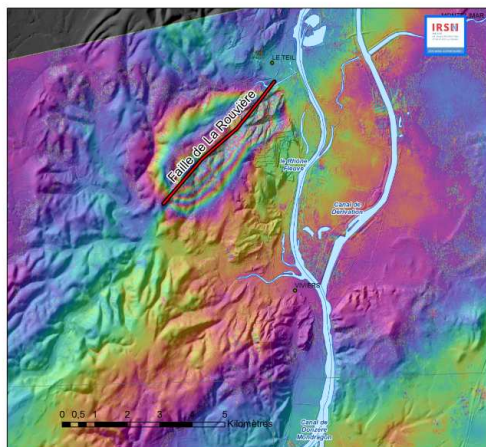
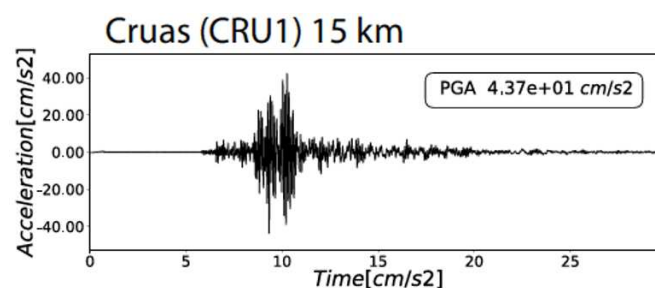


Séisme du Teil du 11 novembre 2019



Réunion exceptionnelle de la CLI de
Cruas-Meyssse du 3/12/2019



Ch. CLEMENT et J-C. GARIEL

@IRSN

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).

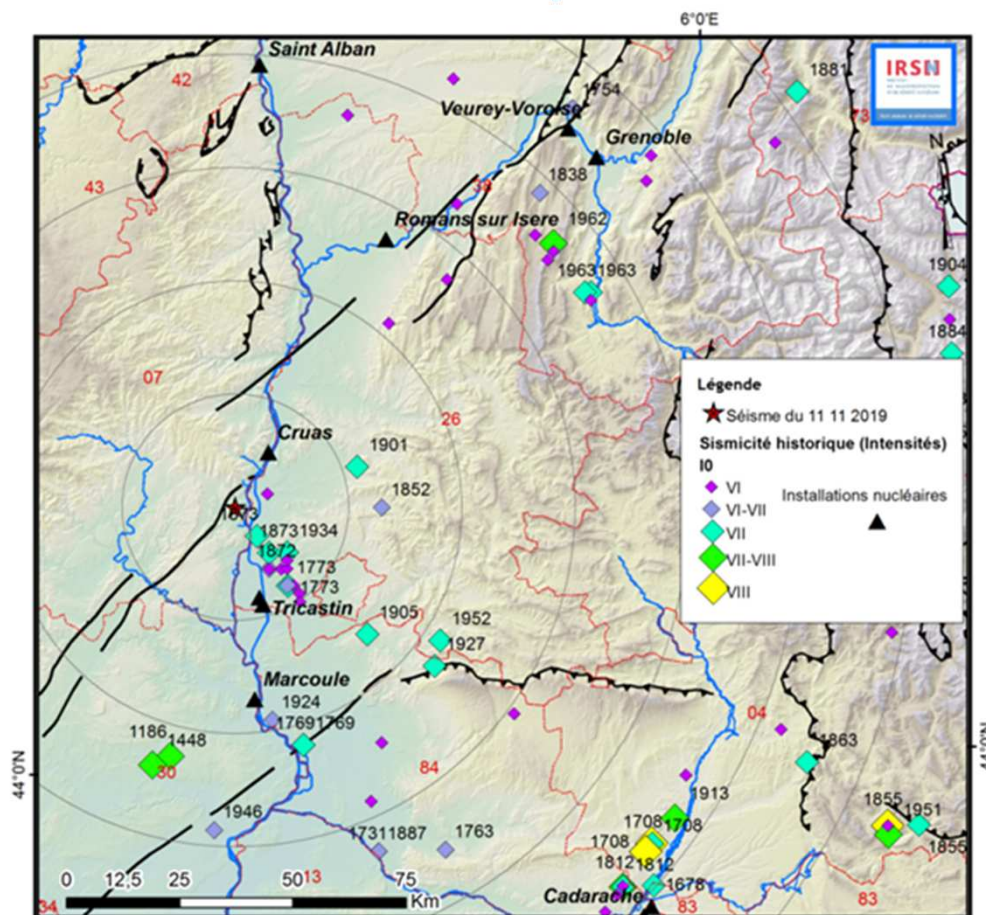
« A Viviers, *la voûte du chœur de la cathédrale*, vers le cintre où aboutissent les nervures en ogive, *s'est fendue sur une longueur de deux à trois mètres* et quelques morceaux de pierre en ont été détachés. Un clocheton a été renversé. » (Echo Ardèche, 24-07).

« Cette fois, on a pu constater les dégâts : *un morceau de la gargouille de la cathédrale est tombé*, trois christs 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

➤ Essaims du Tricastin: intensité maximale de VII

➤ sismicité superficielle



(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.

