

# Note de synthèse

## séisme du 10-09-2022 Mulhouse-Sierentz



Rédacteur:

Antoine Schlupp (EOST/BCSF-Rénass et ITES)  
le 14 septembre 2022

Relecteurs:

Marc Grunberg (EOST/BCSF-Rénass)  
Marc Schaming (EOST/BCSF-Rénass et ITES)

Cette synthèse est effectuée à partir des données collectées et analysées dans les premiers jours, principalement par l'EOST/BCSF-Rénass et les pays frontaliers et une mise en contexte.

## **1- Les caractéristiques du séisme du 10-09-2022 à 17h58**

Le 10 septembre 2022 à 17h58 heure locale (15h58 heure TU), un séisme a eu lieu entre Mulhouse et Bâle à proximité de Sierentz (Haut-Rhin). Les localisations calculées par les différents organismes (dont le BCSF-Rénass) sont très proches les unes des autres, la localisation préférentielle est celle du BCSF-Rénass du fait du nombre de stations proches de l'épicentre utilisées (cf tableau ci-dessous), la magnitude locale est estimée entre 4.6 et 4.8 et la profondeur est estimée entre 12 et 14.2 km.

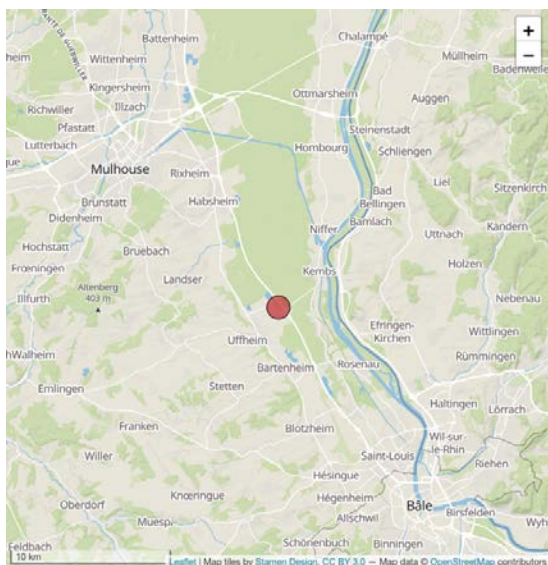
Il s'agit d'un séisme "modéré", observé une fois par décennie en moyenne à l'échelle de la métropole, et à une profondeur crustale assez importante.

Au vu de la magnitude et de la profondeur, la rupture de ce séisme n'a pas atteint la surface terrestre. La dimension de la zone de rupture d'un séisme d'une telle magnitude est de quelques km<sup>2</sup>.

### Localisations

<b>organisme</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>profondeur</b>	<b>magnitude</b>
CEA-DASE	47.70 N	7.47 E	Non indiquée	4.8 ML LDG
BCSF-Rénass	47.67 N	7.47 E	14 km	4.8 MLv
LGRB	47.67 N	7.48 E	13 km	4.6 ML
ETHZ/SED	47.68 N	7.47 E	13.4 km	4.7 MLhc

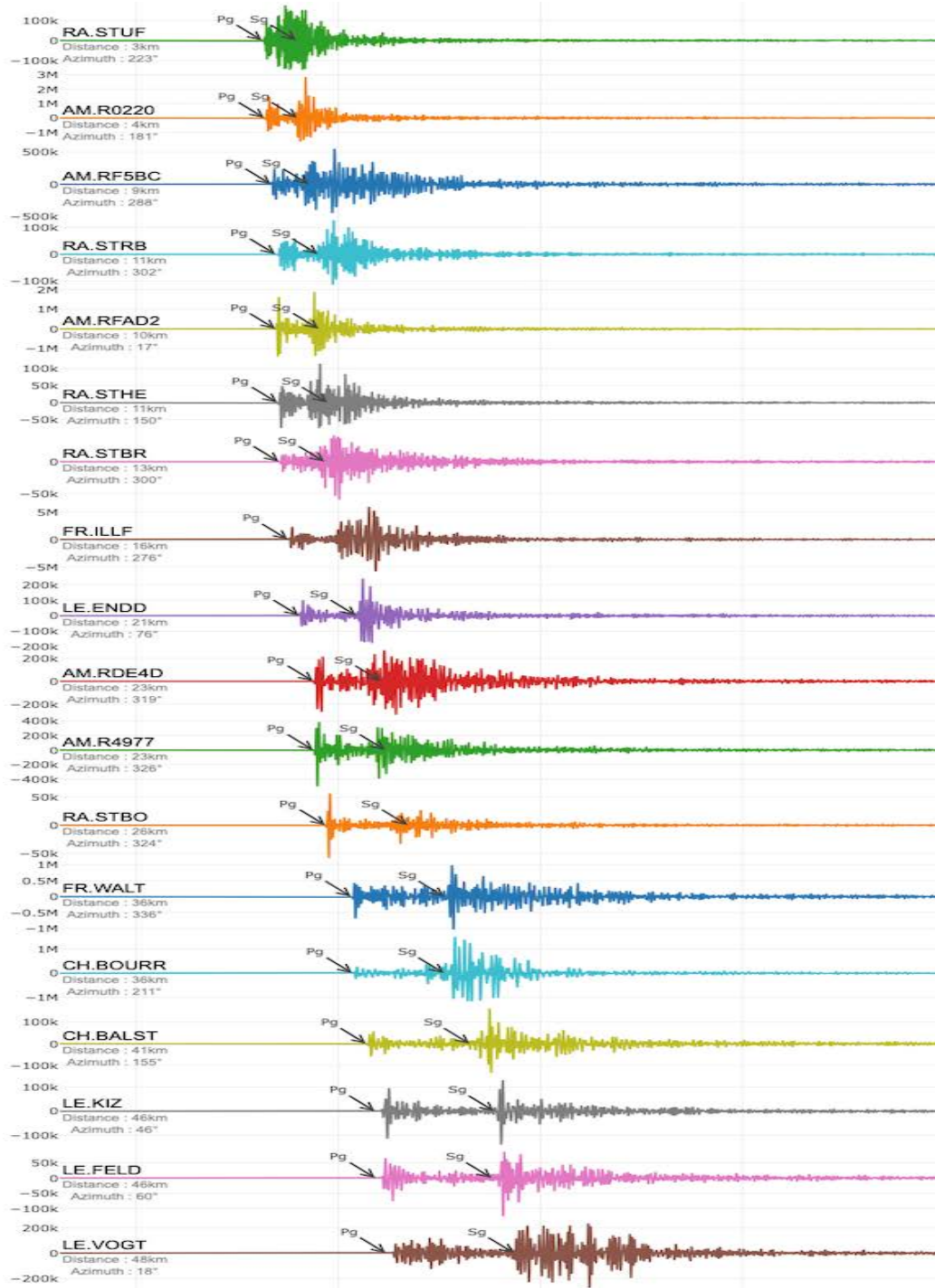
*Localisation et magnitude locale selon les observatoires (à la date du 11 septembre 2022)*



