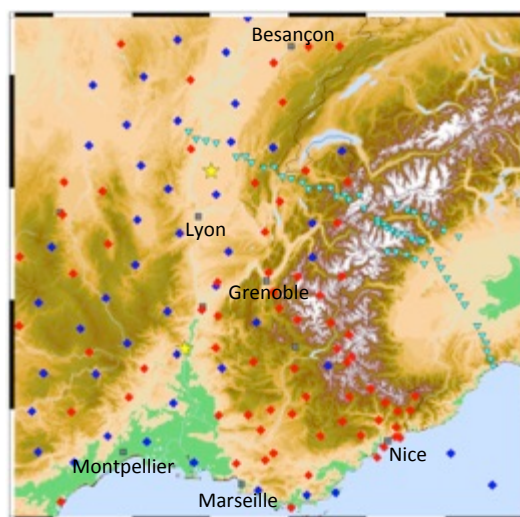




Carte des stations sismologiques permanentes et temporaires installées dans les Alpes entre 2012 et 2020



Carte des stations sismologiques installées dans le sud-est de la France. Celles d'AlpArray sont en bleu, les stations permanentes sont en rouge et les stations d'une autre expérience temporaire sont en bleu clair. Les étoiles jaunes sont les séismes de novembre 2018 (dans l'Ain) et de novembre 2019 (Le Teil, Ardèche)

Editorial

Nombreux sont les communes et les particuliers qui ont accepté de s'impliquer dans nos deux projets **AlpArray-FR** (dans tout l'Est de la France, 2015-2020) et **Cifalps-2** (entre Cluny et Chamonix, 2018-2019), en hébergeant nos stations sismologiques temporaires dans des bâtiments communaux, caves, ou jardins. Qu'ils en soient chaleureusement remerciés car ce projet leur doit beaucoup. Nous espérons que vous serez intéressés par la lecture de cette ultime lettre d'information qui a pour objet de partager avec vous certains de nos premiers résultats. Nous revenons notamment sur les séismes plutôt inhabituels de Neuville-les-Dames (Ain, 21/11/2018) et du Teil (Ardèche, 11/11/2019). Pour ces deux événements, la station sismologique la plus proche de l'épicentre était l'une de nos stations temporaires, A175A au Montpellier pour le séisme de Neuville-les-Dames et A192B à Valvignères pour le séisme du Teil.

Le projet AlpArray (rappels de la lettre d'information de février 2018)

AlpArray

AlpArray est un projet européen de recherche fondamentale dont l'objectif est de mieux comprendre le fonctionnement de la chaîne des Alpes en précisant

la structure de son sous-sol, entre 10 et 600 km de profondeur (croûte et manteau supérieur). Le projet AlpArray s'appuie sur le déploiement d'un réseau sismologique terre-mer dense et homogène (maille ~50 km), qui couvre les Alpes et leurs avant-pays (voir cartes ci-dessus). L'ossature de ce réseau est formée par les réseaux sismologiques permanents (points rouges sur les cartes ci-dessus), complétés par des stations temporaires (en bleu foncé à terre et bleu clair en mer) déployées entre 2015 et 2019 ou 2020 dans chacun des pays impliqués (France, Allemagne, Suisse, Italie, Autriche, République Tchèque, Hongrie, Slovaquie, Slovénie, Pologne, Croatie).

Les nombreux chercheurs impliqués dans ce projet, géologues et géophysiciens, espèrent ainsi mieux comprendre comment les Alpes se sont formées, pourquoi elles continuent de se soulever, et pourquoi elles sont régulièrement affectées par des séismes.

En France: AlpArray-FR

AlpArray-FR est la composante française du projet européen AlpArray associant les laboratoires de Sciences de la Terre de Grenoble (ISTerre), Strasbourg (IPGS), Nice (Geoazur), Lyon (LGL-TPE), Besançon, Paris (IPGP & ISTEP) et Orléans (ISTO). Le projet a été financé pour 5 ans (2015-2020) par l'Agence Nationale

de la Recherche. Trois équipes de l'ISTerre (Université Grenoble Alpes et CNRS), l'IPGS (Université de Strasbourg et CNRS) et Geoazur (Université de Nice et CNRS) ont installé 80 stations sismologiques de l'Alsace à la Corse et 8 sismomètres fond de mer en Méditerranée, faisant du partenaire français un leader du projet européen.

La collision des plaques continentales Europe (à l'ouest et au nord) et Adria (à l'est et au sud, portant l'Italie) est à l'origine de la formation de la chaîne des Alpes. Le mouvement de convergence des deux plaques a démarré il y a 85 millions d'années. Aujourd'hui, les deux plaques se rapprochent encore à la vitesse de 2 mm par an dans les Alpes orientales, ce qui provoque de forts séismes destructeurs comme celui du Frioul

(Italie du nord-est) en 1976. Dans les Alpes occidentales, la convergence est aujourd'hui nulle. Pourtant, l'aléa sismique reste significatif, comme le séisme du Teil (Ardèche) vient de le rappeler. Le réseau AlpArray a abaissé le seuil de détection des séismes, permettant d'en détecter et localiser de plus petits en plus grand nombre que les stations permanentes. Il contribuera donc à une meilleure évaluation de l'aléa sismique dans l'Est de la France. Pour obtenir des images haute-résolution de la très complexe et tridimensionnelle extrémité occidentale de l'arc alpin, nous mettons en œuvre sur les données enregistrées par les stations sismologiques les méthodes d'imagerie sismique les plus performantes.

Qu'est-ce qu'une station sismologique?

Une station sismologique est composée:

- d'un capteur, ou sismomètre, sensible aux vibrations du sol dans les 3 directions (verticale haut-bas, horizontale nord-sud, et horizontale est-ouest);
- d'un numériseur qui permet de numériser le signal analogique issu du capteur et de l'enregistrer sur une carte-mémoire; il inclut un récepteur GPS pour la datation des signaux à la milliseconde près;
- d'une source d'alimentation (batterie reliée à des panneaux solaires ou au 220V);
- d'un modem pour transmettre les données directement vers le laboratoire.



*Sismomètre Trillium-120
utilisé à certaines stations de
AlpArray-FR*



*Numériseur Taurus
utilisé sur AlpArray-FR*



*Modem routeur 3G
(technologie mobile)*

Qu'enregistrons-nous?

Un sismomètre est extrêmement sensible puisqu'il est capable de détecter les vibrations du sol produites par le passage des ondes sismiques émises par un séisme de magnitude 5 à plusieurs milliers de kilomètres, ou un séisme de magnitude 6 localisé aux antipodes.

Il détecte également les vibrations du sol générées continuellement par l'interaction des vagues avec les côtes océaniques, les tempêtes de l'Atlantique-Nord en hiver et celles de l'Océan Indien en été, y-compris dans une région aussi continentale que les Alpes. Nous appelons ce signal continu le bruit microsismique. Enfin, le sismomètre détecte tous les événements capables de produire des vibrations du sol dans son voisinage, comme une avalanche de neige, un éboulement, le vent dans les arbres, le passage d'une voiture, d'un animal ou d'une personne, les sonneries d'une cloche dans un clocher, etc.

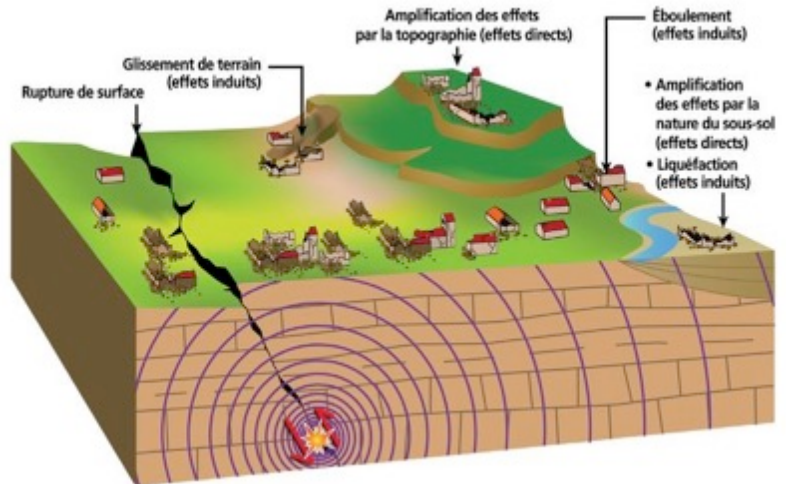
Quelques éléments de sismologie

La sismologie est une discipline scientifique qui s'intéresse aux séismes et à la propagation des ondes sismiques à la surface et à l'intérieur de notre planète.

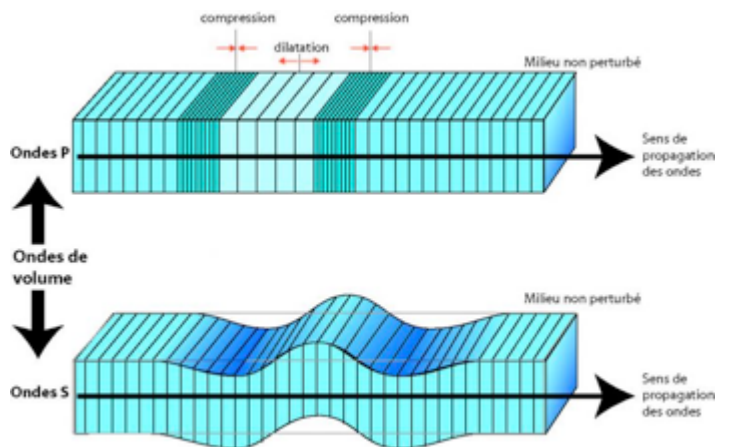
Un séisme, ou tremblement de Terre, est provoqué par la fracture brutale de roches du sous-sol, le long d'une faille. Cette rupture génère des ondes sismiques qui se propagent dans la Terre et la font trembler en atteignant sa surface (voir figure ci-contre).

La magnitude du séisme est une mesure de l'énergie relâchée lors de la rupture.

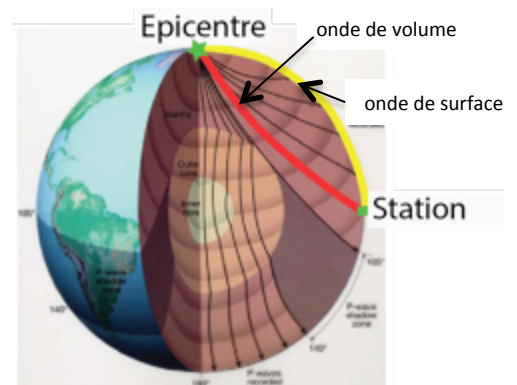
L'intensité est une mesure des dommages produits en surface par les vibrations du sol dues au passage des ondes sismiques.



