

# Évaluation du risque sismique en France métropolitaine

après le tremblement de terre du Teil

## Conférence

Jean-François RITZ

Directeur de recherche CNRS

vendredi 12 novembre

à 18h30

Salle Saint Martin

Rue Bernard CATHELIN

Montélimar

Adhérents : 8 €

Tarif réduit : 4 €

Non-adhérents : 12 €



[www.upmontelimar.fr](http://www.upmontelimar.fr)



# Le tremblement de terre du Teil : un séisme inédit qui relance l'évaluation du risque sismique en France métropolitaine

J-F Ritz <sup>1</sup>, S. Baize <sup>2</sup>, M. Ferry <sup>1</sup>, C. Larroque <sup>3</sup>, L. Audin <sup>4</sup>, B. Delouis <sup>3</sup>, E. Mathot <sup>5</sup>

1: Géosciences Montpellier, Univ. Montpellier, CNRS, Montpellier

2: IRSN, Institute of Radiological protection and Nuclear Safety, Fontenay-aux-roses

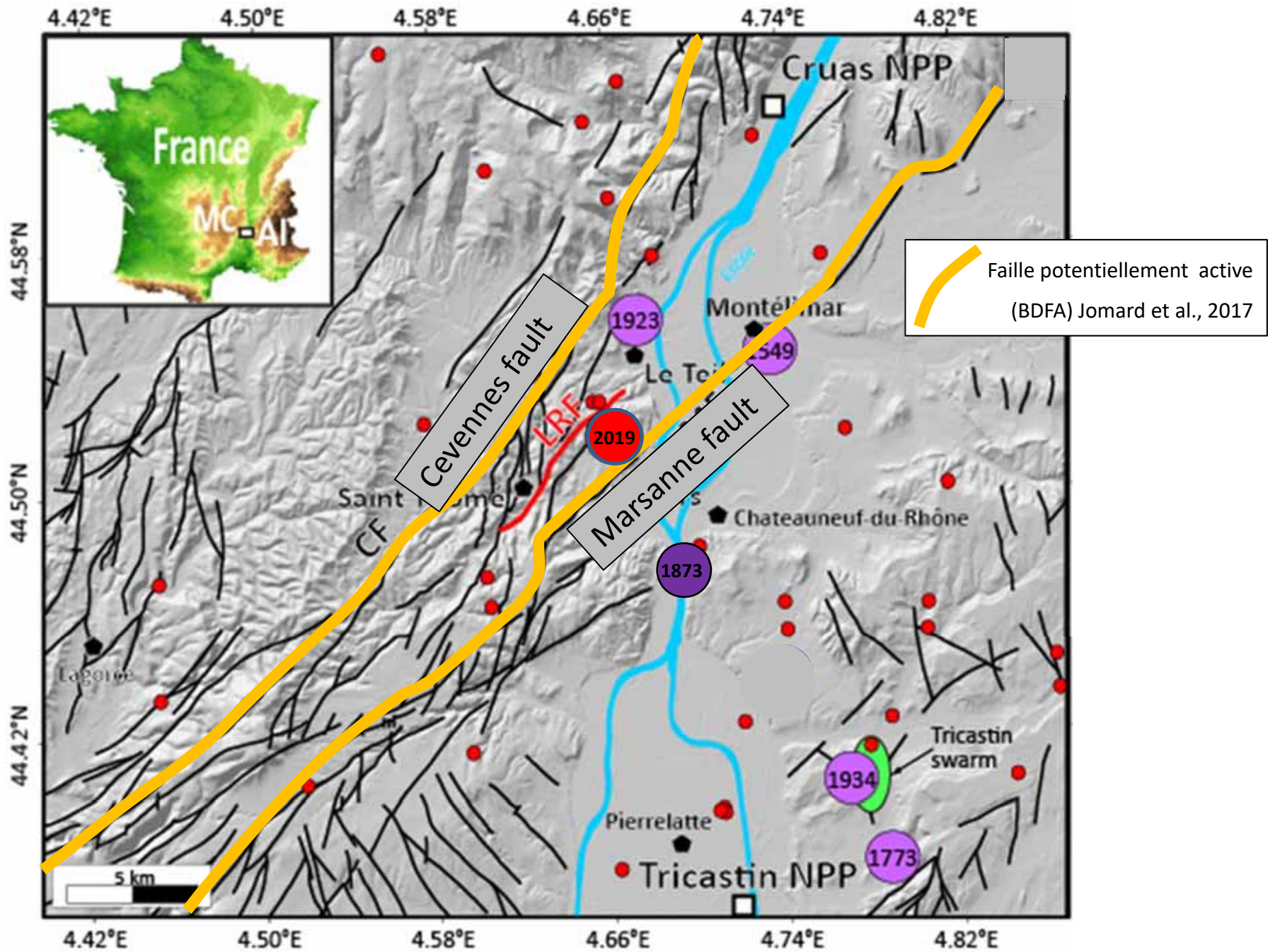
3 : Géoazur, Univ. Côte d'Azur, CNRS, Observatoire de la Côte d'Azur, IRD, Valbonne

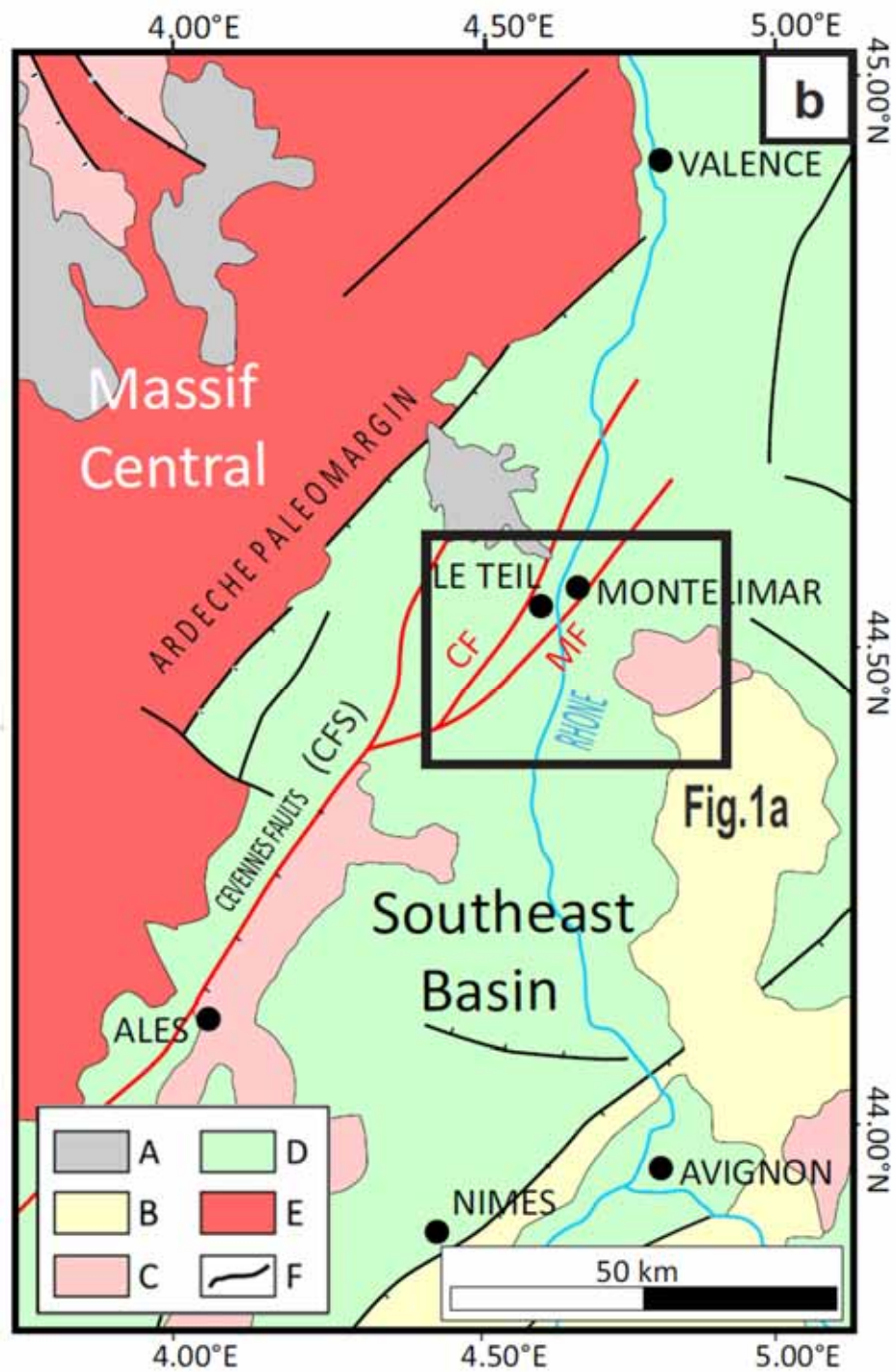
4 : ISTerre, Univ. de Grenoble Alpes, CNRS, IRD, Grenoble, France

5: Terradue Srl, Rome

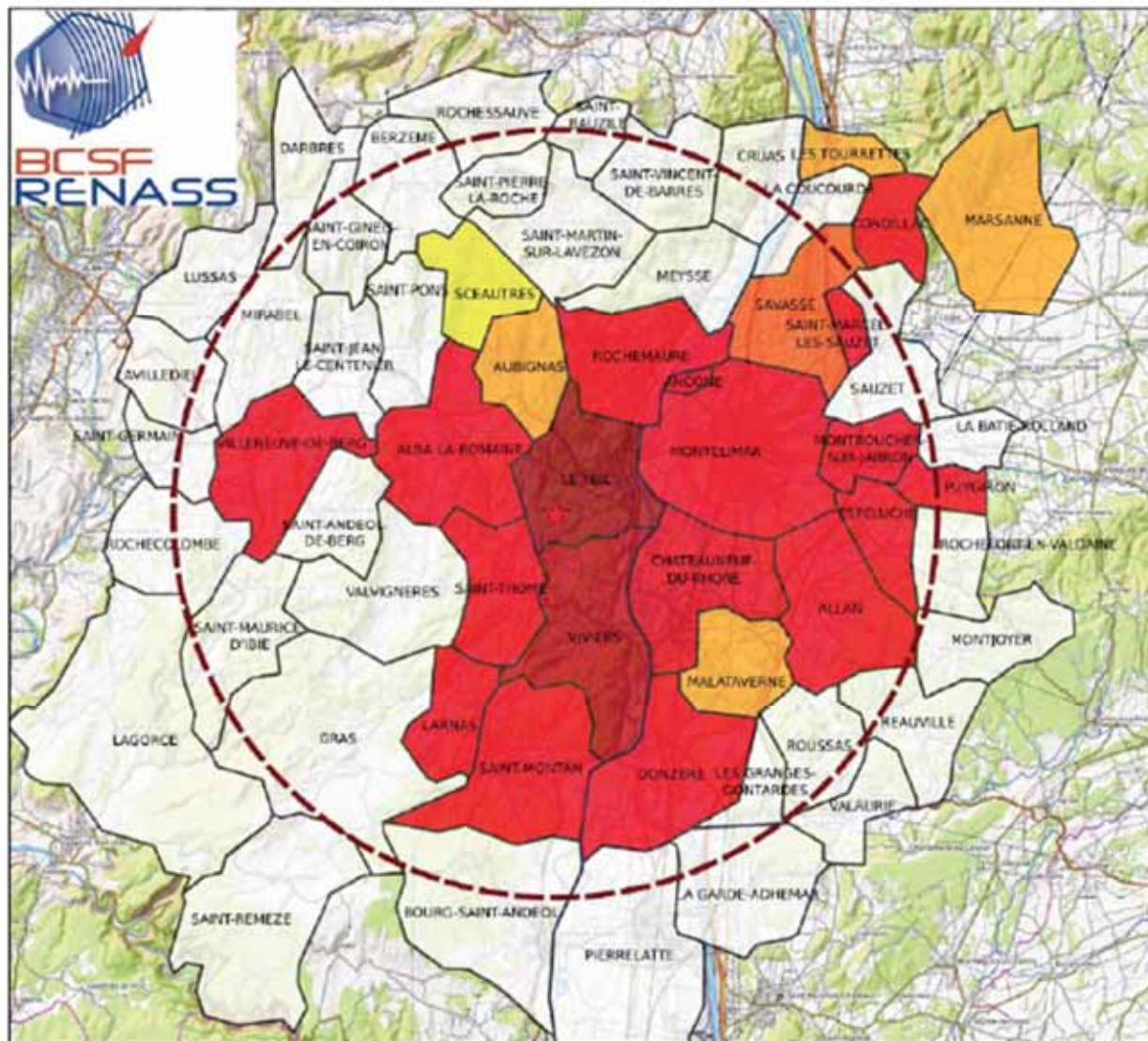
**Financement : CNRS-INSU + Laboratoires GM, Géoazur, ISTerre, IRSN**











Background: Open Street Map







Cartography: Elise Beck, Pacte-Grenoble

**Carte des intensités EMS98 estimées par le Groupe d'Intervention Macrosismique (GIM)**

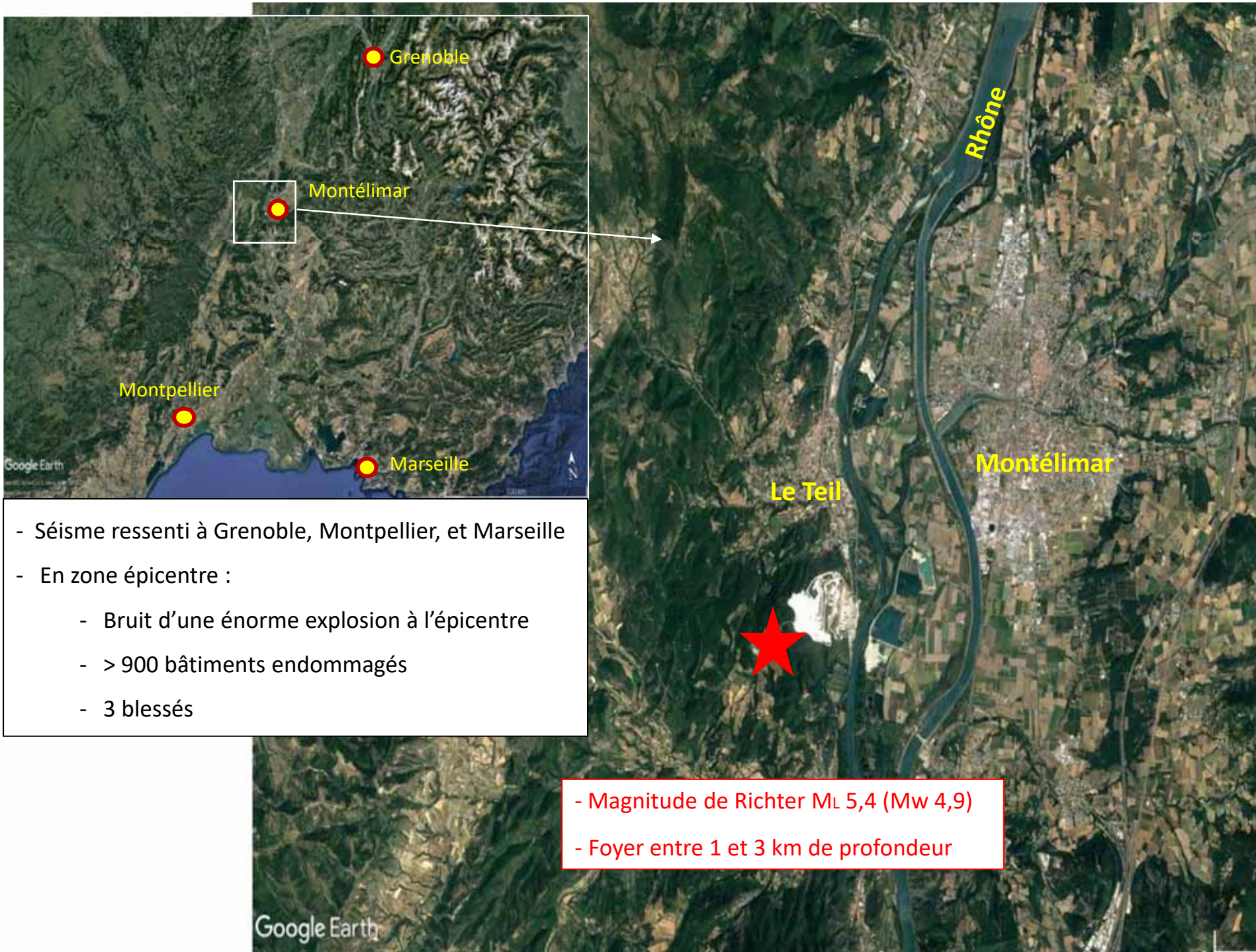
**(Enquête de terrain réalisée entre le 18 et le 22 novembre 2019)**

**Intensités**

**Échelle européenne**

EMS-98 Intensité	Ressenti	Effets	Magnitude (Approximation)	Dégâts des bâtiments (Maçonnerie)
I	Non ressenti	Non ressenti		
II-III	Faible	Ressenti à l'intérieur des habitations par quelques personnes. Les personnes au repos ressentent une vibration ou un léger tremblement.		
IV	Léger	Ressenti à l'intérieur des habitations par de nombreuses personnes, à l'extérieur par très peu. Quelques personnes sont réveillées. Les fenêtres, les portes et la vaisselle vibrent.	2	
V	Modéré	Ressenti à l'intérieur des habitations par la plupart, à l'extérieur par quelques personnes. De nombreux dormeurs se réveillent. Quelques personnes sont effrayées. Les bâtiments tremblent dans leur ensemble. Les objets suspendus se balancent fortement. Les petits objets sont déplacés. Les portes et les fenêtres s'ouvrent ou se ferment.	3	
VI	Fort	De nombreuses personnes sont effrayées et se précipitent dehors. Chute d'objets. De nombreuses maisons subissent des dégâts non structuraux comme de très fines fissures et des chutes de petits morceaux de plâtre.	4	
VII	Très fort	La plupart des personnes sont effrayées et se précipitent dehors. Les meubles se déplacent et beaucoup d'objets tombent des étagères. De nombreuses maisons ordinaires bien construites subissent des dégâts modérés: petites fissures dans les murs, chutes de plâtres, chutes de parties de cheminées; des bâtiments plus anciens peuvent présenter de larges fissures dans les murs et la défaillance des cloisons de remplissage.	4	
VIII	Violent	De nombreuses personnes éprouvent des difficultés à rester debout. Beaucoup de maisons ont de larges fissures dans les murs. Quelques bâtiments ordinaires bien construits présentent des défaillances sérieuses des murs, tandis que des structures anciennes peu solides peuvent s'écrouler.	5	
IX	Très violent	Panique générale. De nombreuses constructions peu solides s'écroulent. Même des bâtiments bien construits présentent des dégâts très importants: défaillances sérieuses des murs et effondrement structural partiel.	5	
X+	Extrême	La plupart des bâtiments bien construits s'effondrent, même ceux ayant une bonne conception parasismique sont détruits.	6	

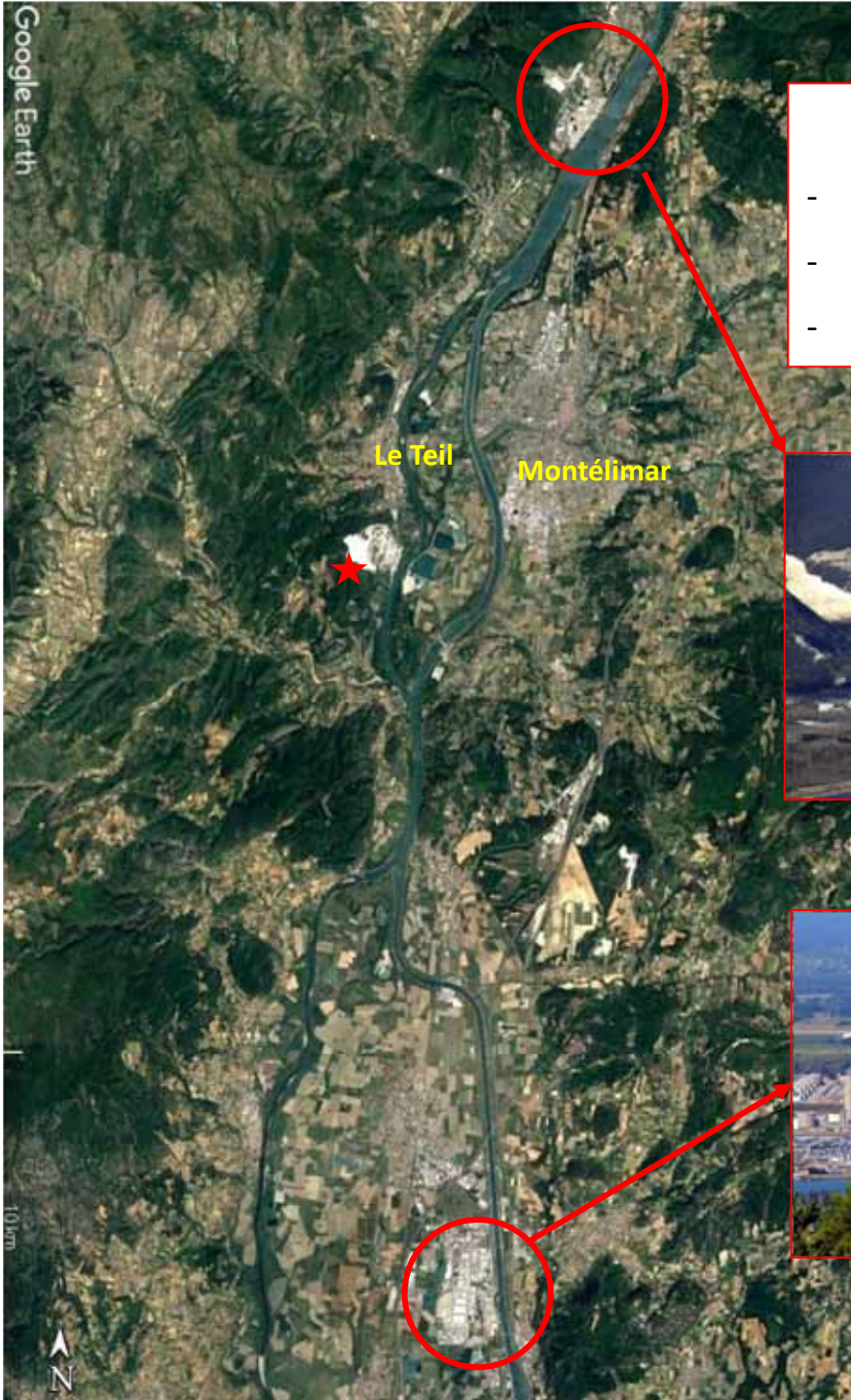




- Séisme ressenti à Grenoble, Montpellier, et Marseille
- En zone épicode :
  - Bruit d'une énorme explosion à l'épicentre
  - > 900 bâtiments endommagés
  - 3 blessés

- Magnitude de Richter  $M_L$  5,4 ( $M_w$  4,9)  
- Foyer entre 1 et 3 km de profondeur





### Vallée du Rhône :

- Forte densité de population
- forte activité industrielle
- 2 centrales nucléaires (à 13 et 20 km de l'épicentre)



*Centrale nucléaire de Cruas*



*Centrale nucléaire de Tricastin*





- Vieilles maisons très endommagées voire écroulées
- Nombreuses fissures dans les mur porteurs
- Plafonds écroulés



- intérieurs de maisons très endommagés :
- déménagement des habitants
- relogement pour plusieurs mois
- destruction des bâtiments irréparables

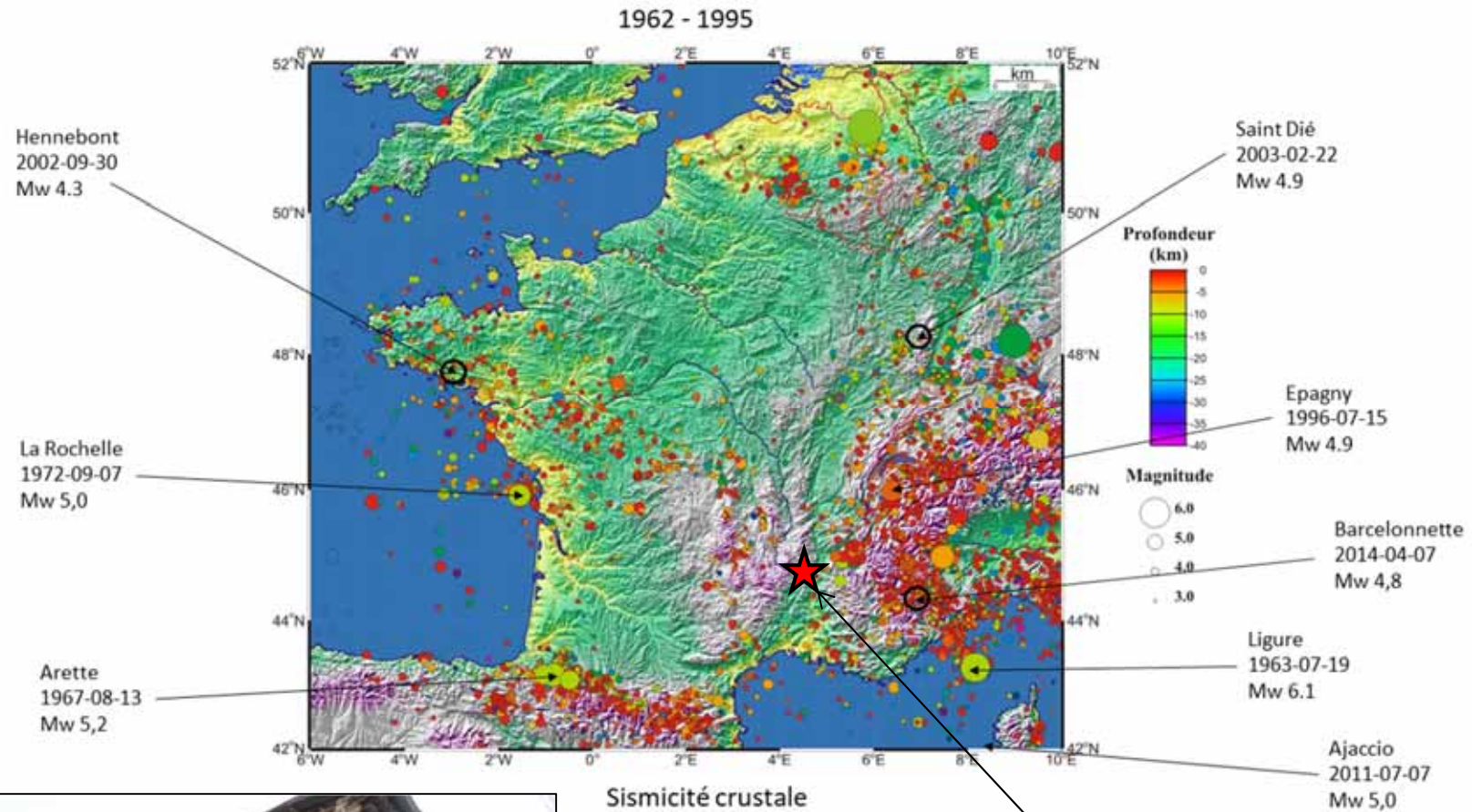






Eboulements des talus





### Séisme du Teuil

- > 900 maisons et bâtiments sérieusement endommagés au Teuil, avec risque d'aggravation ou d'effondrement.
- Perte économique ~50 M€.
- Séisme le plus destructeur depuis le tremblement de terre d'Arette (Pyrénées) en 1967 (ML 5.3, MSK VII-VIII)