Le séisme du Teil du 11/11/2019

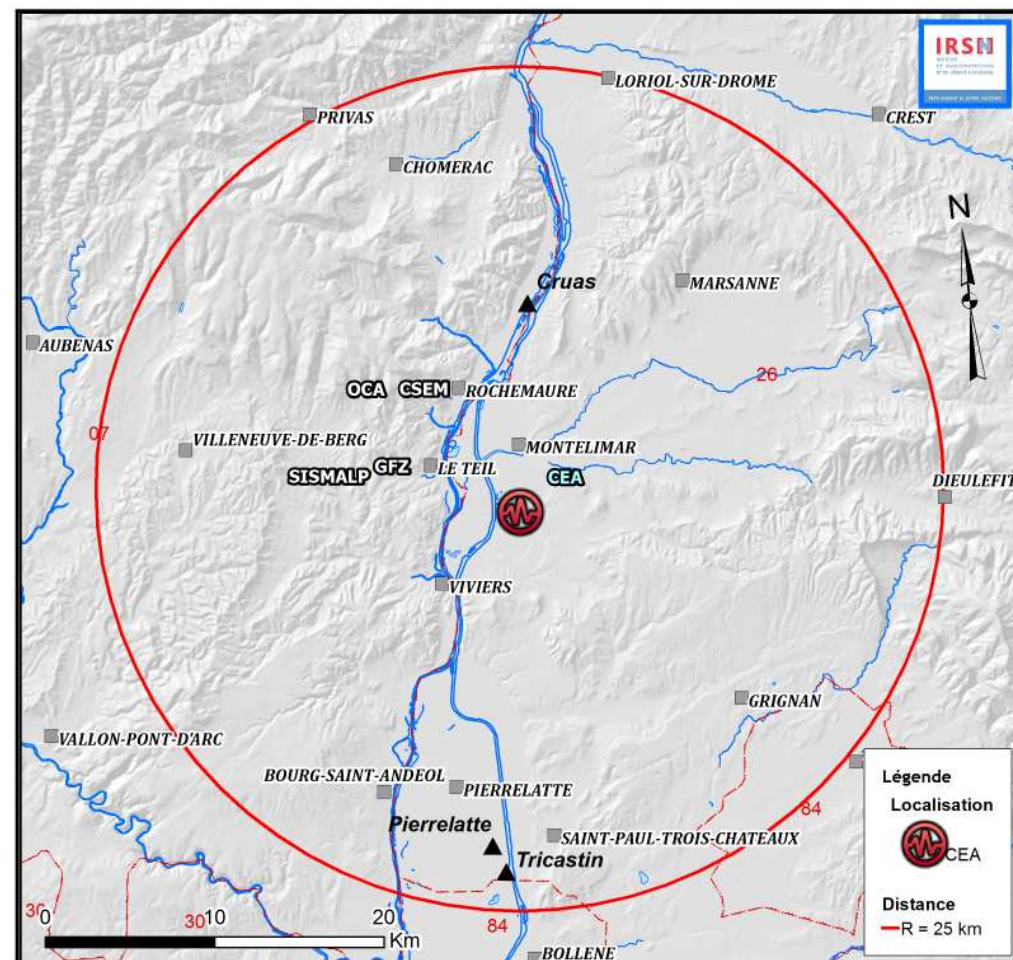
Communiqué du Bureau central sismologique français - [FRANCESEISME.FR]
Séisme M=5.4, 11/11/2019 11h52 locale, FRANCE

Date et heure

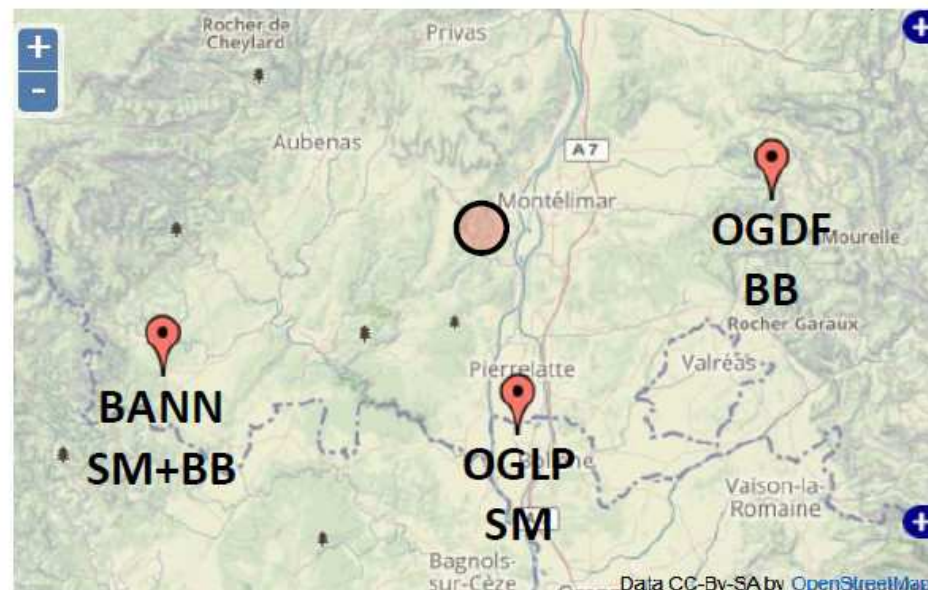
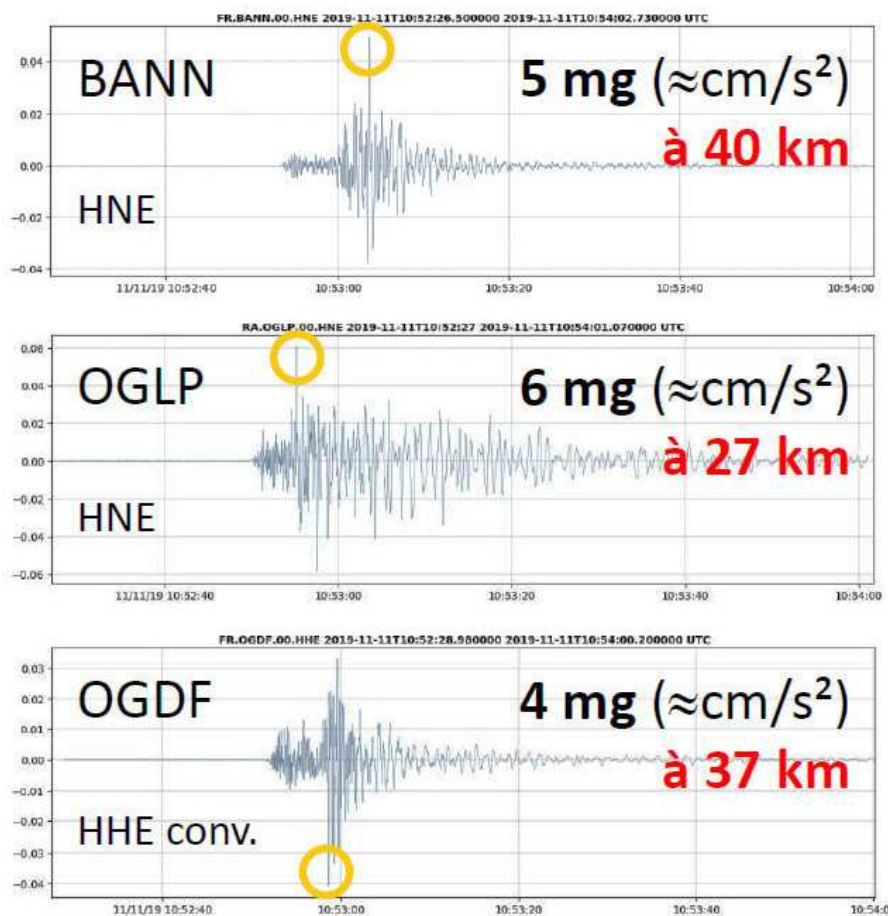
- à l'épicentre (heure locale) : 11/11/2019 11h52
- en temps universel : 11/11/2019 - 10h52

