



*Pôle Alpin d'Études et de Recherche  
pour la Prévention des Risques Naturels*

# Changement climatique et risques naturels dans les Alpes

## Événements remarquables 2016



Simon Gérard, Rodrigo Calla Jiménez et Benjamin Einhorn

Novembre 2018

Avec le soutien de :



# Table des matières

---

Introduction .....	3
Principaux événements en 2016 .....	5
<b>Période de précipitations importantes fin mai 2016 .....</b>	<b>8</b>
<b>Été et début d'automne chaud et sec .....</b>	<b>10</b>
<b>Période de précipitations intenses en fin d'année .....</b>	<b>11</b>
<b>Evènements isolés .....</b>	<b>12</b>
<b>Écroulements du Mont Granier .....</b>	<b>12</b>
<b>Glissement du Bersend.....</b>	<b>13</b>
<b>Glissement de l'Harmalière .....</b>	<b>14</b>
<b>Glissement de la Belotte (Embrun).....</b>	<b>16</b>
Conclusion.....	17
Références.....	17
Remerciements.....	18
Annexes .....	18
Annexe 1 : Inventaire non exhaustif des événements 2016 « remarquables » .....	19
Annexe 2 : Fiches événements : principaux événements extraits de l'inventaire 2016 .....	21
Annexe 3 : Expertise technique du département de la Savoie sur 4 événements de 2016.....	21

## Photos de couverture :

- Glissement du Bersend (commune de Beaufort, Savoie) ©Le Dauphiné
- Bade-Wurtemberg (Braunsbach)
- Glissement de l'Harmalière (Trièves, Isère) ©ISTerre/G. Bièvre

# Introduction

Le changement climatique entraîne une dérive progressive des valeurs moyennes et extrêmes dans les paramètres climatiques, 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 alpines sont particulièrement sensibles à ce type d'épisodes météorologiques, qui jouent souvent un rôle essentiel dans la préparation et le déclenchement de nombreux aléas naturels en montagne.

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. Des changements plus progressifs sont également perceptibles dans la saisonnalité ou la localisation des phénomènes.

Suite au nombre inhabituellement élevé de phénomènes naturels générateurs de dommages observés dans le massif alpin ces dernières années, le PARN a mis en place un suivi des événements considérés comme « remarquables », dans le contexte du changement climatique, par les acteurs opérationnels ou scientifiques de la gestion des risques naturels en montagne. Il s'agit, non pas d'un inventaire à visée exhaustive, mais d'un travail exploratoire de l'évolution observable des phénomènes naturels en milieu alpin et des changements à venir dans le cadre d'une transformation climatique. Ce suivi technique et scientifique s'inscrit dans le cadre de la **plateforme Alpes-Climat-Risques**<sup>1</sup>, animée par le PARN avec le soutien de la Région Auvergne-Rhône-Alpes et de la Région SUD/Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Dans la continuité du rapport sur les événements 2015 (Einhorn et Gérard, 2017), le PARN a poursuivi son travail d'inventaire et d'analyse sur les événements 2016.

Afin de mettre en valeur les relations entre ces événements remarquables et les évolutions climatiques, nous avons mis en place une base de données synthétique à partir de phénomènes choisis, considérés comme « remarquables » en raison de leur fréquence, intensité, saisonnalité, localisation ou conditions de déclenchement particulières, et/ou de leurs impacts physiques et socio-économiques sur les territoires alpins.

Cette base de données se présente sous la forme de **fiches événements** qui contiennent :

- Une présentation du phénomène (lieu, date, description et photographies du phénomène ... ) ;
- Les différents impacts sur le milieu et l'occupation du sol ;
- Les différents territoires et acteurs impliqués dans la gestion de l'événement ;
- Le contexte climatique et les événements associés.

A ces informations s'ajoutent également une liste de personnes référentes d'un point de vue scientifique, ainsi que des liens pour « aller plus loin » dans l'étude du phénomène.

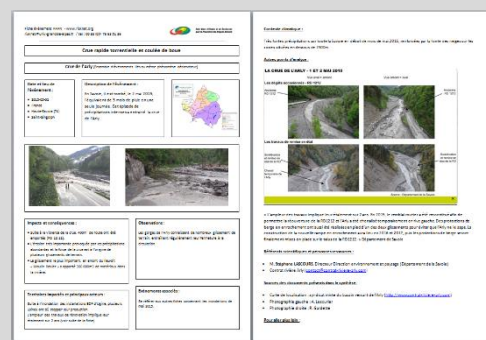
Les événements répertoriés sont par ailleurs classifiés en fonction de leur inscription dans la durée. Ainsi, nous identifions les événements soit comme étant des phénomènes isolés, soit comme étant inscrits dans une série d'événements plus importants, tous liés au même phénomène déclencheur.

Ces fiches événements, qui ne concernent que les événements ciblés, sont complétées par une liste d'événements qui bien qu'intéressants pour illustrer une période climatique particulière, ne sont pas considérés comme remarquables et ne font donc pas l'objet de fiche événement

Ont été placés dans un rapport annexe :

- Annexe 1 : Tableau d'inventaire des événements
- Annexe 2 : Fiches événements : principaux événements extraits de l'inventaire 2016

L'ensemble des fichiers est également disponible sur le portail Alpes-Climat-Risques à l'adresse suivante : [http://www.risknat.org/alpes-climat-risques/Base\\_de\\_connaissances/Evenements\\_remarquables.html](http://www.risknat.org/alpes-climat-risques/Base_de_connaissances/Evenements_remarquables.html)

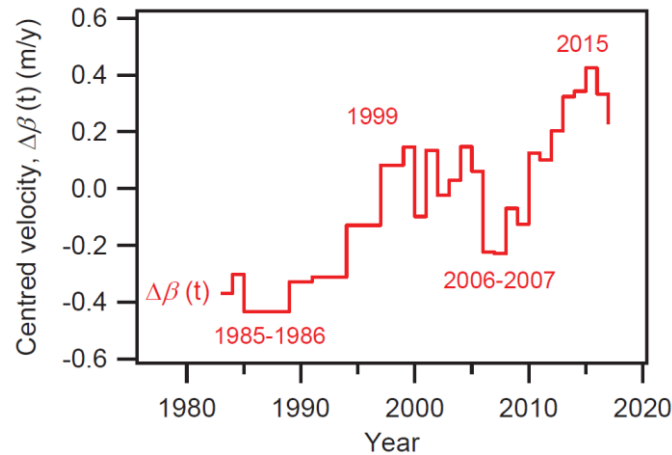


L'année 2016 se démarque par rapport à l'année 2015 au niveau des événements remarquables. En effet, bien que connaissant de forts contrastes au niveau des températures et des précipitations, elle n'atteint pas les records de l'année précédente. Ainsi, bien qu'on puisse distinguer plusieurs périodes

<sup>1</sup> <http://risknat.org/plateforme-alpes-climat-risques/>

climatiques marquées, corrélées à de nombreux événements, ce sont avant tout des événements isolés de grande ampleur mais heureusement aux conséquences socio-économiques limitées qui retiennent ici notre attention, tels que les deux effondrements rocheux du Granier (janvier et avril/mai 2016), le glissement et la « forêt ivre » du Bersend à Beaufort (entre avril et mai 2016), ainsi que les multiples réactivations du glissement argileux de l'Harmalière (juin et novembre 2016 puis janvier 2017).

