

Les risques naturels en montagne en 2015 : un avant-goût des impacts du changement climatique ?

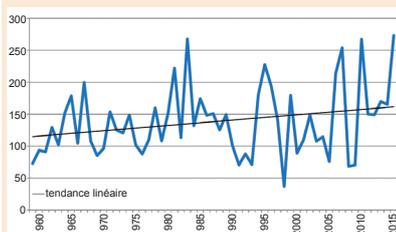


Les glaciers du massif du Mont-Blanc à la peine à la fin d'un été caniculaire, surplombant la vallée de Chamonix, le 29 août 2015

Un climat à la dérive...

Tandis que les bilans climatiques annuels et saisonniers ne cessent de livrer des records de températures (moyennes et extrêmes), aucune tendance générale sur le long terme n'apparaît à l'échelle des Alpes dans les extrêmes de précipitations, beaucoup plus variables dans l'espace. Des changements sont néanmoins observables à l'échelle locale et à l'échelle saisonnière ou mensuelle.

Dans les Préalpes du Nord, en particulier, on observe une augmentation des extrêmes (forts ou faibles) de précipitations au mois de mai, et donc de leur variabilité interannuelle, ainsi qu'une légère tendance statistiquement non significative à la hausse des cumuls (OBSCAN, 2015a).



Cumuls de précipitations en mai à Hauteluce depuis 1959 (en mm) (Météo France / MDP73/ASADAC)

Le nombre inhabituel de phénomènes naturels générateurs de dommages en montagne observés depuis le début de l'année en lien avec des événements extrêmes de précipitations et de température (pluies intenses, canicule, sécheresse) conduit à s'interroger : l'année 2015 préfigure-t-elle des situations qui pourraient devenir, au regard des projections climatiques, la norme en matière de risques naturels ?

Changement climatique et aléas naturels

Le changement climatique entraîne une dérive progressive des paramètres climatiques de référence, en même temps que des modifications rapides de l'environnement alpin. Avec la poursuite du réchauffement, on s'attend en particulier à une possible augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements extrêmes comme les vagues de chaleur, les sécheresses et les épisodes de précipitations intenses. Les régions de montagne sont particulièrement sensibles à ce type d'épisodes météorologiques, qui jouent souvent un rôle prépondérant dans la préparation et le déclenchement de nombreux aléas naturels.

Même si les observations ne révèlent pas nécessairement de tendance claire et généralisée, on constate localement ces dernières années une recrudescence et une intensification de phénomènes liés à des épisodes météorologiques extrêmes, voire l'apparition de phénomènes nouveaux, en particulier durant les étés chauds : multiplication des écroulements rocheux en altitude, déstabilisations de glaciers et de glaciers rocheux, intensification des crues torrentielles, problèmes récurrents liés à la formation de lacs et de poches d'eau glaciaires, apparition de situations de feu de forêt généralisées... Des changements plus progressifs sont également perceptibles dans la saisonnalité ou la localisation des phénomènes : décalage des pics de crues de fonte nivale et glaciaire, augmentation de la proportion d'avalanches de neige humide, remontée en altitude des zones de départ de laves torrentielles.

Données climatiques pour la période de janvier à septembre 2015 à Bourg-Saint-Maurice (Savoie, 865 m).

En haut : températures moyennes quotidiennes et mensuelles de l'année 2015 comparées aux moyennes mensuelles normales sur deux périodes climatiques de référence.

En bas : hauteurs de précipitations quotidiennes et cumuls mensuels 2015 comparés aux cumuls mensuels de référence

Dans ce contexte, la concentration exceptionnelle d'événements observés dans les Alpes au cours du printemps et de l'été 2015 pourrait préfigurer les évolutions attendues au regard des connaissances disponibles sur ces questions en rapide évolution (Amelot *et al.*, 2007 ; Einhorn *et al.*, 2015).

L'année 2015, une année modèle ?

