



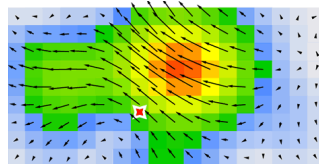
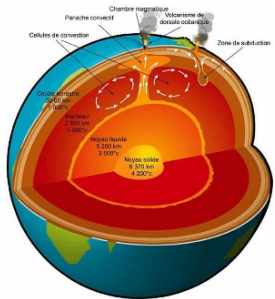
Plan Académique Formation 13 Mars 2018

Françoise Courboulex



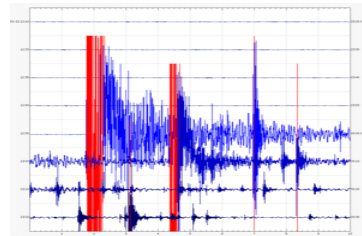
Formation EduMed Obs





SOURCE

Vibrations du sol



MODE DE PROPAGATION
ONDES S

**Propagation
des ondes et
atténuation**



Effets de site



**Vulnérabilité
des bâtiments**

**Vulnérabilité
des sociétés**



Dégâts

Qu'est ce qu'un séisme ?

C'est le sol qui bouge ...

C'est une grande faille qui s'ouvre et on tombe dedans ...

C'est ... une malédiction



Vidéo Séisme d'Amatrice Italie

<https://www.youtube.com/watch?v=xya1NzBdPal>



Comment les expliquer ?



Namazu

Comment les expliquer ?

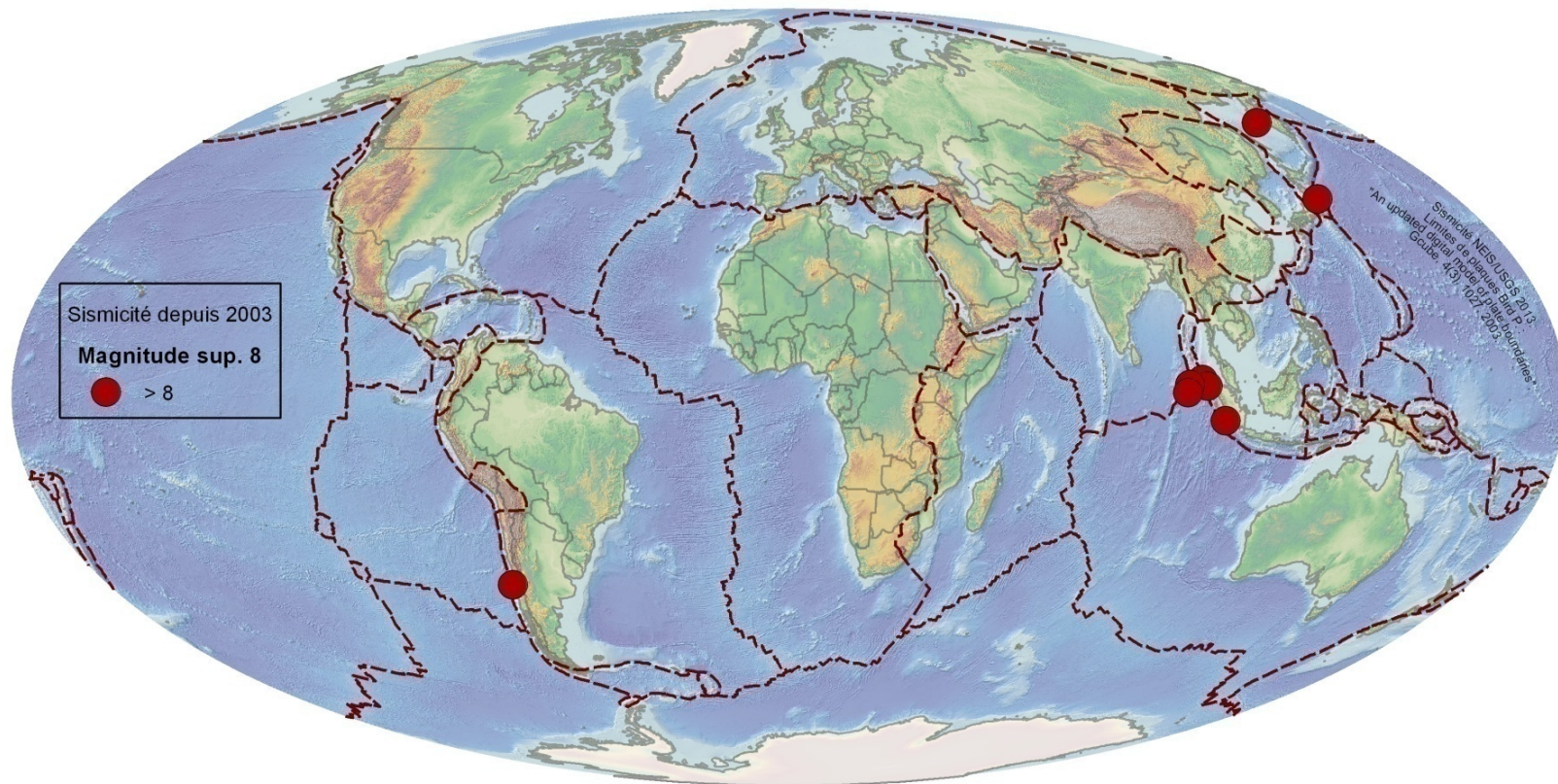


Namazu



Barbicha

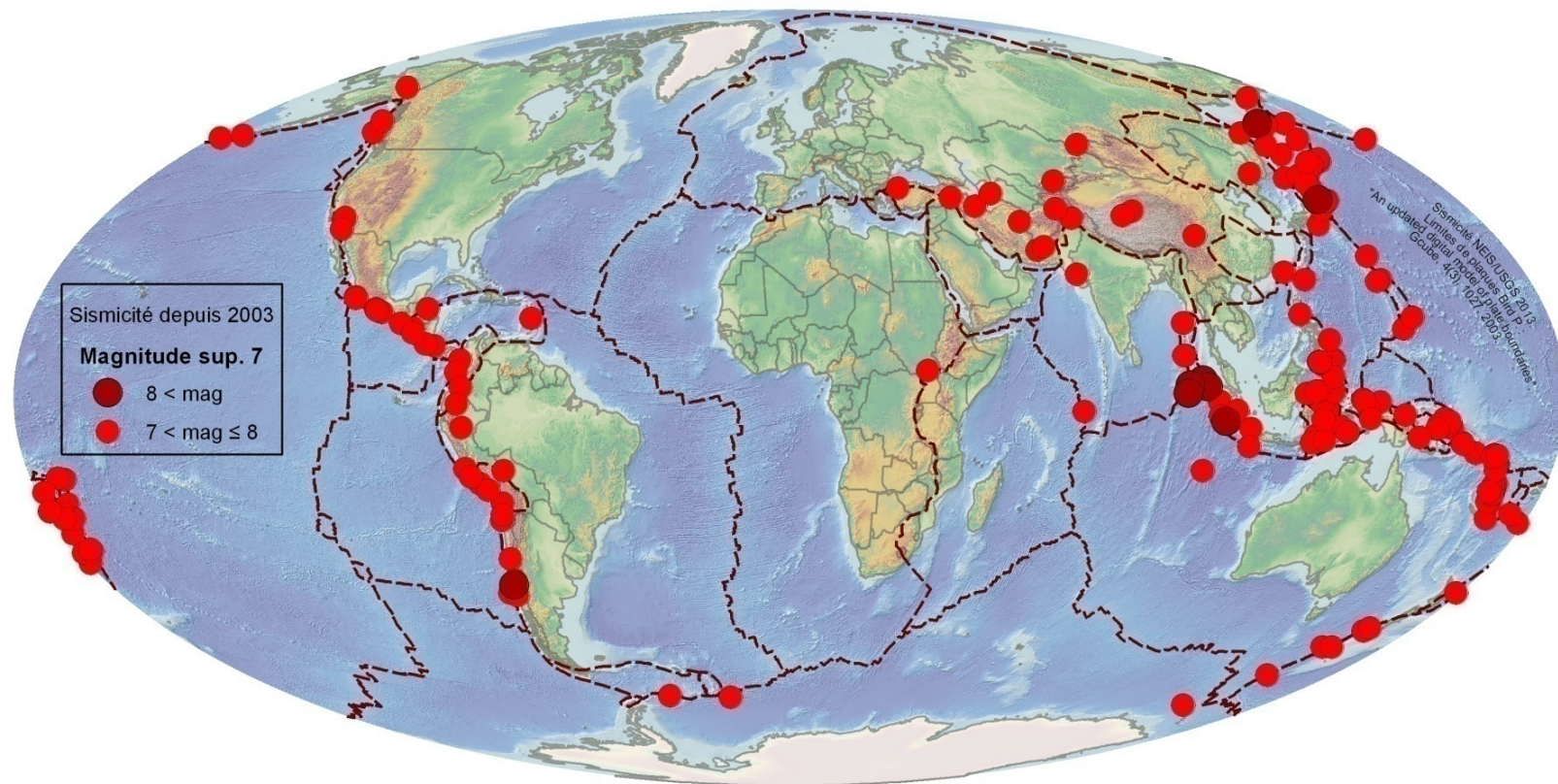
Où ?

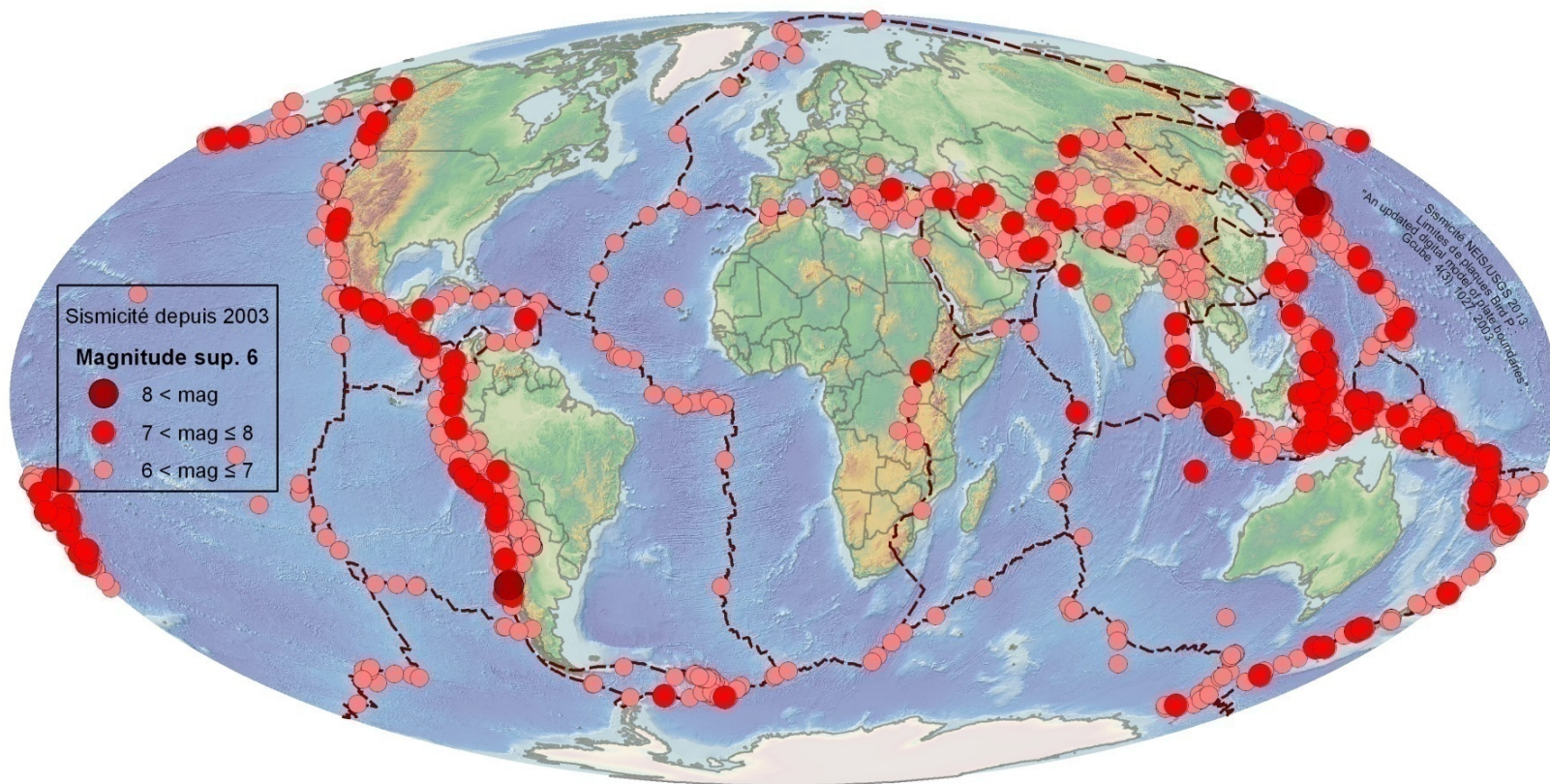


Depuis 2003 séismes $M > 8$

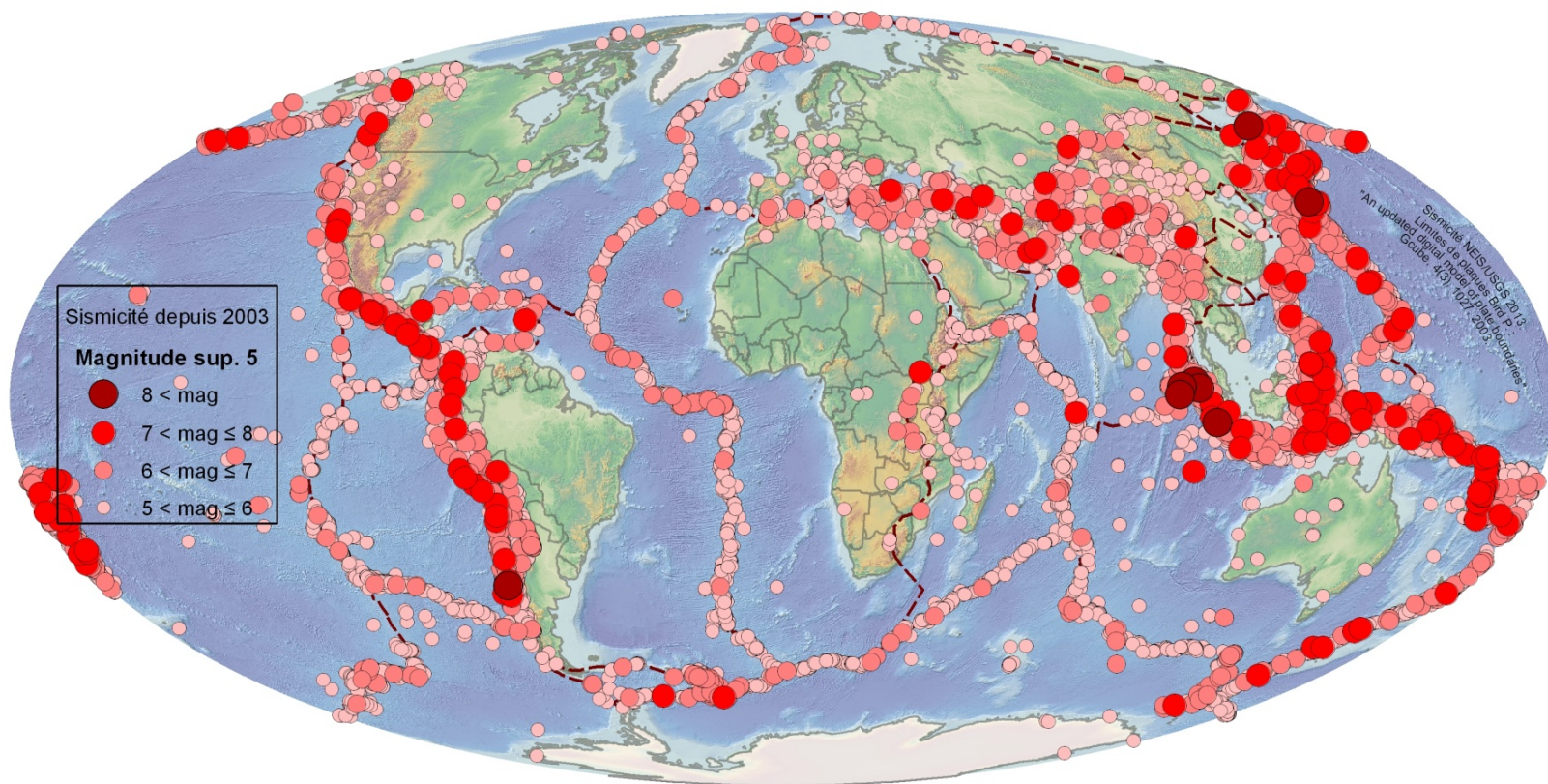
Les très GROS

Figures Jenny Trévisan





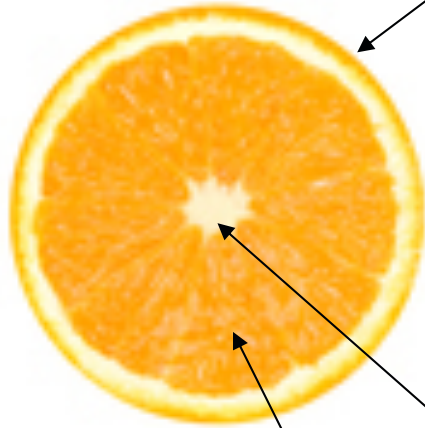
$M > 6$



$M > 5$

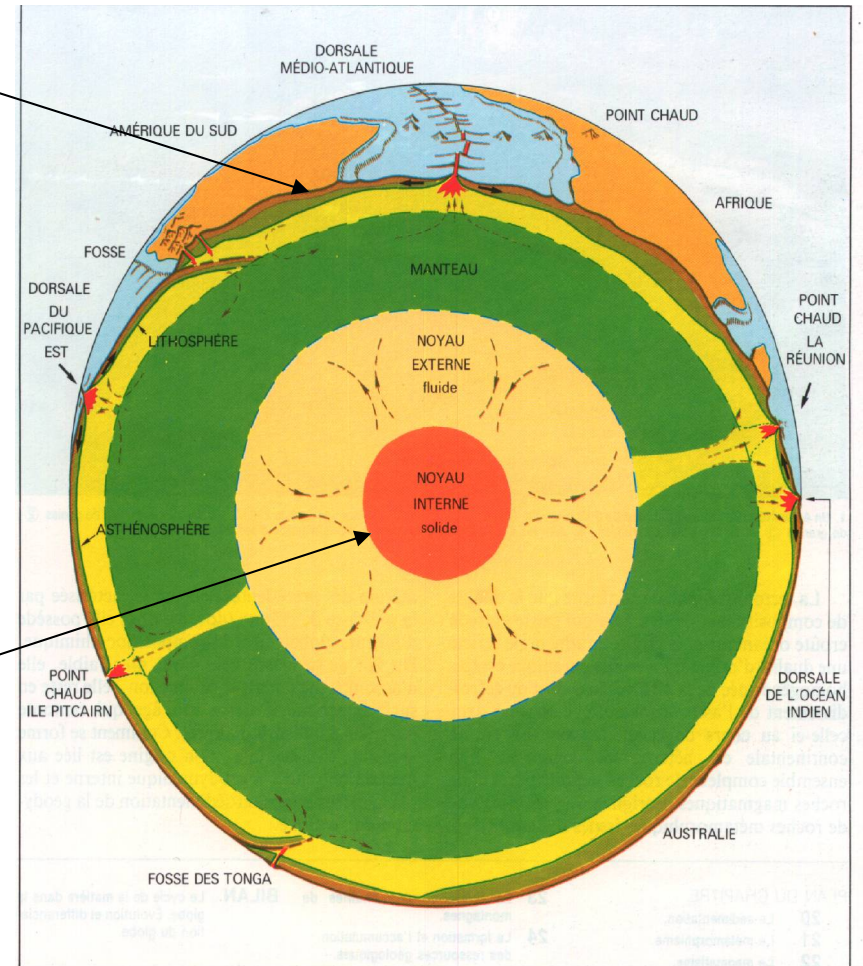
Pourquoi?

