

Changement climatique et stations de montagne alpines : impacts et stratégies d'adaptation

L'économie des sports d'hiver est régulièrement décrite comme étant particulièrement vulnérable face au changement climatique, et répond à ce défi via plusieurs stratégies mises en place localement. Ainsi, mobilisant des travaux sur les stations françaises, notamment des Alpes, cet article met en lumière les deux grands types de logiques de réponses aux impacts du changement climatique, d'un côté, la fiabilisation de l'exploitation du domaine skiable en termes de conditions d'enneigement et d'autre part, la diversification touristique de ces mêmes stations. Les chercheurs y dressent un état des lieux des travaux et recherches menées sur ces thématiques, à l'échelle française et internationale.

Les enjeux de l'enneigement des domaines

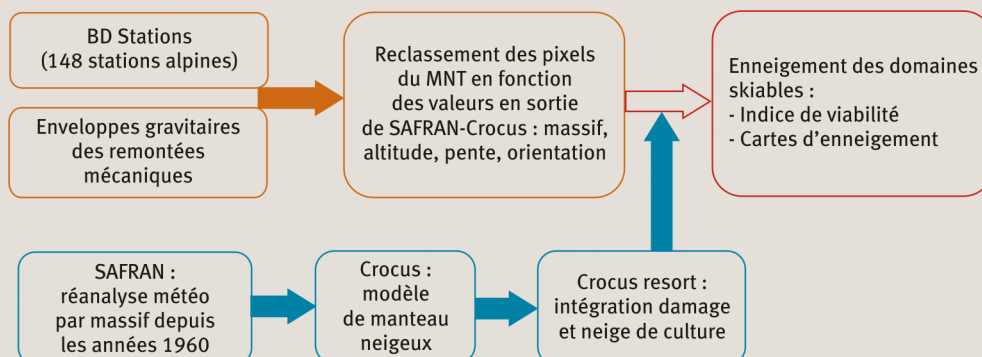
Les stations de sports d'hiver constituent un secteur socioéconomique météo-sensible. La diminution de l'enneigement interroge aussi la capacité des stations à contribuer au développement local. La prise de conscience du changement climatique (IPCC, 2007), particulièrement marqué en montagne, s'est ainsi accompagnée de travaux et recherches sur les conditions d'enneigement en lien avec les performances économiques des stations. Ainsi, la « règle des cent jours », considérant qu'un domaine skiable est viable en termes d'enneigement s'il dispose d'au moins 30 cm de neige au sol pendant cent jours, émerge dès la fin des années 1990 (Abegg, 1996). Il deviendra progressivement une échelle de référence internationale reconnue par les travaux supportés par l'Organisation de coopération et de développement (Abegg *et al.*, 2007). Si la seule neige ne suffit pas à garantir la viabilité d'une station de sports d'hiver, elle joue néanmoins un rôle essentiel, un préalable pour la mobilisation de l'ensemble des actifs d'une station de sports d'hiver. La commercialisation des lits, de l'attractivité de l'offre touristique ne se posent finalement que si on peut skier en stations.

La pratique du ski de descente repose sur l'utilisation de remontées mécaniques, activité à forte intensité capitalistique qui doit amortir des investissements importants dans une période d'activité limitée à la saison hivernale. La règle des cent jours permet d'évaluer la viabilité de

l'exploitation d'un domaine skiable au regard de cette fenêtre de temps réduite. Or, avec le changement climatique, l'arrivée des premières chutes de neige est retardée et le processus de fonte accéléré (Koenig et Abegg, 1997). Tout l'enjeu consiste donc à identifier les stations qui pourront maintenir une durée minimale d'ouverture sous cette contrainte.

Les premières études analysent l'impact de seuils d'accroissement de la température, tels que +2 °C ou +4 °C (Steiger *et al.*, 2017), et cherchent à déterminer l'altitude de fiabilité de l'enneigement. Ces premières études concluent à une réduction drastique du nombre de stations alpines viables, mais omettent de considérer les pratiques de gestion du manteau neigeux, en forte évolution depuis la fin des années 1980.

Les techniques complémentaires de préparation des pistes et les pratiques d'optimisation du damage se sont en effet perfectionnées, et la neige de culture a connu un développement important (Dawson et Scott, 2013, Spandre *et al.*, 2015), jusqu'à devenir un outil majeur de réduction du risque météorologique et de variabilité interannuelle des précipitations neigeuses, directement intégré à l'exploitation ordinaire des domaines skiables. Il devient donc primordial de prendre en considération ces pratiques de gestion de neige (François *et al.*, 2016 ; Scott, 2003 ; Steiger *et al.*, 2017), en abordant finement la manière dont la production de neige est utilisée au sein d'une saison (Steiger et Mayer, 2008) ou par les

1 Déroulé de la méthode Crosscut.


choix de localisation des équipements (Spandre *et al.*, 2016), éléments contribuant à revisiter la règle des cent jours à la fois dans le temps et dans l'espace.