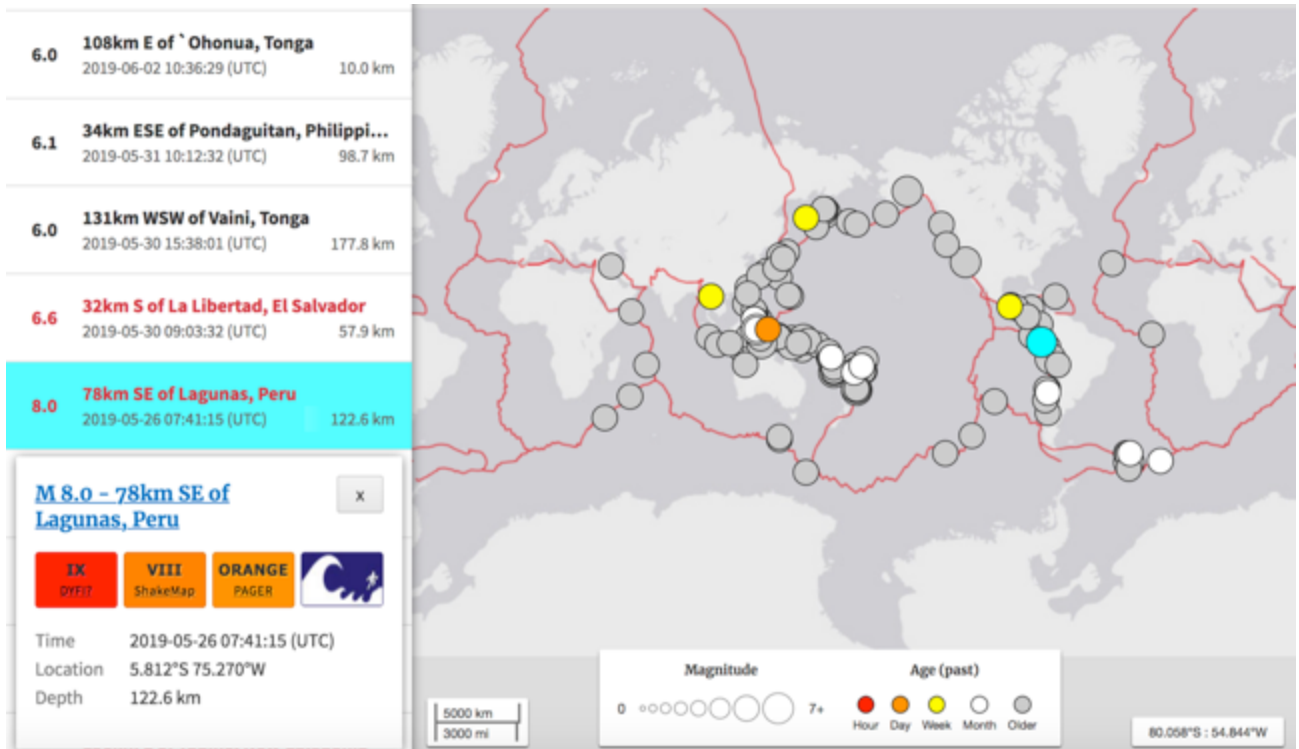
Un séisme émet plusieurs types d'ondes élastiques qui se propagent dans toute la Terre. Celles qui se propagent le plus rapidement sont les ondes de volume. Elles sont de deux types: les ondes de compression, dites P car elles arrivent en premier aux stations, et les ondes de cisaillement, dites S car elles arrivent en second. Leur passage produit des vibrations du sol dans des directions différentes (voir figure ci-contre).



Sur le schéma ci-contre, sont représentés les trajets suivis par les ondes sismiques émises par un séisme (étoile verte) et qui se propagent à l'intérieur et à la surface de la Terre. Une station située à 90° de distance épicentrale (environ 10 000 km) enregistre des ondes de volume, P et S, qui ont traversé le manteau (trajet rouge). Elle enregistre également des ondes de surface, qui, comme leur nom l'indique sont piégées à la surface de la Terre, dans la croûte et le manteau supérieur (trajet jaune).



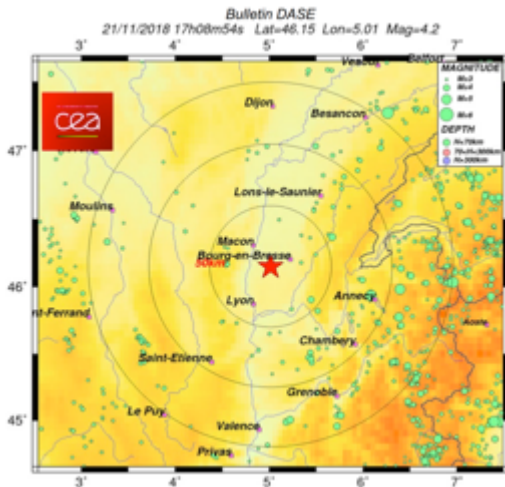
Séisme de Lagunas (Pérou), 26 mai 2019



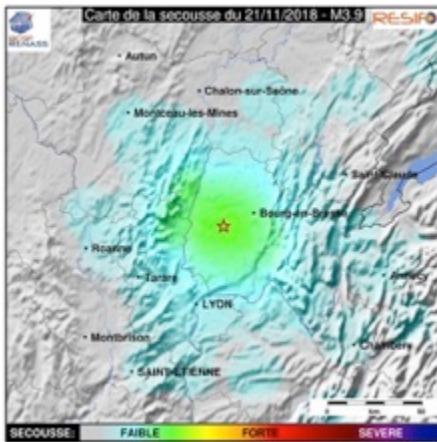
La carte ci-dessus montre les épicentres des séismes de magnitude supérieure ou égale à 6, sur une année entre le 23/11/18 et le 22/11/19 (carte établie le 23/11/19, source: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/>). Le diamètre des cercles est proportionnel à la magnitude; leur couleur dépend de la date du séisme. En orange: séisme du 23/11/2019 en Indonésie. En jaune, séismes de la semaine précédant le 23/11/19, en Thaïlande, en Russie orientale et au Mexique. En bleu: épicentre du séisme du 26 mai 2019, le plus fort de l'année (magnitude 8), localisé au Pérou. Son foyer (point d'initiation de la rupture) était profond: 122 km sous la surface. Noter la concentration (classique) des forts séismes autour de l'océan Pacifique.

145 séismes sont représentés sur cette carte, dont un de magnitude 8, 14 de magnitude comprise entre 7 et 7.9, et 130 de magnitude entre 6 et 6.9. Ces nombres sont très proches des moyennes annuelles. Les très forts séismes de magnitude supérieure ou égale à 8.4 sont rares: depuis le début du 20^{ème} siècle, il n'y en a eu que 20. Le plus fort séisme de l'histoire de la sismologie instrumentale (depuis le début du 20^{ème} siècle) avait une magnitude de 9.5. Il a eu lieu au Chili le 22 mai 1960 et a fait 1655 victimes, essentiellement à cause du tsunami qui a suivi. Des séismes de plus faible magnitude ont été beaucoup plus destructeurs. C'est le cas du séisme de 1976 à Tangshan (Chine), qui avait une magnitude de 7.8 et a fait entre 250 000 et 800 000 victimes. Les destructions produites par un séisme dépendent de toute une série de paramètres, dont sa magnitude, sa localisation (à proximité ou non de populations) et la vulnérabilité des constructions dans la zone affectée par le séisme.

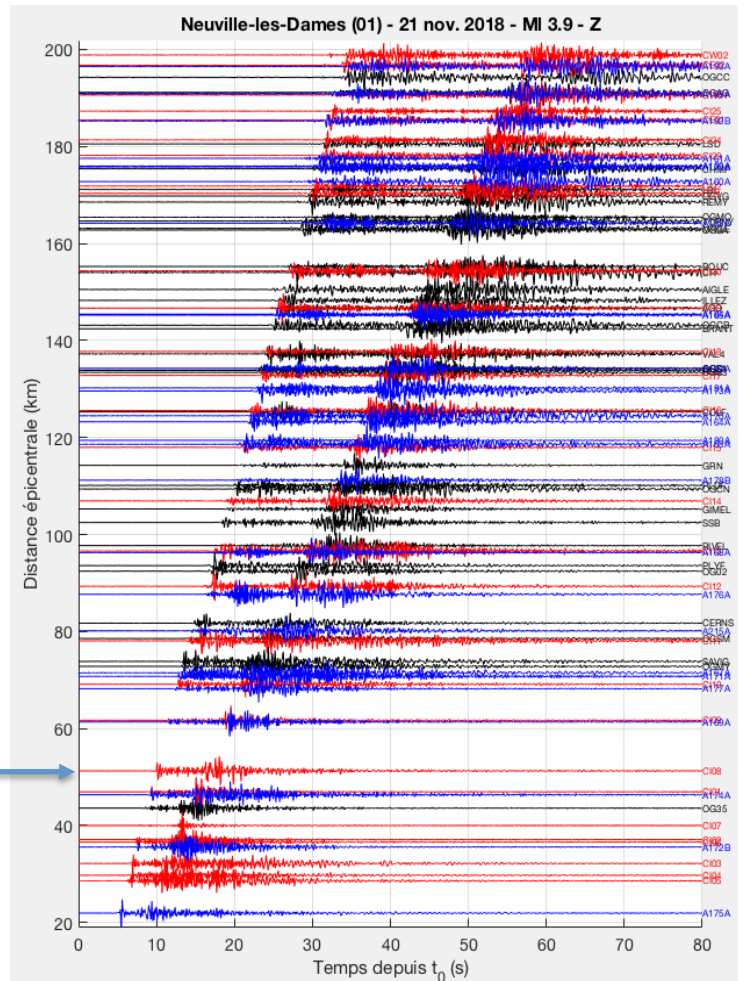
Séisme du 21 novembre 2018 à Neuville-les-Dames (01)



Etoile rouge: localisation de l'épicentre du séisme
(source: <http://www.dase.cea.fr>)

