

# Caractéristiques de la source et contexte tectonique du séisme de La Laigne 2023 ( $M_w$ 4.9), France.

**Bonnin, M.<sup>1,2</sup>, Perrin, C.<sup>1,2</sup>, Grunberg, M.<sup>3</sup>, Zigone, D.<sup>4</sup>, Sèbe, O.<sup>5</sup>, Alloncle, M.<sup>1</sup>, Fligiel, D.<sup>2</sup>,  
Chatelain, N.<sup>3</sup>, Mériaux, A.-S.<sup>4</sup>, Bès-de-Berc, M.<sup>3</sup>, Nouibat, A.<sup>4</sup>, Serra, E.<sup>4</sup>, Moutote L.<sup>4</sup>,  
Hourcade, C.<sup>1</sup>, Beucler, E.<sup>1,2</sup>**

and the Résif/Epos-France seismological community

<sup>1</sup>Nantes Université, Univ Angers, Le Mans Université, CNRS, UMR 6112, Laboratoire de Planétologie et Géosciences, Nantes, France.

<sup>2</sup> Observatoire des sciences de l'Univers Nantes Atlantique, UAR 3281, Nantes, France.

<sup>3</sup> Université de Strasbourg, CNRS, EOST/UAR 830, 5 rue René Descartes, 67084 Strasbourg Cedex, France

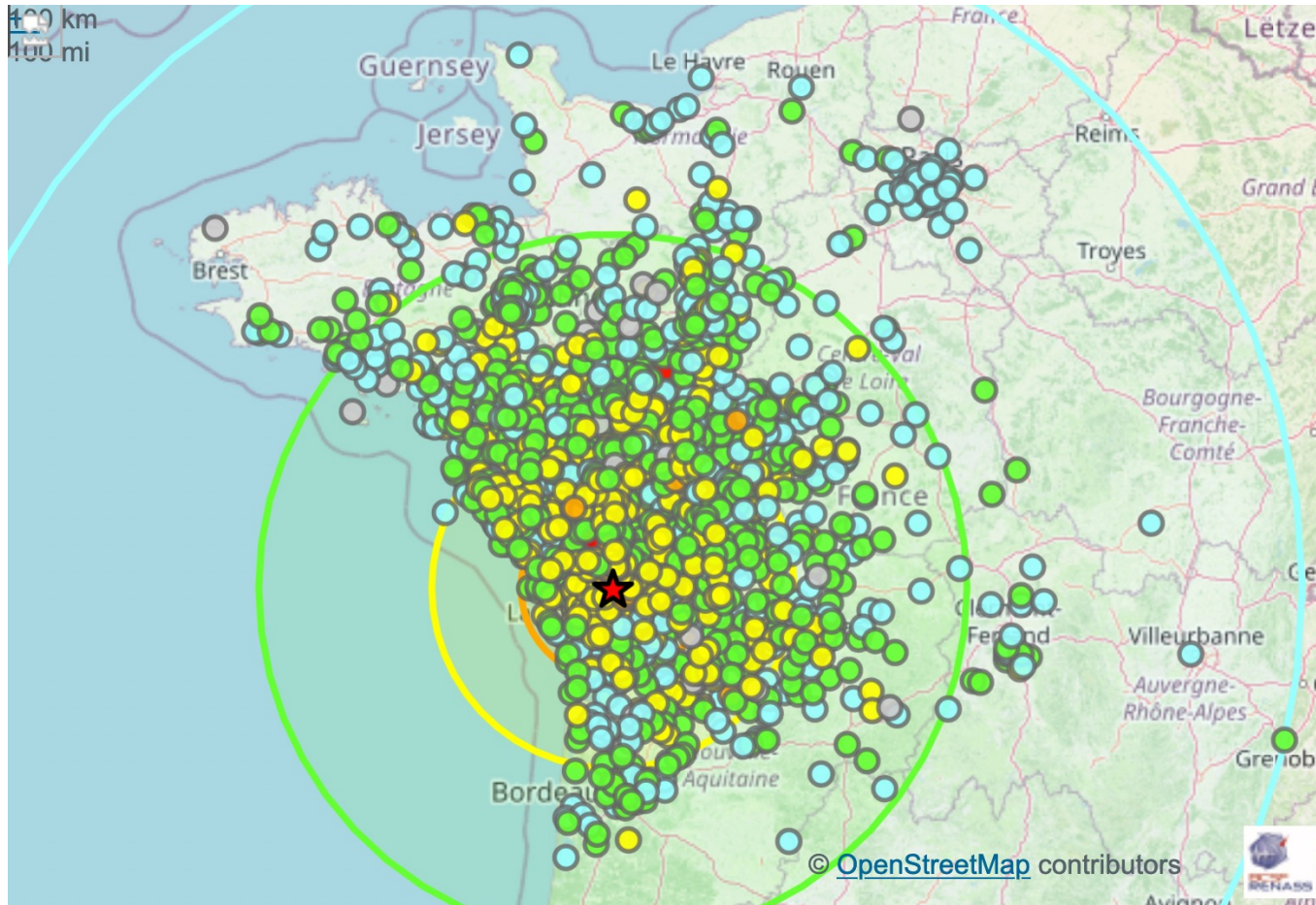
<sup>4</sup> Institut Terre et Environnement de Strasbourg, Université de Strasbourg/CNRS, Strasbourg, France

<sup>5</sup> CEA, Bruyères Le Chatel, DAM/DIF/LDG, 91297 Arpajon

[mickael.bonnin@univ-nantes.fr](mailto:mickael.bonnin@univ-nantes.fr) ; [clement.perrin@univ-nantes.fr](mailto:clement.perrin@univ-nantes.fr)



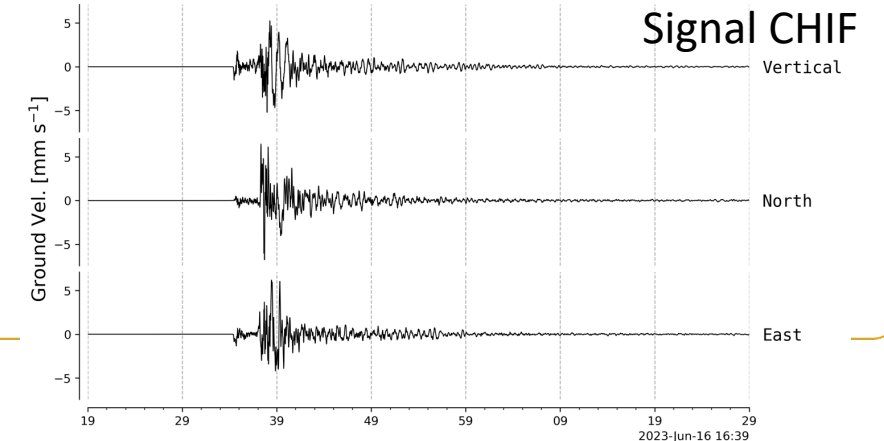
# Que s'est-il passé le 16 juin 2023?



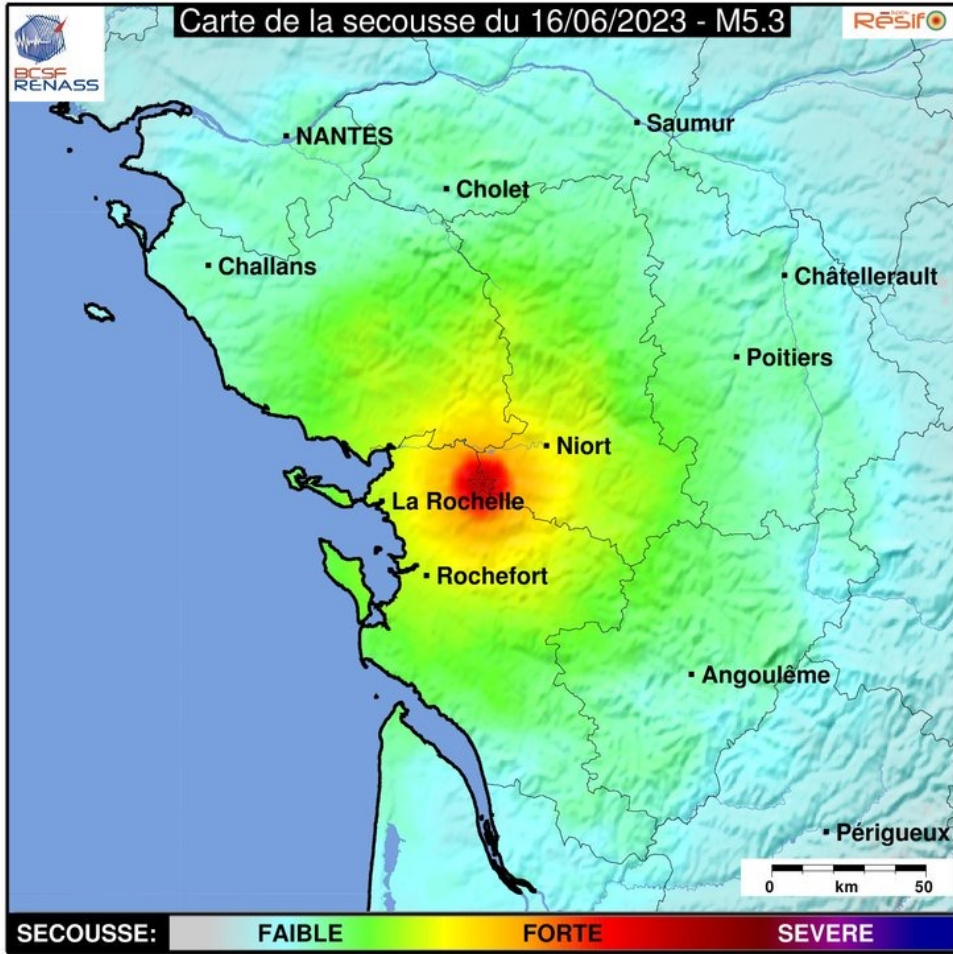
Intensités EMS98	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+
Dégâts potentiels bâtiments vulnérables	aucun	aucun	aucun	aucun	très légers	modérés	quelques effondrements partiels	nombreux effondrements partiels	nombreux effondrements	effondrements généralisés
Dégâts potentiels bâtiments peu vulnérables	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	très légers	modérés	effondrements partiels	nombreux effondrements
Perception humaine	aucune	très faible	faible	modérée	forte	brutale	très brutale	sévère	violente	extrême
PGA (%g)	<0.02	0.07	0.3	1.1	4.7	8.6	16	29	52	>96
PGV (cm/s)	<0.007	0.03	0.1	0.5	2.3	5.5	13	31	73	>174
PSA 0.3s (%g)	<0.010	0.05	0.3	1.5	8.3	16	31	59	112	>214
PSA 1.0s (%g)	<0.001	0.009	0.07	0.5	3.2	7.1	15	34	73	>160
PSA 3.0s (%g)	<0.0008	0.005	0.03	0.2	1.0	2.2	4.8	10	22	>48

