

Séisme du Teil (Ardèche)

Du 11 novembre 2019 11h52 Locale
Magnitude = 5,4 (MI) ou 4,9 (Mw)

Version 1.1 du 14/11/2019

Les faits

- Le 11 novembre 2019 à 11h52, un séisme de magnitude locale (MI*) de 5,1 selon le BCSF-RéNaSS (<http://www.franceseisme.fr>), de 5,4 (MI) selon le LDG/CEA et de magnitude de moment Mw* de 4,9 selon SismoAzur s'est produit dans la région du Teil (Ardèche). Une analyse des enregistrements du séisme par des réseaux d'observation sismologique (B. Delouis, Geoazur) montrent que la profondeur de ce séisme est très superficielle (entre 1 et 3,5 km). Les localisations initialement très dispersées se sont précisées et positionnent maintenant l'épicentre entre les latitudes 44,53 et 44,61 et entre les longitudes 4,61 et 4,65, à l'Ouest de la commune du Teil. Quelques microséismes précurseurs ou répliques de magnitude inférieure à 2,5 se sont produits dans les premières heures avant et consécutivement au choc principal ([SismoAzur](#))
- La secousse a été largement ressentie par la population du sud-est de la France, notamment jusqu'à Saint-Etienne, Grenoble, Lyon, Montpellier et Marseille (voir figure 1). Le séisme a été ressenti sous la forme d'une secousse brutale et de bruits très forts. Selon un bilan préliminaire de la sécurité civile, sur la commune du Teil et de Saint Thomé (Ardèche), une cinquantaine de bâtiments présentent des fissures dans la zone ayant nécessité l'évacuation de plusieurs centaines de personnes. Une maison s'est effondrée dans un hameau ancien sur la commune du Teil et les clochers des églises de la commune ont subi d'importants dégâts. Le bilan fait état de 4 blessés, dont un grave. Plusieurs établissements ont été fermés au public afin de vérifier la stabilité des bâtiments. Une mission du Groupe d'Intervention Macrosismique (GIM) pilotée par le BCSF-RéNaSS à laquelle participera l'IRSN, se rendra sur place la semaine prochaine pour évaluer l'intensité du mouvement sismique à partir de l'observation de ses effets.

- * Un séisme peut être caractérisé par sa magnitude ainsi que sa profondeur. On distingue plusieurs échelles de magnitude :
- la magnitude locale estimée à partir de l'amplitude maximale des ondes de volume,
 - la magnitude de moment estimée à partir de l'énergie contenue dans le signal sismologique,
 - la magnitude des ondes de surface estimée à partir de l'amplitude maximale des ondes de surface.

Ces trois méthodes conduisent généralement à des estimations de magnitude différentes pour un même séisme (voir par exemple les valeurs proposées pour [le séisme du Lavon du 21/06/2019](#). Les réseaux de surveillance sismique utilisent des magnitudes locales (MI - étalonnées différemment pour chaque réseau). En sismologie on utilise également la magnitude de moment (Mw) qui est représentative de l'énergie émise par la source lors d'un séisme. L'échelle de magnitude utilisée pour évaluer le mouvement sismique pour une installation nucléaire est la magnitude des ondes de surface (Ms). Pour les séismes historiques (séismes pour lesquels, seules les intensités macrosismiques sont disponibles) elle est calculée sur la base de corrélations entre les magnitudes et les intensités. Ces corrélations ont été établies à partir de magnitudes Ms déduites de sismogrammes enregistrés pour des séismes récents et la répartition des intensités macrosismiques de ces mêmes séismes.

Analyse de l'évènement

Identification et caractéristiques de la faille à l'origine du séisme

Les premières localisations du séisme donnaient des profondeurs comprises entre 3 et 12 km. Une analyse plus approfondie des enregistrements du séisme par des réseaux d'observation sismologique (source B. Delouis, Geoazur) montrent que la profondeur de ce séisme est très superficielle (entre 1 et 3,5 km).

L'analyse de données satellitaires par comparaison d'observations acquises avant et après le séisme a permis de mesurer la déformation du sol (voir figure 3). Ceci a permis d'identifier la faille à l'origine du séisme (faille orientée NE-SO d'environ 5 km de longueur localisée au sud de la commune du Teil) et d'estimer l'ordre de grandeur du déplacement maximal le long de cette faille (environ de 10 à 15 cm en surface).

La faille sur laquelle s'est produit le séisme est une faille ayant fonctionné en extension durant l'Oligocène (il y a 20 millions d'années) et qui a fonctionné en compression au moment du séisme (le compartiment oriental remontant d'environ 15 cm sur le compartiment ouest). Cette faille n'était pas connue pour être active dans la période récente. L'analyse des dimensions de la rupture à l'origine du séisme (longueur, largeur, déplacement) conduit à estimer une magnitude de moment (M_w) de l'ordre de 5 en cohérence avec les estimations déduites des enregistrements sismiques.

