



Philippe Guéguen

Risque sismique à Grenoble
sommes nous préparés ?

ISTerre @ Université de Grenoble Alpes
philippe.gueguen@univ-grenoble-alpes.fr

RAPPORT DE LA MISSION de
LUTTE
CONTRE L'INFLATION
NORMATIVE

Etabli par
Alain Lambert et Jean-Claude
Boulard
2013

[https://medias.vie-publique.fr/
data_storage_s3/rapport/pdf/
134000199.pdf](https://medias.vie-publique.fr/data_storage_s3/rapport/pdf/134000199.pdf)

Sur ce podium :

1 La norme saucisses, œufs durs, nuggets.

2 La norme ouvre la fenêtre qu'on respire un peu.

3 Les normes sismiques là où la Terre n'a jamais tremblé.

"Une ville comme Le Mans, dont l'histoire sismique reste dans toutes les mémoires..., se voit imposer des normes constructives plus draconiennes (chainages et ferrailages plus importants, sections des structures potentiellement plus grandes...).

Le surcoût estimé est de l'ordre de 1 à 5 % suivant le type d'édifice (source : Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie)

Il est proposé d'abroger les contraintes antisismiques là où la terre n'a jamais tremblé.»

Séisme de la Laigne 2023 - M 4.8

Zone Faible - $agr=0.7m/s^2$ Classes III et IV

Pertes économiques directes: 200 et 350 millions d'euros

Nb de bâtiments: 135 bâtiments endommagés dont 70 à détruire

soit 2 M€/bâtiment

Prix m2 La LAIGNE 2000€/m2

Soit 1000 bâtiments de 100m2

Laisser la science aux scientifiques

Catastrophes naturelles

Plusieurs points de vue

Wikipedia - Définition générale

Une catastrophe naturelle est un événement d'origine naturelle, subi et brutal, qui provoque des bouleversements importants pouvant engendrer de grands **dégâts matériels et humains**.

INSEE France - Point de vue de l'institution

Une catastrophe naturelle est caractérisée par l'intensité anormale d'un aléa naturel lorsque les mesures habituelles à prendre pour prévenir les **dommages** n'ont pu empêcher leur survenance ou n'ont pu être prises.

Brauman (2010) - Point de vue de l'acteur de l'urgence médicale

Les tremblements de terre constituent une menace de premier ordre pour la **vie humaine**, bien supérieure aux événements climatiques aigus survenant à proximité de zones densément peuplées.

Munich-Re 2002 - Point de vue des assureurs

Une catastrophe naturelle peu fréquente est mesurée par la capacité de l'événement à générer des pertes supérieures à 1 % du PIB, entraînant ainsi une **reprise économique lente et difficile** (Munich Re, 2002).

Bilan des Catastrophes naturelles 1980-2023

Les séismes représentent 10% des CATNAT mais causent 25% et 40% des pertes économiques et humaines

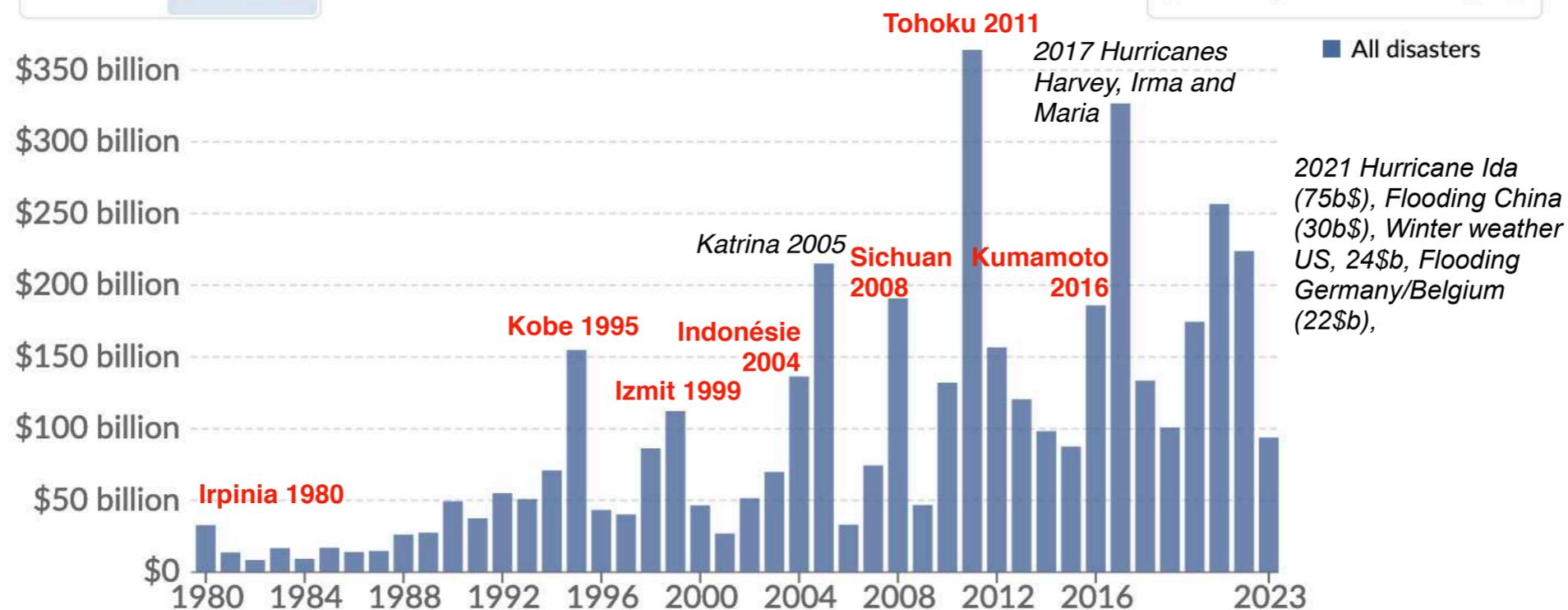
Global damage costs from natural disasters, 1980 to 2023

Our World in Data

Total economic cost of damages as a result of global natural disasters in any given year, measured in current US\$. Includes those from drought, floods, extreme weather, extreme temperature, landslides, dry mass movements, wildfires, volcanic activity and earthquakes.

Table Chart

Change disaster category



Data source: EM-DAT, CRED / UCLouvain (2023) - [Learn more about this data](#)

Note: Data includes disasters recorded up to September 2023.

OurWorldInData.org/natural-disasters | CC BY



Gestion du risque

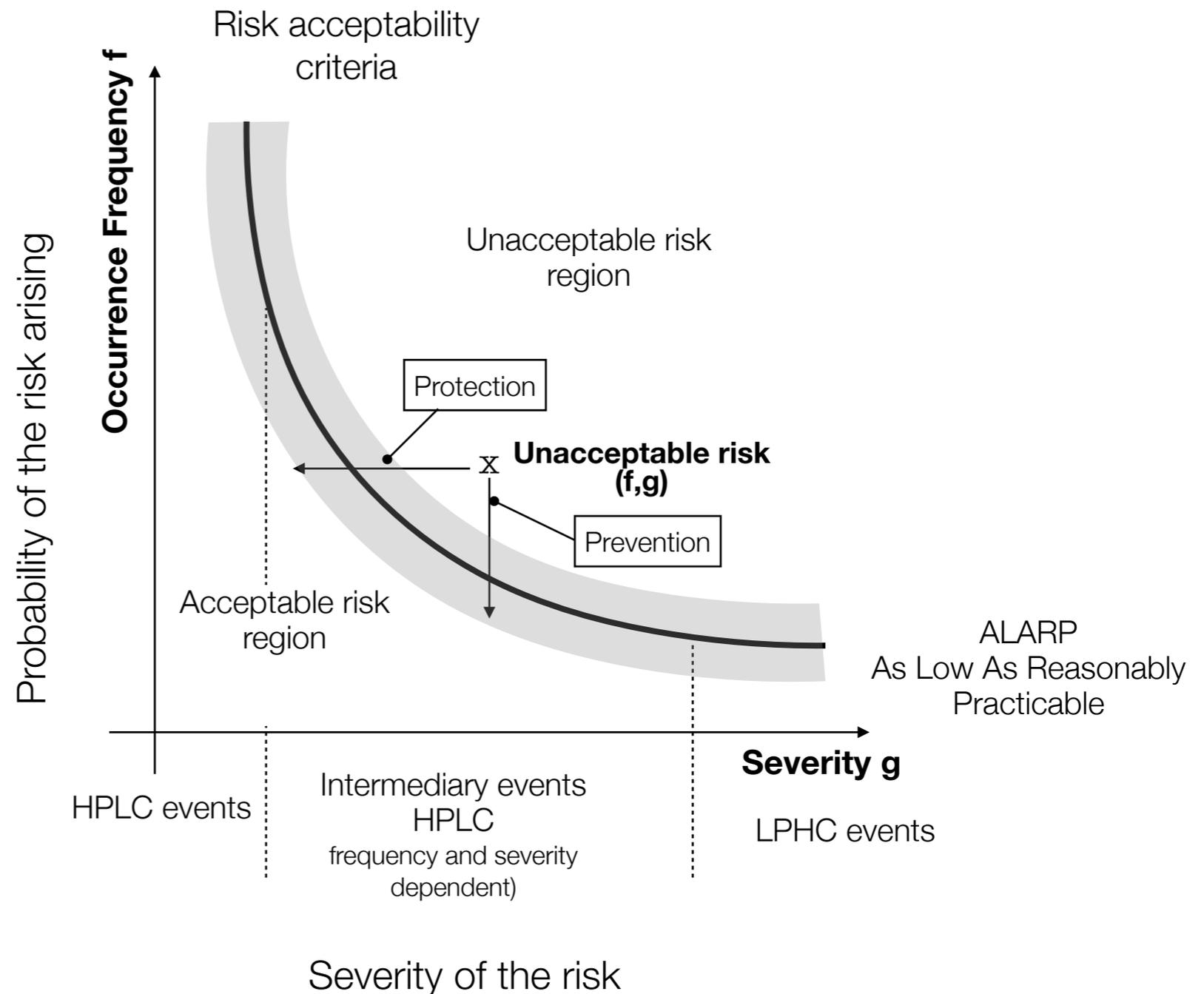
Plus la fréquence d'occurrence est faible, plus les catastrophes (séismes) sont graves

Objectifs généraux

Réduire les victimes
décès, blessés, sans-abris

Réduire les pertes économiques
directes et indirectes (e.g., activité)

Améliorer la résilience
anticipation/planification



Gestion du risque sismique

Ce que nous ne saurons sans doute jamais faire

Prévoir l'heure et la date du prochain séismes

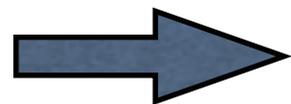
Argmin($W(t,x)$) - W : fonction objective Fausse Alarme

Cartographier et caractériser toutes les failles susceptibles de produire un séisme

les cas de Chritschurch, L'Aquila, Napa Valley...Le Teil!

Estimer avec précision le séisme le plus important probable

As Low as Reasonable Praticable ALARP (e.g., stratégie coût-bénéfice)



Nous devons quantifier les incertitudes dans l'évaluation du risque

Evaluation du risque

Probabilité et incertitude

Nous utilisons les probabilités pour quantifier les incertitudes pour plusieurs raisons

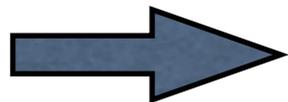
- Elles fournissent un langage commun pour décrire l'incertitude
- Le langage courant est ambigu et imprécis :

“l'opération va probablement réussir”

“les coûts vont probablement augmenter are likely to rise”

“Les tremblements de terre de magnitude $M > 5$ sont susceptibles de se produire au cours des 100 prochaines années.”

- Elles facilitent l'analyse des décisions incertaines

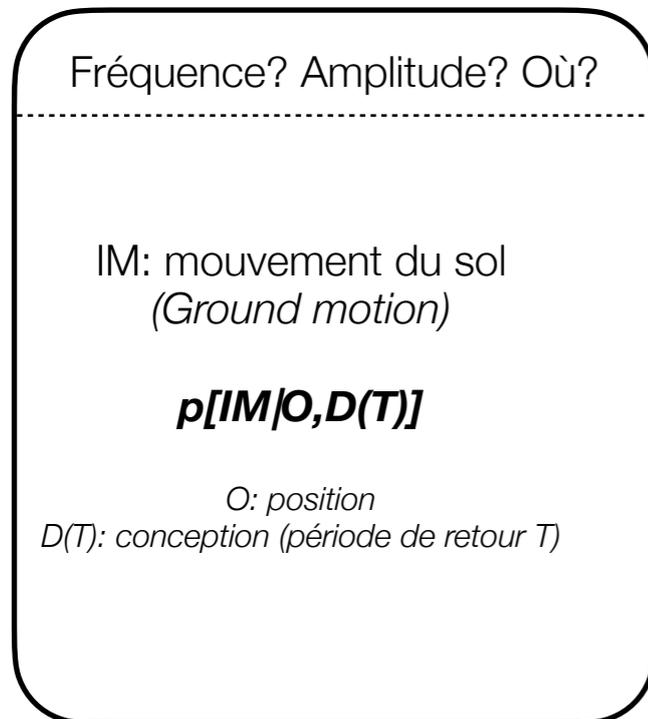


L'évaluation probabiliste est le cadre sous-jacent au développement de produits d'assurance et à la conception parasismique

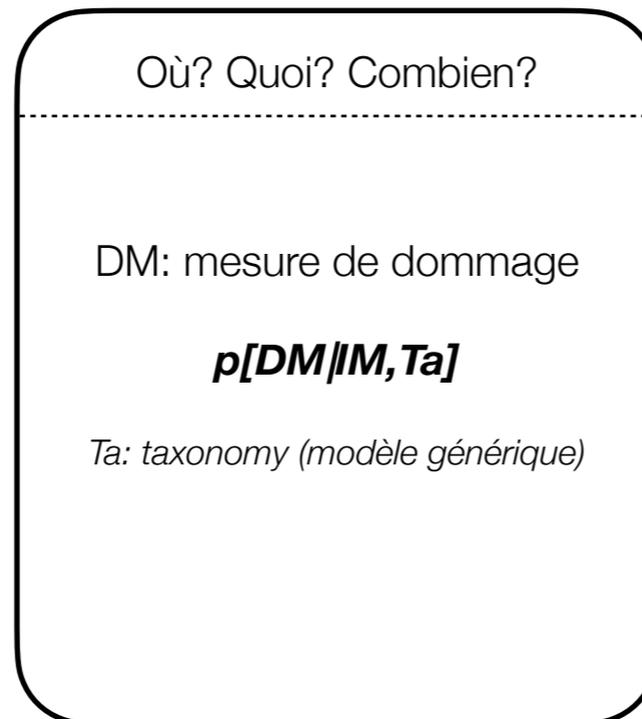
Risque sismique

Cadre probabiliste sous-jacent pour l'évaluation des risques

Composante Aléa



Composante Exposition

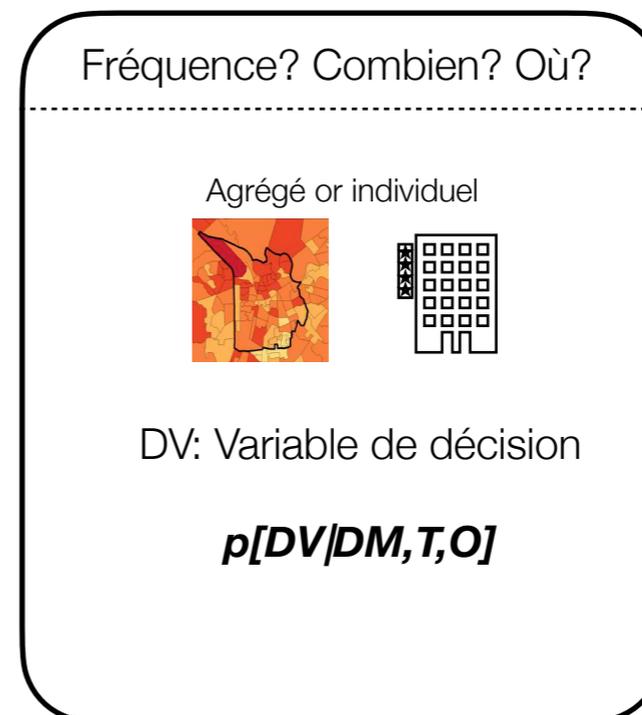


Deux axiomes principaux

A1 - les pertes sont les conséquences des dommages physiques subis par les structures/infrastructures

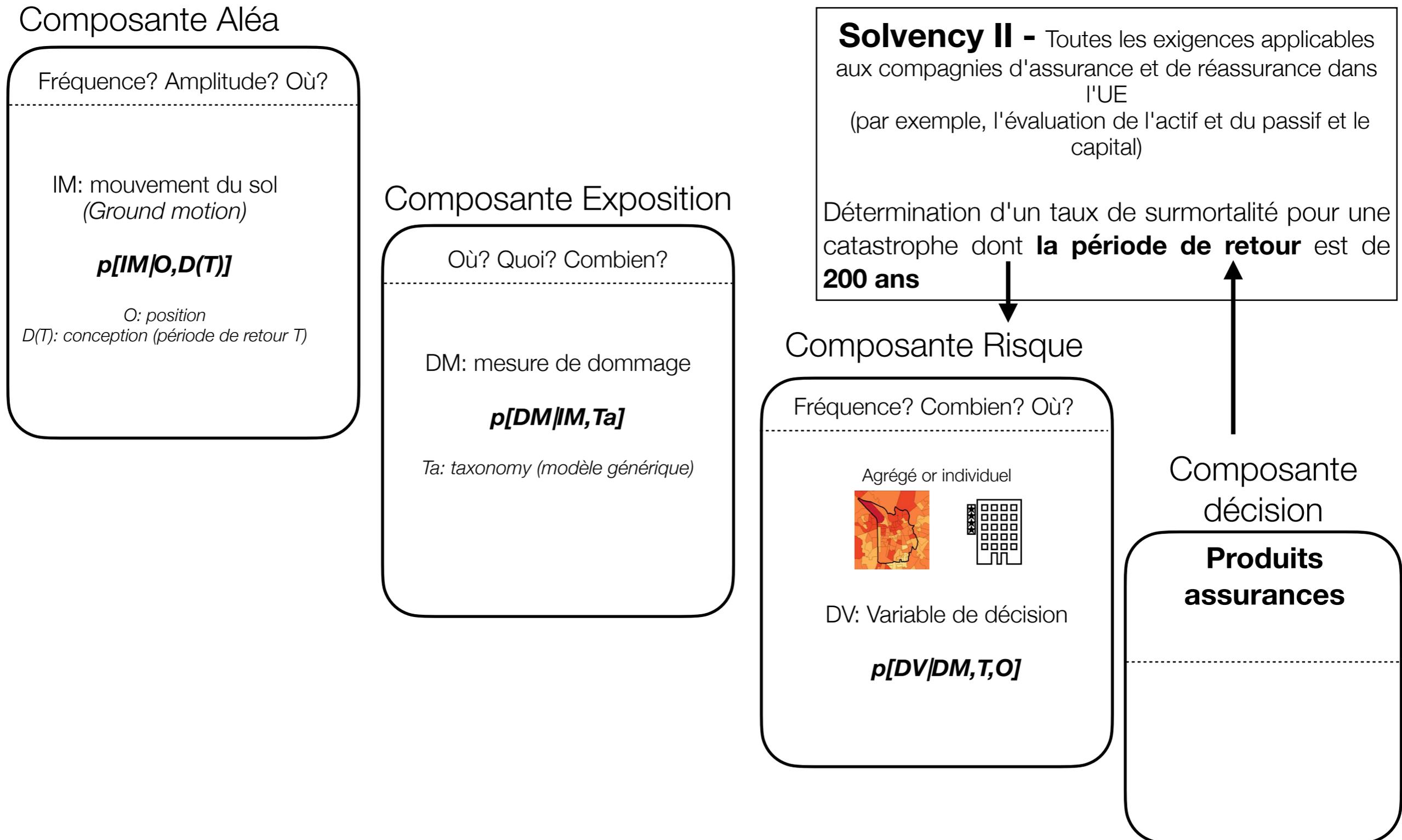
A2 - les dommages physiques sont produits par le mouvement du sol et dépendent des caractéristiques structurelles

Composante Risque



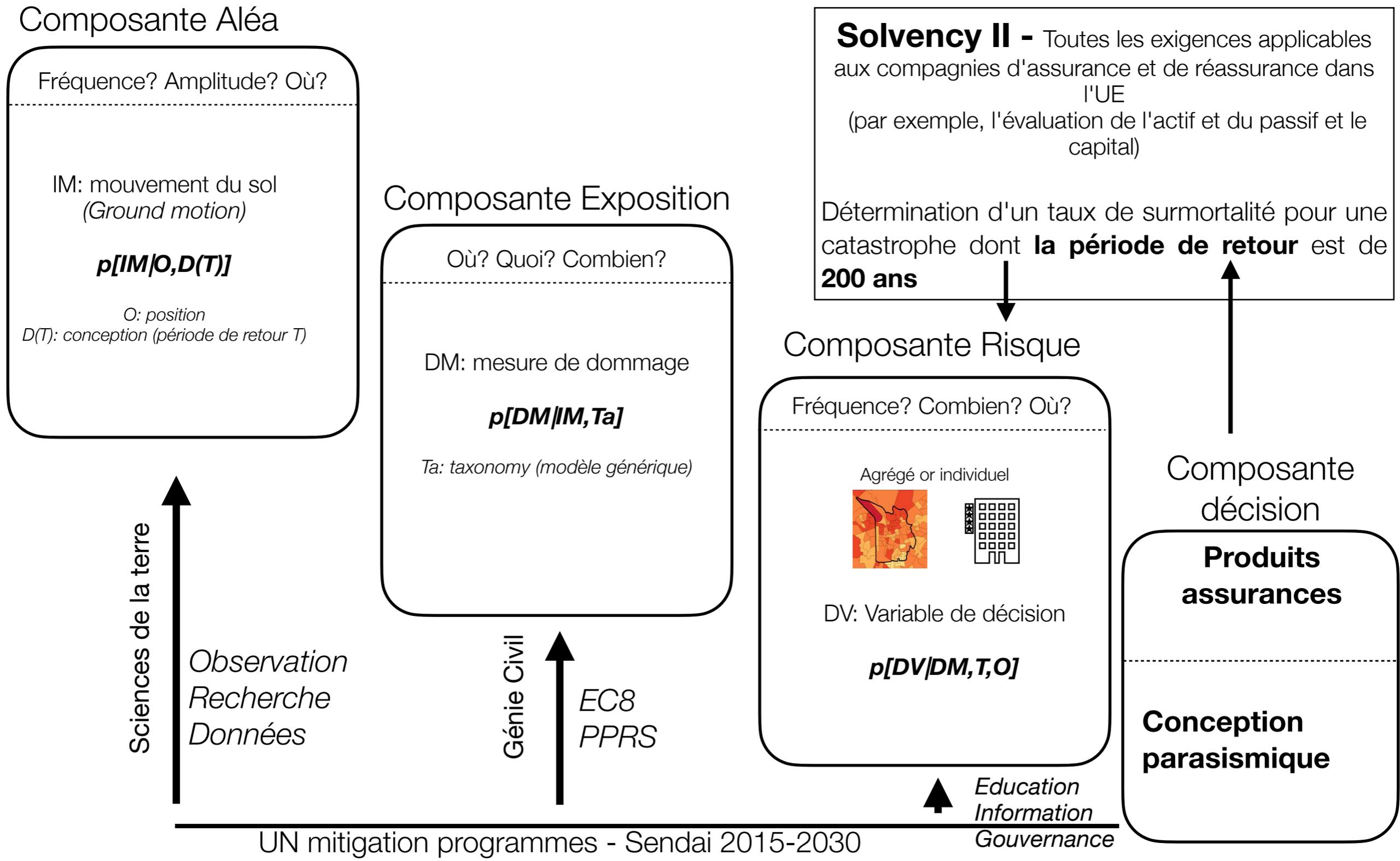
Risque sismique

A1 - les pertes sont les conséquences des dommages physiques causés aux structures/infrastructures



Risque sismique

A1 - les pertes sont les conséquences des dommages physiques causés aux structures/infrastructures