Echelles de conversion : PGA, PGV / intensité basée sur Caprio et al. (2015); PSA / intensité basée sur Atkinson et Kaka (2007)

- Séisme à 18h38 (heure locale)
- MI 5.3 – Mw 4.9
- 46.21°N ; 0.72°W ; profondeur 5±2 km
- Ressenti dans le quart nord-ouest de la France
- plus de 6000 témoignages sur le site du BCSF-Rénass (ci contre)



# Que s'est-il passé le 16 juin 2023?



Date de mise à jour : 23/06/2023 16:42:29 GMT

basé sur ShakeMap®, USGS

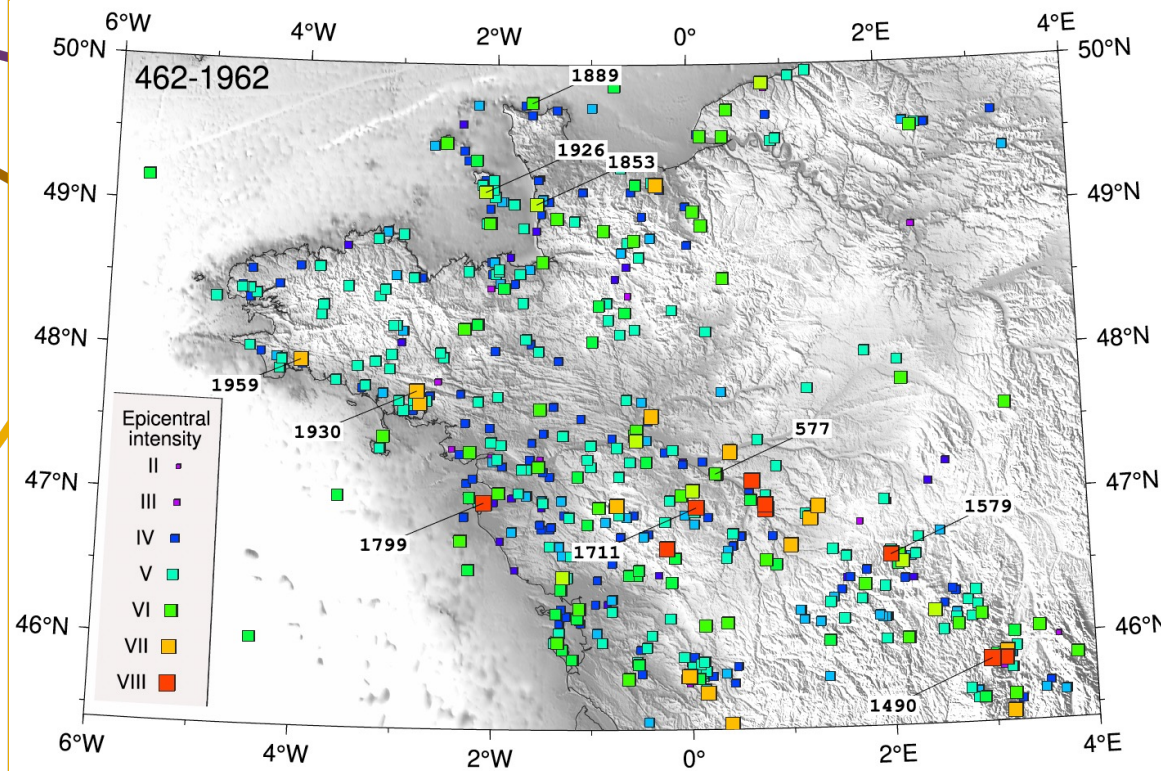
Intensité maximale = 7 au niveau des communes de La Laigne et Cram-Chaban (Rapport GIM 2023)

Plus de 60 habitations à La Laigne classées « noires » (inhabitables)