## Localisation du séisme d'après le BCSF-Rénass

(<https://renass.unistra.fr/fr/evenements/fr2022jyttas/>)

La figure ci-dessous montre les sismogrammes des stations utilisées pour la localisation du BCSF-Rénass, classées par distance à l'épicentre. Y sont indiqués les temps d'arrivée des ondes P et S. Les stations commençant par RA (accéléromètres - réseau RESIF-RAP distance minimale à l'épicentre DistMin=3km) ou FR (vélocimètres - réseau RESIF-RLBP, DistMin=16km) sont des stations permanentes. Les stations commençant par AM sont des stations vélocimétriques (RaspberryShake), installées chez des citoyens volontaires (SismoCitoyens, DistMin=4km). Parmi les 5 premières stations, 3 sont du réseau SismoCitoyen, montrant leur apport et l'importance de densifier les réseaux permanents.



Sismogrammes classées par distance à l'épicentre pour les 50 premiers kilomètres. Figure complète via <https://renass.unistra.fr/fr/evenements/fr2022jyttas/>  
Magnitudes

Le calcul d'une magnitude ML (magnitude locale) se fait sur l'amplitude maximale des ondes alors que celle de la magnitude Mw (Magnitude de moment) se fait sur l'ensemble de la forme d'onde. Il ne faut donc pas comparer directement ces deux magnitudes, la comparaison ne peut être faite que pour un même type de magnitude.

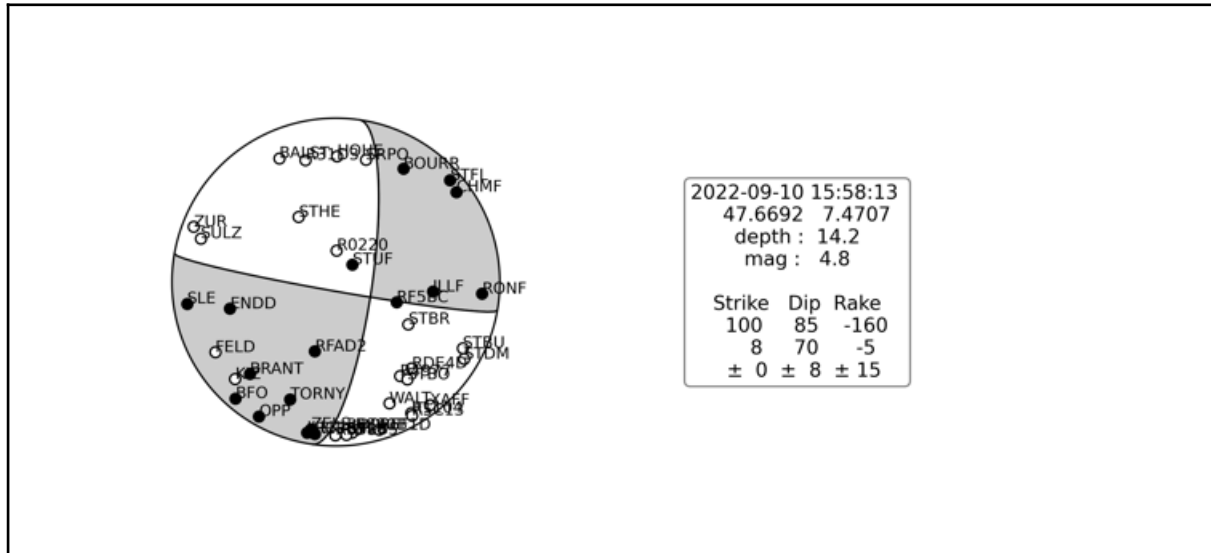
Les magnitudes Mw calculées sont similaires selon les observatoires (3.9 d'après Geoazur à 4.0 d'après IPGP). Les profondeurs issues de ces méthodes de calcul de Mw sont entre 12 et 14.2 km, similaires à celles calculées à partir des temps d'arrivée des ondes (BCSF-Rénass, LGRB, ETHZ/SED).

organisme	profondeur	magnitude Mw	Méthode pour le calcul Mw	magnitude locale ML
Geoazur	12 km	3.92 Mw	FMNEAR	
IPGP	14.2 km	4.0 Mw	inversion des spectres de déplacement des ondes S	
CEA-DASE	Non indiquée			4.8 ML LDG
BCSF-Rénass	14 km			4.8 MLv
LGRB	13 km			4.6 ML
ETHZ/SED	13.4 km			4.7 MLhc

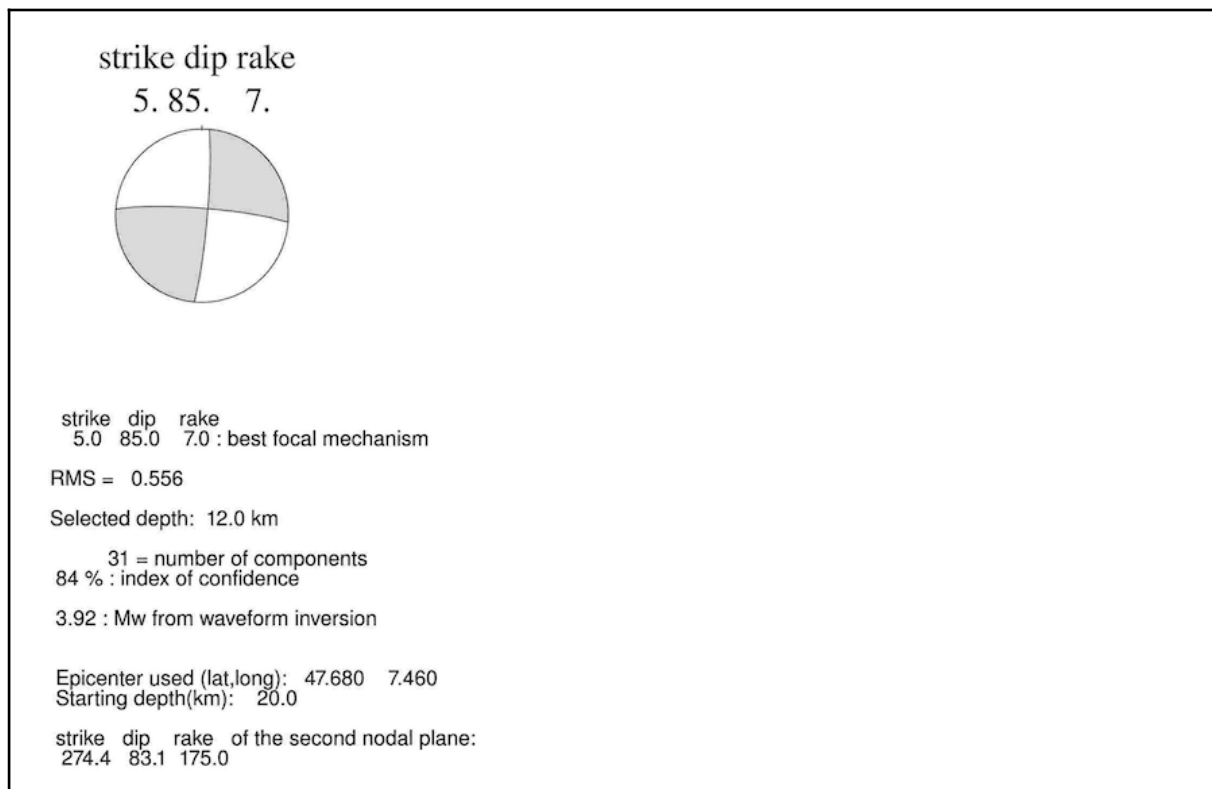
*Profondeur et magnitude du choc principal du séisme du 10-09-2022 (à la date du 11 septembre 2022)*