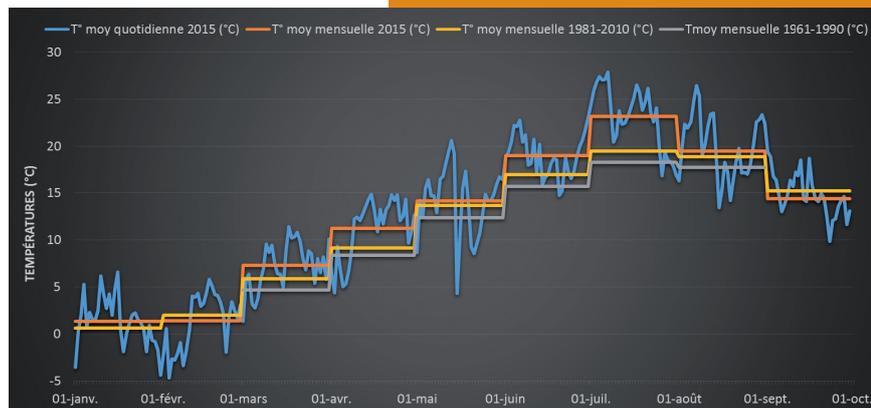
Le printemps et l'été 2015 dans les Alpes paraissent exceptionnels, aussi bien du point de vue météorologique que du point de vue de l'activité des aléas naturels. De très nombreux événements en montagne ont été observés : (1) à la suite d'épisodes de précipitations exceptionnelles qui se sont succédé au printemps sur l'ensemble des Alpes du Nord, (2) dans le contexte des fortes chaleurs estivales et plus particulièrement des températures record enregistrées pendant l'épisode caniculaire du mois de juillet, et (3) à la faveur d'orages estivaux combinés à la sécheresse. Le caractère "hors norme" de cette séquence météorologique est bien illustré par les mesures effectuées à Bourg-Saint-Maurice, station représentative de l'évolution du climat dans les Alpes du Nord (OBSCAN, 2015b).

Est proposé ici une série d'exemples illustratifs de phénomènes survenus au cours de cette période au regard des conditions météorologiques exceptionnelles qui leur ont donné naissance, afin d'offrir une possible "fenêtre de lecture" des impacts potentiels ou avérés du changement climatique sur les aléas naturels dans les Alpes françaises.

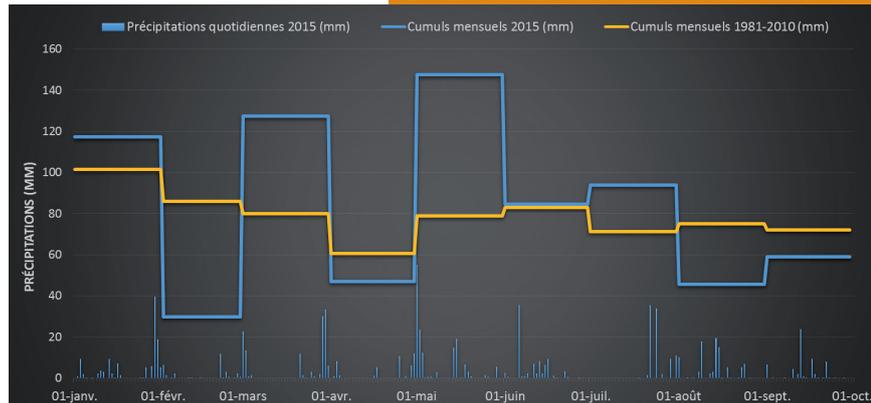
Intempéries et événements remarquables au printemps 2015

Des aléas hydrologiques et gravitaires affectant le nord des Alpes de manière généralisée ont d'abord sévi au printemps, causant de nombreux désordres et parfois d'importants dommages en montagne et dans les vallées alpines anthropisées, en particulier sur les linéaires routiers/ferrés et dans les agglomérations.

Du 30 avril au 2 mai 2015, une intense perturbation traversant la France dans un fort courant océanique s'est attardée pendant 36 heures sur les reliefs du Jura et des Alpes du Nord, touchés par d'abondantes précipitations en montagne. En Haute-Savoie, il est tombé l'équivalent d'un mois de précipitations en 24h. Les plus forts cumuls ont atteint 160 mm/24 h et 190 mm/3 jours aux Gets. Dans les vallées, de nouveaux records de pluie maximale en 24h pour un mois de mai ont été établis à Chamonix (80,7 mm) et à Bourg-St-Maurice (55,1 mm), les précédents records datant du mois de mai 2010 (Météo-Paris, 2015).



Données : Météo France & OBSCAN



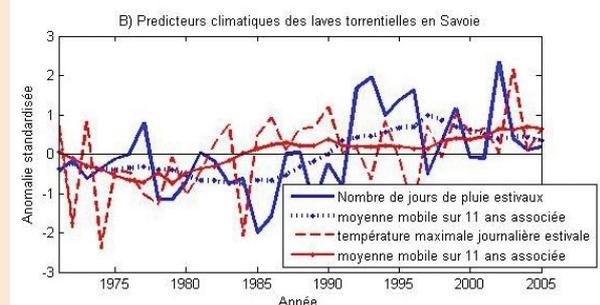
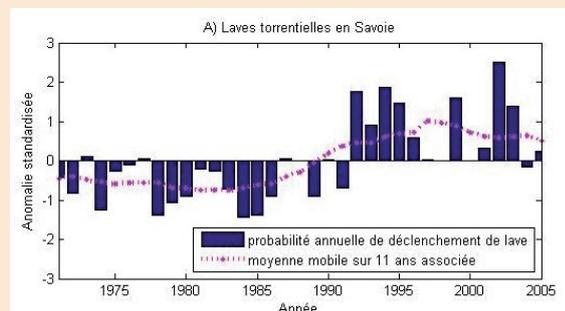
... et des aléas changeants

Des changements dans l'activité de certains phénomènes sont déjà constatés par les pratiquants de la montagne et par les praticiens en charge de la gestion des risques. Dans certains cas, les liens entre l'évolution temporelle des paramètres climatiques et les changements observables dans les chroniques d'aléas peuvent être établis empiriquement, sur la base de corrélations avec des mesures de terrain ou de la rétro-analyse d'archives naturelles et/ou historiques.

