. Quant au Kilimandjaro, il ne restera de la neige plus que dans la chanson...

### **Le cycle de l'eau perturbé**

**C**e recul glaciaire n'est qu'un épiphénomène des profonds bouleversements du cycle hydrologique en montagne. Le fait, notamment, qu'une quantité de précipitations tombant auparavant sous forme de neige tombe à présent sous forme de pluie, modifie les débits saisonniers des rivières. Sous nos latitudes, les précipitations neigeuses hivernales permettaient un stockage temporel et une restitution bienvenue au printemps, voire en été, alors qu'il peut faire sec et que la demande en eau est importante. Avec plus de pluie et moins de neige, le débit risque d'aug-

menter en hiver et de diminuer en été, modifiant la disponibilité de la ressource en eau. Au niveau mondial, c'est la moitié de la population qui dépend de la ressource en eau venant des montagnes. Les évolutions de ces dernières années ont parfois conduit à une utilisation non durable de l'eau avec des risques futurs de ressource insuffisante pour des populations précaires.

## **« AU NIVEAU MONDIAL, C'EST LA MOITIÉ DE LA POPULATION QUI DÉPEND DE LA RESSOURCE EN EAU VENANT DES MONTAGNES. »**

En effet, la fonte accélérée des glaciers dans les régions tropicales (comme dans la cordillère Blanche, dans les Andes) a conduit à une augmentation du débit des rivières. Cette ressource a été immédiatement utilisée par une population grandissante pour irriguer les champs en région sèche. Cette hausse du débit est temporaire, il s'agit d'un pic qui va rapidement diminuer, une fois passé le stade de fonte maximale de glaciers en train de disparaître. La disponibilité en eau deviendra très critique si la demande ne diminue pas.

Une autre menace pesant sur les villes et villages situés en aval de certains glaciers est liée au fait que l'eau issue de la fonte accélérée des glaciers forme des lacs, retenus par les moraines terminales. Il s'agit de barrages peu stables et/ou peu étanches, susceptibles de se vider brutalement. Dans certaines vallées de l'Himalaya ou des Andes, c'est une population parfois nombreuse qui est menacée par des risques de crue brutale, appelée aussi «débâcle glaciaire».



## Un sol fragilisé

**E**n plus de diminuer névés et glaciers, le réchauffement conduit aussi à la fragilisation des parois sur lesquelles les rochers sont maintenus par l'effet du gel : nombre de montagnes ne sont pas solides, les rochers étant « fixés » essentiellement par un ciment de glace ou par le pergélisol (terme utilisé pour caractériser un sol gelé en permanence). Lorsque ce ciment vient à fondre, ce sont des pans entiers de montagne qui s'écroulent. Ces dernières années, il y a eu dans les Alpes des périodes estivales pendant lesquelles l'isotherme 0 °C n'est jamais descendu en dessous des plus hauts sommets. Après les quelques mois nécessaires à la chaleur pour se propager dans le sol, on observe une très forte augmentation des chutes de pierres et des effondrements de parois.

Contrairement aux températures, il est difficile de détecter le rôle du changement climatique sur le régime des précipitations, qui montre de grandes variations spatiales et temporelles. En revanche, on note un renforcement des événements climatiques extrêmes (sécheresse, tempêtes, pluies diluviennes, etc.), qui est lié à l'augmentation de la température de surface des océans. En montagne, les fortes pluies peuvent provoquer des glissements de terrain, ceci d'autant plus que le sol n'est pas protégé par un couvert végétal dont les racines pénètrent profondément. Plus communément, l'érosion due à la pluie, mais aussi au vent, emporte régulièrement les sols mis à nu. Les effondrements de parois rocheuses décrits plus haut engendrent d'autant plus facilement des coulées de boue que le sol n'est pas protégé. Il est donc important de maintenir une végétation capable de stabiliser le sol. Les études actuelles montrent que des couvertures végétales mixtes, associant plusieurs espèces, sont préférables à des plantations monospécifiques, car les racines de chaque espèce occupant le sol de manière différente, la structure de ce dernier s'en trouve améliorée. De


manière générale, c'est une biodiversité élevée dans les forêts alpines qui offre la meilleure garantie de conservation du sol, en réduisant les risques de glissements de terrain, de chutes de pierres ou d'avalanches.

