



**HAL**  
open science

## Sismicité autour de la commune de Montgenèvre et observation sismique et géodésique des Alpes

Laurent Stehly, Benjamin Vial, Mickaël Langlais

### ► To cite this version:

Laurent Stehly, Benjamin Vial, Mickaël Langlais. Sismicité autour de la commune de Montgenèvre et observation sismique et géodésique des Alpes. [Rapport de recherche] Institut des Sciences de la Terre de Grenoble. 2021. hal-03520465

**HAL Id: hal-03520465**

**<https://hal.science/hal-03520465v1>**

Submitted on 11 Jan 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Sismicité autour de la commune de Montgenèvre et observation sismique et géodésique des Alpes

Laurent Stehly, Benjamin Vial, Mickael Lanlais, Institut des Sciences de la Terre de Grenoble, Université Grenoble Alpes

L'observation de la sismicité des Alpes françaises a débuté en 1987, avec le réseau SISMALP qui a permis de déployer plusieurs dizaines de stations sismologiques réparties sur l'ensemble du Sud-Est de la France, du lac Léman à la Corse. Les objectifs de ce réseau étaient de surveiller la sismicité régionale, d'estimer le risque sismique et enfin de connaître la structure de la lithosphère alpine.

30 ans d'observation de la sismicité du Sud-Est de la France, ont mis en évidence que les séismes ne se répartissent pas de façon aléatoire dans les Alpes, mais au contraire se produisent principalement le long de zones de faille (figure 1). Ainsi nous détectons plusieurs milliers de séismes chaque année.

Fort heureusement, il s'agit principalement de séismes de faibles magnitudes peu ressentis par la population. Ils montrent que les Alpes constituent une chaîne de montagne active qui continue d'évoluer du fait de la tectonique des plaques. En effet, c'est la collision de la plaque Africaine et Eurasienne débutée il y a 70 millions d'années qui a engendré simultanément les Alpes et la sismicité qui y est associée.

Malgré de nombreuses années d'observation, la situation tectonique précise de certaines zones de la région Rhône-Alpes et de la Haute Savoie en particulier, reste méconnue. Récemment, l'observation des séismes a connu un renouveau avec le projet RESIF (REseau SISMologique & géodésique Français) né en 2010. Ce projet vise à renforcer l'observation des séismes sur l'ensemble de la France métropolitaine, et en particulier dans les zones les plus sismiques telles que les Alpes, les Pyrénées et le fossé Rhénan. Ainsi à terme, 190 stations sismologiques seront opérationnelles en France métropolitaine.

C'est dans ce contexte que l'équipe de sismologie de l'Institut des Sciences de la Terre de Grenoble a installé septembre 2020 une station sismologique en complément à une station géodésique (GNSS) opérationnelle depuis 2005, dans la commune de Montgenèvre au Fort Janus. Cette station sismologique se compose d'un capteur installé relié à un numériseur et un modem sans fil. Le capteur enregistre les vibrations du sol sur une large gamme