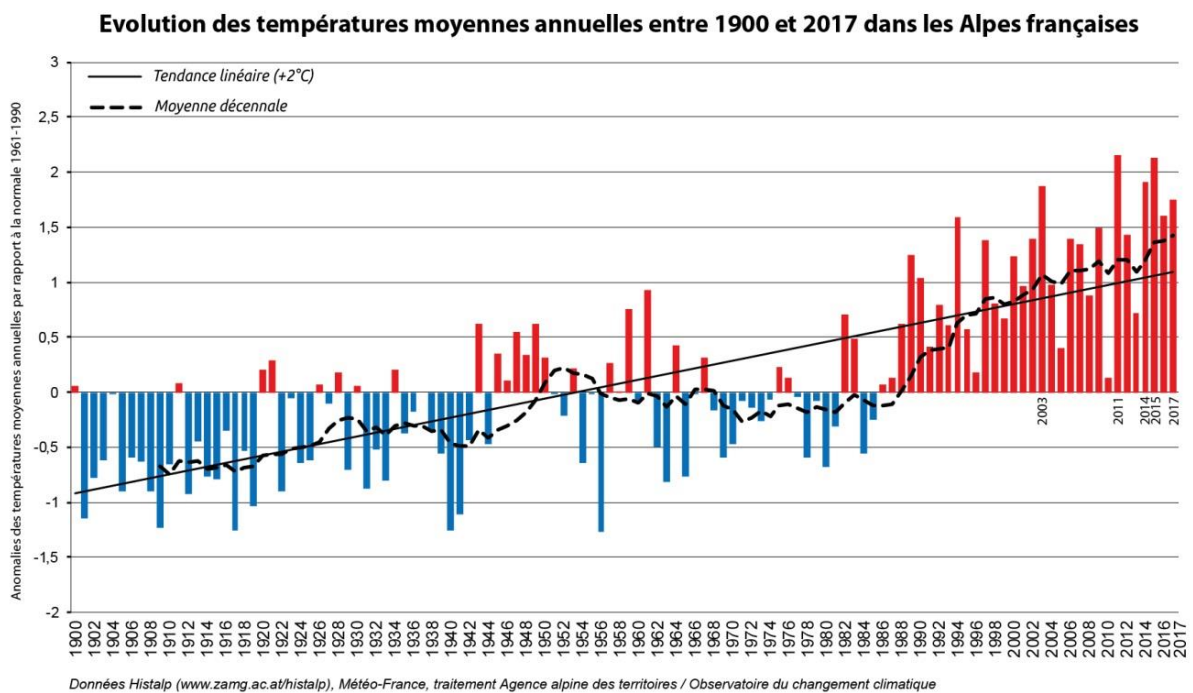
Cette année est également assez particulière dans le sens où la haute montagne ne semble pas être la première touchée par ces épisodes météorologiques saisonniers, contrairement à 2015, en raison de la moindre amplitude des extrêmes (toujours en comparaison avec l'année 2015). On note même un ralentissement de certains des phénomènes liés au permafrost : par exemple, l'année 2016 marque un ralentissement de la vitesse de fluage du glacier rocheux du Laurichard (source : Xavier Bodin).



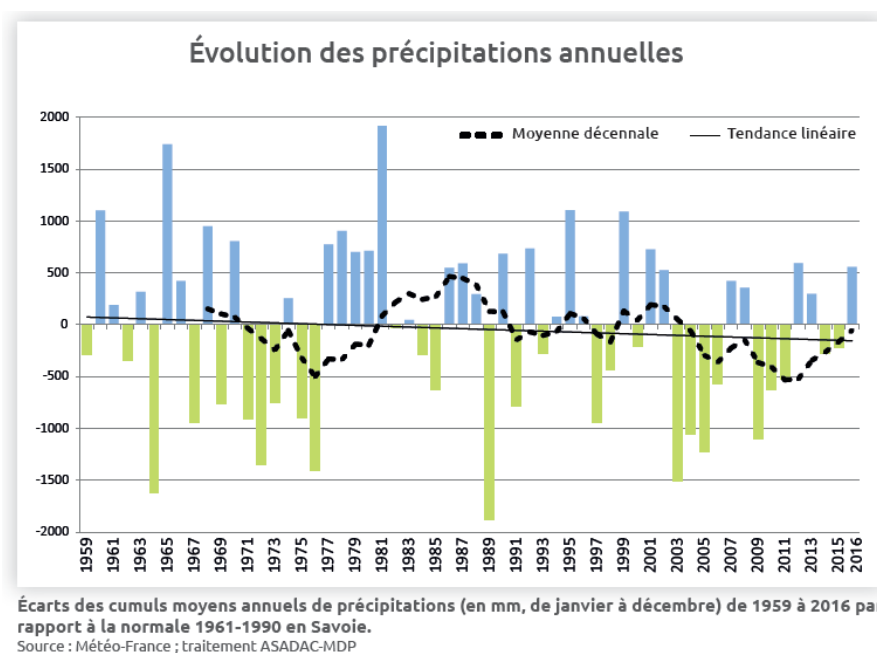
**Figure 1 : Vitesse de fluage du glacier rocheux du Laurichard. Changements de vitesse ( $t$ ) = écarts à la moyenne) représente le temps moyen de réponse sur l'ensemble du glacier rocheux, à tous les points de mesure. Ce signal temporel fournit la meilleure estimation possible du temps de réponse du glacier rocheux, pour la vitesse de surface, vis-à-vis des évolutions climatiques. In : Thibert *et al.* (2018).**

## Principaux événements en 2016

L'année 2016, comparée à 2015, a été globalement moins chaude. Cela se traduit par une 9<sup>ème</sup> place sur l'échelle des années les plus chaudes depuis le début des mesures en 1959 contre une 2<sup>ème</sup> place pour l'année 2015 (Figure 2, OBSCAN<sup>2</sup>).



**Figure 2 : Températures moyennes annuelles dans les Alpes françaises (OBSCAN, 2017).**



**Figure 3 : Précipitations moyennes annuelles en Savoie (OBSCAN, 2017).**

<sup>2</sup> OBSCAN, Bilans climatiques n°45, année 2016.

Cependant, si en moyenne l'année 2016 se démarque moins que l'année 2015, elle présente un bilan fortement contrasté, que ce soit avec une alternance de périodes chaudes et sèches et de périodes de précipitations importantes, ou avec des contrastes spatiaux entre les différentes zones altitudinales en montagne, qui se manifestent par une sensibilité particulière des milieux de moyenne montagne, et se traduisent par un positionnement à la 5<sup>ème</sup> place des zones de moyenne montagne sur l'échelle des années les plus chaudes depuis 1959.

Ainsi, sur 2016, les milieux de haute montagne apparaissent relativement plus épargnés par les évolutions climatiques que les milieux de moyenne montagne, entraînant une diminution du nombre d'événements remarquables dans ces milieux par rapport à l'année 2015. En effet, les deux fins d'années 2015 et 2016 sont marquées par un temps sec et chaud et par de fortes inversions de températures. Ainsi, si les milieux de moyenne montagne, et particulièrement les Préalpes ont beaucoup souffert de ce phénomène, souvent suivis de fortes précipitations à l'origine d'aléas importants, les milieux de haute montagne, quant à eux, ont connu une année sans trop fortes chaleurs, avec de la neige au printemps.

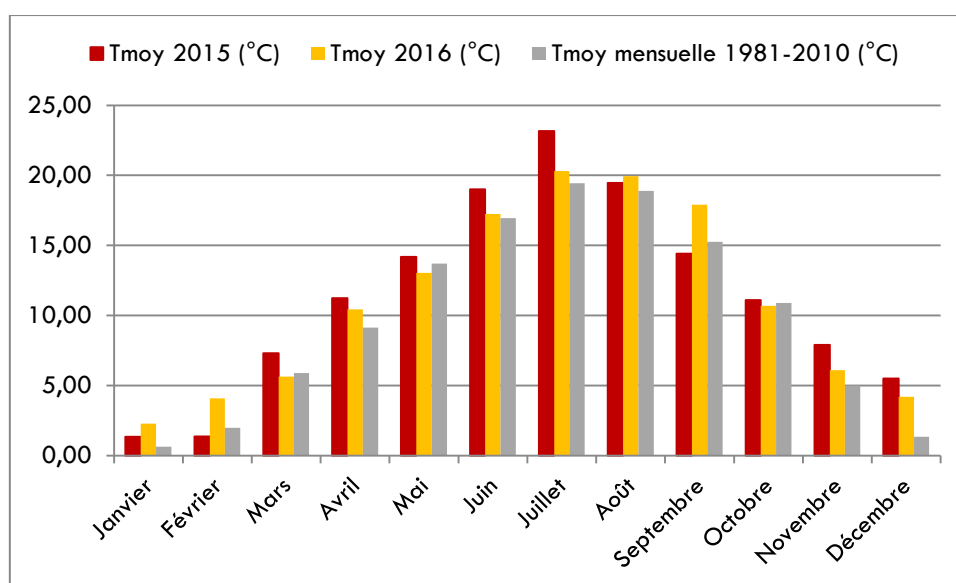


Figure 4 : Comparaison des températures mensuelles des années 2015 et 2016 avec les normales 1981-2010. Source des données : OBSCAN (2017).