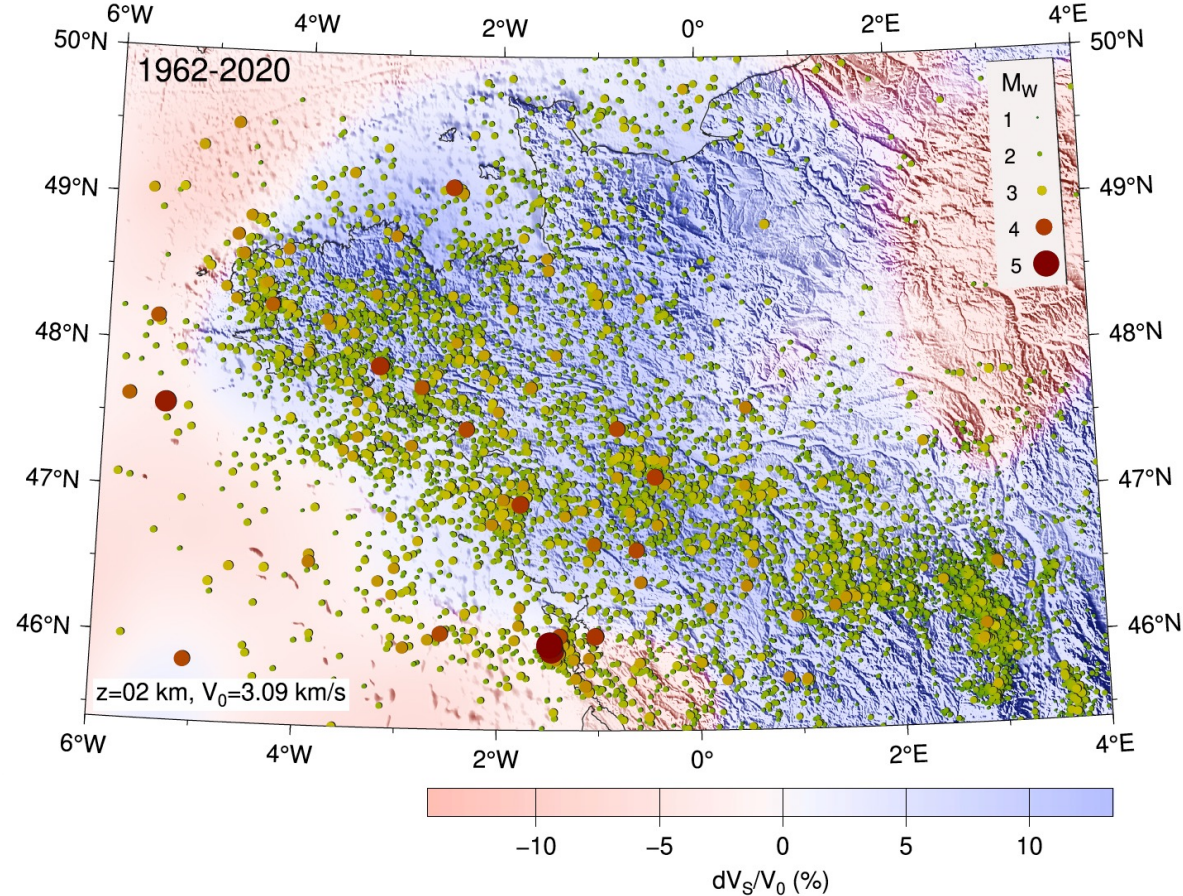


# Contexte: sismicité historique et instrumentale

*Beucler et al., 2021*



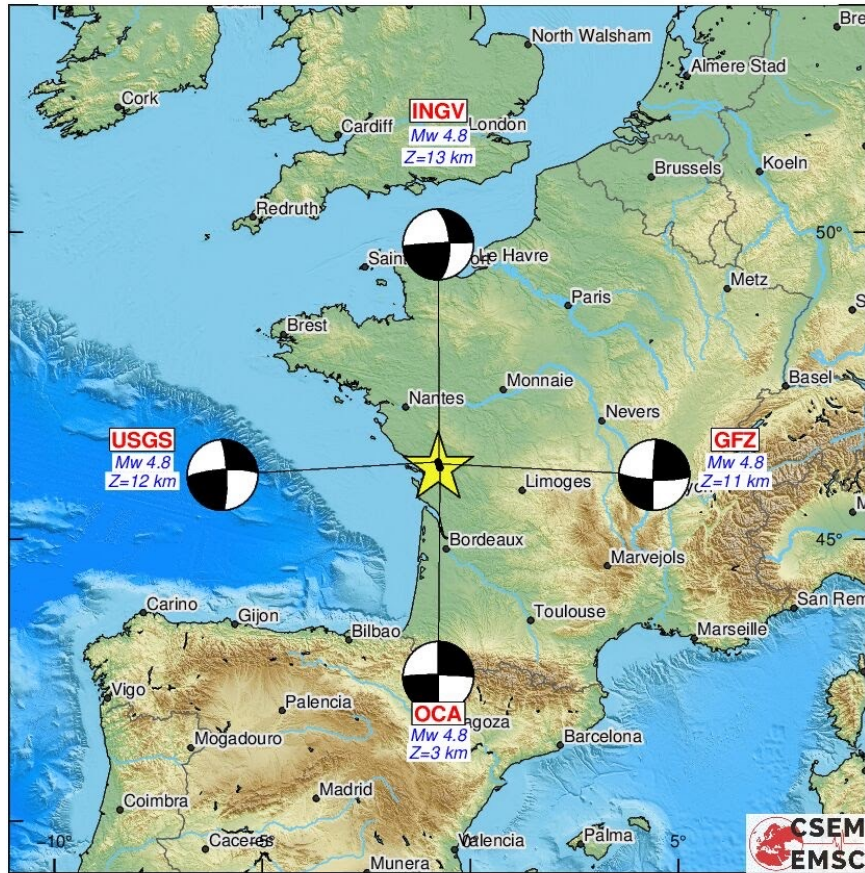
Plusieurs évènements d'intensités modérées à fortes (V-VI) (base de données Sisfrance)



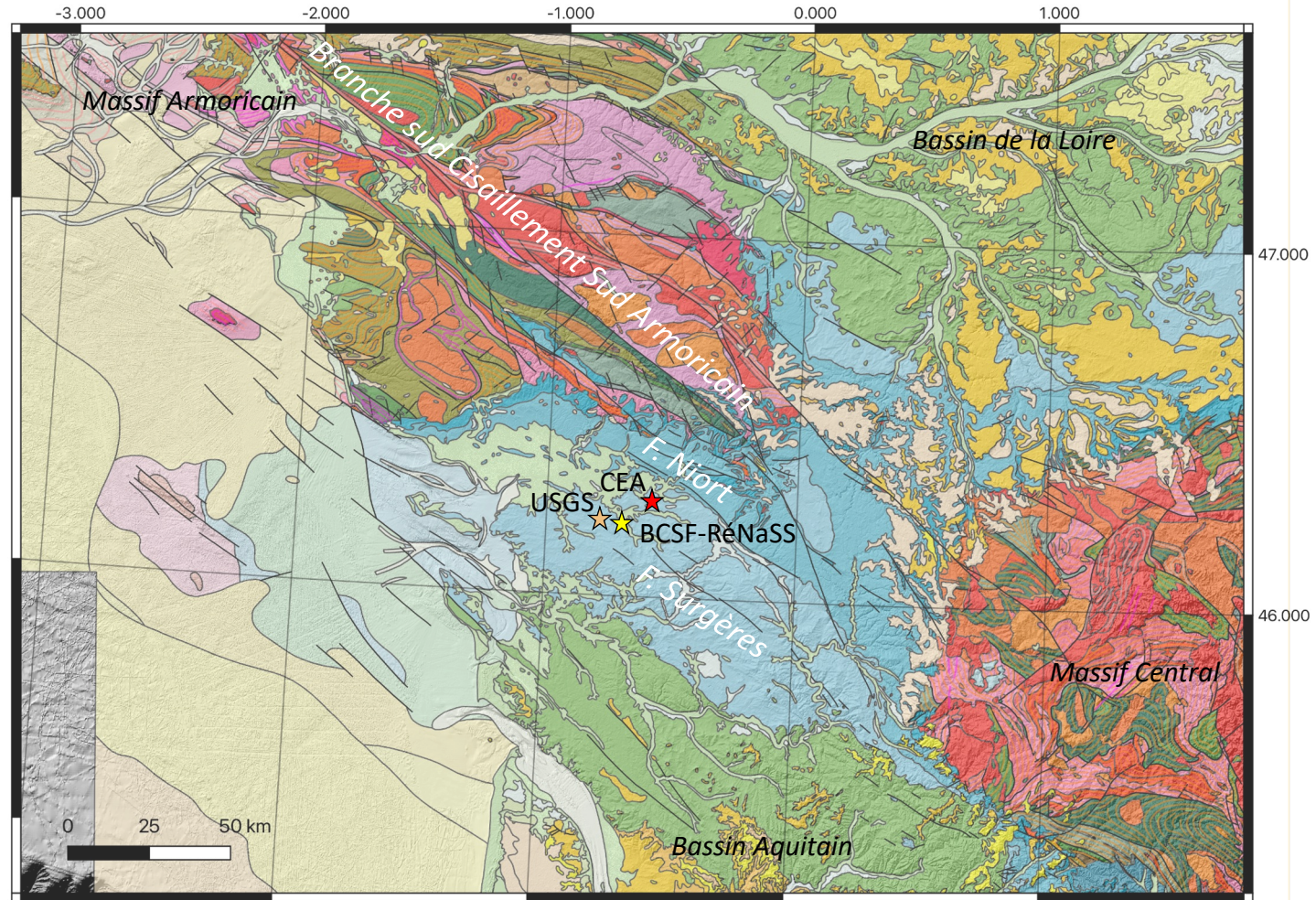
Séismes instrumentaux de magnitudes modérées (catalogue unifié CEA-LDG / BCSF RéNaSS)

# Contexte géologique et sismo-tectonique

**Moment Tensor map of earthquake:**  
Mag: 5.0 2023-06-16 16:38:28 UTC  
Lat: 46.21 Lon: -0.77 Depth: 10.0 km



300 km  
— Political boundaries  
— Tectonic plates boundaries (Bird, P. [2003])



## Mission post-sismique dès le 17 juin 2023



16 Fairfield champ proche (Osuna via Sismob)  
88 SmartSolo régional (CEA/EOST)

5 stations postsismiques télémétrées  
(5 CMG40 + 4 Titan; LPG/Osuna via Résif/IRSN)



## Réseau dense temporaire à deux échelles

Réseau sismologique local (LPG/Osuna):

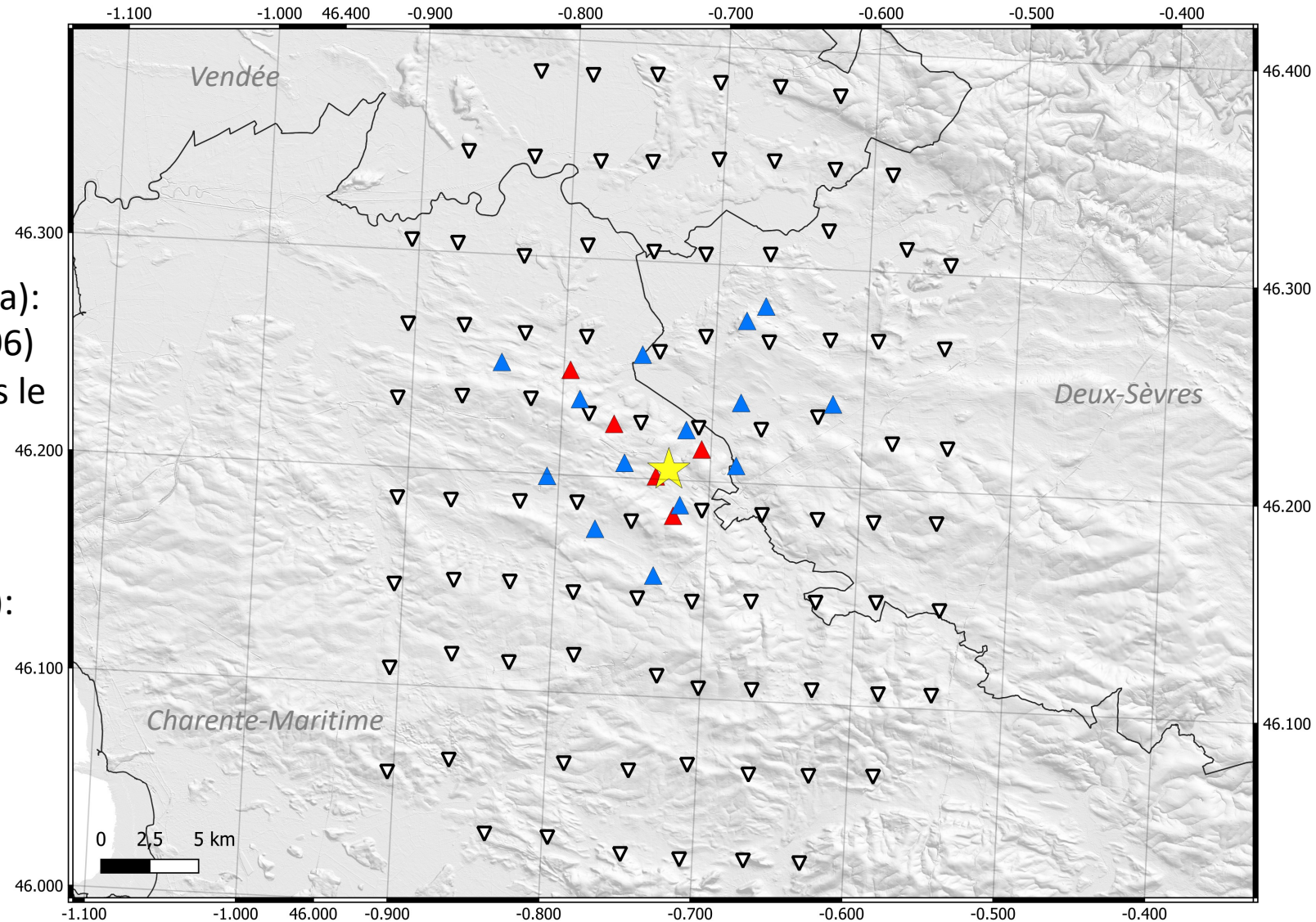
- ▲ MeMs/Fairfield (dès le 17/06)
- ▲ Stations post-sismiques (dès le 20/06)