Coordonnées géographiques

- Latitude : 44.5217° N Longitude : 4.7474° E
- Magnitude : 5.4
- Source : CEA-LDG



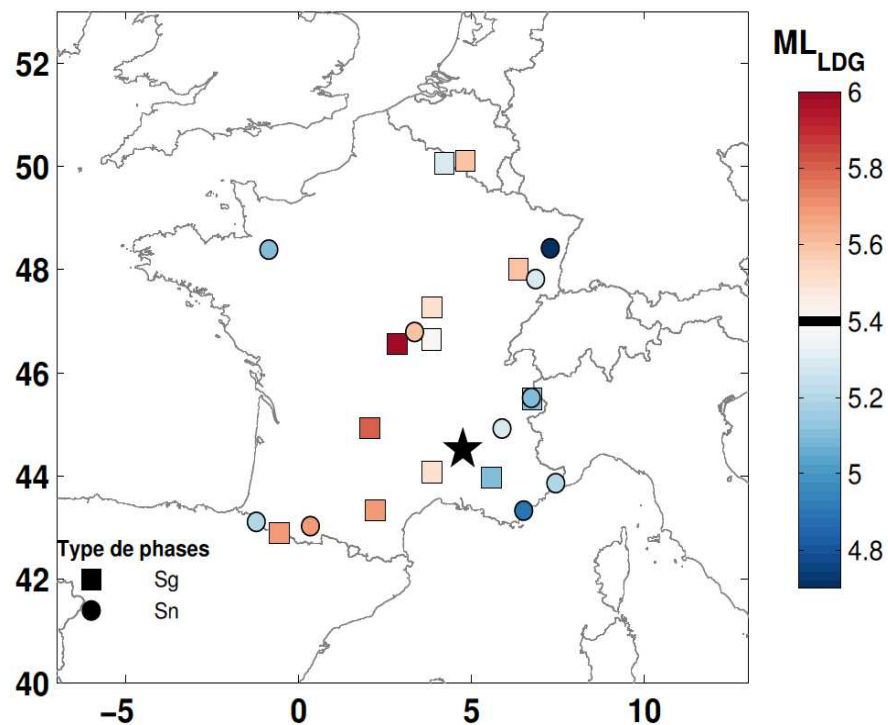
Mouvements du sol mesurés aux stations proches