La règle des cent jours considère les saisons indépendamment les unes des autres alors qu'en pratique les gestionnaires de domaines skiables peuvent ajuster leurs décisions en fonction des conditions réelles d'exercice. Steiger (2010) propose ainsi d'évaluer la viabilité dans une perspective pluriannuelle (respect de la règle des cent jours, sept saisons sur dix). La règle des cent jours peut également être affinée au sein de la saison elle-même. Falk et Hagsten (2016) montrent toute l'importance des chutes de neige précoces pour la performance des stations : une ouverture précoce constitue un atout en termes d'image et de captation de clientèles et valorise les périodes de vacances scolaires de Noël et de février, essentielles en matière de fréquentation des stations (Spandre, 2016).

Du point de vue spatial, la règle des cent jours ne tient pas compte *a priori* de l'inégale répartition de la neige au sein d'un domaine skiable. Pour dépasser cette limitation, Steiger (2010) considère que différents secteurs d'exploitation, haut et bas, donnant un poids plus important aux secteurs d'altitude susceptibles d'être ouverts, même si les conditions sont défavorables sur le bas du domaine. Ceci rejoint une problématique d'une nécessaire relation entre le haut et le bas souvent évoquée par les acteurs de terrain, confrontés aux surcoûts nécessaires pour adapter les appareils au transport de piétons à la descente quand le retour à la station en ski n'est pas possible. La modélisation spatiale des enveloppes gravitaires de domaines skiables développée par François *et al.* (2016) prend explicitement en compte la répartition des remontées mécaniques le long d'un gradient altitudinal. Une modélisation spatiale plus poussée permet d'intégrer les facteurs

déterminant la localisation des enneigeurs et le taux de couverture en neige de culture de la station, et de projeter différents taux de couverture sur un domaine skiable (Spandre, 2016).

Les outils utilisés pour simuler l'évolution du manteau neigeux ont également connu des améliorations importantes. L'impulsion initiale a été donnée par le modèle SkiSim et a été prolongée par différents développements (Scott, 2003 ; Steiger, 2010). La possibilité de produire de la neige *y* a été introduite, en se fondant sur la logique de degrés-jour, dans laquelle le bilan entre températures et précipitations détermine l'accumulation et la fonte de la neige à différentes altitudes. Les modèles à base physique permettent désormais des approches beaucoup plus fines et précises, prenant en compte par exemple les particularités du terrain, pente et orientation, pour expliquer l'évolution du manteau neigeux.

Cette approche physique a été utilisée dans la méthode Crosscut (François *et al.*, 2016), déployée au cours du programme Adamont. Elle repose sur la chaîne de modélisation SAFRAN-Crocus (Brun *et al.*, 2012 ; Vionnet *et al.*, 2012). SAFRAN fournit les forçages météorologiques pour différents massifs de montagne au sein desquels le climat est supposé homogène et où les variations météorologiques sont principalement déterminées par l'altitude mais également influencées par la pente et l'orientation. Les réanalyses disponibles depuis 1958 sont utilisées en entrée du modèle de manteau neigeux Crocus (Durand *et al.*, 2009). Un modèle à base physique comme Crocus présente en effet l'avantage de prendre en compte l'impact du damage et les propriétés spécifiques de la neige de culture (figure 1). Les résultats de simulation sont ensuite mobilisés dans le cadre de la BD Stations¹ pour fournir un indicateur synthétique de la viabilité de l'enneigement pour chacune des cent-quarante-huit stations alpines recensées.

1. La BD Stations a été développée en 2012 par le centre Irstea de Grenoble en réponse à une demande du Comité de massif des Alpes afin de disposer d'une connaissance homogène et comparable des stations de sports d'hiver des Alpes avec comme objectif de contribuer au ciblage des politiques publiques. Constituée sur la base d'un recensement exhaustif des modes de gestion des remontées mécaniques, la BD Stations permet ainsi de collecter une diversité d'informations et de les restituer à l'échelle des stations.

► L'indice de viabilité utilise en particulier la répartition altitudinale du moment de puissance² du parc de remontées mécaniques, en évaluant la part du moment de puissance potentiellement exploitable en fonction d'un seuil dérivé et affiné de la règle des cent jours³.

La méthode Crosscut a ainsi produit des informations sur l'enneigement de l'ensemble des stations du massif alpin depuis les années 1960. Le tableau 1 et la figure 2 montrent les résultats pour les stations du Vercors, territoire d'étude privilégié du programme Adamont. Le graphique souligne le rôle majeur joué par l'enneigement naturel et la capacité limitée des pratiques de gestion cherchant à compenser le manque de neige. Cette caractéristique est en fait assez spécifique aux stations du Vercors du fait de la faible altitude des domaines skiables qui n'offre pas les conditions favorables à la production de neige, notamment en termes de températures suffi-

samment basses. Il est toutefois possible de remarquer un contraste entre des saisons chaudes comme 2006-2007 durant lesquelles la production n'est pas possible et des saisons sèches comme 2010-2011 où la neige de culture peut avoir un impact significatif sur les conditions d'enneigement des domaines skiables.

