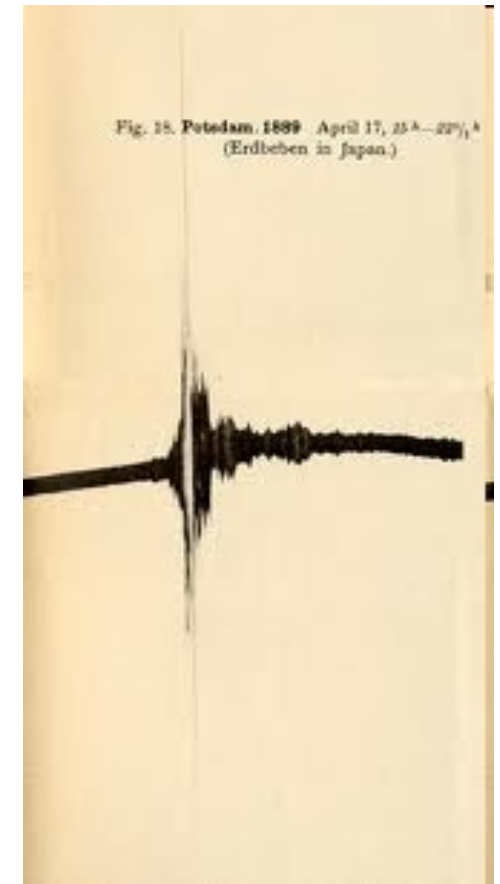


Sismologie et Traitement du signal

Sophie Peyrat, Bat 22, 4ème étage
sophie.peyrat@umontpellier.fr

Heures en présentiel:
24 CM, 16,5 TD et 9 TP

Evaluation:
1 QCM, 1 CC, TP + projet



Enregistrement Potsdam
Tokyo (1889)

Sismologie et Traitement du signal



132 – Zhang Heng

1755- Lisbonne M=8.5 à 9



Enregistrement Potsdam
Tokyo (1889)

Sismologie et Traitement du signal

- Introduction

- Les séismes: comment sont-ils générés?

Contraintes, déformation, élasticité et rupture

- Les séismes: comment les étudier?

- Les ondes sismiques

- Mesures d'un séisme et analyse d'un sismogramme:

Localisation, magnitude, intensité,...

- Méga séismes, et étude de la source sismique

- Imagerie de la Terre

- Structure interne et tomographie sismologique

- Sismique réflexion et sismique réfraction

- Aléa sismique et prévention

- Phénomènes induits (Tsunami...)

INTRODUCTION



USGS Magnitude 2.5+ Earthquakes, Past Day

38 earthquakes.

☐ Only List Earthquakes Shown on Map

Format

Magnitude

Sort

Newest First

4.5 244 km NW of Tobelo, Indone...

2025-09-07 17:36:28 (UTC+0... 52.9 km

4.9 238 km WSW of Tual, Indone...

2025-09-07 17:29:10 (UTC+0... 84.1 km

4.0 260 km WNW of Port McNeill,...

2025-09-07 17:00:09 (UTC+0... 10.0 km

2.9 35 km SSE of Hope, New Mexi...

2025-09-07 16:57:53 (UTC+02:... 8.2 km

2.7 21 km W of Susitna, Alaska

2025-09-07 16:42:57 (UTC+0... 61.9 km

4.9 75 km SW of Yonakuni, Japan

2025-09-07 13:29:11 (UTC+0... 31.9 km

2.8 11 km SSW of Guánica, Puert...

2025-09-07 13:27:39 (UTC+02:... 8.4 km

4.8 132 km SE of Kandrian, Papu...

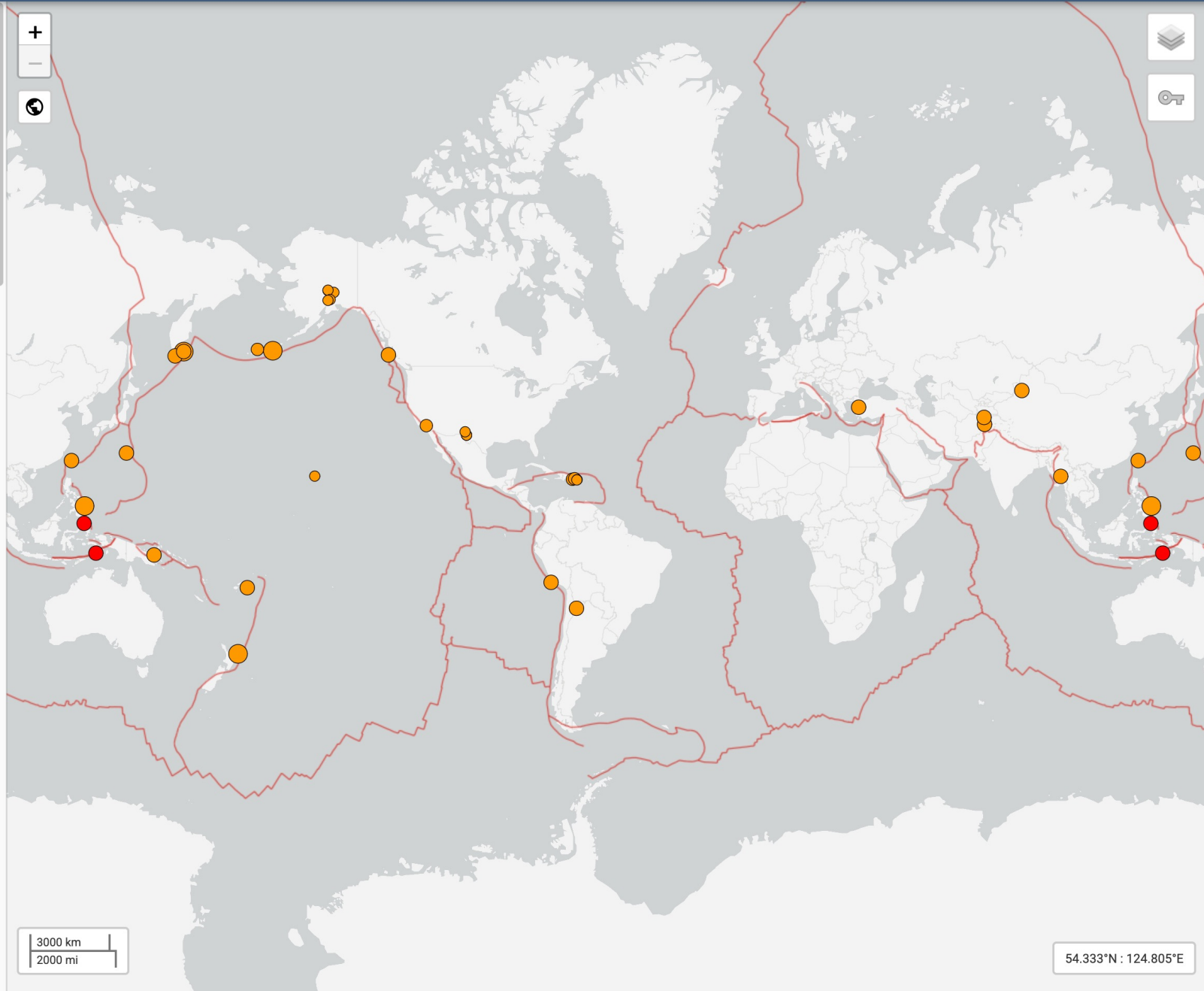
2025-09-07 12:38:40 (UTC+0... 10.0 km

2.9 11 km SW of Willow, Alaska

2025-09-07 12:31:16 (UTC+0... 31.4 km

2.6 5 km SE of Maria Antonia, Pu...

2025-09-07 12:05:28 (UTC+0... 12.4 km



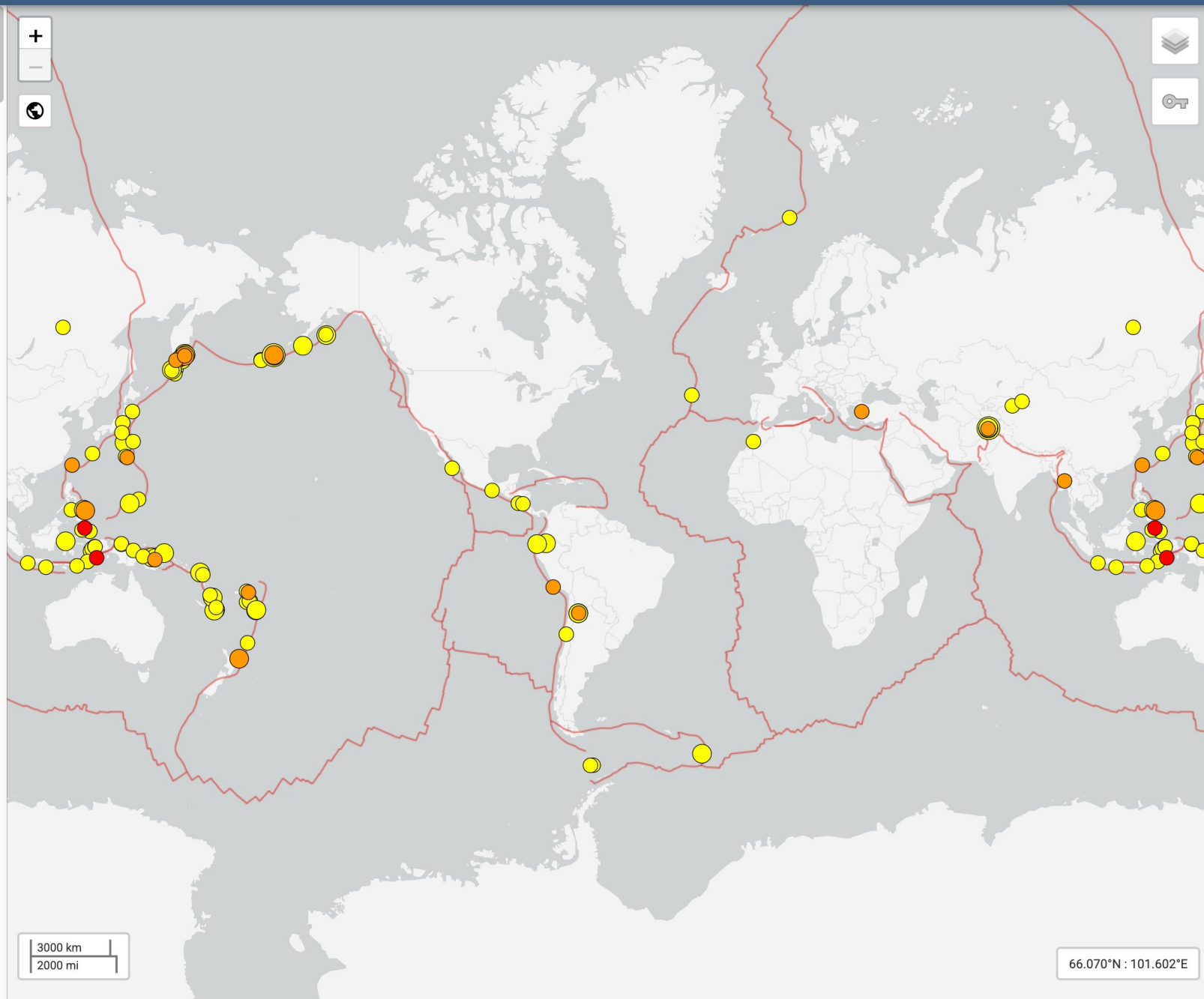
USGS Magnitude 4.5+ Earthquakes, Past Week

130 earthquakes.

☐ Only List Earthquakes Shown on Map

Format: **Magnitude** Sort: **Newest First**

- 4.5** 244 km NW of Tobelo, Indone...
2025-09-07 17:36:28 (UTC+0... 52.9 km
- 4.9** 238 km WSW of Tual, Indone...
2025-09-07 17:29:10 (UTC+0... 84.1 km
- 4.9** 75 km SW of Yonakuni, Japan
2025-09-07 13:29:11 (UTC+0... 31.9 km
- 4.8** 132 km SE of Kandrian, Papu...
2025-09-07 12:38:40 (UTC+0... 10.0 km
- 4.9** 6 km SSW of Sındırgı, Turkey
2025-09-07 11:35:09 (UTC+0... 10.0 km
- 4.9** 153 km SE of Petropavlovsk-...
2025-09-07 10:47:57 (UTC+0... 10.0 km
- 4.5** 74 km ESE of Ozernovskiy, R...
2025-09-07 10:40:45 (UTC+0... 83.1 km
- 5.0** 154 km SE of Petropavlovsk-...
2025-09-07 10:31:26 (UTC+0... 10.0 km
- 5.1** 83 km E of Cortes, Philippines
2025-09-07 09:29:07 (UTC+0... 10.0 km
- 4.5** Bonin Islands, Japan region
2025-09-07 08:51:08 (UTC+... 117.1 km



M 6.0 – 37 km WSW of Asadābād, Afghanistan

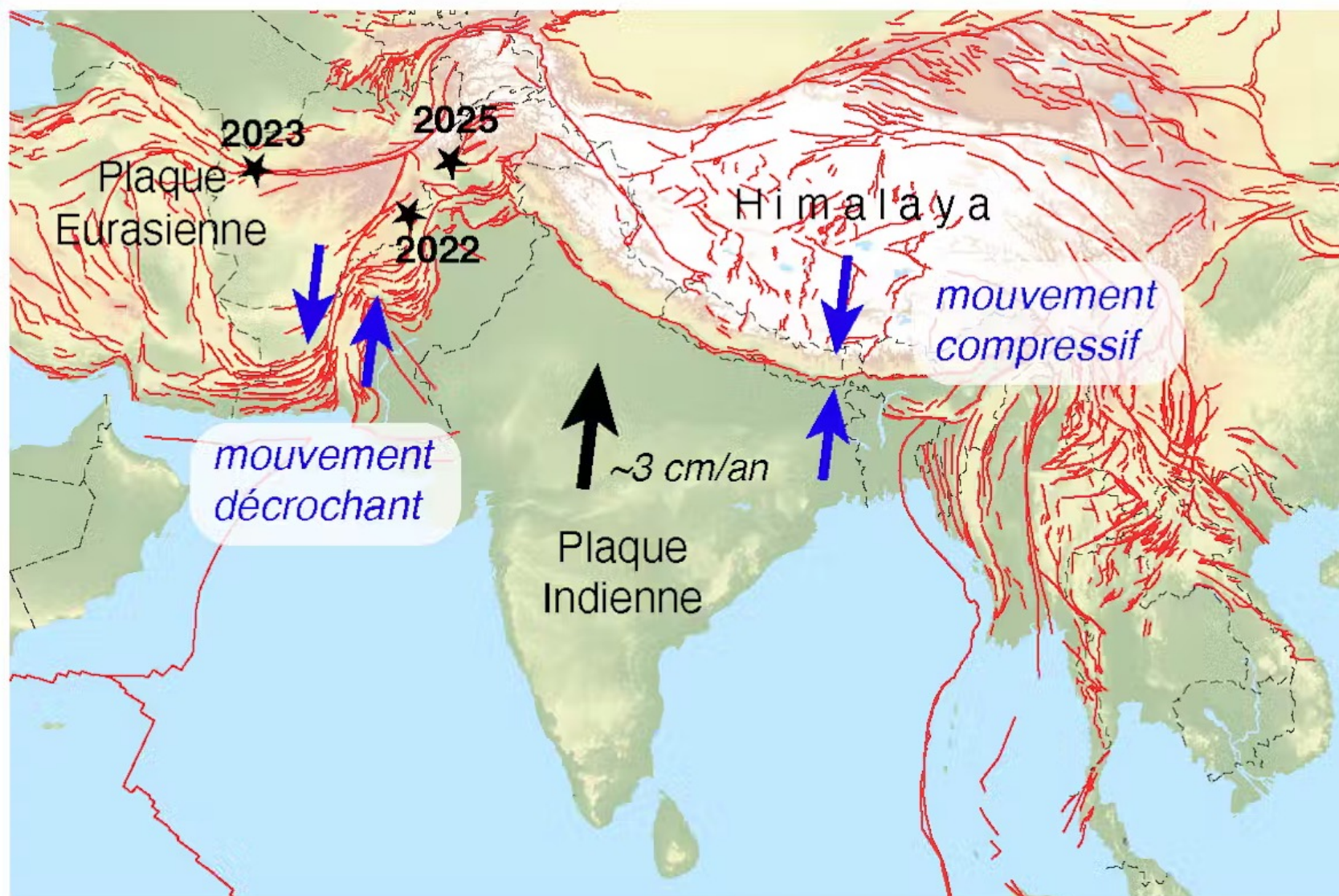
2025-08-31 19:17:34 (UTC) | 34.706°N 70.793°E | 8.0 km depth

En Afghanistan, le séisme de magnitude 6 a fait plus de 2 200 morts, d'après un nouveau bilan

Le tremblement de terre, suivi de plusieurs fortes répliques, a dévasté plusieurs provinces afghanes montagneuses.



