



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



Atelier transfrontalier de partage d'expériences

Gestion des événements remarquables liés au changement climatique dans les territoires alpins

Chambéry, 15 octobre 2018

Mise en perspective : du régional au local



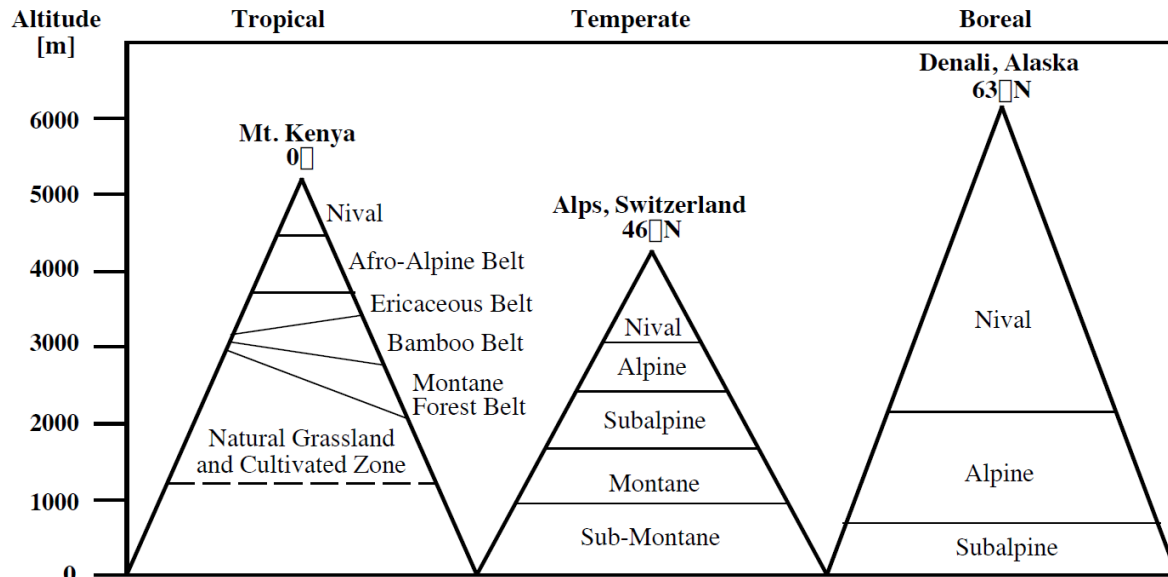
Benjamin Einhorn (PARN)
 Chloé Maréchal (UCBL-Obs)
 Céline Lutoff (UGA-PACTE)



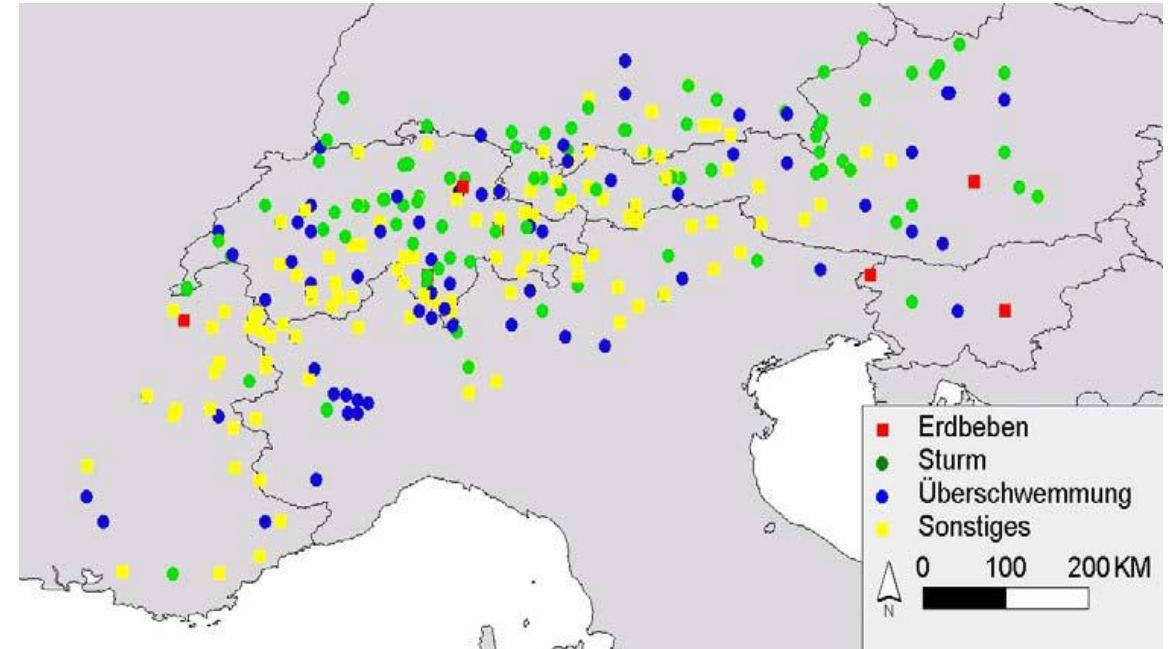


Changement climatique et risques en montagne

- Un réchauffement plus marqué en montagne? (« l'altitude compense la latitude ») ; une sensibilité particulièrement marquée des milieux d'altitude (laboratoire du CC)
- Malgré les investissements dans les ouvrages de protection, les dommages causés par les risques naturels continuent d'augmenter dans l'espace alpin



Réf. Beniston et al. (1996) ; Beniston (2005)



Réf. OCDE (2007)

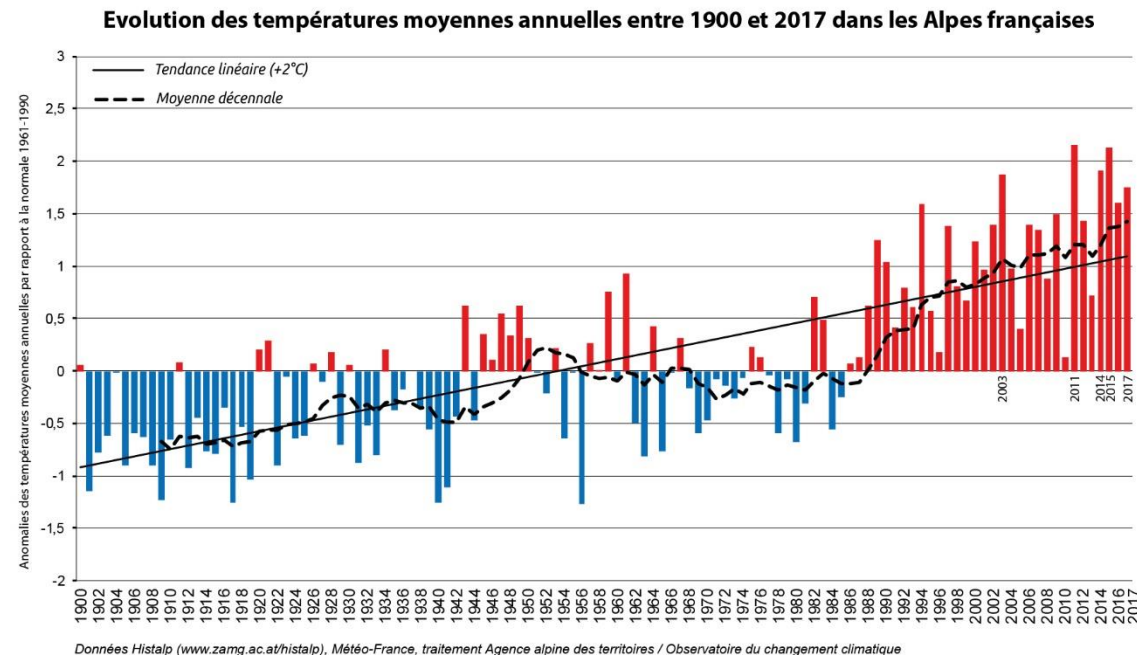


Températures

Alpes & Région sud-est de la France : parmi les **régions qui se réchauffent le plus fortement et rapidement**, derrière les zones arctiques

Tendances entre 1900 et 2017 :

- **Alpes françaises :** **+2°C**
- Alpes françaises du **Nord :** **+2.1°C**
- Alpes françaises du **Sud :** **+1.85°C** Réchauffement moins important en hiver (DJF)

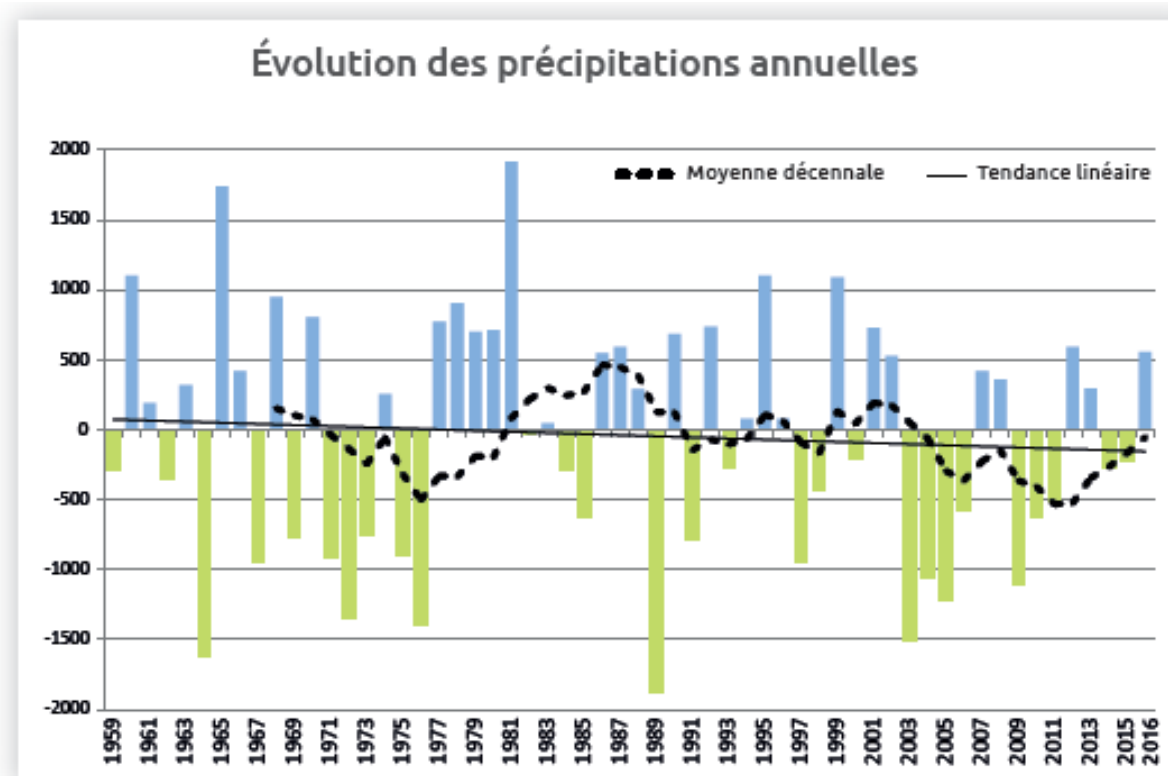




Précipitations

- **Aucune tendance significative** sur le long terme

Les années les plus arrosées depuis 15 ans (ex.: 2016) sont loin des niveaux des précédentes



Écarts des cumuls moyens annuels de précipitations (en mm, de janvier à décembre) de 1959 à 2016 par rapport à la normale 1961-1990 en Savoie.