Ce type d'analyse de données satellitaires, couramment utilisée lors de séismes notables dans le monde, est mise en œuvre avec succès pour la première fois en France. Sur la base de ces résultats une équipe de géologue, dont l'IRSN faisait partie, a réalisé une campagne de terrain sur cette faille et a relevé des décalages centimétriques liés au séisme, en cohérence avec l'analyse de l'imagerie satellitaire (voir figure 4). Il est à noter que l'IRSN a installé dans le cadre d'une étude de la structure de la vallée du Rhône, un réseau temporaire d'une trentaine de sismomètres dans le secteur de Bollène et Saint Paul Trois Châteaux la semaine précédant le séisme. L'analyse des enregistrements de ces capteurs devraient permettre de fournir des éléments complémentaires quant à la localisation et aux caractéristiques de ce séisme.

Quelques microséismes précurseurs ou répliques de faible magnitude (inférieure à 2,5) se sont produits dans les heures précédant le séisme et dans les jours suivant le choc principal (M. Godano, Géoazur). Après le séisme, les observatoires sismologiques français ont installés des réseaux temporaires de sismomètres afin d'enregistrer des répliques et d'ausculter la région de la faille.

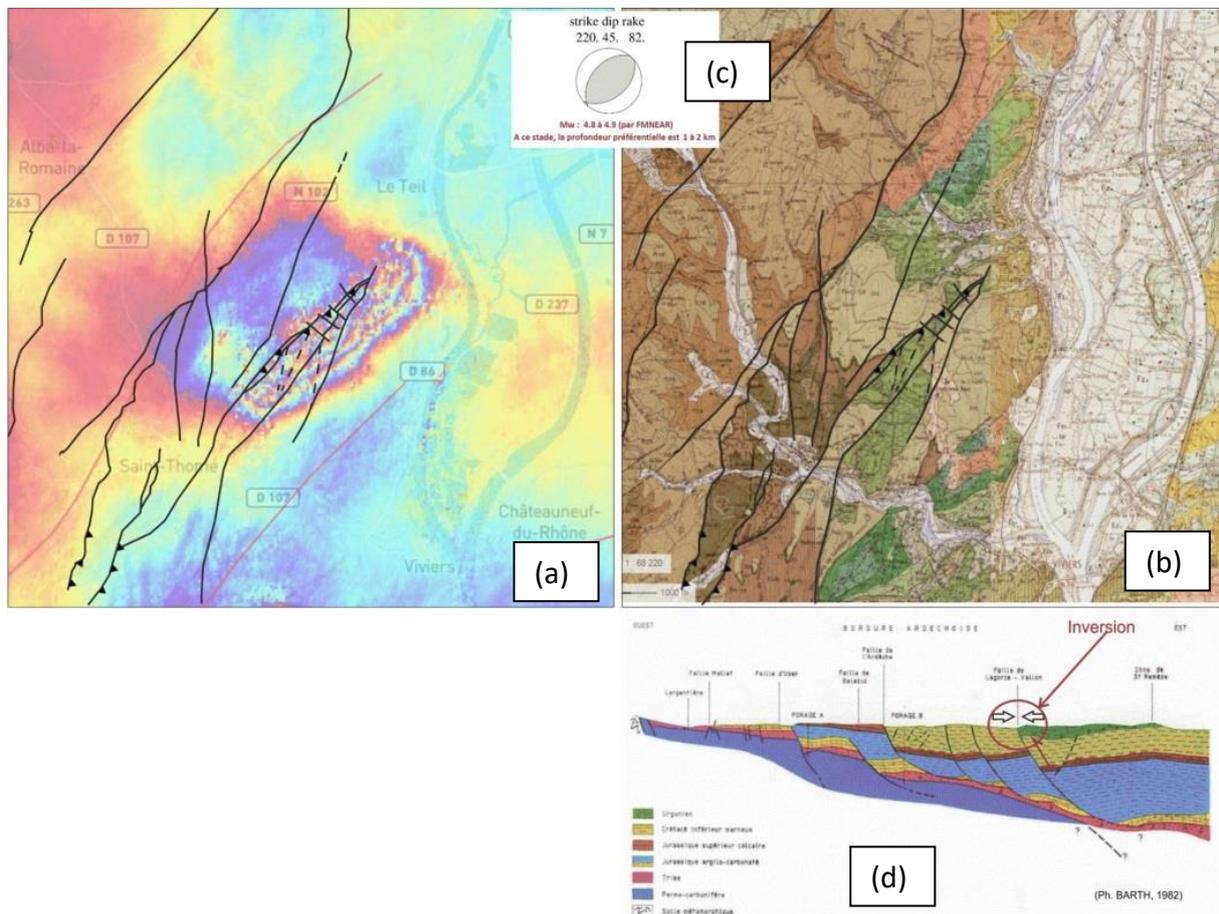


Figure 3 : (a) superposition des failles sur l'imagerie satellitaire (E. Mathot, BRGM), (b) carte géologique du secteur du Teuil, (c) mécanisme au foyer (B. Delouis, Géoazur) montrant l'aspect compressif de la déformation sismique, (d) coupe géologique du secteur réalisée en travers de la faille. Source : Bernard Mercier de Lépinay (Géoazur), coupe de Philippe BARTH, 1982, dans le cadre du programme GPF, Géologie Profonde de la France



Figure 4 : Rupture de surface au séisme du Teuil observée par la mission post sismique RESIF - Crédit photos : JF RITZ (Géosciences Montpellier), S BAIZE (IRSN), C LARROQUE (Géoazur), M Ferry (Géosciences Montpellier), L AUDIN (ISterre)

Impact sur les installations nucléaires

Trois sites nucléaires sont localisés dans un rayon de 50 km autour de l'épicentre. Le plus proche est celui de la centrale nucléaire de Cruas. La distance à la zone de rupture la plus proche est d'environ 12 km. Compte tenu de la magnitude et de la faible profondeur du séisme, l'atténuation du mouvement sismique est importante. Ainsi à 20 km, les stations sismiques des réseaux d'observation nationaux ont enregistré des accélérations de quelques millièmes de g (valeur de l'accélération de la pesanteur), en particulier de 0,006 g à proximité de la centrale du Tricastin. A Cruas, les instruments installés sur le site ont enregistré une accélération maximale de 0,045 g en champ libre (une autre mesure réalisée dans les locaux de la centrale a entraîné une procédure d'arrêt et de vérification des installations).