=> analyse de la zone rompue

Réseau sismologique local (EOST-CEA):

- ▽ SmartSolo (dès le 21/06)

=> élaboration d'un modèle 3D de vitesse des ondes sismiques



## Réseau dense temporaire à deux échelles

Réseau sismologique local (LPG/Osuna):

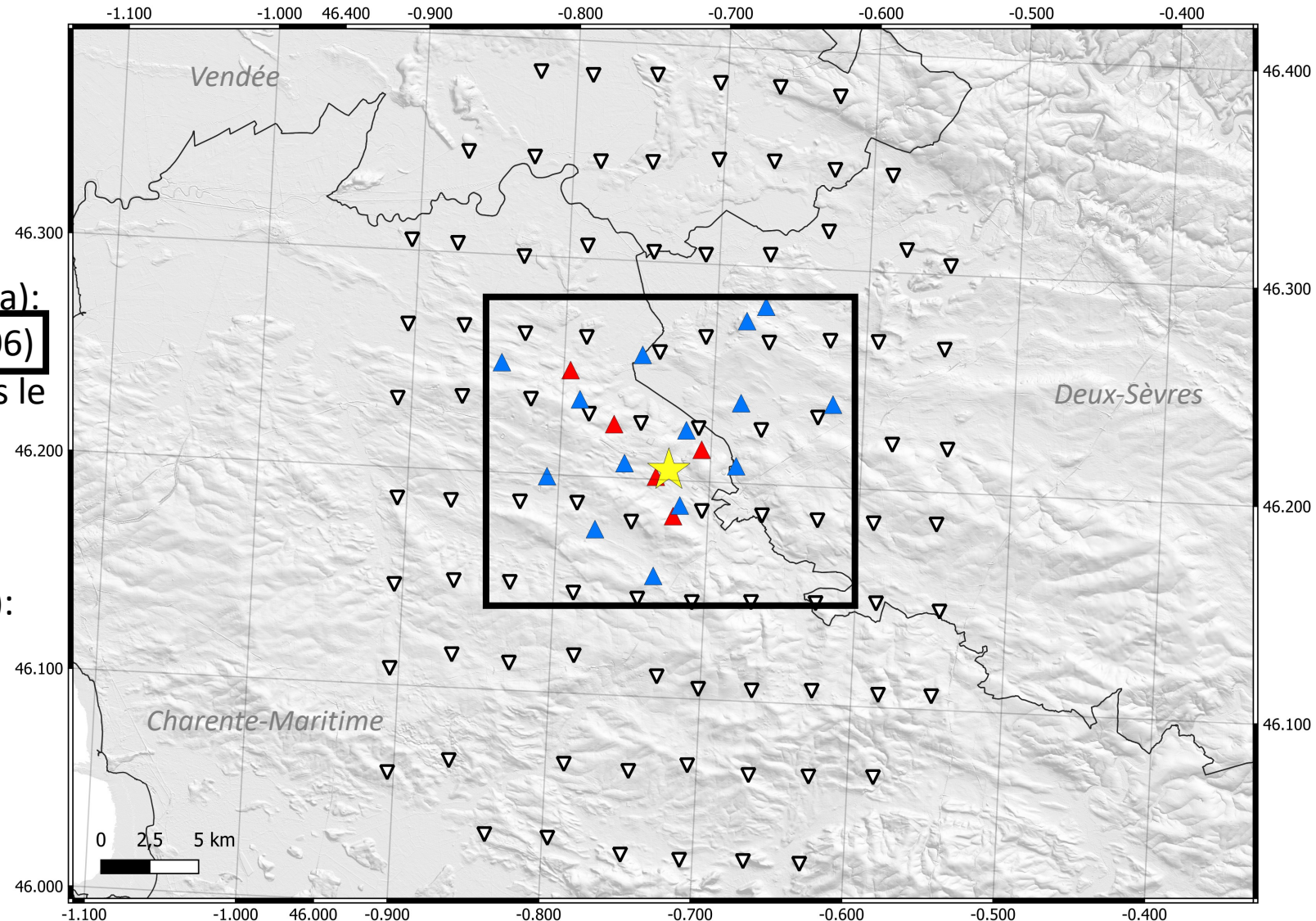
- ▲ MeMs/Fairfield (dès le 17/06)
- ▲ Stations post-sismiques (dès le 20/06)

=> analyse de la zone rompue

Réseau sismologique local (EOST-CEA):

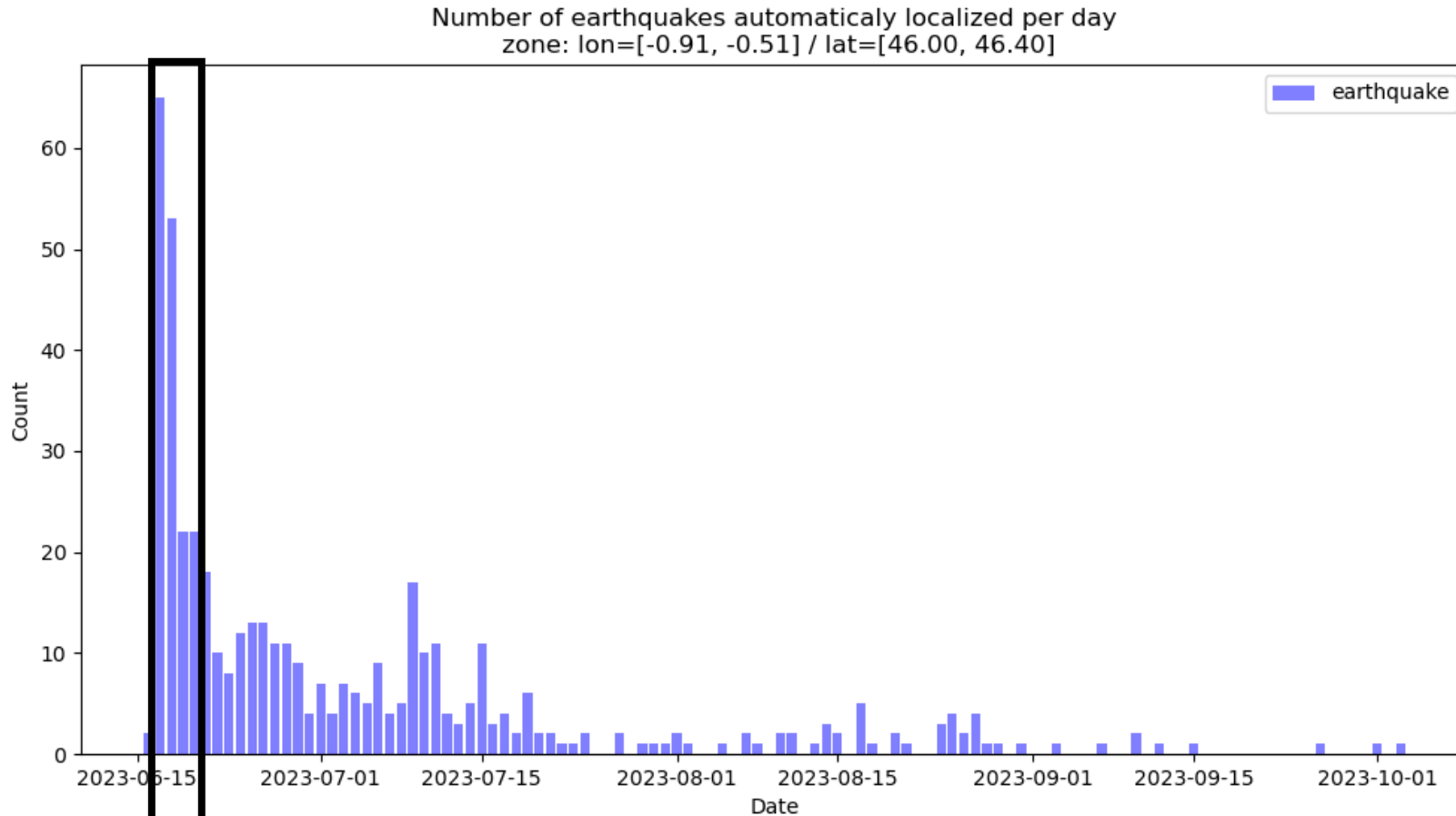
- ▽ SmartSolo (dès le 21/06)

