



La Lettre Alpes-Climat-Risques

Lettre d'information du PARN sur le changement climatique et les risques naturels dans les Alpes

N°2 – Avril 2013

www.risknat.org/thematiques-recherche/changement-climatique-et-risques-naturels

Sommaire

Introduction.....	2
Activités du PARN sur le changement climatique.....	2
Mise à jour de la Base Alpes-Climat-Risques.....	2
Mise à jour de la Base Projets.....	2
Atelier du Labex ITEM.....	2
Actualités et ressources du réseau.....	3
Politiques publiques d'adaptation au changement climatique.....	3
Observatoires.....	3
Recherche universitaire.....	3
Réseau associatif.....	4
Résultats de la recherche.....	4
Travaux transversaux (pluri-thématiques).....	4
Résultats des projets du programme Espace Alpin 2007-2013.....	4
Manifestations et publications récentes.....	5
Préparation du 5e rapport du GIEC.....	6
Climat et milieux alpins.....	6
Paramètres climatiques.....	6
Glaciers.....	10
Cours d'eau.....	11
Forêt alpine.....	12
Erosion.....	12
Risques naturels.....	13
Aléas d'origine glaciaire.....	13
Avalanches.....	14
Mouvements de terrain.....	14
Crues et laves torrentielles.....	15
Crues et inondations.....	15
Feux de forêt.....	16
Tempêtes.....	17
Manifestations à venir.....	18

Cette lettre d'information est éditée par Pôle Alpin d'études et de recherche pour la prévention des Risques Naturels (PARN) avec le soutien de la Région Rhône-Alpes. Elle s'inscrit dans le cadre de l'actualisation de la base de connaissances *Alpes-Climat-Risques* relative aux effets du changement climatique sur les risques naturels dans l'Arc alpin. Elle est diffusée sur le site internet du PARN et au sein de son réseau scientifique, technique et institutionnel.

Introduction

La Lettre Alpes-Climat-Risques poursuit son tour d'horizon des activités, des projets et des résultats scientifiques et techniques sur le changement climatique et ses impacts sur les milieux de montagne et les risques naturels dans les Alpes. Dans ce second numéro, une attention particulière est accordée aux résultats des projections climatiques régionales et des simulations d'impacts disponibles à l'échelle alpine.

Activités du PARN sur le changement climatique

Mise à jour de la Base Alpes-Climat-Risques

La base de connaissances bibliographique Alpes-Climat-Risques actualisée en 2012 comporte désormais 260 références sur le changement climatique et ses effets sur les milieux de montagne et sur les risques naturels dans l'Arc alpin. Cette mise à jour se poursuit en 2013 pour prendre en compte les dernières avancées de la recherche sur cette thématique, en particulier les résultats des projets de recherche européens récemment achevés.

► www.risknat.org/projets/alpes-climat-risques

Mise à jour de la Base Projets

Suite à sa mise à jour en 2011-2012 soutenue par la DREAL Rhône-Alpes, la Base Projets du PARN présente aujourd'hui les résultats de plus de 400 projets sur les risques naturels concernant les territoires alpins et au-delà (régions Rhône-Alpes, PACA et Languedoc-Roussillon), parmi lesquels 30 projets portent sur des thématiques relatives au changement climatique et à ses impacts.

► www.risknat.org/baseprojets

Atelier du Labex ITEM

L'atelier "**Changement global et risques naturels**" organisé par le PARN en collaboration avec le WP1 du Labex ITEM¹ s'est tenu à Autrans (Vercors) les 21-22 mars 2013. Il a rassemblé des acteurs issus des sphères scientifiques et opérationnelles, dans un objectif de co-construction, en proposant un questionnement sur le changement global à travers le prisme des risques naturels. En vue d'éclairer collectivement ces questionnements et les enjeux opérationnels qu'ils sous-tendent, des sessions d'échanges en sous-groupes de type « world café » ont permis aux participants de confronter leurs points de vue et expériences tant sur les concepts et sur les outils existants que sur les obstacles à l'intégration de la question du changement global dans les pratiques de gestion des risques naturels. La synthèse de cet atelier sera prochainement diffusée sur les sites web du PARN et du Labex ITEM.

► www.risknat.org/activites/labex_item

¹ Laboratoire d'excellence « Innovation et Territoire de Montagne » (cf. [Lettre Alpes-Climat-Risques N°1](#), p. 7)

Actualités et ressources du réseau

Politiques publiques d'adaptation au changement climatique

La DREAL Rhône-Alpes a commandité la rédaction d'un "Guide d'accompagnement à destination des collectivités pour décliner le projet de Schéma Régional Climat-Air-Energie dans son Plan Climat Energie Territorial" (nov. 2012). Ce document est accompagné d'un tableur de présentation indicative de la répartition territorialisée des objectifs chiffrés du projet de SRCAE. Tous deux sont disponibles sur le site internet du Schéma Régional. ► <http://srcae.rhonealpes.fr>.

Le guide "Climat : réussir le changement" réalisé par Rhône-Alpes-Energie-Environnement (RAEE) sur la base des travaux du Groupe de Réflexion et d'Action pour l'Adaptation aux effets du Changement Climatique (GRAACC) est un outil méthodologique pour accompagner les élus et les services techniques dans la définition et la mise en place de stratégies d'adaptation au changement climatique. Le 1^{er} volume (mai 2012) présente quelques points clés utiles aux décideurs pour engager la démarche. Le second volume (avril 2013), qui s'adresse plus particulièrement aux chargés de mission, apporte des éléments pratiques pour la mise en œuvre de stratégies locales d'adaptation. ► www.ddrhonealpesraee.org/adaptation_aux_effets_du_changement_climatique.php

Observatoires

La démarche de mise en place d'un **Observatoire Régional du Changement Climatique (ORECC)** est présentée sur le site internet de la DREAL Rhône-Alpes, où figurent également les rapports produits par Météo-France dans le cadre du SRCAE sur le climat actuel en Rhône-Alpes et sur les projections climatiques pour le XXI^{ème} siècle. ► www.rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr/orecc-observatoire-regional-des-r954.html.

Recherche universitaire

Mise en place de la Plateforme ENVIRHONALP CLIMAT REGIONAL

La proposition de créer une Plateforme Climat Planète s'est construite autour de trois idées centrales :

- fédérer les recherches régionales sur la compréhension de l'évolution des climats aux échelles régionales et de leurs impacts sociétaux,
- développer des structures permettant une liaison plus étroite entre ces recherches, les structures d'enseignement, la demande sociétale, et le monde économique,
- créer un Centre de Données, qui permette une gestion et une utilisation ouvertes et performantes des informations obtenues à travers les dispositifs d'observation et de calcul.



Sandrine Anquetin, Directeur de Recherche CNRS au LTHE Grenoble, est porteur scientifique de cette plateforme.

