

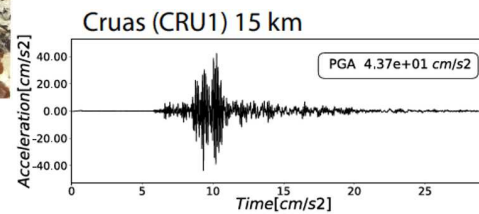
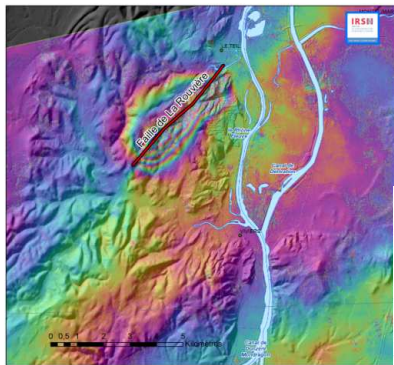
IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

Le séisme du Teil du 11 novembre 2019

Réunion du HCTISN du 22 janvier 2020



Jean-Christophe GARIEL

MEMBRE DE

ETSON

EUROPEAN
TECHNICAL SAFETY
ORGANISATIONS
NETWORK

19 juillet 1873

(Source Sisfrance)



Châteauneuf-du-Rhône : le séisme du 19 juillet 1873 a nécessité la pose d'étais sur quelques maisons de la rue principale (Dessin d'après L'illustration)

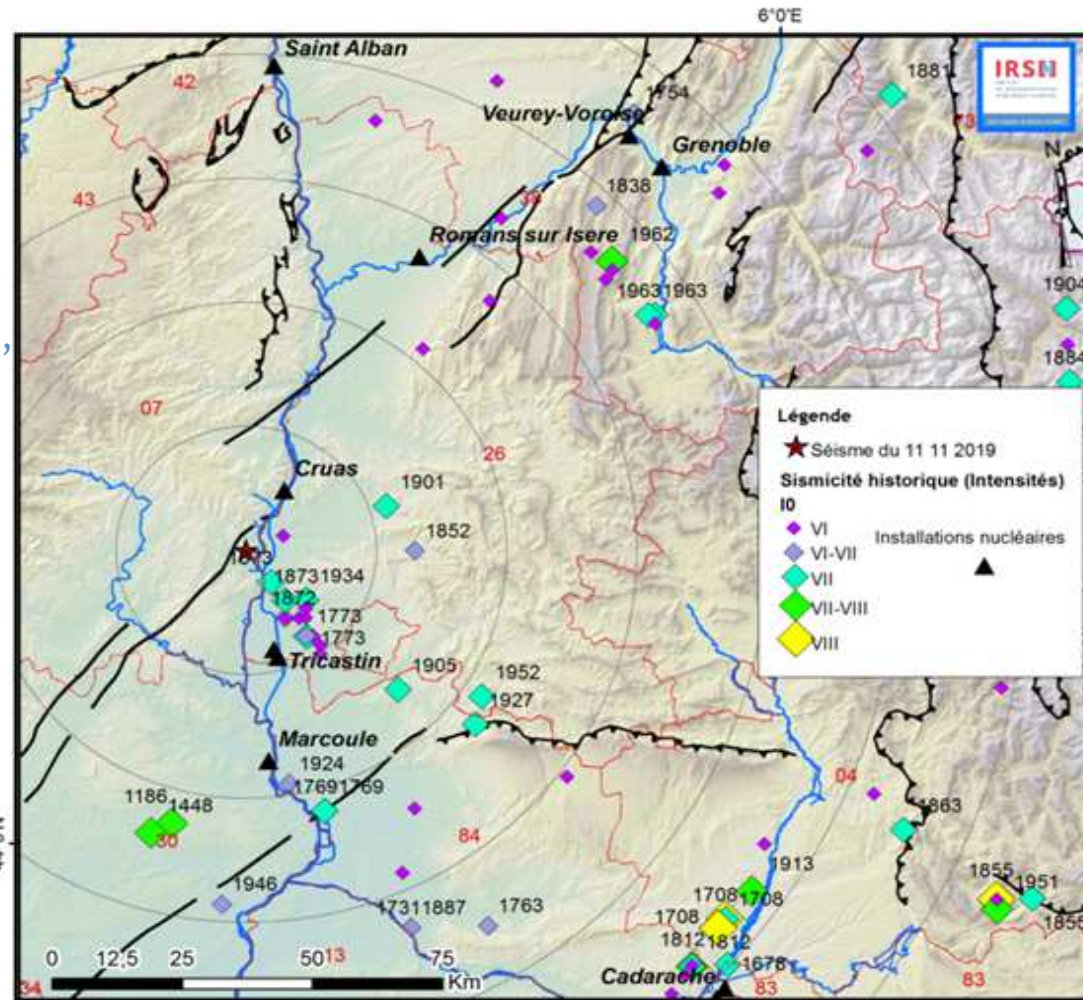
Viviers : « Ce matin, à 3h 40, un violent tremblement de terre dont celui du 14 courant n'était qu'un faible précurseur a vivement comotionné les paisibles habitants de Viviers, la secousse a été tellement forte que toute la population de **la ville fuyait affolée les maisons ébranlées**. Nous avons vu **des murs lézardés, des cheminées abattues**, des tables et des lits changés de place, les sonnettes s'agitaient, les animaux remplis de terreur poussaient des cris et d'affreux hurlements, **le bruit était semblable à celui d'un tonnerre souterrain**, on entendait comme des déchirements et des sifflements violents. Des personnes qui se trouvaient dehors à cette heure matinale ont vu le mouvement que **les secousses imprimaient à la terre** et nous ont dit que c'était **une espèce d'ondulation semblable à celle des vagues**. Les arbres étaient violemment agités comme si une main invisible les déracinait. » (J. Annonay, 27-07).

