



**LE VIRUS
DE LA RECHERCHE**

**TRANSITION
ENVIRONNEMENTALE**

SAMUEL MORIN

**LES ENJEUX TRANSVERSES
DU CHANGEMENT CLIMATIQUE
EN MONTAGNE**

PUG

La série « **Transition environnementale** »
fait partie de la collection « **LE VIRUS DE LA RECHERCHE** »

Directrice de la série: Magali Talandier
Directeur de la collection: Alain Faure
Directrice de la publication: Sylvie Bigot
Mise en page: Catherine Revil

Réalisé en collaboration avec le conseil scientifique « Capitale verte et Transition »
présidé par Magali Talandier, dans le cadre de Grenoble Capitale Verte
Européenne 2022 – Plan Climat Air Énergie – Grenoble Alpes Métropole.
Publié avec le soutien de la Banque des Territoires.

ISBN 978-2-7061-5270-2 (*e-book PDF*)

ISBN 978-2-7061-5271-9 (*e-book ePub*)



TRANSITION ENVIRONNEMENTALE

UNE SÉRIE DE LA COLLECTION « VIRUS DE LA RECHERCHE »

Face à l'urgence climatique et aux défis environnementaux, les scientifiques se mobilisent !

Placée sous l'égide du conseil scientifique « Capitale verte et transition », cette nouvelle série d'e-books propose des articles inédits signés par des chercheurs de tous horizons : sciences, sciences de la terre, sciences de l'ingénieur et sciences humaines et sociales.

En lien avec les missions du conseil scientifique – qui rassemble près de 40 chercheurs de toutes les disciplines – ces textes courts visent à faire circuler les connaissances sur la question des transitions environnementales et de leurs impacts.

Tout au long de l'année 2022, les publications de la série viendront ponctuer la réflexion menée dans le cadre de la labellisation « Capitale verte européenne » attribuée par la Commission européenne au territoire grenoblois. Chaque mois, une nouvelle thématique sera traitée – le climat, l'air, l'énergie, les mobilités, l'alimentation, les villes, etc.

Les scientifiques sont des gens passionnés. Leurs textes dévoilent leur savoir et nous éclairent sur les controverses qui nourrissent ces sujets, exposant les ressorts sensibles du métier de chercheur – ses tâtonnements, ses doutes, ses énigmes mais aussi ses espoirs.

Bonne lecture à tous !

LES ENJEUX TRANSVERSES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE EN MONTAGNE

SAMUEL MORIN, UNIVERSITÉ DE TOULOUSE, UNIVERSITÉ GRENOBLE-ALPES, MÉTÉO-FRANCE,
CNRS, CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES MÉTÉOROLOGIQUES, TOULOUSE ET GRENOBLE

Les effets du changement climatique sont particulièrement visibles en montagne. Ces régions constituent d'ailleurs des sentinelles privilégiées pour observer ces bouleversements. Elles disposent d'atouts naturels et socio-économiques, sur le plan des ressources en eau, de la biodiversité, du patrimoine agricole et culturel. Leur environnement spécifique constitue le support d'activités de loisir et de tourisme emblématiques. Mais, elles sont aussi le siège de nombreux aléas naturels qui complexifient et renchérissent leur développement. Le changement climatique agit sur la quasi-totalité de ces enjeux interconnectés. Il en modifie les caractéristiques et il ébranle les modes de gestion traditionnels de ces atouts et difficultés intrinsèques. Connaissances interdisciplinaires et outils se développent pour mieux en tenir compte dans les stratégies territoriales de développement.

5

En montagne comme ailleurs, le climat change

Les activités humaines et l'environnement de montagne sont particulièrement sensibles aux conditions météorologiques, dont l'évolution depuis plusieurs décennies correspond à des manifestations locales du changement climatique planétaire. En montagne comme ailleurs, ce dernier modifie non seulement la moyenne multi-annuelle des conditions météorologiques (température, précipitations, enneigement, etc.) mais aussi la distribution des phénomènes rares, intenses, voire extrêmes. Dans les Alpes françaises et les Pyrénées, l'augmentation de la température moyenne annuelle a atteint près de 2 °C depuis le début du xx^e siècle. L'étagement des milieux de montagne et les conditions météorologiques qui y prévalent expliquent que les manifestations du changement climatique y soient fortement dépendantes de l'altitude.