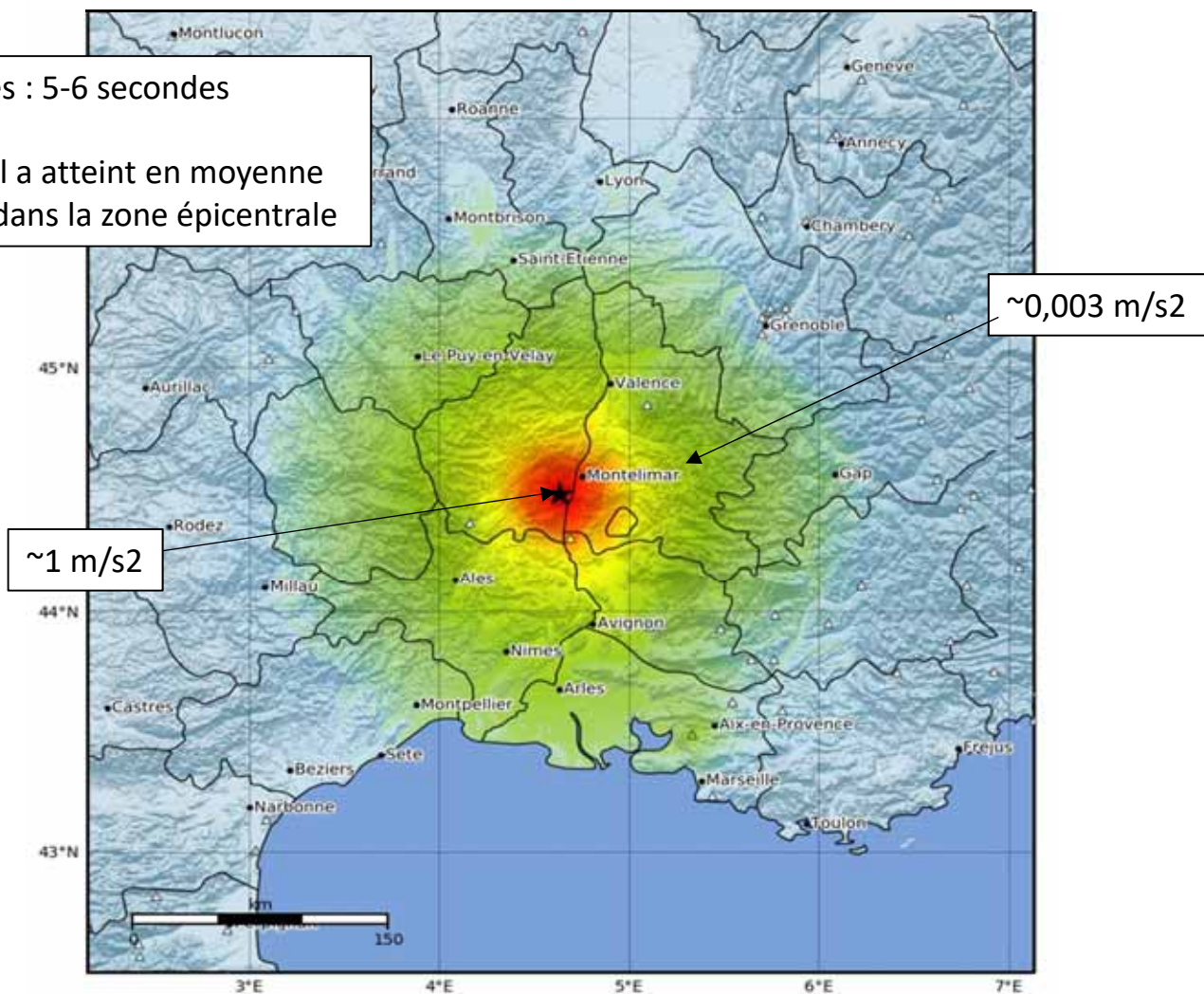




## Carte des intensités macrosismiques et des accélérations du sol (Observatoire de la Cote d'Azur - OCA)

Durée des secousses : 5-6 secondes

L'accélération du sol a atteint en moyenne entre 0,05 et 0,1 g dans la zone épiscopentrale



SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
DAMAGE	None	None	None	Very light	Light	Moderate	Moderate/heavy	Heavy	Very heavy
PGA(%g)	<0.02	0.07	0.28	1.14	4.71	8.6	15.7	28.7	>52.4
PGV(cm/s)	<0.01	0.03	0.13	0.54	2.33	5.52	13.1	31	>73.3
INTENSITY	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX

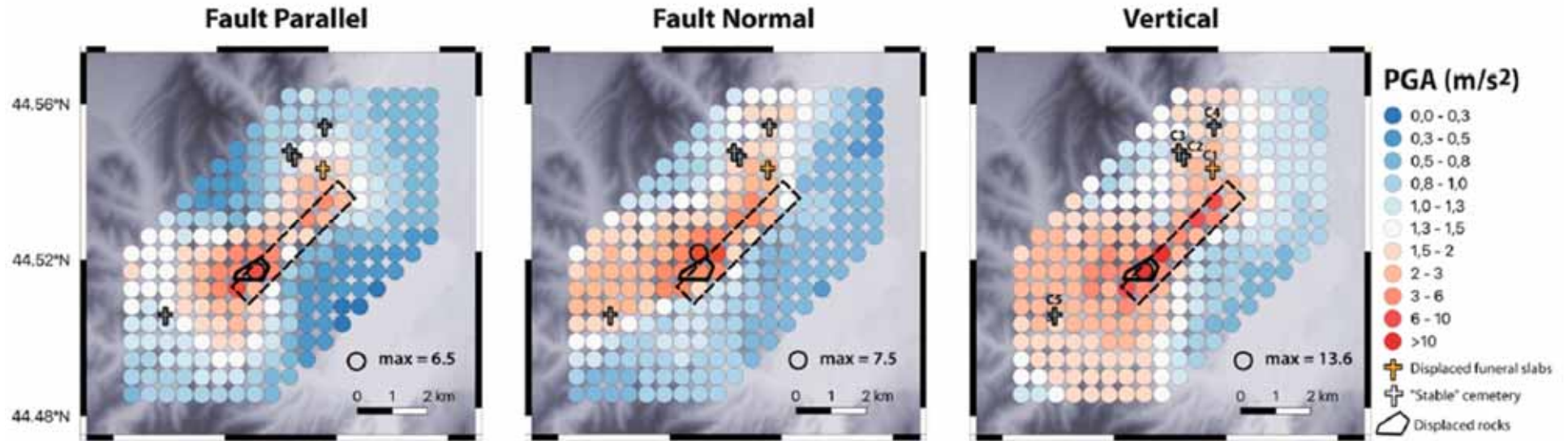
Scale EMS 98, based on Caprio et al. (2015)

Version 1: Processed 2019-11-13T13:13:54Z

△ Seismic Instrument ○ Macroseismic Observation ★ Epicenter

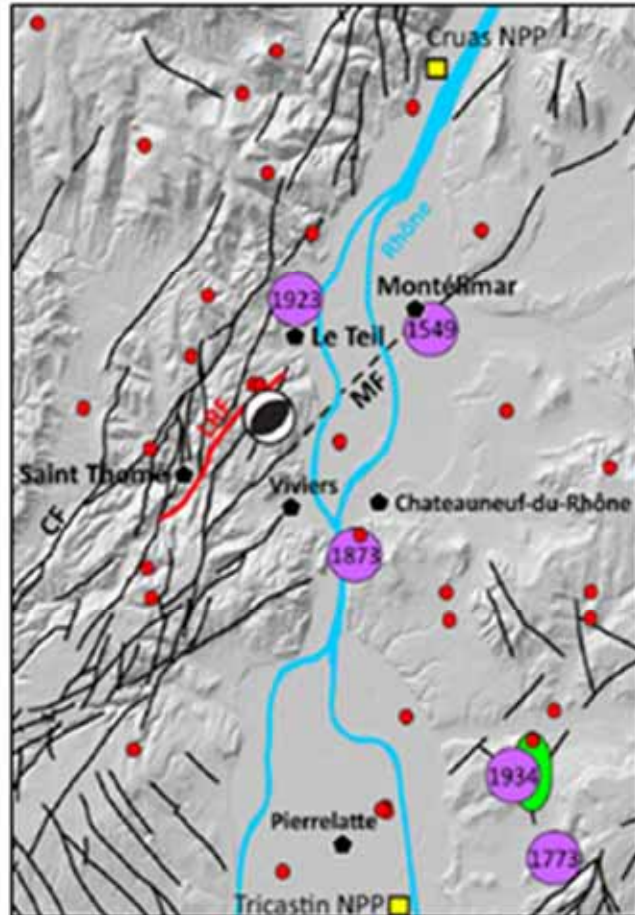


# Mouvement forts (accélération du sol)





La région avait déjà connu quelques séismes dans la période historique



**8 August 1873**  
(estimated magnitude Mw 4.1)

Chateauneuf  
Donzère  
Viviers



La montagne de Navon, entre Châteauneuf et Donzère, se serait fendue lors des secousses du 8 août 1873. Signalons aussi que l'eau des puits et des sources fut troublée par les vibrations du sol.  
Ratz, 1998

"The Navon mountain between Chateauneuf and Donzère would have split during the tremors of August 8, 1873".

Beams supporting house walls badly damaged at Chateauneuf-sur-Rhône

Le préfet de la Drôme,

Considérant que dans les communes de la gare d'Adhémar, de Saint-Paul-Trois-Châteaux, de Montélimar, de Donzère, Châteauneuf, Saint-Martaud, Bourg-Saint-Andéol et autres lieux, diverses secousses de tremblement de terre se sont produites, dans la nuit du 7 au 8 août, et ont eu de graves conséquences ;

Que notamment à Donzère, l'église a été presque totalement démolie, beaucoup de maisons effondrées, ce qui a produit une panique générale et une émigration en masse de la population ; qu'à Valorie des murs se sont écroulés et des petits enfants ont été jetés hors de leur berceau ; qu'à la gare d'Adhémar beaucoup de maisons donnent de grandes inquiétudes ;

Considérant que, quinze jours auparavant on avait déjà senti sur le territoire du département quelques secousses de tremblement de terre, et que, selon toute apparence, les causes persistent et que le phénomène a une tendance fâcheuse à se renouveler ;

Vu notre arrêté en date du..., nommant une commission chargée d'étudier le phénomène ;

Vu le rapport de la commission,

Arrête :

Art. 1<sup>er</sup>. Les tremblements de terre sont formellement interdits dans toute l'étendue du département de la Drôme.

Art. 2. Les piqueurs des ponts et chaussées, agents voyers, cantonniers, gardes champêtres, dresseront procès-verbal aux contrevenants, lesquels seront traduits immédiatement devant les tribunaux de simple police.

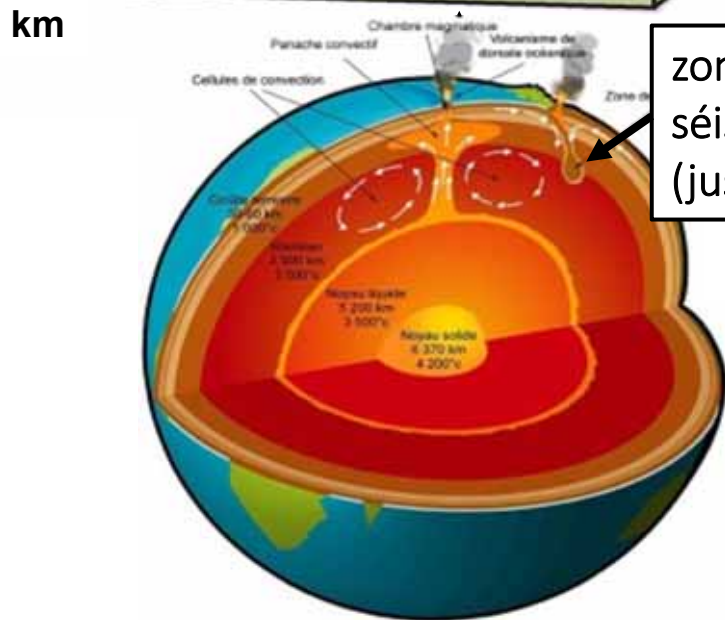
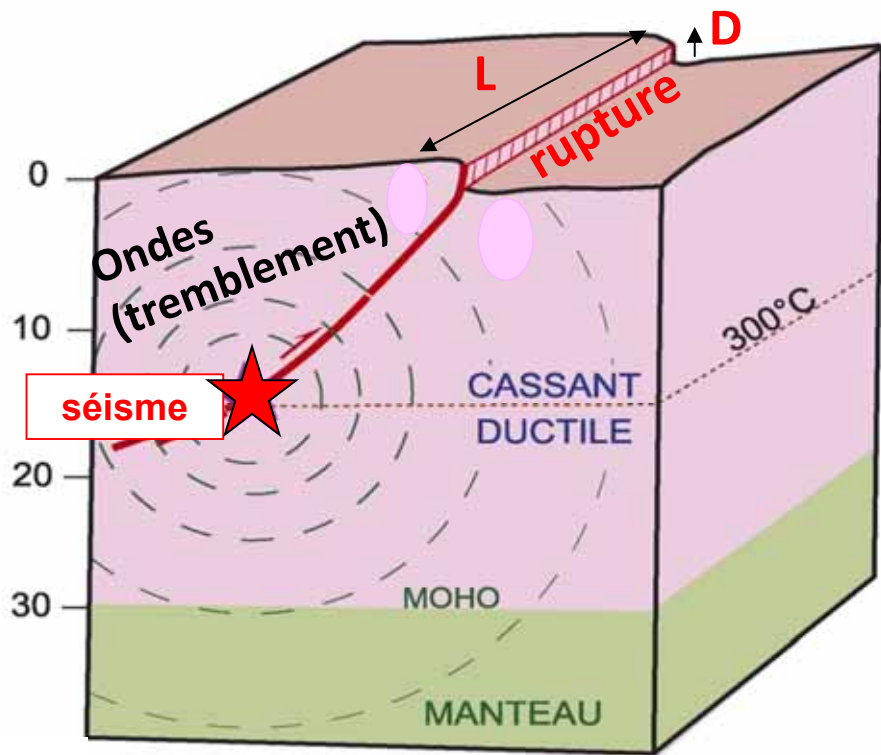
Art. 3. Les maires et les commissaires de police cantonaux sont chargés de l'exécution du présent arrêté.



19 mai 1934, Valaurie, Mw 3,5



L'instituteur fait cours sur la route après le séisme  
(document Le Petit Marseillais)



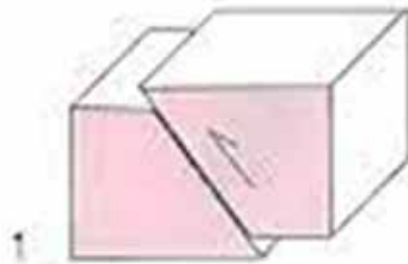
Magnitude	Longueur (km)	Déplacement (m)
Mw	L	D
9	1000	15
8	300	5
7	50	1.5
6	10	0.2
5	3	0.05
4	1	0.02

La rupture atteint la surface

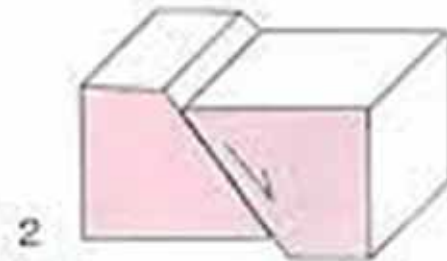
$$M_w = 2/3 \log (\mu * L * l * D) - 6.1$$



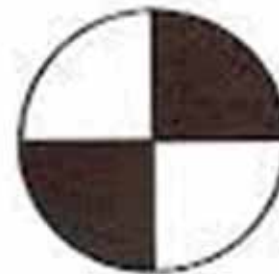
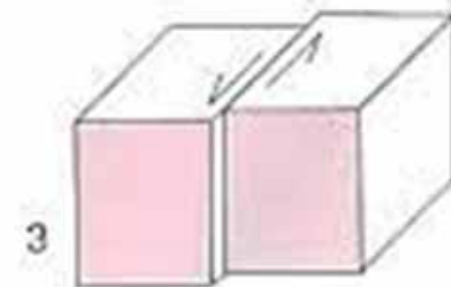
**Les 3 principaux types de mouvements sur une faille (« mécanismes »)  
(et leur représentation en sismologie)**



**Faille inverse**

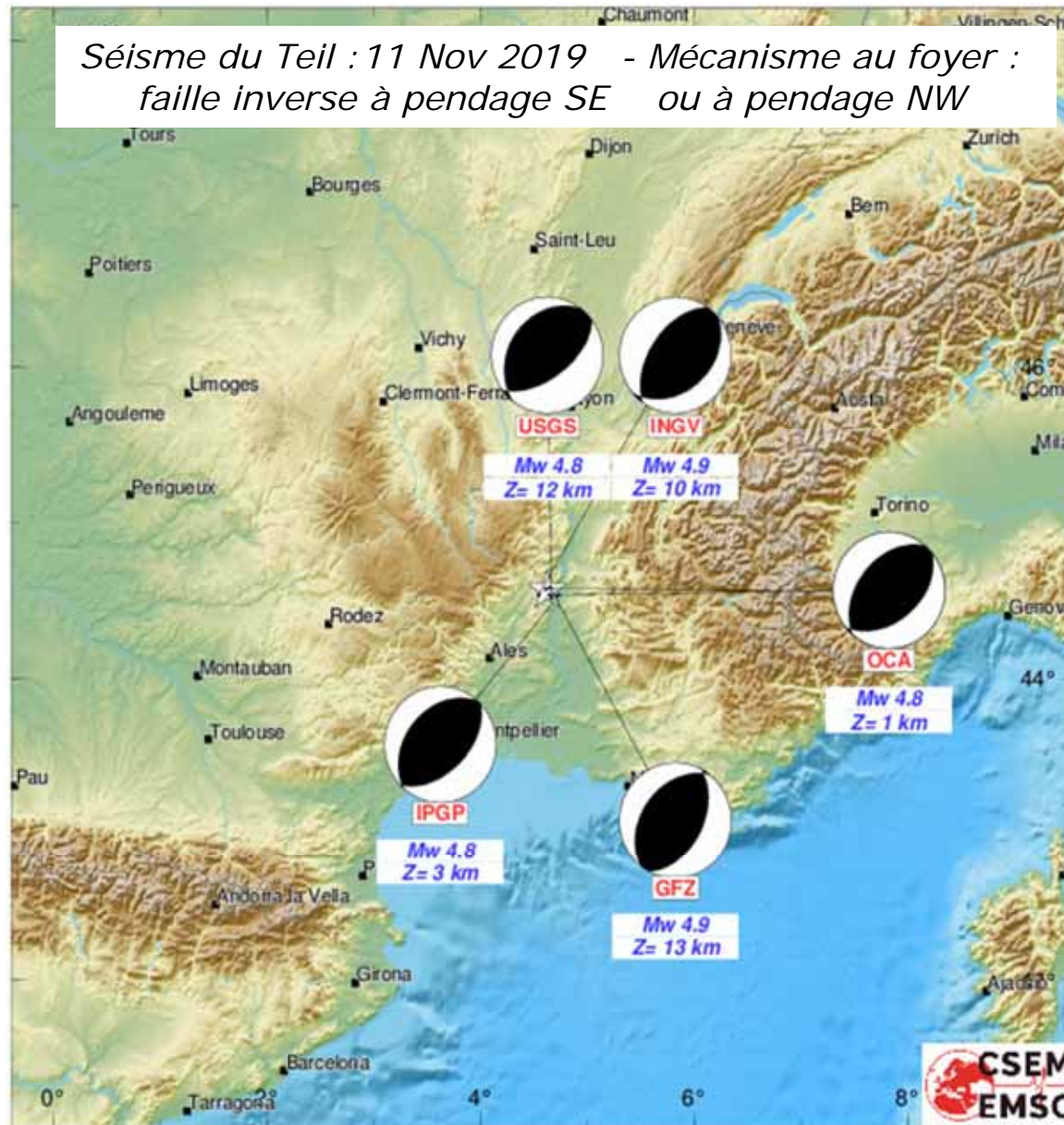


**Faille normale**



**Faille décrochante**

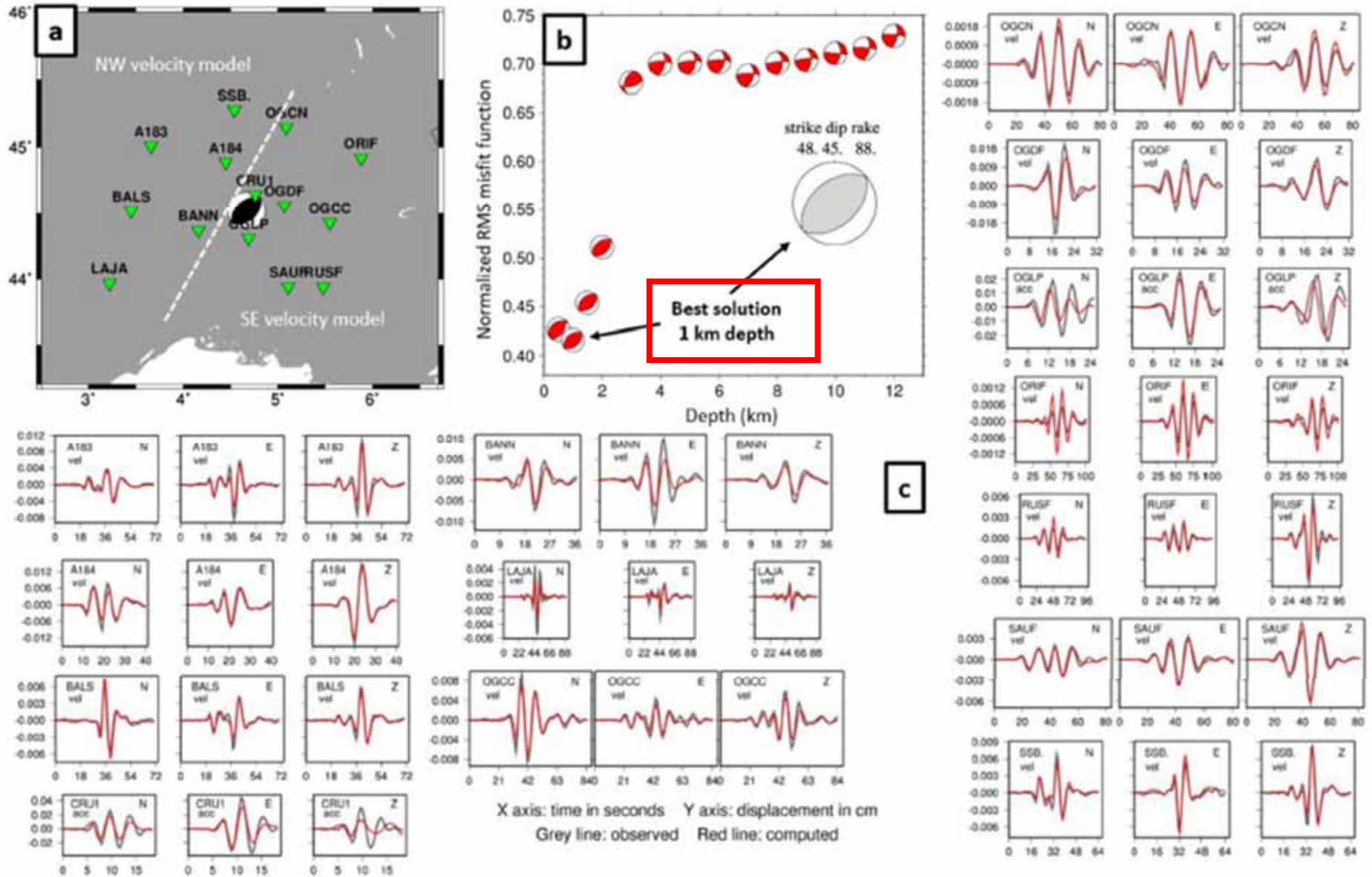
*Séisme du Teil : 11 Nov 2019 - Mécanisme au foyer :  
faille inverse à pendage SE ou à pendage NW*



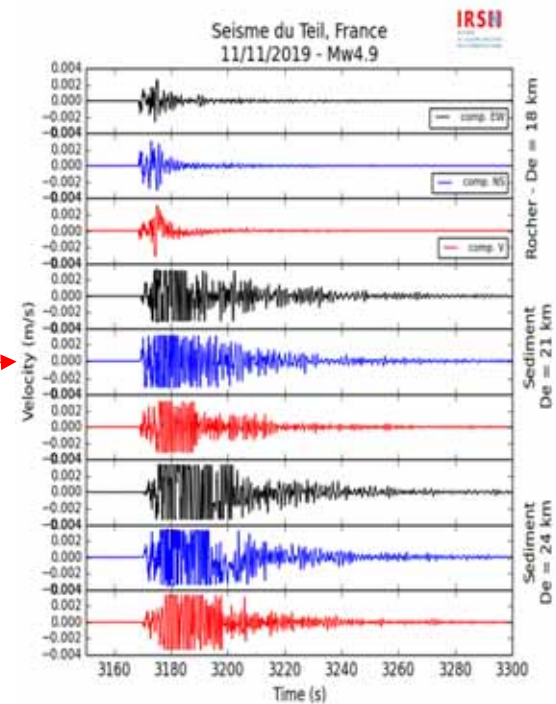
- Political boundaries
- Tectonic plates boundaries



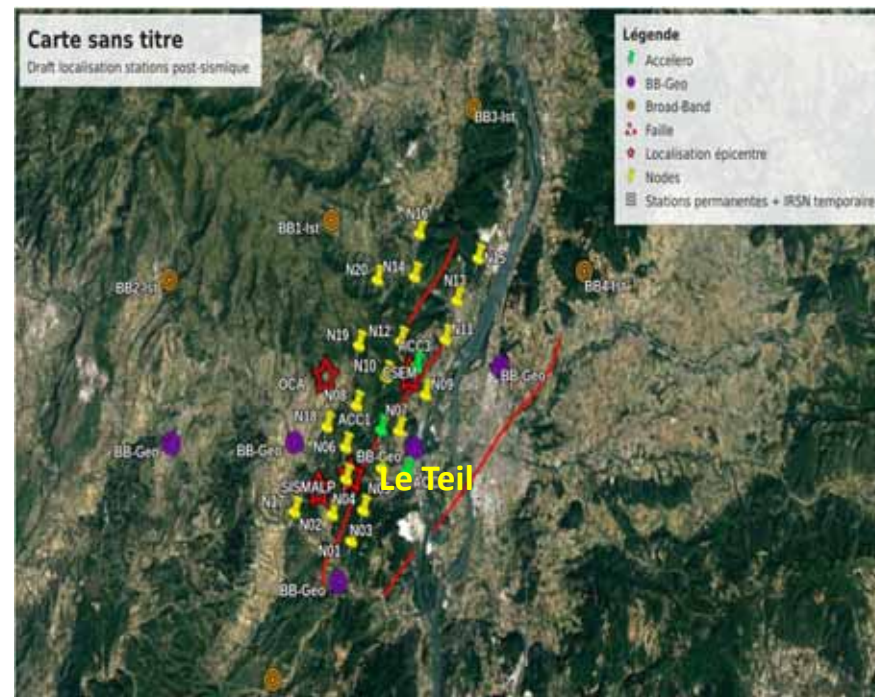
Modélisation des formes d'ondes  $\Rightarrow$  détermination très précise du mécanisme et de la profondeur du foyer