=> élaboration d'un modèle 3D de vitesse des ondes sismiques





## Résultats préliminaires : loi d'Omori

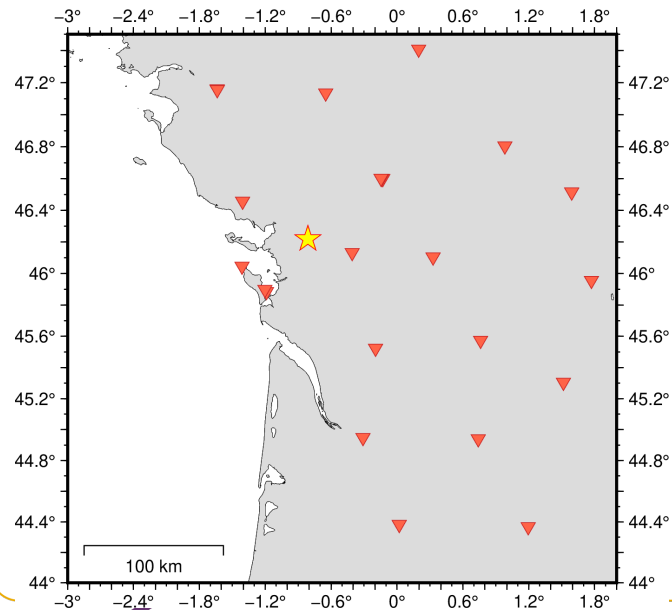


- Durée totale de la mission postsismique : 4 mois
- Environ 600 évènements détectés automatiquement (*phasenet*)
- Activité sismique ambiante retrouvée au bout d'un mois
- Environ 50% des répliques ont eu lieu les 3 premiers jours

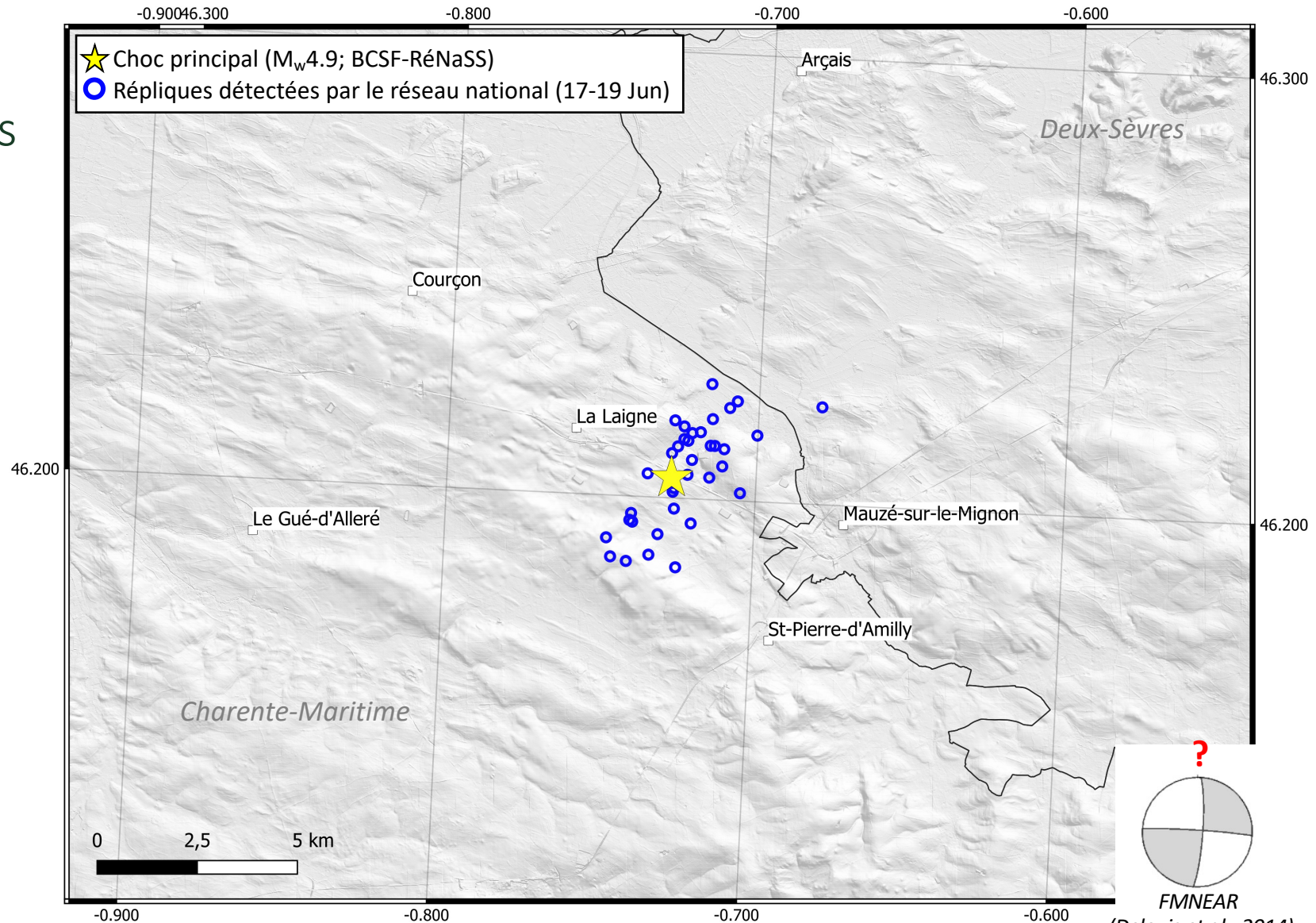
Cadre de cette étude

## Résultats préliminaires : localisation des répliques

Les répliques semblent s'aligner  
sur un axe NE-SW (peu contraint)  
=> plutôt en accord avec le plan  
nodal N-S sénestre du  
mécanisme au foyer?



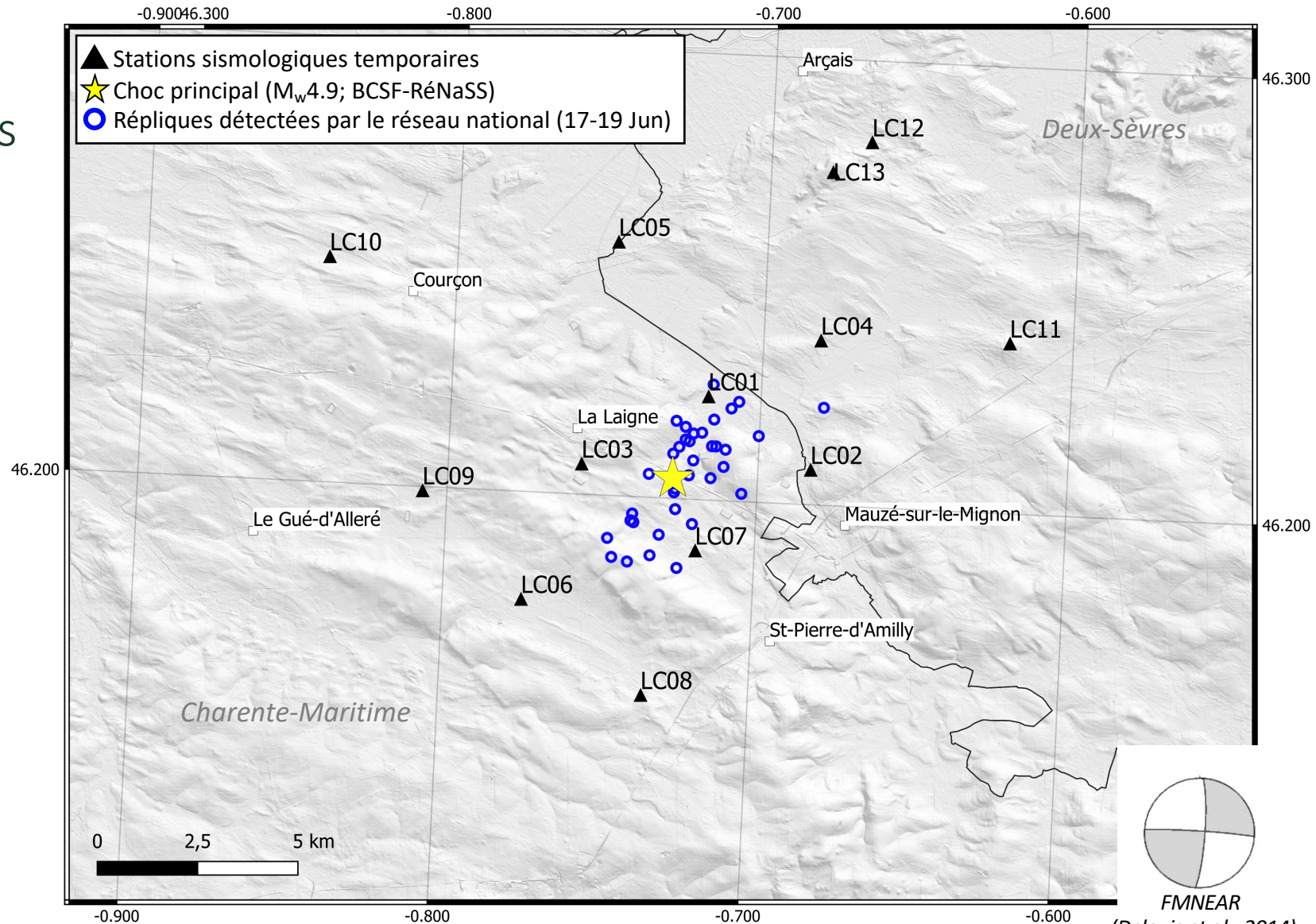
9 novembre 2023



## Résultats préliminaires : localisation des répliques

Les répliques semblent s'aligner sur un axe NE-SW (peu contraint)  
=> plutôt en accord avec le plan nodal N-S sénestre du mécanisme au foyer?

