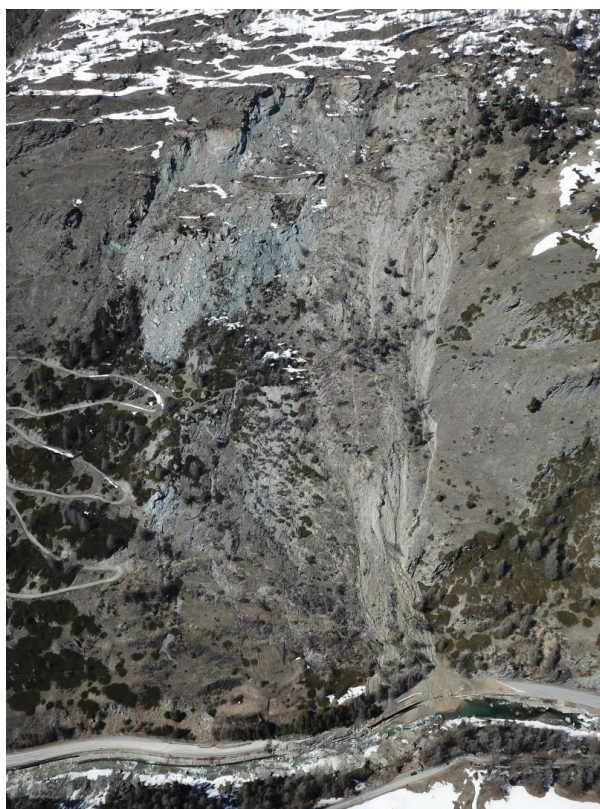


Changement climatique et risques naturels dans les Alpes

Événements remarquables 2017



Simon Gérard, Rodrigo Calla Jiménez et Benjamin Einhorn

Février 2019

Avec le soutien de :



Table des matières

Introduction	3
Principaux événements en 2017	4
Un hiver sec avec de fortes alternances de températures	10
Réactivation du glissement de l'Harmalière	11
Un printemps et un été très chauds.....	12
Des précipitations abondantes sur un sol sec	12
L'effet cumulatif sur la haute-montagne	13
Un hiver 2017/2018 remarquable.....	15
Événements isolés.....	16
Avalanche Italie région des Abruzzes	16
Glissement du Pas de l'Ours	17
Le glissement de Reyvroz	19
Refuge du Promontoire	20
Conclusion.....	21
Références.....	22
Remerciements.....	22
Annexes	22

Photos de couverture :

- Incendies de Saint-Sorlin d'Arves ©Le Dauphiné
- Village de Bondo après l'écroulement du Piz Cengalo ©le temps.ch
- Glissement de du Pas de l'Ours (Aiguille, Queyras) ©RTM

Introduction

Rappel de la démarche

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**¹, 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 des rapports sur les événements 2015 et 2016 (Einhorn et Gérard, 2017 ; Gérard, et al., 2018), le PARN a poursuivi son travail d'inventaire et d'analyse sur les événements survenus en 2017.

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 :

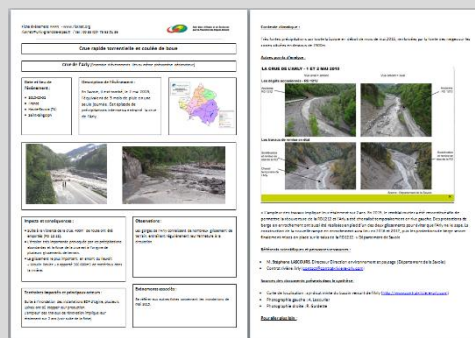
- Une présentation du phénomène (lieu, date, description et photographies du phénomène ...) ;
- Les différents impacts sur le milieu et l'occupation du sol ;
- Les différents territoires et acteurs impliqués dans la gestion de l'événement ;
- Le contexte climatique et les événements associés.

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 les fiches événements : principaux événements extraits de l'inventaire 2017



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

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

Ce travail exploratoire soulève la question des indicateurs utilisés et de des différentes grilles d'analyse possible pour aborder la question des événements remarquables et de leurs évolutions. Ainsi, suite aux deux premiers rapports, nous nous sommes aperçus qu'il y avait un réel enjeu et besoin à définir le plus précisément possible la notion d'événement remarquable. En effet, le revers du développement d'une liste à visée non exhaustive avec des exemples choisis est le caractère subjectif du choix des événements. Nous avons pleinement conscience de cette problématique sur laquelle nous avons commencé à travailler, en collaboration avec notre réseau scientifique, afin d'apporter une méthodologie et une définition plus précise lors des prochains rapports.

Bien que dans la continuité des dernières années en termes de températures, avec une légère hausse par rapport à l'année 2016 mais sans atteindre les records de 2015, l'année 2017 se distingue particulièrement des années précédentes par son fort déficit hydrique, accentué par une fin d'année 2016 très sèche, et associé à plusieurs records de températures au cours de l'été.

Ainsi, les principaux événements de 2017 apparaissent comme fortement corrélés au déficit hydrique et aux différents pics de températures des périodes printanière et estivale. Ces effets touchent notamment la haute montagne qui, bien que plus ou moins épargnée en 2016, se retrouve en première ligne l'année suivante avec plusieurs événements d'une ampleur jusqu'alors inconnue. Trois périodes se distinguent donc. Tout d'abord l'hiver, avec son déficit hydrique marqué, qui s'est entre autre traduit par un déficit du manteau neigeux important, et ce, malgré un mois de janvier plus froid que la normale. Ensuite, le printemps et l'été, records par leurs températures élevées qui, malgré des précipitations dans la moyenne, se démarquent avec un niveau d'EvapoTransPiration (ETP) très élevé, à l'origine d'une forte déstabilisation des zones de haute montagne. Enfin, le début d'hiver 2017/2018, particulièrement abondant au niveau des précipitations et de l'enneigement.

Bien que charnière par rapport à la période étudiée dans ce rapport, la fin d'année 2017 et le début d'année 2018 apparaissent également comme remarquables avec la succession de 2 tempêtes (Carmen et Eleanor) à l'origine de cumuls de précipitations, et de neige en altitude, records. Ces événements, et les conséquences importantes qu'ils ont engendrées aux niveaux du développement des aléas et de la gestion du risque pour les territoires, seront pleinement développés dans le rapport 2018.

De plus, à l'instar des années précédentes, l'année 2017 a connu plusieurs événements isolés, qui ne sont pas nécessairement en lien direct avec les changements climatiques à courte échelle mais qui apparaissent néanmoins comme témoins des évolutions rapides et intenses qui affectent la chaîne alpine. Dans ce contexte, les événements pris en considération dans ce rapport ont été choisis pour leur ampleur, leur rareté, ou leur impact particulier sur l'écosystème montagnard (écosystème social, économique ...).

Principaux événements en 2017

Bien plus chaude que l'année 2016 à l'échelle des Alpes françaises, l'année 2017 se situe à la 5^{ème} place sur l'échelle des années les plus chaudes observées (Figure 1, OBSCAN). A l'échelle des Alpes du nord, la différence est moins marquée et l'année 2017 remplace 2016 au rang de 9^{ème} place sur l'échelle des années les plus chaudes (Figure 2, OBSCAN).