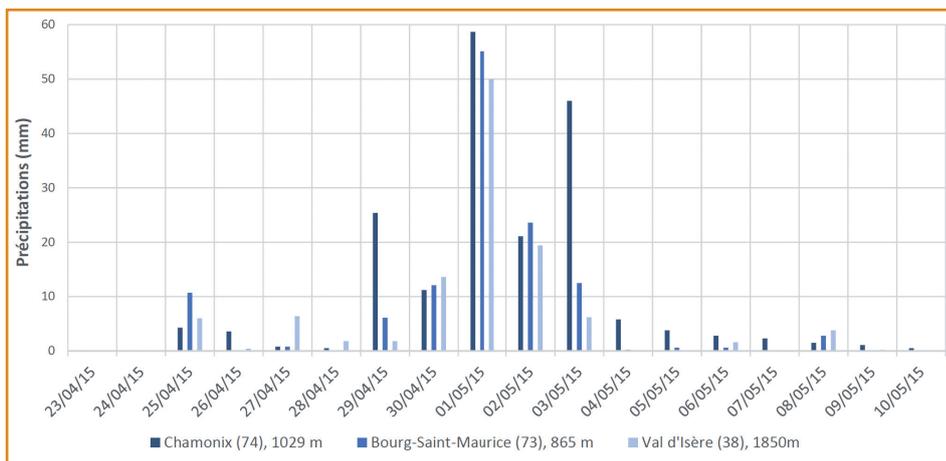
Les changements observables dans la fréquence, l'intensité, la saisonnalité ou la localisation des aléas naturels alpins sont liés pour la plupart aux effets plus ou moins directs de la température sur leurs conditions d'apparition, et plus particulièrement sur l'évolution rapide de la cryosphère (retrait glaciaire, dégradation du permafrost et diminution de l'enneigement).

Le réchauffement se traduirait également par un renforcement de l'activité convective à l'échelle locale, et donc des orages estivaux, qui serait à l'origine de l'augmentation de la fréquence des laves torrentielles observée en Savoie depuis les années 1990.

A) Fréquence annuelle de lave torrentielle en Savoie.
 B) prédicteurs statistiques identifiés (données : Jomelli *et al.*, 2015, modifié d'après Einhorn *et al.*, 2015)



Cumuls de précipitations en 24h autour du 1^{er} mai 2015 mesurés dans trois stations des Alpes du Nord (sources : <http://romma.fr> pour Chamonix et Val d'Isère et www.meteofrance.fr pour Bourg-Saint-Maurice)



Crue torrentielle de la Morge dans le village de Saint-Gingolph (Haute-Savoie, 2 mai 2015)



Dans les Gorges de l'Arly (Savoie), la RD 1212 a été emportée sur 300 mètres (2 mai 2015)



Crue de l'Isère et inondation des voies sur berge à Grenoble (2 mai 2015)



Les télésièges sous les eaux suite au débordement du lac d'Avoriaz (Haute-Savoie, 4 mai 2015)

La fonte nivale s'est ajoutée à ces fortes pluies, accentuée par l'élévation de la limite pluie-neige au-dessus de 3000 m en fin d'épisode, provoquant des crues sur la majeure partie des cours d'eau des Alpes du Nord. De nombreux phénomènes d'inondation (parfois associés à des ruptures de digues), affaissements, glissements de terrain et coulées de boue ont entraîné d'importants dégâts et de nombreuses perturbations.

Les pluies exceptionnelles qui ont touché le massif du Mont-Blanc ont atteint, dans la haute vallée de l'Arve, entre 90 et 150 mm le 1^{er} mai, provoquant la crue généralisée de tous les cours d'eau du bassin versant et une crue historique de l'Arve dans la nuit du 1^{er} au 2 mai, avec un nouveau record de débit dépassant 900 m³/s mesuré à Genève à son embouchure dans le Rhône (Sesiano et Girardclos, 2015). Malgré l'ampleur de cette crue, de période de retour centennale, les dispositifs de prévention se sont avérés efficaces et les dégâts aux riverains sont restés très localisés (République et Canton de Genève, 2015).

Le bassin versant de l'Isère a enregistré des crues plus modérées, avec néanmoins une crue décennale avec un débit de pointe de 960 m³/s à Grenoble (SPC Alpes du Nord, com. pers.), dépassant le niveau des crues de 2010, 2008, 2001 et même 1968 (IRMa, 2015).

