

Assessment of Risks on transportation Networks resulting from slope Instability and Climate change in the Alps (Arnica)

Mot clefs: debris flow glissements de terrain superficiels, changement climatique, réseau de transport, Alpes

Le Projet ARNICA a impliqué quatre partenaires, le Wegener center-Université de Graz en Autriche, l'Université de Padoue en Italie, le laboratoire de dendrogéomorphologie en Suisse et a été dirigé par le LGP CNRS en France. Le projet a reçu 300k € pour deux ans. L'objectif général du projet était de déterminer les impacts potentiels du changement climatique futur sur l'activité des laves torrentielles / glissements de terrain (DF) dans les Alpes. Le réseau routier qui est une composante essentielle de l'activité économique de ces régions montagneuses en raison de son rôle dans les échanges transfrontaliers est particulièrement vulnérable à ce type de catastrophes naturelles. C'est pourquoi ARNICA a abordé la question de la vulnérabilité des réseaux dont le caractère est hautement stratégique.

L'Université de Graz (Autriche) s'est focalisée sur le développement de scénarios climatiques à haute résolution afin de proposer des données d'entrée aux analyses de risque réalisées par les autres partenaires. L'équipe s'est principalement concentrée sur les variables climatiques potentielles intervenant dans le déclenchement des processus. L'analyse a porté sur les précipitations dans leur durée et leur intensité. Le rôle de la température a été également pris en compte afin de distinguer la nature des précipitations (pluie, neige). 24 simulations climatiques régionales (SCR) pour le 21^e siècle ont été analysées en se fondant sur le scénario d'émissions A1B. Une descente d'échelle par méthode statistique et une correction des erreurs (quantile/ quantile) ont été systématiquement appliquées au pas de temps journalier afin d'améliorer les performances des SCR dans leur représentation du climat local. Ainsi il a pu être démontré que la méthode quantile- quantile améliore très nettement la qualité des simulations des précipitations extrêmes. Après correction d'erreurs, les 24 simulations ont été utilisées pour documenter la variabilité du climat futur. Les analyses ont été réalisées pour deux périodes distinctes le futur proche autour de 2050 et le futur lointain vers 2100. Les résultats montrent que les conditions climatiques favorables au déclenchement des processus considérés dans ARNICA devraient devenir plus fréquentes dans les Alpes pour la plupart des saisons, excepté en Juillet et Août. Toutefois, même en été, la fréquence des précipitations très intenses (plus de 30 mm / jour) augmenterait dans certaines régions.

L'équipe du LGP a porté son attention sur la caractérisation des impacts du changement climatique actuel et futur sur les DF dans les Alpes françaises et leurs effets sur la vulnérabilité du réseau national. À cette fin les chercheurs ont utilisé une base de données RTM composée de 565 événements déclenchés depuis le printemps 1970, dans le nord et le sud des Alpes françaises. Les causes de la variabilité interannuelle de l'activité des laves torrentielles ont été explorées à une échelle régionale. Les résultats ont révélé des variables climatiques distinctes de part et d'autre des Alpes françaises. Un modèle hiérarchique bayésien a également été élaboré pour estimer la part respective des caractéristiques géomorphologiques et climatiques dans les activités des laves. Ce modèle a souligné le rôle essentiel joué par le climat dans la probabilité d'occurrence des laves torrentielles par rapport à l'occupation du sol par exemple. Par ailleurs, quel que soit le modèle de climat utilisé, une augmentation significative de la probabilité annuelle des laves est estimée au nord comme au sud des Alpes tant pour le futur proche que le futur lointain (Fig. 1). D'autres travaux ont porté cette fois sur la fréquence et la distance d'arrêt d'événements se produisant dans quelques bassins versants aux enjeux élevés en appliquant différents modèles dont celui mis au point par l'Université de Padoue. L'ensemble de ces résultats a été transféré aux décideurs à des fins opérationnelles. Une carte des routes impactées par les laves et la perte associée de l'accessibilité aux territoires connexes pour différents