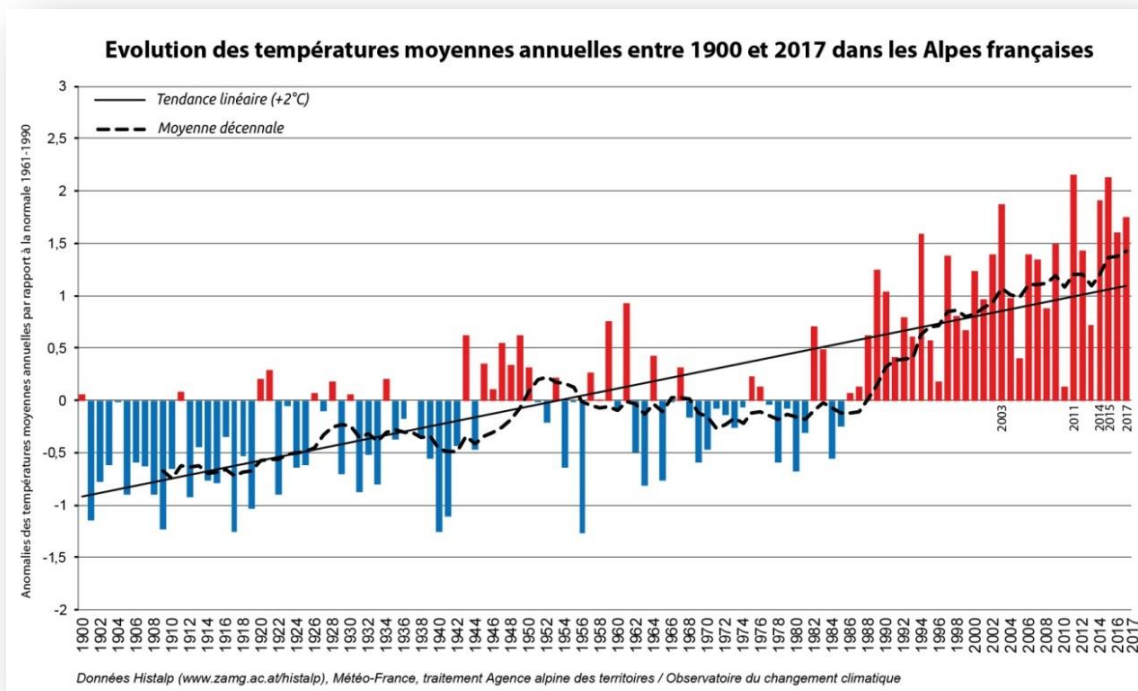


Figure 1 : Températures moyennes annuelles dans les Alpes françaises (OBSCAN, 2017).

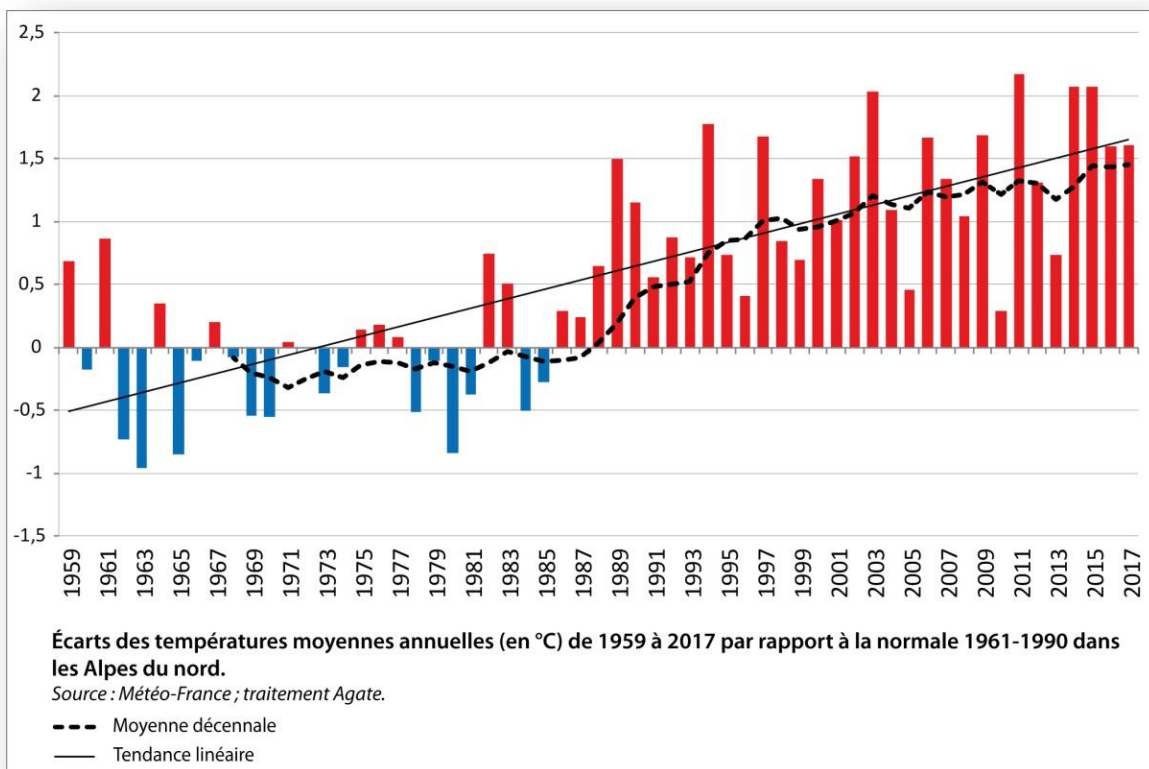


Figure 2 : Températures moyennes annuelles dans les Alpes du nord (OBSCAN, 2017).

Cependant, la température moyenne annuelle est à prendre avec précaution dans l'analyse de l'influence des températures, notamment printanières et estivales, en raison d'un hiver 2016/2017 fortement contrasté, et d'une fin d'année froide qui la fait chuter.

Ainsi, si l'hiver 2016/2017 ne se situe qu'à la 12^{ème} sur l'échelle des hivers les plus chauds, dans les Alpes du nord, depuis le début des mesures en 1959, le printemps et l'été se situent, quant à eux, à la 3^{ème} place de leur échelle respective avec, pour l'été, des températures moyennes supérieures de 3°C à la moyenne établie entre 1961 et 1990, et supérieures de 1,85°C par rapport à la moyenne établie entre 1981 et 2010.

En terme de variabilité de températures, l'hiver 2016/2017 se démarque avec un mois de janvier particulièrement froid (second mois de janvier le plus froid depuis 2010) qui contraste avec un mois de février d'une douceur extrême (+4,2°C par rapport à la moyenne 1961-1990), et un mois de mars également bien au-dessus de la moyenne.

Par ailleurs, l'année 2017 dénote particulièrement par son bilan hydrique fortement déficitaire (55% de déficit par rapport à la moyenne entre 1959 et 2017) qui la situe à la 4^{ème} place sur l'échelle des hivers les plus secs depuis 1959.