## Mécanismes au foyer

Les mécanismes aux foyer calculés par le BCSF-Rénass et Geoazur montrent toutes un mouvement décrochant sur une faille subverticale (senestre sur une faille NS, ou dextre sur une faille EO). La direction NS peut être privilégiée au vu de l'orientations des structures majeures de la région, mais on ne peut totalement exclure la direction EO. L'analyse fine des répliques devrait permettre d'éclairer le plan de faille où s'est produite la rupture.



Mécanisme au foyer d'après BCSF-Rénass



Mécanisme au foyer par la méthode FMNEAR (D'après Géoazur, Delouis B.).

## Répliques

Le BCSF-Rénass a pu détecter et localiser 23 répliques de magnitude locale entre 0,4 et 3,2 dans les 48 heures qui ont suivi le séisme. Les plus importantes ont eu lieu 10 minutes (ML=2,9) et 12 heures (ML=3,2) après le choc principal, celle de 3,2 a été ressentie jusqu'à Mulhouse. La profondeur des répliques se situe entre 7,3 et 13,7 km.

Heure (TU = heure locale - 2h)	Latitude	Longitude	Prof/km	Magnitude
2022-09-10 à 16:07:45	47,67	7,47	13,2	2,9
2022-09-10 à 16:12:13	47,68	7,47	8,7	0,4
2022-09-10 à 16:24:23	47,67	7,49	12,9	1,1
2022-09-10 à 16:31:07	47,67	7,47	11,5	1,1
2022-09-10 à 16:54:27	47,68	7,48	11,7	1,1
2022-09-10 à 18:50:28	47,66	7,47	7,3	0,5
2022-09-10 à 20:48:50	47,62	7,46	13,2	1,5
2022-09-10 à 20:49:28	47,62	7,46	13,3	1,4
2022-09-10 à 20:53:56	47,62	7,47	12,7	0,9
2022-09-10 à 20:54:53	47,62	7,48	13,1	0,8
2022-09-10 à 20:55:21	47,62	7,46	13,4	1,0
2022-09-10 à 22:59:27	47,63	7,46	12,2	0,9
2022-09-10 à 23:55:50	47,67	7,48	10,5	0,9
2022-09-11 à 02:24:32	47,67	7,47	11,9	1,4
2022-09-11 à 02:30:32	47,67	7,48	11,6	1,3
2022-09-11 à 02:32:49	47,65	7,45	14,2	1,3
2022-09-11 à 03:09:42	47,67	7,47	11,3	0,7
2022-09-11 à 03:46:22	47,68	7,47	11,4	1,5
2022-09-11 à 04:00:35	47,67	7,47	13,5	3,2
2022-09-11 à 04:29:42	47,67	7,47	11,5	1,0
2022-09-12 à 02:50:09	47,67	7,47	10,7	1,2
2022-09-12 à 03:38:26	47,67	7,48	13,7	1,0
2022-09-12 à 06:21:40	47,67	7,50	8,8	1,4

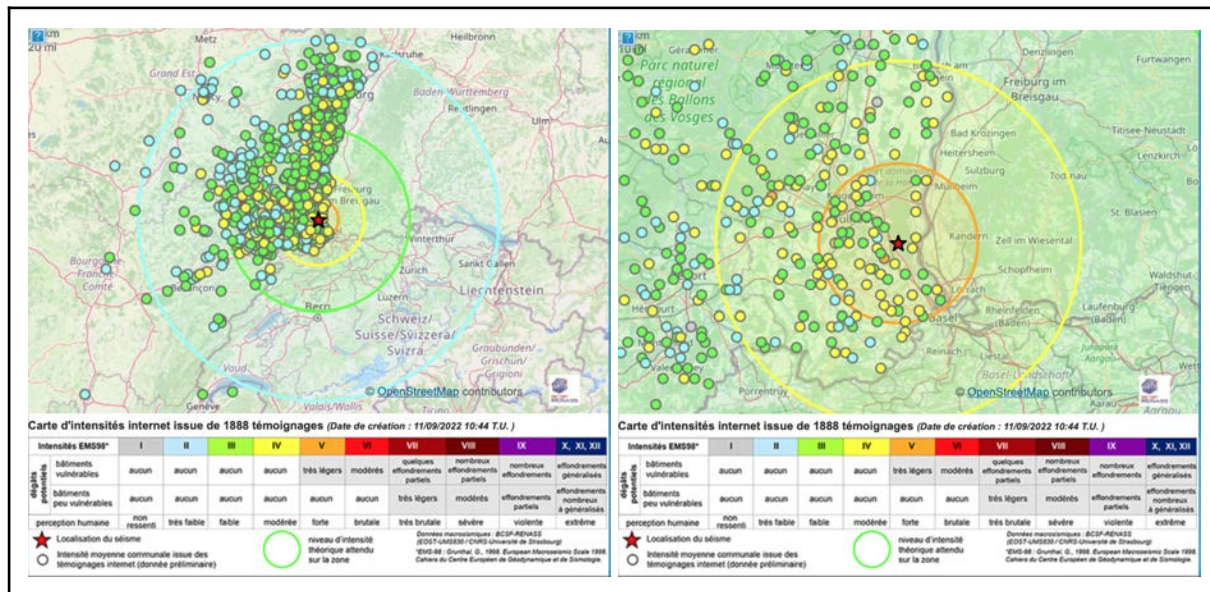
*Répliques identifiées par le BCSF-Rénass (à la date du 13-09-2022 à 12h heure locale)*

