

UE 10 Géographie

E. Chapron

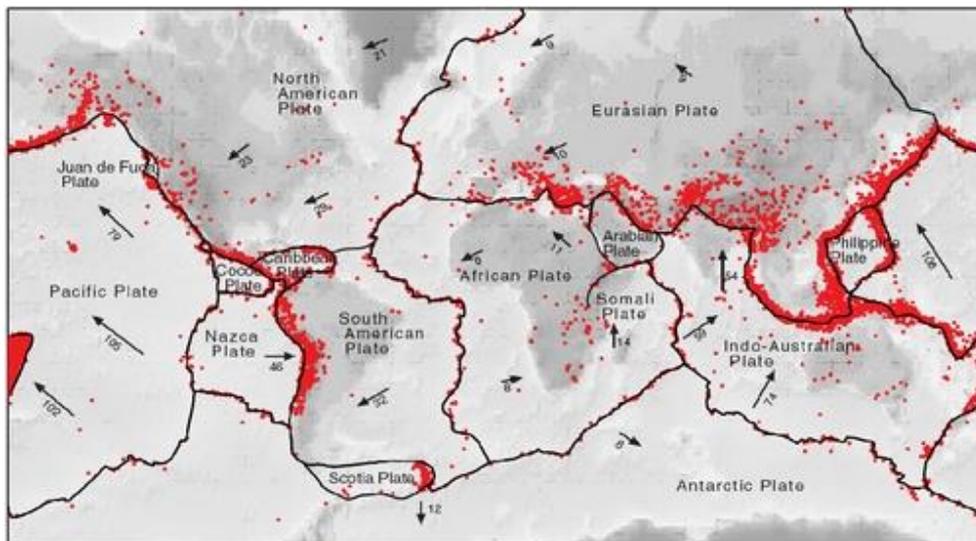
Les risques Naturels

Historique de la découverte des risques naturels
Partie 1: risques associés aux séismes, tsunamis,
éruptions volcaniques, éruptions limniques

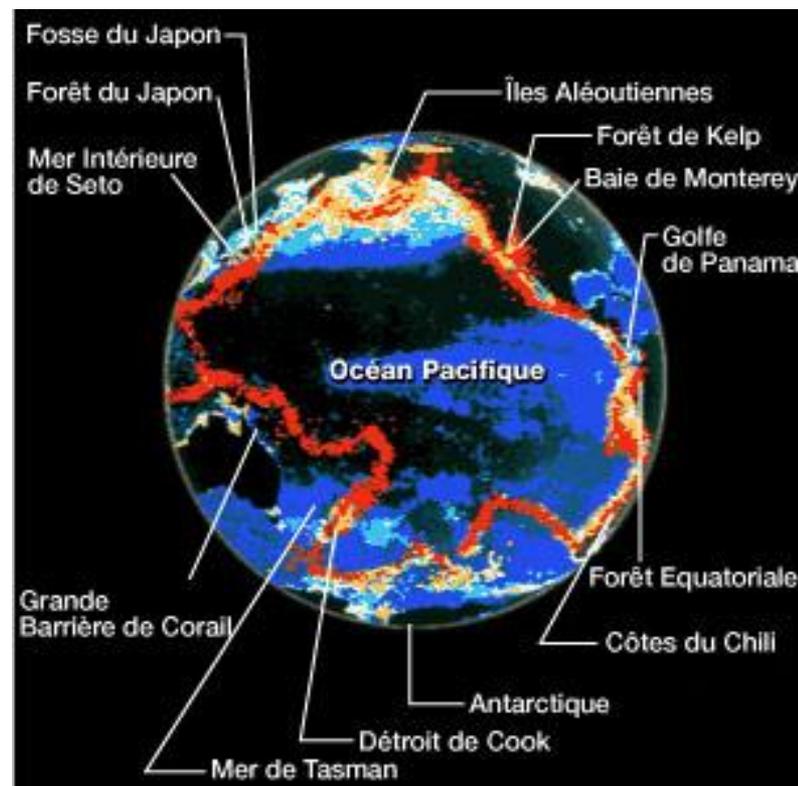


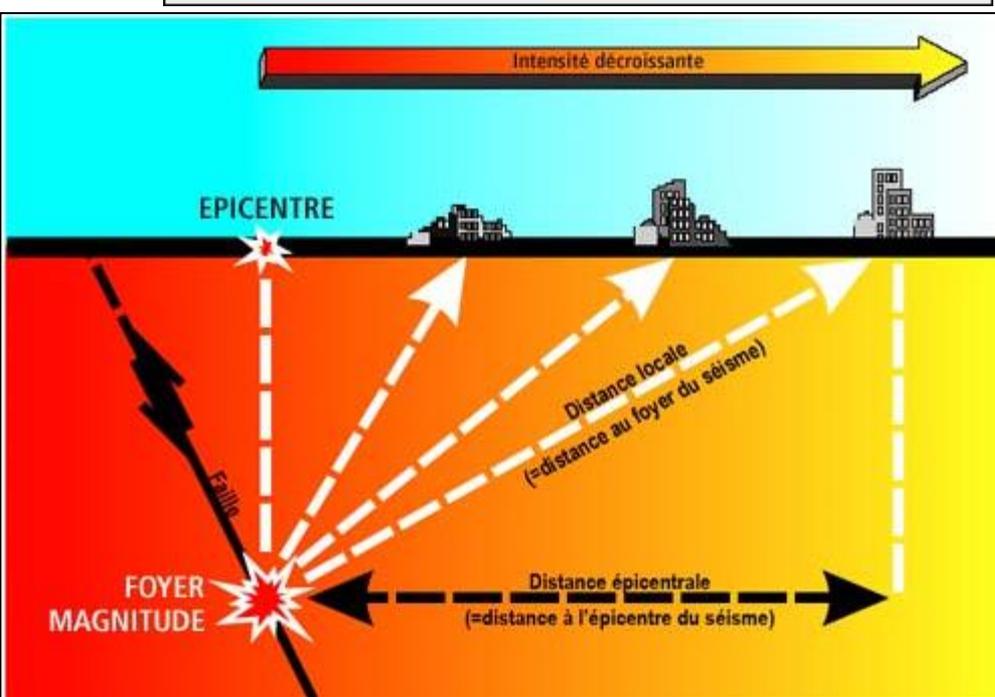
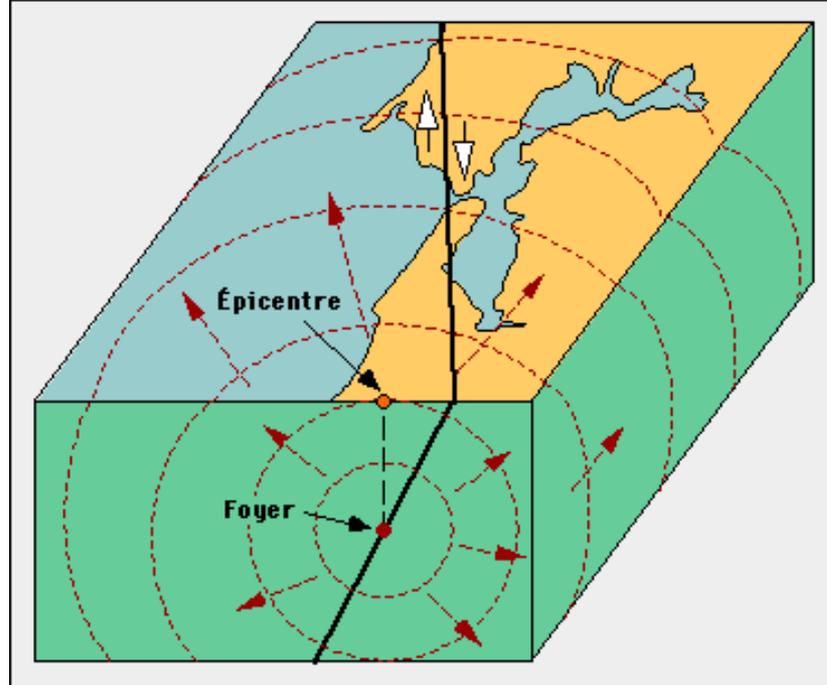
emmanuel.chapron@univ-tlse2.fr

Introduction: La dérive des continents explique la formation d'évènements géologiques parfois catastrophiques à terre comme en mer: séismes, tsunamis, éruptions volcaniques...



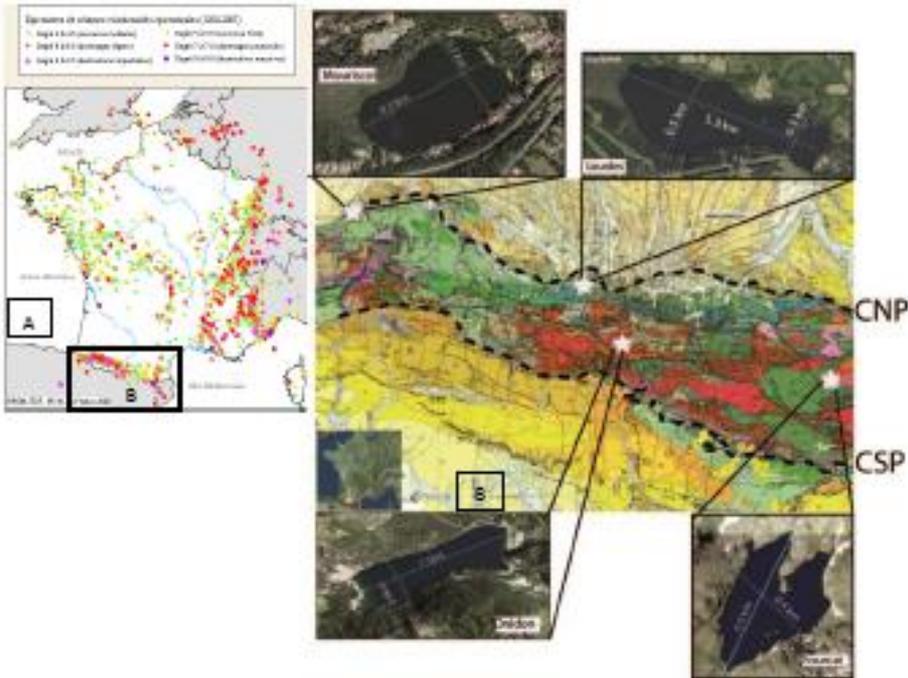
Les limites de plaques sont des régions fortement exposées aux séismes et au volcanisme...
Ces phénomènes provoquent de vastes dépôts
Gravitaires en peu de temps (dépôts « instantanés »)



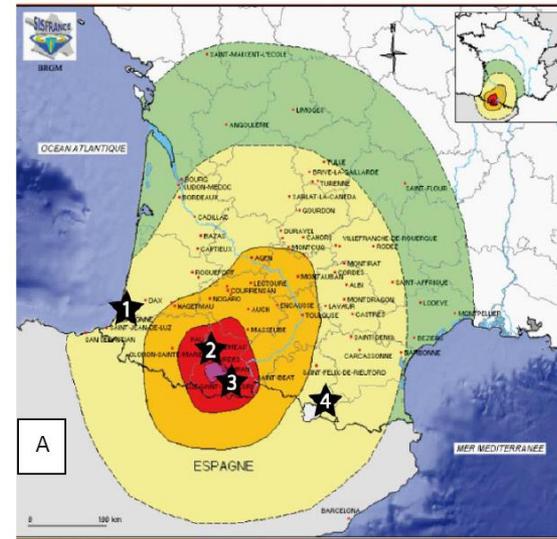


ÉCHELLE D'INTENSITÉ DE MERCALLI	MAGNITUDE À L'ÉCHELLE RICHTER
I Séisme perçu uniquement par quelques personnes dans des circonstances particulières; détecté seulement par des instruments très sensibles.	2 3
II Perçu par quelques personnes au repos et se trouvant aux étages supérieurs; balancement d'objets suspendus.	3
III Perçu principalement par des personnes à l'intérieur des édifices. Les automobiles stationnées peuvent bouger.	3
IV Perçu par la plupart des gens à l'intérieur des édifices et par certains à l'extérieur; suffisant pour réveiller certaines personnes. Bruits de vaisselle, fenêtres et portes.	4
V Perçu par presque tout le monde; plusieurs personnes sont réveillées. Bris de vaisselle et de fenêtres; les objets instables sont renversés.	5
VI Perçu par tout le monde; plusieurs personnes sont effrayées et courent à l'extérieur; quelques meubles sont déplacés; quelques morceaux de plâtre tombent et quelques dommages aux cheminées. Dommages légers.	5
VII La plupart des gens paniquent et courent à l'extérieur; dommages minimes aux constructions conçues pour les zones sismiques, de minimes à moyens chez les bonnes constructions ordinaires, importants chez les mauvaises constructions. Meubles renversés.	6
VIII Dommages légers aux constructions conçues pour les zones sismiques, importants chez les bonnes constructions ordinaires avec des effondrements possibles, catastrophiques chez les mauvaises constructions.	7
IX Dommages considérables aux constructions conçues pour les zones sismiques. Edifices déplacés sur leurs fondations. Fissuration du sol. Bris des canalisations souterraines.	7
X Quelques bonnes constructions en bois et la plupart des constructions en maçonnerie sont détruites. Sol fortement fissuré. Plusieurs glissements de terrain se produisent.	8
XI Très peu de constructions en maçonnerie restent debout; rails tordus; ponts détruits. Grandes fissures dans le sol.	8
XII Destruction quasi totale. Ondulations visibles à la surface du sol. Objets projetés dans les airs.	9

Base de données SISFRANCE (BRGM-IRSN)



Enregistrement des séismes dans les Archives environnementales ?
(lacs, littoraux, bassins océaniques profonds)