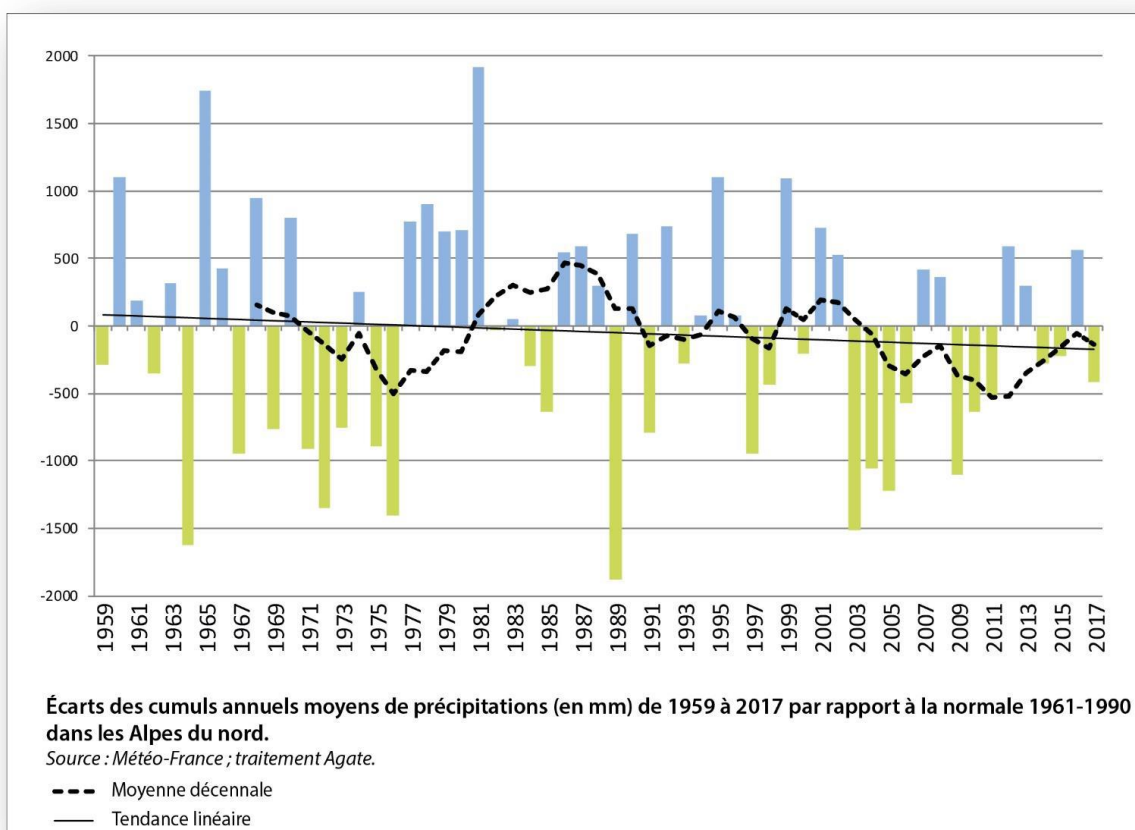


Figure 3 : Précipitations moyennes annuelles dans les Alpes françaises (OBSCAN, 2017).

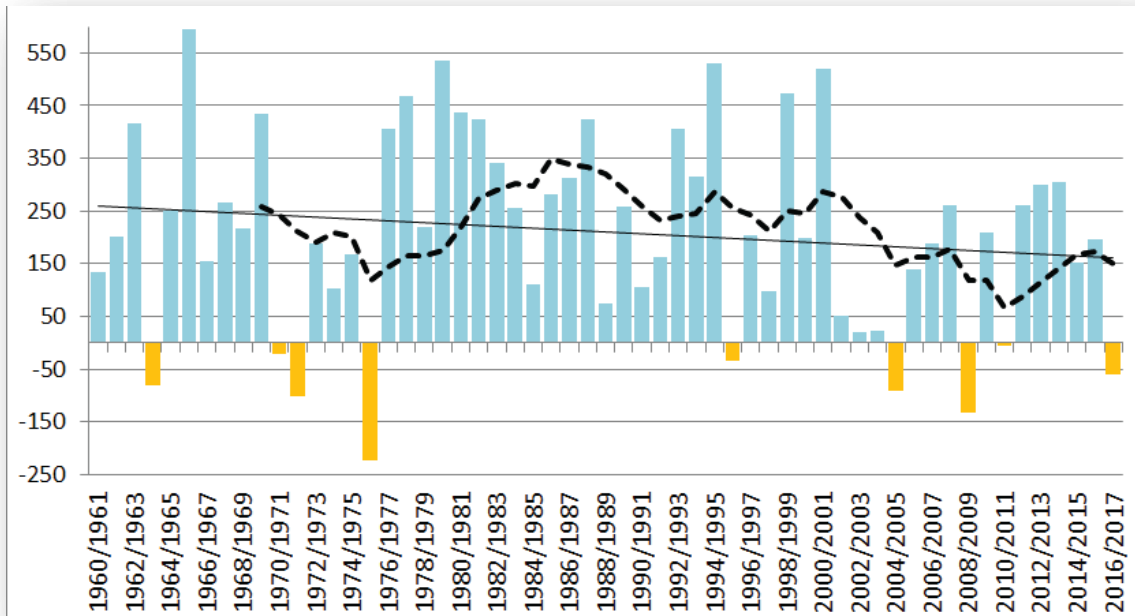
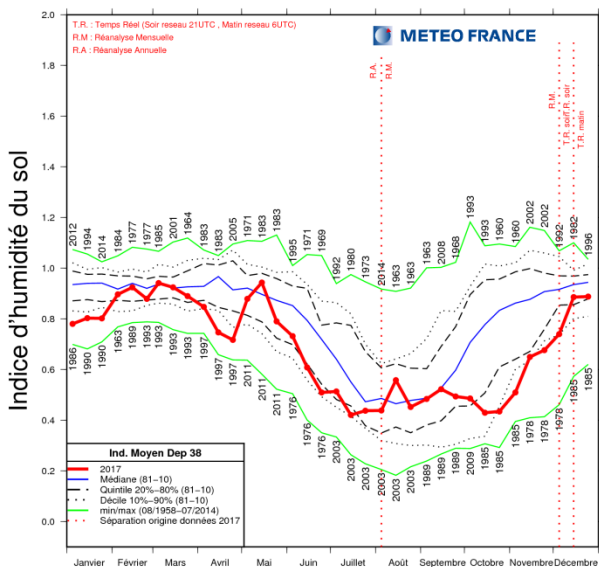


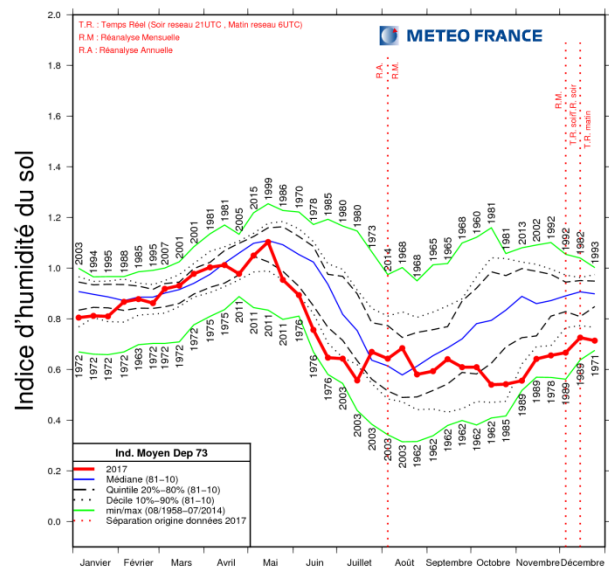
Figure 4 : Bilans hydriques annuels (en mm, oct-sept) à Bourg-Saint-Maurice de 1960/1961 à 2016/2017
 Source : Météo-France ; traitement ASADAC-MDP. Trait plein : tendance linéaire. Trait pointillé : moyenne décennale.

Le déficit hydrique de l'année 2017 est particulièrement visible à travers l'étude d'un indice qui traduit l'humidité des sols par rapport à sa réserve utile. Cet indice SWI (Soil Wetness Index) met en avant la saturation ou le déficit hydrique d'un sol par un indicateur compris en 0 et 1 (1 représentant un sol saturé en eau et 0 un sol présentant un déficit hydrique important).

