



Changement climatique et développement des territoires de montagne : quelles connaissances pour quelles pistes d'action ?

Didier Richard, Emmanuelle George-Marcelpoil et Vincent Boudières



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/rga/1322>

DOI : 10.4000/rga.1322

ISSN : 1760-7426

Éditeur

Association pour la diffusion de la recherche alpine

Référence électronique

Didier Richard, Emmanuelle George-Marcelpoil et Vincent Boudières, « Changement climatique et développement des territoires de montagne : quelles connaissances pour quelles pistes d'action ? », *Revue de Géographie Alpine | Journal of Alpine Research* [En ligne], 98-4 | 2010, mis en ligne le 27 janvier 2011, consulté le 19 avril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/rga/1322> ; DOI : 10.4000/rga.1322

Ce document a été généré automatiquement le 19 avril 2019.



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.

Changement climatique et développement des territoires de montagne : quelles connaissances pour quelles pistes d'action ?

Didier Richard, Emmanuelle George-Marcelpoil et Vincent Boudières

Le changement climatique est une réalité aujourd'hui au niveau international (IPCC, GIEC, 2007) comme à des niveaux territoriaux infra. Les territoires de montagne, eu égard à leurs caractéristiques et à leurs fragilités, sont des laboratoires pertinents de lecture du changement climatique et de ses conséquences. Les connaissances relatives au changement climatique s'affinent continument et la réalité d'évolutions climatiques s'impose avec de plus en plus d'évidence. C'est particulièrement le cas pour l'accélération de l'augmentation des températures moyennes depuis une vingtaine d'années. Les évolutions d'autres variables climatiques ne sont toutefois pas observées avec autant de clarté. C'est le cas des précipitations dont on peine à conclure si elles augmentent, restent stables ou diminuent, compte-tenu notamment de leur grande variabilité. Une grande prudence s'impose donc dans l'interprétation. Les connaissances actuelles sur les évolutions climatiques à venir souffrent d'une autre faiblesse. Les modélisations prospectives de l'évolution du climat, mises en œuvre dans le GIEC¹, reposent sur des échelles « régionales » au sens planétaire, c'est-à-dire d'une résolution de l'ordre de quelques centaines de kilomètres carrés. Ces modélisations sont donc incapables à l'heure actuelle de rendre compte des variabilités connues à l'échelle de massifs montagneux comme les Alpes, en conséquence de phénomènes locaux liés à la topographie, à des effets de vallées, à des expositions contrastées, aux altitudes diverses.

L'incertitude est donc forte, d'abord sur les changements climatiques eux-mêmes, et plus encore sur leurs conséquences en matière de risques naturels, que ce soit en termes de fréquence ou d'intensité des phénomènes pour ne parler que de l'aléa. De plus, en matière de risques naturels, les manifestations extrêmes des phénomènes sont à prendre en compte, plus que les moyennes sur lesquelles portent actuellement davantage et très

logiquement les analyses relatives aux évolutions climatiques. Aussi, une première partie explorera l'évolution des différents risques face au changement climatique. Cette qualification de la dynamique des risques en appelle toutefois plus largement aux stratégies des acteurs, de manière à qualifier la manière dont les acteurs, tant économiques que politiques, eu égard à leur niveau de perception du changement climatique, y font face. La deuxième partie reviendra donc sur les stratégies d'adaptation. Cependant, ce constat nous paraît à prolonger par une lecture des territoires montagnards en termes de vulnérabilité, tant leurs évolutions socioéconomiques croisent les dynamiques des risques naturels ; nous explorerons cette perspective dans une dernière partie.

Sur le plan méthodologique, les analyses avancées dans cet article reposent sur une participation des auteurs à différents travaux relatifs au changement climatique : un programme Interreg Climchalp², une participation à une étude exploratoire sur le changement climatique dans le massif des Alpes à la demande du commissariat de massif (DATAR, 2008) et des veilles sur les stratégies et les initiatives locales menées dans les Alpes françaises ou dans d'autres territoires montagnards.

Une montagne plus dangereuse ?

C'est bien sûr la question dont on aimerait connaître la réponse : les risques naturels avec lesquels les sociétés de montagne doivent composer, vont-ils être plus importants ou non ? Répondre à cette interrogation n'est pas simple tant les impacts du changement climatique sur les phénomènes générateurs de risques naturels en montagne sont au moins aussi incertains qu'ailleurs, sinon plus. De plus, il convient d'apprécier en quoi le changement climatique va pouvoir perturber l'usage des territoires de montagne et les activités qui y sont liées, ainsi que les conséquences de cette évolution sur la gestion des risques.

Concernant l'évolution des phénomènes, seule la hausse tendancielle des températures moyennes paraît claire aujourd'hui. Mais peu de phénomènes générateurs de risques naturels en montagne sont déterminés uniquement par la température. Les précipitations par exemple constituent souvent un facteur prédominant dans la génération de phénomènes extrêmes. Or les scénarios d'évolution des précipitations restent à ce jour, bien incertains. La base de connaissances « Alpes-Climat-Risques » élaborée par le Pôle Alpin des Risques Naturels dans le cadre du projet Interreg IIIB Espace Alpin ClimChAlp (2006-2008) en partenariat avec l'ONERC et la Région Rhône-Alpes, propose un état des connaissances disponibles dans la littérature sur l'évolution des phénomènes naturels générateurs de dangers dans l'Arc Alpin sous l'influence du changement climatique, et sur les impacts pour la gestion des risques naturels (Loglisci *et al.*, 2008 ; Prudent *et al.*, 2008). A partir des synthèses proposées par cette base, les types de phénomènes naturels générateurs de risques sont passés en revue, en commençant par ceux qui paraissent le plus directement influencés par la température.