Date du séisme : 21 Juin 1660
Heure du séisme : 4 h
Région épiscopale : BIGORRE
(BAGNERES-DE-BIGORRE) – PYRENEES CENTRALES

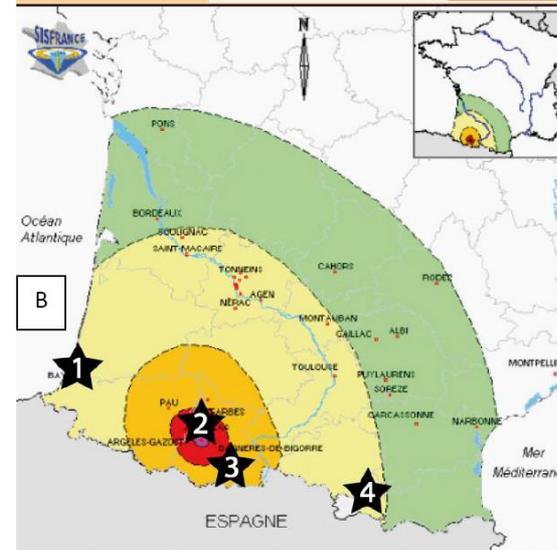
Isoséistes et domaines d'intensité
Propagation des effets du séisme
(isoséistes figuratives, non contractuelles)

Degré d'intensité
(échelle macrosismique MSK)

- 2 et 2.5 : très faible (rares personnes)
- 3 et 3.5 : modérée (quelques personnes)
- 4 et 4.5 : assez forte (grand nombre)
- 5 et 5.5 : forte (majorité)
- 6 et 6.5 : dommages légers
- 7 et 7.5 : dommages prononcés
- 8 et 8.5 : dégâts massifs
- 9 et 9.5 : destructions nombreuses
- Localité concernée par le séisme

- ★ : Mouriscot
- ★ : Lourdes
- ★ : Orédon
- ★ : Fourcat

Date du séisme : 24 Mai 1750
Heure du séisme : 22 h
Région épiscopale : BIGORRE (JUNCALAS) – PYRENEES CENTRALES

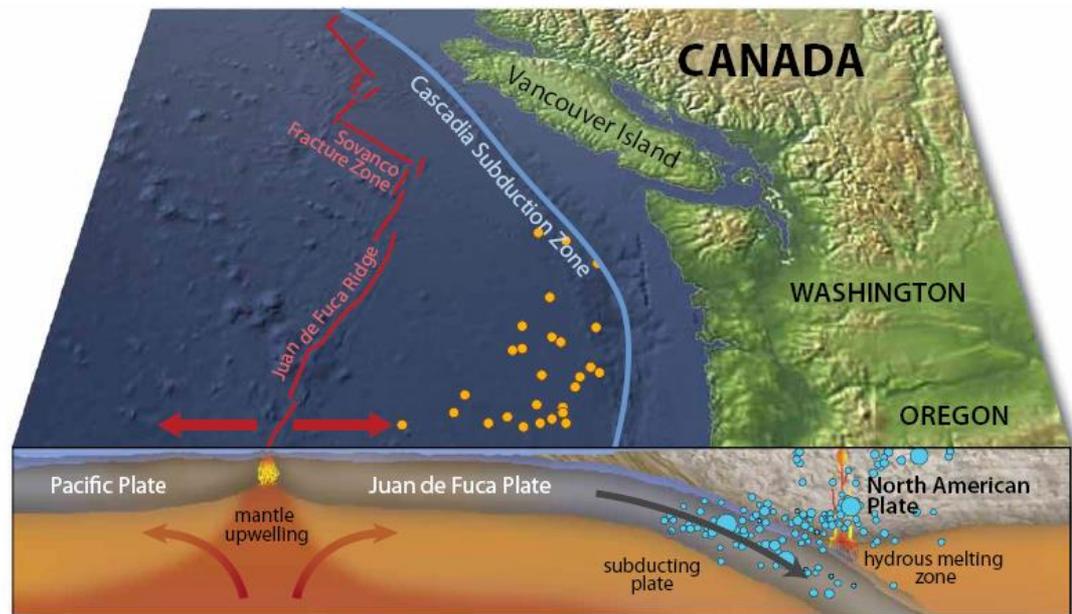


Isoséistes et domaines d'intensité
Propagation des effets du séisme
(isoséistes figuratives, non contractuelles)

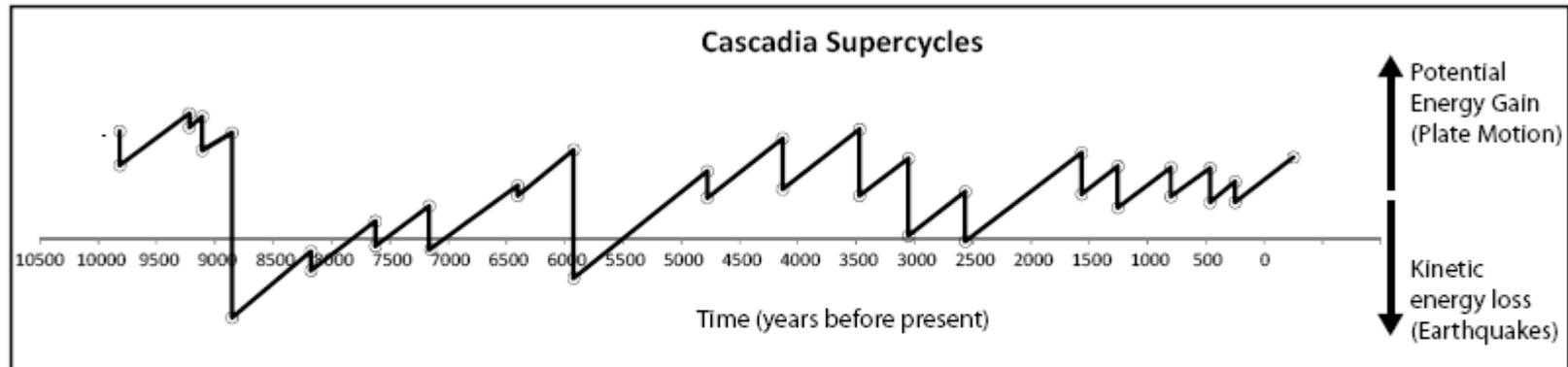
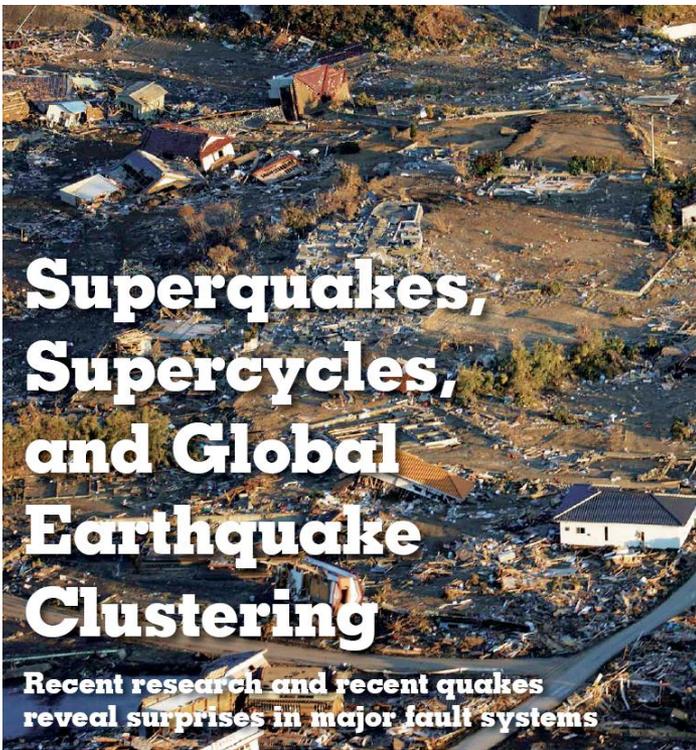
Degré d'intensité
(échelle macrosismique MSK)

- 2 et 2.5 : très faible (rares personnes)
- 3 et 3.5 : modérée (quelques personnes)
- 4 et 4.5 : assez forte (grand nombre)
- 5 et 5.5 : forte (majorité)
- 6 et 6.5 : dommages légers
- 7 et 7.5 : dommages prononcés
- 8 et 8.5 : dégâts massifs
- 9 et 9.5 : destructions nombreuses
- Localité concernée par le séisme

Mesure de la Magnitude cyclicité des gros séismes ?



The historic seismic record from the Cascadia Subduction Zone is no longer limited to instrumental earthquake data (blue dots). It has been extended by the association of mega earthquakes with turbidite deposits identified in offshore sediment cores (orange dots).



Energy cycles along the Cascadia margin, based on 10,000 years of earthquakes: The sawtooth pattern represents the storage of energy from plate motion (upticks) and energy loss from earthquakes (downticks). The complexity of this pattern suggests that simple models based on the most recent events underestimate earthquake potential, as occurred in Tohoku.

Lisbonne, Portugal 01/11/1755 à 10h16

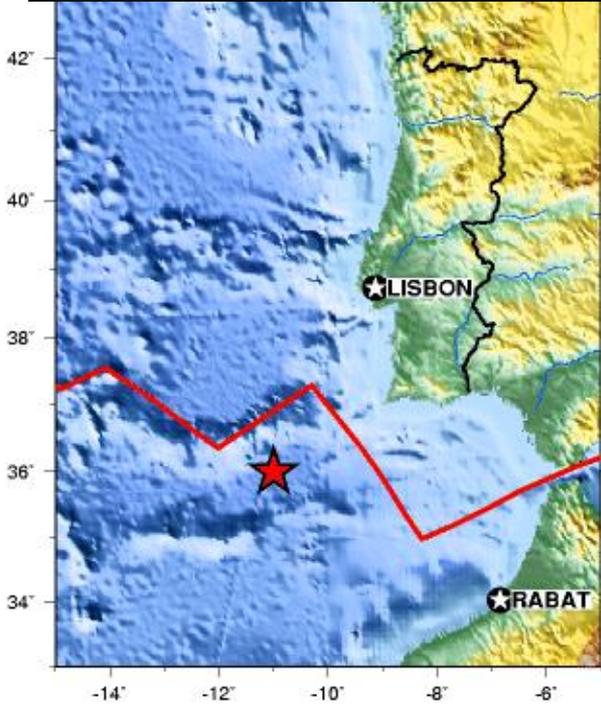


...Un séisme aux
Large des cotes de
magnitude estimée
à 8.7 Mw !!

... Un tsunami
... Une grande ville
Détruite



... le début de la
sismologie en Europe
et...beaucoup de
Questions géologiques!



1755 Lisbon, Portugal Earthquake

...une explication du
Mythe de l'Atlantide??

Une zone de subduction aux portes de l'Europe ?

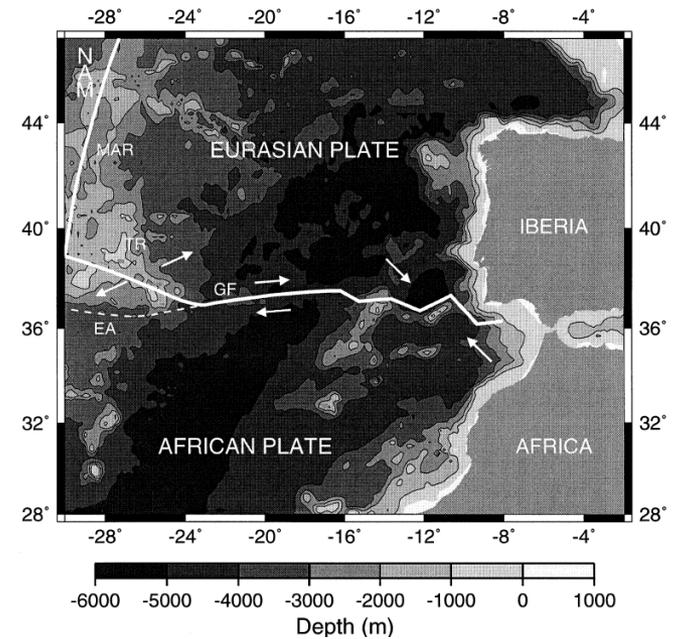
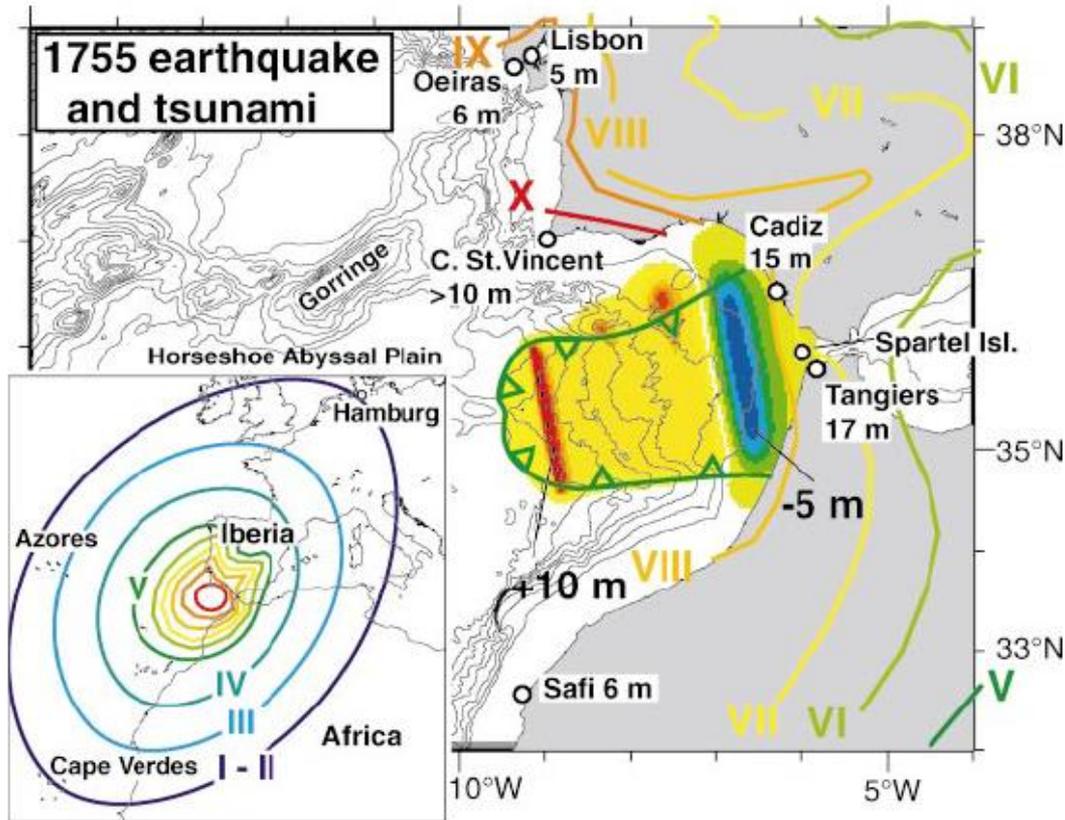