2. Le moment de puissance permet de distinguer les stations selon leur taille, petites, moyennes, grandes et très grandes.

Il est le produit du débit (personne/heure) par le dénivelé parcouru (en km). C'est une manière d'approcher l'offre de ski permise par les stations et donc de les comparer entre elles.

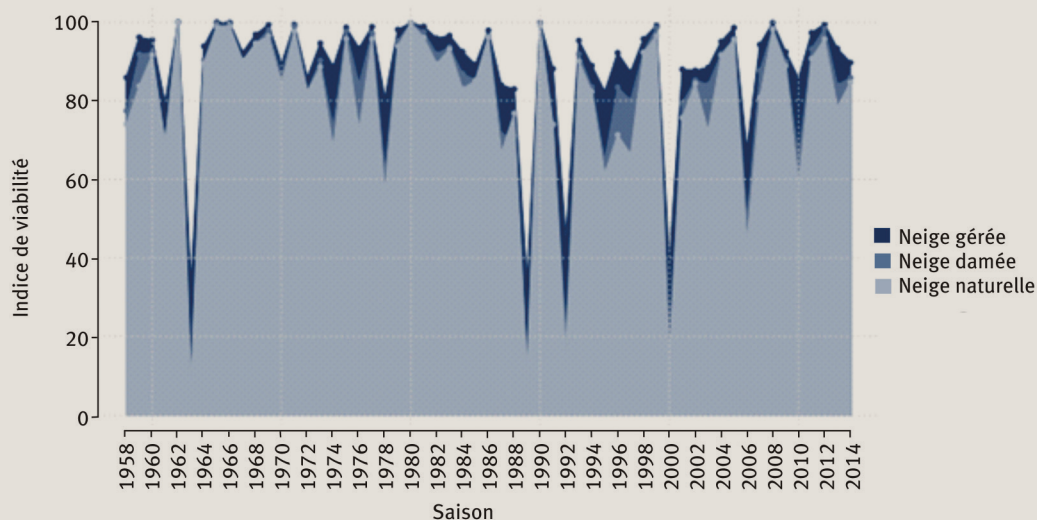
3. Un indice composite est calculé sur les vacances de Noël et d'hiver, pondérées respectivement entre 0,15 et 0,85, sur la base de fiabilité quotidienne évaluée en fonction d'un seuil d'équivalent en eau liquide de la neige présente à 100 kg/m², soit 20 cm de neige avec une densité de 400 kg/m³.

1 Liste des stations prises en compte dans le massif du Vercors.

Station	Moment de puissance (km x personnes/heure)	Altitude moyenne du domaine skiable (MASL*)	Altitude minimum (MASL)	Altitude maximale (MASL)
Villard de Lans-Correncon	9 644	1 575	1 095	2 052
Lans en Vercors	1 880	1 523	1 013	1 801
Méaudre	1 645	1 265	971	1 577
Autrans	1 535	1 420	1 050	1 650
Col du Rousset	1 297	1 433	1 251	1 695
Gresse en Vercors	1 257	1 410	1 000	1 703
Font d'Urle – Chaud Clapier	504	1 405	1 279	1 542
Col de L'Arzelier	472	1 311	1 000	1 477
Lus la Jarjatte	385	1 357	1 160	1 521
Rencurel	211	1 137	1 050	1 233
Saint Nizier	22	1 181	1 162	1 200

* MASL : meters above sea level.

2 Indice de viabilité de l'enneigement des stations du Vercors entre 1958-1959 et 2014-2015 en fonction de la prise en compte des pratiques de gestion (aucune en « neige naturelle », simulation du damage en « neige damée » et impacts combinés du damage et de la production de neige en « neige gérée »).



Les enjeux de la diversification des stations de sports d'hiver⁴

La diversification occupe aujourd'hui une place centrale dans les stratégies de développement touristique des stations de sports d'hiver ainsi que dans les politiques d'accompagnement mises en place par les différents niveaux de collectivités locales. Elle s'affirme aujourd'hui comme une réponse au changement climatique, alors que son émergence dans les années 1990 visait avant tout à répondre à l'évolution des clientèles.

Vers une spécification de l'offre touristique basée sur la valorisation des ressources des territoires

La diversification fait référence au développement d'une grande diversité de produits cherchant soit la valorisation d'autres activités touristiques, d'autres pratiques ou d'autres ressources, en hiver ou durant les autres saisons (diversification touristique), soit la (ré)intégration autour de l'activité touristique existante d'autres secteurs économiques, préexistants ou non (diversification de l'économie) (Achin, 2015). L'idée est de parvenir à proposer une offre touristique complémentaire au produit ski (voire s'y substituant, dans le cadre d'hivers peu ou pas enneigés), mais également de répondre à l'enjeu plus large de valorisation touristique estivale.

