



## Tourisme de montagne et gestion de l'eau et de la neige en contexte de changement climatique

**Emmanuel Reynard**

---



### Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/rga/6814>

DOI : 10.4000/rga.6814

ISSN : 1760-7426

### Éditeur :

Association pour la diffusion de la recherche alpine, UGA Éditions/Université Grenoble Alpes

### Référence électronique

Emmanuel Reynard, « Tourisme de montagne et gestion de l'eau et de la neige en contexte de changement climatique », *Journal of Alpine Research | Revue de géographie alpine* [En ligne], 108-1 | 2020, mis en ligne le 03 avril 2020, consulté le 27 mai 2020. URL : <http://journals.openedition.org/rga/6814> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/rga.6814>

---

Ce document a été généré automatiquement le 27 mai 2020.



*La Revue de Géographie Alpine* est mise à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

---

# Tourisme de montagne et gestion de l'eau et de la neige en contexte de changement climatique

Emmanuel Reynard

---

## NOTE DE L'ÉDITEUR

Coordinatrice du numéro : Dominique Baud (co-directrice de la JAR-RGA. Chercheuse et maîtresse de conférence à l'Institut d'Urbanisme et de Géographie Alpine, Laboratoire PACTE. Université Grenoble Alpes.)

- 1 Le tourisme de montagne repose principalement sur deux ressources territoriales particulières : le paysage (Reichler, 2002) et la neige (Gumuchian, 1983). Dans les montagnes européennes, après une phase de développement du tourisme durant la saison d'été dès la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, les sports d'hiver ont fait leur apparition au début du XX<sup>e</sup> siècle à Saint-Moritz (Engadine, Suisse), puis se sont répandus dans quasiment toutes les chaînes montagneuses (Alpes, Pyrénées, Carpates, etc.), dès l'entre-deux guerres et surtout après la Deuxième guerre mondiale. Certains pays tels que la France ont mis en œuvre de véritables politiques de mise en valeur planifiée de la ressource « neige ». Le Plan Neige a ainsi visé à pallier de manière systématique et planifiée le déclin de l'économie agricole et pastorale et à positionner la France sur le marché européen du ski (Granet-Abisset, 2016), donnant naissance au modèle des stations intégrées (Knafou, 1978). Dans de nombreuses régions, une véritable économie de la neige a pris place, un modèle qui se déplace actuellement vers de nouveaux marchés, le Caucase par exemple. En Amérique du Nord, le tourisme de la neige s'est également imposé dans certaines stations des Rocheuses, en complément au tourisme de la « wilderness », développé dès la fin du XIX<sup>e</sup> siècle et la création des premiers parcs nationaux.

