



La Lettre Alpes-Climat-Risques

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

N°1 – Août 2012

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

Sommaire

Introduction	2
Activités du PARN sur le changement climatique	2
Contexte	2
La rubrique web "Changement Climatique et Risques Naturels"	3
La Base Alpes-Climat-Risques	3
La Base Projets	4
Informations et actualités institutionnelles	5
Politiques publiques d'adaptation au changement climatique	5
Observatoires	5
Recherche universitaire	6
Résultats de la recherche	8
Climat et milieux alpins	8
Paramètres climatiques	8
Enneigement.....	10
Glaciers.....	11
Cours d'eau	13
Forêt alpine	14
Risques naturels	14
Aléas d'origine glaciaire.....	14
Avalanches	15
Mouvements de terrain	16
Crués et laves torrentielles	18
Crués et inondations.....	19
Feux de forêt.....	19
Tempêtes.....	20
Travaux transversaux (pluri-thématiques).....	21
Manifestations	22



Introduction

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 alpin¹. Elle est diffusée sur le site internet du PARN et au sein de son réseau scientifique, technique et institutionnel (chercheurs, gestionnaires opérationnels des risques, décideurs...).

Ce premier numéro présente :

- les activités du PARN sur le changement climatique,
- des informations et actualités sur le contexte institutionnel et scientifique de l'adaptation aux effets du changement climatique (politiques publiques, observatoires, recherche universitaire),
- les principaux résultats de la dernière mise à jour de la base Alpes-Climat-Risques, ainsi qu'une sélection de résultats récents de la recherche sur le changement climatique, ses impacts sur les milieux de montagne et ses effets sur les risques naturels dans les Alpes,
- un agenda de manifestations à venir sur ces thématiques.

Activités du PARN sur le changement climatique

Contexte

Dans le cadre des orientations prises en 2005 par son Conseil Scientifique et Technique (CST), le PARN a investi cette thématique des effets du changement climatique sur les risques naturels, à travers :

- ses activités de veille scientifique, d'analyse et de synthèse des connaissances initiées en 2006 dans le cadre du projet ClimChAlp² avec la conception et l'alimentation de la base de connaissance Alpes-Climat-Risques, par la suite mise à jour en 2010,
- sa participation au projet AdaptAlp³, dans la lignée du projet ClimChAlp,
- ses activités de diffusion et de valorisation (site internet, interventions orales lors d'ateliers ou de séances de formation, Lettre Alpes-Climat-Risques),
- sa contribution au volet « risques naturels » du Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNACC) en 2011,
- sa participation en 2011 et 2012 à des groupes de travail institutionnels sur la vulnérabilité des territoires et l'adaptation au changement climatique (PCET Nord-Isère, SRCAE Rhône-Alpes)⁴.

¹ Cette base de connaissances, développée dans le cadre du projet européen ClimChAlp, est présentée ci-après.

² Projet Interreg IIIB Espace Alpin : "Climate change, impacts and adaptation strategies in the Alpine Space" (2006-2008).

³ Projet ETC (Interreg IV) Espace Alpin : "Adaptation to Climate Change in the Alpine Space" (2008-2011).

⁴ PCET : Plan Climat-Energie Territorial ; SRCAE : Schéma Régional Climat-Air-Energie.

La rubrique web "Changement Climatique et Risques Naturels"

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

Cette rubrique du site internet du PARN donne accès :

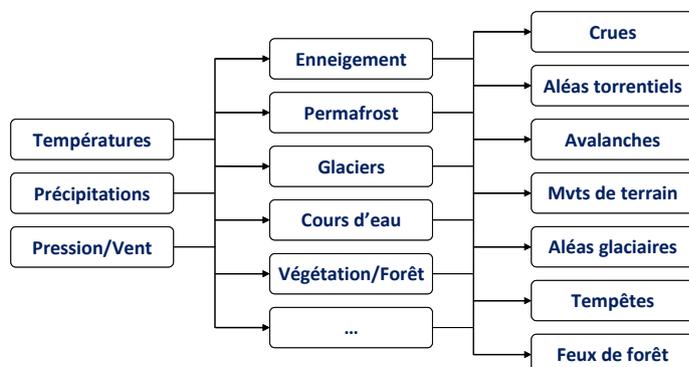
- à la base de connaissances Alpes-Climat-Risques ;
- au rapport technique publié par l'ONERC⁵ reprenant les synthèses thématiques de la base, ainsi qu'à la plaquette d'information destinée aux collectivités locales, réalisé par le PARN en 2008 en partenariat avec la Région Rhône-Alpes dans le cadre du projet ClimChAlp ;
- aux travaux réalisés dans le projet AdaptAlp en 2011 :
 - actes de l'atelier international "Adaptation de la gestion des risques naturels face au changement climatique" et du séminaire technique sur la vidange de la poche d'eau du glacier de Tête Rousse (voir ci-après),
 - plateforme interactive Who-Does-What? décrivant l'organisation des acteurs de la gestion des risques naturels et leurs missions dans différents pays alpins (France, Italie, Slovénie),
 - "Common Strategic Paper" du projet ;
- à la présente lettre d'information.

La Base Alpes-Climat-Risques

La base de connaissances Alpes-Climat-Risques des effets du changement climatique sur les risques naturels dans l'Arc alpin a été développée par le PARN en partenariat avec l'ONERC et la Région Rhône-Alpes dans le cadre du projet européen ClimChAlp (2006-2008), puis mise à jour en 2009-2010 avec le soutien de la Région Rhône-Alpes.



► [Hwww.risknat.org/projets/alpes-climat-risques](http://www.risknat.org/projets/alpes-climat-risques)



Cette plateforme bibliographique offre une synthèse des connaissances triées et hiérarchisées sur les évolutions avérées et prévisibles des phénomènes naturels à l'origine de chaque type de risques (inondations, crues torrentielles, mouvements de terrain, avalanches, risques glaciaires, feux de forêt, tempêtes) sous l'influence du changement climatique.

Une nouvelle mise à jour est en cours et sera mise en ligne d'ici la fin de l'année 2012.

⁵ "Changement climatiques dans les Alpes : Impacts et risques naturels", Rapport Technique N°1 de l'ONERC, Octobre 2008.

Traitement des connaissances dans la Base Alpes-Climat-Risques

La base est alimentée par le PARN selon une procédure de traitement conçue pour assurer la traçabilité des résultats pris en compte dans le processus d'analyse et de synthèse des études traitées, afin de permettre aux utilisateurs de mobiliser ces connaissances selon leurs besoins :

(1) Sur la base d'un inventaire des études relatives aux effets du changement climatique sur les milieux de montagne et sur les risques naturels associés, les études sélectionnées sont intégrées sous la forme de '**fiches étude**'. Ces fiches sont répertoriées et accessibles par des liens hypertextes sur les pages web 'Références' et 'Inventaire' et les informations qu'elles contiennent sont ventilées dans les pages 'Analyse' décrites ci-après.

(2) La page '**Références**' comporte la liste de références bibliographiques traitées dans la base, classées selon les catégories suivantes : (i) études scientifiques (articles "peer-reviewed", chapitres d'ouvrage, thèses, etc.), (ii) rapports et (iii) proceedings (actes d'ateliers, conférences, workshops...).

(3) La page '**Inventaire**' fournit un classement thématique des études traitées sous forme de tableaux à double entrée : (i) par type de phénomène (paramètres climatiques, systèmes naturels impactés et type d'aléas naturels impactés) et, (ii) par type de connaissance (reconstructions paléoenvironnementales, observations/mesures, modélisations, et hypothèses théoriques).

(4) Les pages '**Analyse**' contiennent une sélection de paragraphes résumant les principaux résultats des études traitées ainsi que la méthodologie employée pour parvenir à ces résultats, en distinguant les connaissances produites selon les rubriques suivantes : (i) facteurs de contrôle des phénomènes et effets du changement climatique sur (ii) leur intensité, (iii) leur fréquence, (iv) leur saisonnalité et (v) leur distribution spatiale. Au sein de ces rubriques, le contenu des études est réorganisé selon les types de connaissances décrits au point 3. Pour la majorité des études, le contenu, à l'origine en anglais, est traduit en français.