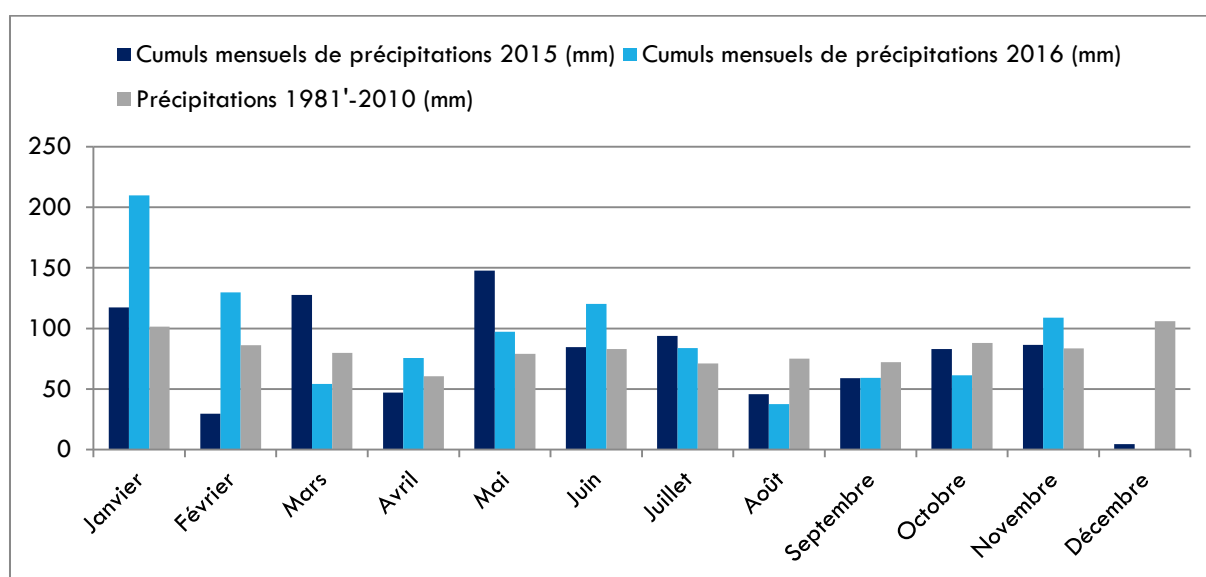


Figure 5 : Comparaison des cumuls de précipitations mensuels des années 2015 et 2016 avec les normales 1981-2010. Source des données : OBSCAN (2017).



Plusieurs périodes se démarquent. Tout d'abord deux périodes de précipitations intenses, sur le premier semestre, à l'origine d'importants événements : en janvier/ février puis, fin mai / début juin. Cependant, la douceur des températures en début d'année n'a pas permis la mise en place d'un enneigement optimal, qui sera assez tardif et relativement court dans les zones de moyenne montagne.

Ensuite, et malgré un excédent de précipitations de 10% sur l'ensemble de l'année en Savoie (figure X), on peut observer un second semestre sec, avec une fin d'été (juillet-septembre) et un mois de décembre particulièrement touchés. Le mois de décembre, à l'instar du mois de décembre de l'année précédente se caractérise ainsi par une absence totale de précipitations.

Enfin, à l'intérieur de ce second semestre remarquable par son manque de précipitations, une période de fortes précipitations vient s'intercaler fin novembre

Au niveau des phénomènes naturels à l'origine d'arrêtés de catastrophe naturelle en région Auvergne-Rhône-Alpes, l'année 2016 se démarque une nouvelle fois de l'année 2015. Ainsi, en 2015, 118 communes différentes avaient subi des dommages à l'origine d'au moins un arrêté de catastrophe naturelle, pour un total de 160 arrêtés. En 2016, au contraire seules 12 communes avaient subi des dommages à l'origine d'au moins un arrêté de catastrophe naturelle, pour un total de 13 arrêtés (Figure 6 / source : base de données Gaspar - Gestion ASsistée des Procédures Administratives relatives aux Risques). La diminution entre 2015 et 2016 est particulièrement flagrante pour les départements de Savoie et de Haute-Savoie dont le pourcentage de communes touchées par au moins un arrêté de catastrophe naturelle passe respectivement de 13% à 2% et de 24% à 1% (figure 7).

Il est intéressant de noter que les arrêtés de catastrophe naturelle se corrént avec les périodes de précipitations intenses : fin mai / début juin et novembre (figure 6).

	Auvergne-Rhône-Alpes				Provence-Alpes-Côte d'Azur			Par mois
	Drôme (26)	Isère (38)	Savoie (73)	Haute-Savoie (74)	Alpes de Haute-	Hauts-Alpes (05)	Alpes Maritimes	
Janvier	1	0	0	0	4	0	1	6
février	0	0	0	0	0	0	0	0
Mars	0	0	1	0	0	1	1	3
Avril	0	0	0	0	1	2	1	4
Mai	0	0	0	0	0	0	0	0
Juin	0	1	2	2	1	0	1	7
Juillet	1	0	0	0	2	2	2	7
Août	0	0	0	0	0	0	0	0
Septembre	0	0	1	0	0	0	1	2
Octobre	0	0	0	0	0	0	0	0
Novembre	0	0	4	0	10	3	6	23
Décembre	0	0	0	0	0	0	0	0
								52

Figure 6 : Distribution des arrêtés de catastrophe naturelle par mois et par département en région AuRA et PACA

Année/Département	Auvergne-Rhône-Alpes			
	Drôme (26)	Isère (38)	Savoie (73)	Haute-Savoie (74)
2015	1%	2%	13%	24%
2016	1%	0%	2%	1%

Figure 7 : Pourcentage de communes touchées, par département, par au moins un arrêté de catastrophe naturelle en région AuRA

Bien qu'étant un bon indicateur de l'évolution des phénomènes naturels et de leur impact sur les enjeux anthropiques, il est cependant nécessaire de rappeler que les arrêtés de catastrophe naturelle ne prennent en compte que les aléas ayant touché du bâti. Les réseaux routiers ne sont pas pris en compte dans la mise en place d'un arrêté.

## Période de précipitations importantes fin mai 2016

De fin mai à mi-juin 2016, un épisode remarquable de crues généralisées s'est produit en Europe centrale (figure 8 & fiche événement dédiée), accompagné de crues rapides au nord de l'Arc alpin (Bachmaier et Faust, 2017). Les dégâts se chiffrent en milliards d'euros (Piper et al., 2016). La période de fin mai 2016 se démarque par de très fortes précipitations (le printemps 2016 enregistre un excédent de 20% de précipitation par rapport à la moyenne, et se classe à la 18e place des printemps les plus arrosés depuis 1959) à l'origine de nombreuses inondations, et ce dans toute l'Europe. Dans les régions alpines, ces pluies torrentielles ont particulièrement touché le sud de l'Allemagne (Bade-Wurtemberg et Bavière – voir figure 10).