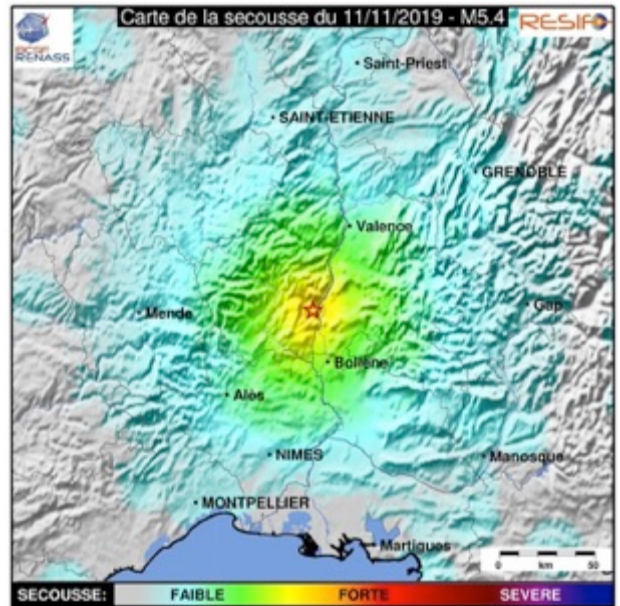


Carte de l'amplitude des secousses produites par le séisme établie à partir de témoignages (source: <http://www.franceseisme.fr/>)



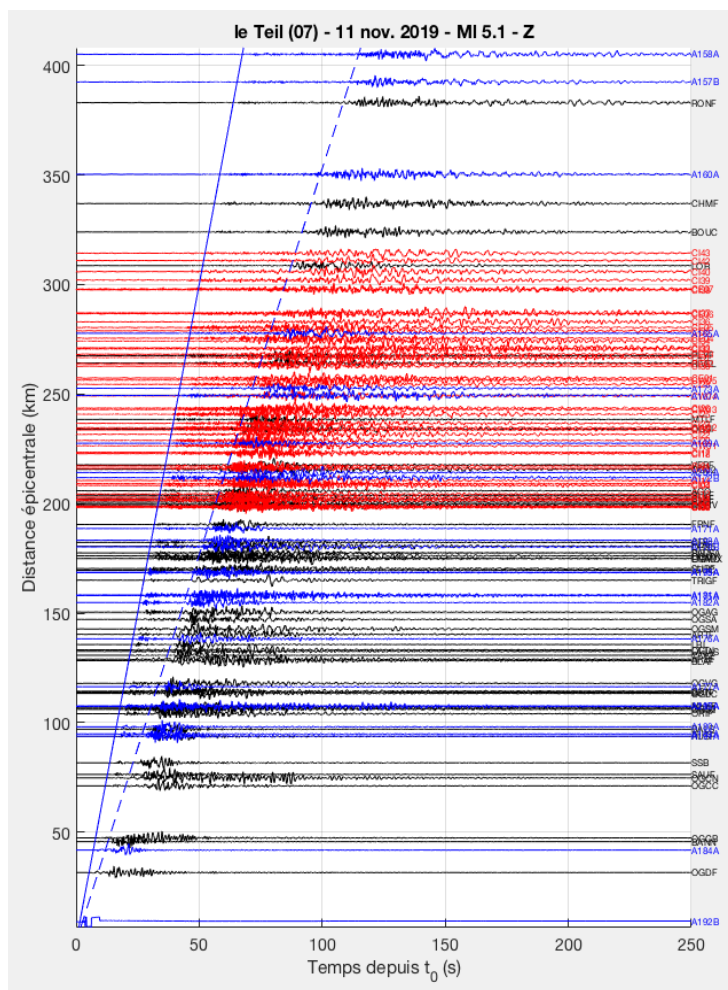
Enregistrements du séisme de Neuville-les-Dames aux stations des réseaux AlpArray (en bleu), Cifalps-2 (en rouge) et permanentes (en noir). Composante verticale.

Le 21 Novembre 2018 à 17h09, un séisme de magnitude 3,9 s'est produit vers 10 km de profondeur à proximité de Neuville-les-Dames (01). Les cercles verts sur la carte en haut à gauche montrent les séismes enregistrés précédemment dans la région. On voit qu'ils sont plutôt rares. Le séisme n'a produit aucun dégât mais a été bien ressenti par la population, jusqu'à Saint-Etienne ou Montceau-les-Mines (carte ci-dessus, à gauche). La figure de droite montre les enregistrements des ondes émises par le séisme aux stations sismologiques situées à moins de 200 km de l'épicentre. Les sismogrammes sont représentés selon la distance à l'épicentre (en kilomètres). Le temps 0 est l'heure-origine du séisme. La couleur dépend du réseau auquel appartient la station (voir légende). On voit que plus la station est éloignée de l'épicentre, plus les ondes arrivent tard. Par exemple, à la station CI08 (Charix, 01, marquée par une flèche bleue) située à 51 km du séisme, les ondes de compression, dites ondes P, arrivent 9,5 secondes après l'heure-origine du séisme. Elle se sont propagées à 5.4 km/s (près de 20 000 km/h). On distingue également un deuxième paquet d'ondes plus tardives et de plus fortes amplitudes, vers 16s. Ce sont les ondes de cisaillement, ou ondes S, dont la vitesse de propagation est 3.2 km/s. Les témoins situés dans les régions marquées de vert et de bleu sur la carte de gauche ont senti le sol trembler au passage de ces ondes, plus fortement au passage des ondes S. L'amplitude des ondes, ou force des vibrations du sol, s'atténue rapidement avec la distance à l'épicentre: elle est 100 fois plus faible à 10 km de distance qu'à l'épicentre.

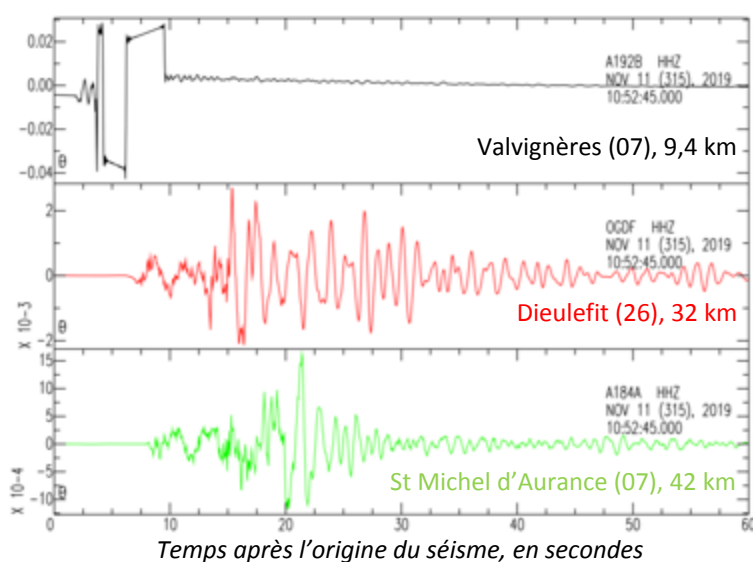


Carte de la force des secousses produites par le séisme du Teil, établie à partir des témoignages sur le site <http://www.franceseisme.fr/>

7



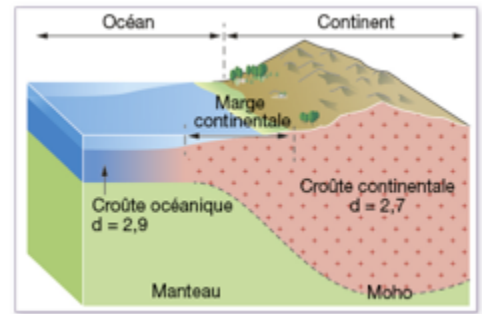
La figure de gauche (haut) montre les enregistrements du séisme du Teuil par les stations sismologiques permanentes de l'est de la France (en noir) et de nos deux expériences temporaires (AlpArray en bleu, Cifalps-2 en rouge). Les vibrations du sol (composante verticale) produites par les ondes sismiques émises par le séisme ont été enregistrées jusqu'à la station A158A, dans les Vosges à plus de 400 km de distance, dans toute l'Europe et au-delà. La station la plus proche de l'épicentre est l'une de nos stations temporaires, A192B située à Valvignères (07), à 9,4 km de l'épicentre. Les temps d'arrivée des ondes P sont marquées par la droite bleue en trait plein et ceux des ondes S par la droite bleue en tirets. Les ondes de plus fortes amplitudes s'alignent sur ces droites qui correspondent à des vitesses de propagation de 6 km/s pour les ondes Pg et 3.5 km/s pour les ondes Sg. Les ondes Pg et Sg se propagent dans la croûte.



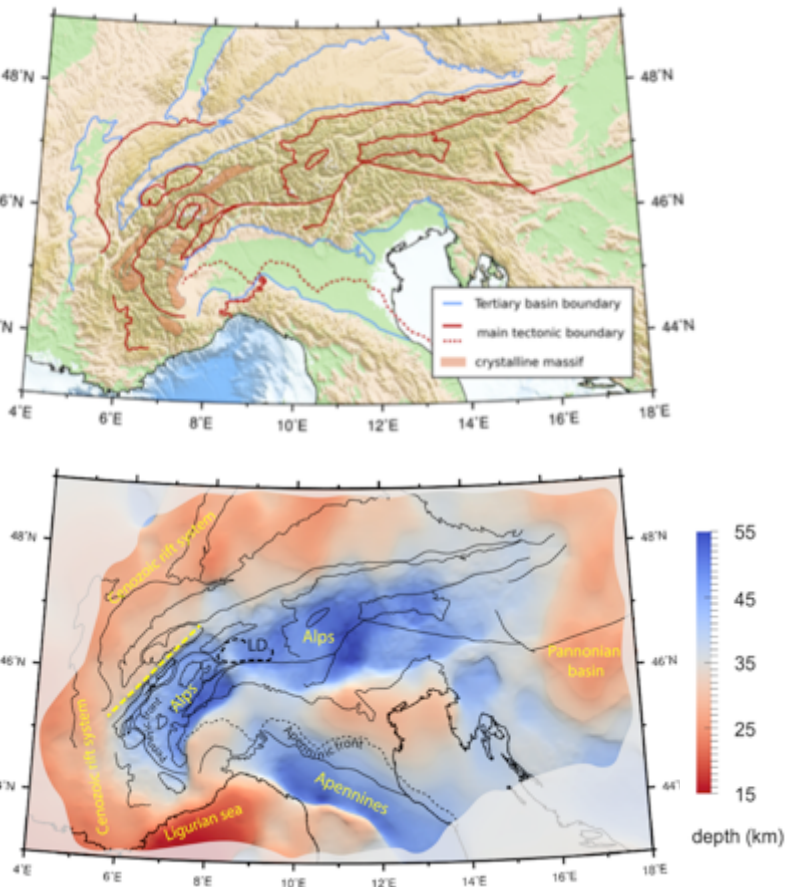
La figure de gauche (bas) montre les enregistrements de la composante verticale des vibrations du sol aux trois stations les plus proches de l'épicentre du séisme du Teuil, à Valvignères (9,4 km, station A192B), Dieulefit (32 km, station permanente OGDF) et Saint Michel d'Aurance (42 km, station A184A). On voit ici les vibrations du sol pendant la première minute après l'occurrence du séisme (de 0 à 60s sur l'axe des temps). A Valvignères, station la plus proche du séisme, les enregistrements sont saturés pendant environ 7 secondes car l'amplitude des vibrations du sol a dépassé les possibilités du capteur, réglé pour enregistrer des mouvements faibles. Les vibrations ressenties par les témoins dans la région du Teuil ont effectivement duré quelques secondes. L'onde P (ou Pg) a mis un peu moins de 2 secondes pour atteindre Valvignères, 6 secondes pour Dieulefit et 8 secondes pour St Michel d'Aurance. Les vibrations de plus fortes amplitudes correspondent à l'onde S (ou Sg). Ce sont elles qui saturent l'enregistrement à Valvignères. La mesure du temps d'arrivée des ondes P à Valvignères et aux stations voisines a permis de déterminer la localisation précise de l'épicentre et la faible profondeur du foyer (1 à 3 km).