scénarios de perturbation ont été réalisées pour l'ensemble des Alpes françaises et remis aux acteurs locaux (Figs 2-3). Un film consacré aux impacts des laves torrentielles sur le réseau routier a été élaboré pour le grand public. Une analyse de la gestion de crise basée sur un événement qui a touché la liaison Grenoble à Briançon a été menée en collaboration avec les partenaires locaux et a révélé une efficacité remarquable mais souligné une hétérogénéité dans la perception du risque. Une même analyse de perte d'accessibilité a été conduite dans la vallée de Zermatt en collaboration avec l'équipe Suisse.

La contribution de l'Université de Padoue dans le projet ARNICA a porté sur deux thèmes principaux : i) l'analyse des conditions de stabilité des versants soumis aux glissements superficiels selon les scénarios de précipitations portant sur la période actuelle et future, ii) l'intégration de l'évaluation de la réactivité des glissements de terrain dans l'évaluation de la vulnérabilité des réseaux de transport en collaboration avec les partenaires locaux. Ces analyses basées sur un modèle hydrologique forcé à partir des scénarios climatiques proposés par l'équipe Autrichienne, ont été réalisées sur un ensemble de bassins versants (2-10 km² de large) dans le sud du Tyrol (Alpes italiennes). Les résultats montrent une augmentation progressive de la susceptibilité aux déclenchements de glissements de terrain superficiels en automne en raison de l'augmentation du pourcentage de précipitations liquides mais une diminution en été due à une diminution de l'humidité. En conséquence, le fonctionnement de ce type de processus peut avoir un impact différencié selon les saisons sur la probabilité de défaillance du réseau de transport. Ainsi, en s'appuyant sur les scénarios climatiques futurs, la fiabilité du système est susceptible de diminuer en automne mais devrait au contraire augmenter en été. Ces résultats ont été discutés et analysés conjointement avec les représentants des collectivités locales, afin de mieux gérer les risques associés.

Le laboratoire de dendrogéomorphologie de Berne a construit une base de données de laves torrentielles dans la vallée de Zermatt à partir d'une analyse des impacts laissés sur les arbres par le passage des coulées. Dans les zones périglaciaires de la région, ce processus est généralement déclenché par la liquéfaction du matériau non consolidé. Grâce à la liaison entre cette base événementielle et les relevés météorologiques remontant à AD 1864, 150 ans d'histoire de l'activité de ce processus ont été reconstruits. Les résultats montrent que la saison propice aux laves torrentielles sur ces sites de haute altitude est maintenant beaucoup plus longue (Mai à Octobre) qu'à la fin du 19^e siècle, limitée alors à Juin-Septembre. La recherche a également porté sur les impacts du changement climatique sur le fonctionnement de ce processus. Sur la base de la compréhension actuelle des laves et leur réaction aux précipitations, on peut s'attendre à de légers changements dans la fréquence globale des événements. En revanche, l'ampleur globale des flux matériaux pourrait, elle, augmenter en raison d'une plus grande disponibilité des sédiments. À la fin du 21^e siècle, le nombre de jours avec des conditions favorables au déclenchement des laves sera probablement diminué, surtout en été. Ces résultats sur la fréquence et la magnitude des événements ont été utilisés par les intervenants et les décideurs à des fins opérationnelles. En particulier, et compte tenu de risques imminents de laves dans plusieurs des torrents de la vallée de Zermatt, le dendrolab.ch a participé aux discussions avec les collectivités locales, les organismes de l'Etat et l'Office fédéral suisse de l'environnement pour effectuer des analyses coûts-avantages pour la protection des villages et du réseau de transport. Les résultats d'Arnica vont en effet avoir des conséquences sur les aménagements à venir du territoire et le fonctionnement ferroviaire et routier. Ces résultats aideront à un meilleur équilibre entre la prévention et la réadaptation. Ainsi, les données d'Arnica ont clairement permis de transmettre des connaissances importantes sur la façon dont les laves torrentielles se produisent dans la vallée de Zermatt et sur la façon de s'adapter et atténuer ces processus.