La notion de diversification est apparue dans le courant des années 1990, avec des premières mises en œuvre variées. Les services de l'État s'attachent à dresser un état des lieux ainsi que des recommandations pour optimiser les mises en œuvre de la diversification. Cette dernière est alors entendue à ce moment-là comme la capacité pour une station de sports d'hiver de proposer « une gamme de produits plus étendue et plus sophistiquée » qui provient plus souvent d'opportunités que de projets construits. Elle concerne en priorité les stations les plus fréquentées, les « grandes stations d'altitude », dans une finalité d'enrichissement de l'offre hivernale de ski alpin (SEATM, 1993). On observe également une forme d'homogénéité des types proposés de diversification, renforçant la compétitivité des territoires, et questionnant, en outre, les coûts économiques pouvant être disproportionnés (SEATM, 1993). La spécification de la diversification fait donc son apparition à cette époque, sous la forme d'un encouragement à une différenciation entre stations. Mobilisant tout à la fois les stations, leurs acteurs ainsi que le monde de la recherche, la diversification est également accompagnée par les acteurs publics, via la mise en place depuis les années 2000 de politiques d'accompagnement. Politiques de guichet dans un premier temps, elles prennent progressivement la forme de politiques de projet, conditionnant l'accompagnement à la satisfaction de critères d'éligibilité préalablement définis. Dès lors, la diversification touristique voit son contenu et ses modalités de mise en œuvre encadrés.

L'intercommunalité devient en outre aujourd'hui le périmètre de référence pour penser et organiser la diversification, tandis que la valorisation des ressources naturelles comme culturelles des territoires constitue l'objectif à atteindre. Cela soulève plusieurs questions : comment les stations et leurs territoires peuvent-ils parvenir à une spécification de leur offre touristique par la diversification ? Une telle spécification s'observe-t-elle aujourd'hui ? Pour apporter des éléments de réponse à ces questions, nous nous appuyerons sur le dispositif Espaces Valléens, mis en place dans le massif des Alpes sur la période 2014-2020 pour accompagner la diversification touristique⁵.

Quels processus de spécification de l'offre touristique des territoires ?

Les travaux menés en économie régionale dès les années 1990 ont permis d'identifier deux types de ressources territoriales. Les premières, appelées ressources génériques, constituent des ressources transférables, par nature indépendantes du territoire sur lequel elles sont produites. La valorisation des domaines skiabiles et l'offre ski associée sont des offres génériques que de nombreuses communes de montagne ont proposées, sous réserve de la réalisation des équipements nécessaires. Les ressources spécifiques quant à elles sont propres aux territoires sur lesquels on les retrouve, et de ce fait ne peuvent être transférées. Existantes à l'état latent sur chacun des territoires, ces ressources territoriales devront connaître un double processus de révélation puis de valorisation avant d'être finalement transformées en actifs spécifiques du territoire. Outre l'identification des actifs, cela suppose également une mobilisation des acteurs du territoire, seconde composante, essentielle, de la mise en valeur des ressources du territoire. Dans ce schéma, la valorisation touristique des ressources patrimoniales, qu'elles soient naturelles ou culturelles, sera particulièrement recherchée.