- 2 Dans les Alpes et les Pyrénées, le développement des stations de sports d'hiver a eu pour effet bénéfique de freiner partiellement l'exode rural et de maintenir des places de travail dans les vallées, notamment des emplois saisonniers qui, dans un premier temps du moins, étaient complémentaires à l'activité agricole. Toutefois, là où la mono-activité touristique était la plus exacerbée, le tourisme hivernal a induit une très forte dépendance économique à ce secteur d'activité. Le développement du tourisme de la neige s'est par ailleurs souvent accompagné de forts impacts sur l'autre grande ressource à la base du tourisme de montagne : le paysage. Que ce soit par l'« exportation » du modèle de constructions urbaines en montagne dans certaines stations intégrées (Delorme, 2014) ou le mitage du paysage par les chalets et autres résidences secondaires, force est de constater que le tourisme d'hiver a littéralement « dévoré » (Krippendorf, 1977) de grandes portions de paysage. Le développement de remontées mécaniques jusqu'à de très hautes altitudes (Chamonix, Zermatt, Sölden) a permis d'accéder de manière facilitée à la haute montagne (pics, glaciers), un domaine jusque-là réservé aux alpinistes, provoquant une « colonisation » quasiment complète des espaces de montagne.
- 3 Dans les montagnes du Sud, en Himalaya et dans une moindre mesure dans les Andes et dans les montagnes africaines, c'est le développement de l'alpinisme commercial et du trekking qui ont constitué le principal développement touristique au cours des cinquante dernières années (Sacareau, 1999). Si le phénomène des résidences secondaires n'a pas la même ampleur que dans les montagnes européennes et nord-américaines, le tourisme a fortement modifié les systèmes socio-économiques locaux, basés jusque-là essentiellement sur l'agriculture et l'élevage. Il a également provoqué une intensification de la construction d'infrastructures publiques (routes, réseaux de communication ou d'approvisionnement) et privées (amélioration du confort).
- 4 En raison des caractéristiques naturelles (augmentation des précipitations avec l'altitude, effet de barrière), les montagnes sont souvent riches en eau et constituent ainsi des châteaux d'eau pour les régions environnantes (Viviroli et Weingartner, 2004). Dans les zones en situation d'abri, elles peuvent aussi présenter des poches de sécheresse, pauvres en ressources hydriques, induisant le développement de systèmes d'irrigation et de gestion agricole de l'eau très sophistiqués autant dans leur composante technique que sociale. De plus, les régions de montagne sont particulièrement sensibles aux effets des changements climatiques globaux (Elsasser et Bürki, 2002 ; Beniston, 2003, 2012 ; Gobiet *et al.*, 2014). Par ailleurs, les fortes pentes, la couverture végétale réduite – pour des raisons autant naturelles qu'anthropiques –, et parfois le contexte géologique particulier (roches argileuses), rendent certains secteurs propices aux processus de versants (glissements de terrain, laves torrentielles) et de vallées (crues torrentielles) qui constituent un enjeu majeur pour le développement et l'entretien des infrastructures, notamment des voies de communication. À haute altitude, la cryosphère et son évolution sous l'effet du changement climatique actuel constitue également un défi en termes de gestion de l'eau (les glaciers peuvent constituer une part essentielle de la ressource) et des risques (instabilités des versants, débâcles glaciaires). Ces conditions naturelles particulières, ainsi que leurs transformations actuelles sous l'effet du changement climatique, constituent des contraintes importantes à l'occupation du sol et au développement économique. Elles peuvent aussi être vues comme des opportunités pour certaines activités économiques. C'est le cas de la production d'énergie hydroélectrique, qui a mis à profit les

caractéristiques naturelles (richesse en eau en altitude, stockage de ces eaux sous forme de neige et de glace, fortes dénivellations) afin d'exploiter de manière souvent très intensive les ressources hydriques.