# Intervention post-sismique Enregistrement des répliques

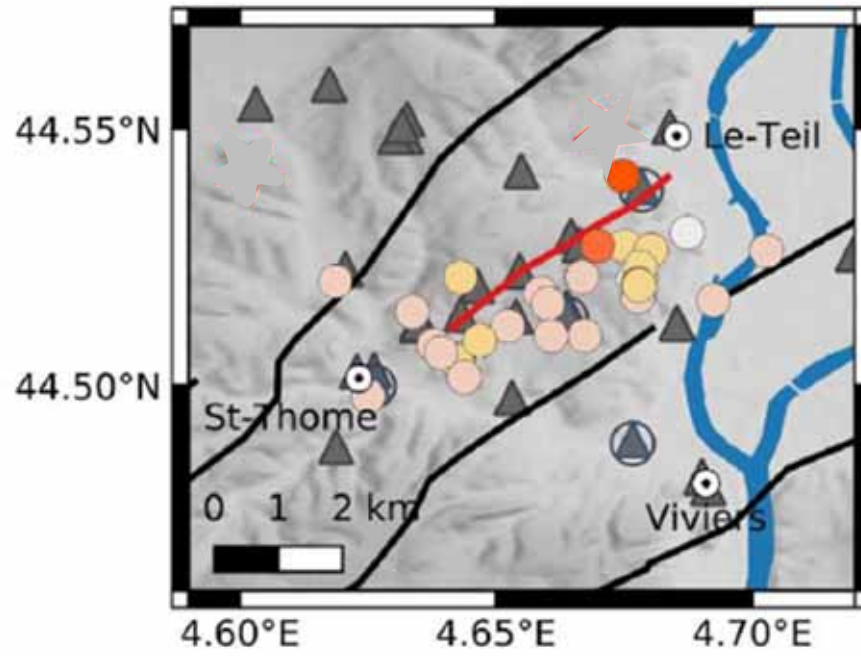


*Installation d'instruments*

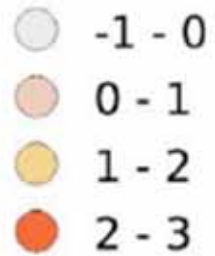




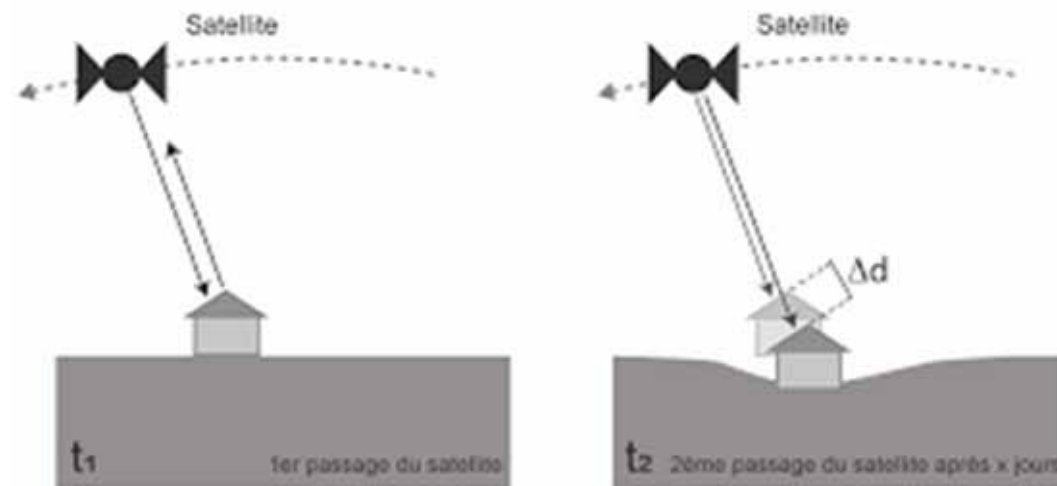
## Répliques (en carte)



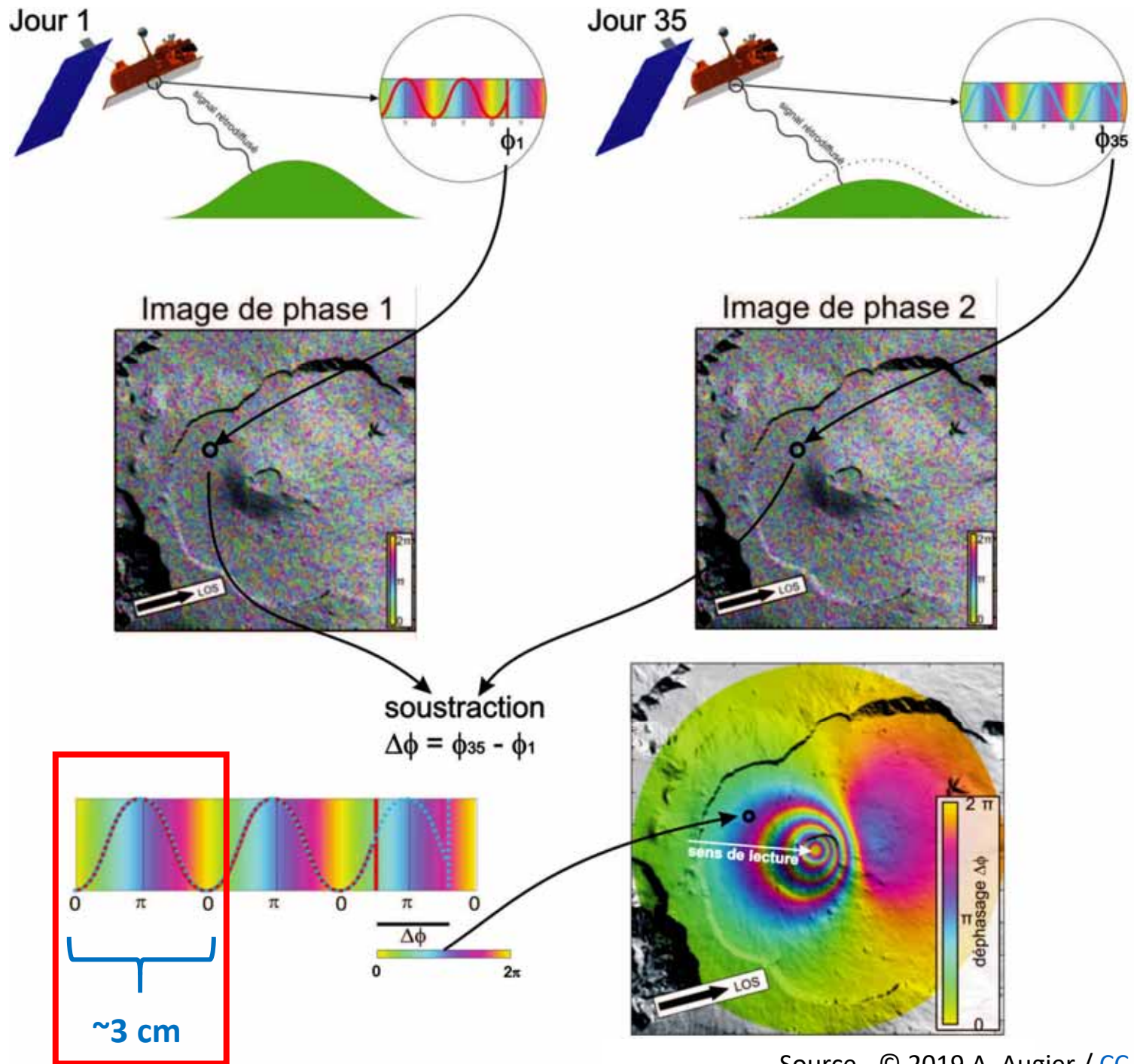
Magnitude MI



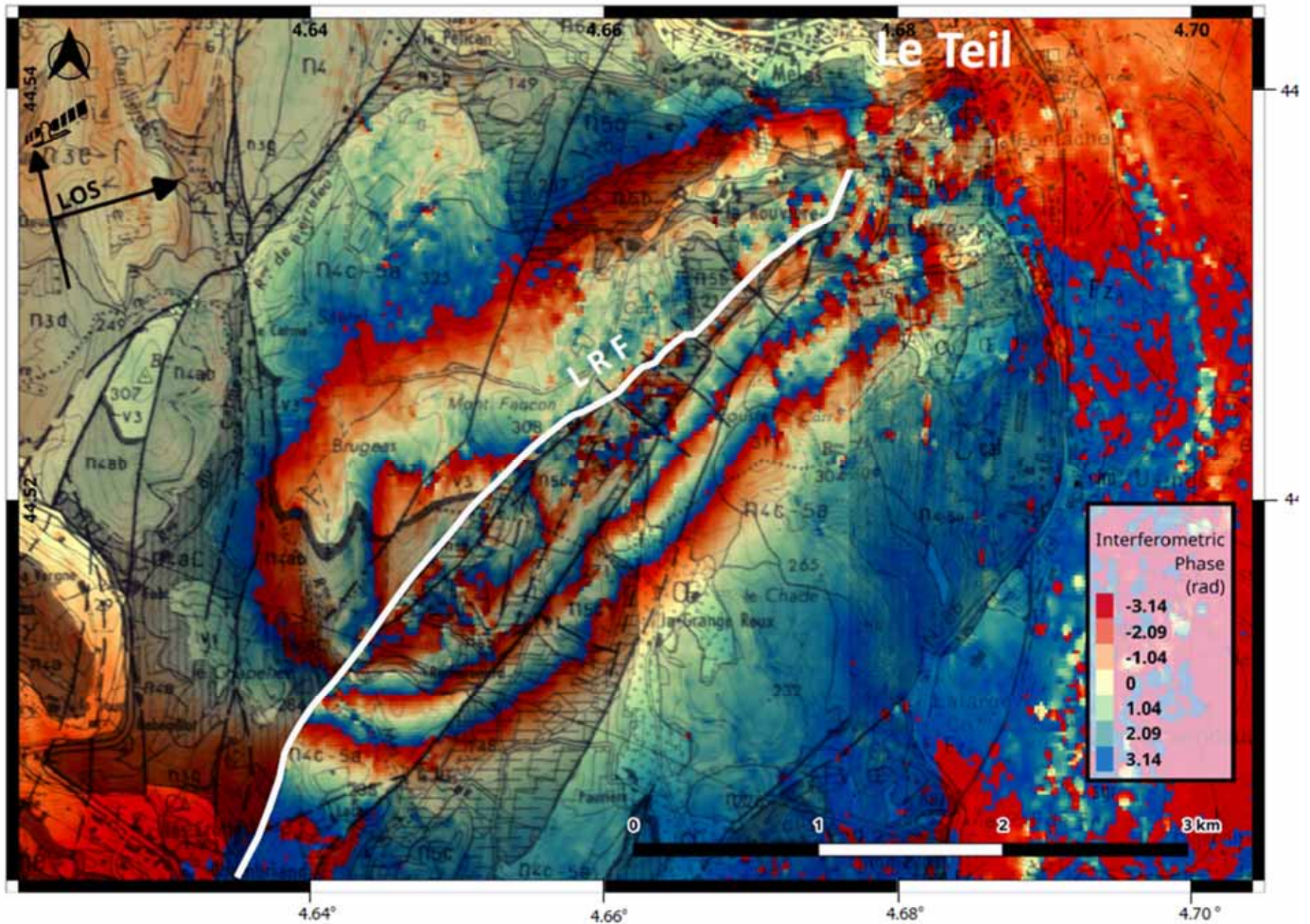
# Interférométrie radar (InSAR)









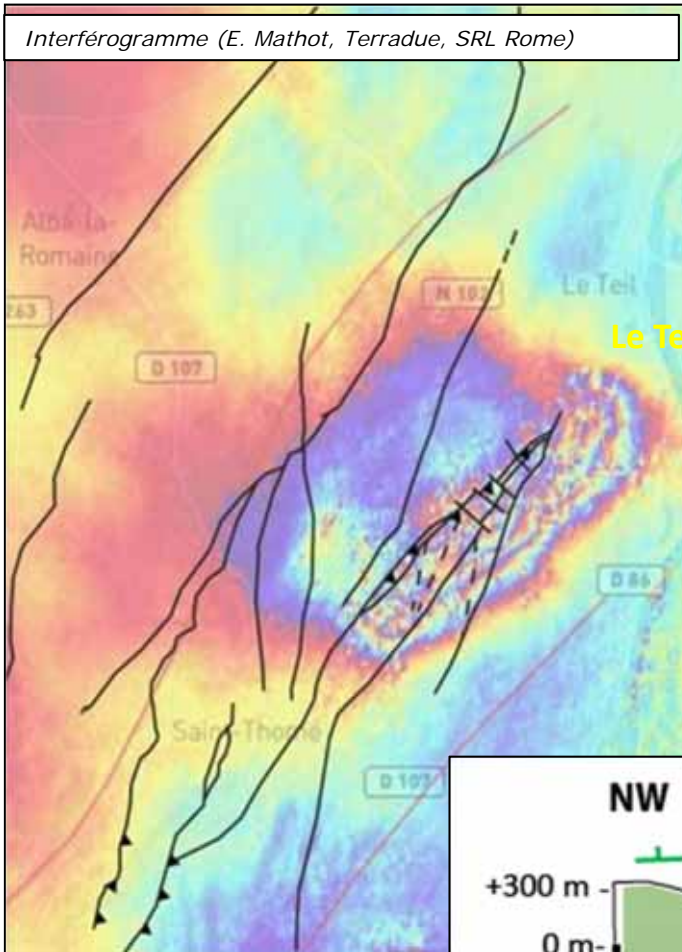


Nombre de franges InSAR (5)  $\Rightarrow$  mouvement vertical d'  $\sim 15$  cm

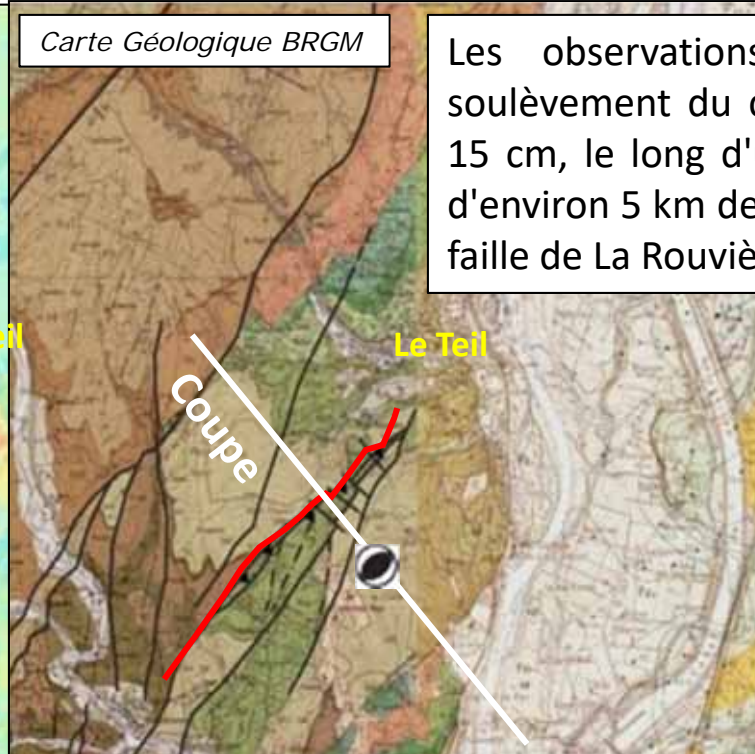
Ritz et al., 2020



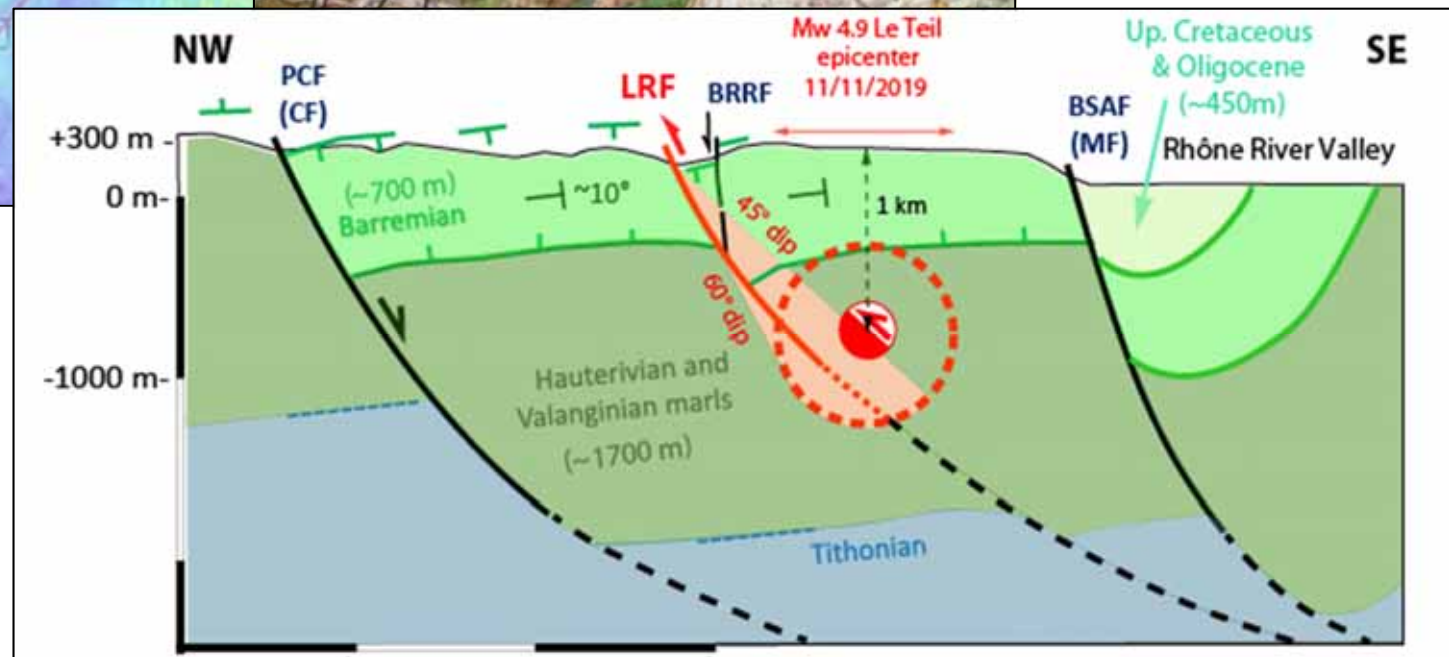
Interférogramme (E. Mathot, Terradue, SRL Rome)



Carte Géologique BRGM

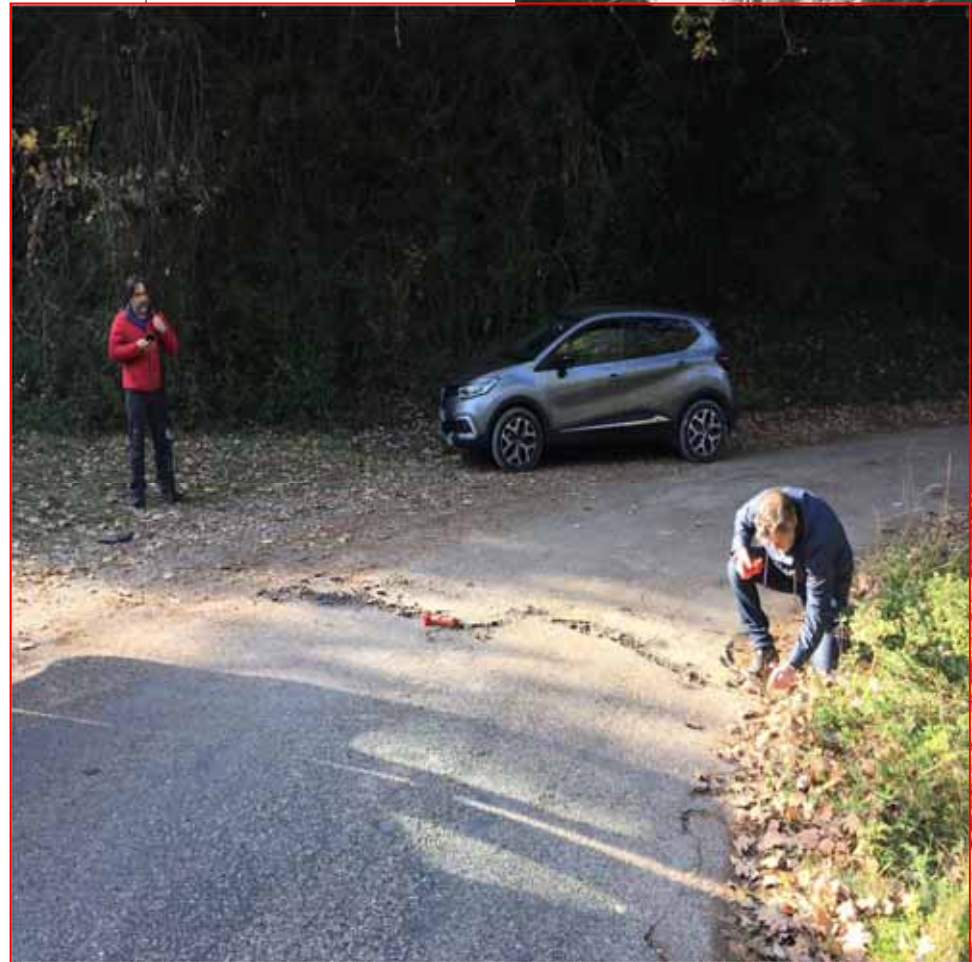


Les observations InSAR indiquent un soulèvement du compartiment SE jusqu'à 15 cm, le long d'une discontinuité NE-SW d'environ 5 km de long, correspondant à la faille de La Rouvière.





# Ruptures de surface





*Recherche des traces de ruptures dans le sol*



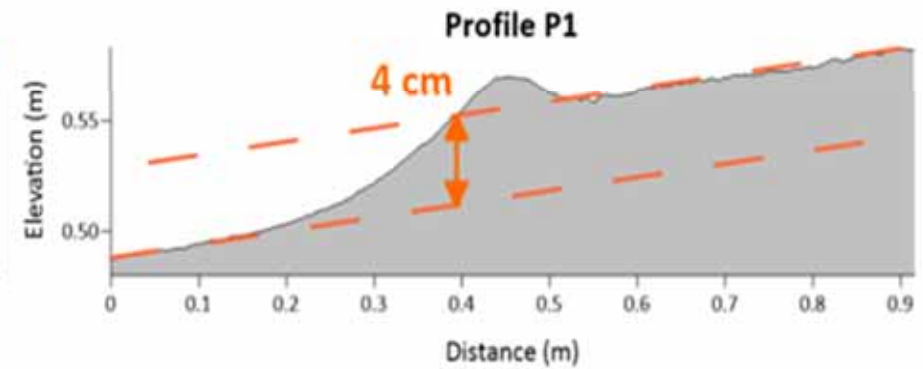
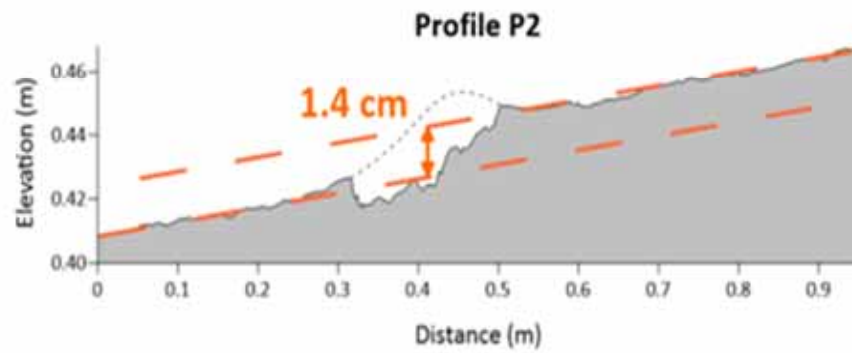
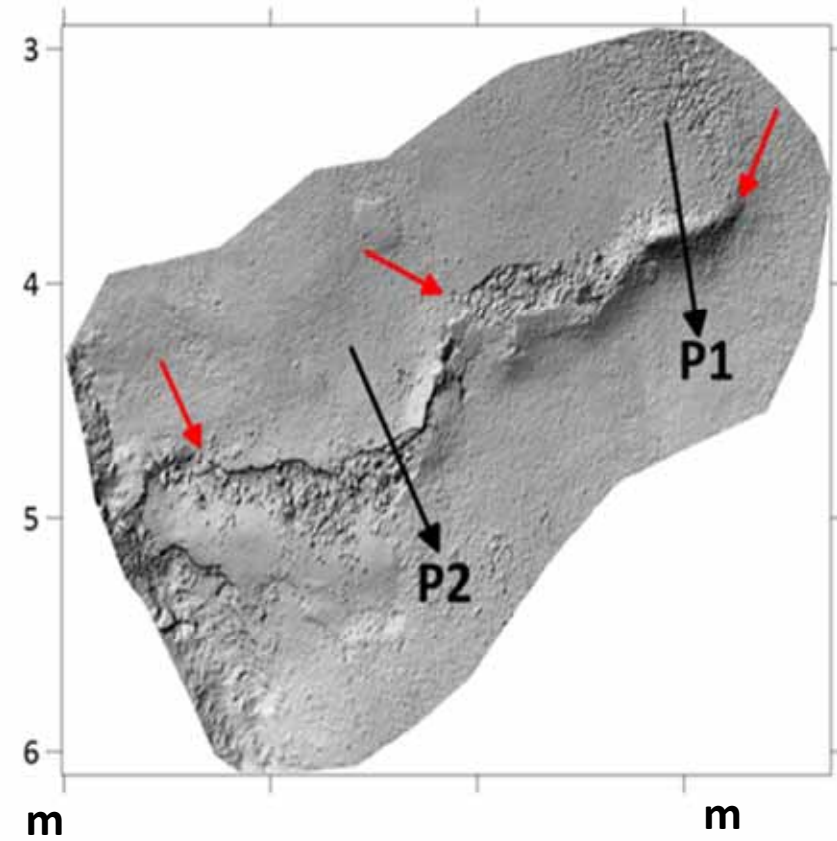