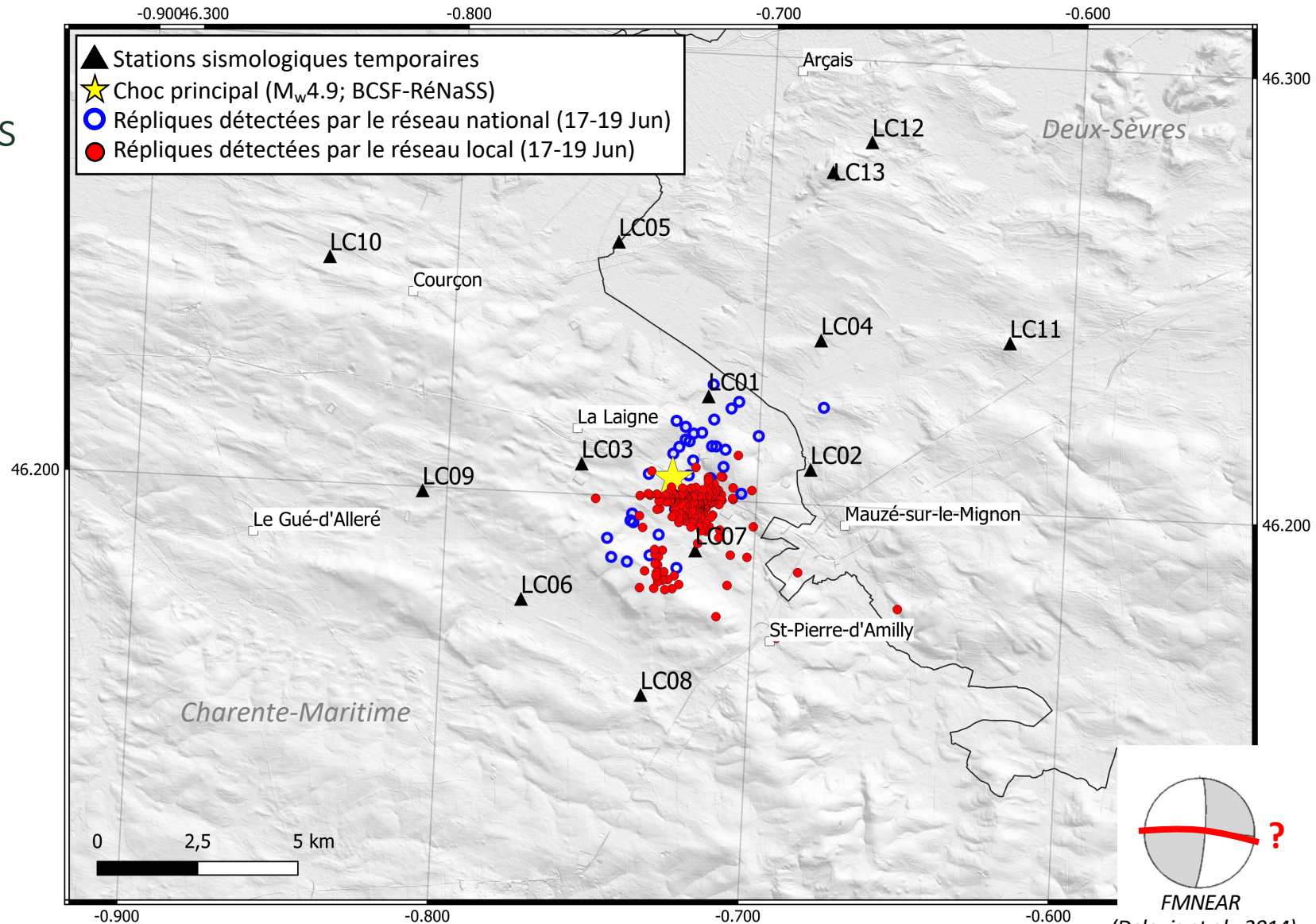
Déploiement du réseau local en prenant en compte les incertitudes de localisation du choc principal  
=> bonne couverture apparente de la zone des répliques



## Résultats préliminaires : localisation des répliques

Les répliques détectées par le réseau local semblent s'aligner sur un axe E-W (deux clusters?)  
=> plutôt en accord avec le plan nodal E-W dextre du mécanisme au foyer?

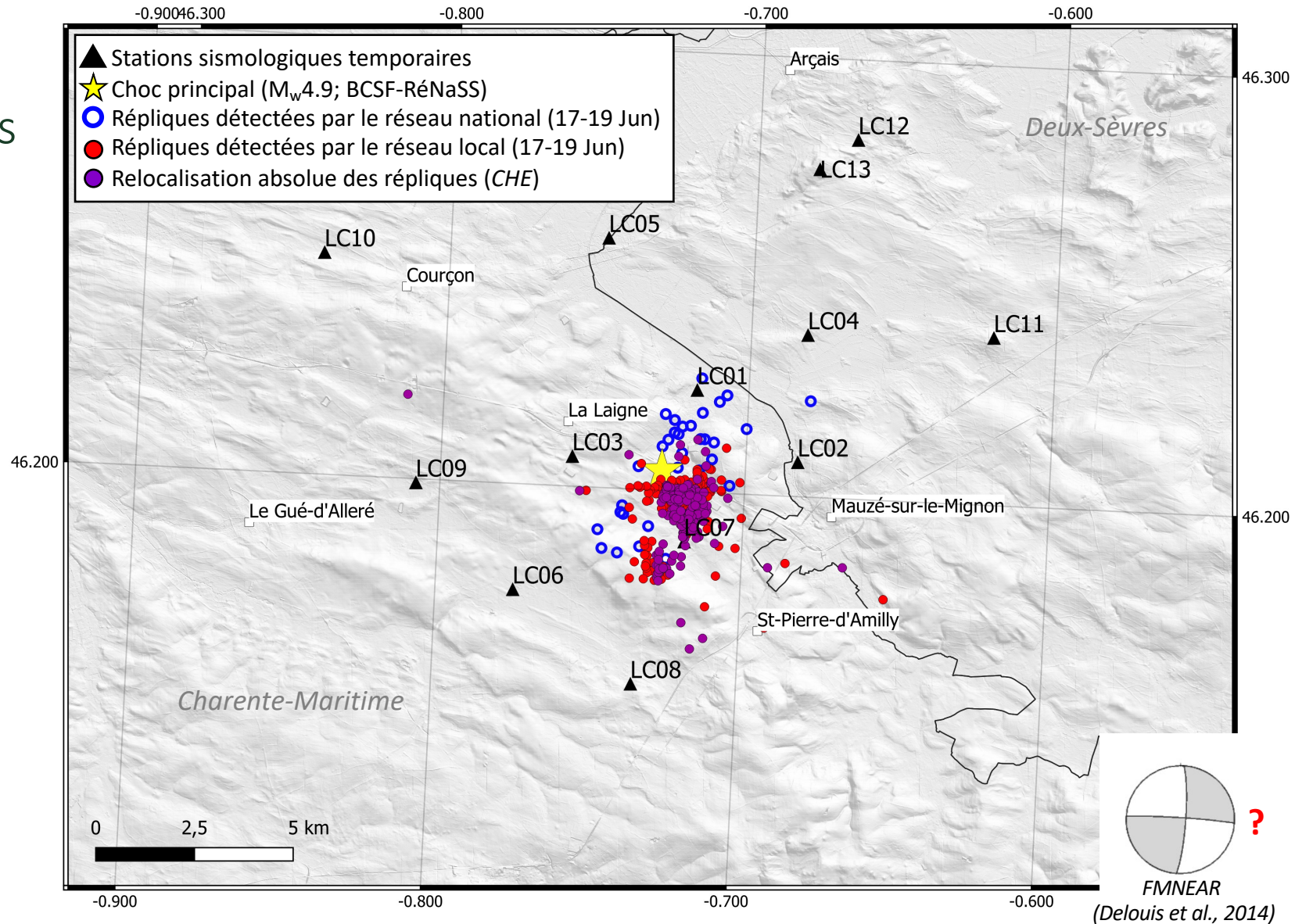
=> localisations très dépendantes du modèle 1D simplifié des vitesses des ondes sismiques