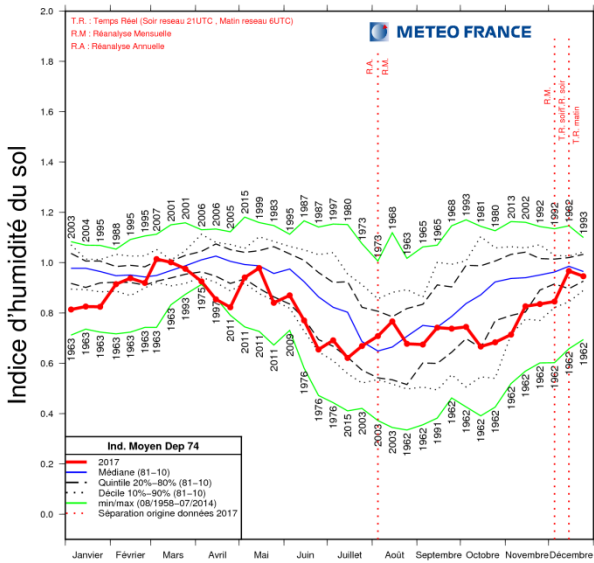
Année 2017 – Données de SWI décadaire jusqu'au 20180104



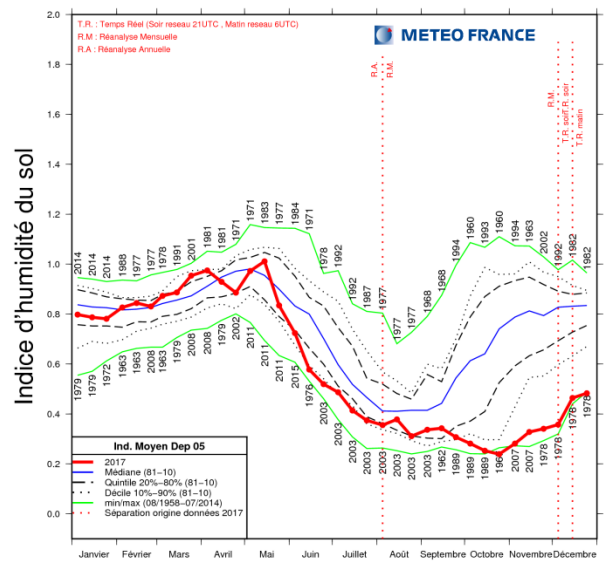
Année 2017 – Données de SWI décadaire jusqu'au 20180104



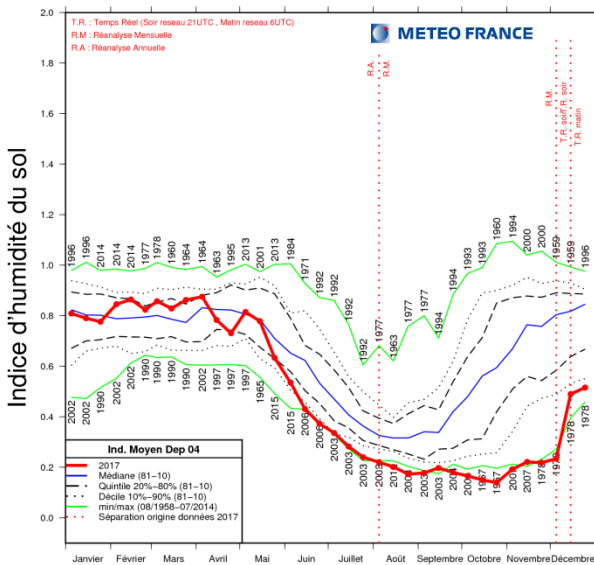
Année 2017 – Données de SWI décadaire jusqu'au 20180104



Année 2017 – Données de SWI décadaire jusqu'au 20180104



Année 2017 – Données de SWI décadaire jusqu'au 20180104



Année 2017 – Données de SWI décadaire jusqu'au 20180104

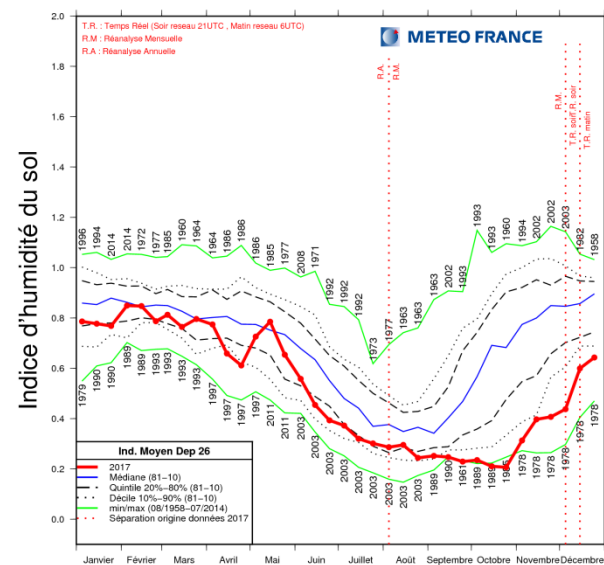


Figure 4 : Indice d'humidité du sol pour les départements 38, 73, 74, 04, 05, 26.

Source : Météo-France ; Direction des Services Climatiques.

Au travers l'analyse de cet indice, et malgré les différences entre les différents départements, deux tendances sont confirmées. Tout d'abord le déficit hydrique généralisé de janvier 2017, suite à la situation très sèche installée fin 2016. Ensuite, l'aggravation de la situation suite à un manque de précipitations pendant la période hivernale, couplée avec de très fortes chaleurs au cours du printemps et de l'été, synonymes d'évapotranspiration importante. On note cependant une différence entre les départements des Alpes du Nord (38, 73, 74) et ceux des Alpes du Sud (01, 05, 26), dont l'indice d'humidité des sols témoigne d'un état de sécheresse plus marqué, que ce soit en terme de stress hydrique, qu'en terme d'inscription dans la durée.

En termes d'enneigement, cette situation se traduit également par un fort déficit avec très peu de chutes de neige jusqu'en fin de saison.

Corrélié avec les températures élevées du printemps et de l'été, cet état de sécheresse marqué entraîne une pression importante sur les milieux de haute et de moyenne montagne. Sur la même période, et notamment en Juillet, on assiste à une augmentation particulièrement importante des arrêtés de catastrophe naturelle. On observe ainsi 119 arrêtés de catastrophe naturelle en juillet sur les régions AuRA et PACA (Figure 5), et notamment dans les départements de la Drôme (26), des Alpes de Haute-Provence (04) et des Alpes Maritimes (06). D'après la base CatNat, ils ont majoritairement pour cause des mouvements de terrain consécutifs à une sécheresse et une réhydratation des sols.

La différence avec l'année 2016 est particulièrement importante lorsque l'on étudie la question des risques naturels sous l'angle des arrêtés de catastrophe naturelle. En effet, sur l'année 2016 seuls 52 arrêtés de CatNat. Avaient été prononcés, contre 143 en 2017, qui se rapproche ainsi de la situation de 2015 (160 arrêtés).

2017	Auvergne-Rhône-Alpes				Provence-Alpes-Côte d'Azur			Par mois
	Drôme (26)	Isère (38)	Savoie (73)	Haute-Savoie (74)	Alpes de Haute-Provence (04)	Hauts-Alpes (05)	Alpes Maritimes (06)	
Janvier					1		1	2
février								0
Mars								0
Avril	1			1	1			3
Mai				1				1
Juin		4	2			3		9
Juillet	44	2			59		14	119
Août		1				1		2
Septembre								0
Octobre								0
Novembre								0
Décembre		1	2	3			1	7
								143

Figure 5 : Distribution des arrêtés de catastrophe naturelle par mois et par département en région AuRA et PACA.