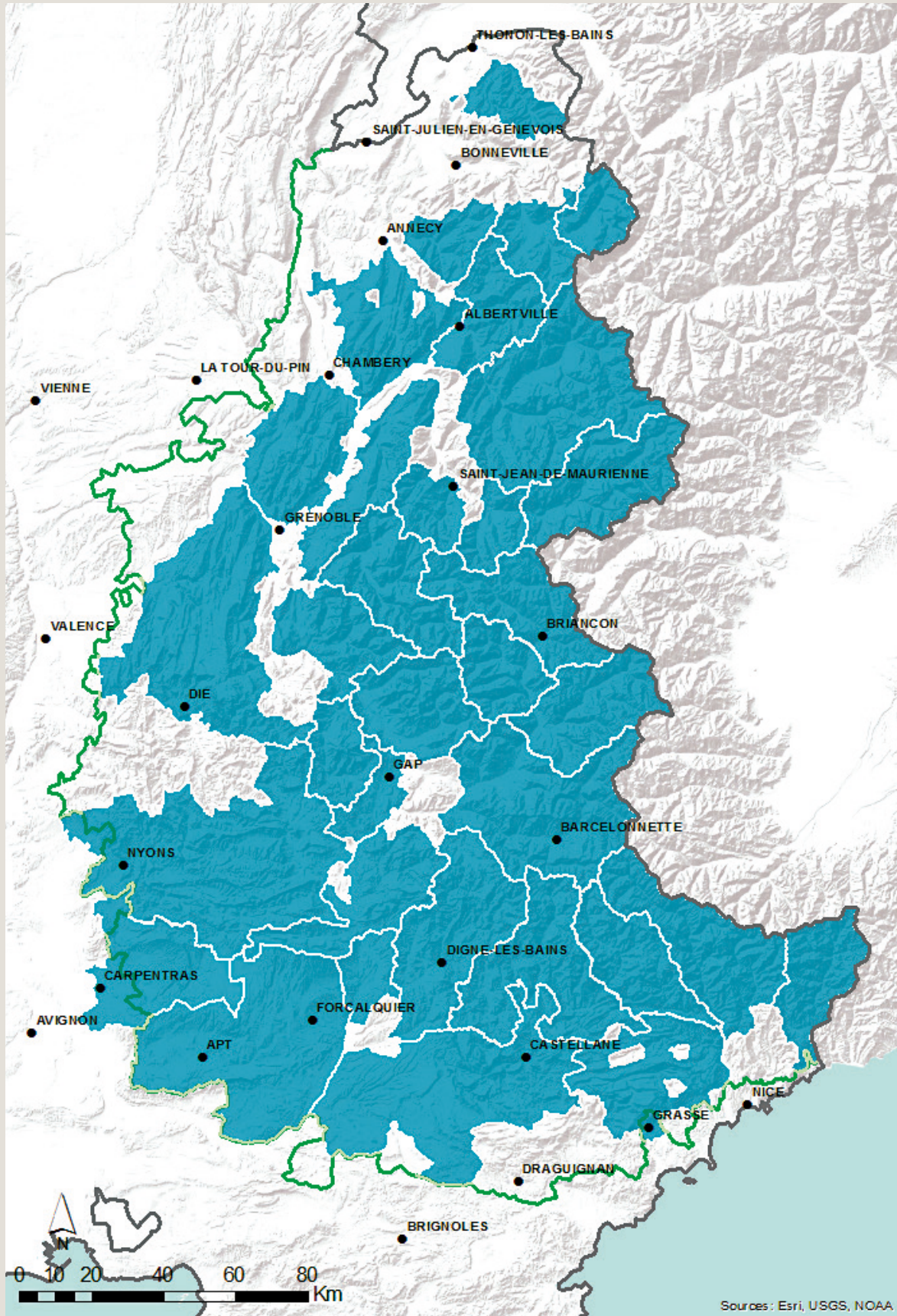
Critiquées au cours de la période d'apogée du tourisme hivernal pour leur manque de planification et pour leur implantation en continuité des villages existants, les stations dites de moyenne montagne ont désormais des avantages territoriaux à valoriser plus importants que les grandes stations d'altitude « hors sol » issues de la mise en œuvre du plan Neige (George-Marcelpoil *et al.*, 2016). Malgré cela, elles peinent à spécifier leur offre touristique. Afin de les accompagner dans ce processus, la convention interrégionale de massif des Alpes de 2007⁶ propose des pistes de diversification par la valorisation des potentialités culturelles et naturelles des territoires : activités de pleine nature, de bien-être et ressourcement, de découverte du territoire, de ses savoir-faire, de ses sites remarquables et de ses ressources naturelles, de ses hébergements montagnards, de ses aménités ou de son histoire.

4. Cette partie reprend les éléments présentés dans le cadre du colloque « La montagne, territoire d'innovation », organisé par le Labex ITEM en janvier 2017 à Grenoble, dont les actes sont accessibles en ligne (<https://labexitem.hypotheses.org/actes-du-colloque-la-montagne-territoire-dinnovation-janvier-2017-cite-des-territoires-grenoble>).

5. Ce dispositif est co-porté par le Commissariat général à l'égalité des territoires Alpes et les Régions Auvergne-Rhône-Alpes et SUD-Provence-Alpes-Côte d'Azur.

6. Les conventions interrégionales de massif constituent des documents contractuels et pluriannuels négociés à l'échelle des différents massifs entre l'État et les régions concernées.

③ Cartographie des Espaces valléens du massif des Alpes (Irstea-DTM, 2017).



Une politique publique pour accompagner la spécification du tourisme montagnard : l'exemple des Espaces valléens

Les Espaces valléens (EV) sont des territoires de projets (figure 3), qui consistent en un regroupement de communes (intercommunalité, parc naturel régional ou encore syndicat mixte). À l'origine structurés autour d'une ou de plusieurs stations, les EV s'entendent désormais comme de véritables territoires touristiques aux contours pertinents et cohérents permettant la mise en place d'une stratégie partagée de développement touristique.