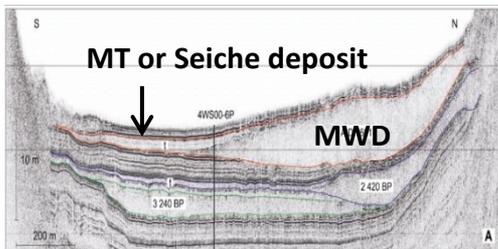
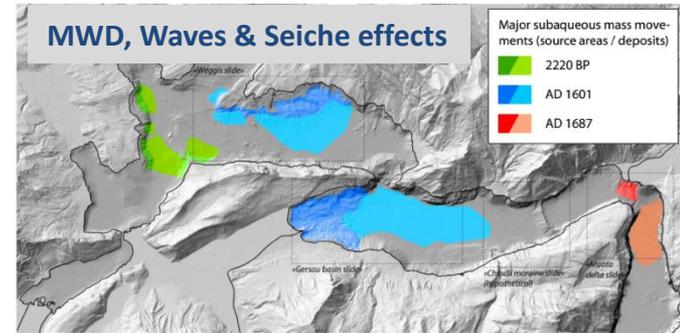
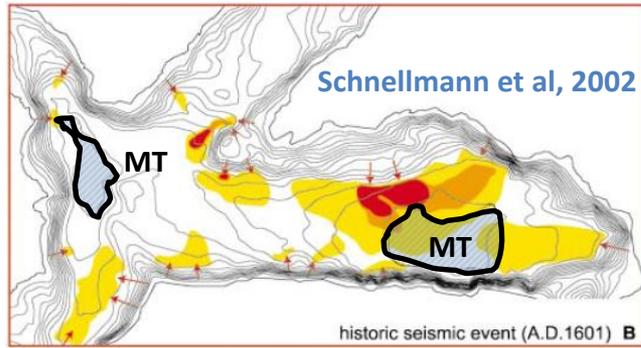
Figure 2. Regional map showing effects of great Lisbon earthquake of 1 November 1755, with isoseismals shown in color (after Martinez-Solares et al., 1979). Historically reported tsunami run-up heights are shown (Baptista et al., 1998). Initial seafloor displacement for east-dipping subduction fault plane is shown (Gutscher et al., 2005). Goringe Bank has also been proposed as source of 1755 earthquake (Johnston, 1996). Inset shows isoseismals in Europe and Africa (Johnston, 1996).



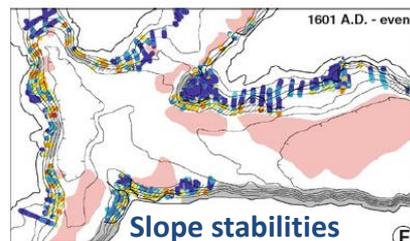
données historiques / archives naturelles

Les Alpes et les lacs en Suisse bougent dangereusement! Depuis quand & pourquoi?

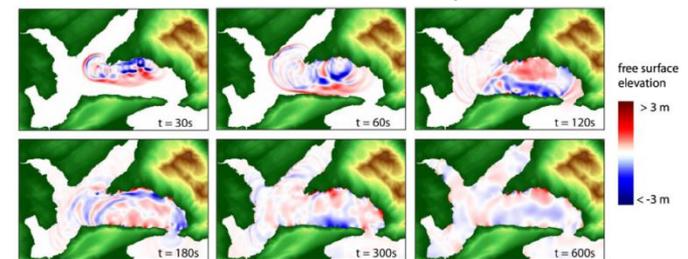
Impact des séismes et des vagues associées dans le Lac de Lucerne: des effets de seiche forment des dépôts de seiche (ou MT) induits par des glissements synchrones ...: signature de séismes régionaux dans un grands lac



Strasser et al, 2011



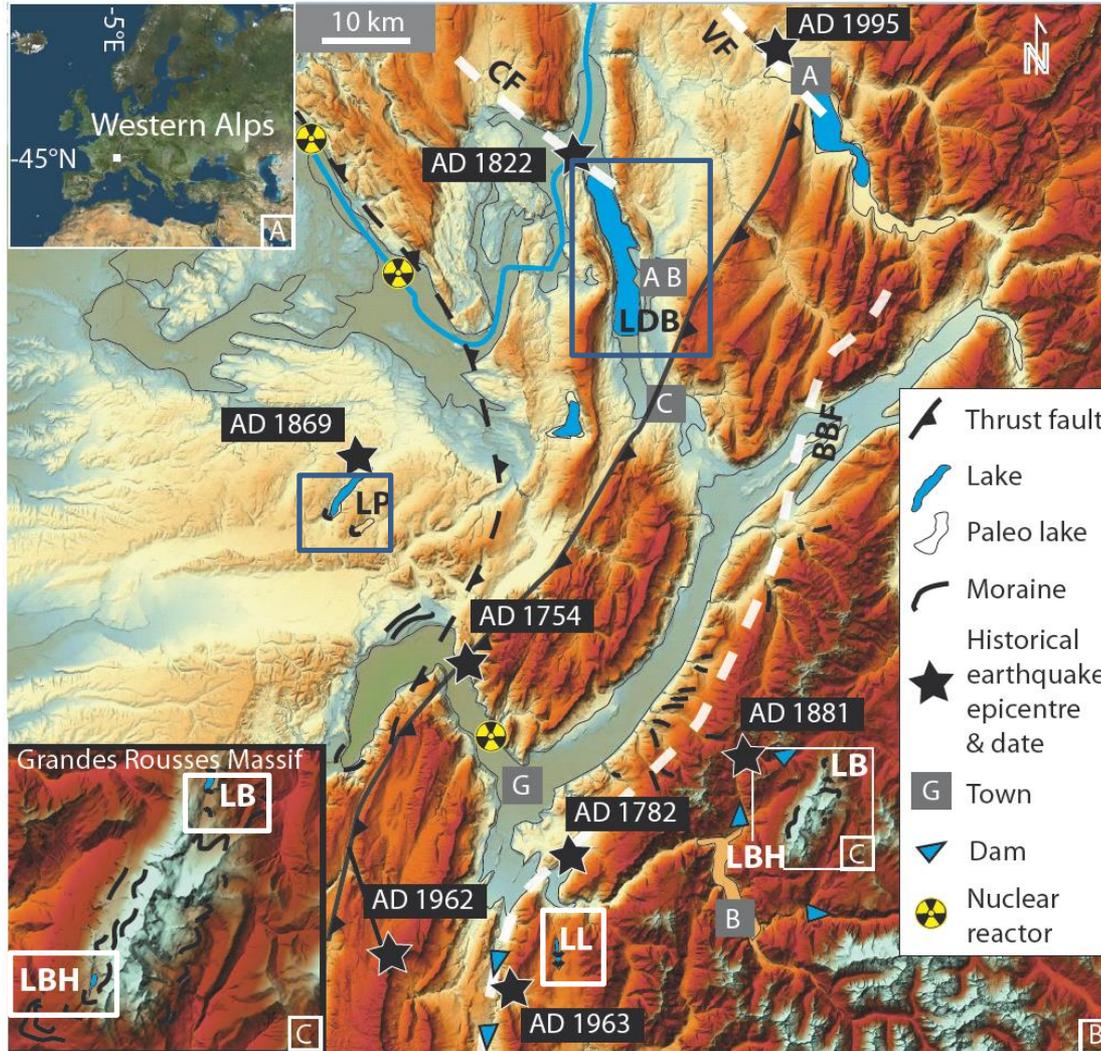
Hilbe & Anselmetti, 2014



MT are connected (or not) to MWDs and are resulting from the remobilization of late glacial deltaic depocenters & the generation of erosive waves associated with a seiche effect

L'avant-pays alpin français: des failles actives, des lacs, des aménagements, des risques & des archives naturelles

Lac du Bourget
 Lac de Paladru
 Lac de Laffrey
 Lac de Bramant
 Lac Blanc Huez



F. Vuache
 F. Culoz
 F. B. Belledonne

Effet de seiche & dépôt de seiche



Glissements gravitaires régionaux synchrones= paléo séismes



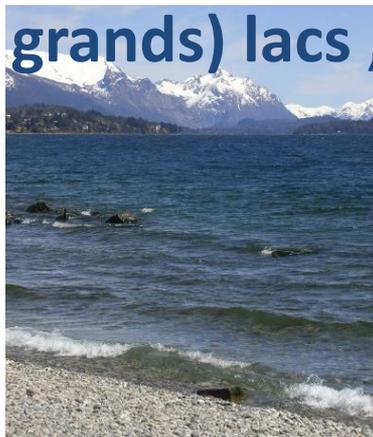
LDB	LP	LBH (1)	LB (2)	LL (3)	Historical earthquake
		SE11 (S)		DF1/DF2	AD1962/63
	MWD4 + T4 ?	SE10 (T)	S	DF4	AD1881
MWD+SD	MWD4 + T4			DF4 ?	AD1869
		SE9 (T)	T		AD1822
				DF5	AD1782
	MWD3 (AD 1660 +/- 100			DF6	AD1754
					Holocene Earthquake
Neogl. MWD (5020 +/- 200)	MWD2+T2 (5190 +/- 50)	SE4 (5375 +/- 175)			ca. 5200 cal BP
HDU MWD +SD (9550 +/- 150)	MWD1 (9010 +/- 600)	SE1 (9680 +/- 140)			ca. 9550 cal BP

**Petit Age
Glaciaire**

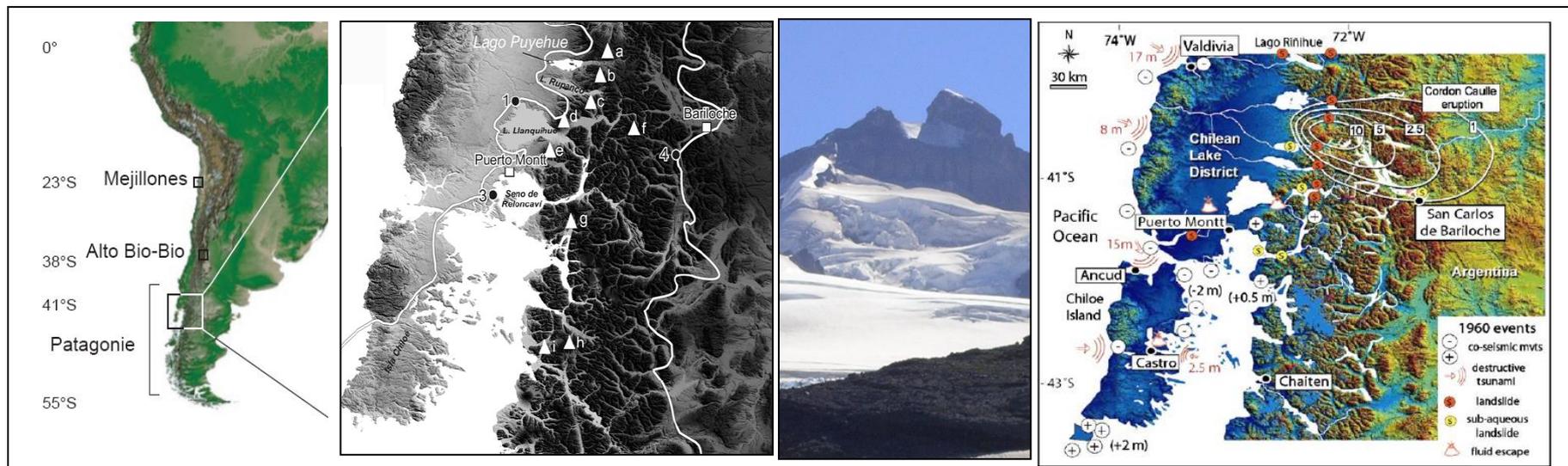
Néoglaciale

Boréal

Les Andes de Patagonie: une marge très active, des (petits & grands) lacs, des fjords, des volcans, encore peu d'hommes



