

Intérêt de la sismologie comme moyen de surveillance

A. Helmstetter¹, E. Klein², S. Garambois¹

1. *ISTerre, Université Grenoble Alpes & CNRS, 38041 Grenoble cedex 9.*

2. *INERIS, Nancy*

Introduction. Le réseau sismologique d'ISTerre a été installé en mai 2007 dans le cadre d'[OMIV](#), avec d'abord 2 antennes 9 voies, puis une station 24 voies dans la galerie de reconnaissance en avril 2008. Récemment, trois stations supplémentaires (OGS1, OGS2 & OGS3) ont été installées en juillet 2012 puis septembre 2013, financées et gérées par le Réseau Accélérométrique Permanent (RAP) afin d'étudier les effets de site sismologiques (livrable 1.3). Les 3 stations OMIV sont des « antennes » constituées de plusieurs capteurs. (Fig. 1). Les antennes THE et RUI forment des cercles d'environ 50 m de rayon avec 6 capteurs verticaux et un capteur 3C au centre. L'antenne GAL est constituée de 24 capteurs verticaux séparés d'environ 20 m, dont 12 sont localisés dans la galerie de reconnaissance et les autres à l'extérieur.

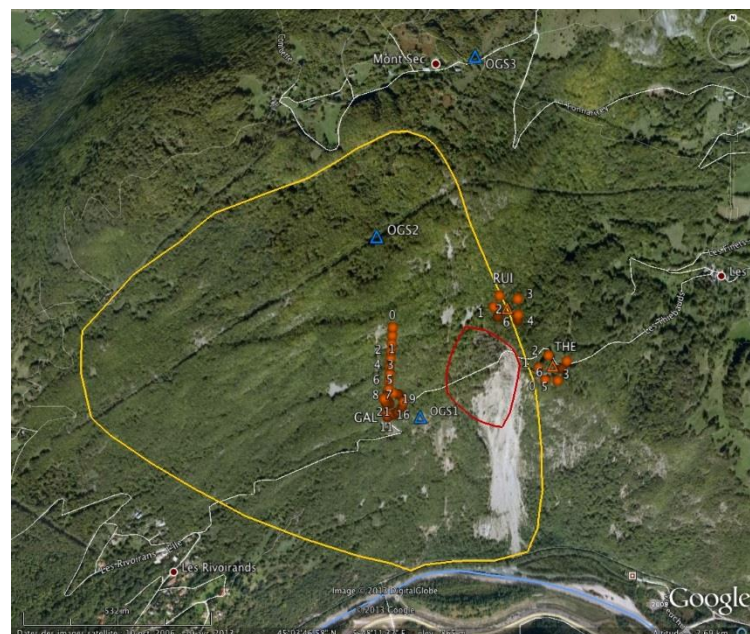


Fig. 1. Plan du réseau sismologique d'ISTerre (OMIV). Les cercles orange représentent les 3 antennes OMIV. Les triangles bleus correspondent aux stations du RAP. Le contour rouge indique la limite de la zone active, et le contour jaune montre la limite de la zone instable.

Détection et classification des sources sismiques

Les signaux sont détectés automatiquement en analysant le spectrogramme du signal. Les événements sont ensuite classifiés de manière partiellement automatique en fonction de leur forme, contenu fréquentiel, durée et de la vitesse apparente des ondes (Helmstetter et Garambois, 2010). Les signaux sont classifiés en 3 classes :

- séismes, externes au glissement, avec des ondes P et 2 distinctes et une vitesse apparente élevée (angle d'incidence quasi vertical)
- éboulements, signaux longs (de quelques dizaines de secondes à plusieurs minutes), avec une suite de pics (impacts de blocs), et un contenu fréquentiel entre 1 et 100 Hz. La position de la source se propage vers le bas de la pente.
- micro-séismes : signaux plus courts que les éboulements (quelques secondes), associés à l'ouverture de fracture ou à du glissement.

Les données des nouvelles stations RAP sont traitées en temps réel. On ne garde que les événements détectés simultanément par les deux stations d'amplitude supérieure à 1000 nm/s, ce qui explique que le taux d'activité est environ 10 fois plus faible que pour les stations OMIV. La liste des événements détectés par ces stations est disponible sur la page web : <http://omiv.osug.fr/SECHILIENNE/SISMO/rap.html>. Cette page donne aussi accès aux données sismologiques, et aux figures des sismogrammes et spectrogramme pour chaque événement.