Un réseau sismique composé de 40 à 50 nodes (stations temporaires composées d'un capteur vélocimétrique 4,5 Hz) a été déployé par l'EOST sur la zone à partir du 12 septembre pour une durée d'une dizaine de jours. L'objectif est de densifier la zone afin de pouvoir, notamment, plus finement détecter, localiser et analyser les répliques et si possible imager la zone de rupture et la faille concernée. Il devrait aussi permettre d'affiner le modèle de vitesse de la zone épiscoptrale et ainsi d'améliorer l'estimation des profondeurs du choc principal et des répliques.

## 2 - Effets et intensités des secousses

### Intensités issues des témoignages et shakemap

Le BCSF-Rénass collecte sur son site [www.franceseisme.fr](http://www.franceseisme.fr) les témoignages des citoyens via un formulaire à renseigner et la sélection d'une image caractéristique des effets observés. Il a obtenu plus de 2400 témoignages (au 12 septembre à 19h) en France, en majorité venant d'Alsace, des Vosges, du Territoire de Belfort et du Doubs. Les images sélectionnées par environ 2000 d'entre eux permettent de réaliser une cartographie préliminaire des intensités des secousses (type EMS98) à l'échelle des communes (moyenne des valeurs à la commune).



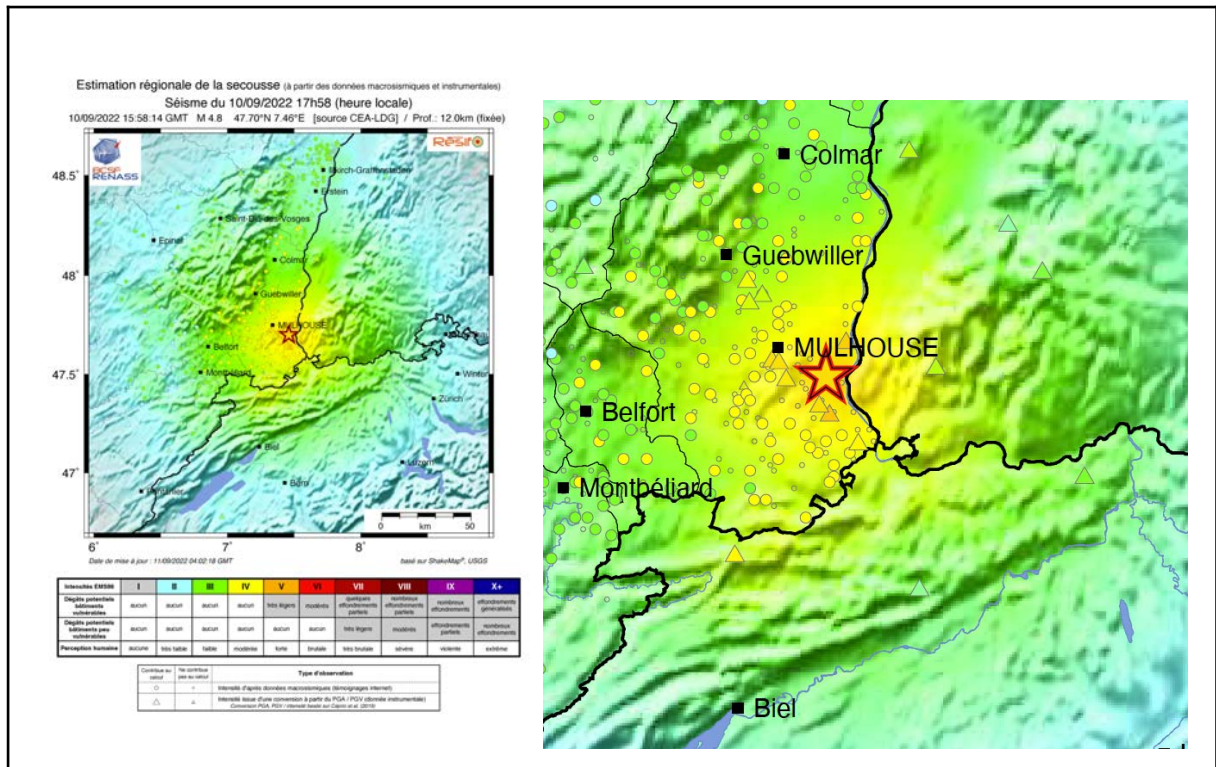
Carte des intensités macrosismiques préliminaires à l'échelle communale basée sur les témoignages sur [www.franceseisme.fr](http://www.franceseisme.fr) (1888 témoignages au 11 septembre à 12h44)

L'intensité maximale préliminaire est de V (dégâts légers potentiels sur des bâtiments très vulnérables, forte secousse ressentie) dans la zone épiscopale et des intensités IV (secousse modérée largement ressentie) ont été signalées à des distances de plusieurs dizaines de kilomètres. La Suisse (ETHZ-SED) a relevé une intensité maximale de IV sur plusieurs communes.

En France, quelques légers dommages ont été signalés. Une enquête macrosismique est en cours par le BCSF-Rénass auprès des autorités et mairies de la région touchée. Elle permettra de déterminer de façon précise les niveaux d'intensité à partir des observations et le cas échéant des niveaux de dégâts par classe de vulnérabilité.