Magnitudes du séisme

ML LDG = 5,4

2019/11/11 10h52m 45.3

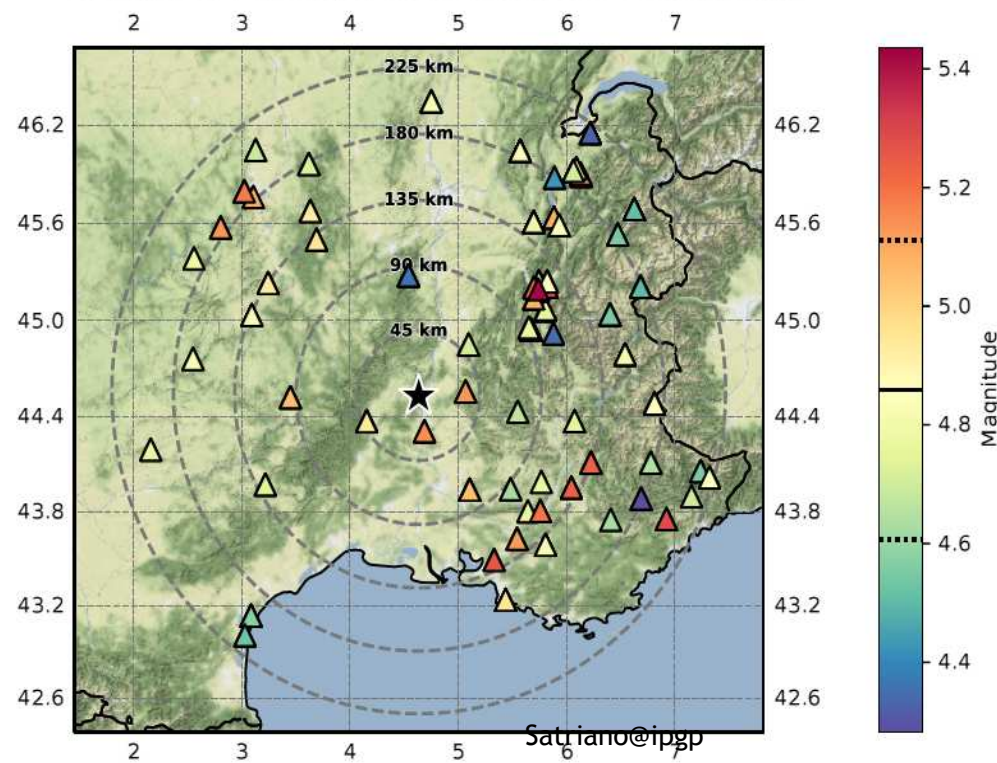


Mw 4.86 ± 0.25

Mw IPGP= 4,86

evid: 5dc93e0ee713880001d16338

lon: 4.637 lat: 44.528 depth: 3.3 km time: 2019-11-11T10:52:45.909

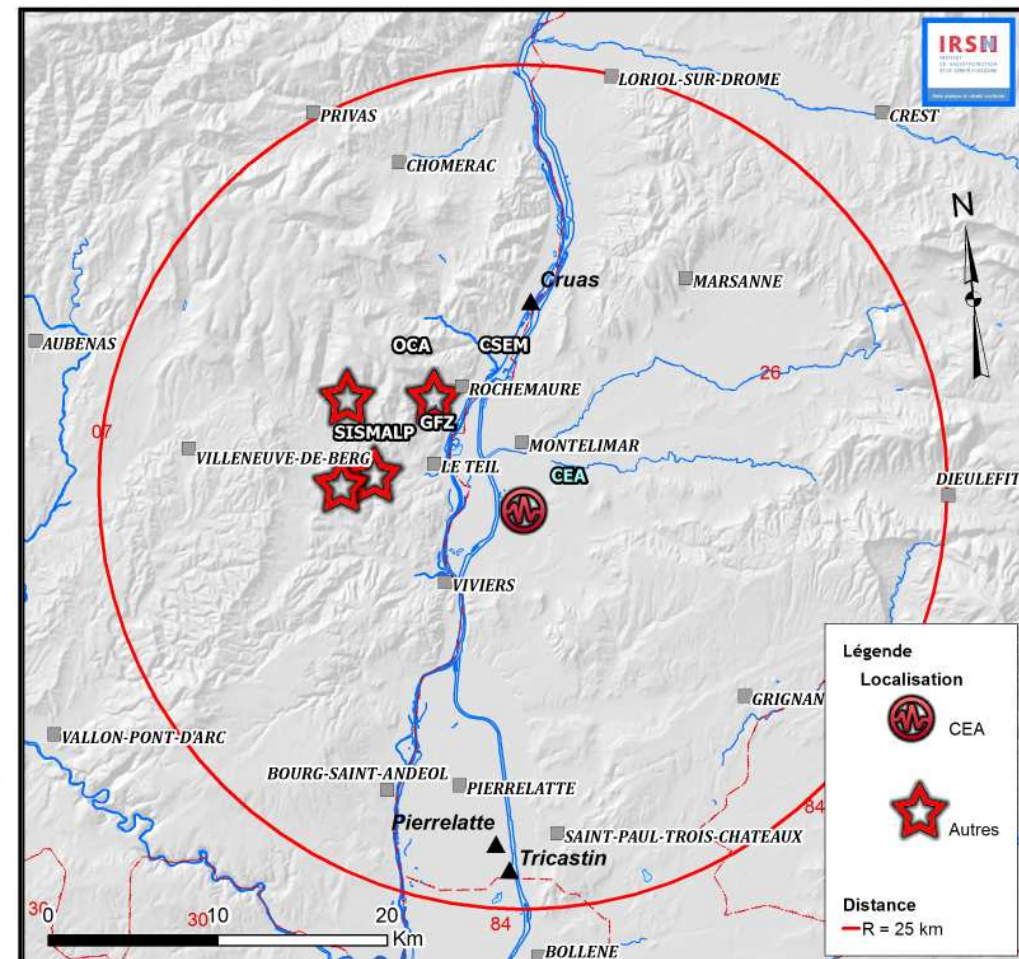
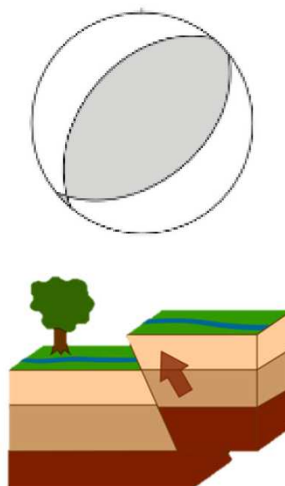
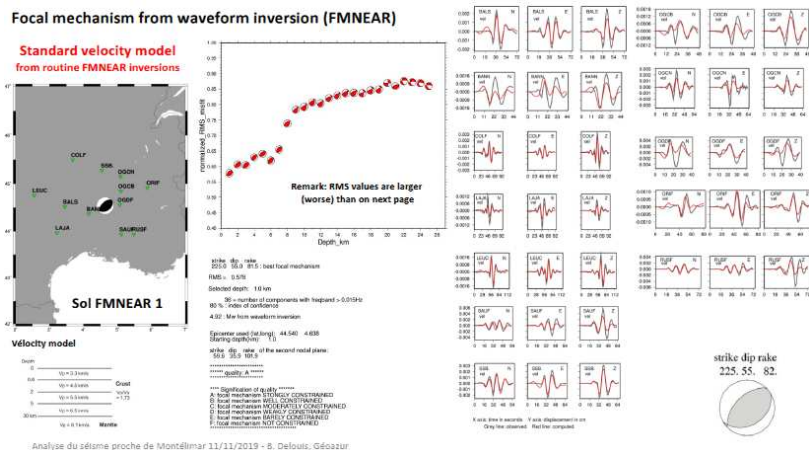


SourceSpec v0.9rc4-43-g9e4d - 2019-11-11 18:20:40 CET

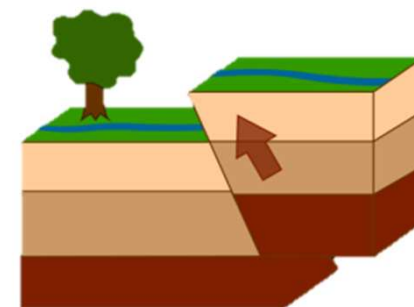
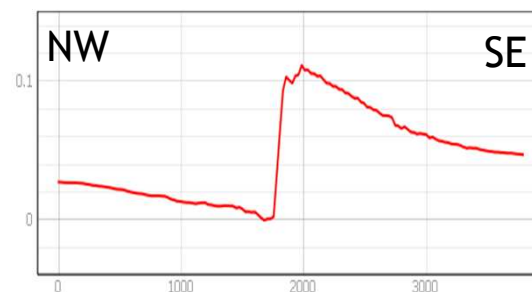
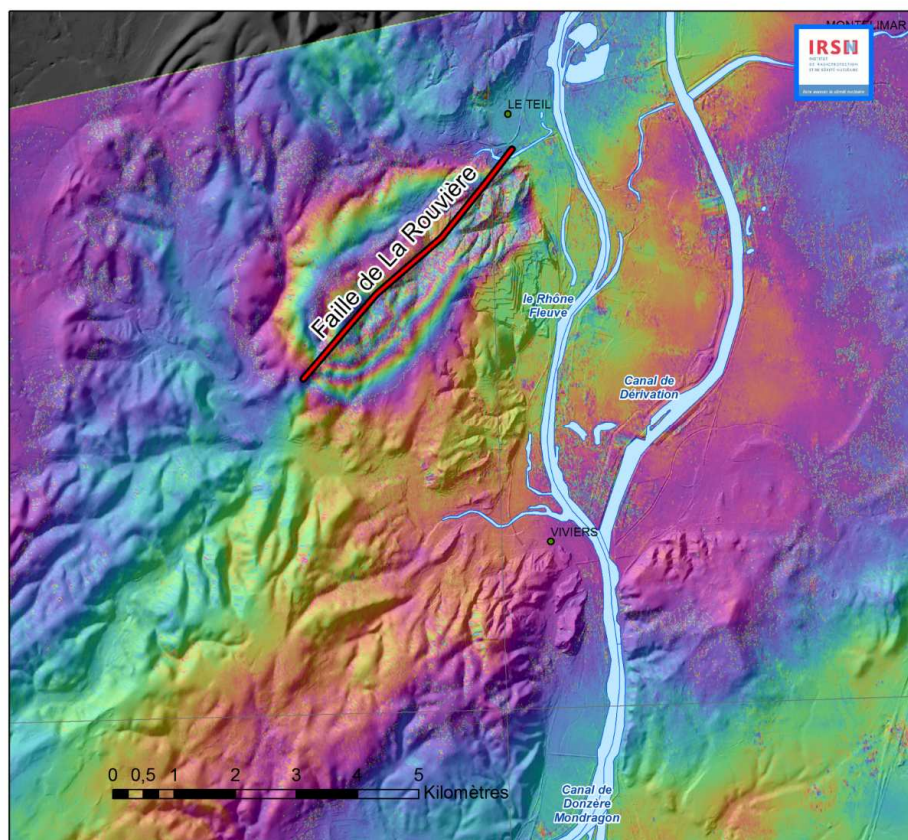
➔ **Magnitude Ms d'environ 4,5**