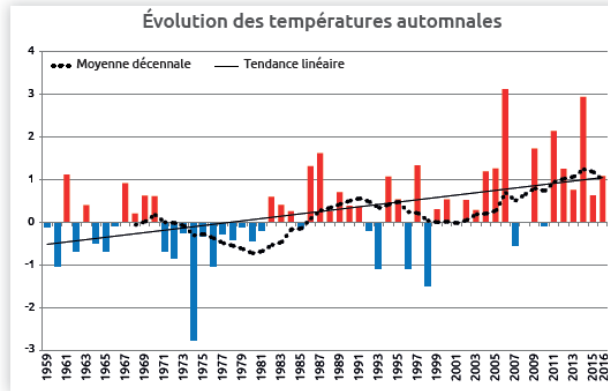
Source : Météo-France ; traitement ASADAC-MDP



Températures : contrastes saisonniers

Evolution des T° moyennes saisonnières depuis 1959 dans les Alpes du Nord

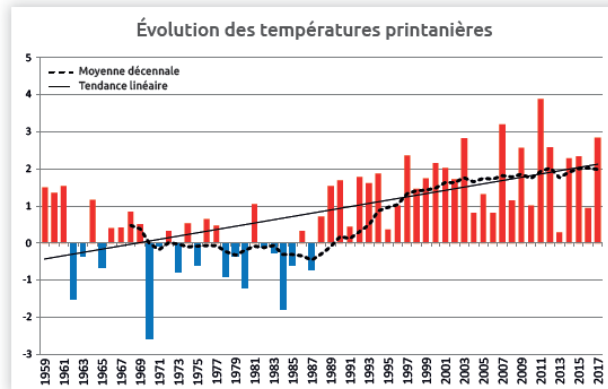
Automne :
+1,6°C



Écarts des températures moyennes automnales (en °C, de septembre à novembre) de 1959 à 2016 par rapport à la normale 1961-1990 dans les Alpes du nord.
Source : Météo-France ; traitement ASADAC-MDP.

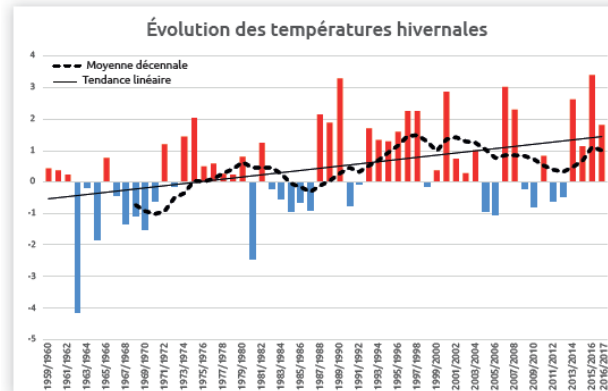
Printemps :
+2,6°C

Dégel plus précoce



Écarts des températures moyennes printanières (en °C, de mars à mai) de 1959 à 2017 par rapport à la normale 1961-1990 dans les Alpes du nord.
Source : Météo-France ; traitement ASADAC-MDP.

Période printano-estivale : +2.7°C



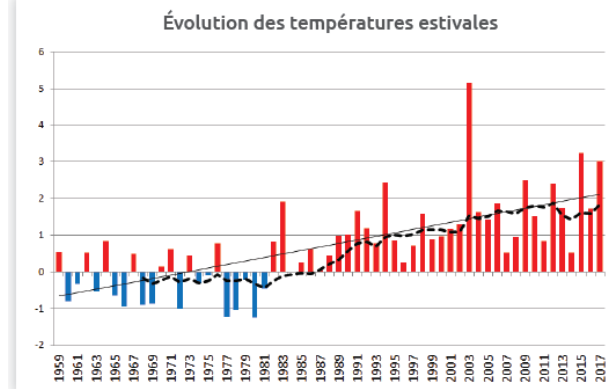
Écarts des températures moyennes hivernales (en °C, de décembre à février) de 1959/1960 à 2016/2017 par rapport à la normale 1961-1990 dans les Alpes du nord.
Source : Météo-France ; traitement ASADAC-MDP.

Hiver :
+2°C

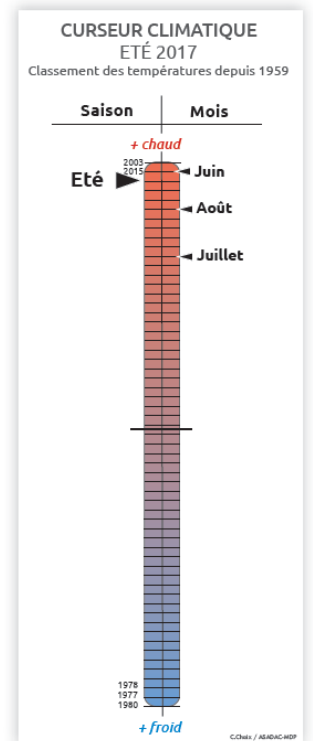
Disparition des hivers froids

Redoux et dégel plus fréquents en altitude

Été :
+2,8°C



Écarts des températures moyennes estivales (en °C, de juin à août) de 1959 à 2017 par rapport à la normale 1961-1990 dans les Alpes du nord.
Source : Météo-France ; traitement ASADAC-MDP. Trait plein : tendance linéaire. Trait pointillé : moyenne décennale.



→ une plus grande occurrence de canicules depuis 2006

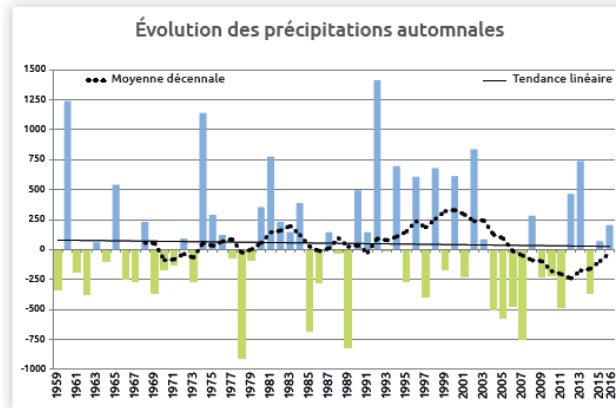


Précipitations : contrastes saisonniers

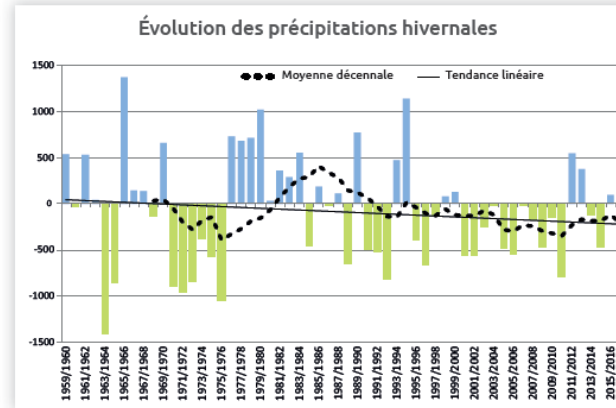


Evolution des cumuls saisonniers de précipitations depuis 1959 en Savoie

Automne :
Pas de tendance
mais un déficit
marqué après
2003



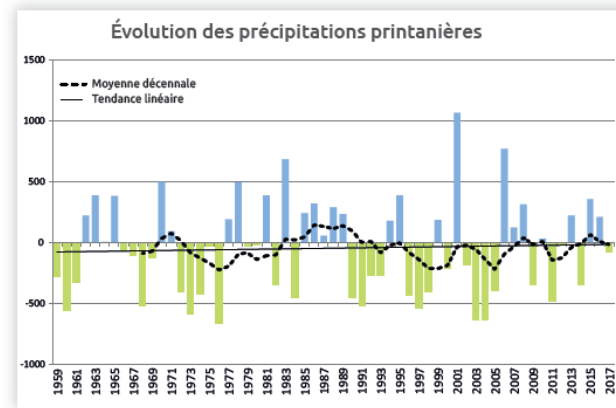
Écarts des cumuls moyens automnaux de précipitations (en mm) de 1959 à 2016 par rapport à la normale 1961-1990 en Savoie.
Source : Météo-France ; traitement ASADAC-MDP



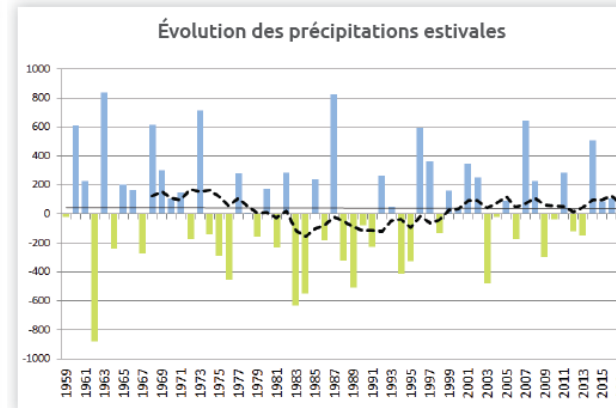
Écarts des cumuls moyens hivernaux de précipitations (en mm, de décembre à février) de 1959/1960 à 2016/2017 par rapport à la normale 1961-1990 en Savoie.
Source : Météo-France ; traitement ASADAC-MDP

Hiver :
Légère baisse
non significative à
l'échelle des Alpes mais
marquée dans les
vallées internes de l'est
(ex.: Bessans)

Printemps :
Pas de tendance



Écarts des cumuls moyens printaniers de précipitations (en mm, de mars à mai) de 1959 à 2017 par rapport à la normale 1961-1990 en Savoie.
Source : Météo-France ; traitement ASADAC-MDP



Écarts des cumuls moyens estivaux de précipitations (en mm, de juin à août) de 1959 à 2017 par rapport à la normale 1961-1990 en Savoie.
Source : Météo-France ; traitement ASADAC-MDP. Trait plein : tendance linéaire. Trait pointillé : moyenne décennale.