De plus, si en 2016 aucun département n'avait connu plus de 10% de ses communes touchées par un arrêté de catastrophe naturelle, c'est 3 départements (Drôme, Alpes de Haute-Provence et Alpes Maritimes) qui, en 2017, voient plus de 10% de leurs communes touchées, allant même jusqu'à 31% pour les Alpes de Haute-Provence (Figure 6).

Année/ Département	Auvergne-Rhône-Alpes				Provence-Alpes-Côte d'Azur		
	Drôme (26)	Isère (38)	Savoie (73)	Haute- Savoie (74)	Alpes de Haute- Provence (04)	Hauts- Alpes (05)	Alpes Maritimes (06)
2015	1%	2%	12%	23%	2%	3%	20%
2016	1%	0,2%	2%	1%	8%	5%	7%
2017	12%	2%	1%	2%	31%	2%	10%

Figure 6 : Pourcentage de communes touchées, par département, par au moins un arrêté de catastrophe naturelle en région AuRA et PACA.

Si tous les phénomènes à l'origine d'arrêtés de catastrophe naturelle pris au cas par cas ne peuvent être considérés comme remarquables, c'est leur nombre et leur emprise spatiale qui est remarquable. En effet, comme précisé dans les rapports antérieurs, un des effets des transformations climatiques que nous connaissons actuellement est l'augmentation de l'intensité et de la fréquence de certains phénomènes naturels et l'apparition de risques nouveaux ou émergents (Einhorn et al., 2016).

De plus, les arrêtés de catastrophe naturels ne prenant en compte que les dégâts occasionnés sur le bâti, et non sur les réseaux routiers, il est possible que l'impact des phénomènes de l'été ai été plus larges que ne le laissent penser les statistiques présentées précédemment, bien qu'elles offrent un indicateur pertinent d'analyse de l'évolution des événements naturels et de leurs impacts.

Un hiver sec avec de fortes alternances de températures

Après un mois de décembre exceptionnellement sec (0 mm de précipitation) et un mois de janvier froid et sec, peu d'événements remarquables ont été recensés en début d'année 2017. Le déficit hydrique majeur pour cette période étant en lui-même remarquable.

On observe cependant un événement qui sort de l'ordinaire pour une zone de moyenne montagne sur un mois de janvier : le déclenchement d'un feu de forêt le 7 janvier à Saint-Sorlin d'Arve, en Savoie, en dessous du col de la croix de Fer.



Figure 7 : incendie de Saint-Sorlin d'Arve.
Source : Dauphiné Libéré du 7 Janvier 2017.

Serge Taboulot, de Météo-France relie cet épisode à la situation exceptionnelle que connaît le massif alpin depuis début décembre : « 50 jours sans eau ni neige sur les Alpes du Nord à quelques exceptions près. Nous vivons le mois le plus sec jamais connu depuis les premiers relevés météo dans la région, depuis plus de 130 ans »

Dans un contexte de généralisation d'événements extrêmes dans la durée pour les années à venir, le développement du risque lié à l'augmentation de feux contrôlés par la chaleur est à redouter (Dupire et al., 2017), explique Thomas Curt, chercheur à l'IRSTEA.

Réactivation du glissement de l'Harmalière

Malgré un début de mois de janvier froid, on observe, la fin du mois, de fortes alternances de températures à l'origine d'une déstabilisation des terrains, comme ce fut le cas pour le glissement de l'Harmalière.



Figure 8 : Glissement de l'Harmalière après sa réactivation en janvier 2017.
Source : Mickael Langlais, ISTERre.

Ainsi, après avoir été réactivé en juin 2016, le Glissement de l'Harmalière continue de bouger. Après l'épisode de novembre 2016, c'est fin janvier qu'il connaît une nouvelle réactivation avec le glissement d'une écaille profonde de 5 m sur une hauteur allant de 10 à 15 m.

Selon Grégory Bièvre (enseignant chercheur à l'Université Grenoble-Alpes, ISTERre), cet événement s'inscrit dans le contexte climatique particulièrement doux de fin janvier. Ainsi, on observe, sur cette période, une hausse des températures importantes (supérieures à 10°C) associée à un épisode de Foehn, à l'origine d'une fonte rapide du manteau neigeux. Ce phénomène, couplé à un passage de précipitations favorise l'infiltration d'eau et la déstabilisation du glissement.

Un printemps et un été très chauds

Bien que connaissant un régime de précipitations dans la norme, le printemps et l'été 2017 continuent de souffrir du stress hydrique installé pendant l'hiver.

On observe deux grands types d'événements durant cette période sur deux types de milieux différents.

Des précipitations abondantes sur un sol sec

Tout d'abord en moyenne montagne, où les l'action de perturbations orageuses intenses entraînent des réactions importantes

Le 24 juillet, suite à un événement de précipitations intenses, un éboulement de près de 1000 m³ se produit au col de l'Iseran (73), où s'était déjà produit un éboulement de moindre importance, le 30 juin.



Figure 9 : Eboulement col de L'iseran (38)

Source : Dauphiné Libéré

De la même manière, les violents orages du 8 août dans les Ecrins entraînent une lave torrentielle de 1000m³ dans le vallon de la Bérarde. De nombreux autres événements sont recensés, bien que de moindre ampleur, qui se traduisent par une déstabilisation des parois, de nombreuses chutes de blocs, une modification du lit des cours d'eau et une matière en suspension très importante, encore plusieurs jours après le déclenchement de l'épisode orageux (source : PNR des Ecrins).



Figure 10 : résultats des violents orages dans le vallon de la Bérarde (Ecrins)

Sources : Dauphiné Libéré et PNR des Ecrins

Ces événements s'inscrivent dans un contexte orageux qui fait suite à de très fortes chaleurs. On observe ainsi des températures particulièrement chaudes relevées par des habitants dans les massifs autour de Belledonne le 3 août :

- Le Sappey-en-Chartreuse (925m) : 31,1°C
- Lans-en-Vercors (990m.alt) : 30,6°C
- Le Habert de la Ruchère (1150m.alt) : 28,6°C
- Saint-Nizier-du-Moucherotte, la Roche (1225m.alt) : 28,5°C
- Gresse-en-Vercors (1245m.alt) : 29,3°C
- Lans-en-Vercors, les Allières (1449m.alt) : 27,6°C
- Chamrousse, la Roche Béranger (1800m.alt) : 24,3°C

Températures qui s'inscrivent dans une semaine particulièrement chaude. On relève ainsi pendant 4 jours d'affilé des températures supérieures à 30°C dans le Vercors au-dessus de 1000 m.

L'effet cumulatif sur la haute-montagne

En haute montagne, l'enchaînement de 2 années caniculaire en 3 ans est délétère pour les zones englacées et notamment pour les parois composées de permafrost.

Cette évolution se traduit par des réactions très fortes en haute montagne, et par l'augmentation de la fréquence et de l'ampleur des phénomènes gravitaires.

Ainsi, le 23 août 3,3 millions de m³ de roche se détachent du Piz Cengalo (3369 m), dans le canton des Grisons en Suisse. L'événement est très rapidement suivi de la formation d'une lave torrentielle, parfois épaisse d'1,5 m, qui traverse le Val Bondasca avant d'atteindre le village de Bondo.



Figure 11 : Ecoulement du Piz Cengalo

Source : Le Monde / srf.Ch

Jean-Daniel Rouiller, ancien géologue cantonal valaisan :

« Il s'agit d'une roche d'altitude assez fracturée. On peut imaginer que derrière, il y avait du permafrost, de la glace qui maintenant les éléments. Avec les grandes chaleurs qu'on a connues récemment, il y a eu une fonte, la glace s'est détachée en bloc et est arrivée sur le cours d'eau en-dessous, et qui a à son tour emporté les matériaux de la chute »

A Christophe Ancey, professeur de mécanique des fluides à l'EPFL d'ajouter :

« Il est toujours difficile de lier un événement particulier à un processus climatique à très grande échelle. On peut simplement constater que l'éboulement a eu lieu à la fin d'une période particulièrement chaude.