En Savoie, dans les Gorges de l'Arly, la RD 1212 a été emportée sur 300 m par une crue décennale à fort transport solide, dont les matériaux ont été fournis par des glissements de terrains réactivés par les précipitations.

En altitude, le lac de retenue d'Avoriaz a débordé de près de 7 mètres au-dessus de son seuil maximal, endommageant certaines installations de la station. Bien qu'il résulte de pluies extrêmes combinées à la fonte

de la neige, cet événement questionne la prise en compte du risque dans l'aménagement de cette retenue en présence d'enjeux vulnérables et son impact sur l'aggravation du phénomène.

Alors que le réseau ferré avait déjà été touché début avril par un éboulement sur la ligne entre Bourg-Saint-Maurice et Moûtiers (qui n'a ensuite rouvert complètement que début octobre), un glissement de terrain s'est produit sur la ligne TER entre Aix-les-Bains et Annecy suite aux fortes pluies du 1^{er} et 2 mai, tandis qu'une coulée de boue a recouvert la voie du train du Montenvers, interrompant la circulation des trains pendant quelques jours dans les deux cas.

Après une accalmie, les pluies ont encore touché la Haute-Savoie dans la nuit du 3 au 4 mai, provoquant de nouveaux éboulements et de nouvelles fermetures de routes dans le Faucigny et dans le Chablais. En Haute-Savoie, département le plus touché, 53 communes ont fait l'objet d'une reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle suite à l'épisode du 30 avril au 6 mai. De nombreux dégâts ont également été répertoriés en Savoie.

Début juin, un nouvel épisode pluvieux a provoqué une importante coulée de boue et des inondations sur la commune de Mont-de-Lans, notamment aux Deux Alpes, tandis que d'autres coulées de boue et des désordres de moindre gravité se sont produits ailleurs en Isère, ainsi qu'en Savoie et en Haute-Savoie.

Après les intempéries et les crues de fonte de neige du printemps, la forte chaleur estivale accompagnée d'orages parfois violents a pris le relais comme moteur de l'activité géomorphologique et des risques en montagne.

Un été caniculaire et orageux

La température du mois de juillet 2015 a été supérieure aux normales de 2 à 4 °C sur la majeure partie du pays, voire localement de plus de 4°C du Massif central au nord-est et aux Alpes (Météo-France, 2015). À Chamonix, Annecy, ou encore Embrun, le record de chaleur pour les trois premières semaines de juillet a été battu de plus de 1°C. Dans certaines stations des Alpes (Chamonix, Bourg-Saint-Maurice, Embrun), les 21 premiers jours de juillet 2015 ont été plus chauds que les 21 premiers jours d'août 2003. C'est également le cas en altitude : à Val d'Isère (1850 mètres), par exemple, la température moyenne de juillet affiche 16,6°C, environ 4°C au-dessus des normales.

Dans la partie interne des Alpes du Nord et dans les Hautes-Alpes, le mois de juillet 2015 est le plus chaud jamais enregistré depuis le début des mesures. Il a suivi un début de mois de juin déjà chaud et la température est restée élevée en août, si bien que l'été 2015 se classe comme le 2^e été le plus chaud, derrière l'été 2003. Au cours de cet épisode, des températures record ont été enregistrées (OBSCAN, 2015b). L'isotherme 0°C a dépassé l'altitude de 4500 m pendant plusieurs jours et a même dépassé le mont Blanc en atteignant 5000 m autour du 20 juillet.

Canicule et risques d'origine glaciaire et périglaciaire

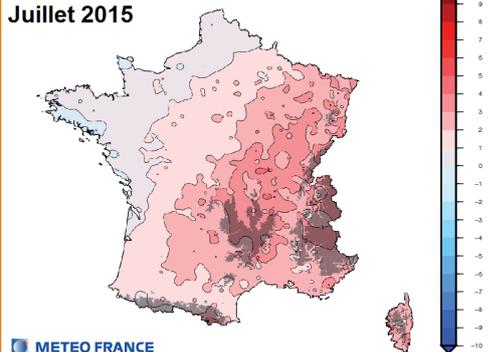
Cette vague de chaleur estivale a ainsi provoqué un réchauffement et une fonte accrue de la cryosphère (neige, glaciers et permafrost), à l'origine de nombreux phénomènes remarquables en haute montagne (La Chamoniarde, 2015). Certains d'entre eux se sont propagés suffisamment pour atteindre les fonds de vallée, où ils ont parfois causé des dommages.