Une habitation dévastée par un tremblement de terre de magnitude 6 dans la province de Kounar (Afghanistan), le 1er septembre 2025. (JAVID ASHNA / MIDDLE EAST IMAGES / AFP)



Contexte tectonique et géographie du séisme du 31 août 2025 par rapport à ceux du 22 juin 2022 et du 7 octobre 2023, localisés par des étoiles. Les failles sont en rouge et les frontières nationales en pointillé. Manon Dalaison, Fourni par l'auteur

Search Results

10 of 10 earthquakes in map area.

☒ Only List Earthquakes Shown on Map

Format Sort
Magnitude Largest Magni...

8.8 **2025 Kamchatka Peninsula, ...**
 2025-07-30 01:24:52 (UTC+0... 35.0 km

7.7 **2025 Mandalay, Burma (Mya...**
 2025-03-28 07:20:52 (UTC+0... 10.0 km

7.6 **210 km SSW of George Town,...**
 2025-02-09 00:23:14 (UTC+0... 14.3 km

7.5 **2025 Southern Drake Passag...**
 2025-08-22 04:16:19 (UTC+0... 10.8 km

7.4 **2025 Drake Passage Earthqu...**
 2025-05-02 14:58:26 (UTC+0... 10.0 km

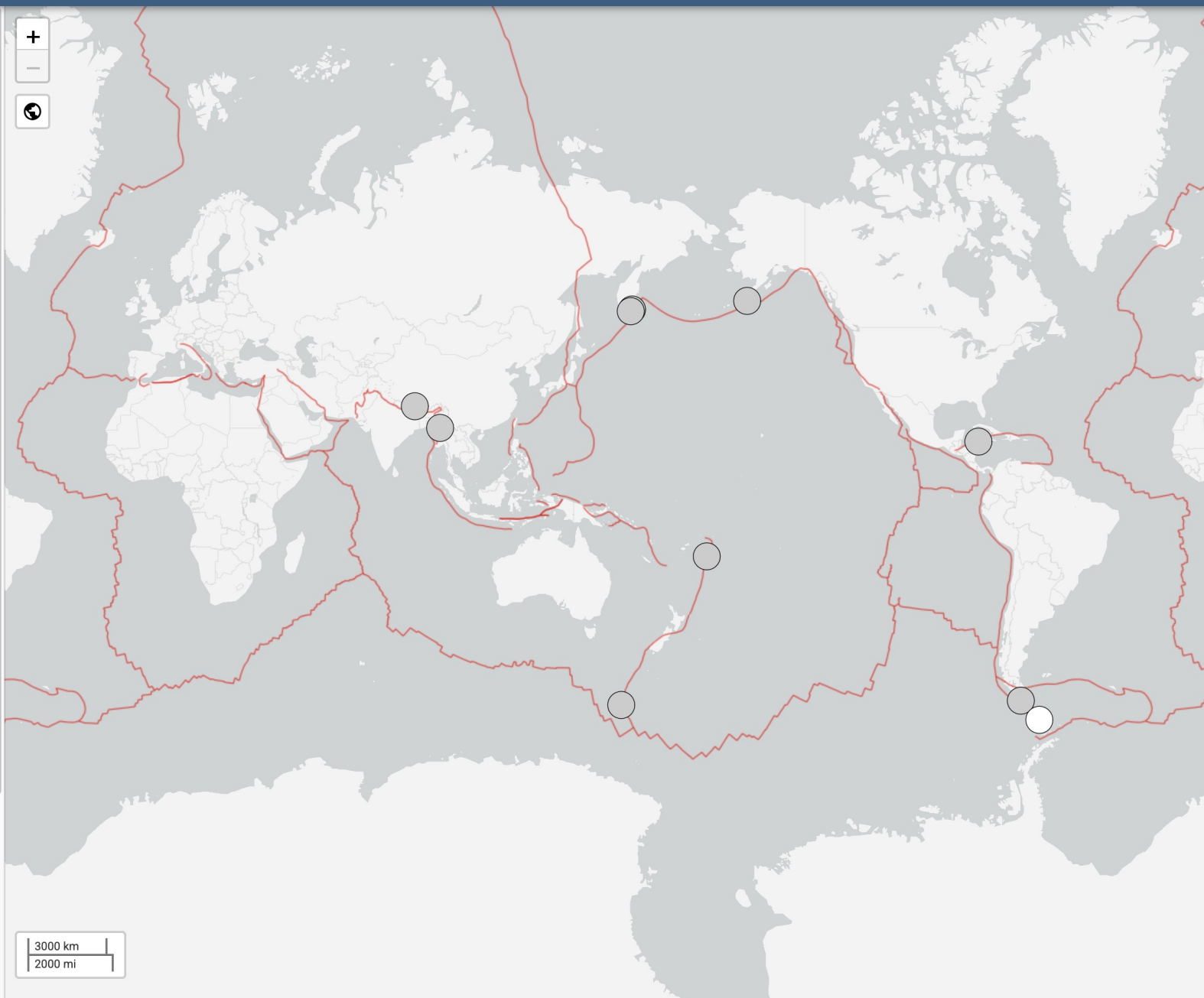
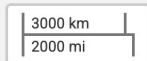
7.4 **2025 Eastern Kamchatka, Ru...**
 2025-07-20 08:49:04 (UTC+0... 34.0 km

7.3 **2025 Sand Point, Alaska Eart...**
 2025-07-16 22:37:41 (UTC+0... 38.0 km

7.1 **2025 Southern Tibetan Plate...**
 2025-01-07 02:05:16 (UTC+0... 10.0 km

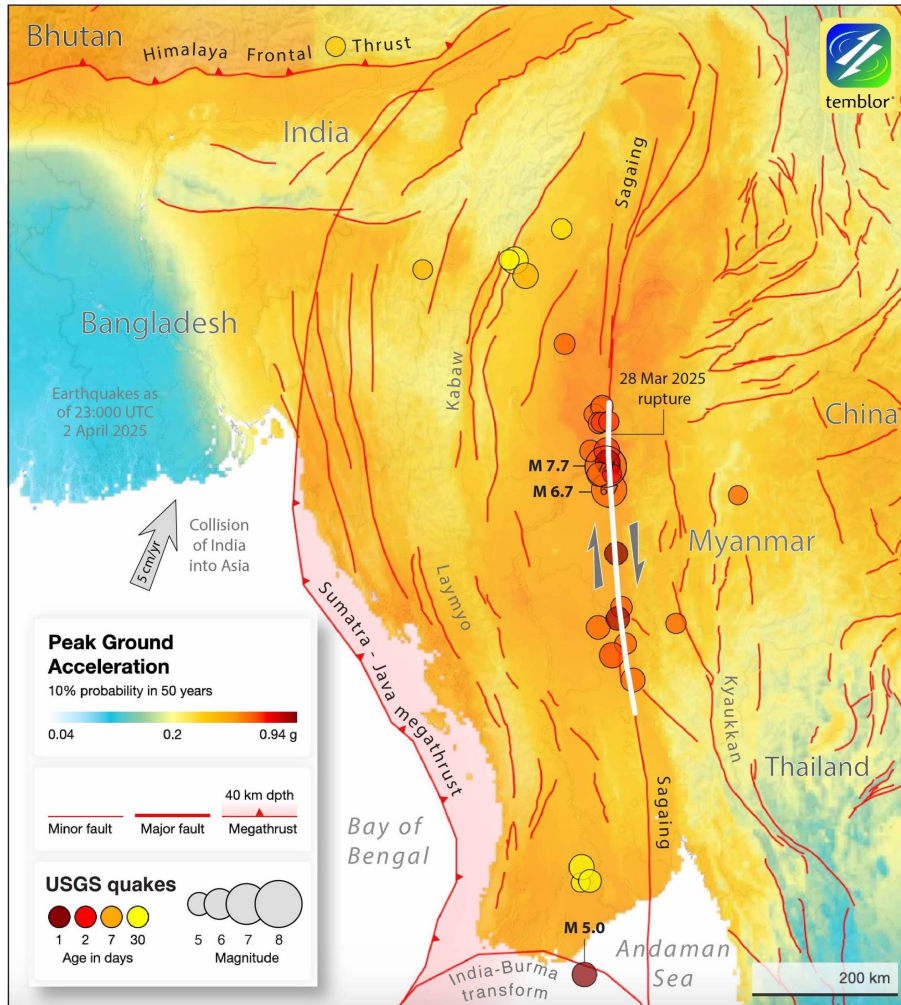
7.0 **61 km SSE of Pangai, Tonga**
 2025-03-30 14:18:50 (UTC+0... 29.0 km

7.0 **Macquarie Island region**
 2025-07-29 00:10:35 (UTC+0... 31.0 km



M 7.7 - 2025 Mandalay, Burma (Myanmar) Earthquake

2025-03-28 06:20:52 (UTC) | 22.011°N 95.936°E | 10.0 km depth



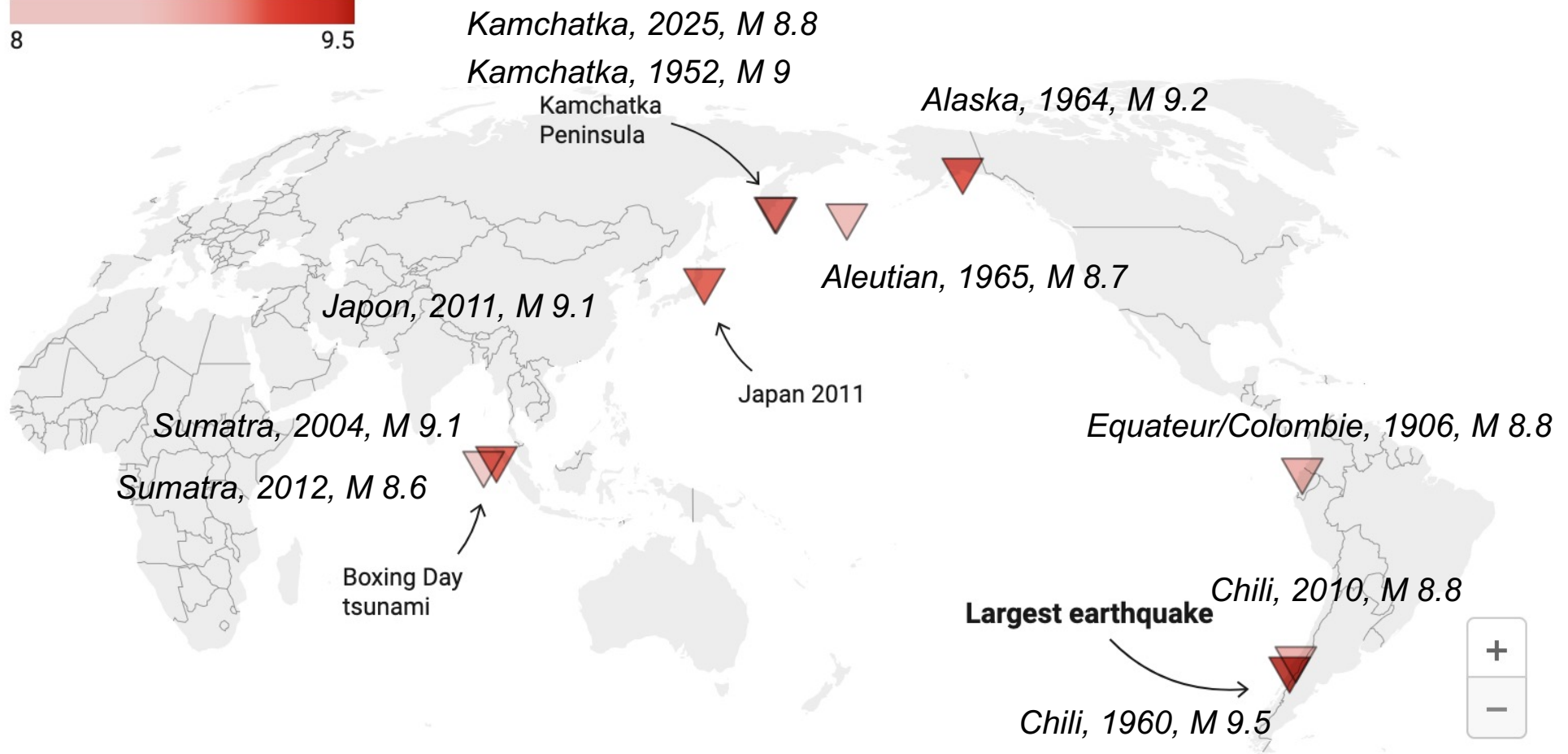
La rupture d'une faille en directe:
Cette vidéo d'une incroyable valeur scientifique