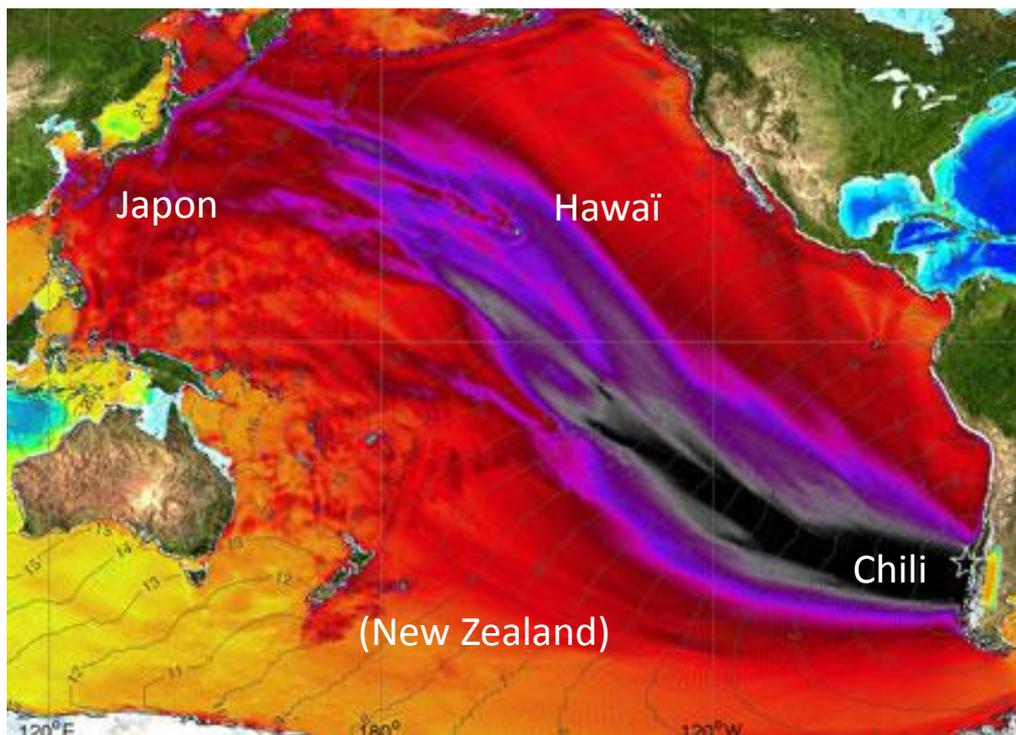
Les territoires Mapuches Nord Patagonie (Chili & Argentine)



- les volcans les plus actifs d'Amérique (Llaima, Villarica)
- la 3ème masse de glace mondiale en période glaciaire
- des forêts plurimillénaires (Valdivian rain forest)
- des séismes de subduction majeurs dévastateurs documentés depuis les conquistadors (ex: 1960, 1575)
- une zone sensible à la variabilité climatique ... aujourd'hui en pleine anthropisation (salmoniculture)

Valdivia: un port historique terrassé en 1575 & en 1960

Le séisme de Valdivia (9.5 Mw)
La crise du 8 mai 1960
au Sud du Chili...et jusqu'au Japon



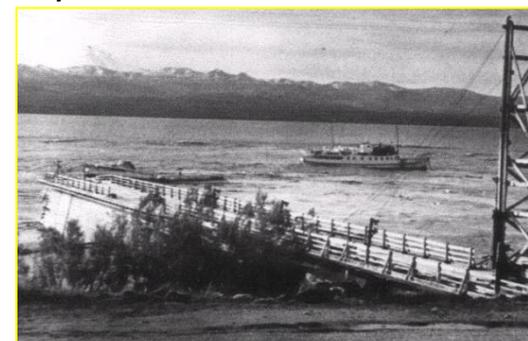
« Tsunami transpacifique » - Mai 1960



Séisme - Valdivia 1960 (Mw 9.5)

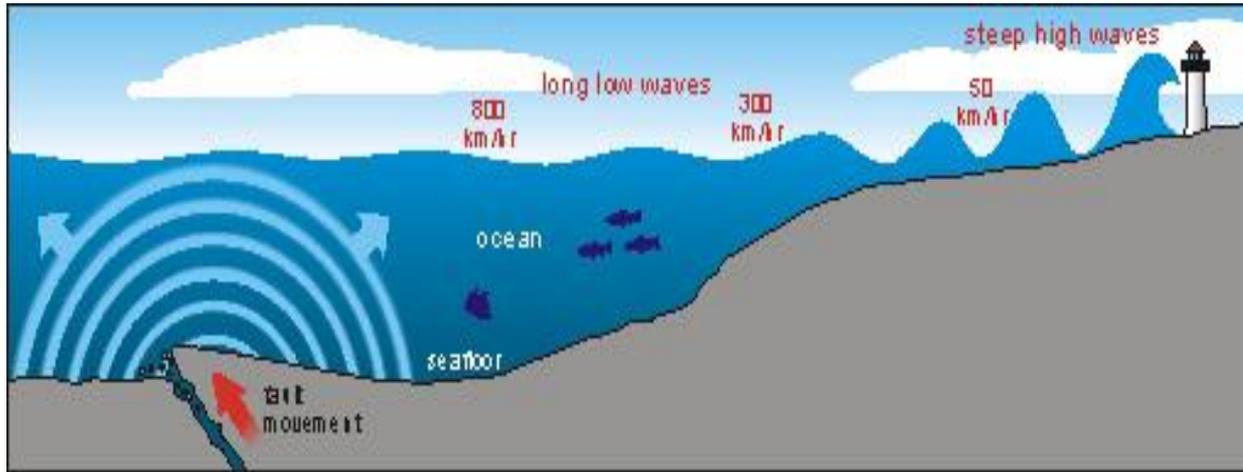


Eruption - Puyehue 1960

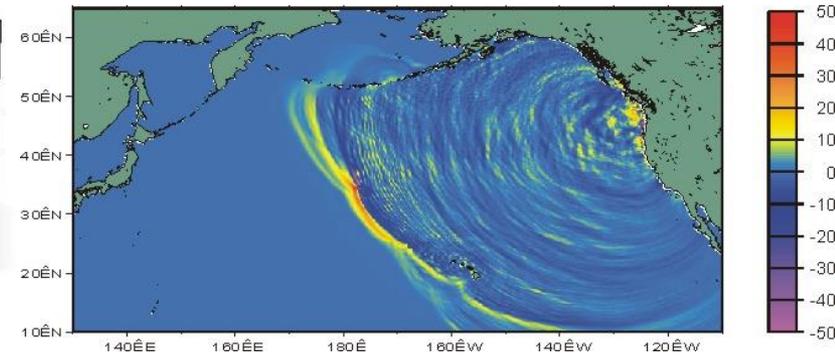
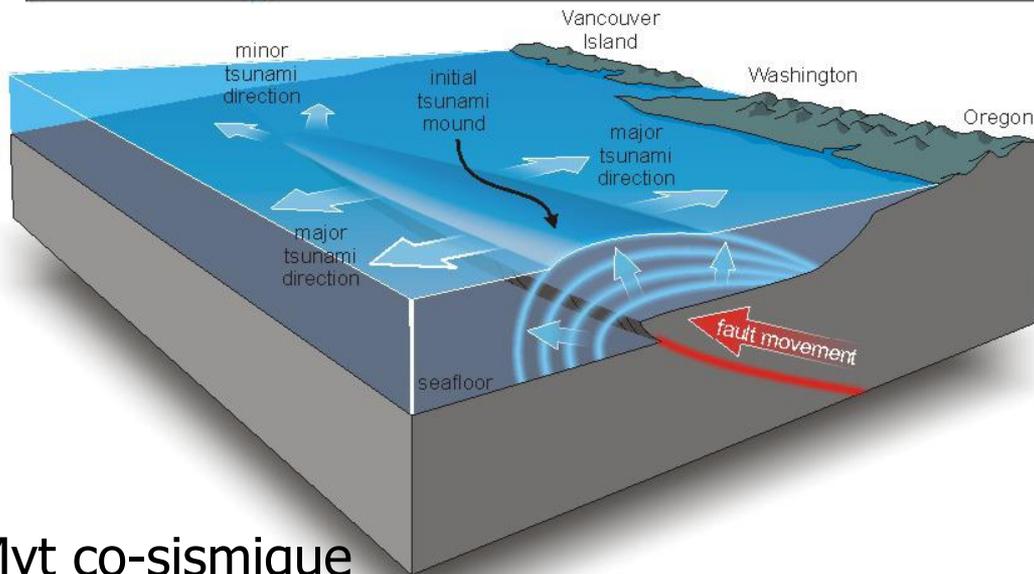


« Tsunami lacustre » - Bariloche 1960

Séismes « tsunamigéniques »



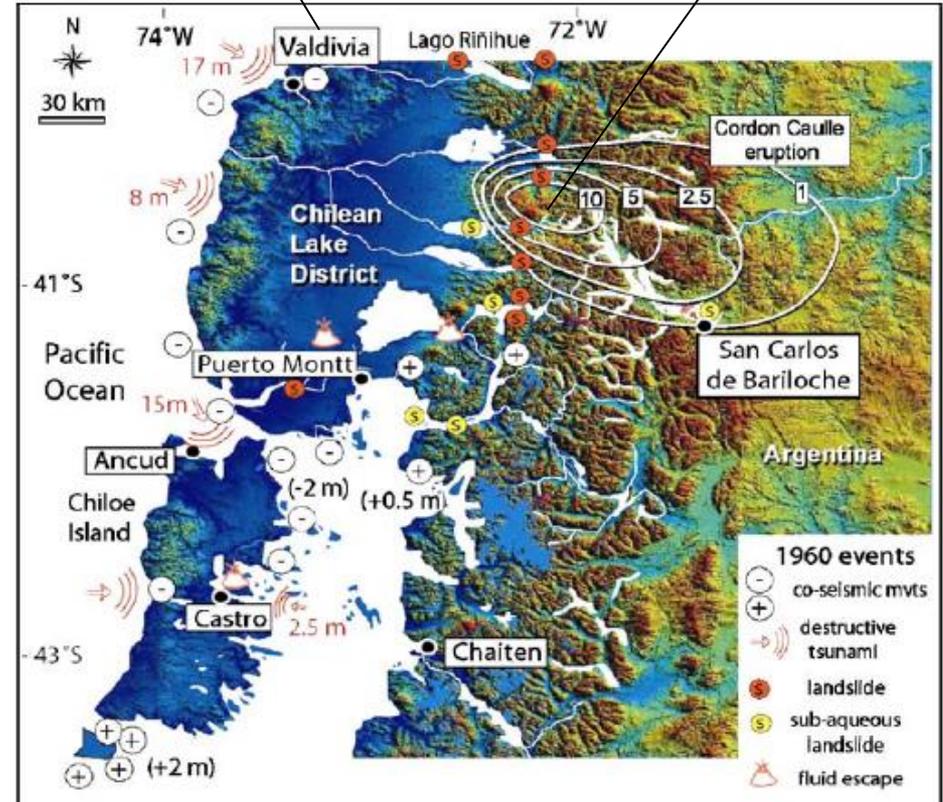
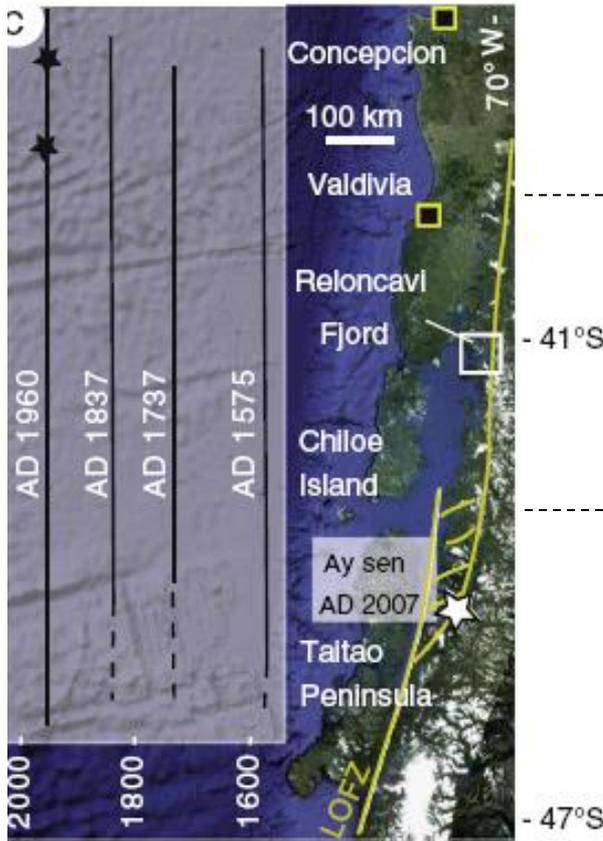
Formation et propagation d'un tsunami (un vague de surface)



Modélisation de la propagation d'un tsunami trans-pacifique

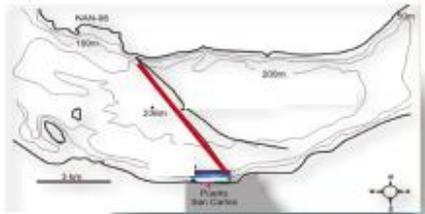
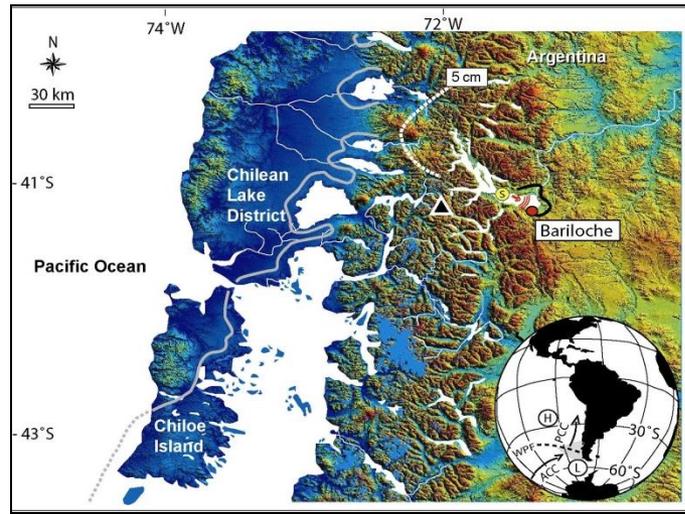
Mvt co-sismique de grande échelle: Formation de tsunami