D'une manière générale, la disparition du pergélisol et des glaciers favorise les instabilités de pente. En effet, lorsque les glaciers se retirent, les pentes subissent une diminution importante des pressions latérales qui pouvaient être indispensables à leur équilibre mécanique. L'effondrement n'est alors que la conséquence de cette perte d'équilibre. C'est par exemple ce qui se passe actuellement dans la région d'Aletsch.

La glace contenue dans le pergélisol augmente la cohésion des terrains gelés. Lorsque la glace fond, non seulement cette cohésion diminue, mais la pression de l'eau liquide dans les interstices peut déstabiliser encore le terrain. »

Suite à un premier écoulement en 2011 de 2 millions de m³, la zone avait été instrumenté et un système d'alerte en prévention des risques installé. L'alerte a permis d'évacuer les 120 habitants de Bondo et d'éviter un bilan qui aurait pu être catastrophique. 8 randonneurs présents dans la zone de chute de l'écroulement ont, malgré le système de surveillance mis en place, perdus la vie suite au déclenchement du phénomène. 2 jours après le premier événement, une nouvelle coulée de boue s'est déclenchée, venant grossir celle déjà en place. Une nouvelle évacuation a pourtant eu lieu.

Au niveau du village de Bondo, on observe une accumulation de 200 000 m³ de matériel. Les dégâts se chiffrent à hauteur d'environ 41 millions de francs suisses.



Figure 12 : Lave torrentielle dans le village de Bondo

Source : le temps.ch

Autre exemple marquant de l'été 2017, l'écroulement de l'Eperon Tournier (Haute-Savoie) le 29 septembre, offre un cas d'étude très intéressant aux chercheurs par son lien direct avec la fonte du permafrost et ce, bien que les volumes soient très inférieurs au cas de Bondo.

Ainsi, suite aux températures moyennes élevées sur plusieurs années, le permafrost qui stabilisait l'Eperon Tournier a fondu, entraînant un écoulement de 100 000 m³ de roche.

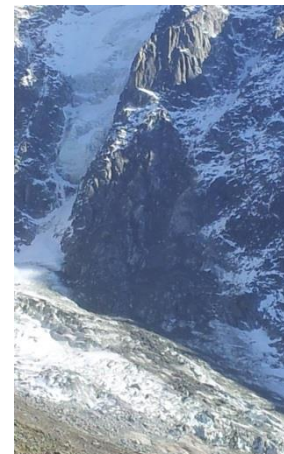


Figure 13 : Eperon Tournier

Source : Ludovic Ravanel / buvette du plan de l'Aiguille

Ludovic Ravanel, chercheur au CNRS et au laboratoire Edytem de Chambéry témoigne :

« Nous avons retrouvé beaucoup de glace dans la partie haute de la cicatrice de l'éroulement. Jamais une telle quantité de glace n'avait été retrouvée. Elle cimentait la montagne et nous allons pouvoir l'analyser pour déterminer ses caractéristiques et la dater avec l'aide du LGGE, le Laboratoire de glaciologie et géophysique de l'environnement de Grenoble. Ce qui constitue une première mondiale »

Un hiver 2017/2018 remarquable

L'hiver 2017/2018 marque une rupture importante avec l'état de déficit hydrique dominant sur l'année 2017. En effet, entre Décembre 2017 et Janvier 2018, on enregistre, suite aux tempêtes Carmen et Eleanor, des précipitations records (Figure 14) qui, s'ils elles apportent de très forts cumuls neigeux en haute montagne, sont également à l'origine, de par leur association avec des variations de températures importantes, de très nombreux phénomènes naturels sur l'ensemble du territoire alpin : coulées de boues, glissements de terrain, crues à longues périodes de retours, phénomènes de pluie sur neige, avalanches humides ...

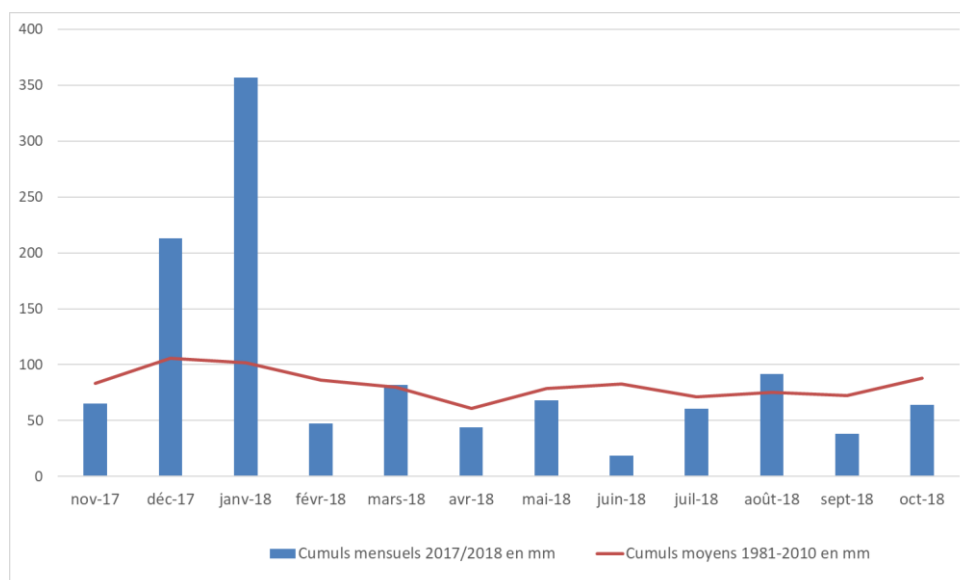


Figure 14 : cumuls mensuels de précipitation entre novembre 2017 et octobre 2018 à Bourg-Saint-Maurice.

Source : bilans de l'observatoire du changement climatique de l'Agence Alpine des Territoires (AGATE).

Dans ce contexte météorologique extrême, une coulée de boue rapide de 30 mètres de long sur 17 de large et d'un volume estimé à 1500 m³ se déclenche le 30 décembre à Claix, faisant un mort et détruisant partiellement un bâtiment.

Le maire de Claix, Michel Octru, témoigne :

« Les pluies continues des 10 derniers jours, les fortes chutes de neige au-dessus de Claix, les variations de températures importantes à l'origine de la fonte du manteau neigeux sont autant de facteurs qui ont entraîné un phénomène d'accélération de l'événement »

La présence de cette coulée de boue sur une zone d'aléa faible soulève la question de la modification des zones de risque et de la gestion des aléas naturels en lien avec le changement climatique. En effet, avec des modélisations qui prévoient une augmentation de la fréquence et de l'intensité des phénomènes naturels (Gobiet et al., 2014), la question de la gestion des risques naturels prend une ampleur nouvelle et apparaît comme un défi incontournable à relever pour les gestionnaires de territoire. Un séminaire organisé par le PARN en novembre 2018 fut l'occasion d'aborder ces problématiques et de réfléchir aux pistes d'action (PARN, 2018a).

Evénements isolés

A l'instar de 2016, l'année 2017 se distingue par plusieurs événements isolés, c'est-à-dire sans lien direct avec les épisodes climatiques observables à l'échelle saisonnière, de grande ampleur, témoins des évolutions en cours dans le massif alpin. Ces événements n'apparaissent donc pas comme conséquence directe du changement climatique mais peuvent, dans une certaine mesure, être reliés au contexte climatique changeant que connaissent nos montagnes à une échelle de temps plus large.