https://www.youtube.com/watch?v=_OeLRK0rkCE

The 10 strongest earthquakes worldwide since 1900

Magnitude



M 8.8 - 2025 Kamchatka Peninsula, Russia Earthquake

2025-07-29 23:24:52 (UTC) | 52.498°N 160.264°E | 35.0 km depth

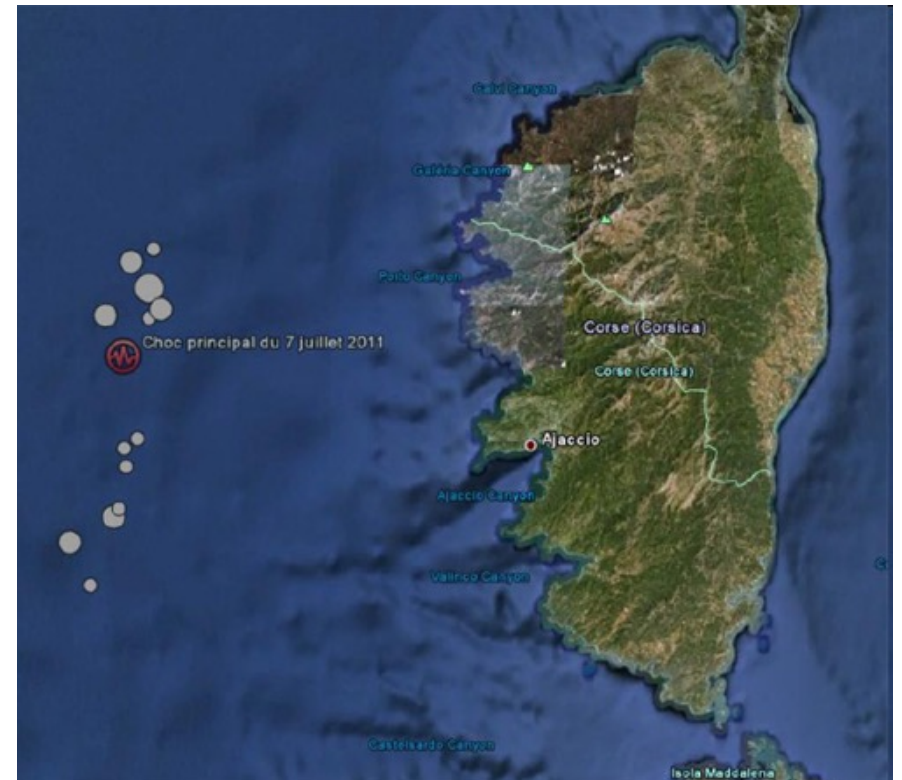


<https://www.youtube.com/watch?v=ZH0CKMKrQ4Q>

Coupure de presse

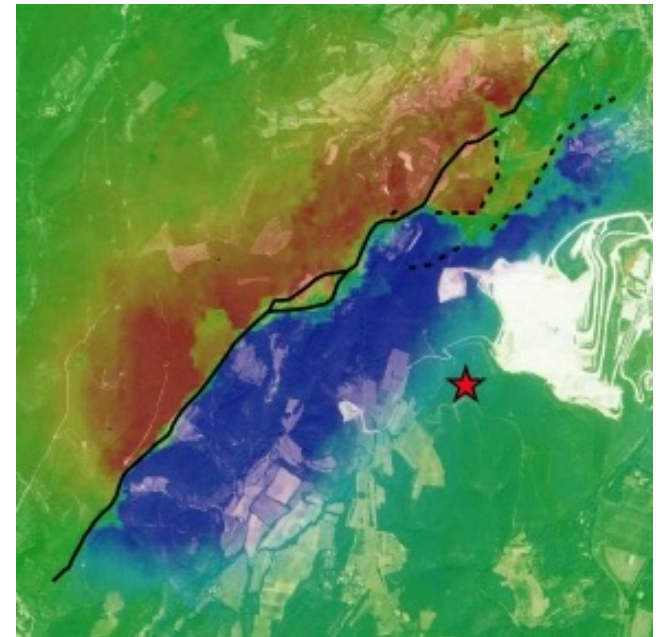
Une forte secousse sismique d'une **magnitude** de 5,2 a été ressentie jeudi soir en Corse ainsi que sur le continent, à Marseille, dans le Var et les Alpes-Maritimes, mais sans faire de dégâts ni de blessés.

Selon le bureau central sismologique de Strasbourg, l'**épicentre** du séisme était situé en mer, à 100 km à l'ouest d'Ajaccio, et s'est produit à 21h21, tandis que le centre sismologique euro-méditerranéen l'a situé précisément à 20 km de **profondeur**, en Méditerranée.



*Epicentre du séisme du 7/07/2011
(GéoAzur)*

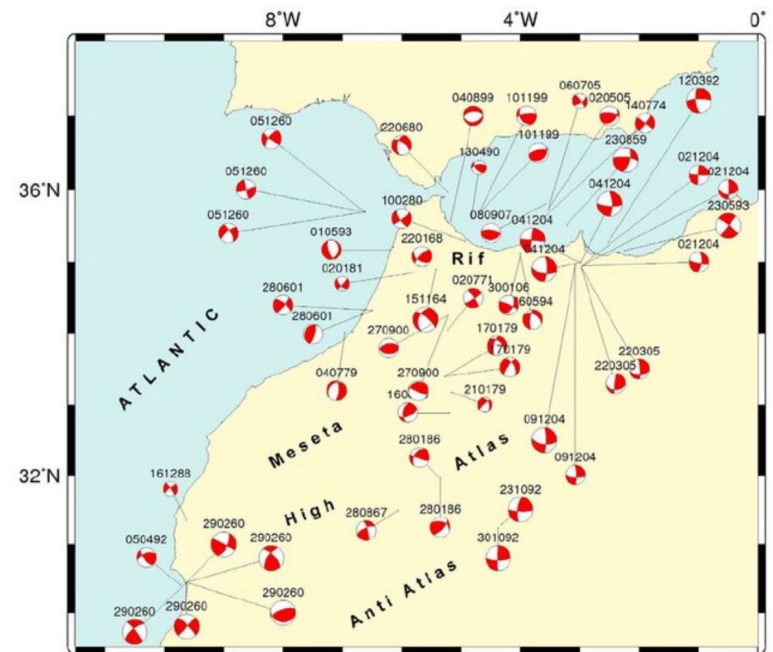
« Le séisme du Teil a été une surprise à double titre. Tout d'abord, le **foyer** étant très superficiel, autour de 1 km de profondeur, la **rupture** a atteint la surface, bien que la **magnitude (M5)** du séisme fût modérée. ... La faible profondeur du **foyer** explique également qu'il y ait eu autant de dégâts avec notamment plus de 900 maisons endommagées qui ne sont plus habitables. L'**énergie** n'a pas eu l'espace et le temps de se dissiper au sein de la roche, comme il aurait été le cas si le foyer du séisme était autour de 5-10 km de profondeur. »



2029, M Mw 4.9

Source: Ritz et al. - Technique de l'ingénieur + site web INSU

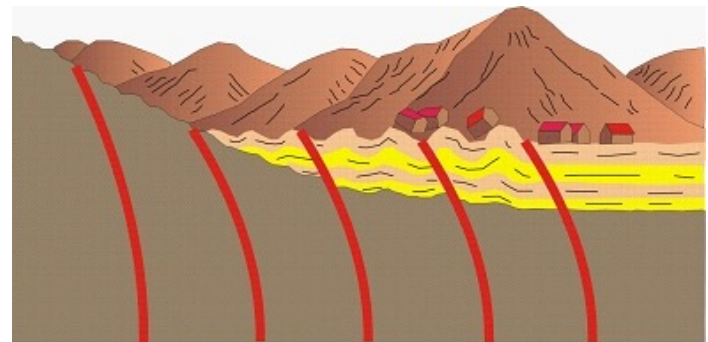
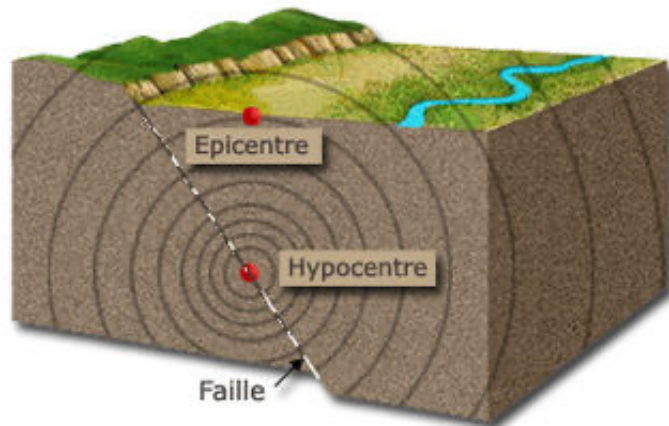
L'USGS indique un mécanisme au foyer de chevauchement oblique. Les **deux plans nodaux** seraient donc une faille inverse à composante dextre, orientée SE-NW, et de pendage 37° SW, et une faille inverse, orientée WSW-ENE, avec une composante senestre, sur un plan à pendage de 69° NNW. On estime également que la **zone de rupture de la faille** mesure environ 30 km par 20 km.



Sismologie

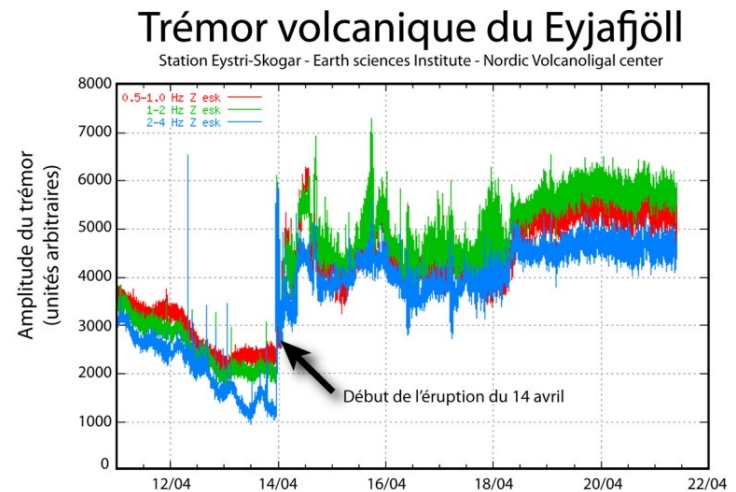
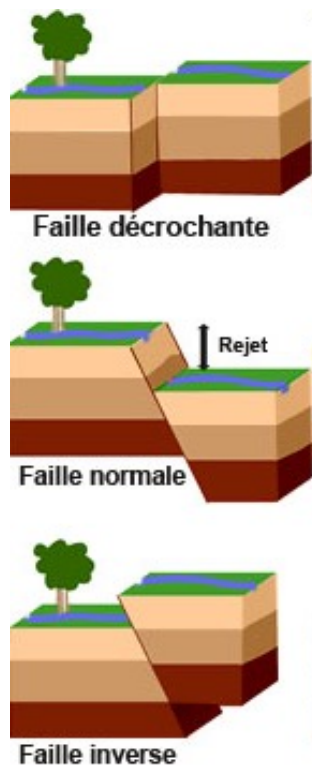
Un séisme est une libération soudaine d'énergie à l'intérieur de la terre qui provient de la fracturation des roches en profondeur en lieu appelé foyer, source ou hypocentre.

Un séisme peut occasionner des dégâts considérables à cause des ondes élastiques qui se propagent depuis le foyer jusqu'à n'importe quel point de la surface, provoquant un ébranlement du sol.



Origine d'un séisme

NATURELLE: formation ou rejet de faille, volcanisme, effondrement grotte



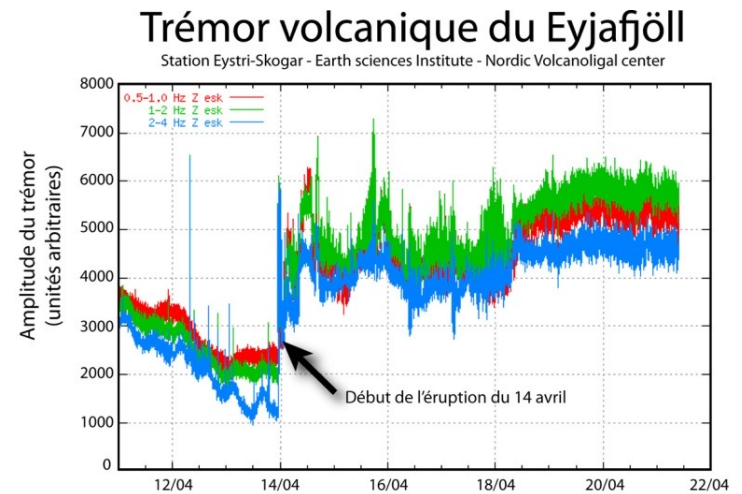
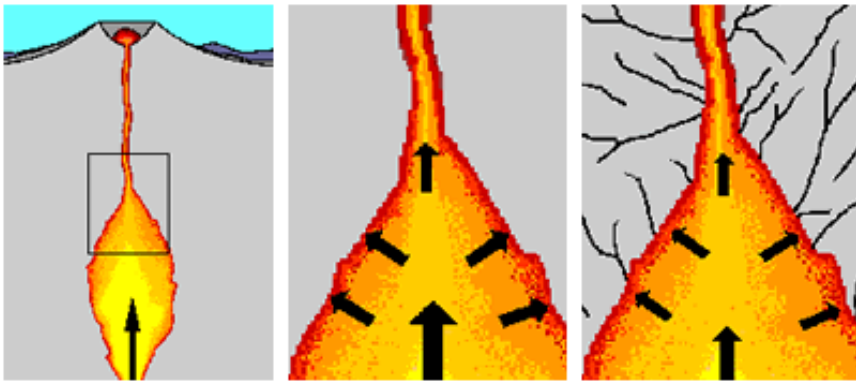
*Séismes volcaniques
(remontée du magma visqueux)*

Séismes tectoniques

Origine d'un séisme

NATURELLE: accumulation de magma dans chambre volcanique

➔ intrusion et dégazage de magma, formation de conduits,...

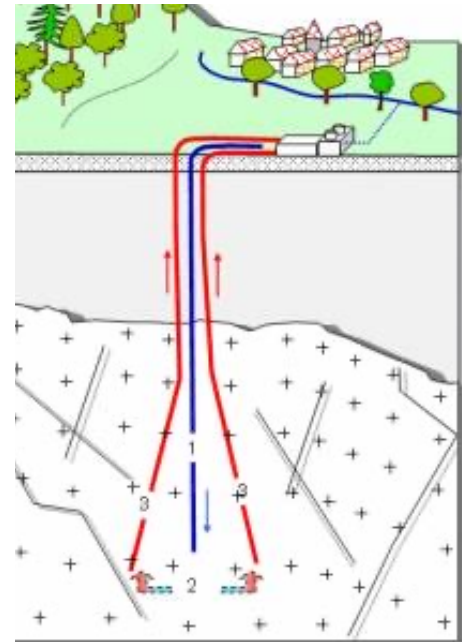
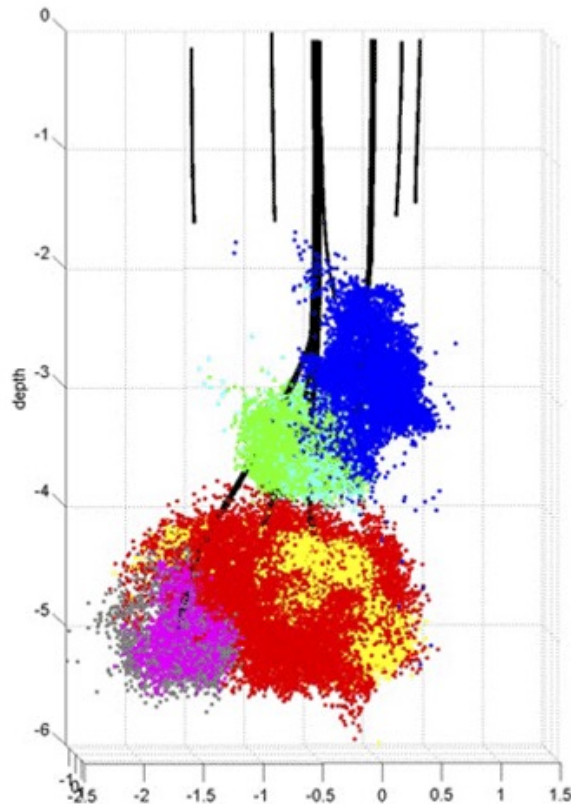


➔ Suivi de l'activité des volcans

Trémor: vibration du sol liée aux mouvements de magma.