Été :
Pas de tendance

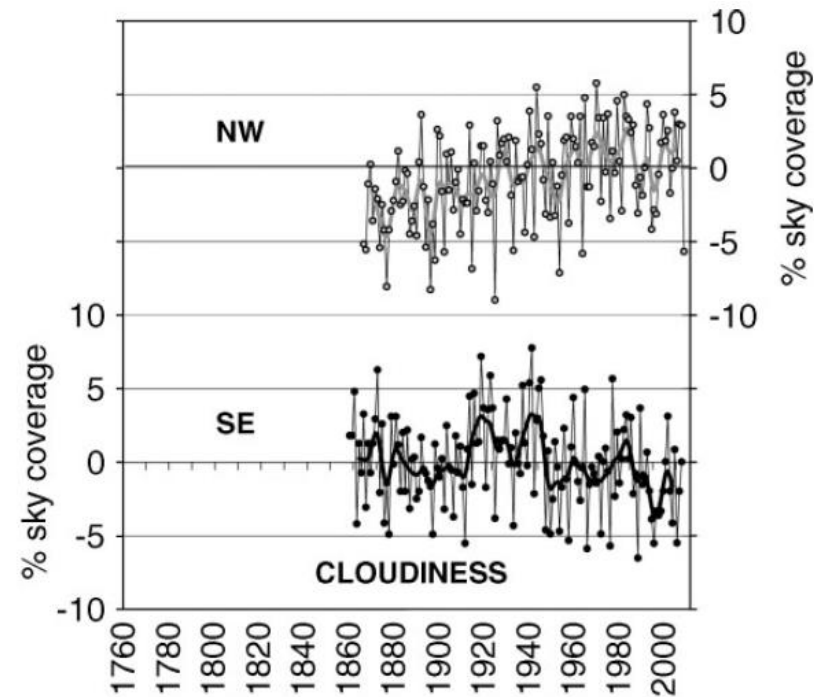
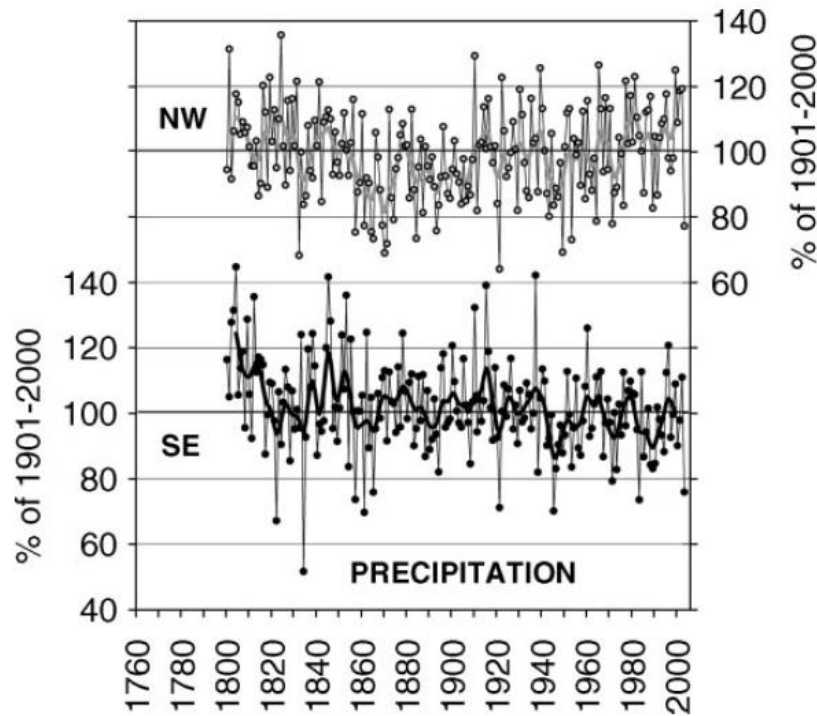
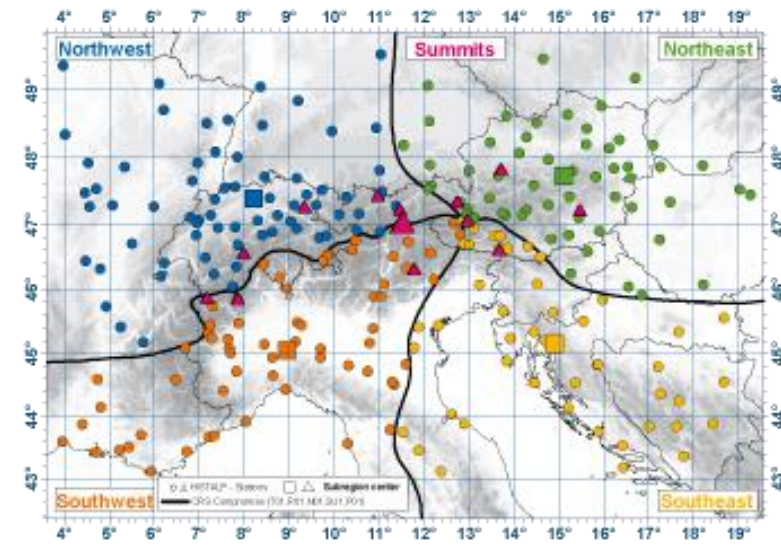
→ Forte variabilité temporelle (interannuelle) et spatiale



Précipitations : 'back to 1800'

Arc alpin : BD HISTALP

Précipitations annuelles au 20e siècle :
+ 9% au NW
- 9% au SE (lien avec nébulosité)



Anomalies de **précipitations annuelles** (à gauche) et de **nébulosité** (à droite) relatives aux moyennes 1901–2000 pour les secteurs NW et SE de la Grande Région Alpine (base de données HISTALP)



Projections climatiques

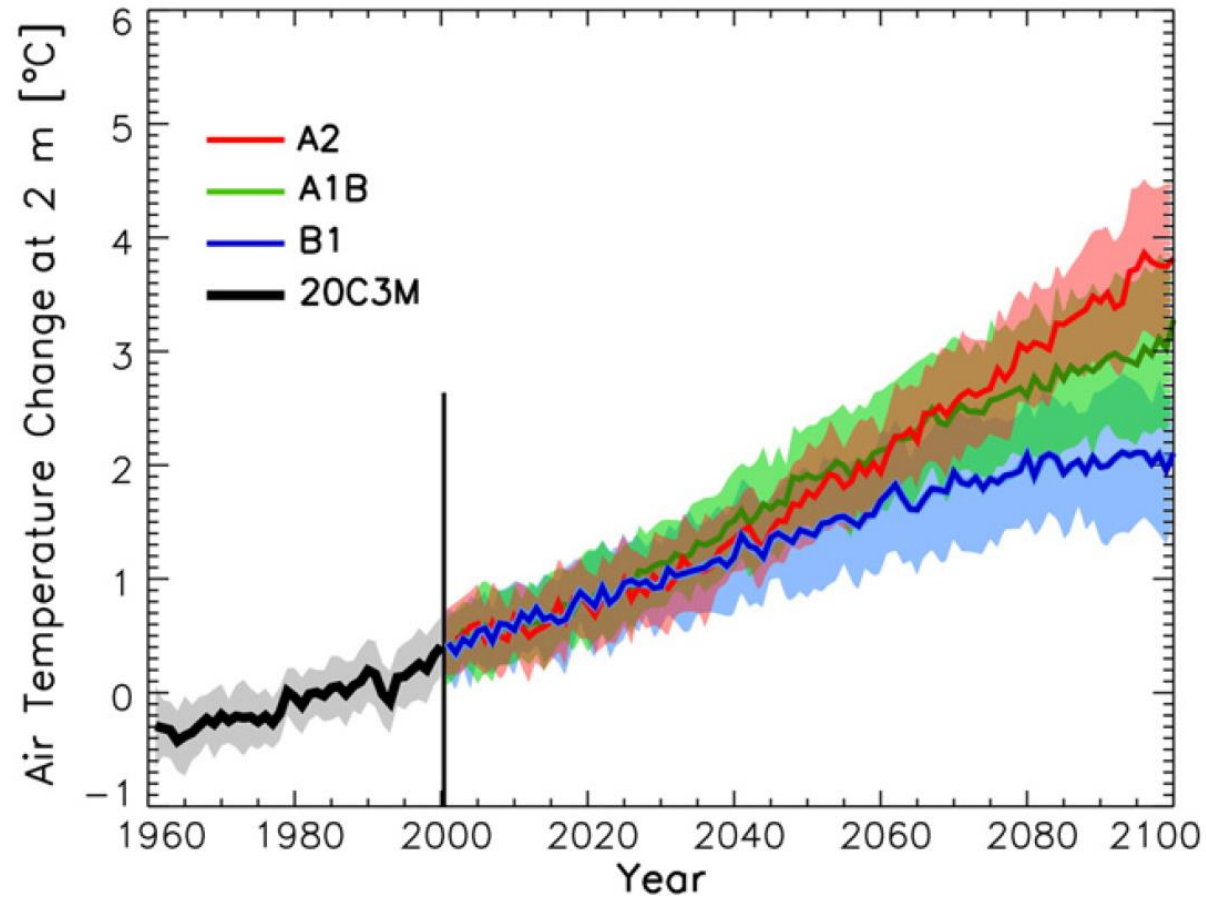


Fig. 2. Temperature evolution over Europe based on the CMIP3 simulations driven by the emission scenarios A2 (red), A1B (green) and B1 (blue). The bold colored lines depict the multi-model mean for each scenario; the shadings indicated the standard deviation. Adopted from Prein et al. (2011). Réf. Gobiet et al. (2014)



Températures

Projections

Futur proche (2021-2050) :

- estimation centrale : **+1,5°C**
- estimation haute : **+2,25°C**

L'augmentation des températures hivernales serait supérieure de 0,2° à celle des températures estivales.