## « IL EST IMPORTANT DE MAINTENIR UNE VÉGÉTATION CAPABLE DE STABILISER LE SOL. »

Ces forêts vont aussi mieux conserver la neige, aidant à l'infiltration et à la rétention de l'eau au printemps, base de la recharge des nappes phréatiques et de l'alimentation des sources.

## Une riche biodiversité au futur incertain

**L**a biodiversité des montagnes est très riche du fait de la multitude d'habitats qui s'y côtoient. Et la topographie est favorable au maintien de cette richesse, même dans le contexte du réchauffement climatique, car les espèces adaptées aux températures fraîches des altitudes intermédiaires peuvent se déplacer pour « suivre » leur niche climatique. Pour les espèces végétales situées au-dessus de la ligne des arbres, bien que les observations montrent la part de plus en plus importante occupée par les espèces thermophiles, la grande variabilité des habitats permet à la plupart des espèces qui affectionnent le froid de trouver des zones refuges. Il est néanmoins probable que certaines de ces espèces disparaîtront si elles ne sont pas assez compétitives. Des plantes alpines, dans le cas d'un démarrage plus précoce, deviennent plus sensibles à des gels tardifs de printemps. C'est le cas de la myrtille. Par ailleurs, l'avancée du calendrier pour la production végétale provoque un déphasage entre le pic de production et les besoins en herbe de certains



➤ grands herbivores au moment des naissances. Une surmortalité de jeunes bouquetins a, par exemple, été attribuée à l'occurrence de printemps précoces dans le massif du Grand-Paradis. Puisque nous en venons aux animaux, il faut noter les perturbations de nombreux équilibres induites par le changement climatique. Par exemple, on observe chez le lagopède alpin, oiseau vivant haut dans nos montagnes, un taux de survie inférieur dans les massifs préalpins où le réchauffement climatique augmente le parasitisme. Il est également de plus en plus fréquent qu'il prenne son habit blanc de camouflage hivernal avant l'arrivée des premières neiges, ce qui le met en danger. Le changement climatique peut encore nous réserver de grandes surprises sur la future biodiversité des montagnes.

### **Des Alpes et des Pyrénées vertes**

**R**emontée de l'étage forestier, abandon relatif du pastoralisme, saison active plus longue: tout ceci peut mener à un «verdissement» des Alpes et des Pyrénées. Néanmoins, à l'étage forestier, le réchauffement climatique favorise l'expansion d'insectes pouvant être dévastateurs. C'est le cas de *Dendroctonus rufipennis* (le dendroctone de l'épinette), un coléoptère qui s'attaque aux pins et aux épicéas dans tout l'hémisphère Nord. Les observations réalisées dans les Alpes du Nord montrent que les épicéas des forêts mixtes sont moins touchés que les épicéas de forêts monospécifiques dans lesquelles le coléoptère

se disperse facilement. Là aussi, les fonctions protectrices de la biodiversité sont évidentes. Une autre menace pèse sur les forêts de montagne, liée aux épisodes plus fréquents de canicule et de sécheresse qui, à côté des risques accrus d'incendie, fragilisent les arbres et réduisent leur croissance annuelle. Les projections climatiques s'accordent à prédire une augmentation de la sécheresse estivale autour de la Méditerranée, pouvant impacter fortement les Pyrénées, les Alpes du Sud et l'Atlas. La demande évaporative atmosphérique augmentant avec la température, le manque d'eau se fait encore plus cruellement sentir sur ces écosystèmes dont la productivité chute. Des études menées en Suisse caractérisent d'ailleurs l'épicéa comme le grand perdant du changement climatique et, de manière générale, les forêts de feuillus en montagne vont probablement devenir plus compétitives, ce qui devrait favoriser la biodiversité par rapport aux écosystèmes montagnards dominés par des conifères. Ceci étant, une biodiversité en remplace une autre: dans le Jura, la propagation du hêtre ferme le sous-étage forestier et engendre la disparition des myrtilles, nourriture clé du grand tétras. Dans «nos» régions tempérées, l'agriculture en montagne relève majoritairement de l'élevage, qui souffre d'une production fourragère réduite dès que les conditions climatiques génèrent un stress hydrique. Les agriculteurs travaillent alors sur l'introduction d'espèces prairiales plus résistantes à la sécheresse (luzerne) ou développent l'irrigation,