Les bâtiments et les équipements des centrales nucléaires françaises sont conçus pour résister à un certain niveau de séisme caractérisé par un « spectre de réponse ». Un « spectre de réponse » permet de déterminer la sollicitation d'un bâtiment ou d'un équipement à différentes fréquences de vibrations produites par un séisme. On associe souvent à un « spectre de réponse » l'accélération correspondant aux fréquences élevées appelée « valeur de calage ».

Pour ce qui concerne la centrale nucléaire de Cruas, le « spectre de réponse » en vigueur est celui utilisé pour le troisième réexamen de sûreté des réacteurs. Il est calé à 0,26 g. Ce spectre a été utilisé pour la réévaluation du comportement sismique de l'ensemble de l'installation lors du troisième réexamen de sûreté. Il convient de noter que pour la centrale nucléaire de Cruas des appuis parasismiques en élastomère ont été interposés lors de la construction entre les fondations et les principaux bâtiments.

Pour ce qui concerne la centrale nucléaire du Tricastin, le « spectre de réponse » en vigueur est celui utilisé pour le troisième réexamen de sûreté des réacteurs. Il est calé à 0,285 g. Ce spectre a été utilisé pour la réévaluation du comportement sismique de l'ensemble de l'installation lors du troisième réexamen de sûreté.

La méthode utilisée pour déterminer ces « spectres de réponse » est définie dans une réglementation technique spécifique (RFS 2001-01). Celle-ci demande de définir des zones (dites zones sismotectoniques) considérées comme homogènes du point de vue de leur potentiel à générer des séismes, puis à recenser les séismes les plus importants connus historiquement dans chacune de ces zones (sismicité instrumentale et sismicité historique). La sollicitation sismique retenue (Séisme Maximum Historiquement Vraisemblable - SMHV) est alors définie en supposant que les séismes identifiés peuvent se produire en n'importe quel point de la zone sismotectonique à laquelle ils appartiennent. La RFS demande que, dans la zone sismotectonique du site, le SMHV soit supposé se produire à l'aplomb du site. Le Séisme Majoré de Sécurité (SMS) est obtenu en augmentant la magnitude des ondes de surface (M_s) du SMHV de 0,5. De plus, la réglementation demande la prise en compte des indices de séismes plus anciens (paléoséismes).

L'aléa sismique défini selon cette démarche pour le troisième réexamen de sûreté des centrales nucléaires de Cruas et du Tricastin se fonde sur le séisme du 8 août 1873 pour définir un SMHV de magnitude M_s de 4,7 à 4 km. Ceci conduit in fine à un SMS de magnitude M_s de 5,2 à 4 km de profondeur. EDF retient également le paléoséisme de Courthézon comme un séisme de référence (magnitude 6,5 et distance épacentrale de 50 km pour Cruas et de 27 km pour Tricastin).