(5) Enfin, la page '**Synthèses**' comporte des liens vers des synthèses thématiques rédigées sous forme de documents imprimables (pdf). Ces synthèses sont validées par un comité d'experts scientifiques.

Suite à la dernière mise à jour de la base en 2010, plus de 200 références bibliographiques ont été prises en compte. Les connaissances nouvellement intégrées n'ont pas remis en cause les principales conclusions des synthèses thématiques publiées dans le rapport de l'ONERC en 2008. Toutefois, elles ont permis d'apporter des compléments d'analyse pour toutes les thématiques et d'en préciser certains aspects. Ces éléments sont synthétisés ci-après, dans la partie « Résultats de la recherche ».

La Base Projets

Depuis 2007 le PARN développe, en partenariat avec la DREAL Rhône-Alpes, une base de données qui fournit un accès rapide et ciblé aux résultats des projets de recherche européens, nationaux, régionaux et locaux sur les risques naturels, via un moteur de recherche multicritère : la Base Projets. Les projets considérés sont ceux qui concernent les territoires des régions Rhône-Alpes, PACA et Languedoc-Roussillon. Actuellement, une vingtaine de projets en lien avec la thématique du changement climatique dans différents programmes de recherche (Interreg, PCRD, ANR, GICC, etc.) sont consultables dans cette base de données. ► www.risknat.org/baseprojets

Informations et actualités institutionnelles

Politiques publiques d'adaptation au changement climatique

Le **Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNACC)** prévu par la loi dite « Grenelle 1 » a été publié en juillet 2011 par le Ministère en charge de l'Ecologie. Ce plan a pour objectif de donner à la France les moyens de s'adapter aux nouvelles conditions climatiques de 2011 à 2015 dans tous les secteurs d'activité impactés. Il présente plus de 200 mesures découlant des recommandations issues de la phase de concertation avec différents collègues d'acteurs (ONG, syndicats, professionnels, élus, administration). Ces mesures concernent à la fois le renforcement de la recherche et de l'observation les effets du changement climatique, l'intégration de l'adaptation dans les politiques publiques, l'information de la société, la sensibilisation et le partage des connaissances sur le changement climatique et l'adaptation. Pour prendre en compte l'incertitude associée à l'évolution climatique, le PNACC sera révisé tous les cinq ans. ► www.developpement-durable.gouv.fr/Le-Plan-national-d-adaptation,22978.html. Le PARN, sollicité par le Ministère lors de la phase de concertation, a contribué aux recommandations produites par le groupe de travail sur les risques naturels.

Le **Schéma Régional Climat-Air-Energie (SRCAE)** lancé fin 2010 en Rhône-Alpes et piloté conjointement par la l'Etat et la Région, conformément à la loi dite « Grenelle 2 », a été approuvé en mars 2012, à l'issue de trois phases d'élaboration collective : (1) une phase d'élaboration au sein de 5 groupes de travail thématiques (Transport et urbanisme ; Bâtiment, logement et tertiaire ; Industrie, agriculture, sylviculture ; Adaptation aux effets du changement climatique ; Production énergétique), (2) une phase de concertation territoriale et (3) une phase de consultation publique. Les objectifs et orientations fixés par le SRCAE en matière d'atténuation et d'adaptation se fondent sur un état des lieux (diagnostic régional sur la qualité de l'air, les énergies renouvelables, les émissions de gaz à effet de serre, la consommation énergétique et la vulnérabilité du territoire au changement climatique), mais aussi sur un exercice de prospective aux horizons 2020 et 2050 permettant de se projeter sur les futurs possibles de la région. ► <http://srcae.rhonealpes.fr>. Au titre de ses activités sur le changement climatique et les risques naturels, le PARN a contribué aux travaux préparatoires ainsi qu'aux ateliers du volet « Adaptation » du SRCAE.

Observatoires

L'**Observatoire National des Effets du Réchauffement Climatique (ONERC)**, en partenariat avec le Groupement d'intérêt scientifique (GIS) « Climat Environnement Société », a mis en ligne une base de données des projets de recherche - en cours ou achevés après 2008 - portant sur les impacts du changement climatique et l'adaptation et couvrant prioritairement la France et l'Outre-mer.

► <http://onerc.org/fr/content/base-de-donnees-des-projets-de-recherche>

La création d'un **Observatoire Régional du Changement Climatique (ORECC)** en Rhône-Alpes a été initiée suite aux orientations préconisées dans le cadre du volet « Adaptation » du SRCAE. L'objectif de l'ORECC est de mettre à disposition des acteurs territoriaux une information fiable, la plus localisée et précise possible, sur le changement climatique et ses effets déjà constatés ou prévus. Les travaux de préfiguration sont actuellement menés par Rhône-Alpes-Energie-Environnement (RAEE), avec l'appui du Groupe de Réflexion et d'Action sur l'Adaptation au Changement Climatique (GRAACC).

► [Compte-rendu de l'Atelier de travail du 10 avril 2012](#). Le PARN a contribué à ces travaux préparatoires, notamment en fournissant un inventaire des acteurs rhônalpins de la recherche sur les risques naturels et le changement climatique.

L'Observatoire savoyard du Changement Climatique (OsCC) de la Mission Développement Prospective de Savoie (MDP73) publie depuis 2009 des documents d'analyse relatifs à divers aspects du changement climatique en Savoie (changement climatique, bilans climatiques, impacts, adaptation et atténuation, gaz à effet de serre), dont certains sont listés ci-après dans la rubrique « Résultats de la recherche ». ► www.mdp73.fr

Le Conseil général de la Savoie publie chaque année dans **L'Observatoire savoyard de l'environnement** des dossiers thématiques comportant de nombreux indicateurs sectoriels, avec en particulier des données et statistiques sur le climat, l'eau, l'air ou encore la gestion de l'espace. ► www.cg73.fr/5765-toutes-les-publications-environnement.htm

Le projet de **Parc Naturel Régional des Baronnies Provençales** prévoit la création d'un Observatoire du territoire, comportant un axe « risques naturels » destiné à suivre l'évolution des risques naturels (notamment les épisodes cévenols) au regard du changement climatique et global. Ce projet s'inscrit dans le cadre de l'opération interrégionale "Sites pilotes de gestion intégrée des risques naturels" animée par le PARN. ► www.risknat.org/sitespilotes/.../ppt_Baronnies_25_nov_2011.pdf

L'Observatoire de l'eau en montagne créé suite aux Etats généraux de l'eau en montagne (Megève 2010) est en cours de développement sur le site pilote « Pays de Savoie – Annecy – Mont-Blanc – Léman ». Celui-ci regroupe des gestionnaires de l'eau de bassins versants des deux Savoie (Arve, Léman, lac d'Annecy et Arly)⁶. Trois thématiques sont abordées : (1) le partage de la ressource, (2) la préservation des zones humides, torrents et lacs de montagne, et (3) l'évolution des masses d'eau et des risques. Les objectifs généraux sont de renforcer l'observation et d'améliorer la connaissance du fonctionnement hydrologique des hauts bassins versants. Cet objectif passe par le renforcement des réseaux de mesure hydrométéorologique existants et par le développement d'outils de modélisation innovants permettant l'élaboration d'outils de gestion et d'aide à la décision pour les élus et les gestionnaires (notamment un système d'alerte en temps réel). ► www.eaumontagne.org

Recherche universitaire

Dans le cadre de la politique d'« investissements d'avenir », plusieurs « Laboratoires d'excellences » (Labex) portés par le PRES⁷ Université de Grenoble ont été labellisés en 2011, parmi lesquels le Labex OSUG@2020 dans le domaine des Sciences de la terre, de l'univers et de l'environnement, et le Labex ITEM dans le domaine des Sciences de l'homme et de la société. Au regard de leurs compétences et de leurs objets scientifiques, de nombreux laboratoires des organismes membres du PARN sont impliqués dans l'un ou l'autre de ces deux Labex.

⁶ Ce site pilote animé conjointement par la Société d'Economie Alpestre (SEA 74) et la Société d'Équipement de Haute Savoie (SEDHS) et soutenu par l'Agence de l'eau RMC, le CG74 et le programme hydrologique HELP de l'UNESCO, s'appuie sur des syndicats de bassin (SILA, SIFOR, SIEM, SYMASOL et SM3A), un contrat de rivière (Arly) et une régie des eaux (Megève).