► <http://envirhonalp.obs.ujf-grenoble.fr/index.php?option=content&task=view&id=320>

Réseau associatif

Le pôle "Educ'Alpes Climat" lancé par le Réseau d'éducation à l'environnement montagnard alpin (REEMA) fin 2010 regroupe aujourd'hui une trentaine d'acteurs (associations d'éducation à l'environnement, collectivités territoriales impliquées dans des démarches PCET, bureau d'étude, institutionnels, etc.) travaillant sur la sensibilisation au changement climatique en montagne. Il a notamment pour activités le recensement des acteurs alpins de la sensibilisation au changement climatique et de leurs actions éducatives, l'organisation de rencontres inter-acteurs, la réalisation de supports d'information sur le changement climatique dans les Alpes, ou encore la mise en place d'une offre de formation concertée au changement climatique en montagne. ► www.reema.fr/wakka.php?wiki=ChangementClimatique

Résultats de la recherche

Travaux transversaux (pluri-thématiques)

Résultats des projets du programme Espace Alpin 2007-2013

Pour une vue d'ensemble, le rapport "*Alpine Space Programme - Climate Change Cluster*" (2011) (► www.clisp.eu/content/sites/default/files/CC_Cluster-booklet.pdf) présente le contexte, les objectifs et les principales réalisations de 9 projets issus de la seconde période de programmation du programme Espace Alpin portant sur les impacts du changement climatique et l'adaptation² :

- **AdaptAlp**: Adaptation to Climate Change in the Alpine Space (2008-2011)
- **Alp-FFIRS**: Alpine Forest Fire Warning System (2009-2012)
- **AlpWaterScarce**: Water Management Strategies against Water Scarcity (2008-2011)
- **ClimAlpTour**: Climate Change and its Impact on Tourism (2009-2011)
- **CLISP**: Climate Change Adaptation by Spatial Planning (2008-2011)
- **MANFRED**: Management strategies to adapt Alpine Space forests to climate change risks (2009-2012)
- **Paramount**: imProved Accessibility: Reliability and security of Alpine transport infrastructure related to mountainous hazards in a changing climate (2009-2012)
- **PermaNET**: Longterm Permafrost Monitoring Network (2008-2011)
- **SILMAS**: Sustainable Instruments for Lakes Management (2009-2012)

En outre, les principaux résultats de ces projets sont disponibles sur le site du programme Espace Alpin. ► www.alpine-space.eu/projects/project-results-per-thematic-field/climate-change

Parmi eux, le projet **CLISP** se plaçait à la suite de projets précédents (notamment ClimChAlp³) dans la perspective d'élaborer une stratégie globale d'adaptation de la planification territoriale au changement climatique dans les régions alpines, à la fois multi-sectorielle et intégrée. Le WP4 du projet visait plus spécifiquement à contribuer à l'amélioration de la connaissance et de la prise en

² Un certain nombre de ces projets ont été présentés dans la [Lettre Alpes-Climat-Risques N°1](#).

³ [ClimChAlp](#) : "Climate Change, impacts and Adaptation Strategies in the Alpine Space" (2006-2008)

compte de la vulnérabilité aux impacts du changement climatique et à promouvoir l'intégration du concept de vulnérabilité en tant que question clé de l'adaptation dans les pratiques de planification. Le but était de développer une méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité spatiale régionale commune et transférable, basée sur l'identification de (i) l'exposition au changement climatique (scénarios climatiques), (ii) la sensibilité aux changements climatiques, (iii) les impacts potentiels, mais aussi (iv) la capacité d'adaptation des régions considérées, à partir d'une série d'indicateurs qualitatifs et quantitatifs. Cette démarche a été mise en œuvre pour les 11 « régions modèles » du projet en analysant leur vulnérabilité dans les secteurs clé suivants : agriculture, urbanisme, énergie, forêts, santé, tourisme et gestion de l'eau. Les impacts potentiels sur les avalanches, les chutes de blocs les laves torrentielles, les crues, et les feux de forêt ont notamment été pris en compte. De plus, certaines techniques développées pour modéliser la vulnérabilité régionale ont été testées pour évaluer des impacts du changement climatique à l'échelle de l'arc alpin dans son ensemble. Ces travaux sont présentés dans le rapport de synthèse du WP4 : "*Vulnerability Assessment*" (EURAC, avril 2011).

► www.clisp.eu/content/?q=node/229

Pour rappel, l'effort de capitalisation et de mutualisation des connaissances pour l'adaptation au changement climatique dans l'Espace alpin se poursuit dans le cadre du projet **C3 Alps** ⁴ déjà évoqué dans le précédent numéro. ► www.c3alps.eu

Manifestations et publications récentes

Les présentations au colloque "**Les changements globaux : Enjeux et défis**" du **Comité National Français des Changements Globaux (CNFCG)** (Toulouse, 9-11 juil. 2012) sont désormais en ligne.

► <http://cnfcg-colloque2012.ipsl.fr>

Les actes du **25ème colloque de l'Association Internationale de Climatologie (AIC 2012)** intitulé "**Climats régionaux : observation et modélisation**" (Grenoble, 5-8 sept. 2012) sont également en ligne sur le site internet de l'AIC. ► www.climato.be/aic/colloques/actes/grenoble2012_actes.pdf

La conférence internationale "**Mountains Under Watch 2013 (MUW13): Observing Climate Change Effects in the Alps**" organisée par l'ARPA Vallée d'Aoste (20-21 fév. 2013) a rassemblé des scientifiques et experts internationaux pour échanger sur les méthodes et les stratégies d'observation à long terme des effets du changement climatique sur les différentes composantes de l'environnement alpin (hydrologie, ressources en eau, glaciers, permafrost, écosystèmes d'altitude...). Les vidéos et documents de ces deux journées sont en ligne sur le site web de la conférence. ► www.muw2013.it

Dans le cadre du 10^e Forum International de la Météo et du climat s'est tenu le colloque international "**Agir face aux risques météo-climatiques : outils et enjeux économiques à l'horizon 2030**" le 21 mars 2013 à Paris. Etaient abordés les avancées en matière de prévisions météorologiques, l'impact économique des risques météo-climatiques et les stratégies pour réduire ou gérer ces risques, en s'intéressant particulièrement à la mesure, la perception, et la mémoire des risques, aux meilleures façons de lancer des alertes, et à la gouvernance des risques en France et à l'étranger.

► www.forumeteoclimat.com/colloque-international

⁴ C3 Alps: "Climate Change Capitalisation and Adaptation platform for the European Alps" (2012-2014).

A signaler également, le rapport de l'Agence Européenne pour l'Environnement "**Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012**" (cf. [communiqué de presse](#)) qui dresse, sur plus de 300 pages, un vaste panorama du changement climatique en Europe (variables clés et cryosphère) et de ses impacts sur les systèmes environnementaux (océans, zones côtières, ressource en eau, écosystèmes terrestres et biodiversité, sols) et sur les systèmes socio-économiques (agriculture, foresterie, pêche et aquaculture, santé, énergie, services et infrastructures de transport, tourisme), ainsi que de la vulnérabilité associée (en particulier aux risques de crues, de pénurie d'eau et de sécheresse). Cette évaluation met en avant une approche intégrée de la vulnérabilité au changement climatique, la caractérisation de la vulnérabilité des villes et des centres urbains, ainsi qu'une évaluation des coûts associés aux dommages projetés. ► www.eea.europa.eu/publications/climate-impacts-and-vulnerability-2012

Préparation du 5e rapport du GIEC

Le groupe 1 du **Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC)** livrera fin septembre 2013 la première partie de son 5^{ème} rapport consacré à l'état des connaissances sur le climat et aux projections de l'évolution climatique à venir, tandis que le rapport du groupe 2 sur l'impact, la vulnérabilité et l'adaptation est attendu pour mars 2014. ► www.ipcc.ch. Pour en savoir plus, des documents d'information sur le 5^{ème} Rapport sont disponibles sur le site internet de l'ONERC. ► www.developpement-durable.gouv.fr/Presentation,22611.html

