



À L'ÉCOUTE DES FUREURS TELLURIQUES

Éruptions volcaniques, séismes parfois suivis de tsunamis... la Terre tremble souvent, même en France métropolitaine. Les dégâts humains et matériels sont quelquefois considérables, comme en décembre 2004 lorsqu'une gigantesque rupture de faille a endeuillé tout le pourtour de l'océan Indien avec des vagues géantes aussi rapides que des avions. Pour éviter qu'à l'avenir les mêmes causes (qui se reproduiront) aient les mêmes effets dramatiques, les géophysiciens ne ménagent pas leurs efforts pour comprendre les ressorts de ces phénomènes. Leur objectif ? Détecter précocement le moindre soubresaut de la Terre, possible signe avant-coureur d'une catastrophe, afin de l'éviter en alertant les populations exposées.

LES AUTEURS



JEAN-FRANÇOIS RITZ est directeur de recherche au CNRS et membre du laboratoire Géosciences Montpellier, à l'université de Montpellier.



MATTHIEU FERRY est maître de conférences et membre du laboratoire Géosciences Montpellier.



CHRISTOPHE LARROQUE est maître de conférences à l'université de Reims et membre du laboratoire Géoazur, à l'université de la côte d'Azur.



STÉPHANE BAIZE est chercheur-géologue à l'institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), à Fontenay-aux-Roses.



LAURENCE AUDIN est directrice de recherches à l'IRD et membre de l'Institut des sciences de la Terre (ISTerre), à l'université de Grenoble-Alpes.

Un risque sismique sous-estimé ?

La sismicité de la région du Teil, dans la vallée du Rhône, était supposée modérée. Pourtant le séisme de 2019 a causé de gros dégâts et une rupture en surface inédite. L'élucidation des mécanismes à l'œuvre oblige à réévaluer le risque sismique en France métropolitaine même dans les zones réputées stables.

L'ESSENTIEL

- La terre a tremblé au Teil, en Ardèche, en novembre 2019 alors que la région était classée dans une zone à sismicité modérée.
- Le mouvement des blocs de croûte terrestre en cause est inversé par rapport à ceux qui ont eu lieu par le passé.
- Les experts dépêchés sur place ont analysé les effets de ce séisme inédit par ses caractéristiques.
- Des travaux sont en cours pour mieux caractériser les risques de rupture sismique dans des zones que l'on imaginait épargnées.

L

e 11 novembre 2019, un violent séisme de magnitude 5,4 sur l'échelle de Richter a secoué le sud de la France, fait trembler l'Ardèche et frémir Marseille comme Montpellier, faisant quatre blessés. L'épicentre, situé près de la ville du Teil, dans la vallée du Rhône, correspond à une zone densément peuplée avec de nombreuses installations industrielles dont deux centrales nucléaires situées à moins de 25 kilomètres. Le tremblement de terre a causé des dégâts importants dans les villages du Teil,

de Saint-Thomé et de Viviers, fissurant des murs épais et provoquant la chute de tuiles, de cheminées et de cadres de fenêtres et provoquant l'effondrement partiel de nombreuses maisons. Au total, dans le seul village du Teil, plus de 700 bâtiments ont été endommagés ou éventrés : des sinistres chiffrés à plusieurs dizaines de millions d'euros. Le séisme « du Teil » est le plus destructeur et le plus fort ressenti en France depuis celui d'Arette, dans les Pyrénées, en 1967. Et il a eu lieu là où on n'imaginait pas qu'il puisse se produire !

ANATOMIE D'UN SÉISME

Avant cet événement, dans la vallée du Rhône, le niveau de sismicité détectée par des instruments, sans même qu'elle soit ressentie par les populations, était faible à modérée, et peu de fortes secousses telluriques avaient été documentées ces derniers siècles. Que s'est-il passé ? Doit-on s'inquiéter de nouveaux séismes à venir ? Sous-estime-t-on le risque de tremblements de terre en France métropolitaine ? Pour répondre, plongeons dans les profondeurs du sous-sol. ➤