## Résultats préliminaires : localisation des répliques

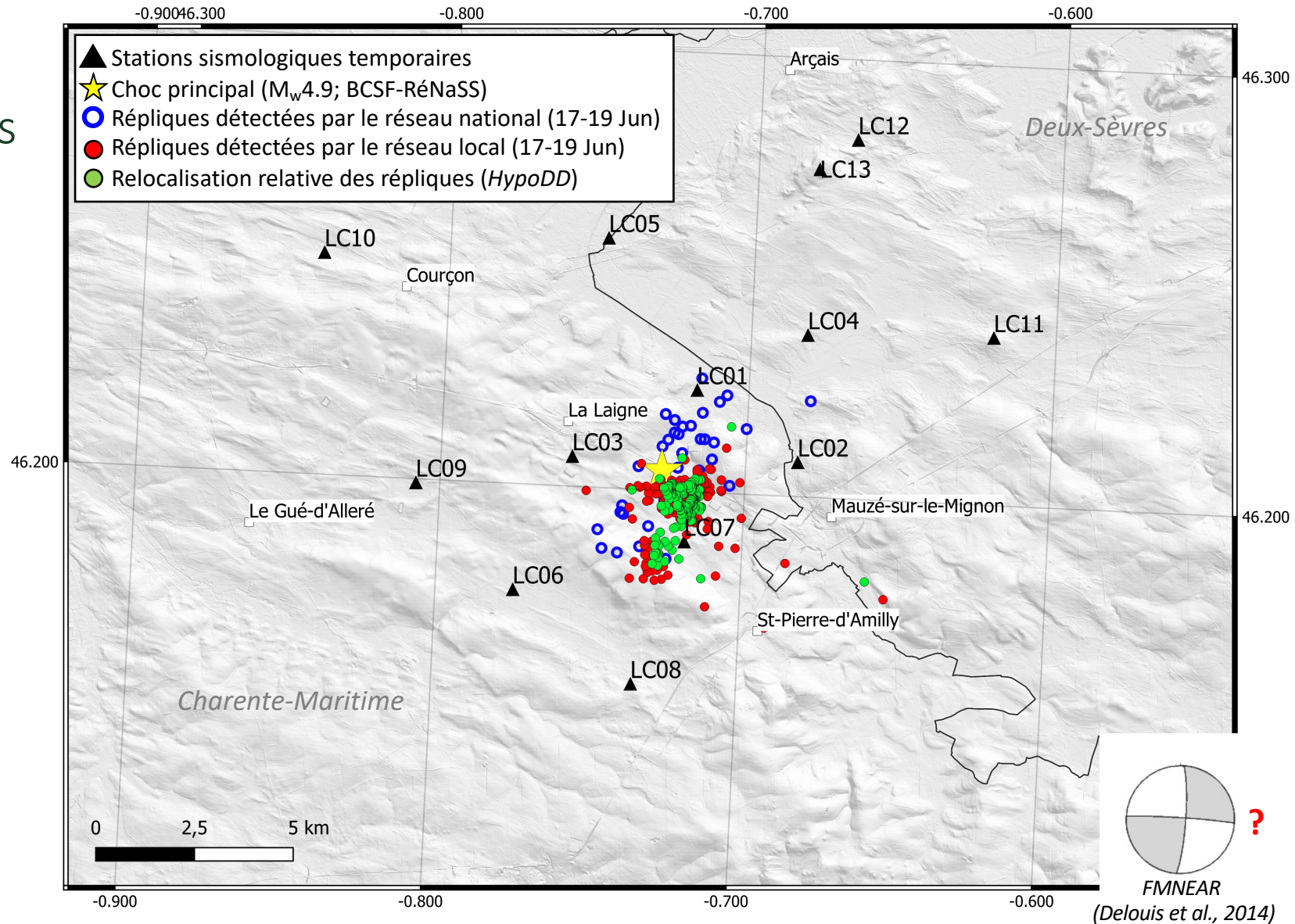
Relocalisations des répliques  
(programme *CHE*, Haugmard, 2016; Bonnin et al., 2023),  
permettant de s'affranchir du  
modèle de vitesse  
=> localisations resserrées,  
doute sur le plan nodal activé

9 novembre 2023



## Résultats préliminaires : localisation des répliques

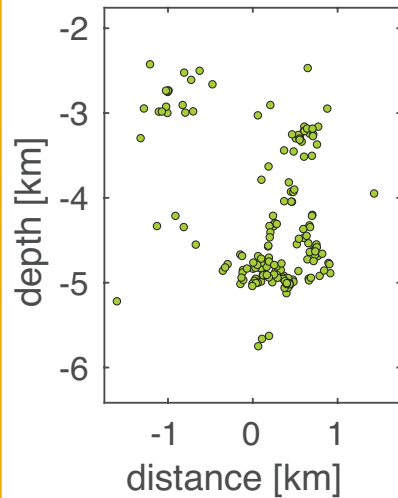
Relocalisations relatives des répliques (programme *HypoDD*, Waldhauser and Elsworth, 2000), permettant d'avoir une image fine de la zone rompue => localisations resserrées, doute sur le plan nodal activé



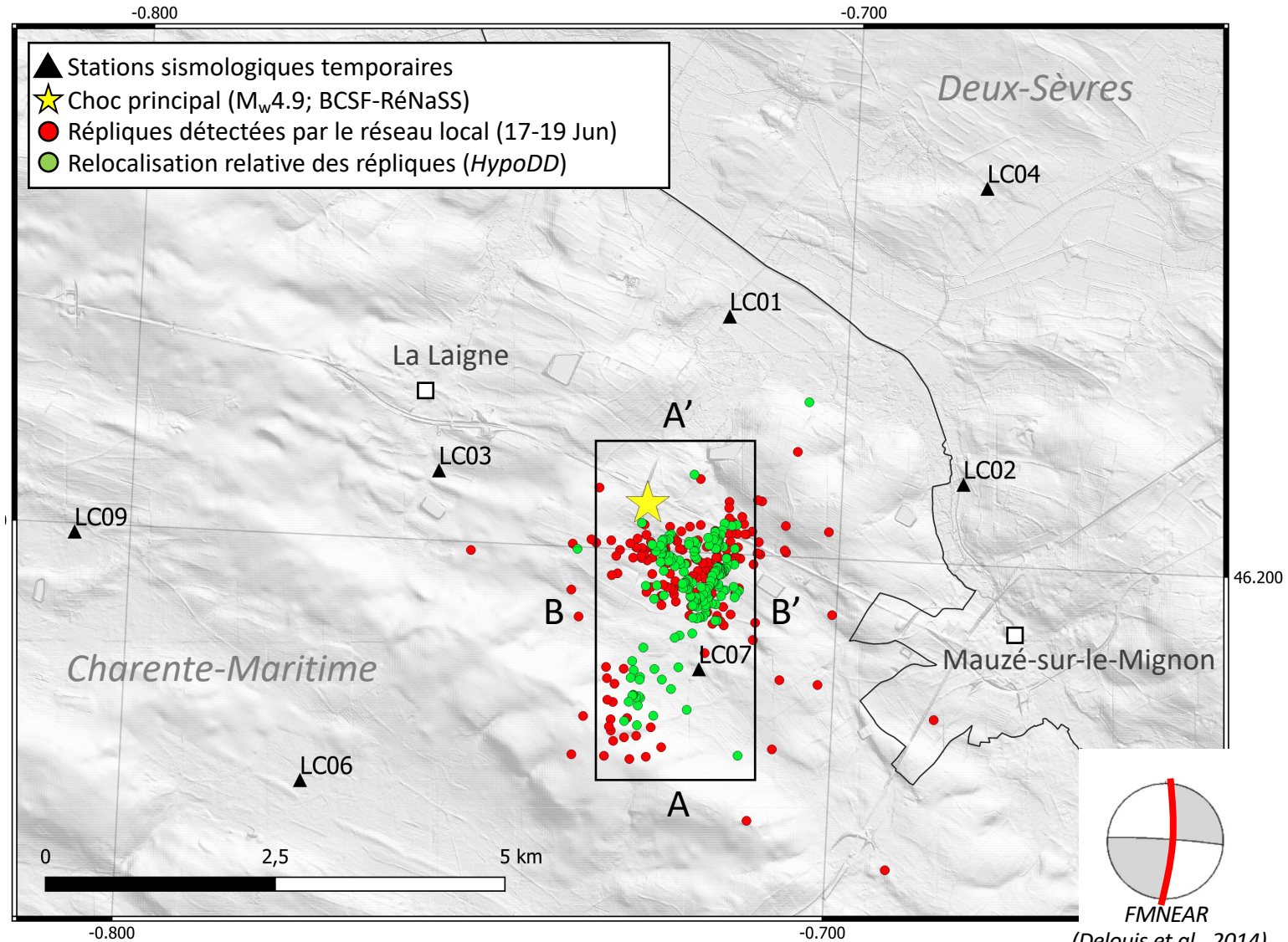
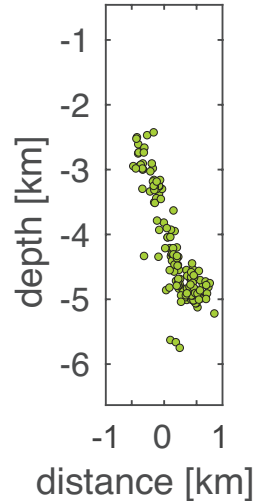
## Résultats préliminaires : coupes et géométrie fine de la zone rompue

- => structure planaire claire:
- plan N-S sénestre activé
  - pendage  $\sim 73^\circ E$
  - rupture dans le socle (2-5 km prof.)
  - Aire rompue  $\sim 5,4 \text{ km}^2$

