

# 1 Abstract

The Vuache fault is a major active fault, situated in the Alps, that may cause moderate magnitude earthquakes. Recently, it caused the 5.3 ML earthquake in 1996 next to Annecy, in France. The structural formation of the fault belongs to the genesis of the Alps and has a complex tectonic history. The movement of the fault changed drastically through time. The current kinematics seem to suggest a strike-slip deformation linking Annecy's Lake to the Jura chain. To monitor the seismic activity of the fault, we deployed a seismic network composed of 12 short period stations (Lennartz 1Hz, equipped with datacube digitizers). This temporary network implements the one of the ISTerre, who deployed 10 stations in the southern segment of the fault. From those 2 networks deployed for a total of 23 months, we built a local seismic catalogue of 48 earthquakes, to better constrain the seismicity and the structure of the fault, especially the depth. Our study shows the presence of shallow seismic activity which would suggest that the active parts of the fault is probably not deep-seated in the basement. Regarding temporality, seismic interferometry studies of the ambient noise showed that the hydraulic head varies seasonally and seems to be closely related to the seismic activity of the fault, like the rainfall seasonality of the area. Through this work, we built a model describing the seismic temporal and spatial distribution based on the seasonal variation of fluid in the rocks, related to the rainfall, but also the occurrence of porous exposed limestone that could be connected to deep aquifers. Our findings suggest that the primary mechanism triggering earthquakes is directly associated with the presence of high-pressure fluids. The recharge cycle of these fluid reservoirs is closely tied

to rainfall patterns. When the pore pressure of the fluid becomes excessively high along the Vuache fault, it can lead to earthquake events. These earthquakes, in turn, have the potential to stimulate the reservoir by enhancing its permeability. This occurs through the reactivation of pre-existing fractures and the unblocking of locked pores. As a result, the fluid is able to diffuse into the surrounding rocks, generating aftershocks that follow the path of diffusion. For instance, the 5.3 ML Epagny earthquake resulted in approximately 400 aftershocks. These aftershocks demonstrate how the diffusion of fluid in the surrounding rocks can trigger subsequent seismic events along the same path.

## 2 Résumé

La faille de Vuache est une faille active majeure située dans les Alpes, susceptible de provoquer des séismes de magnitude modérée. Récemment, elle a provoqué le séisme de magnitude 5,3 ML en 1996 près d'Annecy, en France. La formation structurale de la faille est liée à la genèse des Alpes et présente une histoire tectonique complexe. Le mouvement de la faille a beaucoup changé au fil du temps. Les déplacements actuels semblent suggérer une déformation décrochante reliant le lac d'Annecy à la chaîne du Jura. Afin de surveiller l'activité sismique de la faille, nous avons déployé un réseau sismique composé de 12 stations à courte période (Lennartz 1Hz, équipées de convertisseurs de données). Ce réseau temporaire complète celui de l'ISTerre, qui a déployé 10 stations dans le segment sud de la faille. À partir de ces deux réseaux déployés pendant un total de 23 mois, nous avons établi un catalogue sismique local de 48 séismes pour mieux contraindre la sismicité et la structure de la faille, en particulier la profondeur. Notre étude montre la présence d'une activité sismique peu profonde, ce qui suggère que la faille n'est probablement pas enracinée profondément dans le socle. En ce qui concerne la temporalité, des études d'interférométrie sismique du bruit ambiant ont montré que la charge hydraulique varie de manière saisonnière et semble étroitement liée à l'activité sismique de la faille, tout comme la saisonnalité des précipitations dans la région. À travers ce travail, nous avons élaboré un modèle décrivant la distribution sismique temporelle et spatiale basée sur la variation saisonnière des fluides dans les roches, liée aux précipitations, mais aussi à la présence de calcaire poreux exposé qui pourrait être connecté à des aquifères profonds. Nos résultats suggèrent que le mécanisme principal déclenchant les séismes

est directement lié à la présence de fluides à haute pression. Le cycle de recharge de ces réservoirs de fluides est étroitement lié aux schémas de précipitations. Lorsque la pression des fluides dans les pores de la faille de Vuache devient excessivement élevée, cela peut entraîner des séismes. Ces séismes, à leur tour, ont le potentiel de stimuler le réservoir en améliorant sa perméabilité. Cela se produit par la réactivation de fractures préexistantes et le déblocage de pores obstrués. En conséquence, le fluide peut se diffuser dans les roches environnantes, générant des répliques qui suivent le chemin de diffusion. Par exemple, le séisme de magnitude 5,3 ML à Épagny a entraîné environ 400 répliques. Ces répliques démontrent comment la diffusion du fluide dans les roches environnantes peut déclencher des événements sismiques ultérieurs le long du même chemin.

**Keywords:** Faille du Vuache, Sismicité, Cinématique, Fluid flow