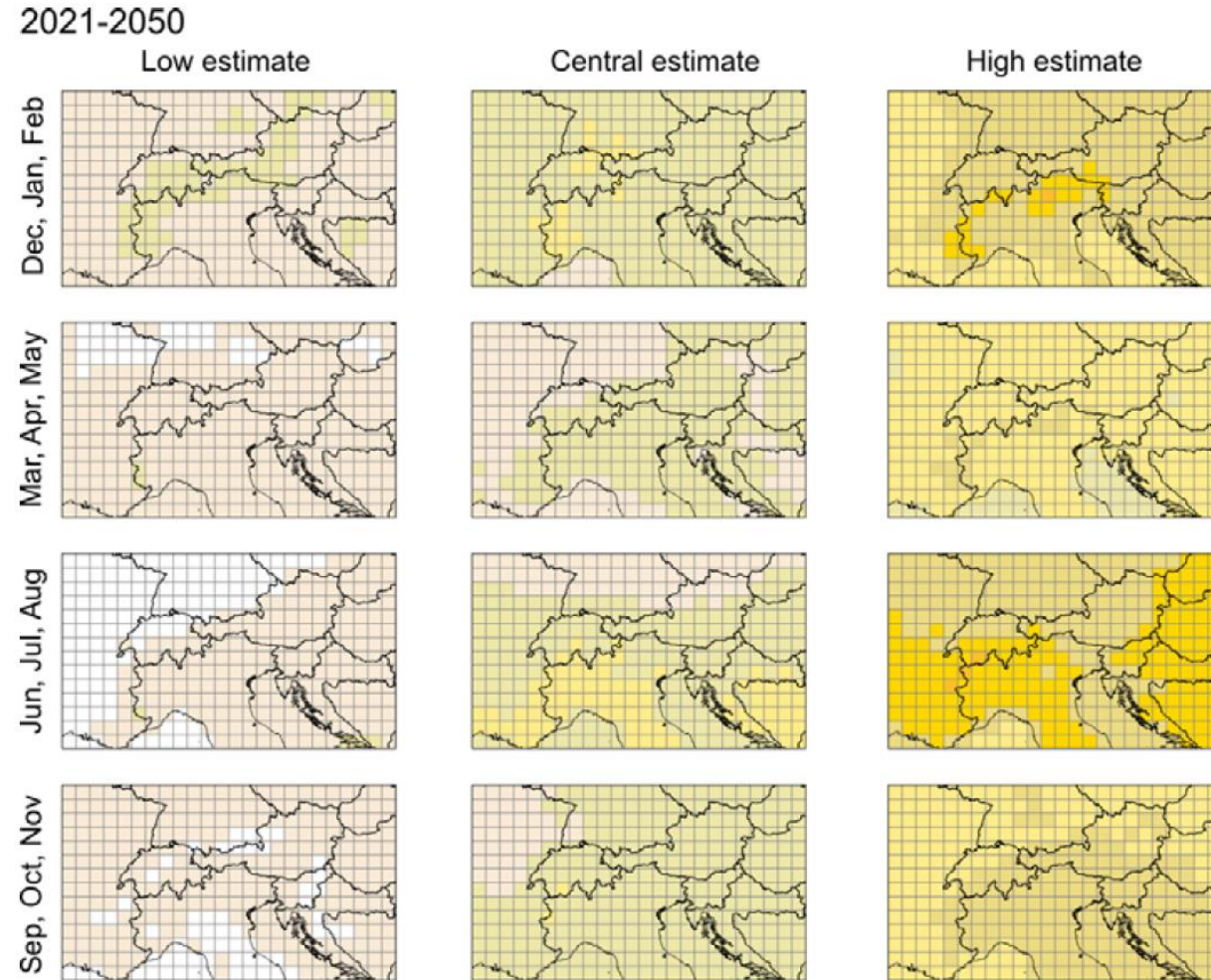


Figure 19: Change of seasonal air-temperature means in the periods 2021-2050 and 2071-2100 vs. 1971-2000 per meteorological season as estimated using an ensemble of 14 (2050) and 12 (2100) RCM runs. The "low estimate" corresponds to the 10th percentile, the "central estimate" to the 50th percentile, and the "high estimate" to the 90th percentile.





Températures

Projections

Futur distant(2071-2100) :

- estimation centrale : + 3,5°C
- estimation haute : + 4,75°C

Inversement, le réchauffement estival serait supérieur de 0,5° au réchauffement hivernal.

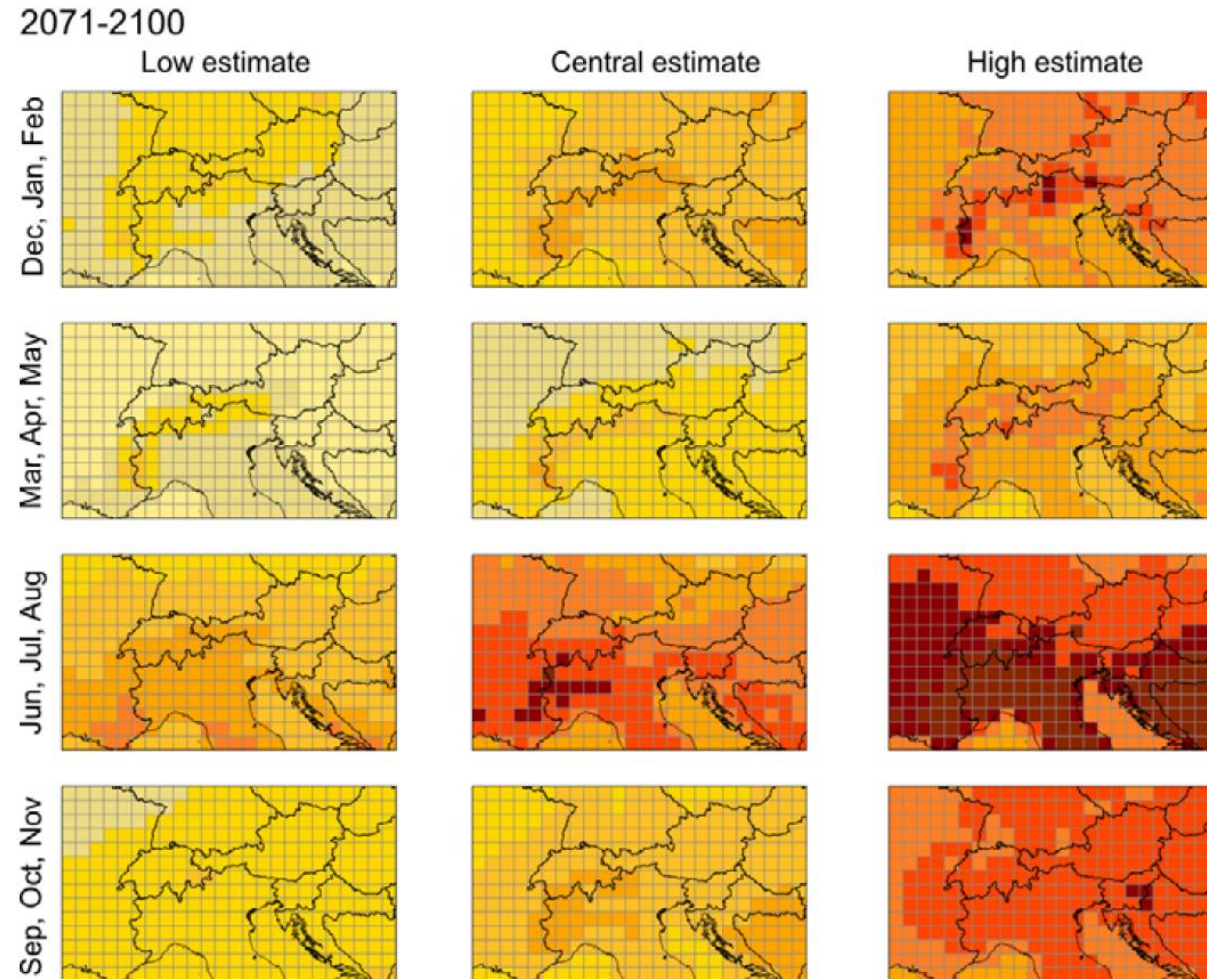
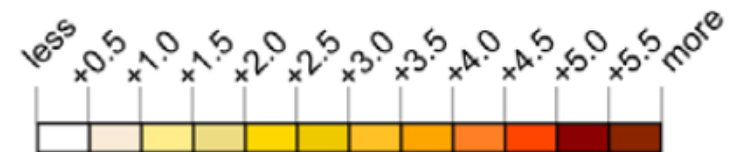


Figure 19: Change of seasonal air-temperature means in the periods 2021-2050 and 2071-2100 vs. 1971-2000 per meteorological season as estimated using an ensemble of 14 (2050) and 12 (2100) RCM runs. The "low estimate" corresponds to the 10th percentile, the "central estimate" to the 50th percentile, and the "high estimate" to the 90th percentile.





Impact sur l'enneigement

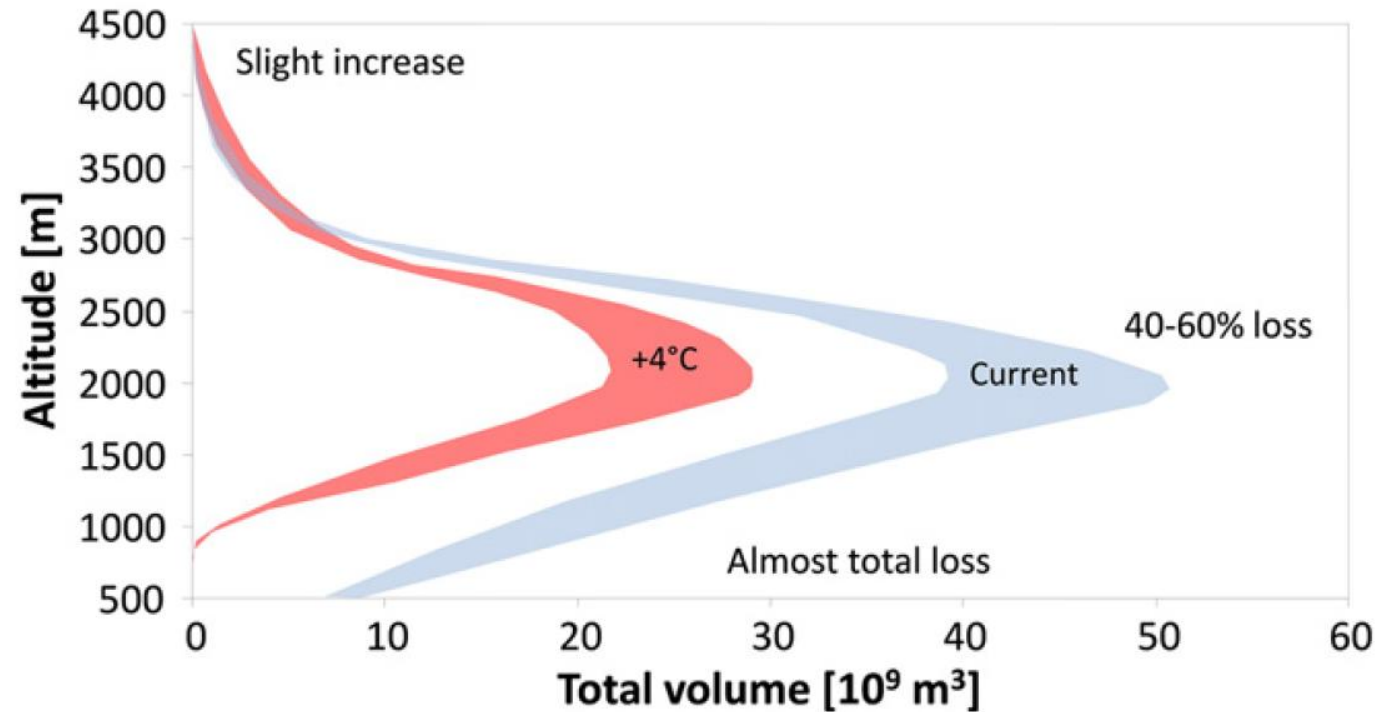


Fig. 8. Snow volume under current climate and a possible future climate with winters 4 °C warmer than today (slightly warmer than median estimate for the end of the 21st century, see [Section 3.2](#)). The spread within the two curves indicates the variability of winters (“snow-sparse” to “snow-abundant”). Total snow volume is computed as the average snow depth multiplied by the surface area on which it lies, for elevation levels between ranging from 200 m to 4500 m in Switzerland. Réf. Gobiet et al. (2014)