Climat et milieux alpins

Paramètres climatiques

Observations

Parmi les indicateurs de l'ONERC récemment mis à jour, l'évolution du nombre annuel de jours de pluies ≥ 100 , 150 ou 190 mm sur les régions méditerranéennes de la France (qui comportent les départements alpins de la région PACA) couvre désormais la période 1958 à 2012. On observe une variabilité interannuelle importante du nombre d'occurrences de fortes pluies quel que soit le seuil considéré. En revanche, aucune tendance n'est observée actuellement dans l'évolution de l'occurrence des pluies diluviennes sur ces régions. ► [Indicateur sur le site de l'ONERC](#)

Analyse du climat alpin

Les longues séries de variables météorologiques homogénéisées de la Grande Région Alpine (GAR) rassemblées dans la base de données HISTALP⁵ sont régulièrement actualisées. Sur les séries de températures les plus anciennes, qui remontent à 1760, des corrections ont été apportées aux biais de mesure affectant les données au début de la période⁶. Les dernières mises à jour intègrent progressivement les mesures des années récentes. Ce jeu de données unique permet ainsi d'analyser avec une fiabilité croissante la variabilité climatique dans les Alpes sur les 250 dernières

⁵ Voir [Lettre Alpes-Climat-Risques N°1](#) (p. 8).

⁶ [Böhm et al., 2010](#), *Climatic Change* 101, 41-67.

années. A titre d'exemple, ces nouvelles séries font clairement apparaître la valeur « record » de la température moyenne du semestre d'hiver 2006/07 (+3,6°C au-dessus de la moyenne 1851–2000). Le développement de longues séries de précipitations solides et liquides permet d'étudier l'évolution du ratio pluie/neige aux diverses stations de mesure considérées⁷. De surcroît, le traitement statistique des données produit de nouveaux indicateurs. L'interpolation des données sur une grille permet pour la première fois de calculer les anomalies mensuelles et saisonnières en tout point de la GAR⁸ et ainsi de reconstituer l'évolution temporelle et spatiale de variables climatiques jouant un rôle clé dans le fonctionnement du milieu alpin, telles que l'altitude moyenne de l'isotherme 0°C ou les gradients altitudinaux de températures. Les analyses sur la période 1780-2008 montrent, par exemple, que pendant la dernière décennie, l'altitude moyenne de l'isotherme 0°C (calculé sur 10 ans pour diverses stations) s'est élevé de 400 m par rapport au début des années 1980. Enfin, à l'aide de valeurs discrètes et de moyennes glissantes sur des périodes de 30 ans, une analyse régionale de la variabilité « haute fréquence » interannuelle et inter-saisonnière de la pression atmosphérique, de la température et des précipitations sur la période 1760–2011 a été menée⁹. Cette étude montre, d'une part, que la variabilité climatique dans la GAR sur plus de deux siècles a plutôt diminué qu'augmenté, et que, d'autre part, le climat des 30 dernières années a été plutôt moins variable que celui des périodes « normales » précédentes en dépit de l'accroissement du forçage radiatif d'origine anthropique au cours des dernières décennies. Les publications récentes qui rendent compte de ces avancées seront progressivement intégrées à la base Alpes-Climat-Risques. ► www.zamg.ac.at/histalp

Projections climatiques alpines

Plusieurs rapports (pour bon nombre issus des projets du programme Espace Alpin) permettent de dresser un panorama des scénarios d'évolution climatique disponibles à l'échelle alpine à différentes échéances.

Le rapport de l'Agence Européenne pour l'Environnement (**EEA 2009**) : "*Regional climate change and adaptation — The Alps facing the challenge of changing water resources*" présente des projections climatiques régionales pour la Grande Région Alpine (GAR). Ces projections sont détaillées dans le rapport pour chaque saison (DJF, MAM, JJA, SON) pour l'ensemble de la GAR et pour chacune de ses sous-région (NW, NE, SW, SE et régions d'altitude > 1500 m). Elles prévoient une augmentation de la *température moyenne annuelle* de 3,9°C dans les Alpes à la fin du 21^e siècle (2071-2100) par rapport à la période de référence 1970-2000 (contre 3,3°C pour l'ensemble de l'Europe) selon le scénario A1B du GIEC, avec un réchauffement particulièrement marqué en haute montagne (> 1500 m), de 4,2°C. L'augmentation des températures serait comparativement faible jusqu'à 2050 (1,4°C), impliquant une nette accélération du réchauffement à partir de la seconde moitié du 21^e siècle. Toujours à l'échelle annuelle, on s'attend à une légère diminution des *précipitations* à la fin du siècle, comprise entre -1% et -11% selon les modèles et selon les régions, avec la diminution la plus forte au sud-ouest des Alpes. En revanche, les tendances seraient très différentes selon les saisons. Les plus forts changements sont projetés en été, avec une diminution de -25% au NE des Alpes et jusqu'à -41% au SW à la fin du siècle, tandis que la plupart des régions connaîtraient une augmentation des précipitations au printemps et en hiver. ► www.eea.europa.eu/publications/alps-climate-change-and-adaptation-2009

⁷ [Chimani et al., 2011](#), *Advances in Science & Research* 6, 39–43.

⁸ [Chimani et al., 2012](#), *International Journal of Climatology*, in press.

⁹ [Böhm, 2012](#), *The European Physical Journal Plus* 127: 54.

Le rapport technique du projet **AdaptAlp** : "*Climate Projections for the Greater Alpine Region - An evaluation of selected regional climate simulations with respect to hydrometeorological variations*" (Nilson et al., 2012) présente une évaluation des changements climatiques futurs projetés aux horizons « futur proche » (2021-2050) et « futur distant » (2071-2100) dans l'espace alpin par rapport à la période 1971-2000, ainsi que des projections de l'évolution future des débits de rivières. Cette évaluation est basée sur une approche multi-modèles intégrant la plupart des simulations climatiques disponibles, qui permet d'évaluer la robustesse des simulations considérées (c'est-à-dire leur capacité à reproduire les principales caractéristiques du climat observé au 20^e siècle et leur cohérence pour une majorité de projections) et de sélectionner les modèles les plus robustes et les plus adaptés aux horizons temporels visés (14 simulations sur 20 ont été retenues). Pour réduire la gamme des futurs possibles considérés, le scénario de l'IPCC conduisant à des concentrations « intermédiaire » en gaz à effets de serre (SRES A1B) a été choisi.

Selon l'estimation centrale, l'augmentation projetée des *températures moyennes annuelles* de l'air s'élèverait à +1,5°C dans le futur proche et à +3,5°C dans le futur distant, mais pourrait atteindre respectivement +2,25°C et +4,75°C selon une estimation haute. L'augmentation des températures hivernales serait supérieure de 0,2° à celle des températures estivales dans le futur proche. Inversement, le réchauffement estival serait supérieur de 0,5° au réchauffement hivernal dans le futur distant.

Les changements simulés dans les *précipitations moyennes annuelles* restent limités jusqu'au milieu du 21^e siècle : plusieurs modèles montrent une légère augmentation (+5%) en hiver dans les parties nord de la région alpine et une légère diminution estivale (-5%) dans les parties méditerranéennes. A la fin du siècle, l'accord entre les modèles est plus fort et les changements simulés sont plus prononcés : l'estimation centrale des changements dans les précipitations moyennes montre une augmentation de +15% en hiver (+25% dans les Alpes centrales) et une diminution de -15% en été (-25% dans les parties méditerranéennes).