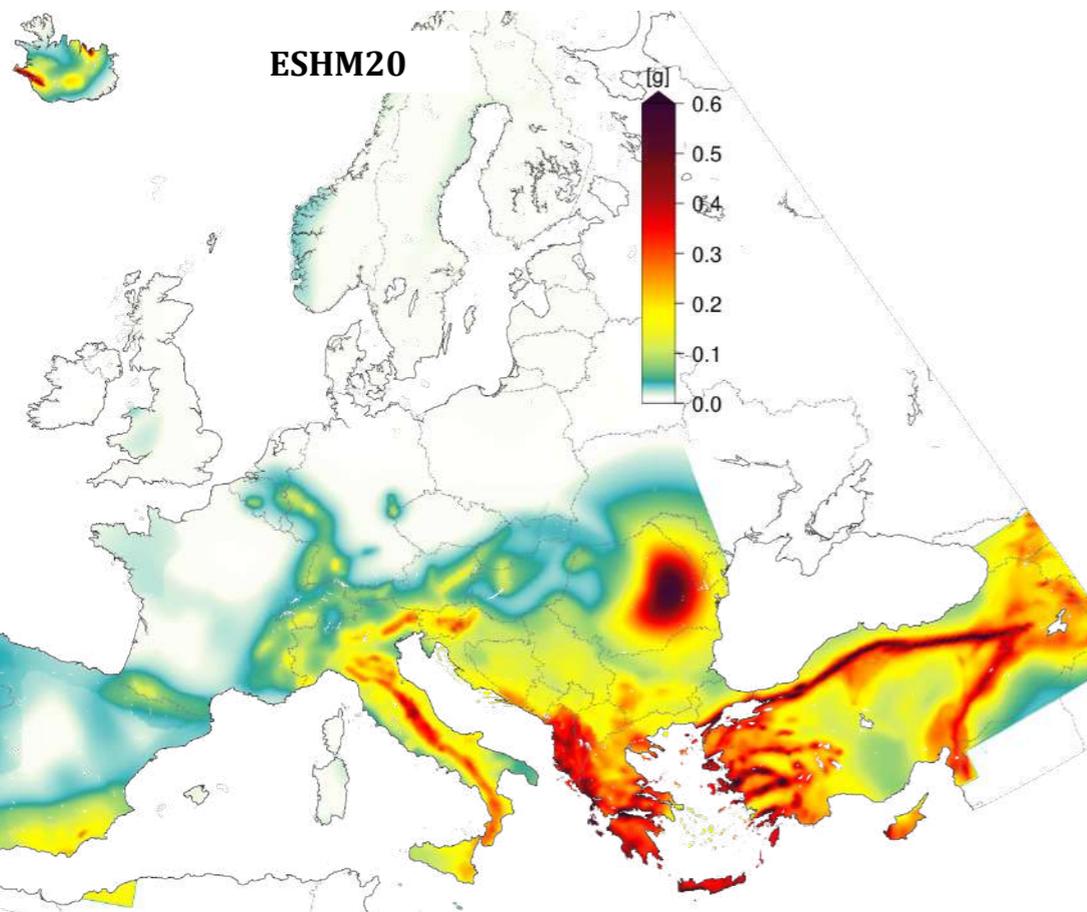
Solvency II - Toutes les exigences applicables aux compagnies d'assurance et de réassurance dans l'UE (par exemple, l'évaluation de l'actif et du passif et le capital)

Détermination d'un taux de surmortalité pour une catastrophe dont **la période de retour** est de **200 ans**

Risque sismique

Axiome 2: Les dommages physiques sont causés par les mouvements du sol

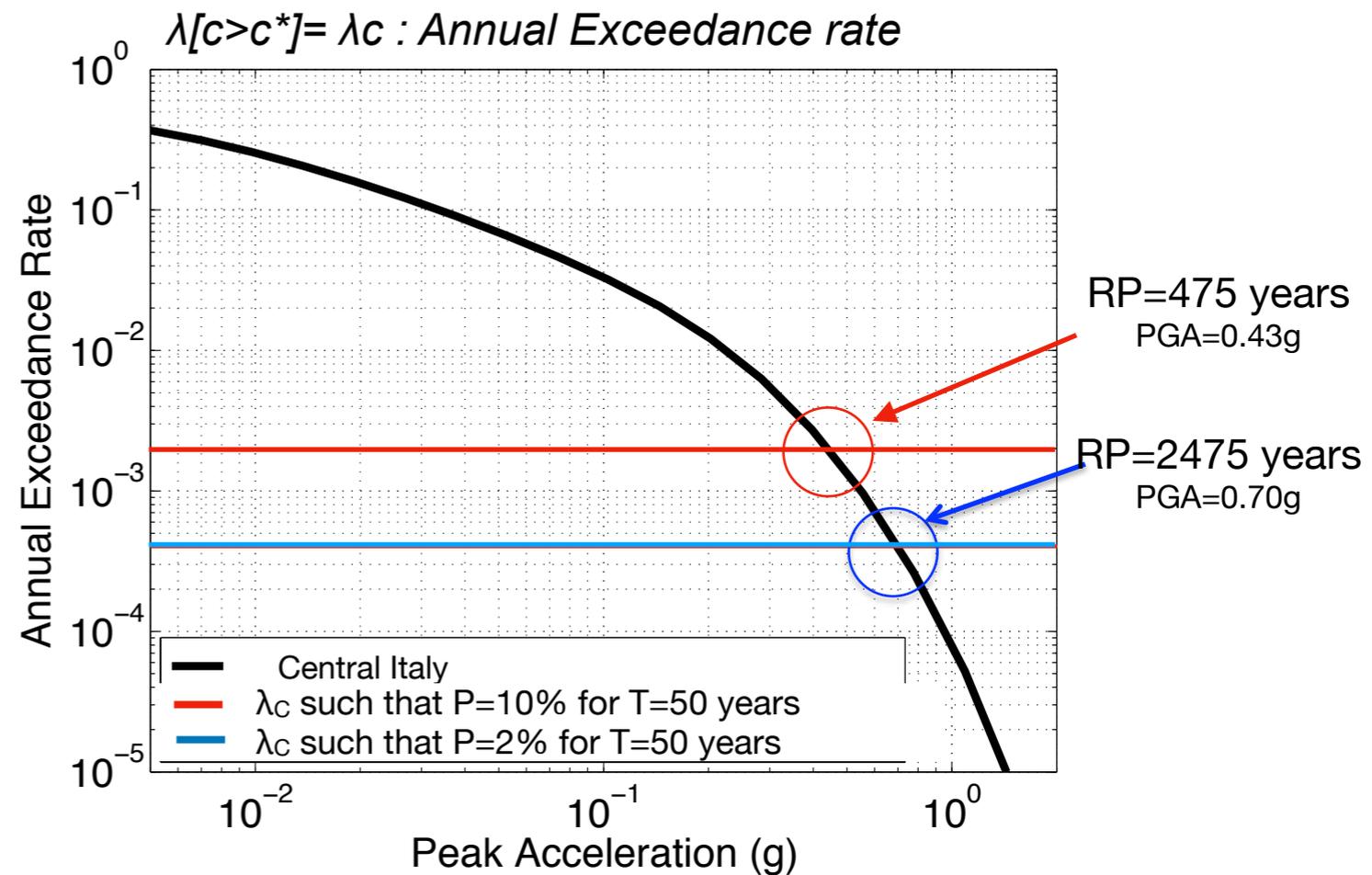
Conception parasismique pour limiter le nombre de victimes



RP=475 ans

European Seismic Hazard Map 2020:

Intensity measure
e.g., Peak Ground Acceleration

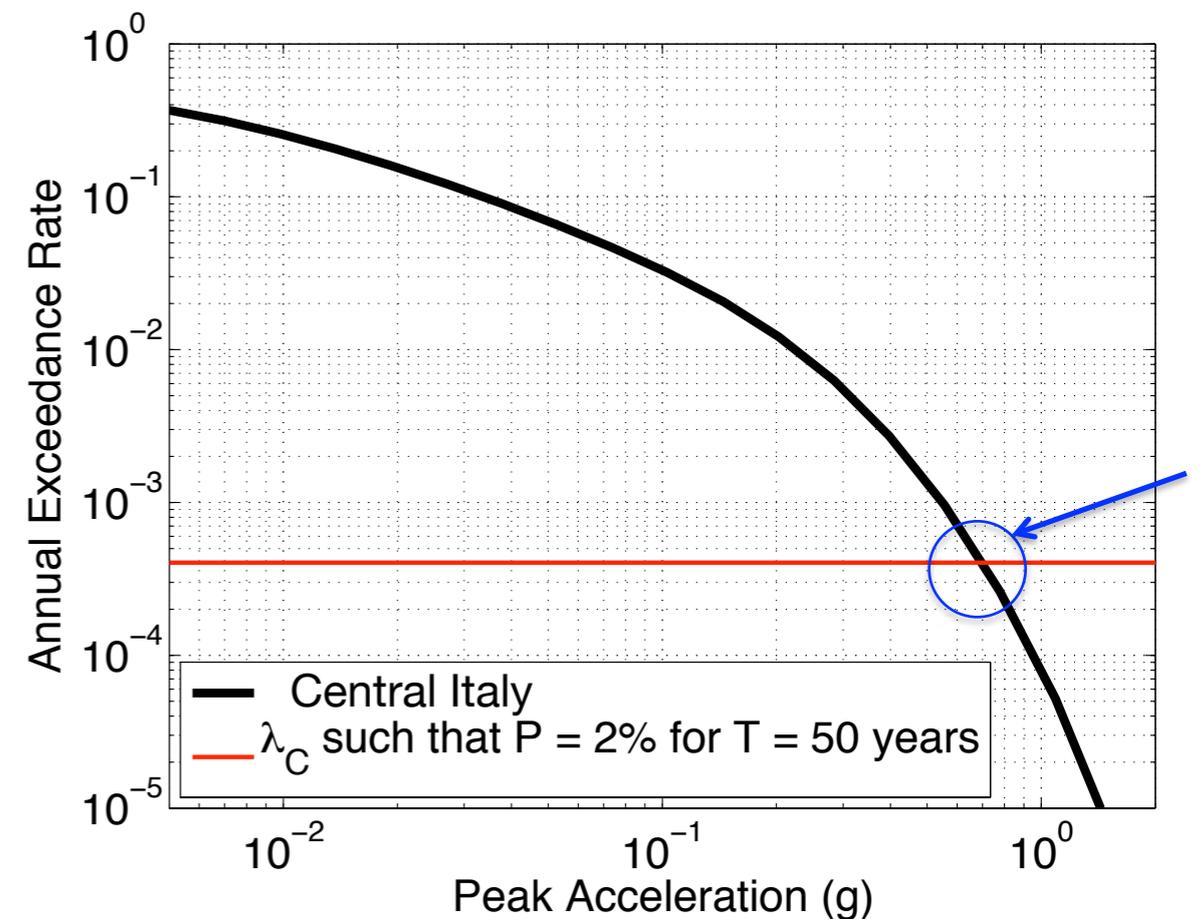


Hazard Curve

Intensity measure
e.g., Peak Ground Acceleration

Comment obtenir une courbe d'aléa (expérience) ?

- Supposons que l'on fasse fonctionner une station sismologique (accéléromètre) sur un site pendant 10 000 ans
- À partir de ces données, nous pourrions déterminer le taux moyen d'égal ou de dépasser toute mesure de mouvement du sol (à condition qu'elles se produisent au moins une fois tous les 10 000 ans)
- Le résultat est appelé courbe d'aléa.
- Un modèle d'évaluation probabiliste des risques sismiques (PSHA) tente de prédire les résultats de cette expérience



➔ Objectifs de la sismologie de l'ingénieur

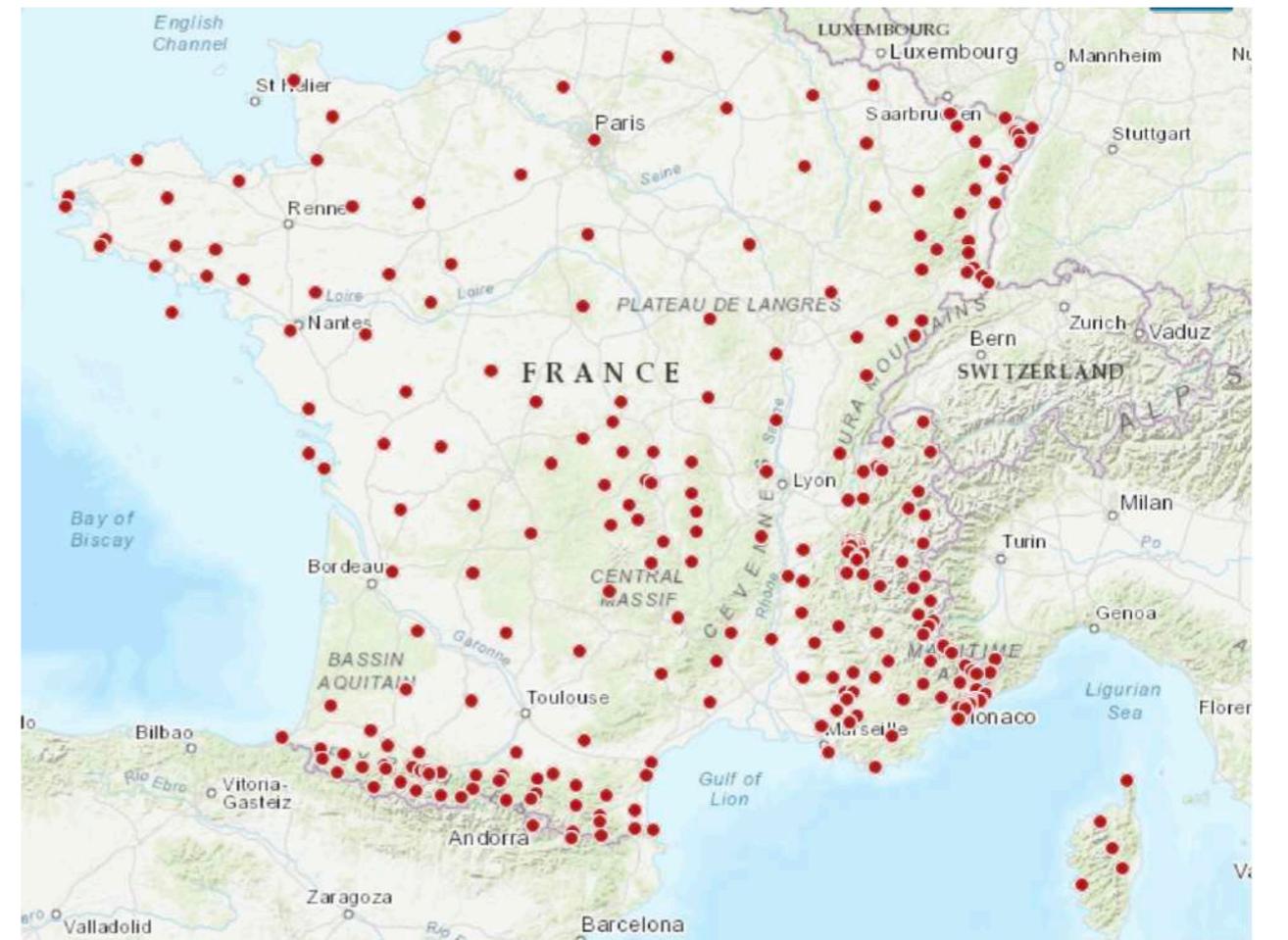
Sismologie de l'Ingénieur

Evaluation basée sur les systèmes d'Observations: données sismologiques!

Après le séisme de Kobe 1995



Réseau RESIF - 2023



● Stations sismologiques

Sismicité des Alpes



SISMalp - Surveillance des Alpes



Université Grenoble Alpes

OSUG

Observatoire de Grenoble



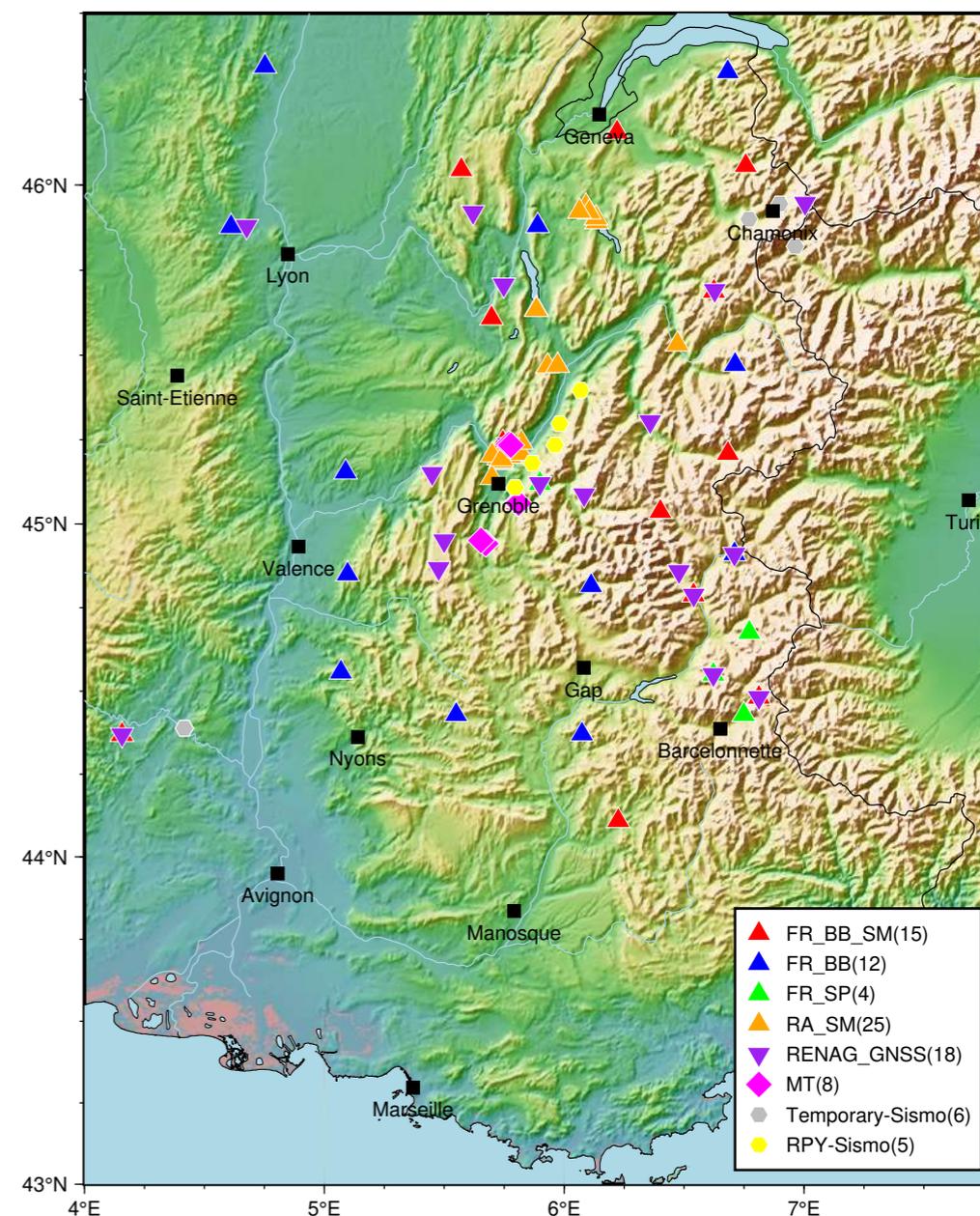
Institut des Sciences de la Terre

Depuis 1989

François Thouvenot - Julien Fréchet (UJF/CNRS)

Objectifs: comprendre le « fonctionnement » des Alpes

Stations géophysiques opérées par ISTerre/OSUG = 93



Comment obtenir une courbe d'aléa (probabiliste) ?

Où?

Géologie, tectonique

Quelle fréquence?

Sismologie, modèles d'occurrence

Quelle amplitude?

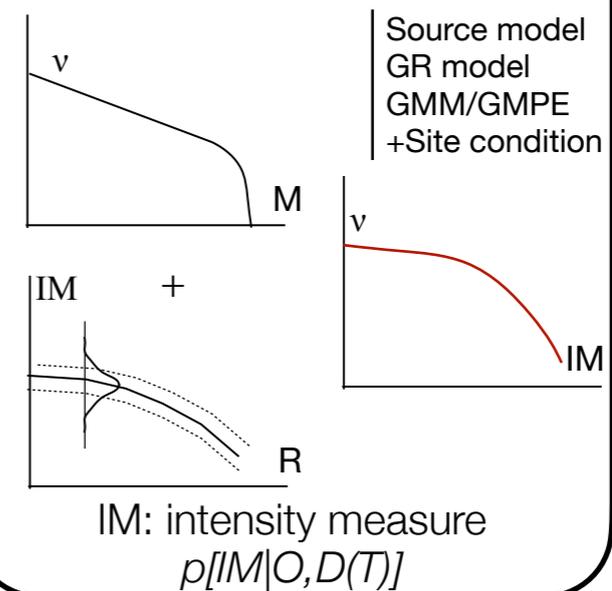
Magnitude Max

Surface impacté

Mouvement du sol

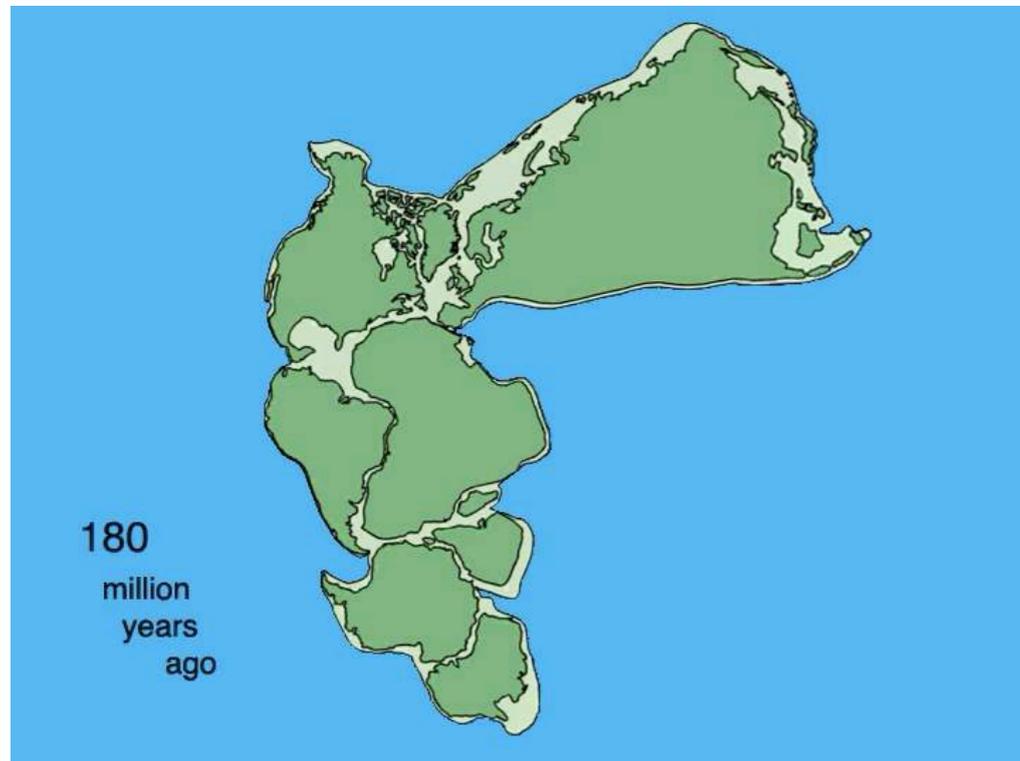
Hazard Module

How often? How big? Where?

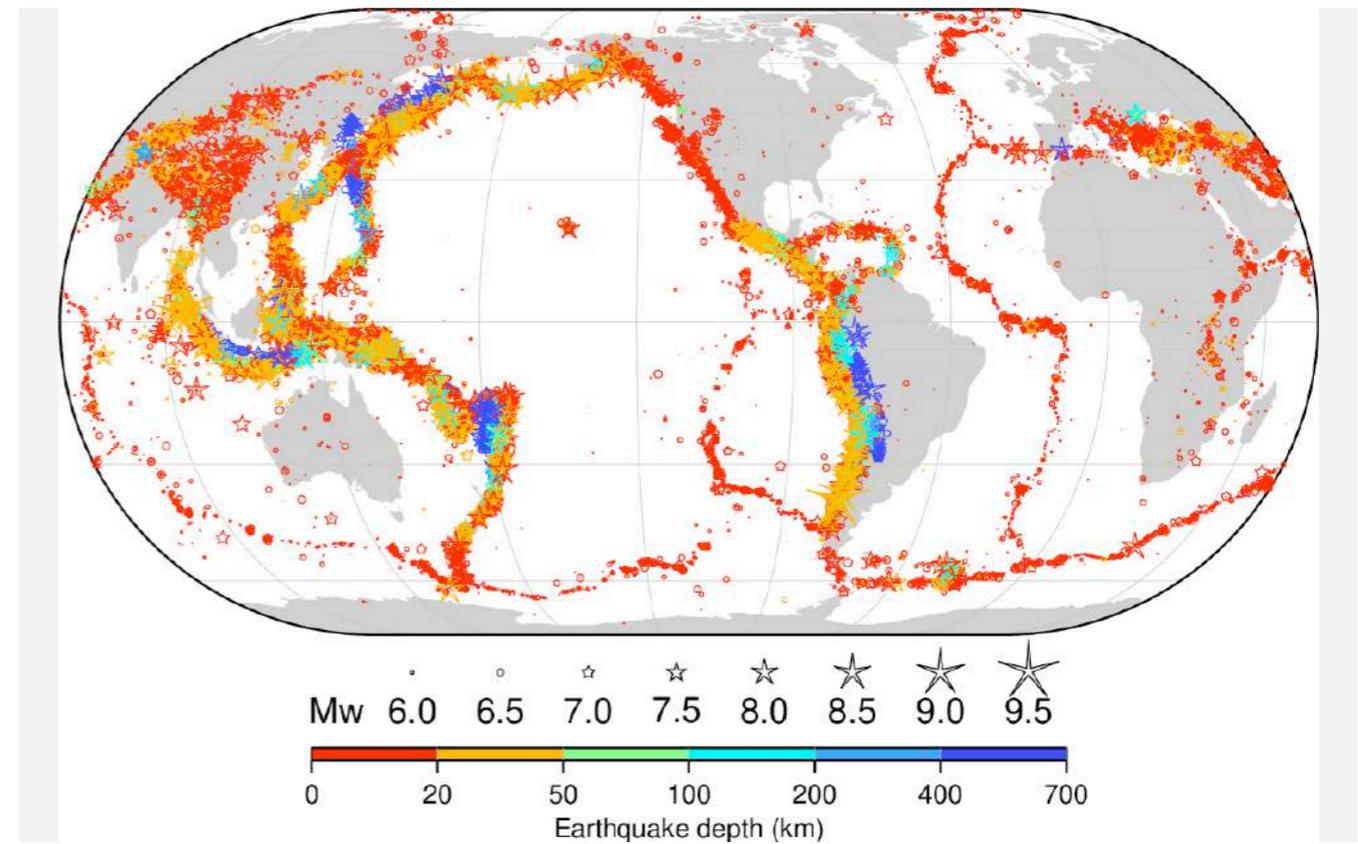


Où les séismes se produisent?