- 5 La neige et l'eau constituent autant des contraintes que des opportunités pour le tourisme de montagne. Dans la majeure partie des stations touristiques de montagne européennes et nord-américaines, la neige est devenue, après la Deuxième guerre mondiale, la ressource touristique première, avant le paysage. Il en est résulté une forte dépendance à cette ressource et le développement d'un modèle d'affaires basé essentiellement sur la saison hivernale à un moment, entre les années 1960 à 1980, où cette ressource était particulièrement abondante si on la compare à l'ensemble du XX<sup>e</sup> siècle. Depuis la fin des années 1980, l'augmentation des températures et de la variabilité interannuelle des précipitations hivernales ont mis à mal cette mono-activité touristique et les stations ont dû s'adapter, d'abord en développant des installations de production de neige artificielle (Scott, 2006) et de plus en plus en cherchant des alternatives au ski et aux sports de neige.
- 6 Deux articles de ce volume traitent de cette problématique. Martin Gerbaux et ses collègues ont étudié de manière systématique l'évolution et la fiabilité du manteau neigeux pour la pratique du ski dans 24 domaines skiables du département de l'Isère sur la période récente (2001-2016) et sur la période future d'ici le milieu du XXI<sup>e</sup> siècle. Les projections futures ont tenu compte, en plus du changement climatique, du damage des pistes et de l'enneigement artificiel. Elles montrent que pour les stations du département, l'évolution du manteau neigeux naturel devrait être identique à altitude égale, la discrimination majeure entre domaines étant liée essentiellement à l'altitude. La prise en compte de la neige de culture dans la modélisation montre que la fiabilité médiane avec neige de culture à l'horizon 2050 serait équivalente à la fiabilité sur la période récente sans neige de culture, que la production de neige restera possible au milieu du XXI<sup>e</sup> siècle bien que les fenêtres de froid se restreindront. Les auteurs se sont également penchés sur la demande en eau induite par l'enneigement artificiel ; elle devrait augmenter de 15 % par rapport à la période récente et les chercheurs concluent que pour les stations iséroises, au vu de la situation actuelle en termes de rivalités d'usages à l'échelle des bassins versants locaux et de l'augmentation projetée des demandes pour l'enneigement artificiel, la disponibilité des ressources en eau ne devrait pas constituer une contrainte majeure à l'horizon 2050.
- 7 David Sauri et Joan Carles Llurdés proposent un état des lieux des dix domaines skiables des Pyrénées espagnoles. Ils mettent en exergue les difficultés de ces stations relatives à l'enneigement naturel qui est ici plus problématique que dans les Alpes du Nord françaises. La taille relativement modeste des domaines skiables, les aléas de la conjoncture économique récente en Espagne et la concurrence des stations des Pyrénées françaises et d'Andorre, orientées au Nord et donc plus favorables à la pratique du ski, ont rendu ces stations particulièrement vulnérables et questionnent leur viabilité future. Une compilation des données sur l'enneigement futur montre que le domaine skiable de Baqueira-Beret, orienté au Nord-ouest (Atlantique) et situé à relativement haute altitude resterait assez favorable au ski. C'est également la station la plus grande et la mieux armée pour faire face à la concurrence d'autres stations des Pyrénées ou d'autres massifs montagneux. Ailleurs, la petite taille des domaines et leur altitude assez faible, surtout au Sud-est du massif, rendent la pérennité du ski relativement aléatoire. Les auteurs plaident ainsi pour le développement de stratégies