Origine d'un séisme

ARTIFICIELLE/ ANTHROPIQUE: essais nucléaires, barrages-réservoirs, exploitation réservoirs,...



Migration des séismes avant et après des stimulations hydrauliques effectuées à Soultz-sous-Forêts.

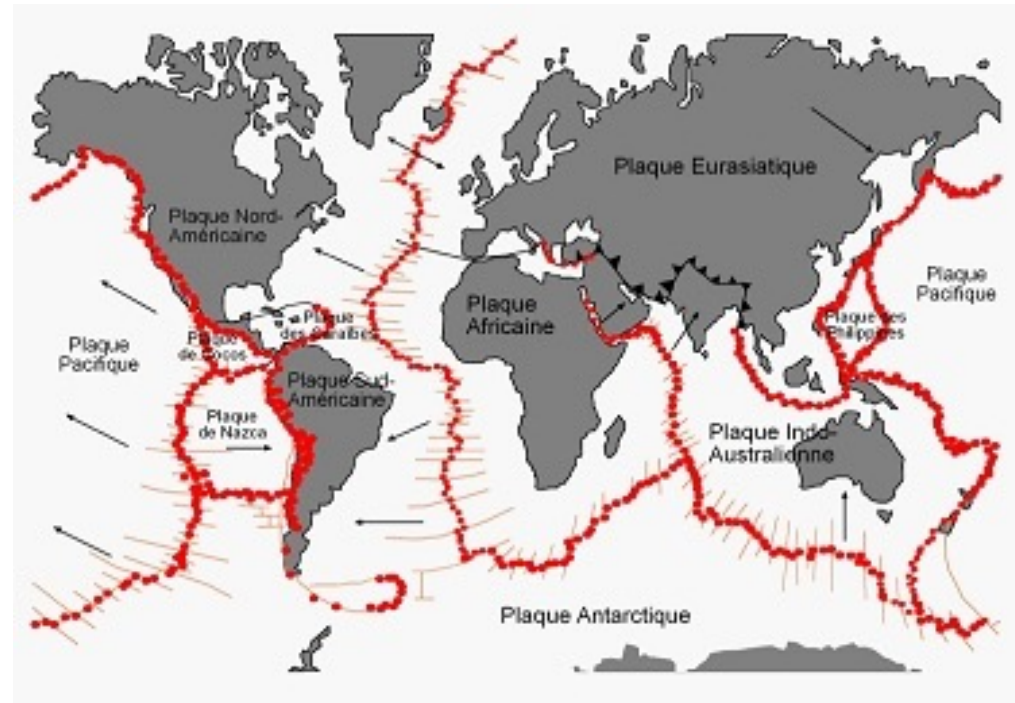
SEISMES INDUITS

Origine d' un séisme tectonique

Le séisme → rupture de la roche, avec formation ou réactivation d'une faille
= propagation d'une rupture le long d'une faille

La rupture → relâchement de l'énergie accumulée sous l'effet des contraintes tectoniques extérieures.

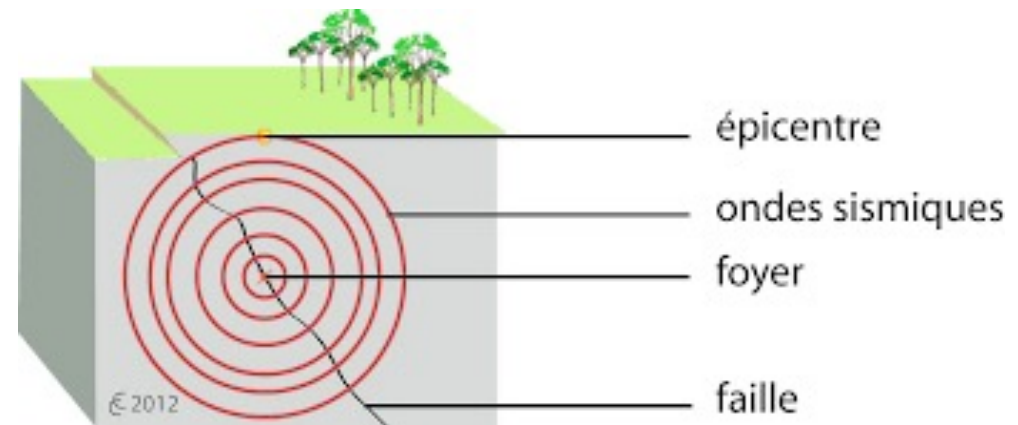
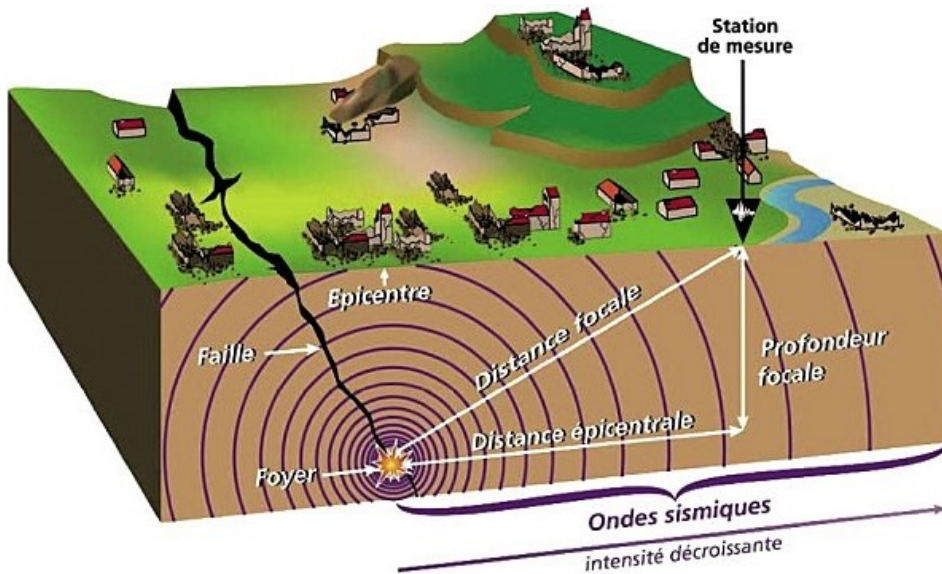
Origine d'un séisme tectonique



Le mouvement des plaques provoque des tensions, faisant que celles-ci s'accumulent jusqu'à un point où la résistance de la croûte ne peut plus supporter la tension et elle se casse. Au moment où a lieu cette rupture, l'énergie qui s'était accumulée se libère soudainement sous forme d'ondes qui se propagent dans toutes les directions en produisant une secousse du terrain. (BRGM)

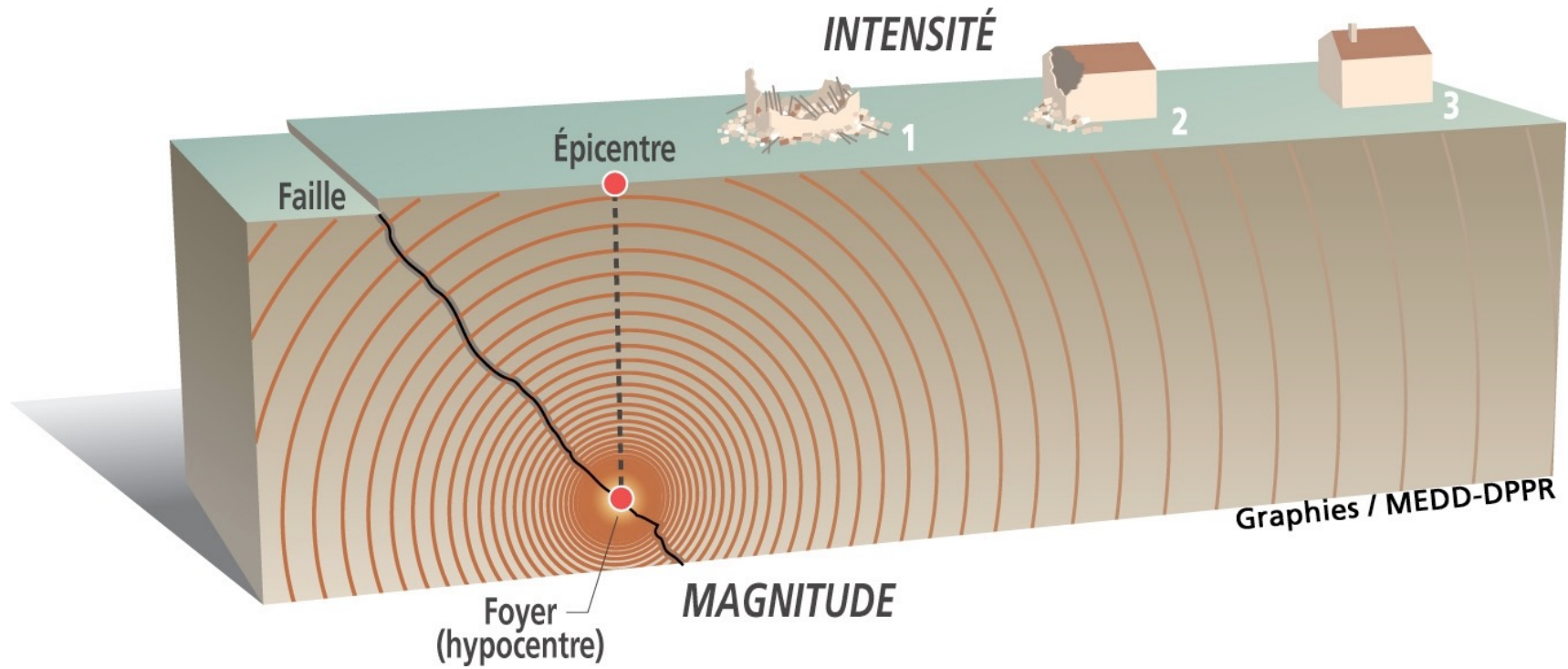
Vocabulaire

- Le foyer, source ou hypocentre est l'endroit où se produit la rupture.
- L'épicentre est la projection du foyer à la surface de la Terre.