J+1

- Localisations des organismes
- Profondeurs entre 3 et 12 km
- Mécanisme de rupture chevauchant

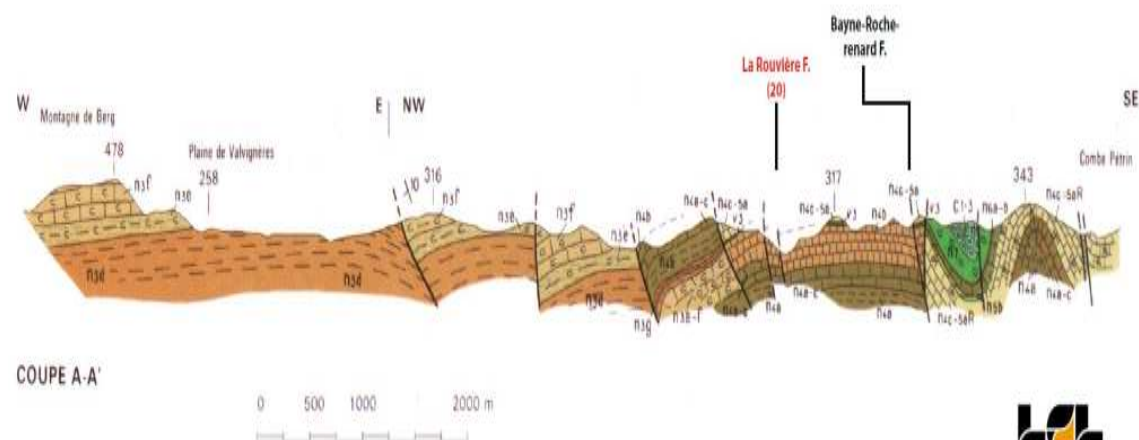
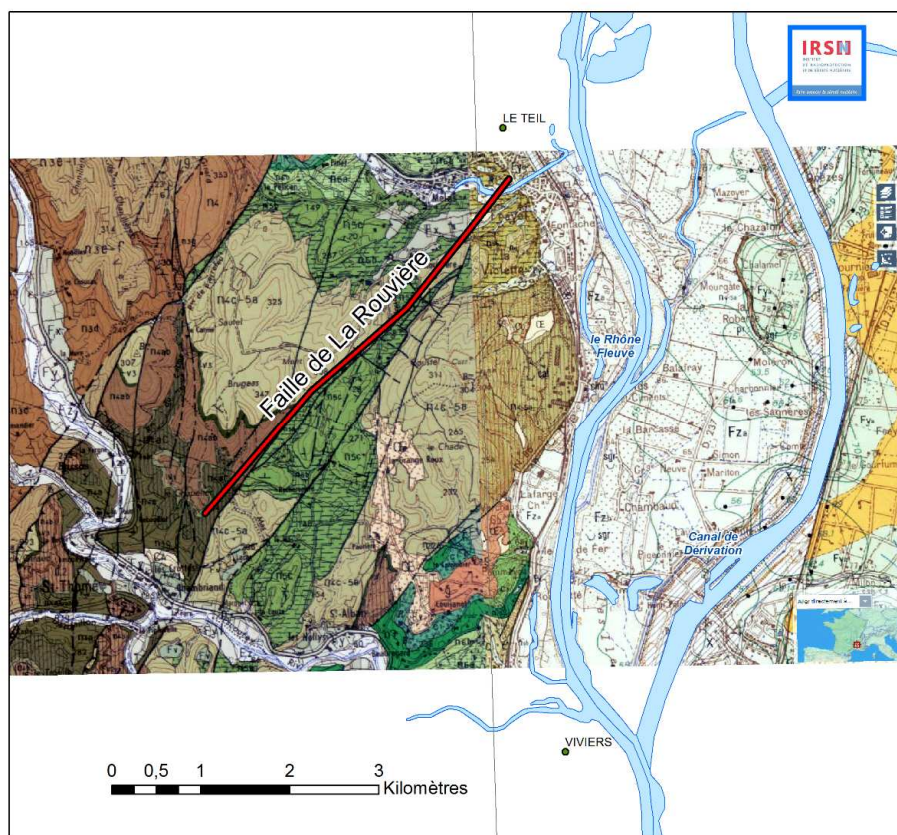


Rupture de surface vue par satellite



- Interférogramme Sentinel 1b
- Le séisme est superficiel
- Mécanisme chevauchant: le compartiment oriental est remonté d'environ 10 à 15 cm sur le compartiment ouest

La faille de Rouvière



P.H. Leloup from Elmi et al., (1996)



- La faille n'était pas connue pour être active dans la période récente
- Faille de 5 km x 2 km et 10 cm de déplacement cohérent avec Mw 5