Observation



ISC-GEM Catalogue (environ 69 000 séismes) Mw>6



Seismology and the new global tectonics, JGR, 1968



Jack Oliver
1923-2011



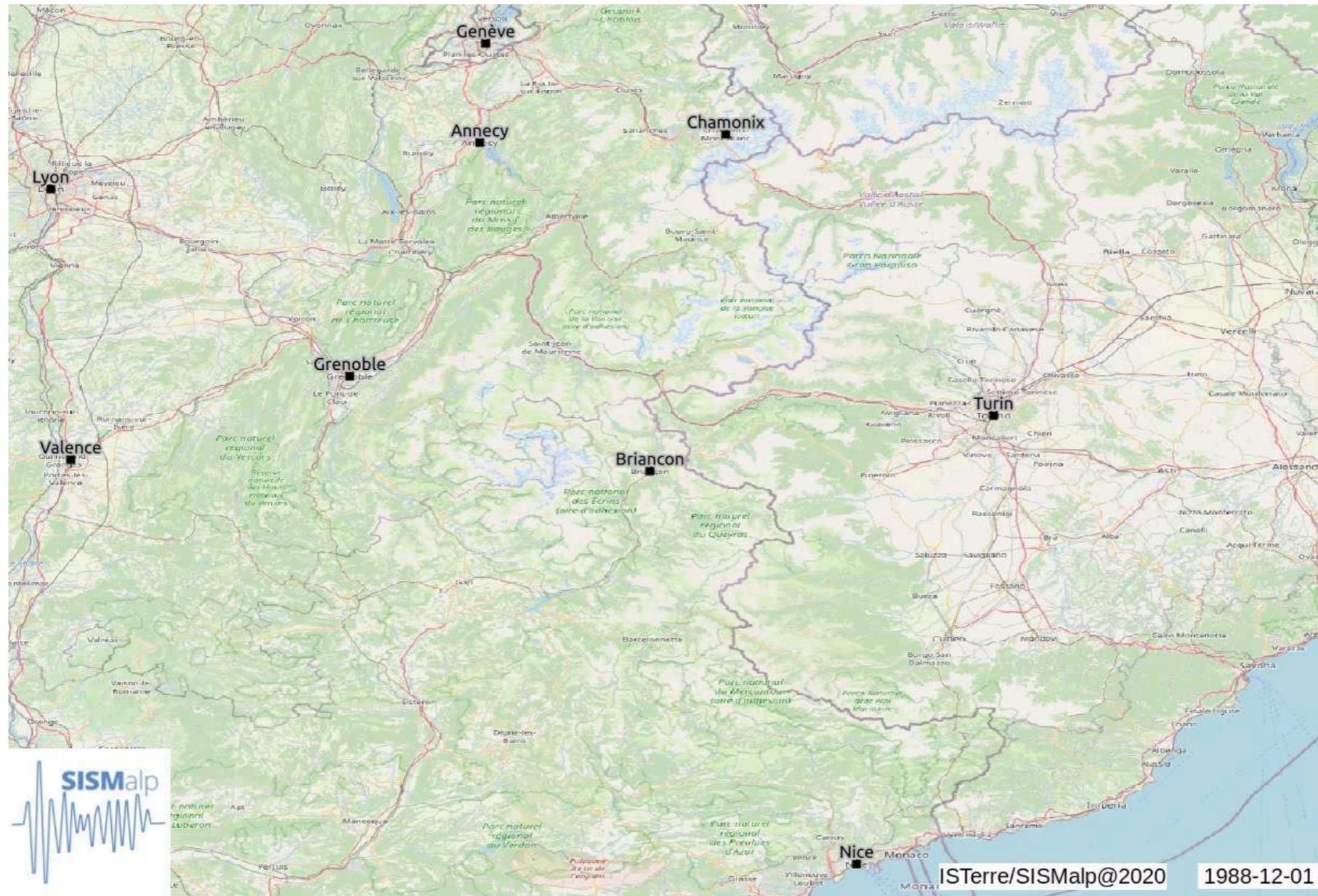
Bryan Isacks

Où les séismes se produisent?

Observation



Depuis 1987



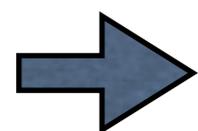
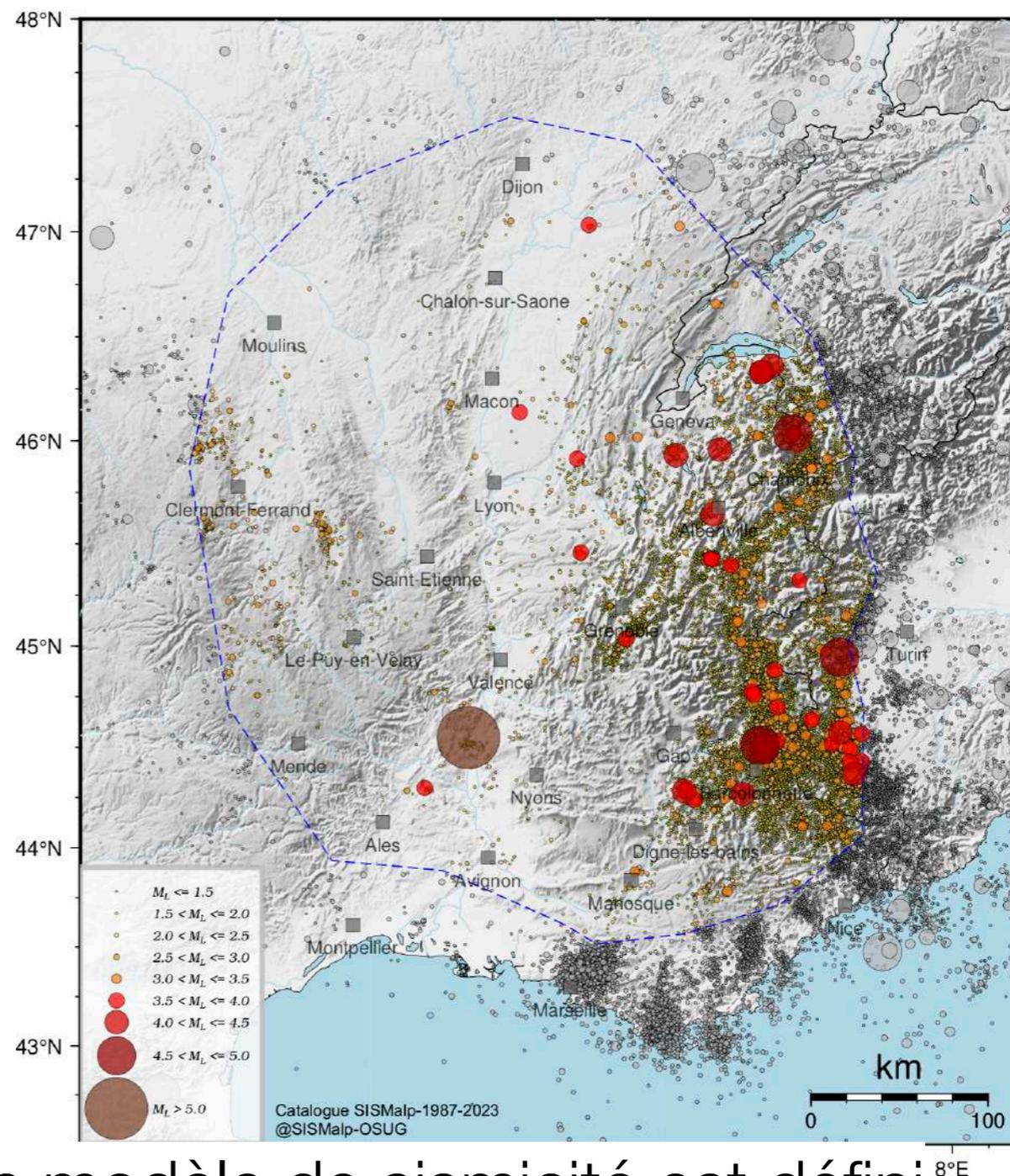
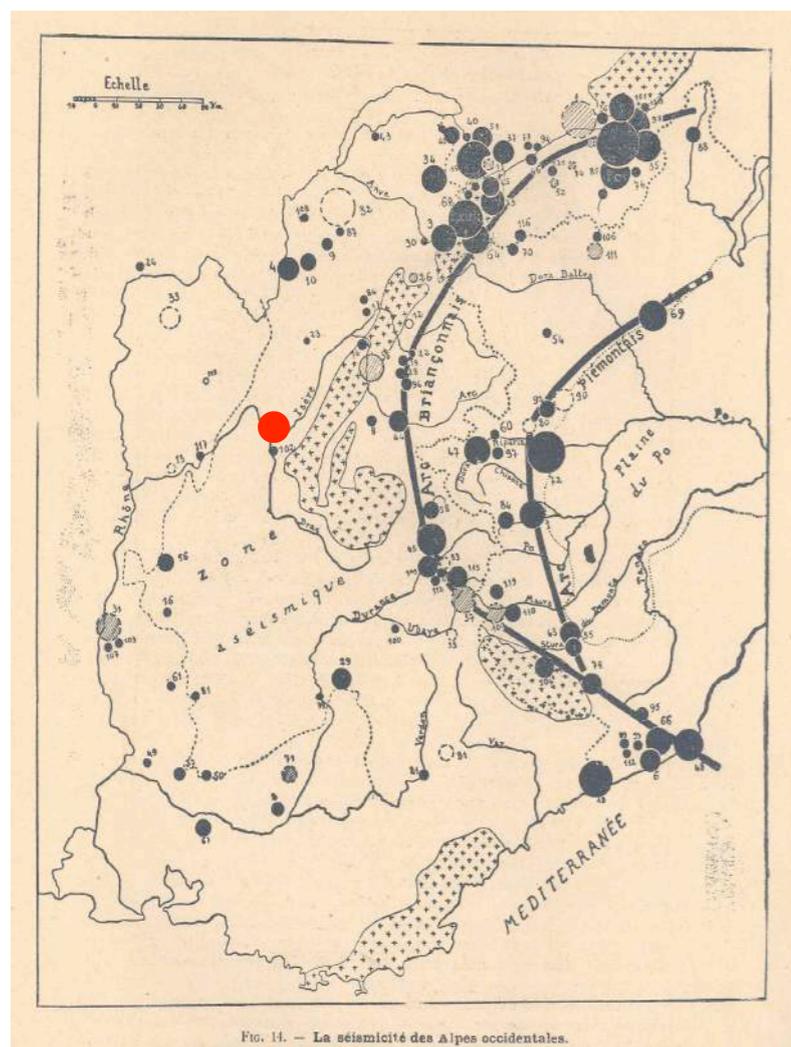
Où les séismes se produisent?

Observation



CATALOGUE SISMALP [1987-2023] / 49530 EQ / 0 QB

Avant 1987 - Sismicité historique
En 1941 (d'après Rothé)

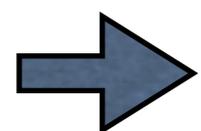
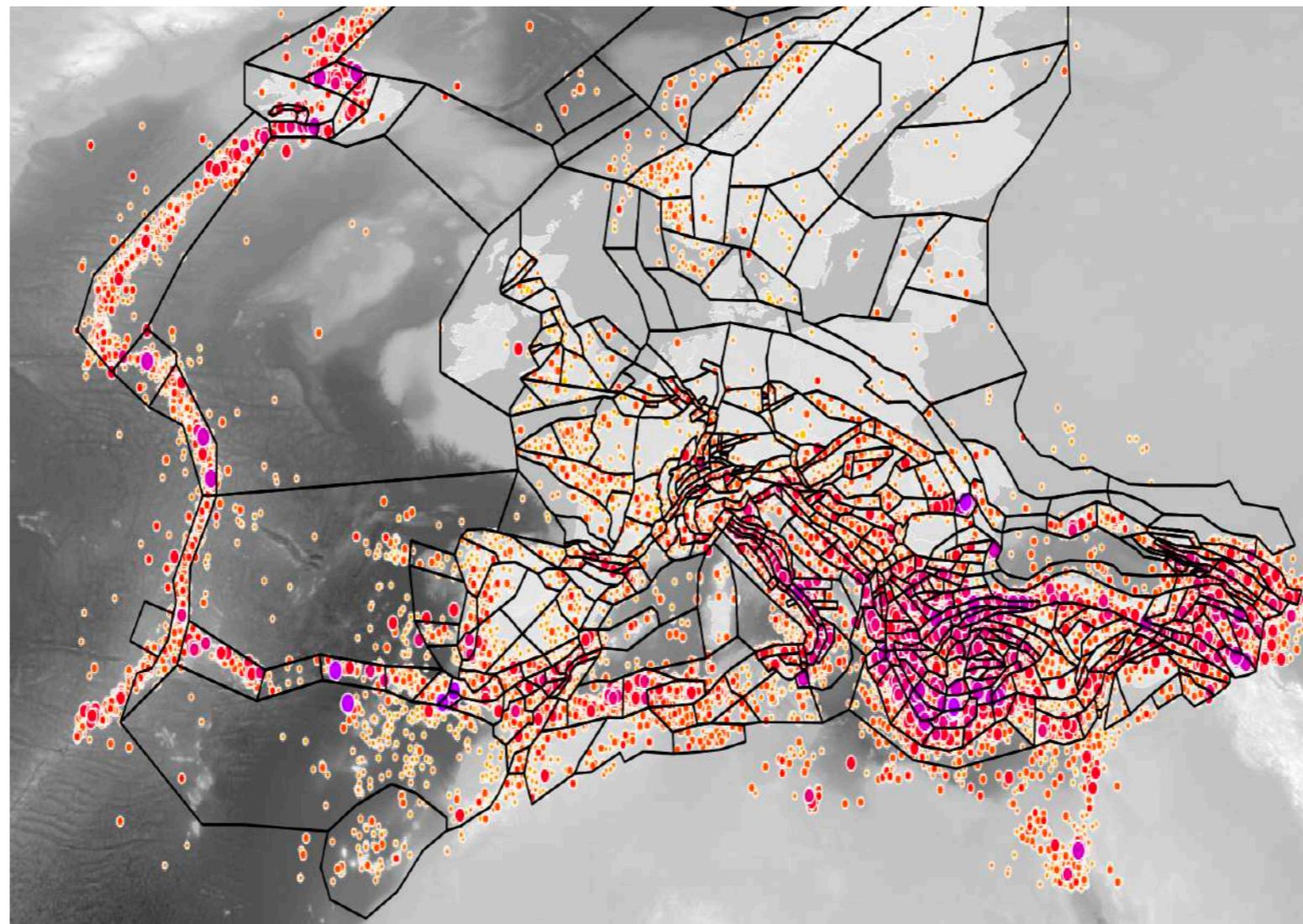


Dans chaque zone, un modèle de sismicité est défini

Où les séismes se produisent?

Observation

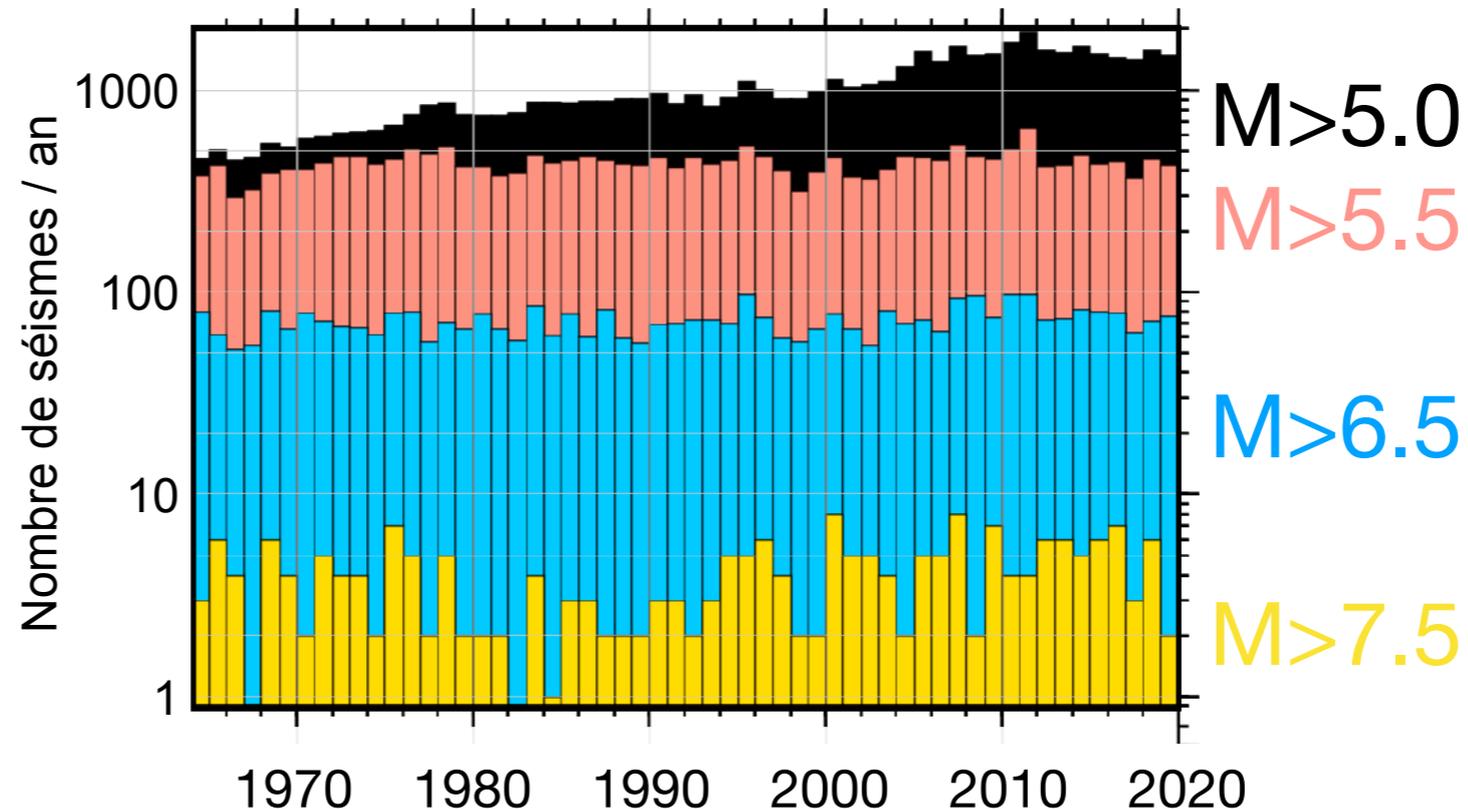
Zones sources du modèle pour Europe (EFHER)
dérivés de modèles géologiques, tectoniques et sismiques



Dans chaque zone, un modèle de sismicité est défini

Quelle est la **fréquence** des tremblements de terre?

Observation: Réseau mondial (ISC source)



Magnitude	Description	Number /year	One quake every...
>8	Great	<1	1-2 years
7.0-7.9	Major	5	10 weeks
6.0-6.9	Large	120	3 days
5.0-5.9	Strong	1100	8 hours
4.0-4.9	Moderate	10,500	1.2 hours
3.0-3.9	Mild	110,000	5 minutes
2.0-2.9	Small	1,100,00	30 secondes

Quelle est la **fréquence** des tremblements de terre?

Observation de séismes fin XIX / début XX siècles

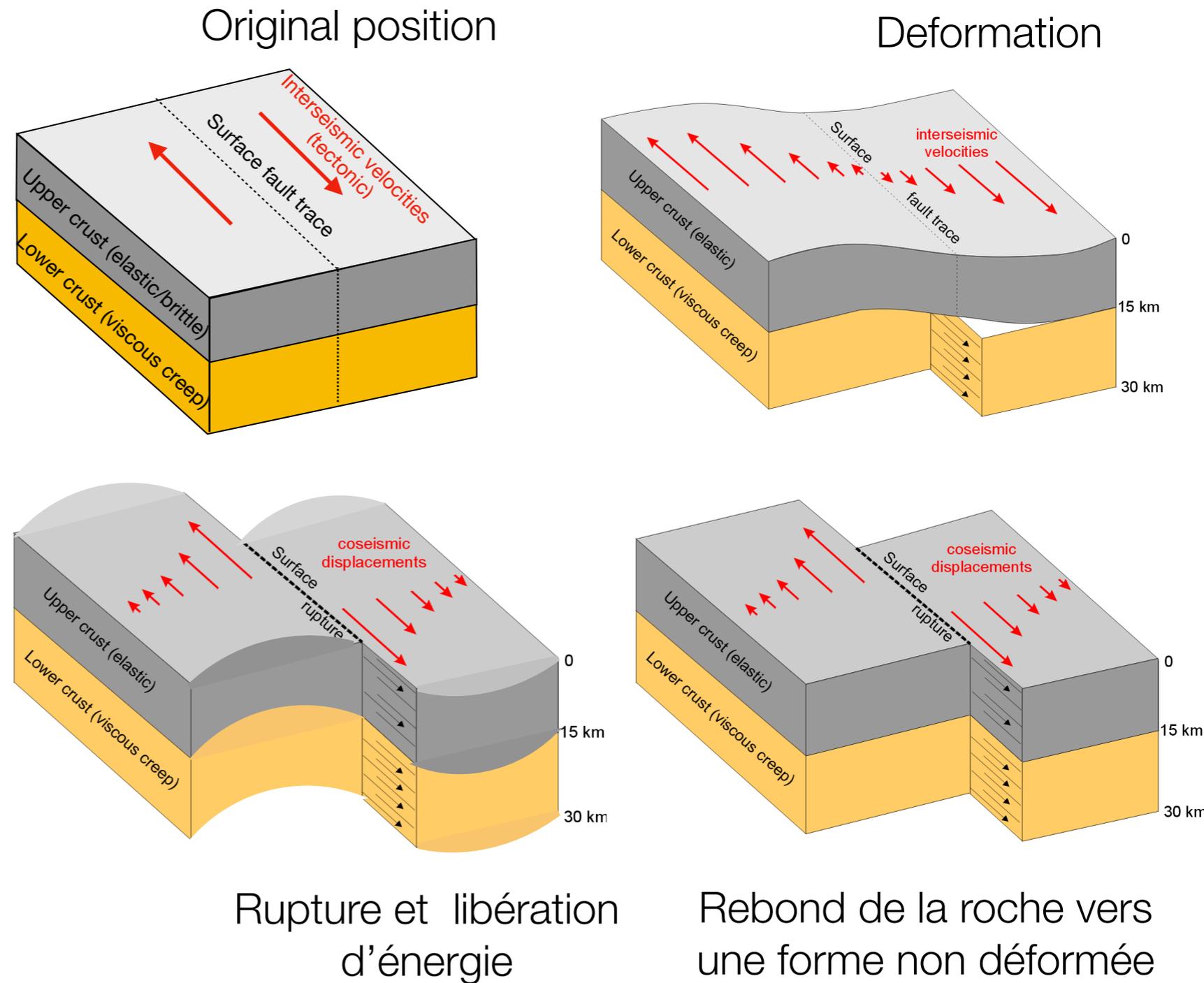
Pr H.F. Reid, après le séisme de 1906 (SF)

Théorie du rebond élastique

Les roches se déforment jusqu'à ce que leur résistance soit dépassée

La rupture se produit et les roches reprennent rapidement une forme non déformée.

L'énergie est libérée sous forme d'ondes qui rayonnent vers l'extérieur de la faille.



Quelle est la **fréquence** des tremblements de terre?