Enfin, concernant la *disposition météorologique à la sécheresse* représentée par les plus faibles totaux de précipitation sur 30 jours par saison, aucune tendance robuste n'apparaît pour le futur proche, hormis en été où elle augmente pour la majorité des points de simulation. Le signal devient plus clair pour le futur distant, où toutes les simulations indiquent une diminution des totaux de précipitations sur 30 jours en été, dans une gamme allant de -20% à -75% dans les Alpes occidentales, tandis qu'une majorité de simulations montrent une augmentation jusqu'à +40% en hiver. Cet ensemble de projections est destiné à servir de base pour la prise de décision. Le rapport précise qu'il revient aux décideurs de choisir les simulations à considérer parmi l'ensemble dans les études de vulnérabilité et d'adaptation. Il insiste également sur le fait que les changements projetés dans les moyennes sont généralement plus robustes que les changements dans les extrêmes.

► www.adaptalp.org/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=370&Itemid=79

Le rapport "*Climatic scenarios guideline*" (Saulnier et al., 2011) du projet **Alps-Water-Scarce** présente une méthodologie de calcul de scénarios climatiques futurs dans les Alpes, destinée à fournir des bases communes pour être appliquée sur les sites pilotes du projet (parmi lesquels, concernant les Alpes françaises, figurent la Savoie et le bassin de l'Arly). Cette approche combine les résultats des projections du GIEC et du projet ENSEMBLES¹⁰ basées sur des techniques classiques de descente d'échelle avec une méthode de perturbation appliquée à des séries de mesures réelles (en vue d'une application aux séries d'observation des sites pilotes du projet). La méthode a été appliquées aux

¹⁰ [ENSEMBLES](#): "Ensemble-based Predictions of Climate Changes and their Impacts" (2004-2009) du 6e PCRD.

séries de températures mesurées dans la Grande Région Alpine (GAR) rassemblées dans le projet HISTALP (qui couvrent la période 1760-2007), en extrapolant jusqu'à 2100 la corrélation entre les tendances du GIEC et celles de la série HISTALP obtenue sur la période 1900-2007.

Ces données montrent un réchauffement deux fois plus rapide dans les Alpes qu'à l'échelle globale. L'augmentation moyenne des *températures* ainsi calculées pour la GAR s'élève à +3°C à l'horizon 2040-2060 et à +5,1°C à l'horizon 2080-2099 par rapport à la période 1980-1999. Pour les quatre sous-régions de la GAR (NW, NE, SW et SE), qui intègrent des stations de basse altitude non prises en compte dans le calcul de la température moyenne de la série HISTALP, les valeurs moyennes projetées sont légèrement moins élevées. Pour les parties NW et SW (qui couvrent les Alpes françaises et suisses et la partie occidentale des Alpes italiennes), le réchauffement calculé est compris entre +2,4 et +2,7°C à l'horizon 2040-2060 et entre +4,0 et +4,7°C à l'horizon 2080-2099. Le rapport indique que les projections fournies pour ces deux fenêtres temporelles doivent être considérées non pas comme des prévisions précises mais comme – pour la première – une situation hautement probable dans le futur proche et – pour la seconde – comme une situation sévère possible. L'évolution des précipitations reste quant à elle très incertaine. D'après les projections du projet ENSEMBLES, le rapport indique que le gradient nord-sud projeté dans l'évolution des *précipitations* futures sur l'Europe pourrait se traduire schématiquement par un léger accroissement des précipitations moyennes sur la partie nord des Alpes et une légère diminution sur la partie sud.

► [Rapport en ligne \(pdf\)](#)

Différents scénarios de changement climatique destinés à refléter une large gamme de futures conditions climatiques possibles dans les Alpes ont été pris en compte dans le projet **CLISP** (cf. p. 4). Ces scénarios ont été calculés avec différents modèles climatiques régionaux (RCM) forcés par différents modèles de circulation générale (GCM) sous différents scénarios d'émission de gaz à effet de serre (SRES) (B1 : scénario d'émissions faibles, et A1B : scénario d'émissions modérées/fortes). L'évolution des valeurs moyennes mensuelles, saisonnières et annuelles de différents paramètres climatiques a été calculée en terme de changement absolu par rapport à la période de référence (1961-1990) pour deux périodes futures de 20 ans (2011-2030 et 2031-2050). Les résultats présentés dans les documents de synthèse du projet ont été limités aux indicateurs présentant des tendances claires, potentiellement aisément interprétables. Parmi tous les paramètres considérés, les températures sont le plus fiable mais présentent cependant une variance importante, et d'autant plus à échelle fine. Les projections de précipitations présentent une incertitude beaucoup plus forte (les modèles climatiques n'étant pas capables de reproduire certains phénomènes comme les événements de pluies convectives, qui peuvent représenter une part majeure des précipitations estivales). Dans le rapport technique "*Processing of regional climate model data & providing climate projections for MRs (CLM and/or REMO) - Climate change scenarios - The Alps*" (EURAC, avril 2011), l'évolution moyenne des températures et des précipitations saisonnières (DJF, MAM, JJA, SON) est présentée sous forme de cartes et de graphiques pour l'ensemble de la région alpine. Une tendance à la hausse des *températures moyennes* apparaît clairement en toutes saisons après 2030. Le réchauffement le plus fort est attendu en été, compris entre 1,3°C et 3°C d'ici 2050. En continuité avec les tendances observées dans le passé, la partie centrale des Alpes se réchaufferait plus rapidement que les régions de piémont. Les *températures maximales* projetées présentent à peu près les mêmes tendances que les températures moyennes (indiquant une augmentation future de la fréquence des températures extrêmes), tout comme les *températures minimales*. Ces dernières présentent cependant des tendances encore plus fortes en hiver, qui impliqueraient une réduction accrue du nombre de jours de gel et donc de la couverture neigeuse et des glaciers (qui sont particulièrement

sensibles à l'augmentation des températures minimales). Concernant les *précipitations*, la tendance la plus claire est celle des précipitations estivales qui, selon une majorité de scénarios, présenteraient une légère diminution, jusqu'à -55 mm. ► www.clisp.eu/content/sites/default/files/The_Alps_v2.pdf

Le rapport de l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse (RMC) : "*Impacts du changement climatique dans le domaine de l'eau sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse - Bilan des connaissances*" (sept. 2012) passe en revue les travaux scientifiques portant sur le changement climatique à venir et ses impacts sur les évolutions hydrologiques dans les bassins RMC. Il présente une synthèse des projections considérées comme robustes (sur lesquelles plusieurs études et/ou plusieurs scénarios s'accordent). Concernant l'évolution du climat, les projections retenues tablent sur une hausse généralisée des *températures annuelles* (+ 3 à 5°C en 2080), une baisse des *précipitations estivales*, une baisse des *précipitations moyennes* à long terme (-5 à -20% en 2080 sur la région Rhône-Méditerranée), une forte augmentation du *nombre de jours caniculaires* (+10 à 25 jours/ans en 2080), une hausse de *l'évapotranspiration potentielle (ETP)*, une augmentation de la fréquence et une intensification des *sécheresses météorologiques d'été et d'automne* à long terme, ainsi qu'une forte baisse du *couvert neigeux* à basses et moyennes altitude, particulièrement marquée au sud des Alpes, dès l'horizon 2030 et qui s'accroît à long terme (durée d'enneigement de -40 à -60% dans le sud des Alpes en 2030 et de -15 à -30% dans le nord des Alpes), avec une baisse modérée de l'enneigement en haute altitude, plus marquée au sud (durée d'enneigement de -10 à -25 % en 2030 et jusqu'à 45% en 2080 au sud ; -10 à -20 % au nord en 2080). Les projections considérées comme plus incertaines concernent les *évolutions saisonnières des températures*, la hausse des *précipitations hivernales*, l'intensification des *événements pluviométriques en hiver*, l'allongement des *sécheresses* et la baisse relativement faible de la *durée d'enneigement* dans les Alpes du Nord à long terme. Les conclusions concernant les impacts de ces projections climatiques sur l'hydrologie des rivières et les régimes de crues sont présentées ci-après dans les sections consacrées à ces thématiques (voir p. 11 et 16).