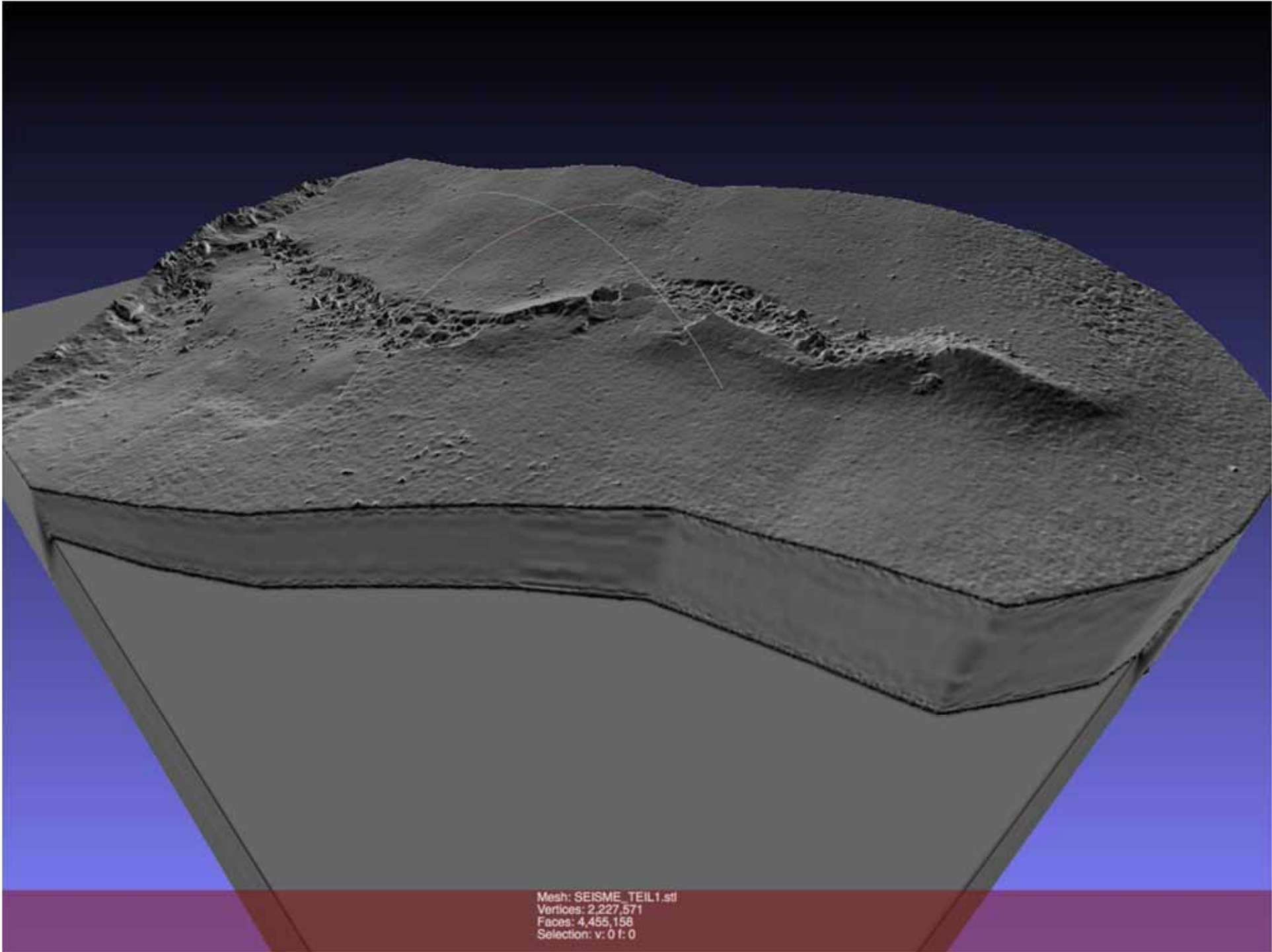




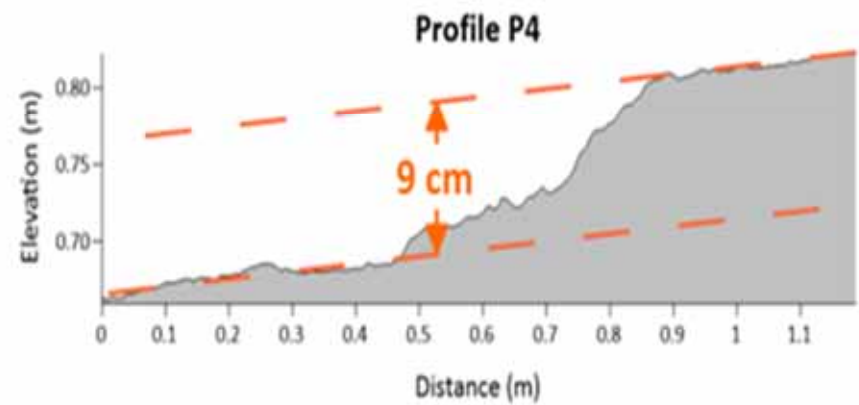
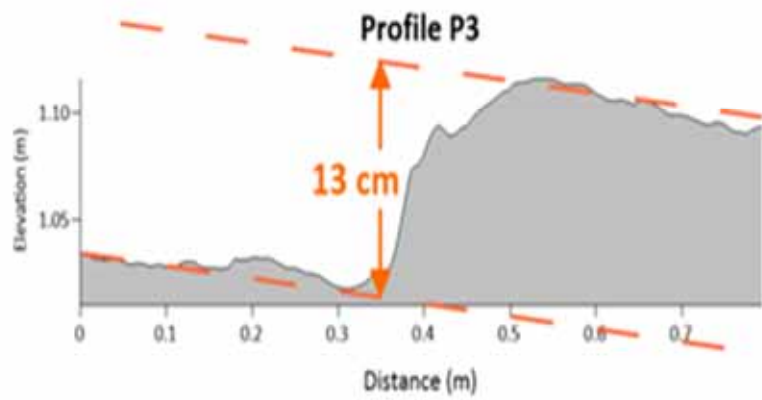
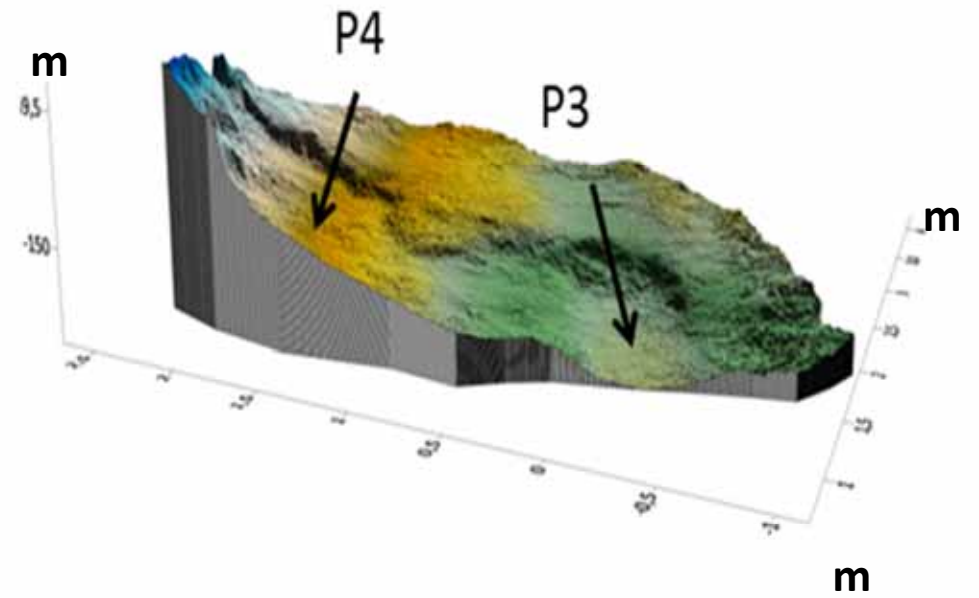


Quantification précise de la déformation de la surface du sol à l'aide d'un scanner laser terrestre (Faro),  
 ⇒ Estimation du soulèvement vertical du compartiment SE compris entre 2,7 et 13 cm

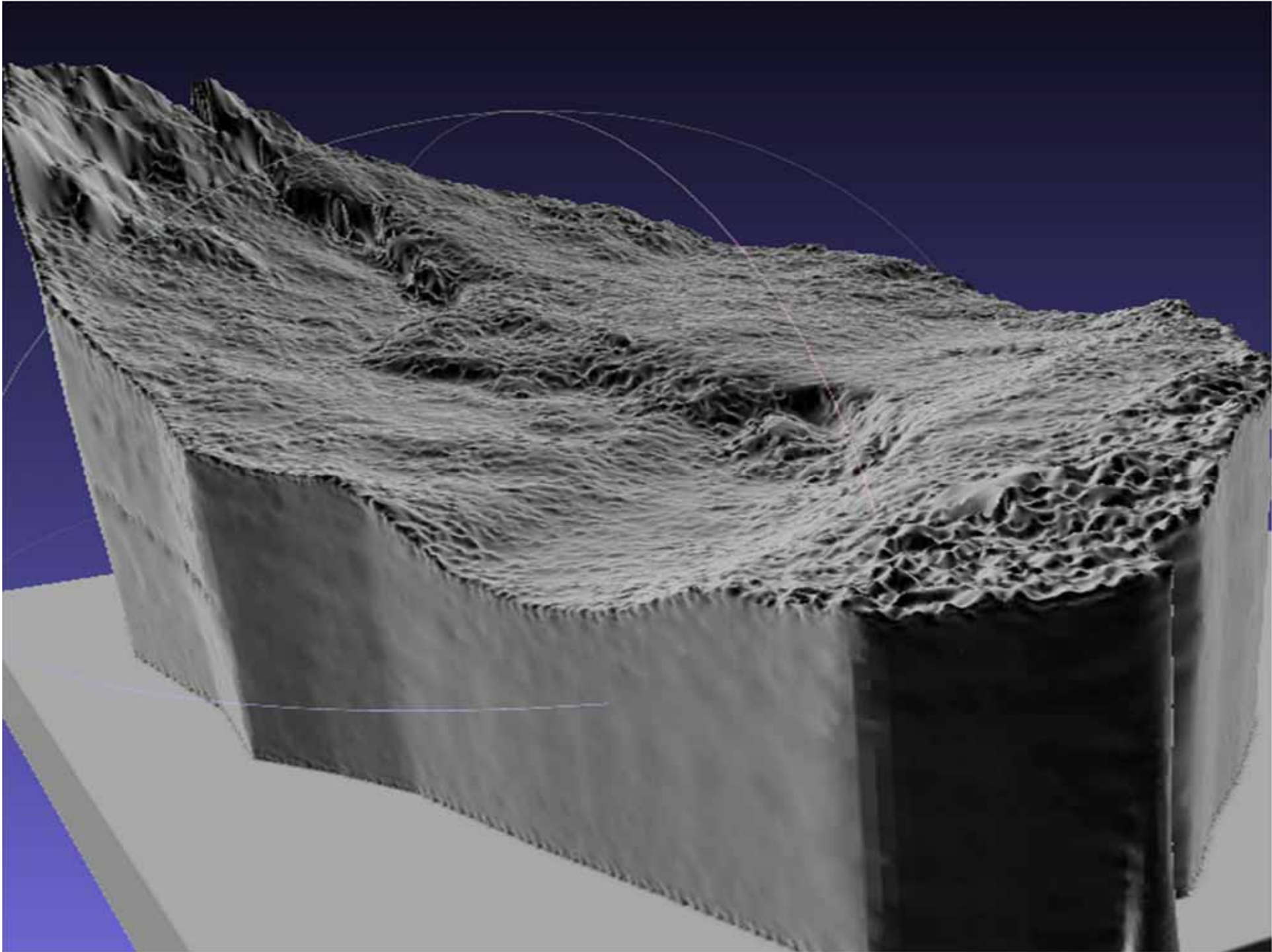




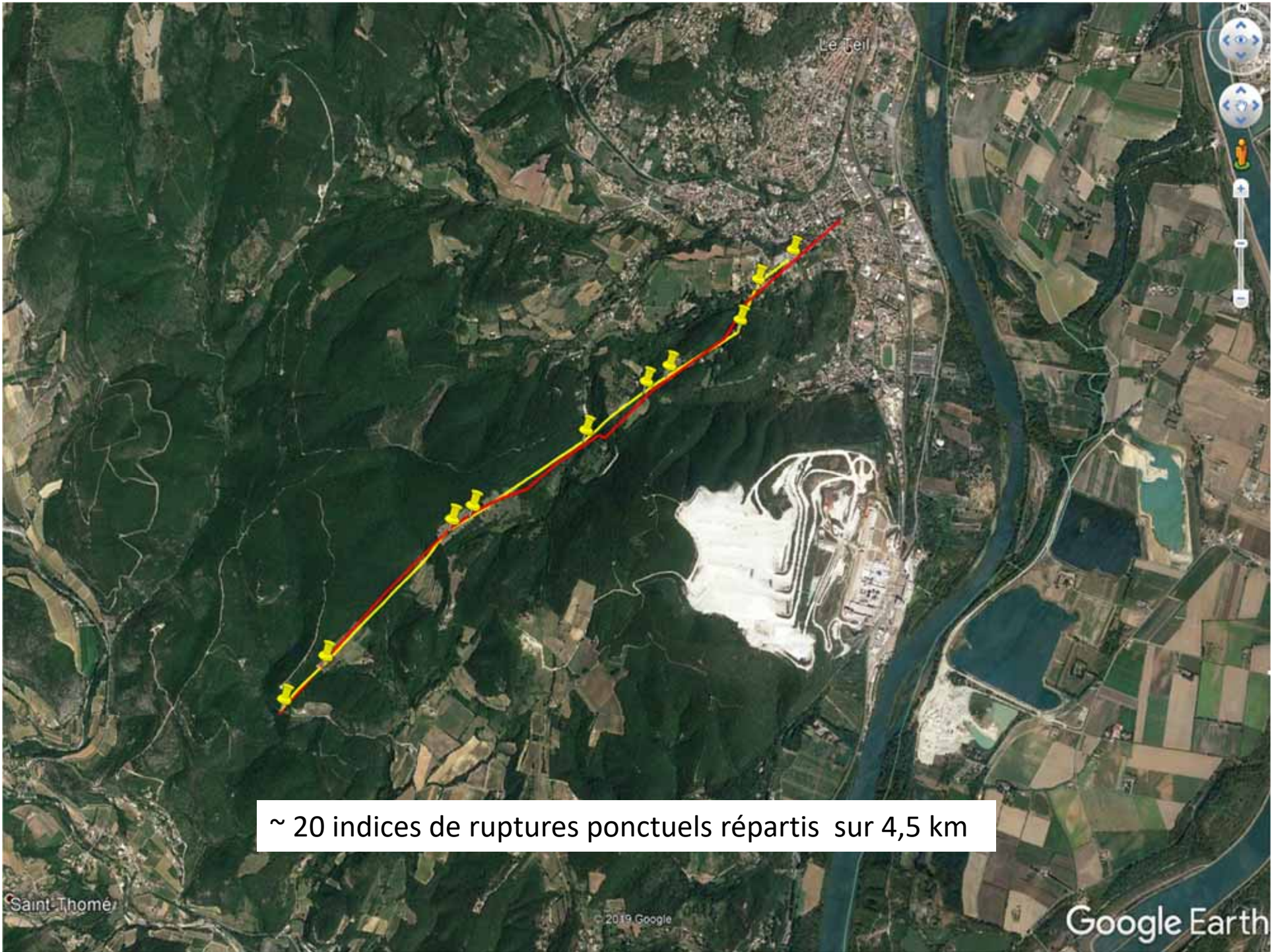
Mesh: SEISME\_TEIL1.stl  
Vertices: 2,227,571  
Faces: 4,455,158  
Selection: v: 0 f: 0









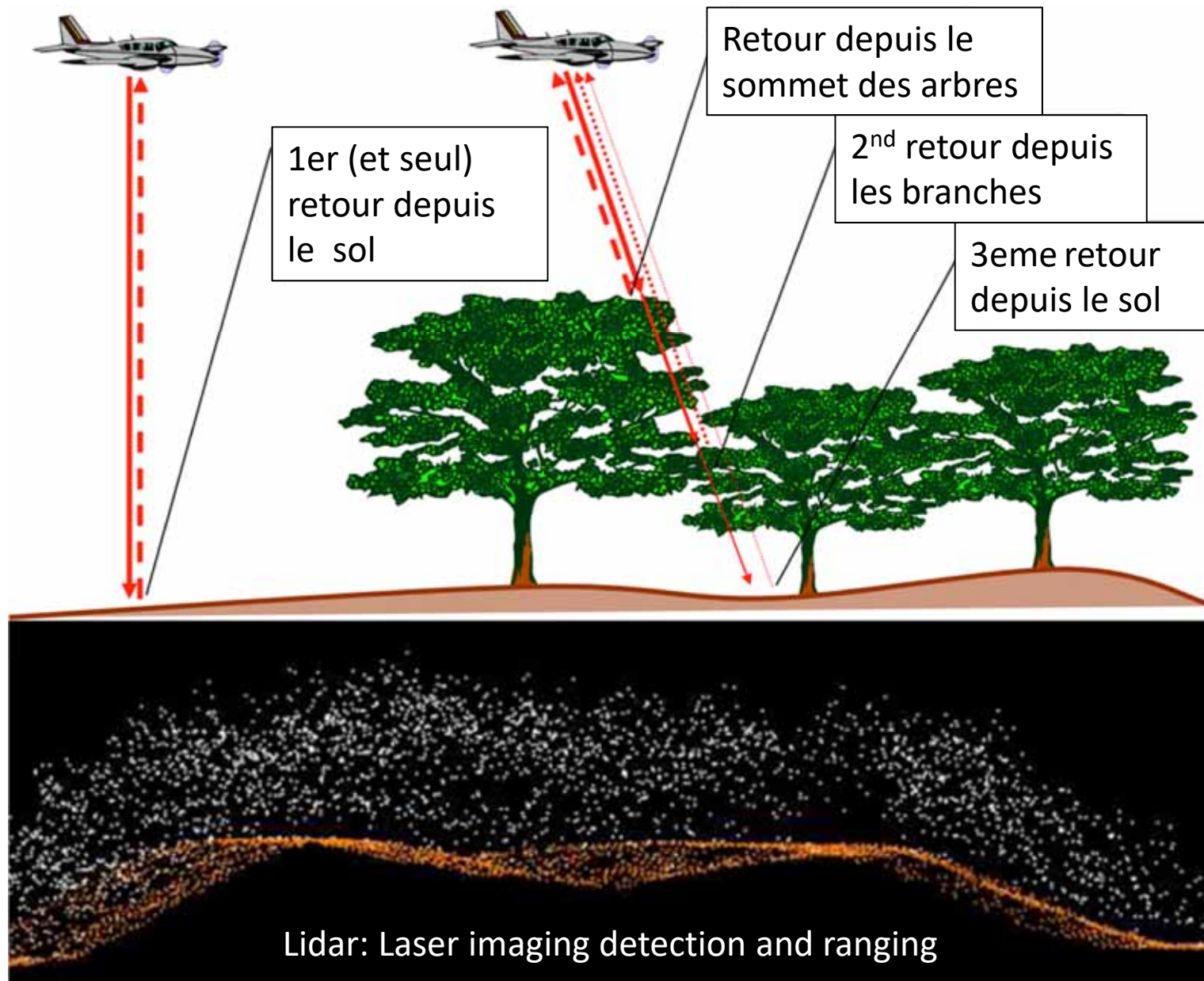


~ 20 indices de ruptures ponctuels répartis sur 4,5 km



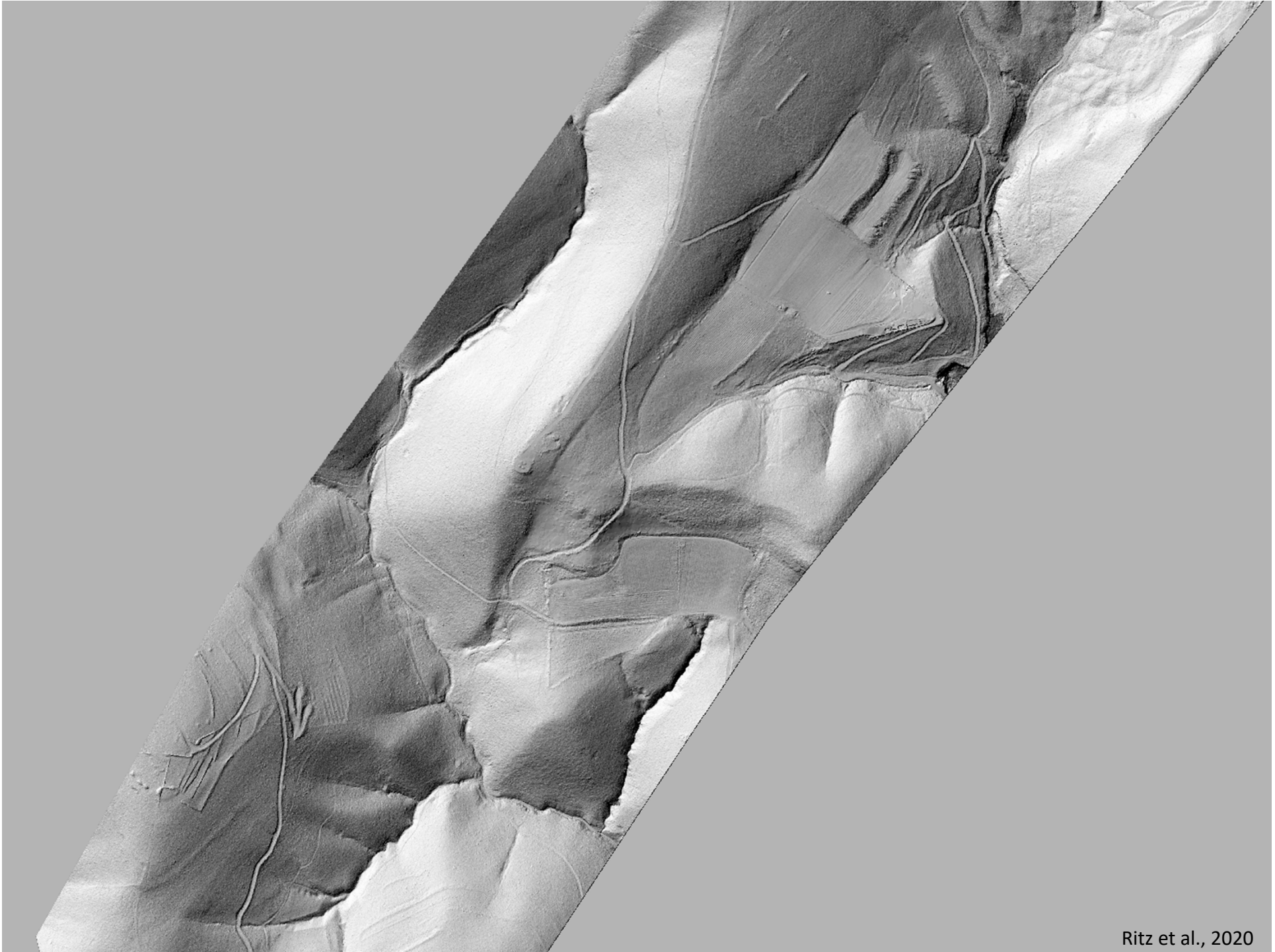
## Numérisation de la topographie avec LiDAR aéroporté

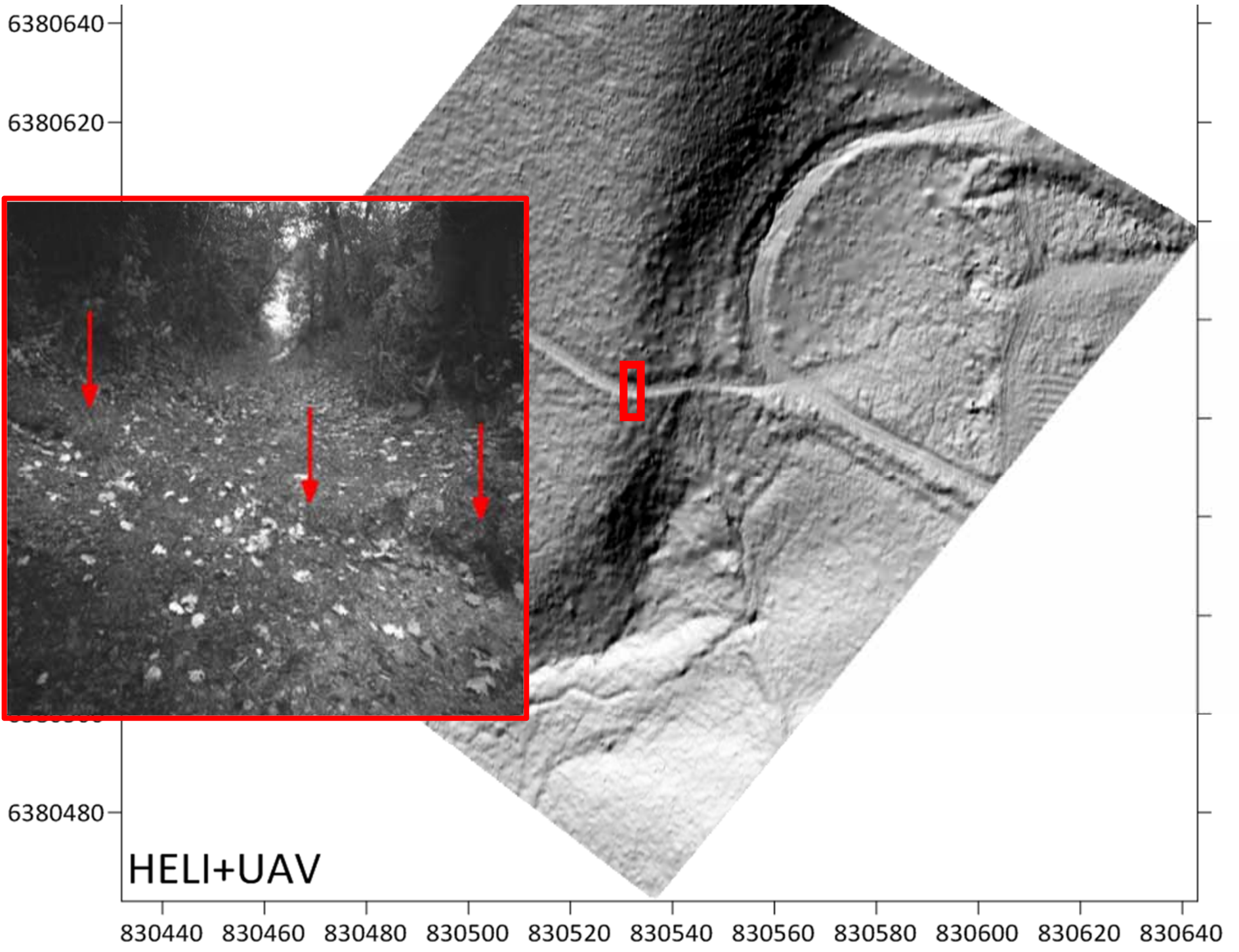
⇒ Recherche d'indices de rupture de surface sous la couverture végétale