Lithosphère :
croute +
manteau sup



Manteau

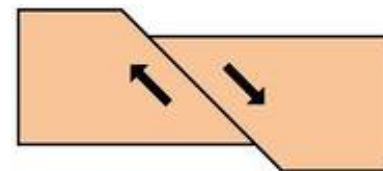
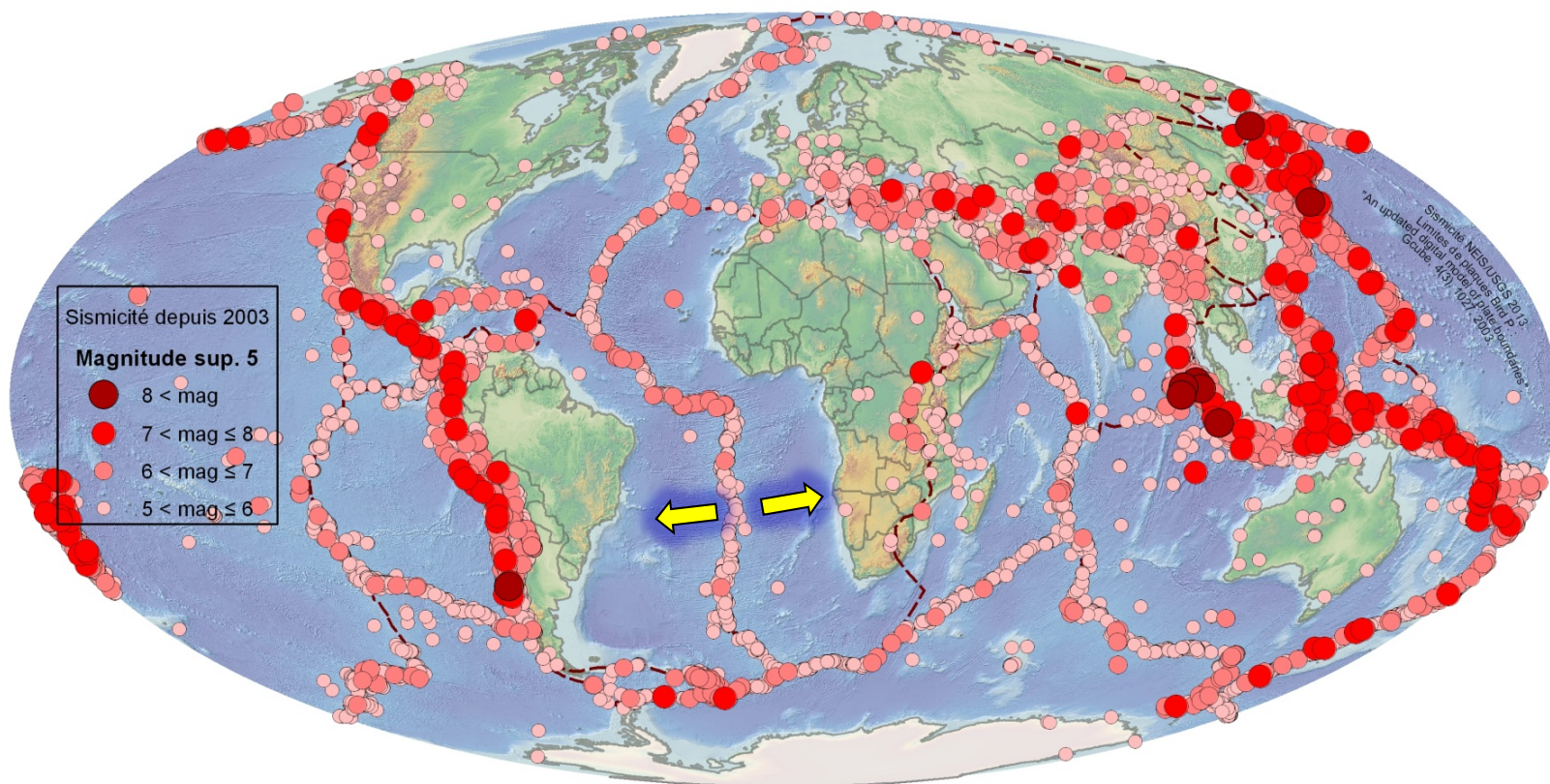
Noyau



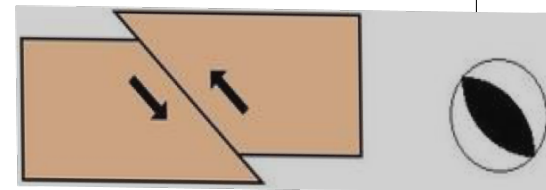
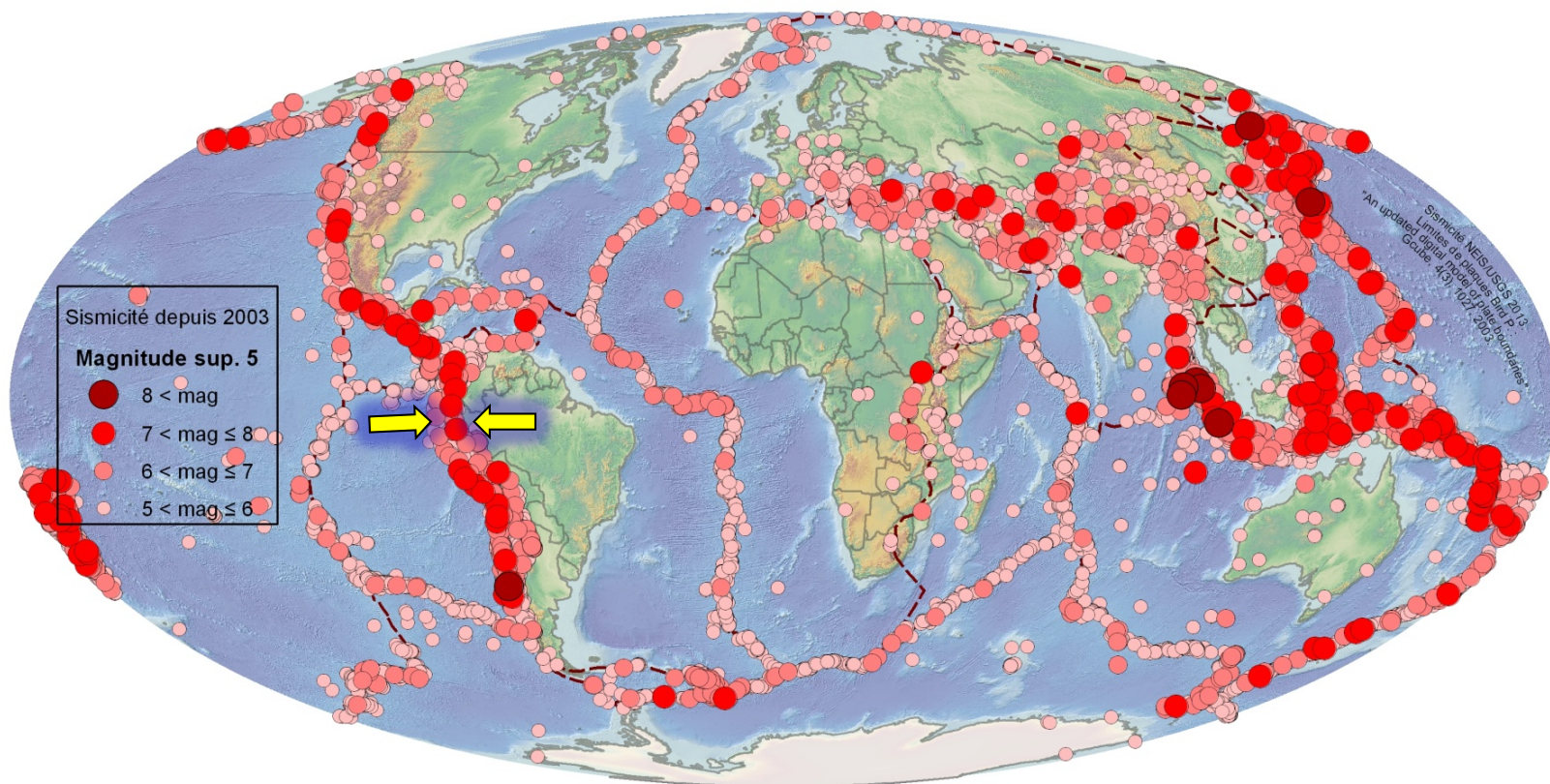
→ Une enveloppe externe **qui bouge doucement** (15cm par an au maximum)

→ Et parfois rapidement à un endroit précis (→ séisme)

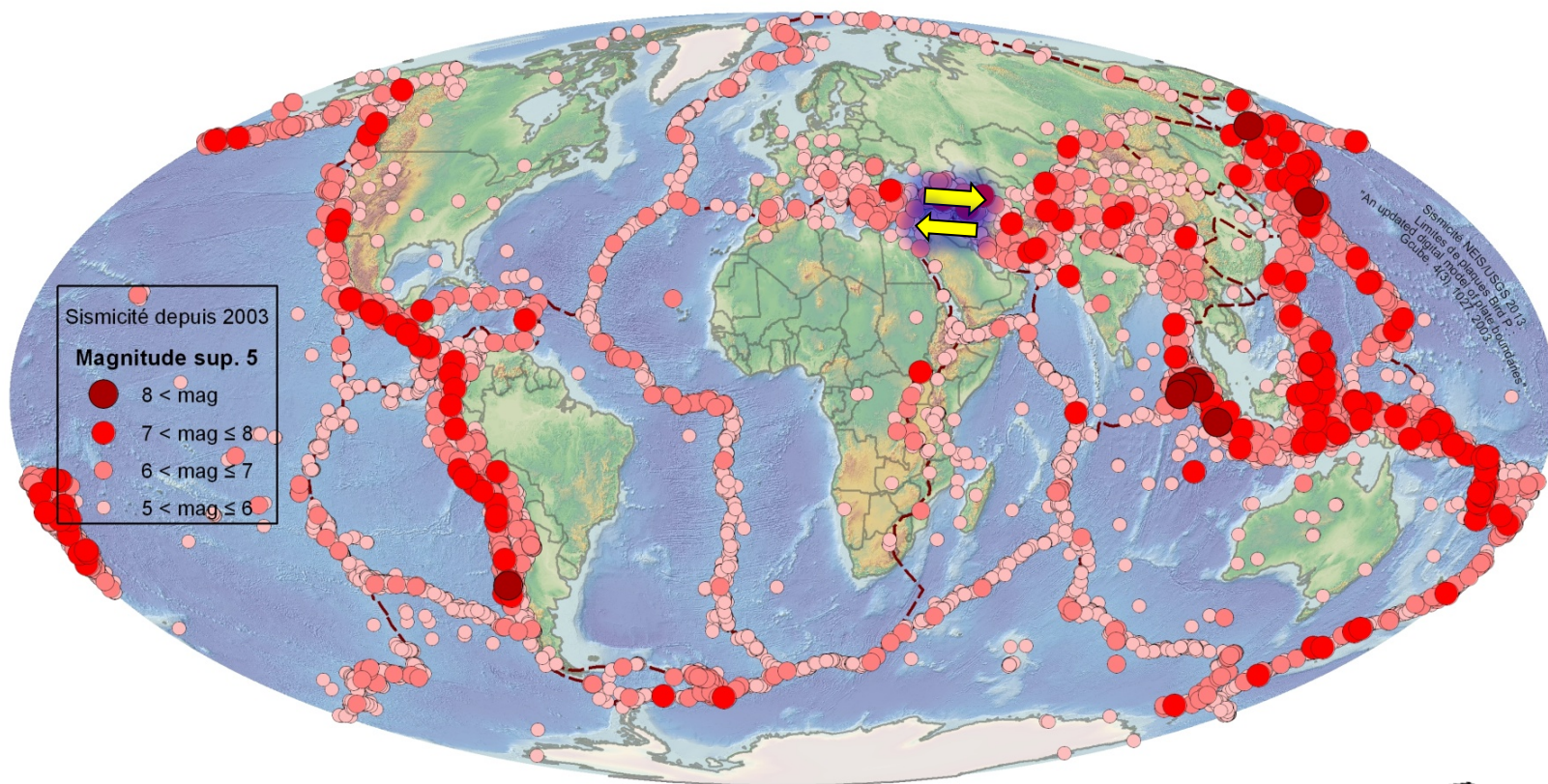
A certains endroits ... ça s'écarte

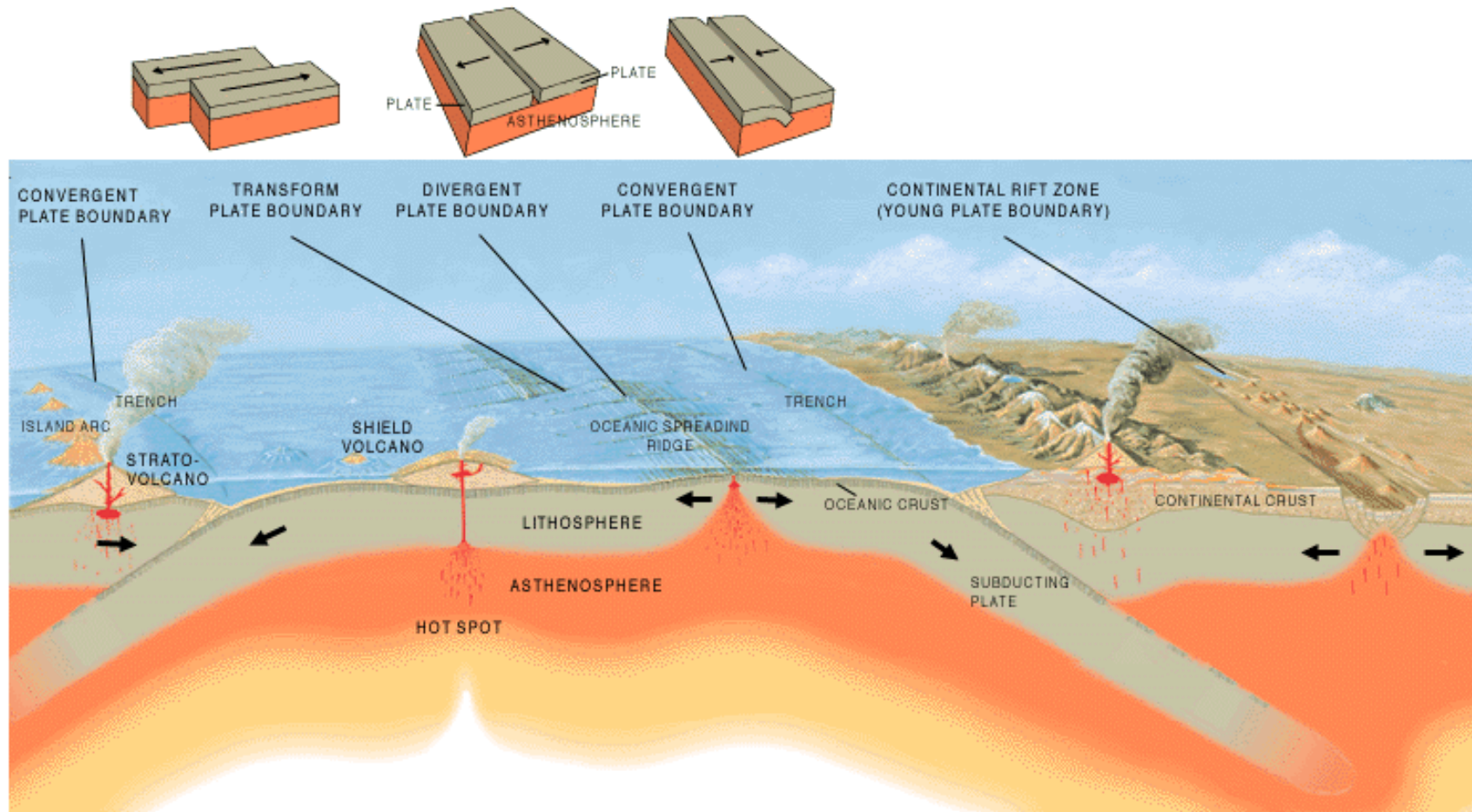


A certains endroits ... les plaques se rapprochent et se chevauchent



A certains endroits ... les failles coulissent horizontalement





→ Les contraintes s'accumulent surtout au niveau des limites de plaques mais pas seulement

*Mais le mot séisme ne veut pas dire
la même chose pour tous ...*

1. Pour les humains “normaux” (et en général les élèves)

= destructions, victimes , dégâts ...