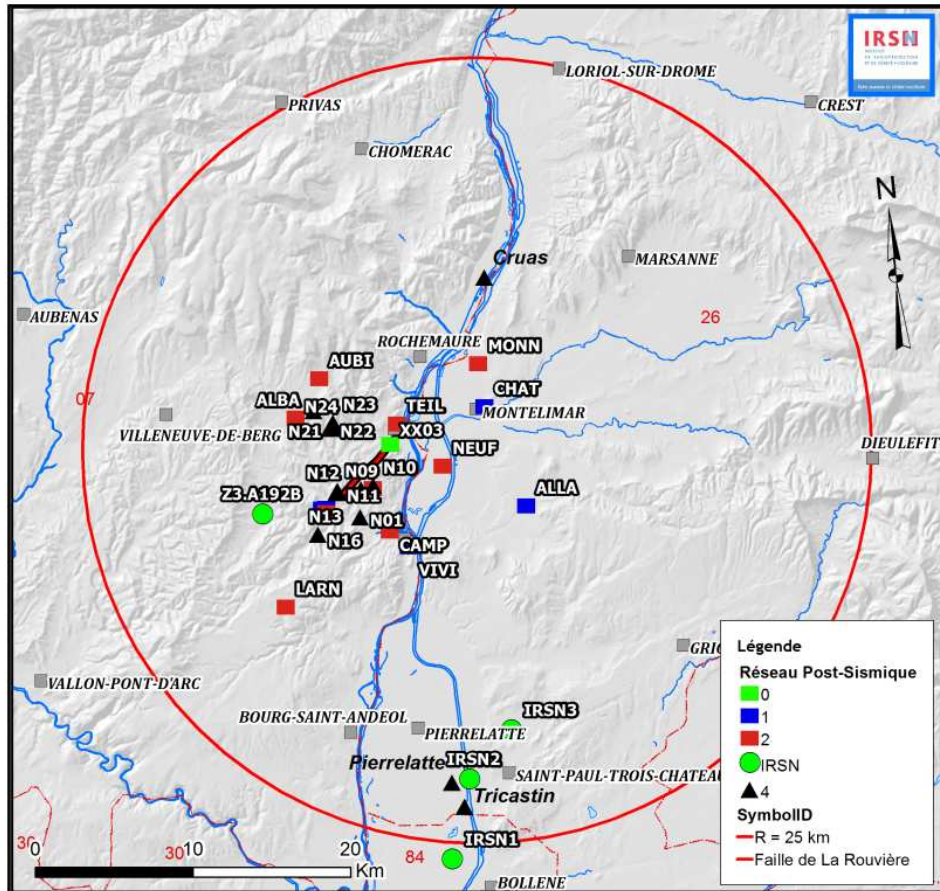
Rupture de surface vue du terrain



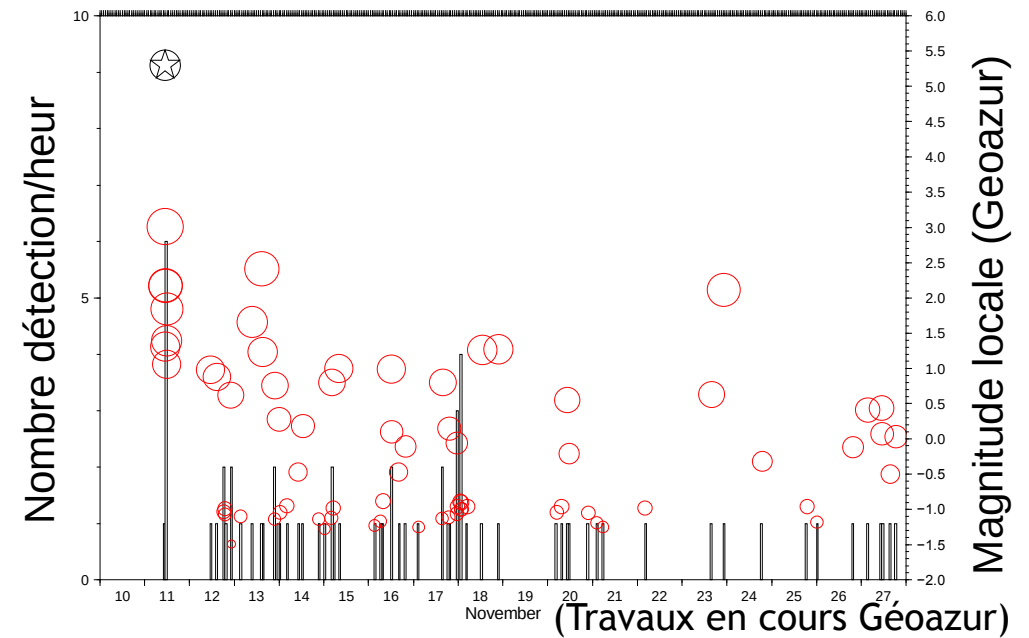
➤ Déplacements du sol atteignent 10-12 cm

Réseau sismologique post-sismique

- Peu de répliques ressenties; celles détectées ont une magnitude très faible



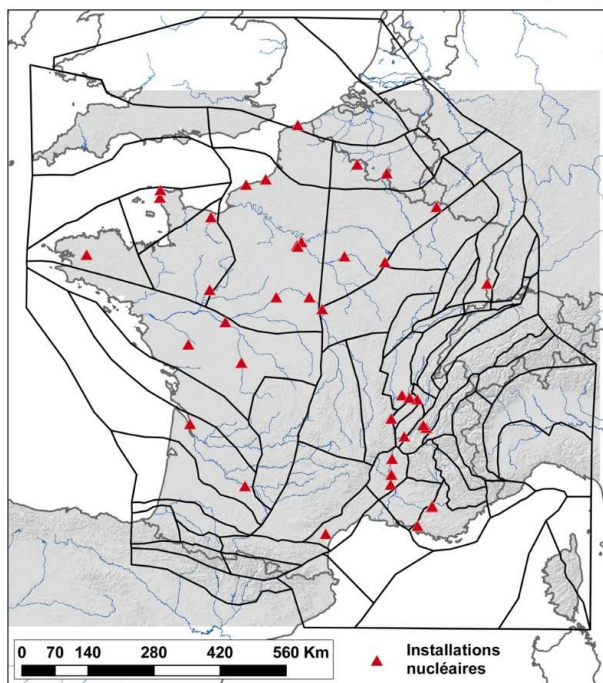
Detections at A192B ALBA & THOM => 72 earthquakes



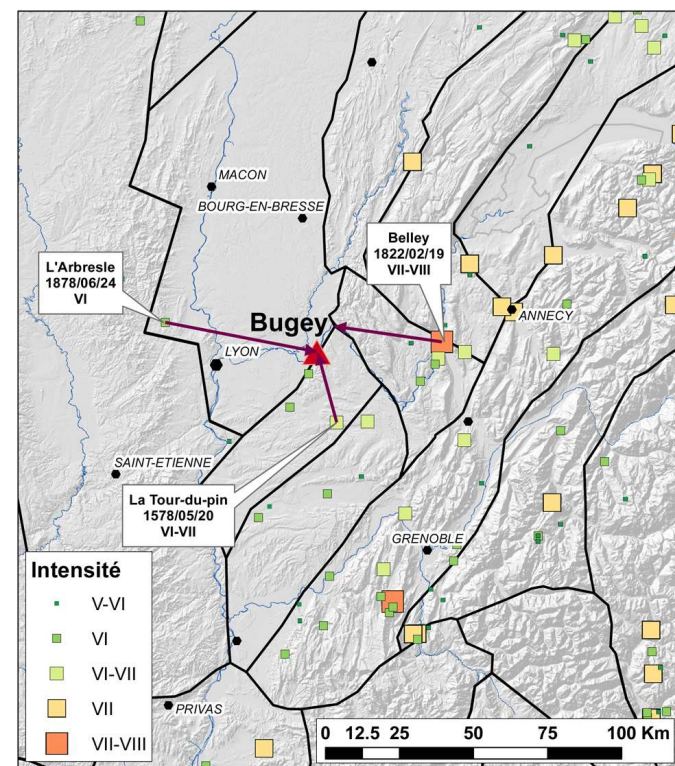
Règle fondamentale de sûreté (RFS 2001-01)