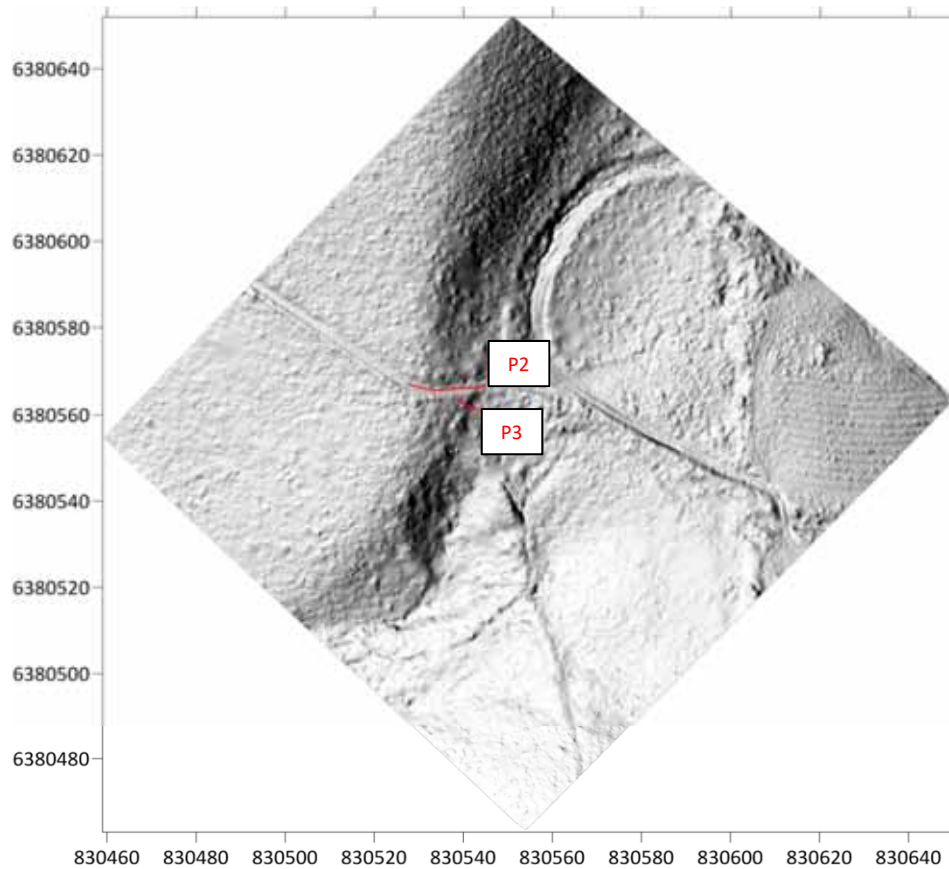




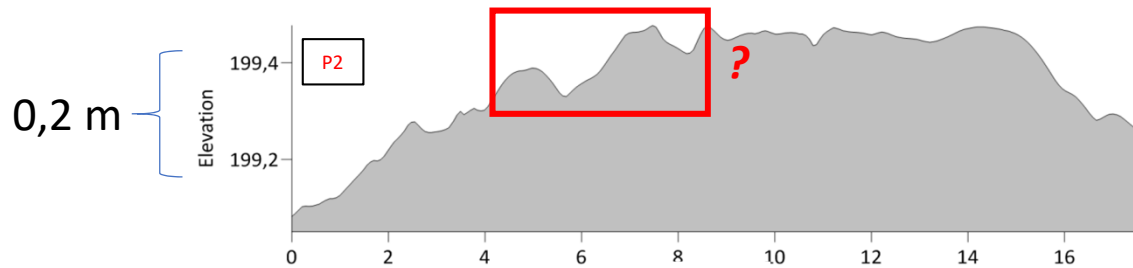




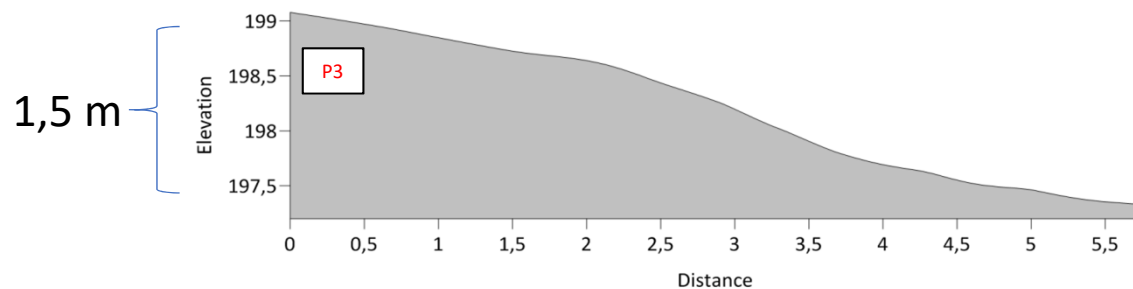




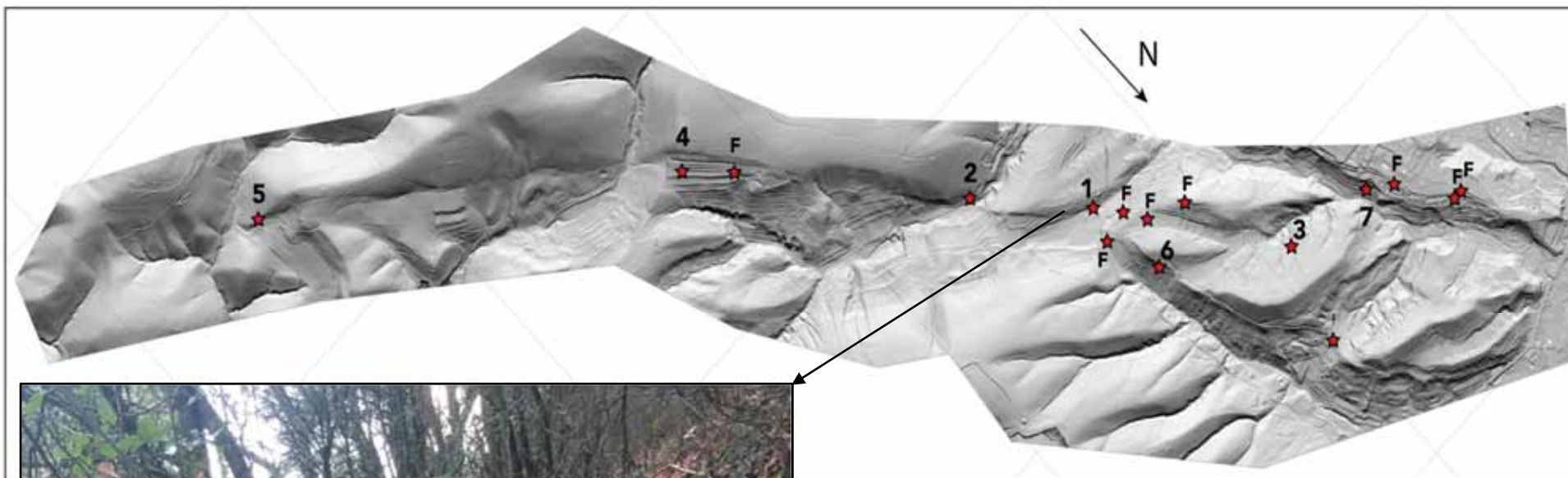
Profiles



La rupture de surface associée au séisme du Teil ne ressort pas sur les données Lidar

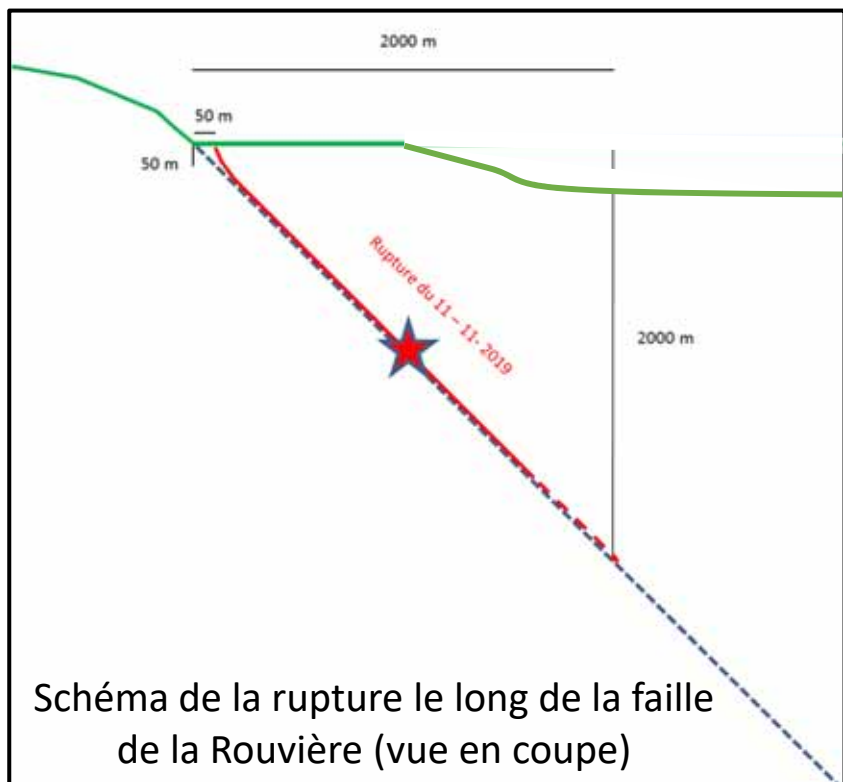
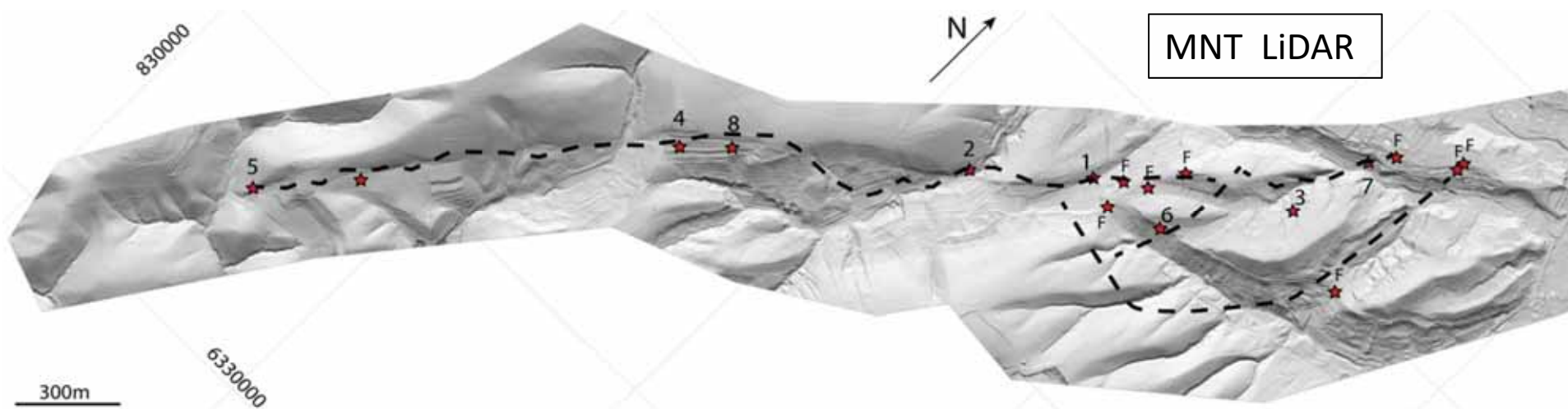


En revanche, les données Lidar permettent de révéler l'escarpement « cumulé », hérité du mouvement en faille normale à l'Oligocène





Bref, en ce qui concerne la rupture associée au séisme du Teil :

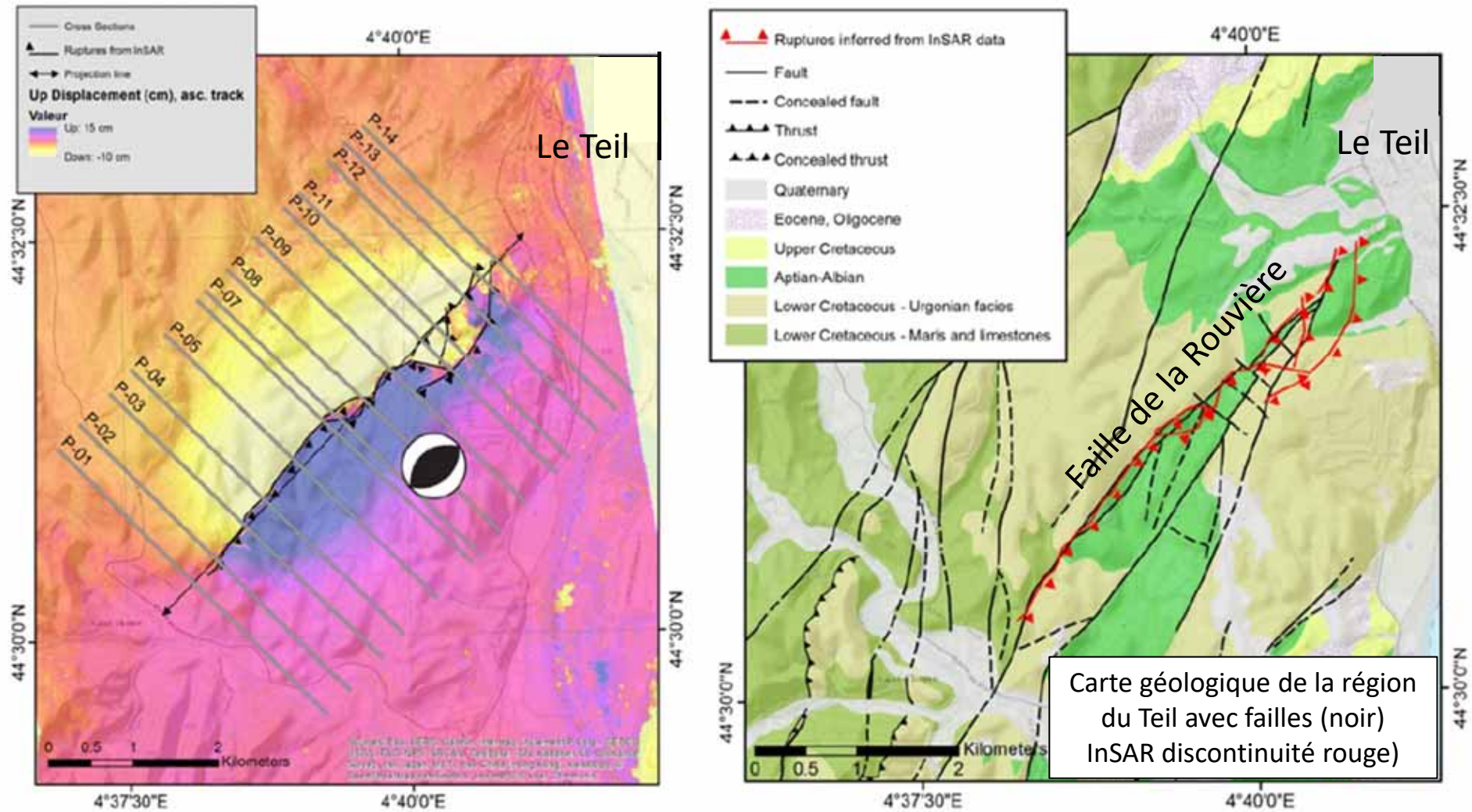


### Cohérence des observations :

- Trace de la faille de la Rouvière (escarpement topographique hérité du mouvement en faille normale à l'époque Oligocène ( il y a ~20 Ma)
- **Discontinuités InSAR (pointillés)**
- **Ruptures de surface (★)**

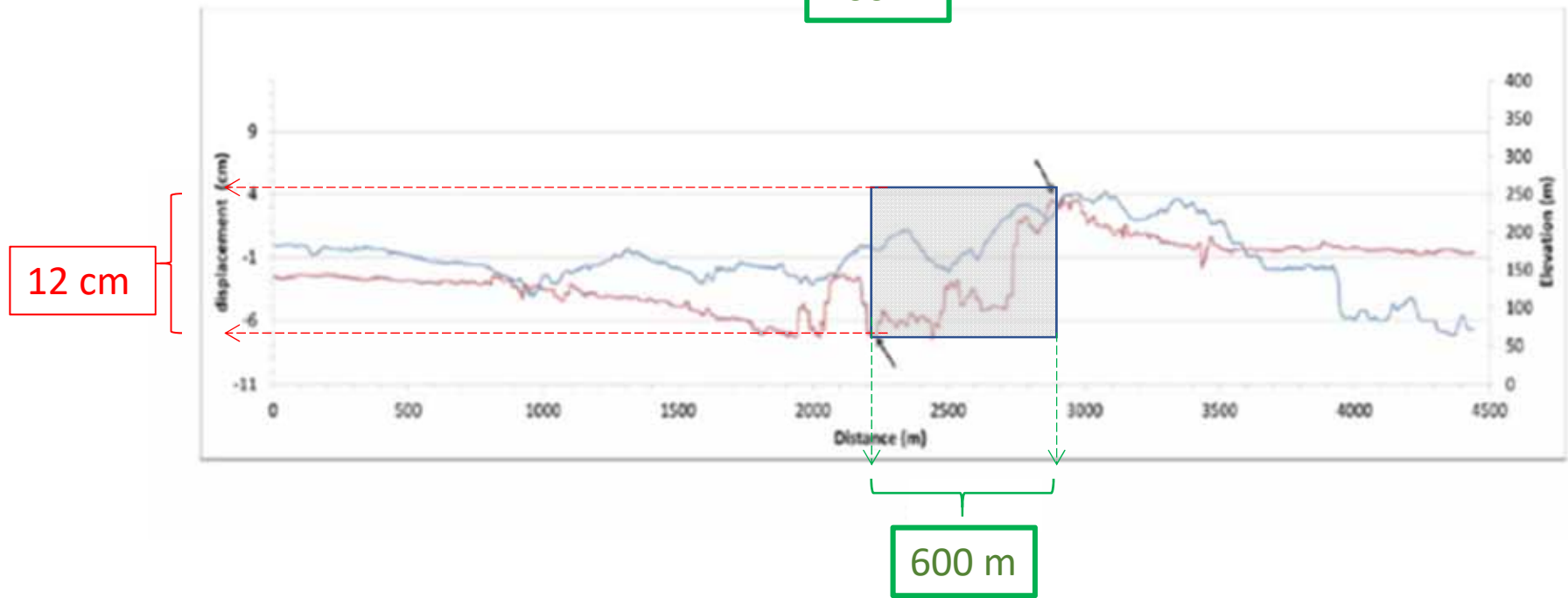
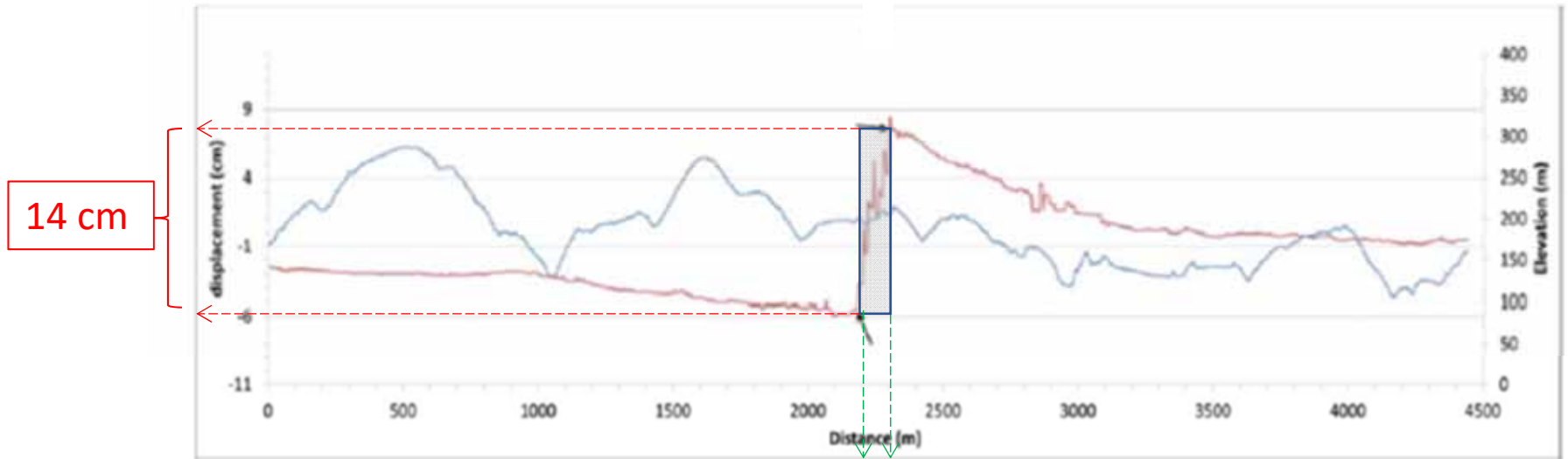
# Pour aller plus loin dans la caractérisation de la distribution spatiale du déplacement vertical

⇒ Analyse de l'interférogramme InSAR déroulé

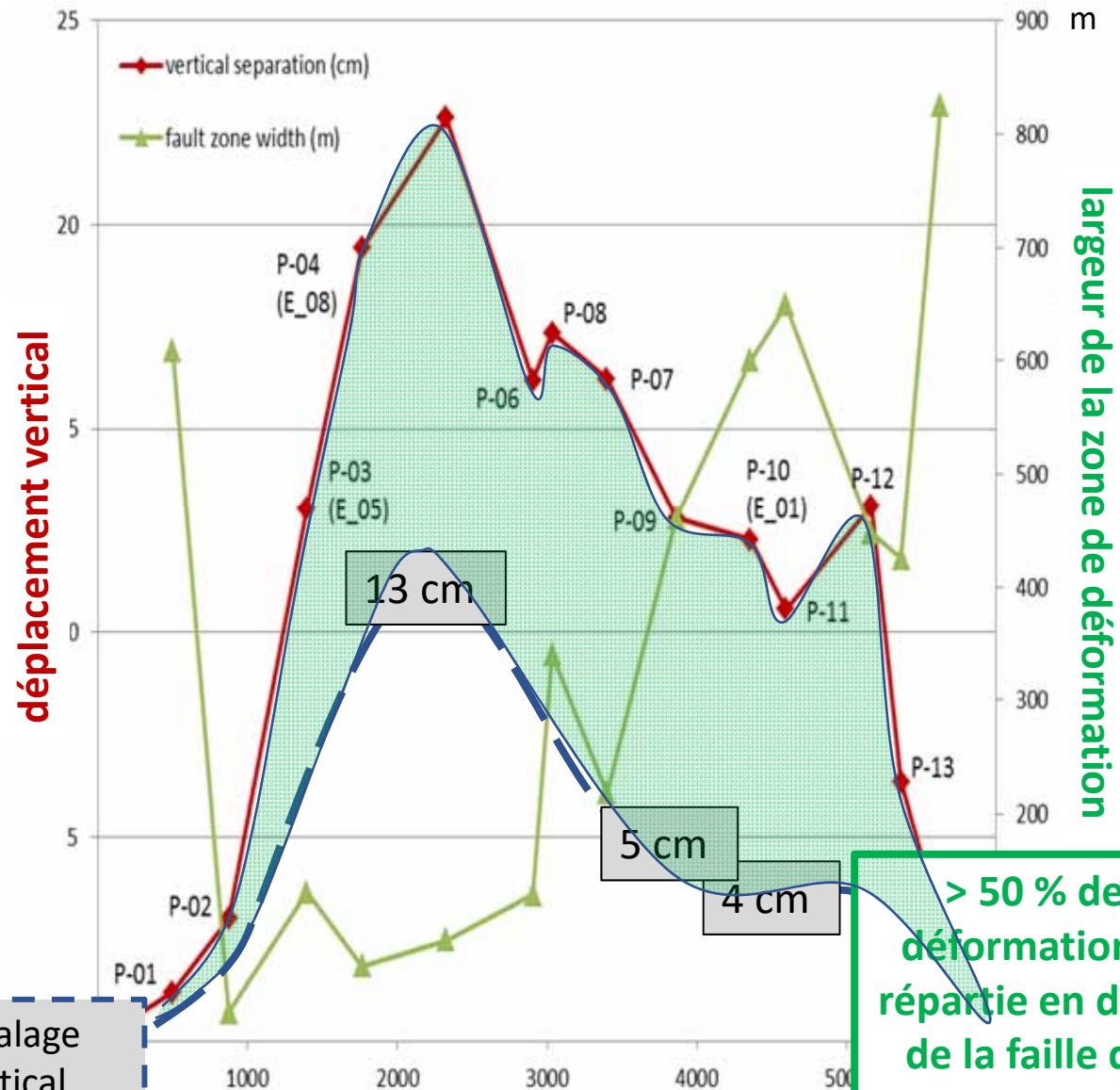


Cela va permettre de reconstituer la variation de la composante verticale du glissement cosismique le long de la rupture à partir de de 14 profiles perpendiculaires à la rupture





# Distribution du déplacement vertical (rupture) comparé à la largeur de la zone de déformation



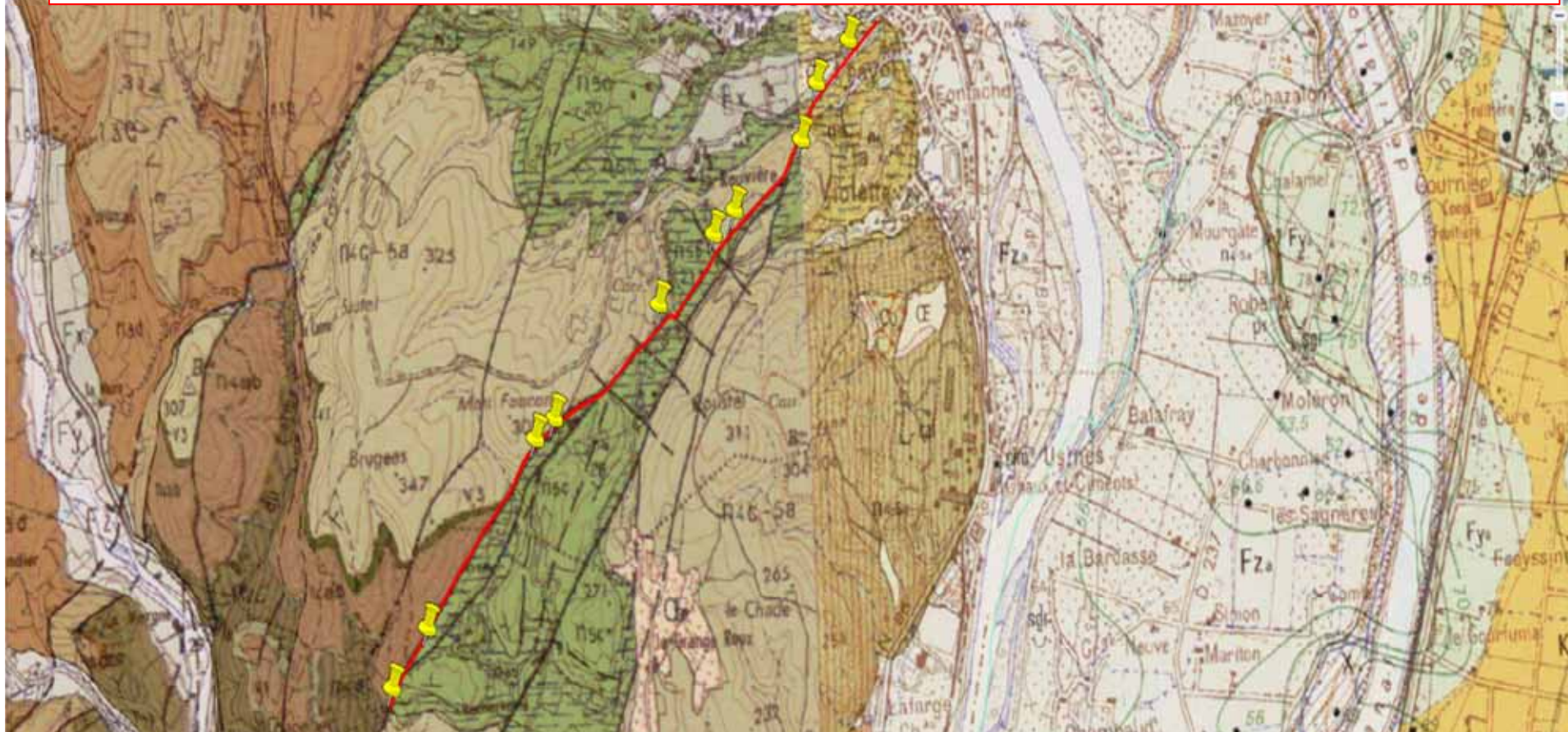
Décalage vertical mesurés sur le terrain



**Le séisme du Teil du 11 novembre 2019 est un séisme sans précédent en France (domaine européen intraplaque):**

- **Mouvement d'une faille qui n'était pas cartographiée comme potentiellement active auparavant**
- **Foyer (hypocentre) très superficiel (~ 1 km)**
- **Rupture et déplacement de la surface du sol**
- **Très Fortes accélérations**