Séisme d'Haïti (2010), M=7.1



*200 000 victimes
Economie KO*



4 ans apres



Notion de résilience

Kobe
(Japan)
1995

*Dégâts
considérables
et inattendus
:La bourse
mondiale chute*



Tohoku Japon (2011), M=9



*La majorité des dégâts sont causées par un effet induit par le séisme :
Le tsunami*

Italie (2016)

Progressive
destruction of
downtown
Amatrice

A. before the



B. after the
August 24
event



*Gali et
al,
(2017)*













SISMA DEL 6 APRILE 2009

L'AQUILA

RINGRAZIA LE FORZE ARMATE
PER LA PASSIONE E L'ABNEGAZIONE
PROFUSE NEL SOSTEGNO ALLA POPOLAZIONE

L'AQUILA, 7 NOVEMBRE 2010



Pour la société les séismes existent uniquement s'ils sont ressentis et s'ils causent :

- peur*
- dégâts aux constructions (par la vibration elle même ou les effets induits)*
- pertes humaines*
- Perturbations économiques, sanitaires*

→ On évalue les effets des séismes à l'aide d'échelles de dommages et d'intensité macrosismiques

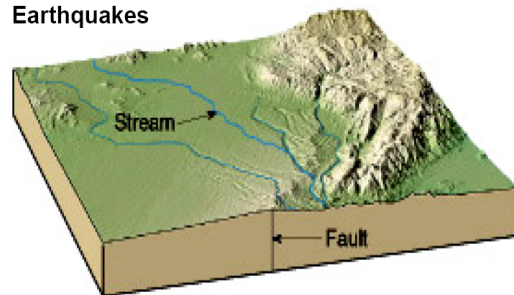
2. Les séismes vus sur la terre par les géologues

→ Failles actives

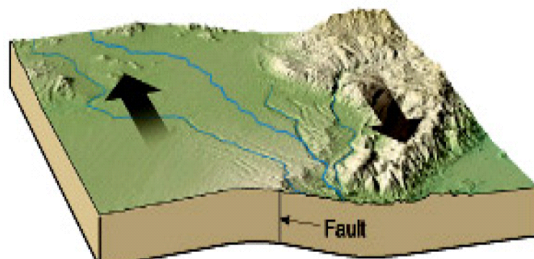




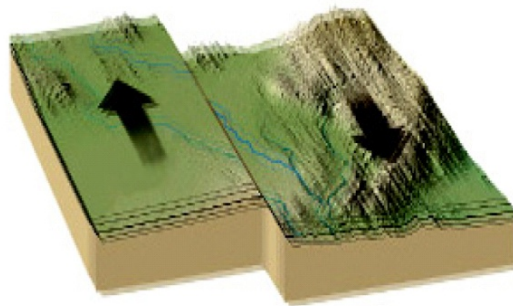
Earthquakes



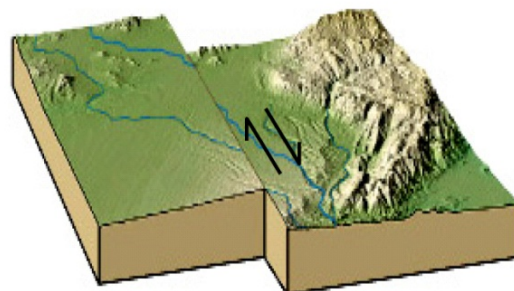
A. Original Position



B. Build up of Strain



C. Slippage



D. Strain Released





Darfield, new Zealand 2011

Escarpement de faille crée lors du séisme de Norcia (nov 2016, M 6.5) en ~1 seconde



Equipe "Séismes" de Géoazur (sept 2017)

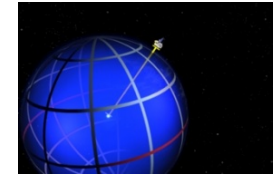






Les séismes sont “considérés” par les géologues surtout quand la faille qui les a créés se voit en surface ,

Il faut donc qu’ils soient assez gros



3. Les séismes vus depuis l'espace par les géodésiens

= mouvement qui peut être détecté de l'espace

Stations GPS sur la terre

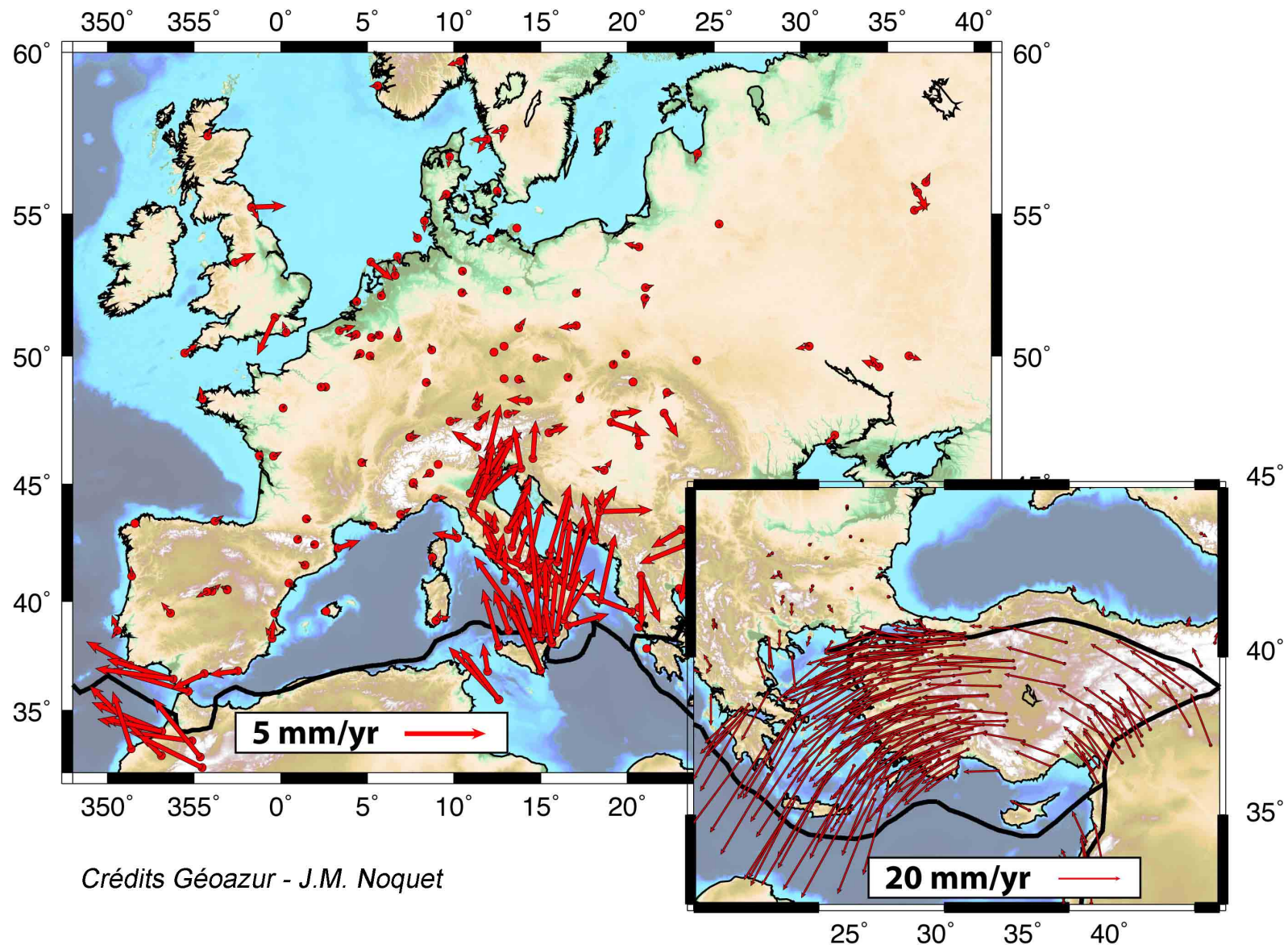


John Elliot Santorini Greece

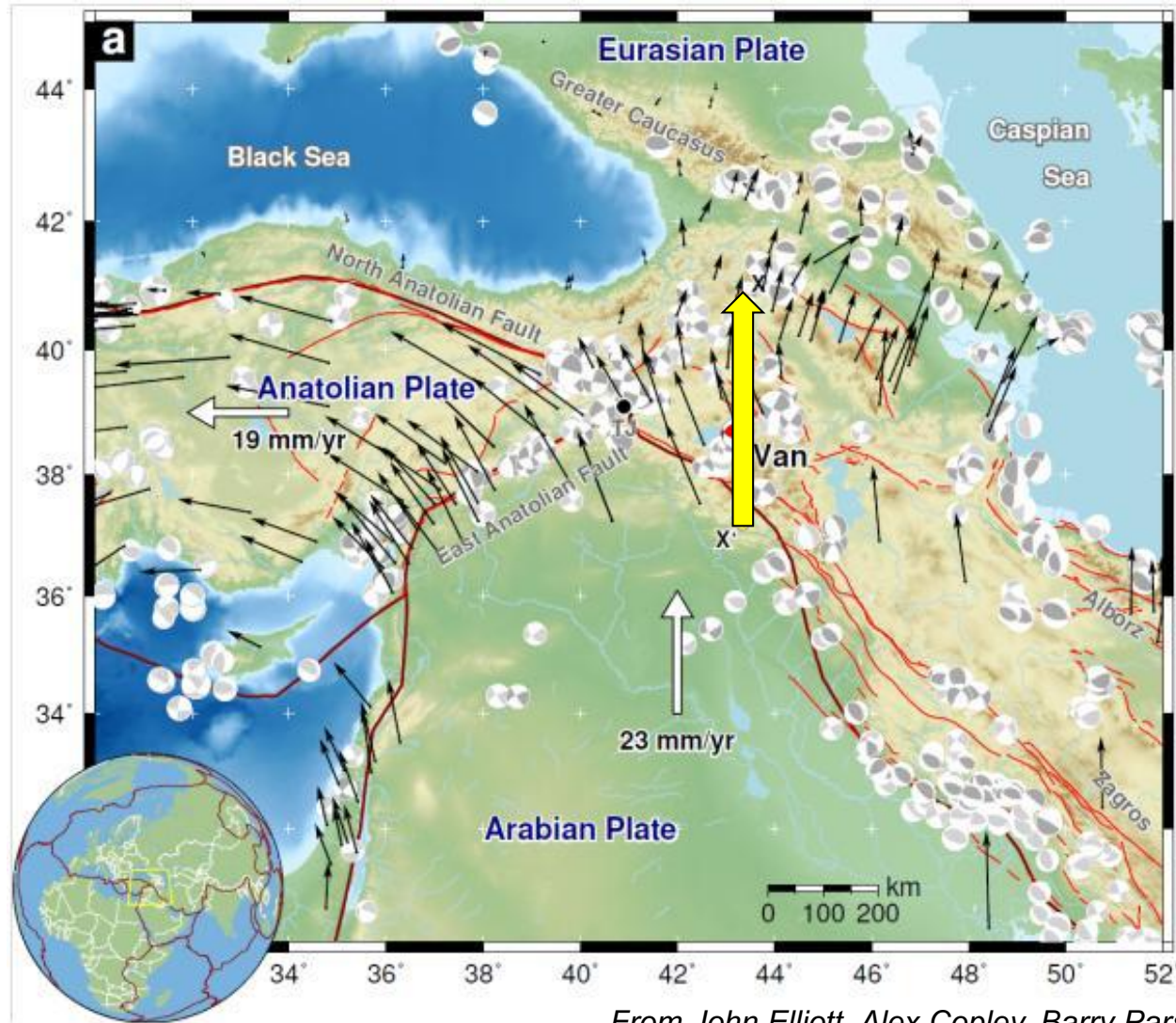
Mesures depuis des satellites



La géodésie permet de mesurer le mouvement lent des plaques tectoniques les unes par rapport aux autres

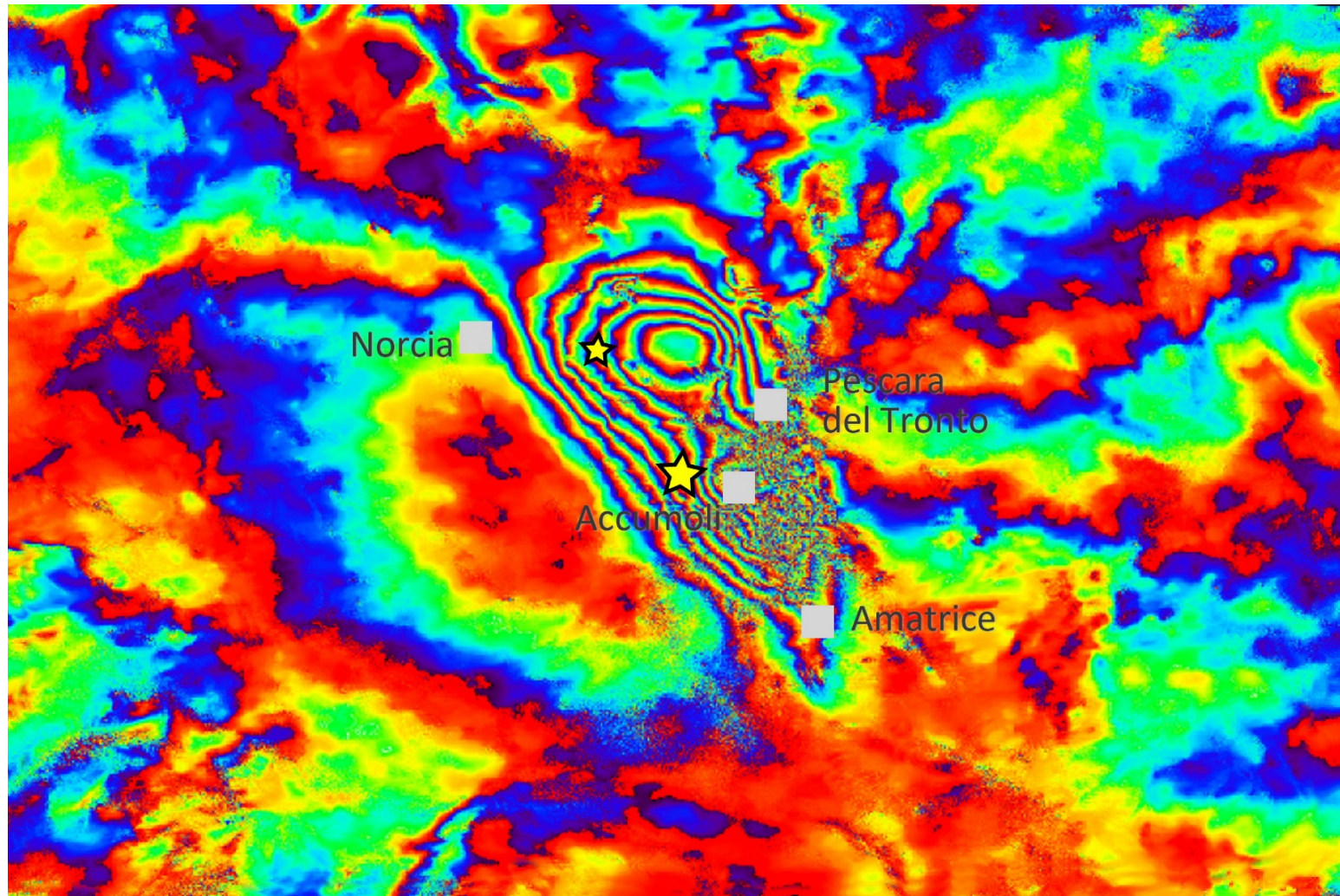


... mais aussi les mouvements rapides dus a un seul séisme



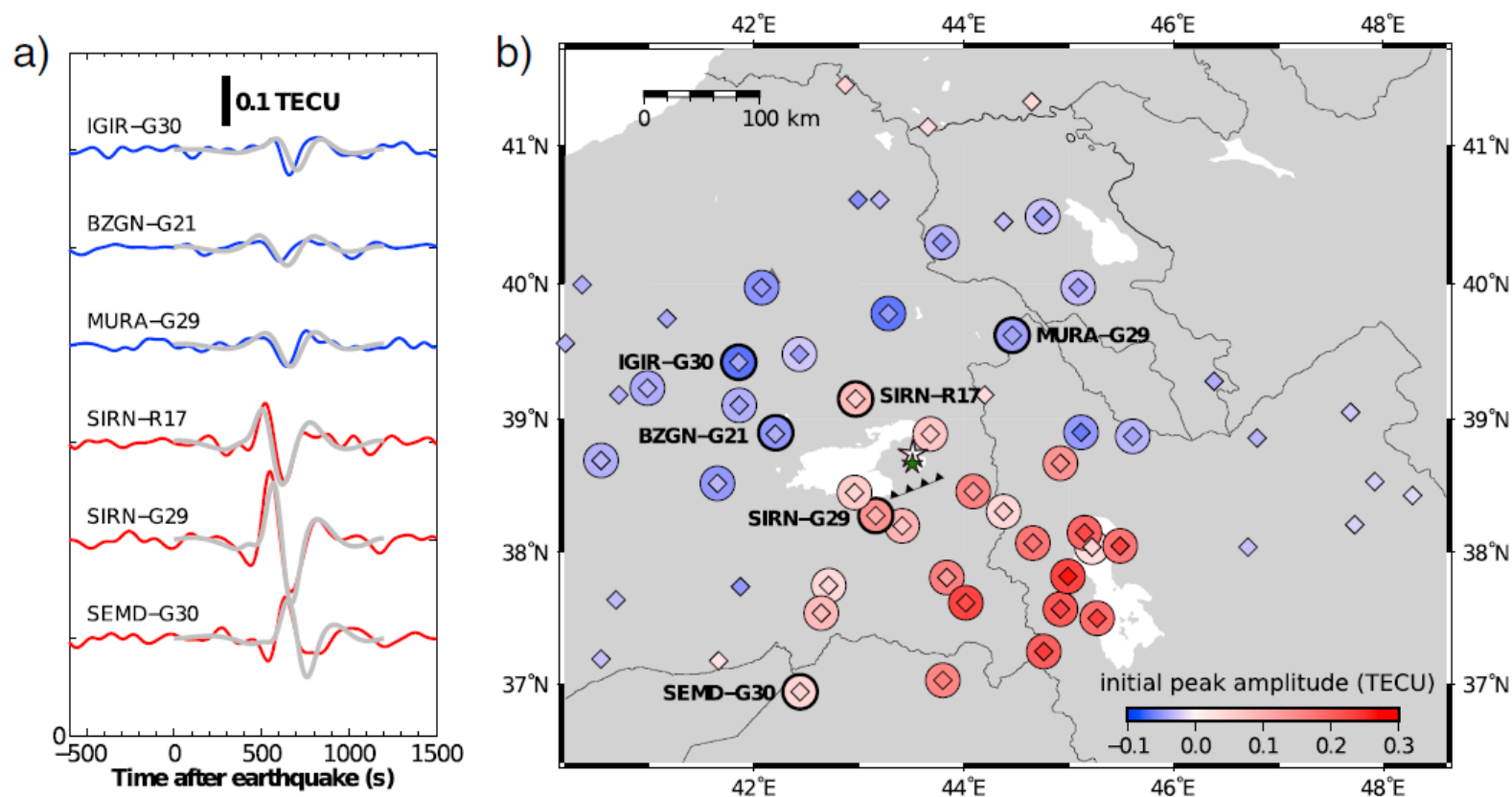
From John Elliott, Alex Copley, Barry Parsons (2013)

Interférométrie radar : sans station à terre



Séisme de Norcia, Italie oct 2016, Mw 6.5

ROLLAND ET AL.: VAN EARTHQUAKE IONOSPHERIC SIGNATURE

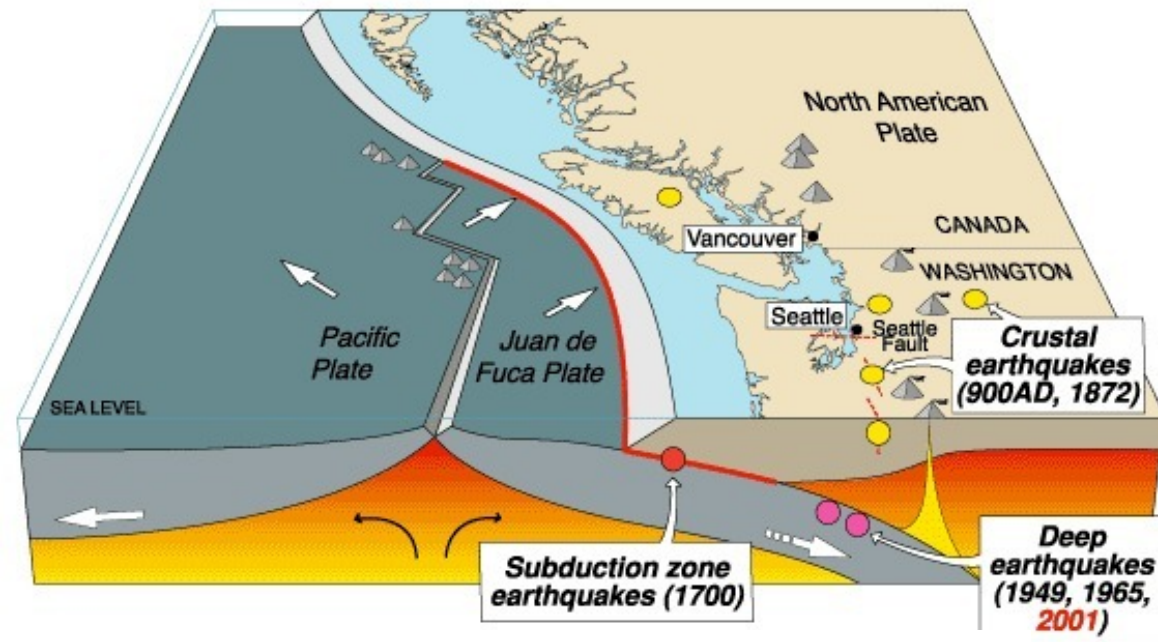


Discriminating the tectonic and non-tectonic contributions in the ionospheric signature of the 2011, M_w 7.1, dip-slip Van earthquake, Eastern Turkey, Lucie M. Rolland^{1,*}, Mathilde Vergnolle¹, Jean-Mathieu Nocquet¹, Anthony Sladen¹, Jean-Xavier Dessa¹, Farokh Tavakoli², Hamid Reza Nankali², Frédéric Cappa GRL, 2013.