⁷ Pôle de recherche et d'enseignement supérieur.



Le **Labex OSUG@2020 "Stratégies innovantes pour l'observation et la modélisation des systèmes naturels"** a pour objectif d'étendre l'expertise de l'Observatoire des Sciences de l'Univers de Grenoble (OSUG) dans le domaine de la recherche interdisciplinaire (notamment en climatologie, glaciologie et hydrologie), afin de répondre aux défis scientifiques à venir, en particulier les impacts de l'évolution du climat sur les activités humaines. ► <http://portail.osug.fr/labex-osug-2020-242>. En particulier, l'OSUG pilote plusieurs observatoires et systèmes d'observation⁸ coordonnés par l'INSU⁹ qui alimentent les bases de données nationales et internationales, parmi lesquels GLACIOCLIM¹⁰, l'Observatoire Hydrométéorologique Méditerranéen Cévennes-Vivarais (OHM-CV), la Zone Atelier Alpes (ZAA) et l'Observatoire Multi-disciplinaire des Instabilités de Versants (OMIV).

Le **Labex ITEM "Innovation et Territoire de Montagne"** entend reconsidérer le processus d'innovation à partir des territoires montagnards, considérés comme un laboratoire, en étudiant leurs réponses au changement global induit par les évolutions économiques, environnementales et climatiques. Dans une perspective de co-construction avec différentes catégories d'acteurs, ITEM regroupe un ensemble de laboratoires d'excellence en Sciences Humaines et Sociales et d'organismes partenaires. Dans cette perspective scientifique, le labex entend développer un partenariat étroit avec les collectivités territoriales et les milieux socio-économiques, avec pour objectifs : (1) développer des stratégies de recherche interdisciplinaire en SHS pour répondre aux enjeux actuels et à venir des territoires de montagne, (2) analyser les processus d'innovation et d'adaptation sur ces territoires et (3) expérimenter des modes de gestion intégrée, durable et innovante. Compte tenu de ces objectifs et de ces perspectives et au regard de son expérience et de ses activités dans le champ des risques naturels, le PARN est associé au labex ITEM en tant qu'organisme partenaire d'interface scientifique-décisionnelle-opérationnelle. ► www.labexitem.fr

⁸ Observatoires de Recherche en Environnement (ORE) et Systèmes d'Observation et d'Expérimentation pour la Recherche en Environnement (SOERE).

⁹ Institut National des Sciences de l'Univers.

¹⁰ Service d'observation des glaciers Alpes, Andes, Antarctique.

Résultats de la recherche

Cette section présente quelques résultats majeurs référencés lors de la dernière mise à jour de la base Alpes-Climat-Risques. Elle comporte également une sélection de liens vers des projets récemment terminés ou en cours et de ressources bibliographiques sur le changement climatique, ses impacts sur les milieux de montagne et ses effets sur les risques naturels dans les Alpes.

Climat et milieux alpins

Paramètres climatiques

Observations

Les grandes tendances spatiales et temporelles des changements climatiques dans les Alpes ont été précisées à partir des longues séries de mesures homogénéisées couvrant les derniers 250 ans rassemblées dans la base de données HISTALP¹¹. Cette base de données offre un cadre de référence pour les études climatologiques et paléoclimatiques alpines. Dans son ensemble, la région alpine s'est réchauffée de 2°C entre la fin du 19e et le début du 21e siècle, soit deux fois plus que la moyenne globale. Cette augmentation s'est produite en deux étapes, avec un premier pic dans les années 1940 et une deuxième augmentation à partir des années 1970. Les séries de précipitations (remontant jusqu'à 1800) présentent des différences régionales et saisonnières plus significatives, avec des tendances spatiales et temporelles beaucoup plus hétérogènes que celles des températures. En particulier, elles montrent une évolution remarquablement opposée au cours du 20e siècle entre la partie nord-ouest de la région alpine où les précipitations annuelles ont augmenté de 9% et sa partie sud-est où elles ont diminué également de 9%. Par ailleurs, l'augmentation des précipitations au NW de la région alpine au cours des 140 dernières années s'est accompagnée d'une augmentation similaire de la couverture nuageuse, tandis qu'un assèchement à long terme est observé au SE accompagné par une tendance à la baisse de la nébulosité. ► www.zamg.ac.at/histalp

Pour les Alpes françaises, les réanalyses effectuées par Météo-France avec le modèle SAFRAN sur les données de 21 sites couvrant l'ensemble des massifs pour la période 1958-2005 permettent également de mieux spatialiser les évolutions climatiques observées¹². Elles confirment l'augmentation marquée et statistiquement significative de la température moyenne annuelle depuis la fin des années 1970, de l'ordre de +1°C en moyenne. Les résultats mettent en évidence l'hétérogénéité spatiale et temporelle des tendances observées en fonction des massifs et selon les saisons. L'analyse des tendances à différentes altitudes (de 600 à 3600m) montre que l'augmentation des températures est particulièrement marquée aux altitudes moyennes (1500-2000m) où elle dépasse 0,03°C/an, tandis qu'elle s'atténue nettement au-delà de 3000m. En revanche, les précipitations annuelles moyennes observées et simulées par SAFRAN ne présentent pas de tendances statistiquement significatives. On observe néanmoins une tendance positive cohérente pour les précipitations des Alpes du Nord, et aucune tendance pour les Alpes du Sud.

¹¹ Auer *et al.*, 2007.

¹² Durand *et al.*, 2009a.

Concernant l'évolution des précipitations extrêmes, des tendances à la hausse sont observées au cours des dernières décennies pour certaines stations et dans certaines régions, principalement au nord des Alpes (Suisse, Allemagne), mais aucune tendance globale ne se dégage d'après les études répertoriées.

À l'échelle départementale, les bilans climatiques annuels et saisonniers publiés par l'**OsCC** mettent en évidence les évolutions observées en Savoie en termes de températures, de précipitations, d'enneigement et de bilan hydrique (► [MDP73 > Bilans Climatiques](#)). A titre d'exemple, la comparaison des températures moyennes annuelles mesurées en Savoie et en Suisse depuis 60 ans montre un réchauffement uniforme sur les Alpes du nord-ouest, de l'ordre de +1,8°C en tendance linéaire par rapport à la normale 1961/1990 (► [OsCC Climat N°7](#)). Par ailleurs, 2011 se révèle l'année la plus chaude jamais mesurée dans la montagne savoyarde (► [Bilans Clim. N°12](#)), ce qui est également le cas à l'échelle de la France métropolitaine (► [Bilan 2011 de Météo-France](#)).

Signalons enfin les recherches climatologiques en cours sur les massifs du Vercors et des Ecrins effectuées dans le cadre de la **Zone Atelier Alpes** (► www.za-alpes.org) et les observations réalisées à l'échelle par les Parcs Naturels Régionaux et Nationaux (► www.parcsnationaux.fr/Access-direct/Actualites/Les-parcs-nationaux-francais-et-le-changement-climatique), qui permettront à terme d'élaborer des diagnostics climatiques régionaux et locaux dans les régions de montagne.