■ Écroulements et chutes de blocs

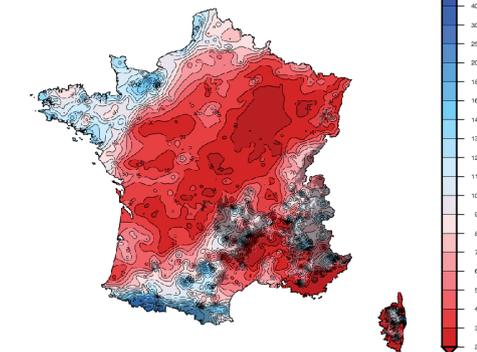
Les événements gravitaires ont été particulièrement nombreux à haute altitude, en lien étroit avec la dégradation du permafrost, comme cela a été observé lors des précédents étés anormalement chauds, en particulier 2003 (voir l'article de Deline *et al.*). Au cours de l'été 2015, plus de 160 écroulements rocheux (> 100 m³) ont été répertoriés dans le massif du Mont-Blanc dans le secteur suivi par le réseau d'observateurs coordonné par le laboratoire EDYTEM (60 % du massif). Conséquence emblématique de cette activité géomorphologique accrue, et exemple désormais classique en matière d'impact sur la pratique des alpinistes, la voie normale du mont Blanc a été fermée du 17 juillet au 19 août, en raison des chutes de pierres dans le couloir du Goûter.

Anomalie de température -

Juillet 2015



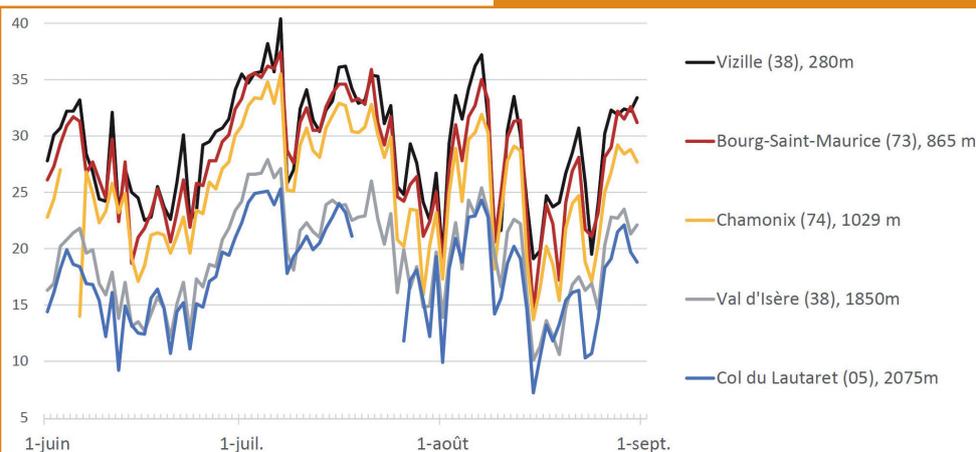
Anomalie de précipitations



Températures moyennes mensuelles et écart à la moyenne des mois de juin, juillet et août 2015 à Bourg-Saint-Maurice (d'après OBSCAN, 2015b, ci-dessous)

Écart à la moyenne mensuelle de référence 1981-2010 de la température moyenne du mois de juillet 2015. ©Météo-France (2015), modifié (ci-dessus)

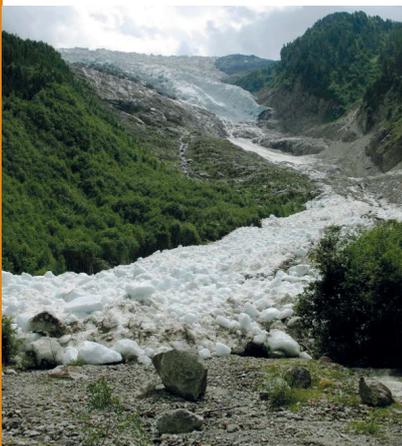
Mois	Température	Écart / période 1981-2010	Écart / période 1961-1990	Classement
Juin	19°C	+2°C	+3.3°C	4 ^e le plus chaud
Juillet	23.15°C	+3.7°C	+4.85°C	1 ^{er} le plus chaud
Août	20°C	+1°C	+2.3°C	9 ^e le plus chaud



Températures maximales quotidiennes dans 5 stations des Alpes en juin-juillet-août 2015 (°C). Données : meteovizille.fr/ (Vizille), meteofrance.fr/ (Bourg-Saint-Maurice), romma.fr/ (Chamonix, Val d'Isère et Lautaret)

Écroulement de 20 000 m³ détachés de l'Aiguille du Tacul au-dessus de la Mer de Glace, le 27 août 2015 (Mont-Blanc), vu du refuge de Leschaux





Avalanche de glace partie du front du glacier des Bossons (Mont-Blanc) fin juin 2015 (100 000 à 200 000 m³)



Eroulement de la langue inférieure du glacier des Bœufs Rouges (massif des Ecrins), durant la nuit du 20 au 21 juillet 2015



Dégât de lave torrentielle dans la station de Val Cenis



Crue soudaine du ruisseau du Niolet suite à la vidange brutale d'un lac situé au front du glacier de la Galise (Val d'Isère)

■ Avalanche de glace

Une avalanche de glace issue du front du glacier des Bossons s'est propagée sur plus de 1 km dans la nuit du 24 au 25 juin. Le détachement est ici la conséquence de l'avancée du front ; il est donc plutôt lié aux bilans de masse positifs de la période 2013-2014 qu'au réchauffement climatique. Les 20-21 juillet en revanche, après plusieurs épisodes de très forte chaleur et alors que la température restait élevée, la langue inférieure du Glacier des Bœufs Rouges (massif des Ecrins) s'est écroulée. Une partie des blocs de glace a sauté la barre rocheuse située sous le glacier et a formé un cône de dépôt au fond du vallon.