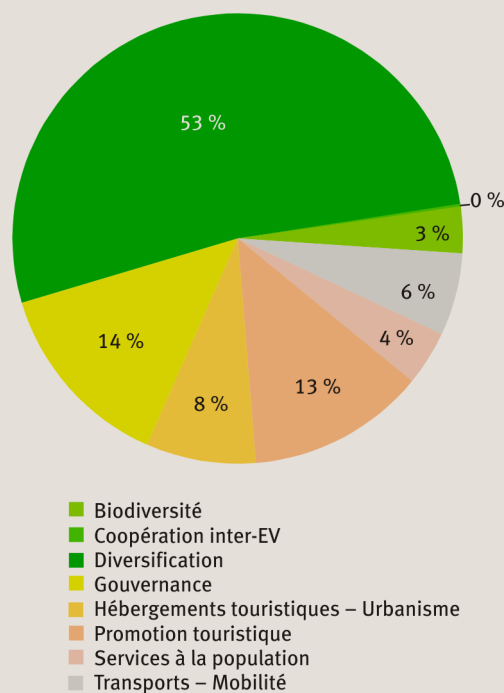
Sur la période 2014-2020, l'analyse des plans d'action des EV⁷ a permis de souligner les formes de diversification de l'offre touristique en montagne. Pour ce faire, nous avons distingué parmi l'ensemble des actions programmées, les actions contribuant à une diversification des activités touristiques, via une classification en huit catégories a été élaborée (figure 4).

La diversification constitue l'essentiel des activités programmées par les EV, en conformité avec les objectifs exprimés dans l'appel à projets. Malgré tout, cette répartition montre la place importante conférée aux actions de gouvernance, de rénovation, de modernisation ou de création d'hébergements touristiques ou encore aux actions dédiées à la promotion touristique.

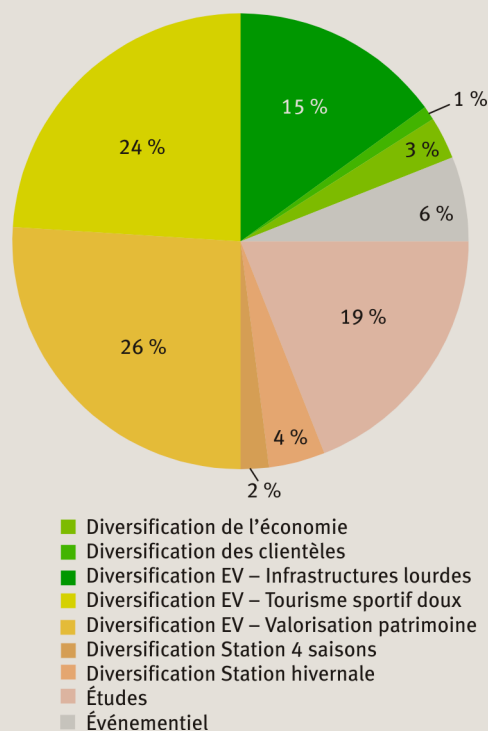
Afin d'appréhender plus finement la diversification, neuf catégories ont été définies (figure 5). Les premières sont des actions « immatérielles », comprenant les actions fondées sur l'organisation d'événementiels et des actions privilégiant une diversification des clientèles. Les actions « matérielles » visent en complément à diversifier l'économie (essentiellement en lien avec l'agriculture) ou à enrichir le panel d'activités touristiques proposées. Pour cette dernière catégorie, nous avons tout particulièrement distingué les actions de diversification programmées à l'échelle de l'EV s'appuyant sur la création d'infrastructures, la valorisation d'un tourisme sportif doux (valorisation d'itinéraires de randonnée, de VTT, etc.) et la mise en valeur du patrimoine (tout autant naturel que bâti). En contrepoint de ces actions de diversification menées à l'échelle territoriale, nous avons isolé les actions de diversification localisées à proximité immédiate du domaine skiable répondant à un enjeu de diversification touristique de la station de sports d'hiver, qu'elle soit hivernale ou pluri-saisonnière. Enfin, nous avons identifié les actions concernant la réalisation d'études, non prises en compte dans notre analyse au regard de leur caractère pour l'heure prospectif.

Cette répartition des actions de diversification en neuf catégories met en évidence trois catégories d'actions retenues en priorité par les EV, toutes trois mises en œuvre à l'échelle de l'EV : l'implantation d'infrastructures lourdes, la création et l'organisation d'une offre de tourisme sportif doux, la mise en valeur du patrimoine local.

4 Nature des actions touristiques programmées dans les plans d'actions des Espaces valléens (Irstea-DTM, 2017).



5 La pluralité du contenu des actions de diversification dans les plans d'action des Espaces valléens (Irstea-DTM, 2017).



7. Le projet de recherche EValoscope (CIMA-POIA) vise à analyser les évolutions entraînées/permises par la mise en place d'une politique publique dédiée à l'accompagnement des stations de sports d'hiver vers la diversification de leurs activités. L'aspect ici développé portant sur la nature de la diversification programmée dans les espaces valléens s'appuie sur une analyse détaillée des plans d'actions de chacun des Espaces valléens retenus pour la période 2015-2020.