Un exemple de résultat de l'expérience AlpArray: mesure précise de l'épaisseur de la croûte sous les Alpes

La croûte est l'enveloppe superficielle de la Terre. Son épaisseur varie de quelques kilomètres sous les océans à quelques dizaines de kilomètres sous les continents. La limite entre croûte et manteau est appelée Moho, ou discontinuité de Mohorovičić, du nom du météorologue croate qui l'a découverte en 1909. Sous les chaînes de montagne, la croûte est épaissie par la formation d'une topographie en surface, mais aussi par celle d'une racine en profondeur, comme le montre la figure ci-contre. Cartographier la profondeur du Moho est important par exemple pour comprendre comment s'est formée la chaîne de montagne, et l'altitude de certains massifs comme le Mont Blanc.



La sismologie permet de mesurer la profondeur du Moho si l'on dispose de suffisamment de stations sismologiques. Yang Lu, doctorant de l'Université Grenoble Alpes a donc utilisé tout le réseau déployé dans l'expérience AlpArray pour calculer la carte ci-contre. La carte du haut montre la topographie de l'arc alpin et les principales discontinuités géologiques. Celle du bas montre la profondeur du Moho sous les Alpes estimée à partir des enregistrements de bruit microsismique. Ce bruit est un signal continu généré par les mouvements de masses d'eau dans les océans, qui font constamment trembler la surface de la Terre de façon insensible pour l'homme. Les zones bleues correspondent aux régions où l'épaisseur crustale est la plus grande (35 à 55 km), et les zones rouges à celles où la croûte est la moins épaisse (15 à 35 km). On voit en comparant avec la carte du haut que le Moho est profond sous les chaînes des Alpes et des Apennins (Italie), et moins profond sous le Jura, la vallée du Rhône ou la mer Ligure (Méditerranée occidentale). Cette image générale était bien connue avant la thèse. Mais le niveau de détail de cette carte est le meilleur jamais atteint. On détecte par exemple un approfondissement brutal du Moho de 8 km à l'avant des massifs de Belledonne et du Mont Blanc (ligne en tiretés jaunes), qui était inconnu jusque-là.



Cette carte de profondeur du Moho est issue d'une publication (en anglais) dans une revue scientifique internationale parue en 2020. De nombreux chercheurs et doctorants travaillent sur les données AlpArray en France, Suisse, Allemagne, Italie, Rép. Tchèque, Croatie, Hongrie, Autriche etc. Les données resteront propriété exclusive des participants au projet jusqu'au printemps 2022. Elles seront ensuite ouvertes à tous les chercheurs intéressés, qui pourront les récupérer par internet dans la base européenne de données sismologiques.

En espérant que la lecture de ce document vous aura intéressés, nous vous remercions une fois de plus pour l'aide que vous avez bien voulu nous apporter. Votre contribution à cette expérience a été déterminante.

A Grenoble, le 26 octobre 2020,
Anne Paul & Coralie Aubert

anne.paul@univ-grenoble-alpes.fr
coralie.aubert@univ-grenoble-alpes.fr

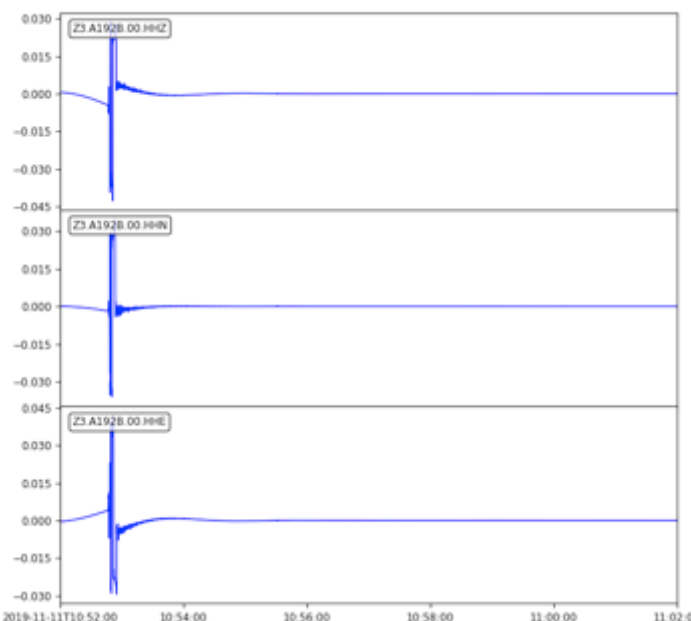
Annexe: Le séisme du Teil – signaux enregistrés par toutes les stations sismologiques de l'expérience temporaire AlpArray

Le 11 novembre 2019, 30 stations du projet AlpArray étaient encore en cours de fonctionnement en France. Ces stations ont toutes enregistré le séisme du Teil qui s'est produit le 11 novembre 2019 à 11:52:45 (heure locale, ou 10:52:45 TU – temps universel).

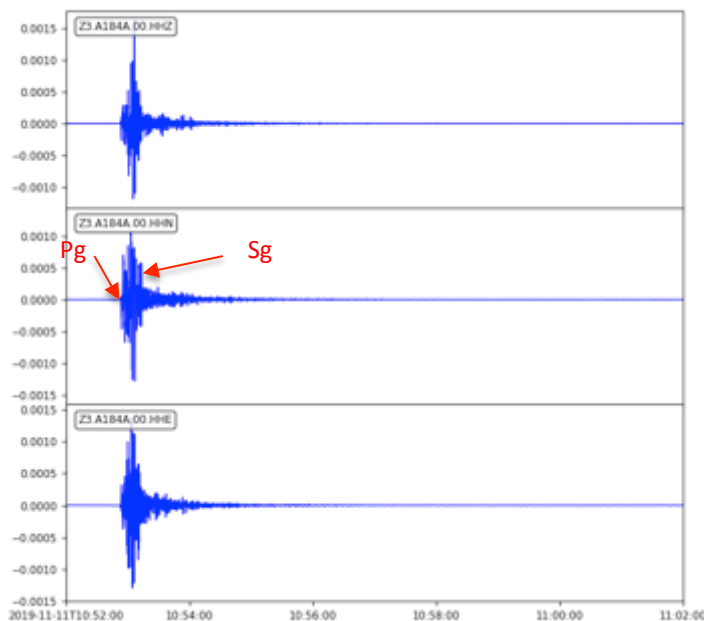
Pour retrouver le sismogramme de la station que vous avez hébergée, repérez le numéro de la station dans le tableau ci-dessous. Vous trouverez ci-après les sismogrammes correspondants. Pour chacune des stations, les enregistrements des 3 composantes (Verticale ou HHZ, Nord-sud ou HHN, Est-ouest ou HHE) sont représentés pendant une durée de 10 minutes, de 10:52:00 TU à 11:02:00 TU. Notez que le séisme a eu lieu à 10:52:45 TU.

Station	Latitude	Longitude	Elev (m)	Site	Station	Latitude	Longitude	Elev (m)	Site
A157B	47.992875	5.739343	359	Serqueux - 52	A178B	45.687687	6.304583	895	Abbaye de Tamié - 74
A158A	48.006790	6.350064	567	Haudompré - 88	A179A	45.4723	2.9722	1084	Besse et St Anastaise - 63
A160A	47.6908	5.0502	465	Grancey Le Château - 21	A180A	45.3113	4.0427	845	Valprivas - 43
A165A	46.9102	3.4984	271	Thianges - 58	A181A	45.3805	6.3020	1305	Montgellafrey - 73
A166B	46.9821	4.14769	580	La Grande Verrière - 71	A182A	44.9695	2.8069	880	Brezons - 15
A167A	46.7469	5.3195	203	Sens sur Seille - 71	A183A	45.0107	3.6630	1107	Saint Privat d'Allier - 43
A169A	46.5963	4.5818	300	Burzy - 71	A184A	44.8920	4.4516	750	Saint Michel d'Aurance - 07
A170A	46.3781	3.4474	140	Saint Gérard de Vaux - 03	A187A	44.7343	3.3398	935	Rimeize - 48
A171A	46.2008	4.1125	378	Fleury la Montagne - 71	A190A	44.3246	2.8695	940	Séguir - 12
A172B	46.4101	5.26468	271	Beaupont - 01	A191A	44.3193	3.5378	950	Montbrun - 48
A173A	46.3296	6.6808	1030	Vacheresse - 74	A192B	44.5006	4.57526	179	Valvignères - 07
A174A	45.9926	4.4619	625	St Just d'Avray - 69	A195A	43.9752	2.7193	290	St Izais - 12
A175A	45.9427	5.0747	315	Le Montellier - 01	A198A	43.6006	2.8004	720	Fraïsse sur Agout - 34
A176A	45.7178	4.0666	410	Montverdun - 42	A206A	43.2197	6.6010	363	Gassin - 83
A177A	45.5963	4.6086	520	Saint Didier sous Riverie - 69	A215A	45.4307	5.2323	450	Commelles - 38