« Un cultivateur de Viviers s'étant rendu à sa terre avant l'aube, sentant soulever la terre sous ses pieds, voyant les mûriers se balancer, a eu une telle frayeur qu'il s'est trouvé mal... » (Echo Ardèche, 24-07). « **Les deux petits pavillons du pont suspendu sur le Rhône entre Viviers et Châteauneuf et qui servent de logement au préposé aux droits de péage ont été fortement ébranlés. Les murs en brique sont disjoints.** » (Echo de l'Ardèche, 24-07 ; J. Montélimar, 26-07). « **Une des piles du pont à Viviers est fendue.** » (J. Montélimar, 19-07).

« A Viviers, **la voûte du chœur de la cathédrale, vers le cintre où aboutissent les nervures en ogive, s'est fendue sur une longueur de deux à trois mètres** et quelques morceaux de pierre en ont été détachés. Un clocheton a été renversé. » (Echo Ardèche, 24-07).

« Cette fois, on a pu constater les dégâts : **un morceau de la gargouille de la cathédrale est tombé**, trois christes suspendus aux autels ont été violemment jetés à terre. Dans la chambre d'un honorable ecclésiastique, une petite bibliothèque suspendue au mur est tombée ; on nous cite un fonctionnaire secoué et jeté à bas du lit. » (J. Ardèche, 22-07, Echo. Ardèche, 24-07).

Sismicité historique



(Source Sisfrance)