Impact du séisme de Valdivia (M: 9.5) en Mai 1960 en Patagonie

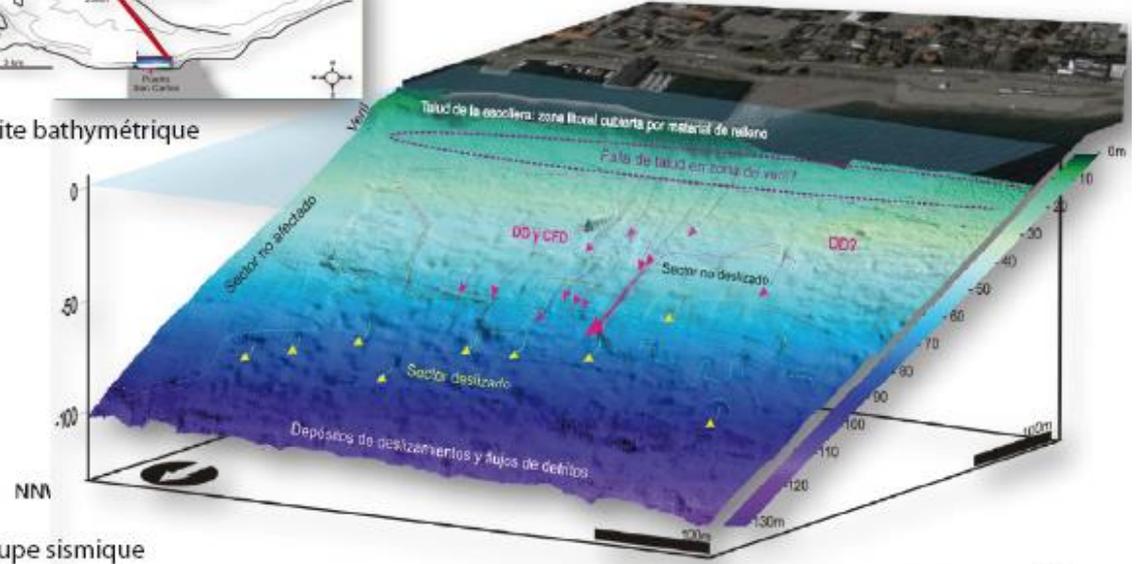


Séismicité historique du Sud du Chili (longueur des zones de rupture en 1575, 1737, 1837, 1960) & localisation des épocentres de 2007 et 2010 (☆)

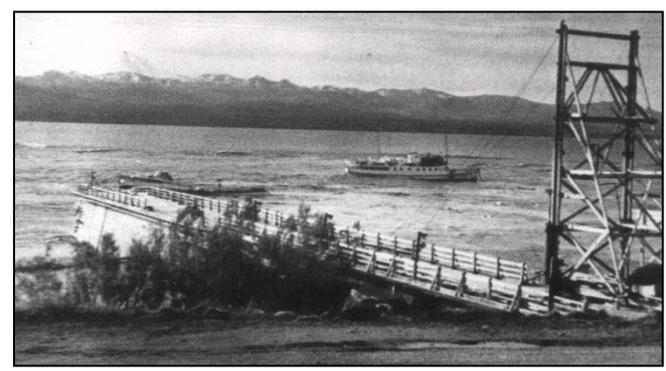
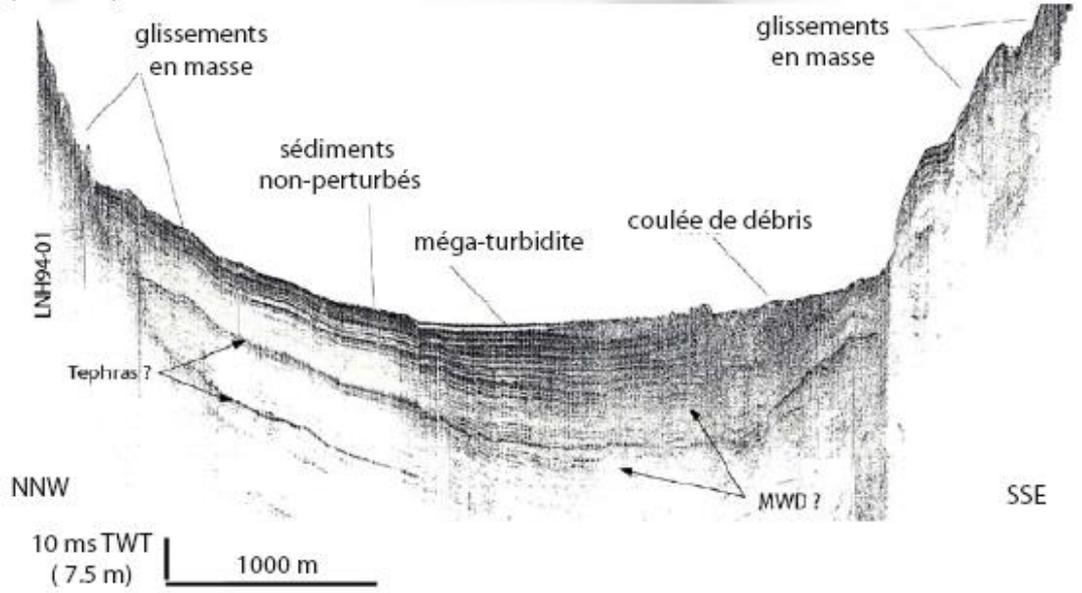
L'enregistrement sédimentaire de la sismicité du Nord de la Patagonie dans le lac Nahuel Huappi (Argentine)



Boite bathymétrique



Coupe sismique

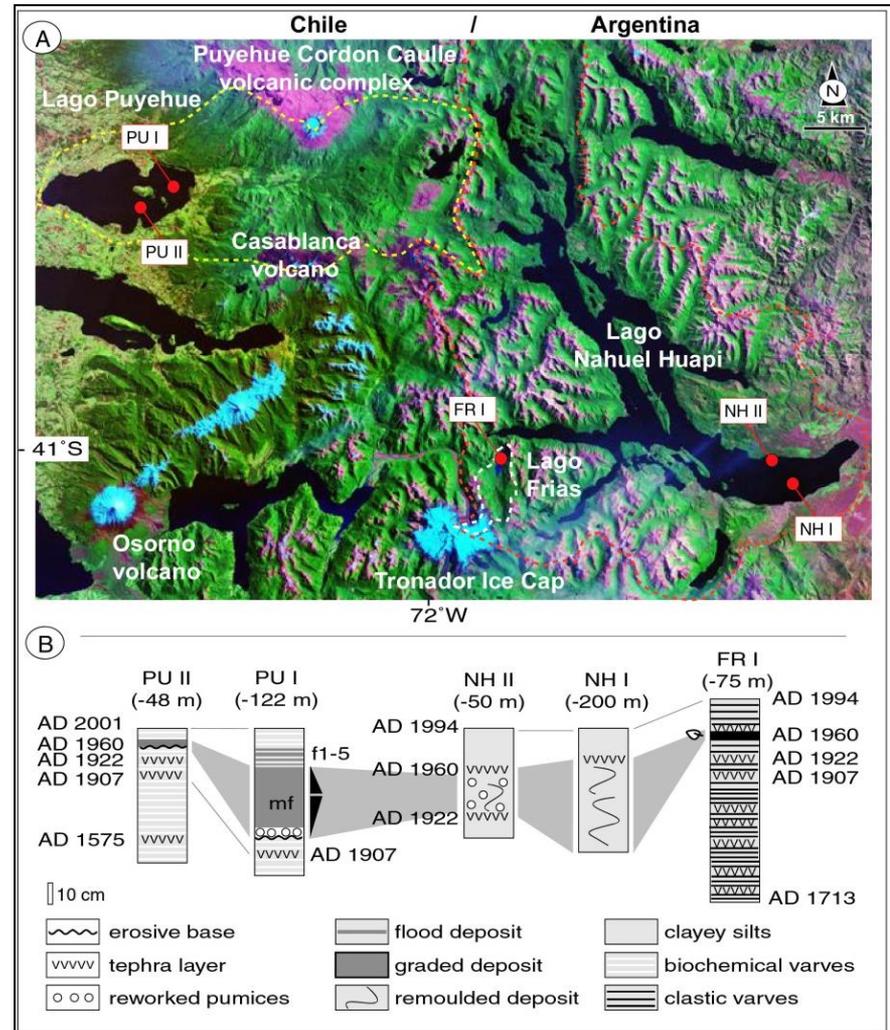


Signature régionale du séisme de 1960 ?

Un dépôt de Tsunami dans l'estuaire Maulin

(cote Pacifique du Chili)

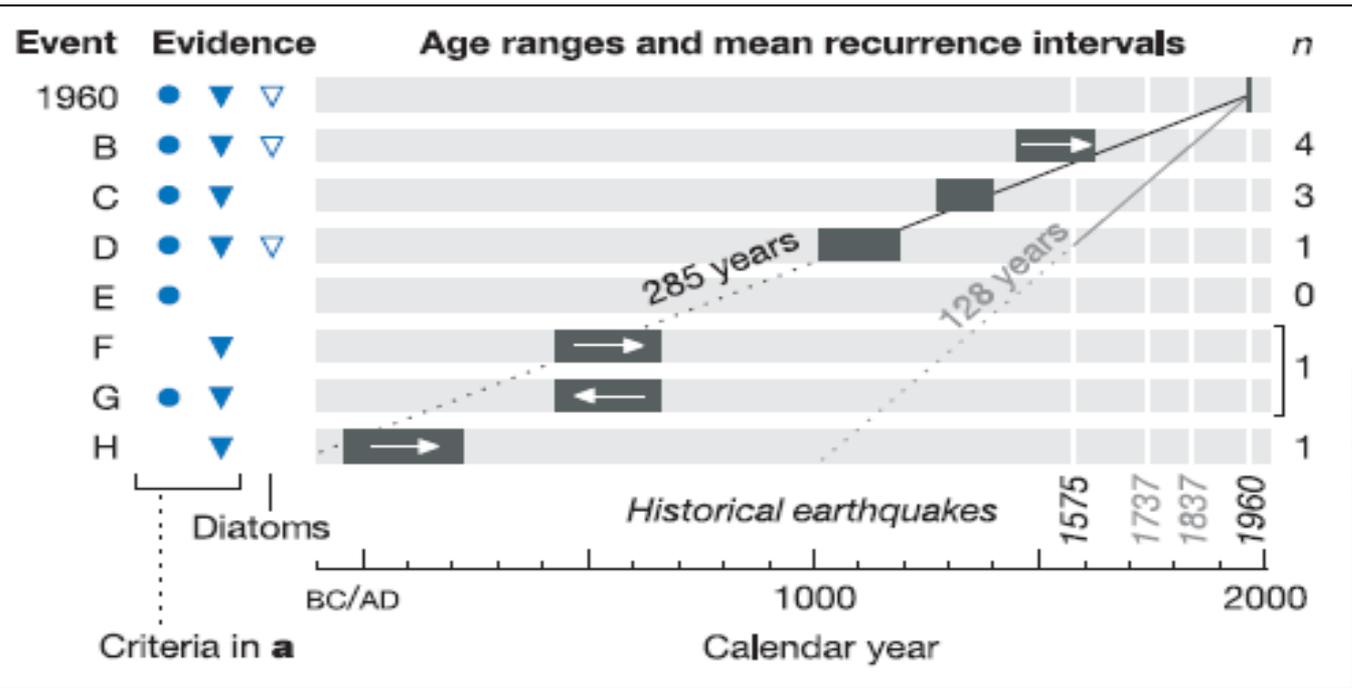
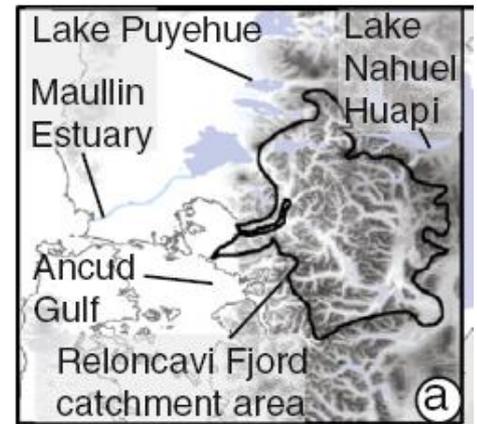
Une séquence de référence favorisée par un mouvement co-sismique il y a 2000 ans



Des glissements dans les lacs glaciaires andins (Chili, Argentine)

Un niveau de cendre à l'Est du volcan principalement

Récurrance des séismes majeurs au Chili ?