**Cross Section: A-A'**

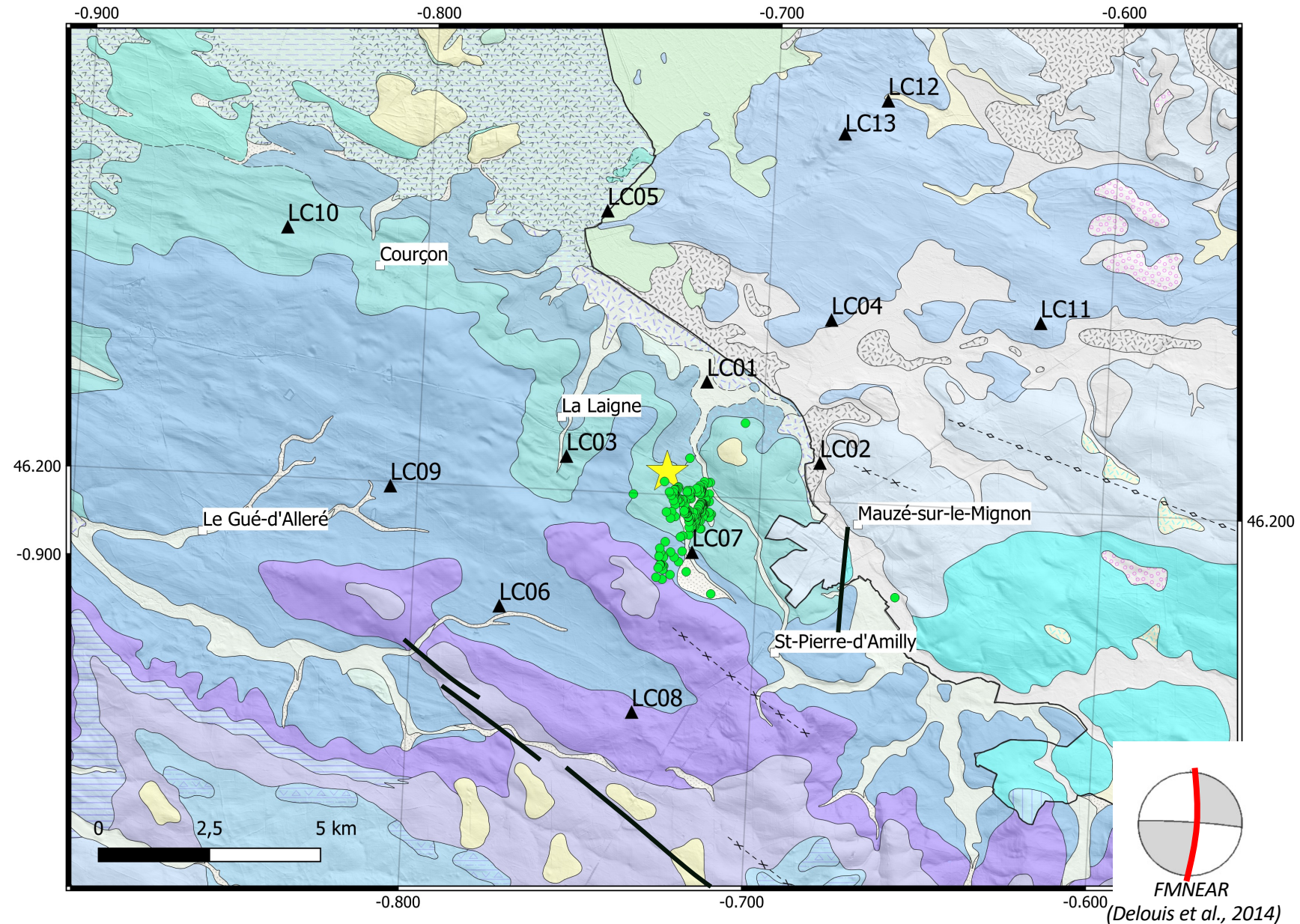


**Cross Section: B-B'**



Peut-on identifier  
une structure  
(ré-)activée par le  
séisme?

Présence d'une faille  
mineure N-S dans la  
couverture mésozoïque 3 km  
à l'Est de la rupture (carte  
BRGM 1/50 000)

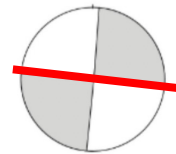




## Directions armoricaines...?

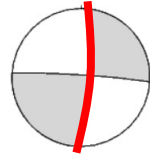
Séisme modérés pas surprenants dans nos régions, par contre les structures qu'ils (ré-)actives sont surprenantes...

- Layan  $M_w$  3.9 2019 => rupture E-W loin des grands accidents N120°

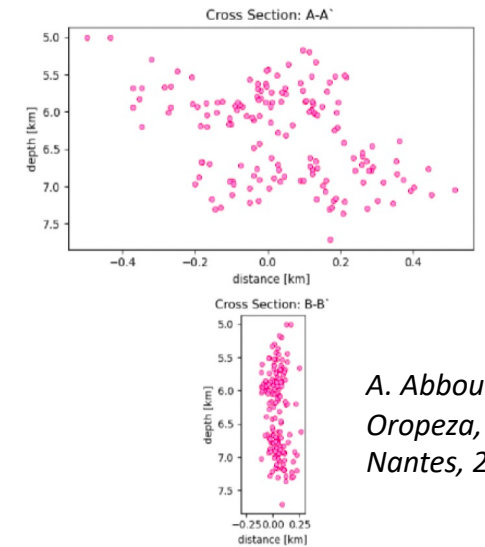
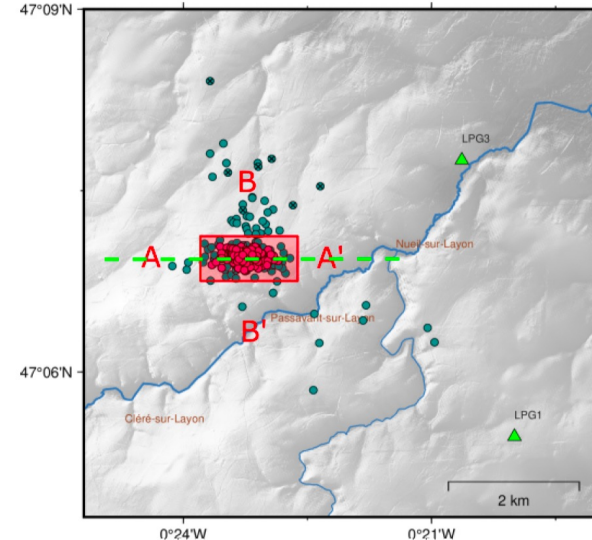


FMNEAR  
(Delouis et al., 2014)

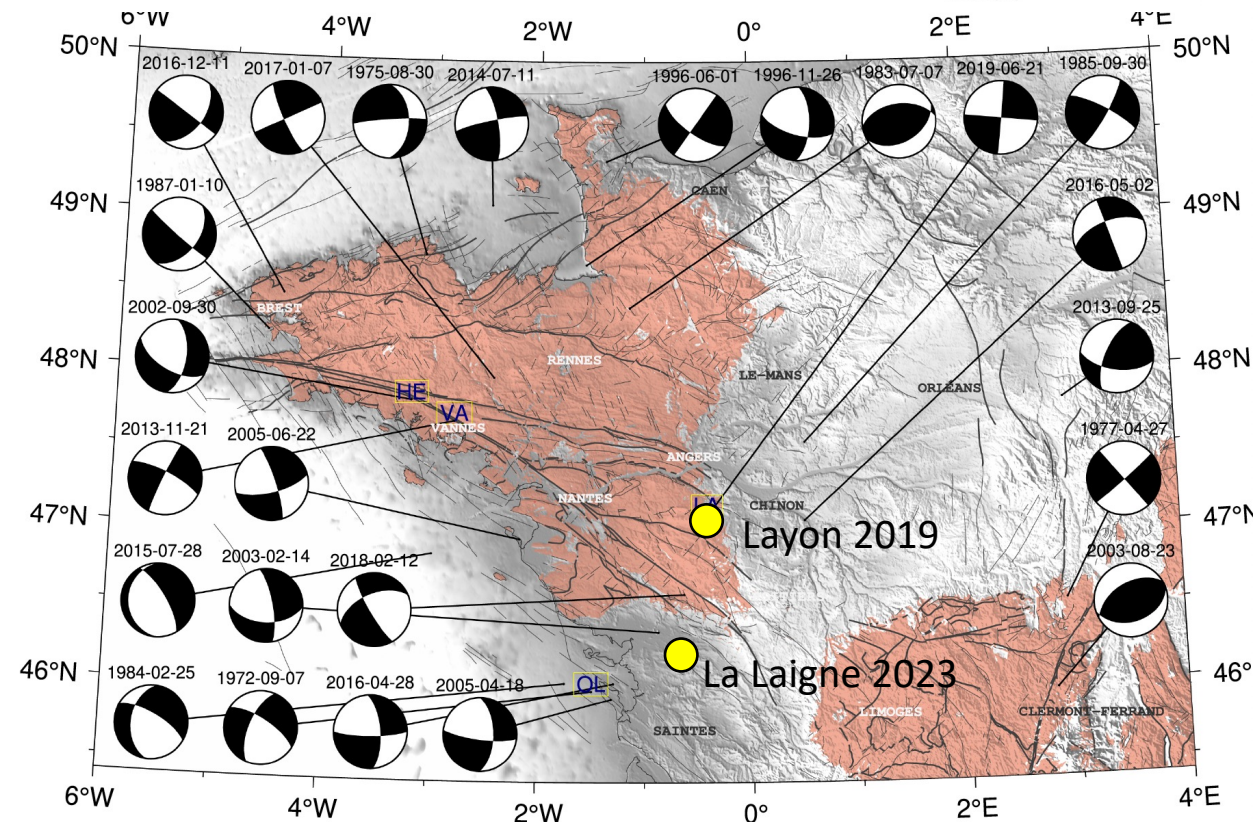
- La Laigne  $M_w$  4.9 2023 => rupture N-S loin des grands accidents N120°/N150°



Besoin de mieux caractériser les failles actives en France, connues et inconnues.  
=> un des objectifs de *FACT (Epos-France)*!



A. Abboud-Oropeza, M2 Nantes, 2023



Beucler et al., 2021

Merci de votre  
attention!

*Un diner de sismologues nantais  
pas comme les autres – 16 juin 2023*



# Résultats préliminaires : effet de sites