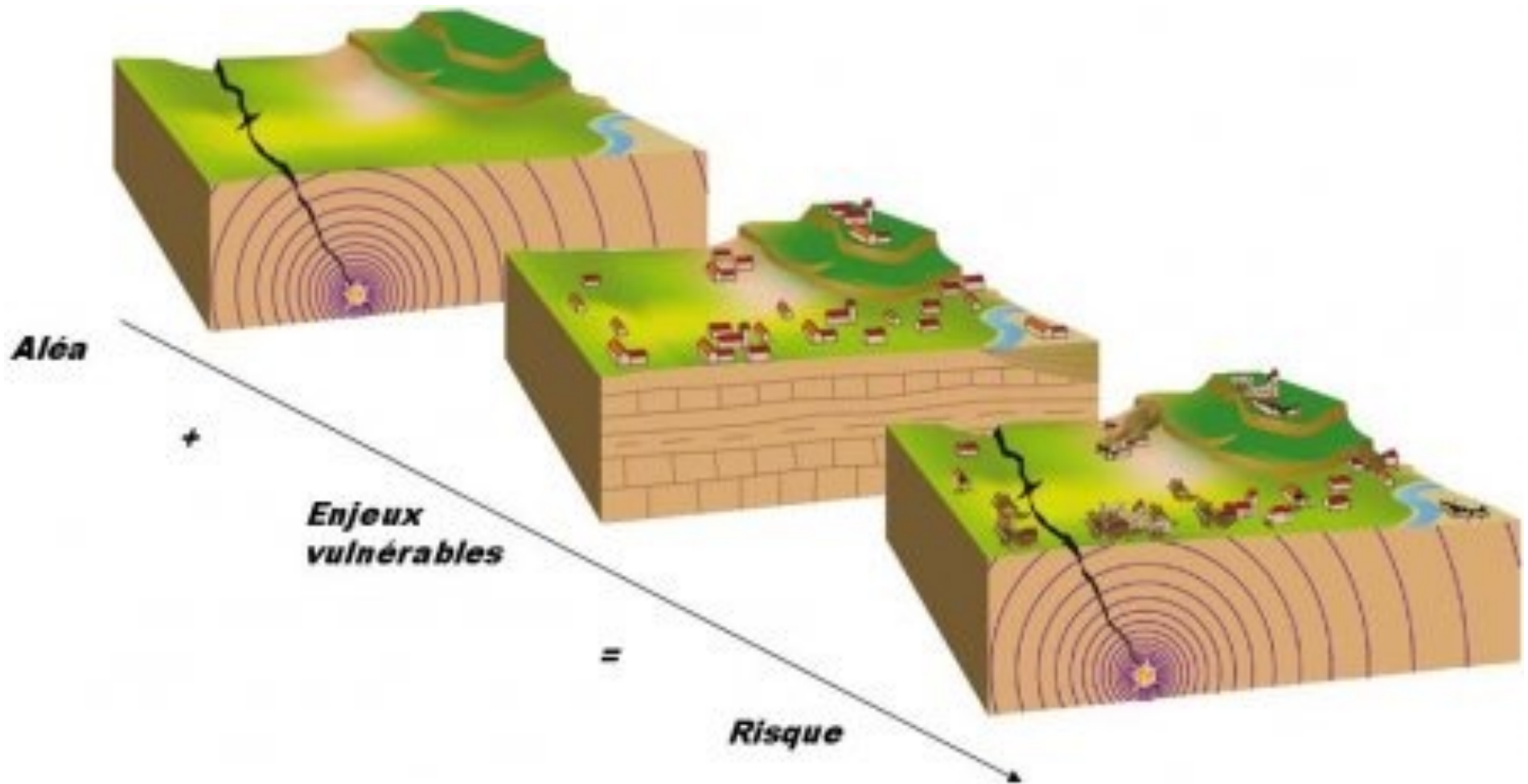


Vocabulaire

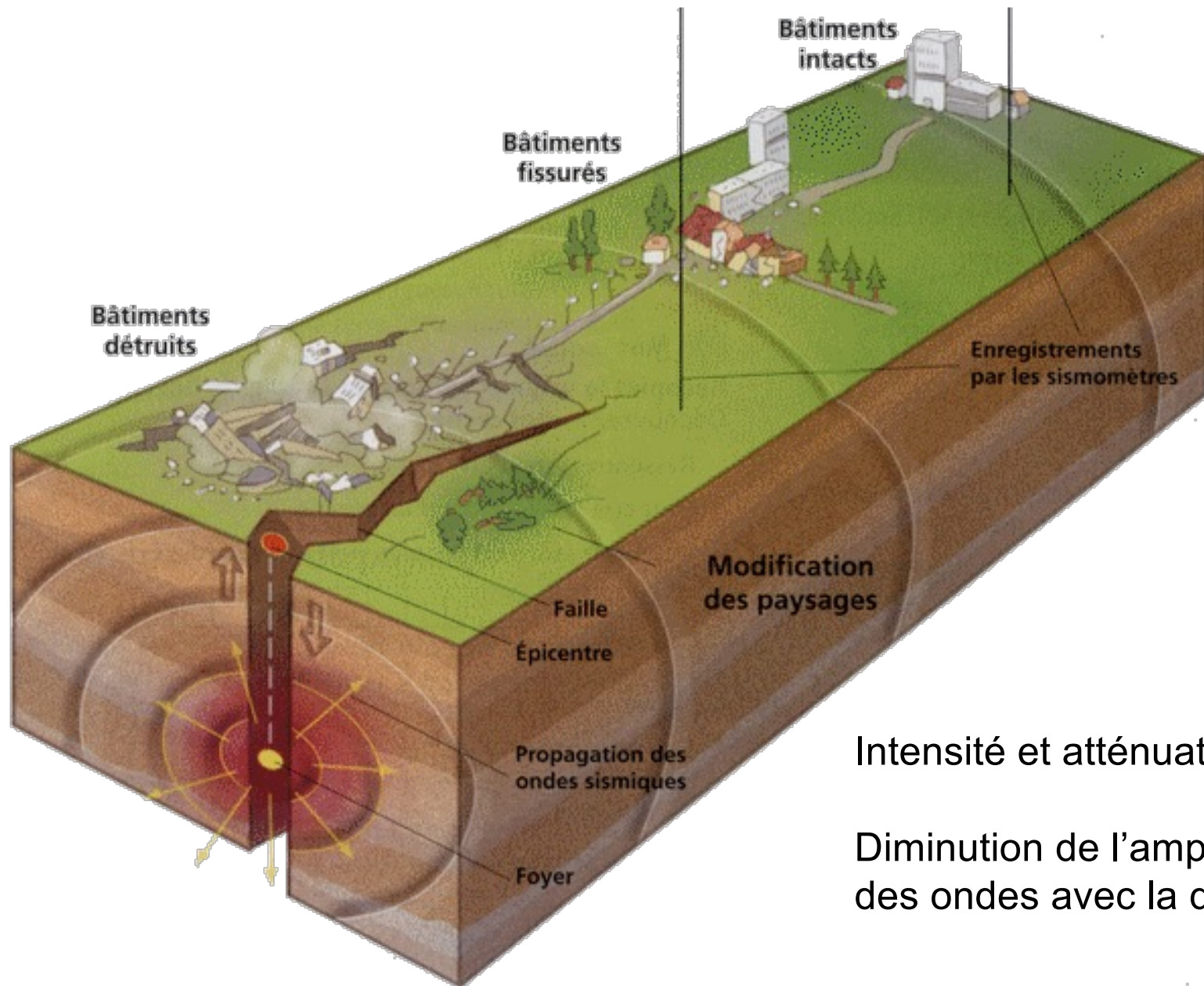
- La magnitude : énergie libérée par le séisme → calcul (« Echelle Richter »)
- L'intensité : ressenti (secousses, dégâts) → témoignage (« Echelle Mercalli »)



Vocabulaire



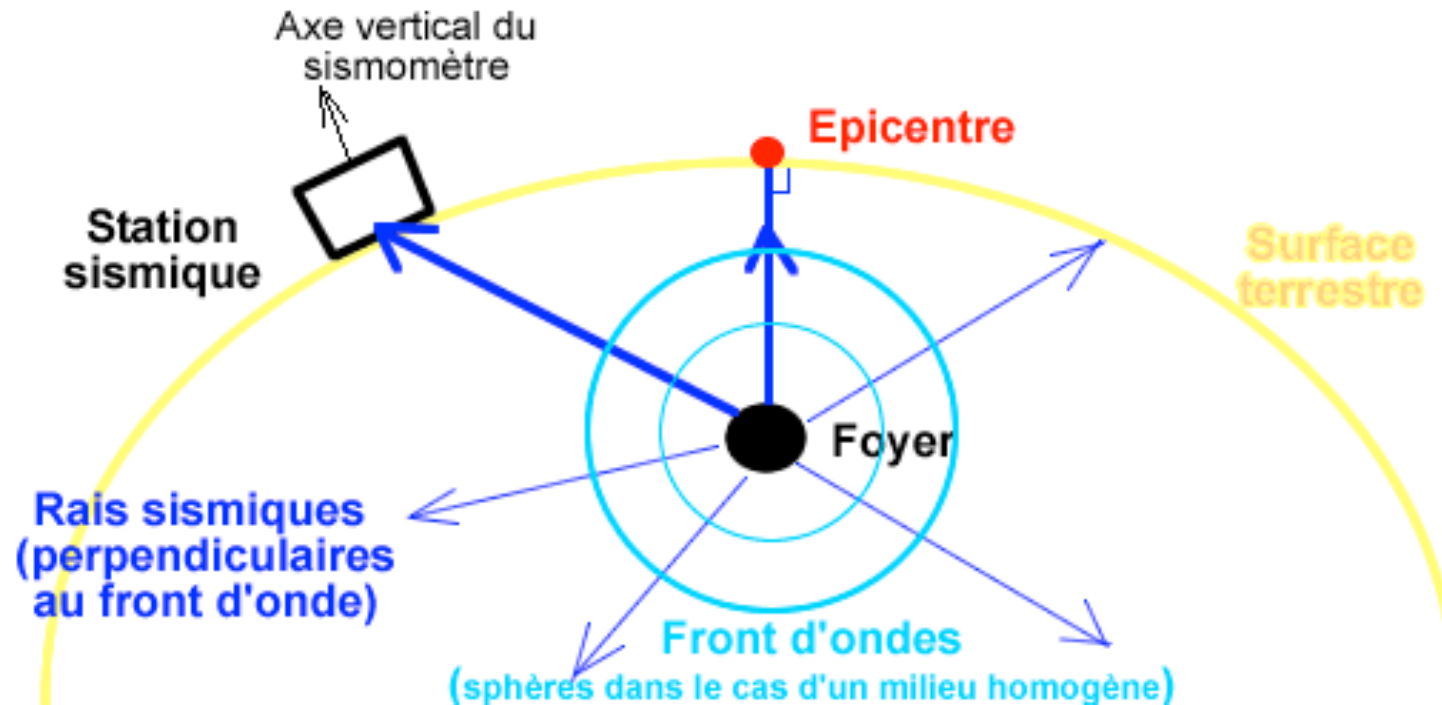
Vocabulaire



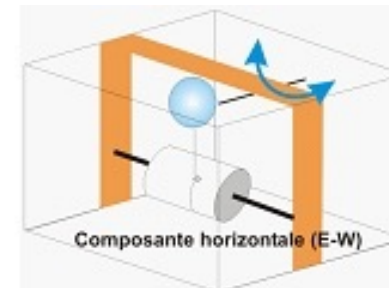
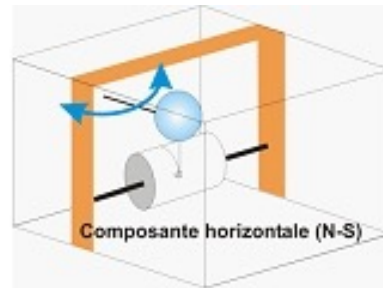
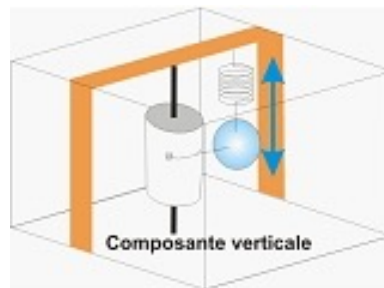
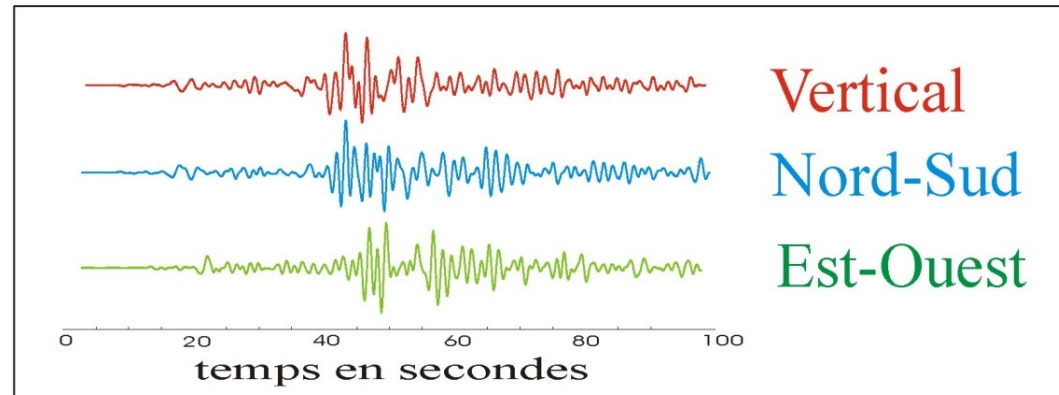
Intensité et atténuation:

Diminution de l'amplitude
des ondes avec la distance.

Enregistrement des séismes



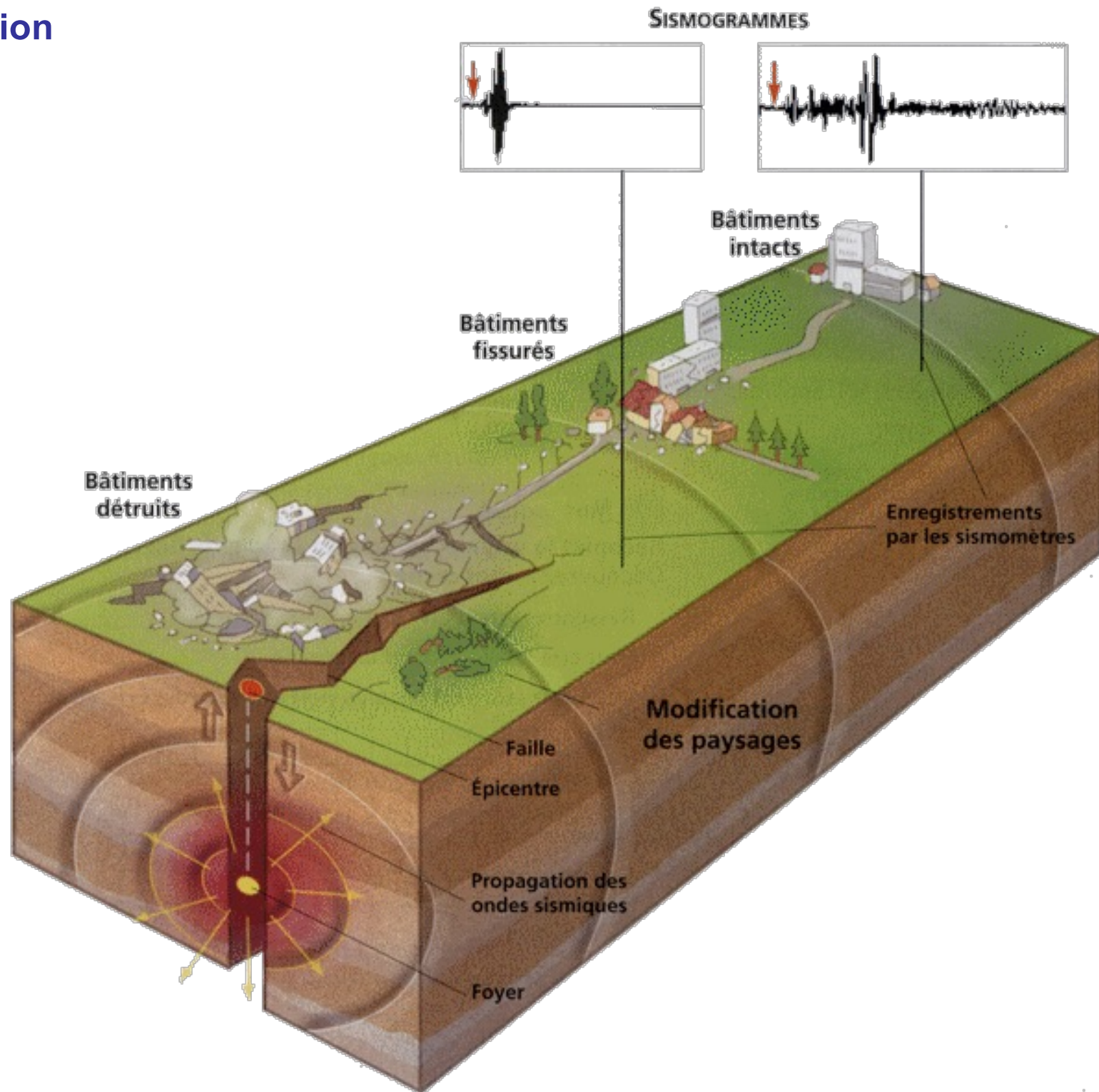
Enregistrement des séismes



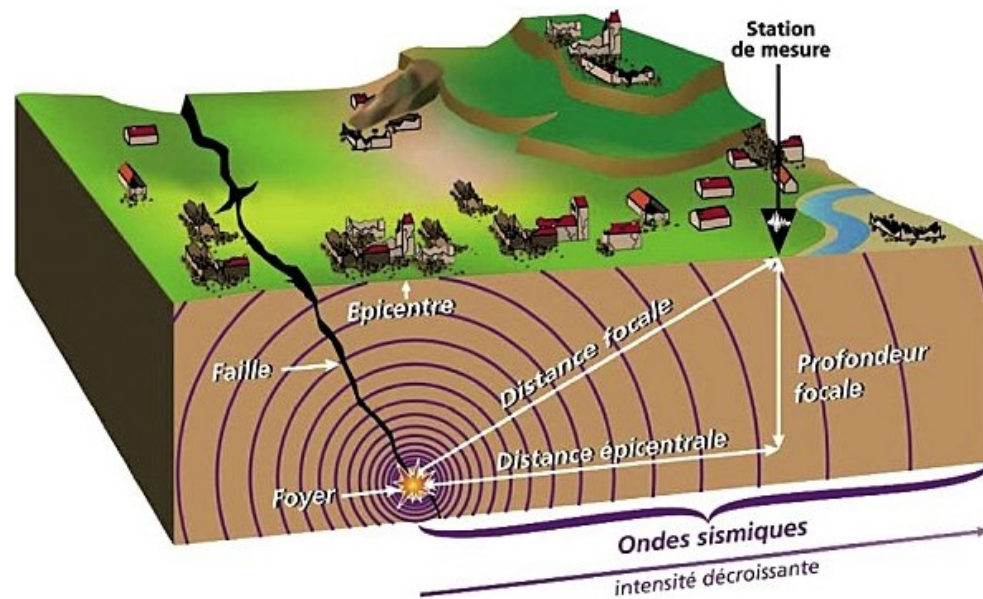
Principe d'un sismomètre 3 composantes

Début 20eme siècle... principe du pendule.