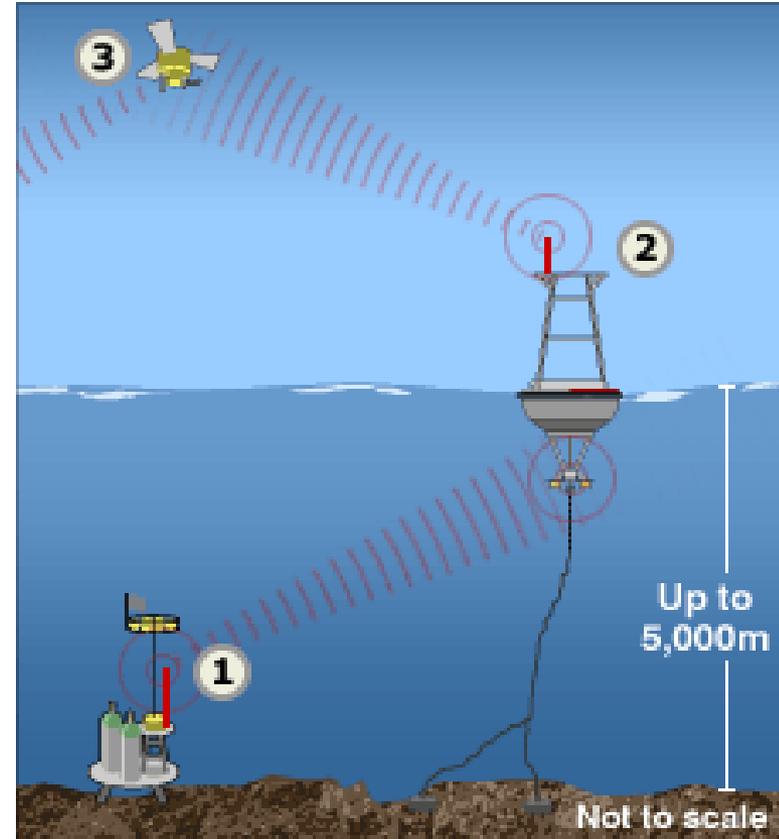


Récurrance des tsunamis
 dans l'estuaire Maullin
 (2000 ans d'archives)
 285 ans !??

Prévoir & comprendre les tsunamis ?

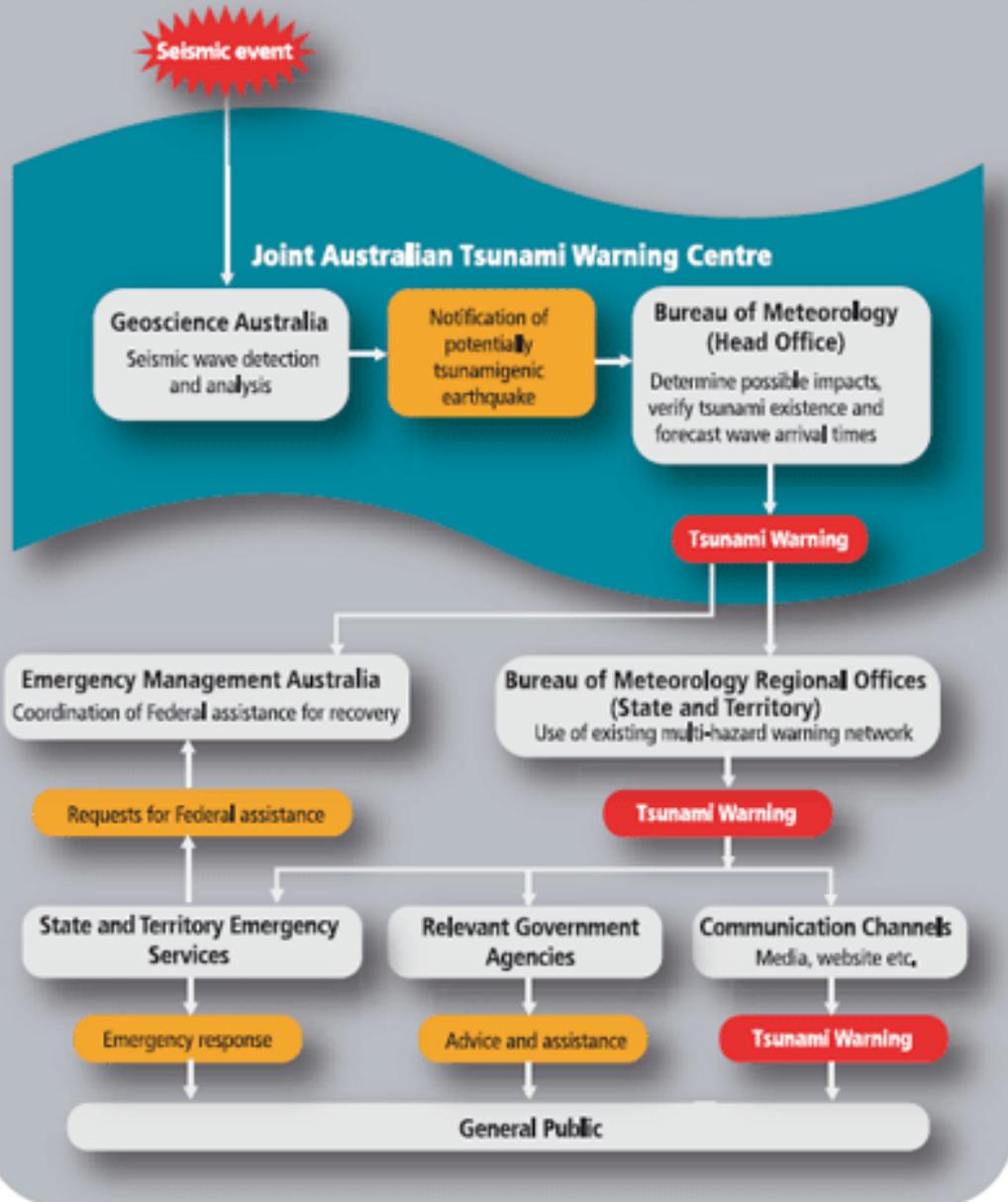


Détection d'un tsunami en océan ouvert

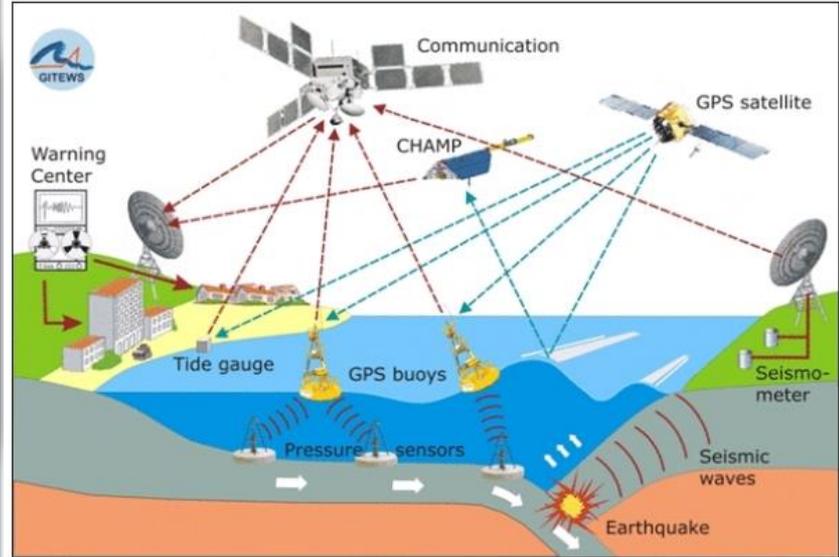


- 1) Sismomètre et émission de la donnée à la bouée en surface
- 2) Bouée en surface détectant aussi les changements du niveau de la mer et le déplacement
- 3) Transmission des données par satellite au centre d'évaluation des risques de tsunami

Australian Tsunami Warning System

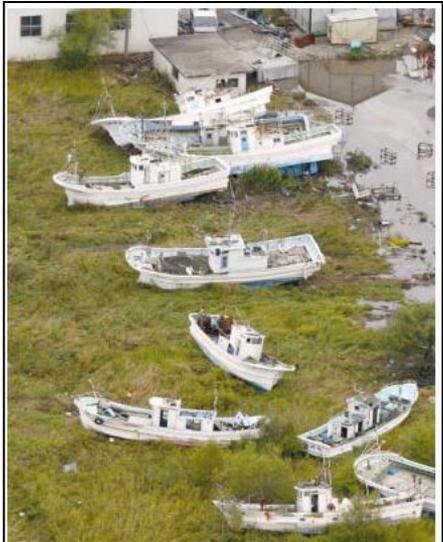


Gérer le risque tsunami

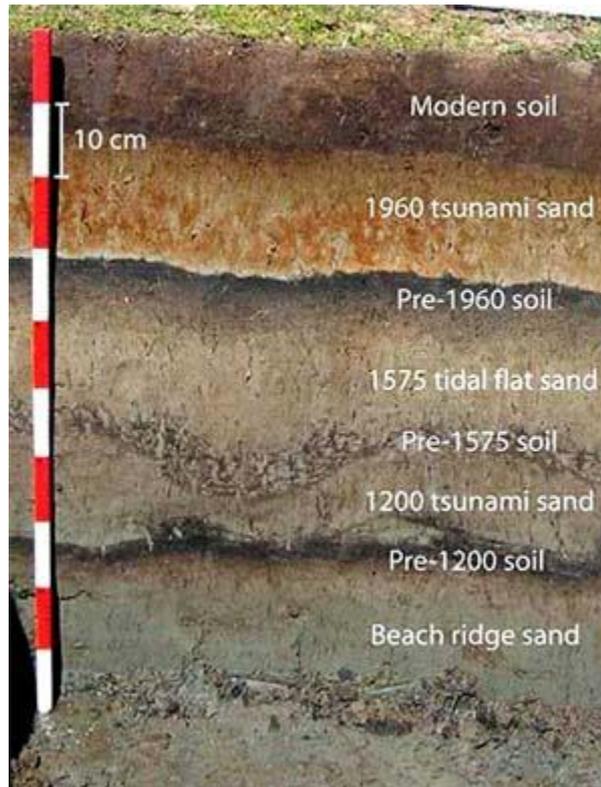


Eduquer les populations

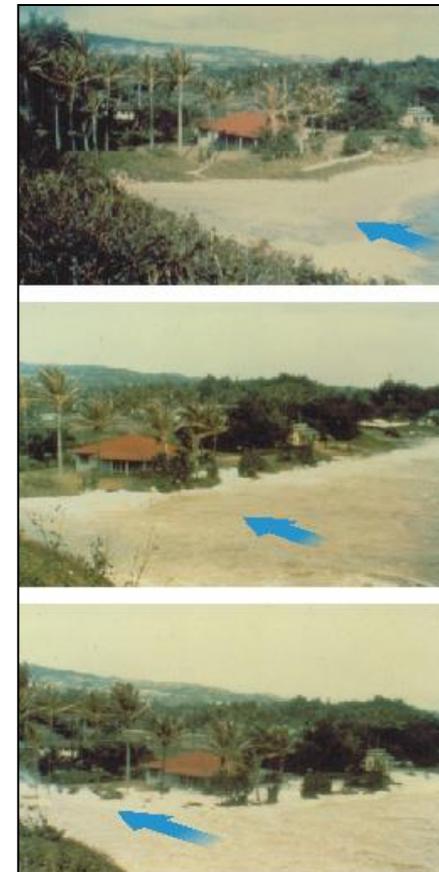
Retrouver les dépôts de tsunami



Littoral de l'Île de Vancouver (Canada)

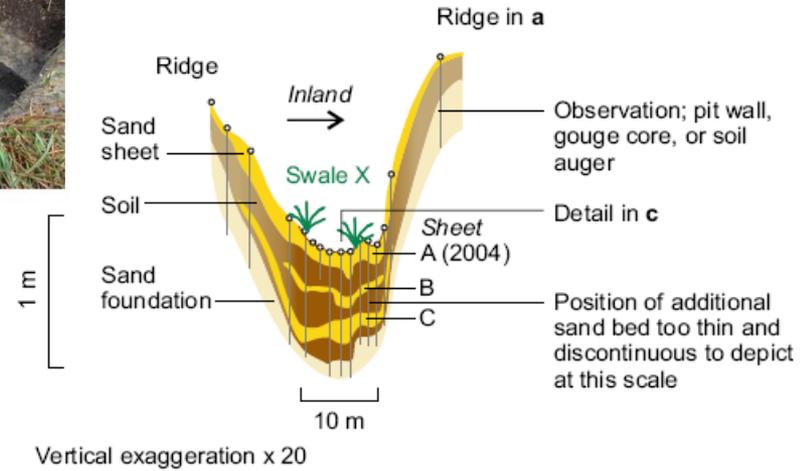


Estuaire Maullin (Chili)

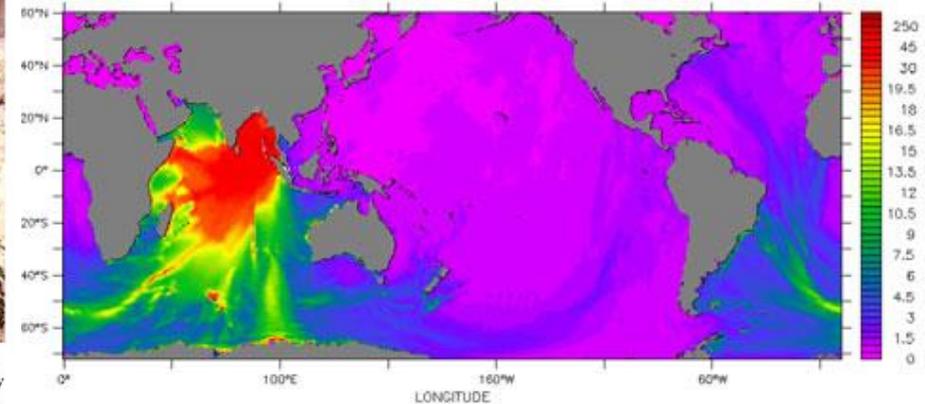


Littoral de Sumatra (Indonésie)

Actualisme & catastrophes naturelles: de l'observation... à la modélisation (Sumatra, 2004)



T (SECONDS) : -120 to 240040 (maximum) DATA SET: topo16_hs



Wave Amplitude (CENTIMETERS)

Figure 1 The town of Lhoknga, on the northwest coast of Sumatra, before (left) and after the tsunami of 26 December 2004. These satellite photographs show the force and extent of the tsunami. The only building to survive was the mosque, seen as the prominent white structure on the right of both images. From sand layers in Thailand⁴ and northern Sumatra⁵, the best estimate is that the last tsunami of a similar scale occurred 600–700 years ago.