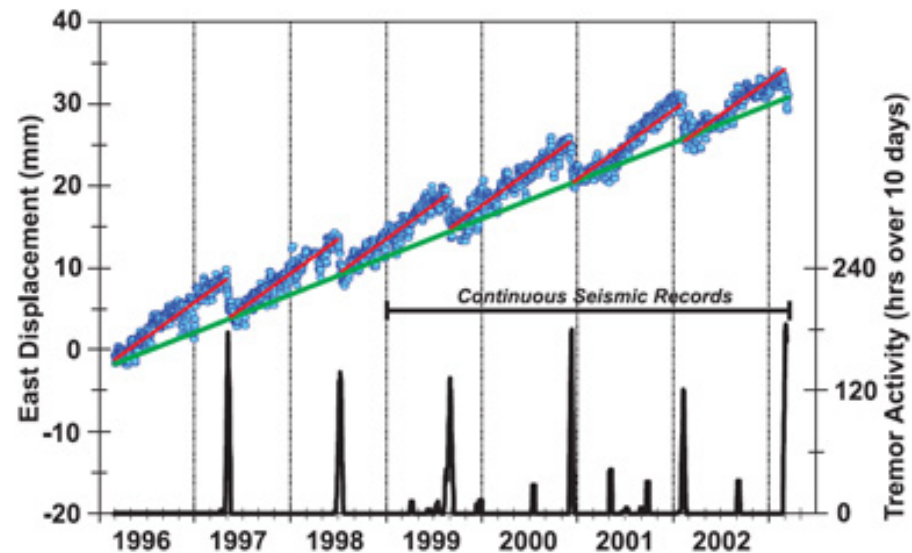
Donc les séismes ne sont vus par les géodésiens que s'ils modifient la surface suffisamment

*NOUVEAU depuis quelques années
Les géodésiens « voient » aussi des séismes lents !*

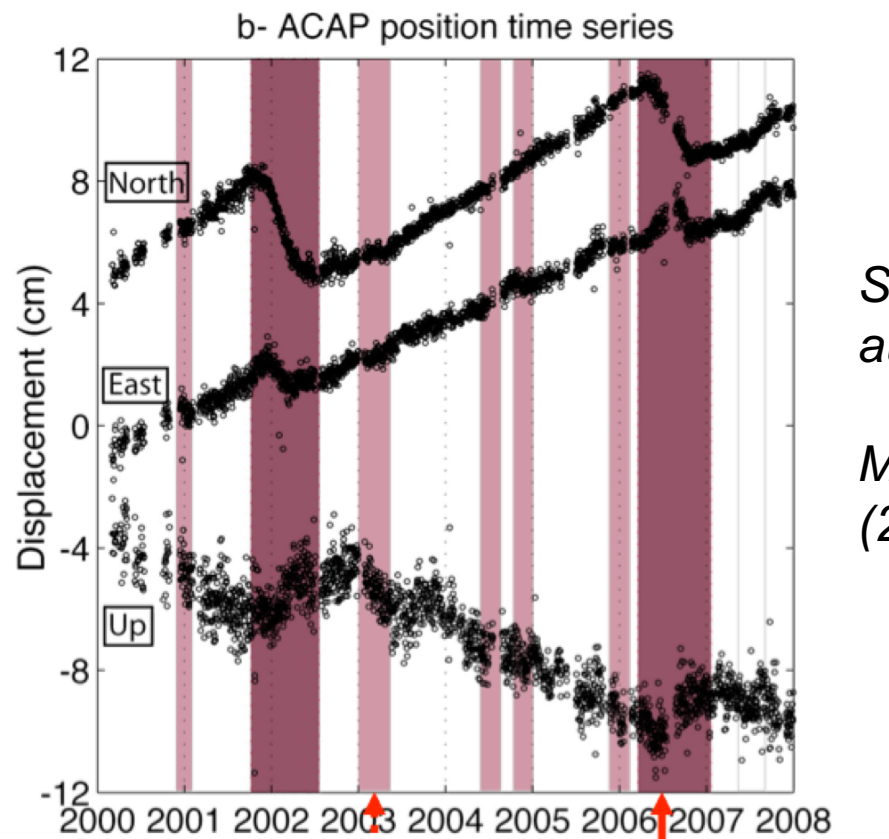
Cascadia earthquake sources



*Les séismes lents
ne sont ni détectés
par les
sismomètres ni par
les gens*

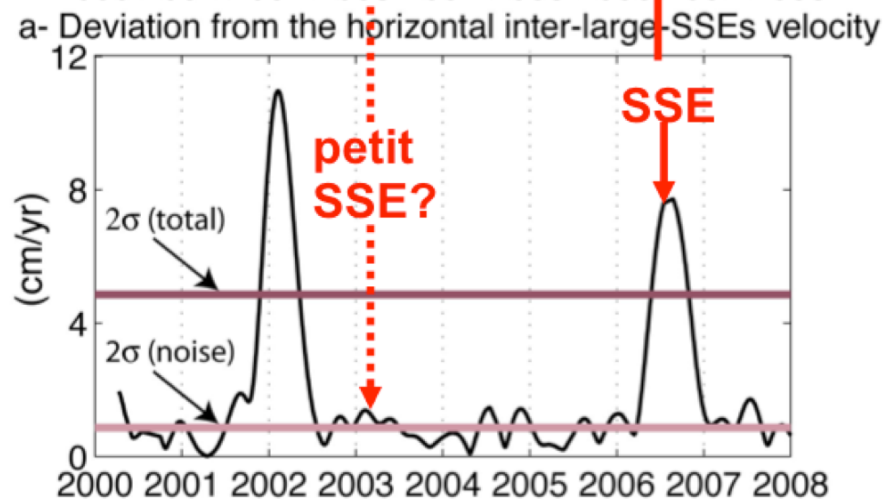


*Seuls les
geodésiens les
détectent !*

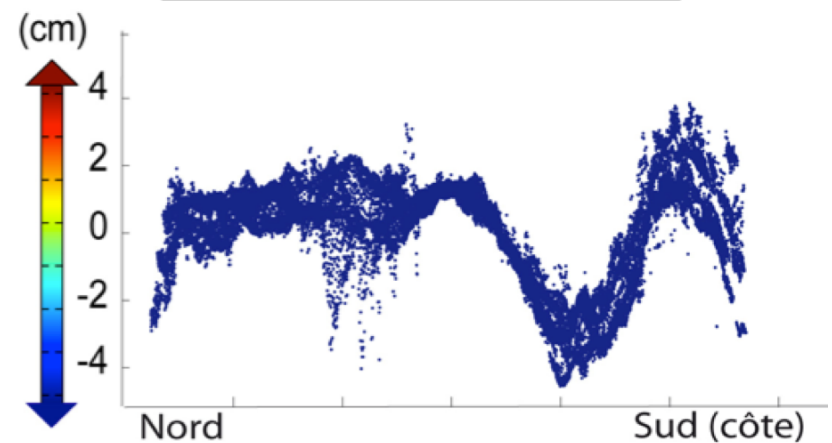
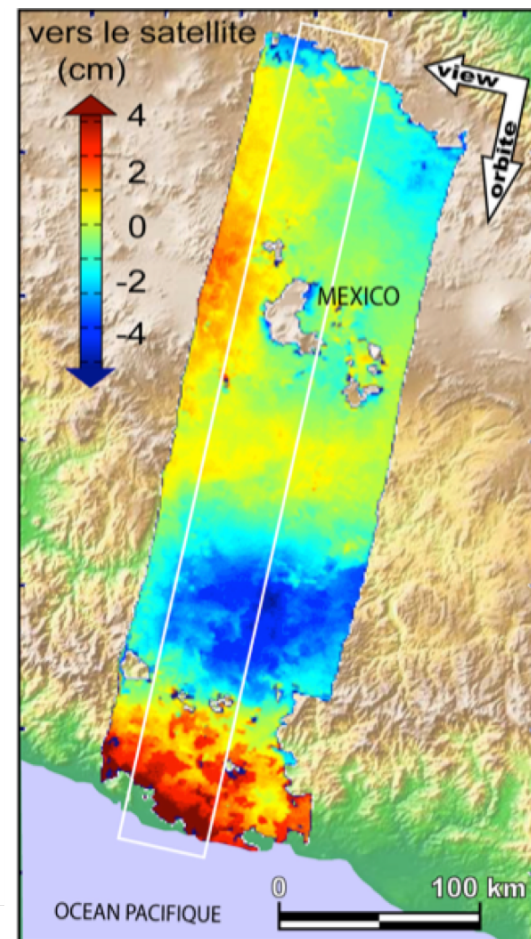


*Séisme lent
au Mexique*

$M \sim 7.5$
(2002)



*Vergnolle et al
(2010)*



Cavaillé et al (2013)

Hydrated plate interface
with high pore pressure

Aseismic
creep

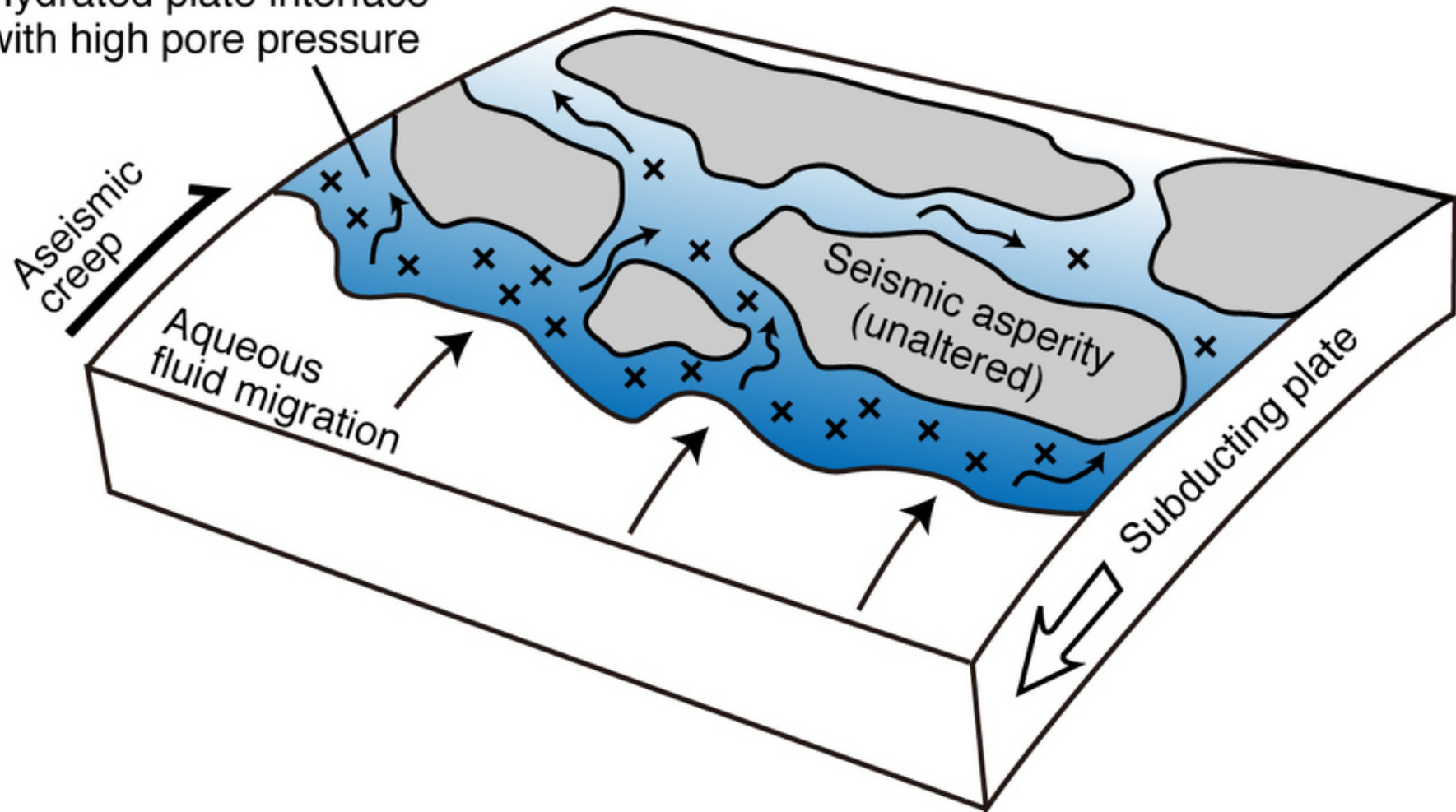
Aqueous
fluid migration

Seismic asperity
(unaltered)

Subducting plate

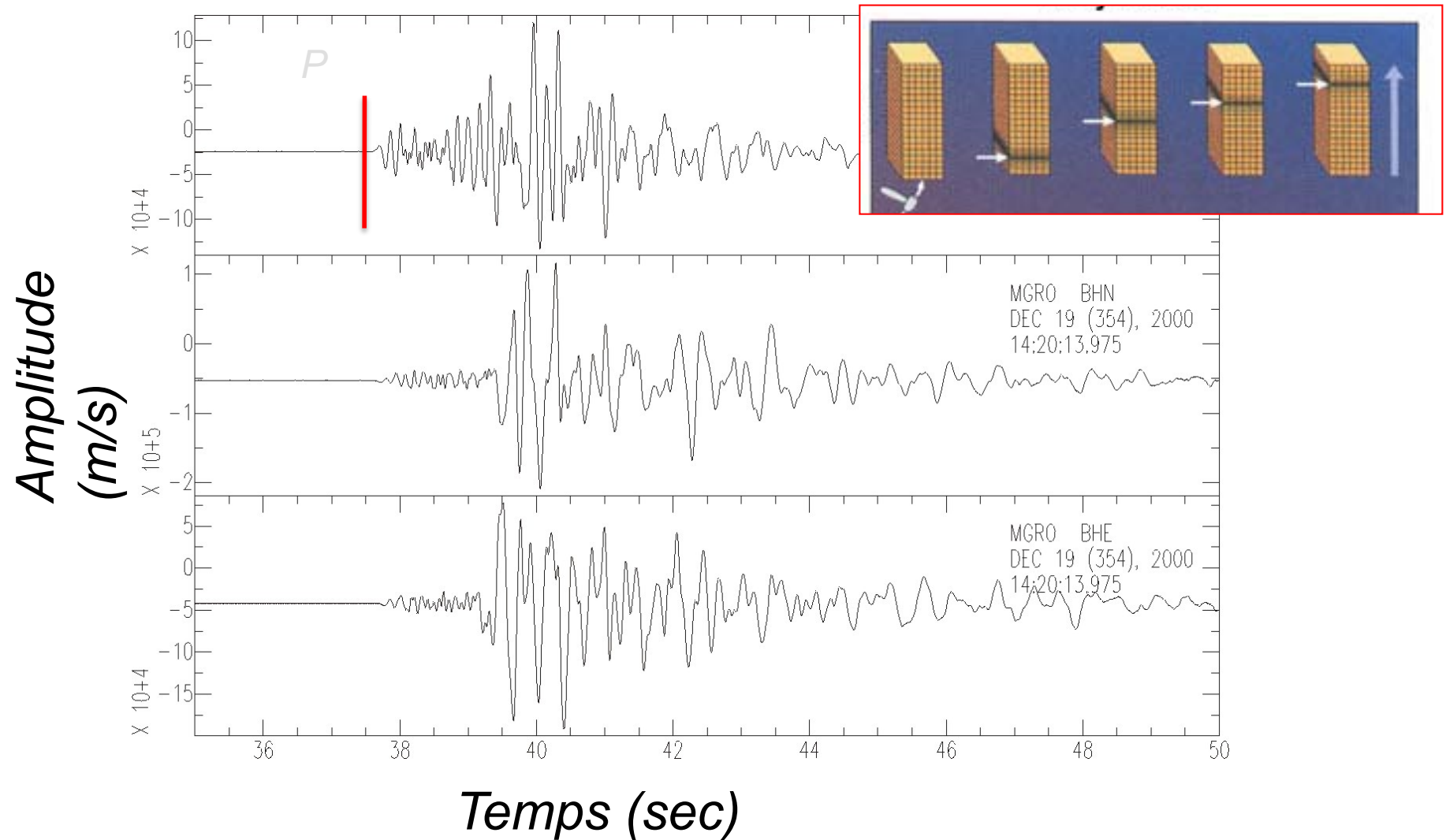
Slow earthquakes associated with fault healing on a serpentinized plate interface

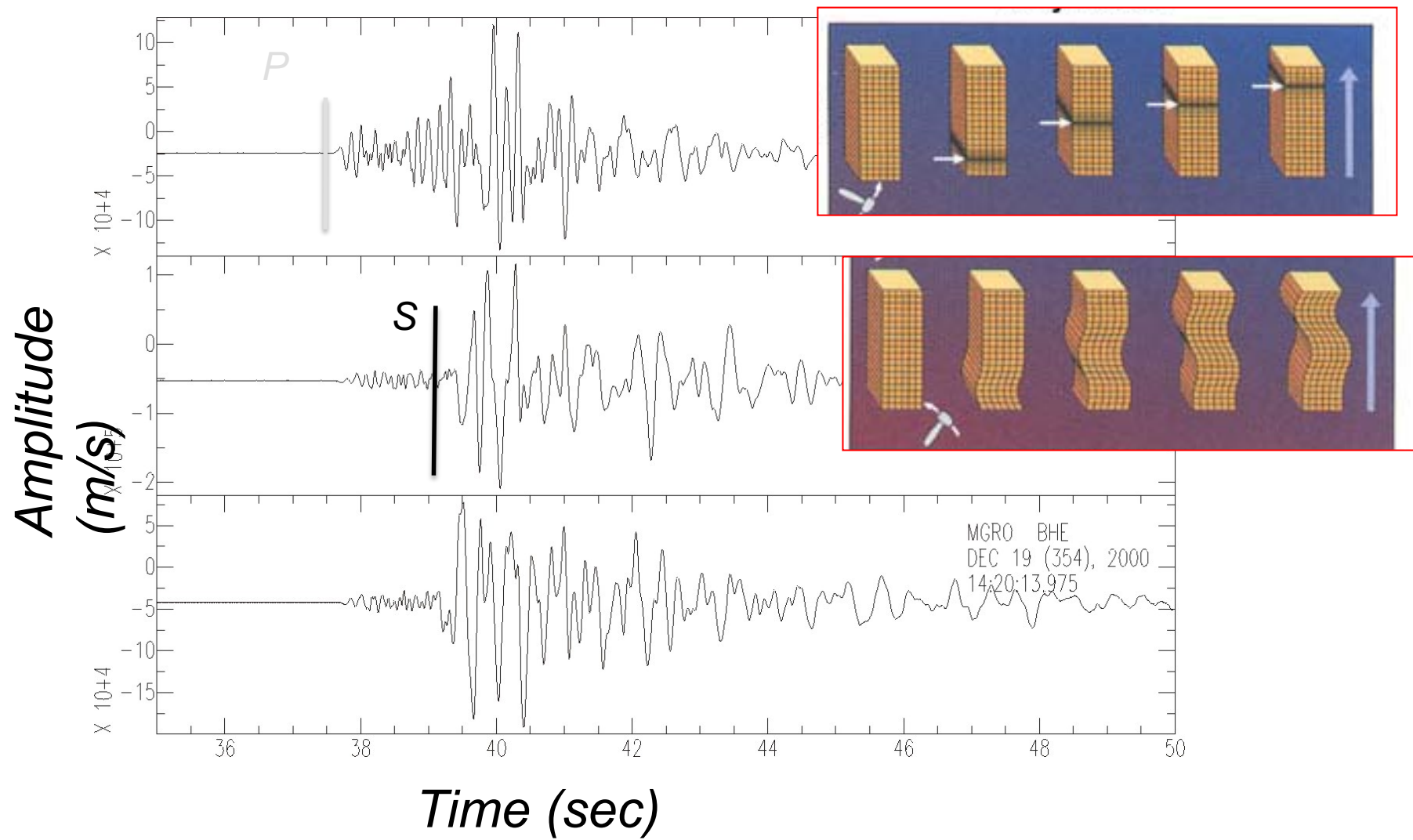
Ikuo Katayama, Mutsumi Iwata, Keishi Okazaki & Ken-ichi Hirauchi