■ Des glaciers rocheux alimentant des laves torrentielles

Le 14 août, en haute Maurienne, deux laves torrentielles se sont formées successivement dans le torrent de l'Arcelle à la suite de deux importants glissements de terrain dans des terrains à permafrost, au niveau du front d'un glacier rocheux situé vers 2800 m d'altitude. Ces laves, d'un volume cumulé de 15 000 m³, ont obstrué le chenal au niveau d'un passage busé, provoquant le débordement du torrent dans le village de Lanslevillard et causant d'importants dégâts matériels à la station de Val Cenis, chiffrés à plusieurs centaines de milliers d'euros (Pauhle, 2015). Ce site, répertorié dans le cadre de l'inventaire des glaciers rocheux conduit par les services RTM (restauration des terrains en montagne ; Charvet, 2015), n'avait pas été identifié comme un site à risque. La proximité des enjeux avec le lit du torrent et le sous-dimensionnement de l'aménagement hydraulique paraissent ici davantage en cause que l'intensité de l'aléa somme toute modérée. Bien que lié à un épisode orageux, cet événement préfigure l'occurrence de phénomènes futurs liés à la dégradation du permafrost riche en glace, contenu dans les glaciers rocheux, et l'émergence de risques nouveaux, peu observés jusqu'à présents (Bodin *et al.*, 2015).

■ Vidange de lac et poche d'eau glaciaire

Le 28 août 2015, sur la commune de Val d'Isère, la vidange brutale d'un lac situé à l'emplacement de l'ancien glacier de la Galise a provoqué la crue soudaine du ruisseau du Niolet, survenue par beau temps ! Ce phénomène atypique montre l'influence probable du seul facteur thermique en l'absence de pluie dans le déclenchement du phénomène. Plusieurs vidanges de poche d'eau probablement sous-glaciaires au cours de l'été 2015 ont également été signalées au glacier des Bossons (voir l'article de Deline *et al.*).

Sécheresse, orages estivaux et crues torrentielles

Fin juillet, après une période de 4 à 5 semaines sans précipitations, ce sont ensuite des orages estivaux tombant sur des sols desséchés qui ont engendré un fort ruissellement et provoqué d'importants écoulements torrentiels dans les Alpes. Les 21 et 22 juillet, sur la commune de Valjouffrey (Isère), de violents orages de grêle localisés sur la vallée du Béranger ont provoqué un fort engrèvement des lits torrentiels sur les cônes de déjection et des débordements dans des zones naturelles et agricoles, endommageant routes, ponts, passerelles, lignes électriques, conduites d'eau potable, sentiers... (Parc national des Ecrins, 2015 ; Kuss, 2015). On a observé en particulier la réactivation d'une ravine végétalisée ayant fait l'objet de travaux de correction torrentielle, la Combe d'Aillot, pourtant considérée comme complètement éteinte par les agents du service RTM, qui a formé un dépôt atteignant 4 m d'épaisseur dans son lit torrentiel. Dans les Alpes-de-Haute-Provence, la haute vallée de l'Ubaye a quant à elle été isolée pendant plusieurs jours suite à la destruction d'un pont par une lave torrentielle.

De nouveaux phénomènes entraînant des dommages se sont produits dans le courant du mois d'août. Le 8 août, de violents orages en Savoie et au nord des Hautes-Alpes ont causé des inondations et des coulées de boue qui ont coupé les accès routiers et isolé les habitants dans les secteurs de Saint-Jean-de-Maurienne et dans la vallée de la Clarée à Val-des-Près.

Autres exemples d'événements, en fin d'été, dans le Briançonnais : le 14 septembre, des intempéries ont provoqué de nouvelles coulées de boue aux Vigneaux et dans la vallée de la Clarée, puis le 17 septembre, une lave torrentielle a emporté le parking de Dormillouse à Freissinières.