Projections climatiques

La série de rapports "**Le climat de la France au XXIe siècle**" diffusée par l'ONERC dans le cadre du PNACC rassemble les contributions de différents organismes de recherche en sciences du climat à la mission d'expertise dirigée par le climatologue Jean Jouzel pour produire une évaluation scientifique des conditions climatiques de la France au XXIe siècle. Elle fournit les indices climatiques de référence qui doivent servir de base à l'élaboration des mesures d'adaptation au changement climatique. ► www.developpement-durable.gouv.fr/-Le-climat-de-la-France-au-XXIe-.html

Le projet **DRIAS**¹³ (2008-2011) coordonné par la Direction de la Climatologie de Météo-France avait pour objectif de créer un « service climatique » destiné aux différentes communautés d'utilisateurs impliqués dans les études d'impact et dans l'élaboration de mesures d'adaptation au changement climatique (notamment dans le cadre des SRCAE et des PCET). Un comité d'utilisateurs composé de chercheurs, bureaux d'étude, entreprises, associations et collectivités territoriales a été associé au projet pour construire un service qui réponde au mieux aux attentes. Le portail **DRIAS**^{les futurs du climat} issu de ce projet, désormais en ligne, fournit un accès facilité aux projections climatiques régionalisées réalisées dans les laboratoires français de modélisation du climat (IPSL, CERFACS, CNRM-GAME). Les données sont délivrées sous différentes formes graphiques ou numériques. ► www.drias-climat.fr

Le projet **SCAMPEI**¹⁴ (2009-2011) soutenu par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) et coordonné par Météo-France a permis d'affiner les projections climatiques dans les régions de montagne en utilisant des modèles régionaux à haute résolution (8 km) sur la France métropolitaine. Une cascade de modèles numériques et statistiques a été développée pour produire des séries

¹³ DRIAS : "Donner accès aux scénarios climatiques Régionalisés français pour l'Impact et l'Adaptation de nos Sociétés et environnements", soutenu par le programme Gestion des Impacts du Changement Climatique (GICC).

¹⁴ SCAMPEI : "Scénarios Climatiques Adaptés aux zones de Montagne : Phénomènes extrêmes, Enneigement et Incertitude".

climatiques quotidiennes sur trois périodes (passé, futur proche et futur lointain) en fonction de la position géographique et de l'altitude, en mettant l'accent sur l'évaluation des diverses sources d'incertitudes par une approche multi-modèles. Des simulations spécifiques ont été mises en œuvre pour modéliser l'évolution de la couverture neigeuse et l'évolution de nombreux autres paramètres climatiques relatifs aux phénomènes météorologiques extrêmes (sécheresse, vagues de chaleur, précipitations extrêmes). Sur les Alpes, un modèle statistique de coulées de débris a été mis en œuvre pour calculer l'évolution des probabilités de déclenchement des laves torrentielles. La base de données SCAMPEI offre un accès public aux séries quotidiennes des variables météorologiques et nivologiques des scénarios du projet. Le choix se fait par commune ou par combinaison zone climatique/altitude. ► www.cnrm.meteo.fr/scampe. Par ailleurs, les sorties de modèles produites dans SCAMPEI ont été incorporés à la base de données DRIAS pour permettre aux utilisateurs de produire en temps réel des graphiques à partir des données de base.

De très fortes incertitudes subsistent concernant l'évolution future des précipitations. Globalement, les modèles prévoient des tendances contrastées entre l'Europe du Nord et l'Europe du Sud, notamment en matière de précipitations extrêmes. Par exemple, selon les projections présentées dans le récent rapport du GIEC sur les événements extrêmes (SREX ► www.ipcc-wg2.gov/SREX, voir p. 21), la période de retour des précipitations actuellement considérées comme vingtennales pourrait diminuer d'un facteur 2 sur la partie médiane de l'Europe mais varierait peu dans sa partie méditerranéenne. Dans les Alpes, qui sont au carrefour de différentes influences climatiques, l'évolution des précipitations et leurs impacts hydrologiques pourraient donc être très variables selon les régions.

Concernant les scénarios d'émission de gaz à effet de serre utilisés en entrée des modèles d'évolution climatique, le séminaire "**Mieux comprendre les nouveaux scénarios du GIEC**" organisé par le programme GICC (Paris, 23 Novembre 2011) a permis d'apporter des réponses aux questions suivantes : « Pourquoi de nouveaux scénarios ? Comment ont-ils été construits ? Comment les utiliser ? » Les vidéos et présentations ainsi que la synthèse du séminaire sont en ligne sur le site du programme. ► www.gip-ecofor.org/gicc/?q=node/362

Enneigement

Observations

Une analyse rétrospective du climat et de l'enneigement dans les Alpes françaises a été effectuée par Météo-France à partir des données de modèles atmosphériques réanalysées sur la période 1959–2005 avec la chaîne de modèles Safran-Crocus-Mepra, complétées par les observations météorologiques¹⁵. Les principales caractéristiques climatiques du couvert neigeux ont été modélisées à différentes échelles spatiales et temporelles et les résultats ont été validés par confrontation avec les observations nivologiques. Globalement, on observe une diminution très nette de la durée et de la hauteur d'enneigement à basse et moyenne altitude à partir de 1980. L'épaisseur de neige modélisée à 1800 m sur l'ensemble des Alpes pour les mois d'hiver montre une forte variabilité interannuelle tout au long de la période d'étude, ainsi qu'une variabilité spatiale importante sur la première partie de la période. Après le milieu des années 1980, le couvert neigeux est plus homogène sur l'ensemble des Alpes, avec une diminution des valeurs moyennes et de l'amplitude des

¹⁵ Durand *et al.*, 2009b.

valeurs extrêmes, indiquant une variabilité spatiale moindre. La diminution générale constatée est visible aux plus basses altitudes, surtout dans les Alpes du Nord, moins marquée au sud où des hivers bien enneigés se sont produits au cours des dernières décennies. En revanche, aucune tendance temporelle claire n'est visible à haute altitude (2700m) pour aucun des secteurs.

Ces résultats sont cohérents avec les tendances observées à des altitudes comparables dans les Alpes suisses¹⁶, qui montrent un changement abrupt à la fin des années 1980, avec une diminution significative du nombre de jours de neige, sans tendance claire au cours des 20 dernières années. Ce signal est uniforme sur les deux versants des Alpes malgré de fortes différences régionales. Cette série d'hivers peu enneigés, sans précédent sur la période d'étude (1948-2007), est concomitante avec l'augmentation brutale de la température hivernale moyenne observée depuis la fin des années 1980. Par ailleurs, toutes les études s'accordent sur le fait que les changements détectés dans la couverture neigeuse sont plus prononcés aux altitudes les plus basses, où les tendances des températures sont également plus marquées, et pour lesquelles un petit changement de température conduit à une augmentation des pluies par rapport aux précipitations sous forme de neige¹⁷.

Les bilans climatiques de l'OsCC apportent également des précisions sur les tendances observées en Savoie dans l'évolution de la couverture neigeuse. D'après le bilan d'enneigement de la saison 2011-2012, ces tendances observées apparaissent cohérentes avec les tendances futures modélisées dans le cadre du projet SCAMPEI (cf. ► [OsCC Bilans Clim. N°14](#)).

Projections

Dans le cadre du projet **SCAMPEI**, l'évolution de la couverture neigeuse a été calculée sur les montagnes métropolitaines à partir des scénarios climatiques produits à la résolution de 8 km. Les résultats ont été affinés sur les Alpes grâce au modèle de manteau neigeux CROCUS pour tenir compte de variables supplémentaires comme l'altitude, l'exposition ou encore la qualité de la neige. Le principal résultat est la diminution forte dès le milieu du 21^{ème} siècle de la durée d'enneigement de tous les massifs, ce jusqu'à une altitude de 2500 m. A la fin du siècle la durée annuelle d'enneigement est réduite de 80% dans les scénarios les plus pessimistes, mais 50% dans les scénarios optimistes. Ce résultat est jugé robuste malgré la forte disparité de la réponse des modèles en ce qui concerne les précipitations. ► www.cnrm.meteo.fr/scampe

Glaciers

Dans le cadre du projet Alcotra **GlaRiskAlp**¹⁸ en cours (2010-2013), un inventaire cartographique à haute résolution de l'état actuel des glaciers des Alpes occidentales a été réalisé sur la base des orthophotographies récentes (2006-2009). Les glaciers des Alpes françaises couvrent une surface totale de 275 km², dont 96% situés dans les massifs des Ecrins, de la Vanoise et du Mont-Blanc. Sur la base des levés topographiques effectués par l'IGN à la fin des années 1960, des cartes anciennes et de relevés géomorphologiques, la cartographie des marges pro-glaciaires résultant du désenglacement doit ensuite permettre d'établir la chronologie des fluctuations glaciaires depuis le

¹⁶ Marty, 2008.

¹⁷ Bavay *et al.*, 2009.

¹⁸ GlaRiskAlp : "Risques glaciaires dans les Alpes occidentales".