Les données de la station OMIV THE sont depuis janvier 2013 transférées en temps réel et analysées chaque jour. Pour les 2 autres stations OMIV, les données sont récupérées sur le terrain et analysées tous les 2 mois environ. La Figure 2 montre l'évolution temporelle de la micro-sismicité et des éboulements enregistrés entre Février 2012 et Février 2013 par les stations RAP et OMIV. On voit sur cette figure une forte augmentation de l'activité depuis octobre 2012.

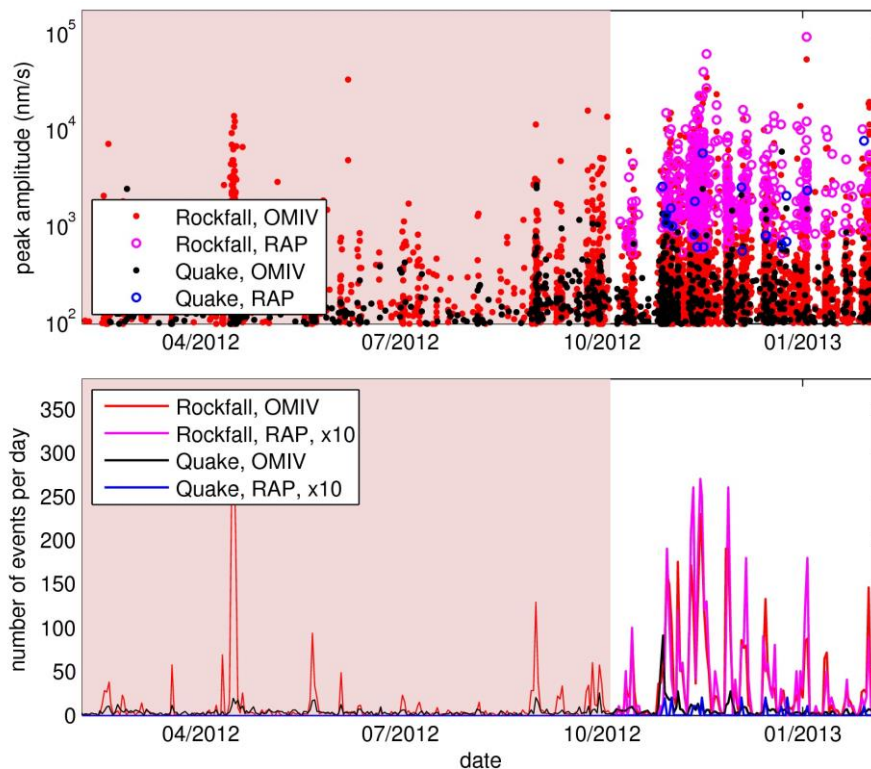


Fig 2 : (a) amplitude des signaux sismiques produits par les éboulements et les micro-séismes détectés par les stations OMIV et RAP. (b) Nombre d'événements par jour pour chaque type de signaux et chaque réseau. Les stations RAP sont utilisées depuis Novembre 2012.

Localisation des sources sismiques

L'utilisation d'antennes permet aussi de localiser les sources sismiques en analysant la corrélation entre traces (Lacroix et Helmstetter, 2011). Ces méthodes de localisation ont l'avantage d'être automatiques et d'être bien adaptées aux signaux peu impulsifs tels que ceux enregistrés à Séchilienne. Ces méthodes ont été validées à l'aide des tirs. L'erreur de localisation à l'intérieur du réseau est de l'ordre de 50 m (Lacroix et Helmstetter, 2011), mais pourrait s'améliorer dès qu'un modèle de vitesse sera disponible. Un certain nombre d'éboulements ont aussi été détectés par la caméra de surveillance du CETE Lyon. Ces observations ont permis de valider la classification de ces signaux et leur localisation. La plupart des éboulements sont localisés dans les Ruines, mais aussi plus à l'Ouest (Figures 3 et 4). Les micro-séismes sont essentiellement localisés dans la zone active, où le déplacement atteint plusieurs m/an.