**« UNE AUTRE MENACE  
LIÉE AUX ÉPISODES PLUS  
FRÉQUENTS DE CANICULE  
ET DE SÉCHERESSE  
PÈSE SUR LES FORÊTS  
DE MONTAGNE. »**

ce qui, dans certains cas, les rend dépendants des aléas futurs de la ressource en eau. Mais lorsque l'eau ne fait pas défaut, la réduction de la couverture neigeuse peut rendre les alpages plus vulnérables face aux épisodes de gel printanier. Concernant les cultures, le réchauffement en altitude peut être vu comme une opportunité d'occuper de nouveaux espaces. Ainsi, dans les Andes, la pomme de terre est maintenant cultivée à 4200 mètres d'altitude!

### **Des loisirs de plus en plus diversifiés**

**E**n Europe, la montagne est un espace de loisirs dont le poids économique est important, avec des activités diversifiées selon les saisons. Le ski est certainement la pratique pour laquelle les aménagements ont été les plus importants. Ainsi, le manque de neige en hiver, phénomène récurrent ces dernières années et conséquence du changement climatique, est perçu comme une menace pour l'activité de nombreuses stations de moyenne altitude. Malgré les coûts financiers et l'incertitude sur la disponibilité en eau, l'installation de canons à neige reste l'une des premières mesures envisagées par les collectivités. Or, de nouvelles activités hivernales de loisirs rencontrent un large succès et montrent que de nombreuses personnes sont prêtes à venir en montagne pour faire autre chose que du ski, pour peu qu'elles soient informées.

## **« MALGRÉ LES COÛTS FINANCIERS ET L'INCERTITUDE SUR LA DISPONIBILITÉ EN EAU, LES STATIONS INSTALLENT DES CANONS À NEIGE. »**

Comme pour les écosystèmes, la diversité est la clé de la capacité à s'adapter au changement climatique.

En été, les activités sont plus variées. Nous avons parlé du danger de certaines pratiques d'alpinisme alors que les risques de chutes de pierres et d'effondrements de pans de montagne augmentent. À l'heure actuelle, cette situation ne semble pas encore réduire l'attractivité de la montagne, qui offre une panoplie d'itinéraires sans risque d'éboulements. Par ailleurs, de nouvelles activités se déploient aussi aux intersaisons et utilisent parfois les remontées mécaniques installées pour le ski... Et, malgré sa contribution importante au changement climatique, la voiture individuelle reste un mode de transport privilégié pour accéder à la montagne. Plusieurs régions commencent à proposer des alternatives en transports en commun.

### **Une montagne multifonctionnelle**

**L**a diversification dans les stations de moyenne altitude passera aussi par d'autres types d'activités que les loisirs. On observe que l'agriculture, l'élevage, le maraîchage, les circuits courts regagnent du terrain. En lien avec les prises de conscience d'enjeux écologiques liés au changement climatique, la demande en bois d'œuvre ou bois énergie augmente, ce qui est de bon augure pour plusieurs secteurs économiques. La tendance démographique est positive dans nombre de territoires de montagne européens, avec un exode ville-campagne rendu plus facile avec Internet et porteur de projets souvent affichés «verts». Ainsi, si le changement climatique a des effets visibles sur la montagne, s'il modifie fortement le fonctionnement des écosystèmes, en Europe il ne menace pas les territoires de montagne et leur capacité à accueillir des populations résidentes et saisonnières. En effet, les écosystèmes de montagne peuvent continuer à délivrer de nombreux services durablement, dès lors que les activités humaines sont contrôlées de manière à s'adapter à de nouvelles conditions et à accompagner (voire renforcer) leurs fonctions bénéfiques sur le maintien des sols, le cycle de l'eau et la productivité. ■