Petit Age Glaciaire. Ces travaux s'inscrivent dans l'étude des risques d'origine glaciaire sur la zone d'étude (voir ci-après). ► <http://edytem.univ-savoie.fr/Nouvel-inventaire-des-glaciers-des>

Permafrost

Sous l'influence du réchauffement, la dégradation du pergélisol pourrait jouer un rôle significatif dans la recrudescence de phénomènes gravitaires, périglaciaires et torrentiels. Plusieurs projets récents contribuent à l'approfondissement des connaissances en la matière.

Le projet Espace Alpin **PermaNET**¹⁹ (2008-2011) a permis de mettre en place un réseau de suivi à long terme du permafrost à l'échelle de l'arc alpin, à travers la mise en réseau de chercheurs et d'acteurs, l'équipement de sites de mesure, la caractérisation de la distribution actuelle du permafrost (compilation d'indices de terrain et établissement d'une carte du permafrost alpin) et de son évolution en relation avec les paramètres climatiques, le recensement et la caractérisation des phénomènes géomorphologiques potentiellement dangereux liés au permafrost ainsi que des méthodes de diagnostic et de gestion des risques associés, et la prise en compte du permafrost dans la gestion des ressources en eau (réservoir hydrologique et risques hydrochimiques). Des études de cas sur plus de 10 sites répartis à travers les Alpes combinées à l'analyse et à la modélisation des changements climatiques actuels et futurs ont permis de mieux caractériser les diverses réactions thermiques et géomorphologiques du permafrost. Les principales réactions thermiques sont (a) une augmentation de la température du sol et donc un réchauffement du permafrost, (b) la fonte du permafrost entraînant une réduction de son extension spatiale, l'épaississement de la couche dégelée en saison chaude et une augmentation de la circulation et de la pression d'eau dans le sol, (c) des modifications du nombre de cycles gel-dégel et de l'intensité des périodes de gel et de fonte. Les réactions géomorphologiques liées à ces effets thermiques – détaillées plus loin – ont la capacité d'affecter la stabilité des formations superficielles et des parois rocheuses dans les terrains à permafrost.

► www.permanet-alpinespace.eu/

Le réseau **PermaFRANCE** officialisé en 2010 est un réseau national de scientifiques et de laboratoires dédié à l'observation et au suivi du permafrost et de tous les phénomènes liés au gel. Il représente la contribution française au réseau alpin PermaNET et au réseau mondial GTN-P²⁰. Actuellement déployé sur plus de quinze sites d'étude répartis dans Alpes françaises, il combine suivi de l'évolution thermique et suivi des processus à différentes altitudes : parois rocheuses en haute montagne, glaciers rocheux à l'étage périglaciaire, fourniture en matériaux à l'étage infra-périglaciaire et permafrost sporadique des éboulis froids et sols de moyenne altitude. A titre indicatif, la première carte de distribution potentielle du permafrost dans les Alpes françaises (produite en 2008) a permis d'évaluer la surface couverte par le permafrost à 1300 km², dont 60% entre 2500 et 3000 m d'altitude.

► [Rapport N°1 "Permafrost in France" \(pdf, 2010\)](#)

¹⁹ PermaNET : "Permafrost long-term monitoring network".

²⁰ Global Terrestrial Network for Permafrost.

Le projet financé par la Fondation MAIF "Analyse des risques induits par la dégradation du permafrost" (2007-2010)²¹ a permis de mettre en place diverses méthodes de reconnaissance et d'initier un suivi de l'évolution du pergélisol en relation avec le changement climatique sur 4 sites-test des Alpes françaises. L'objectif était d'apprécier les dommages que peuvent engendrer les phénomènes associés (perte de cohésion du sol, fonte de la glace, éboulements, glissements et laves torrentielles) sur les installations de sport d'hiver et les zones habitées. Des recommandations concernant la gestion durable de ces installations ont été formulées. ► [Présentation du projet](#).

Les recherches se poursuivent pour mettre au point les méthodes permettant de mieux caractériser les secteurs à permafrost potentiellement instables dans des zones à enjeux et leur évolution sous l'influence du changement climatique (par ex. l'emploi de méthodes géophysiques calibrées par des forages pour l'étude et le suivi du permafrost sur la station des 2 Alpes, dans le cadre du projet coordonné par l'ADRGT en 2010-2011 soutenu par le programme départemental de recherche PGRN/CG38). ► [Présentation du projet](#).

Dans le cadre du projet **RiskNat-Alcotra**²² (2009-2012), l'activité « Risques générés par l'évolution des milieux de haute montagne » visait ainsi à définir des instruments et procédures adaptés pour la détermination des aléas liés au pergélisol et pour la gestion des risques correspondants à l'échelle régionale et à l'échelle locale. Les différents types d'analyse et de méthodes d'investigation expérimentés dans le cadre du projet sont présentés dans le rapport « Aléas engendrés par la dégradation du pergélisol ». ► www.risknat-alcotra.org/fr/index.cfm/b-1.html

A signaler également, la **Dixième Conférence Internationale sur le Pergélisol**, qui s'est tenue en Russie (25-29 juin 2012), qui a permis de faire le point sur l'avancée des connaissances relatives au permafrost. ► <http://ticop2012.org>

Cours d'eau

Observations

Dans le cadre du projet **AdaptAlp**, le Cemagref a rassemblé un nombre suffisant de longues séries hydrologiques de qualité pour constituer un jeu de données représentatif à l'échelle de l'arc alpin, dans le but de détecter d'éventuelles tendances. Environ 180 séries couvrant une durée de 40 ans au minimum ont été collectées, homogénéisées et analysées, avec une attention particulière pour les débits de fonte. L'analyse statistique des maxima de débit n'a révélé aucune tendance significative de leur intensité ou de leur fréquence à l'échelle des Alpes (cependant, d'éventuelles tendances pourraient être masquées par la forte variabilité naturelle de ces séries). En revanche, les analyses régionales menées à l'échelle de régions hydro-climatiques homogènes montrent des évolutions cohérentes et statistiquement significatives probablement liées à l'évolution des températures observées, avec une augmentation de l'intensité et du volume des crues de fonte pour les rivières influencées par les glaciers et une date plus précoce de la fonte nivale et glaciaire. Dans l'ensemble, ces analyses suggèrent que les tendances qui affectent les rivières alpines dépendent fortement de leur régime hydrologique. ► [AdapAlp - Work Package 4 Technical Report - Water Regime](#)

²¹ Projet coordonné par l'Association pour le développement des Recherches sur les Glissements de Terrains (ADRGT).

²² Projet stratégique "Gestion en sécurité des territoires de montagne transfrontaliers" ► www.risknat-alcotra.org

A l'échelle du département de la Savoie, des données hydrologiques sont également disponibles sur l'évolution des débits de rivières alpines peu influencés par les activités humaines (► [OsCC Impact N°2 + N°6](#)), ou encore sur l'évolution de la température de grands lacs alpins (► [OsCC Impacts N°4](#)).

Projections

Concernant les tendances hydrologiques futures, les incertitudes associées aux projections climatiques sont encore trop grandes pour prévoir leur impact sur l'hydrologie des cours d'eau alpins. Outre les incertitudes déjà présentes dans les scénarios d'émission de gaz à effet de serre et dans les modèles climatiques utilisés, ces modèles ne permettent pas de prendre en compte les échelles spatiales et temporelles requises pour les modèles d'impact. De nombreux travaux portent ainsi sur les techniques de désagrégation spatiale pour tenter de passer des sorties de modèles climatiques à des échelles pertinentes pour les modèles hydrologiques.