Les impacts sur l'environnement et les risques



Réf. ONERC (2008) ; Gobiet et al. (2014) ; Einhorn et al. (2015) ; Einhorn (2015) ; ORECC. (2016) ; Beniston et al. (2018)



Incidences des changements climatiques sur les risques naturels dans l'Arc alpin

Hiérarchisation à l'échelle des Alpes Européennes :

- du **degré de confiance**
- des **régions les plus touchées**
- des **enjeux économiques**

Modification des risques naturels	Degré de confiance dans les changements projetés	Régions les plus touchées	Importance économique
<u>Risques liés au pergélisol</u> : Augmentation de la fréquence des éboulements et de l'ampleur des laves torrentielles	Très élevé	Haute montagne, zones touristiques	Faible
<u>GLOF</u> : accroissement de l'incidence des inondations par vidange de lacs glaciaires	Très élevé	Haute montagne, zones touristiques	Faible
<u>Autres risques glaciaires</u> : Plus fréquents et plus importants	Élevé	Haute montagne, zones touristiques	Faible
<u>Crues d'hiver</u> : Augmentation en intensité et en fréquence	Moyen	Basse montagne, zones densément peuplées	Très élevée
<u>Orages et tempêtes</u> : Augmentation en intensité et en fréquence	Moyen	Arc alpin, zones densément peuplées	Très élevée
<u>Éboulements de rochers</u> : Plus fréquents	Moyen	Basse et moyenne montagne	Moyenne
<u>Feux de forêts</u> : plus nombreux dans les Alpes du Sud	Moyen	Basse montagne du sud des Alpes	Moyenne
<u>Glissements de terrain et laves torrentielles</u> : Plus fréquents et plus importants	Moyen/Faible	Basse et moyenne montagne	Moyenne
<u>Avalanches</u> : plus fréquentes et plus importantes à haute altitude	Faible	Haute montagne, zones touristiques	Moyenne

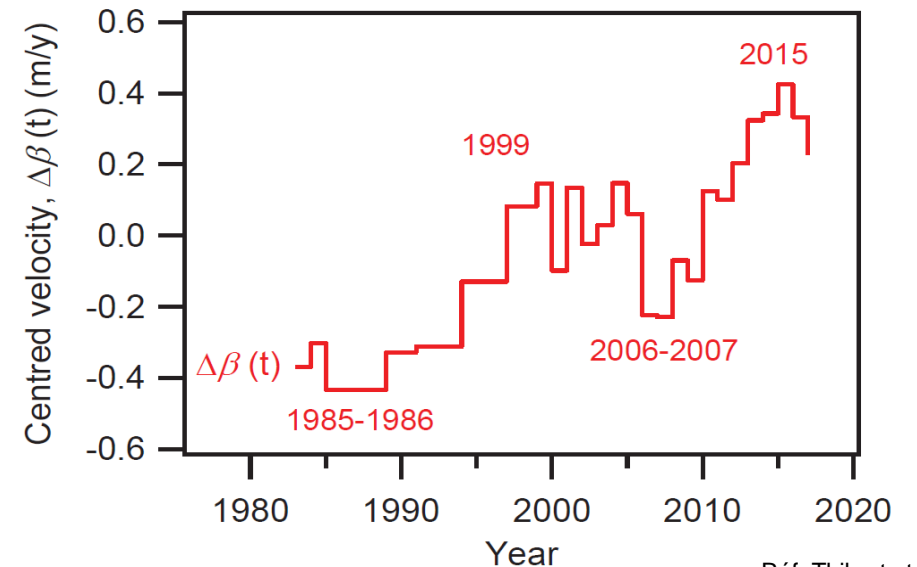
Réf; OCDE (2007)



Impact sur les glaciers rocheux

Les **glaciers rocheux** sont constitués d'un mélange de glace et de débris rocheux, qui fluent sous l'effet de la déformation de la glace. La vitesse de déplacement des glaciers rocheux fluctue en fonction de la température du sol à une échelle pluriannuelle : on note une accélération progressive si le sol se réchauffe, et un ralentissement si le sol se refroidit. .

Les mesures de **vitesse de déplacement du glacier rocheux du Laurichard**, au col du Lautaret, illustrent cette variation. On note une **accélération progressive depuis 1986**, liée au réchauffement. Le ralentissement de 2005-2007 est dû à deux hivers consécutifs avec enneigement très tardif. La valeur record atteinte en 2015 est très probablement liée aux effets cumulés de l'épisode caniculaire de juillet 2015 survenu à la suite à d'une période de deux années particulièrement chaudes



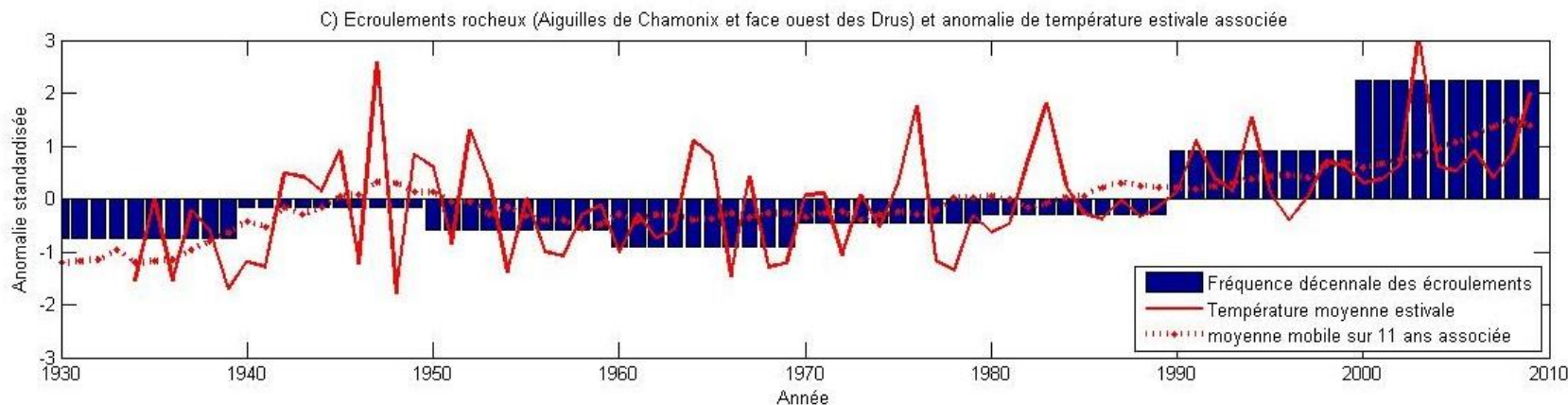


Impact sur les écoulements en haute montagne

Dans les parois rocheuses, ces épisodes peuvent également provoquer une forte **recrudescence des chutes de blocs** et des **éboulements/écroulements**.

Les reconstitutions basées sur le repérage des niches d'arrachement sur les photographies anciennes dans des secteurs à permafrost du massif du Mont Blanc montrent en effet une corrélation entre la fréquence décennale des écoulements rocheux ($> 100 \text{ m}^3$) et le réchauffement enregistré depuis le début du XXe siècle.

Le **regain d'activité constaté depuis les décennies 1990 et 2000** est particulièrement manifeste, en particulier lors des étés caniculaires (2003, 2015). Par ailleurs, ces phénomènes se produisent désormais dans des tranches d'altitude jusque-là non affectées (pour la première fois au-dessus de 4000m lors de l'épisode 2015).

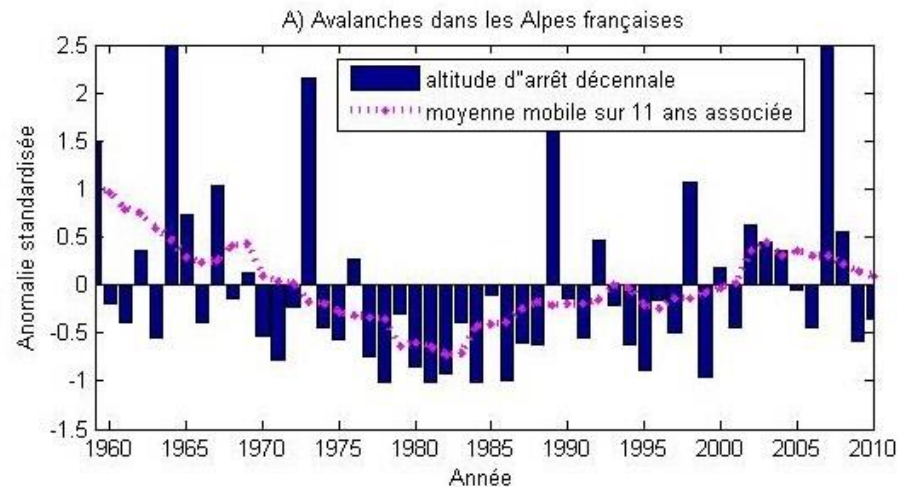


Nombre d'écroulements rocheux dans les Aiguilles de Chamonix et les Drus et anomalie de température associée à Chamonix (données : Météo-France) (d'après *Ravanel et Deline 2011*).