► [www.eaurmc.fr/fileadmin/espace-presse/documents/Connaissances_CC_rapport_AERMC - 24_sept-DEF.pdf](http://www.eaurmc.fr/fileadmin/espace-presse/documents/Connaissances_CC_rapport_AERMC_-_24_sept-DEF.pdf)

Glaciers

Dans le cadre du projet **GlaRiskAlp**¹¹, un inventaire des extensions actuelle et anciennes des glaciers dans les Alpes franco-italiennes a été réalisé dans le but de quantifier le retrait glaciaire depuis le Petit Âge Glaciaire (PAG). Le contour des glaciers à différentes époques a été digitalisé à partir d'orthophotographies IGN de 2006 à 2009, de cartes topographiques IGN datant de la fin des années 1960 et d'images satellitaires Landsat datant de 1985-1986. La surface couverte actuellement par les glaciers dans les Alpes françaises (275 km² à la fin des années 2000) a diminué de près de 20% par rapport à 1985-86 (340 km²) et de 26% par rapport aux années 1967-71 (370 km²). Ces résultats, comparables à ceux obtenus dans d'autres secteurs des Alpes, confirment une nette accélération du retrait glaciaire à partir du milieu des années 1980 : la vitesse du retrait a été multipliée par 1,5 entre la période 1967-71 à 1985-86 (-5% par décennie) et la période 1985-86 à 2006-2009 (-8% par décennie). La reconstitution de l'extension des glaciers depuis la fin du Petit Âge Glaciaire (~1850) est basée quant à elle sur l'utilisation de cartes anciennes et sur l'étude géomorphologique des marges proglaciaires. Dans le massif de la Vanoise, par exemple, la surface englacée a diminué de plus de 50% depuis la fin du PAG. ► www.fondms.org/clariskalp

¹¹ Voir [Lettre Alpes-Climat-Risques N°1](#) (p. 11).

Permafrost

Le réseau **PermaFRANCE** de mesure du permafrost et des processus liés au gel a été présenté dans le dernier numéro. Un poster a été présenté au colloque "*Les changements globaux : Enjeux et défis*" du CNFCG (juil. 2012). ► http://cnfcg-colloque2012.ipsl.fr/data/documents/Po1_12_Bodin_1.pdf

Cours d'eau

Projections

Le grand Sud-Est français (bassins Rhône-Méditerranée et Corse), qui connaît déjà des situations de pénuries d'eau sur 40% de son territoire, est considéré comme la région la plus sensible de France au changement climatique. Les projections considérées comme robustes dans le rapport de synthèse de l'Agence de l'eau RMC présenté en septembre 2012 (cf. p. 10) prévoient : une diminution des débits en été et en automne (-20 à -50%), un changement dans le régime des cours d'eau à influence nivale (pic de fonte avancé d'un à deux mois), des étiages plus sévères et plus longs, une baisse de l'équivalent en eau de la neige à 1200 m dès l'horizon 2030, cette projection étant plus robuste pour 2080 avec une très forte baisse au sud des Alpes (quasi disparition de la neige au printemps à 1200 m), une baisse des débits d'été et d'automne des affluents non méditerranéens du Rhône (-20 à -50% en 2050), ainsi qu'une forte baisse des débits estivaux de l'Isère et de la Durance (jusqu'à -75% en juin-juillet en 2050). Les projections considérées comme plus incertaines sont les suivantes : hausse des débits en hiver, modules plutôt en baisse mais incertitudes en fonction des contrastes saisonniers, stabilité voire hausse des débits d'hiver du Rhône, baisse de l'équivalent en eau de la neige au nord-est des Alpes (avec de fortes incertitudes sur l'amplitude de cette baisse), incertitudes sur l'équivalent en eau de la neige en haute altitude (stabilité ou baisse dans le nord des Alpes, baisse significative au sud), stabilité ou hausse des débits hivernaux des affluents non méditerranéens du Rhône, hausse des débits d'hiver de l'Isère et de la Durance, incertitudes sur l'évolution des débits hivernaux des cours d'eau méditerranéens, et baisse incertaine de la recharge des nappes (qui pourraient être plus marquée dans les Alpes et en Corse).

Les conclusions de ce rapport de synthèse ont été présentées lors du séminaire "Eau et changement climatique" organisé à Lyon le 19 sept. 2012, qui a rassemblé 300 experts et gestionnaires de l'eau et des rivières, des collectivités et de l'Etat. Les documents de ce séminaire (vidéos, diaporamas et recueil des interventions, communiqué de presse) ainsi que le rapport de synthèse sont disponibles sur le site internet de l'Agence de l'eau. ► www.eaurmc.fr/actualites-de-lagence-de-leau/detail-de-lactualite/article/seminaire-eau-et-changement-climatique.html

Manifestation récente

Les **rencontres de l'Observatoire de l'eau en montagne** (Megève, 15-16 octobre 2012) avaient pour objectif de faire le point sur les avancées des actions mises en place dans le cadre de l'Observatoire. Les résultats présentés concernent notamment les outils de modélisation du fonctionnement hydrologique observé et futur du bassin versant Megève/Haut-Arly en fonction des variations climatiques et des activités anthropiques. Ces outils ont été mis en œuvre, dans le prolongement du projet Alp-Water-Scarce, en vue d'une gestion harmonisée de la ressource en eau sur ce territoire (volet 1). Les diaporamas présentés lors de ces journées sont en ligne sur le site internet de l'Observatoire. ► www.eaumenmontagne.org/site/index.php?option=com_content&view=article&id=57

Dans le cadre du projet **C3 Alps** (cf. p. 5), l'étude de l'impact du changement climatique sur le système hydrologique et l'élaboration de stratégies d'adaptation dans le domaine de la gestion de l'eau se poursuivent sur les sites pilotes de la commune de Megève et du département de la Savoie, avec pour objectif de développer des outils d'aide à la décision combinant instrumentation et modélisation en associant des scénarios climatiques et anthropiques. ► www.c3alps.eu

Forêt alpine

Le développement de cette rubrique de la base Alpes-Climat-Risques se poursuit en vue d'intégrer progressivement (i) des reconstructions paléoenvironnementales qui fournissent notamment des éléments de connaissance permettant d'analyser les liens entre le couvert végétal et les autres composantes des milieux d'altitude (glaciers, hydrologie, feux de forêt...), (ii) des observations sur la dynamique passée et récente des formations végétales alpines, ainsi que (iii) des projections de l'impact du changement climatique sur leur évolution future.