Figure 8 : Zone touchée par les inondations de mai et juin en Europe (Sophie Bachmaier and Eberhard Faust)

En Bavière, des cumuls de pluie supérieurs à 270 litres/m<sup>2</sup> entre le 31 mai et le 1er juin ont provoqué des inondations soudaines et une cascade de conséquences variées dans la petite ville de Simbach. Tous les chenaux hydrauliques et les mesures de protection existants ont été complètement dépassés, car le débit a atteint au moins cinq fois le débit de projet des ouvrages. Pire encore, plusieurs ponts ont été obstrués et des barrages se sont effondrés, de sorte que la ville de Simbach a été complètement inondée (Figure 9). Cinq personnes sont mortes lors de ces inondations. En plus des dommages dans le village, plus de 45 000 personnes et 5 000 bâtiments ont été affectés dans le district administratif de la de Rottal-Inn. Le coût total des dommages estimé dépasse 1 milliard d'euros. Cet événement catastrophique est illustratif d'un **cas de surcharge** au cours duquel, parmi d'autres facteurs, l'échec des mesures de protection a conduit à un écoulement incontrôlé de l'eau dans le village de Simbach. À l'avenir, de tels scénarios dynamiques doivent être pris en considération. Néanmoins, les dommages ne peuvent jamais être complètement empêchés, particulièrement dans la phase de montée des eaux, lorsque le temps et les possibilités de réagir sont limités (Schneiderbauer et al., 2018).



Figure 9 : Crue torrentielle du Simbach en Basse-Bavière, fin mai 2016, inondant la rue Innstraße. © Pressefoto Geiring, In : Schneiderbauer et al. (2018).

Si les fleuves du Danube et de l'Inn avaient déjà connus des inondations par le passé et avaient été sécurisés par un développement des installations de protections et des digues, les inondations de mai 2016 à Simbach et Braunsbach ont pour origine la crue des nombreux affluents.



A Simbach, on observe des cumuls de 45L d'eau par mètre carré sur seulement 24h.



**Figure 10 : Résultats des fortes pluies de mai 2016 à Braunsbach (Allemagne, Bade-Wurtemberg) - Source : ibtimes.uk**

Les événements de Braunsbach sont particulièrement impressionnants en raison de la quantité de matériel déplacé (figure 10). En effet, les crues éclairées qui se sont déclenchées à la suite de l'épisode de précipitations intenses ont entraîné la sortie de leur lit de plusieurs cours d'eau, détruisant leur berge et mobilisant une quantité importante de matériaux.

Dans le nord de la France, la même période de précipitations a engendré 182 000 sinistres sur 19 départements, soit un coût estimé à 1,4 milliard d'euros (Source : Le Figaro, 31 mai 2017).

Au niveau des Alpes françaises, cette période de précipitations intenses s'est traduite par une recrudescence des laves torrentielles et des glissements de terrain, comme à Beaufort ou dans le val d'Arly en Savoie (voir ci-après). Si ces phénomènes n'ont pas eu d'impacts majeurs sur des zones bâties (comme en Allemagne), ils ont causés de nombreux dommages sur le réseau routier.

Les divers événements dommageables causés par ces épisodes de précipitations intenses ont fait l'objet de nombreux arrêtés de catastrophe naturelle<sup>3</sup>, dans les Alpes (cf figure 6 et 7) et dans le nord de la France.



**Figure 11 : Glissement du Bersend (commune de Beaufort), mai 2016. Source : IRMa<sup>4</sup>**

Bien que les événements individuels en eux-mêmes ne puissent être considérés comme remarquables, c'est l'inscription dans un temps limité et la forte occurrence en lien avec une période de précipitations intense qui est remarquable (cf. fiches événements).

L'expertise technique du département de la Savoie sur 4 événements de 2016 est disponible en annexe 3.

<sup>3</sup> <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000032914938&dateTexte=20170605>

<sup>4</sup> [http://www.irma-grenoble.com/photos/diaporama\\_phototheque.php?id\\_photos=4905&theme=2](http://www.irma-grenoble.com/photos/diaporama_phototheque.php?id_photos=4905&theme=2)



## Été et début d'automne chaud et sec

L'été a été globalement chaud et sec sans entraîner spécialement d'aléas remarquables, malgré quelques épisodes de précipitations brusques et intenses à l'origine de plusieurs laves torrentielles importantes (Figure 12). Néanmoins, il contribue aux fortes instabilités des sols, résultats, par exemple, d'une sécheresse des sols associée à une saturation en eau provoquée par l'arrivée d'épisodes courts de précipitations fortes et intenses.

On note par exemple l'épisode orageux du 12 juillet à l'origine d'une lave torrentielle importante à Pralognan-La-Vanoise qui a charrié près de 2000 m<sup>3</sup> de matériaux, mais aussi de plusieurs laves torrentielles dans la vallée de la Clarée (le ravin des Sables, de la Pinatelle et de Pece...).



**Figure 12 : Lave torrentielle, Pralognan-la-Vanoise, 11 Juillet 2017. Sources : La Savoie (12 juillet) / Le Dauphiné Libéré (12 juillet)**

On peut également observer de nombreux événements de faible ampleur, qui ne peuvent pas être considérés comme remarquables, mais qui sont néanmoins témoins du développement de ces nouvelles instabilités, comme ce fut le cas pour la vidange de lac dans la réserve de Villaroger, commune du massif de la Vanoise dans la vallée de la Tarentaise en Savoie.



**Figure 13 : Coulée de lave torrentielle liée à la rupture d'un bouchon de neige sur le lac supérieur de Riondaz dans la réserve naturelle de Villaroger (Vanoise). Source : V. Augé**

## Période de précipitations intenses en fin d'année

Une nouvelle vague de précipitations intenses s'inscrit entre deux périodes relativement sèches en fin d'année 2016.

Ainsi, la fin du mois de novembre est marquée par un très fort retour d'est à l'origine de précipitations extrêmes. En haute montagne, cela se traduit par de fortes chutes de neiges (jusqu'à 4 m selon météo France). En moyenne montagne, on observe plusieurs cas de pluies torrentielles à l'origine de crues et de laves torrentielles comme pour la crue du Buëch ou les laves torrentielles qui ont touché la commune de Tignes. Ces épisodes extrêmes se traduisent, à Bessans, par un excédent mensuel de 330% (360 mm de précipitation<sup>5</sup>).

### Transport de neige

Station FlowCapt Bonneval-sur-Arc [Qu'est-que c'est ?](#)

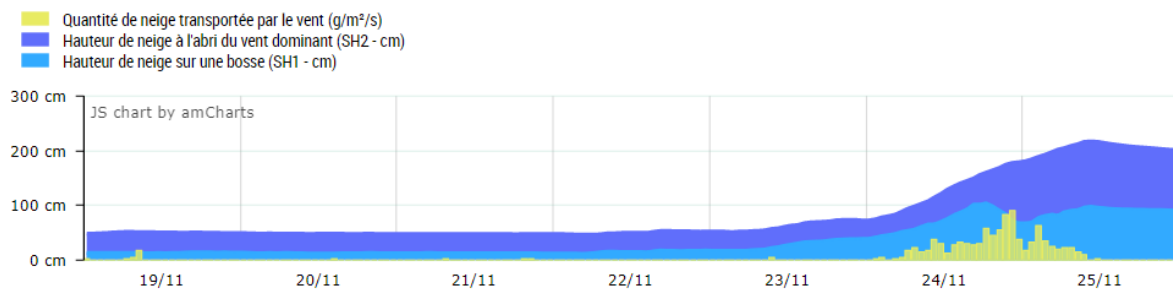


Figure 14 : Cumuls de neige suite au retour d'est de fin novembre 2016 à Bonneval sur Arc. Source data-avalanche.org



Figure 15 : Gauche : Lave torrentielle de fin novembre 2016 entre Modane et Aussois. Source : France Bleue / Droite : conséquence d'une lave torrentielle sur la commune de Tignes, dans la nuit du 24 au 25 Novembre. Source : Le Dauphiné Libéré (25 novembre 2016)

<sup>5</sup> OBSCAN, Bilan climatique n°47.



## Evènements isolés

Si l'année 2016 ne se distingue pas particulièrement (par rapport à l'année 2015) sur le plan des événements extrêmes liés à des épisodes saisonniers exceptionnels, elle se caractérise par des événements isolés de très grande ampleur, témoins des processus d'érosion actifs dans les Alpes.

