

# VARIATIONS CLIMATIQUES ET PRINCIPAUX IMPACTS ATTENDUS SUR LES SOCIO-ÉCO-SYSTÈMES DANS LES ALPES

Pr Sylvain Bigot et Dr Sandra Rome

Université Grenoble Alpes, Institut des géosciences de l'environnement (IGE, UMR 5001, Grenoble)

*Les montagnes représentent l'un des espaces les plus sensibles au changement climatique observé depuis le XXe siècle, avec un réchauffement supérieur à la moyenne enregistrée sur le plan mondial (GIEC, 2013). Les espaces alpins européens sont des territoires multifonctionnels, fournissant des ressources naturelles et culturelles essentielles aux populations, en agissant comme des « châteaux d'eau » et en apportant une grande biodiversité (UNESCO, 2017). Les Alpes apportent à la fois des services immatériels (patrimoine culturel, valeurs esthétiques et spirituelles) et matériels (agriculture, sylviculture, industrie), souvent difficiles à évaluer face aux changements climatiques pour en prédire les évolutions et conséquences sur les socio-écosystèmes. Or, tous ces services écosystémiques déterminent les moyens de subsistance des populations locales, ainsi que l'attractivité des touristes qui pratiquent ces milieux de montagne au cours de l'année. Les changements climatiques observés ou attendus menacent la gestion future des différents systèmes naturels ou socio-économiques, ainsi que les revenus et les populations qui en dépendent. L'objectif est bien de pouvoir préserver et adapter les socio-écosystèmes montagnards. La connaissance des changements permet l'anticipation des gestionnaires, des collectivités et des décideurs pour formuler des stratégies d'adaptation aux échelles locales, régionales et supranationales qui doivent être très spécifiques aux planifications en montagne.*

## 1. LES PRINCIPAUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DANS LES ALPES

Le réchauffement observé en région alpine européenne est d'environ 0,5 °C par décennie depuis les années 1980 (EEA, 2009). En été, ce réchauffement est plus marqué dans le sud des Alpes et sur sa bordure occidentale, alors que les régions méridionales enregistrent un réchauffement plus modéré que les autres en période hivernale (figure 1). La hausse projetée au cours du XXI<sup>e</sup> siècle varie en moyenne entre +1,2 °C (au printemps) et +1,6 °C (en été et en hiver) d'ici 2050, et +2,7 °C au printemps et +3,8 °C en été d'ici 2100.

On passerait d'un réchauffement annuel moyen de +1,5 °C (soit 0,25 °C par décennie) dans la première moitié du XXI<sup>e</sup> siècle à une accélération avec +3,3 °C (soit 0,36 °C par décennie) dans la seconde moitié.

Les variations pluviométriques sont plus compliquées à déterminer, car elles varient fortement d'une région à l'autre et selon la saison. Les pluies diminueront plutôt en été, en particulier au sud des Alpes, et augmenteront en hiver d'ici la fin du siècle. Les variations moyennes détectées sont de -4,1 % en été et +3,6 % en hiver d'ici 2050, et -20,4 % en été et +10,4 % en hiver d'ici 2100. Ces variations prévues dépendent surtout de l'altitude.

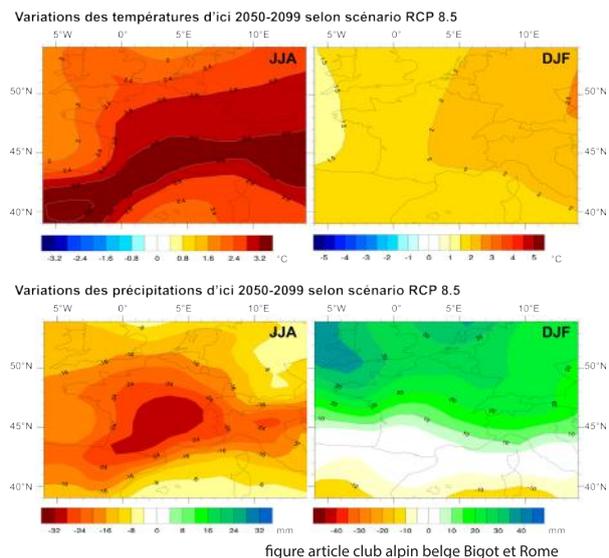


Figure 1 : Évolutions modélisées selon le scénario RCP 8.5 (forçage radiatif de 8,5 W/m<sup>2</sup>, et concentration de CO<sub>2</sub> supérieure à 1370 ppm en 2100 : scénario aussi appelé « pessimiste ») des températures moyennes de l'air en surface (cartes du haut ; en °C) et des totaux pluviométriques (cartes du bas ; en mm) en Europe de l'Ouest pour juin-juillet-août (JJA ; à gauche) et décembre-janvier-février (DJF ; à droite) ; ces écarts correspondent aux différences entre la période historique 1979-2008 et celle projetée en 2050-2099 ; les données analysées ici sont les moyennes de tous les modèles utilisés dans le cadre de l'intercomparaison CMIP5, et proviennent du NOAA's Climate Change Web Portal.