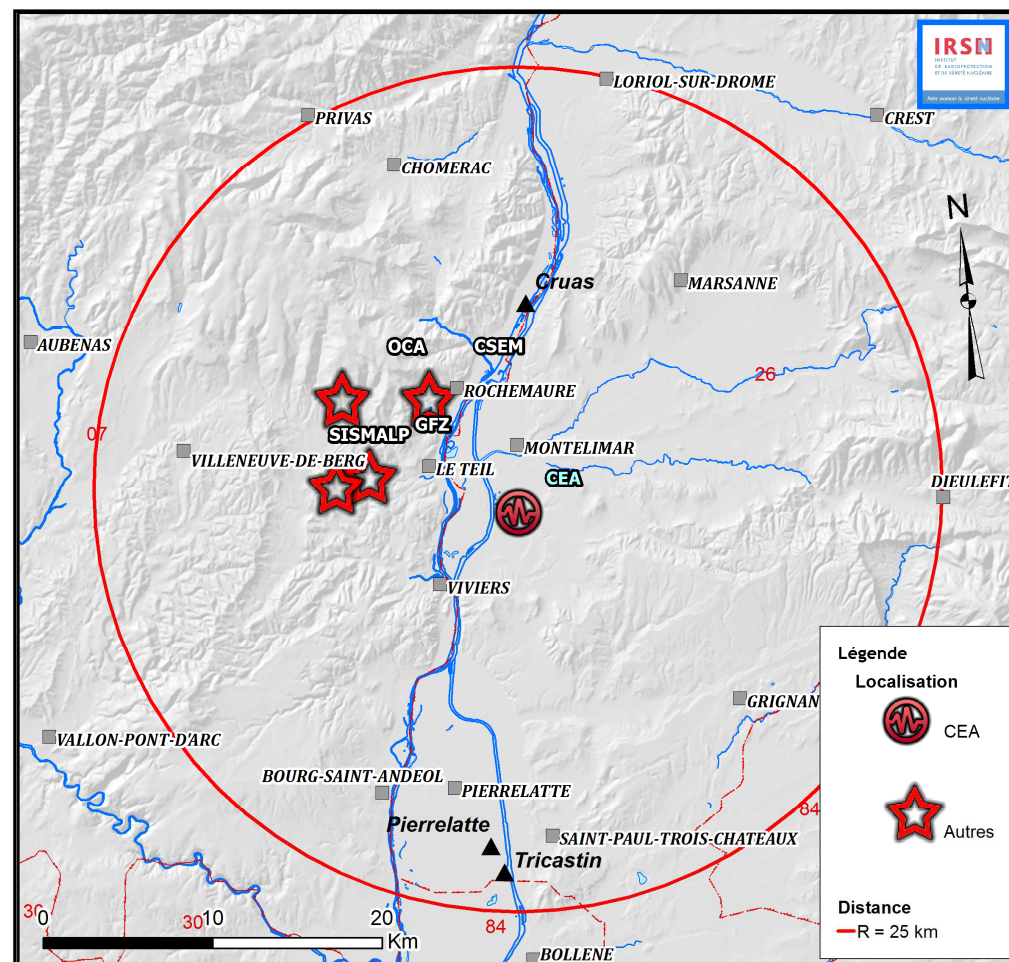
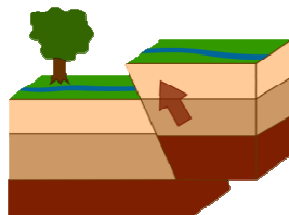
I	secousse non ressentie mais enregistrée par les instruments (valeur non utilisée)
II	secousse partiellement ressentie notamment par des personnes au repos et aux étages,
III	secousse faiblement ressentie balancement des objets suspendus,
IV	secousse largement ressentie dans et hors les habitations tremblement des objets,
V	secousse forte réveil des dormeurs, chutes d'objets, parfois légères fissures dans les plâtres,
VI	dommages légers parfois fissures dans les murs, frayeur de nombreuses personnes,
VII	dommages prononcés larges lézardes dans les murs de nombreuses habitations, chutes de cheminées,
VIII	dégâts massifs les habitations les plus vulnérables sont détruites, presque toutes subissent des dégâts importants,
IX	destructions de nombreuses constructions quelquefois de bonne qualité, chutes de monuments et de colonnes,
X	destruction générale des constructions même les moins vulnérables (non parasismiques),
XI	catastrophe toutes les constructions sont détruites (ponts, barrages, canalisations enterrées...),
XII	changement de paysage énormes crevasses dans le sol, vallées barrées, rivières déplacées.

➔ Essaims du Tricastin (1773, 1873, 1934)