Perspectives contrastées pour la neige et les glaciers

Le réchauffement entraîne en général une raréfaction des chutes de neige, progressivement remplacées par des chutes de pluie, surtout à basse et moyenne altitude, et une intensification de la fonte printanière. La raréfaction du manteau neigeux est marquée tout l'hiver et au printemps à basse et moyenne altitude (près d'un mois de réduction de durée d'enneigement depuis les années 1970), mais marquée seulement au printemps à haute altitude¹. Le recul des glaciers est probablement l'illustration la plus spectaculaire du changement climatique sous nos latitudes. Il est la conséquence d'un déséquilibre croissant entre l'accumulation de neige hivernale et une fonte accrue par l'augmentation de la température et en particulier les vagues de chaleur.

L'aggravation du changement climatique et de ses effets est inévitable pour les prochaines décennies, du fait de la poursuite d'émissions de gaz à effet de serre (par combustion des ressources fossiles et changement d'usage de sols) à des niveaux comparables aux niveaux actuels, même si une réduction s'amorce. La vitesse et l'ampleur de la réduction des émissions de gaz à effet de serre planétaires, dès à présent, conditionnent l'évolution climatique pour la deuxième moitié du ^{xxi} siècle. Les caractéristiques du manteau neigeux saisonnier sont liées directement au niveau de réchauffement. Une éventuelle stabilisation du climat dès lors que l'humanité atteindra la neutralité carbone conduira à une stabilisation de leurs caractéristiques. Pour les glaciers, la situation est très différente, car cette éventuelle stabilisation s'effectuera à des niveaux de température, et donc à des niveaux d'intensité de fonte, défavorables aux glaciers – c'est déjà le cas aujourd'hui. De ce fait, ceux-ci poursuivront donc leur recul. Dans tous les scénarios, la disparition de la grande majorité des glaciers de montagne est donc attendue en Europe au cours du ^{xxi} siècle, à l'exception des zones de plus haute altitude.

1. Hock, R., G. Rasul, C. Adler, B. Cáceres, S. Gruber, Y. Hirabayashi, M. Jackson, A. Kääb, S. Kang, S. Kutuzov, Al. Milner, U. Molau, S. Morin, B. Orlove, and H. Steltzer, 2019: « High Mountain Areas ». In : *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N. M. Weyer (eds.)]. In press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/06_SROCC_Ch02_FINAL.pdf, sous presse.

Des conséquences en chaîne

Les conséquences de ce recul sur les ressources en eau dépendent de la saison et de la distance aux zones englacées. En effet, leur surface étant relativement restreinte, les glaciers influencent les ressources en eau surtout en été et à faible distance. La raréfaction du manteau neigeux et l'évolution de la saisonnalité des précipitations (accroissement hivernal, baisse estivale) modifient la saisonnalité du débit des rivières, avec une augmentation de débit en hiver, un pic printanier plus précoce, et une baisse en été – sauf à proximité immédiate des glaciers, tant qu'ils n'ont pas réduit de façon trop substantielle.

L'intensification des précipitations a des conséquences sur les crues, glissements de terrains et autres phénomènes sensibles aux forts cumuls de pluie et de neige. Le recul des glaciers conduit aussi à accroître parmi ces aléas gravitaires ceux d'origine glaciaire ou périglaciaire : glissements de terrain dans les zones de moraine instables, chutes de séracs, voire la combinaison de plusieurs phénomènes imbriqués et enchaînés.

L'aléa avalancheux change de caractère, avec une raréfaction globale à basse et moyenne altitude (mais pas de disparition totale pour autant) et davantage d'avalanches de neige humide, y compris en plein hiver. Le réchauffement entraîne également le dégel et la déstabilisation du pergélisol, augmentant les effondrements de parois en très haute altitude.

Pour la plupart des aléas gravitaires, le changement climatique élargit la gamme des possibles, en étendant la plage d'altitude et de saisons où ils peuvent se manifester, ce qui questionne les stratégies actuelles de prévention et de réduction des risques. Il a aussi des conséquences pour les écosystèmes de montagne, l'agriculture et le pastoralisme. Ces modifications concernent, plus généralement, le rapport entretenu par les sociétés humaines avec les zones de montagne, y compris l'évolution majeure du paysage qu'entraîne le recul glaciaire et qui touche à l'image même du patrimoine naturel et culturel des sociétés européennes. Les conditions de la pratique de l'alpinisme en sont aussi fortement affectées.