Par exemple, le projet international **ACQWA "Assessing Climate impacts on the Quantity and quality of Water"** du 7^{ème} PCRD a pour objectif d'utiliser des techniques de modélisation avancées pour quantifier l'influence du changement climatique sur les principaux déterminants de l'hydrologie des cours d'eau de montagne (principalement le haut Rhône et sur le Pô), dont la neige et la glace représentent la plus grande composante des écoulements. ► www.acqwa.ch/

Forêt alpine

De nombreux travaux de recherche sont en cours pour mieux apprécier les effets des changements climatiques passés et futurs sur la végétation alpine. Dans le champ des risques naturels, la question principale qui se pose aux gestionnaires est celle des impacts potentiels sur les forêts jouant un rôle de protection vis-à-vis des aléas naturels. Cette question a notamment été abordée dans le cadre du projet **IFP²³** (2007-2011). ► www.interreg-forets-protection.eu

Risques naturels

Aléas d'origine glaciaire

Le projet **GlaRiskAlp** consacré aux risques d'origine glaciaire s'inscrit à la suite du projet **GLACIORISK** (2001-2003). Il s'appuie sur un inventaire détaillé des glaciers, des marges proglaciaires et des phénomènes associés tels que les lacs glaciaires ou les secteurs instables, pour effectuer une reconnaissance des aléas potentiels dans les secteurs englacés et récemment désenglacés des Alpes occidentales. Le projet comporte également des études locales sur sites pilotes : zones de séracs des glaciers du Taconnaz et des Grandes Jorasses, poche d'eau du glacier de Tête Rousse et secteurs désenglacés. ► www.fondazionemontagnasicura.org/fr/glariskalp.aspx

²³ Projet Franco-suisse "Interreg Forêts de Protection".

L'impact du changement climatique sur les lacs et poches d'eau glaciaires et sur les chutes de séracs était au cœur des questions abordées lors du séminaire technique "**Gestion des risques d'origine glaciaire et périglaciaire**" organisé par le PARN à Grenoble les 12 et 13 mars 2012, avec le soutien du MEDDTL (DGPR). Les éléments abordés sont restitués dans le document préparatoire, les présentations et la synthèse du séminaire disponibles en ligne. ► [Site web du séminaire](#)

L'atelier international "**Gestion intégrée du risque généré par les poches d'eau du glacier de Tête Rousse - De la catastrophe de 1892 à la gestion de crise de 2010**" organisé par le PARN à Grenoble, le 20 avril 2011 dans le cadre du projet AdaptAlp a été l'occasion de tirer des enseignements du retour d'expérience de cette intervention d'urgence, avec en toile de fond la question de l'incidence du changement climatique sur ce type de phénomènes. ► [Actes et présentations](#)

Avalanches

Observations

L'évolution de la fréquence et de l'intensité des avalanches dans les Alpes françaises a été étudiée au Cemagref sur la base des données de l'Enquête Permanente sur les Avalanches (EPA). L'analyse statistique des données sur l'ensemble de la seconde moitié du XXe siècle n'a pas permis de détecter de tendance significative constante du nombre d'avalanches observées. Cependant, malgré la forte variabilité interannuelle, on a pu identifier un maximum relatif d'activité autour de 1980, suivi par une décroissance du nombre d'avalanches. On retrouve ce motif de manière amplifiée dans les altitudes d'arrêt atteintes par les avalanches, qui présentent également un minimum relatif autour de 1980.

► www.risknat.org/adaptalp/expert_hearing_wp6/proceedings/14_N-Eckert.pdf

Pour s'affranchir des éventuels biais d'observation résultant par exemple de changements dans le protocole de collecte des données de l'EPA ou de la construction d'ouvrages de protection, cette analyse a été complétée par une nouvelle approche développée dans le cadre du projet **ECANA**²⁴ (2008-2011) financé par la DGPR. Les objectifs étaient les suivants : (1) dresser une climatologie des événements avalancheux naturels importants des 50 dernières années sur les Alpes Françaises, en les qualifiant sur le plan nivo-météorologique et en recherchant une évolution ou tendance éventuelle dans leur fréquence et/ou répartition spatiale, (2) investiguer la corrélation entre évolution des indicateurs moyens de l'activité avalancheuse hivernale (intensité et fréquence des événements) et évolution des indicateurs moyens nivo-météorologiques (température, précipitations, enneigement).

► [Présentation du projet sur le site du CNRM](#)

Ces travaux se poursuivent dans le cadre du projet ANR **MOPERA**²⁵ (2010-2013), dont l'objectif est de développer des modèles probabilistes plus performants pour la gestion intégrée à long terme du risque avalanche, à travers les axes suivants : (1) Estimation locale des avalanches extrêmes, (2) Validation et enrichissement grâce aux données dendrogéomorphologiques, (3) Détection et prise en compte des non-stationnarités temporelles, (4) Evaluation spatialisée de l'aléa avalancheux, (5) Vulnérabilité physique du bâti, (6) Vulnérabilité des réseaux routiers alpins face à l'aléa avalanche, (7) Dimensionnement fonctionnel d'ouvrages et quantification du risque résiduel et (8) Evaluation formelle du risque d'avalanche et approche décisionnelle. ► www.avalanches.fr/mopera/mopera.htm

²⁴ ECANA : "Etude climatologique de l'activité avalancheuse naturelle au cours 50 dernières années sur les Alpes françaises".

²⁵ MOPERA : "Modélisation Probabiliste pour l'Etude du Risque d'Avalanche".



Projections

L'évolution de la fréquence des situations à risques d'avalanche importants dans les Alpes a été étudiée dans le projet **SCAMPEI**²⁶, en considérant le nombre de jours par hiver où l'indice de synthèse d'instabilité naturelle fourni par le système expert Mepra par massif est supérieur à 3. Les résultats indiquent une forte baisse de l'indice d'activité avalancheuse dans le futur proche, notamment dans le sud des Alpes (jusqu'à -80% selon le scénario A2). Cette diminution s'amplifierait dans le futur lointain et concernerait tous les massifs des Alpes (jusqu'à -85%), avec pour conséquence une quasi-absence d'activité avalancheuse significative dans le sud et dans la majorité des autres massifs, hormis à l'extrême nord des Alpes. Dans le massif du Mont-Blanc, le nombre de jours à forte activité avalancheuse passerait ainsi de 10 jours en moyenne par hiver dans le climat actuel à environ 2,5 (toujours, selon le scénario A2, les autres scénarios confirmant ces valeurs en les atténuant).

► www.cnrm.meteo.fr/scampe

On gardera à l'esprit que cette diminution attendue de la fréquence des avalanches n'est pas incompatible avec la persistance voire l'augmentation des avalanches de forte intensité, comme l'illustrent les avalanches exceptionnelles observées dans les Alpes lors des crises avalancheuses de 1999 et 2008.

Mouvements de terrain

Mouvements de terrain liés à la dégradation du permafrost

Le projet **PermaNET** a montré que les impacts géomorphologiques du réchauffement sur les terrains à permafrost sont les suivants : (a) modifications de la vitesse et du mode de déplacement des glaciers rocheux (passage d'un fluage lent à un glissement basal, voire un effondrement), (b) modifications dans les processus d'altération cryogénique, (c) modifications du volume et de l'étendue des versants instables, (d) des modifications de la fréquence et de l'intensité des mouvements de masse comme les écroulements, les glissements rocheux ou les laves torrentielles, (e) instabilités de surface engendrées par les processus thermokarstiques (fonte de la glace du permafrost).

► http://www.permanet-alpinespace.eu/archive/pdf/WP5_3_final_report.pdf

Écroulements rocheux en haute montagne

Les recherches conduites par le laboratoire EDYTEM dans le massif du Mont-Blanc dans le cadre des projets **PERMAdataROC** (2006-2008) puis **PermaNET** (2008-2011) ont permis confirmer le lien entre les écroulements rocheux en haute montagne et la dégradation du permafrost. Une forte corrélation a été mise en évidence entre les écroulements survenus depuis 150 ans et les périodes les plus chaudes observées à Chamonix au XXe siècle. Les deux périodes principales identifiées correspondent aux décennies 1940-1950 et à la période récente à partir des années 1980. Par ailleurs, il ressort que les zones de détachement de ces écroulements on atteint des altitudes d'autant plus haute que les étés ont été chauds, suggérant qu'à l'avenir les écroulements pourraient se produire à des altitudes plus élevées, auparavant non concernées par ce phénomène.

► www.risknat.org/adaptalp/expert_hearing_wp6/proceedings/15_P-Deline.pdf

²⁶ Voir p. 9 et 11.



Fluage des glaciers rocheux

Les mouvements des glaciers rocheux suivis dans les Alpes au cours des dernières années et décennies présentent des variations semblables. Les vitesses de déplacement mesurées montrent que les glaciers rocheux réagissent de manière étonnamment rapide aux variations des températures de l'air et du sol. On suppose que, sous l'effet de la dégradation du permafrost, la plupart d'entre eux pourraient connaître une accélération dans les prochaines décennies, et une inactivation à plus longue échéance. Il est recommandé d'effectuer un suivi des vitesses de surface des glaciers rocheux supportant des infrastructures.