Avalanche Italie région des Abruzzes



Figure 15 : photo aérienne et photo de l'hôtel Rigopiano suite à l'avalanche du 18 janvier 2018 en Italie.

Source : Vigili del Fuoco / Le Parisien

Le 17 janvier, quatre séismes d'une magnitude supérieure à 5 (dont un avec une magnitude enregistrée à 5,7 sur l'échelle de Richter) touchent l'Italie dans la région des Abruzzes. Le 18 janvier, une avalanche de grande ampleur se déclenche et vient ensevelir l'hôtel Rigopiano.

Cet événement s'inscrit dans la lignée de nombreux séismes enregistrés en Italie. Ainsi, depuis le séisme meurtrier du 24 août 2016, dans la région d'Amatrice, 47 000 secousses ont été enregistrées (Le Parisien). Si les séismes ne sont corrélés directement avec les changements climatiques, il est probable qu'ils aient déstabilisé l'important manteau neigeux tombé suite aux passages des tempêtes Carmen et Eleanor, favorisant le déclenchement de l'avalanche.

Cet événement pose donc la question du développement des phénomènes exceptionnels, en lien avec des situations climatiques exceptionnelles en pleine évolution.

Glissement du Pas de l'Ours



Figure 16 : Glissement de Pas de l'Ours.

Source : PNR Queyras.

Le glissement du Pas de l'Ours, sur la commune d'Aiguilles, en rive droite du Guil, dans les Hautes-Alpes, est un glissement ancien qui subit, depuis 2014, une réactivation importante, bien que n'étant pas régulière.

Ce glissement se distingue d'abord par son emprise très large et du volume potentiellement mobilisable très important. Ainsi, il couvre une zone large de 600m située entre 1500 et 2000 m d'altitude avec une zone active de 18 hectares et un volume mobilisable de l'ordre de 10 millions de m³. Il menace la RD 947 desservant les communes d'Abriès et de Ristolas, entraînant ainsi la réouverture du questionnement sur les questions de l'enclavement des vallées alpines dans un contexte de larges mouvements de terrain. Ce sujet a notamment fait l'objet d'un séminaire organisé par le PARN en mars 2018 (PARN, 2018b).

Après une première réactivation de grande ampleur du glissement ancien au printemps 2014, aucun événement n'a été recensé en 2015 et seulement 2 chutes de blocs ont touché la départementale 947 fin décembre 2016.



Figure 17 : Evolution du glissement et zone nouvellement déstabilisée suite aux réactivations de 2017.

Source : RTM 05.

Après 6 événements successifs répertoriés en mars 2017, qui se traduisent par des chutes de blocs sur la RD947, c'est en avril qu'on observe une réactivation plus large du glissement qui se traduit par la régression très importante des niches d'arrachement. La principale différence avec la situation de 2014 est la déstabilisation marquée de la partie aval et de la limite Est du glissement, où sont constatées de nombreuses fissures, niches d'arrachements, zones d'éboulis, sorties d'eau... Cette zone devient donc très exposée aux épisodes de précipitations et à leur capacité d'érosion. En mai, on continue d'observer des déformations qui se développent de semaine en semaine et menacent la route (Figure 18).

Outre la destruction des infrastructures routières et le risque lié aux chutes de blocs, l'un des principaux enjeux derrière l'évolution du glissement du Pas de l'Ours est le risque d'embâcle pour la rivière en contrebas de la zone de glissement. Ainsi, à l'instar de du glissement du Chambon sur la commune de Séchilienne, un gros volume de matériaux pourrait barrer la vallée, allant même jusqu'à créer un lac de retenu, potentiellement soumis à une vidange brutale et donc générateur d'un niveau de risque important. C'est dans ce cadre que le glissement est, aujourd'hui, l'un des plus suivi et instrumenté de France (source : Pascal Diot, RTM 05)



Figure 18 : impact des déformations sur le réseau routier en mai 2017.

Source : RTM 05.

Aucun lien ne permet pour le moment de lier les différentes réactivations du glissement aux changements climatiques. En effet, elles seraient plus vraisemblablement liées à modification de circulation des eaux souterraines lors de la fonte nivale. Elles apparaissent donc comme mouvements « normaux » qui touchent nos montagnes.

Le glissement de Reyvroz

Entre le 15 et le 16 mars 2017, un brutal décrochement de terrain se produit sur la commune de Reyvroz, en Haute-Savoie entraînant l'apparition de fissures, avec des déplacements verticaux allant jusqu'à 4m localement, sur une largeur de 900 m (Figure 19). La surface totale des terrains concernés par l'affaissement est de l'ordre de 17 Hectares.



Figure 19 : Glissement de Reyvroz.
Source : Sébastien Gominet, IRMa.

RTM 74 « Le glissement n'est pas nouveau. L'anse d'érosion existe depuis au moins 1935. Plusieurs glissements superficiels se sont déjà déclenchés dans l'anse, notamment en 2016. Ces glissements étaient d'ampleur limitée et n'affectaient pas les prés à l'amont. Si l'événement de mars 2017 n'impacte pas directement les enjeux de la commune, l'extension du phénomène pourrait potentiellement menacer les hameaux de vers les Prés et du Vernay. Une étude géotechnique est actuellement en cours pour mieux comprendre le phénomène et donner les principes de travaux conservateurs pour limiter l'extension du phénomène. »

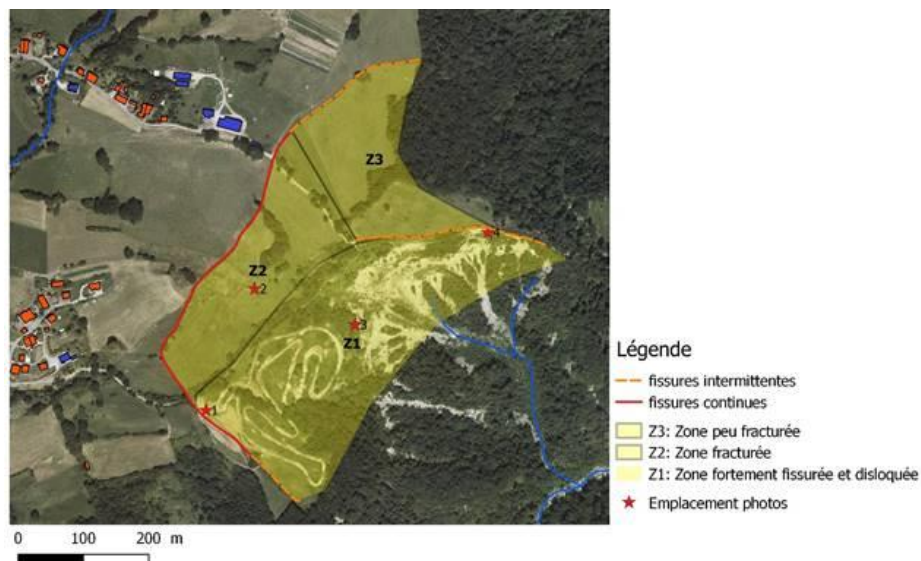


Figure 20 : Glissement de Reyvroz.
Source : RTM 74.

Il s'agit d'un glissement profond réactivé probablement suite aux circulations d'eau souterraines qui se font aux interfaces matériaux sablo-graveleux/matériaux argileux et qui seraient à l'origine d'un phénomène de saturation et de gonflement des argiles. Les surfaces de glissements se font au contact moraines/glacio-lacustre et probablement même au sein des moraines (niveaux hétérogènes). Il est également possible que l'évènement soit la conséquence d'un mouvement profond à l'interface des moraines et du conglomérat de la Dranse comme il a été à Fréternes, dans le vallon qui fait face au glissement de Reyvroz. L'évènement n'est pas directement relié à un phénomène climatique majeur ayant eu lieu en 2017, l'accumulation d'eau dans les terrains a dû être progressive.