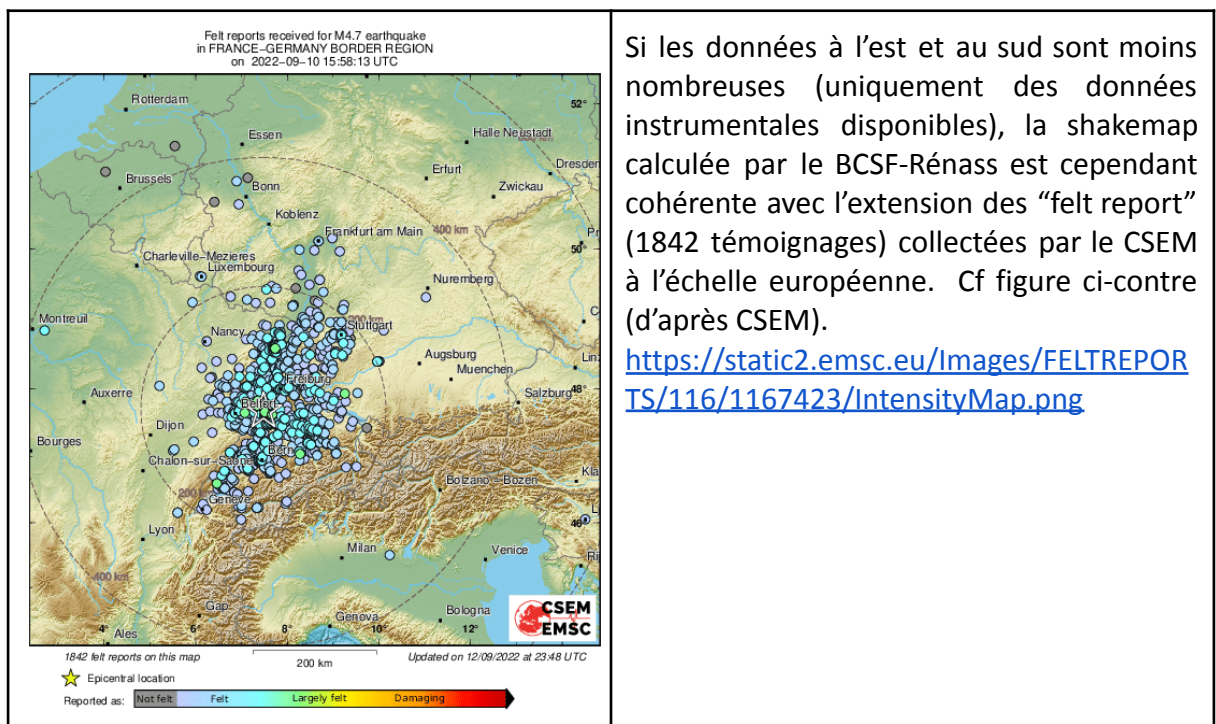
**Remarque:** l'intensité est par définition donnée au niveau du sol. Nous employons un correctif selon l'étage des témoins mais en n'intégrant pas, dans cette cartographie, les témoignages aux étages 5 et plus.





Carte régionale des secousses (shakemap) résultant d'un calcul (code ShakeMap™ de l'USGS) intégrant la source du séisme, un modèle d'atténuation du mouvement du sol, un modèle d'effets de site, les intensités macrosismiques préliminaires et les mesures des stations sismologiques.

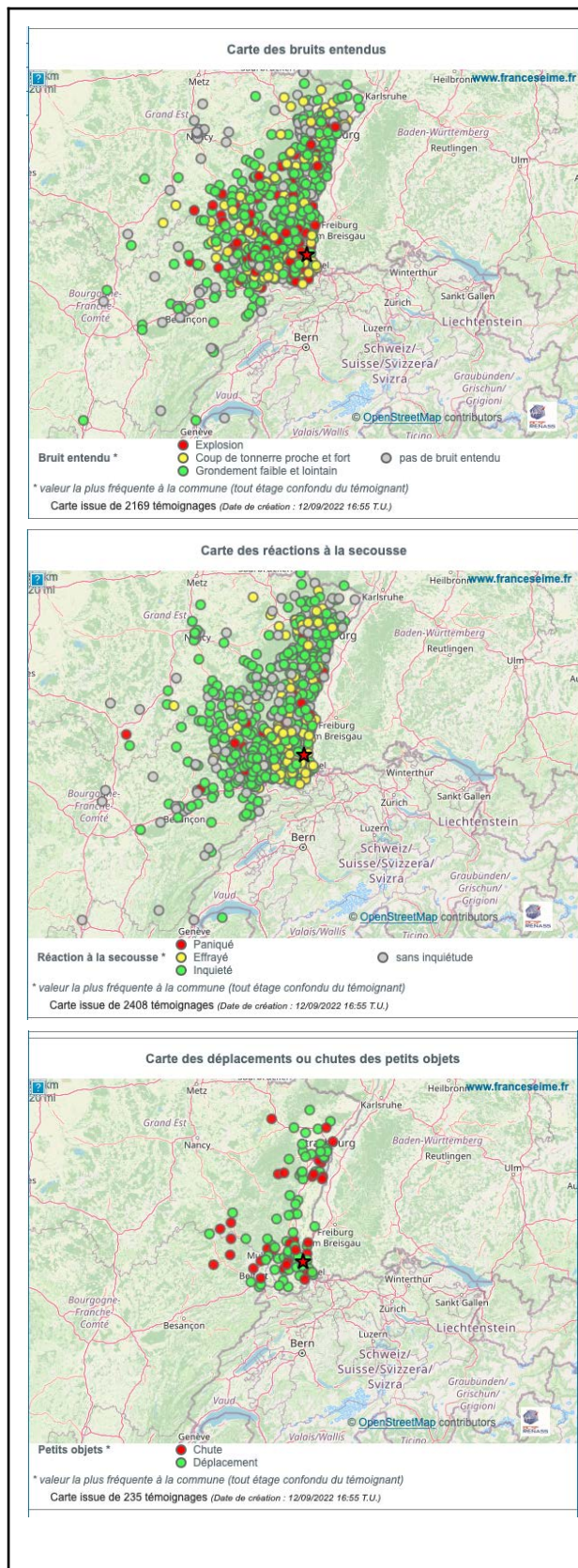
La shakemap montre une bonne cohérence entre les mesures des stations sismologiques et les intensités préliminaires. On observe aussi un effet du fossé Rhénan avec des intensités III ressenties plus loin vers le nord, dans le graben du Rhin, par rapport à l'ouest.



Si les données à l'est et au sud sont moins nombreuses (uniquement des données instrumentales disponibles), la shakemap calculée par le BCSF-Rénass est cependant cohérente avec l'extension des "felt report" (1842 témoignages) collectés par le CSEM à l'échelle européenne. Cf figure ci-contre (d'après CSEM).

<https://static2.emsc.eu/Images/FELTREPOR TS/116/1167423/IntensityMap.png>

## Carte avec 3 exemples d'effets signalés sur [www.franceseisme.fr](http://www.franceseisme.fr)



Haut: carte des bruits entendus.