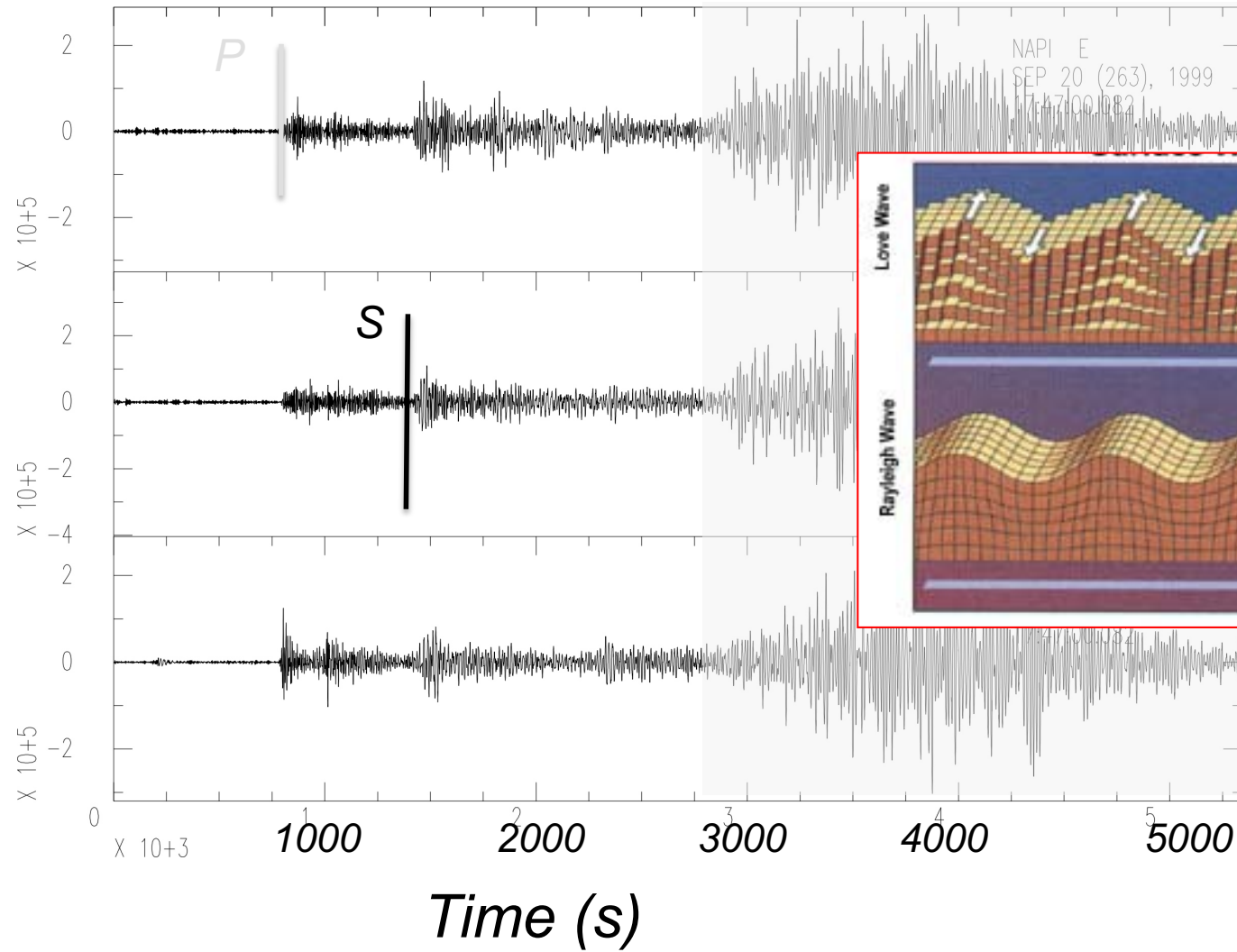
*4. Les séismes «vus» par les ondes qu'ils émettent ...
par les sismologues*

Un sismogramme est un enregistrement des vibrations du sol causées par un séisme





TAIWAN MS=7.6 DEPTH=5Km DELTA=86.43 23.78N 121.09E filtro 0.05 0.3Hz



Teleseismic distance km

Petit ou gros séisme ?



2 types de mesures :

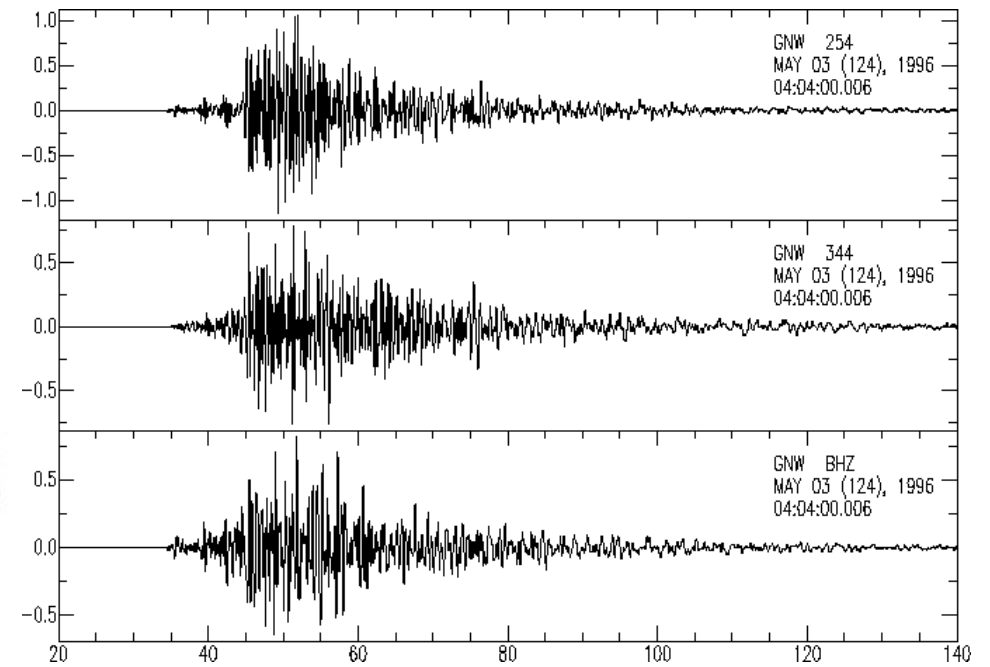
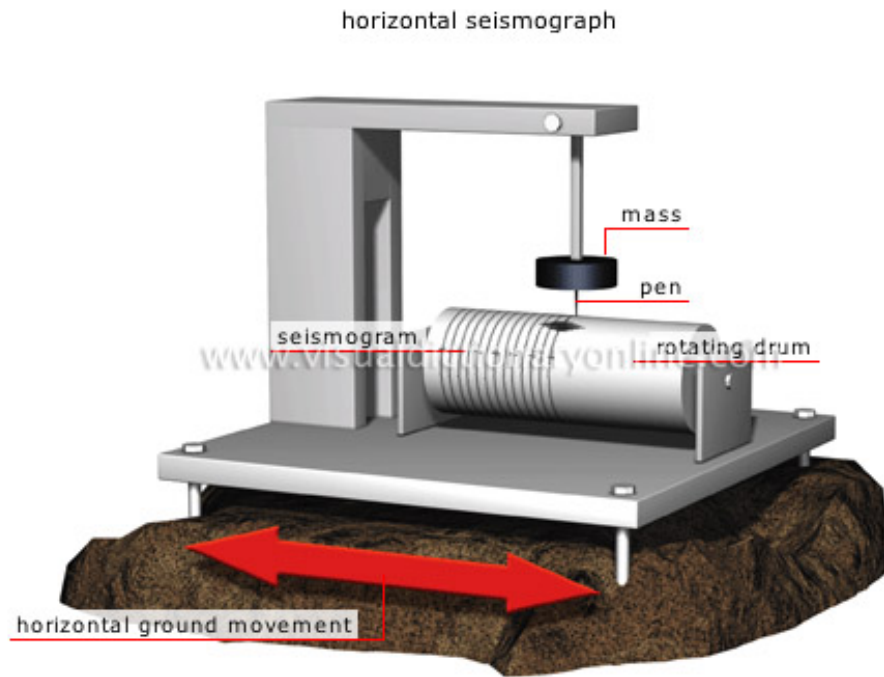
- *On mesure la taille du séisme (mesure intrinsèque qui ne dépend pas de l'endroit où l'on se trouve) :*

La magnitude (M_l , M_s , M_w) ou **le moment sismique**

- *On mesure les vibrations de surface : dépend de la distance à l'hypocentre et des effets de surface*

L'intensité macrosismique : échelle MSK, EMS98 ...

Magnitude : mesure basée sur les enregistrements



Empirically (magnitudes) **Magnitude definition is not unique ...**

Empirically (magnitudes) **Magnitude definition is not unique ...**

ML = local magnitude $ML = \log(\text{Amplitude}) - C1 + C2 \log(\text{Distance})$

Ms = surface waves magnitude

mb = body waves magnitude

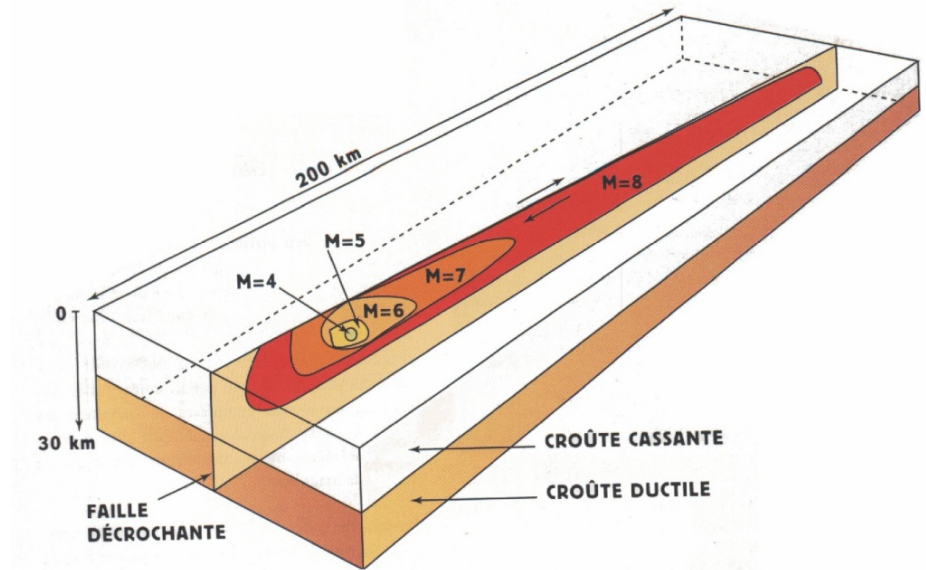
Md = duration magnitude

Physically (moment)

Seismic moment M_0

M_w = Moment magnitude

Mw = 2/3 log Mo -6 (Kanamori)



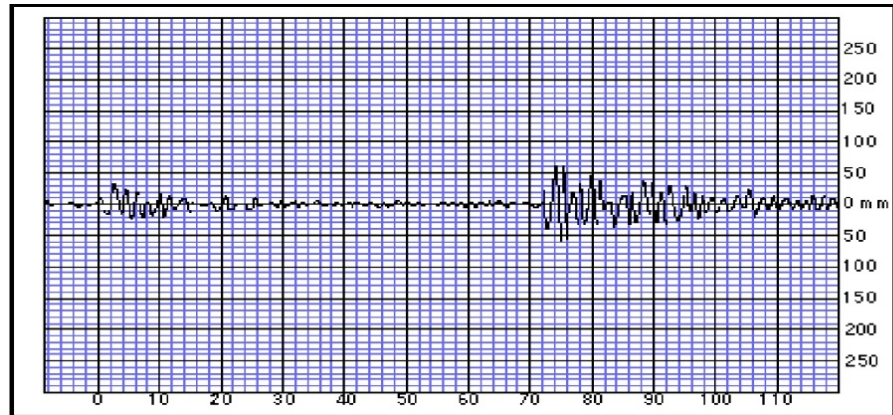
Magnitude is not unique

→ Just know that seismologists have a lot of different magnitudes
MS (surface waves), Mb (body waves), Md (duration) and Mw (energy)

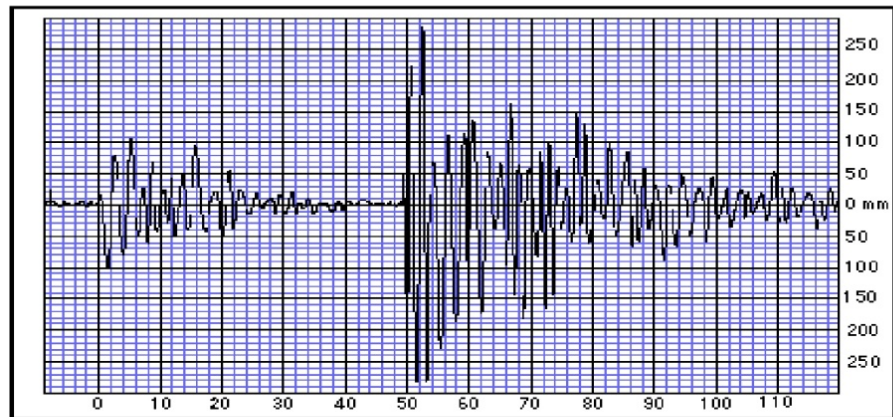
The well know Richter magnitude is M_L (defined on a Wood-Anderson seismograph at 100km) :

$$M_L = \log(\text{amplitude}) - 2,48 + 2,76 \log(\text{distance})$$

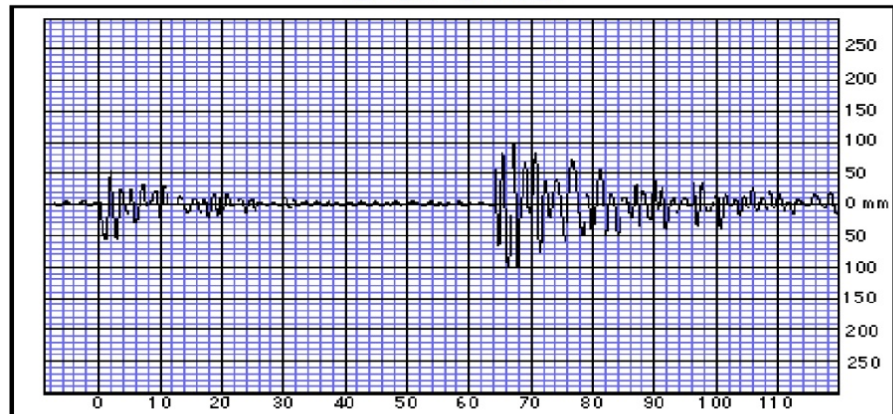
1 order of magnitude = energy x 30



elko

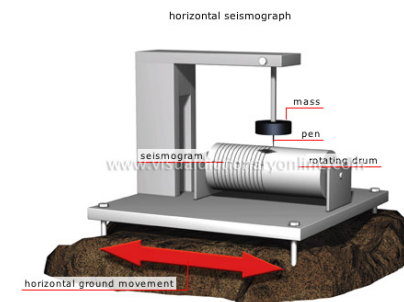
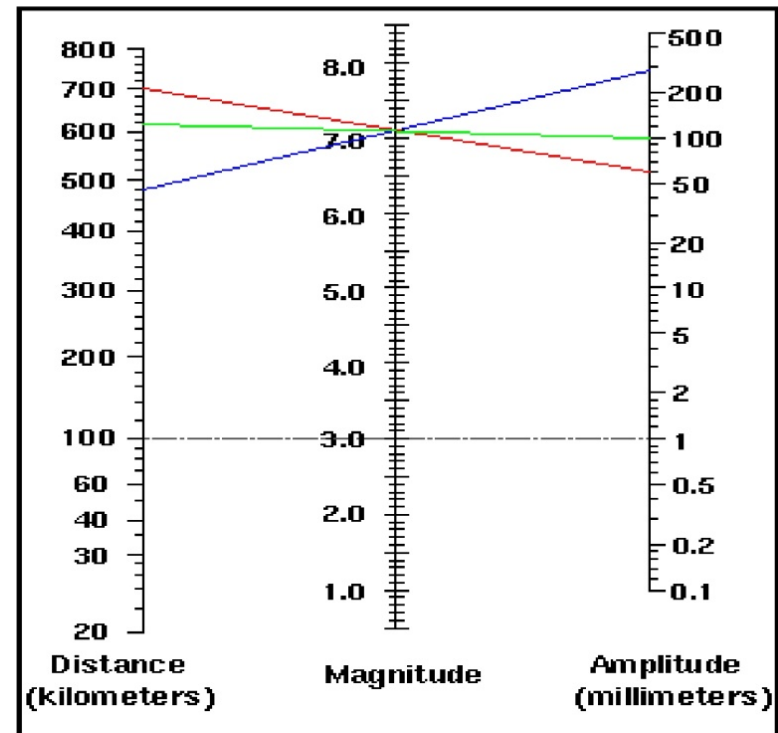