Les phénomènes d'origine glaciaire

Même pour les phénomènes d'origine glaciaire a priori parmi les mieux déterminés par la température, cette dernière n'est pas seule en jeu. L'accumulation hivernale, le rayonnement, entre autres, interviennent dans les bilans de masse et la dynamique des

glaciers. Cependant, nombre de glaciers vont continuer à réduire fortement, jusqu'à disparaître pour certains (North *et al.*, 2007). Les systèmes glaciaires dont la zone d'accumulation se situe en altitude seront moins affectés, a fortiori si l'hypothèse d'une augmentation des précipitations hivernales se confirme, puisqu'en altitude, au-dessus de 2 500 m environ, les précipitations hivernales continueront à se produire sous forme de neige (Durand *et al.*, 2009).

Les risques à redouter en conséquence de la fonte accélérée des systèmes glaciaires sont de plusieurs types. Une base de données européenne d'événements d'origine glaciaire a été constituée dans le cadre du projet Glaciorisk³ (Richard, Gay, 2004). Certains de ces phénomènes résultent de l'écoulement plus ou moins brutal d'eau sous forme liquide, momentanément stockée au niveau de l'appareil glaciaire : rupture ou vidange brutales de lacs glaciaires, vidange de poches d'eau intraglaciaires. D'autres phénomènes résultent du mouvement gravitaire de masses d'eau sous forme solide (glace) qui se détachent du glacier : chutes de séracs ou ruptures du glacier dues à des changements rapides de la longueur du glacier ou à l'évolution des glaciers « froids » (où la glace adhère au bedrock) en glaciers « tempérés », pour lesquels cette adhérence n'est plus assurée, la température à la base du glacier permettant alors des écoulements sous-glaciaires (Vincent *et al.*, 2007).

Les conséquences de ces deux types de phénomènes sont de nature sensiblement différente. Les vidanges de lacs glaciaires ou de poches d'eau sont susceptibles de produire, en fonction des volumes mis en jeu et de la brutalité de la vidange, des crues à l'aval du glacier. Ces crues peuvent avoir un caractère torrentiel marqué, avec des transports de sédiments à des concentrations importantes par charriage, voire laves torrentielles si les stocks de sédiments mobilisables sont importants. Dans le cas des lacs glaciaires, de telles vidanges peuvent être dues à l'ouverture d'une brèche du barrage naturel qui ferme le lac ou à la rupture de ce barrage constitué de glace et/ou de matériaux morainiques. Elles peuvent également être consécutives à la chute brutale dans le plan d'eau d'un volume important de glace (vêlage), de rochers (éboulement), de sol (glissement de terrain), ou de neige (avalanche), générant une surverse du barrage naturel si le « run-up » est suffisant.

Les chutes de glace peuvent générer des dégâts directs dans les zones aval : destruction de chalets, infrastructures, peuplements forestiers, randonneurs... Elles peuvent également avoir des conséquences indirectes, telles que le déclenchement d'avalanches ou la formation d'écoulements torrentiels si la masse de glace vient à faire barrage temporairement à un écoulement.

S'ajoutent des phénomènes qui pourraient être consécutifs à la fonte du pergélisol, ces sols qui contiennent de la glace susceptible de retourner à l'état liquide sous l'effet du réchauffement. Les conséquences pourraient être des effondrements rocheux ou des mouvements de ces versants où l'eau sous forme liquide ne jouerait plus le rôle de « ciment » qu'elle jouait sous forme de glace (ProClim, 2005). De nouveaux stocks sédimentaires deviendraient ainsi mobilisables par les écoulements torrentiels ou d'autres processus érosifs dans les bassins versants concernés.

La rareté de ces événements interdit évidemment toute généralisation mais on peut néanmoins craindre une certaine multiplication de ces manifestations d'origine glaciaire sous l'effet d'une augmentation des températures moyennes.

Les avalanches

Après la glace, ce sont sans doute les phénomènes relatifs à la neige qui devraient être les plus directement influencés par l'augmentation des températures et la réduction du nombre de jours de gel. Une réduction progressive de l'enneigement aux altitudes moyennes (nombre de jours de neige au sol et cumuls de neige) est observée (Durand *et al.*, 2009). Les mesures réalisées par MétéoFrance au Col de Porte au-dessus de Grenoble en donnent une image précise, qui ne concerne hélas que ce site, particulièrement bien instrumenté et suivi (Etchevers et Martin, 2002). Cependant, les mesures disent que les précipitations globales, sous forme de neige ou de pluie, ne montrent pas de réduction, ce qui semble cohérent avec l'hypothèse d'augmentation probable des précipitations hivernales. Nombre de couloirs d'avalanches ont leurs zones de départ à des altitudes où les précipitations hivernales continueront à se produire sous forme de neige. On connaîtra peut-être également des redoux hivernaux plus fréquents et plus marqués qu'actuellement. La hausse moyenne des températures pourrait également se traduire par des natures de neige différentes (froide, sèche, humide, lourde) et peut-être plus variées spatialement et dans le temps qu'aujourd'hui (Baggi *et al.*, 2009). Quel effet les diverses combinaisons possibles de ces modifications potentielles auront-elles sur la nature des avalanches affectant les enjeux menacés ? Faut-il s'attendre à des fréquences, des distances d'arrêt, des volumes mobilisés, des pressions développées, plus importantes ? Des études récentes et encore provisoires semblent ne révéler aucune tendance détectable pour ce qui concerne le nombre d'avalanches, mais une légère tendance au raccourcissement des distances d'arrêt depuis les années 1980 (Eckert *et al.*, 2010). Mais il s'agit encore une fois de tendances moyennes, qui ne permettent pas d'évacuer l'éventualité d'événements extrêmes dépassant les plus forts connus à ce jour. Les crues avalancheuses de l'hiver 2008-2009 l'ont parfaitement illustré.

Les crues des rivières et des torrents

Il faudrait en toute rigueur distinguer les crues essentiellement liquides des rivières alpines de fonds de vallées à pente modérée, des crues des torrents où la pente permet la mobilisation de quantités de sédiments qui peuvent devenir prépondérantes dans la composition globale de l'écoulement. Les deux composantes, liquide et sédimentaire, des crues de ces cours d'eau de montagne sont ici examinées.