Une projection plus significative est la tendance à de plus fortes sécheresses en zone de plaine et de vallée, à cause de la modification des régimes pluviométriques, de l'augmentation de l'évapotranspiration dépendante des températures plus élevées et de la hausse de la demande en eau. Les études régionales (et les réponses socio-économiques à apporter) doivent tenir compte de tous les contrastes entre massifs et vallées. À cause des mécanismes orographiques et météo-climatiques impliqués (influences à la fois tempérées, océaniques, méditerranéennes et montagnardes), les pluies intenses et extrêmes représentent un risque climatique alpin majeur ; or, les modèles climatiques ne sont pas explicites sur leurs évolutions attendues.

Le manteau neigeux est déjà très impacté par ces variations pluvio-thermiques. Les études montrent qu'en moyenne, la limite pluie-neige s'élève d'environ 150 m par hausse d'un degré Celsius. La hausse potentielle de plus de 4 °C d'ici à 2100 correspondrait donc à un déplacement de 600 m. Ce principe dépend des conditions saisonnières locales qui conditionnent les phases de fusion/alimentation du manteau neigeux des massifs. La diminution des quantités de neige (surtout au printemps) et la baisse du nombre de jours avec précipitations solides en dessous de 1500 m d'altitude (voire au-dessus de 2000 m selon les scénarios pessimistes) sont concomitantes du recul des glaciers alpins et du dégel du pergélisol (notamment lié aux glaciers rocheux). Ces conditions entraînent une accentuation des mouvements de masse, des risques naturels et des nouvelles contraintes pour des pratiques et certains parcours de montagnes (sylviculture et estive, ski, randonnée, alpinisme...).

## 2. CONSÉQUENCES POTENTIELLES SUR LES RESSOURCES ET PRATIQUES EN MONTAGNE

### 2.1 LA RESSOURCE EN EAU

Environ 40 % de l'eau douce de l'Europe provient des Alpes (EEA, 2010). Les hydrologues estiment que les eaux de ruissellement provenant de la fusion glacio-nivale contribuent pour environ 53 % des débits d'été (ou 15 % à l'échelle annuelle) des principaux fleuves européens. Le risque de pénurie future en amont ou en aval est donc bien réel si les précipitations diminuent. Le réchauffement va, d'une part, influencer la ressource primaire pluvio-nivale et, d'autre part, le stockage, le partage, la qualité et l'utilisation saisonnière de la ressource en eau. Alors même que la demande en eau croît pour l'irrigation, l'énergie, la neige de culture et pour répondre à l'afflux des services touristiques, le changement climatique peut, à terme, augmenter ou générer des conflits d'intérêts sur la ressource, aussi bien aux échelles inter-régionales que supra-nationale.

La Commission internationale pour la protection des Alpes (CIPRA, 2017) rappelle que les Alpes consomment environ 10 % d'énergie en plus par habitant par rapport à la moyenne européenne, à cause de ses spécificités touristiques et de ses modalités de déplacement.

## 2.2 Les pratiques agro-sylvo-pastorales

Les changements éco-climatiques remettent en cause le succès économique des forêts d'épicéas destinées à la filière sylvicole alpine. De même, la mosaïque climatique favorisant des conditions pluvio-thermiques optimales pour les forêts de feuillus (surtout la hêtraie), les forêts mixtes ou celles de conifères enregistrent de profondes mutations. À l'inverse, les effets positifs du réchauffement favoriseraient d'autres cultures vivrières et l'extension du pâturage (et de l'estive). L'élévation de la limite forestière pourrait améliorer la production de bois et de produits forestiers non ligneux, avec parallèlement un fort potentiel de stockage de carbone, une stabilisation des sols (donc des risques gravitaires) et l'essor de nouveaux loisirs. Toutefois, ces évolutions accentueraient les conflits croissants entre animaux domestiques et sauvages en moyenne et haute altitude, ainsi qu'entre plusieurs communautés d'acteurs aux objectifs socio-économiques divergents.