**Le séisme du Teil représente un tournant dans la manière de considérer la sismicité et le risque de séismes avec rupture de surface en France métropolitaine et dans des régions continentales stables similaires (fort héritage structural, très faibles taux de déformation)**



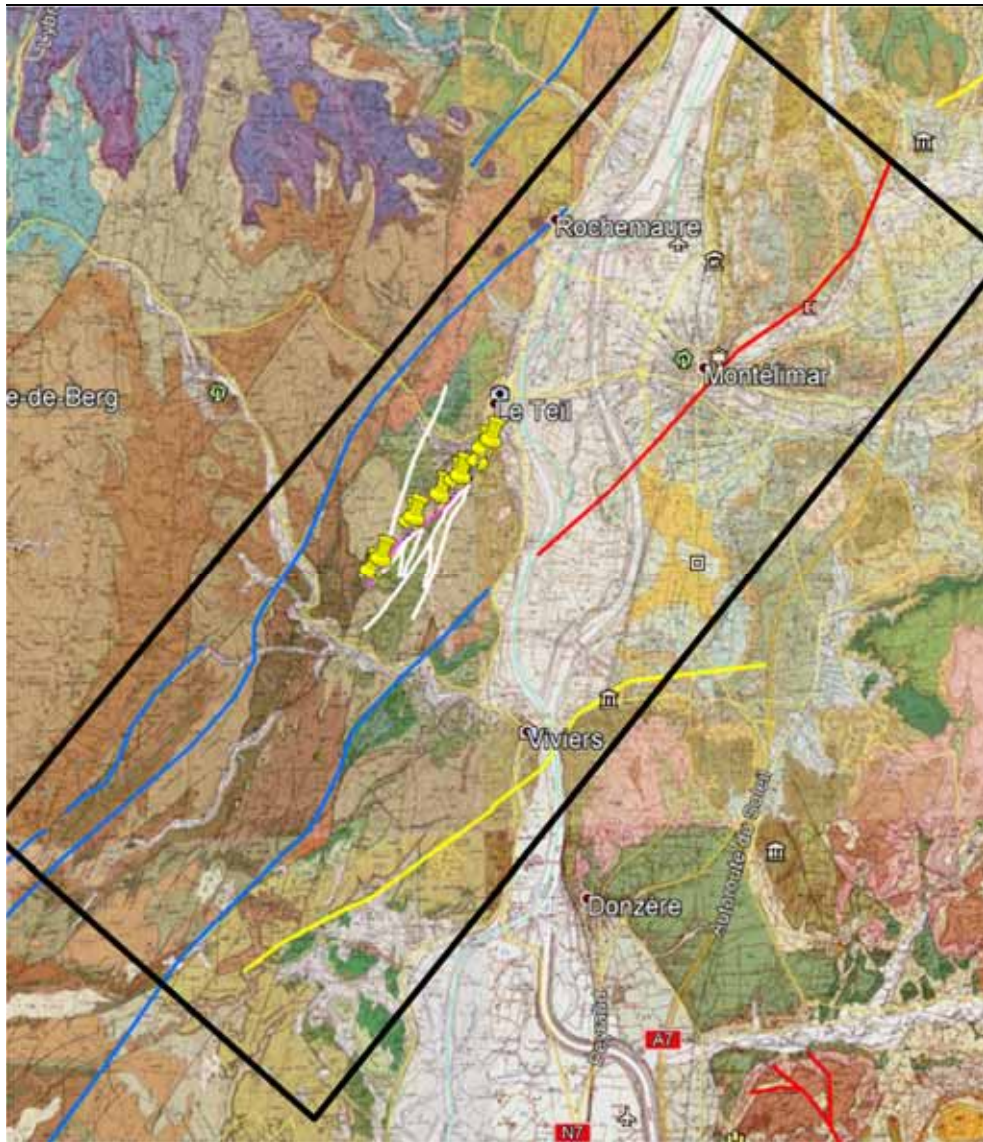
**Le séisme a réactivé une ancienne normale d'âge Oligocène (la faille de la Rouvière) avec un mouvement inverse.**

**L'expression morphologique en faille normale domine encore très nettement la morphologie dans le paysage.**

**A ce stade de l'analyse, on ne voit pas de déformation cumulée associée à l'inversion de la faille (mouvement inverse).**



## De nouvelles questions se posent du point de vue de l' aléa sismique



- 1/ La faille de la Rouvière a-t-elle joué dans le passé, ou est-ce la première fois qu'elle est réactivée depuis l'Oligocène?
- 2/ Les autres failles du réseau Cévenol pourraient-elles se comporter de la même manière ?
- 3/ Y'a-t-il une faille principale dans le réseau cévenol qui absorbe l'essentiel de la déformation?
- 4/ Cette déformation sismique est-elle liée à un effet distant de la tectonique des plaques ou un mécanisme local a-t-il joué un rôle dans le mécanisme de réactivation de cette partie du réseau cévenol (soulèvement actuel du Massif Central et des Alpes ), ou les deux ?
- 5/ Doit-on considérer toutes les failles héritées comme des sources potentielles de séisme dans les futurs modèles d'aléa sismique ?



# Risque sismique

=

## Alea sismique

(facteurs géologiques)

### Source sismique

(localisation, magnitude, fréquence)

### Mouvement du sol (accélération)

### Effets de site:

(liquéfaction, glissement de terrain  
amplification topographique ..)

## Vulnérabilité

(facteurs humains)

X

### Bâti

(types de construction, matériaux,..)


### Préparation

(gestion de crise, secours, ..)

### Enjeux

(société, économie, environnement,..)



A photograph showing two researchers in a trench. One researcher on the left is wearing a wide-brimmed hat and blue clothing, sitting on the ground. The other researcher on the right is wearing a blue cap and dark clothing, pointing towards a vertical crack in the soil. The trench is filled with brown earth and some roots are visible.

## Paléosismologie de la faille de La Rouvière source inattendue du séisme du Teil

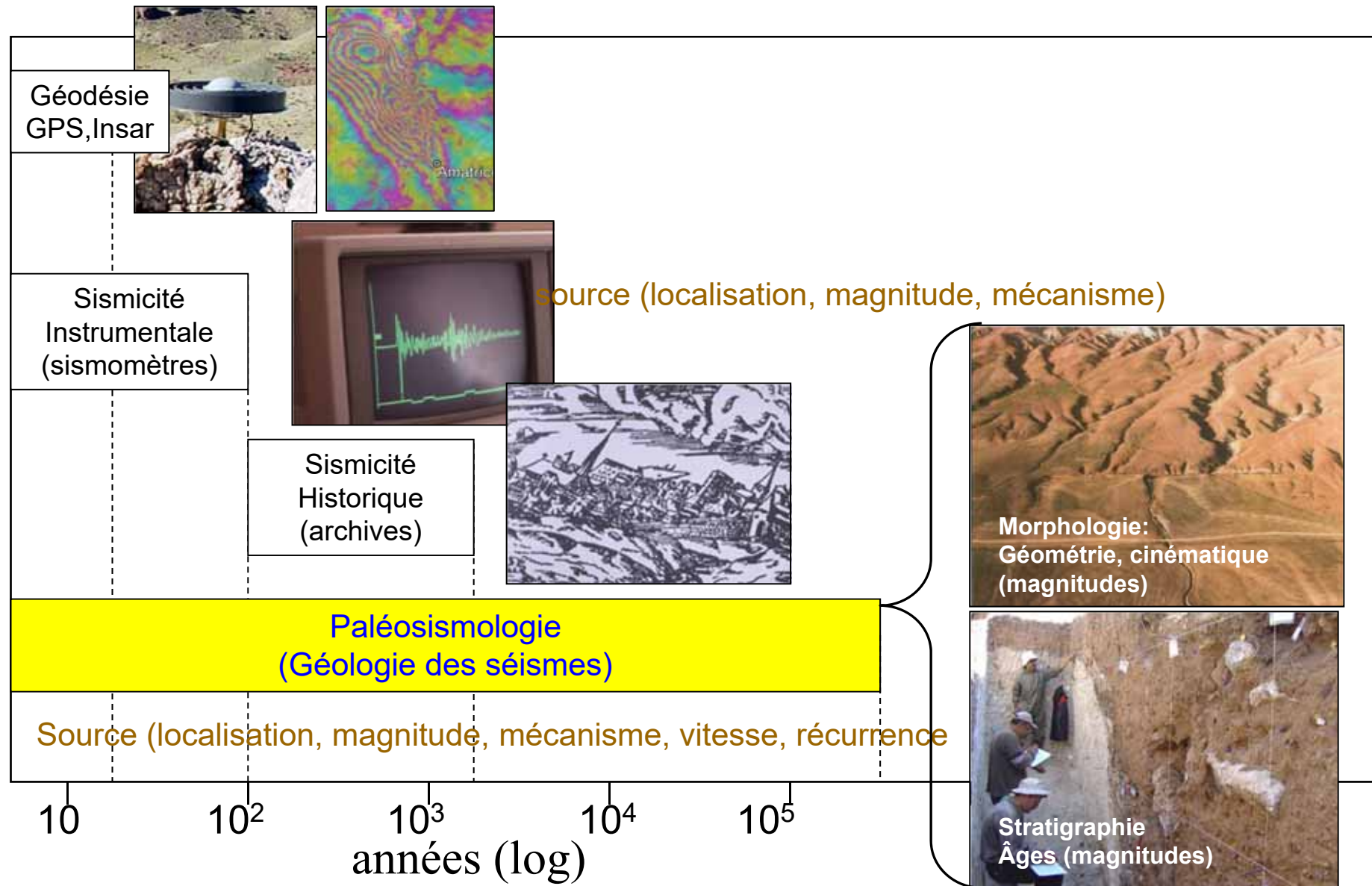
JF Ritz<sup>1</sup>, S. Baize<sup>2</sup>, M. Ferry<sup>1</sup>, E. Hannouz<sup>3</sup>, M. Riesner<sup>4,7</sup>, L. Bollinger<sup>4</sup>, C. Larroque<sup>5</sup>,  
L. Audin<sup>3</sup>, K. Manchuel<sup>6</sup>, M. Rizza<sup>7</sup>, H. Jomard<sup>2</sup>, C. Sue<sup>3</sup>, P. Arroucau<sup>6</sup>, J. Billant<sup>5</sup>

(1) Géosciences Montpellier    (2) IRSN, Fontenay-aux-RoseS    (3) ISTERre , Grenoble    (4) CEA, Bruyeres le Chatel

(2) (5) Géoazur, Nice–Sophia-Antipolis    (6) EDF, Aix-en-Provence    (7) CEREGE, Aix-en-Provence

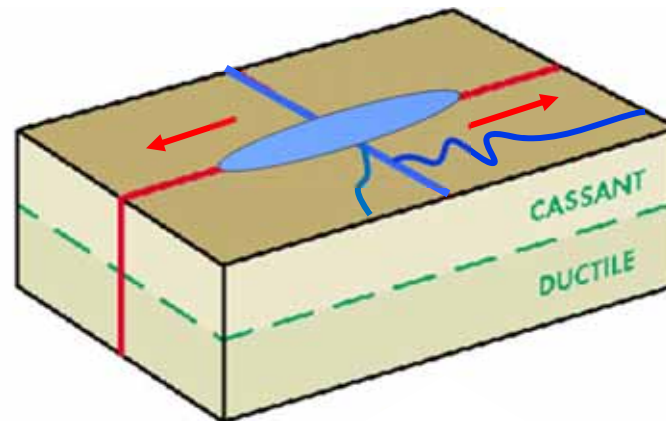


# L'étude des séismes – les différentes approches



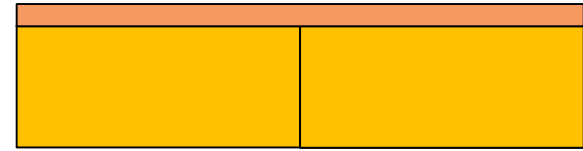
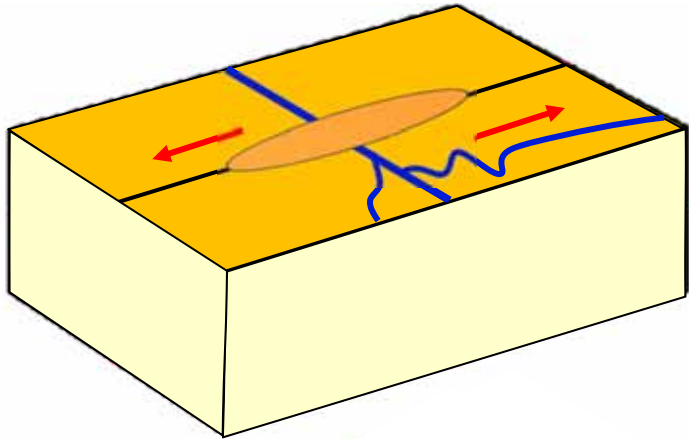
Fenêtre de temps suffisamment grande permettant la détection, la mesure et l'analyse statistique des déformations cumulées

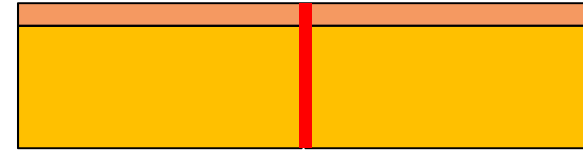
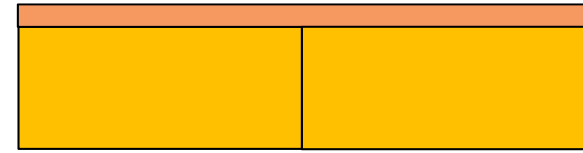
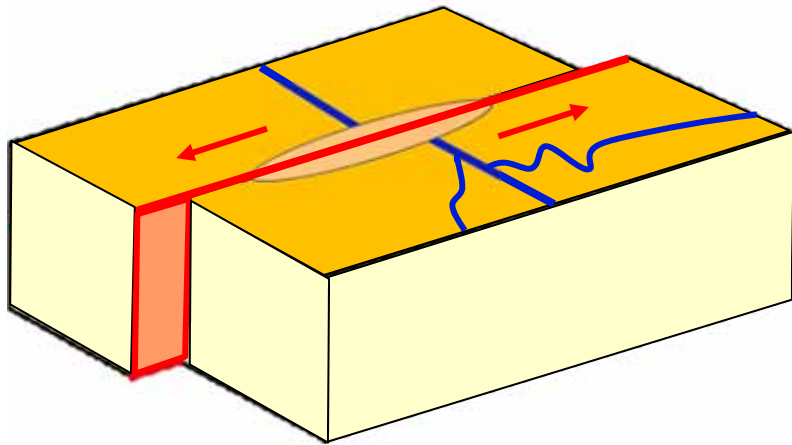
L'analyse paléosismologique dans le cas d'une faille décrochante  
(mouvement horizontal; pas ou peu d'escarpement vertical)



Zone de piégeage sédimentaire localisé  
⇒ enregistrement des ruptures cosismiques  
dans les sédiments qui s'accumulent au cours du temps

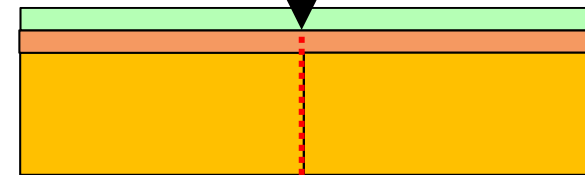
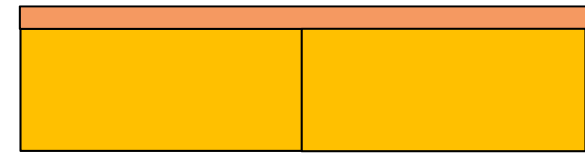
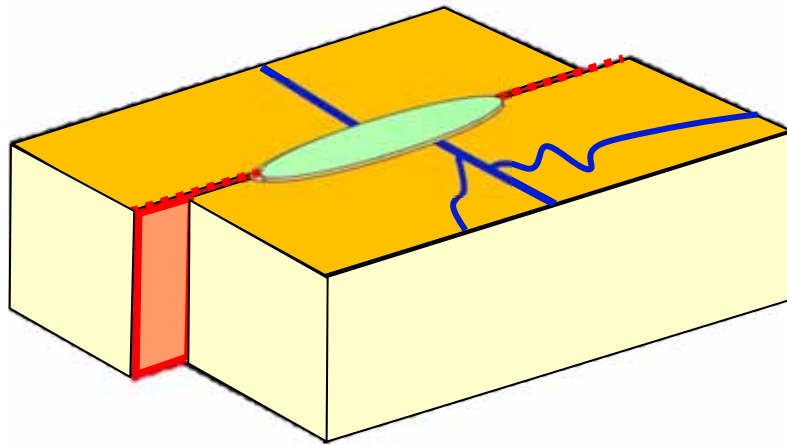




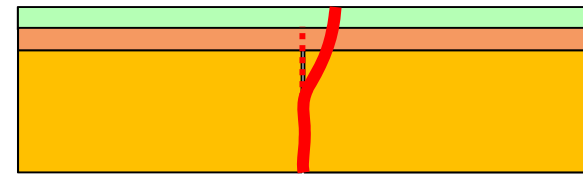
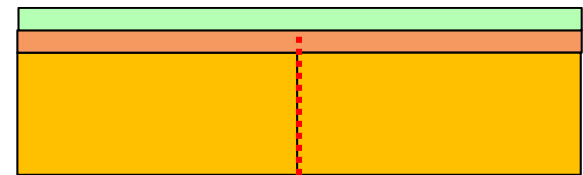
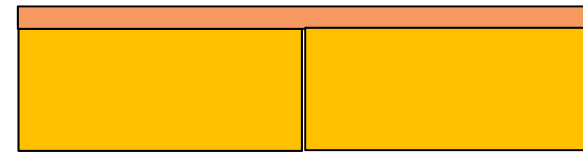
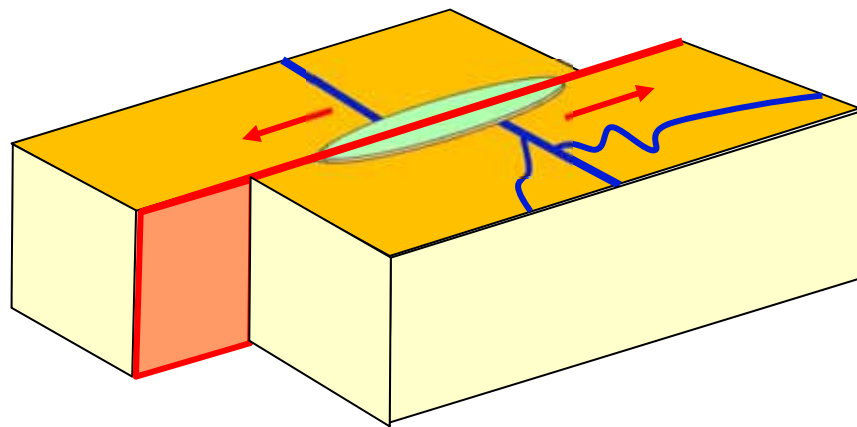


1<sup>ère</sup> rupture de surface



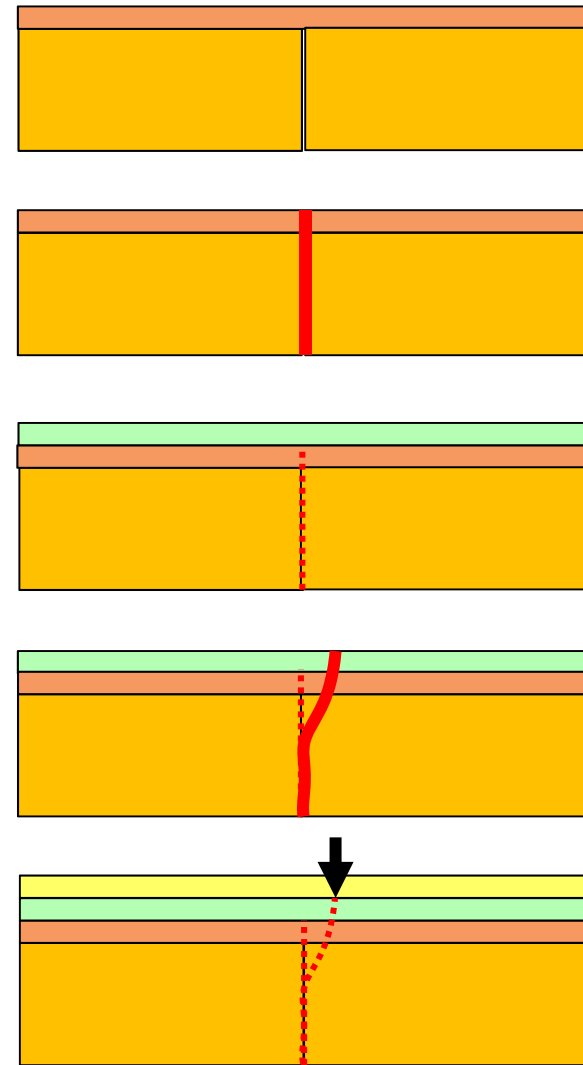
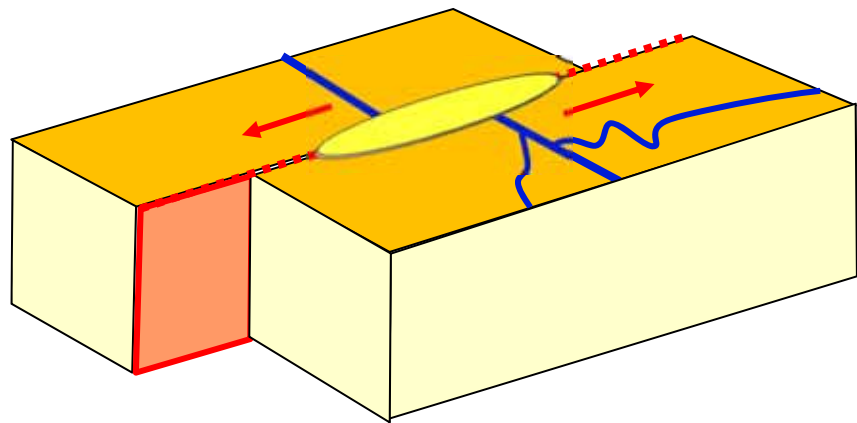


La 1<sup>ère</sup> rupture est scellée par  
le nouveau dépôt  
(1<sup>ère</sup> terminaison de faille ↓)

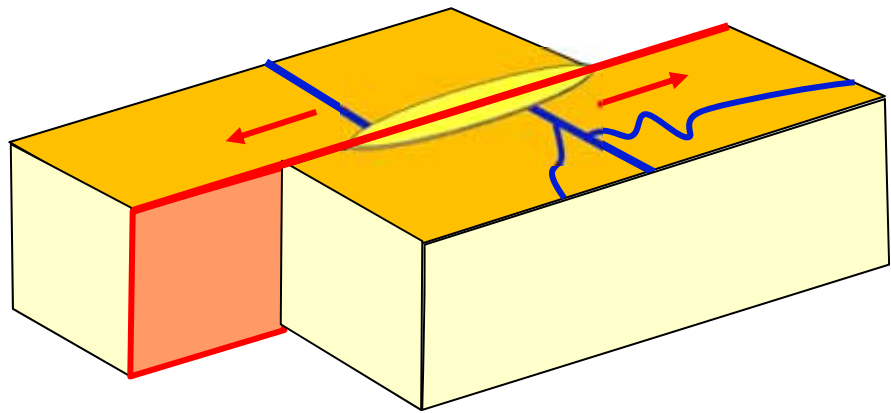


2ème rupture de surface

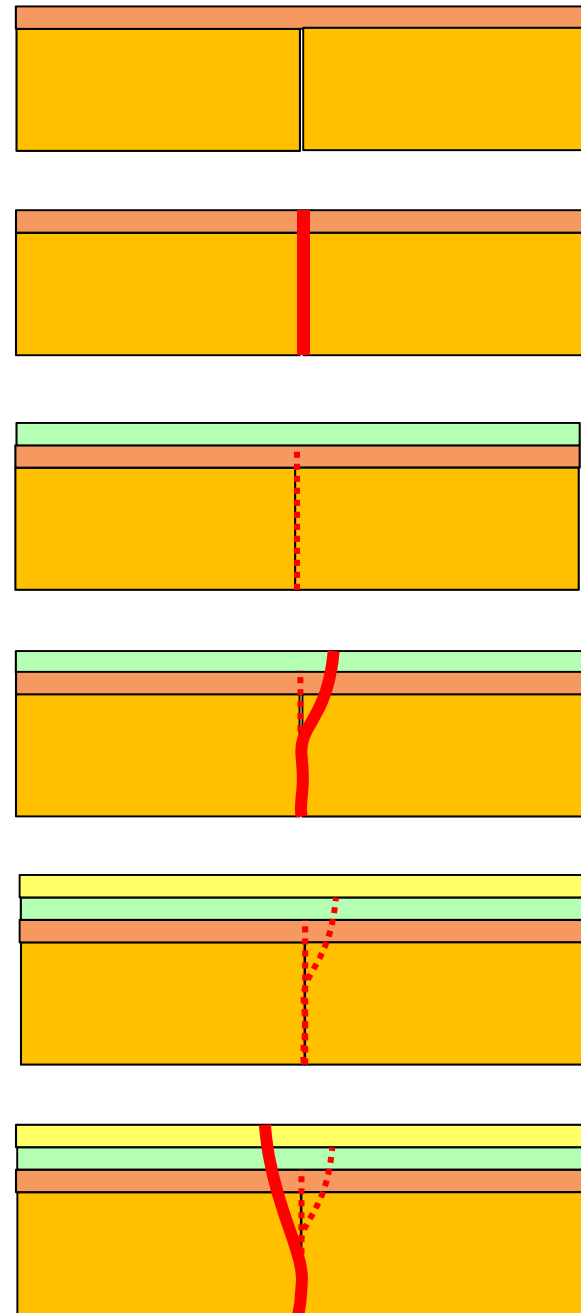




La 2<sup>ème</sup> rupture est scellée par  
le nouveau dépôt  
(2<sup>ème</sup> terminaison de faille ↓)