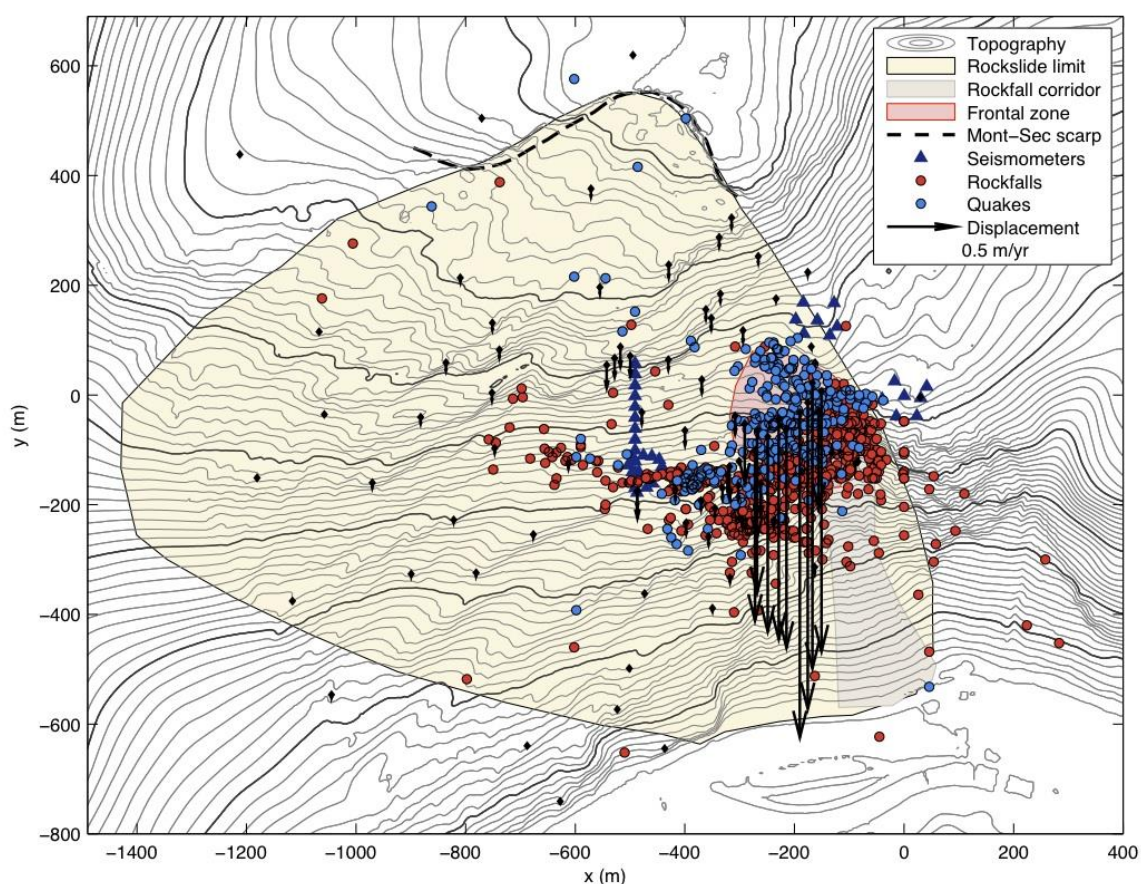


Fig 3 : Carte des éboulements (cercles rouges) et microséismes (cercles bleus). Les flèches montrent les vecteurs de déplacement mesurés par le CETE Lyon.

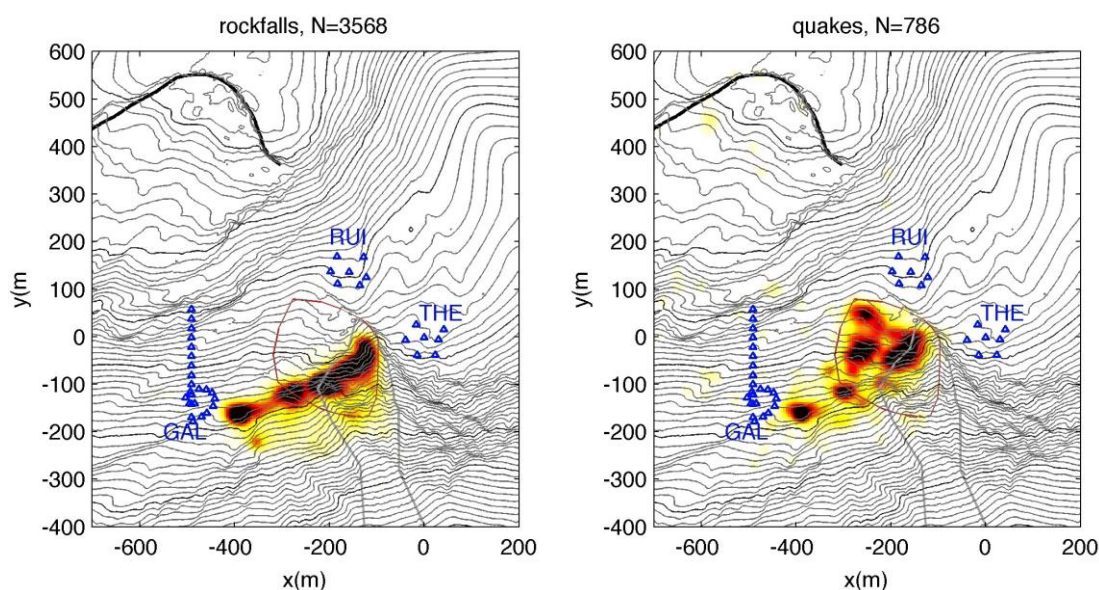


Fig 4 : Distribution spatiale des éboulements et microséismes, pour tous les événements détectés par les 3 antennes entre avril 2008 et janvier 2013.