Eboulements et chutes de blocs

Concernant l'activité des éboulements et chutes de blocs survenant à plus basse altitude, les observations existantes ne permettent pas de conclure à une tendance significative.

Le projet PGRN/CG38 "**Morphologie des falaises et risque d'éboulement**" (2010-2011) coordonné par ISTerre tire partie des progrès récents dans la détection et la caractérisation des chutes de blocs (Lidar, photos numériques et photogrammétrie) pour mettre en place des outils d'observation à long terme de ces phénomènes sur les falaises calcaires du bassin grenoblois. Une méthode permettant de reconstruire le relief a ainsi été testée sur des sites pilotes (versant du Saint-Eynard et Dent de Crolles) pour estimer l'érosion due à ces phénomènes entre différentes dates d'acquisition. Une des retombées attendues de ces travaux de recherche est de parvenir à établir une relation entre l'activité érosive due aux chutes de blocs et l'évolution du climat local, avec en perspective un développement possible vers un « observatoire des falaises ».

► [www.risknat.org/.../ISTerre\(ex-LGIT\)_D.Amitrano_PGRN2010.pdf](http://www.risknat.org/.../ISTerre(ex-LGIT)_D.Amitrano_PGRN2010.pdf)

Glissements superficiels

Bien qu'aucune tendance générale ne se dégage non plus concernant les glissements superficiels, des évolutions sont signalées à l'échelle locale. Par exemple dans les Alpes suisses, une augmentation de la surface en érosion affectée par des glissements de terrain au cours des dernières décennies a été constatée dans la vallée d'Urseren, sous l'influence de facteurs aussi bien anthropiques (modification de l'utilisation des sols) que climatiques (intensification des pluies torrentielles)²⁷.

Glissements profonds

Le projet PGRN/CG38 "**Caractérisation dynamique des instabilités gravitaires affectant la bordure sud du massif de Belledonne : apport des datations cosmogéniques ¹⁰Be**" (2009-2010) coordonné par ISTerre²⁸ a permis d'obtenir de nouvelles datations sur des escarpements sommitaux des niches d'arrachement de trois grands glissements de terrain - dont celui de Séchilienne - affectant la partie sud du massif de Belledonne (Isère). Les âges obtenus indiquent que l'initiation des trois mouvements s'est produite durant la période chaude et humide de l'Optimum Climatique Holocène (entre 9000 et 5000 ans), au moins 3000 ans après le retrait du glacier de la Romanche (vers 13 000 ans).

► www.risknat.org/pages/programme_dep/projets/lgca/schwartz_2009.html

²⁷ Meusburger and Alewell, 2008.

²⁸ Institut des Sciences de la Terre.

Crues et laves torrentielles

Reconstructions

Diverses méthodes ont été développées ces dernières années pour reconstituer l'activité passée des crues torrentielles à partir d'enregistrements naturels de leur occurrence (impacts sur les cernes de croissance des arbres, dépôts sédimentaires dans les lacs...) avec une résolution temporelle annuelle. L'application de ces méthodes sur un nombre croissant de sites permettra, à terme, d'établir des synthèses régionales des variations spatiales et temporelles de l'activité des phénomènes torrentiels en lien avec l'évolution du climat. Deux exemples sont présentés.

Dans les Alpes suisses, l'application de la méthode dendrogéomorphologique sur 8 torrents de la vallée de Zermatt a ainsi permis d'identifier plus de 400 événements de laves torrentielles sur la période 1600-2009. Les fréquences décennales ainsi reconstituées montrent une augmentation relative du nombre d'événements à l'échelle de la vallée depuis 1850 et surtout pendant le 20^e siècle (pics d'activité et dans les années 1920 et 1990) et une nette diminution au cours des années 2000, concomitante avec la diminution observée des précipitations intenses.

► www.dendrolab.ch/fr/proj_rufine.php

Dans les Alpes françaises, le laboratoire EDYTEM coordonne des recherches visant à reconstituer l'évolution des crues torrentielles sur plusieurs sites d'altitude à partir de l'analyse de séquences sédimentaires lacustres. La comparaison des calendriers de crues ainsi obtenues avec des reconstitutions de température suggère que l'évolution de l'activité torrentielle a été différente entre les Alpes du Nord et les Alpes du Sud (cf. thèse de B. Wilhelm soutenue en 2012 dans le cadre du projet ANR **PYGMALION**²⁹).

Observations

Une des conséquences de la dégradation du permafrost est l'accroissement de la fourniture en matériaux dans de certains bassins torrentiels inscrits en domaine périglaciaire. Des recherches ont été mises en œuvre dans le cadre de divers projets (**PermaNET**, **RiskNat-Alcotra**...) pour quantifier les volumes de débris potentiellement mobilisables par ce type de torrents dans des secteurs sensibles (présence d'enjeux), en vue de mieux dimensionner les aménagements à l'aval.

Projections

Des projections concernant l'évolution future des probabilités de déclenchement de laves torrentielles dans les Alpes françaises ont été effectuées sur la base des sorties de modèles du projet **SCAMPEI**. Elles donnent des résultats contrastés. Dans les Alpes du Nord, les tendances des probabilités de déclenchement projetées divergent (elles augmentent dès 2050 avec les scénarios du modèle Aladin, mais restent constantes ou diminuent selon les autres scénarios), tandis que les trois modèles utilisés s'accordent sur une augmentation dans les Alpes du Sud. Par ailleurs, une analyse de la vulnérabilité du réseau liée à cet aléa a été menée dans le cadre de ce projet. ► www.cnrm.meteo.fr/scampeii

²⁹ "Paleohydrology and Human – Climate – Environment" (2008-2011).

Crues et inondations

Les tendances spatiales et temporelles de l'activité des crues des rivières alpines ne sont pas cohérentes à l'échelle des Alpes (résultats du projet **AdaptAlp**, cf. p. 13). Cependant, des augmentations significatives des débits sont signalées en Suisse et dans la partie alpine de l'Allemagne du sud³⁰. Une étude de la fréquence des crues observées depuis 150 ans à l'échelle de la Suisse³¹ suggère une diminution des crues jusqu'aux années 1960 et une augmentation ultérieure. Depuis environ 1900, trois des quatre plus gros événements de crues à grande échelle dans le nord de la Suisse (crues de 1999, 2005 et 2007) se sont produites au cours des dix dernières années. Cependant, une accumulation similaire de grandes crues s'est produite dans la seconde moitié du 19e siècle. Par ailleurs, les périodes riches en crues ont alterné avec des périodes pauvres en crues.

De nombreuses recherches sur l'évolution passée et futures des crues ont été effectuées et se poursuivent dans le cadre de projets nationaux et européens. Les résultats concernant les cours d'eau alpin seront progressivement intégrés à la base Alpes-Climat-Risques au cours de la mise à jour 2012 en cours.

Feux de forêt

Observations

En France, on dispose de peu de données systématiques à l'exception des 15 départements de la zone Sud (base de données Prométhée). Dans cette région, Malgré un accroissement de l'Indice Forêt Météo (IFM) depuis un demi-siècle on observe une diminution des surfaces brûlées depuis les années 1990. Cette diminution s'expliquerait par une augmentation des moyens de lutte déployés dans la zone Sud. En revanche, on n'observe pas de tendance décelable dans les départements alpins.

► Rapport de la mission interministérielle "[Changement climatique et extension des zones sensibles aux feux de forêts](#)" (juillet 2010).