2019-11-11T10:52:00 - 2019-11-11T11:02:00



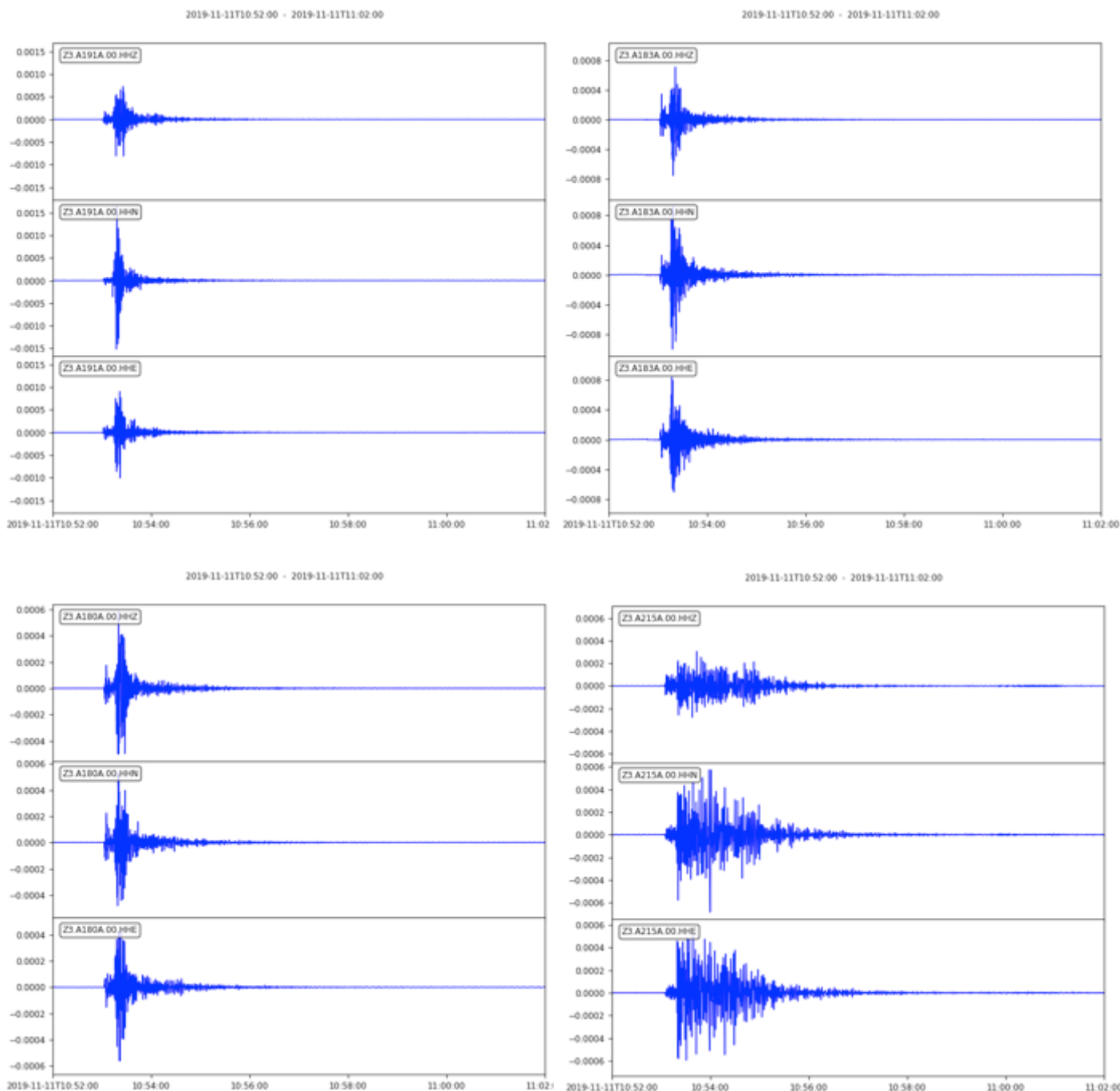
2019-11-11T10:52:00 - 2019-11-11T11:02:00



Les deux figures ci-dessus montrent les enregistrements des 3 composantes des vibrations du sol aux deux stations les plus proches de l'épicentre du séisme du Teil: A192B à Valvignères (9,4 km de l'épicentre) et A184A à Saint Michel d'Aurance (42 km de l'épicentre). A Valvignères, station la plus proche du séisme, les enregistrements sont saturés car l'amplitude des vibrations du sol a dépassé les possibilités du capteur. A A184A, les ondes de compression, Pg et les ondes de cisaillement, Sg, plus lentes et de plus forte amplitude arrivent avec 8 secondes de différence, ce qui ne peut se distinguer à cette échelle. L'axe vertical représente l'amplitude du signal, mesuré en vitesse de déplacement du sol en m/s.

Par la suite, les sismogrammes ont été classés en fonction de la distance de la station par rapport à l'épicentre. Plus la station est éloignée, plus les ondes arrivent en retard à la station par rapport au temps origine de l'évènement.

Par exemple, les ondes P mettent 1,6 sec pour arriver à la station la plus proche, A192B, 7,2 sec pour arriver à la station A184A et 57,6 sec pour arriver à la station la plus éloignée, A158A.

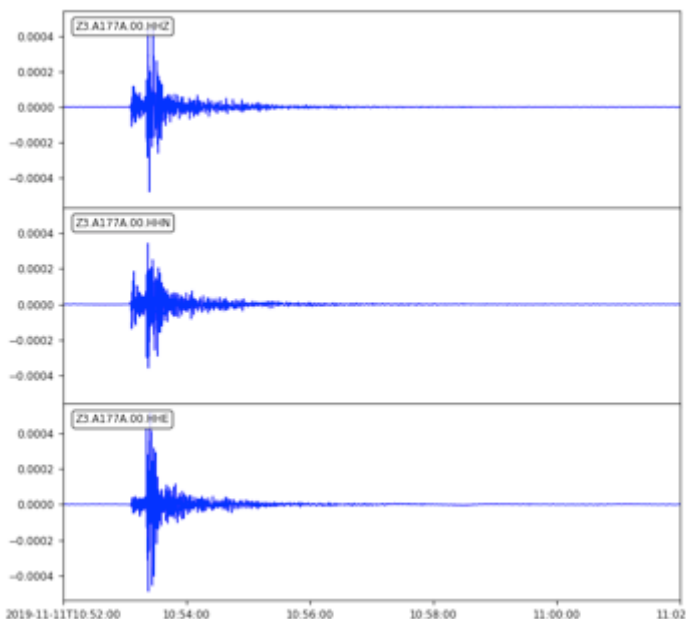
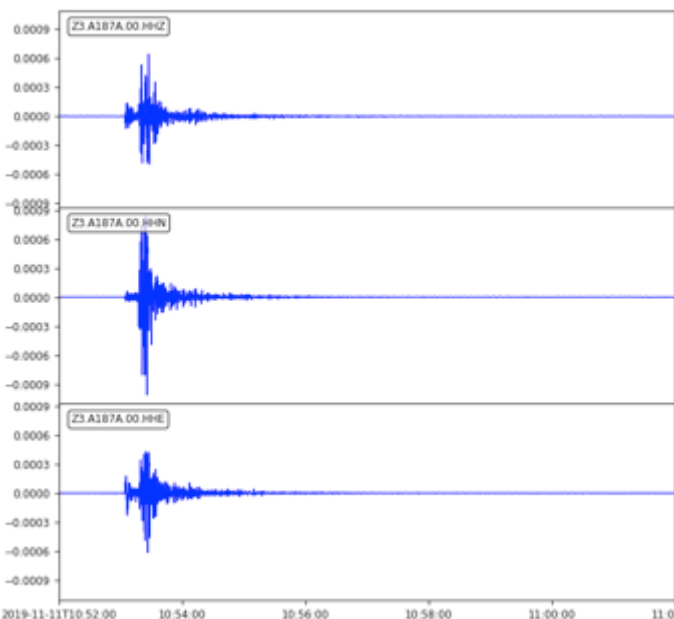


On peut aussi remarquer que plus la station est éloignée de l'épicentre, plus la différence des temps d'arrivée des ondes Pg et Sg est importante. Connaissant la vitesse de propagation de ces ondes dans le sous-sol, il est ainsi possible d'avoir une indication sur l'éloignement du séisme par rapport à la station. On peut ainsi localiser l'épicentre d'un séisme par triangulation si l'on dispose des enregistrements à trois stations.

L'amplitude des signaux (vitesse de déplacement du sol en m/s sur l'échelle verticale) décroît rapidement avec la distance au séisme. Elle est de 1,5 mm/s (0.0015 m/s) au maximum à A184A (42 km de l'épicentre) et 25 fois plus faible à A158A (0.00006 m/s) à 405 km de l'épicentre. Au contraire, la longueur des sismogrammes croît avec la distance: les vibrations du sol sont fortes et ne durent que quelques secondes à A192B (9 km), alors qu'elles sont très faibles mais encore détectables plus de 4 mn après l'arrivée de l'onde P à A158A (405 km).

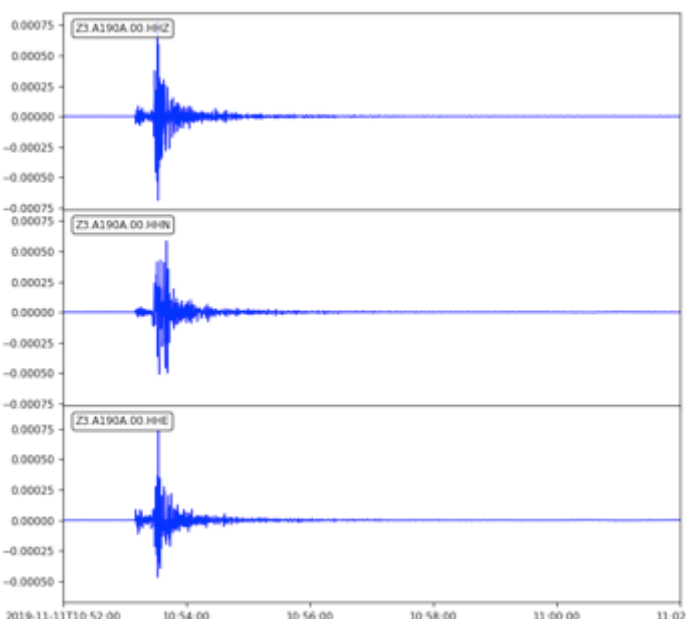
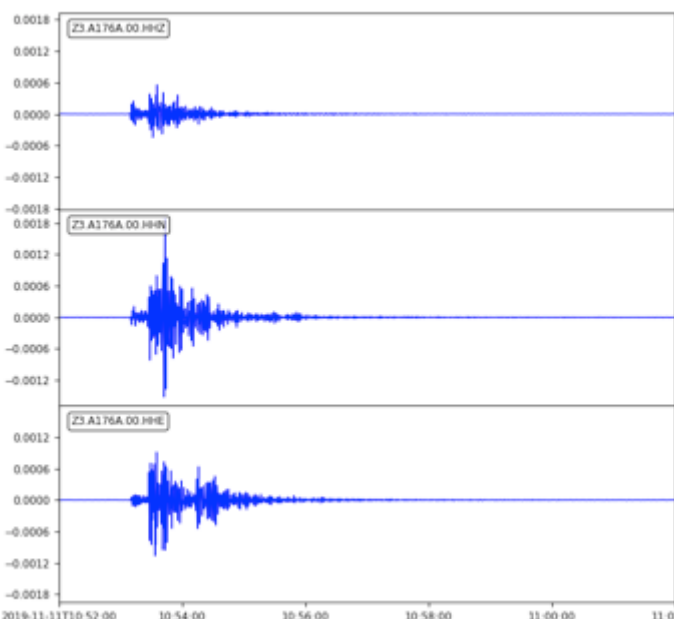
2019-11-11T10:52:00 - 2019-11-11T11:02:00