de diversification pour ces stations qui devraient passer d'un modèle de station de ski à un nouveau modèle de station de montagne proposant une offre diversifiée d'activités et de produits.

- 8 Les relations entre la disponibilité de la ressource en eau et le tourisme ont fait l'objet de divers travaux (Gössling, 2006 ; Gössling *et al.*, 2012, 2015), notamment là où une grosse activité touristique se superpose à des ressources en eau faibles ; c'est le cas par exemple dans certaines îles très touristiques (Hof et Schmitt, 2011). Un enjeu est lié à la complexité de la demande en eau touristique, à la fois individuelle et collective (Gössling *et al.*, 2015). Un autre enjeu est celui de la forte variabilité saisonnière de la fréquentation : les pics de demande en eau coïncident souvent avec l'étiage des cours d'eau et des sources (Vanham *et al.*, 2008), et la problématique centrale est la gestion des pointes de demande et du stockage de l'eau (Reynard *et al.*, 2020). C'est le cas en montagne durant la saison d'hiver, une problématique exacerbée par les demandes en eau spécifiques à l'activité touristique (Reynard, 2001). Dans les pays en développement, la fréquentation touristique en régions rurales a souvent pour corollaire une augmentation de la demande spécifique pour les touristes (notamment pour l'hygiène corporelle) qui se développe dans des contextes où les infrastructures de distribution sont encore peu développées. Cela peut avoir des effets positifs, par l'amélioration des infrastructures, mais peut aussi induire des rivalités avec d'autres usages présents, notamment l'irrigation.
- 9 Au cours des trente dernières années, dans les stations de ski de montagne, la demande en eau pour l'enneigement artificiel a suscité de nombreuses controverses et des débats passionnés, pas toujours très argumentés. Plusieurs recherches ont toutefois mis en évidence dans certains domaines skiables la forte réduction, actuelle et future, de la fiabilité du manteau neigeux naturel (Vanham *et al.*, 2009), l'apport substantiel de l'enneigement artificiel à la viabilité des domaines skiables (Scott *et al.*, 2012), montrant que la production de neige de culture est une forme efficace d'adaptation au changement climatique dans les stations touristiques de montagne, et l'impact somme toute assez réduit sur les bilans hydriques régionaux des demandes en eau pour l'enneigement artificiel (Reynard et Bonriposi, 2012 ; Reynard *et al.*, 2014). A contrario, à l'échelle locale, notamment dans les têtes de bassin, souvent occupées par des domaines skiables et riches en zones humides à haute valeur écologique, particulièrement sensibles aux impacts anthropiques, une gestion raisonnée de l'enneigement artificiel est essentielle. Dans certaines régions particulièrement sèches, telles que l'Engadine en Suisse (Lanz, 2016), les conflits d'usage potentiels entre l'enneigement artificiel et d'autres demandes en eau doivent être traités avec soin (Reynard *et al.*, 2020).
- 10 De manière générale, que ce soit dans les montagnes du Sud ou du Nord, l'impact du changement climatique sur les systèmes locaux de gestion de l'eau n'est pas encore assez étudié avec un niveau de détail suffisant. Deux articles de ce volume tentent d'y répondre partiellement. L'une des problématiques liées à la modélisation du rapport ressource-demandes à l'échelle des bassins versants régionaux et locaux et à la mise en évidence des possibles situations de stress hydrique (Milano *et al.*, 2015) est relative au manque de données suffisamment précises sur les demandes en eau actuelles et sur leur évolution récente (Grouillet *et al.*, 2015). Dans les régions touristiques, cette lacune est encore renforcée par la variabilité de l'occupation touristique et il est nécessaire de mieux appréhender cette variabilité (Reynard, 2001 ; Calianno *et al.*, 2018 ; Calianno et