Erosion

L'érosion des sols pourrait devenir une préoccupation importante d'un point de vue physique, chimique et biologique sous l'influence des changements à venir dans les régimes de précipitations. Des techniques de modélisation de l'érosion des sols ont été développées dans le projet **AdaptAlp** et sont présentées dans le rapport technique "*Water Regime in the Alpine Space: Soil Erosion in a Changing Environment*" (Pregolato et D'Amico, 2011). L'objectif était de fournir une évaluation qualitative (et éventuellement quantitative) de l'évolution future de l'érosion superficielle des sols due à l'eau (précipitations et ruissellement) à partir de la réponse de deux modèles d'érosion différents forcés avec des scénarios climatiques, et de vérifier leur utilisation possible comme outils pratiques de prédiction du taux d'érosion des sols dans les environnements alpins. Les deux modèles testés sont le modèle empirique **RUSLE** (Revised Universal Soil Loss Equation) et le modèle à base physique **WEPP** (Water Erosion Prediction Model) – ont été utilisés à l'échelle du bassin ou du versant pour modéliser l'érosion des sols dans les hauts bassins des rivières Adda (Italie), de la Soča (Slovénie) et de l'Inn (Suisse, Autriche, Allemagne, Italie). Les résultats obtenus avec le modèle **RUSLE** pour ces trois grands bassins montrent une diminution généralisée de l'érosion des sols dans la majeure partie de l'Espace alpin au cours des prochaines décennies (2015-2035), causée par une réduction des précipitations et du nombre d'événements de pluie érosifs. Les résultats du modèle **WEPP** sur deux cas d'étude à l'échelle locale montrent également une tendance générale à la baisse. Malgré le raffinement du modèle **RUSLE** par rapport aux modèles préexistants (meilleure résolution spatiale des couches d'information utilisées pour calculer les facteurs de l'érosion, équations plus détaillées pour le calcul de l'érodibilité des sols et meilleure précision accrue des couches thématiques de couverture des sols) et la plus grande précision des données climatiques utilisées en entrée (résolution spatiale : 8 km et résolution temporelle : 6h), de fortes incertitudes subsistent en raison des incertitudes associées aux projections de l'évolution future des précipitations. De plus, la diminution projetée de l'érosion des sols due à des causes environnementales pourrait être largement contrebalancée par l'impact des perturbations du sol et de la végétation provoquées par les activités humaines ou par les phénomènes naturels liés aux changements climatiques (par ex. feux de forêt, processus de pédogenèse, phytosociologie...), qui restent hors de portée de ces modèles simples.

► www.adaptalp.org/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=458&Itemid=79

Risques naturels

Aléas d'origine glaciaire

La journée d'étude finale du projet Alcotra **GlaRiskAlp**¹² s'est tenue à Courmayeur (Vallée d'Aoste) le 11 janvier 2013. Une synthèse des résultats est présentée sur le site web du projet (► www.fondms.org/glariskalp) :

Etudes menées à l'échelle régionale des Alpes occidentales :

- Inventaire des extensions actuelle et ancienne des glaciers.
- Cartographie géomorphologique des secteurs déglacés depuis la fin du Petit-Âge-Glaciaire.
- Elaboration d'une typologie des aléas glaciaires.
- Méthodologie d'évaluation de la prédisposition aux aléas des secteurs englacés et récemment déglacés.

Etudes réalisées sur des sites pilotes :

- Glaciers de Taconnaz (Haute-Savoie) : caractérisation de la fréquence et du volume des ruptures de séracs et détermination du régime thermique du glacier.
- Glacier des Grandes Jorasses (vallée d'Aoste) : suivi de l'évolution morphologique du sérac (développement d'un système d'acquisition photogrammétrique et réalisation d'un modèle 3D) et caractérisation du régime thermique du glacier.
- Glacier de Tête Rousse (Haute-Savoie) : campagnes d'observation sur le glacier pour mieux comprendre les mécanismes de formation de la poche d'eau actuelle et de celle à l'origine de la catastrophe de Saint-Gervais en 1892 (analyse des mécanismes de remplissage de la poche d'eau, étude du risque d'effondrement de la cavité, étude du régime thermique du glacier).
- Secteurs récemment désenglacés (quatre sites pilotes) : test de méthodes qui permettent de : (i) recenser de manière détaillée les processus passés et actuels et leurs combinaisons éventuelles, générateurs d'aléas ; (ii) quantifier le volume de matériaux mobilisés/mobilisables ; (iii) caractériser ces matériaux, en particulier du point de vue de leur stabilité.
- Glacier de l'Argentière (Haute-Savoie) : acquisition et analyse de données in situ et exploitation des données de télédétection pour le suivi de la dynamique glaciaire (champs de vitesses de surface).

A terme, les données cartographiques numériques issues de GlaRiskAlp devraient être intégrées au géoportail transfrontalier sur les risques naturels du projet stratégique RiskNat-Alcotra¹³, dont le développement va se poursuivre au sein du projet RiskNET¹⁴.

Dans la poursuite du séminaire organisé en mars 2012 avec le soutien de la DGPR du MEDDE sur la gestion des risques d'origine glaciaire et périglaciaire (ROGP)¹⁵, le PARN a rédigé une "Synthèse des connaissances et des pratiques" en matière de prévention des ROGP (janvier 2013).

► www.risknat.org/risques-glaciaires-et-periglaciaires/Synthese_ROGP_PARN_2013.pdf

¹² [GlaRiskAlp](#) : "Risques glaciaires dans les Alpes occidentales" (2010-2013).

¹³ [RiskNat-Alcotra](#) : "Gestion en sécurité des territoires de montagne transfrontaliers" (2009-2012).

¹⁴ RiskNET : "Réseau transfrontalier sur les risques naturels" (2013-2015).

¹⁵ Voir [Lettre Alpes-Climat-Risques](#) (p. 15).

Avalanches

Reconstructions

Une étude dendrogéomorphologique menée sur un couloir d'avalanches (couloir de l'Echalp) dans le massif du Queyras (Hautes-Alpes) a permis de reconstituer les caractéristiques spatio-temporelles des événements avalancheux depuis le XIV^e siècle à partir de l'analyse des cernes de croissance de mélèzes poussant à proximité de ce couloir. Trois maxima dans la fréquence des avalanches ont été reconstruits au début des 16^e et 19^e siècles et vers 1850, corrélés avec des hivers plus froids que la moyenne et des avancées glaciaires dans les Alpes, mais aucune tendance n'apparaît dans la fréquence des événements extrêmes. ► http://www.dendrolab.ch/.../Corona_etal_Holocene_2012.pdf

Observations

Les projets **ECANA**¹⁶ et **MOPERA**¹⁷ ont été évoqués dans le dernier numéro¹⁸. L'objectif principal d'ECANA était d'étudier la climatologie de l'activité avalancheuse naturelle dans les Alpes Françaises afin de questionner la stationnarité du phénomène avalancheux dans le temps. L'objectif du projet ANR MOPERA est de développer des modèles probabilistes plus performants pour la gestion intégrée à long terme du risque avalanche. Tous deux s'appuient fortement sur les données d'avalanche françaises archivées par Irstea : principalement l'Enquête Permanente sur les Avalanches (EPA), mais aussi les données nivométéorologiques acquises, assimilées et réanalysées par Météo France, ainsi que la Carte de Localisation des Phénomènes d'Avalanche (CLPA). Le nouveau site internet [avalanches.fr](http://www.avalanches.fr) dédié à l'observation des avalanches en France présente désormais les résultats, productions et livrables de ces deux projets, en particulier la liste des communications et publications déjà disponibles, complétée au fur et à mesure de l'avancée des travaux. ► www.avalanches.fr

Mouvements de terrain

L'intégration des études répertoriées relatives aux effets du changement climatique sur les mouvements de terrain ("éboulements et chutes de blocs", "glissements superficiels" et "glissements profonds") se poursuit dans le cadre de l'actualisation de la base Alpes-Climat-Risques. Un aperçu pourra en être donné dans les prochains numéros de la Lettre.