2019-11-11T10:52:00 - 2019-11-11T11:02:00

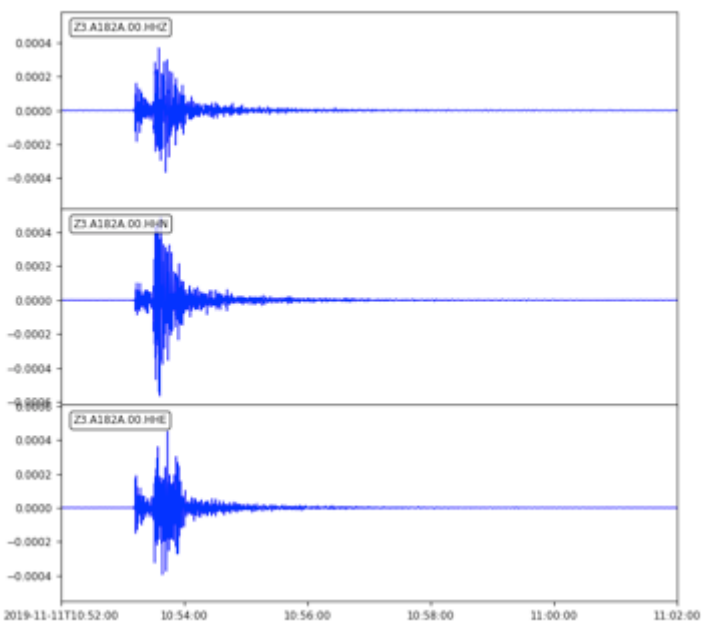


2019-11-11T10:52:00 - 2019-11-11T11:02:00

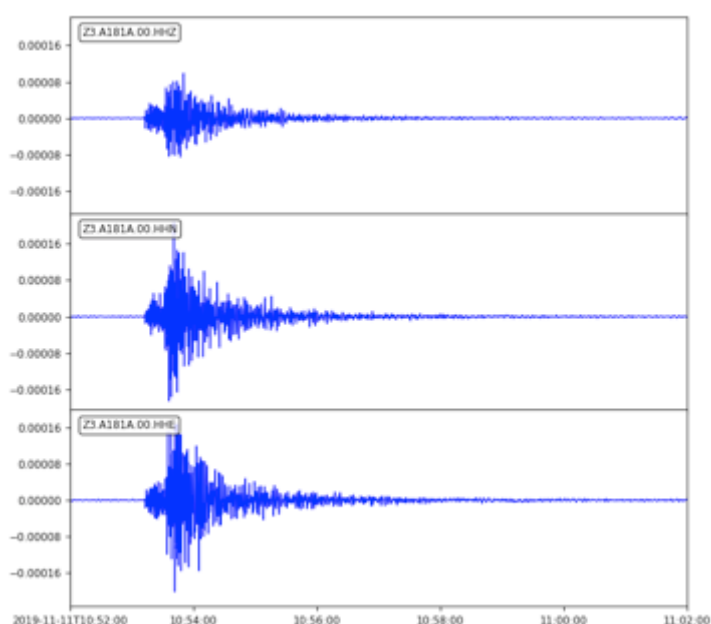
2019-11-11T10:52:00 - 2019-11-11T11:02:00



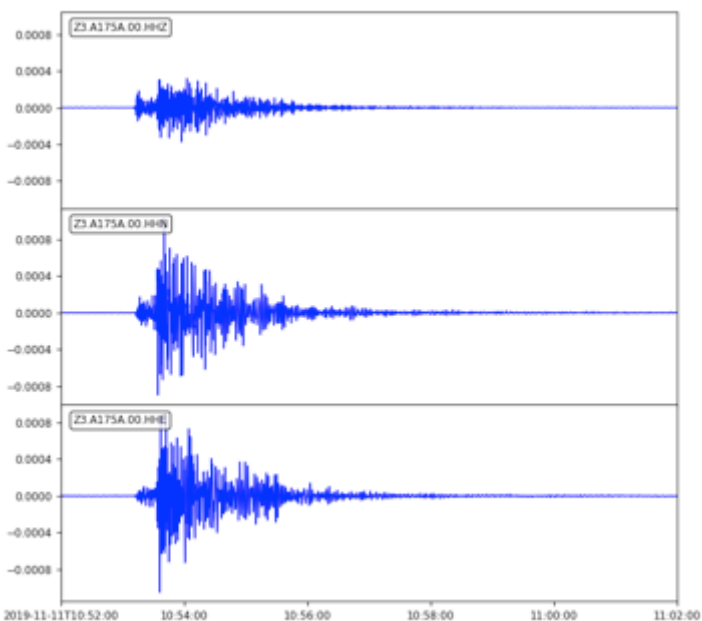
2019-11-11T10:52:00 - 2019-11-11T11:02:00



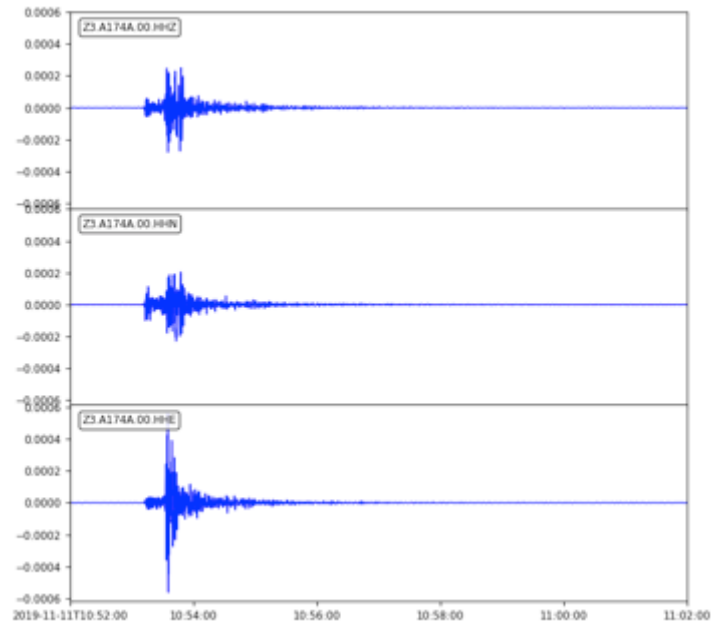
2019-11-11T10:52:00 - 2019-11-11T11:02:00



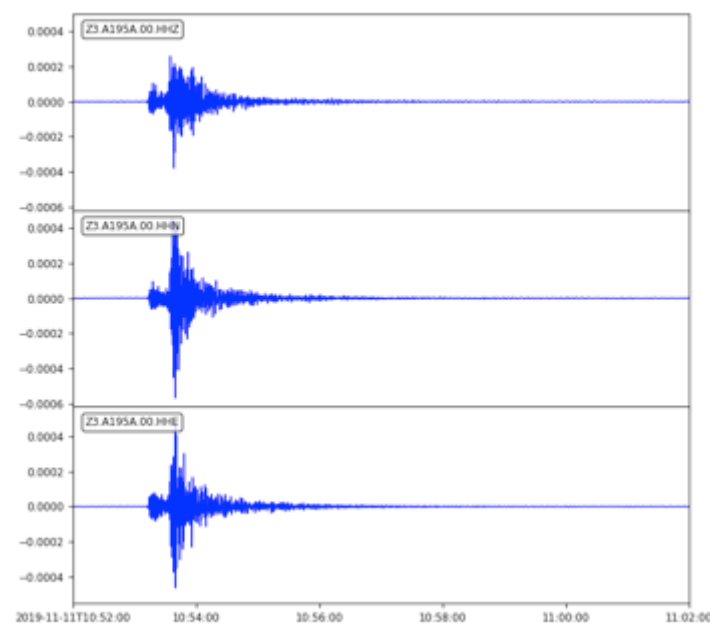
2019-11-11T10:52:00 - 2019-11-11T11:02:00



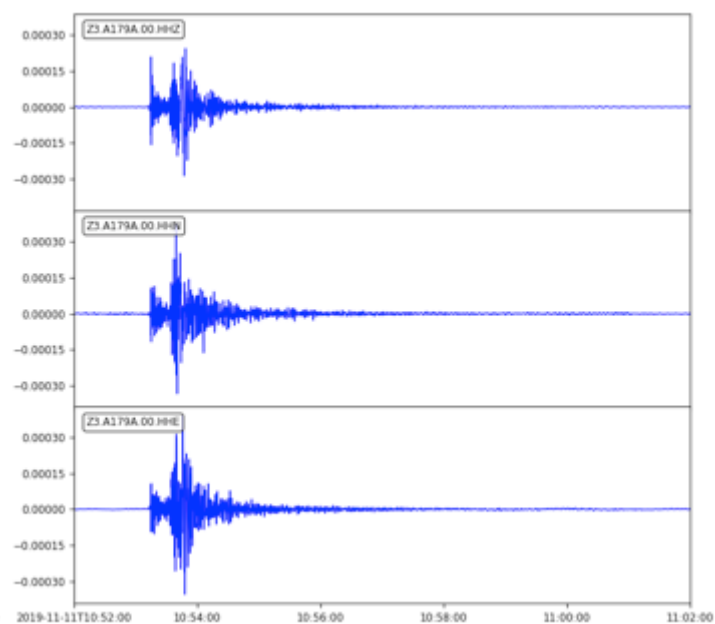
2019-11-11T10:52:00 - 2019-11-11T11:02:00