Origine de la volcanologie: la catastrophe de Krakatoa de 1883

éruption, nuée ardente, collapse de caldera, tsunami, ...



Le Krakatoa, en Indonésie, et son éruption de 1883

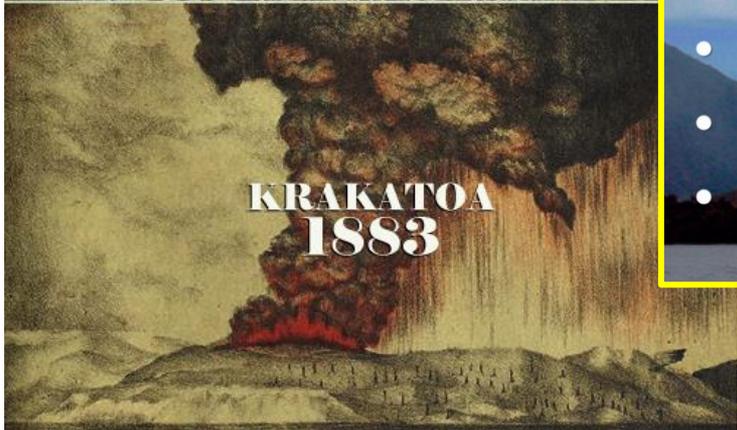
Le Krakatoa est un volcan indonésien situé dans un archipel d'îles, entre Java et Sumatra. Son activité est liée à la rencontre des plaques indo-australienne et asiatique.

Il est surtout connu pour son explosion du 27 août 1883, qui a été entendue jusqu'en Australie. Cette violente éruption a tué des dizaines de milliers de personnes, à cause de la retombée des cendres et des tsunamis engendrés par l'effondrement du volcan sous la mer. Les particules émises dans l'atmosphère ont provoqué une diminution globale de la température pendant l'année suivante. En Europe, cette éruption a donné lieu à des couchers de soleil flamboyants.

© dhitterz, CC by-nc 2.0

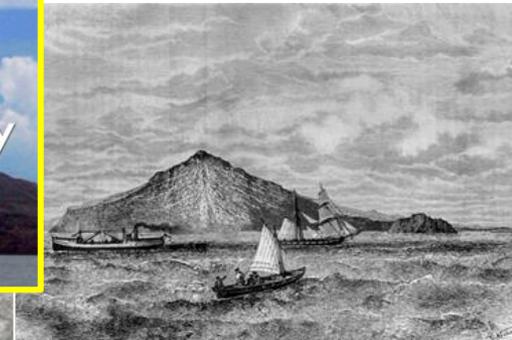
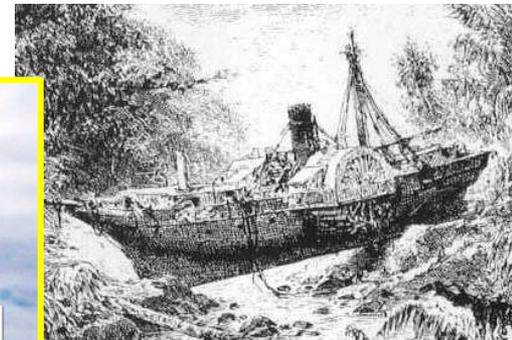
Krakatoa (1883) une catastrophe archivée & bien expliquée aujourd'hui

éruption, nuée ardente, collapse de caldera, tsunami ...



ERUPTION

- May 20, 1883
- Loudest sound ever recorded
- 36,000 fatalities
- Heard from 4,800 Km. Away
- 200 tons of mega TNT

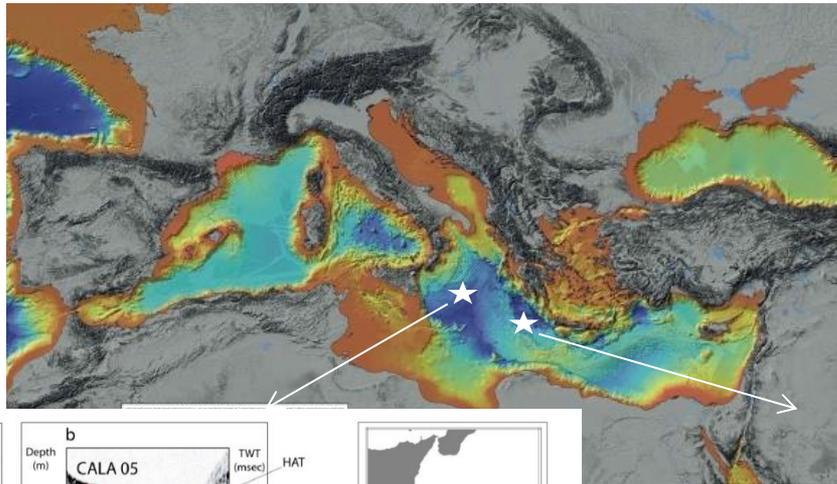


L'Europe est elle exposée a de telles catastrophes?

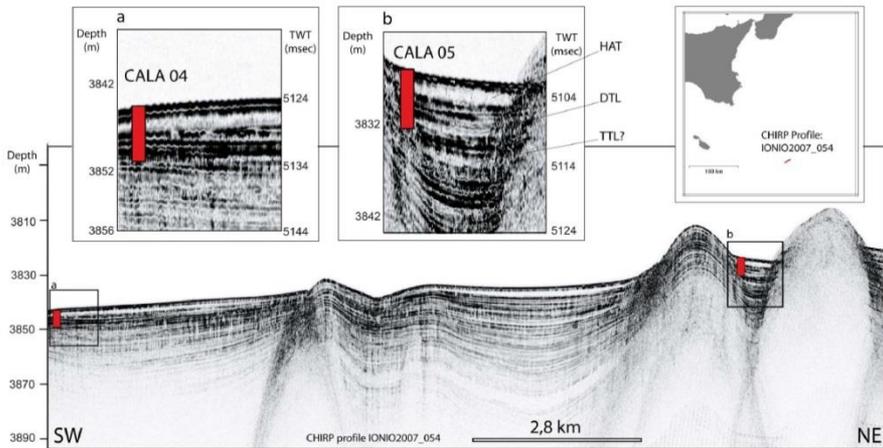
Cita & Aloisi, 2000



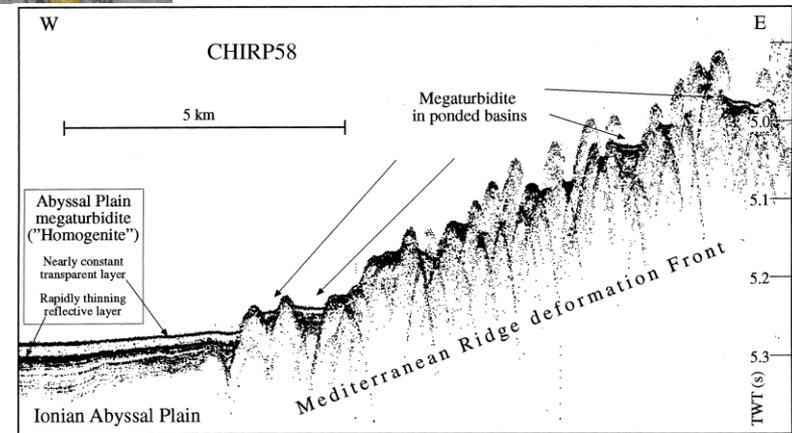
Santorini collapse & tsunami
3500 BP= fin civilisation Mionienne



Polonia et al, 2012



AD 365 Crete earthquake (Mw 8,5)
& tsunami



Rebesco et al, 2000

L'exemple du Mont St Helene: violence d'une éruption phréato-magmatique



En Europe et en Afrique des lacs de maars..méromictique

Prise de conscience d'un risque volcanique complexe: les éruptions limniques exemple du lac Nyos 1986



Fig. 1. Map of Africa with the location of Nyos, Monoun (Cameroon) and Kivu (DRC) lakes (stars).

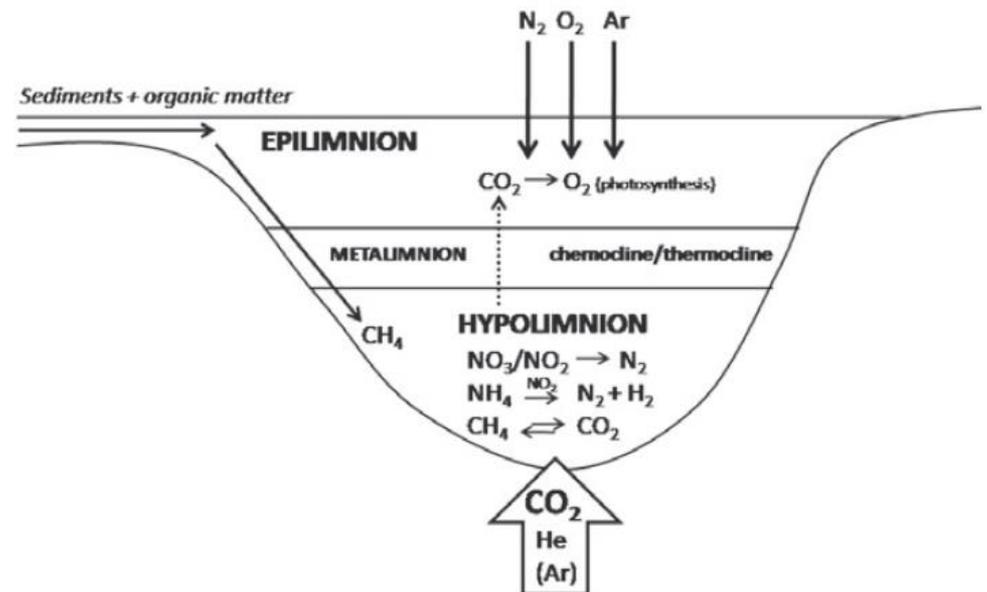


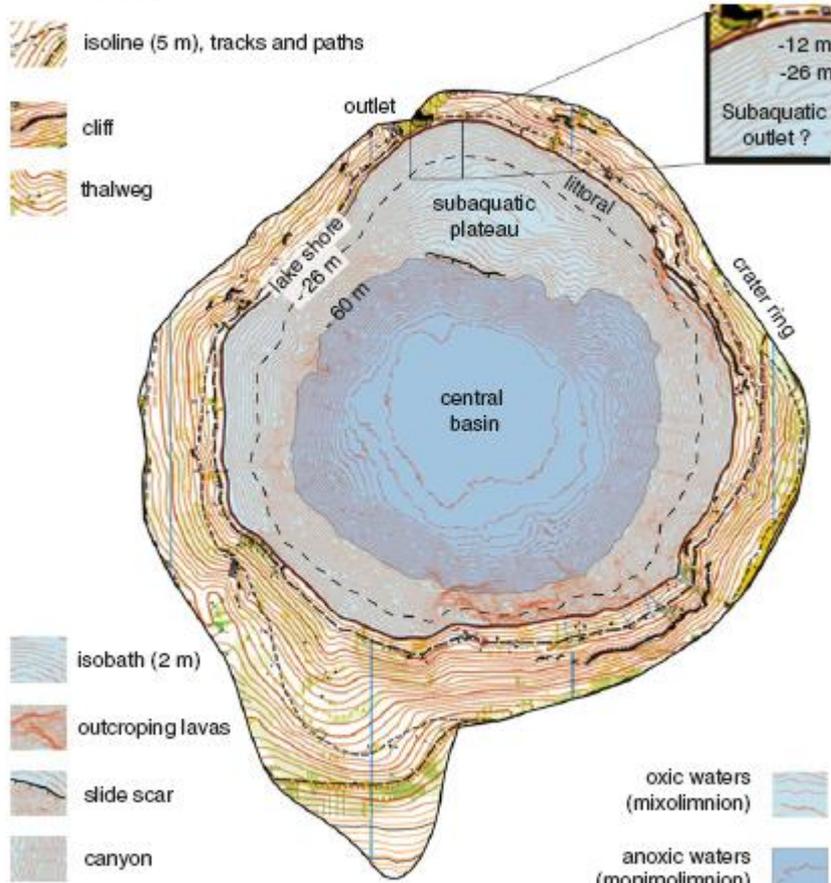
Fig. 2. Sketch of the lake stratification of a meromictic lake, and related processes to describe the origin of the dissolved gases in the various lake strata.

Des éruptions limniques dans le lac Pavin (Auvergne) ?