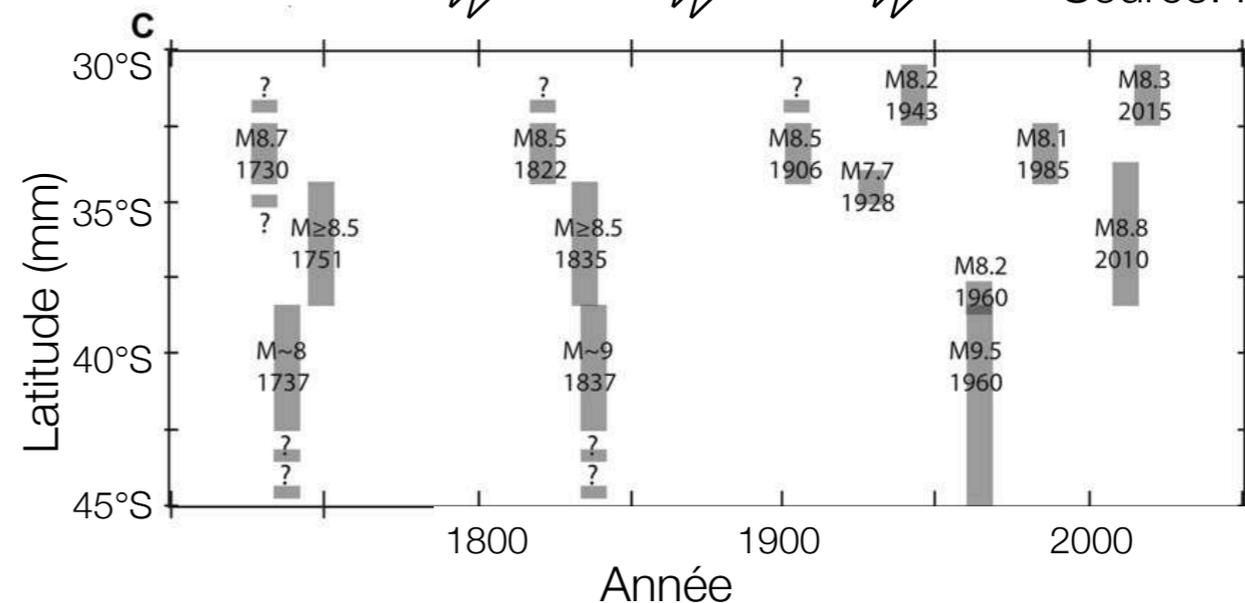
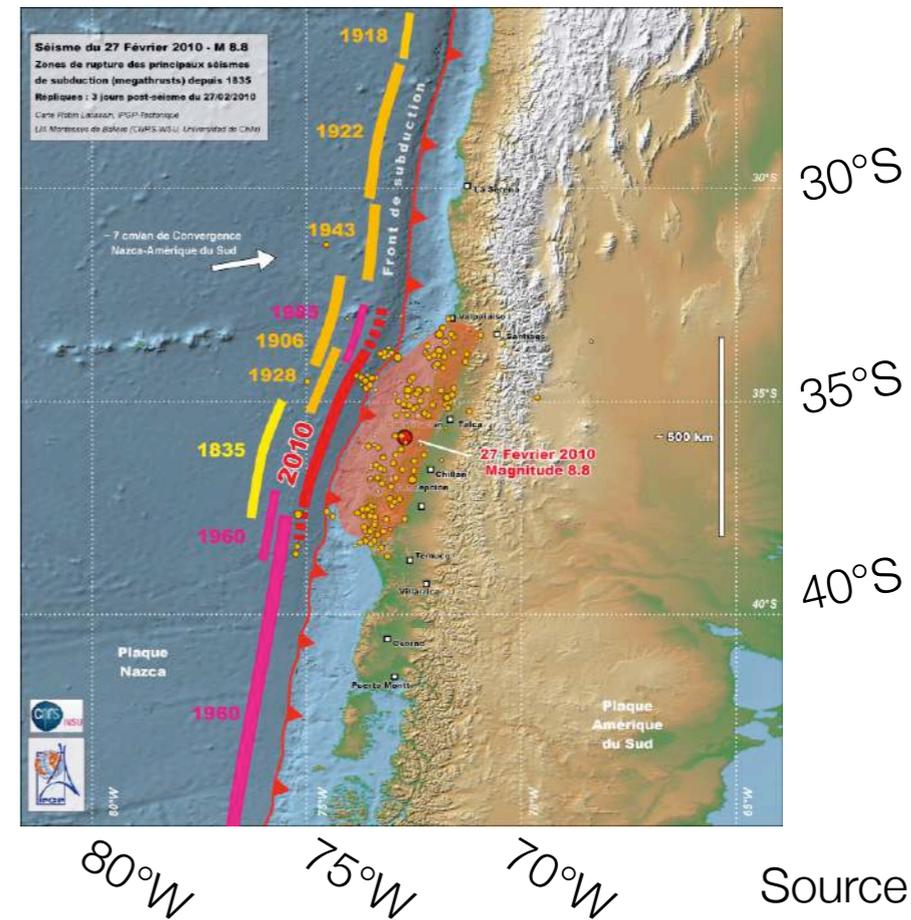
Observation de séismes fin XIX / début XX siècles

Tectonique - Sismicité
=
Un processus stationnaire

Plus la fréquence d'occurrence est faible, plus les catastrophes (tremblements de terre) sont graves



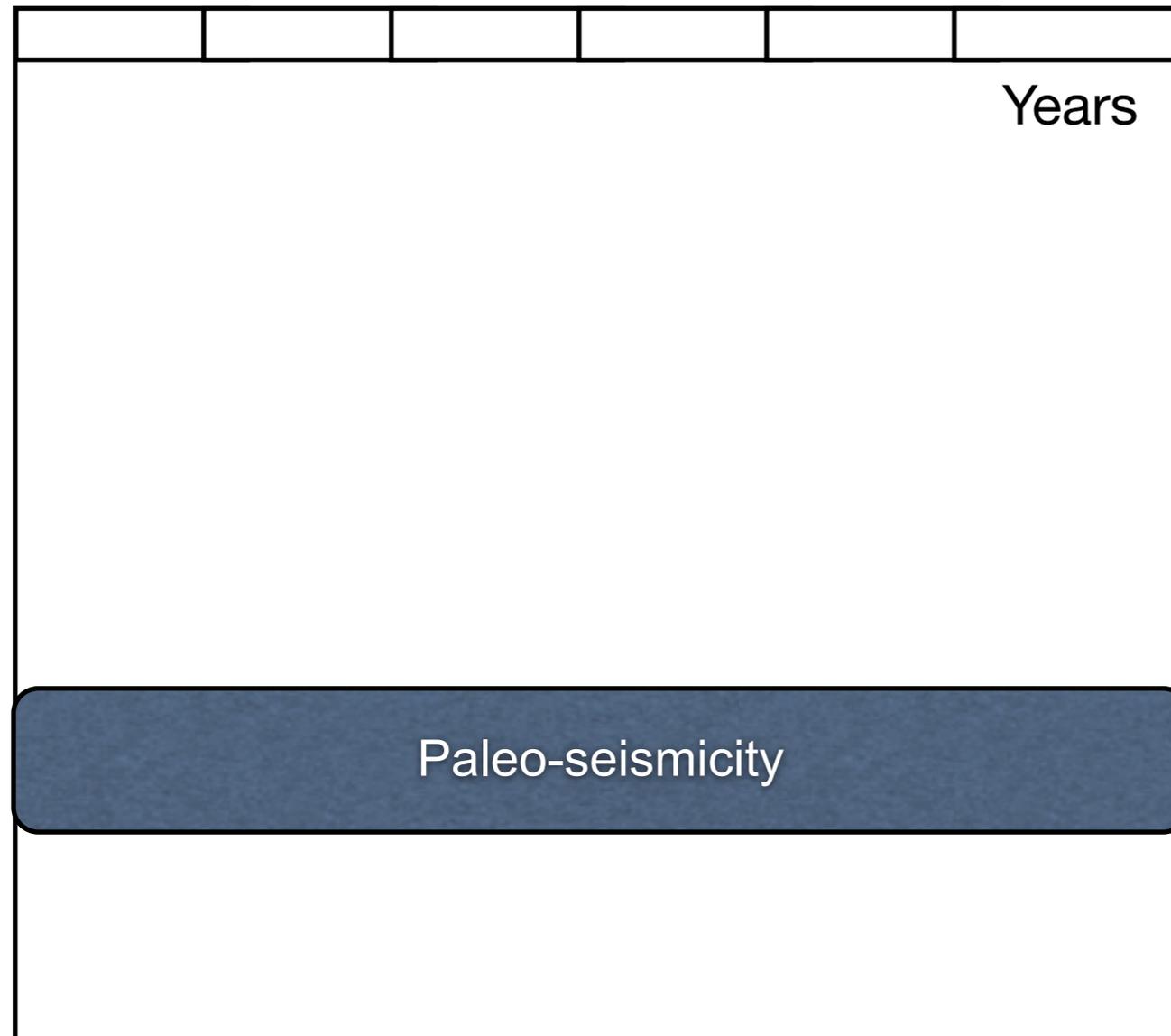
Nous devons explorer le passé pour obtenir une image complète du modèle de sismicité



Quelle est la **fréquence** des tremblements de terre?

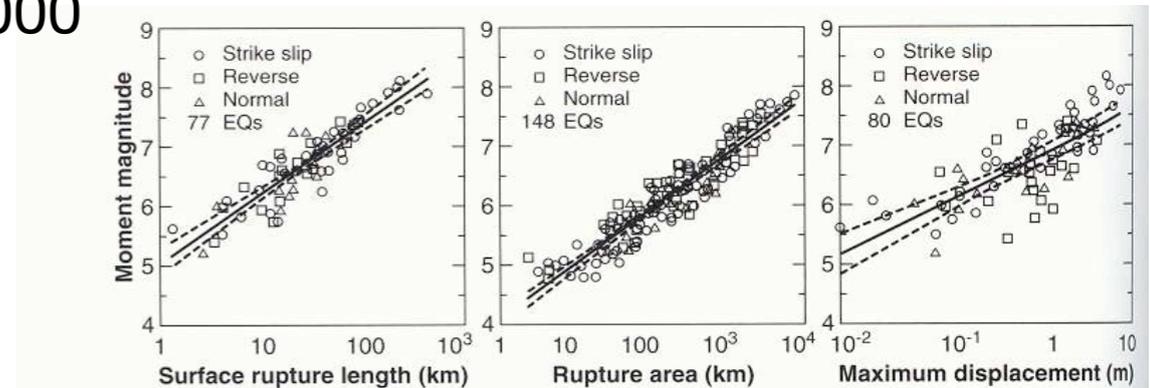
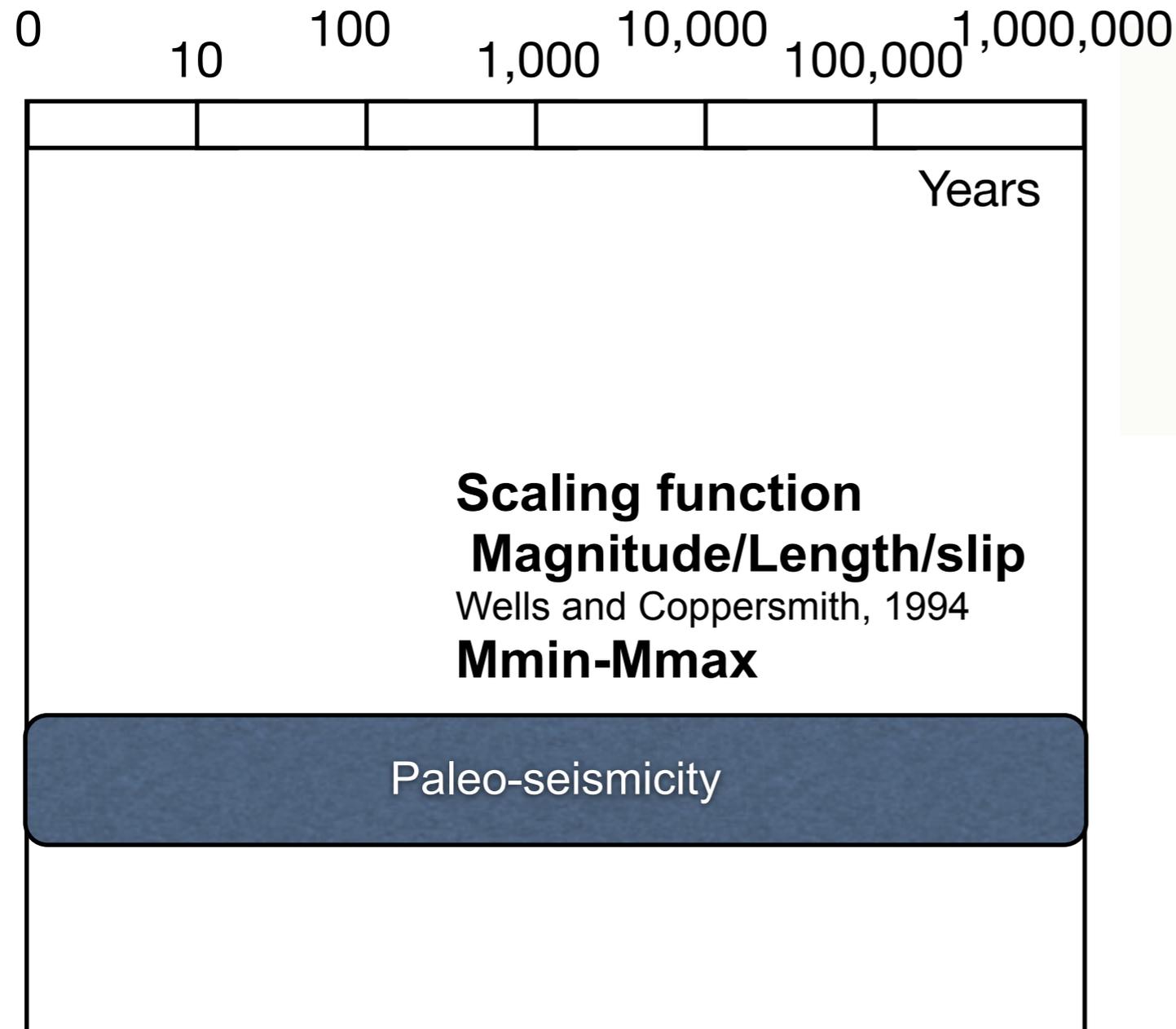
Observation: Modèle de sismicité (Guttenberg-Richter)

0 10 100 1,000 10,000 100,000 1,000,000



Quelle est la **fréquence** des tremblements de terre?

Observation: Modèle de sismicité (Guttenberg-Richter)



Wells and Coppersmith, 1994

Magnitude / glissement

M = 2 : glissement 0,2 cm

M = 4 : glissement 2 cm

M = 6 : glissement 20 cm

...

M = 9 : slip 20 m

Magnitude / Long. Rupture

M = 2 : rupture L 10 cm

M = 4 : rupture L 1 km

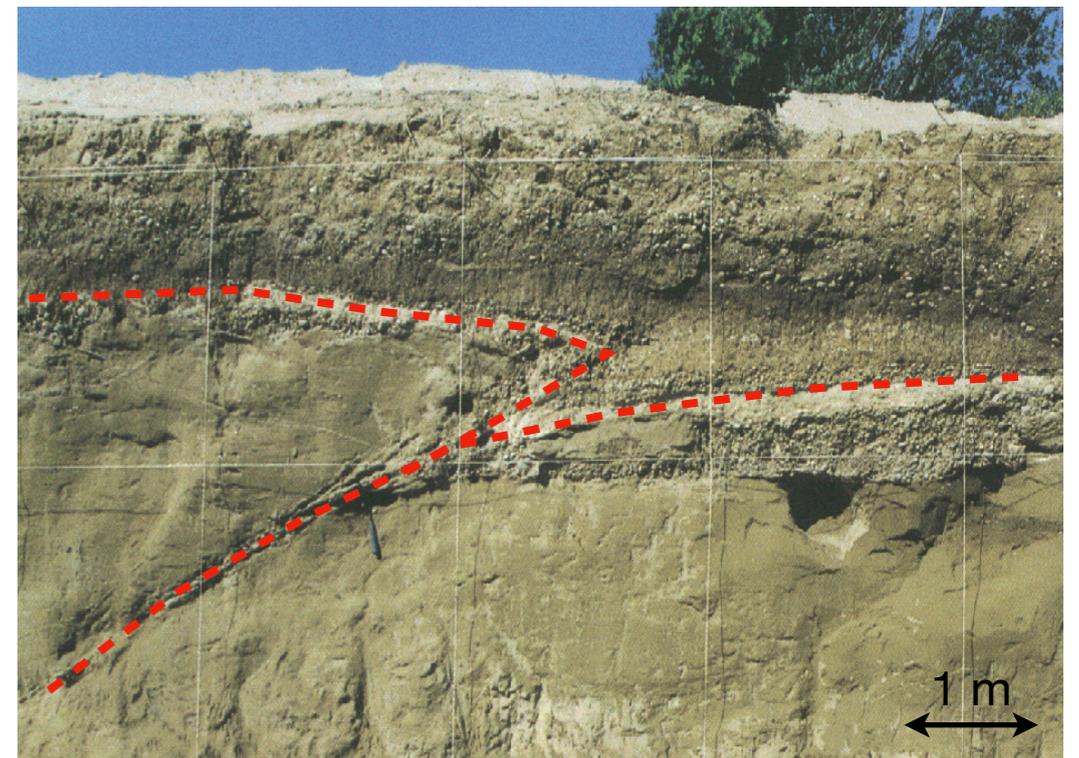
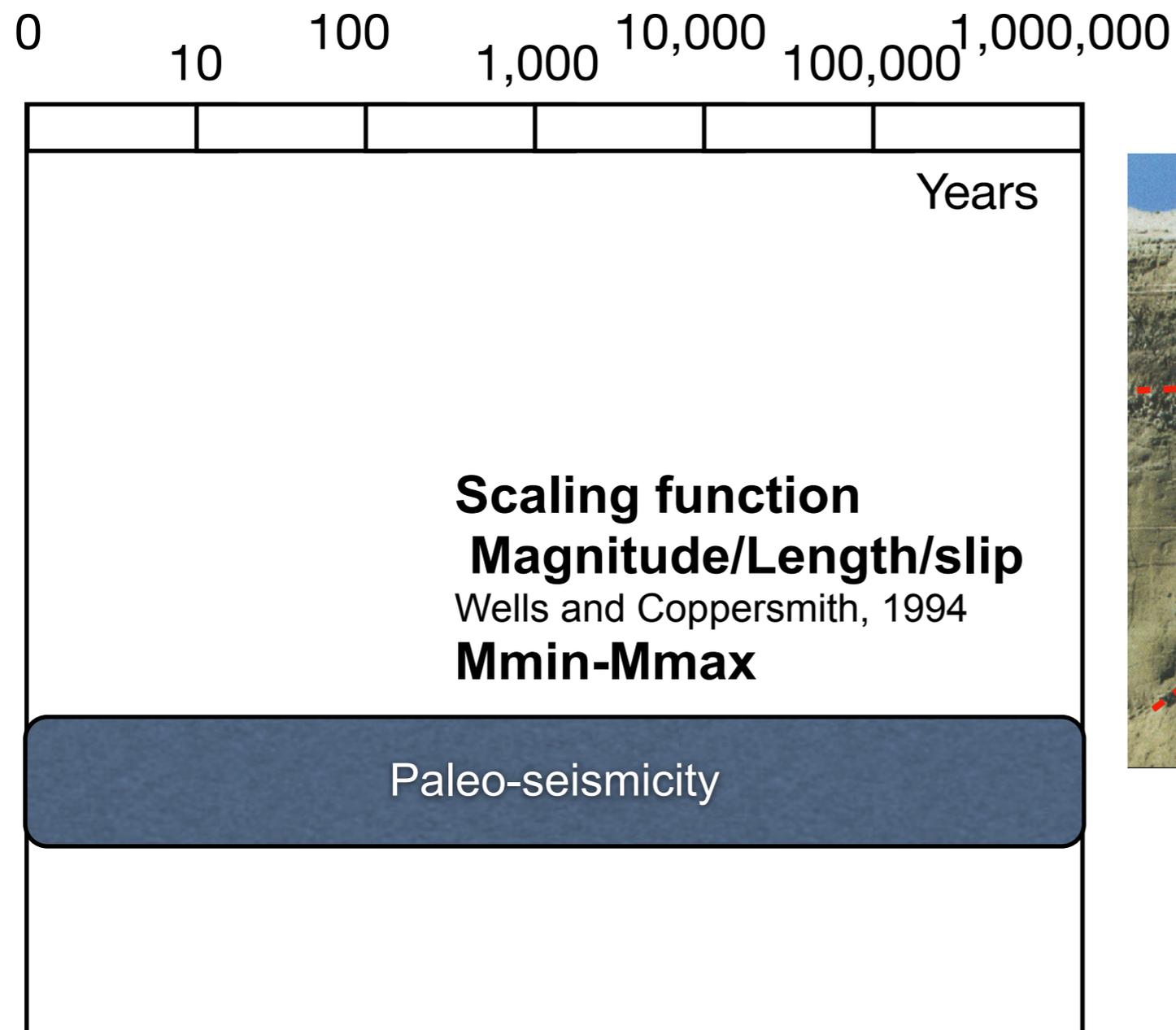
M = 6 : rupture L 10 km

....

M = 9 : rupture L 1000 km

Quelle est la **fréquence** des tremblements de terre?

Observation: Modèle de sismicité (Guttenberg-Richter)



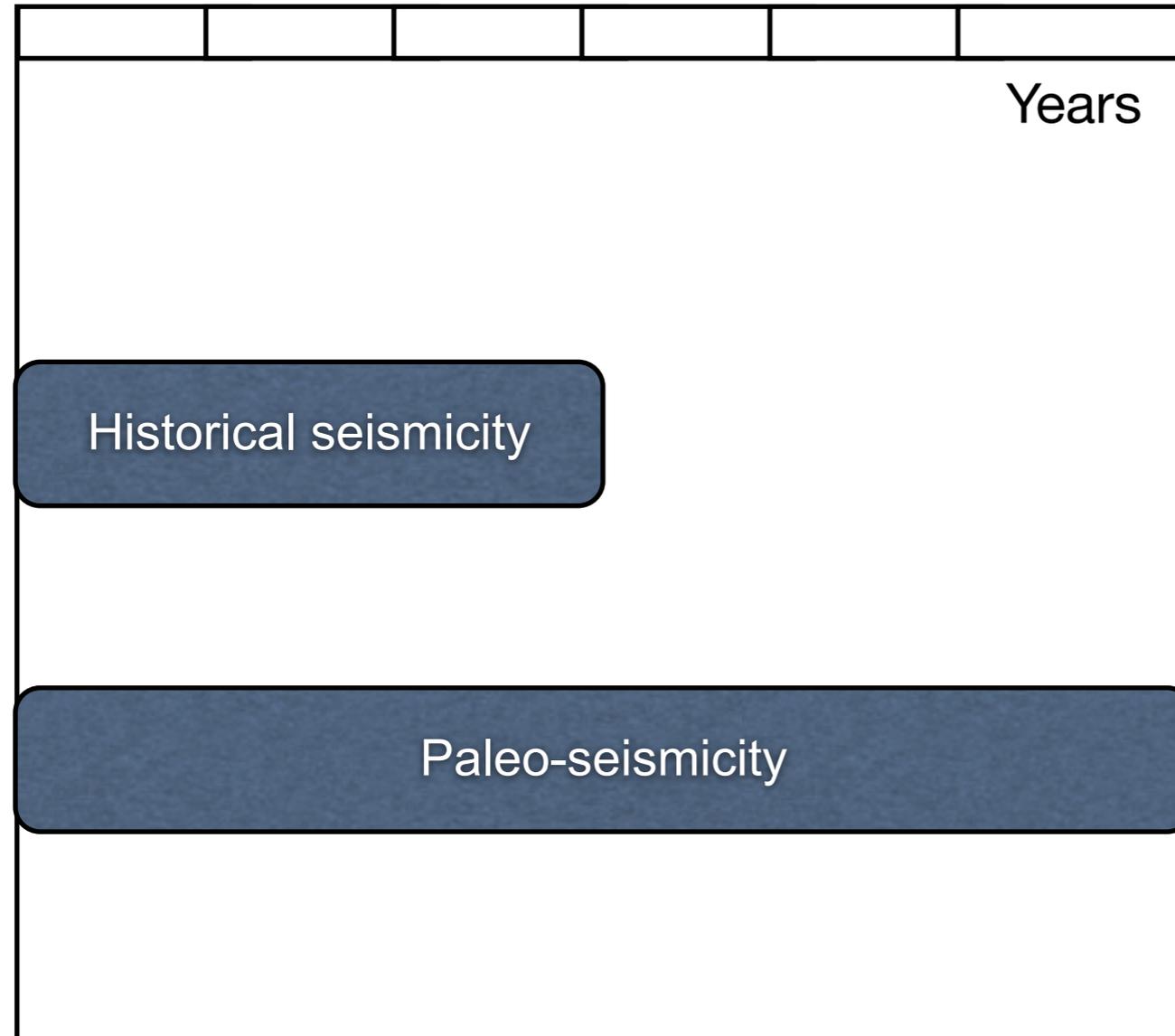
PaleoEarthquake Courthézon - Rhone Valley (France) - Source IRSN

Plus la fréquence d'occurrence est faible, plus les catastrophes (tremblements de terre) sont graves —> centrales nucléaires

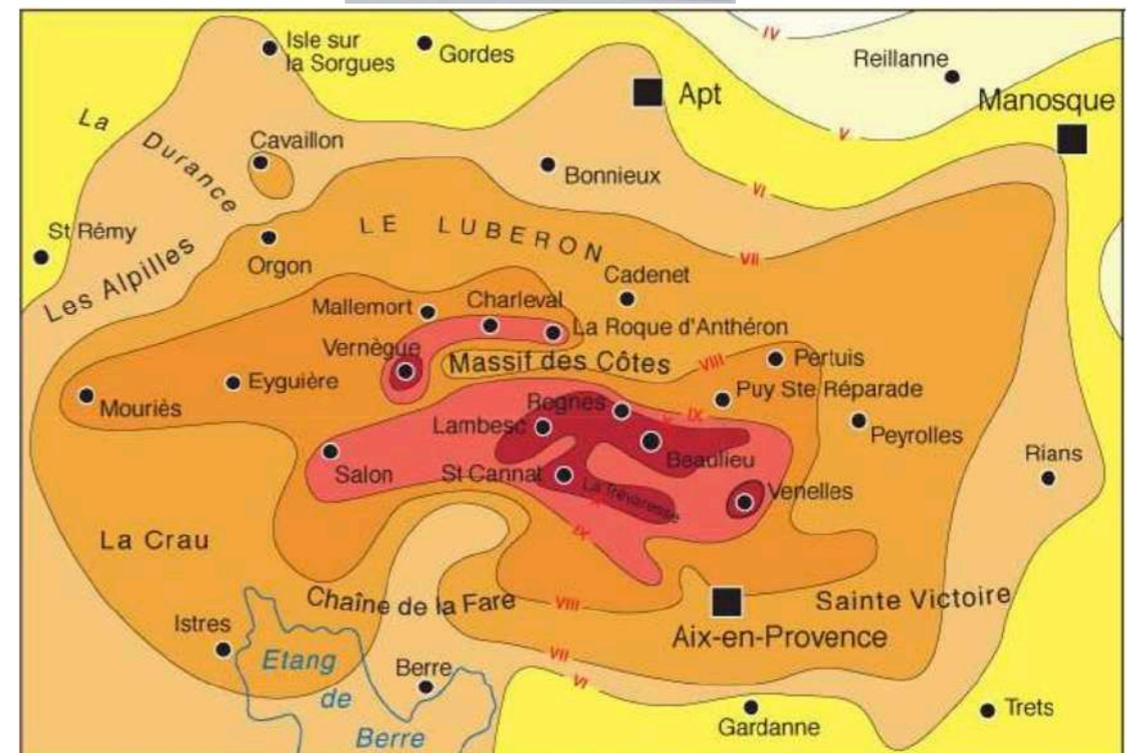
Quelle est la **fréquence** des tremblements de terre?