Reynard, 2019) afin de pouvoir mieux calibrer les modèles d'évolution future. C'est l'objectif de l'article de Martin Calianno qui propose une méthode permettant d'estimer la variation saisonnière de la demande en eau potable dans les stations touristiques disposant de peu de mesures. En se basant sur le cas de Megève (Haute-Savoie), l'article montre que la fréquentation touristique varie à deux échelles de fréquence : hebdomadaire (haute fréquence) et saisonnière (basse fréquence). La méthode des analogues consiste à mesurer à une échelle temporelle fine (journalière) les demandes en eau au niveau de l'apport (voir Calianno *et al.*, 2017, pour une discussion de la terminologie relative au cycle urbain de l'eau) sur un échantillon réduit de bâtiments représentatifs de la typologie du bâti de la station, puis d'extrapoler à l'ensemble de la station. Les résultats ainsi obtenus permettent une représentation précise de la variabilité temporelle intra-annuelle des demandes en eau actuelles, particulièrement utile pour la modélisation des demandes futures dans les lieux à forte variation saisonnière de l'occupation où la stratégie d'adaptation passe notamment par l'amélioration des systèmes de stockage (Reynard *et al.*, 2014).

- 11 Le dernier article concerne le Massif de l'Everest au Népal. En raison de la forte attractivité du plus haut sommet du monde et du développement d'une forte activité de trekking, les systèmes socio-économiques locaux ont fortement évolué au cours des dernières décennies (Sacareau, 1999). Marie Faulon et Isabelle Sacareau analysent la gestion locale de l'eau à l'échelle villageoise dans la vallée de la Dudh Koshi, haut-lieu du trekking himalayen, à l'aune du modèle de la gestion sociale de l'eau (Sabatier et Ruf, 1995). En s'appuyant sur une enquête systématique menée sur un échantillon aléatoire de 366 unités d'habitation (dont 144 lodges), complétée par des entretiens semi-directifs et des transects de rivières, elles montrent que l'évolution du trekking, notamment le passage du camping au logement dans des lodges à partir des années 1980, a induit une augmentation de la demande en eau pour le tourisme, une demande à la fois directe (la consommation moyenne d'un touriste étant le double de celle d'un habitant) et indirecte (en raison de la demande en légumes frais, qui nécessitent une irrigation). L'eau intervient également dans la production électrique au moyen de micro-centrales, qui se sont développées sous l'effet du tourisme. Les deux chercheuses mettent en évidence des systèmes de gestion très fragmentés et de fortes disparités socio-spatiales de l'accès à l'eau au sein de ces villages, en fonction notamment du degré d'implication des ménages dans l'activité touristique. Elles concluent qu'actuellement l'eau est une ressource pour le système touristique local et que la pression sur l'eau, bien qu'importante, reste pour le moment modérée à l'échelle régionale. Les disparités et les éventuels conflits résultent plutôt du manque d'optimisation des infrastructures techniques et du morcellement des réseaux. L'impact du changement climatique est encore peu clair, mais il ne fait nul doute que la fragmentation sociotechnique de la gestion locale de l'eau est un facteur de vulnérabilité.
- 12 Ces quatre articles, qui font suite au colloque « Eau et tourisme », organisé par l'Université de Lausanne et la HES-SO Valais-Wallis à Sion/Sierre (Valais) les 9 et 10 novembre 2017 (<https://www.unil.ch/igd/fr/home/menuintst/colloques--conferences/colloques/2017/eau-et-tourisme--water-and-tourism.html>) démontrent que l'étude de l'impact du changement climatique sur la gestion de l'eau en montagne ne peut se limiter à des analyses grossières sur l'évolution de certains paramètres climatiques (précipitations, neige). Les études doivent analyser de manière fine – aux échelles spatiale et temporelle – autant la ressource que les demandes en eau, leurs

interrelations et les systèmes sociotechniques qui les gèrent, que les spécificités territoriales qui les concernent. Les montagnes sont multiples, tout comme leurs territoires et leurs économies ; une gestion raisonnée des systèmes de gestion de l'eau à l'échelle locale et régionale passe nécessairement par des études détaillées des systèmes de gestion, ce à quoi se sont attachés les auteurs des quatre articles présentés ici.

---

## BIBLIOGRAPHIE

- Beniston M., 2003.- "Climatic changes in mountain regions : A review of possible impacts", in *Climatic Change*, 59, 5-31.
- Beniston M., 2012.- "Impacts of climatic change on water and associated economic activities in the Swiss Alps", in *Journal of Hydrology*, 412-413, 291-296.
- Calianno M., Milano M., Reynard E., 2018.- "Monitoring water use regimes and density in a tourist mountain territory", in *Water Resources Management*, 32, 2783-2799.
- Calianno M., Reynard E., 2019.- "Monitoring des usages de l'eau potable. Un compromis entre approches quantitatives et qualitatives", in *Aqua & Gas*, 11, 42-46.
- Calianno M., Reynard E., Milano M., Buchs A., 2017.- « Quantifier les usages de l'eau : une clarification terminologique et conceptuelle pour lever les confusions », in *Vertigo*, 17(1) [en ligne], <http://vertigo.revues.org/18442>.
- Delorme F., 2014.- « Du village-station à la station-village. Un siècle d'urbanisme en montagne », in *In Situ*, 24, <http://journals.openedition.org/insitu/11243>.
- Elsasser H., Bürki R., 2002.- "Climate change as a threat to tourism in the Alps, in *Climatic Research*, 20, 253-257.
- Gobiet A., Kotlarski S., Beniston M., Heinrich G., Rajczak J., Stoffel M., 2014.- "21<sup>st</sup> century climate change in the European Alps – A review", in *Science of the Total Environment*, 493, 1138-1151.
- Gössling S., 2006.- "Tourism and water", in Gössling S. and Hall C. M. (eds.), *Tourism and Global environmental change : Ecological, social, economic and political interrelationships*, Routledge, pp. 180-194.
- Gössling S., Hall C. M., Scott D., 2015.- *Tourism and water*, Channel View Publications.
- Gössling S., Peeters P., Hall C. M., Ceron J.-P., Dubois G., Lehmann L. V., Scott D., 2012.- "Tourism and water use : Supply, demand, and security. An international review", in *Tourism Management*, 33(1), 1-15.
- Granet-Abisset A.-M., 2016.- « La construction du « terrain de jeu alpin ». L'aménagement des territoires d'altitude par et pour le tourisme depuis le XIXe siècle », in Fournier P. et Massard-Guilbaud G. (dir.), *Aménagement et environnement. Perspectives historiques*, Presses universitaires de Rennes, pp. 91-108.