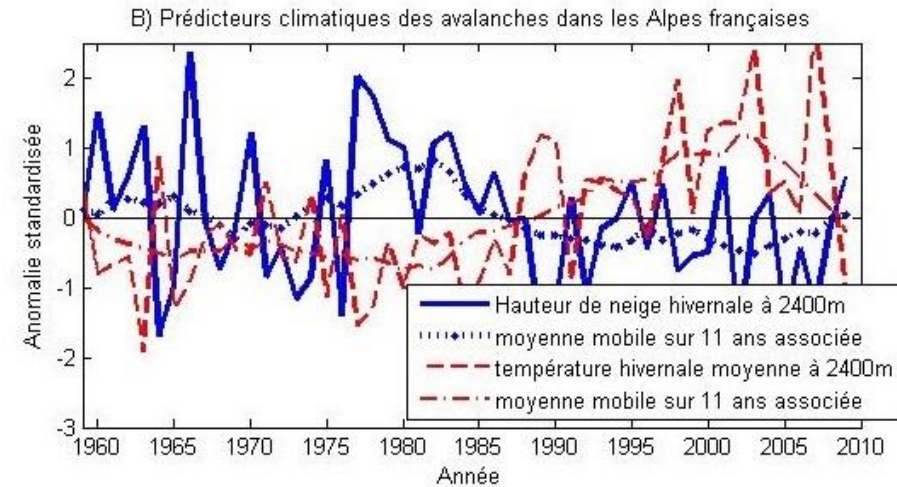


Impact sur les avalanches d'après l'EPA

L'Enquête Permanente sur les Avalanches (EPA) répertorie les avalanches se produisant sur un nombre défini de couloirs répartis sur le territoire français. A l'échelle des Alpes françaises, **l'altitude d'arrêt des avalanches est plus élevée sur la période climatique la plus récente (1980-2005), ce qui veut dire que les avalanches sont de moindre intensité sur cette période, qui correspond à une période de réchauffement climatique marquée. Les minima des altitudes d'arrêt enregistrés entre 1960 et 1980 correspondent à des hivers froids et fortement enneigés. L'influence des hivers plus froids et neigeux enregistrés depuis 1998 se distingue nettement, dans la mesure où ils sont moins fréquents.**



(A) **Altitude d'arrêt décennale des avalanches**
dans les Alpes françaises



(B) **Facteurs nivo-météorologiques hivernaux prédicteurs identifiés**
(données : Météo-France). Source : Einhorn et al., 2015 (d'après Eckert et al., 2013)



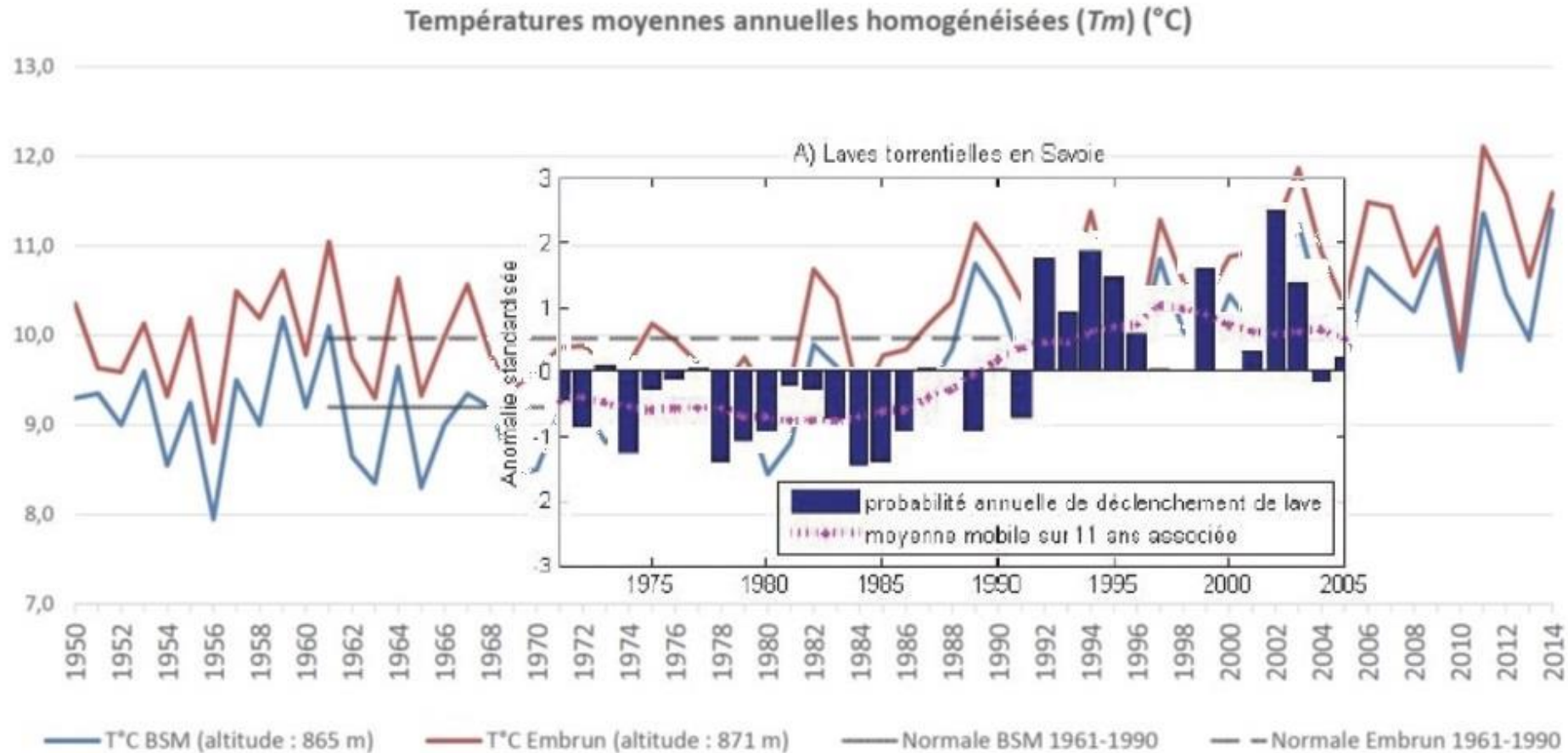
Impact sur les laves torrentielles en Savoie



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



Observatoire Savoyard du
Changement Climatique

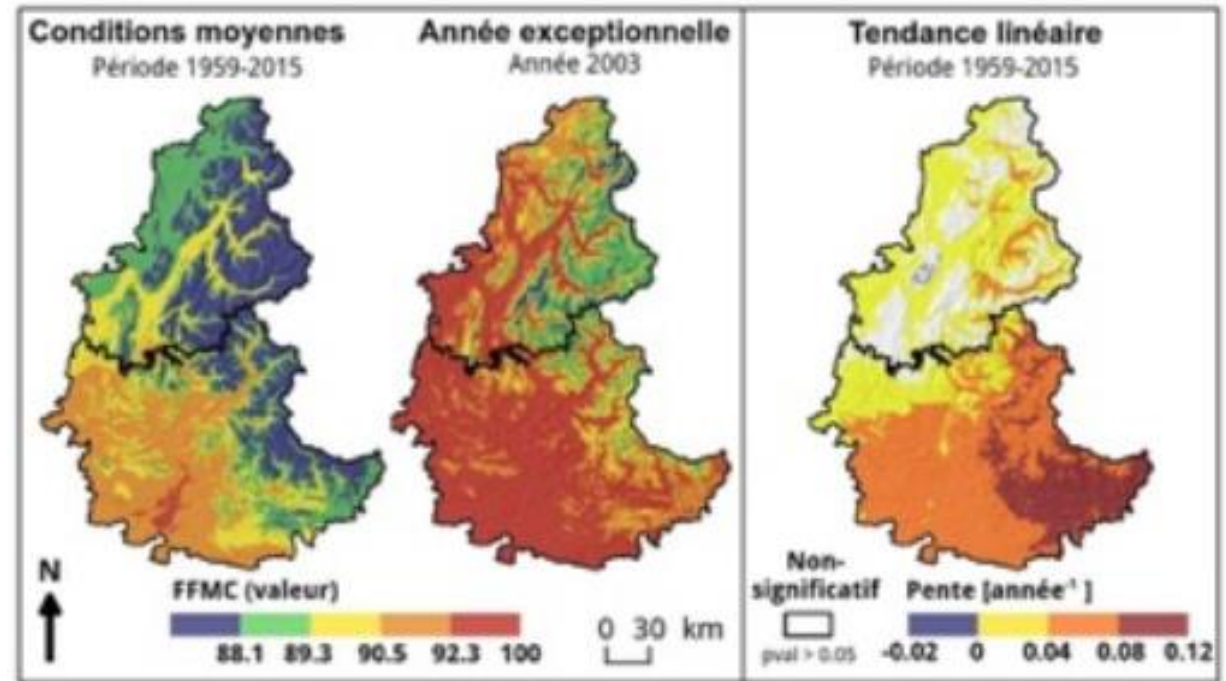




Expansion des incendies de forêts dans les Alpes françaises

Changements très contrastés entre Alpes du Nord et Alpes du Sud :

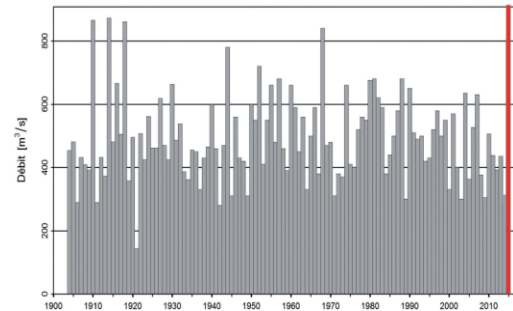
- une **évolution particulièrement importante depuis 1959 dans les Alpes du Sud** chaudes et sèches : l'aléa météo feux de forêt est plus fort
- une **augmentation élevée dans les Alpes internes** et dans les **vallées de basse altitude des Alpes du Nord**
- une **saison favorable aux feux qui s'allonge** au printemps dans les Alpes du Nord, et presque toute l'année dans les Alpes du Sud
- des **valeurs d'indice forêt météo extrêmes** enregistrées chaque année dans le sud et tous les 3-4 ans dans le nord.



Carte de l'indice d'humidité des combustibles fins (FFMC). Source : Dupire et al. (2017). *Science of the Total Environment*

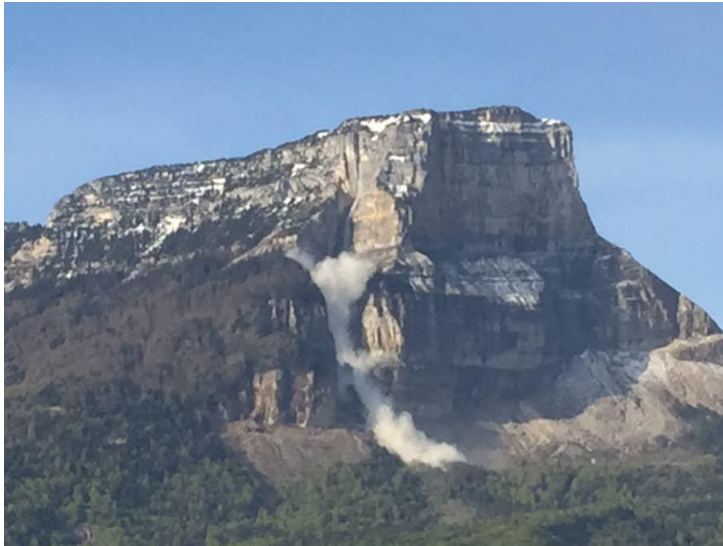


Evénements remarquables 2015 (FR)





Evénements remarquables 2016 (FR)





Evénements remarquables 2016 (DE)