La formation du ruissellement et des débits liquides renvoie à de nombreuses interactions et relais de processus multiples. Les réponses d'un cours d'eau à deux épisodes pluvieux rigoureusement identiques peuvent ainsi être totalement différentes si les conditions initiales diffèrent : couverture neigeuse, état de saturation initiale des sols, état de la couverture végétale, états de surface des versants, ... Les facteurs anthropiques, occupation du sol notamment, ne sont pas les moindres des facteurs qui influencent la réponse d'un cours d'eau à un « forçage » climatique. Ainsi, l'absence d'évolutions significatives des volumes de crue sur les rivières françaises (et encore moins qui puissent être clairement imputées au changement climatique) n'est pas surprenante. Les rivières à régimes nivo-glaciaires semblent manifester des évolutions plus sensibles de leurs régimes saisonniers (Lang et Renard, 2007).

Concernant les débits solides dans les cours d'eau à forte pente, on distingue classiquement deux modes principaux de transport. Le transport solide par charriage est

déterminé par les stocks de sédiments mobilisables dans les bassins versants, mais également par les valeurs des débits liquides de crues auxquels correspond une « capacité maximale de transport ». Cette relation déterministe n'existe pas pour les écoulements de laves torrentielles, beaucoup plus concentrés en sédiments puisque ceux-ci peuvent représenter plus des trois quarts du volume de ces mélanges. Le volume des laves torrentielles est bien plus déterminé par les volumes de sédiments mobilisés en masse dans les bassins versants à l'occasion de précipitations abondantes et intenses. Même si aucune tendance ni évolution n'est aujourd'hui détectable, il ne paraît pas déraisonnable d'imaginer que les volumes mobilisables par les laves torrentielles, et de façon secondaire par les crues avec charriage torrentiel, seront accrus en raison de la fonte du pergélisol là où il est présent, ou du recul des glaciers qui dans certains cas pourraient remettre des matériaux morainiques à la disposition des torrents (Béniston et Stephenson, 2004).

Les mouvements de versants

Il y a une grande diversité de mouvements de versants, glissements de terrain de différentes formes, chutes de pierres, de blocs, écroulements en masse, etc... Cette caractéristique limite significativement la constitution de bases de données exploitables pour détecter des évolutions de ces phénomènes très diversifiés. Ils sont eux aussi régis par divers processus d'altération et dégradation, susceptibles d'être plus ou moins directement influencés par des changements climatiques. Une augmentation des précipitations, par exemple associée à une fusion nivale plus précoce, aurait sans doute pour effet de favoriser les glissements de terrain. Par ailleurs, une évolution de la végétation des versants sensibles aux glissements pourrait avoir un effet de stabilisation (Meusburger et Alewell, 2008). Mais si l'évolution des précipitations s'accompagne d'une augmentation du risque d'incendie (Zumbrunnen *et al.*, 2009), les conséquences pourraient être tout à fait inverses.

En revanche, une augmentation, dans les zones concernées, des occurrences de mouvements de versants sous l'effet de l'augmentation probable de la fonte du pergélisol, des alternances gel-dégel, des périodes de sécheresse et de canicules estivales, est prévisible.

Quelles réponses ?

Ce contexte place indiscutablement les acteurs de la prévention des risques naturels en montagne face à une obligation de prise de décision et d'action en situation d'incertitude. Différents scénarios peuvent être élaborés en fonction du niveau de connaissances. Des contradictions entre scénarios peuvent émerger, en raison des incertitudes qui les accompagnent.

Bien sûr la poursuite des recherches amoindrira progressivement les incertitudes, sans toutefois les faire disparaître. Aussi, un des premiers impacts du changement climatique, dans la plupart des domaines parmi lesquels celui de la gestion des risques naturels, est d'imposer la prise de décisions dans un contexte d'incertitude. Ces décisions concernent autant l'adaptation que l'atténuation. Mais les effets bénéfiques à attendre sont certainement plus globaux pour les mesures d'atténuation, et plus locaux ou régionaux pour les mesures d'adaptation, donc plus pertinents en regard de préoccupations de

développement des territoires de montagne, aux plans économique et touristique notamment.

Adapter la prévention des risques naturels

En matière de prévention des risques naturels, une politique de prévention adaptée ne pourra être construite, en tout cas à court et même moyen termes, sur la base d'hypothèses solides des effets du changement climatique sur les phénomènes en jeu. C'est davantage sur les méthodes de prévention elles-mêmes qu'il faut s'interroger, sur l'efficacité des politiques publiques et instruments de l'action publique pour la prévention des risques. Les dispositifs mobilisés actuellement en France visent principalement trois registres complémentaires que sont l'information préventive, la réglementation de l'utilisation du sol (avec le Plan de Prévention des Risques Naturels prévisibles) et l'organisation des mesures de sauvegarde en cas d'occurrence d'un événement naturel dommageable (avec le Plan Communal de Sauvegarde). L'adaptation au changement climatique dans ce domaine suggère de s'interroger sur la robustesse de ces dispositifs à des évolutions diverses et mal connues des phénomènes potentiellement dangereux. Des adaptations et améliorations des outils eux-mêmes, de leur mise en œuvre, de leur articulation, devraient pouvoir émerger de cet examen. La question de l'évolution des hypothèses de définition de l'évènement retenu comme référence pour les choix de zonage ou d'aménagement se posera inévitablement.

L'adaptation suppose cependant qu'on sache à quoi il faut s'adapter. Si les prévisions futures sont impossibles, au moins faut-il savoir quelles sont les évolutions déjà avérées. Il y a un réel besoin de constitution de bases de données et d'observatoires sur lesquels les évolutions à venir pourront être suivies sur le long terme, pour d'une part, améliorer la connaissance des différents modes d'expression du changement climatique, et d'autre part fonder les décisions sur des bases aussi solides et objectives que possible. Ces bases de données et observatoires doivent être organisés, mis en réseau, et acquérir une dimension européenne. Des particularismes régionaux apparaîtront probablement dans certaines manifestations du changement climatique (il en apparaît déjà pour certains paramètres). Il importera, pour que ces différences puissent être validées, de disposer de protocoles d'observations et de traitement de données cohérents, voire identiques. De même, les modèles exploitant ces données pour détecter d'éventuelles tendances imputables au changement climatique devront être confrontés entre eux.