Milieu: carte des réactions à la secousse

Bas: carte des déplacements ou chute de petits objets

On constate une décroissance globale des effets avec la distance avec des niveaux qui semblent cependant augmenter à l'approche des grandes villes. Cela peut être dû à la présence d'immeubles "hauts" ayant amplifié les secousses dans les étages supérieurs (ici aucun filtre d'étage n'est appliqué). Pour voir la mise à jour de ces cartes, rendez-vous sur <https://www.franceseisme.fr/cartethem.php?IdSei=1156#cartebruit>

### **3 - Comparaison avec le séisme de Sierentz du 15-07-1980**

La localisation et les caractéristiques du séisme du 10 septembre 2022 sont très proches de celles du séisme du 15 juillet 1980, appelé séisme de Sierentz. Si l'on considère la localisation du BCSF-Rénass et l'étude détaillée du séisme de 1980 et de ses répliques, réalisée par Maury et al. (2013), ils ne sont séparés que d'un à quelques kilomètres (en tenant compte des incertitudes) et ont une profondeur similaire. Pour les magnitudes estimées, en restant dans l'échelle Mw, la différence est d'environ 0.5, ce qui correspond à une différence en termes d'intensité macrosismique d'environ 1 degré (car les profondeurs sont similaires). Le séisme de 1980 est associé à une intensité max de VI à VII (Rouland et al. 1983 et Sisfrance.net). Les intensités préliminaires, basées sur les témoignages des citoyens, donnent à ce jour une intensité maximale de V pour le séisme du 10 septembre 2022. Cette valeur doit être considérée avec précaution en attendant les résultats de l'enquête en cours par le BCSF-Rénass auprès des autorités et des communes. La légende des figures sur les intensités et shakemap donne les correspondances, de façon simplifiée, entre les intensités des secousses et le ressenti humain ainsi que les effets potentiels sur les bâtiments selon leur vulnérabilité.

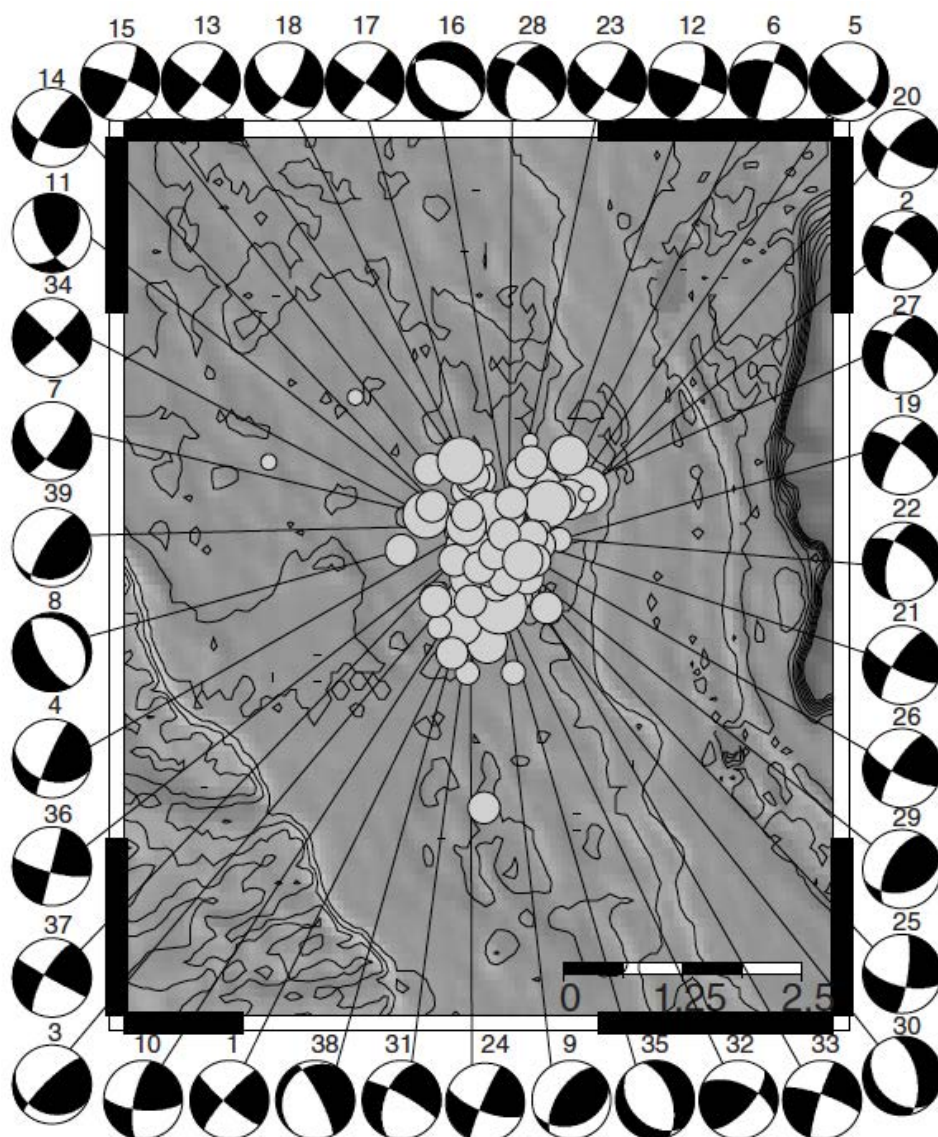
Les coordonnées du séisme de 1980 issues du catalogue SIHex, Catalogue national de référence, <https://www.franceseisme.fr/sismicite.html>, sont rappelées dans le tableau ci-dessous. Ce catalogue, basé sur l'analyse des données des stations permanentes, donne une localisation située à environ 5 km de celle calculée par Maury et al. (2013), une profondeur plus faible ainsi qu'une magnitude plus faible (en Mw). Cela montre l'incertitude sur les paramètres des séismes des années 1980 dans les catalogues nationaux. L'étude à partir d'un réseau de stations dense autour de l'épicentre (comme celui utilisé par Maury et al. 2013) permet de préciser la profondeur, la localisation et la magnitude (évaluation en partie dépendante de la profondeur). Elle montre l'intérêt d'un déploiement de stations temporaires rapidement après un séisme autour de son épicentre pour une localisation précise des répliques.

	lat	long	prof	Mw	I max
Séisme du 10-09-2022	47.67	7.47	14 km	3.9 / 4.0	V (EMS98 - préliminaire d'après témoignages)
Séisme du 15-07-1980 (Maury et al. 2013)	47.67	7.48	13.6 km	4.4 (issue de ECOS Suisse)	
Séisme du 15-07-1980 (Rouland et al. 1983)	47.68	7.48	11.5 km		VI à VII (MSK)
Séisme du 15-07-1980 (d'après SIHex)	47.69	7.43	8 km	4.1	
Séisme du 15-07-1980 (d'après SisFrance)					VI-VII (MSK)

*Comparaison des localisations et magnitudes des séismes de 1980 et 2020*

Le mécanisme au foyer des chocs principaux du 10 septembre 2022 et du 15 juillet 1980 indiquent tous les deux une rupture sur une faille subverticale (cf figure ci-dessous pour la séquence de 1980, le choc principal correspond au N°1). Cependant, les directions de ces failles sont différentes, NS pour celui de 2022 et NE-SO pour celui de 1980, la différence est d'environ 45°. L'analyse des répliques du séisme de 1980 (Maury et al. 2013) montre que la plupart des mécanismes aux foyers sont, comme le choc principal de 1980, selon une direction NE-SO et que quelques-uns ont cependant une direction NS similaire à celle du choc principal du séisme de 2022.