S'il n'est pas possible de relier directement ces événements aux évolutions climatiques, bien que le contexte climatique semble avoir favorisé le déclenchement de certains d'entre eux (comme le souligne Fabien Hobléa ci-après, dans le cas des deux effondrements du Granier), il est néanmoins important de les prendre en compte dans l'évolution globale des Alpes au cours des dernières années, et comme témoins des changements qui pourraient se généraliser dans les prochaines années.

### Ecrolements du Mont Granier



Figure 16 : 1<sup>er</sup> effondrement du Granier, 9 janvier 2016 (à gauche : © Le Dauphiné ; à droite : © France 3 Région).

Entre janvier et avril 2016, le Granier a connu deux effondrements importants. Fabien Hobléa, enseignant-chercheur au laboratoire EDYTEM de l'Université Savoie-Mont-Blanc, en livre un témoignage :

« L'examen des données climato-météorologiques de la fin 2015 et du premier semestre 2016 fournies par Christophe Chaix de l'Observatoire Savoyard du Changement Climatique est assez éloquent : nous avons affaire à une période exceptionnelle à plus d'un titre. Le mois de décembre est d'abord marqué en Chartreuse par une douceur record associée à une période sèche de 25 jours consécutifs. A la station de Saint-Pierre de Chartreuse à 945 m d'altitude, la température moyenne de décembre 2015 atteint la valeur record de  $+6,3^{\circ}\text{C}$ , soit près de  $5^{\circ}\text{C}$  au-dessus de la normale. En cause une inversion thermique marquée et durable (à la station météo de Challes-les-Eaux à 291 m d'altitude, la moyenne de décembre 2015 est de « seulement »  $+4,8^{\circ}\text{C}$ ). Durant ce même mois, Saint-Pierre ne reçoit que 45 mm de précipitations au lieu des 180 mm habituels, soit quatre fois moins que la normale... Avec en conséquence un Noël et un nouvel an quasiment sans manteau neigeux. Et cette douceur persiste durant janvier et février, aux environs de  $+3^{\circ}\text{C}$  de moyennes mensuelles pour des mois habituellement proches de  $0^{\circ}\text{C}$  de moyenne. Par contre, dès la fin de la première semaine de janvier, et ce durant les 5 mois suivants (hiver et printemps), la Chartreuse se met à recevoir beaucoup plus de précipitations que la normale, avec par exemple 272 mm en janvier sur St Pierre (moyenne = 161 mm). Aux altitudes des parois du Granier, entre 1600 et 1900 m, se produisent de nombreuses alternances gel-dégel et pluie-neige-pluie, y compris au cœur de l'hiver. L'un de ces épisodes de yo-yo thermique et de précipitations solides/liquides affecte le Granier jusqu'au sommet à la veille de l'écroulement du 9 janvier. Il est classique que se déclenchent des mouvements de terrain à la suite d'épisodes de sécheresse lors des premiers abats d'eau importants qui, en s'infiltrant dans les fissures et joints de strates et en servant de lubrifiant, peuvent perturber brutalement la mécanique des roches, d'autant plus si des yo-yo thermiques permettent des alternances gel-dégel par-dessus. C'est vraisemblablement la cause première de l'écroulement du pilier nord-ouest du Granier côté Entremont le 9 janvier. Paradoxalement, c'est aussi quasi les mêmes circonstances météo-climatiques particulières qui peuvent expliquer la déstabilisation de l'écaïlle nord-est côté Chapareillan fin avril-début mai. Cette fois peut être invoquée la fraîcheur relative d'un printemps par ailleurs toujours beaucoup plus arrosé que la normale, avec persistance fin avril-début mai en altitude de gels nocturnes et de dégels matinaux au lever du soleil sur la face orientale qui fait sentir ses effets déstabilisants sur l'écaïlle fissurée vers 8h/8h30 du matin. » (Hobléa, 2016).

Entre le 28 avril et le 7 mai, c'est au tour de la face nord-est du Mont Granier de connaître plusieurs épisodes d'écroulement importants. Ces phénomènes se traduisent par un volume écroulé estimé entre 80 000 et 100 000 m<sup>3</sup>. Suite aux précipitations importantes de début mai, le matériel sédimentaire écroulé va alimenter plusieurs laves torrentielles importantes (figure 17).



Figure 17 : 2<sup>nd</sup> effondrement du Granier, entre le 28 avril et le 7 mai 2016. © Fabien Hobléa/EDYTEM.

### Glissement du Bersend

Un glissement de terrain de grande ampleur lié à la fonte nivale s'est produit au printemps, entre avril et mai sur les hauts du hameau du Bersend, entre Beaufort et Arêches (Savoie). Cet énorme glissement a charrié de la boue, des rochers et des arbres sur une surface de près de 26 hectares, modifiant profondément le paysage sur ce versant, qui a désormais l'aspect d'une « forêt ivre » (Figure 18).

Glissement important, capable de mobiliser, selon les hypothèses entre 30 et 40 000 m<sup>3</sup> de matériaux (RTM 73), il n'est pas, à l'instar des effondrements du Granier et des glissements de l'Harmalière, directement liés aux variations climatiques à petite échelle, la réactivation du glissement ne correspondant pas à un épisode de précipitations intenses.

A ce jour, la surface en mouvement est de 35 Ha, le volume global mobilisable est de 4 millions de m<sup>3</sup> dont 300 000 m<sup>3</sup> très actifs, avec une profondeur en mouvement atteignant 30m. Des laves torrentielles atteignent régulièrement la route, celles de 2018 ont détruit partiellement la RD925. (Anne Lescurier, cd 73)

Bernard Airenti rappelle un glissement semblable, en 1966, dans une combe parallèle. Elle avait conduit à évacuer des habitants. La moraine glaciaire, gorgée d'eau, est connue des spécialistes pour être une zone instable, poussée par la pente. Le phénomène est d'autant plus sournois qu'il peut se réveiller sans prévenir.

Cet événement, bien que d'ampleur moindre que les deux précédents, s'inscrit dans la gestion d'un risque potentiel important, menaçant des zones anthropisées d'une part (dont la route départementale 925 qui mène au barrage de Roselend, fermée après le déclenchement du glissement), et pouvant se coupler avec d'autres aléas (cruue du Doron, embâcles et laves torrentielles) d'autre part.







Figure 18 : Glissement du Bersend à Beaufort-sur-Doron (en haut : © IRMa Grenoble ; en bas : © Le DL).

### Glissement de l'Harmalière

L'année 2016 a vu se produire un second événement majeur : la réactivation du glissement de l'Harmalière, dans le Trièves (Isère). Ce glissement-coulée argileux dont l'activité historique remonte au 19<sup>e</sup> siècle avait déjà connu plusieurs réactivations importantes au cours des dernières décennies : la plus importante, le 7 mars 1981 - qui avait occasionné le déplacement d'environ 250 000 m<sup>3</sup> de matériaux dans le lac de Monteynard-Avignonet -, puis en janvier 1988, janvier 1996 et septembre 2004.

Ce glissement-coulée est bordé au nord par un autre glissement de terrain actif, le glissement du Mas d'Avignonet. Tous-deux font l'objet d'une instrumentation et d'un suivi multi-physique et multi-méthodes, dans le cadre de l'Observatoire Multidisciplinaire des Instabilités de Versants (OMIV)<sup>6</sup>.