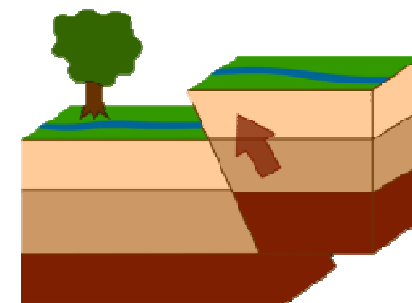
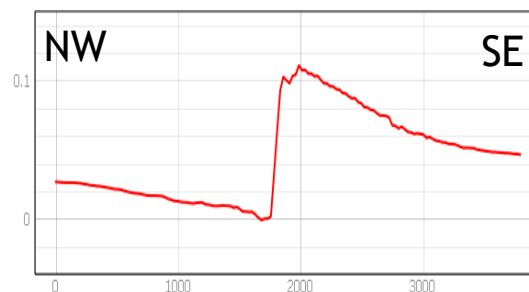
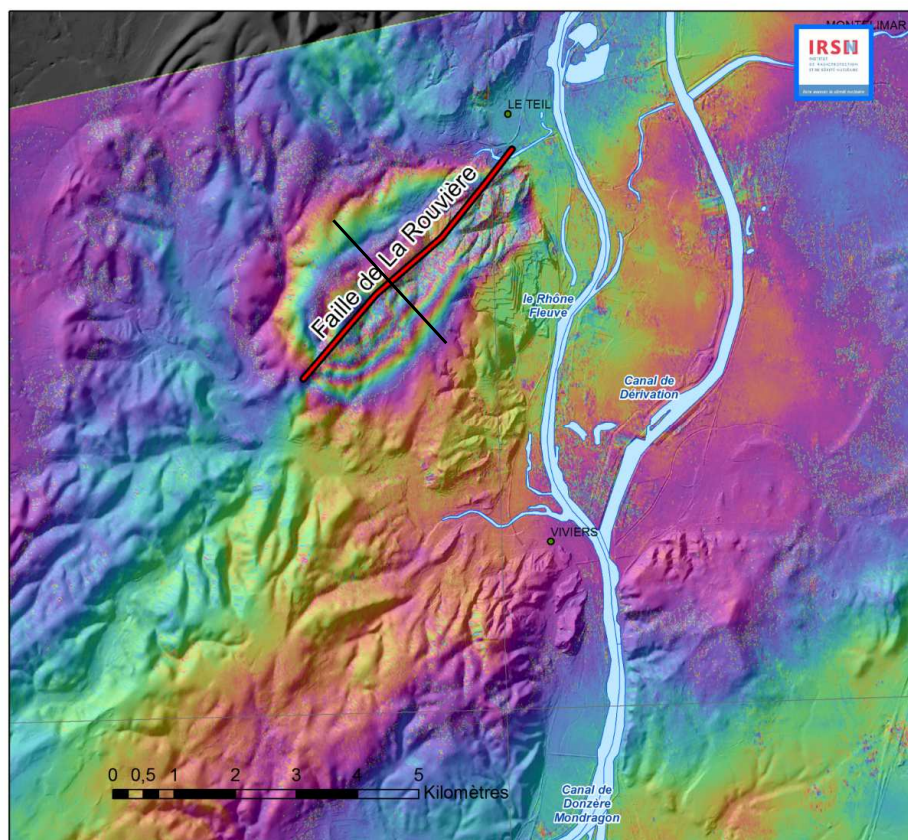
➔ Sismicité superficielle

Situation le 11 novembre

- Localisations dispersées
- Profondeurs entre 3 et 12 km
- $M_L = 5,4$, $M_w = 4,9$, $M_s = 4,5$
- Mécanisme de rupture chevauchant