Refuge du Promontoire



Figure 21 : Photos du refuge du Promontoire.

Source : PNR des Ecrins.

Le 30 août 2017, plusieurs blocs se détachent au-dessus du refuge du Promontoire dans les Ecrins. Cet événement n'est pas lié aux fluctuations climatiques saisonnières ni au fort déficit hydrique observé sur l'année. Il apparaît comme un phénomène naturel d'érosion des parois.

Sage Ingénierie : « Il s'agit d'un départ isolé qui ne semble pas être lié à une quelconque déstabilisation « en masse » de la bosse. Il est le résultat du processus normal d'évolution des massifs rocheux montagnards qui sont par définition fortement soumis à des agents extérieurs (vent, pluie, gélifraction). L'altération progressive de la matrice rocheuse engendre des chutes de blocs lorsque les derniers ponts rocheux liant les blocs au massif cèdent ou lorsque les plans d'assise des blocs sont trop altérés pour assurer leur équilibre (perte d'angle de frottement). Ce type de phénomène est à l'origine du départ du 30 août 2017. Les blocs éboulés se sont fragmentés en plusieurs morceaux, avec notamment un bloc qui s'est dirigé vers la remise nourriture et un bloc qui a impacté le refuge au niveau de la cuisine. De nombreux impacts ont pu être identifiés lors de notre visite le long de la trajectoire des blocs. Lors de leur chute, les blocs ont impacté des instabilités préexistantes. »

Il est cependant intéressant de noter que le nombre d'éroulements et débolements observés (sans être systématiquement recensés) est en très forte hausse dans les zones de montagnes (et pas seulement dans les zones où du permafrost a pu être observé).

Bien que n'étant pas lié aux changements climatiques, cet événement est également intéressant sous l'angle de l'observation des pratiques et de leurs évolutions, dans la mesure où il touche une zone très prisée des alpinistes français, la Meije étant un sommet emblématique. Il entraîne donc une forte médiatisation et met en avant les évolutions que connaissent les montagnes, permettant ainsi une prise de conscience quant à la question du caractère éternel et inébranlable du massif alpin.

Conclusion

L'année 2017 s'inscrit dans la continuité des dernières années avec des températures moyennes supérieures à la moyenne calculée depuis 1961. Malgré des températures moyennes annuelles moins chaudes que pour les années 2015 et 2014, l'année 2017 se distingue par les forts contrastes de températures qu'elle connaît, avec d'importantes variations pendant l'hiver et une fin d'année très froide d'une part et un printemps et été particulièrement chauds qui se placent parmi les mois les plus chauds jamais enregistrés. L'année 2017 se distingue également par le très fort déficit hydrique qu'elle subit, hérité de la fin d'année 2016 et qui s'est sur la période hivernale.

Les événements remarquables de la majeure partie de 2017 ont ainsi été étroitement liés à cet état de stress hydrique important, ainsi qu'aux températures très élevées qui ont particulièrement affecté les zones de haute-montagne. On note ainsi un nombre important de déclarations de Catastrophes Naturelles liées au retrait et au gonflement des argiles. La fin d'année est également source de nombreux événements, avec de très fortes précipitations liées aux tempêtes Carmen et Eleanor (ces événements seront plus amplement développés dans le rapport concernant l'année 2018).

On retiendra également la réactivation de grands glissements de terrain (glissements de l'Harmalière, du Pas de l'Ours ...) qui, s'ils ne sont pas directement liés au changement climatique, témoignent néanmoins des évolutions que continuent de connaître les massifs alpins, et des enjeux qui leurs sont liées.

Références

- Dupire S., Curt T., Bigot S. (2017). Spatio-temporal trends in fire weather in the French Alps. *Science of The Total Environment* 595, 801-817.
- Einhorn B., Gérard S. (2017). *Changement climatique et risques naturels dans les Alpes : Événements remarquables 2015*. Rapport technique PARN, 23 pp. + Annexes. | [PDF](#)
- Einhorn B., Tamburini A., Morin M., Eckert N., Richard D., Bodin X., Schoeneich P., Obled C. (2016). Le changement climatique en Rhône-Alpes. Impact sur les risques naturels. [Chapitre 2] In: ORECC (2016). Profil Climat Territorial Montagne. Alpes du Nord, pp. 9-13. | [PDF](#)
- Gérard S., Jimenez R. et Einhorn B. (2018). Changement climatique et risques naturels dans les Alpes : Événements remarquables 2016. Rapport technique PARN, 18 pp. + Annexes. | [PDF](#)
- Gobiet A., Kotlarsky S., Beniston M., Heinrich G., Rajczak J., Stoffel M. (2014). 21st century climate change in the European Alps—A review. *Science of the Total Environment* 493, 1138–1151.
- OBSCAN 2017 et 2018, bilans climatiques n°49 à 56
- PARN (2018a). Prévission Locale du Risque d’Avalanche sur les réseaux routiers Alpes et Pyrénées. Feuille de route partagée Issue du séminaire de discussion multi-acteurs Problématiques soulevées et pistes d’amélioration | [PDF](#)
- PARN (2018b). Séminaire transversal Science-Décision-Action (SDA). L’enclavement des vallées alpines par les risques naturels. | [PDF](#)
- Rapport RTM 05 (2018). Bilan de l’activité du glissement du Pas de l’Ours sur la commune d’Aiguilles.
- Szczupal N. & Cochard C. (2018). Les Mouvements de Terrain en Montagne : revue historique et évolution des moyens de protection, 12pp.

Remerciements

Dans le cadre de ce travail exploratoire, nous tenons à remercier pour leur apport, leur conseil, leur soutien et leur collaboration : Xavier BODIN (EDYTEM), Richard Bonet (PNR Ecrins), Grégory BIEVRES (ISTerre), Philippe BOUVET (RTM Alpes du Sud), Gaëlle BOURGEOIS (CD Savoie), Pierre BOTTELIN (SAGE), Olivier CARTIER-MOULIN (PARN), Marine CAZY (RTM 74), Christophe CHAIX (OBSCAN), Sylvain DUPIRE (Irstea Grenoble), Pierre ETCHEVERS (Météo France), Sébastien GOMINET (IRMa Grenoble), Fabien HOBLEA (EDYTEM), Denis JONGMANS (ISTerre), Sophie JUSTICE (Géopark Chablais), Pierre-Yves LECORDIX (CD Isère), Anne LESCURIER (CD Savoie), Ludovic RAVANEL (EDYTEM), Vincent SEGEL (RTM Hautes-Alpes), Delphine Six (IGE), Serge TABOULOT (Météo France).

Annexes

Annexe : Liens vers les fiches événements

Événements retenus :

- 2017-01-11 Feux de Forêt à Saint Sorlin d’Arves
- 2017-01-19 Avalanche dans la région des Abruzzes en Italie
- 2017-01-29 Glissement de terrain de l’Harmalière
- 2017-03 Glissement de Reyvroz
- 2017-04 Glissement du Pas de l’Ours

- 2017-06-15 Lave torrentielle de Saint-Hugon
- 2017-07-24 Glissement de terrain au col de l'Iseran
- 2017-08-23 Eroulement de Bondo
- 2017-08-28 Lave torrentielle à la Bérarde
- 2017-09-29 Eroulement de l'Eperon Tournier
- 2017-12-12 Glissement de terrain dans les gorges de la Bourne
- 2017-12-29 Glissement de terrain profond à Embrun
- 2017-12-30 Coulée de Boue à Claix