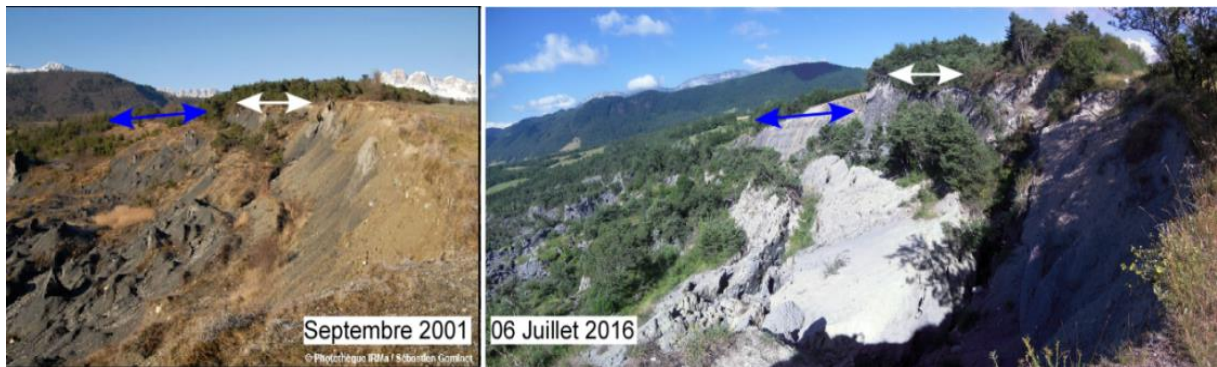
Au cours de l'année, cette nouvelle réactivation s'est opérée en deux temps.

Une première réactivation s'est produite le 27 juin 2016<sup>7</sup>, affectant une surface de près de 80 000 m<sup>2</sup> sur une épaisseur allant jusqu'à 45 m. Le volume total de matériaux déplacés est estimé entre 2 et 3,6 millions de m<sup>3</sup> (Lacroix *et al.*, 2018). Il s'agit ainsi du glissement de terrain le plus important dans le Trièves depuis 1981.

Bien que ne menaçant pour les zones anthropisées (la zone de glissement se situe à plus de 200 m des premières habitations et infrastructures routières), cet épisode est un exemple des mouvements profonds qui animent les massifs alpins.

<sup>6</sup> <https://omiv.osug.fr/TRIEVES/Har.html>

<sup>7</sup> <https://isterre.fr/isterre/a-la-une/article/important-glissement-de-terrain-a-harmaliere>



**Figure 19 : Le glissement de l'Harmalière avant/après la réactivation de juin 2016. © Grégory Bièvre/ISTerre.**

Deux autres réactivations sont survenues fin 2016 et début 2017. Suite au premier épisode de juin, le site avait fait l'objet d'un complément d'instrumentation à l'aide de capteurs sismiques et de systèmes GNSS à bas-coût, ce qui a permis d'enregistrer les secousses à l'origine du glissement et de modéliser de manière plus précise son évolution. Les scientifiques de l'Institut des Sciences de la Terre (ISTerre) ont pu ainsi aboutir à une modélisation de l'évolution du glissement : si sa niche d'arrachement continue son érosion régressive au même rythme qu'observé au cours des dernières décennies (1,5 à 3 m/an en moyenne), il pourrait atteindre les premières habitations de la commune de Sinard d'ici quelques décennies (source : Denis Jongmans, *com. pers.*)<sup>8</sup>.



**Figure 20 : Glissement de l'Harmalière après la réactivation de novembre 2016. ©Gregory Bièvre/ISTerre**

Plus largement, à l'échelle du Trièves, dont 15% de la surface est affectée par des glissements de terrain (Jongmans *et al.*, 2009), ce phénomène par son ampleur et sa rapidité vient rappeler l'importance de mener un suivi continu de ce type de glissements lents (quelques cm/an), certains d'entre-eux étant susceptibles de connaître des réactivations soudaines, sous forme de coulées, afin d'en permettre une détection précoce.

<sup>8</sup> <https://isterre.fr/isterre/a-la-une/article/harmaliere-la-glisse-continue>



### Glissement de la Belotte (Embrun)

On peut également noter la réactivation en mars 2016 d'un glissement profond sur la commune d'Embrun (Hautes-Alpes). Trois quartiers sont touchés : les Fauvettes, les Vignes et la Belotte. Le mouvement de grande ampleur n'est pas manifeste (bien que n'étant pas exclu – Rapport RTM) et le glissement pourrait être également défini comme une poussée des terres ponctuelle. Dans les deux cas, la particularité de cet important glissement est qu'il menace de nombreuses zones habitées (Figure 21).

Photo pour être homogène avec les 3 autres événements



**Figure 21 : Habitations affectées par le glissement dans le quartier de la Belotte (©ville-embrun.fr).**

Le rapport RTM datant de décembre 2017 ne relie pas directement la réactivation du glissement avec les évolutions climatiques, bien que ces dernières puissent avoir fait office de facilitateur, et propose plusieurs pistes concernant les causes de la réactivation :

- « L'essentiel des désordres avérés du versant de la Belotte pourraient correspondre à un début de réactivation d'un glissement d'ensemble ancien avec une activité plus aiguë sur ses bordures.
- Aucune modification des conditions d'équilibre du secteur liées à des terrassements (déblai importants ou fortes surcharges par remblais, etc.) n'étant intervenue, le déclenchement des désordres observés doit être en lien avec une évolution du régime hydraulique du versant dont les causes sont difficiles à identifier.
- On n'observe pas de corrélation nette entre le déclenchement des événements pluviométriques majeurs. Cela peut s'expliquer par le fait que l'infiltration et la circulation des eaux souterraines dans ce type de formation géologique peuvent s'établir sur de longues périodes avec un net décalage avec l'apparition des désordres.
- Parmi les causes évoquées, un lien avec l'activité sismique observée n'apparaît pas de façon évidente. Des hivers doux et humides plus fréquents ces deux dernières années peuvent faciliter l'infiltration des eaux de surface dans le sol et modifier le régime des eaux souterraines.
- Le rôle des infiltrations et divagations de cours d'eau, notamment à l'amont du secteur est important sans que l'on puisse identifier précisément leur origine. »

Par la suite, le statut de catastrophe naturelle pour ce glissement a été reconnu en mars 2018.

## Conclusion

---

L'année 2016 contraste avec l'année 2015, qui avait été particulièrement extrême d'un point de vue climatique et ponctuée de très nombreux événements remarquables en haute montagne tout comme dans les vallées alpines. Les événements remarquables observés en 2016 ont en effet plutôt concerné des milieux de moyenne montagne. On retiendra en particulier la réactivation de grands mouvements de terrain - glissements de terrain plus ou moins profonds et éboulements rocheux accompagnés de coulées de boue ou de laves torrentielles (pendant ou après ces phases de réactivation), souvent déclenchés par des épisodes météorologiques marqués (fortes pluies, fonte des neiges), ainsi que les inondations catastrophiques en Allemagne provoquées par des pluies intenses sur le flanc nord de l'arc alpin qui ont causé la défaillance des systèmes de protection existants.

Dans l'hypothèse d'une évolution rapide du climat dans les années à venir, caractérisée par des contrastes climatiques accrus, une transformation des saisonnalités et l'alternance répétée d'épisodes météorologiques intenses ou extrêmes, les phénomènes remarquables observés en 2016 pourraient donc être représentatifs d'une potentielle recrudescence des aléas gravitaires en moyenne montagne.

La question de la vulnérabilité de ces territoires de moyenne montagne fait l'objet d'études et de recherches collaboratives, menées notamment dans le cadre du projet ADAMONT et du projet ARTACLIM.