Introduction

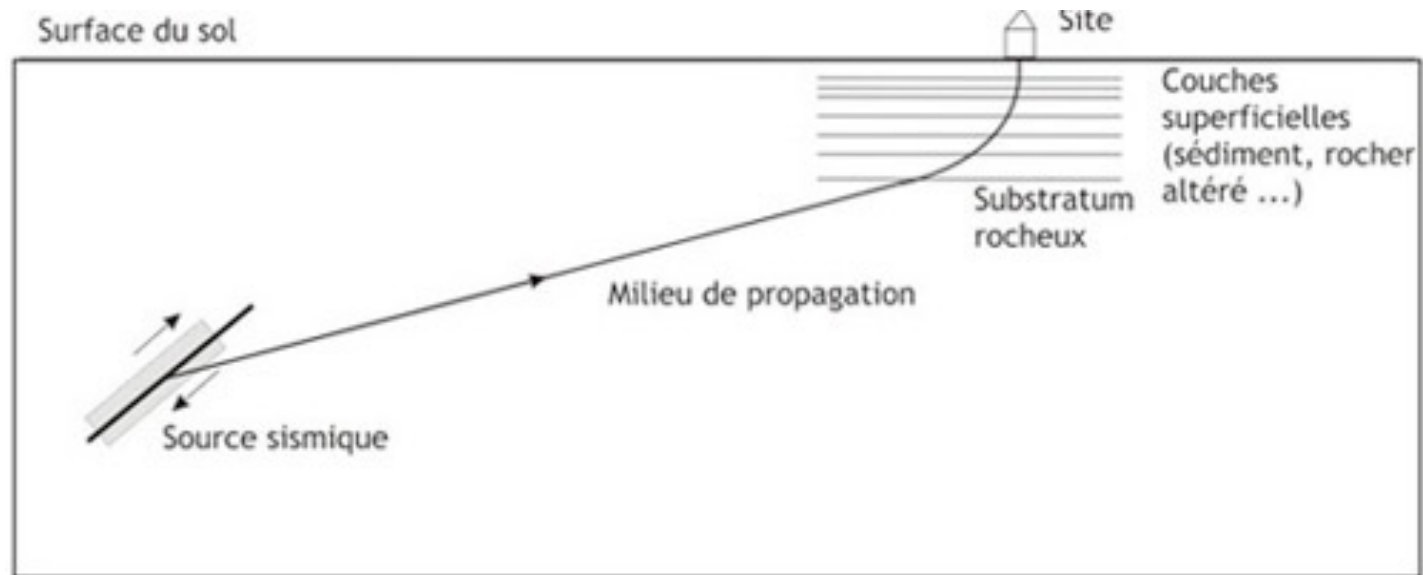


Sismologie



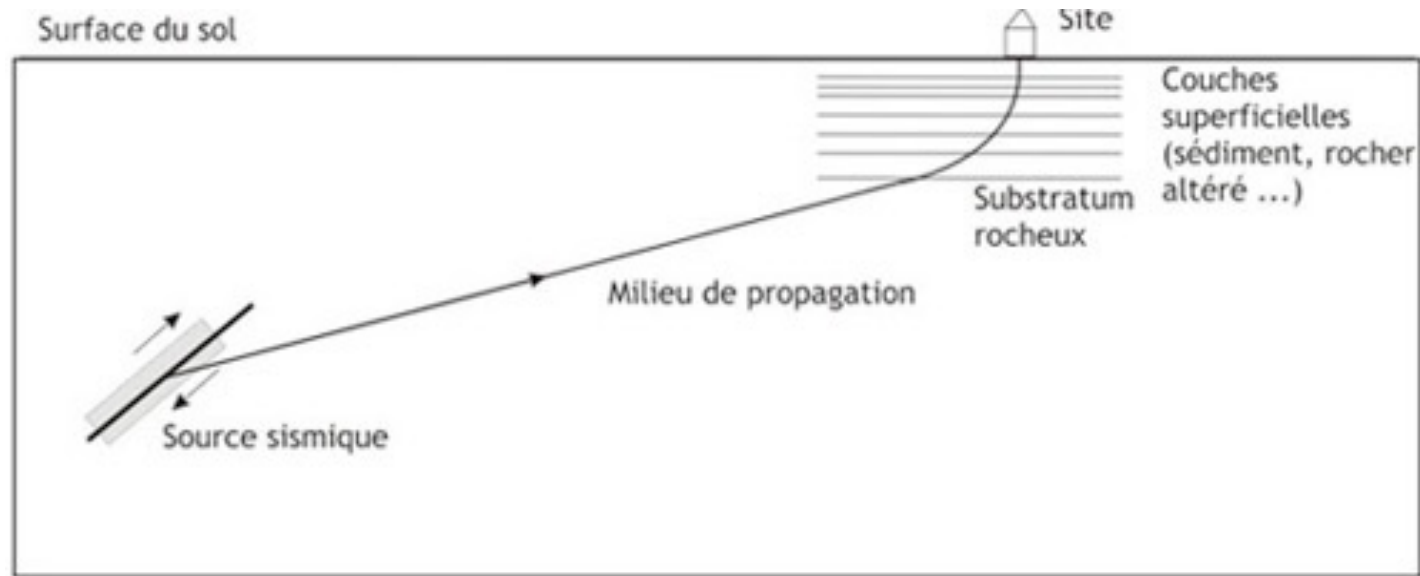
Les signaux enregistrés sont la combinaison d'effets ?

Sismologie



Les signaux enregistrés sont la combinaison d'effets ?

Sismologie

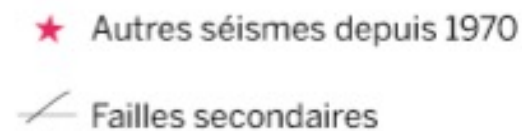
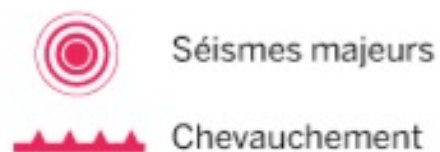
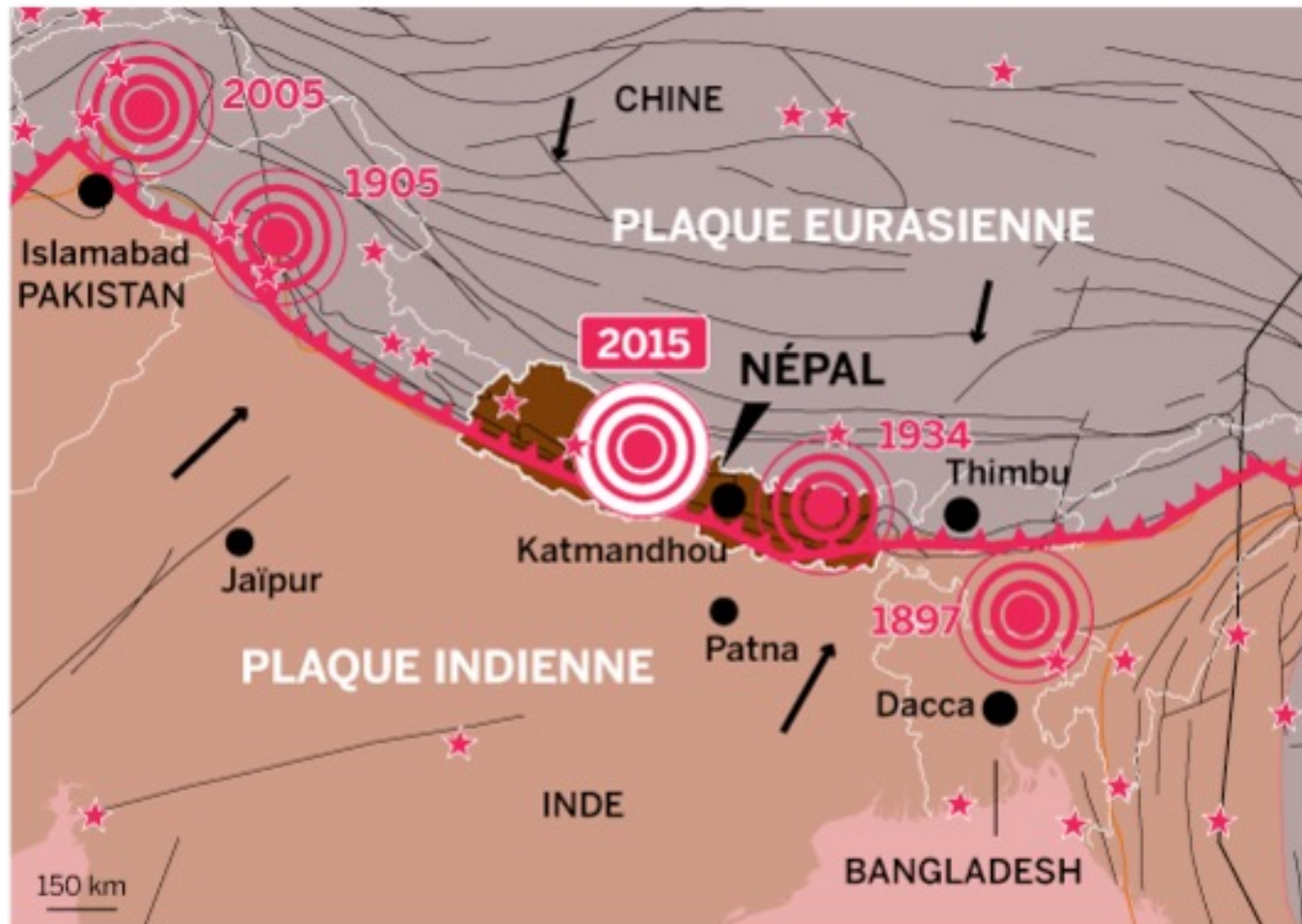


Les signaux enregistrés sont la combinaison d'effets liés :

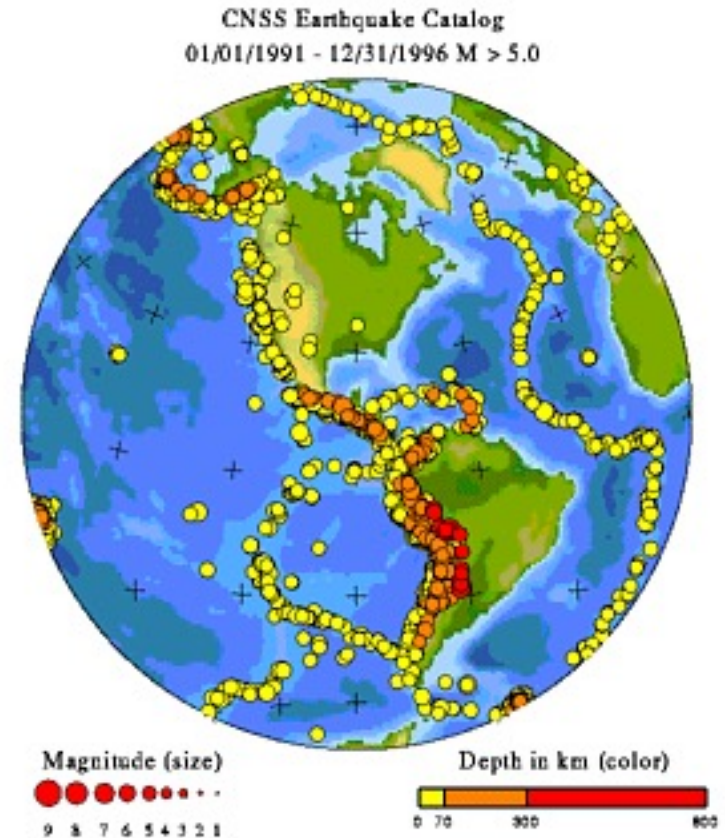
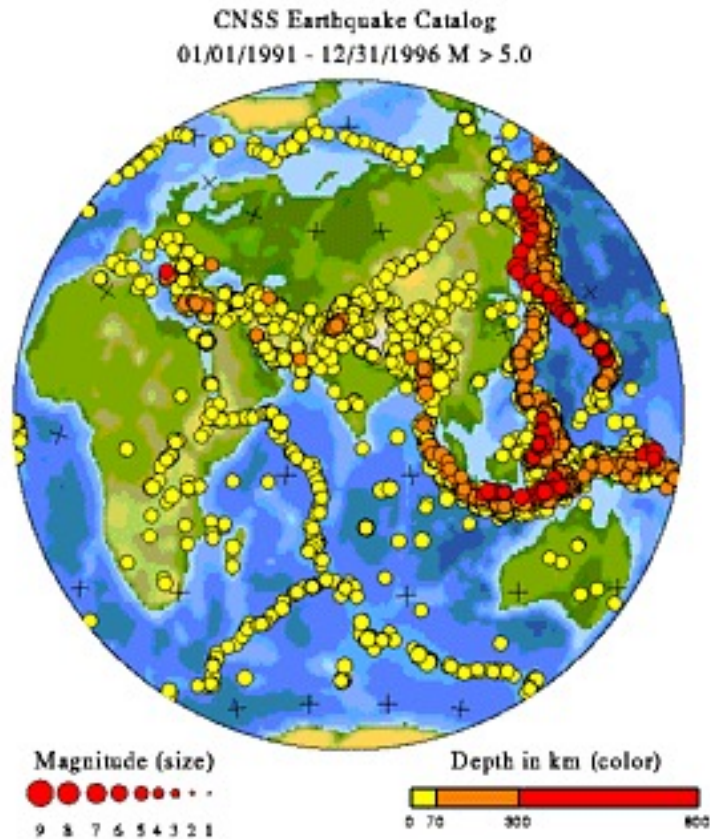
- à la source.
- aux milieux traversés
- aux instruments de mesure.

Ils renseignent, de manière irremplaçable, sur la constitution interne du globe terrestre.