1/ Définir les zones sismotectoniques homogènes sur la base d'une synthèse des données géologiques et sismologiques

Zonage sismotectonique de la France utilisé par l'IRSN (2013)



2/ Sélectionner les séismes les plus forts et les tradater dans leur zone au plus près du site



Règle fondamentale de sûreté (RFS 2001-01)

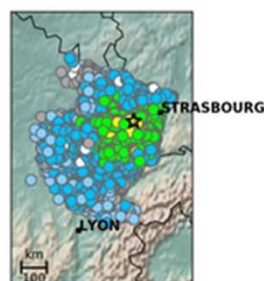
3/ Calculer la magnitude et la profondeur des séismes historiques de référence, dits Séismes Maximaux Historiquement Vraisemblables (**SMHV**)

4/ Majorer l'intensité et la magnitude des séismes de référence pour définir Séismes Majorés de Sécurité (**SMS**):
 $I_{sms} = I_{smhv} + 1$
 $M_{sms} = M_{smhv} + 0,5$

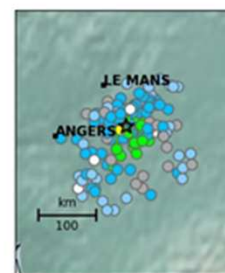
Séismes récents

Magnitude connue

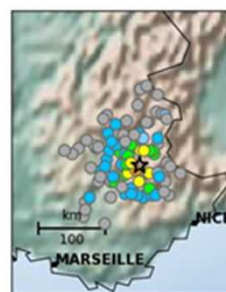
→ Établissement de modèles reliant intensité et magnitude



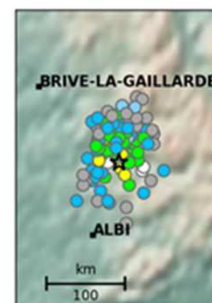
Séisme de Rambervillers (2003)
 $M_w=4.9$ *



Séisme de Touraine (1985)
 $M_w=3.5$ *



Séisme de Digne (1997)
 $M_w=4.3$ *

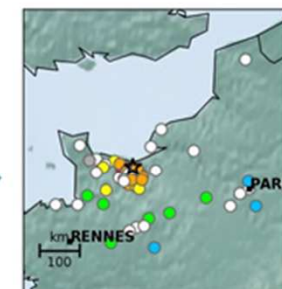


Séisme de la Chataigneraie (1974)
 $M_w=3.6$ *

Séismes historiques

Magnitude inconnue

→ Application des modèles reliant intensité et magnitude



Séisme de Caen (1775)

$M_{estimée} = 4.5 - 5.3$

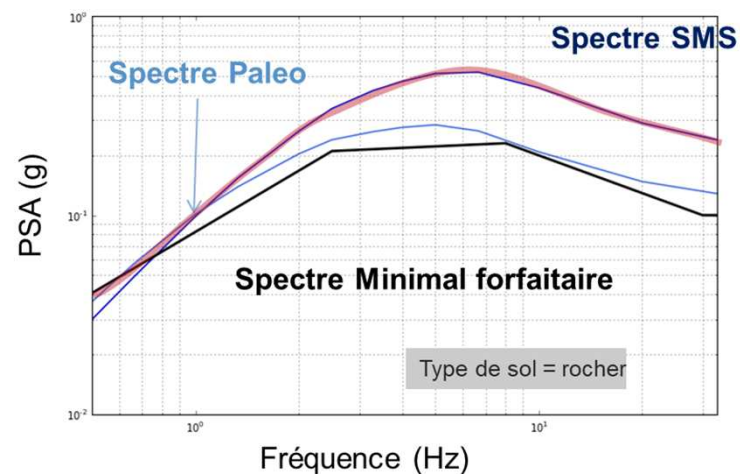
* Source: catalogue Si-Hex, Cara et al 2015

Règle fondamentale de sûreté (RFS 2001-01)

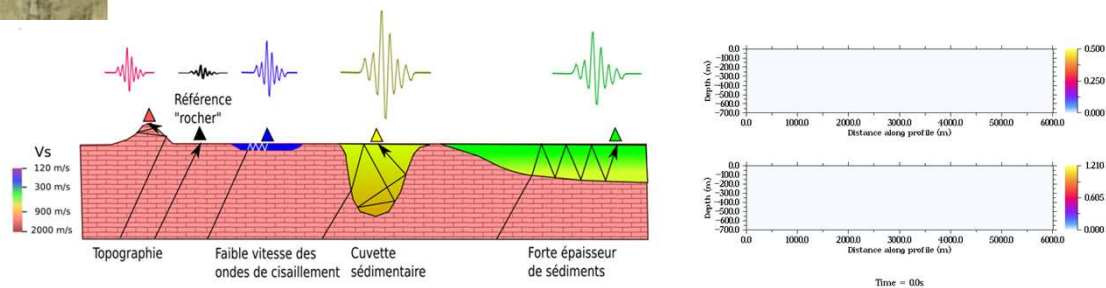
5/ Étudier les paléoséismes



6/ Calculer les mouvements du sol



7/ Étudier les effets de site



Application à CRUAS

EDF-VD3

Séisme de référence:

8/8/1873 (I=VII-VIII)