Observation: Modèle de sismicité (Guttenberg-Richter)

0 10 100 1,000 10,000 100,000 1,000,000



Lambesc (France) 1909



Quelle est la **fréquence** des tremblements de terre?

Observation: Modèle de sismicité (Guttenberg-Richter)

0 10 100 1,000 10,000 100,000 1,000,000

Years

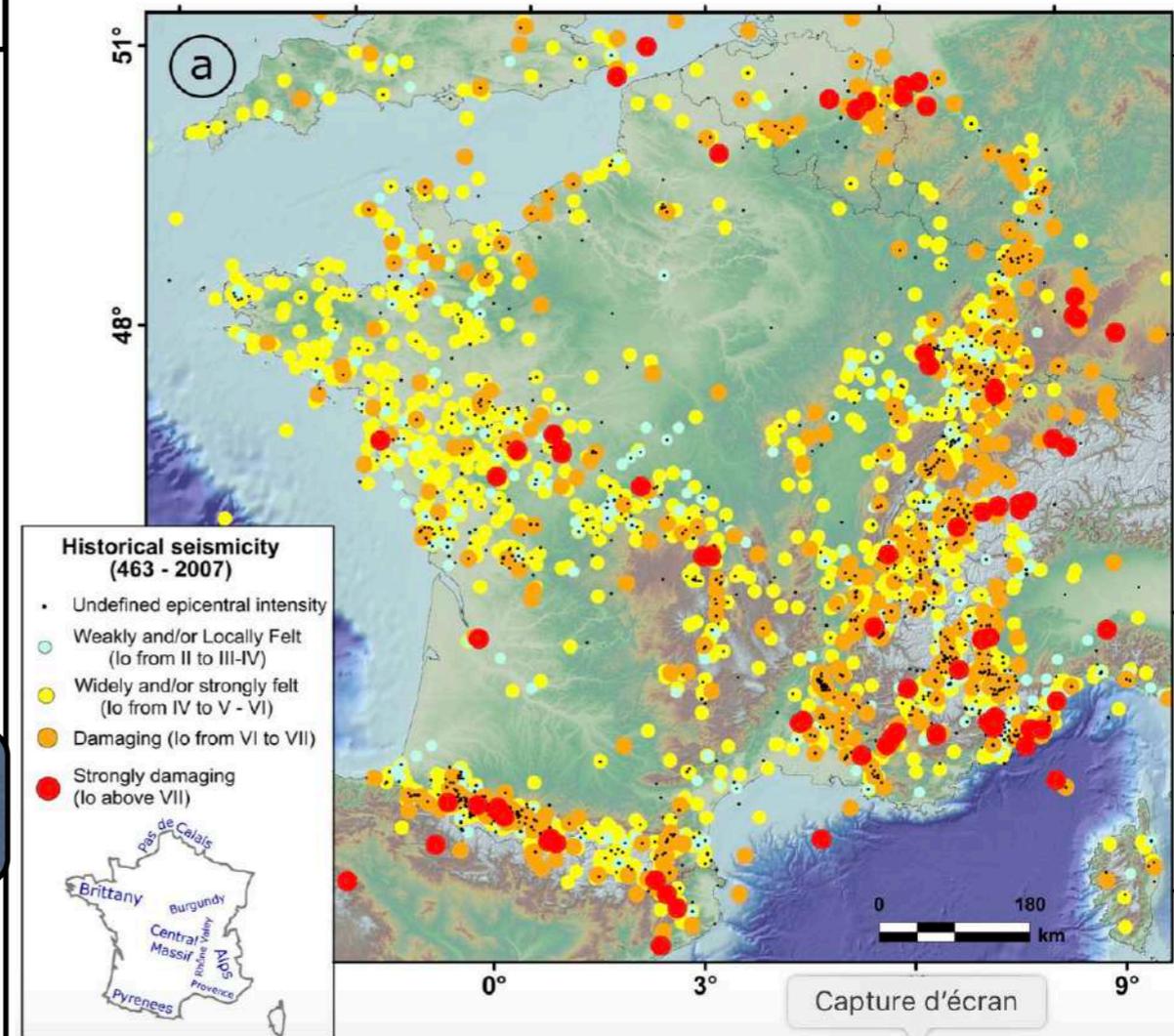
Magnitude - Intensity conversion
 $I_{max} = a + bM + c * \log(h) \pm \sigma$

Historical seismicity

Paleo-seismicity

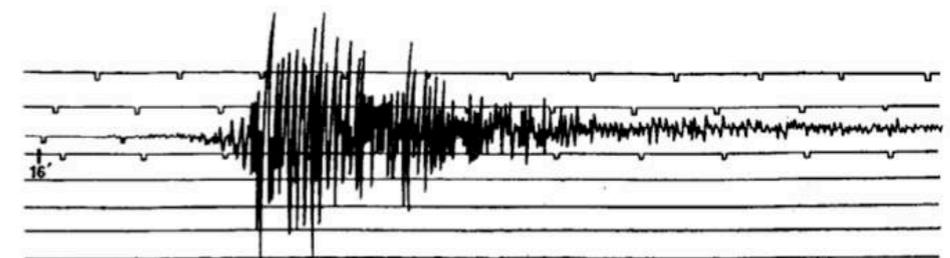
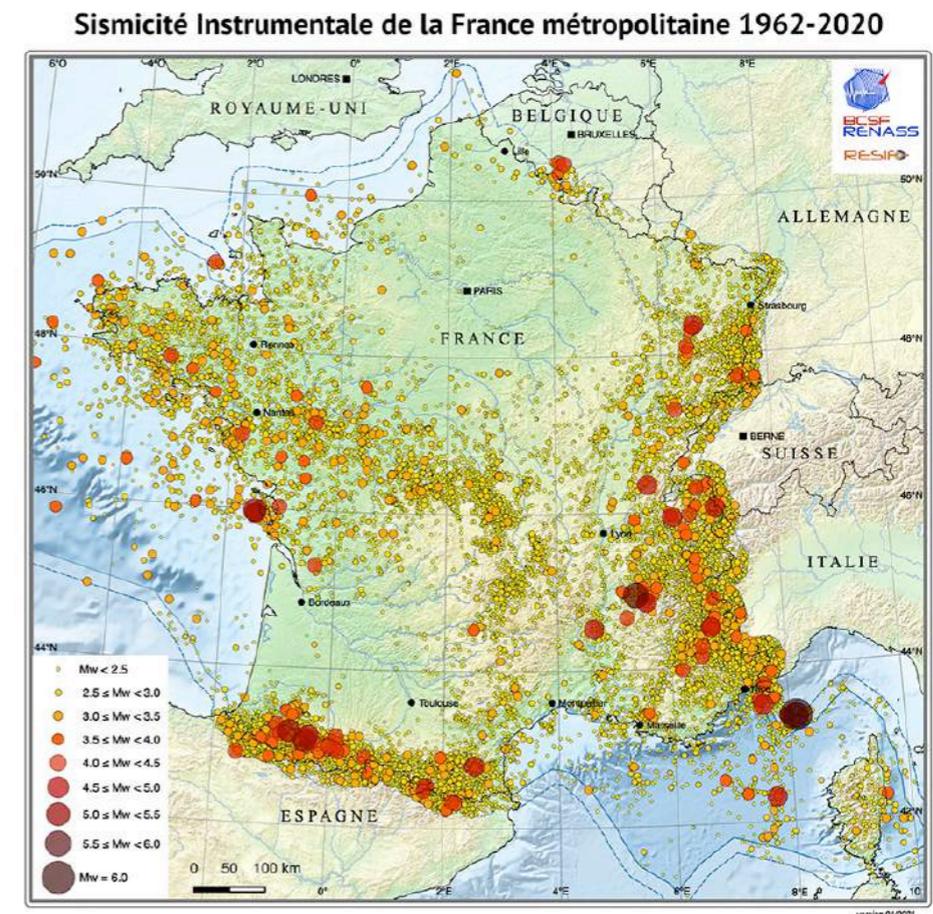
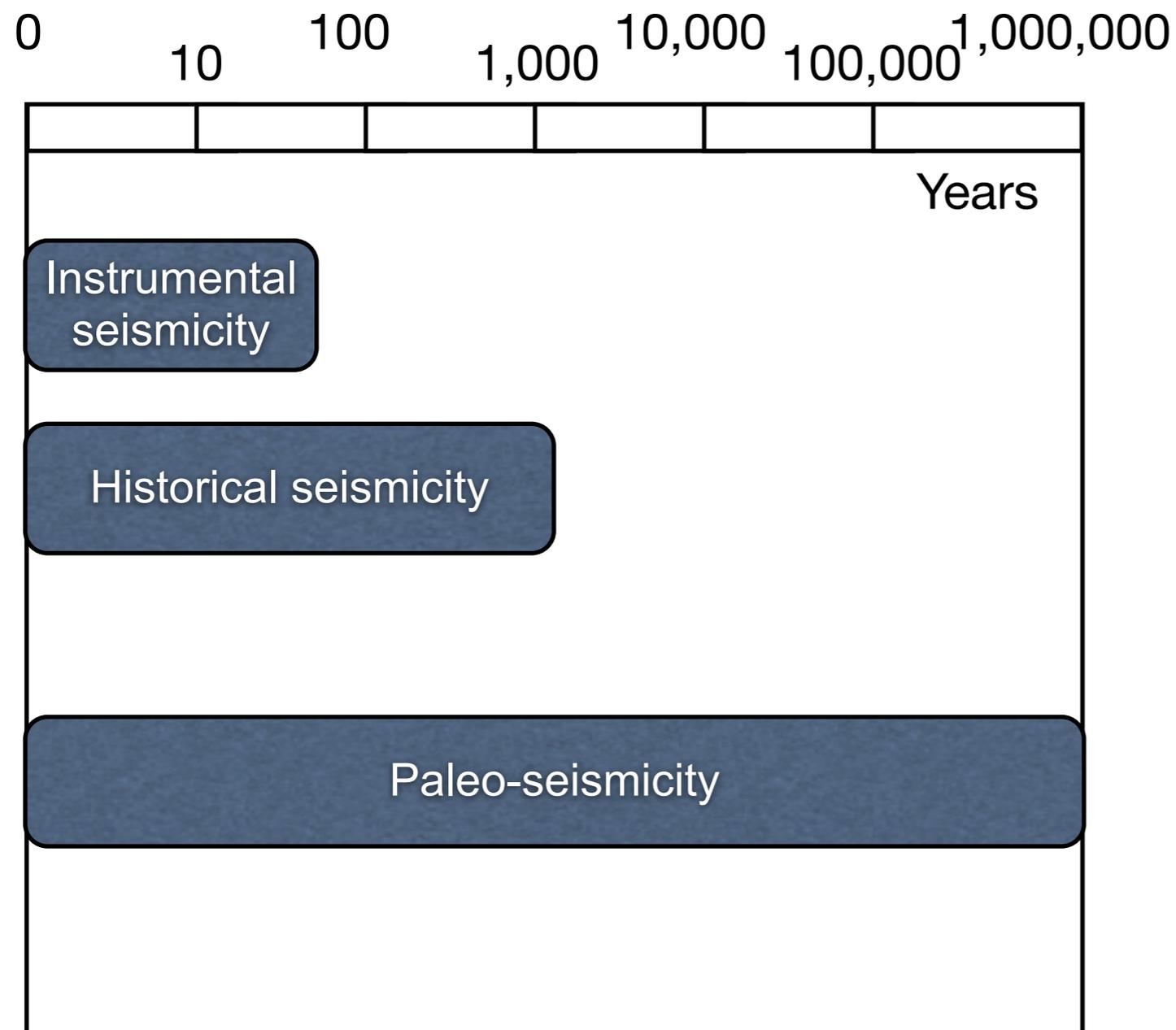
463-2007 earthquakes

Jomard et al., 2021



Quelle est la **fréquence** des tremblements de terre?

Observation: Modèle de sismicité (Guttenberg-Richter)



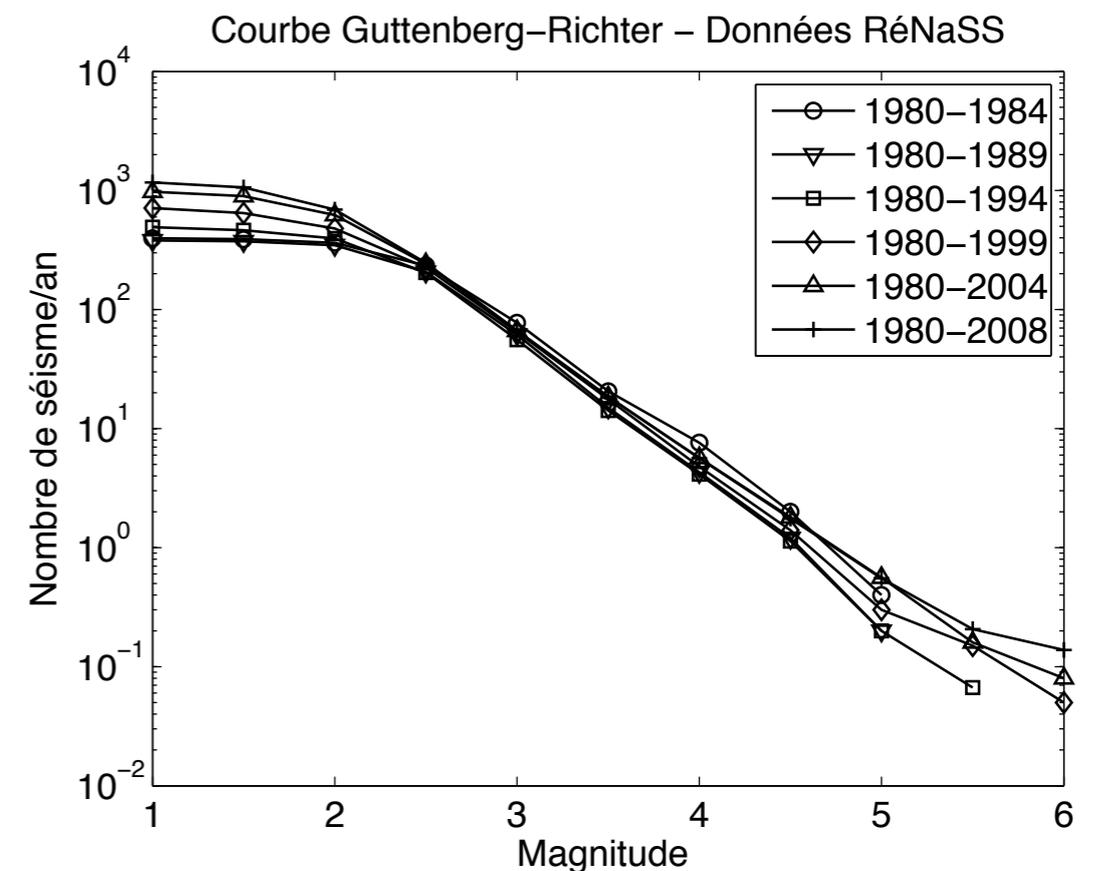
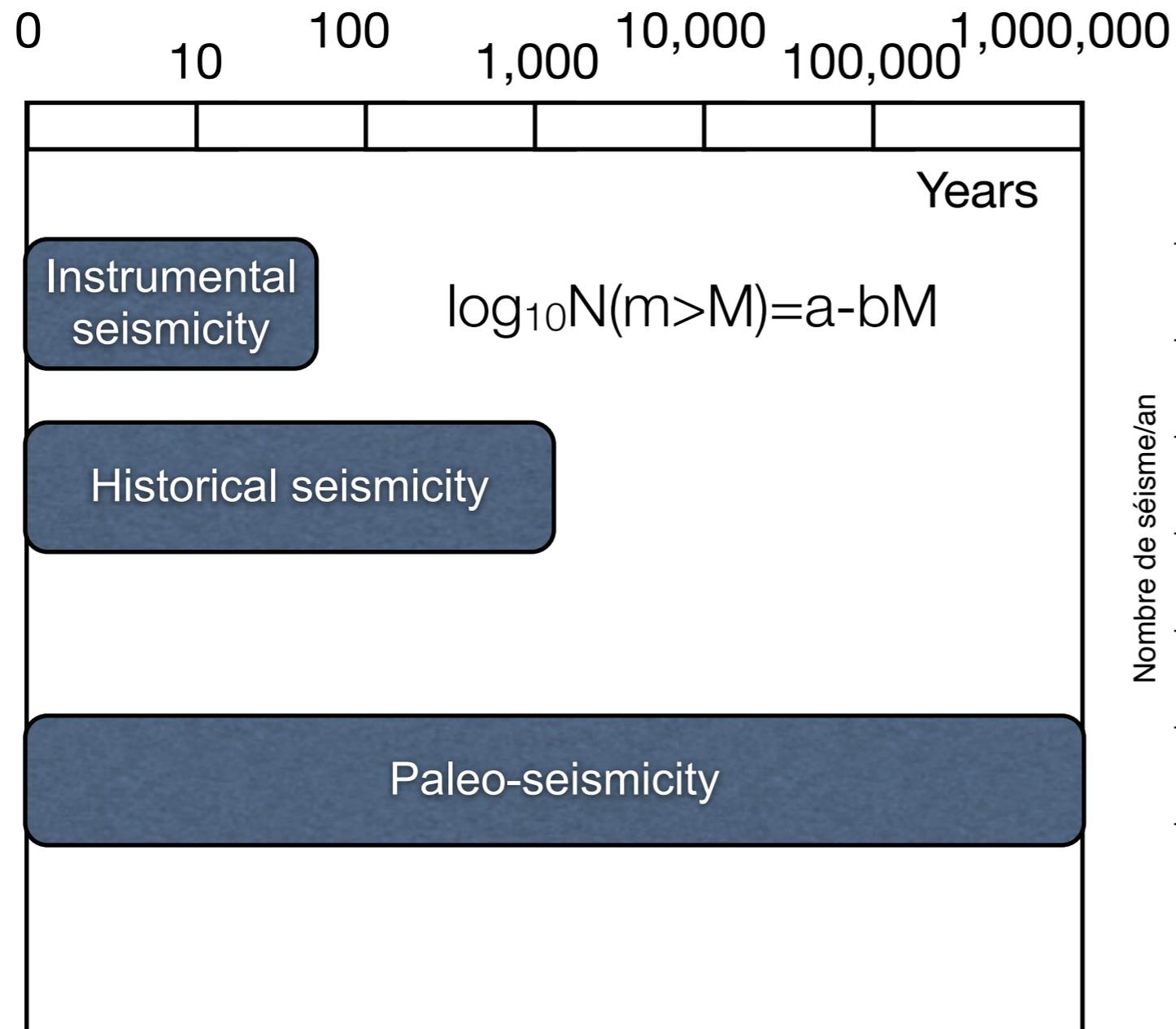
Séisme de Lambesc (11 juin 1909)

Portion principale du sismogramme obtenue à l'Observatoire du Parc-Saint-Maur (composante E-W) lors du tremblement de terre du 11 juin 1909 (première secousse)
 Cette portion va de 21h 16mm à 21h 26mm

WIECHERT de 1000 kg, $T_0 = 12s$, amplification : 230

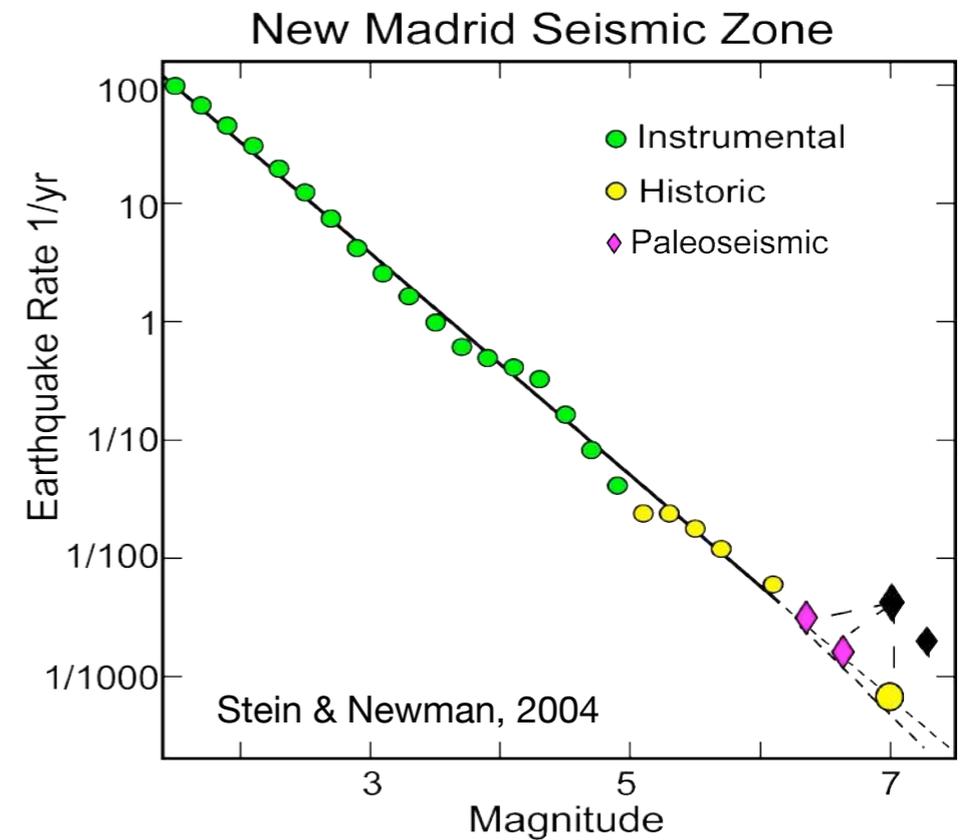
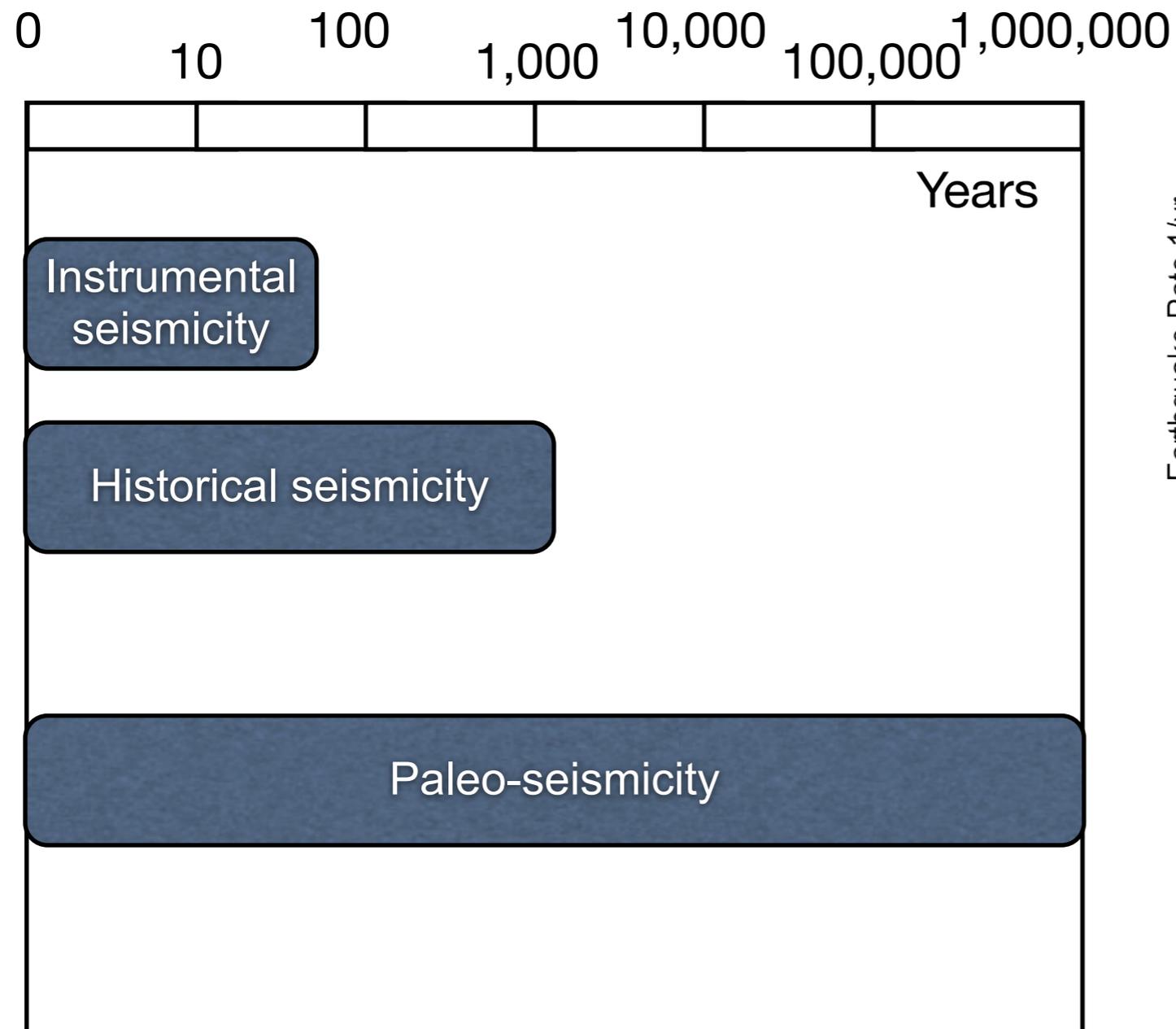
Quelle est la **fréquence** des tremblements de terre?