© Pressefoto Geiring, *In: Schneiderbauer et al. (2018).*

**Crue torrentielle, Innstraße, Simbach (Basse-Bavière)
31 mai/1^{er} juin 2016**

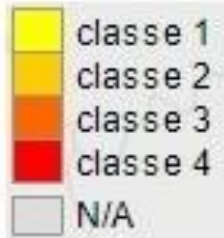


Bade-Wurtemberg 2016

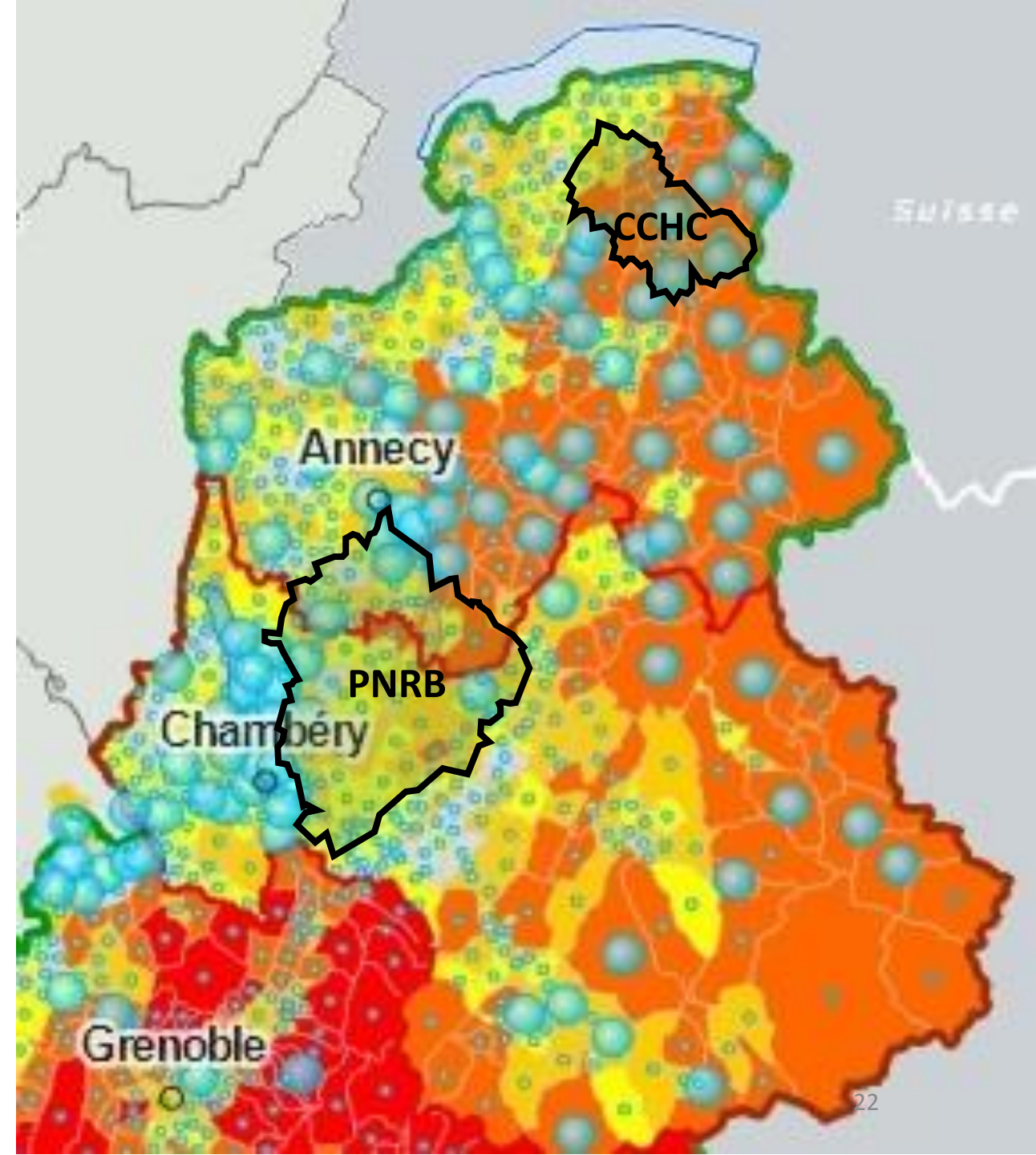
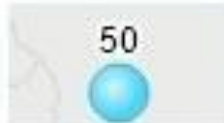


Arrêtés « CatNat » dans les Alpes du Nord

**Nombre d'aléas
par commune**



**Nombre d'arrêtés
CatNat (1982-2017)**





Arrêtés « CatNat » dans les départements alpins

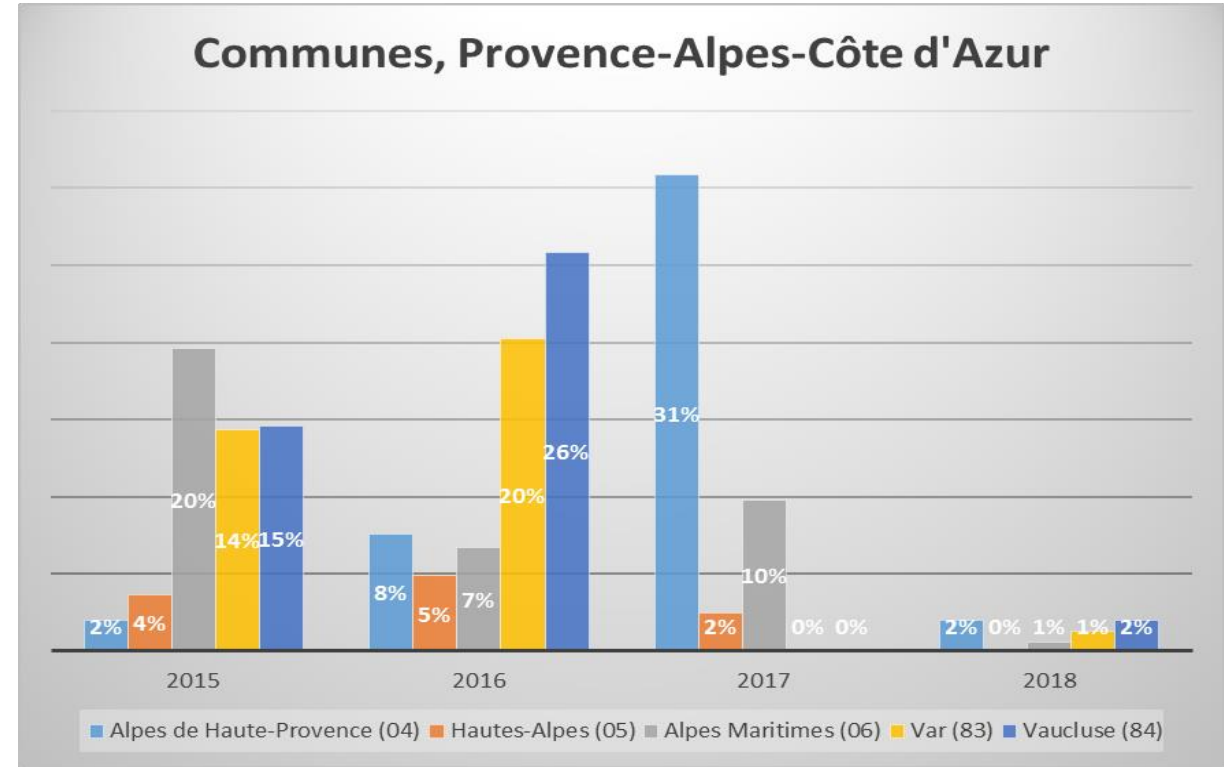
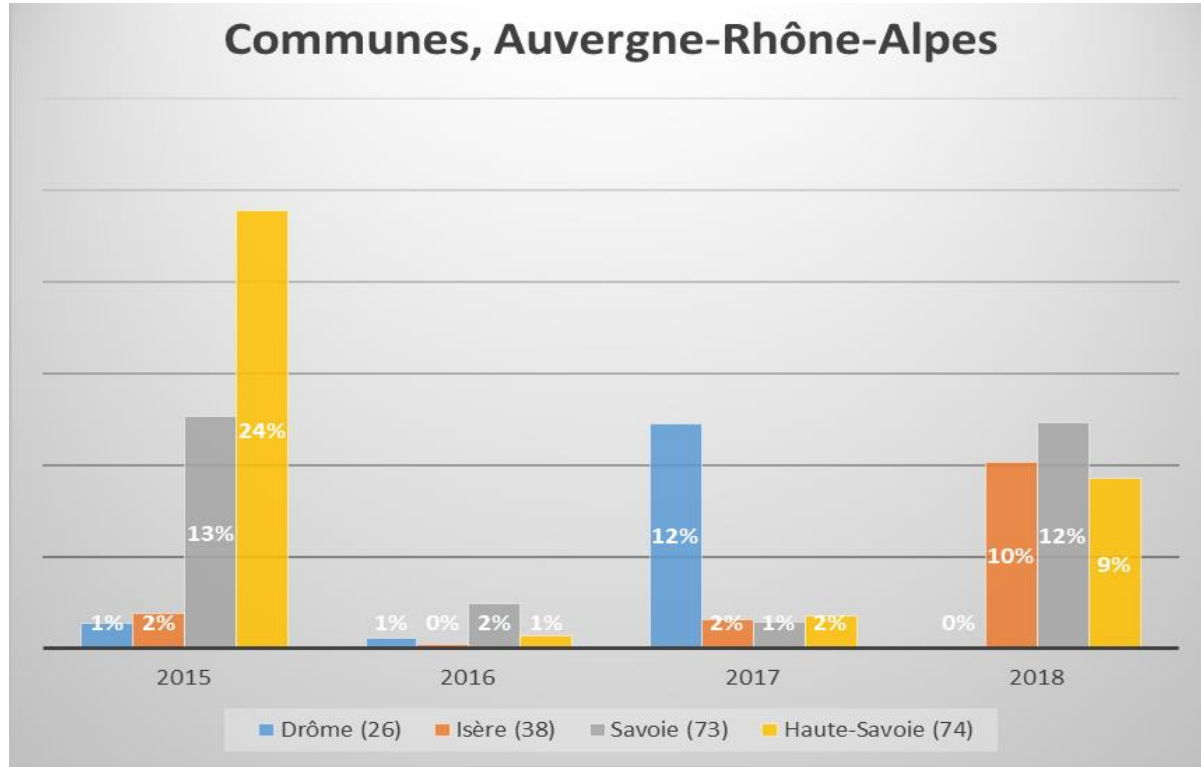
Année	Auvergne-Rhône-Alpes				Provence-Alpes-Côte d'Azur				
	Haute-Savoie (74)	Savoie (73)	Isère (38)	Drôme (26)	Hautes-Alpes (05)	Alpes de Haute-Provence (04)	Alpes Maritimes (06)	Vaucluse (84)	Var (83)
2015	24%	13%	2%	1%	4%	2%	20%	15%	14%
2016	1%	2%	0%	1%	5%	8%	7%	26%	20%
2017	2%	1%	2%	12%	2%	31%	10%	0%	0%
2018*	9%	12%	10%	0%	0%	2%	1%	2%	1%