Projections

Dans le cadre des travaux du WP4 du projet **CLISP** (cf. p. 4 et 9), une modélisation des impacts potentiels des chutes de blocs liées à la dégradation du permafrost a été menée à l'échelle de l'arc alpin dans son ensemble en termes de réduction de l'accessibilité des vallées. Cette analyse montre que de nombreuses routes pourraient être interrompues par les trajectoires des chutes de blocs potentielles. L'évaluation des conséquences sur le trafic routier en termes d'allongement du temps de trajet et de population affectée (dont le produit est utilisé comme un indicateur de la magnitude de ces impacts) indique que les conséquences économiques de ces impacts pourraient être importantes. Les coûts de protection et de restauration du réseau routier pourraient donc augmenter considérablement.

¹⁶ [ECANA](#) : "Etude Climatologique de l'Activité Avalancheuse Naturelle" (2008-2011).

¹⁷ [MOPERA](#) : "Modélisation Probabiliste pour l'Etude du Risque d'Avalanche" (2010-2013).

¹⁸ Voir [Lettre Alpes-Climat-Risques](#) (p. 15).

Crues et laves torrentielles

Reconstructions

Depuis quelques années, le laboratoire EDYTEM associé à d'autres laboratoires a entrepris l'étude pluridisciplinaire de séquences sédimentaires de différents lacs d'altitude des Alpes françaises, dans le but de reconstruire la fréquence et l'intensité de crues torrentielles passées au cours des derniers siècles aux derniers millénaires à partir de l'analyse sédimentologique (granulométrie, géochimie) de leurs dépôts précisément datés¹⁹. La comparaison des chroniques de crues ainsi obtenues avec des reconstitutions de température suggère que sur l'ensemble des Alpes françaises la fréquence des crues augmente en période froide, probablement en lien avec une intensification des flux d'ouest et de l'activité cyclonique. Par ailleurs, on observe une évolution régionale différenciée de l'activité torrentielle en fonction des forçages prédominants : l'intensité des crues augmente également au cours de périodes froides dans les Alpes du Sud en lien apparent avec des phases négatives de l'Oscillation Nord Atlantique, tandis que dans les Alpes du Nord l'intensité augmente aussi au cours des périodes chaudes. Ces données permettent ainsi de construire des hypothèses régionalisées sur l'évolution de l'activité torrentielle pour les décennies à venir. Pour en savoir plus, les résultats obtenus sur 3 lacs (Lac Blanc des Aiguilles Rouges, Lac Blanc de Belledonne et Lac d'Allos dans le Mercantour) publiés dans des revues internationales^{20,21,22} ont notamment été présentés au 25^e colloque de l'AIC ► www.climato.be/aic/colloques/actes/grenoble2012_actes.pdf#771 (p. 769-774).

Des travaux similaires sont également conduits en Suisse. Pour un état de l'art récent : ► www.limnogeology.ethz.ch/GilliFloods.pdf

Crues et inondations

Projections

Sur la base des projections climatiques multi-modèles du projet **AdaptAlp** présentées dans le rapport de Nilson et al. (2012) cité plus haut (p. 8), le cumul maximal de précipitations sur 5 jours par saison a été utilisé comme un indicateur de la disposition future aux crues dans les Alpes. Aucune région ou saison ne présente un signal de changement robuste (c.a.d. une majorité de modèles pointant dans la même direction) dans un proche avenir (2021-2050), les résultats étant compris généralement entre + et -10%. Dans les secteurs situés au nord des Alpes, une augmentation des maxima de précipitations sur 5 jours est projetée pour le printemps (mars à mai) et l'automne (septembre à novembre). Les signaux de changement obtenus pour la fin du siècle (2071-2100) montrent une réduction des épisodes de fortes précipitations durant l'été dans la plupart des régions (jusqu'à -30%). Pour l'hiver, des épisodes de fortes précipitations plus intenses (jusqu'à +20%) sont simulées dans tous les secteurs.

► www.adaptalp.org/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=370&Itemid=79

¹⁹ Travaux menés notamment dans le cadre du projet [ANR Pygmalion](#) : "Paleohydrology and Human Climate Environment Interactions in the Alps" (2007-2012).

²⁰ [Wilhelm et al., 2012](#), *Climatic Change* 113, 563–581.

²¹ [Giguet-Covex et al., 2012](#), *Quaternary Research* 77, 12–22.

²² [Wilhelm et al., 2012](#), *Quaternary Research* 78, 1–12.

Un modèle conceptuel reliant la période de retour des crues à l'extension des zones contributives des bassins versants alpins au-dessus de l'altitude de l'isotherme 0°C suggère que les crues considérées aujourd'hui comme centennales pourraient correspondre dans le futur à des crues d'une période de retour de 20 ans²³. Les données d'observation disponibles dans les Alpes suisses s'accordent avec ce modèle. Sur la base de ces hypothèses, une méthode pour évaluer l'évolution des débits de crues centennale sous l'effet du changement climatique a été développée²⁴ et appliquée à l'ensemble de l'arc alpin dans le cadre du WP4 du projet **CLISP** (cf. p. 4). Les résultats indiquent que les débits augmenteraient plus dans les bassins de haute altitude, et dans les Alpes occidentales que dans la partie est. Les bassins les plus fortement affectés se situeraient dans les Alpes suisses et italiennes, où un plus grand nombre de bassins versants tendent à passer d'un régime nival à un régime pluvial.

Dans les bassins Rhône-Méditerranée et Corse, le rapport de synthèse produit par l'**Agence de l'eau RMC** (déjà évoqué p. 10 et 11) conclue que, de manière générale, malgré les projections de baisse généralisée des débits moyens au cours du 21^e siècle, les valeurs de débits élevés ainsi que l'amplitude et la fréquence des crues ne devraient pas baisser et pourraient même s'aggraver, ce qui aura une incidence sur le dimensionnement des ouvrages, avec des contrastes plus forts à gérer.