Observation: Modèle de sismicité (Guttenberg-Richter)



Quelle est la **fréquence** des tremblements de terre?

Observation: Modèle de sismicité (Guttenberg-Richter)



$$\log_{10} N(m>M) = a - bM$$

$$\lambda_M = \lambda_0 e^{-\beta M}$$

Annual occurrence rate for earthquakes $m > M$

La zone sub-alpine de Grenoble à Chamonix

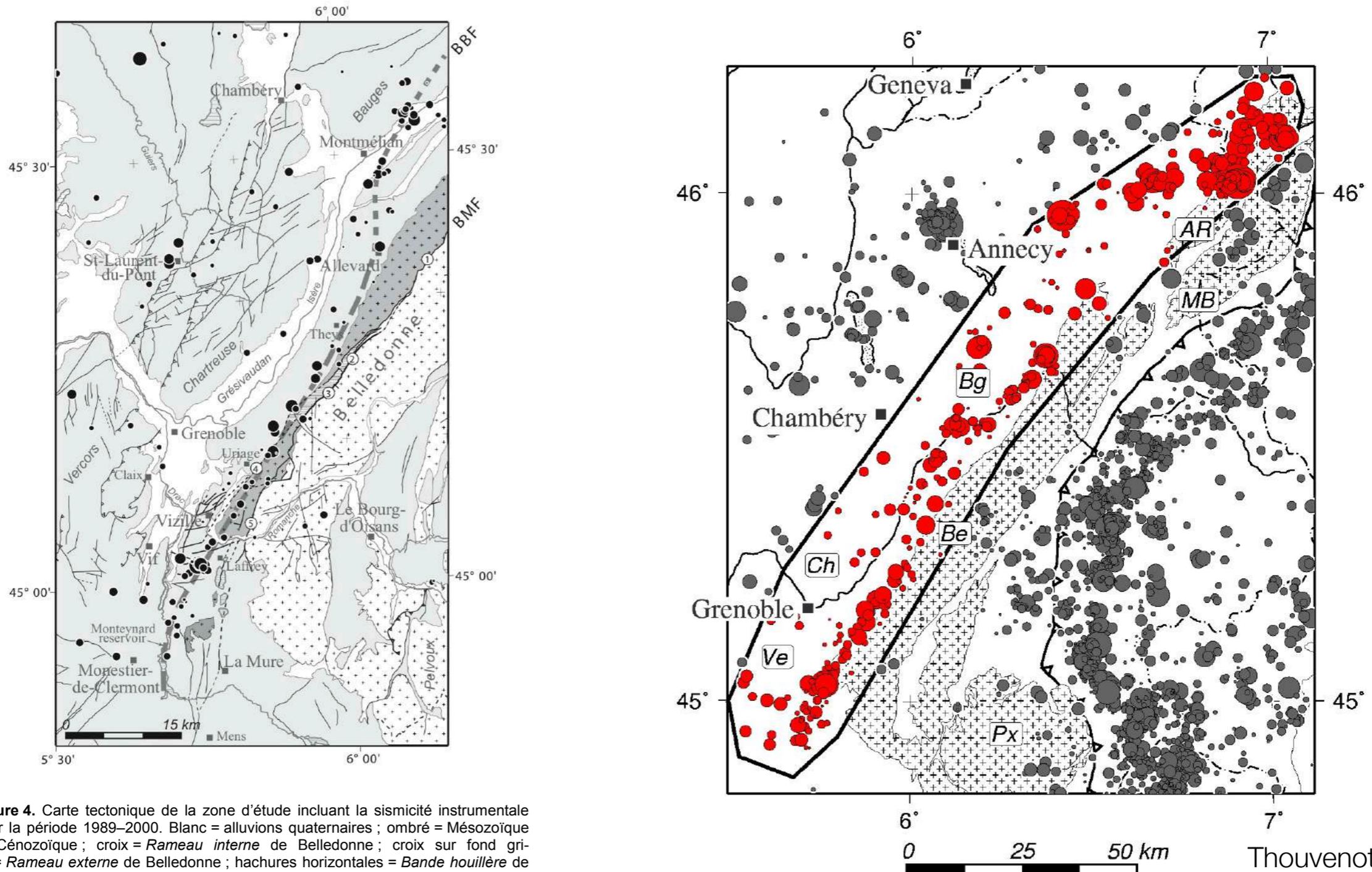


Figure 4. Carte tectonique de la zone d'étude incluant la sismicité instrumentale pour la période 1989–2000. Blanc = alluvions quaternaires ; ombré = Mésozoïque et Cénozoïque ; croix = Rameau interne de Belledonne ; croix sur fond grisé = Rameau externe de Belledonne ; hachures horizontales = Bande houillère de Belledonne. L'accident médian de Belledonne (BMF) est subdivisé en 5 segments : 1 = AMB nord ; 2 = Faille est du col du Merdaret ; 3 = Faille du Pré de l'Arc ; 4 = Faille de Vizille ; 5 = Faille de Séchillienne.

Occurrence des séismes autour de Grenoble

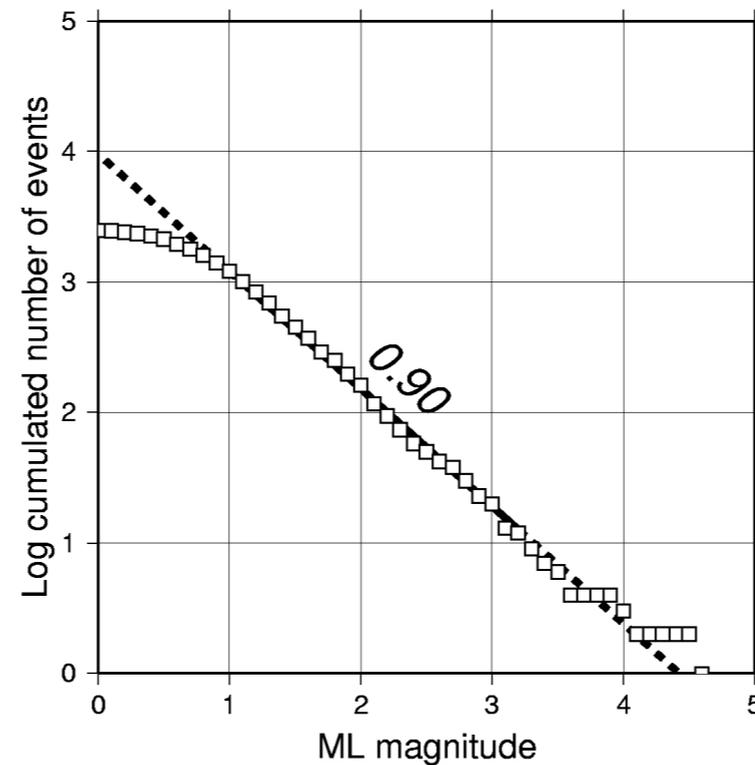


Figure 12. Diagramme de Gutenberg-Richter pour la totalité des séismes du domaine d'étude.

Magnitude	Domaine d'étude	Avant-pays	Domaine pennique	Subalpin	Subalpin S	Subalpin N
<i>b</i>	0.90 ± 0.05	0.89 ± 0.14	0.97 ± 0.08	0.78 ± 0.09	0.85 ± 0.15	0.72 ± 0.11
3.5	3	18	7	5	15	7
4	8	50	20	12	40	15
5	60	400	200	70	300	80
6	500	3 000	2 000	400	2 000	400
7	4 000	20 000	20 000	3 000	14 000	2 000

Quelle est l'**amplitude** du mouvement du sol?

Observation



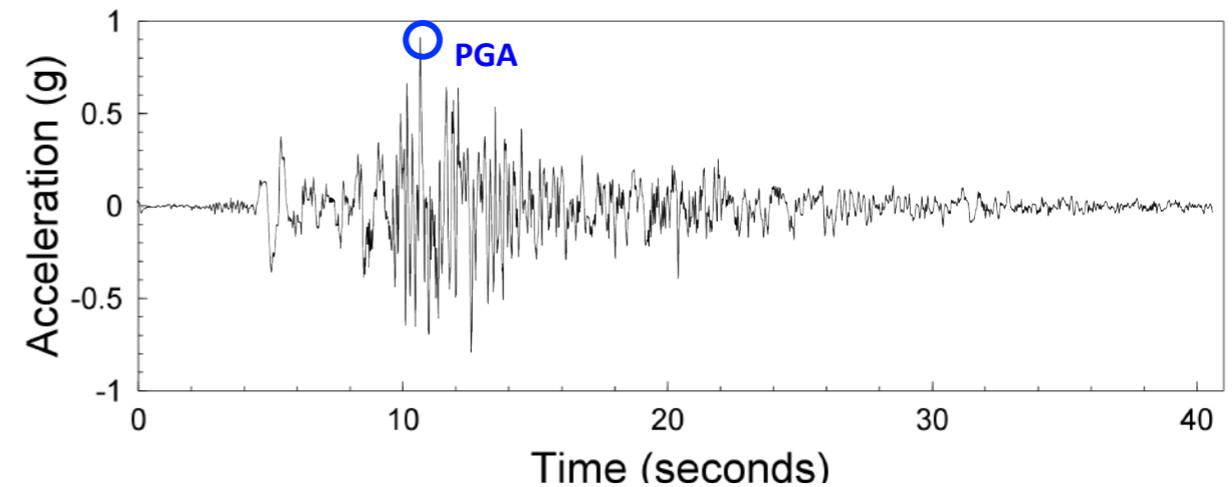
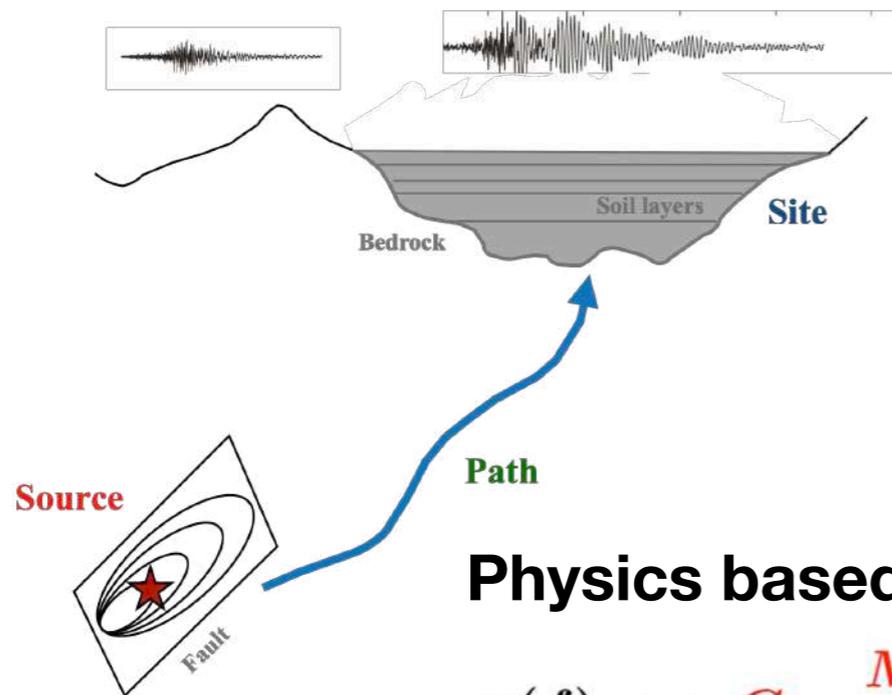
Quelle est **l'amplitude** du mouvement du sol?

Observation



Quelle est l'amplitude du mouvement du sol?

Sismologie de l'ingénieur



Physics based model

$$a(f) = C \frac{M_0 f^2}{1 + (f/f_c)^2} \frac{1}{R} e^{\frac{-\pi f R}{\beta Q(f)}} A(f) e^{-\pi \kappa_0 f}$$

Empirical based model: Ground Motion Model GMM

$$Y = f(X_{es}, \theta) + \Delta \quad \text{Al Atik et al., (2010)}$$

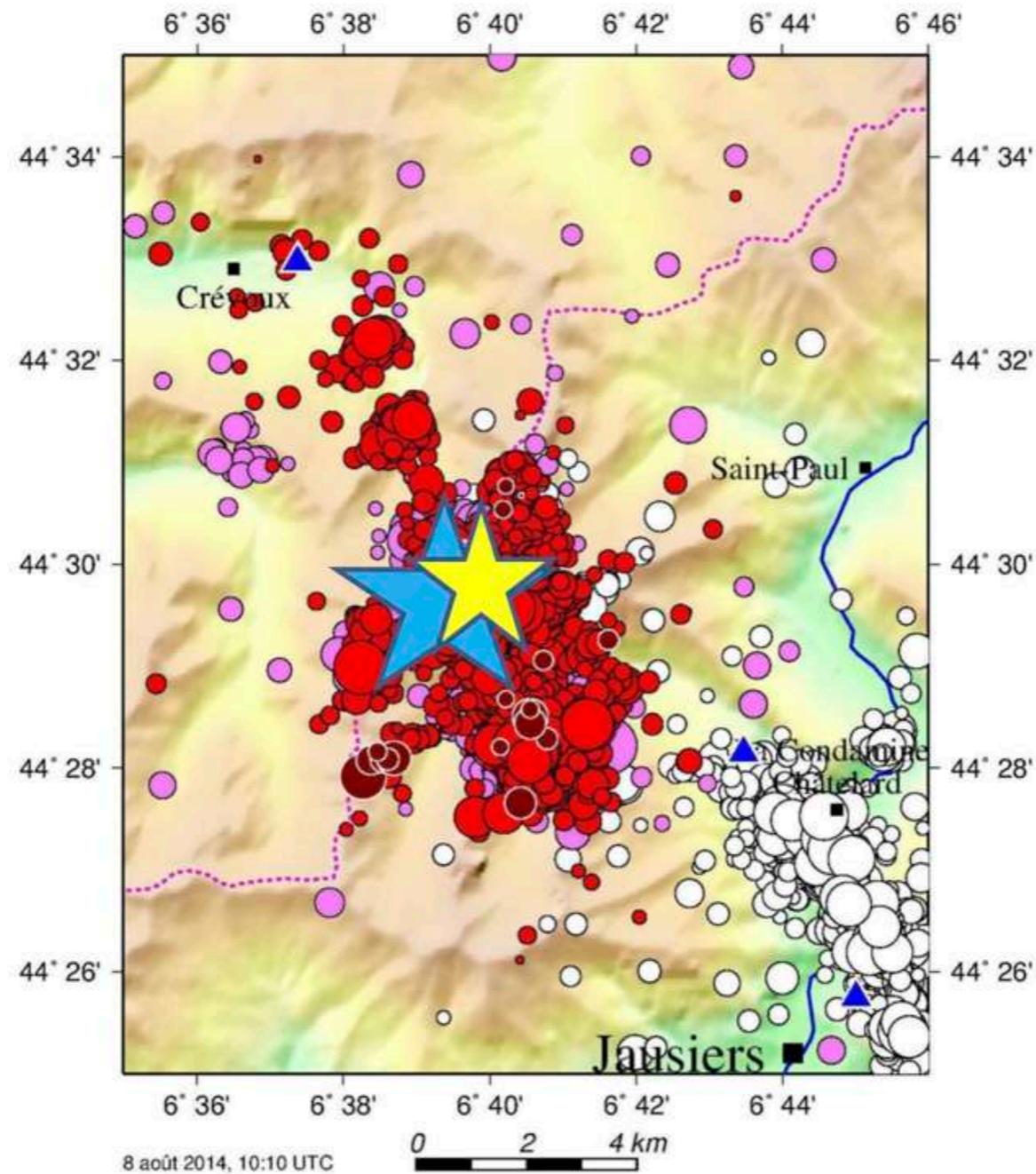
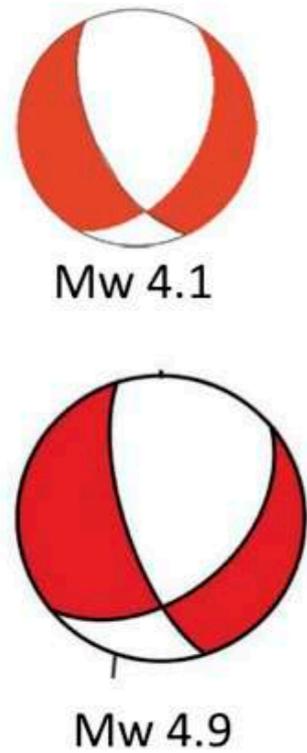
$f(X_{es}, \theta)$ = ground motion model e.g., $a(f) \times M + b(f) \times R + \log(R) + c(i, f)$

Y = observed ground motion parameter

Δ = Total ground motion variability

Quelle est l'**amplitude** du mouvement du sol?

Observation

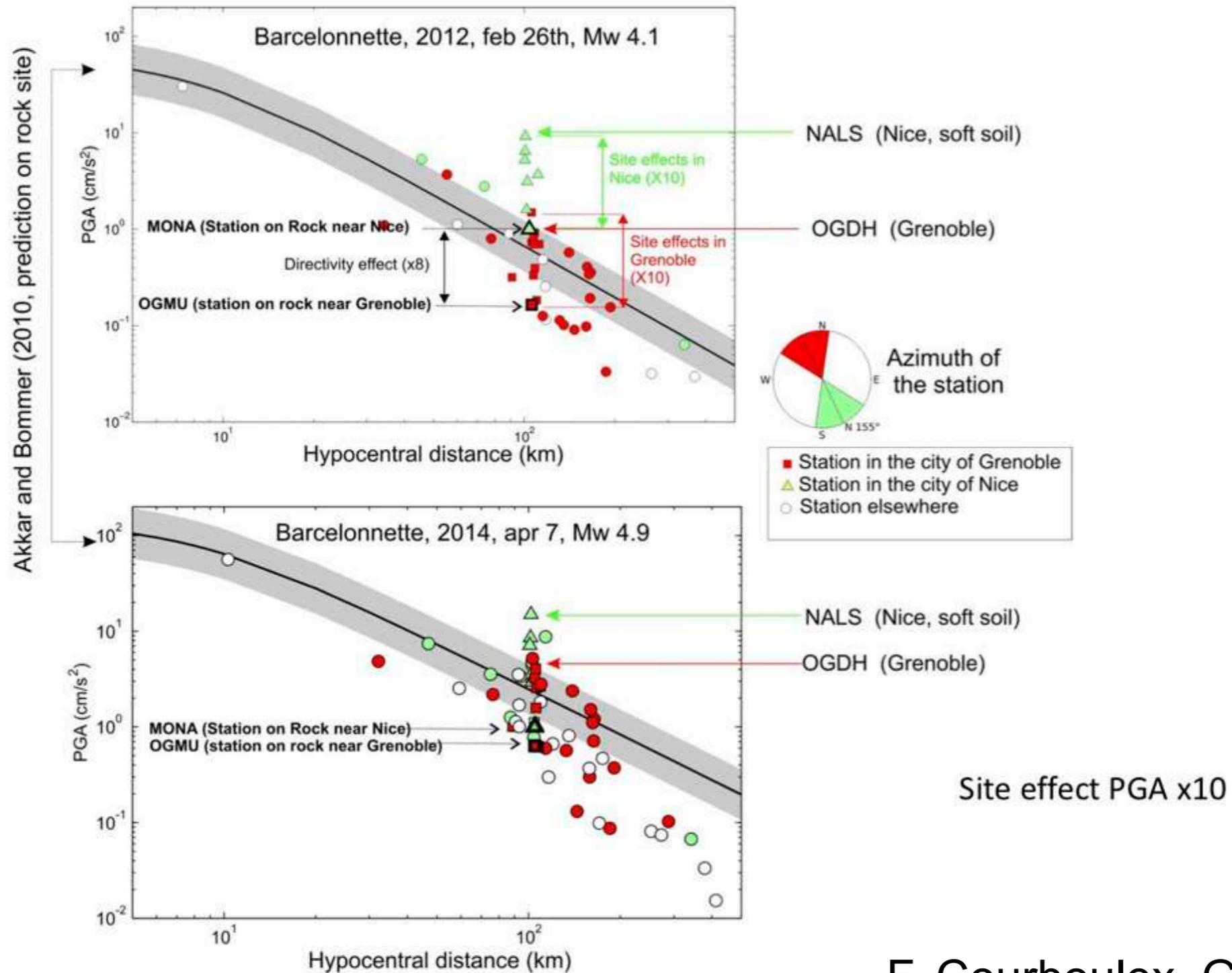


2012, Feb. 26th

2014, Apr. 7th

Quelle est l'amplitude du mouvement du sol?

Observation



Quelle est l'amplitude du mouvement du sol?

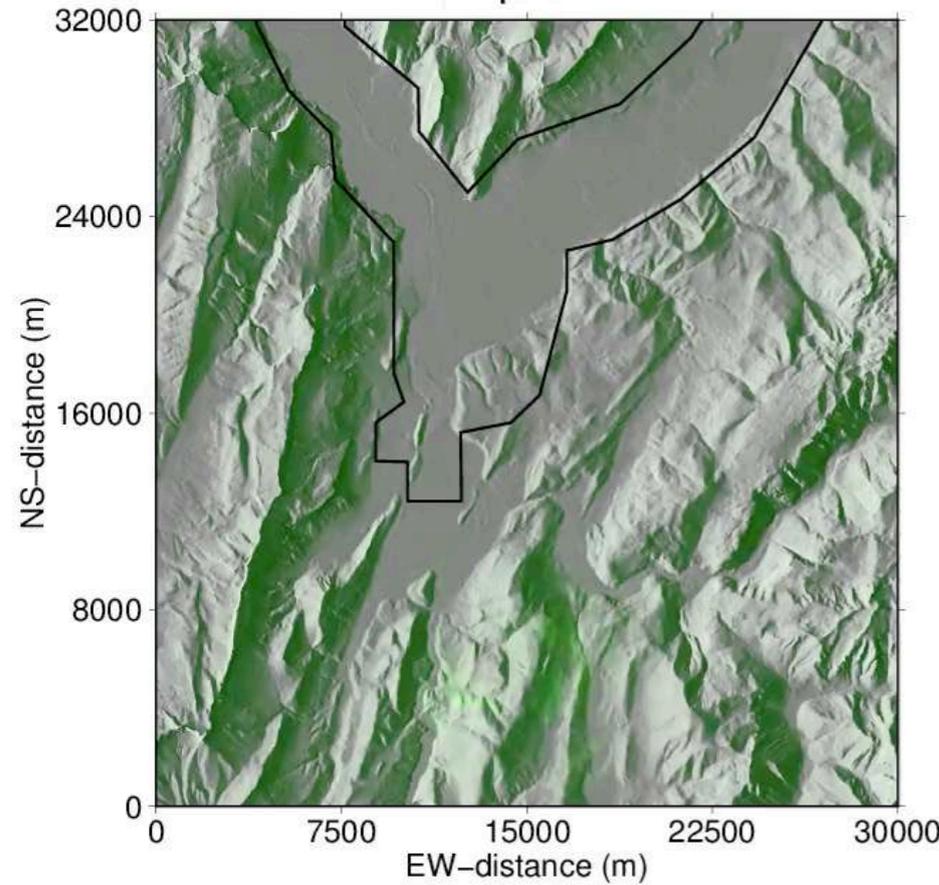
Observation

Computed by EFISPEC3D

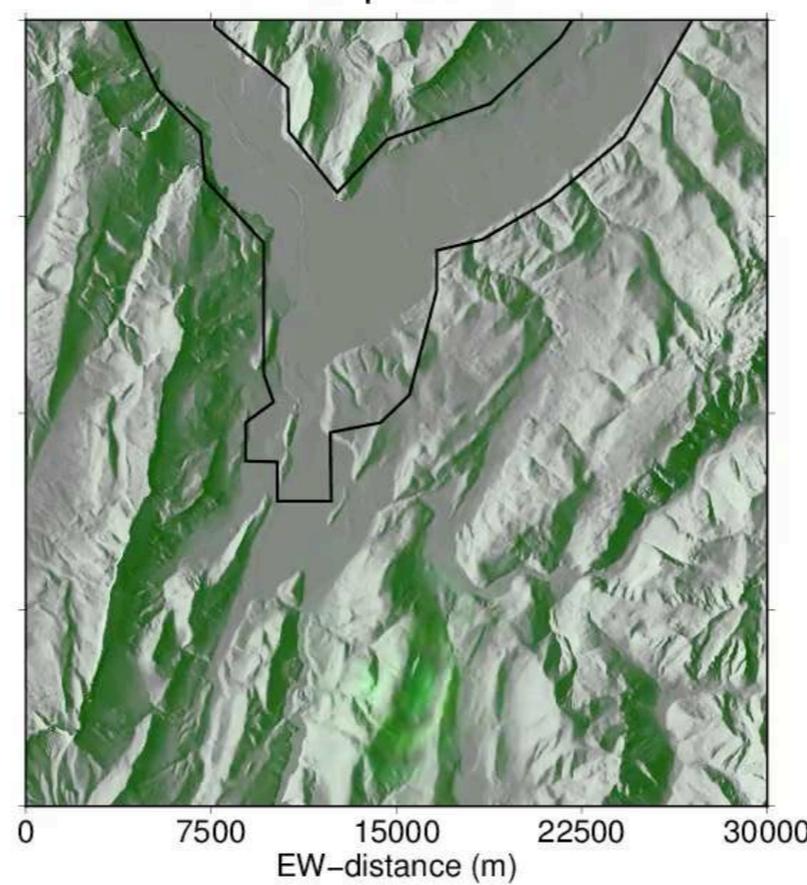
GRENOBLE

0.00000 s

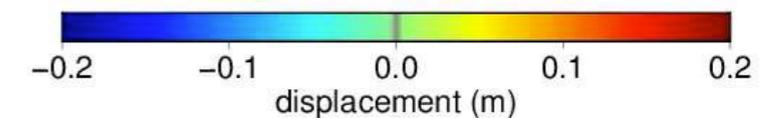
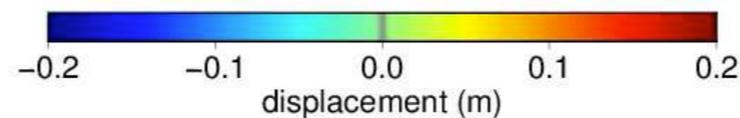
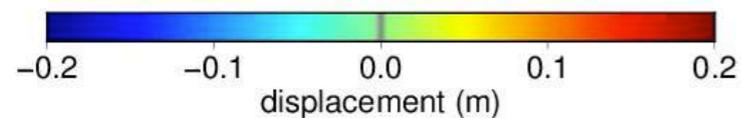
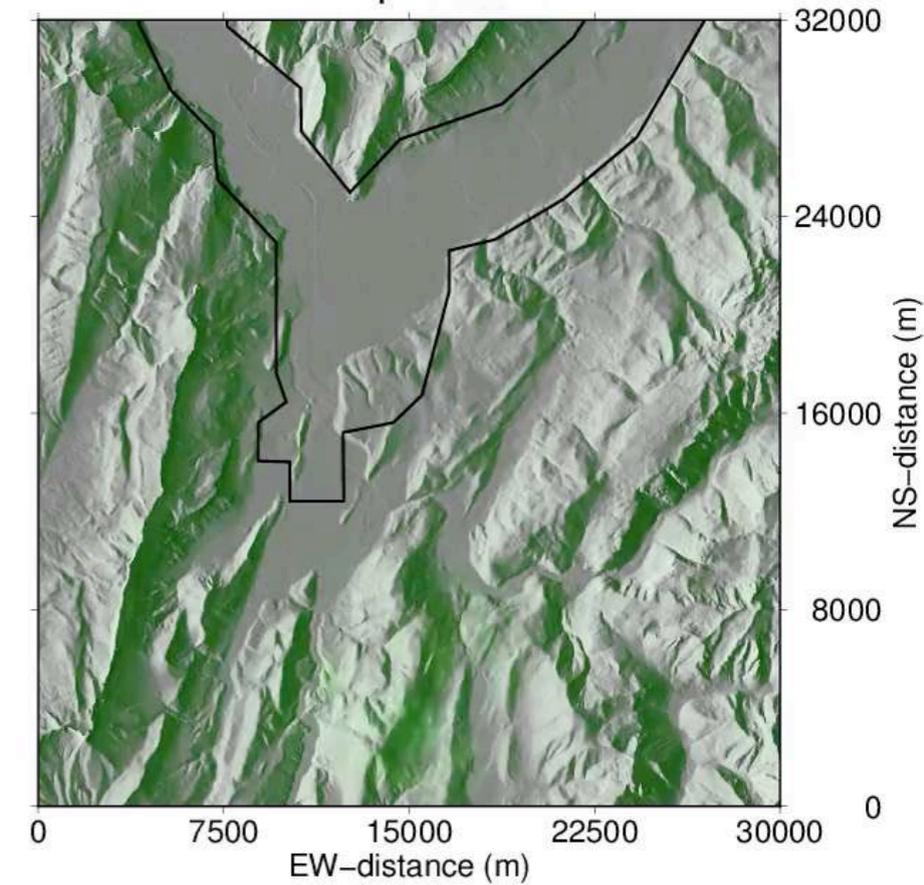
EW-displacement