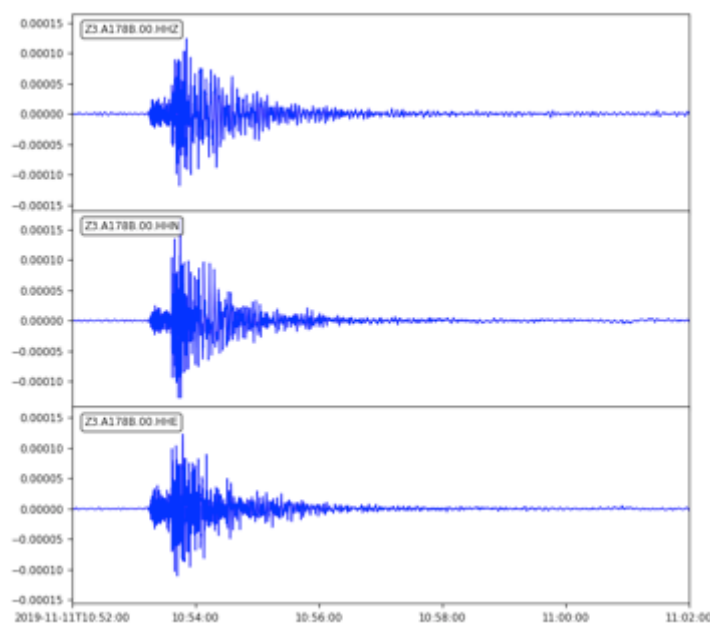
2019-11-11T10:52:00 - 2019-11-11T11:02:00



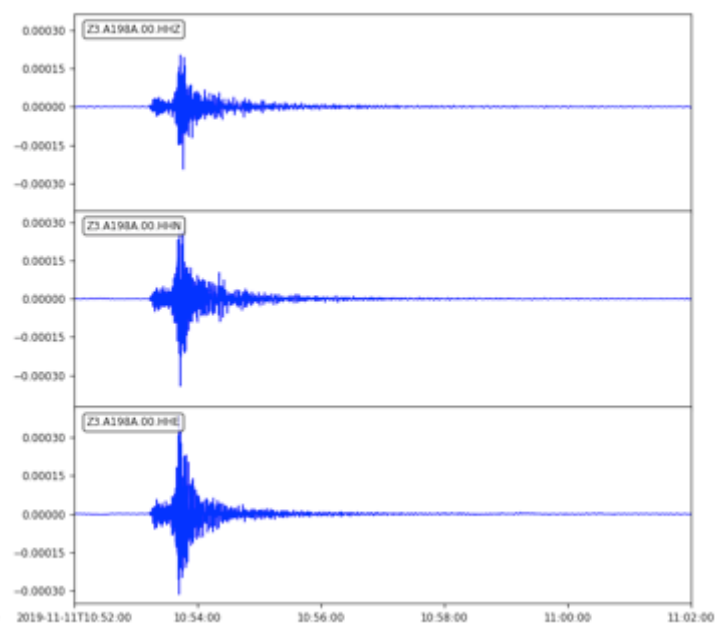
2019-11-11T10:52:00 - 2019-11-11T11:02:00



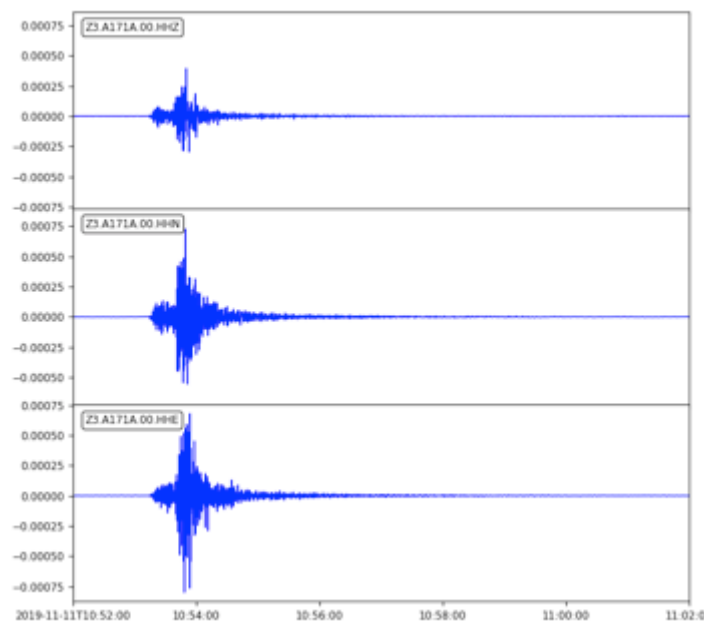
2019-11-11T10:52:00 - 2019-11-11T11:02:00



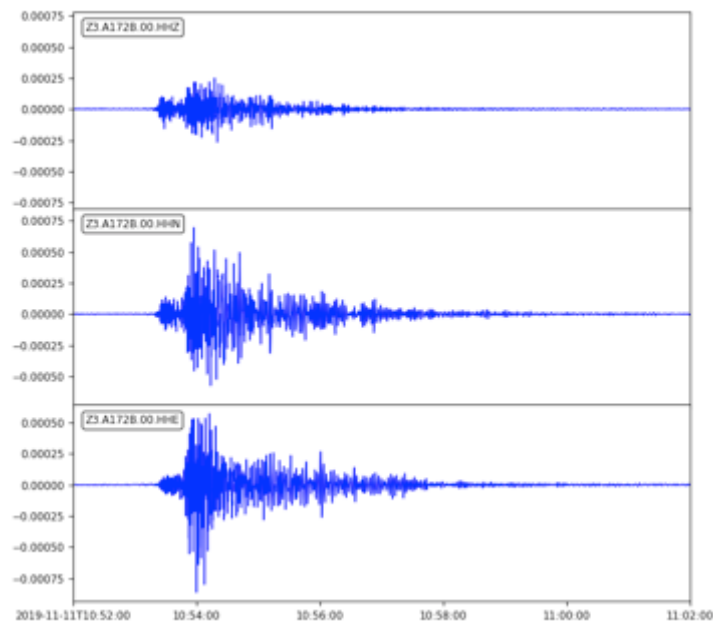
2019-11-11T10:52:00 - 2019-11-11T11:02:00



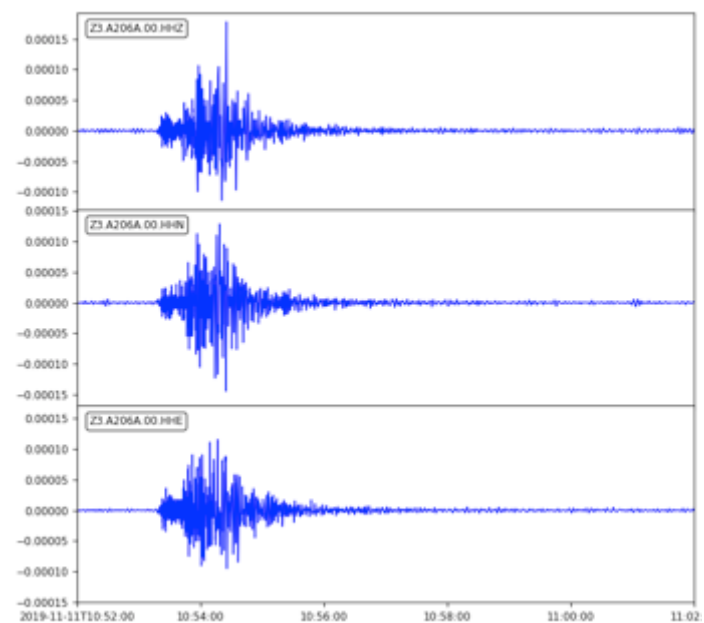
2019-11-11T10:52:00 - 2019-11-11T11:02:00



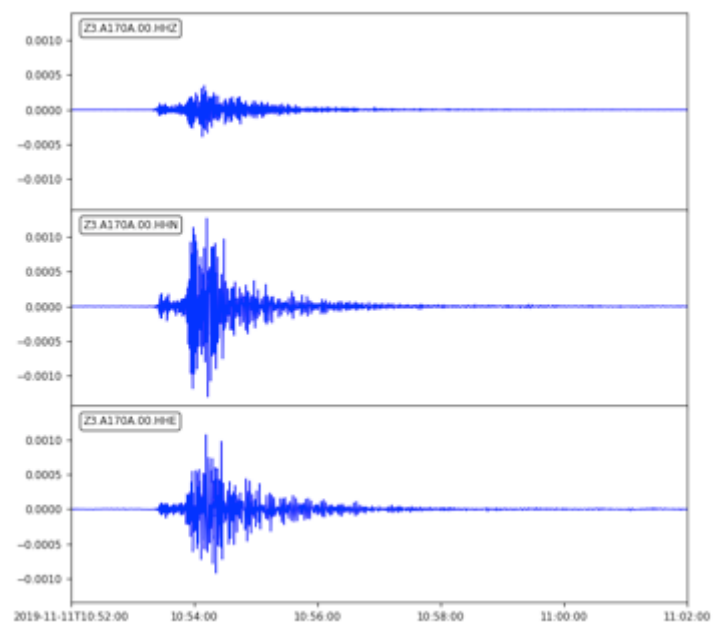
2019-11-11T10:52:00 - 2019-11-11T11:02:00



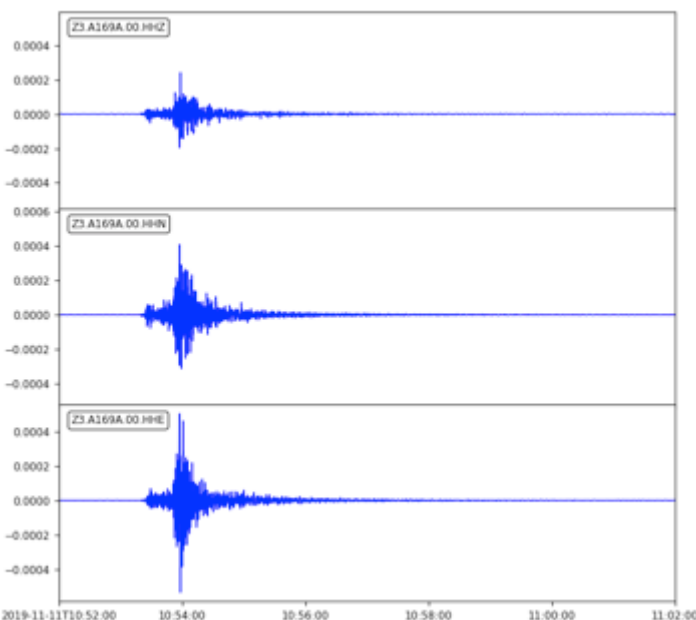
2019-11-11T10:52:00 - 2019-11-11T11:02:00