eureka



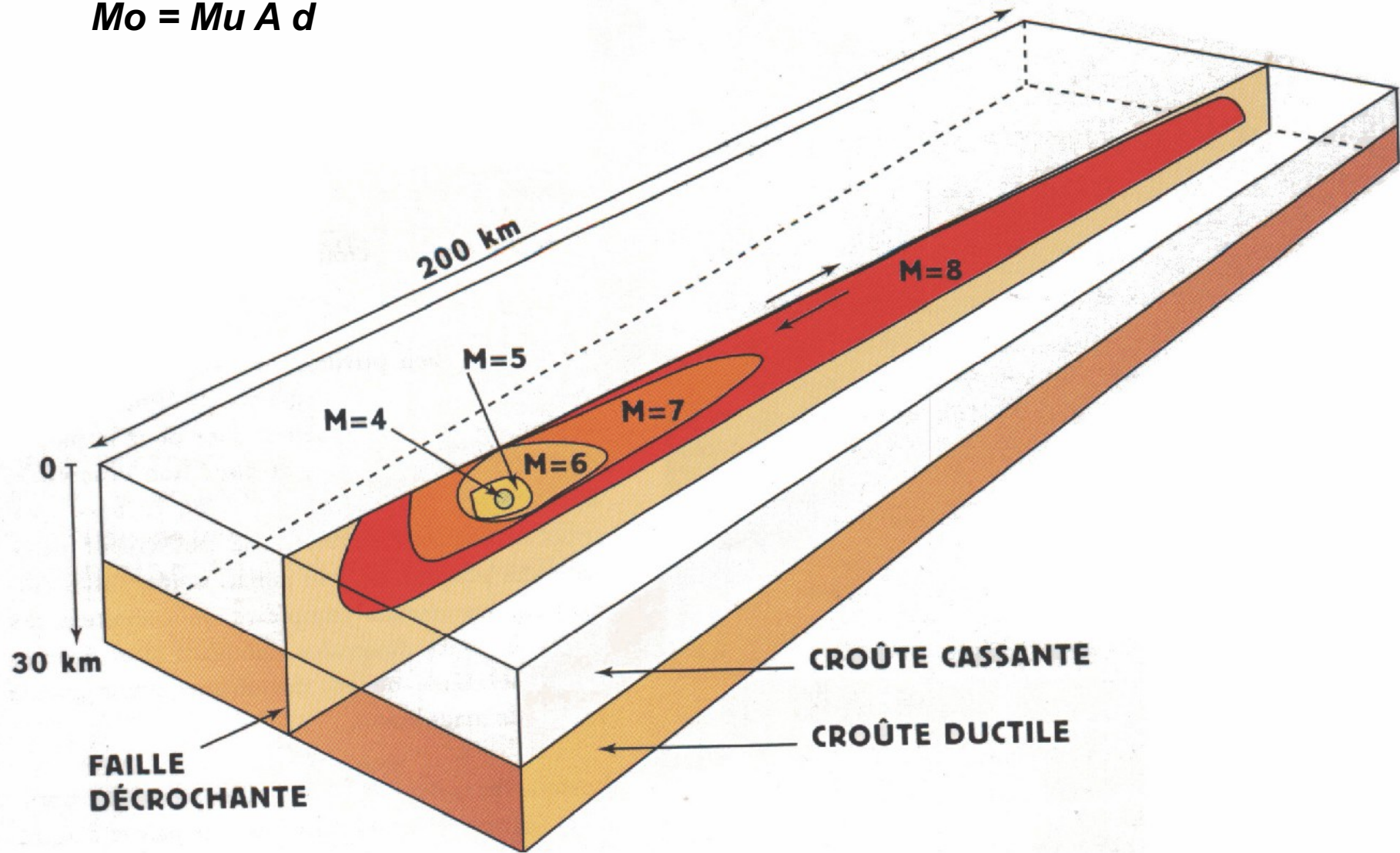
vegas

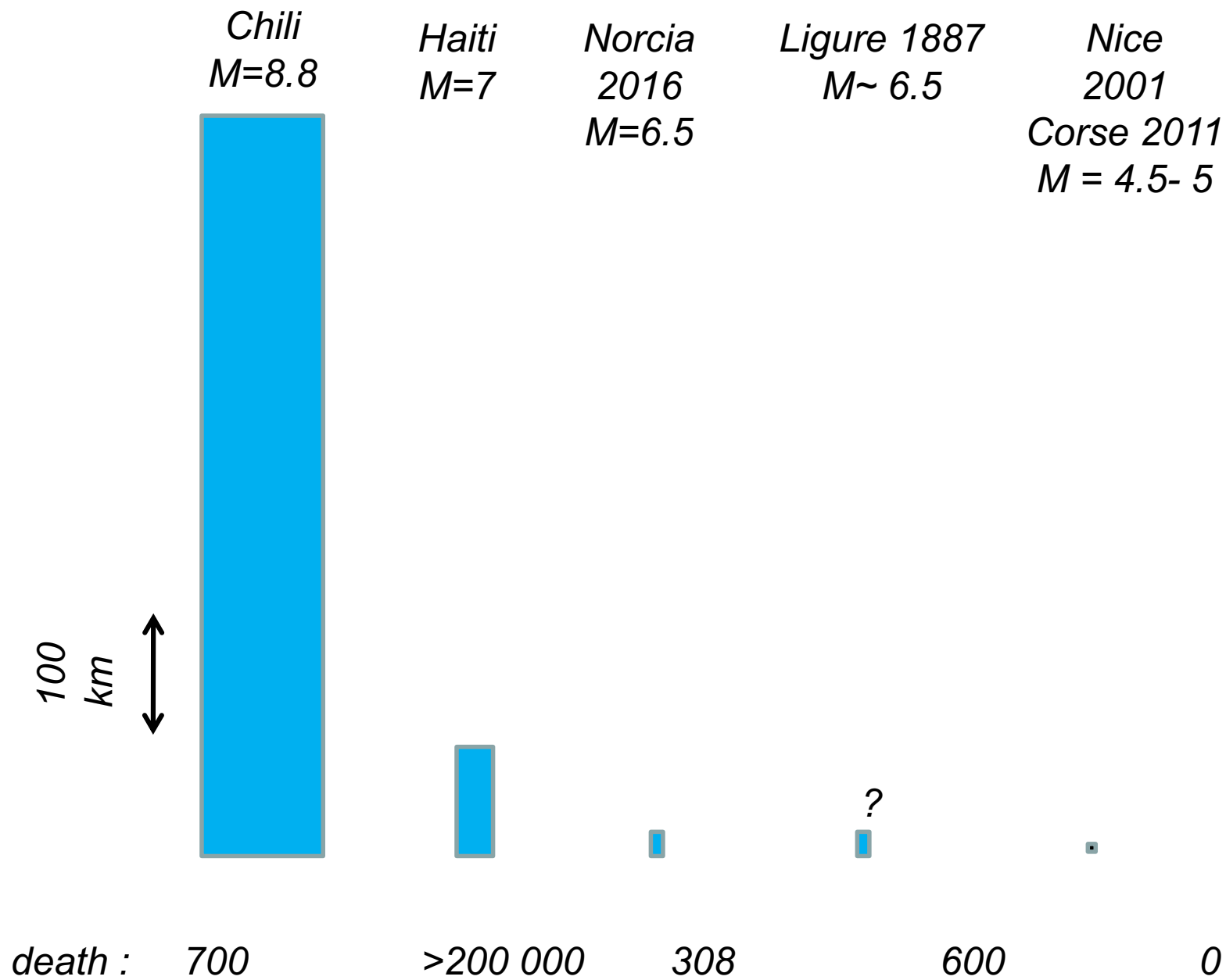
Magnitude (Richter scale)



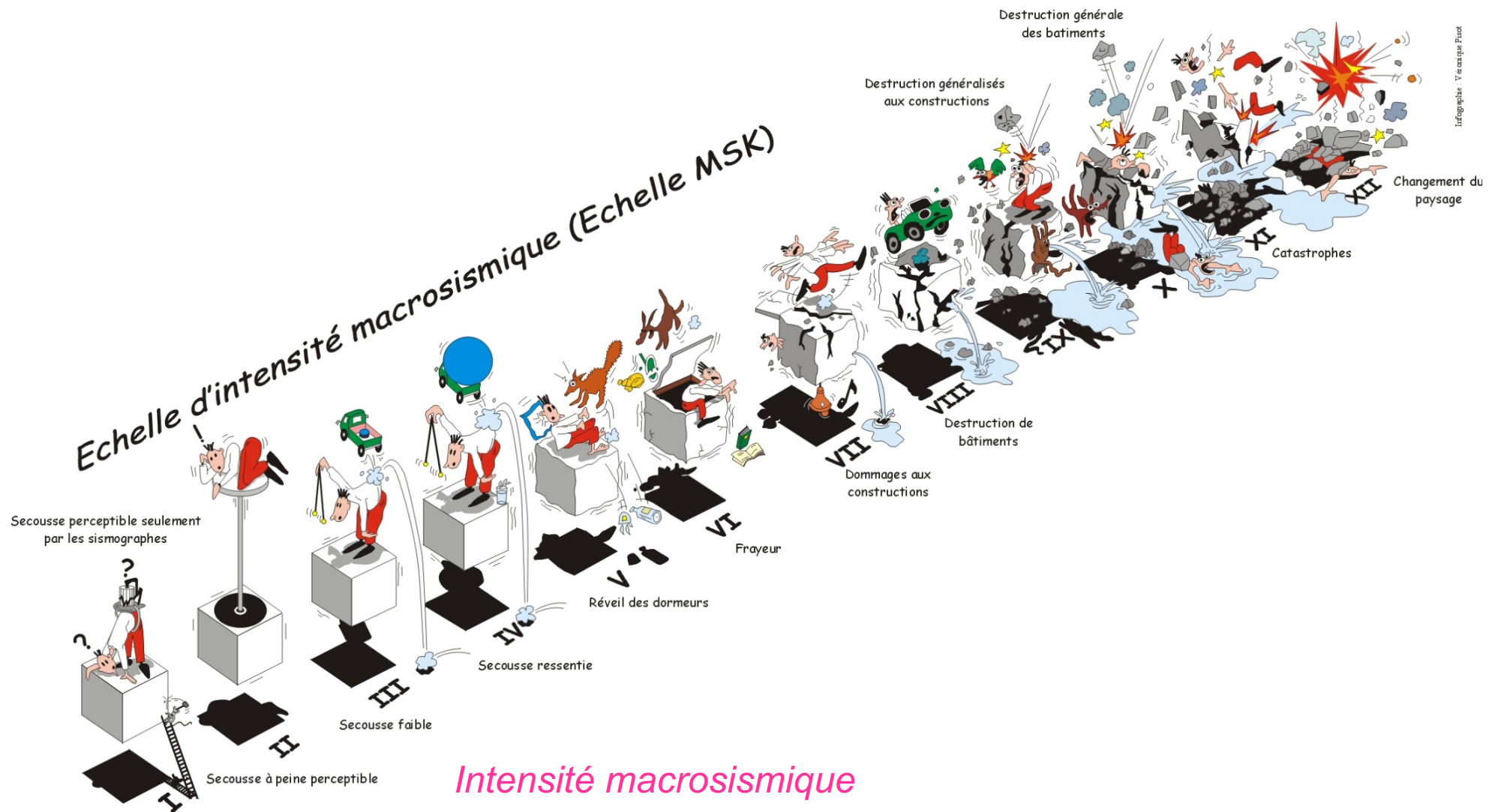
Le moment sismique :

$$M_0 = M_u A d$$





Intensité macrosismique (en chiffres romains)



Intensité macrosismique

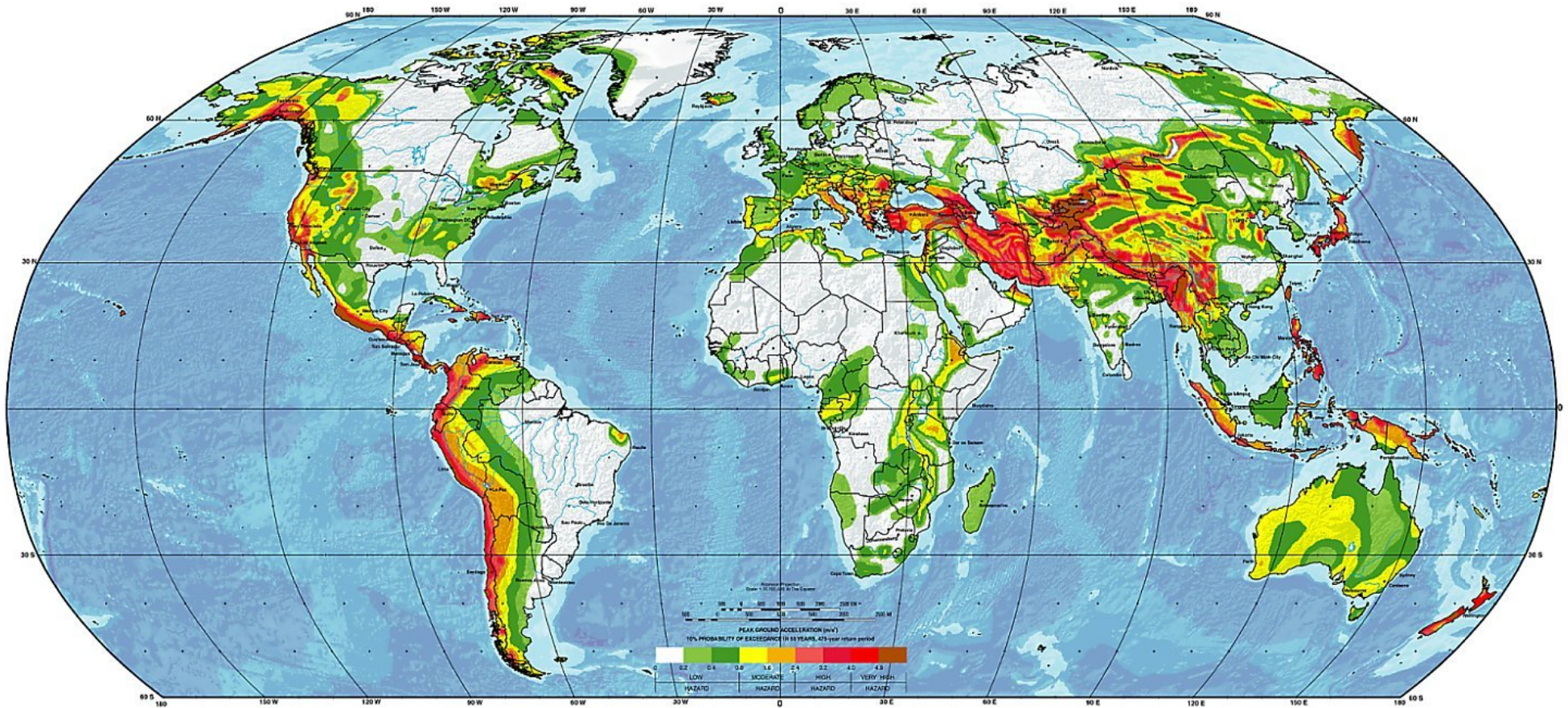
ou les humains et les bâtiments utilisés comme capteurs

Et chez nous ?

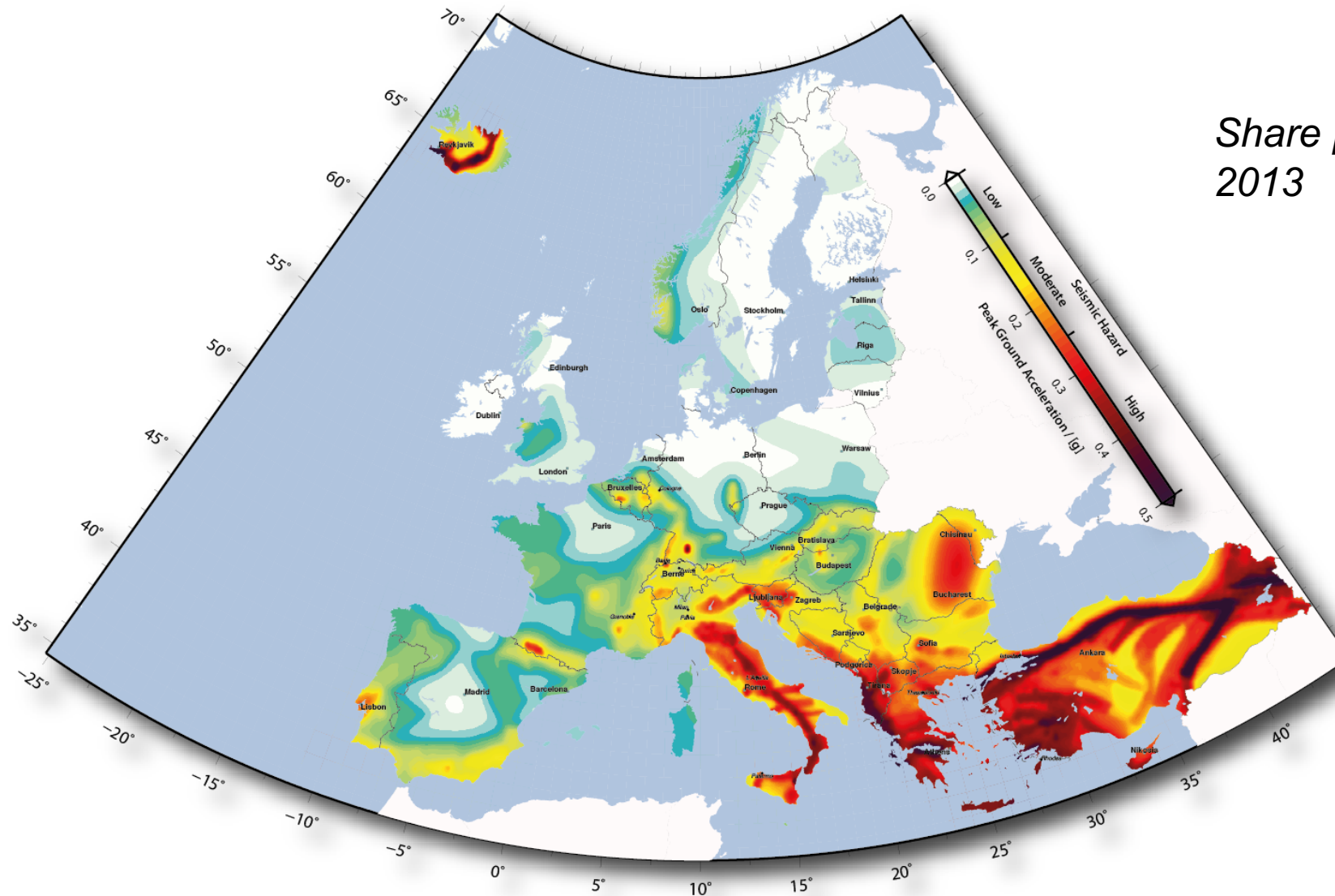
quelques mots

GLOBAL SEISMIC HAZARD MAP

Produced by the Global Seismic Hazard Assessment Program (GSHAP),
a demonstration project of the UN/International Decade of Natural Disaster Reduction, conducted by the International Lithosphere Program.
Global map assembled by D. Giardini, G. Grÿnthal, K. Shedlock, and P. Zhang
1999