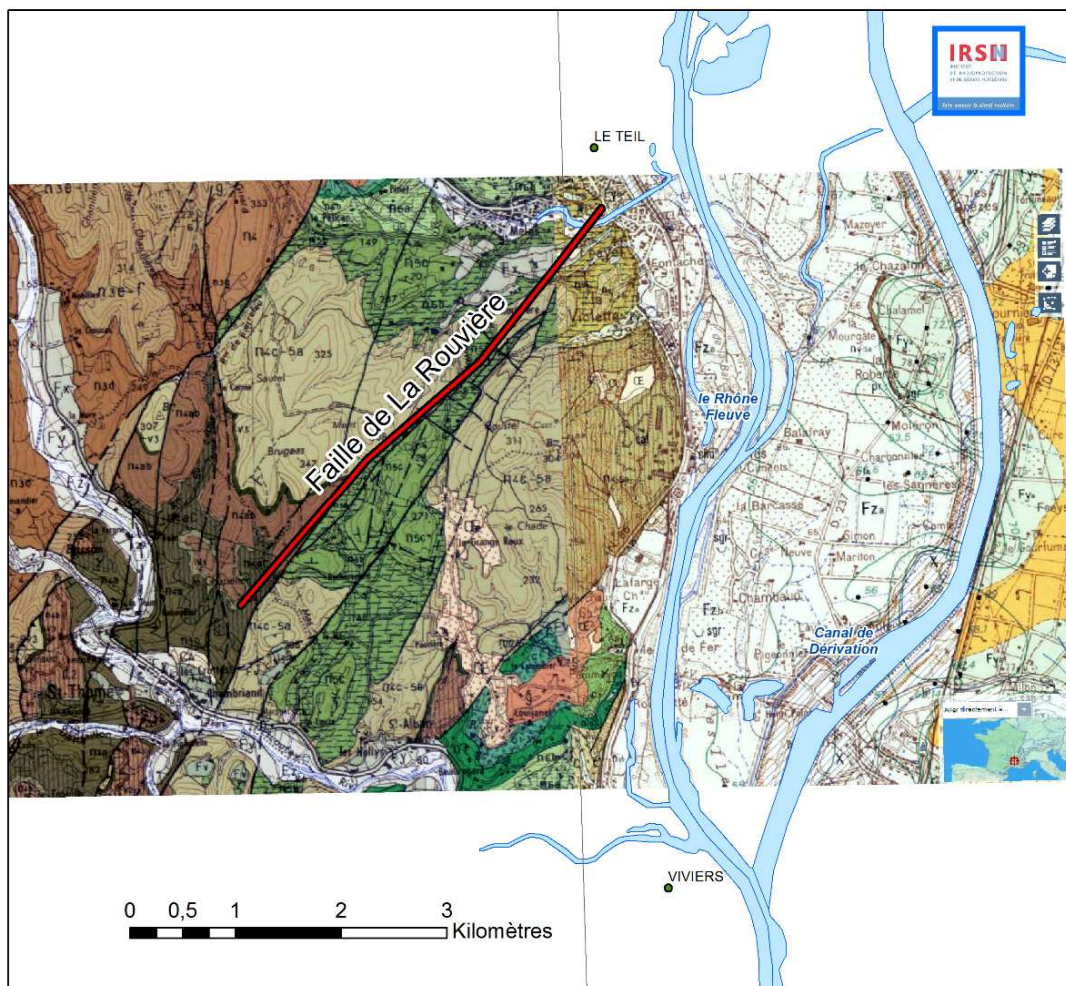


12 novembre : Identification de la faille par interférométrie



- | Localise la faille et confirme le caractère superficiel
- | Confirme le mécanisme chevauchant: le compartiment oriental s'est soulevé d'environ 10 cm par rapport au compartiment ouest