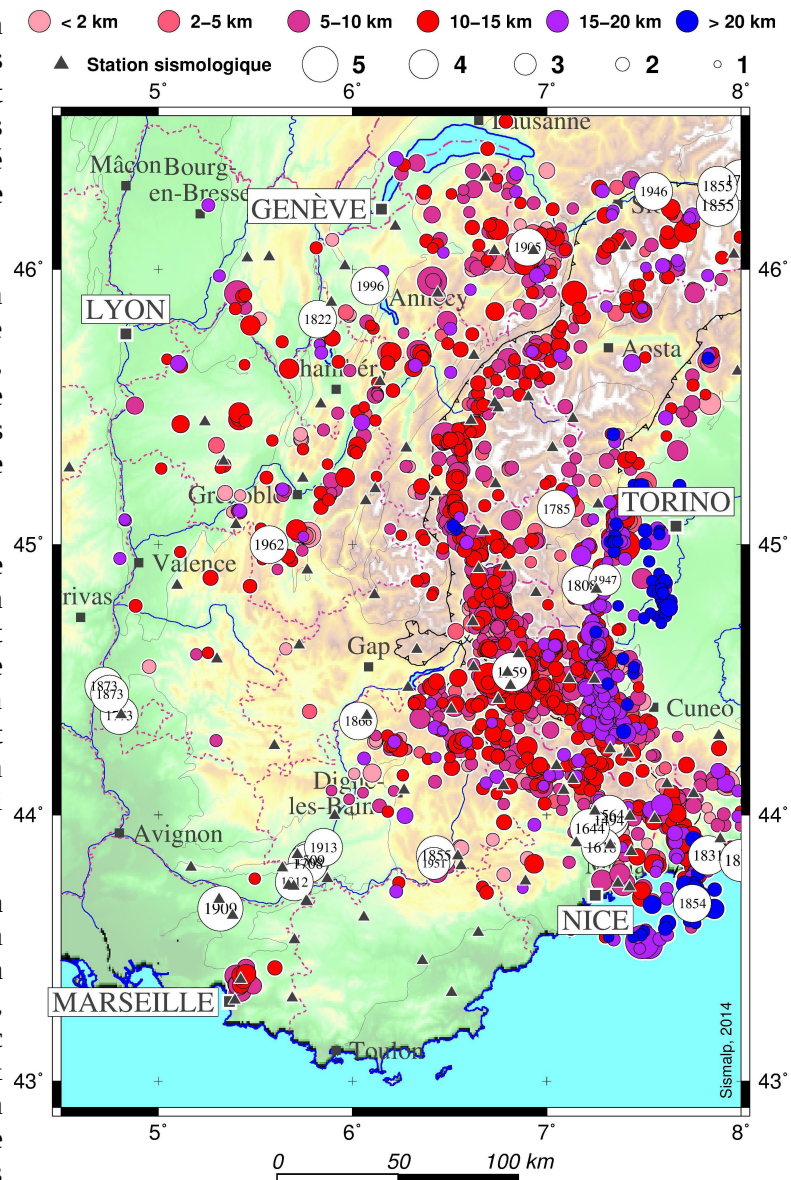


Figure 1: Carte de la sismicité du sud-Est de la France depuis 1989 établie par François Thouvenot (ISiTerre). Chaque rond coloré correspond à un séisme enregistré par le réseau sismalp. La couleur indique la profondeur du séisme, et la taille la magnitude. Les séismes historiques ressentis par la population sont indiqués par les dates.

de fréquence allant de 0,01 à 50 Hz environ. Ces informations sont transmises en temps réel au centre de données RESIF situé sur le campus de l'université de Grenoble, qui les met à disposition de la communauté scientifique internationale. Ainsi le capteur installé au fort Janus enregistre les vibrations dues au bruit environnant (circulation,

rivière, vent, pluie,...), ainsi que la sismicité locale et lointaine.

La station GNSS, composée d'une antenne sur un pilier béton ancré dans la roche reliée à un récepteur dans un boîtier au pied du pilier, enregistre les signaux des satellites GPS, GLONASS et GALILEO toutes les secondes et les transmet au laboratoire ISTerre via un modem 4G. Ces données sont utilisées pour calculer une position précise à 1-2 mm tous les jours. Au cours des années, cette station mesure ainsi la déformation continue de la croûte terrestre qui donne lieu épisodiquement à des séismes.

### Sismicité 2010-2021 dans un rayon de 100 km autour de Montgenèvre

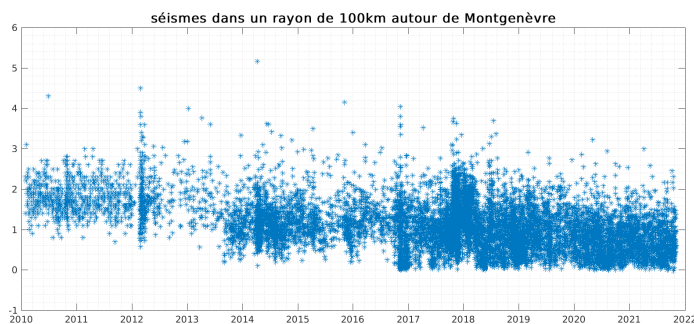


Figure 2: Séismes détectés dans un rayon de 100km de la commune de Montgenèvre sur la période 2010-2021 en fonction du temps (axe horizontal) et de la magnitude (axe vertical). Chaque point représente un séisme. Environ 1500 séismes sont détectés chaque année depuis 2017.

La figure 2 montre la sismicité dans un rayon de 100 km autour de Montgenèvre entre janvier 2010 et octobre 2021 en fonction du temps et de la magnitude. On remarque que le nombre de séismes détectés chaque année est plus important en 2017-2021 qu'entre 2010-2015. Ceci n'est pas dû à une augmentation de la sismicité, mais s'explique par le développement du réseau de station sismologique français. Ainsi les petits séismes qui auparavant passaient inaperçus sont à présent détectés.

Depuis 2017, environ 1500 séismes sont détectés chaque année dans un rayon de 100 km autour de la commune de Montgenèvre. La grande majorité de ces séismes ont une magnitude inférieure à 2.5 et ne sont donc pas ressentis par la population.