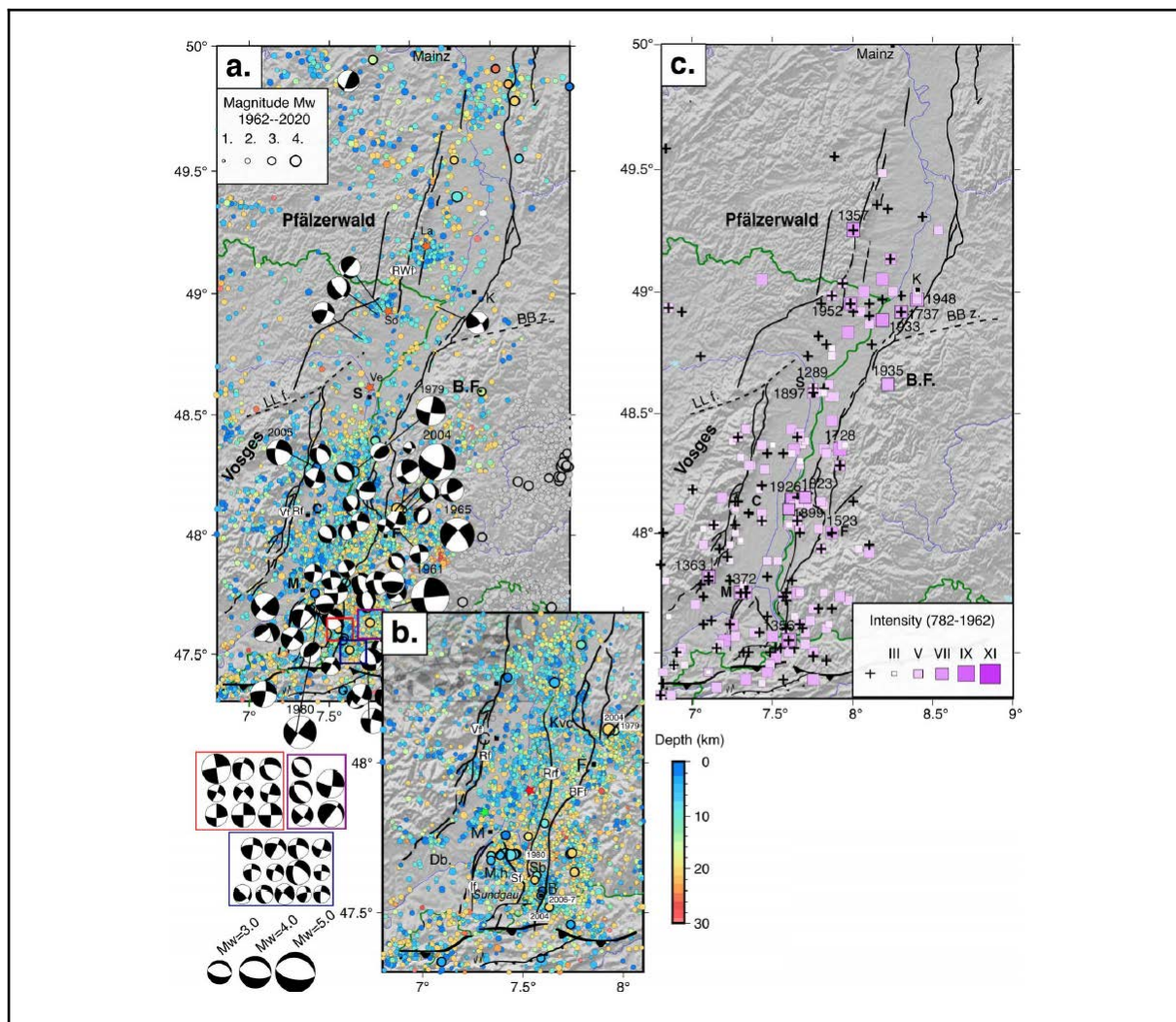
A noter: la 2ème direction associée au mécanisme au foyer, perpendiculaire à la première, n'est pas discutée ici mais ne peut être écartée au vu des faibles magnitudes et de la petite taille des ruptures associées (quelques dizaines à centaines de mètres carrés pour les répliques).



*Mécanismes aux foyers du séisme du 15 juillet 1980 (N°1) et de ses répliques d'après Maury et al. (2013).*

## 4- Contexte sismique et tectonique régional.

Le fossé Rhénan est marqué par une sismicité de type “intracontinentale”, avec une activité plus importante à ses bordures Est et Ouest marquées par des structures tectoniques régionales. Dans la partie sud du fossé Rhénan, où a eu lieu le séisme du 10 septembre 2022, la sismicité connue (depuis 7 à 8 siècles pour les séismes les plus forts mais seulement depuis 1962 pour les plus faibles magnitude grâce au développement des réseaux sismologiques) est plus importante. On peut citer l'évènement majeur, le séisme du 18 octobre 1356 appelé séisme de Bâle, dont la magnitude est estimée par certains auteurs jusqu'à 7,1 (environ 30.000 fois plus fort en termes d'énergie libérée que le séisme du 10 septembre 2022). L'intensité maximale associée au séisme de 1356 est de IX. A noter que la partie sud du fossé Rhénan est une zone de transition entre les déformations liées au fossé Rhénan et celles liées au front du Jura. Pour plus de détails sur les aspects sismotectoniques de la région, lire la synthèse de Doubré et al. (2021), article en accès libre.