Le cas emblématique des sports d'hiver et de la production de neige

L'industrie touristique des sports d'hiver est particulièrement dépendante des conditions météorologiques et notamment de la fiabilité de l'enneigement naturel et de la capacité à produire de la neige. Cela requiert des températures suffisamment basses et un vent faible. La production de neige et le damage sont

des méthodes courantes de gestion de la ressource neige, initialement développée pour réduire l'impact des situations de faible enneigement rencontrées certains hivers.

Des recherches interdisciplinaires menées ces dernières années par le Centre national de recherches météorologiques (CNRM) et le Laboratoire écosystèmes et sociétés en montagne (LESSEM) permettent de quantifier l'évolution de la fiabilité de l'enneigement dans les domaines skiables. Toutes les projections climatiques indiquent une dégradation des conditions d'exploitation des domaines skiables pour les prochaines décennies, dans des proportions variables selon les stations en fonction de leur altitude et de leur emplacement, avec des conséquences différentes selon leur modèle économique et territorial.

Le cas de la production de neige est au cœur d'un certain nombre de débats et controverses qui traversent les communautés de montagne, leur rapport au développement touristique, le positionnement vis-à-vis du changement climatique et ses conséquences actuelles et futures, et les relations entre les acteurs concernés². En particulier à l'échelle locale, et en évitant les généralisations abusives, l'apport d'éléments de diagnostic prenant en compte les caractéristiques spécifiques de chaque station vis-à-vis de l'évolution climatique peut permettre une discussion plus riche que les antagonismes et invectives qui caractérisent souvent le traitement politique ou médiatique de ce sujet.

8

Une opportunité pour refonder la gouvernance des territoires de montagne ?

L'adaptation au changement climatique a pour objectif de réduire les risques climatiques induits par les modifications inévitables des facteurs climatiques générateurs d'impact, en réduisant l'exposition et la vulnérabilité des systèmes humains concernés. En montagne, elle est d'ores et déjà à l'œuvre, implicitement ou explicitement.

2. Berard-Chenu, Lucas, *Trajectoires d'évolution des stations de sports d'hiver des Alpes françaises : la place de la production de neige*, thèse de l'Université Grenoble-Alpes, <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-03555501>.

Nos travaux concernant les trajectoires d'évolution des stations de sport d'hiver rejoignent les conclusions du rapport du GIEC rendu public le 28 février 2022 sur les impacts, l'adaptation et la vulnérabilité, pour les territoires de montagne³ et au-delà : le succès des démarches d'adaptation est avant tout un enjeu de gouvernance, facilité par la production et la mise à disposition de connaissances et d'informations sur le climat régional et ses effets dans un cadre interdisciplinaire. C'est également le cas dans le domaine des risques naturels et de la gestion des ressources en eau.

Les enjeux d'adaptation en montagne sont fortement transverses⁴. Ils permettent de renouveler le dialogue intersectoriel à l'aune d'une menace touchant l'ensemble des domaines d'activité. L'adaptation au changement climatique constitue donc une opportunité pour questionner et rénover les cadres délibératifs et de décision dans les régions de montagne, pour faire face à l'urgence climatique.

Découvrir d'autres titres de la collection [LE VIRUS DE LA RECHERCHE](#).

3. Carolina Adler, Philippus Wester, Indra Bhatt, Christian Huggel, Gregory Insarov, Michael Morecroft, Veruska Muccione, Anjal Prakash, *Cross-Chapter Paper 5: Mountains*, in IPCC 6th Assessment Report, Working Group 2 "Impacts, adaptation and vulnerability" 2022, https://report.ipcc.ch/ar6wg2/pdf/IPCC_AR6_WGII_CrossChapterPaper5.pdf, in press.

4. Arlot, Marie-Pierre, « Le projet AdaMont, enjeux, valeurs et fondements méthodologiques », revue *Science Eaux & Territoires*, Changement climatique : quelle stratégie d'adaptation pour les territoires de montagne?, 28, 8-11, <https://dx.doi.org/10.14758/SET-REVUE.2019.2.03>, 2019.