## 2.3 Les pratiques touristiques et sportives

Le changement climatique va modifier l'habitat de 15 millions de résidents dans les Alpes ainsi que le tourisme alpin. L'analyse économique montre que le tourisme représente environ 15 % du marché du travail dans les Alpes. AlpNet (2015) estime à 375 millions le nombre de nuitées touristiques par an dans les Alpes.

L'attractivité du tourisme hivernal peut baisser à cause de la réduction de la saison enneigée et de l'accroissement des risques naturels en montagne (avalanche notamment), ou de la fermeture de certaines voies ou pistes plus praticables. L'OCDE (2007) montre qu'il y a, au début des années 2000, environ 666 stations de ski actives dans les Alpes, dont 91 % étaient naturellement enneigées. Un réchauffement de 1° C abaisserait ainsi ce seuil de stations avec neige naturelle à 75 %, puis à seulement 61 % avec 2 °C de hausse, et 30 % à +4 °C (cette hausse est très probable d'ici 2080-2100 selon le 6e rapport du GIEC d'octobre 2018). La limite altitudinale pour un enneigement suffisant monterait à 1600-2000 m en fonction des régions, rendant de nombreuses stations de ski obsolètes ou non rentables ; les espaces de basse altitude sont encore plus vulnérables.

Le tourisme estival devrait bénéficier du réchauffement en moyenne et haute montagne, à condition que l'attractivité paysagère demeure, et que les risques naturels soient

modérés (risque d'incendie ou sanitaire, par exemple). Les activités touristiques indépendantes de l'enneigement vont s'accroître dans l'espace alpin, mais la part essentielle des revenus générés par le tourisme de sports d'hiver peut difficilement être remplacée. La fabrication de neige artificielle génère toujours d'importants financements en R&D en perspective de la hausse des températures, pour augmenter l'efficacité des enneigeurs ou la gestion des stocks d'eau disponibles. Du fait des futurs seuils thermiques trop élevés ou de la trop grande consommation d'énergie et d'eau, cette stratégie trop coûteuse ne pourra pas être durable.

Cette vulnérabilité du secteur touristique est aussi dépendante du vieillissement de la population des pays dont sont originaires les touristes skieurs, ainsi que d'un important facteur lié à la perception des espaces de montagnes et de leur évolution. Ainsi, les changements des contraintes climatiques peuvent aussi modifier des pratiques traditionnelles de gestion des terres, des plantes, des cultures et des animaux ; cela peut réduire l'attractivité touristique de certains paysages culturels attrayants. Pour des raisons multifactorielles, la vulnérabilité au changement climatique est donc à la fois importante pour l'économie du tourisme hivernal et estival.

***Parce que très sensibles aux variations climatiques, les socio-écosystèmes de montagne sont de véritables systèmes mondiaux d'alerte, révélateurs de ce qui pourrait se produire à d'autres échelles et pour d'autres milieux. Malgré toutes les programmations et surveillances scientifiques, l'évolution de ces écosystèmes alpins conserve de nombreuses inconnues et zones d'incertitude. Beaucoup d'études sur les conséquences du changement climatique en milieux de montagne sont déjà archivées grâce au réseau international LTER ([www.ltereurope.net/](http://www.ltereurope.net/)) ; mais peu de résultats existent encore spécifiquement sur les socio-écosystèmes et la gamme des impacts en fonction de toutes les activités et des stratégies d'adaptation des communautés de montagnes. Il manque encore des évaluations économiques précises et exhaustives à la suite des variations climatiques en cours, ou de celles programmées d'ici une ou deux générations.***

### Références

EEA, *Regional climate change and adaptation. The Alps facing the challenge of changing water resources*. EEA Technical report N° 9, European Environment Agency, Copenhagen, 2009.

GIEC, « Summary for Policymakers », in *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex et P.M. Midgley éd.), Cambridge, CUP, 2013.

OCDE, *Climate change in the European Alps: Adapting winter tourism and natural hazards management* (S. Agrawala éd.), Paris, Publications OCDE, 2007. UNESCO, *Mountain ecosystem services and climate change: A global overview of potential threats and strategies for adaptation* (P.A. Egan et M.F. Price éd.), Paris, IHP-MAB, UNESCO, 2017.