Vers l'adaptation de l'économie de la montagne

Mais une politique d'adaptation à l'échelle d'un territoire ne saurait se limiter à la seule problématique de la prévention des risques naturels. Les stratégies d'adaptation à envisager sont par nature « multi-sectorielles » et la prévention des risques naturels n'en constitue qu'une composante. Le changement climatique, phénomène global, traverse les différentes composantes de l'environnement montagnard : à une lecture centrée sur les risques naturels, et leur prévention, il impose une approche plus globale, intégrant les divers modes d'aménagement des territoires montagnards. En la matière, la montagne française, et particulièrement le massif alpin, a été très largement développée grâce au tourisme, notamment celui porté par les stations de sports d'hiver.

Au sortir de la seconde guerre mondiale, les stations ont été perçues comme un véritable outil d'aménagement du territoire, destiné à contrecarrer le déclin rural, tant économique que démographique. Aujourd'hui, les stations de sports d'hiver sont considérées comme un levier de développement, synonymes d'emplois, de regain démographique. Aussi, le maintien du tourisme hivernal, à défaut de son embellie, constitue à l'évidence un objectif central pour l'ensemble des acteurs du tourisme. Le récent slogan du Syndicat National des Téléphériques de France⁴ (2008), chambre syndicale des opérateurs de remontées mécaniques, en est une illustration pertinente : «Le tout ski est peut-être fini, mais sans le ski, tout est fini!», et témoigne de la prégnance de l'activité ski dans le fonctionnement et la structuration des stations et plus globalement des territoires.

On conçoit alors aisément que les principales mesures relatives au tourisme hivernal ont essentiellement mis l'accent sur la sécurisation de l'activité ski. Le développement des installations de neige de culture en est un indicateur pertinent. Selon les données ODIT (2009), le nombre de stations équipées en neige de culture est passé de 10 à 204 sur la période (1980-2009). Surtout la surface globale de domaine skiable enneigé artificiellement est passée pour la saison 1994/95 d'environ 100 hectares à 5 333 hectares pour la saison 2008/09. Malgré cette forte progression, les stations françaises, dans le domaine de la neige de culture, n'atteignent pas encore les niveaux espérés de nos concurrents autrichiens ou italiens.

La place de la production de neige de culture dans le fonctionnement des stations est significative de l'intrusion du changement climatique dans l'argumentaire. En effet, la production de neige de culture est antérieure à l'affirmation du changement climatique et de sa réalité en territoires montagnards. En effet, suite aux premiers hivers sans neige des années 1990, prenant conscience de la dépendance de l'activité des stations à l'élément naturel, les stations ont alors engagé leurs premiers programmes de production de neige de culture ; on parlait alors d'enneigement artificiel. Ces installations répondaient à plusieurs objectifs combinés : permettre des dates d'ouverture fixes pour les domaines skiables ; garantir le retour skis aux pieds en cœur de station ; assurer un domaine skiable minimal en cas d'aléas climatiques sévères,... des raisons davantage motivées par l'amélioration de la qualité du produit touristique que par des évolutions climatiques redoutées. Dans ce contexte sont principalement concernées les stations d'altitudes, au vu de leur forte dépendance à l'activité neige, leur imposant un nombre de jours d'ouverture minimal des domaines skiables.

Progressivement, la prise en compte du changement climatique et de ses impacts sur la couverture neigeuse a conduit à une diffusion des programmes d'installations de production de neige de culture. Ce sont notamment les stations localisées en moyenne montagne, *a priori* plus sensibles à la diminution du manteau neigeux, qui ont récemment le plus investi dans ce domaine. Cette progression a donné lieu ces dernières années à de fortes controverses autour d'une part, des conditions de production de neige de culture et d'autre part, de la pression exercée sur le milieu naturel. Par l'intermédiaire d'une campagne médiatique, le SNTF réaffirme que la neige de culture est exclusivement composée d'eau et d'air, sans aucune adjonction d'adjuvants. Les débats les plus vifs portent sur la question de la ressource en eau, indispensable pour produire la neige de culture. Ils mettent en avant les enjeux de conciliation des usages, entre eau potable et eau dédiée à la neige de culture en période d'étiage ; ils questionnent également la pression sur la ressource en eau (Paccard, 2010) pour certains sites déjà touchés par des

périodes plus ou moins longues de pénurie. Enfin, progressivement, la controverse s'est déplacée vers les besoins en énergie, notamment électrique, pour la production de neige de culture.

Le changement climatique a pu expliquer l'émergence de nouvelles prestations touristiques. Ainsi, certains sites ont développé une offre intégrant les mauvaises conditions d'enneigement, avec des remboursements possibles de forfaits auprès du client. Dans le même esprit, il est légitime de penser que le changement climatique risque de renforcer le recours au système Nivalliance mis en place par les opérateurs de remontées mécaniques au début des années 2000. Le maître-mot dans ce dispositif est solidarité, avec un principe simple rappelé par le SNTF :

« chaque année, en début de saison, tous les opérateurs paient une prime d'assurance, basée sur leur chiffre d'affaires. En fin de saison, si le chiffre d'affaires de la saison est nettement en retrait par rapport à la moyenne de ses trois derniers chiffres d'affaires, l'exploitant est dédommagé d'une fraction de son sinistre »⁵.

Ces démarches, qu'elles soient localisées ou plus sectorielles, interpellent plus largement la viabilité de l'ensemble des stations dans le contexte de changement climatique, en termes de rentabilité économique, d'évolution de clientèle, d'exigence de renouvellement de leur parc d'infrastructures touristiques,... Tous les sites peuvent-ils développer de la neige de culture sans risques économiques ? Quelles prestations touristiques sont à concevoir pour assurer le niveau de clientèle voire le développer ? Autant de questions qui mettent en exergue le besoin de prospective touristique et qui interpellent les politiques publiques.