Origine d'un séisme tectonique

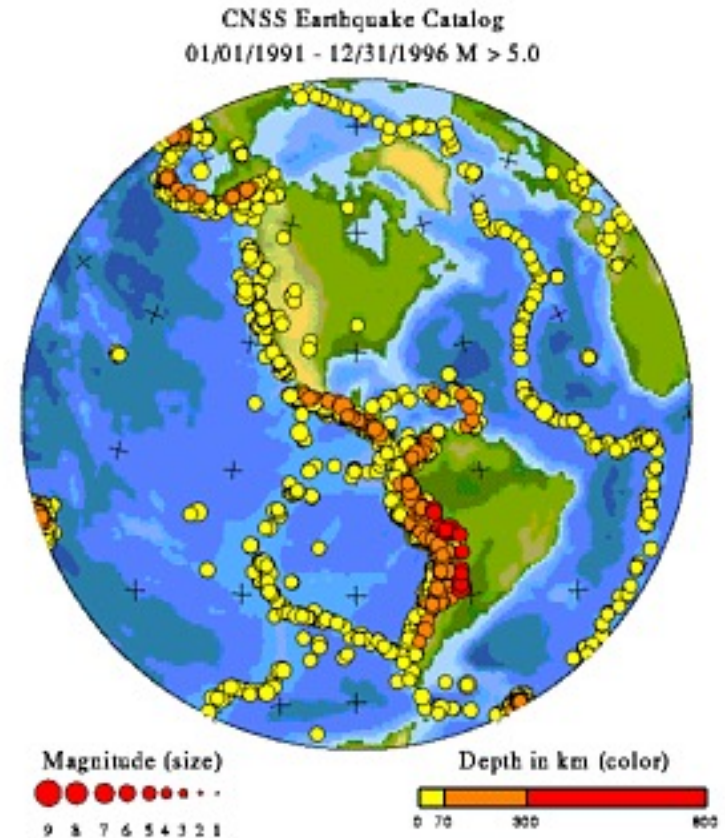
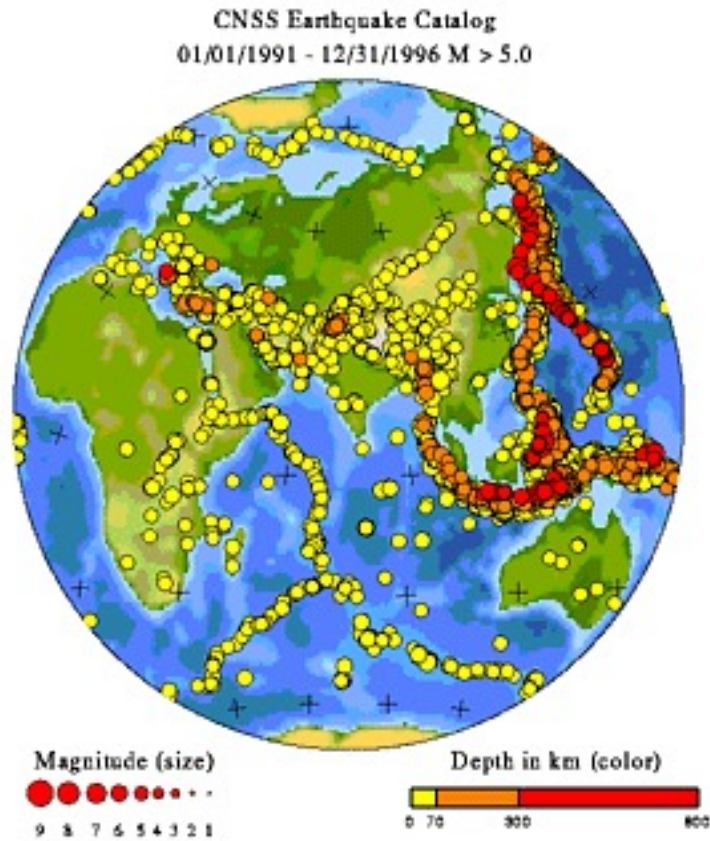


Localisation des séismes



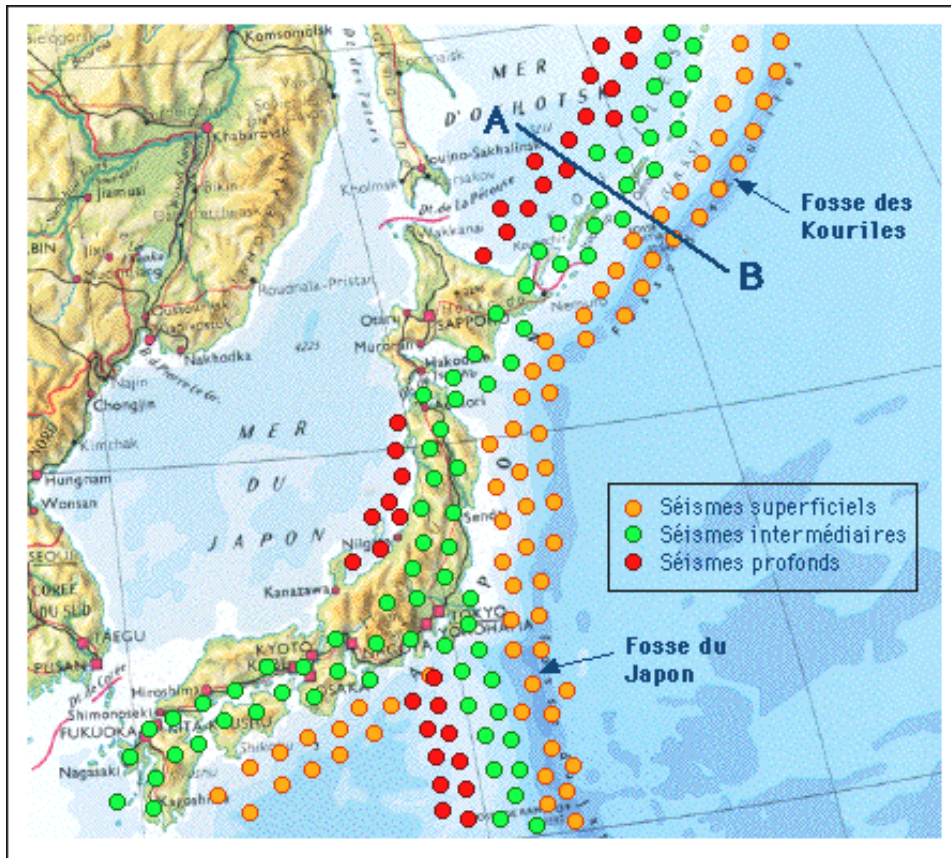
- Zone de subduction : $\approx 90\%$ de l'énergie totale libérée .
- Faille transformante : $\approx 5\%$
- Ride + domaine intra-plaques : $\approx 5\%$

Localisation des séismes

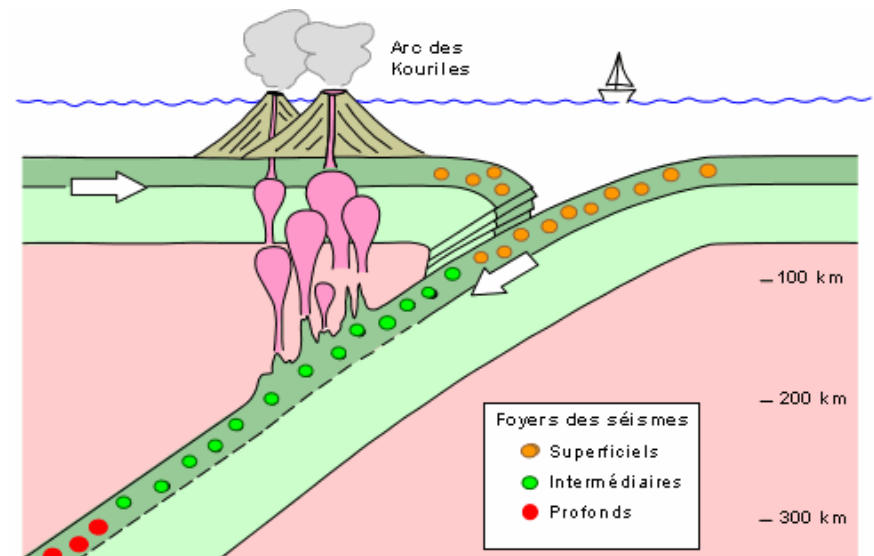


Caractéristiques différentes des séismes.

Localisation des séismes



Japon: plaques Pacifique-Eurasie-Philippine

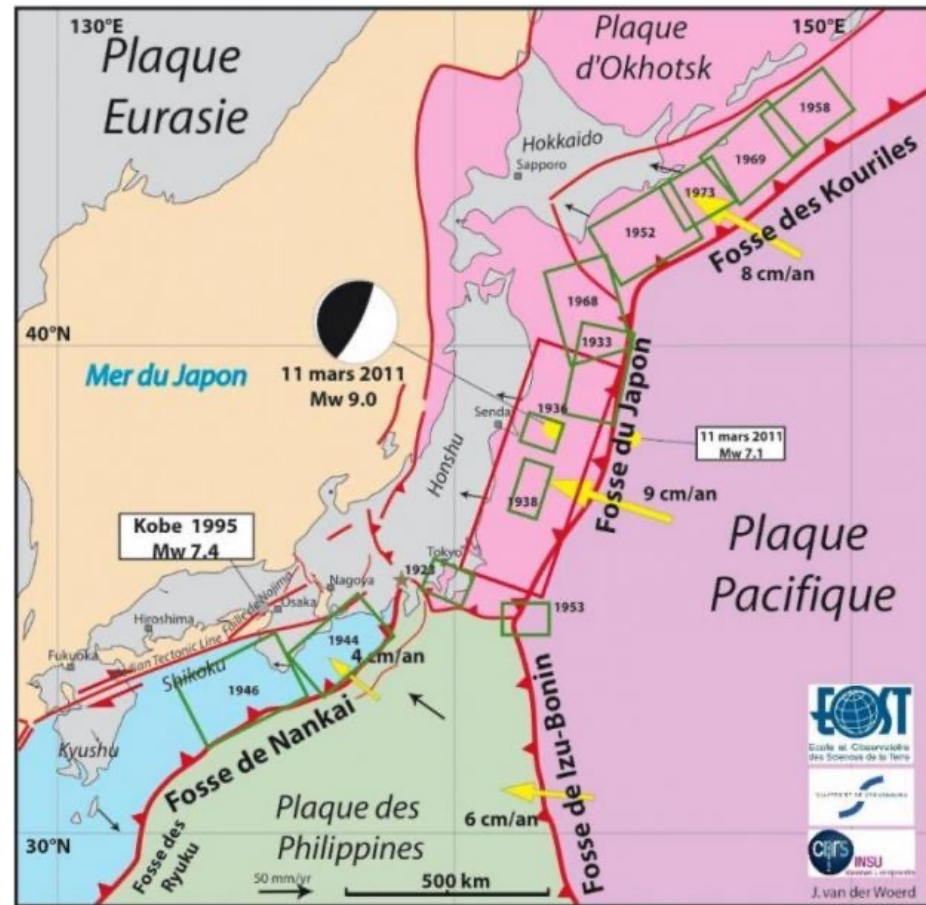
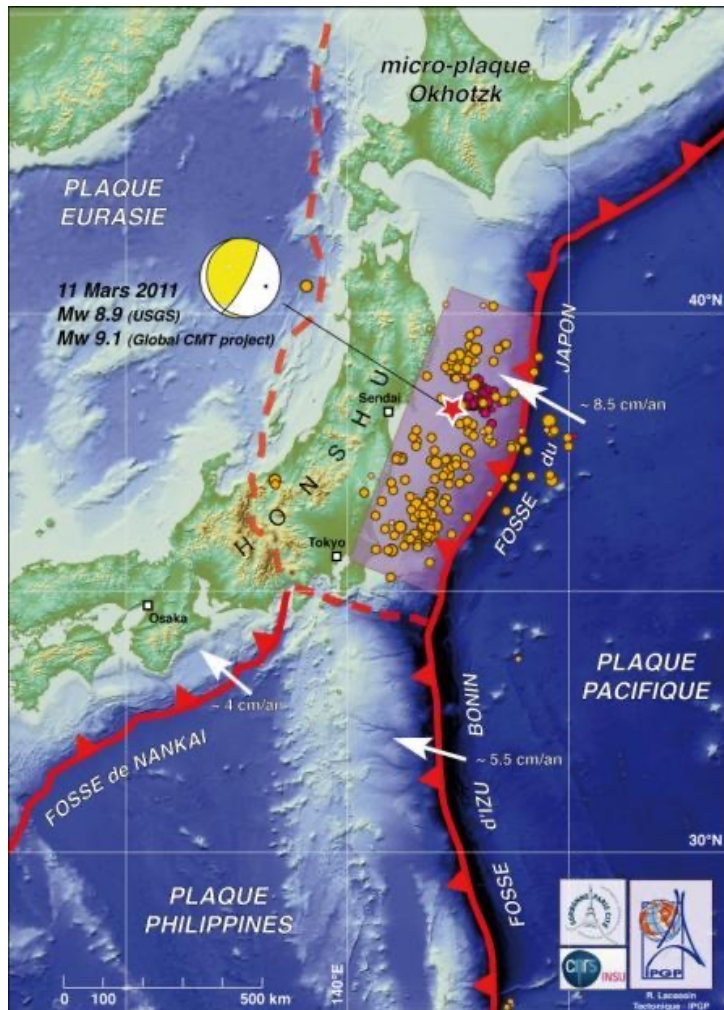