* Mise à jour des données : 13/10/2018 – Traitement PARN (R. Calla Jiménez)

<http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/telechargement/gaspar>



Arrêtés « CatNat » dans les départements alpins

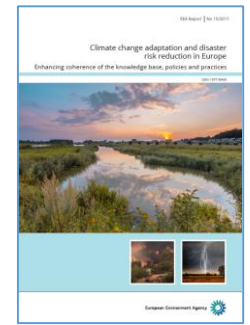
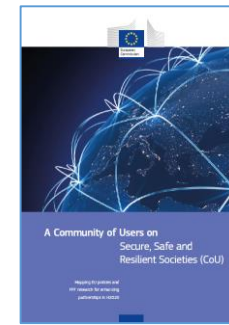
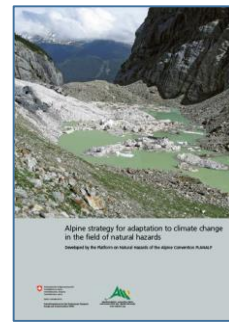
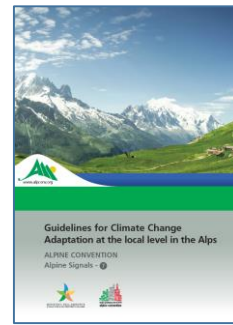
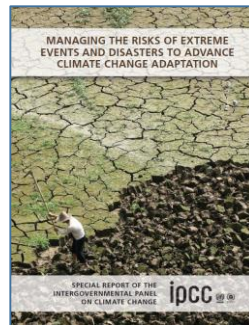
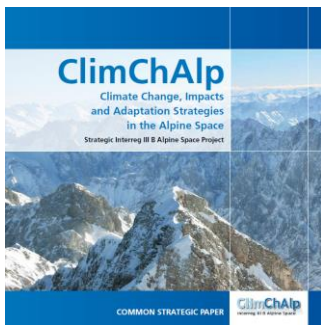
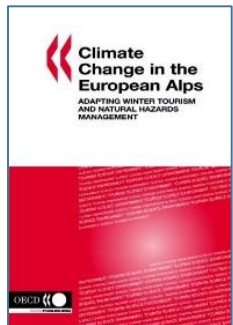




L'adaptation dans les Alpes

L'adaptation de la gestion des risques à l'agenda :

- des gouvernements → GIEC
- de l'Union Européenne → Stratégie 2013
- des états → PNACC
- des régions → Stratégies et Plan
- des territoires alpins → Stratégies locales





La gestion intégrée des risques naturels (GIRN)

- Développée dans le massif alpin français depuis 2009 via l'**opération interrégionale CIMA-POIA** : <http://risknat.org/girn/>
- Promue dans la **SUERA** (cf. programmes des présidences allemande 2016 et autrichienne 2018) : <http://risknat.org/eusalp-suera/>
- Au menu du projet Espace Alpin **GreenRisk4Alps** (PARN + PNR des Baronnies Provençales et autres « régions d'actions pilotes » du projet) : <http://risknat.org/greenrisk4alps/>
- En perspective : **Présidence italienne 2019 et française 2020** de EUSALP





« On ne peut pas tout prévoir » : notion de risque résiduel



Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz



<http://alpine-region.eu/results/beyond-expected-dealing-cases-overload-and-residual-risk-natural-hazards-alpine-region>



Principales conclusions de l'atelier et suites à donner



Interreg
ALCOTRA
Fonds européen de développement régional
Fondo europeo di sviluppo regionale



ADAPTATION ET RÉSILIENCE DES
TERRITOIRES ALPINS FACE
AU CHANGEMENT
CLIMATIQUE
ARTACLIM
ADAPTAMENTO
E RESILIENZA DEI
TERRITORI ALPINI DI
FRONTE AI CAMBIAMENTI CLIMATICI



- Le changement climatique va **plus vite et plus fort** que les scénarios les plus pessimistes envisagés par le GIEC il y a 20 ans (cf. rapport du GIEC du 8/10)
- Les **impacts** sur les phénomènes sources de danger sont bien avérés dans certains secteurs : ils sont particulièrement manifestes **en haute montagne** et commencent à l'être également dans les **massifs de moyenne montagne** et les **vallées alpines** de la zone Alcotra (cf. plateforme Alpes-Climat-Risques)
- Face à la **diversité des contextes locaux** il est nécessaire de **régionaliser / territorialiser** la connaissance des **impacts** pour l'élaboration et la mise en œuvre de **stratégies de gestion et d'adaptation** (cf. principes de Gestion intégrée des risques naturels)
 - *Proposition : mettre en place des **observatoires locaux** des impacts du CC et **mettre en réseau les territoires** pour l'adaptation et la résilience*
 - *Quels **indicateurs** ? (cf. ARTACLIM WP 3.2) ; Quels **outils de suivi** ? (cf. ARTACLIM WP 4.2 et 4.3)*



Questions pour la suite

- Comment traiter la question des risques dans nos projets (ARTACLIM, ADAPT MB, mais aussi, TRAJECTORIES, Refuges sentinelles, etc.), comment établir des liens entre eux et partager les méthodologies ?
- Quelle mise à l'agenda politique ?
Cf. exemples cités :
 - Autriche (Risk Policy Dialogue), 2017 : sur les événements extrêmes
<http://risknat.org/evenements-extremes-et-strategies-dadaptation-risiko-policy-dialog-2017-policy-brief/>
 - Présidence tyrolienne 2018 EUSALP / AG8 :
<http://risknat.org/la-gestion-integree-des-risques-naturels-promue-par-la-presidence-tyrolienne-de-la-suera-en-2018/>
 - Tyrol/sud Tyrol/Trentino (EFA 2018) : coopération sur les risques naturels
<http://risknat.org/cooperation-in-natural-hazard-management-eusalp-ag8-suera-european-forum-alpach-2018/>



Ressources sur le site internet du PARN

- **Stratégie de l'Union Européenne pour la Région Alpine (SUERA)**
EU Strategy for the Alpine Region (EUSALP)
Groupe d'Action 8 : Gestion de l'adaptation et des risques naturels majeurs
<http://risknat.org/eusalp-suera/>
- Plateformes thématiques du PARN :
 - **Plateforme « Alpes-Climat-Risques » : impacts et adaptation**
<http://risknat.org/plateforme-alpes-climat-risques/>
 - **Gestion intégrée des risques naturels (GIRN)**
<http://risknat.org/girn/>
 - **Réseau d'interface « Science-Décision-Action » (SDA)**
 - Projets de recherche-action
 - Séminaires transversaux d'échanges entre élus, techniciens et scientifiques<http://risknat.org/science-decision-action/>





Références (1/3)

- Auer I, Böhm R, Jurkovic A, Lipa W, Orlik A, Potzmann R, Schöner W, Ungersböck M, Matulla C, Briffa K, Jones PD, Efthymiadis D, Brunetti M, Nanni T, Maugeri M, Mercalli L, Mestre O, Moisselin J-M, Begert M, Müller-Westermeier G, Kveton V, Bochnicek O, Stastny P, Lapin M, Szalai S, Szentimrey T, Cegnar T, Dolinar M, Gajic-Capka M, Zaninovic K, Majstorovic Z, Nieplova E, 2007. **HISTALP – Historical instrumental climatological surface time series of the greater Alpine region 1760-2003**. *International Journal of Climatology* 27: 17-46
- Beniston M. (2005). **Mountain climates and climatic change: An overview of processes focusing on the European Alps**. *Pure and Applied Geophysics* 162, p. 1587-1606.
- Beniston, M., Farinotti, D., Stoffel, M., Andreassen, L. M., Coppola, E., Eckert, N., Fantini, A., Giacona, F., Hauck, C., Huss, M., Huwald, H., Lehning, M., López-Moreno, J.-I., Magnusson, J., Marty, C., Morán-Tejéda, E., Morin, S., Naaim, M., Provenzale, A., Rabatel, A., Six, D., Stötter, J., Strasser, U., Terzago, S., and Vincent, C.: The European mountain cryosphere: a review of its current state, trends, and future challenges, *The Cryosphere*, 12, 759-794.
- Beniston M., Fox D.G., Adhikary S., Andressen R., Guisan A., Holten J., Innes J., Maitima J., Price M., and Tessier L. (1996). **The Impacts of Climate Change on Mountain Regions**. In Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Chapter 5, Cambridge University Press, pp. 191-213.
- CGET (2018), **Schéma Interrégional du massif des Alpes**, Atlas...
- 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.



Références (2/3)

- Einhorn B. (2015) – **Les risques naturels en montagne en 2015 : un avant-goût des impacts du changement climatique ?** *Nature et Patrimoine en Pays de Savoie*, n°47, pp. 26-31.
- Einhorn B., Eckert N., Chaix N., Ravanel 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.** *Journal of Alpine Research. Revue de Géographie Alpine*, 103-2.
- Einhorn B., Tamburini A., Morin S., Eckert N., Richard D., Bodin X., Schoeneich P., Obled C. (2016) – **Le changement climatique en Rhône-Alpes. Impact sur les risques naturels.** [Chapitre] In: ORECC (2016). Profil Climat Territorial Montagne – Alpes du Nord, pp. 9-13.
- Einhorn B., Gérard S. (2017) **Changement climatique et risques naturels dans les Alpes, Événements remarquables 2015.** Rapport technique PARN, 23pp.
- Einhorn B. et Gérard S. (2018). **Impacts du changement climatique sur les risques naturels dans les Alpes.** Rapport du projet ARTACLIM, WP 3.1a – Etat de l’art.
- 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.
- Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique - ONERC (2008). **Changement climatiques dans les Alpes : Impacts et risques naturels.** Rapport Technique N°1, ONERC (Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique), Pôle Grenoblois d’études et de recherche pour la prévention des Risques Naturels (PGRN), Région Rhône-Alpes, 100 pp.



Références (3/3)

Observatoire régional des effets du changement climatique Auvergne-Rhône-Alpes - ORECC (2016). **Profil Climat Territorial Montagne – Alpes du Nord**. Rapport, 26pp.

Organisation de coopération et de développement économiques - OCDE (2007). **Changements climatiques dans les Alpes européennes : Adapter le tourisme d'hiver et la gestion des risques naturels**. Rapport, 140 pp., ISBN: 9789264031708.

PLANALP (2012). **Alpine strategy for adaptation to climate change in the field of natural hazard**. Plateforme Risques naturels de la Convention Alpine, Berne.

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.

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)**. 9th European Conference on Permafrost EUCOP2018, Chamonix Mont Blanc, 23 May – 1st June 2018, Book of abstracts, pp. 615-616.