- Grouillet B., Fabre J., Ruelland D., Dezetter A., 2015.- Historical reconstruction and 2050 projections of water demand under anthropogenic and climate changes in two contrasted Mediterranean catchments, in *Journal of Hydrology*, 522, 684-696.
- Gumuchian H., 1983.- *La neige dans les Alpes françaises du Nord*, Editions des Cahiers de l'Alpe.
- Hof A., Schmitt T., 2011.- "Urban and tourist land use patterns and water consumption : Evidence from Mallorca, Balearic Islands", in *Land Use Policy*, 28(4), 792-804.
- Knafou R., 1978.- *Les stations intégrées de sports d'hiver des Alpes françaises*, Masson.
- Krippendorf J., 1977.- *Les dévoreurs de paysages : le tourisme doit-il détruire les sites qui le font vivre ?*, Ed. 24 Heures.
- Lanz K., 2016.- *Wasser im Engadin. Nutzung, Ökologie, Konflikte*, International Water Affairs.
- Milano M., Reynard E., Köplin N., Weingartner R. 2015.- "Climatic and anthropogenic changes in Western Switzerland : Impacts on water stress", in *Science of the Total Environment*, 536, 12-24.
- Reichler C., 2002.- *La découverte des Alpes et la question du paysage*, Georg.
- Reynard E., 2001.- « Aménagement du territoire et gestion de l'eau dans les stations touristiques alpines. Le cas de Crans-Montana-Aminona (Valais, Suisse) », in *Revue de géographie alpine*, 89(3), 7-19.
- Reynard E., Bonriposi M., 2012.- "Water use management in dry mountains of Switzerland. The case of Crans-Montana-Sierre area", in Neményi M. and Balint H. (eds.), *The impact of urbanisation, industrial, agricultural and forest technologies on the natural environment*, Nyugat-magyarországi Egyetem, pp. 281-301.
- Reynard E., Bonriposi M., Graefe O., Homewood C., Huss M., Kauzlaric M., Liniger H., Rey E., Rist S., Schädler B., Schneider F., Weingartner R., 2014.- "Interdisciplinary assessment of complex regional water systems and their future evolution : how socioeconomic drivers can matter more than climate", in *WIREs Water*, 1, 413-426.
- Reynard E., Calianno M., Milano M., 2020.- « Eau et tourisme », in Lanz K (ed.), *Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft der Schweiz*, Evillard (in press).
- Sabatier J.-L., Ruf T., 1995.- « La gestion sociale de l'eau », in *Infores'eau*, 6, 9-11.
- Sacareau I., 1999.- « Les transformations d'une haute montagne par le tourisme : le massif des Annapurna dans l'Himalaya du Népal », in *Annales de Géographie*, 108(605), 21-45.
- Scott D., 2006.- "Global environmental change and mountain tourism", In Gössling S. and Hall M.C. (eds.), *Tourism and global environmental change*, Routledge, pp. 54-75.
- Scott D., Gössling S., Hall M.C., 2012.- "International tourism and climate change", in *WIREs Climate Change*, 3, 213-232.
- Vanham D., Fleischhacker E., Rauch W., 2008.- "Technical Note : Seasonality in alpine water resources management - a regional assessment", in *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 12(1), 91-100.
- Vanham D., Fleischhacker E., Rauch W., 2009.- "Impact of snowmaking on alpine water resources management under present and climate change conditions", in *Water Science & Technology*, 59(9), 1793-1801.
- Viviroli D., Weingartner D., 2004.- "The hydrological significance of mountains : from regional to global scale", in *Hydrology and Earth Sciences*, 8(6), 1016-1029.



## AUTEUR

**EMMANUEL REYNARD**

Université de Lausanne, Institut de géographie et durabilité (IGD) et Centre interdisciplinaire de recherche sur la montagne (CIRM).

[emmanuel.reynard@unil.ch](mailto:emmanuel.reynard@unil.ch)