Lake Pavin crater geomorphology

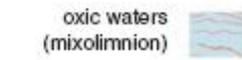
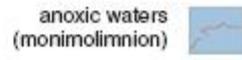
Topographic features

-  isoline (5 m), tracks and paths
-  cliff
-  thalweg



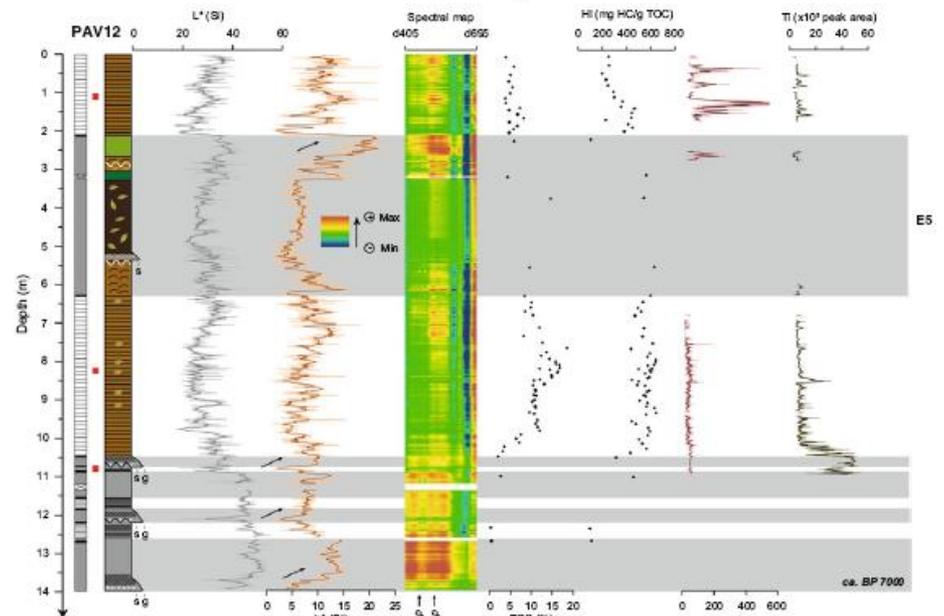
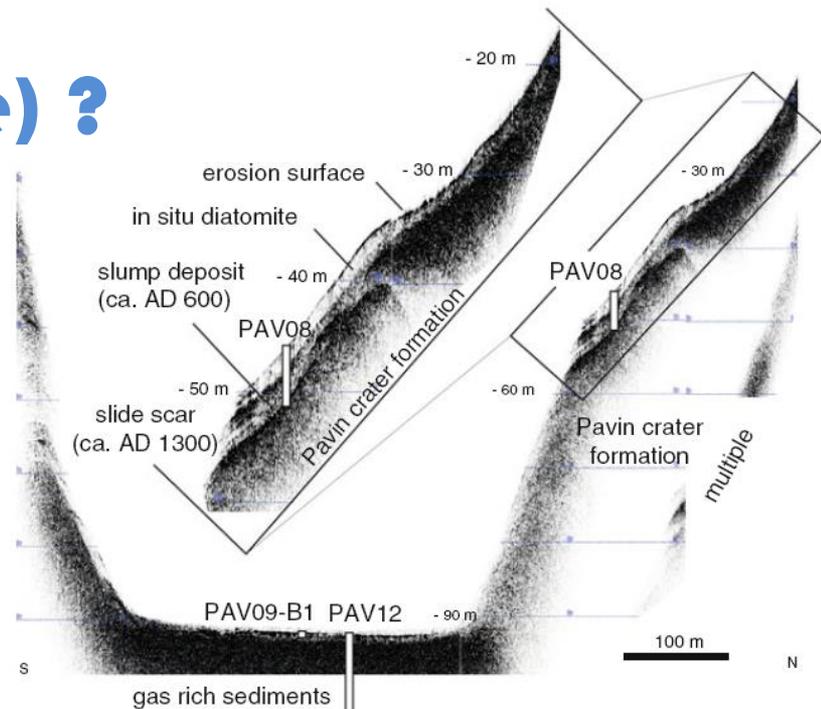
-  isobath (2 m)
-  outcropping lavas
-  slide scar
-  canyon

Subaquatic features

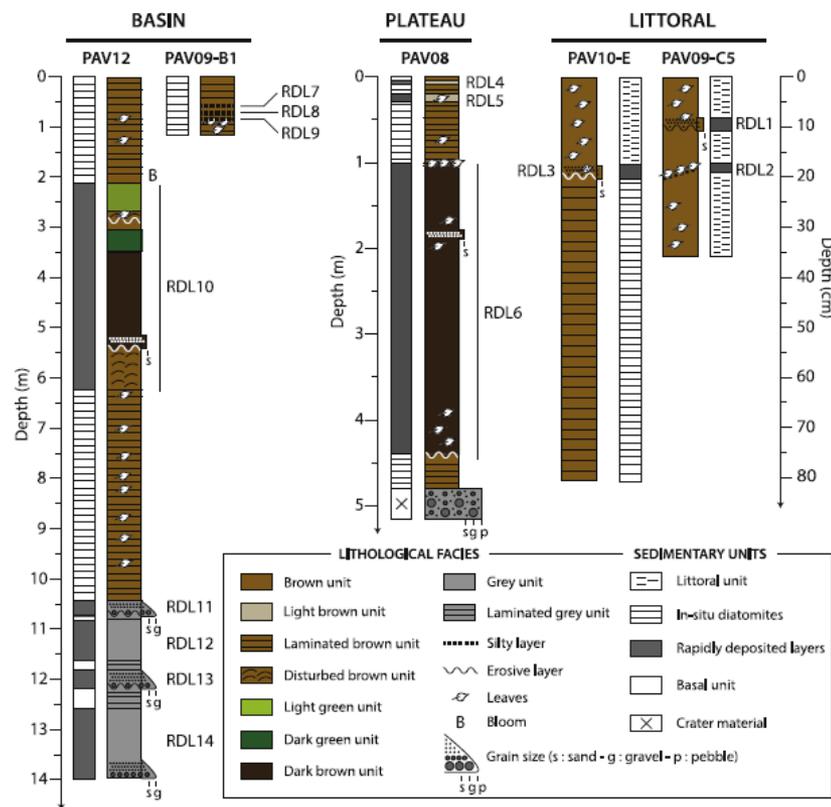
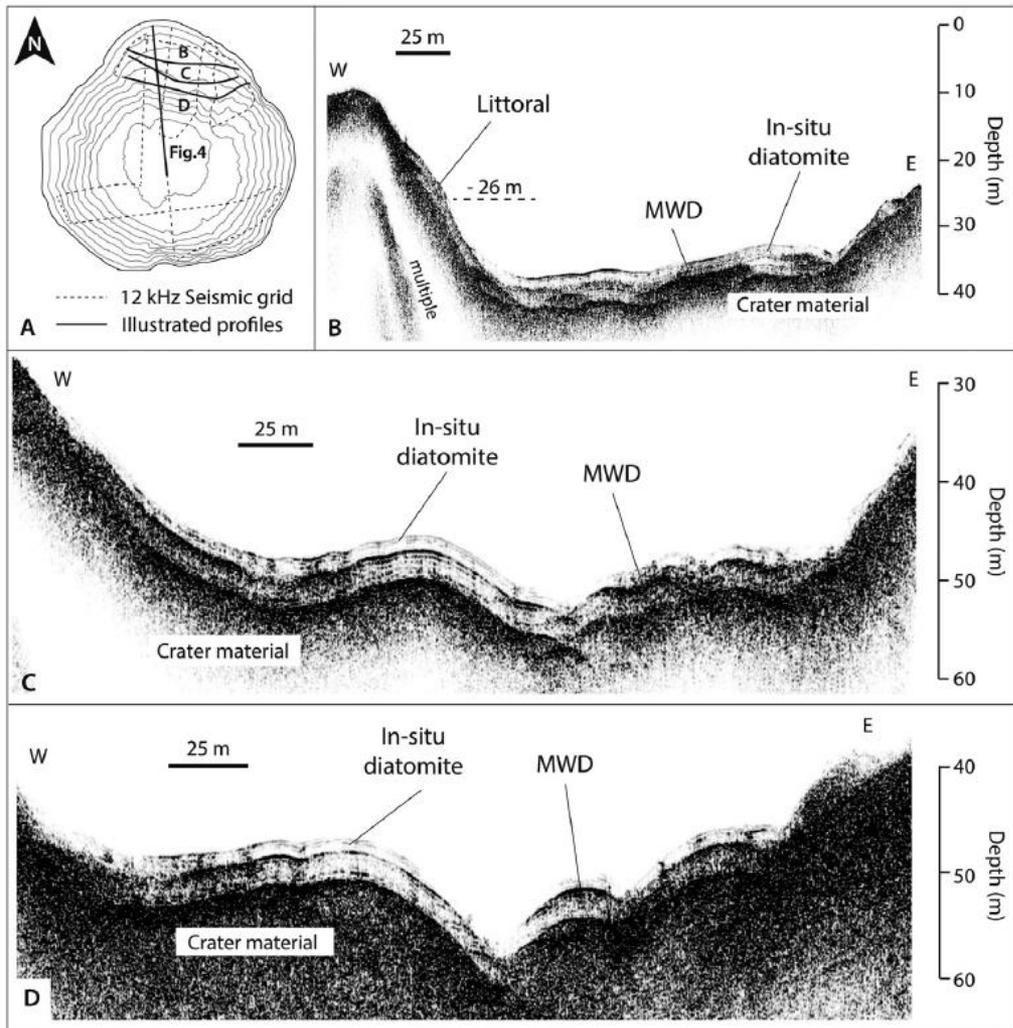
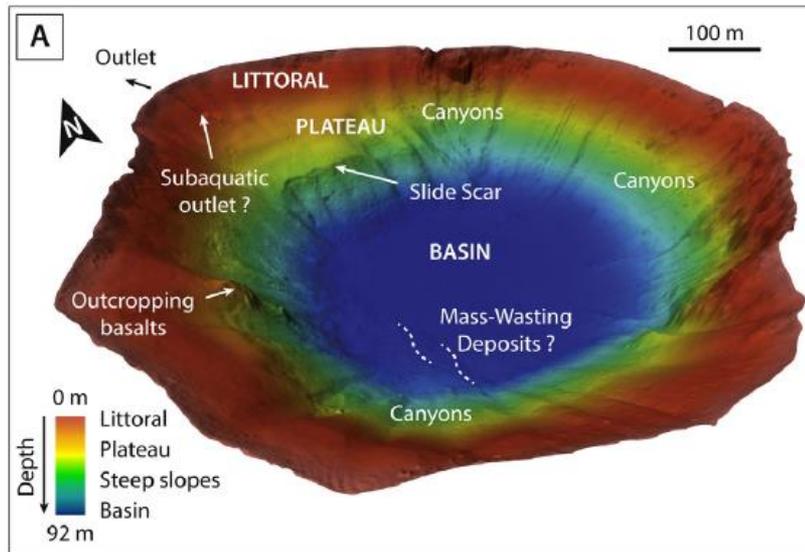
-  oxic waters (mixolimnion)
-  anoxic waters (monimolimnion)

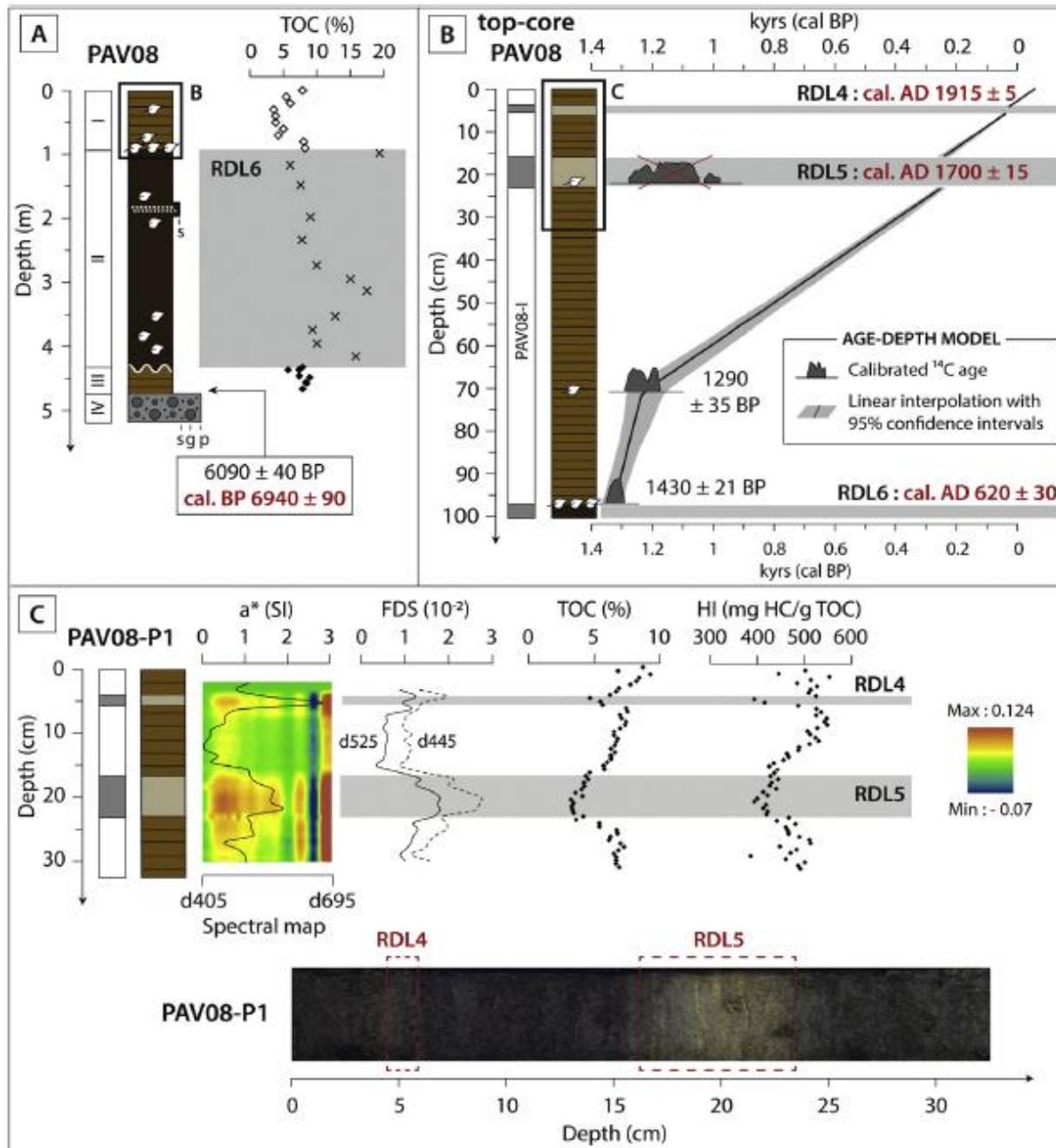
Limnologic features

No delta !



Glissements du Lac Pavin





Exposition du massif centrale français aux risques naturels

(séismes, crues, glissements, éruptions limniques)