Les « spectres de réponse » respectivement calés à 0,26 g et 0,285 g pour les centrales nucléaires de Cruas et du Tricastin sont enveloppe de ce SMS et de ce paléoséisme. Le séisme du 11 novembre 2019 de magnitude Ms d'environ 4,5 (estimée à partir de la Mw 5 en utilisant la corrélation par [E.M. Scordilis en 2006](#) qui conduit à corriger la magnitude d'une valeur de -0,5) et de profondeur d'environ 2 km, présente des caractéristiques proches de celles du SMHV : magnitude Ms de 4,7 et profondeur de 4 km, ou sur la base de la dernière révision, magnitude Ms de 4,5 et profondeur de 5 km.

Les « spectres de réponse » calés à 0,26 g et 0,285 g sont donc a fortiori enveloppe de la sollicitation générée par le séisme du 11 novembre 2019.

Indépendamment du fait que ce séisme ne semble pas avoir provoqué de dégâts sur les centrales nucléaires, il sera nécessaire de mieux le caractériser pour vérifier s'il nécessite ou non de réviser le SMHV aujourd'hui retenu et donc le SMS. Il est à noter que dans son avis en 2016 sur les niveaux SMS à Tricastin et Cruas, l'IRSN a également relevé la nécessité que EDF démontre que le SMS considéré n'est pas remis en cause par des données alors nouvelles relatives aux séismes historiques de 1186 et 1448 relevés dans la région d'Uzès.

Pour ce qui concerne les installations nucléaires Orano du site du Tricastin (usine d'enrichissement de l'uranium par centrifugation Georges Besse II, parc d'entreposage de matières ...), l'exploitant a indiqué l'absence d'impact du séisme sur la sûreté des installations en exploitation. L'IRSN relève que, sur le site du Tricastin et également sur le site de l'usine MELOX située à Marcoule, les effets du séisme du Teil n'ont pas nécessité la mise en œuvre des mesures de sûreté définies par rapport au séisme de dimensionnement des installations. Des dispositions automatiques de protection de centrifugeuses de l'usine Georges Besse II sur le site du Tricastin, définies au titre de la sauvegarde de l'outil industriel, se sont déclenchées.

Liens internet : [La prise en compte du risque sismique pour les sites des installations nucléaires](#) (IRSN)

Principaux enseignements

La faille sur laquelle s'est produit le séisme du Teil n'était pas connue pour être active dans la période récente, alors que des failles potentiellement actives sont identifiées à moins de 10 km de distances (par exemple la faille de Marsanne). Ceci montre l'intérêt de l'étude des failles même dans un contexte à sismicité modérée comme celui de la France métropolitaine.

Le séisme du Teil est un séisme très superficiel ayant créé une rupture en surface avec un décalage centimétrique. La trace de cette rupture a pu être repérée rapidement grâce aux données satellitaires, ce qui a guidé les géologues qui ont pu mesurer les déformations sur le terrain. Il s'agit d'une première en France pour ce qui concerne ce type d'utilisation des données satellitaires. En effet le séisme d'Annecy en 1996 de magnitude M_w de 4,6 a aussi créé une rupture centimétrique en surface, mais les techniques de l'époque ne permettaient pas de disposer rapidement de ce type de données.

Les séismes en France métropolitaine se produisent généralement entre 5 et 20 km de profondeur environ. Le séisme du Teil apparaît donc très superficiel. Il est à noter que dans la région du Tricastin, les essais sismiques connus par le passé se sont produits également à des faibles profondeurs. Cette sismicité superficielle apparaît donc comme une caractéristique de cette région.

Le séisme du Teil présente des caractéristiques proches des plus forts séismes historiques recensés dans la région. La magnitude de moment (M_w) d'environ 5 estimée à partir des enregistrements sismologiques est confirmée par l'analyse des dimensions de la rupture à l'origine du séisme (longueur, largeur, déplacement) à partir des données satellitaires. Il est nécessaire de mieux le caractériser et le cas échéant de le retenir pour définir l'aléa sismique pour les installations nucléaires de Tricastin et de Cruas. Dans ce cadre, l'étude des enregistrements du séisme, en particulier ceux acquis par l'IRSN qui avait positionné des instruments la semaine avant le séisme pour étudier la structure de la vallée du Rhône, devrait apporter des informations précieuses.

Adresse postale

Institut de radioprotection
et de sûreté nucléaire
B.P. 17
92262 Fontenay-aux-Roses
Cedex

Siège social

31, av. de la Division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
Tél. +33 (0)1 58 35 88 88
RCS Nanterre B 440 546 0180