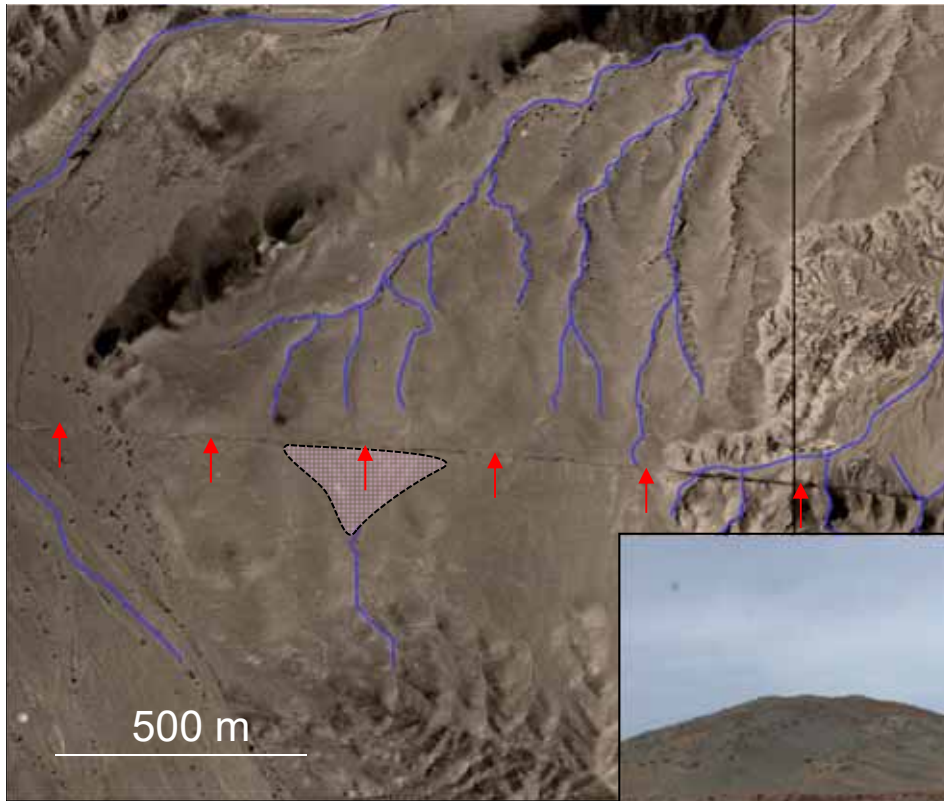


3<sup>ème</sup> séisme

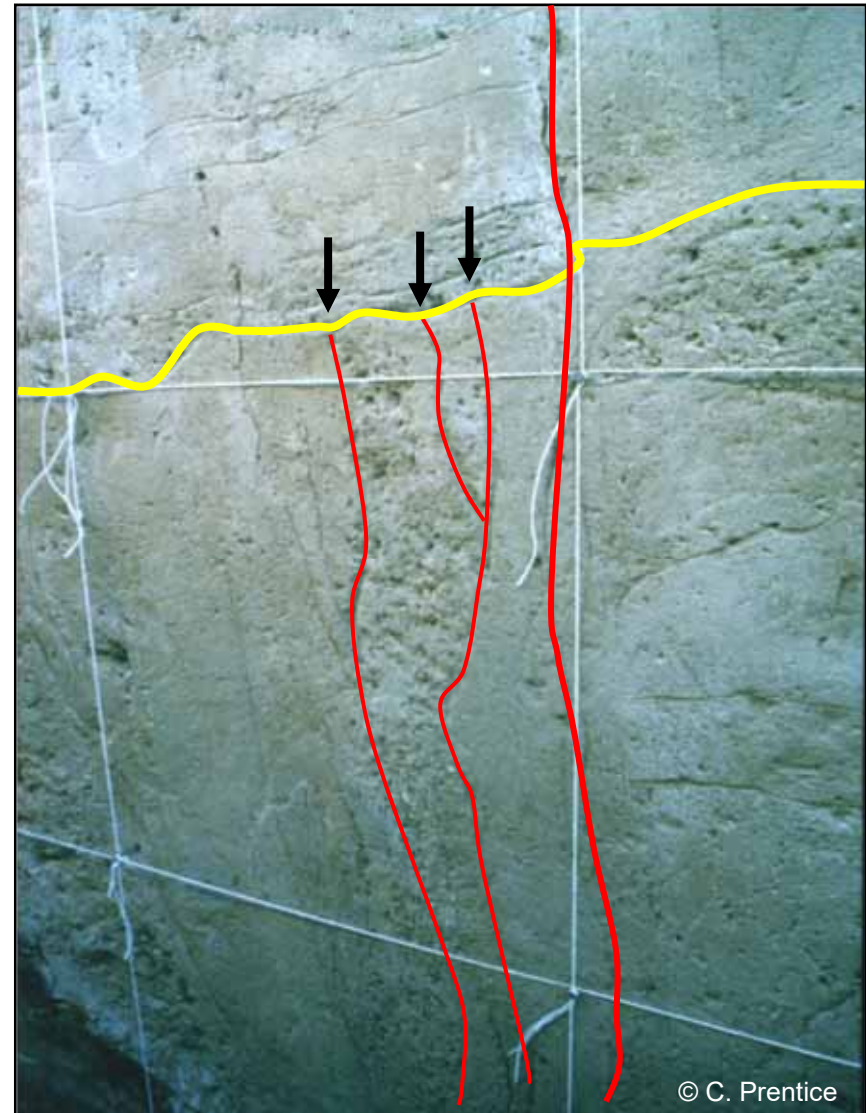




## Faille de Bogd, Mongolie

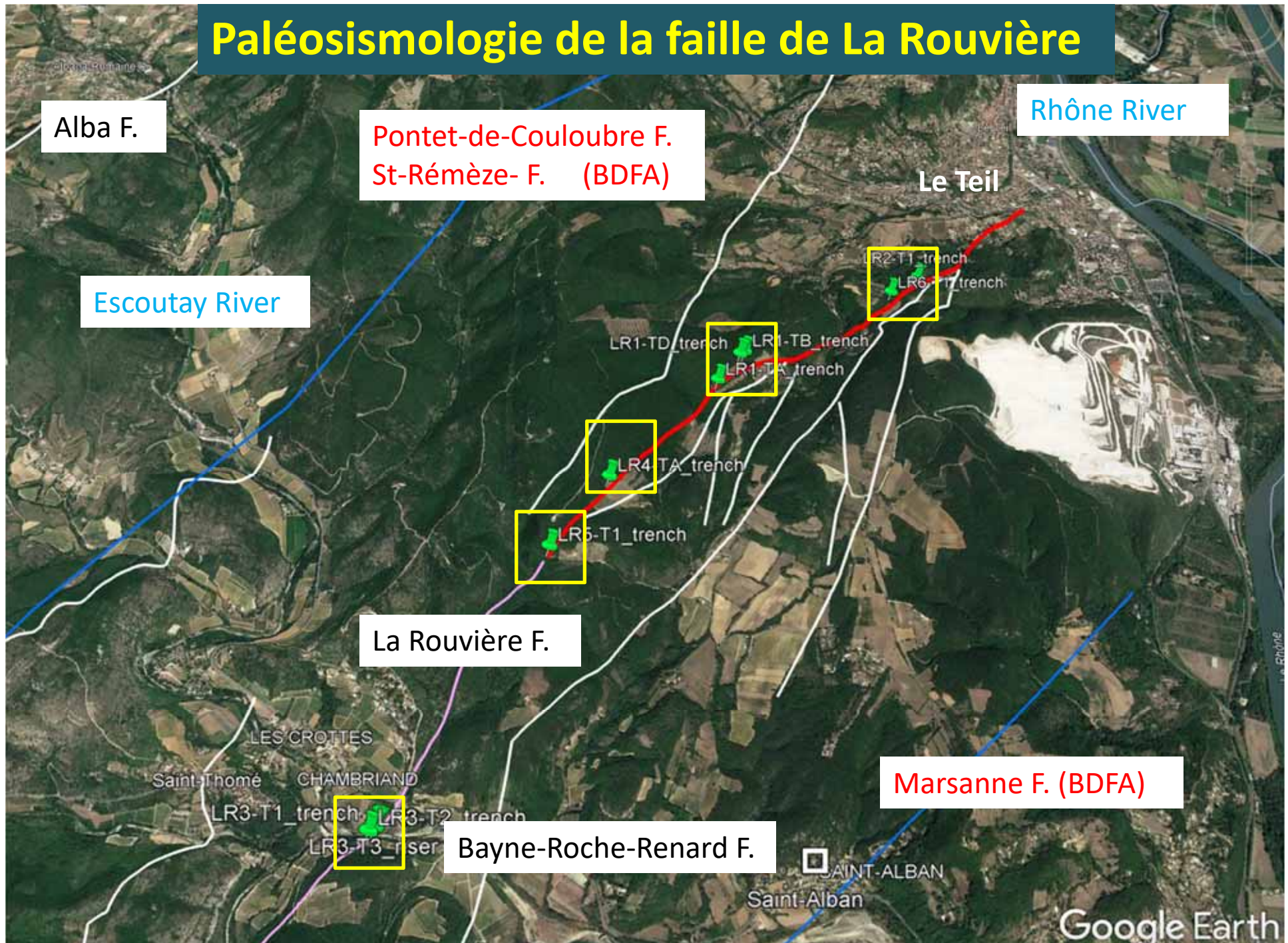


# Analyse paléosismologique, faille de Bogd, Mongolie

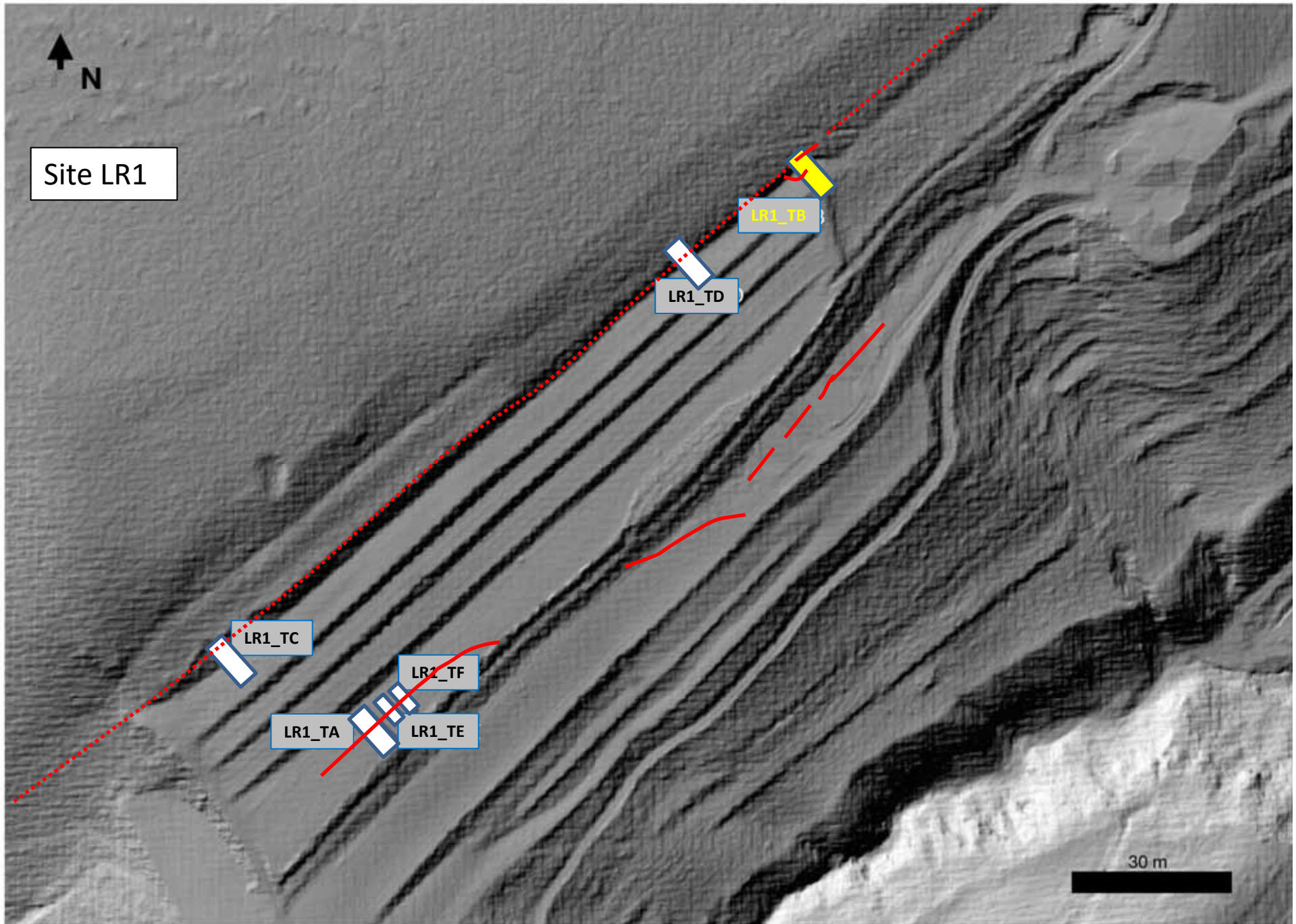




# Paléosismologie de la faille de La Rouvière















LR1-TB (Mur NE )

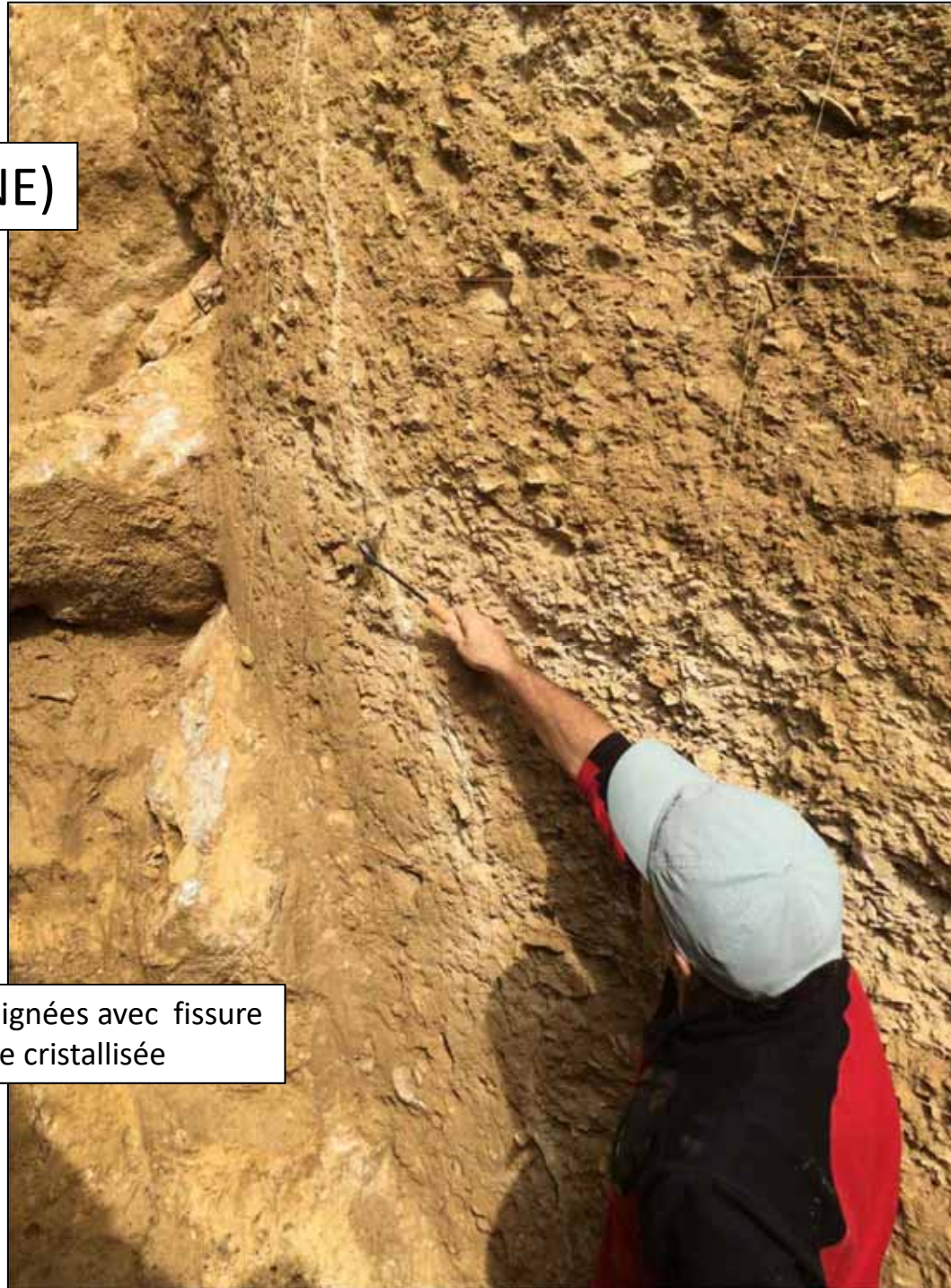




NW

SE

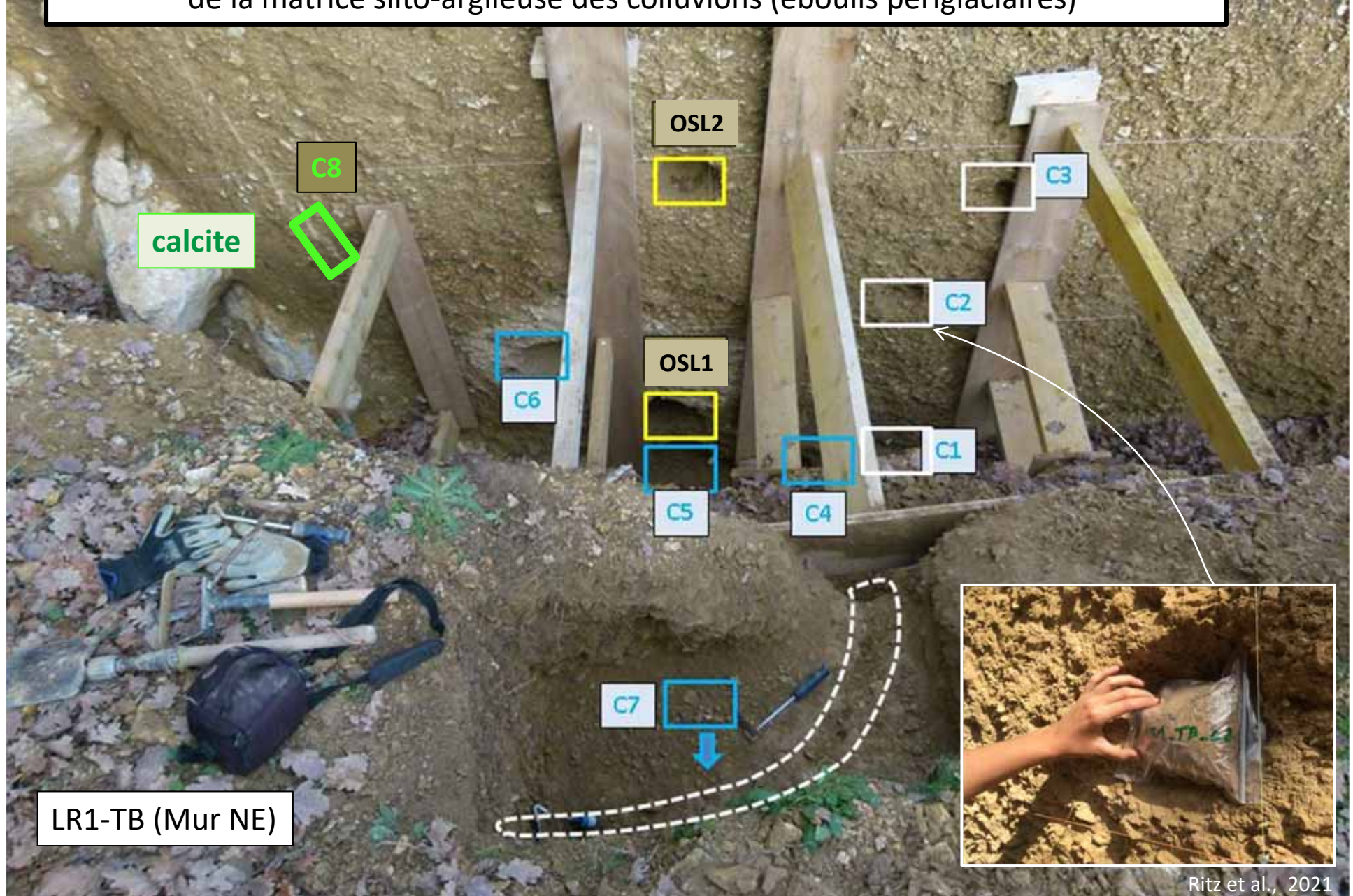
LR1-TB (mur NE)



Zone de faille : clastes alignées avec fissure remplie de calcite cristallisée



Datations par radiocarbone ( $^{14}\text{C}$ ) et par « luminescence stimulée optiquement (OSL) de la matrice silto-argileuse des colluvions (éboulis périglaciaires)

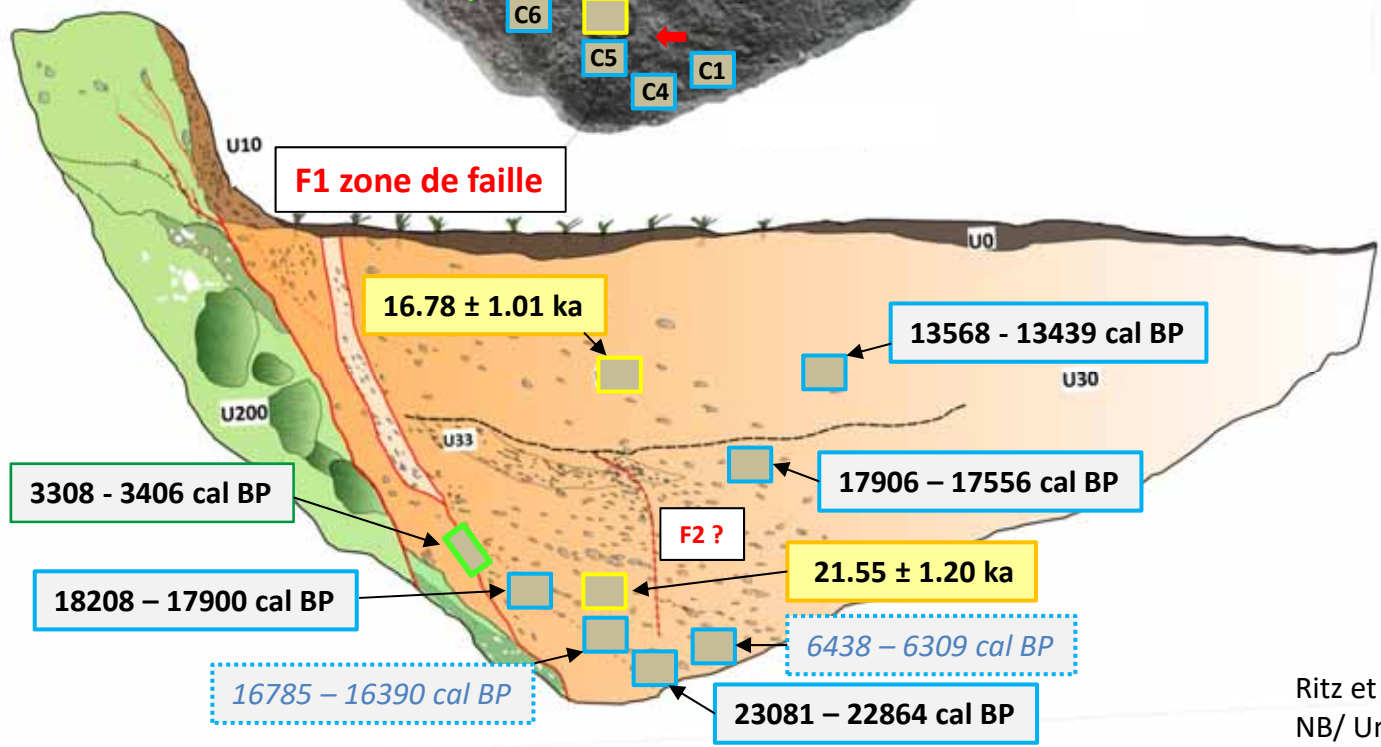
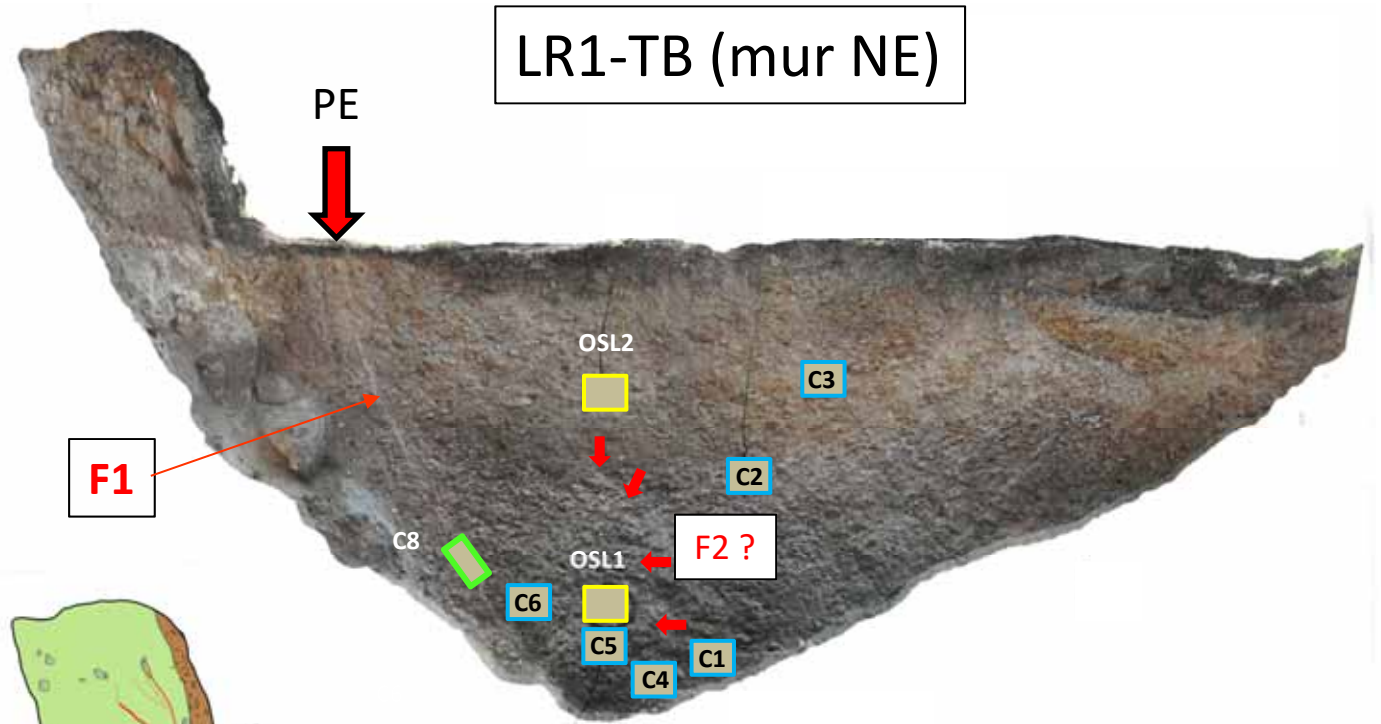


LR1-TB (Mur NE)

NW

# LR1-TB (mur NE)

SE



Ritz et al. 2021  
NB/ Unpublished data

Interprétation préliminaire : au moins 1 paléorupture F1 (avant-dernier événement : entre 13570 et 3300 (minimum) cal BP)



SE

NW





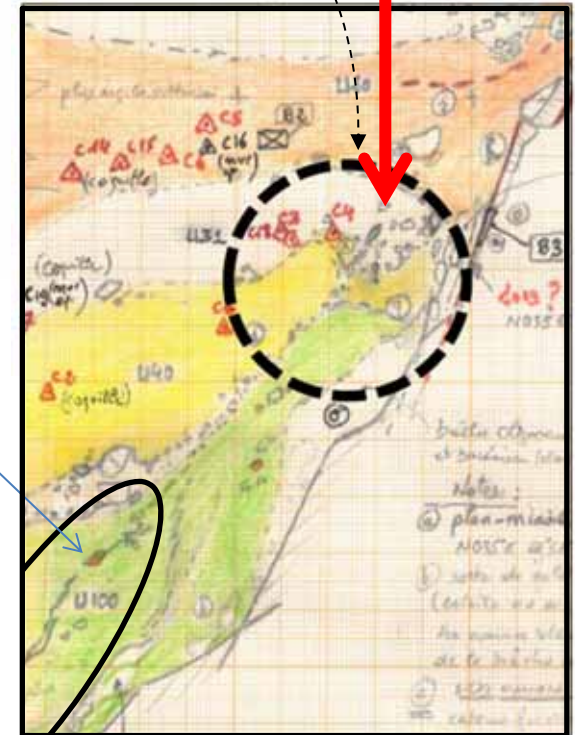
# Autre exemple de paléorupture



Terminaison de faille



Zone de déformation ductile dans les marnes aptiennes (liquéfaction) - s'alignent avec la structure observée dans les clastes au dessus.