Ces dernières ont pu imposer de nouveaux critères dans les procédures. C'est notamment le cas de la prise en compte des conditions d'enneigement et de leurs évolutions dans l'argumentaire des dossiers d'Unités Touristiques Nouvelles, depuis le décret de 2006. De manière plus globale, l'action publique, portée par les départements et les régions, a dû intégrer les facteurs du contexte global (notamment changement climatique), dans lequel les stations évoluent. Là encore, les stations de moyennes montagnes sont directement concernées par ces politiques publiques, conçues et mises en œuvre aux différents échelons départementaux, régionaux et d'Etat. A titre d'exemple, depuis maintenant plusieurs contrats de plan, la région Rhône-Alpes a développé des dispositifs d'accompagnement des stations de moyenne montagne. Dans ce cadre, les différents dispositifs ont progressivement intégré les aléas climatiques (contrats de stations moyennes sur la période 2000-2006) et aujourd'hui, les contrats de stations durables s'attachent à encourager la diversification des sites.

Là encore, les pratiques de diversification apparaissent souvent contingentes du changement climatique dans les discours et les argumentaires (Marcelpoil, François, 2010). Or la diversification a préexisté à la mise en évidence des dérèglements du climat et de la recherche des causes. La diversification touristique traverse l'ensemble des stations et questionne le modèle économique des stations ainsi que les options économiques prises par les territoires supports et leur orientation, plus ou moins focalisée sur le tourisme.

La lecture des territoires de montagne par la vulnérabilité

Les développements précédents ont souligné combien les territoires montagnards, dans des registres variés, sont pleinement concernés par le changement climatique. Pour les risques naturels, la question de l'occurrence de catastrophes liées à des événements plus extrêmes qu'aujourd'hui (Décamps et Mathieu, 2005) est en jeu et pour l'économie touristique hivernale, l'effet du changement climatique sur le manteau neigeux est au cœur des préoccupations (Etchevers et Martin, 2002 ; OCDE, 2007). Ces logiques se déclinent à des niveaux territoriaux fins et les acteurs du territoire concerné intégreront nécessairement, voire même « mettront en concurrence » les objectifs et enjeux de la protection contre les risques naturels avec les autres enjeux et objectifs qu'ils considéreront comme stratégiques sur leur territoire. La hiérarchisation des enjeux pourra évidemment varier d'un territoire à l'autre. Une illustration de cette intégration d'enjeux variés peut être donnée par les retenues d'altitude. D'abord conçues, pour grand nombre d'entre elles, à des fins de production de neige de culture, les retenues d'altitude servent clairement des enjeux de sécurisation économiques d'une activité touristique hivernale. Mais ces ouvrages sont aussi exposés aux aléas naturels de montagne (avalanches, chutes de blocs, glissements de terrain, écoulements torrentiels), et potentiellement générateurs de phénomènes dangereux en cas de submersion ou de ruine de l'ouvrage hydraulique de fermeture de ces retenues. La nouvelle réglementation sur la sécurité des ouvrages hydrauliques (décret du 11/12/07 et arrêtés du 20/02/08 et 12/06/08) renforce d'ailleurs la prise en compte de ces risques spécifiques dans la conception et l'instruction de ces projets de retenues, et contribue ainsi à articuler davantage développement de l'activité touristique et prévention des risques.

Partant des effets du changement climatique sur les territoires montagnards, nous proposons une lecture en termes de vulnérabilité. Il s'agit de rééquilibrer l'analyse face à une vision exclusivement tournée vers la menace, caractérisée par une forte incertitude, et une vulnérabilité seulement comprise sous l'angle de l'exposition passive que présente le territoire face à la menace d'origine naturelle. La vulnérabilité doit être lue à la fois comme résultante de l'impact, mais aussi et surtout comme élément préexistant du territoire. Ceci permet ainsi de mettre l'accent sur les marges de manœuvre possibles pour les territoires de montagne vis-à-vis des changements climatiques.

En géographie, le qualificatif de naturel dans les expressions de catastrophes « naturelles » ou de risques « naturels » est remis en cause. Ainsi, sur un territoire donné, les catastrophes seraient bien moins dues à l'existence de phénomènes naturels, qu'aux conditions d'exposition, de développement des activités humaines sur ce territoire. Le niveau de risque et l'ampleur d'une catastrophe peuvent être également déterminés par la capacité de réponse du territoire avant, pendant et après la catastrophe. Dans les schémas classiques actuels, un événement extrême, de nature climatique ou autre, est un événement rare en ampleur, en fréquence et/ou en durée. Cet événement que l'on peut qualifier de perturbation externe peut conditionner et induire une réponse extrême des attributs du système ou du territoire impacté. Cette lecture distingue la perturbation de la réaction. Néanmoins, elle traduit uniquement une vision descendante, externalisante et active de la menace, caractéristique du paradigme « aléa centré » ou « physique » du risque. La réponse à la perturbation est certes identifiée mais elle est cantonnée et très

largement fonction des caractéristiques de la perturbation. En somme, c'est la nature de la perturbation qui compte d'abord, comprise comme agression d'un système ou d'un territoire plus ou moins passif. Ce système serait pour sa part plus ou moins résilient, capable de s'adapter aux changements et d'amortir les perturbations, mais aussi de se réorganiser après des crises (Walker *et al.*, 2002).

Dans le contexte du changement climatique, une vision complémentaire de celle décrite par une trajectoire "impactante" allant d'une source exogène sur une cible, du milieu sur l'homme, de la nature sur la culture, est possible. Ainsi le « mutuality paradigm » (Oliver Smith, 1999) considérant les liens plus complexes entretenus entre vulnérabilité, perturbation et capacité de réponse, apparaît plus équilibré. Dans cette perspective, la capacité de réponse du territoire pourrait être amoindrie par une mauvaise prise en compte de perturbations potentielles par les acteurs, en charge par exemple de la prospective touristique, ou bien de la gestion des risques naturels. La capacité de réponse pourrait aussi être touchée par l'existence de procédures ou dispositifs trop rigides, inscrits dans une illusoire maîtrise des phénomènes perturbateurs ou de leurs effets.