▶ Dans cet ensemble, ce sont 50% des actions programmées, tourisme doux et valorisation du patrimoine, qui paraissent répondre à l'enjeu de spécification de l'offre touristique dans les EV. Pourtant, l'analyse détaillée de ces actions laisse entrevoir une importante similitude des propositions retenues localement, comme par exemple la création de sentiers de trail et d'itinéraires de VTT ou encore la mise en valeur du patrimoine local bâti. Ce constat pose question quand on se place à une échelle plus globale: alors même qu'une offre touristique sera spécifique à l'échelle d'un EV, celle-ci pourra perdre ce caractère spécifique à l'échelle du massif alpin. Cet état de fait interroge les facteurs conduisant à créer une offre davantage centrée sur les standards supposés de la demande touristique actuelle que sur les caractéristiques et potentialités et spécificités d'un territoire. Il questionne également la capacité des territoires à proposer une offre de diversification générant des retombées économiques suffisantes pour le territoire.

Conclusion

En conclusion, il nous semble crucial de ne pas opposer fiabilisation de l'exploitation des domaines skiables et diversification touristique. Les deux stratégies sont en pratique souvent menées de manière conjointe, soit à l'échelle d'un acteur individuel, soit à celle d'une entité territoriale donnée.

En fonction de l'histoire du développement de la station, du poids plus ou moins structurant de l'économie des sports d'hiver dans le territoire, la réalité de cette économie touristique est plus ou moins forte et influe sur la capacité du territoire à se projeter dans un après « tout neige ».

Cette capacité du territoire à penser un autre modèle et un autre avenir est fonction d'une variété de facteurs: poids et histoire du développement touristique, capacité à porter à connaissance des éléments d'appréciation des enjeux socioéconomiques (notamment en termes de changement climatique) pour disposer d'une vision partagée de la vulnérabilité en contrepoint de celle de l'attractivité.

Il y a en effet besoin de construire des « solutions » de l'adaptation de manière collective et partagée afin de favoriser ensuite l'appropriation des différents acteurs concernés et donc « l'ancrage » de ces solutions dans le moyen voire le long terme. Cela met en évidence le besoin de modes de gouvernance adaptés pour la mise en œuvre de l'adaptation.

Cette question des « pistes » de l'adaptation doit également s'envisager à une échelle spatiale ad-hoc. En effet, alors que dans l'économie neige la station de sports d'hiver constituait le périmètre de référence et la marque d'appel pour les clientèles touristiques, l'adaptation suppose de réfléchir l'organisation des différents acteurs à une autre échelle, échelle qui sera touristique-ment pertinente et à promouvoir. Dans ce contexte, les différences de temporalités entre acteurs sont à prendre en compte: la logique économique d'un acteur économique face à celle du mandat d'un élu d'une part, les attentes de réponses d'un territoire face au temps nécessaire pour produire des connaissances argumentées par la recherche d'autre part. L'appropriation des enjeux du changement climatique, de ses impacts est donc une clef essentielle pour la mise en œuvre de stratégies d'adaptation dans les territoires de montagne⁸. ■

Les auteurs

Emmanuelle GEORGE, Coralie ACHIN et Hugues FRANCOIS

Univ. Grenoble Alpes, Irstea, LESSEM, 38000 Grenoble, France.

✉ emmanuelle.george@irstea.fr

✉ coralie.achin@irstea.fr

✉ hughes.francois@irstea.fr

Pierre SPANDRE^{1,2}

1. Univ. Grenoble Alpes, Irstea, LESSEM, 38000 Grenoble, France.

2. Univ. Grenoble Alpes, Université de Toulouse, Météo-France, CNRS, CNRM, Centre d'Études de la Neige, Grenoble, France.

✉ pspandre@tignes.net

Samuel MORIN et Deborah VERFAILLIE

Univ. Grenoble Alpes, Université de Toulouse, Météo-France, CNRS, CNRM, Centre d'Études de la Neige, Grenoble, France.

✉ deborah.verfaillie@gmail.com

✉ samuel.morin@meteo.fr

Remerciements

Les auteurs ont bénéficié de financement via le projet Adamont (GICC et ONERC), le CDP Trajectories de l'Idex Univ. Grenoble-Alpes, les LabEx OSUG@2020 et ITEM, la Région Rhône-Alpes, le projet Clim'Py (Interreg POCTEFA) ainsi que le projet EValoscope (POIA Massif des Alpes).

8. Comme les ateliers participatifs menés dans le cadre d'AdaMont l'ont souligné (voir l'article de Piazza, pages 18-23 dans ce même numéro).

EN SAVOIR PLUS...