## Conclusions

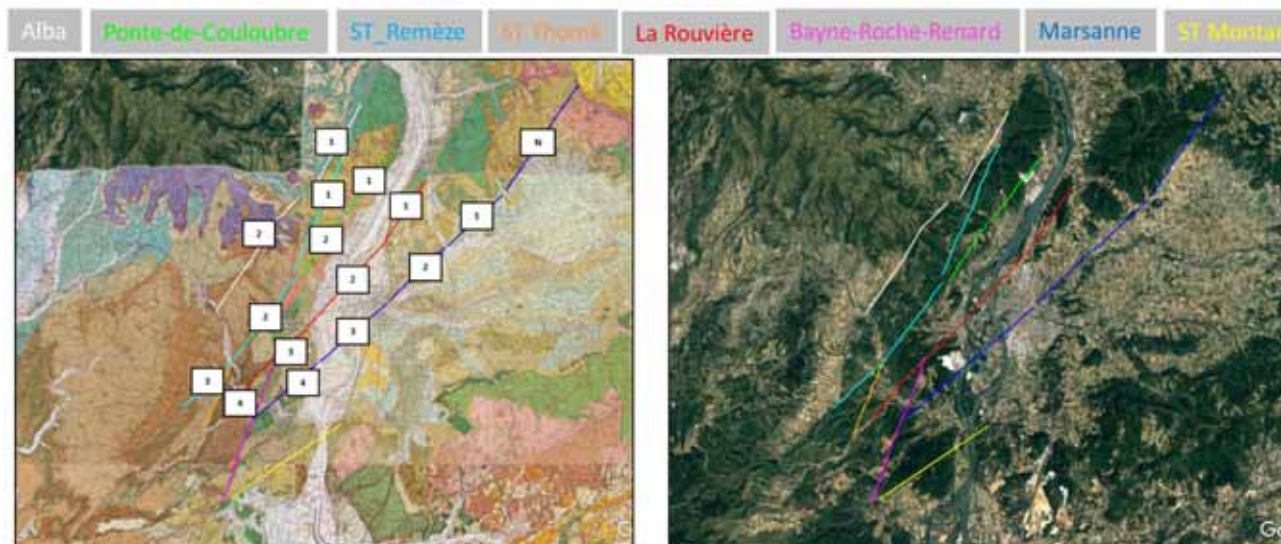
Bien qu'a priori «difficiles», compte tenu du contexte géomorphologique (reliefs), des investigations paléosismologiques ont été possibles dans les colluvions quaternaires piégées contre l'escarpement de faille de la Rouvière. Les dépôts ont pu être datés en utilisant les méthodes radiocarbone et OSL.

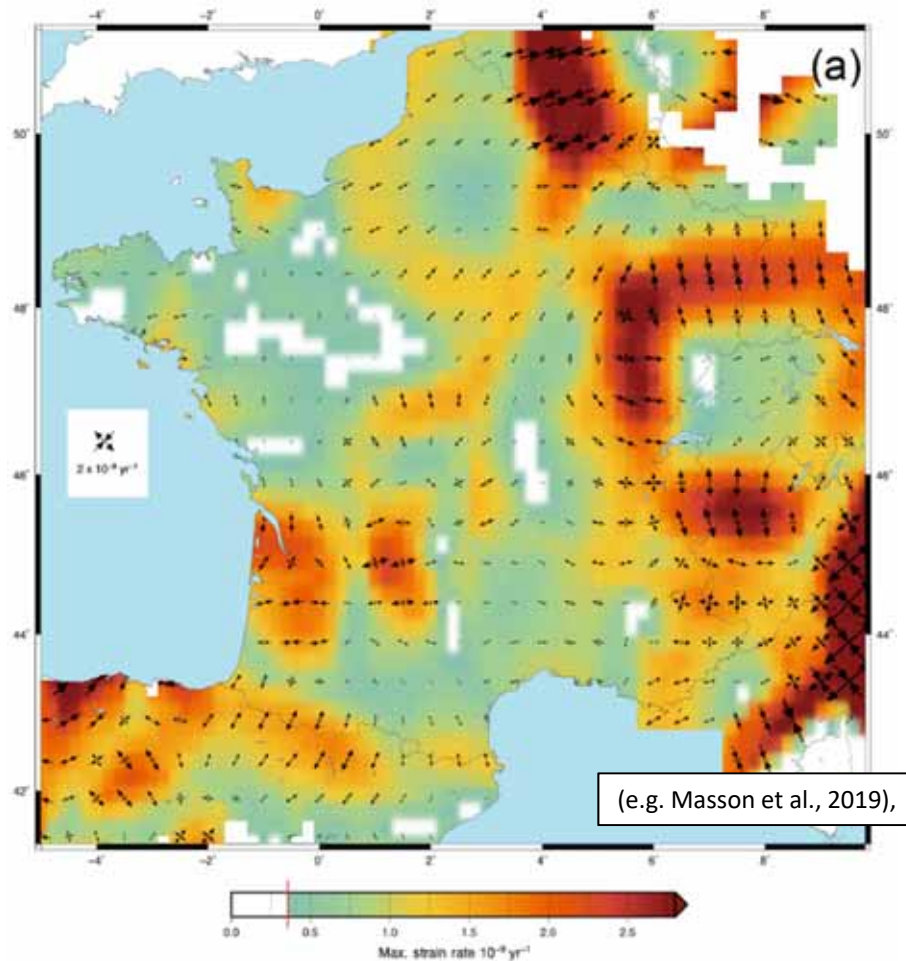
Ces investigations montrent que la faille de la Rouvière avait déjà produit une rupture de surface dans le passé entre 13500 et 3300 ans

Le fait que cette rupture ancienne ne soit pas observée (conservée) dans la morphologie s'explique par la faible quantité de déplacement et l'intervalle de temps (récurrence) très long entre les séismes. Ce qui est cohérent avec le faible taux de déformation mesuré par GPS dans cette région.

D'autres investigations paléosismologiques le long des autres segments du système de failles des Cévennes vont se poursuivre dans les années à venir (2 thèses viennent de démarrées au laboratoire Géosciences Montpellier en collaboration avec l'IRSN et EDF + 4 autres partenaires académiques (projet financé par l'INSU-CNRS, l'IRSN, EDF et le groupe de travail « Failles Actives France » (FACT) du Consortium RESIF.

En parallèle d'autres investigations paléosismologiques ont commencée dans les autres régions métropolitaines

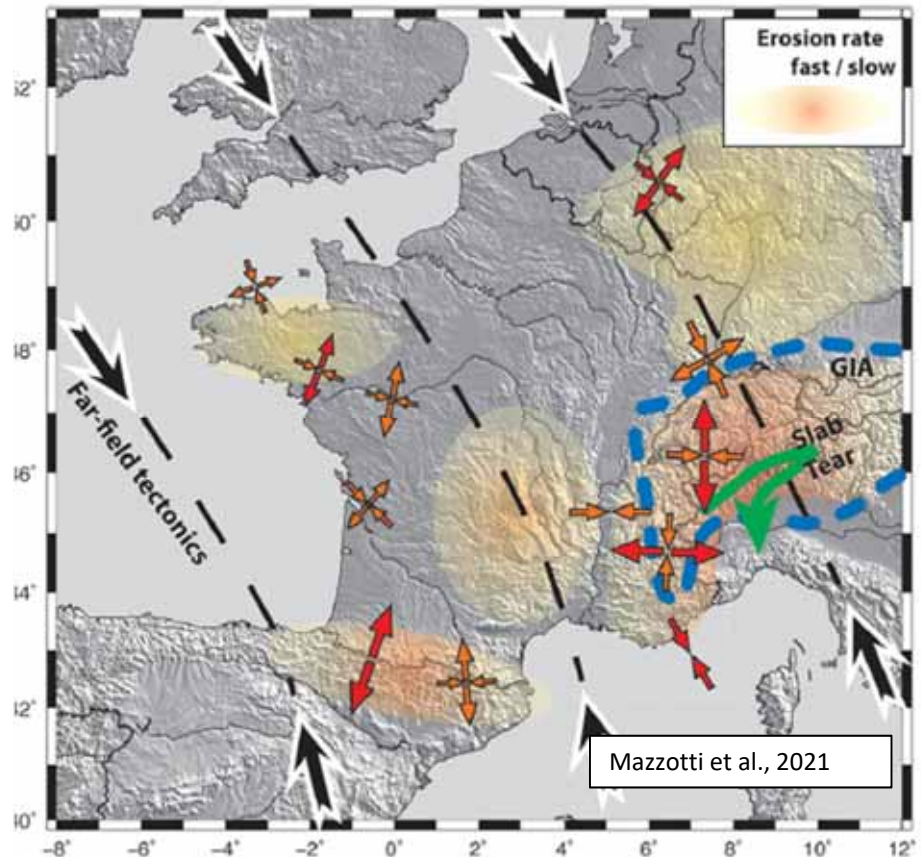




Mesures géodésiques permanentes et temporaires enregistrées au cours des 20 dernières années



Le champ de déformation observé n'est plus cohérent avec la compression déduite des données géologiques d'âge Mio-Pliocène . Par exemple, à cette époque les Alpes et les Pyrénées étaient en compression). Aujourd'hui ces massifs sont en extension



Les déformations en France semblent répondre à une combinaison de processus mêlant Tectonique des plaques, forces isostatiques locales, et potentiel gravitationnel de la lithosphère.

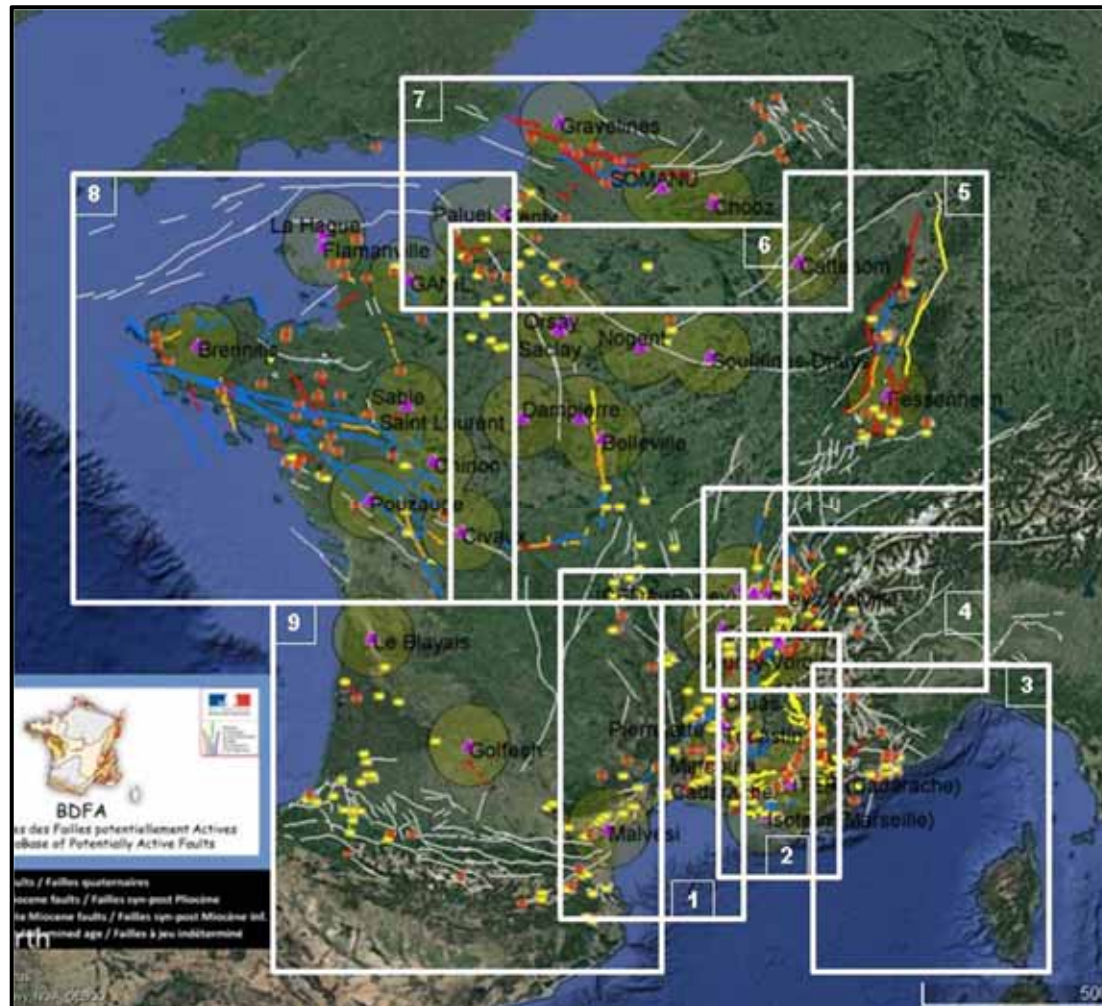
(e.g. Camelbeeck et al., 2013; Calais et al., 2016; Mathey et al., 2020b, Malcles et al., 2020).



## Axe de recherche « Failles actives – France » (FACT)

Contacts: J-F Ritz (Géosciences Montpellier) et S. Baize (IRSN) , L. Audin (Isterre)

<https://www.resif.fr/actions/action-transverse-sismicite/>



L'axe FACT regroupe un grand nombre de scientifiques académiques et institutionnels, experts en tectonique active et/ou méthodes associées, dont les travaux sont répartis sur 9 régions du territoire métropolitain.

(Cf Masson F. et al., SRL 2021)

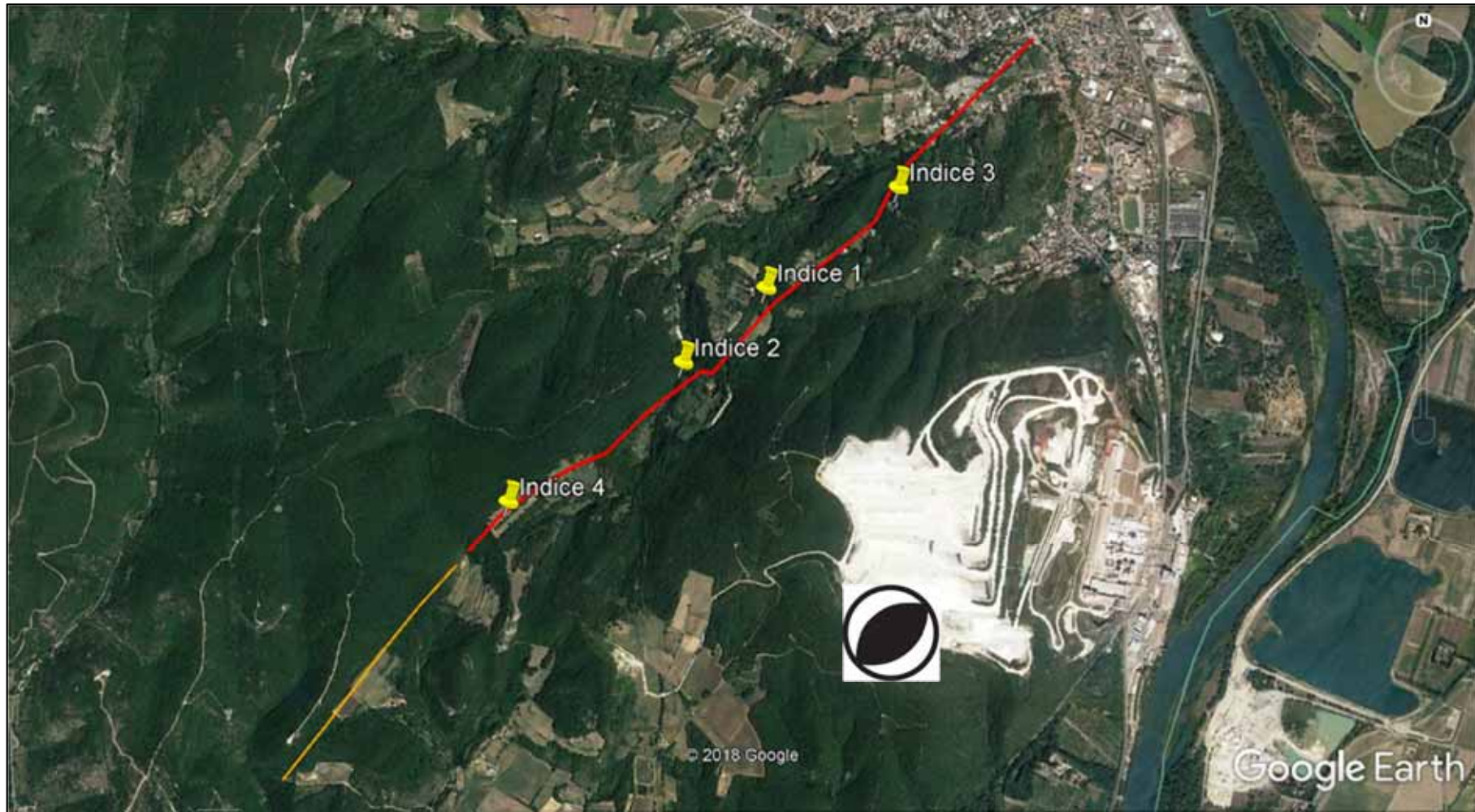


A photograph of a surveying station set up on a black tripod in a wooded area. The station consists of a blue and white instrument mounted on the tripod. The ground is a mix of gravel and dirt, with several white reflective markers placed around the station. In the background, there is a dense forest with green and yellowing trees, suggesting an autumn setting. The text "Merci pour votre attention !" is overlaid in white on the image.

Merci pour votre attention !

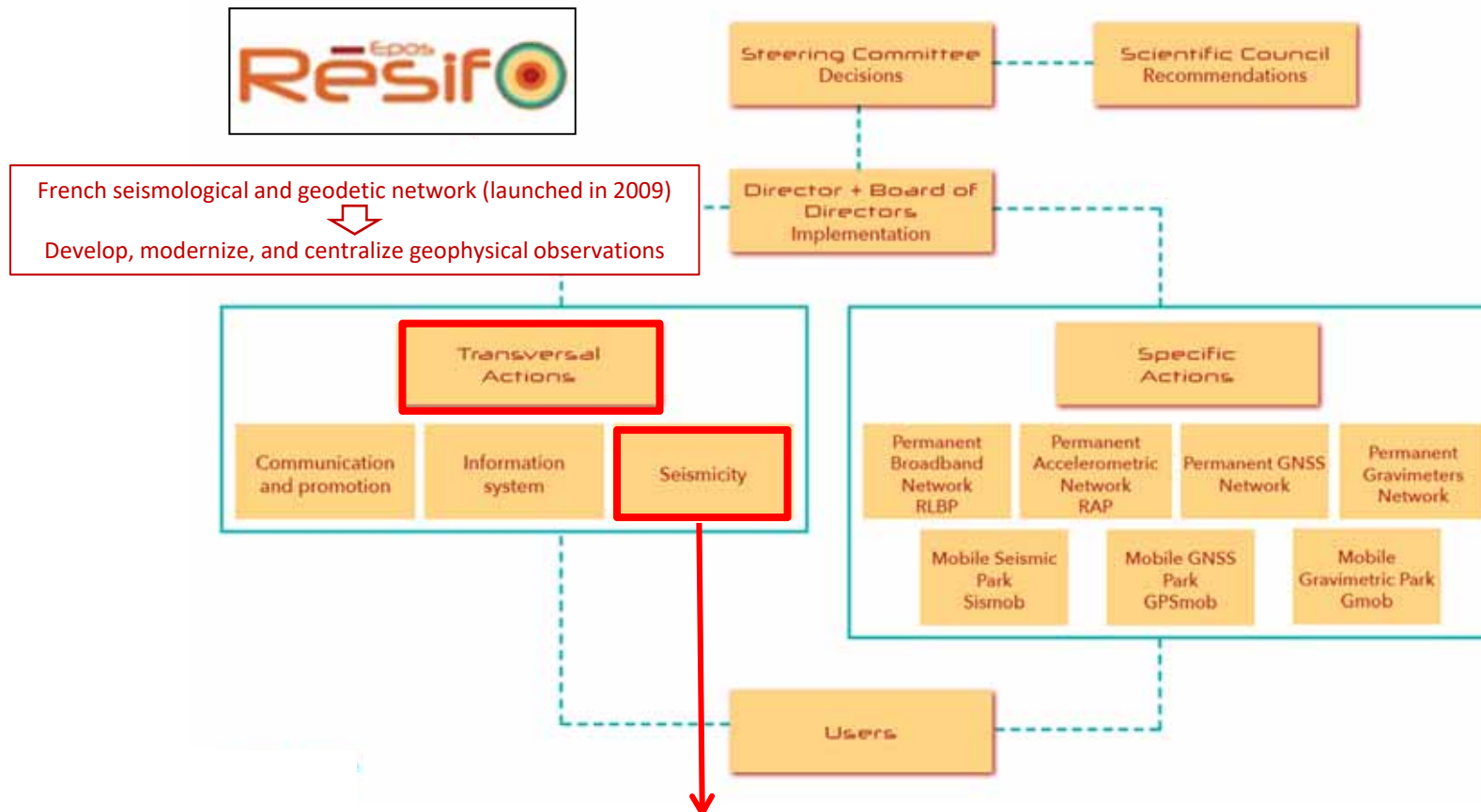


## Question de l'influence de l'activité anthropique sur le déclenchement du séisme



Delouis, B., J. P. Ampuero, L. Audin, P. Bernard, F. Brenguier, R. Grandin, R. Jolivet, P. H. Leloup, J. Ritz, J. Vergne, P. Vernant and C. Voisin (2019), Rapport d'évaluation du groupe de travail (GT) CNRS-INSU sur le séisme du Teuil du 11 novembre 2019 et ses causes possibles, <http://www.cnrs.fr/fr/seisme-du-teuil-rapport-de-la-mission-dexpertise-du-cnrs>

## The « Failles ACTIVE – France » (FACT) axis



### Six thematic sections

The ATS is currently subdivided into six sections which work on the following themes:

- 1 - the construction of a multi-origin seismicity bulletin in France,
- 2 - the construction of a reference catalogue of seismicity in France,
- 3 - collection and analysis of macro-seismic data – historical and contemporary seismicity in France,
- 4 - the implementation of ShakeMap at the national level integrating both macro-seismic and instrumental (accelerometric and velocimetric) data.
- FACT** 5 - the study of faults that produced earthquakes with surface ruptures in metropolitan France during Quaternary
- 6 - the study and characterization of seismic hazards at the national level.



## Références citées dans la présentation:

- Ampuero, J. P., Audin, L., Bernard, P., Brenguier, F., Delouis, B., Grandin, R., Jolivet, R., Leloup, P. H., Ritz, J.F., Vergne J., Vernant, P., and Voisin, C. (2019). Rapport d'évaluation du groupe de travail (GT) CNRS-INSU sur le séisme du Teil du 11 novembre 2019 et ses causes possibles. Rapport de recherche, Institut National des Sciences de l'Univers. hal-03080941
- Calais, E., Camelbeeck, T., Stein, S., Liu, M., and Craig, T. J.. (2016). A new paradigm for large earthquakes in stable continental plate interiors. *Geophysical Research Letters*, doi:10.1002/2016GL070815.
- Camelbeeck, T., de Viron, O., Van Camp, M., and Kusters, D. (2013). Local stress sources in Western Europe lithosphere from geoid anomalies. *Lithosphere*, 5: 235–246, doi.org/10.1130/L238.1
- Causse, M., Cornou, C., Maufroy, E., Grasso, J. R., Baillet, L., and El Haber E. (2021). Exceptional ground motion during the shallow Mw 4.9 2019 Le Teil earthquake, France. *Communications Earth & Environment*, 2, Article number: 14.
- Cornou, C., and 90 co-authors (2020). Rapid Response to The Mw 4.9 Earthquake Of November 11, 2019 In Le Teil, Lower Rhône Valley, France. *Comptes Rendus Géoscience*, <https://doi.org/10.31219/osf.io/3afs5>
- Delouis B., Oral E., Menager M, Ampuero J-P, Guihlem Trilla A., Régnier M. and Deschamps A. Constraining the point source parameters of the 11 November 2019 Mw4.9 Le Teil earthquake using multiple relocation approaches, first motion and full waveform inversions, *CR Géosciences*, ISSN (electronic) : 1778-7025, Online first, 8th September 2021 <<https://doi.org/10.5802/crgeos.78>>.
- Jomard, H., Cushing, E. M., Palumbo, L., Baize, S., David, C., & Chartier, T. (2017). Transposing an active fault database into a seismic hazard fault model for nuclear facilities—Part 1: Building a database of potentially active faults (BDFA) for metropolitan France. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 17(9), 1573-1584. Online version and kml file available at <https://bdfa.irsn.fr/>
- Malcles, O., Vernant, P., Chéry, J., Camps, P., Cazes, G., Ritz, J. F., and Fink D. (2020). Determining the Plio-Quaternary uplift of the southern French, Massif Central; a new insight for intraplate orogen dynamics *Solid Earth*, 11: 241–258, 2020, <https://doi.org/10.5194/se-11-241-2020>.
- Mathey, M., Sue, C., Pagani, C., Baize, S., Walpersdorf, A., Bodin, T., Husson, L., Hannouz, E., and Potin, B. (2020). Present-day geodynamics of the Western Alps: new insights from earthquake mechanisms. *Solid Earth Discuss.* [preprint], <https://doi.org/10.5194/se-2020-196>, in review.
- Masson, C., Mazzotti, S., Vernant, P., and Doerflinger, E. (2019). Extracting small deformation beyond individual station precision from dense Global Navigation Satellite System (GNSS) networks in France and Western Europe. *Solid Earth*, 10: 1905–1920.
- Masson, F., Auclair, S., Bertil, D., Grunberg, M., Hernandez, B., Lambotte, S., Mazet-Roux, G., Provost, L., Saurel J. M., Schlupp, A., and Sira, C. (2021). The Transversal Seismicity Action: A Tool to Improve the Distribution of the French Seismicity Products. *Seismological Research Letters*, <https://doi.org/10.1785/0220200353>.
- Mazzotti, S, Jomard, H, and Masson, F. (2020). Processes and deformation rates generating seismicity in metropolitan France and conterminous Western Europe. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 191. <https://doi.org/10.1051/bsgf/2020019>.
- Ritz, J.-F., Baize, S., Ferry, M., Larroque, C., Audin, L., Delouis, B., and Mathot, E. (2020). Surface rupture and shallow fault reactivation during the 2019 Mw 4.9 Le Teil earthquake, France. *Commun. Earth Environ.*, 1:10. <https://doi.org/10.1038/S43247-020-0012-Z>
- Ritz, J-F., S. Baize, M. Ferry, E. Hannouz, M. Riesner, L. Bollinger, C. Larroque, L. Audin, K. Manchuel, M. Rizza, H. Jomard, C. Sue, P. Arroucau, J. Billant (2021). Analyzing the paleoseismic history of the La Rouvière fault, unexpected source of the 11-11-2019, Mw4.9 Le Teil surface rupturing earthquake (Cévennes fault system, France), EGU General Assembly 2021, EGU21-13044