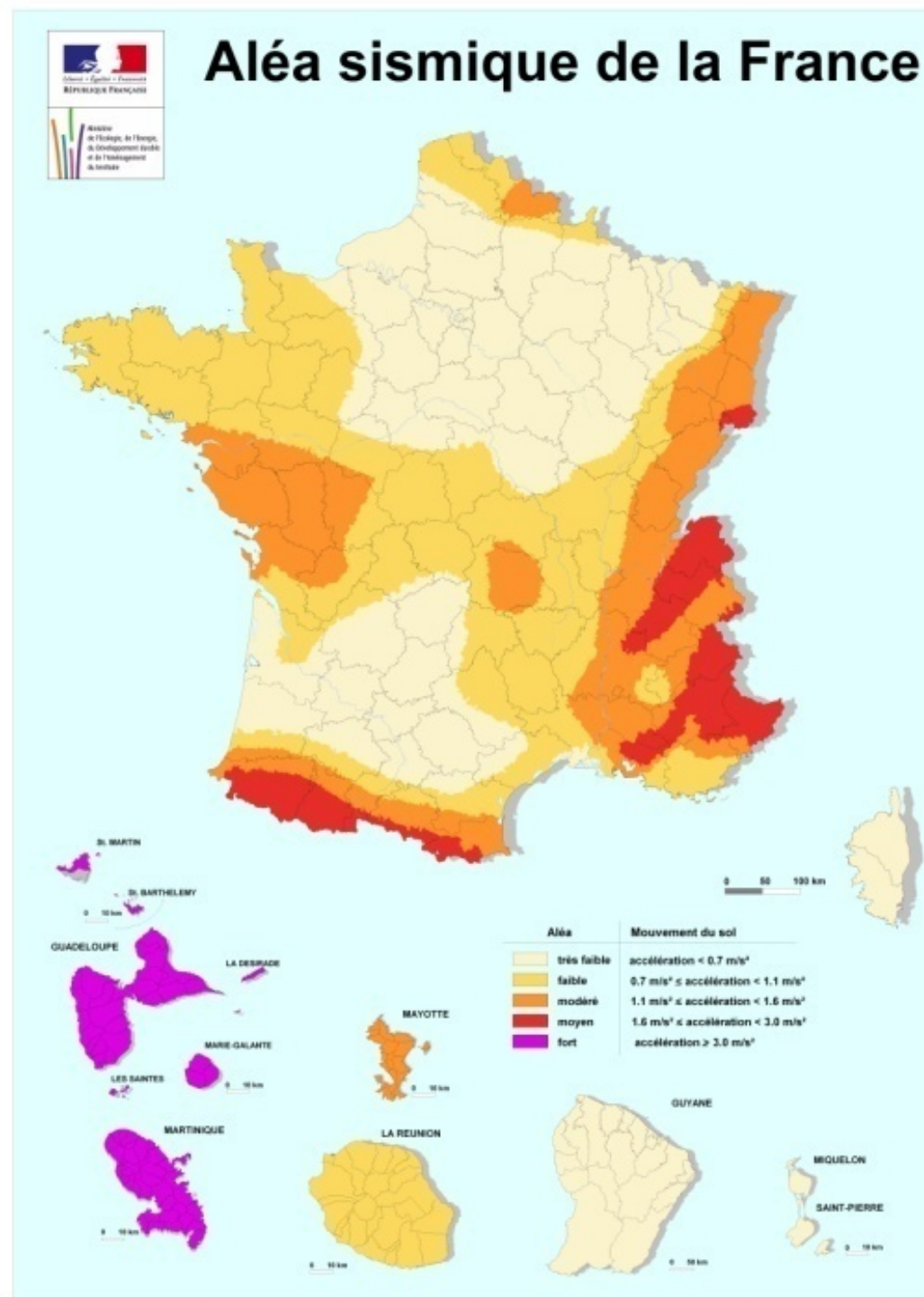
Share project
2013

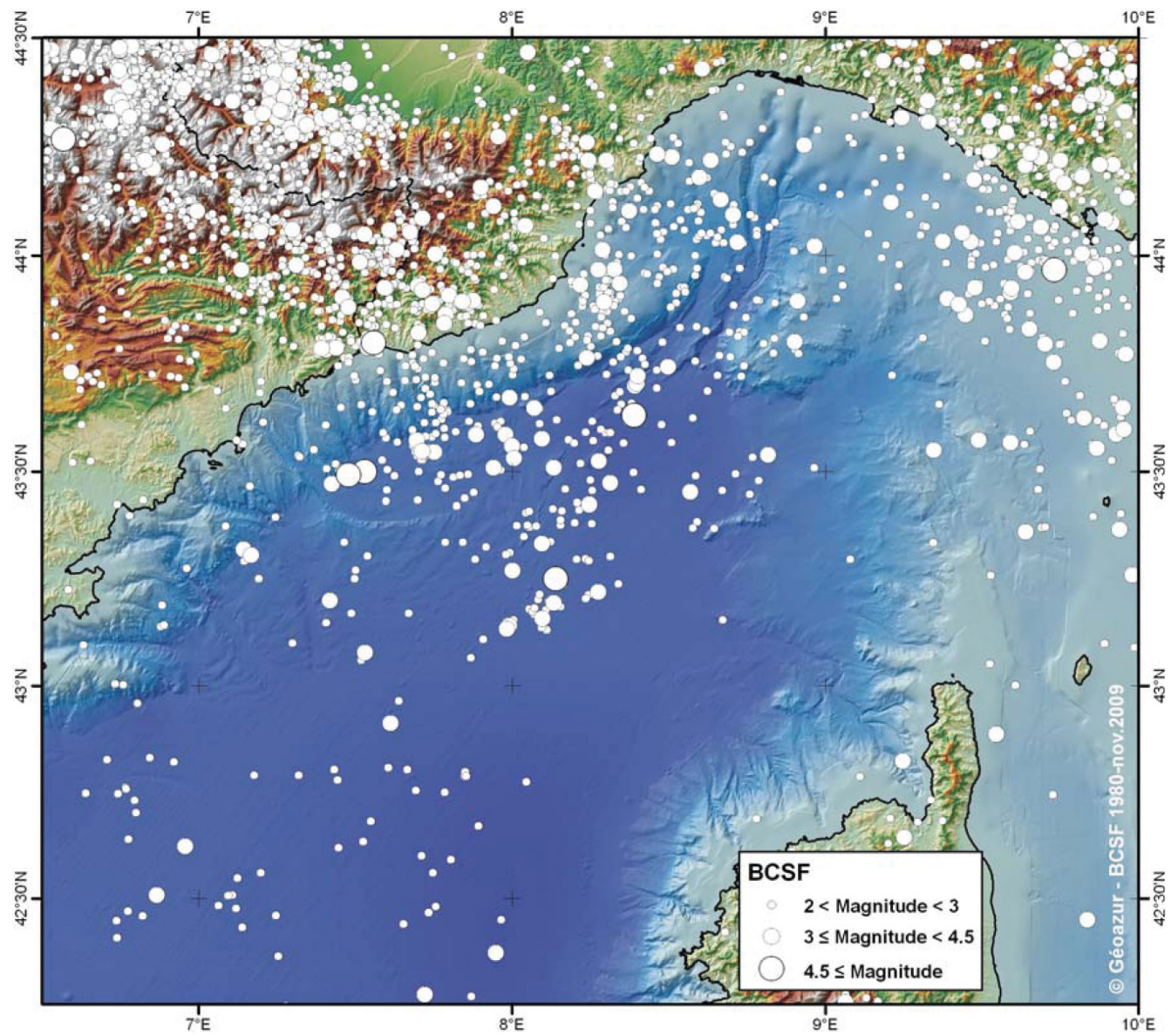


Pic d'accélération attendus avec une probabilité de 10% sur une période de 50 ans

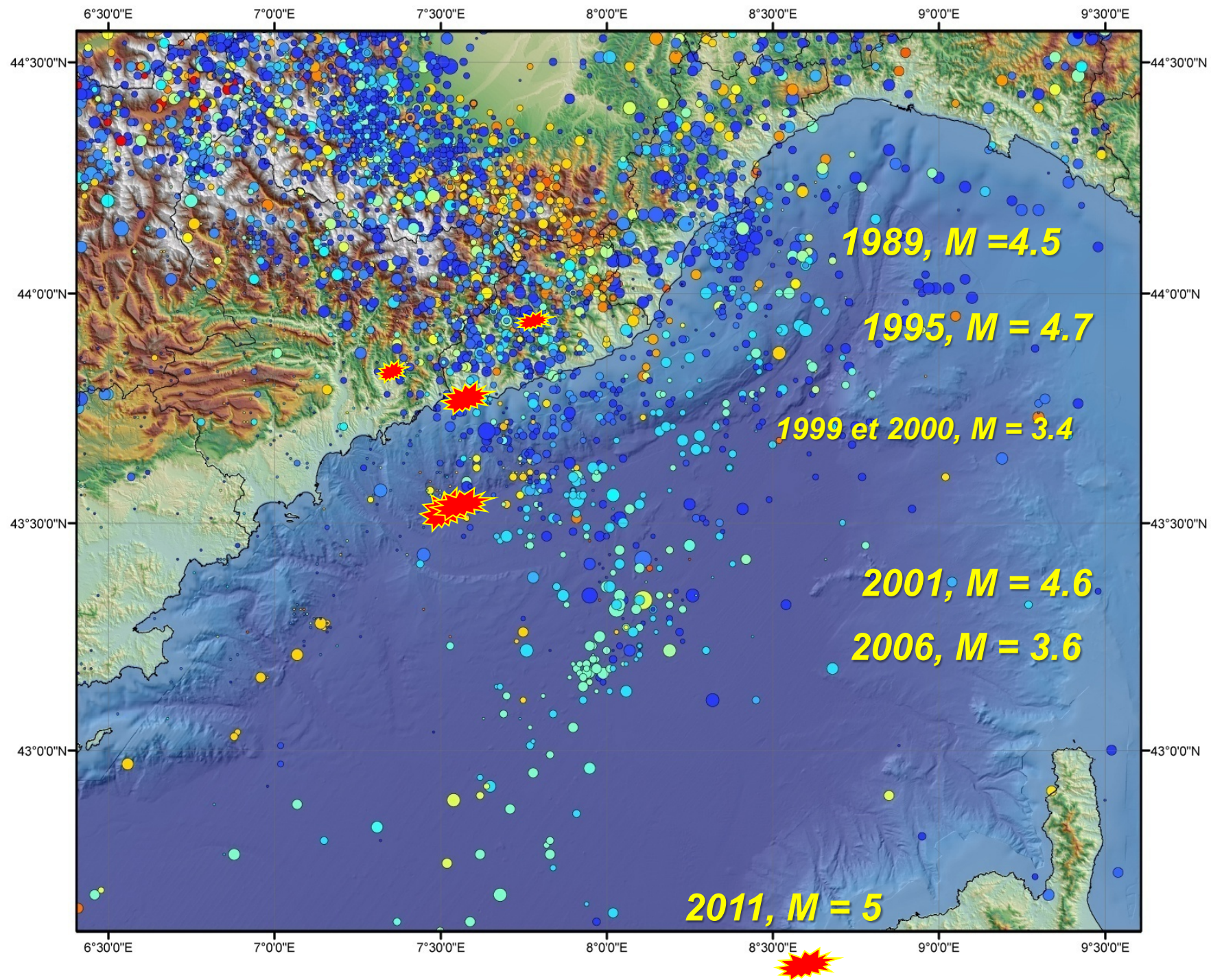
The above European Seismic Hazard Map displays the Peak Ground Acceleration (PGA) expected to be reached or exceeded with a 10% probability in 50 years, or to return on average every 475 years. Green colour indicates comparatively low hazard values of PGA below 0.1g, yellow to orange colours depict moderate hazard between 0.1-to-0.25g and red colours identify high hazard areas with PGA of more than 0.25.

*Ce qui nous
amène au
zonage
réglementaire
(nouveau
depuis 2012)*





C. Larroque, O. Scotti and M. Ioualalen (2012)



Séisme Ligure : 23 Fev 1887 (magnitude estimée: 6 à 6.5)



De graves dégâts et plus de 600 victimes du côté italien

Plusieurs personnes ici : C. Larroque Mansour Ioualanen,
Virginie Hassoun,
Et indirectement : M Revel, C. Wilhem S. Migeon
+ A. Laurenti

- *Le risque sismique est modéré sur la côte d 'Azur*

MAIS

- *Des séismes destructeurs ont eu lieu dans le passé, il y en aura dans le futur*
- *Il est impossible (dans l'état actuel des connaissances) de prévoir quand !*

Nécessité d 'améliorer la prévention :

- *Construire parasismique*
- *Informers, former*

→ et continuer à chercher !

Quelques outils

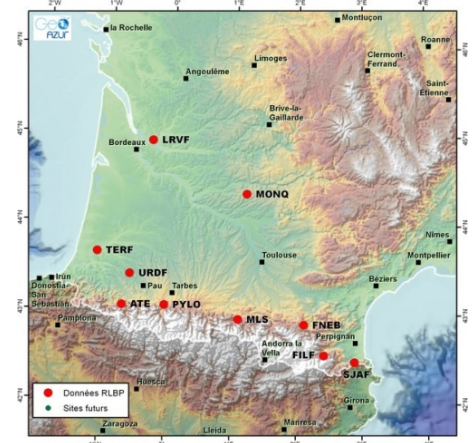
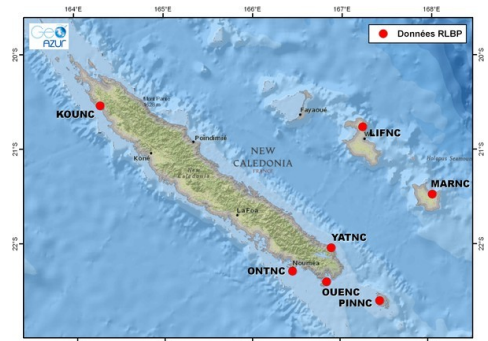
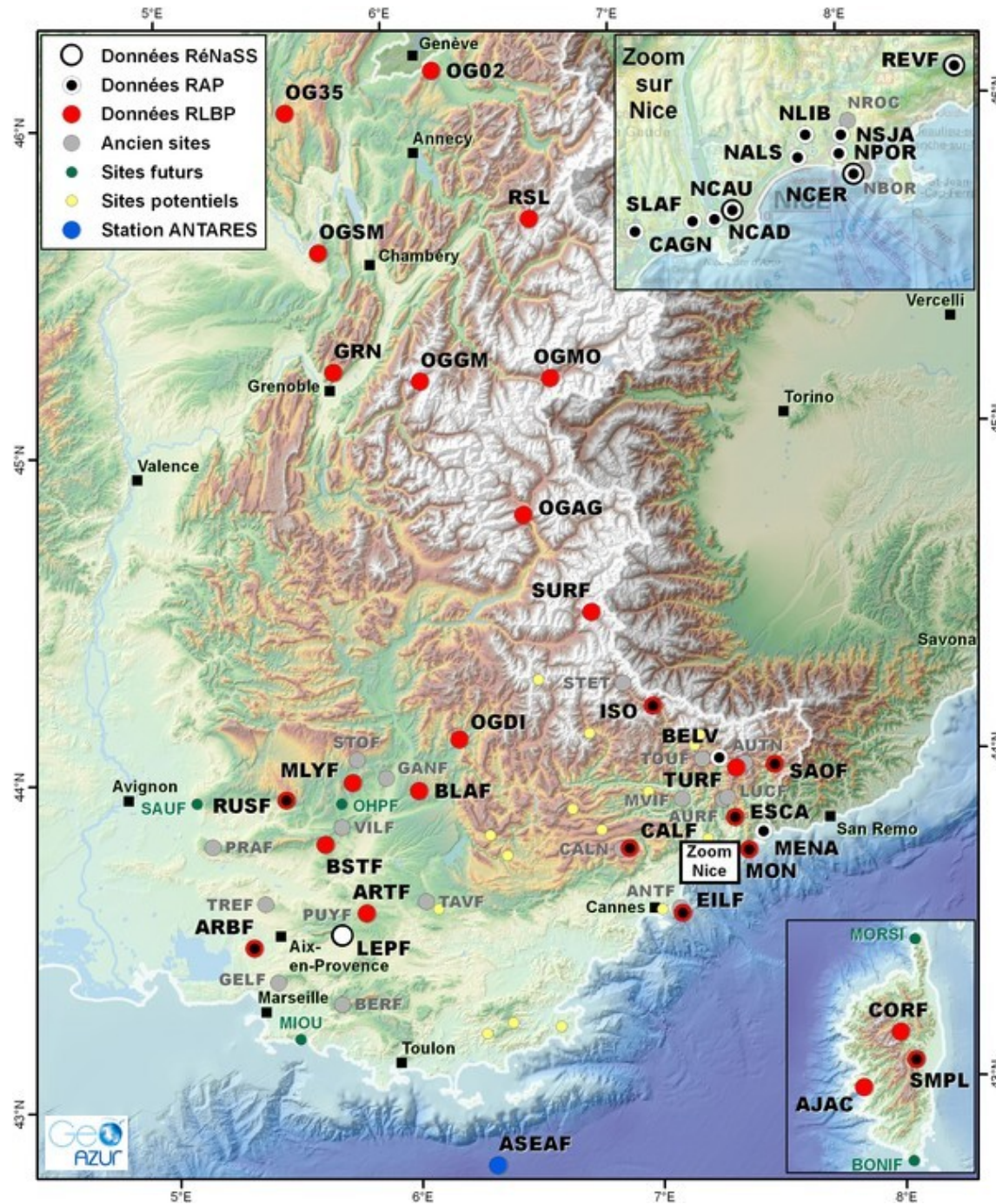
Suivi de la sismicité en temps quasi réel (sismoazur.oca.eu)



Le pôle observation sismologique Géoazur

B Delouis
D. Brunel
C. Maron
F. Peix
X Martin
J Chèze

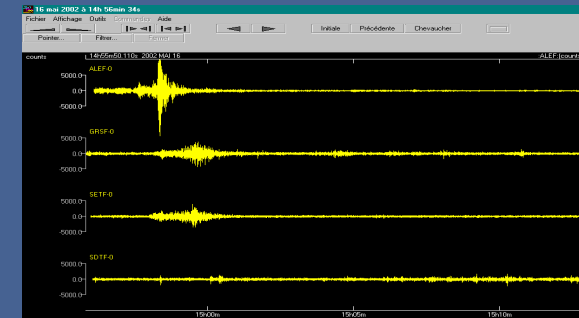
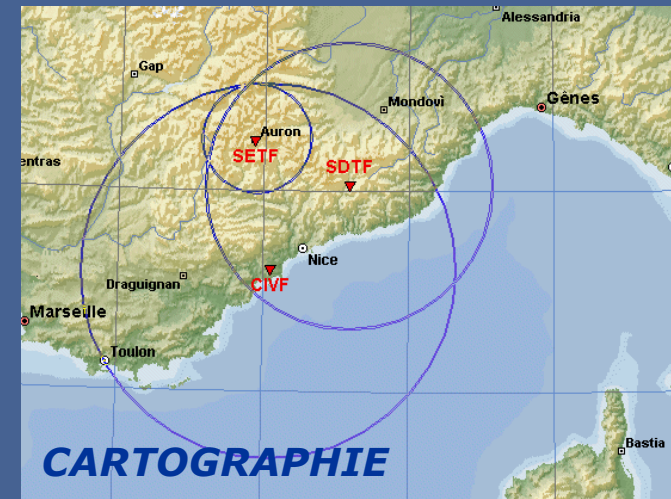
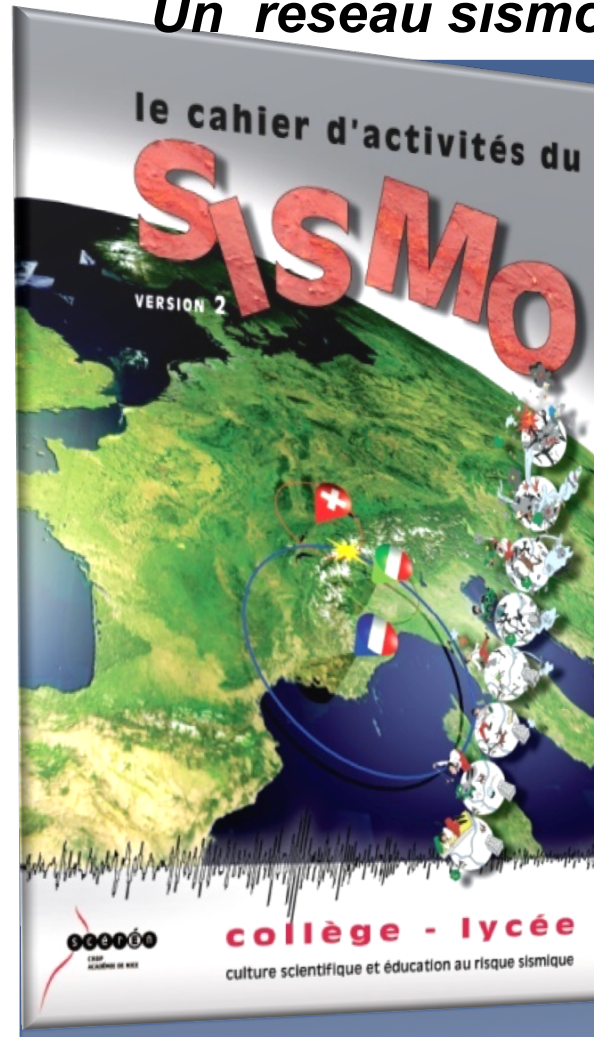
D. Ambrois
A. Deschamps