Enfin, l'interruption de la liaison Grenoble-Briançon depuis le mois d'avril suite à la fermeture du tunnel du Chambon, affecté par un mouvement de terrain, mérite également d'être citée pour le caractère inter-régional de ses impacts et l'ampleur des dommages causés aux activités socio-économiques sur une vaste zone intéressant l'Isère, les Hautes-Alpes et moins directement le sud de la Savoie. De plus, cette fermeture rend critique toute nouvelle coupure sur cet itinéraire par ailleurs exposé à bien d'autres aléas et fréquemment impacté. Le 14 juin, une nouvelle coulée de lave du torrent du Rif Blanc a coupé la route à proximité du col du Lautaret, isolant ainsi pendant quelques heures les habitants de La Grave et de Villard d'Arène coincés entre le Chambon et

le Rif Blanc, la route du Galibier étant affectée elle aussi par une coulée de boue côté Savoie. Ce torrent draine un bassin versant comportant des glaciers rocheux (Bouvet *et al.*, 2011). Ce type de site pourrait donc être sensible aux effets futurs du réchauffement sur la dégradation de ces formes périglaciaires et sur la disponibilité en matériaux mobilisables.

Conclusion

Bien qu'il soit très difficile d'attribuer formellement un événement isolé au changement climatique, force est de constater que le printemps et l'été 2015 présentent une forte concentration de phénomènes variés et parfois intenses sur une courte période, en lien avec des événements météorologiques extrêmes et des anomalies record de températures et de précipitations, que l'on peut qualifier de "forçages climatiques". Cependant, hormis ceux liés à la cryosphère, ces événements ne sont pas en tant que tel si exceptionnels, de sorte qu'ils pourraient relever plutôt du fonctionnement normal de la montagne en "régime permanent" (Tricart, 1974), contrairement à ce que pourrait laisser penser la tendance actuelle spontanée à tout imputer au changement climatique du fait de la surmédiation spectaculaire de ces questions. Une exploitation plus systématique des données disponibles pourra permettre d'approfondir ce retour d'expérience et de tirer des conclusions plus définitives concernant les liens statistiques entre ces événements et les évolutions climatiques récentes. Pour une attribution plus formelle, des développements spécifiques adaptés aux aléas de montagne restent à effectuer.

Malgré ce message de prudence, les exemples qui précèdent soulignent bel et bien la vulnérabilité déjà existante de nos territoires face aux impacts d'aléas hydro-gravitaires variés sur

les voies de communication et autres infrastructures, dont les impacts successifs ou simultanés peuvent devenir particulièrement critiques en montagne. Ces situations de type "multialéas" et "multirisques", induites avant tout par une exposition croissante aux aléas naturels liée à la conquête de nouveaux espaces (Ravel, 2009), soulèvent à leur tour la question de la capacité des populations en montagne à s'adapter à une possible multiplication de ce type de phénomènes, compte tenu d'une part, de l'augmentation attendue de la fréquence et de l'intensité des événements météorologiques extrêmes, et, d'autre part, de la dégradation de la cryosphère, les deux types de cause pouvant par ailleurs se combiner et aggraver leurs impacts.

Ainsi convient-il dès aujourd'hui, comme dans une optique d'adaptation aux effets futurs du changement climatique :

- (1) de **renforcer et développer localement une culture des risques naturels** ;
- (2) d'**identifier les points vulnérables** du territoire vis-à-vis d'aléas dont l'intensité est toujours susceptible de dépasser la plus forte intensité connue et/ou prévue et de diminuer ces vulnérabilités autant que faire se peut ;
- (3) de **veiller à ne pas accroître les vulnérabilités** en limitant l'installation de nouveaux enjeux dans les secteurs les plus exposés ;
- (4) de **veiller à ne pas aggraver les aléas** ni en induire de nouveaux lors des opérations d'aménagement en montagne ;
- (5) de **mieux se préparer à la gestion des situations d'urgence**, voire des situations de risques "émergents", pour accroître la résilience des territoires de montagne.

■ Benjamin EINHORN

Chargé de mission
Pôle Alpin d'études et de recherche
pour la prévention des Risques Naturels

Remerciements

G. Mathieu (Educ'Alpes), C. Chaix (OBSCAN), F. Amelot (CNM), P. Deline, L. Ravel et X. Bodin (EDYTEM), N. Eckert et G. Piton (IRSTEA), G. Bièvre (ISTerre), A. Wijbrans (LTHE), D. Kuss (RTM38), L. Voisin (RTM73), J. Liévois (RTM74), A. Lescurier (CG73), R. Gaucher (CG05), A. Gautheron (SPCAN) et V. Boudières (PARN) sont remerciés pour leur contribution à l'enrichissement de cet article, dont une version étendue est disponible sur <http://risknat.org/npps2015> et sur www.centrenaturemontagnarde.org.



Lave torrentielle du Rif Blanc, coupant la RD1091 (Hautes-Alpes) le 14 juin 2015. Grâce à la présence d'une ancienne galerie, la circulation n'a été que brièvement interrompue



Réactivation de la Combe d'Aillot (Valsenestre) avant/après l'événement du 22 juillet 2015

Bibliographie

Amelot F., Couterand S., Deline P. (2007). *Changements climatiques : vers une évolution du risque géologique dans les Alpes ?* Nature et Patrimoine en Pays de Savoie, vol. 23, p. 21-27.