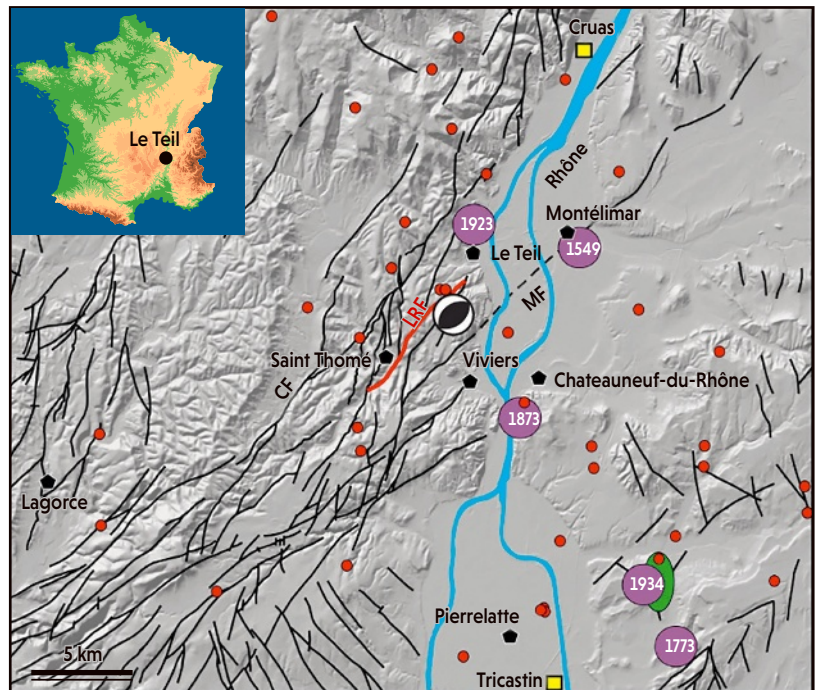


➤ Dans les jours qui ont suivi le tremblement de terre, des calculs plus précis ont montré qu'il était très superficiel avec un foyer (ou hypocentre) situé entre 1 et 3 kilomètres de profondeur. Au regard de sa force, une si faible profondeur suggérerait que la rupture sismique s'était probablement propagée jusqu'à la surface. Ces caractéristiques et la présence d'une importante carrière de calcaire à ciel ouvert située près de l'épicentre (le point en surface à l'aplomb du foyer) ont immédiatement questionné sur l'origine du séisme du Teil: pouvait-il avoir, au moins en partie, une origine anthropique? L'Institut des sciences de l'Univers (Insu) du CNRS a mandaté un groupe d'experts pour étudier la question. Leur rapport publié en ligne quarante jours après l'événement, a conclu que le déficit de masse dû à l'extraction de matériaux de la carrière a pu contribuer au déclenchement du séisme. Cependant, les experts soulignèrent également que l'origine et la taille de la secousse sismique étaient essentiellement dues à l'accumulation de forces tectoniques au fil du temps.

L'épicentre du séisme est situé au nord-est du système de failles des Cévennes, à proximité immédiate de l'une d'elles, la faille de La Rouvière. Celle-ci court sur environ 10 kilomètres entre les villages de Saint-Thomé, au sud-ouest, et du Teil, au nord-est (voir la figure ci-contre). Le système de failles des Cévennes correspond à une limite structurale majeure entre le socle cristallin du Massif central et le bassin sédimentaire du sud-est de la France, qui borde la chaîne des Alpes. La structure actuelle de cette région résulte d'une évolution en plusieurs étapes ayant abouti à un canevas structural composé de failles orientées nord-est sud-ouest sur plus de 100 kilomètres de longueur et plongeant vers l'est.

À quel point le séisme du Teil est-il inhabituel? Du point de vue de la sismicité dite «instrumentale», le Réseau national de surveillance sismique (RéNaSS) et le Laboratoire de détection et de géophysique (LDG) du Commissariat à l'énergie atomique (CEA) ont enregistré 39 secousses entre 1962 et 2018 dans un rayon de 20 kilomètres autour du village du Teil, tous de «magnitude du moment» M_w (voir l'encadré page ci-contre) inférieure à 2,9 et donc le plus souvent non ressentis. Cette magnitude du moment, privilégiée par les sismologues, rend compte de l'énergie émise par le tremblement de terre alors que celle de Richter, fondée sur des mesures locales de sismomètres, est moins précise. Les profondeurs de ces événements sont estimées entre 5 et 24 kilomètres. La distribution des épicentres ne montre aucun schéma particulier qui trahirait l'activité d'une faille donnée.

Historiquement, quelques crises sismiques plus violentes ont été répertoriées au sud du Teil en 1773, en 1873 et en 1934. Le principal événement historique régional s'est produit le 19 juillet 1873, près de Châteauneuf-du-Rhône. Son



intensité a atteint VII sur l'échelle de Medvedev-Sponheuer-Karnik (MSK), une gradation sur 12 degrés des dégâts causés par un tremblement de terre: le niveau VII correspond à des dommages prononcés, avec de larges lézardes dans les édifices et la chute de cheminées. On a estimé sa magnitude M_w autour de 4 et la profondeur de son foyer à environ 3 kilomètres. À noter qu'un séisme a été localisé au Teil, le 26 novembre 1923, avec une intensité MSK de IV (on ressent des vibrations comparables à celles provoquées par le passage d'un gros camion), pour une magnitude M_w estimée à 3.

ET LA TERRE S'EST SOULEVÉE

À partir de l'analyse des ondes sismiques détectées par quatre stations les plus proches, le séisme du Teil a pu être localisé à 500 mètres près. Ces ondes sont celles de compression (notées P, elles correspondent à des déplacements du sol parallèles à la direction de propagation de l'onde) et celles de cisaillement (notées S, cette fois, les mouvements du sol sont perpendiculaires au sens de propagation de l'onde). Le foyer du tremblement de terre a été estimé à un kilomètre de profondeur, et son mécanisme – la géométrie précise de la rupture ainsi que son sens de mouvement – montre qu'il s'agit d'un plan de faille avec un glissement purement inverse, c'est-à-dire que le bloc du dessus glisse vers le haut par rapport au bloc du dessous qu'il chevauche.

La déformation de surface associée au séisme du Teil a été mesurée grâce aux données du satellite Sentinel-1 fournies par le programme Copernicus de la Commission européenne. La comparaison (on parle d'interférogramme)

La carte sismotectonique de la vallée du Rhône, entre Massif Central et Alpes, où s'est produit le séisme du 11 novembre 2019 (le rond noir et blanc). Les points rouges indiquent des séismes mineurs (de magnitude inférieure à 2,9) non ressentis, mais détectés par des instruments. Les points violets correspondent aux séismes historiques. Les lignes noires indiquent les failles géologiques cartographiées avec notamment la faille de la Rouvière (LRF, en rouge), la faille des Cévennes (CF), la faille de Marsanne (MF). On distingue également les centrales nucléaires (carrés jaunes).