Le couple aléa/vulnérabilité, sans doute encore majoritairement compris comme le déterminisme de l'aléa sur la vulnérabilité, peut donner une vision réductrice et segmente les approches. Concevoir la vulnérabilité dans une acception active, interactionnelle et évolutive suppose de reconnaître que tous les éléments dynamiques qui composent le territoire montagnard ne répondent pas de manière identique à une même perturbation.

Le degré de vulnérabilité est avant tout influencé par des facteurs endogènes au territoire, que ceux-ci soient d'ordre anthropique (manque de prospective, rigidité des dispositifs, faible diversification, carence de concertation et de participation, dilution des processus de décision, déresponsabilisation, segmentation de l'action...) ou environnemental (milieux sensibles et/ou fragilisés par des dégradations anthropiques). Comme le propose A. Magnan (2009), il s'agit bien de considérer deux types de vulnérabilité, l'une « intrinsèque » au départ de la perturbation et l'autre « résultante » en tant que résultat de cette perturbation.

La lecture de la vulnérabilité doit être évolutive et reconnaître que l'exposition d'un territoire au risque n'est pas constante dans le temps. Cette perspective dynamique de la vulnérabilité constitue un lien important entre l'approche classique de la vulnérabilité et celle prenant en compte les risques graduels inhérents au changement climatique. Elle invite à un suivi du niveau de vulnérabilité plus qu'à des évaluations ponctuelles. Réduire la vulnérabilité des territoires montagnards vis-à-vis des impacts des changements globaux (aggravation éventuelle des phénomènes extrêmes ou rareté de la ressource neige par exemple) suppose un travail de fond sur le fonctionnement même du territoire dans sa relation au milieu, mais aussi aux activités qui s'y développent. Il s'agit bien moins de mettre en œuvre des mesures ponctuelles (développement de la neige de culture, préconisation de revanches de digues de protection,) que de faire émerger une conception plus globale sur la mutation des activités touristiques, des pratiques d'aménagement et d'occupation de l'espace, des outils d'aide à la décision et des processus démocratiques qui doivent accompagner les changements climatiques comme sociétaux. Si la lecture du passé doit faciliter l'exercice de projection, l'innovation et l'intégration des enjeux sur les territoires semblent plus que nécessaires afin de réduire les vulnérabilités intrinsèques, comme résultantes. Un des enjeux de recherche vise à mieux mettre en relation organisation des connaissances scientifiques et processus de

prise de décision (Sarewitz et Pielke, 2001) et ce dans un exercice de rééquilibrage des contributions respectives aux approches sur les risques, des différentes disciplines scientifiques par définition pluridisciplinaires.

Conclusion

Les territoires de montagne sont indiscutablement des laboratoires pertinents de l'observation du changement climatique et de ses effets. Ils constituent également des exemples pour le suivi et l'évaluation des stratégies et des pratiques des acteurs privés comme publics, au quotidien. L'enjeu pour le devenir de ces territoires de montagne peut passer par plusieurs conclusions en forme de recommandations.

La première porte sur la nécessité de poursuivre l'acquisition de connaissances solides sur le changement climatique et son ampleur. Ceci repose à la fois sur la mise en place de dispositifs opérationnels, tels que le déploiement de réseaux d'observation des variables hydro-météorologiques en montagne mais également sur la mutualisation des compétences techniques et scientifiques, allant de pair avec une mutualisation financière pour élaborer et gérer ces systèmes d'observation partagés et pérennes.

La seconde décline la notion de suivi du changement climatique à une échelle territoriale infra, avec la pertinence d'approches territorialisées d'expérimentations. La focalisation sur un territoire circonscrit permettrait d'identifier et de qualifier les effets du changement climatique, en appréhendant d'une part, les interrelations entre secteurs d'activités économiques présents sur le territoire et d'autre part, les interactions entre économie et phénomènes naturels. Une telle démarche, certes lourde sur le plan méthodologique, contribuerait à nourrir les stratégies d'adaptation des acteurs, en appréciant territorialement les impacts et non en se contentant de lire les impacts thème par thème, secteur par secteur, en délaissant l'intégration des modes d'aménagement du dit territoire et in fine, de ses vulnérabilités territoriales.

Enfin, en termes d'action publique, ces expérimentations contribueraient à rapprocher les univers des sciences de l'ingénieur et des sciences sociales et humaines, à impliquer dans la décision et les mesures d'adaptation, les systèmes d'acteurs. Plus largement, le changement climatique impose de questionner la prise de décisions, les acteurs, les indicateurs, les outils et dispositifs mobilisés. A titre d'exemple, si aujourd'hui, le changement climatique n'a *a priori* pas d'effets sur les modalités de mise en œuvre des PIDA (Plan d'Intervention pour le Déclenchement des Avalanches) sur les domaines skiables, on peut toutefois penser à l'élaboration d'indicateurs rendant compte de l'évolution de l'action publique vis-à-vis du changement climatique dans ce registre. L'enjeu serait de voir comment les acteurs infléchissent, modifient, adaptent ce dispositif, en fonction de leur perception du changement climatique. Dans le même esprit, l'adaptation suppose aussi que soient privilégiées des décisions elles-mêmes adaptables, éventuellement « réversibles », quelquefois qualifiées également de « sans regret ». Il sera nécessaire pour cela de travailler à améliorer leur traçabilité.

Encart cas concret

Dans le cadre de l'opération "sites pilotes de gestion intégrée des risques naturels dans les Alpes" (portée et financée par les régions Rhône-Alpes et PACA, l'Etat (DATAR), mais aussi l'Europe (FEDER) et coordonnée par le Pôle Alpin des Risques Naturels), différents territoires du massif alpin sont amenés à expérimenter de nouvelles approches et pratiques de gestion. L'objectif est de prendre en compte l'ensemble du cycle de gestion depuis la prévention jusqu'à la gestion de crise, par le biais de modalités de gouvernances renouvelées associant l'ensemble des forces vives du territoire (élus, services techniques déconcentrés et décentralisés, milieu économique et société civile et ainsi, favoriser un rapprochement voire une intégration entre le versant technique et le versant organisationnel de la gestion du risque).