NS-displacement

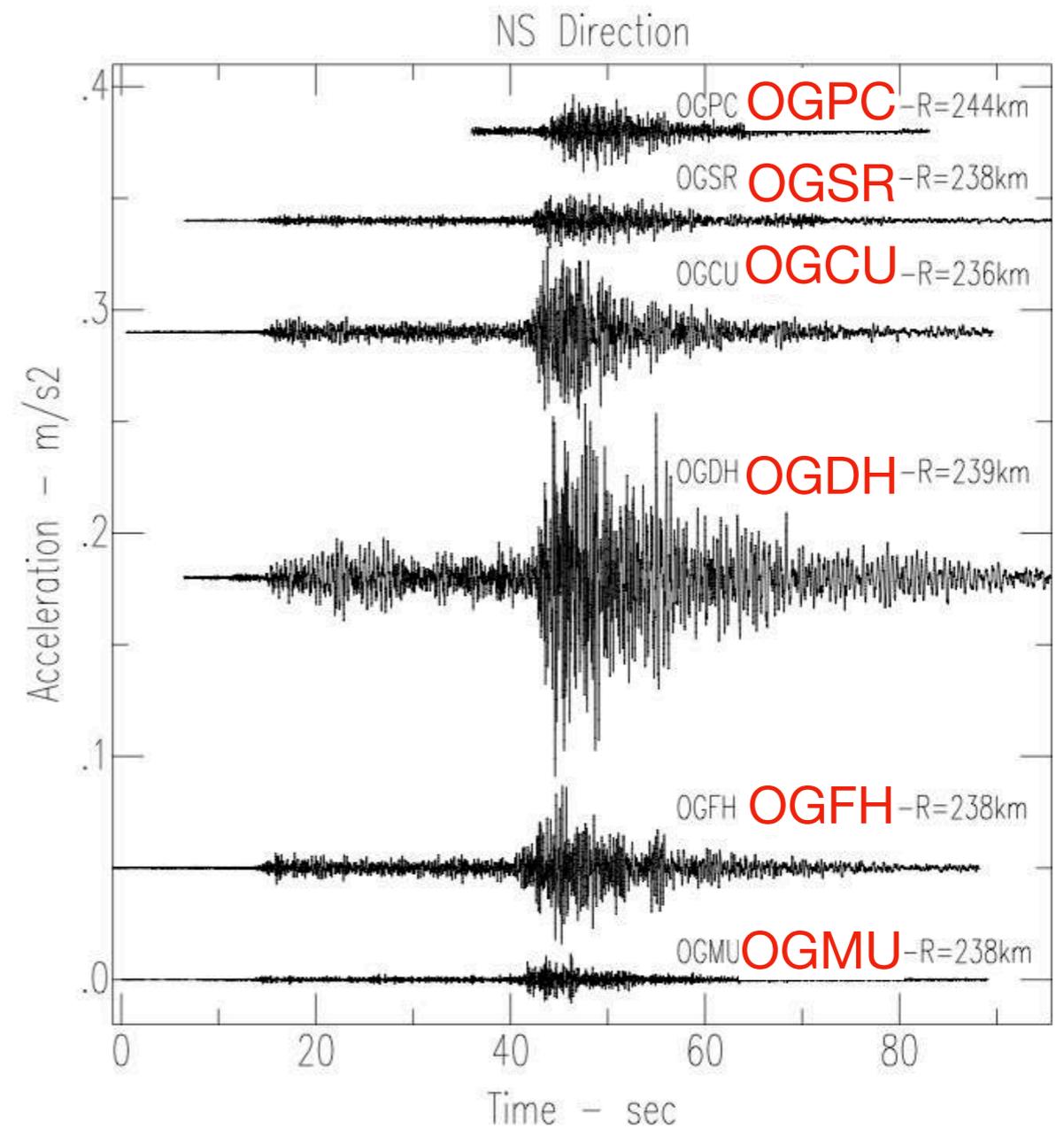
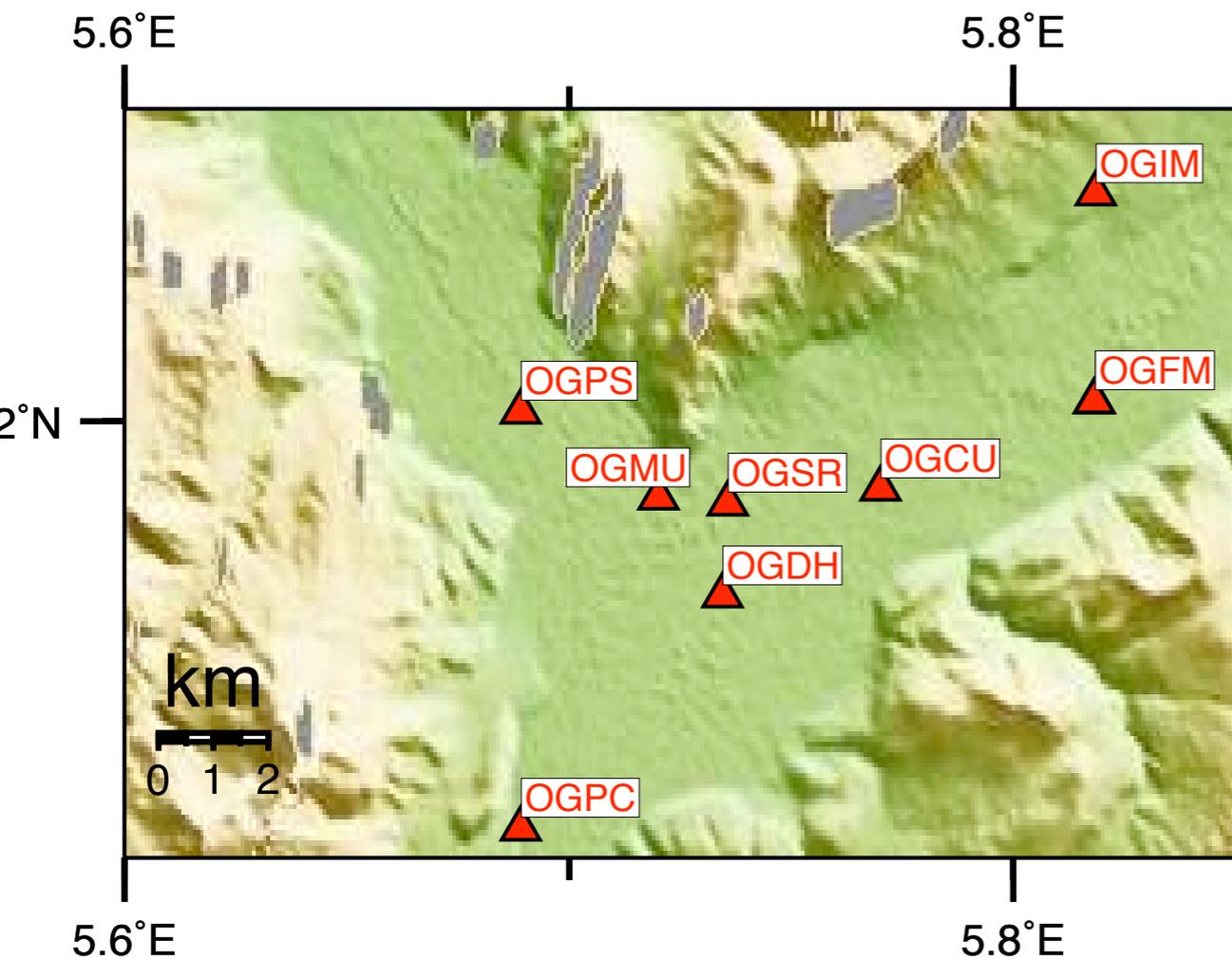


UD-displacement



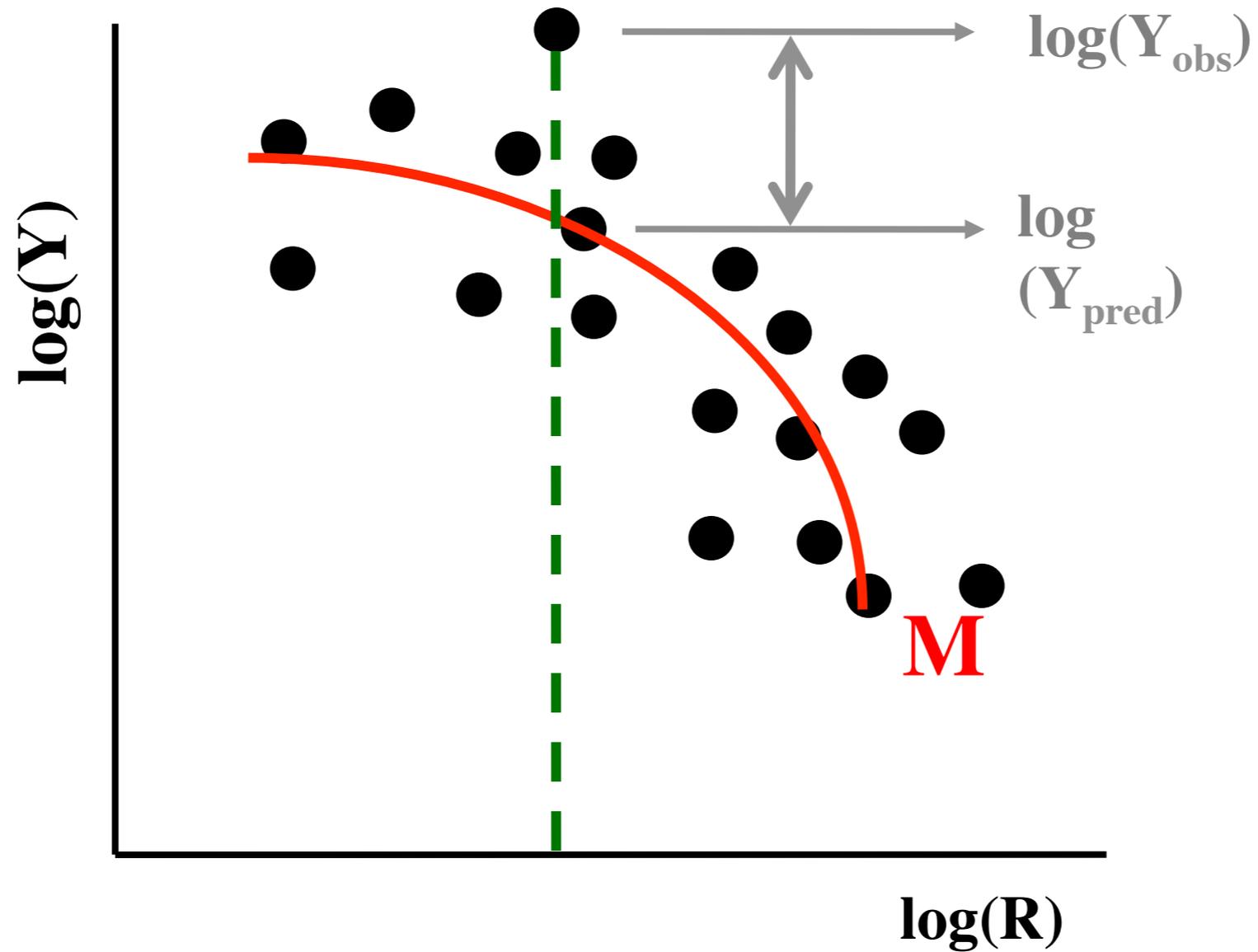
Quelle est l'amplitude du mouvement du sol?

Observation



Quelle est l'**amplitude** du mouvement du sol?

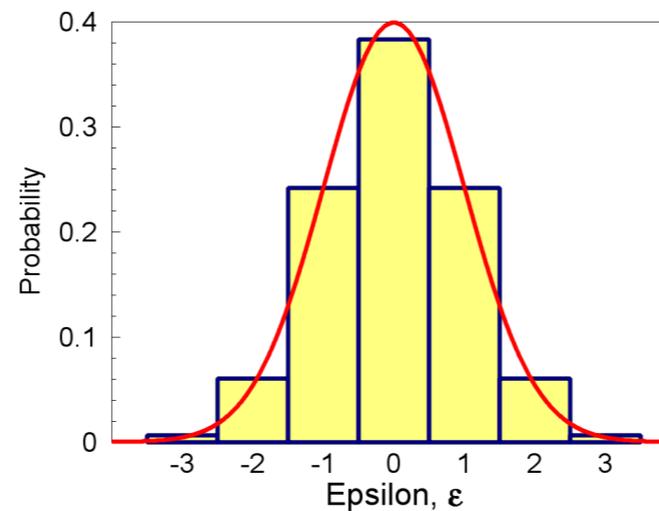
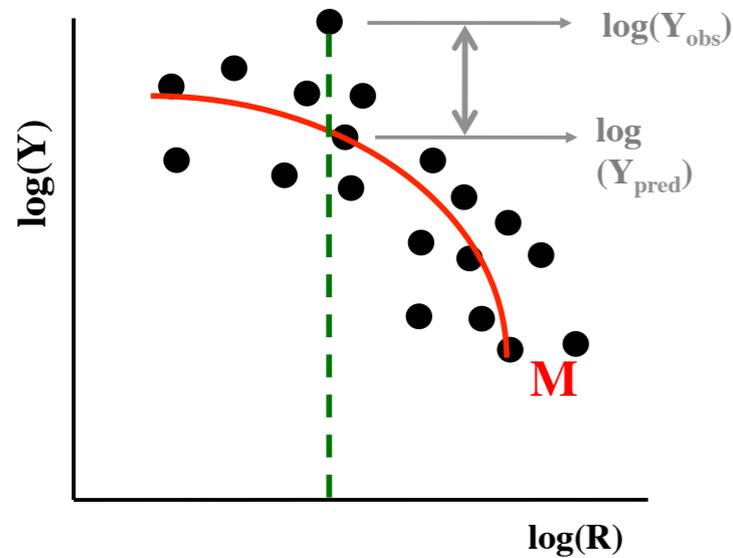
Modèle de prédiction GMM



Quelle est l'amplitude du mouvement du sol?

Modèle de prédiction GMM

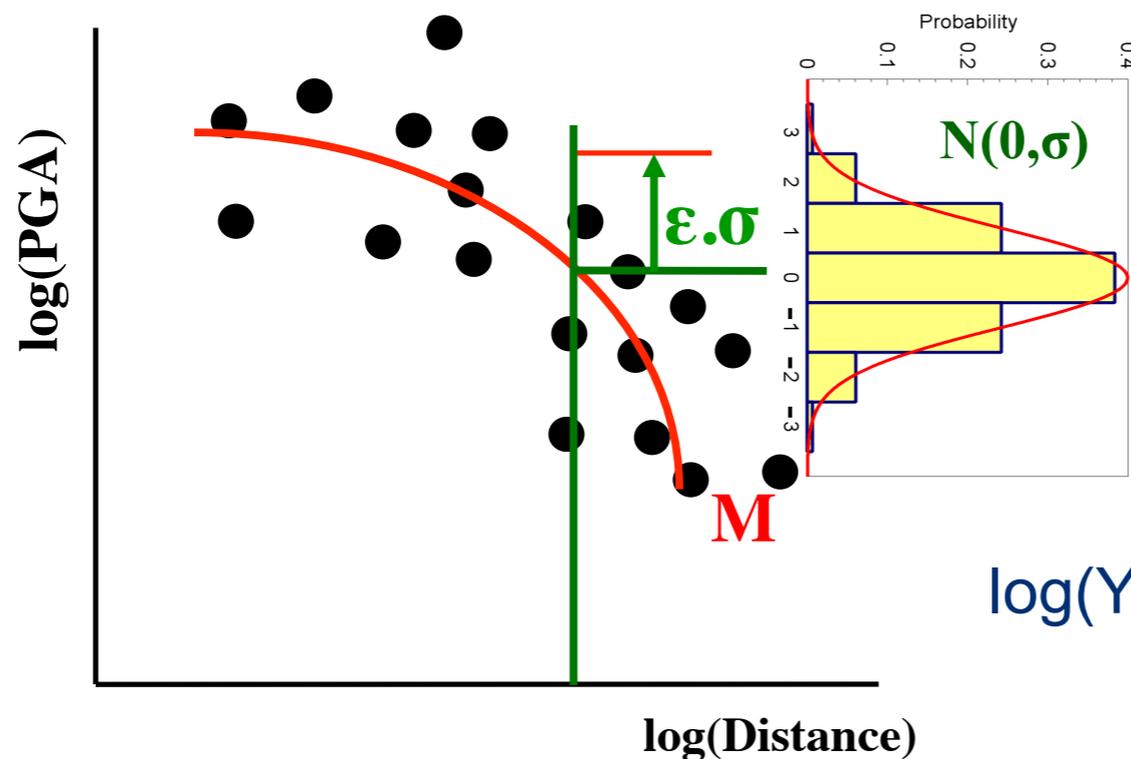
$$\delta = \log(Y_{\text{obs}}) - \log(Y_{\text{pred}}) = \log(Y_{\text{obs}}) - f(M, R)$$



We introduce ϵ to represent the residual δ normalized by the standard deviation

$$\epsilon = \delta / \sigma$$

ϵ	Prob. of exceedance
0	50% (median)
1	16%
-1	83%
2	2.3%
3	0.1%



$$\log(Y) = f(M, F, R, S) + \delta = f(M, F, R, S) + \epsilon \cdot \sigma$$

Composante Aléa

- Courbe d'aléa curve

Prédiction du taux d'occurrence moyen auquel une mesure d'intensité maximale C^* (par exemple, une accélération maximale) est égale ou dépassée au cours d'une période donnée.

- Modèle de Poisson

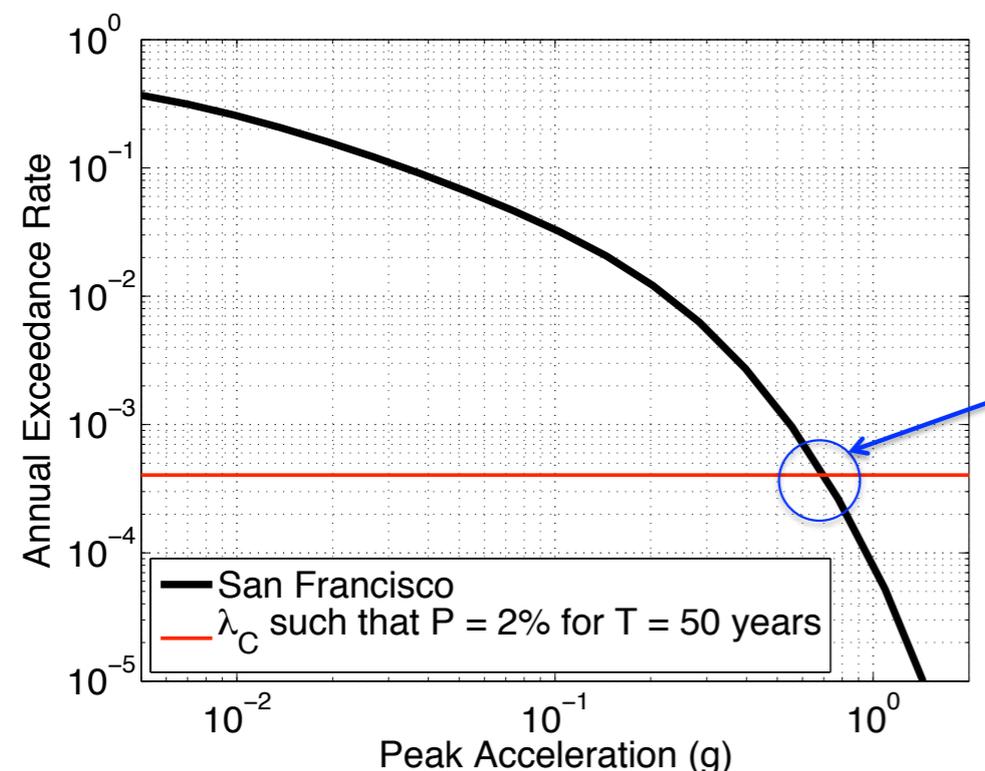
exprime la probabilité qu'un certain nombre d'événements se produisent au cours d'une période déterminée si ces événements se produisent avec un taux moyen connu (stationnaire) et indépendamment du temps écoulé depuis le dernier événement.

$$P = 1 - e^{-\lambda[C > C^*] t}$$

$$\lambda[C > C^*] = -[\ln(1 - P)]/t$$

$$\lambda[C > C^*] = \sum_i \lambda_{Mi} \iint P_j(C > C^* | M, R) P(M | R) dM dR$$

La probabilité d'occurrence est liée à la fréquence annuelle de dépassement $\lambda[C > C^*]$ (ou période de retour $1/\lambda$) et à la durée d'exposition t



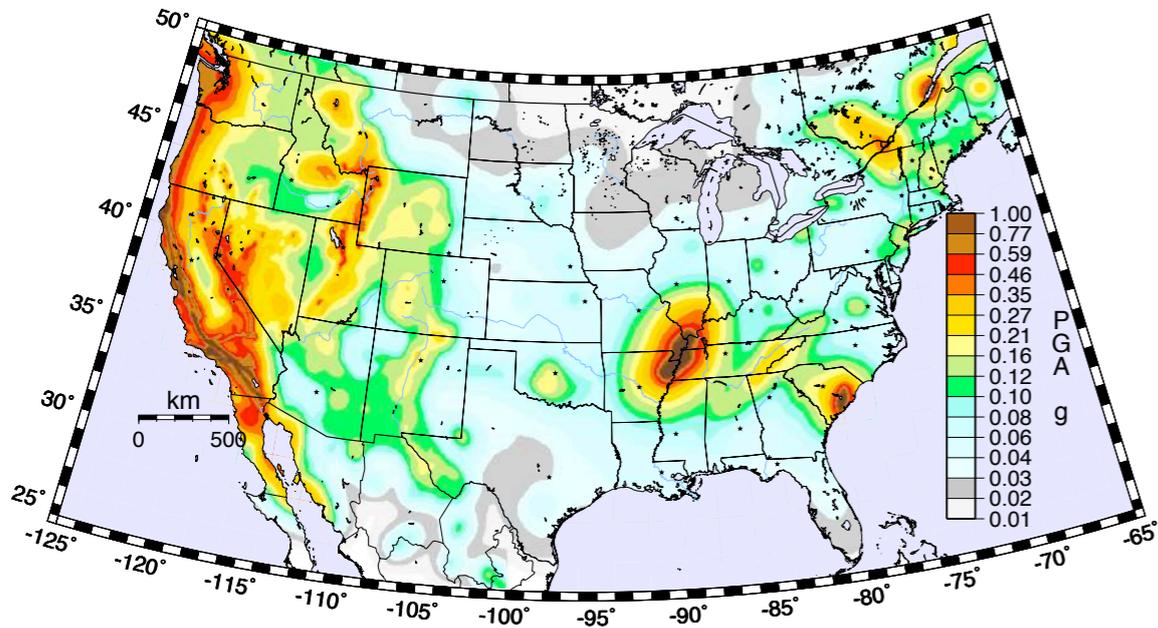
$P = 2\%$ pour $t = 50$ ans donne $\lambda[C > C^] = 0.000404$ soit $1/2475$ ans 2475 est la période de retour*