La faille de la Rouvière



➔ Faille non reconnue comme active dans la période récente

Rupture de surface observée sur le terrain

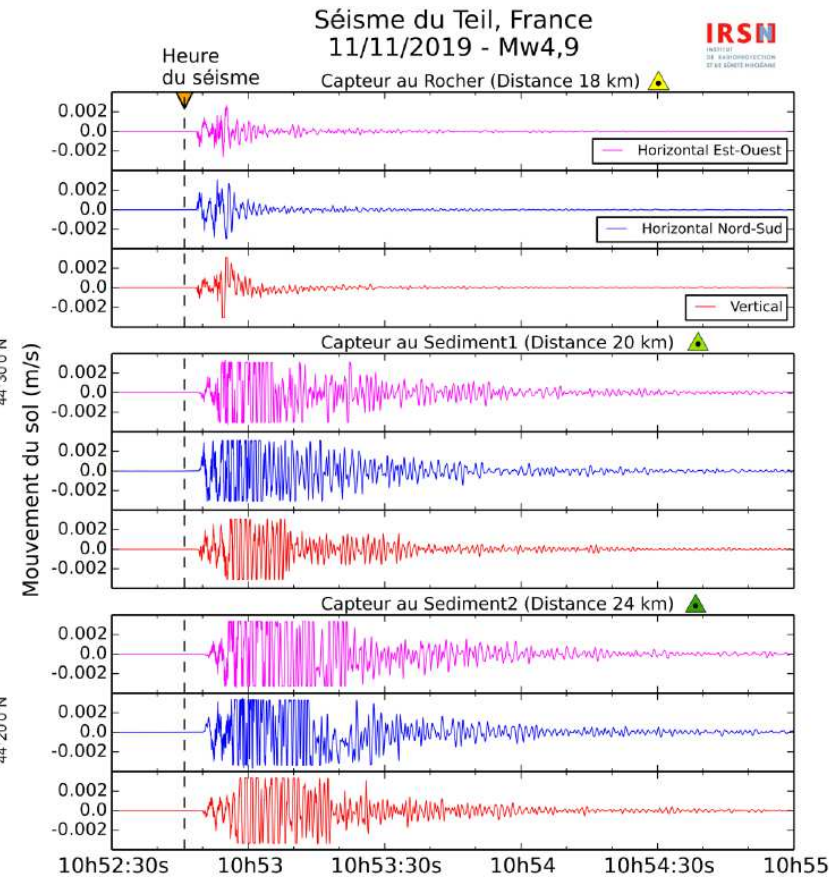
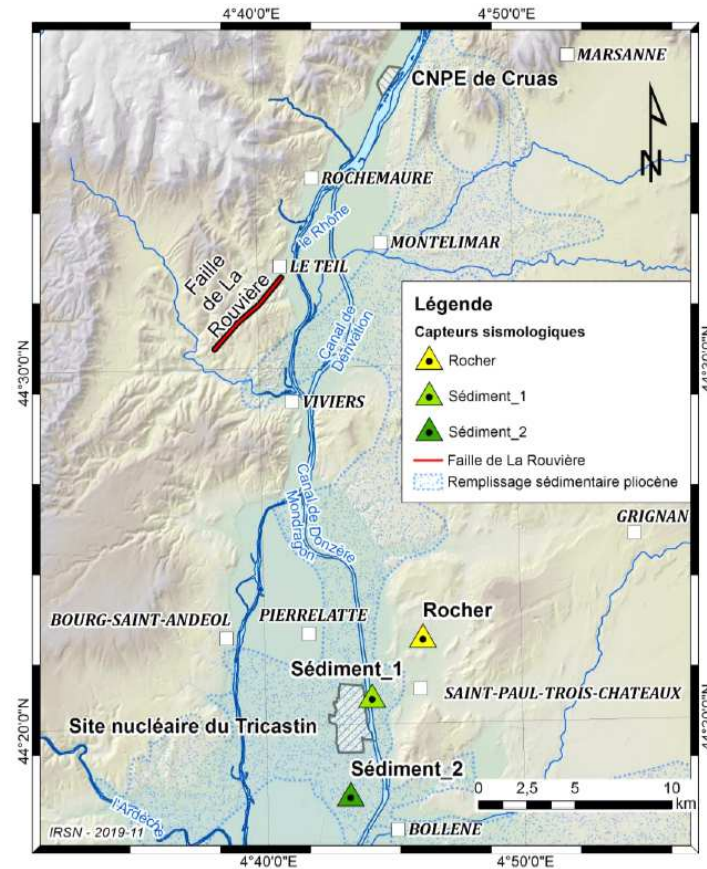
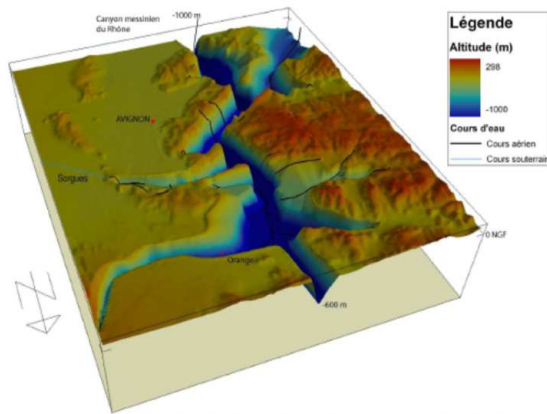


- Déplacements du sol atteignent 10-12 cm (cohérent avec l'image d'interférométrie)
- Faille de 5 km x 2 km et 10 cm de déplacement : cohérent avec $M_w = 4,9$

Enregistrements sismiques IRSN à proximité du Tricastin

Amplitude plus forte et durée plus longue sur le remplissage sédimentaire par rapport au rocher

« Effets de site »



Principaux enseignements

- La faille n'était pas connue pour être active dans la période récente
 - Intérêt d'étudier les failles même dans un contexte à sismicité modérée
- Le séisme très superficiel a créé une rupture en surface avec un décalage pluri-centimétrique
 - Les essais sismiques du Tricastin connus par le passé se sont aussi produits à des faibles profondeurs
- Le séisme du Teil présente des caractéristiques proches des plus forts séismes historiques recensés dans la région et donc du séisme de référence retenu pour Cruas et Tricastin
 - Séisme du Teil (2019) : $M_s = 4,5$, H entre 0 et 2 km, $l_0 =$ entre VII et VIII
 - SMHV (séisme de 1873) : $M_s = 4,7$, H = 4 km, $l_0 =$ VII-VIII - SMS : $M_s = 5,2$, H = 4 km, $l_0 =$ VIII-IX