## Références

---

- Bachmaier S., Faust E. (2017). Rainstorms over Europe. In : Munich Re Topics Geo 2016 'Natural catastrophes 2016 Analyses, assessments, positions', 2017 issue, pp. 27-30. | [Link](#)
- Einhorn B. et Gérard S. (2017). *Changement climatique et risques naturels dans les Alpes : Événements remarquables 2015*. Rapport technique PARN, 23 pp. + Annexes. | [PDF](#)
- Hobléa, F. (2016). Quand le Granier fait son show, in : *le Petit Echo des Entremonts* n°78 de novembre 2016.
- Jongmans, D., Bièvre G., Schwartz S., Renalier F., Bearez N., (2009). Geophysical investigation of the large Avignonet landslide in glaciolacustrine clays in the Trièves area (French Alps). *Eng. Geol.* 109, 45–56. | [DOI](#)
- Lacroix P., Bièvre G., Pathier E., Kniess U., & Jongmans D. (2018). Use of Sentinel-2 images for the detection of precursory motions before landslide failures. *Remote Sensing of Environment* 215, 507–516. | [DOI](#)
- OBSCAN 2017, bilans climatiques n°42 à 48.
- Piper D., Kunz M., Ehmele F., Mohr S., Mühr B., Kron A., Daniell, J. (2016). Exceptional sequence of severe thunderstorms and related flash floods in May and June 2016 in Germany – Part 1: Meteorological background. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 16, 2835-2850. | [Link](#)
- Ravanel L., Amitrano D., Deline P., Gallach X., Helmstetter A., Hoblea F., Le Roy G., Ployon E., 2016, The small rock avalanche of January 9, 2016 from the calcareous NW pillar of the iconic Mont Granier (1933 m asl, French Alps). *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 18, EGU 2016 – 13535-1
- Schneiderbauer S., Hartmann S., Dalla Torre C., Dinkelaker N., Sankowsky A., Hoffmann C., Pedoth L. Streifeneder T., Rimböck A., Berger H., Farbridge P. (2018). Beyond the Expected – Natural hazards in the Alpine Region: Dealing with cases of overload and the residual risk. *Policy Paper: Bavarian State Ministry of the Environment and Consumer Protection (STMUV) / EURAC / AlpGov Project / EUSALP Action Group 8*, 16 pp. | [PDF](#)
- Thibert E., Bonnefoy-Demongeot M., Finance F., Bodin X. (2018). Extracting the time signal in surface velocity changes along 3 decades at Laurichard rock glacier (French Alps). *9<sup>th</sup> European Conference on Permafrost EUCOP2018*, Chamonix Mont Blanc, 23 May – 1<sup>st</sup> June 2018, Book of abstracts, pp. 615-616.

## Remerciements

---

Dans le cadre de ce travail exploratoire, nous tenons à remercier pour leur apport, leur conseil, leur soutien et leur collaboration : Vincent AUGÉ (PNR Vanoise), Xavier BODIN (EDYTEM), Richard Bonet (PNR Ecrins), Suzanne BARNAVE (PNR Chartreuse), Grégory BIEVRES (ISTerre), Philippe BOUVET (RTM Alpes du Sud), Gaëlle BOURGEOIS (CD Savoie), Olivier CARTIER-MOULIN (PARN), Christophe CHAIX (OBSCAN), Philip DELINE (EDYTEM), Sylvain DUPIRE (Irstea Grenoble), Agnès FOULTIER (CEREMA), Sébastien GOMINET (IRMa Grenoble), Fabien HOBLEA (EDYTEM), Denis JONGMANS (ISTerre), Sophie JUSTICE (Géopark Chablais), Pierre-Yves LECORDIX (CD Isère), Anne LESCURIER (CD Savoie), Marco MARCELLO MARCER (EDYTEM), Pierre ROBERT (DIRMED/DADS), Vincent SEGEL (RTM Hautes-Alpes).

## Annexes

---

**Annexe 1 : Inventaire non exhaustif des événements 2016**

**Annexe 2 : Liens vers les fiches événements**

**Annexe 3 : Expertise technique du département de la Savoie sur 4 événements de 2016**



## Annexe 1 : Inventaire non exhaustif des événements 2016 « remarquables »

Glissements de terrain et chutes de blocs	Eboulement	2016-01-10	Savoie (73)	Mont Granier
Avalanches	Avalanche	2016-01-14	Isère (38)	Station des Deux-Alpes
Avalanches	Avalanche	2016-01-18	Savoie (73)	Valfréjus
Glissements de terrain et chutes de blocs	Eboulement	2016-01-20	Isère (38)	Le Freney en Oisans
Glissements de terrain et chutes de blocs	Eboulement	2016-01-23	Haute-Savoie (74)	Val d'Arly
Glissements de terrain et chutes de blocs	Eroulement	2016-03	Suisse	Canton des Grisons
Glissements de terrain et chutes de blocs	Glissement de terrain	2016-03	Hautes-Alpes (05)	Embrun
Glissements de terrain et chutes de blocs	Glissement de terrain	2016-03&05	Savoie (73)	Bersend
Glissements de terrain et chutes de blocs	Eboulement	2016-04-21	Haute-Savoie (74)	Samoens et Morillon
Glissements de terrain et chutes de blocs	Eboulement	2016-04-22	Hautes-Alpes (05)	Gorges du Guil
Avalanches	Avalanche	2016-04-24	Isère (38)	Cîme de Jasse
Glissements de terrain et chutes de blocs	Eboulement	2016-04-30	Savoie (73)	Mont Granier
Glissements de terrain et chutes de blocs	Glissement de terrain	2016-05-04	Savoie (73)	Beaufort
Crues rapides, torrentielles et coulées de boue	Lave torrentielle	2016-05-19	Savoie (73)	Val d'Arly
Crues et inondations	Inondations	2016-05-31	Europe	France/Allemagne /Autriche

Glissements de terrain et chutes de blocs	Eboulement	2016-05-31	Savoie (73)	Route de Saint-Saturnin
Crues et inondations	Inondations	2016-05&06	Europe	Europe centrale
Glissements de terrain et chutes de blocs	Eboulement	2016-06-27	Isère (38)	Harmalière
Crues rapides, torrentielles et coulées de boue	Lave torrentielle	2016-07-12	Savoie (73)	Pralognan La Vanoise
Crues rapides, torrentielles et coulées de boue	Coulée de boue	2016-07-24	Isère (38)	Chapelle du Bard
Glissements de terrain et chutes de blocs	Eboulement	2016-07-26	Isère (38)	Vallée du Vénéon
Glissements de terrain et chutes de blocs	Chutes de bloc	2016-08	Haute-Savoie (74)	Mont-Blanc
Glissements de terrain et chutes de blocs	Glissement de terrain	2016-11	Isère (38)	Harmalière
Crues et inondations	Crue	2016-11-23&25	Hautes-Alpes (05)	Büech
Glissements de terrain et chutes de blocs	Eboulement	2016-11-25	Hautes-Alpes (05)	RN94 à à Saint-Martin-de-Queyrières
Crues rapides, torrentielles et coulées de boue	Avalanche + coulée de boue	2016-11-25	Savoie (73)	RD 1006, Village de Bessans

## Annexe 2 : Fiches événements : principaux événements extraits de l'inventaire 2016

---

L'inventaire des événements ainsi que l'ensemble des fiches événements sont disponibles sur le site du PARN : [http://www.risknat.org/alpes-climat-risques/Base\\_de\\_connaissances/Evenements\\_remarquables.html](http://www.risknat.org/alpes-climat-risques/Base_de_connaissances/Evenements_remarquables.html)

- 2016-01-10 : Eboulement du Granier
- 2016-01-13 : Avalanche aux Deux Alpes
- 2016-01-18 : Avalanche à Valfréjus
- 2016-01-23 : Eboulement dans le Val d'Arly
- 2016-03&05 : Glissement du Bersend
- 2016-04-21 : Eboulement à Samöens et Morillon
- 2016-04-22 : Eboulement dans les gorges du Guil
- 2016-04-24 : Avalanche à la Cime de la Jasse
- 2016-05-04 : Glissement du Bersend à Beaufort
- 2016-05-19 : Lave torrentielle dans le Val d'Arly
- 2016-05-31 : Crues et inondations Bavières et Bade-Wurtemberg
- 2016-05-31 : Coupure de la route dite de Saint-Saturnin
- 2016-05/06 : Crue en Europe Centrale
- 2016-06-27 : Glissement de terrain de l'Harmalière
- 2017-07-12 : Lave torrentielle à Pralognan la Vanoise
- 2016-08 : Chutes de blocs sur la voie normale du Mont-Blanc
- 2016-11 : Glissement de terrain à l'Harmalière
- 2016-11-23&25 : Crue du Buech
- 2016-11-25 : Lave torrentielle au Villaret du Nial
- 2016-11-25 : Lave torrentielle à Bessans

## Annexe 3 : Expertise technique du département de la Savoie sur 4 événements de 2016

---

# Département de la Savoie

## Evènements remarquables 2016

### Panissières

Le 11 mars 2016, des chutes de blocs et des coulées de matériaux récurrentes signent l'amorce d'un glissement de terrain de grande ampleur (*plusieurs millions de mètres cubes*) exposant la RD1212, sur le site de Montgombert dans le Val d'Arly. Ce glissement est toujours très actif à l'heure actuelle, avec un fonctionnement saisonnier (*pics d'activité liés à la pluviométrie*).