Deux exemples peuvent être ici évoqués en Savoie, avec les sites pilotes de la Haute-Maurienne (maîtrise d'ouvrage du Syndicat du Pays de Maurienne) et de Bourg-Saint-Maurice - Les Arcs (maîtrise d'ouvrage communale).

Sur le plan des phénomènes, ces deux territoires savoyards sont sujets aux mêmes types d'aléas : torrentiels, avalanches, sismiques, et pour la Haute-Maurienne aléas d'origine glaciaire. En termes de risques, ces deux territoires sont confrontés de manière récurrente à des coupures de route l'hiver, à des phénomènes torrentiels pouvant potentiellement impacter des zones urbanisées (crues de l'Arc en 2008, de l'Arbonne en 1996, de la Ravoire en 1981, menace de rupture du lac glaciaire de Rochemelon en 2004, etc...)

Concernant la vulnérabilité intrinsèque, le développement touristique des deux territoires s'est accompagné d'une nette expansion de l'urbanisation et des infrastructures. Ceci va de pair avec une fréquentation importante, synonyme de forts déplacements en période de vacances. L'augmentation de la vulnérabilité de ces territoires est donc concomitante à la possible augmentation du niveau d'aléa.

Vers une réduction de la vulnérabilité résultante :

A Bourg-Saint-Maurice, les acteurs du site pilote ont choisi de réduire la vulnérabilité résultante grâce à un travail de développement de la culture du risque auprès des populations permanentes et touristiques, adossé à des campagnes et actions de sensibilisations (exposition, débats), mais aussi de participation (maquette participative en 3 dimensions sur le risque).

En Haute-Maurienne, les acteurs du site pilote (élus locaux, services techniques de l'Etat, services départementaux des routes, agriculteurs locaux, SEM touristiques...), ont ciblé leur action sur leur capacité à agir rapidement et de manière coordonnée avant, pendant et après la crise. Ainsi ils élaborent et expérimentent actuellement un système de vigilance et de pré-alerte intercommunal et interservices. Ce système a pour objectif de mutualiser l'information sur les risques ou les menaces potentielles pouvant survenir et d'apporter aux élus de l'aide à la décision sur l'opportunité d'entrer en gestion de crise (déclenchement et coordination des PCS à l'échelle d'une partie ou de la totalité de la Haute-Maurienne) et ce en gagnant du temps sur les événements potentiellement dangereux ou destructeurs.

BIBLIOGRAPHIE

- BAGGI S., SCHWEITZER J., 2009. – "Characteristics of wet-snow avalanche activity: 20 years of observations from a high alpine valley (Dischma, Switzerland)". *Natural Hazards*, n°50, pp. 97-108.
- BÉNISTON M., STEPHENSON D., 2004. – "Extrem climatic events and their evolution under changing climatic conditions". *Global and Planetary Change*, vol 44, pp. 1-9.
- DATAR-ALPES, 2008. – *Changement climatique dans le massif alpin français. Etat des lieux et propositions pour le commissariat*. Rapport rédigé par P. Langevin, R. Mugnier, E. Marcelpoil.
- DÉCAMPS H., MATHIEU N., 2005. – « Événements extrêmes : retours d'expérience », *Natures Sciences Société*, n°13, pp. 369-370.
- DURAND Y., GIRAUD G., LATERNER M., ETCHEVERS P., MÉEINDOL L., LESAFFRE B., 2009. – "Reanalysis of 47 years of climate in the French Alps (1958-2005): climatology and trends for snow cover". *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, Vol. 48, pp. 2487-2512.
- ECKERT N., BAYA H., DESCHÂTRES M., 2010. – "Assessing the response of snow avalanche runout altitudes to climate fluctuations using hierarchical modelling: application to 61 winters of data in France". *Journal of Climate*, (in press). DOI: 10.1175/2010JCLI3312.1.
- ETCHEVERS P., MARTIN E., 2002. – « Impact d'un changement climatique sur le manteau neigeux et l'hydrologie des bassins versants de montagne ». In « *L'eau en montagne* ». Colloque International, Megève, septembre 2002.

GIEC, 2007. – *Résumé à l'intention des décideurs : Impacts, adaptation et vulnérabilité*. Rapport spécial du Groupe de travail II, 20 p.

GIEC, 2007. – *Résumé à l'intention des décideurs : les éléments scientifiques*. Rapport spécial du Groupe de travail I, 22 p.

GIEC, 2007. – *Résumé à l'intention des décideurs : scénarios d'émission*. Rapport spécial du Groupe de travail III, 27 p.

LANG M., RENARD B., 2007. – « Analyse régionale sur les extrêmes hydrométriques en France : détection de changements cohérents et recherche de causalité hydrologique ». SHF 2007, *Variations climatiques et hydrologie, 29ème journée de l'hydraulique (27-28 mars 2007, Lyon)*, pp.47-54.

LOGLISCI N., PELOSINI R., PRUDENT G., 2008. – “Assessment of historical climate change (past literature and observations) in the Alpine space”. In *Climate change assessment report (responsable Catellari S.)*, ClimChAlp project Interreg IIIB Alpine Space.

MAGNAN A., 2009. – *La vulnérabilité des territoires littoraux au changement climatique : mise au point conceptuelle et facteurs d'influence. Hypothèses de recherche*. ANALYSEIDDRI, 30 p.

MARCELPOIL E., FRANÇOIS H., 2010. – *Audition devant le Conseil National de la Montagne, Groupe Devenir des stations moyennes*. 9 p.

MEUSBURGER K., ALEWELL C., 2008. – “Impacts of anthropogenic and environmental factors on the occurrence of shallow landslides in an alpine catchment (Urseren Valley, Switzerland)”. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, n°8, pp. 509-520.