Feux de forêt

Rétro-analyse

La base de données alpine des feux de forêt constituée dans le cadre du projet **ALP-FFIRS**²⁵ représente une avancée importante vers une régionalisation des impacts du changement climatique sur les feux de forêt dans les Alpes. ► www.alpfirs.eu

L'impact de l'évolution climatique récente sur la prédisposition météorologique aux feux de forêt a été évalué sur la période 1951-2010 à l'aide d'analyses statistiques sur différents indices de danger quotidiens calculés à partir des données météorologiques de 25 stations réparties à travers les Alpes (stations HISTALP) fournies par les agences météorologiques nationales de six pays et regroupées en quatre régions climatologiquement homogènes (parties Nord, Ouest et Sud des Alpes + Alpes internes)²⁶. Des augmentations significatives de l'indice de danger feu de forêts au cours des 6 dernières décennies sont manifestes pour les stations des Alpes occidentales et plus encore des Alpes méridionales. Dans ces régions, le nombre de jours à fort indice (dépassant un seuil fixé) a augmenté au cours des dernières années. Une augmentation comparativement faible apparaît dans la partie Nord de la chaîne et il n'y a pas de tendance claire pour les stations des vallées internes des Alpes. En outre, l'analyse des valeurs extrêmes met en évidence une diminution de la période de retour des fortes valeurs de l'indice au cours des dernières décennies, en particulier dans les régions Ouest et Sud des Alpes. Une comparaison des indices de danger avec les données d'observations des feux de forêts pour certains secteurs pilotes montre des corrélations spatialement hétérogènes : assez faible en Valais dans les Alpes occidentales (où l'on observe une faible tendance à la hausse du nombre de feux et des surfaces brûlées), plus forte en Bavière (où l'indice météo feux de forêt a augmenté alors qu'au contraire le nombre de feux et les surfaces brûlées sont à la baisse pour des

²³ Allamano et al., 2009a, *Water Resource Research* 45 + Allamano et al., 2009b, *Geophysical Research Letters* 36.

²⁴ Castellarin and Pistocchi, 2012, *Hydrological Processes* 26, 1517–1526.

²⁵ Voir [Lettre Alpes-Climat-Risques N°1](#), p. 19.

²⁶ [Wastl et al., 2012](#), *Agricultural and Forest Meteorology* 162-163, 1–13.

raisons liés à l'activité humaine) et la corrélation est très faible au Sud des Alpes (dans le Tessin, où la plupart des feux se produisent en hiver alors que les fortes valeurs de l'indice se produisent en été, et où la tendance de l'indice météo feux de forêt est contrebalancée par une diminution du nombre de départs d'origine humaine).

Par ailleurs, les données rassemblées pour cinq stations représentatives des régions alpines ont permis d'analyser conjointement les types de temps journaliers classifiés pour la période 1951-2010 et différents indices feux de forêt quotidiens calculés sur cette même période, ainsi que des données observées sur une période de 10 ans (2001-2010)²⁷. Les analyses ont montré une forte dépendance du danger feux de forêt à l'activité cyclonique (les types de temps cycloniques, plutôt humides, se traduisent par un faible danger d'incendie), ainsi qu'à la direction du flux atmosphérique, avec de fortes différences régionales (les flux de nord se traduisant par des valeurs faibles de l'indice liées aux précipitations sur le flanc nord des Alpes et des valeurs fortes liées à un assèchement des masses d'air sur le flanc sud). De manière générale, une faible corrélation entre les types de temps et les feux observés résulte de la forte influence humaine sur le régime des feux dans les Alpes.

► La publication finale "*Forest fires in the Alps - Prediction, knowledge and cooperation to protect our forest heritage*" ([pdf](#)), des glossaires multilingues ([vol.1](#) & [vol. 2](#)), ainsi que les recommandations ([pdf](#)) du projet ALP-FFIRS sont désormais disponibles sur le site du programme Espace Alpin.

Prévision météo et projections climatiques

Dans son numéro 48 (sept. 2012), la **Lettre de veille météo et climat** du CGEDD²⁸ fait le point sur les méthodes et les pratiques mises en œuvre par Météo-France pour la prévision météorologique opérationnelle des feux de forêts et rend compte des principales conclusions du rapport de la mission interministérielle "Changement climatique et extension des zones sensibles aux feux de forêts" (juillet 2010)²⁵ relatives à l'impact potentiel du changement climatique sur ce risque. ► [LVMC N°48](#)

Tempêtes

Une analyse des extrêmes de vent géostrophique a été menée à partir de données d'observations sub-quotidiennes de pression de surface sur 13 stations européennes réparties de la péninsule ibérique à la Scandinavie sur une période allant de 1878 à 2007²⁹. En accord avec les études précédemment mentionnées³⁰, les résultats montrent (i) des fluctuations importantes de l'activité des tempêtes à l'échelle décennale ou sur des périodes plus longues dans une région allant du nord-est de l'Atlantique à l'Europe occidentale, avec de fortes différences saisonnières et régionales (en particulier entre hiver et été, et entre le secteur des îles britanniques et de la mer du Nord et le reste de la région) et (ii) une augmentation notable de la fréquence d'occurrence des forts vents géostrophiques (≥ 20 m/s) dans les régions de la mer du Nord et des Alpes et plus particulièrement des Alpes françaises entre le milieu et la fin du 20^e siècle. Par ailleurs, cette étude montre que la relation entre l'activité des tempêtes et l'Oscillation Nord Atlantique (NAO) pendant la saison froide (décembre à mars) est significativement positive dans la partie nord et centrale de l'Europe, mais négative dans la partie sud/sud-est. ► www.esrl.noaa.gov/psd/people/gilbert.p.compo/Wangetal2011.pdf

²⁷ [Wastl et al., 2013](#), *Agricultural and Forest Meteorology* 168, 15–25 (étude soutenue également par le projet MANFRED).

²⁸ Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable.

²⁹ [Wang et al., 2011](#), *Climate Dynamics* 37(11-12), 2355-2371.

³⁰ Voir [Lettre Alpes-Climat-Risques N°1](#), p. 20.



Manifestations à venir

La conférence internationale "IMPACTS WORLD 2013 – International Conference on Climate Change Effects" (Potsdam, 27-30 mai 2013) qui rassemblera des chercheurs et des décideurs de niveau local et international doit permettre de développer une vision transversale de la recherche sur les impacts du changement climatique à travers des discussions sur cinq thématiques phares : (1) l'intégration interdisciplinaire de la connaissance existante dans les différents secteurs d'activité, (2) le traitement de l'incertitude dans les évaluations d'impacts et d'adaptation, (3) l'analyse des manques actuels et l'identification des mécanismes, secteurs et régions où la recherche doit être intensifiée, (4) l'articulation entre les études d'impacts globale et régionales pour répondre aux besoins des décideurs et des collectivités, et (5) la communication des résultats de la recherche sur les impacts et l'adaptation auprès des différents utilisateurs. ► www.climate-impacts-2013.org

L'"**International Snow Science Workshop (ISSW 2013)**", qui aura lieu pour la seconde fois en Europe, est organisée du 7 au 11 octobre 2013 à Grenoble, avec une excursion d'une journée à Chamonix. Cette manifestation vise à promouvoir l'interaction et les échanges entre praticiens et chercheurs dans le domaine de la neige et des avalanches, avec pour devise : "une fusion de la théorie et de la pratique". Les séances plénières seront traduites en français, anglais, italien et allemand. Parmi les nombreux thèmes abordés, une session sera dédiée aux conséquences observées et à venir du changement climatique sur la neige et l'activité avalancheuse du point de vue économique, social et écologique, sans oublier les mesures d'adaptation déjà réalisées ou en projet. ► www.issw2013.com

Pour une vision extra-alpine, la conférence internationale **MOUNTAINHAZARDS2013**: "Natural Hazards, Climate Change and Water in Mountain Areas" (Bishkek, Kirghizstan 16-18 sept. 2013) organisée par le PNUD³¹ abordera les risques naturels liés au climat, la surveillance des phénomènes, les méthodes d'évaluation du risque et les mesures de prévention et d'adaptation dans les environnements de haute montagne d'Asie centrale. ► www.mountainhazards2013.com

³¹ Programme des Nations Unies pour le Développement.