### Répartition spatiale des séismes entre 2010 et 2021

Comme le montre la figure 5 (page 3), la répartition et la dynamique des séismes se produisant dans un rayon de 100km autour de Montgenèvre n'est pas homogène.

La vallée de l'Ubaye présente une dynamique

particulière avec périodes d'activité sismique modérée et des crises sismiques pouvant durer plusieurs années, la dernière en date ayant eu lieu entre 2012 et 2016. Ces crises sismiques se caractérisent par une forte augmentation des séismes de faibles magnitudes ( $M < 3$ ) et sont ponctuées de séismes de plus fortes magnitudes pouvant être ressentis par la population. Ainsi le 7 avril 2014, un séisme de Magnitude 5.1 a eu lieu à proximité de la commune de Crévoux. Il a été fortement ressenti par la population et a provoqué des dégâts légers. On estime que dans les Alpes du sud-est, ce type d'évènement a lieu en moyenne tous les 20 ans. Toutefois la récurrence de ces évènements n'est pas régulière, il faut plutôt comprendre que chaque année il y'a une chance sur 20 d'avoir un séisme de magnitude supérieur à 5 dans les Alpes du sud-est.

Au contraire, dans un rayon de 15km autour de la commune de Montgenèvre, l'activité sismique est régulière et varie peu d'une année sur l'autre sur la période 2010-2021 (figures 5, page 3). On ne retrouve pas l'alternance de crises sismiques et de période plus calme de la vallée de l'Ubaye. Nous détectons environ une centaine de tremblement de Terre chaque année. La figure 5 montre la répartition spatiale de ces évènements. On constate que la sismicité est diffuse, et s'organise autour de grandes lignes de faille. Sur la période 2010-2021, l'ensemble de ces séismes ont eu une magnitude inférieure à 2.7, et ont été peu ressentis par la population.

### Déformation crustale mesurée par GNSS

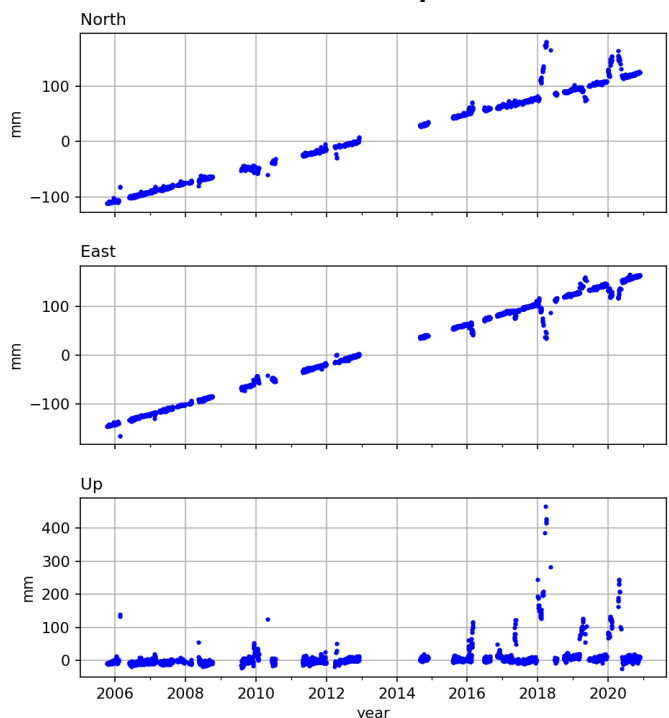


Figure 4: Séries temporelles de positions journalières de la station JANU entre fin 2005 et 2021, avec les composantes Nord, Est et Verticale du haut en bas.



Le cumul de mesures quotidiennes de positionnement 3D permet sur des durées de plusieurs années de déduire un taux de déplacement d'une fraction d'un mm/an, par rapport aux stations voisines. La *figure 3* présente les séries temporelles de positionnement pour la station du Janus (JANU) entre 2005 et 2021 dans un référentiel international. Les écarts d'une droite proviennent essentiellement

des stations temporaires, moins précises mais plus anciennes et nombreuses. L'ensemble contraint un glissement d'environ 0.3 mm/an localisé sur la faille de la Haute Durance (alignement rouge le plus à l'ouest), en extension est-ouest. Ce taux de déformation correspond en amplitude comme en orientation à l'observation de la sismicité dans la