Merci de votre attention

Plus d'informations sur le site : www.irsn.fr

- Note d'information du 26 novembre 2019 :
https://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse/Actualites/Pages/20191126_NI-Seisme-du-Teil-11112019.aspx
- Fiche d'information du 14 novembre 2019 :
https://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse/Actualites/Pages/20191114-Fiche-Seisme-Le-Teil-Ardeche-11112019.aspx
- Note d'information du 12 novembre 2019 :
https://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse/Actualites/Pages/20191112_NI-seisme-du-Teil-du-11-novembre-2019.aspx
- Dossier thématique « Risque sismique et installations nucléaires : la prise en compte du risque sismique pour les sites des installations nucléaires »
https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations_nucleaires/La_surete_Nucleaire_risque_sismique_installations_nucleaires/Pages/sommaire.aspx

Séisme du Teil (Ardèche)
Du 11 novembre 2019 11h52 Locale
Magnitude = 5,4 (Ml) ou 4,9 (Mw)

Les faits

Le 11 novembre 2019 à 11h52, un séisme de magnitude locale (Ml) de 5,1 selon le BCSF-RENAISS (<http://www.france-sismes.fr>), de 5,4 (Ml) selon le LDGCEA et de magnitude de moment Mw* de 4,9 selon SismoXcur s'est produit dans la région du Teil (Ardèche). Une analyse des enregistrements du séisme par des réseaux d'observation sismologique (B. Dethais, Geozar) 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 (SismoXcur).

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 avoisinant 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 Macro-sismique (GMI) pilotée par le BCSF-RENAISS 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 premier avis émis le 12 novembre 2019, au moment de l'arrivée de nouveaux enregistrements, a permis de préciser la magnitude maximale des ondes de volume, la magnitude de moment estimée à partir de l'enregistrement dans le réseau sismologique, la profondeur des ondes de surface estimée à partir de l'analyse sismologique des ondes de surface.

Des travaux de caractérisation géologique et géotechnique de plusieurs échantillons de sols ont été réalisés dans la zone du Teil. Ces travaux ont permis de caractériser les sols et de déterminer les coefficients sismiques à retenir pour l'évaluation des risques sismiques. Des études de stabilité sismique ont été réalisées pour les bâtiments existants et les bâtiments à construire. Des études de stabilité sismique ont été réalisées pour les ponts existants et les ponts à construire. Des études de stabilité sismique ont été réalisées pour les barrages existants et les barrages à construire. Des études de stabilité sismique ont été réalisées pour les centrales nucléaires existantes et les centrales nucléaires à construire. Des études de stabilité sismique ont été réalisées pour les installations nucléaires existantes et les installations nucléaires à construire.

Analyse de l'événement

Sismicité historique et actuelle de la basse vallée du Rhône

Le séisme du 11 novembre 2019 s'est produit dans une région caractérisée par une activité sismique modérée mais relativement fréquente depuis le 19th siècle. Au Nord et à l'Est de la plaine du Tricastin, cette sismicité est généralement caractérisée par des secousses accompagnées de bruits soubriens semblables à des explosions. Ces secousses peuvent se répéter pendant plusieurs semaines à plusieurs mois et sont caractéristiques des « essais » de sismicité. C'est notamment le cas des séries de séismes de 1773, 1873, 1933-1936 et 2002-2003. Les dégâts les plus importants ont été observés en 1773 et 1873, ils sont associés, dans la base de données de sismicité historique Sifrance, à une intensité maximale de VII (dommages prononcés sur de nombreuses habitations). L'analyse de la sismicité de 1^{er} essai - de 2002-2003 par l'Université de Grenoble (Thouvenot et al., 2009), a montré que la sismicité était très superficielle (de l'ordre de 1 km de profondeur ou moins).

À l'échelle du Sud-Est, jusqu'aux contreforts alpins, on décrypte dans la base de données Sifrance une vingtaine de séismes ayant produit une intensité supérieure ou égale à VII depuis 1909 (voir figure 2). Parmi eux, les plus notables sont celui de Lambesc et ceux de la région de Manaque en Provence. Ils se sont produits respectivement en 1909 (intensité maximale de VIII-X) et 1909, 1708 et 1812 (intensités maximales de VII-VIII à VIII). Ces séismes historiques sont associés à des failles cartographiées et reconnues potentiellement actives (Base de données des failles potentiellement actives - https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations_nucleaires/La_surete_Nucleaire_risque_sismique_installations_nucleaires/Pages/sommaire.aspx). Il est à noter que deux séismes très anciens (1186 et 1448) ayant des intensités maximales de VII-VIII sont reportés dans la région d'Uzès.