En résumé, la perception du risque lié aux laves torrentielles se distingue des autres risques naturels tels que les inondations. Excepté pour quelques sites régulièrement impactés par ce processus, cet aléa est généralement perçu comme ayant des impacts mineurs, sans doute en raison d'une étendue spatiale limitée. Pourtant chaque année de très nombreux tronçons sont impactés par les laves et notre étude démontre que le réseau alpin est très vulnérable. Dans les trois pays, des recherches ont été conduites avec les partenaires locaux pour réduire les risques liés à ces processus de versant. Cependant, à l'échelle locale il est encore très difficile d'estimer une probabilité de déclenchement en raison d'un manque d'observations météorologiques à une échelle de temps pertinente et d'un manque de données sur les volumes mobilisés pour déterminer avec précision une relations fréquence/ magnitude. Par ailleurs, les variables climatiques responsables du déclenchement de ce processus diffèrent selon l'échelle spatiale et temporelle considérées. A l'échelle journalière le déclenchement dépend principalement du délai entre le dernier événement et le précédent ainsi que les précipitations extrêmes dont le seuil d'intensité varie d'un endroit à un autre. A une échelle annuelle l'occurrence dépend aussi de la température. Cependant quel que soit le modèle climatique utilisé, une augmentation significative de l'occurrence ou de la magnitude des laves et glissements superficiels est estimé à la fois pour le futur proche et lointain pour les différentes régions.

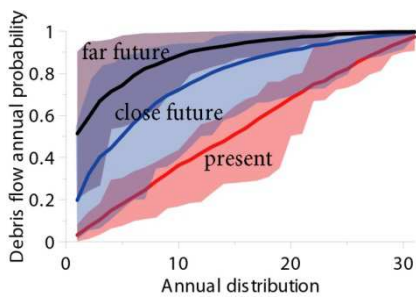


Figure 1. Probabilité d'occurrence de laves torrentielles dans les Alpes françaises vers 2050 (close) et 2100 (far) d'après 24 simulations climatiques.

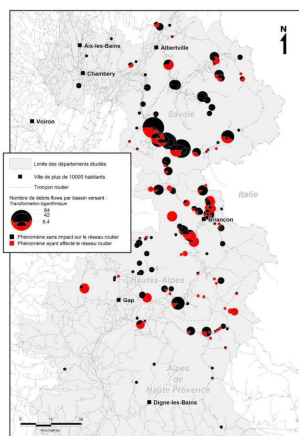
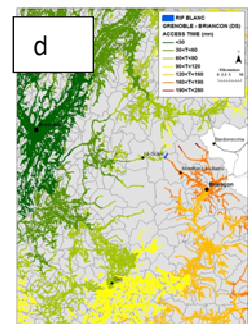
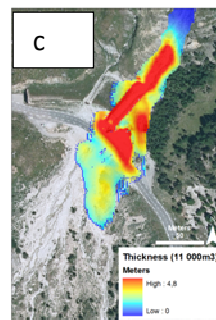
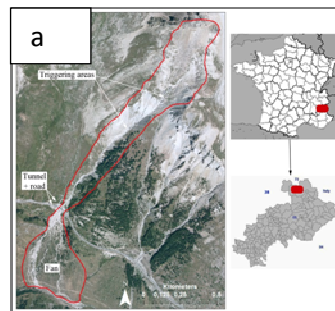


Figure 2. Tronçons de routes impactés par les laves dans les Alpes Françaises.

Figure 3abcd. Lave torrentielle du Rif Blanc le 11 juin 2012 impactant la route reliant Grenoble à Briançon. a) Bassin versant du Rif blanc, b) impacts causant la fermeture partielle de la route pendant plusieurs jours, c) volume estimé par modélisation MassMov 2D, d) Perte d'accessibilité induite par l'événement.