Séismes superficiels $h < 70$ km

Séismes intermédiaires $70 \text{ km} < h < 350$ km

Séismes profonds $h > 350$ km

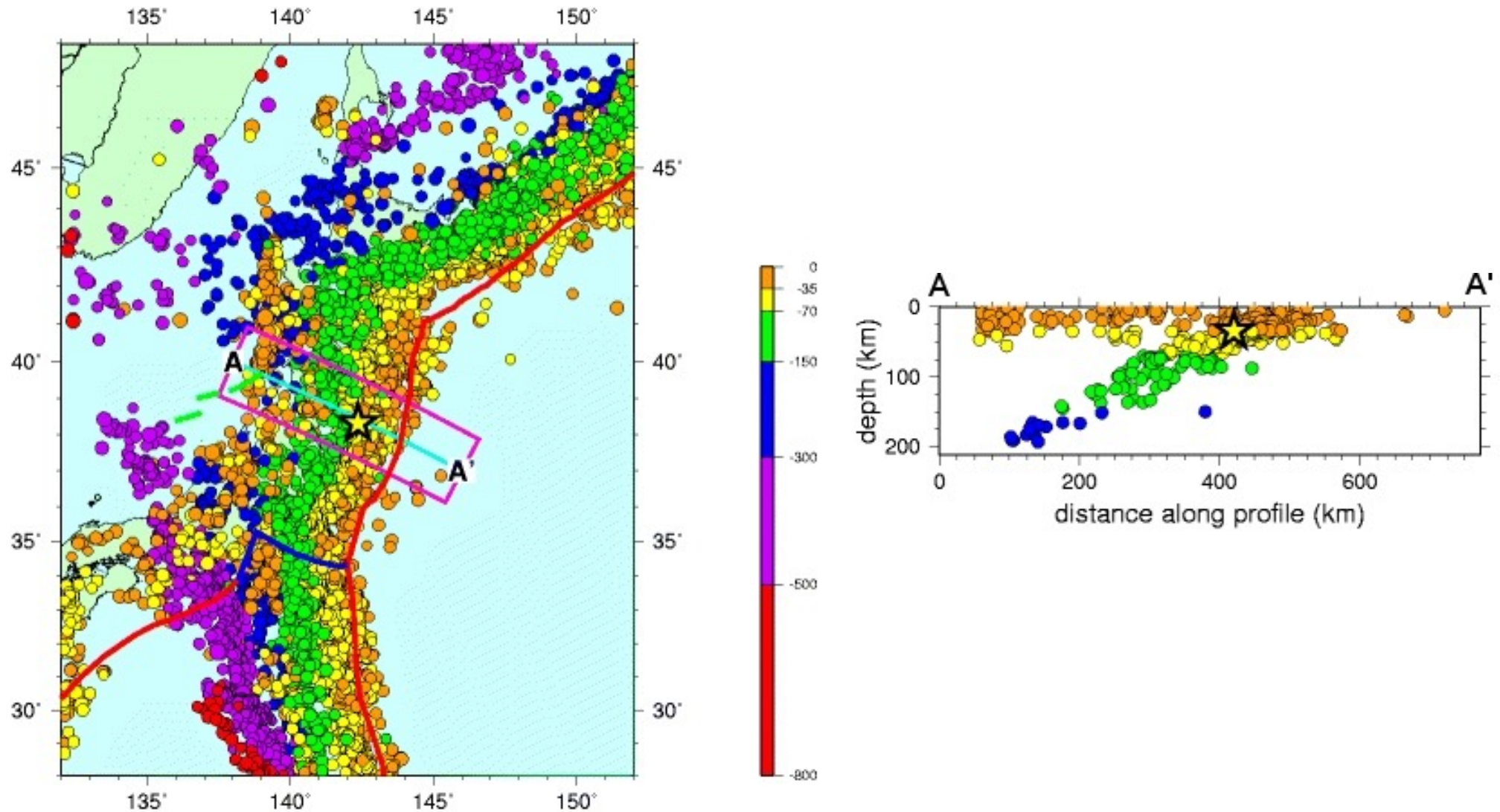
Origine d'un séisme tectonique



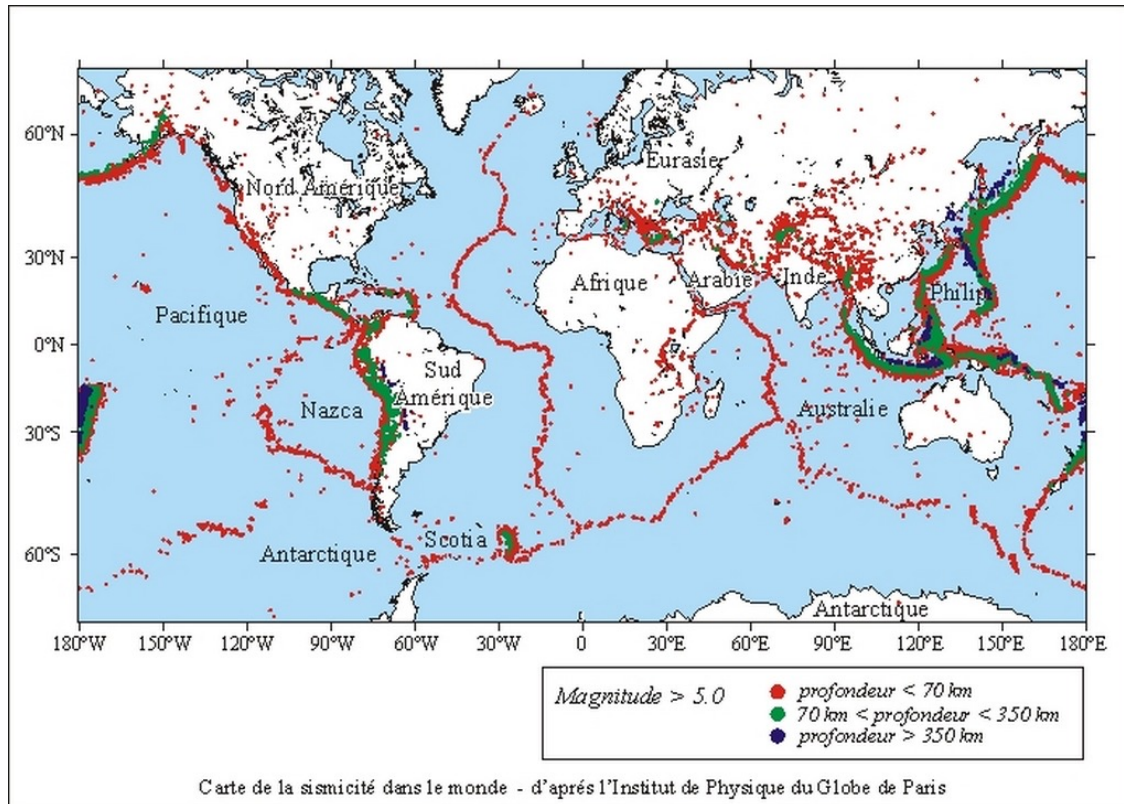
100 km à l'Est de Sendai

Durée: 2 à 3 minutes

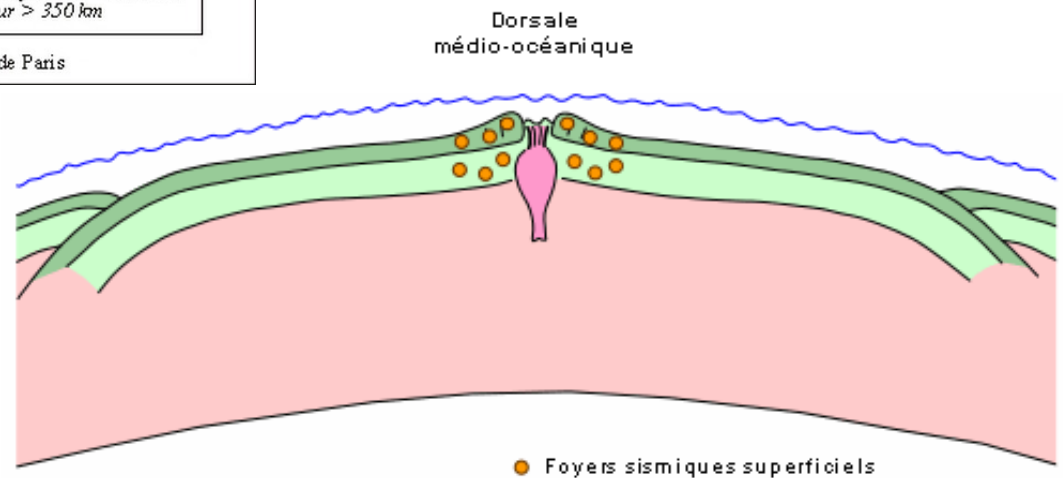
Localisation des séismes



Localisation des séismes



$h \sim \text{lithosphère}$



Localisation des séismes

Dorsales: 7,7 à 18 cm/an

Subduction: 3.7 à 5.5 cm/an



Localisation des séismes



Photographie : Pierre Thomas



1906: Séisme San Fransisco

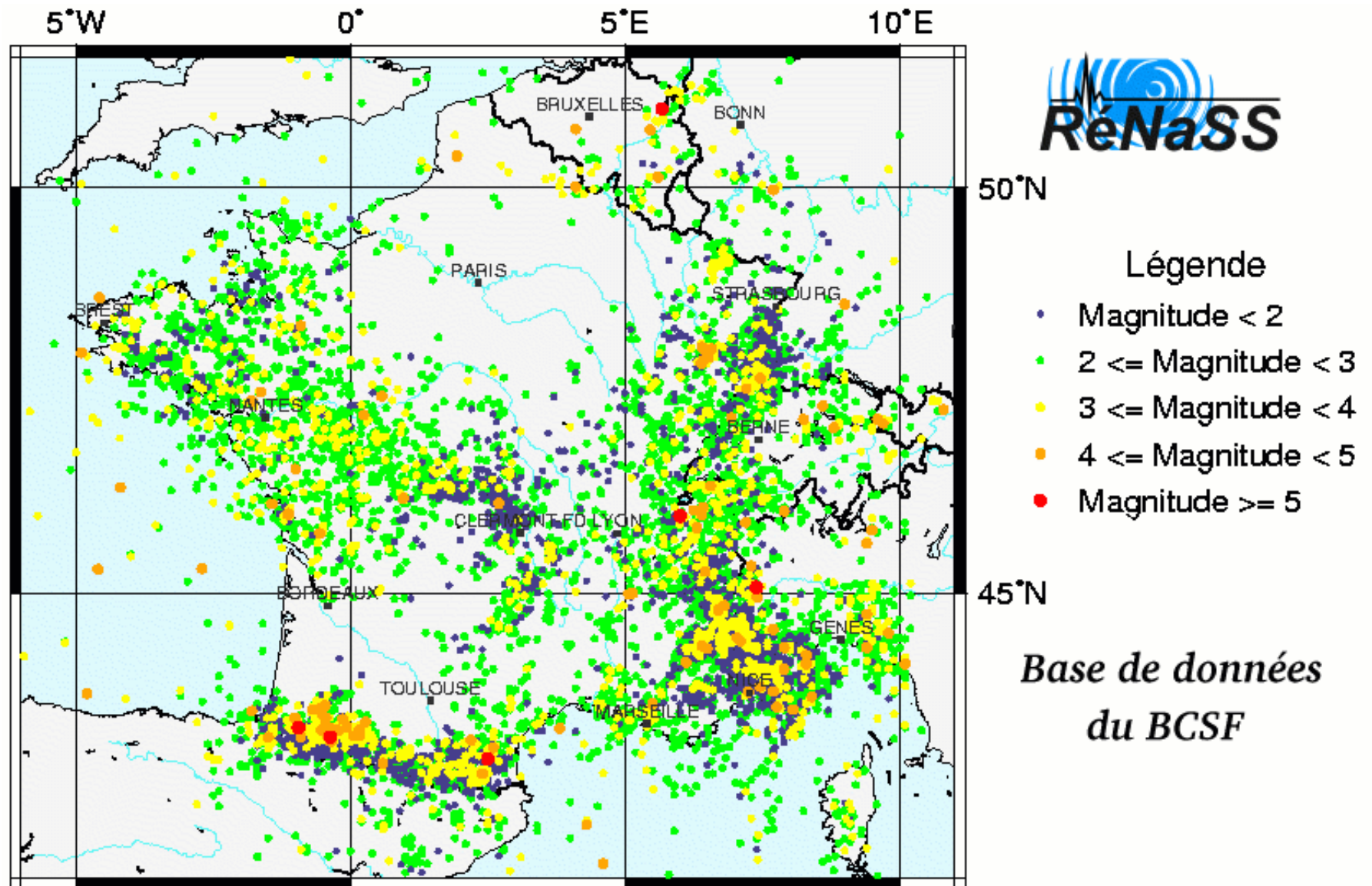
M= 8.2

80% ville détruite

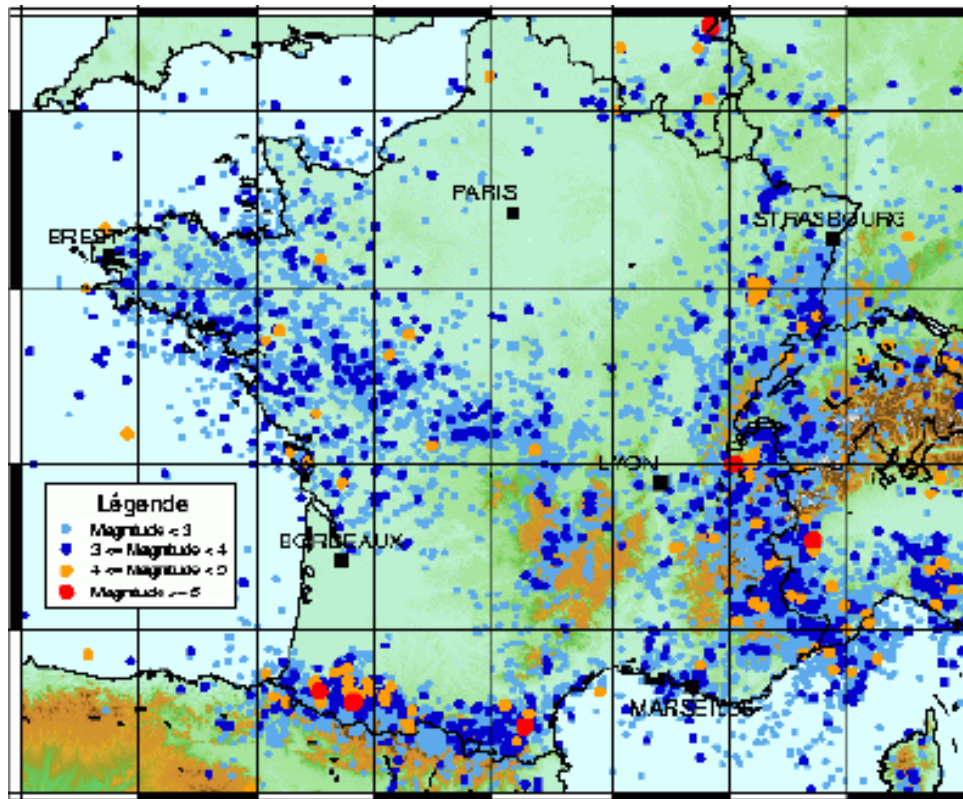
3000 morts



Localisation des séismes



Localisation des séismes



*Carte réalisée à partir des données du BCSF du
1980 à 2000*

Sismicité moyenne avec des
séismes superficiels (croûte)

-20 séismes par an $> M=3.5$

-10 séismes $M > 5$ depuis 1980

-Zones de failles ou plissements
hérités

Rapprochement lent entre la
plaque africaine et plaque
eurasienne.

Histoire

ANTIQUITE – Aristote → Pneuma

Le pneuma est produit par les rayons du soleil qui, lorsqu'il s'enfonce dans la terre et s'accumulent et produisent des séismes.

1600 - Poches de gaz (P. Cassendi)

1779 - Tonnerre souterrain (P. Bertholon de Saint-Lazare) : accumulation d'électricité dans le sol.

1755- Séismes de Lisbonne

1854 - Première carte sismique du monde (R. Mallet)

Début XXe siècle – Premières bases scientifiques

Identification des différentes ondes sismiques (Richard Dixon Oldham)

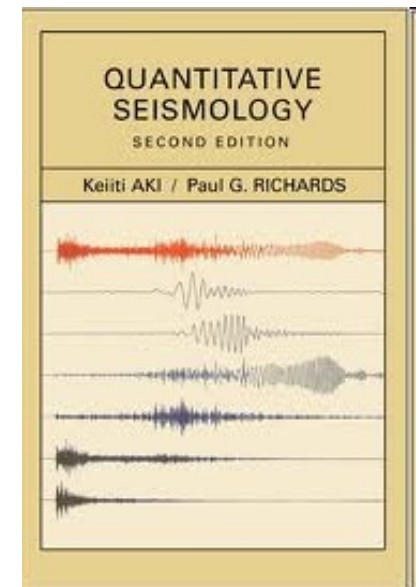
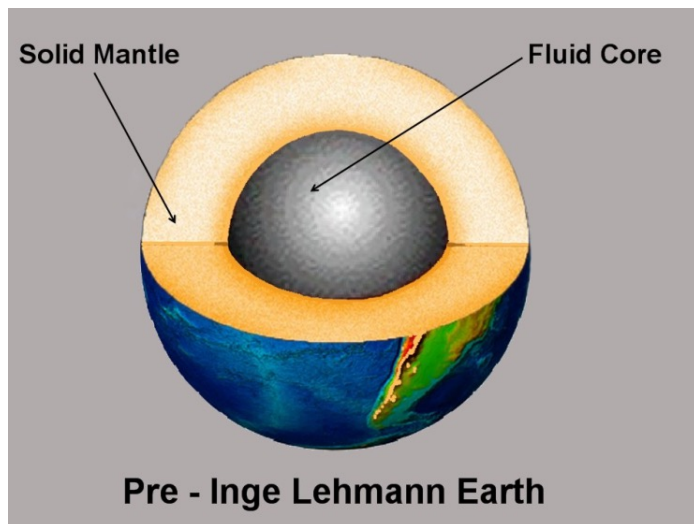
Recensement des séismes (A. Perrey)



The linked image cannot be displayed. The file may have been moved, renamed or deleted. Verify that the link points to the correct file and location.

Histoire

- 1893 - Lien entre séisme et faille est mis en évidence par Bunjiro Koto
- 1902 - Echelle d'intensité par Guiseppe Mercalli
- 1906 - Noyau de la Terre liquide par Richard Dixon Oldham
- 1909 – Discontinuité sismique à la base de la croûte terrestre par Mohorovicic
- 1935 – Echelle fondée sur la magnitude par Charles Francis Richter
- 1936 – Graine solide dans le noyau par Inge Lehmann
- 1966 – Moment sismique par Keiiti Aki
- 1977 - Magnitude basée sur le moment sismique par Hirro Kanamori



Histoire

- Connaissance avant 1900
sans sismologie
- Connaissance vers 1935
Temps de trajet
- Connaissance vers 1985
Analyse des sismogrammes