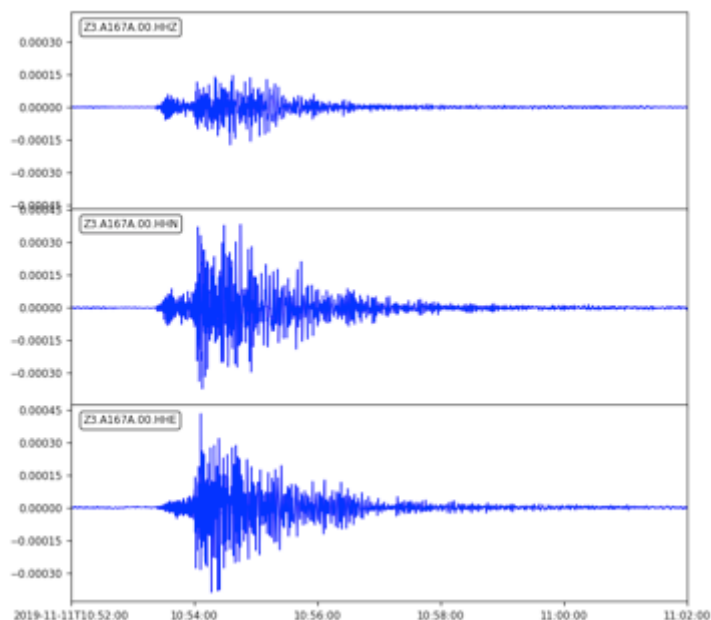
2019-11-11T10:52:00 - 2019-11-11T11:02:00



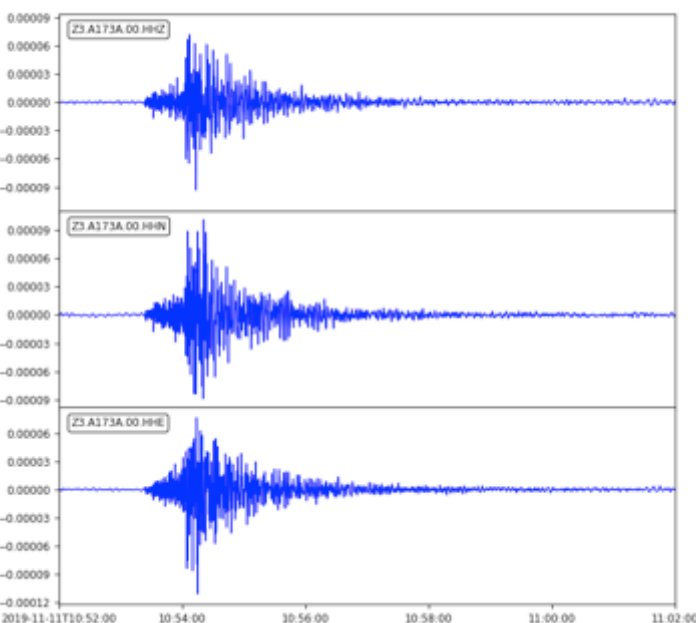
2019-11-11T10:52:00 - 2019-11-11T11:02:00



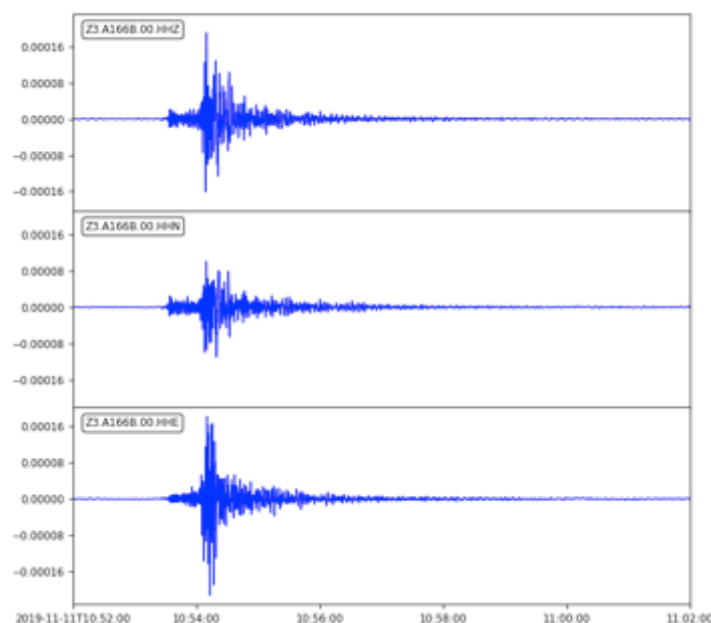
2019-11-11T10:52:00 - 2019-11-11T11:02:00



2019-11-11T10:52:00 - 2019-11-11T11:02:00

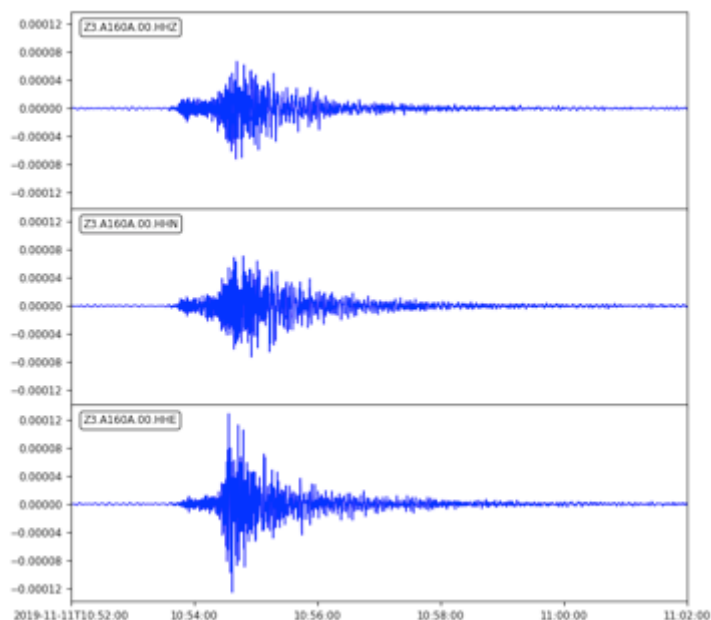
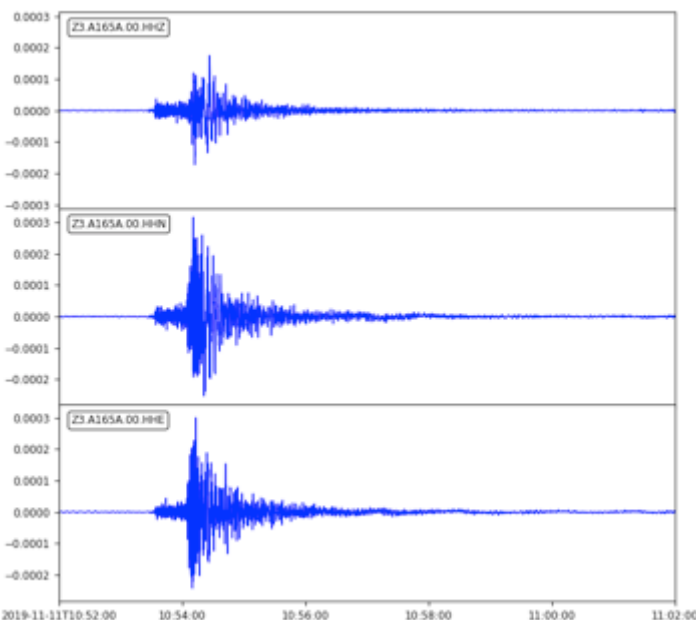


2019-11-11T10:52:00 - 2019-11-11T11:02:00



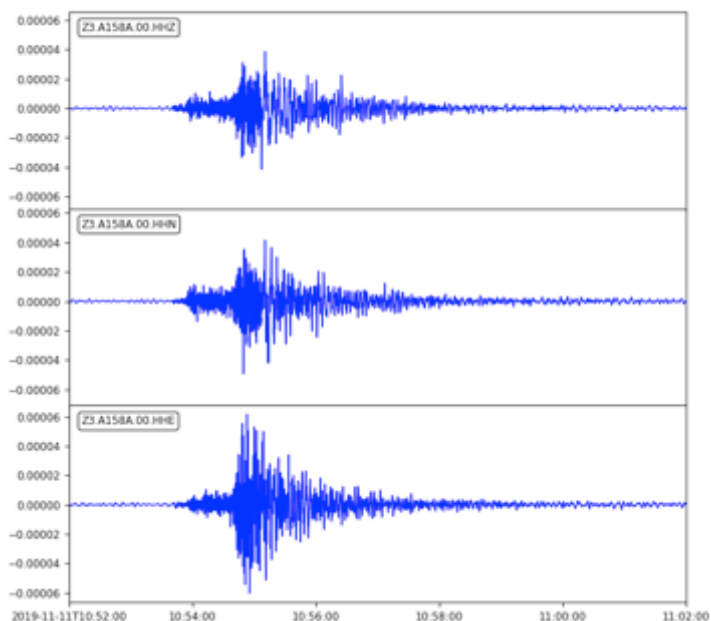
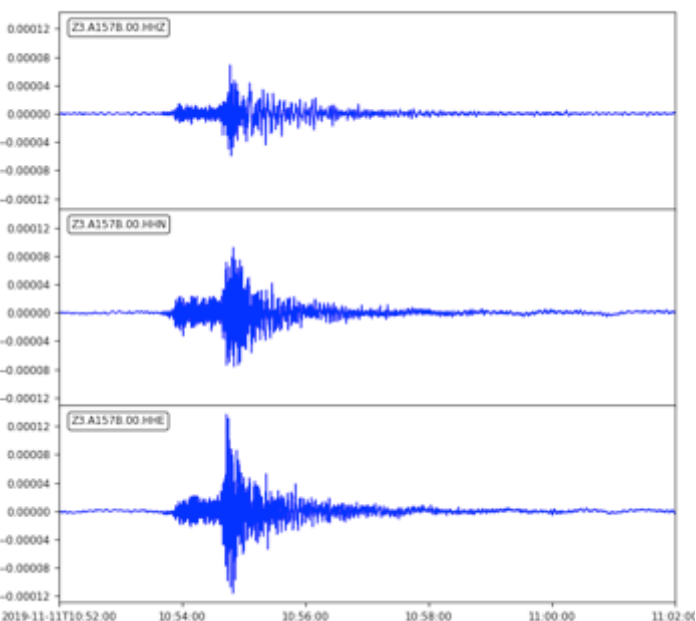
2019-11-11T10:52:00 - 2019-11-11T11:02:00

2019-11-11T10:52:00 - 2019-11-11T11:02:00



2019-11-11T10:52:00 - 2019-11-11T11:02:00

2019-11-11T10:52:00 - 2019-11-11T11:02:00



Enfin, les sismogrammes des voies verticales sont ici représentés en fonction de la distance de chaque station par rapport à l'épicentre du séisme du Teil, de la plus proche à la plus lointaine.

On voit ainsi plus clairement les ondes se propager (cf. page 8).