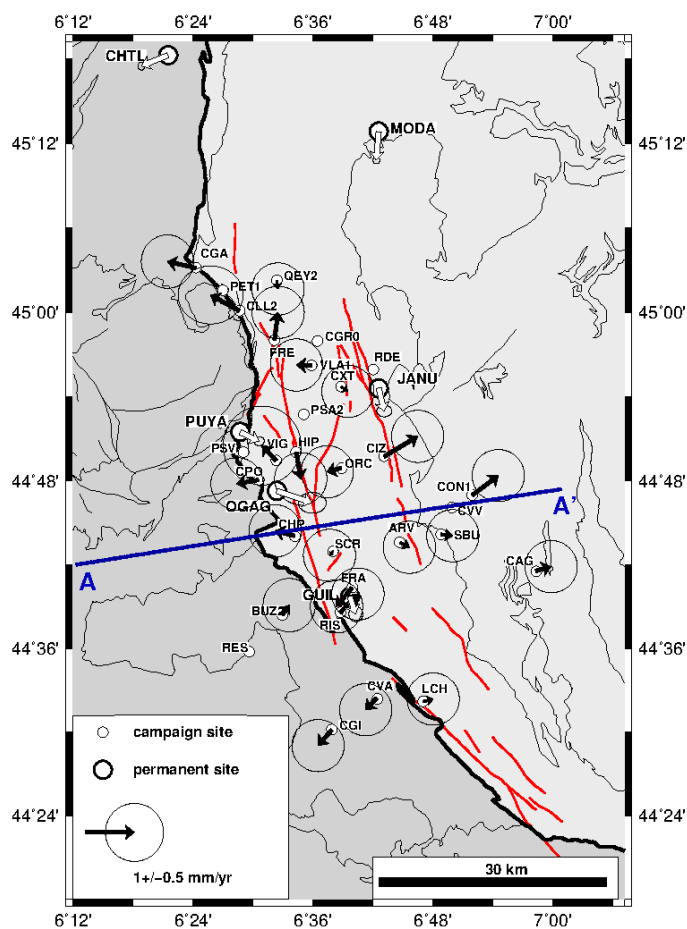
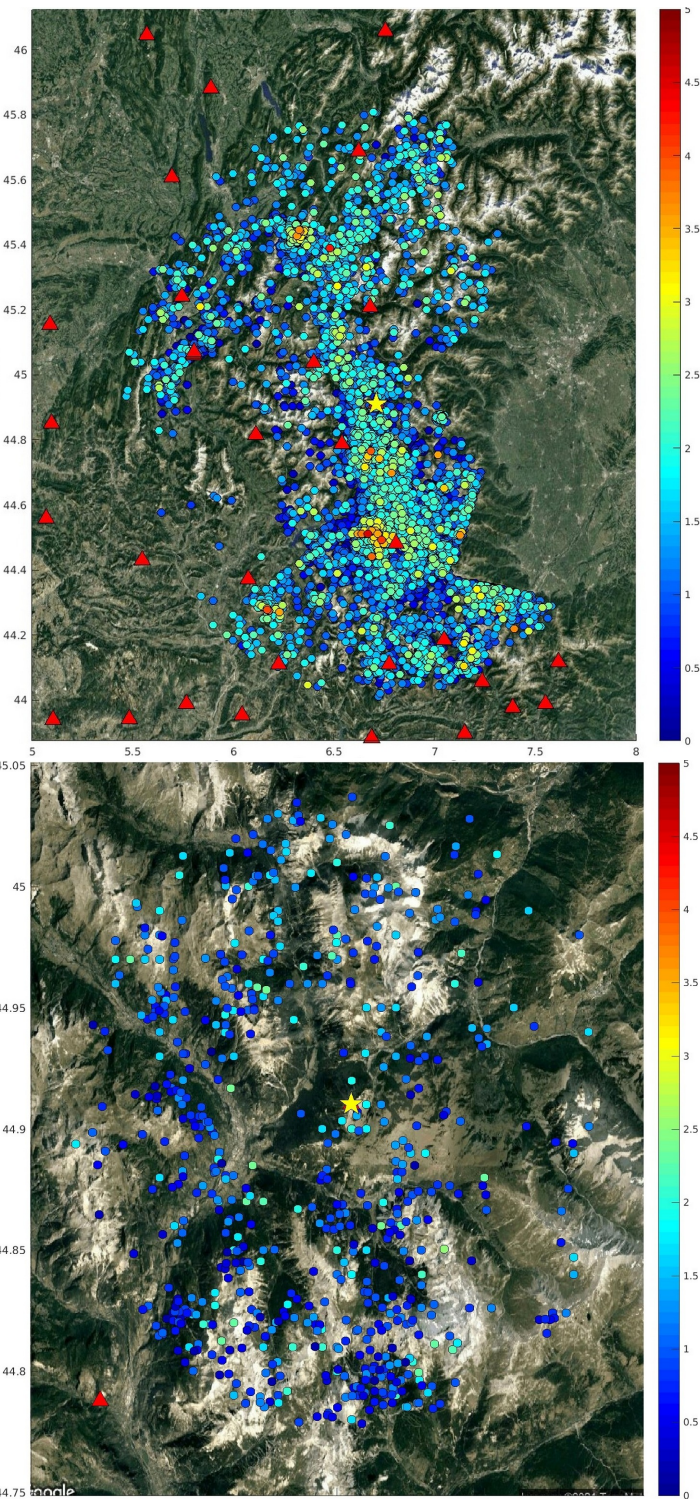