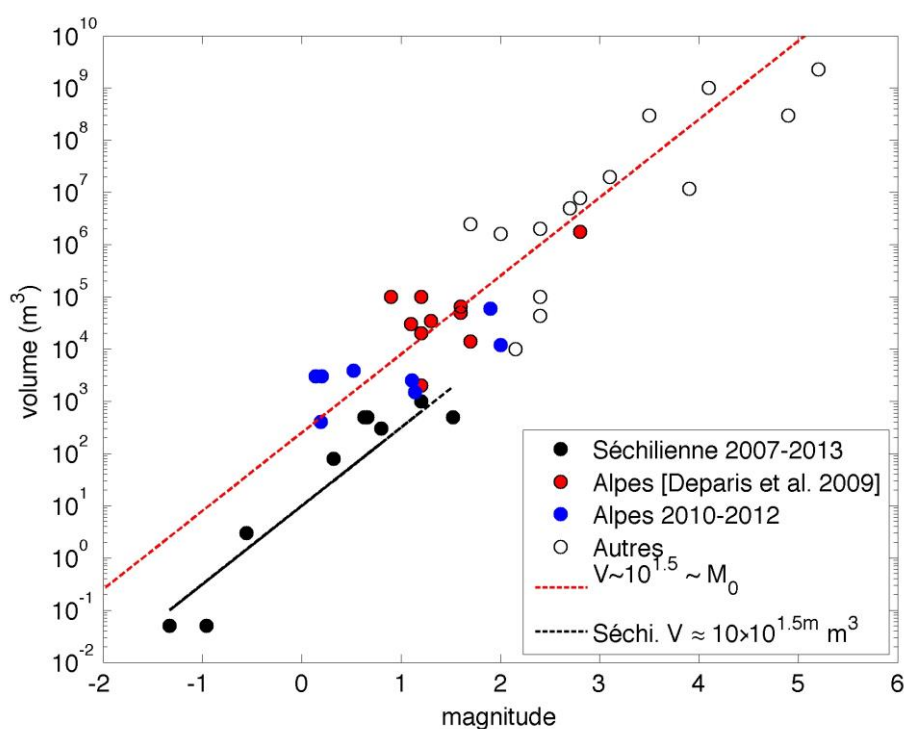


Fig 5 : Relation entre volume des mouvements de terrains et magnitude du signal sismique associé, pour des événements enregistrés à Séchilienne et ailleurs dans les Alpes ou dans le monde.

Pour certains, une estimation du volume est disponible (observations sur le terrain, photos, vidéo). On a ainsi pu obtenir une relation entre le volume V de l'éboulement et la magnitude m du signal sismique $V \approx 10^{(1.5m+1)} m^3$. Cette relation a été confirmée récemment dans le cas de l'éboulement du 2 janvier 2013,

dont le volume estimé par le CETE et d'environ 1000 m³, alors que les données sismologiques donnent un volume estimé à 650 m³.

Conclusions

La sismologie est le seul moyen de détection des éboulements, qui marche par tous les temps, aussi bien de jour comme de nuit. Plus de 20000 éboulements ont été détectés depuis 5 ans. L'écoute sismique fournit le temps précis de chaque événement, ainsi qu'une estimation de sa position et de son volume. Ces informations sont utiles pour la surveillance du mouvement et complémentaires des autres mesures (déplacements, météo, hydrologie). On a ainsi un suivi en temps quasi-réel des éboulements et de la fracturation au sein du versant instable.

Références

- Helmstetter, A. and S. Garambois, Seismic monitoring of Séchilienne Rockslide (French Alps) : analysis of seismic signals and their correlation with rainfalls, J. Geophys. Res., 115, F03016, doi:10.1029/2009JF001532 (2010) ([pdf](#))
- Lacroix, P. and A. Helmstetter (2011), Localization of seismic signals associated with micro-earthquakes and rockfalls on the Séchilienne landslide, French Alps, Bull. Seism. Soc. Am. 101(1), 341-353, doi : 10.1785/0120100110 ([pdf](#))