D'importants moyens ont dû être mis en œuvre pour dévier et sécuriser provisoirement la route, et protéger le personnel réalisant les vidanges du piège à matériaux pour un coût à ce jour de 1,5 M€.TTC. En particulier, un déflecteur important a été réalisé nécessitant des techniques un peu particulières.

Le site est actuellement sous surveillance inclinométrique, extensométrique et topométrique et fait l'objet de vidanges régulières du piège à matériaux.



*Piège à matériaux après les pluies du 31 mai 2016*



*Filet « avaloir » protégeant le personnel lors de la vidange du piège à matériaux*



# Département de la Savoie

## Evènements remarquables 2016

### Panissières

Le 23 janvier 2016, un éboulement de 600 m<sup>3</sup> atteint la RD1212 dans le Val d'Arly, entre la galerie pare-blocs de PANISSIERE et la galerie pare-blocs de 1978, dans une zone sécurisée quelques années auparavant. Les travaux de sécurisation de la falaise et de remise en état de la chaussée durent 3,5 mois pour un coût de 1 M€.TTC.

Cet éboulement marquera une révision des critères de sécurisation de l'itinéraire en raison de la particularité géologique rencontrée et de la dégradation très rapide du matériau rocheux. Une révision complète de l'itinéraire sera entreprise et un nouveau programme de sécurisation sera alors voté par les élus .





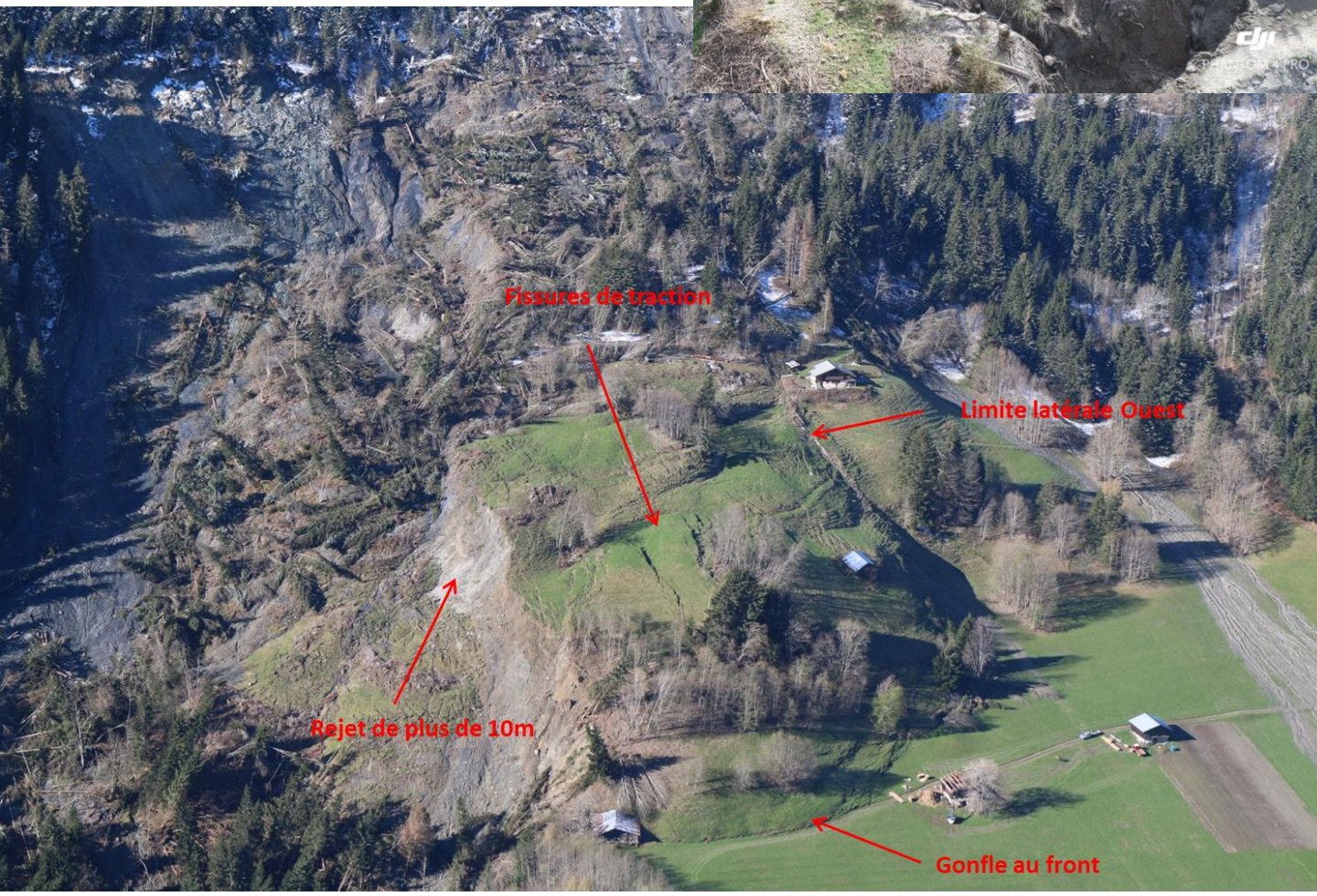
# Département de la Savoie

## Evènements remarquables 2016

### Bersend

En mai 2016, un important glissement de terrain est remis en mouvement affectant la RD925 et des habitations aux lieux-dits La Joux, les Iles, Bersend, sur la commune de Beaufort, suite aux intempéries des 4 premiers mois de l'année (on enregistre 800mm janvier et avril 2016 côté de Hauteluce). Il génère notamment des laves torrentielles et des coulées de boue. Un arrêté de péril est pris par la commune pour certaines granges et des travaux sont réalisés en urgence pour la protection des usagers de la RD925 (une fosse d'arrêt de 1000 m<sup>3</sup>, un détecteur de laves torrentielles). A ce jour, la surface en mouvement est de 35 Ha, le volume global mobilisable est de 4 millions de m<sup>3</sup> dont 300 000 m<sup>3</sup> très actifs, avec une profondeur en mouvement atteignant 30m. Des laves torrentielles atteignent régulièrement la route, celles de 2018 ont détruit partiellement la RD925.

*Route partiellement détruite par les laves torrentielles de 2018*





# Département de la Savoie

## Evènements remarquables 2016

### Freney

Le 16 mai 2016, un éboulement majeur est signalé par le maire de St André vers 4h30. Une lave torrentielle coupe la RD1006 dans la soirée recouvrant la chaussée de plusieurs mètres de boue suite à l'obstruction de l'ouvrage hydraulique du ruisseau du Savoutier. Les reconnaissances mettent en évidence :

- des risques de chutes de blocs et éboulements en provenance de la falaise sommitale jusqu'à un volume de 500 m<sup>3</sup>, voire des éboulements majeurs de 10 000 à 15 000 m<sup>3</sup> provenant du plateau sommital, le tout s'étalant ensuite sur un vaste tablier d'éboulis. En 2018, un bloc de 60 m<sup>3</sup> atteint la RD1006, passe entre deux piles de pont de l'autoroute et finit sa course dans l'Arc.
- des risques de laves torrentielles issues du tablier d'éboulis . La RD1006 est atteinte 5 fois en 2016 et 2 fois en 2017.

Un pont cadre est construit en urgence au printemps 2017 de façon à accepter les laves torrentielles observées sans avoir à fermer la RD1006.

*Nouvel ouvrage sous la RD1006*