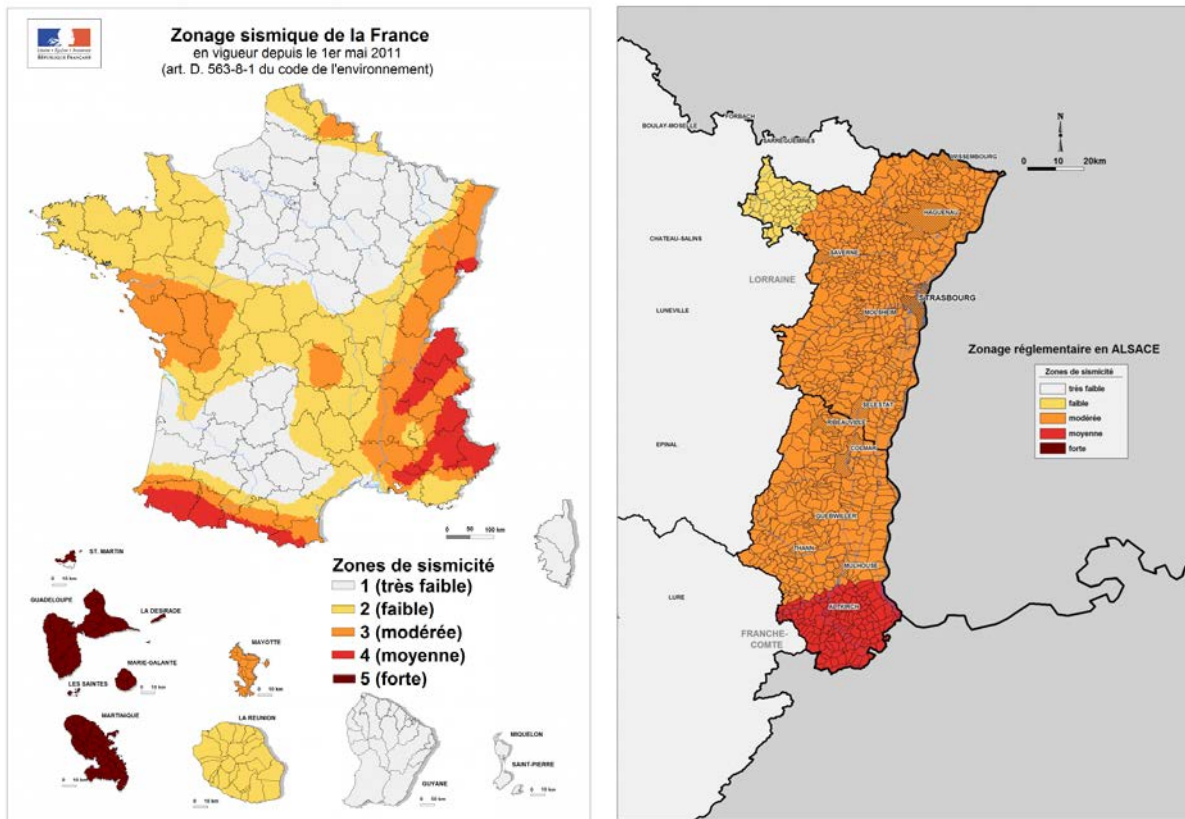


Synthèse sismotectonique du fossé Rhénan supérieur d'après Doubré et al. 2021. (a): sismicité instrumentale (1962-2020) et mécanismes au foyer des évènements majeurs. (b): zoom sur la partie sud de la figure "a". (c): sismicité historique.

## 5- Aléa sismique

### Zonage réglementaire

Le zonage réglementaire, découpe la France en 5 zones d'aléa croissant pour les règles de protection parasismique (cf figure ci-dessous). Le séisme a eu lieu dans une zone connue pour son aléa sismique important, niveau 4, le plus fort en France métropolitaine, notamment du fait de la proximité du séisme de Bâle de 1356. Le niveau 5 ne concerne que les Antilles.



Zonage sismique réglementaire de la France et zoom sur l'Alsace.

<https://www.ecologie.gouv.fr/tremblements-terre-et-seismes-en-france>

## **6 - Liens utiles ou dédiés au séisme du 10-09-2022**

France (EOST/BCSF-RénaSS) :

<https://www.franceseisme.fr>

<https://www.franceseisme.fr/seisme.php?IdSei=1156>

<https://www.franceseisme.fr/sismicite.html>

<https://renass.unistra.fr/fr/zones/france/>

<https://renass.unistra.fr/fr/evenements/fr2022jyttas/>

France (CEA/DASE)

<http://www-dase.cea.fr/evenement/evenements.php?type=alerte&identifiant=20220910-155812&lang=fr>

Zonage sismique réglementaire français:

<https://www.ecologie.gouv.fr/tremblements-terre-et-seismes-en-france>

Allemagne (LGRB)

[https://erdbeben.led-bw.de/erdbeben/220910\\_1557](https://erdbeben.led-bw.de/erdbeben/220910_1557)

Suisse (ETHZ)

[http://www.seismo.ethz.ch/fr/earthquakes/switzerland/eventpage.html?originId=%27c21pOmNoLmV0aHouc2Vkl3NjMjBhZy9PcmInaW4vTkxMLjIwMjIwOTUwMTYzMzUwLjE5NjA3MS45Nzk0OQ==%27&date\\_ch=2022-09-10&time\\_ch=17:58&region=Mulhouse%20F&magnitude=4.7](http://www.seismo.ethz.ch/fr/earthquakes/switzerland/eventpage.html?originId=%27c21pOmNoLmV0aHouc2Vkl3NjMjBhZy9PcmInaW4vTkxMLjIwMjIwOTUwMTYzMzUwLjE5NjA3MS45Nzk0OQ==%27&date_ch=2022-09-10&time_ch=17:58&region=Mulhouse%20F&magnitude=4.7)

Europe (CSEM-EMSC)

<https://www.emsc-csem.org/Earthquake/earthquake.php?id=1167423#summary>

## **7 - Références utilisées dans le texte**

Rouland, D., Haessler, H., Bonjer, K., Gilg, B., Mayer-Raso, D., and Pavoni, N. (1983). The Sierentz Southern-Rhinegraben Earthquake of July 15, 1980. Preliminary results. Dev. Solid Earth Geophys., 15, 441–446.

Maury, J., Cornet, F., Dorbath, L., 2013 - A review of methods for determining stress fields from earthquakes focal mechanisms; Application to the Sierentz 1980 seismic crisis (Upper Rhine graben). Bull. Soc. géol. France, 2013, t. 184, no 4-5, pp. 319-334

Dobre C.; Meghraoui, M.; Masson, F.; Lambotte, S.; Jund, H.; Bès de Berc, M.; Grunberg, M. Seismotectonics in Northeastern France and neighboring regions. Comptes Rendus. Géoscience, Tome 353 (2021) no. S1, pp. 153-185. doi : 10.5802/crgeos.80.  
<https://comptes-rendus.academie-sciences.fr/geoscience/articles/10.5802/crgeos.80/>