Figure 3: Vitesses des stations GNSS permanentes (cercles blancs) et temporaires (points noirs), par rapport à la plaque Eurasiatique fixe. L'échelle indique une amplitude de 1 mm/an. Les traits rouges marquent l'emplacement de failles actives dans la région, avec la faille de la Haute Durance (l'alignement le plus à l'ouest) qui semble accumuler la majeure partie de la déformation actuelle.

des moments où l'antenne était couverte de neige. Quand la couverture neigeuse devient trop importante, le signal GNSS n'est plus reçu, ce qui mène à une lacune dans la série temporelle. D'autres lacunes proviennent de problèmes de maintenance d'une station de mesure fortement exposée aux orages et difficilement accessible.

Cette série temporelle donne lieu à une estimation de la vitesse de JANU par rapport à d'autres stations GNSS. La *figure 4* montre un champ de vitesses GNSS couvrant la région du Briançonnais, basé sur des mesures des stations permanentes (cercles blancs) opérationnelles depuis 1998 pour les plus anciennes, et des stations temporaires (points noirs) mesurées 4 fois entre 1996 et 2016. Les stations permanentes, plus précises, ont été complétées par



Figures 5: carte de la sismicité détectée sur la période 2010-2021. La figure du haut montre les séismes enregistrés dans un rayon de 100km autour de Montgenèvre, la figure du bas montre les séismes dans un rayon de 15km. Les stations utilisées pour localiser les séismes sont indiquées par des triangles rouges. La station du Fort Janus sur la commune de Montgenèvre est indiquée par une étoile jaune. Chaque séisme est représenté avec une couleur indiquant sa magnitude. La grande majorité des événements sont en bleu ce qui indique qu'ils ont une magnitude inférieure à 2.5. Sur la figure du haut, on perçoit quelques séismes en jaune ou rouge (supérieur à 3 voir 4), qui ont pu être ressentis par la population.



région. Le chargement des failles par la déformation continue mesurée par le GNSS est donc libéré régulièrement par la sismicité modérée de la région.

## Conclusion

Les données collectées par les stations sismologique et géodésique telles que celles installées au fort Janus sont indispensables pour localiser en temps-réel la sismicité sur l'ensemble du territoire français et quantifier la déformation continue de la croûte terrestre. Elles nous permettront à l'avenir de mieux connaître la situation tectonique de la région Rhône Alpes et la sismicité qui y est associée. En particulier, suivre la sismicité et la déformation de surface sur le long terme est nécessaire pour identifier les zones de failles actives, et ainsi mieux évaluer la probabilité d'avoir des événements ressentis par la population.

La sismicité dans Alpes françaises est visible en temps réel sur le site [sismalp.osug.fr](http://sismalp.osug.fr) maintenu par l'équipe de l'Institut des Sciences de la Terre de Grenoble.

Pour aller plus loin :

- réseau sismo. & géodésique français : [resif.fr](http://resif.fr)
- réseau national GNSS permanent : [renag.fr](http://renag.fr)
- sismicité des alpes : [sismalp.osug.fr](http://sismalp.osug.fr)
- sismicité métropolitaine : [renass.unistra.fr](http://renass.unistra.fr)
- historique de la sismicité : [sisfrance.net](http://sisfrance.net)
- plan séisme : [planseisme.fr](http://planseisme.fr)



Figure 6: Installation géodésique ; le dôme contient l'antenne de réception du signal GNSS, les piques sont des paratonnerres, les deux coffrets électriques à la base du pilier béton contiennent les instruments de mesure ainsi que les batteries de secours. Le pilier se situe sur la crête entre l'entrée du fort sous-terrain et l'ancien fort.



Figure 7: Installation sismologique ; avec coffrets d'alimentation électrique et système de domotique. La caisse en alliage d'aluminium contient les batteries de secours, et le capteur sismique est visible en bas à droite. L'ensemble est installé dans le bloc 2 «salle des canons mortiers ».