NORTH N., KLJUN N., KASSER F., HELDSTAB J., MAIBACH M., REUTIMANN J., GUYER M., 2007, – *Changements climatiques en Suisse - Indicateurs des causes, des effets et des mesures. État de l'environnement n°0728*. Office fédéral de l'environnement.

OCDE, 2007. – *Changements climatiques dans les Alpes Européennes-Adapter le tourisme d'hiver et la gestion des risques naturels*. OCDE.

ODIT, 2009. – *Les chiffres clefs du tourisme de montagne en France, 7ème Edition*. Observation touristique, Atout France.

OLIVER-SMITH A., 1999. – “Peru's Five-hundred-year Earthquake: Vulnerability in Historical Context”. In: A. Oliver-Smith and S.M. Hoffman (Eds), *The Angry Earth. Disaster in Anthropological Perspective*. Routledge, New York, pp. 74-88.

PACCARD P., 2010. – *Gestion durable de l'eau en montagne : le cas de la production de neige en stations de sports d'hiver*. Thèse de doctorat de géographie, Université de Savoie, 482 p.

PROCLIM, 2005. – *Canicule de l'été 2003 : Rapport de synthèse*. PROCLIM (Forum for Climate and Global Change). Bern, 28 p.

PRUDENT G., VENGEON J.-M., 2008. – “Assessment of historical processes involving natural hazards”. In *Natural Hazard report*. ClimChAlp project Interreg IIIB Alpine Space.

RICHARD D., GAY M., 2004. – *Survey and prevention of extreme glaciological hazards in European mountainous regions*. Final report, Glaciorisk project, FP5.

SAREWITZ D., PIELKE JR. R. A., 2001. – “Climate Changes; Society Has to Learn to Adapt”. *The Albuquerque Journal*. August 5.

SNTF, 2008. – « Le tout ski est peut-être fini, mais sans le ski, tout est fini ! ». Article consulté sur le site de Duralp.com, le 21 avril 2008.

VINCENT C., LE MEUR E., SIX D., POSSENTI P., LEFEBVRE E., FUNK M., 2007. – “Climate warming revealed by englacial temperature at Col du Dôme (4250 m, Mont Blanc area)”. *Geophysical Research Letters*. Vol. 34, 5 p.

WALKER B.H, CARPENTER S., ANDERIES J., ABEL N., CUMMING G. S., JANSSEN M., LEBEL L., NORBERG J., PETERSON G. D., PRITCHARD R., 2002. – “Resilience management in social-ecological systems: a working hypothesis for a participatory approach”. *Conservation Ecology*, n°6, 14 p.

ZUMBRUNNEN T., BUGMANN H., CONEDERA M., BÜRGI M., 2009, – “Linking Forest Fire Regimes and Climate - A Historical Analysis in a Dry Inner Alpine Valley”., *Ecosystems*, n°12, pp. 73-86.

NOTES

1. GIEC, Groupe Intergouvernemental des Experts du Climat.
2. ClimChAlp, Programme Interreg,3B Espace alpin, Climate Change, Impacts and adaptation strategies in the Alpine Space 2006-2008.
3. <http://www.nimbus.it/glaciorisk/gridabasemainmenu.asp>
4. Devenu « Domaines skiables de France » en 2010.
5. Consultable sur le site du SNTF : <http://www/sntf.org>

RÉSUMÉS

Le changement climatique est aujourd'hui une réalité au niveau international comme à celui des territoires locaux. Les travaux récents mettent préférentiellement l'accent sur l'analyse des conséquences du changement climatique. Cet article se propose de questionner et de qualifier l'impact du changement climatique dans les territoires montagnards des Alpes. Un premier axe de réflexion concerne l'évolution de la dangerosité de la montagne. Une montagne plus dangereuse se profile-t-elle ? Selon quels types de risques et avec quelles intensités ? Cependant, l'approche des risques naturels et de leur dynamique face au changement climatique ne saurait occulter le type d'activités économiques et les modes d'aménagements déjà existants de ces territoires. En ce domaine, l'économie touristique est prédominante en montagne. Sa pérennité comme sa vitalité constituent à l'évidence une priorité pour les acteurs territoriaux. Ces derniers ont mis en place des stratégies d'adaptation face au changement climatique. Pour mettre en place des approches intégrées face au changement climatique, les relations croisées entre risques naturels et modes d'aménagement des territoires montagnards appellent à encourager des lectures en termes de vulnérabilité territoriale.

Climate change is today a reality at both the international and more local levels. Recent studies have focussed mainly on analysing the consequences of climate change. The present article seeks to examine and qualify the impact of climate change in the mountain areas of the Alps. A first line of enquiry concerns the changing level of danger in the mountain environment. Are mountain areas becoming more dangerous and, if so, in terms of what types of risks and to what degree? However, adopting an approach based on an analysis of natural hazards and their dynamics in response to climate change cannot ignore the economic activities and types of development that already exist in these areas. In this respect, the tourism economy is

predominant in mountain regions. Its durability and vitality undoubtedly constitute a priority for local actors. It is not surprising therefore that the latter have set up strategies for adapting to climate change. For planners and decision-makers to ensure integrated approaches in dealing with climate change, it is important that the complex links between natural risks and the types of development in mountain areas are better understood, which calls for a more detailed analysis of the environment in terms of territorial vulnerability.

INDEX

Mots-clés : Alpes, Changement climatique, risques naturels, tourisme hivernal, vulnérabilité territoriale

Keywords : Alps, Climate change, natural hazards, territorial vulnerability, winter tourism

AUTEURS

DIDIER RICHARD

Cemagref Grenoble, Unité Erosion Torrentielle Neige et Avalanches, didier.richard@cemagref.fr

EMMANUELLE GEORGE-MARCELPOIL

Cemagref Grenoble, Unité Développement des Territoires Montagnards, emmanuelle.george-marcelpoil@cemagref.fr

VINCENT BOUDIÈRES

Pôle Alpin d'étude et de recherche pour la prévention des Risques Naturels