A l'échelle des Alpes, le réseau infrarégional Euro-Alpin du "Global Wildland Fire Network" fédère différentes initiatives visant à renforcer la coopération en matière de recherche et de gestion du risque incendie, pour développer des outils de lutte adaptés au contexte spécifique des environnements de montagne. ► www.fire.uni-freiburg.de/GlobalNetworks/EuroAlpine/EuroAlpine.html

Le projet Espace Alpin ALP-FFIRS "**Alpine Forest Fire waRning System**" (2009-2012) s'inscrit dans le cadre de ce réseau. Il a pour objectif d'améliorer la prévention des feux de forêts dans le contexte de réchauffement climatique dans l'espace alpin, grâce à la création d'un système partagé d'alerte basé sur les conditions météorologiques de prédisposition au feu. Le but est de développer un système d'aide à la décision basé sur une évaluation quotidienne d'une échelle de danger « feu de forêt alpin » et sur des prévisions permettant d'anticiper les périodes critiques d'occurrence potentielle. La constitution d'une base de données sur l'occurrence des incendies et les conditions environnementales (climat, végétation) - préalable à l'élaboration de cet indice – permettra, à terme,

³⁰ Birsan *et al.*, 2005 ; Allamano *et al.*, 2009 ; Petrow and Merz, 2009.

³¹ Schmocker-Fackel and Naef 2010

de spatialiser et d'améliorer la compréhension des effets du changement climatique sur le risque de feux de forêt à l'échelle de l'arc alpin. ► www.alpfirs.eu/

En Suisse, une reconstitution du régime des feux au cours du 20^e siècle en Valais a mis en évidence une augmentation de leur fréquence au cours des dernières décennies (une légère augmentation dans les années 1940-1950, suivie d'un pic plus fort pendant les années 1990). Les observations suggèrent que les températures et les précipitations ont joué un rôle majeur à la fois sur la fréquence des feux et sur les surfaces brûlées dans la première moitié de la période d'étude, mais que la température n'était plus un facteur limitant dans les vallées sèches intra-alpines après le milieu du 20^e siècle. ► www.fire.uni-freiburg.de/GlobalNetworks/EuroAlpine/Zumbrunnen-et-al-2009.pdf

Projections

De manière générale, on s'attend à ce que l'augmentation projetée des sécheresses et des vagues de chaleur en Europe entraîne une remontée vers le nord et en altitude des zones touchées par les feux de forêt. Dans le cadre du projet **ALP-FFIRS**, une évaluation de l'impact du changement climatique sur le potentiel de feux dans les Alpes a été réalisée sur la base de scénarios de climat futur, en appliquant l'indice canadien de feux de forêts (Fire Weather Index, FWI) sur des projections issues de différents modèles climatiques régionaux forcés avec le scénario A1B du GIEC. Ces simulations indiquent un potentiel croissant d'incendies au milieu du XXI^e siècle, particulièrement aux altitudes les plus élevées et dans les parties sud et ouest de l'arc alpin, avec une augmentation spectaculaire de la fréquence des jours à fort potentiel d'incendies graves. ► www.alpfirs.eu/

Tempêtes

Observations

Aucune variation significative de la vitesse des vents extrêmes et de la fréquence des tempêtes n'a été mise en évidence à l'échelle de la France métropolitaine. A l'inverse, à l'échelle de la Suisse et pour certaines stations d'Europe centrale, ces paramètres présentent une tendance à la hausse associée à un accroissement des dégâts causés aux forêts suisses au cours du 20^e siècle (aucune étude à l'échelle de l'arc alpin n'est répertoriée dans la base de connaissances).

Ces résultats sont corroborés par de nouvelles réanalyse à l'échelle de l'Europe remontant jusqu'à la fin du 19^e siècle, qui concluent à une augmentation significative de la fréquence et de l'intensité des tempêtes hivernales en Europe du nord, et de manière moins prononcée en Europe centrale et de l'ouest. Cette augmentation pourrait être expliquée tant par la variabilité climatique naturelle, que par le réchauffement climatique. ► www.rac-f.org/De-nouvelles-analyses-suggestent

Projections

Même si les modèles climatiques les plus récents ont la capacité de reproduire des vents compatibles avec les observations effectuées lors des grandes tempêtes du passé (ex. projet SCAMPEI), les projections restent très incertaines quant à l'évolution future des tempêtes. Une étude récente basée sur un ensemble de modèles projette cependant une possible intensification de la vitesse des vents extrêmes en Europe centrale et de l'ouest, susceptible d'accroître le potentiel de dommages au nord des Alpes. ► www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/11/1351/2011/nhess-11-1351-2011.html

Travaux transversaux (pluri-thématiques)

Dans le cadre du projet AdaptAlp, le PARN a organisé fin 2011 un séminaire international intitulé **"Adaptation de la gestion des risques naturels face au changement climatique"** réunissant des experts (techniciens, gestionnaires de territoire et scientifiques) français, italiens et suisses pour leur permettre d'exposer et d'échanger leurs connaissances sur ce thème. S'appuyant sur les connaissances disponibles dans la base Alpes-Climat-Risques sur l'évolution des différents types de risques naturels en montagne, ce séminaire visait d'une part à faire le point sur les aspects pratiques et techniques opérationnels de l'adaptation aux effets du changement climatique et, dans un deuxième temps, de proposer des recommandations destinées aux gestionnaires de territoires et aux décideurs. Les principales recommandations concernent l'amélioration des observations, la prise en compte de l'incertitude, le développement d'une gestion plus intégrée, l'éducation en matière de risques naturels et le renforcement des liens entre les chercheurs et les gestionnaires de territoire.

► [Actes et synthèse du séminaire](#)

Parmi les nouveaux projets financés dans le cadre des derniers appels d'offre des programmes de coopération européenne 2007-2013, signalons le projet de capitalisation **C3 Alps**³², qui vise à synthétiser les connaissances et les outils en matière d'adaptation aux effets du changement climatique dans les Alpes développés dans le cadre des précédents projets du programme Espace Alpin (AdaptAlp, PermaNET etc.). ► www.c3alps.eu

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a publié son « rapport spécial sur la gestion des risques d'événements extrêmes et de catastrophes afin d'anticiper l'adaptation au changement climatique » (**SREX**)³³. Ce rapport, fruit du rapprochement avec diverses communautés scientifiques travaillant sur la gestion des risques, consiste en une évaluation des relations entre changement climatique, aléas climatiques extrêmes et effets sur la société, sur la base d'une expertise collective des publications scientifiques internationales. La nouveauté est de prendre en compte le rôle des facteurs non climatiques dans l'analyse des impacts passés et futurs des événements extrêmes au niveau local, national et international, dans une approche transversale des diverses composantes du risque (l'environnement physique, mais aussi l'exposition, la vulnérabilité et la résilience des sociétés). ► www.ipcc-wg2.gov/SREX.

A l'occasion de la publication du résumé pour décideurs du SREX fin 2011, l'AFPCN a organisé une journée intitulée **"Désastres pensés, désastres reconnus"**, dont la restitution est disponible en ligne.

► www.afpcn.org/111212SREX/index.htm

Le colloque **"Incertitudes et adaptation au changement climatique"** (Meudon, 13-14 juin 2012) avait pour objectif d'examiner comment les incertitudes étaient appréhendées à différentes échelles de temps et d'espace et dans les différentes approches théoriques, méthodologiques et empiriques des recherches sur l'adaptation au changement climatique. L'enregistrement des interventions et les supports de présentation sont en ligne sur le site du GIS Climat, Environnement, Société.

► www.gisclimat.fr/bilan-du-colloque-incertitudes-et-adaptation-au-changement-climatique

³² Projet Espace Alpin "C3 Alps: Climate Change Capitalisation and Adaptation platform for the European Alps" (2012-2014).

³³ "Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation" (2012).



Manifestations

Le 25ème colloque de l'Association Internationale de Climatologie (AIC 2012) intitulé "Climats régionaux : observation et modélisation" organisé par le LTHE³⁴ du 5 au 8 septembre 2012 à Grenoble comportera les sessions thématiques suivantes : 1) mesure et instrumentation, 2) climat et télédétection, 3) modélisation climatique, 4) agro- et topoclimatologie, 5) climats tropicaux, 6) aléas climatiques et impacts. ► <http://aic2012.sciencesconf.org/>

Le programme national **Gestion et Impacts du Changement Climatique (GICC)** organise un « Séminaire de restitution des projets 2008, bilan à mi-parcours des projets 2010 et lancement des projets 2012 » le mercredi 10 octobre 2012 à Paris. ► [Programme et inscription.](#)

³⁴ Laboratoire d'Etude des Transferts en Hydrologie et Environnement.