SMHV: $M=4,7$ à $H=4$ km $I_{site}=VII-VIII$

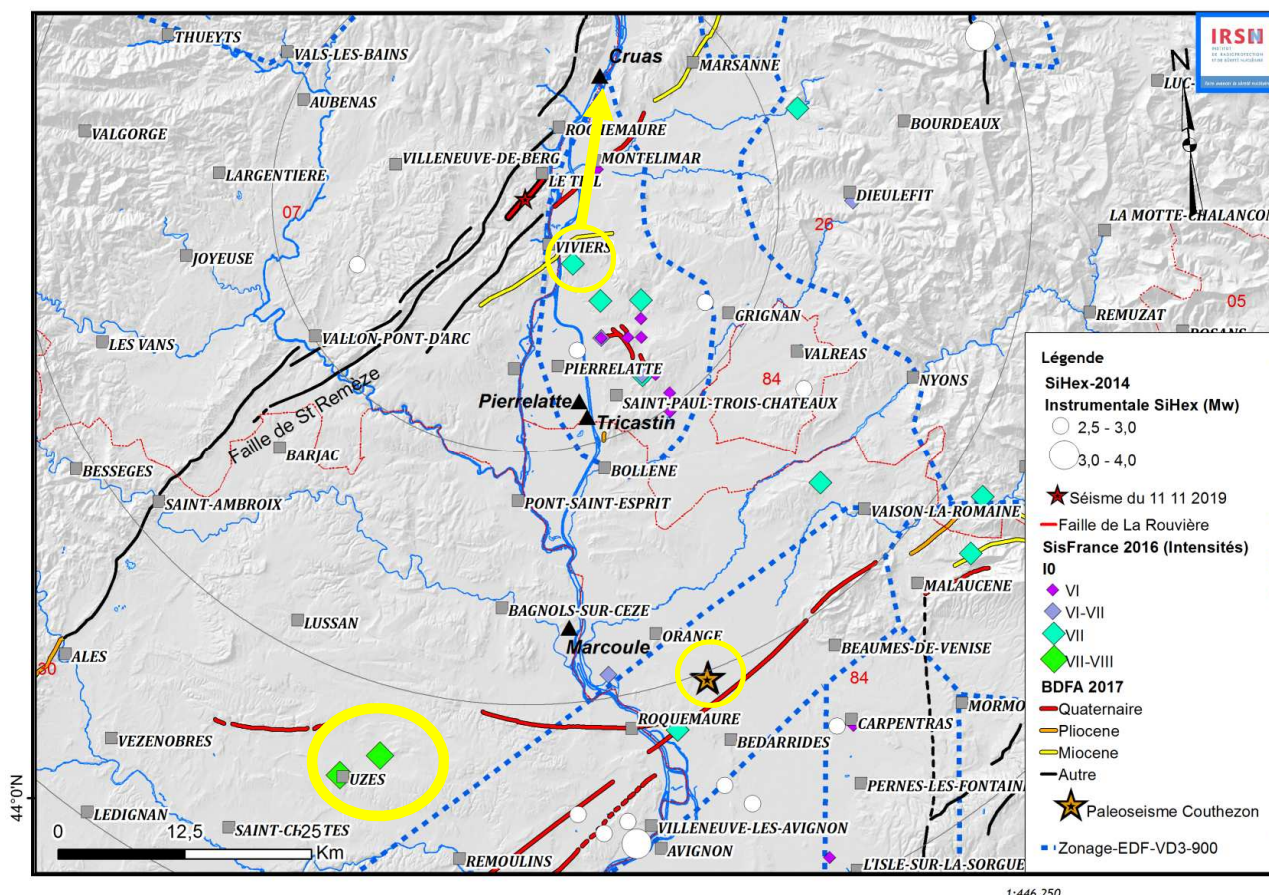
SMS: $M=5,2$ à $H=4$ km $I_{site}=VIII-IX$

Paléoséisme:

$M=6,5$ à 50 km

➤ Le séisme du Teil présente des caractéristiques proches du séisme de 1873

➤ Séismes d'Uzès à considérer



1:446 250

Principaux enseignements

■ La faille n'était pas connue pour être active dans la période récente

- Des failles potentiellement actives sont identifiées à moins de 10 km de distance
- Ceci montre l'intérêt d'étudier les failles même dans un contexte à sismicité modérée comme celui de la France métropolitaine

■ Le séisme très superficiel a créé une rupture en surface avec un décalage centimétrique

- La trace de cette rupture a été repérée rapidement grâce aux données satellitaires
- Ceci a guidé les géologues qui ont pu mesurer les déformations sur le terrain
- Les essaims 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

- Son intensité épicentrale et sa magnitude pourrait dépasser celle du séisme de 1873
- Sa magnitude de moment M_w 5 estimée à partir des enregistrements sismologiques est confirmée par l'analyse des dimensions de la rupture à l'origine du séisme 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**

Plus d'informations sur le site IRSN

- 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
- Le Berssin @IRSN :
<https://www.irsn.fr/FR/Larecherche/Organisation/equipes/environnement/Berssin/Pages/Bureau-evaluation-risques-sismiques-surete-installations.aspx>

INFORMATION

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-ReNASS (<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 Macrossismique (GIM) pilotée par le BCSF-ReNASS 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 conduisant à des estimations de magnitude différentes pour un même séisme (voir par exemple les valeurs proposées pour le séisme du Lot du 21/06/2018). Les réseaux de surveillance sismique utilisent des magnitudes locales (MI*) et/ou des magnitudes de moment (Mw*). En sismologie on utilise également la magnitude de moment (MI*) 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 les intensités macro-sismiques 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 et d'intensités macro-sismiques enregistrées pour des séismes récents et la répartition des intensités macro-sismiques des séismes anciens.

www.irsn.fr

14 novembre 2019

INFORMATION

Figure 1 : Carte représentant les intensités issues des témoignages recueillis sur Internet (extrait du site du BCSF le 14/11/2019).

Figure 2 : Carte localisant les séismes historiques (base SisFrance version 2016), ne sont représentés que les séismes d'intensité maximale supérieure ou égale à VI. Les cercles concentriques de rayon multipliés de 25 km représentent les distances à l'épicentre du séisme du 11 novembre 2019. Les triangles localisent les installations nucléaires.

Analyse de l'évènement

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 18^{ème} siècle. Au Nord et à l'Est de la plaine du Tricastin, cette sismicité est généralement caractérisée par des secousses accompagnées de bruits sourds 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, 1933-1938 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 SisFrance, à une intensité maximale de VII (dommages prononcés sur de nombreuses habitations). L'analyse de la sismicité de l'« 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 compte dans la base de données SisFrance une vingtaine de séismes ayant produit une intensité supérieure ou égale à VII depuis 1509 (voir figure 2). Parmi eux, les plus notables sont celui de Lambesc et ceux de la région de Manosque en Provence. Ils se sont produits respectivement en 1909 (intensité maximale de VIII-IX) et 1509, 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 - [BDFA, Jomard et al., 2017](https://www.irsn.fr/fr/actualites-presse/actualites/pages/20191112_NI-seisme-du-Teil-du-11-novembre-2019.aspx)). Il est à noter que deux séismes très anciens (1186 et 1448) ayant des intensités maximales de VII-VIII sont répertoriés dans la région d'Uzès.

www.irsn.fr

14 novembre 2019