- ABEGG, B., 1996, Klimaänderung und Tourismus. Klimafolgenforschung am Beispiel des Wintertourismus in den Schweizer Alpen, Zurich, vdf Hochschulverlag AG.
- ABEGG, B., AGRAWALA, S., CRICK, F. & DE MONTFALCON, A., 2007, Effets des changements climatiques et adaptation dans le tourisme d'hiver, in: AGRAWALA, S. (ed.), Changements climatiques dans les Alpes européennes. Adapter le tourisme d'hiver et la gestion des risques naturels, Paris, Éditions de l'OCDE.
- ACHIN, C., 2016, Quand la diversification des stations modernise le tissu organisationnel des territoires, in: VLÈS, V., BOUNEAU, C. (eds.), Stations en tension. Bruxelles: P.I.E. Peter Lang.
- BRUN, E., VIONNET, V., MORIN, S., BOONE, A., MARTIN, E., FAROUX, S., LE MOIGNE, P., WILLET, J.-M., 2012, Le modèle de manteau neigeux Crocus et ses applications, *La météorologie*, p. 44-54.
- DAWSON, J., SCOTT, D., 2013, Managing for climate change in the alpine ski sector, *Tourism Management*, p. 244-254.
- DURAND, Y., GIRAUD, G., LATERNER, M., ETCHEVERS, P., MÉRINDOL, L., AND LESAFFRE, B., 2009, Reanalysis of 44 yr of climate in the French Alps (1958–2002): methodology, model validation, climatology, and trends for air temperature and precipitation., *J. Appl. Meteorol. Clim.*, n° 48, p. 429-449, disponible sur : <https://doi.org/10.1175/2008JAMC1808.1>
- FALK, M., HAGSTEN, E., 2016, Importance of early snowfall for Swedish ski resorts: evidence based on monthly data, *Tourism management*, p. 61-73.
- FRANÇOIS, H., MORIN, S., SPANDRE, P., LAFAYSSSE, M., LEJEUNE, Y., GEORGE-MARCELPOIL, E., 2016, Croisement de simulations numériques des données socio-économiques spatialisées des stations de sports d'hiver : description de l'approche, application aux Alpes françaises et introduction de la prise en compte des pratiques de gestion (damage et neige de culture), *La Houille Blanche*, n° 4.
- GEORGE-MARCELPOIL, E., ACHIN, C., FABLET, G., FRANÇOIS, H., 2016, Entre permanences et bifurcations : une lecture territoriale des destinations touristiques de montagne, *Mondes du Tourisme*.
- HANZER, F., MARKE, T. & STRASSER, U., 2014, Distributed explicit modeling of technical snow production for a ski area in the Schladming region (Austrian Alps), *Cold Regions Science and Technology*, p. 113-124.
- HOEGH-GULDBERG, O., JACOB, D., TAYLOR, M., BINDI, M., BROWN, S., CAMILLONI, I., DIEDHIU, A., DJALANTE, EBI, K., ENGELBRECHT, F., GUIOT, J., HIJIOKA, Y., MEHROTRA, S., PAYNE, A., SENEVIRATNE, S.I., THOMAS, A., WARREN, R., ZHOU, G., sous presse, Chapter 3: Impacts of 1.5°C global warming on natural and human systems., *Special Report on 1.5°C of global warming*, IPCC.
- KOENIG, U. & ABEGG, B., 1997, Impacts of climate change on winter tourism in the Swiss Alps, *Journal of sustainable tourism*, n° 5, p. 46-58.
- SCOTT, D., 2003, Climate change and tourism in the mountain regions of North America, *1st International Conference on Climate Change and Tourism*, Djerba.
- SEATM, 1993, La diversification de l'offre de loisirs dans les stations de sports d'hiver françaises et étrangères : analyse et propositions, Chambéry, AFIT-SEATM.
- SPANDRE, P., 2016, Observation et modélisation des interactions entre conditions d'enneigement et activité des stations de sports d'hiver dans les Alpes françaises, PhD, Université Grenoble Alpes.
- SPANDRE, P., FRANÇOIS, H., GEORGE-MARCELPOIL, E., MORIN, S., 2016, Panel based assessment of snow management operations in French ski resorts, *Journal of outdoor recreation and tourism*, p. 24-36.
- SPANDRE, P., FRANÇOIS, H., MORIN, S., GEORGE-MARCELPOIL, E., 2015, Dynamique de la neige de culture dans les Alpes Françaises : Contexte climatique et état des lieux *Journal of Alpine Research*, *Revue de Géographie Alpine*, n° 103.
- STEIGER, R., SCOTT, D., ABEGG, B., PONS, M., AALL, C., 2017, A critical review of climate change risk for ski tourism, *Current issues in Tourism*.
- STEIGER, R., 2010, The impact of climate change on ski season length and snowmaking requirements in Tyrol, Austria, *Climate research*, n° 43, p. 251-262.
- STEIGER, R., MAYER, M., 2008, Snowmaking and climate change. Future options for snow production in tyrolean ski resorts, *Mountain research and development*, n° 28, p. 292-298.
- VIONNET, V., BRUN, E., MORIN, S., BOONE, A., FAROUX, S., LE MOIGNE, P., MARTIN, E., WILLET, J.-M., 2012, The detailed snowpack scheme Crocus and its implementation in SURFEX v7.2, *Geoscientific Model Development*, p. 773-791.