Un réseau sismo dans les collèges et lycées



A Géoazur :
Jean-Luc Bérenguer
Julien Balestra
F. Jouffray

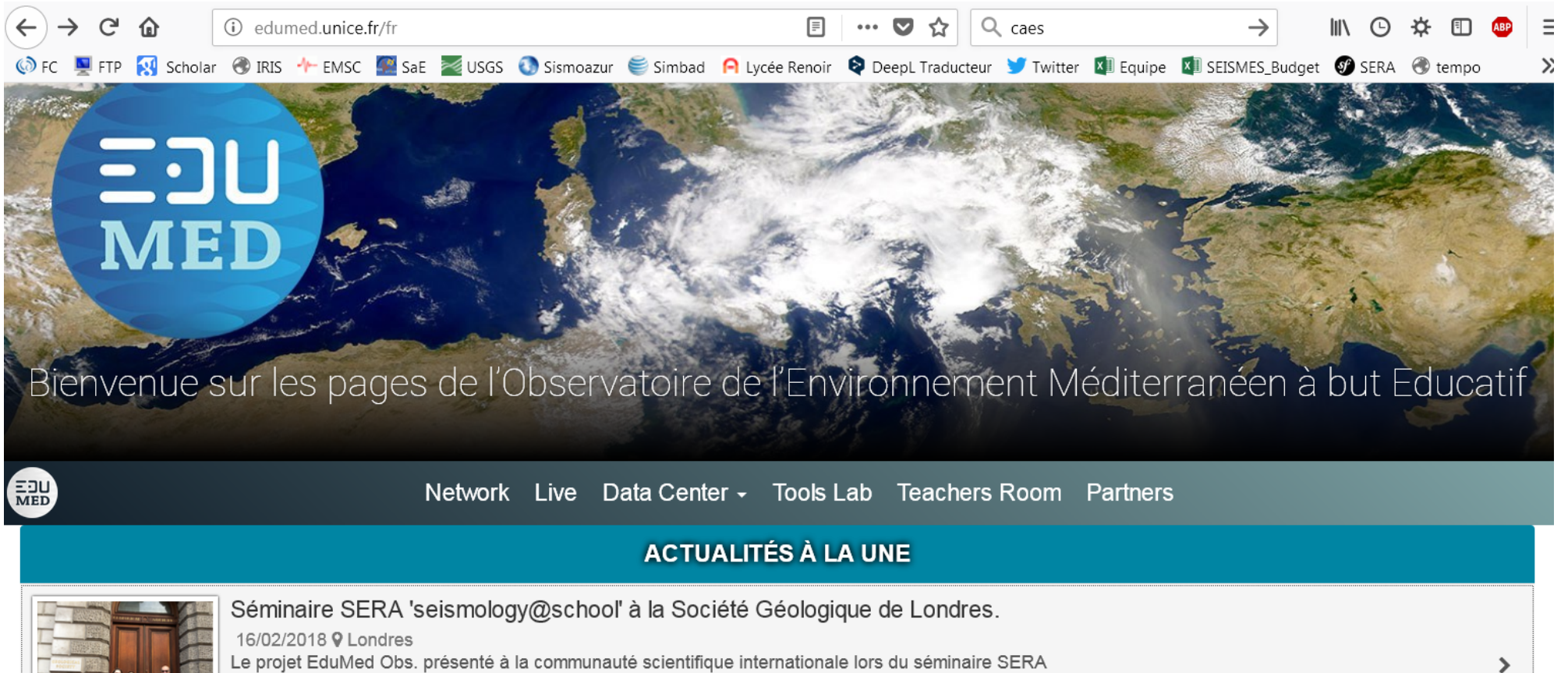


Sismo à l'Ecole

www.edusismo.org



Projet EDUMED



The screenshot shows the homepage of the EDUMED website. The browser's address bar displays 'edumed.unice.fr/fr'. The page features a large satellite image of the Mediterranean region. A blue circular logo with the text 'EDU MED' is positioned on the left. Below the logo, the text 'Bienvenue sur les pages de l'Observatoire de l'Environnement Méditerranéen à but Educatif' is visible. A navigation bar at the bottom contains links: Network, Live, Data Center, Tools Lab, Teachers Room, and Partners. A teal banner with the text 'ACTUALITÉS À LA UNE' is located below the navigation bar. Under this banner, a news item is displayed with a small image of a building entrance, the title 'Séminaire SERA 'seismology@school' à la Société Géologique de Londres.', the date '16/02/2018' and location 'Londres', and a brief description: 'Le projet EduMed Obs. présenté à la communauté scientifique internationale lors du séminaire SERA'. A right-pointing arrow is at the end of the news item.

edumed.unice.fr/fr

caes

FC FTP Scholar IRIS EMSC SaE USGS Sismoazur Simbad Lycée Renoir DeepL Traducteur Twitter Equipe SEISMES_Budget SERA tempo

EDU MED

Bienvenue sur les pages de l'Observatoire de l'Environnement Méditerranéen à but Educatif

Network Live Data Center Tools Lab Teachers Room Partners

ACTUALITÉS À LA UNE

 Séminaire SERA 'seismology@school' à la Société Géologique de Londres.
16/02/2018 Londres
Le projet EduMed Obs. présenté à la communauté scientifique internationale lors du séminaire SERA

Si vous ressentez un séisme il faut témoigner sur :

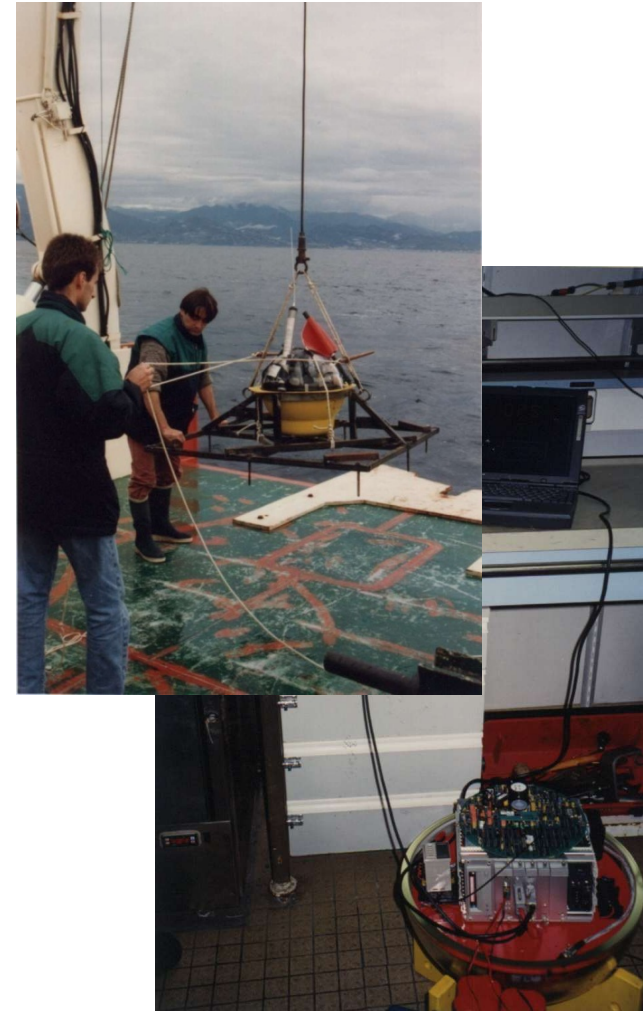
www.franceseisme.fr

*Digital station:
analogical acquisition, numerical output signal*

On earth



*Under the sea: Ocean bottom
seismometers (OBS)*

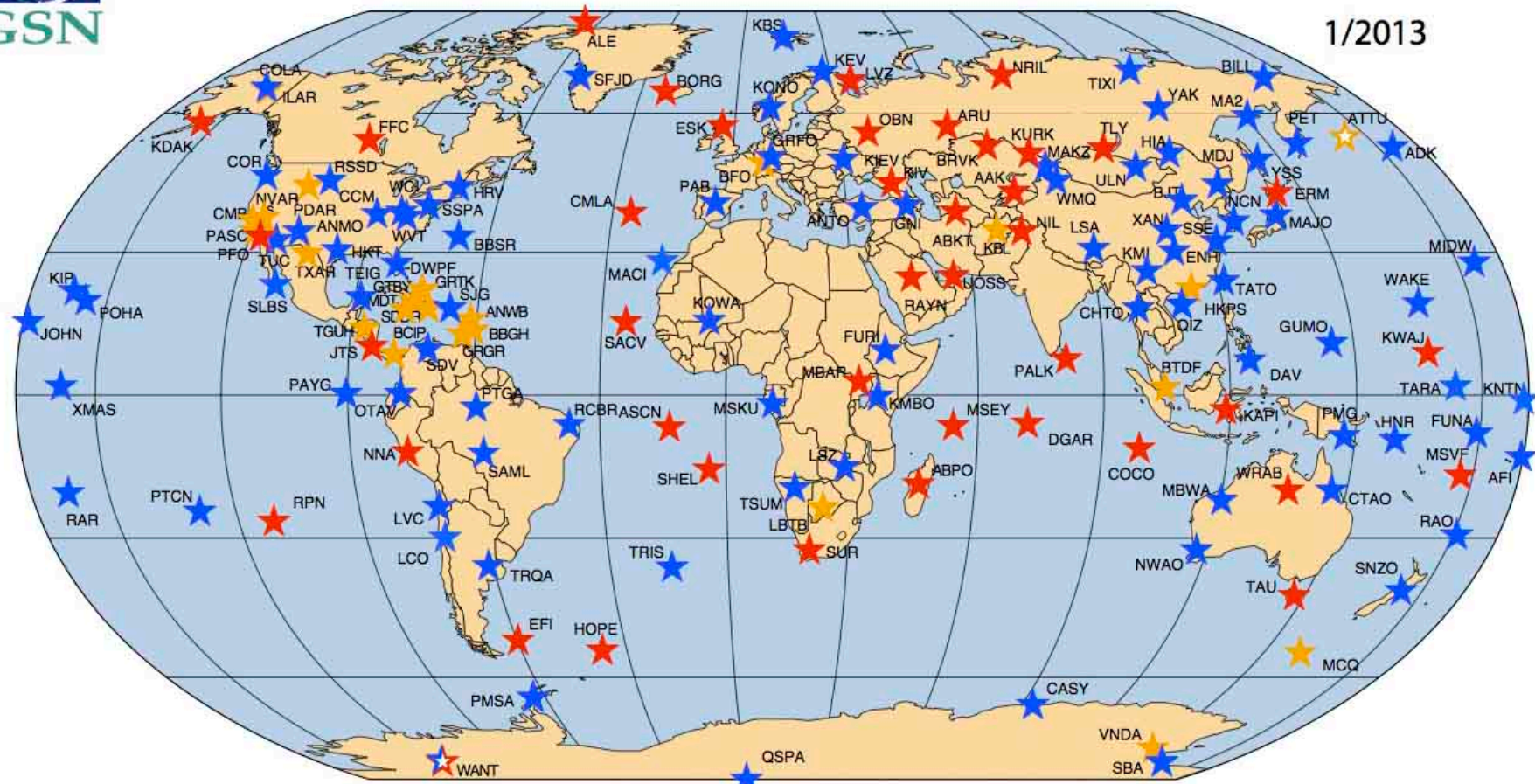


Seismic stations all over the world. Seismology is an open science



GLOBAL SEISMOGRAPHIC NETWORK

1/2013



★ IRIS / IDA Stations
★ Planned Stations

★ IRIS / USGS Stations

★ Affiliate Stations

Hydrated plate interface
with high pore pressure

Aseismic
creep

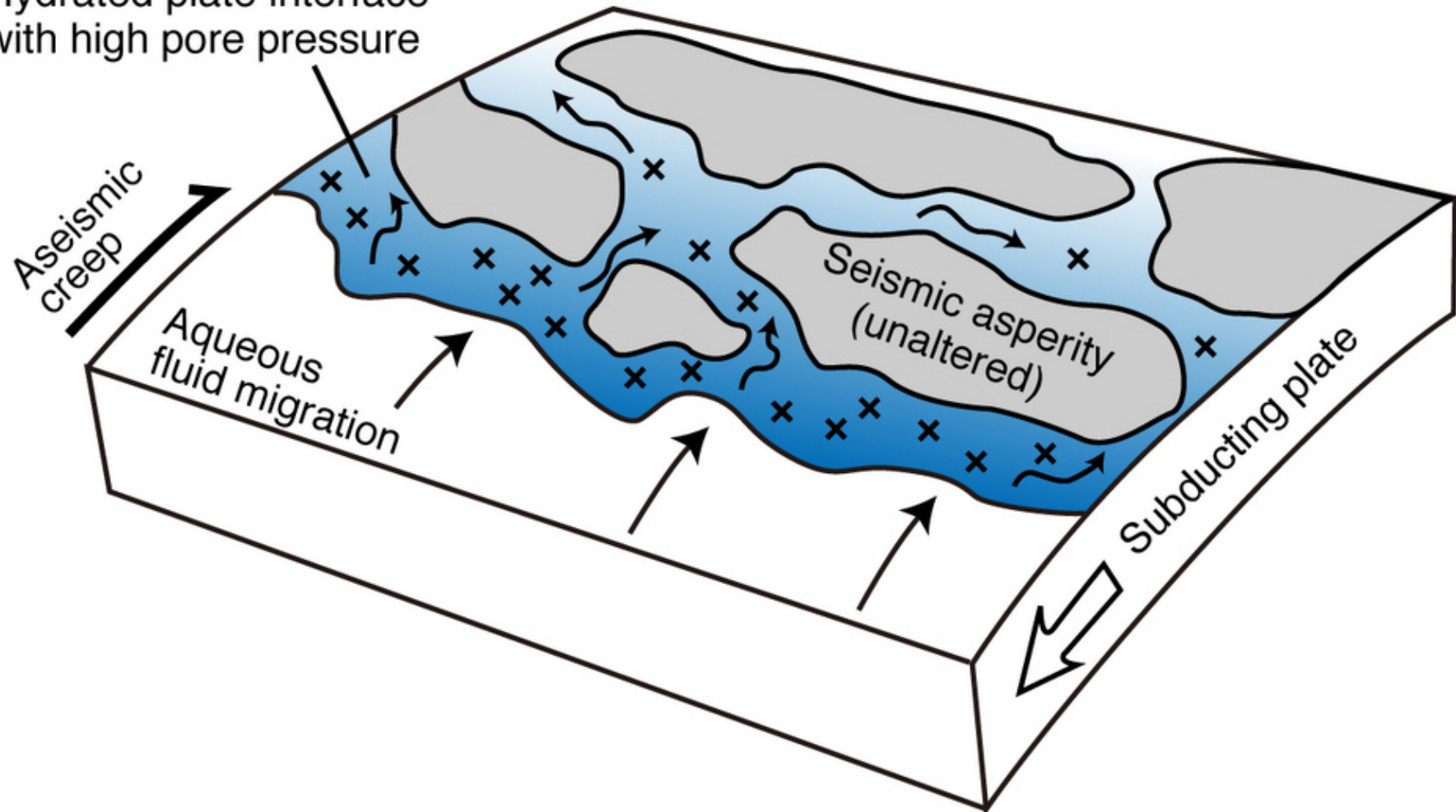
Aqueous
fluid migration

Seismic asperity
(unaltered)

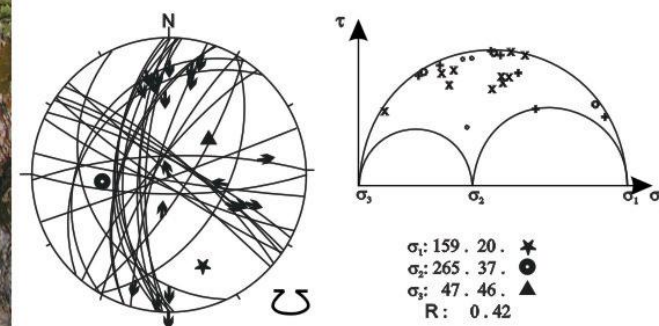
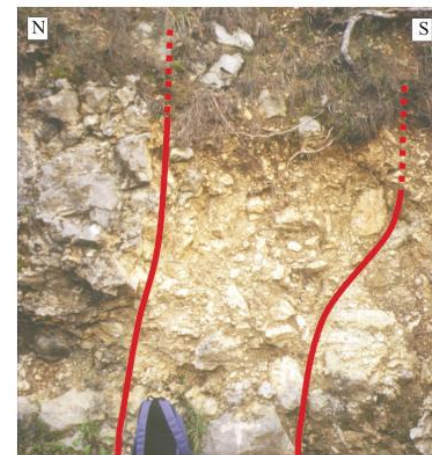
Subducting plate

Slow earthquakes associated with fault healing on a serpentinized plate interface

Ikuo Katayama, Mutsumi Iwata, Keishi Okazaki & Ken-ichi Hirauchi



Un exemple chez nous : La faille de Peille - Laghet



Scaling laws :
A link between parameters

<i>Magnitude</i>	<i>Rupture-duration</i>	<i>slip</i>	<i>fault length</i>
9	250sec	15m	800 km
8	60 sec	5m	150 km
7	15sec	1m	50km
6	4sec	15cm	10km
5	1 sec	4cm	3km
4	0.3sec	1cm	1km
3	< 0.1 sec	<0,5 cm	150m

Heureusement ...

Beaucoup plus de petits que de gros !

<i>Magnitude</i>	<i>Nombre moyen par an</i>	<i>Description</i>
<i>8 et plus</i>	<i>1</i>	<i>Séisme majeur</i>
<i>7 à 7.9</i>	<i>18</i>	<i>Séisme très fort</i>
<i>6 à 6.9</i>	<i>120</i>	<i>Séisme fort</i>
<i>5 à 5.9</i>	<i>800</i>	<i>Séisme modéré</i>
<i>4 à 4.9</i>	<i>6500</i>	<i>Séisme faible</i>
<i>3 à 3.9</i>	<i>50000 (estimé) microséisme</i>	
<i>2</i>	<i>environ 1000/jour(estimé)</i>	
<i>1</i>	<i>environ 8000/jour(estimé)</i>	

Statistiques de 1900 à nos jours