Bodin X., Deline P., Schoeneich P., Ravel L., Magnin F., Krysiecki JM., Echelard T. (2015). *Le permafrost de montagne et les processus géomorphologiques associés : évolutions récentes dans les Alpes françaises*. Rev. Géog. Alpine, 103-2.

Bouvet P., Charvet R., Riguidel A. (2011). *Les glaciers-rocheux dans les Hautes-Alpes : inventaire, cartographie et risques associés*. Rapport ONF-RTM / IGA soutenu par le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie et du Développement Durable, 121 pp.

Charvet R. (2015). *La prise en compte des risques liés au permafrost par le RTM*. Réunion AFDP "Périglaciaire et aménagement", Les Deux Alpes, 18-19 juin 2015.

Einhorn B., Eckert N., Chaix C., Ravel L., Deline P., Gardent M., Boudières V., Richard D., Vengeon JM., Giraud G., Schoeneich P. (2015). *Changements climatiques et risques naturels dans les Alpes : Impacts observés et potentiels sur les systèmes physiques et socio-économiques*. Rev. Géog. Alpine, 103-2.

Deline P., Gardent M., Le Roy M., Magnin F., Ravel L. (2015). *Les évolutions de la cryosphère alpine et leurs effets*. Nature et Patrimoine en Pays de Savoie, ce numéro.

IRMa (2015). *Fortes précipitations en Rhône-Alpes : la Savoie et la Haute-Savoie sont les départements les plus touchés*. Article publié le 04/05/2015

Jomelli V., Pavlova I., Eckert N., Grancher D., Brunstein D. (2015). *A new hierarchical Bayesian approach to analyse environmental and climatic influences on debris flow occurrence*. Geomorphology. In press, Available online 3/06/2015.

Kuss (2015). Etude en préparation.

La Chamoniarde (2015). *Un œil sur la montagne*. Lettre de La Chamoniarde sur les risques naturels, Août 2015, N°2, 2 pp.

Météo-France (2015). *Un mois de juillet très chaud et très sec*. Article publié le 07/08/2015.

Météo-Paris (2015). *Fortes pluies et inondations le 1er mai à l'Est - fort risque d'avalanche*. Article publié le 02/05/2015

OBSCAN (2015a). *Bilans Climatiques - n°37 - printemps*

2015. Bull. de l'Obs. savoyard du Changement Climatique dans les Alpes du Nord (OBSCAN), 4 pp.

OSCCAN (2015b). *Suivi climatique à Bourg-Saint-Maurice*. MDP-ASADAC, consulté le 23/09/2015.

Parc national des Ecrins (2015). *Des crues dans le secteur du Valbonnais*. Article publié le 24/07/2015.

Pauhle R. (2015). *Lave torrentielle de l'Arcelle, 14 août 2015*. Rapport RTM Savoie, Vers. 1, 20/08/2015, 16 p.

Ravel L. (2009). *Evolution géomorphologique de la haute montagne alpine dans le contexte actuel du réchauffement climatique*. Collection EDYTEM, Cahiers de Géographie, N° 8, pp. 113-124.

République et Canton de Genève (2015). *Crue historique de l'Arve : Levée des dernières restrictions*. En ligne, 27/05/2015

Sesiano J., Girardclos S. (2015). *Ce jour-là, à Genève, les moulins sur le Rhône auraient pu tourner à l'envers...* Nature et Patrimoine en Pays de Savoie, vol. 46, p. 2-5.

Tricart J. (1974). *Phénomènes démesurés et régime permanent dans les hauts bassins montagnards*. Rev. de géomorpho. dynamique. TXXIII, pp 94-114.

Les risques naturels en montagne en 2015 : un avant-goût des impacts du changement climatique ?

Benjamin Einhorn

Pôle Alpin d'études et de recherche pour la prévention des Risques Naturels (PARN), Grenoble
Correspondance : benjamin.einhorn@ujf-grenoble.fr

Article édité par François Amelot, Centre de la Nature Montagnarde (CNM), Sallanches

Crédits photos* :

BFM TV : p. 31 haut

Conseil Départemental de la Savoie / Anne Lescurier : page 28 milieu

Dauphiné Libéré : page 28 haut, 30 milieu

PARN / Benjamin Einhorn : page 26 haut

ISTerre / Grégory Bièvre : p. 28 milieu

France 3 Régions / Thibault Loubère : page 28 bas

Radio Val d'Isère.com : page 30 bas

Refuge du Leschaux.com : page 29 bas

RTM 38 / Damien Kuss : page 31 bas

Vallouise.info : page 30 milieu haut

*Les crédits photos apparaissent sur les 2ème et 3ème pages de couverture de la revue.