$\lambda[C > C^] = 0.000404$ est la fréquence annuelle d'occurrence d'un événement (i.e., mouvement du sol) considéré pour le dimensionnement parasismique (objectif: sauvegarde des vies humaines)*

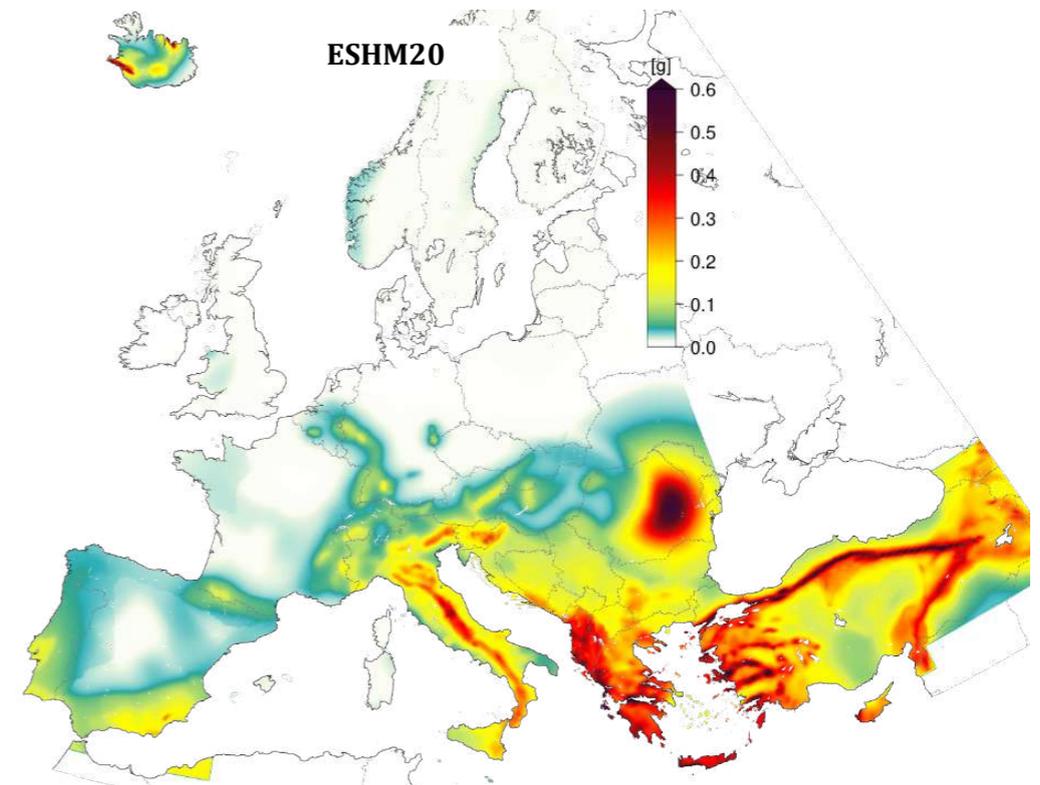
Composante Aléa

Modèle de source + Modèle de sismicité + Modèle prédiction du mouvement du sol + Modèle probabiliste

PGA with 2% in 50 years (USGS 2008)



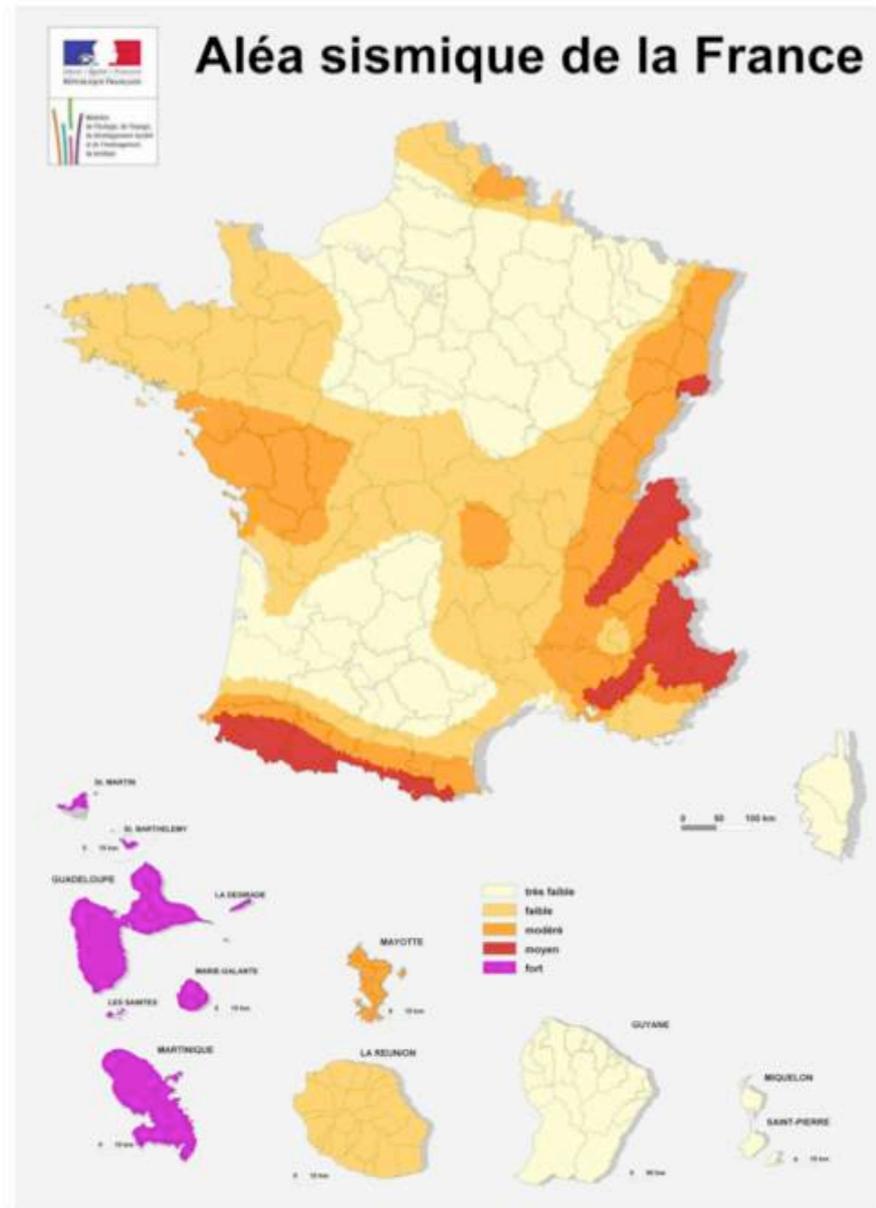
PGA with 10% in 50 years (ESHM20)



$$\lambda[C > C^*] = \iint n(M, R) \Phi(C > C^* | C(M, R)) \sigma_T dM dR$$

Composante Aléa

Zonage réglementaire de la France (Décret n°91-461 du 14 mai 1991)



Volet Administratif

Objectif: sauvegarde des vies humaines

Accélération avec 10% en 50 ans

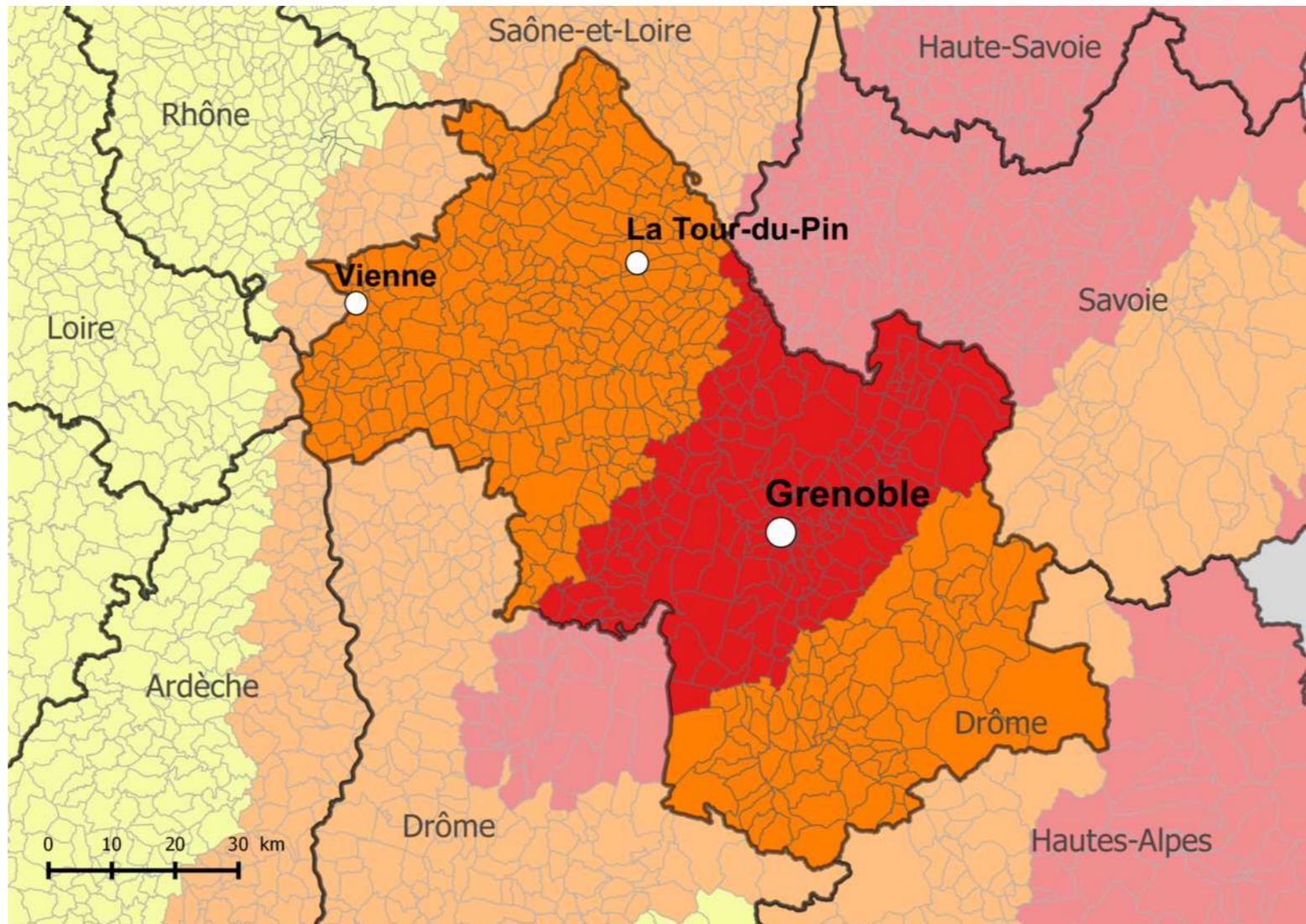
10%: As Low As Reasonable Practicable (ALARP)

50 ans: durée de vie des bâtiments

La conception des nouveaux bâtiments doit intégrer la **valeur d'accélération**, modulée en fonction du **site**, de la **région** et de la **classe (d'importance)** du bâtiment (par exemple, hôpital ou habitations)

Composante Aléa

Zonage réglementaire de l'Isère (Décret n°91-461 du 14 mai 1991)



Composante Exposition et Risque

Où?

type de construction, capacité,
répartition spatiale

Quoi?

Victime, économique direct, indirect

Quelle fréquence?

Taux annuel, probabilité d'occurrence

Quelle amplitude?

€ (donc par rapport à la valeur des biens),
Victimes (par rapport à la population exposée)
Dysfonctionnement du système
Responsabilité des élus

Exposure Module

Where? What? How much?

Taxonomy
Capacity model
Urban fabric
Population

DM: Damage measure

$$p[DM|IM, Ta]$$

Ta: taxonomy (generic building model)

Risk Module

How often? How much? Where?

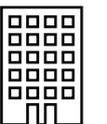
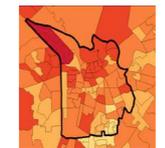
Economic loss

Replacement cost
Direct / indirect

Aggregated or granular

Social loss

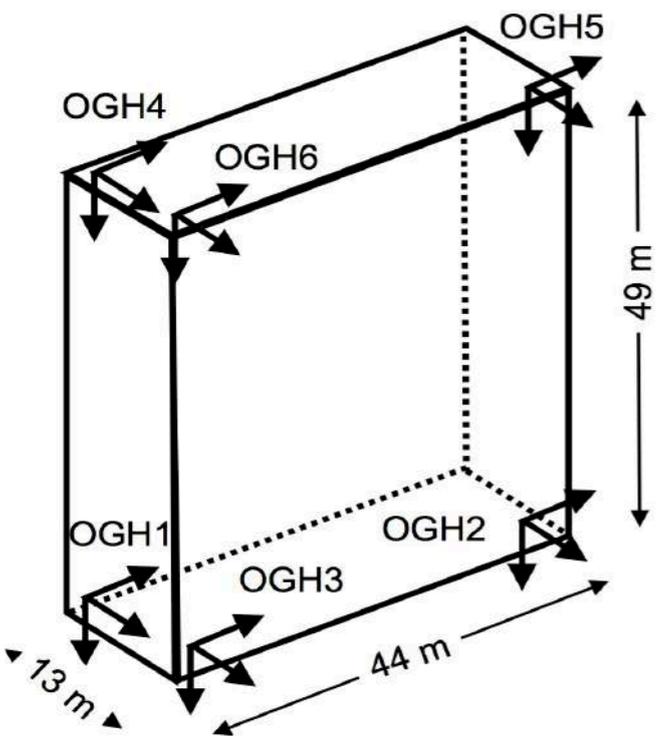
Life matrix
Casualty
Homeless



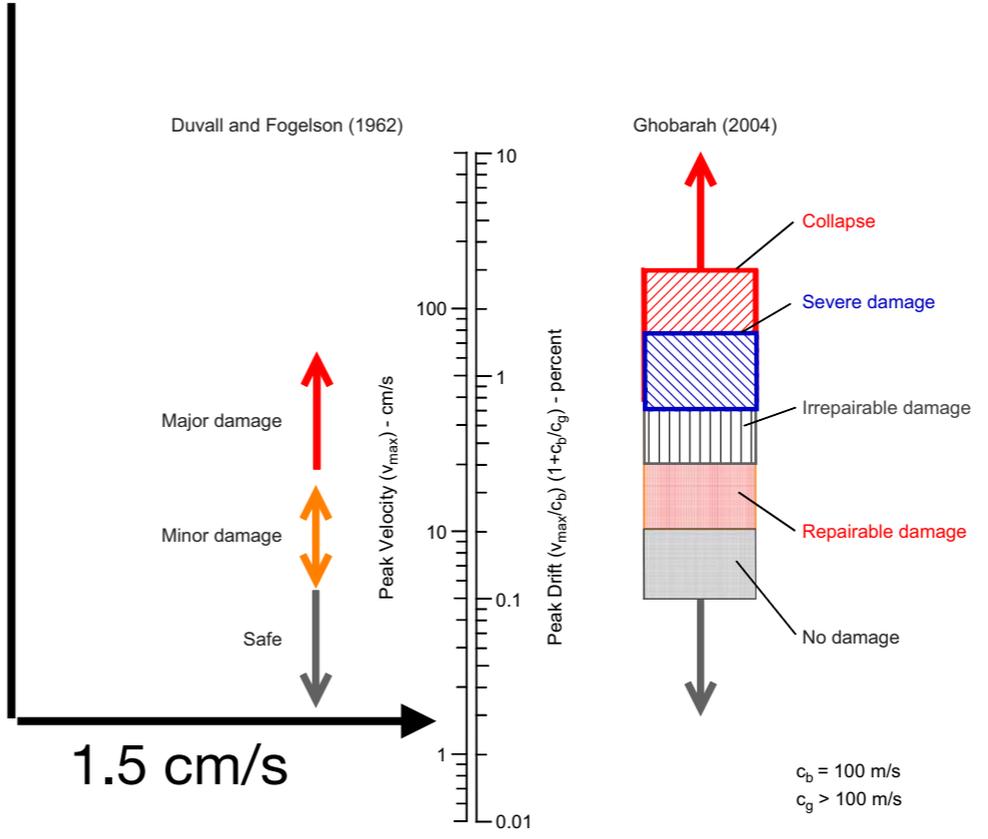
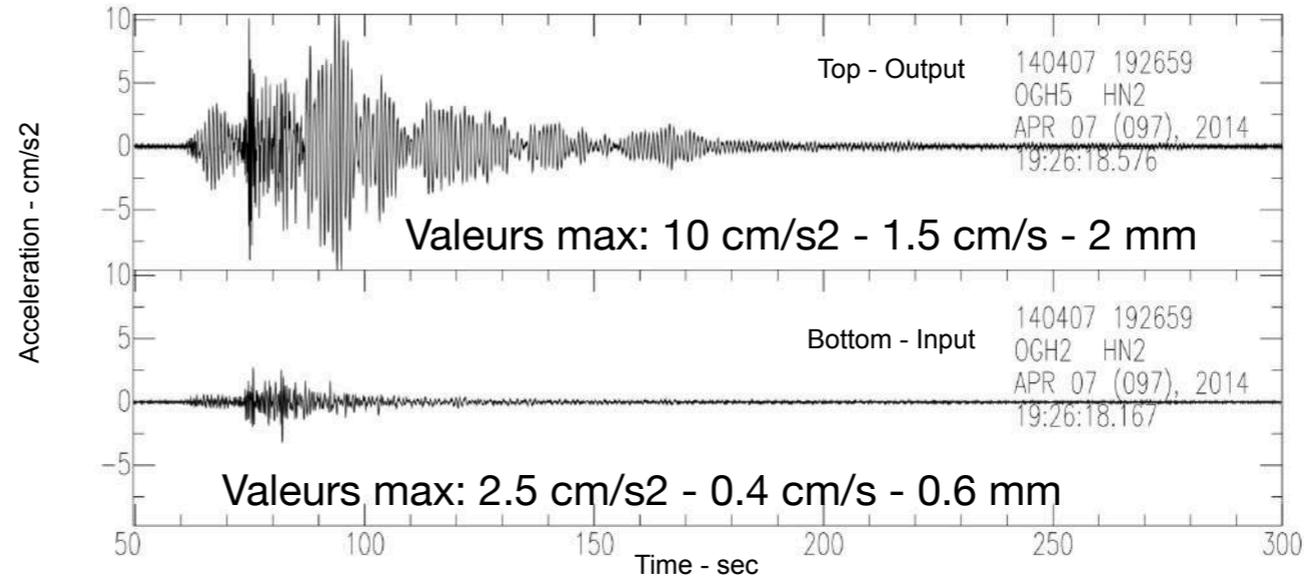
DV: Decision variable

$$p[DV|DM, T, O]$$

Composante Vulnérabilité

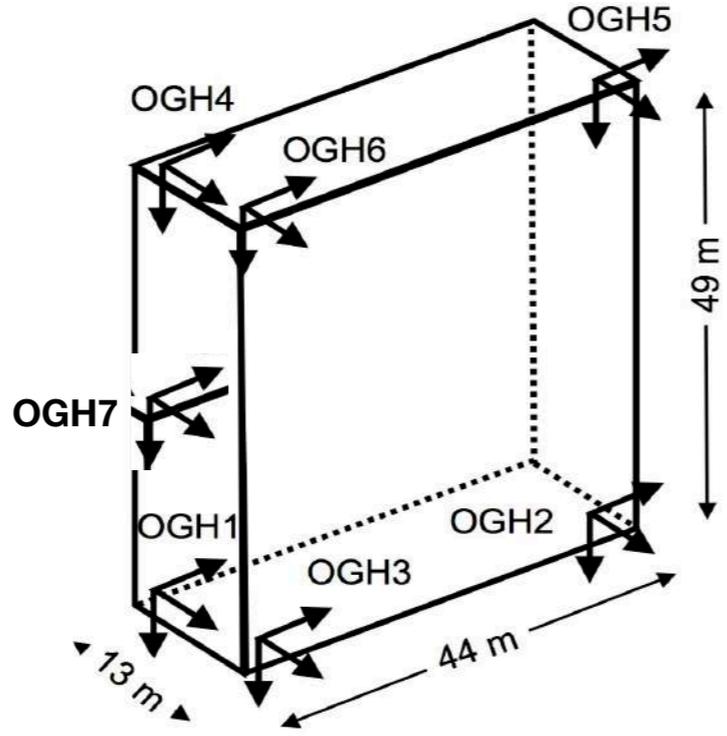


M4.9 100km

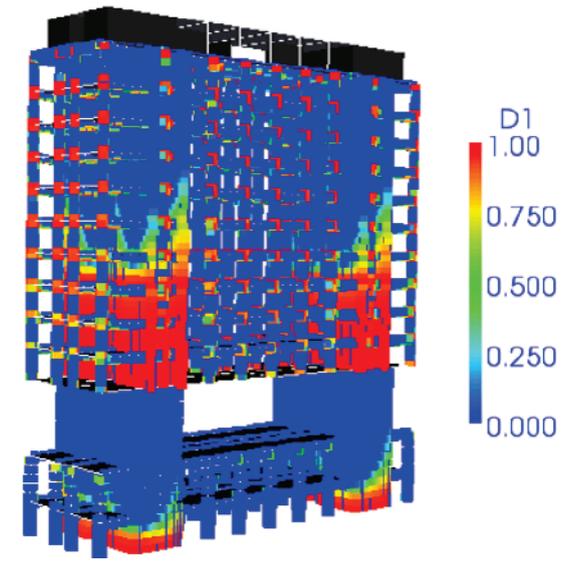
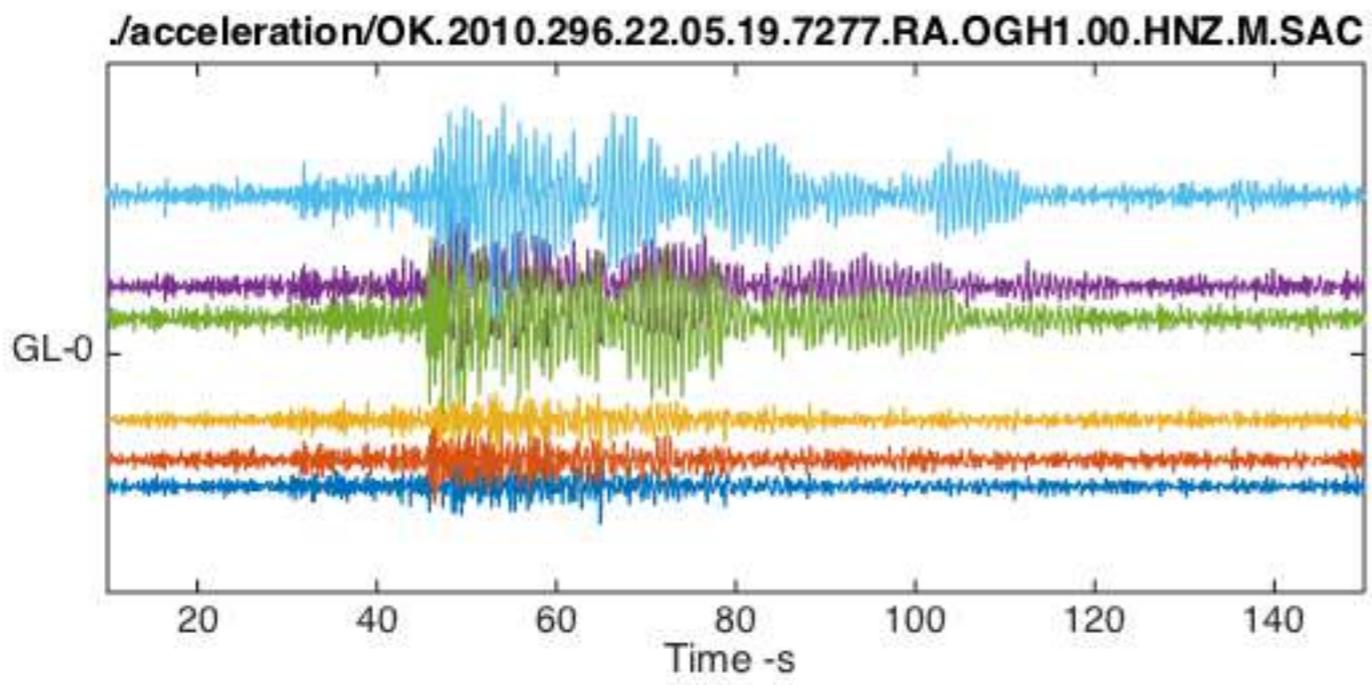
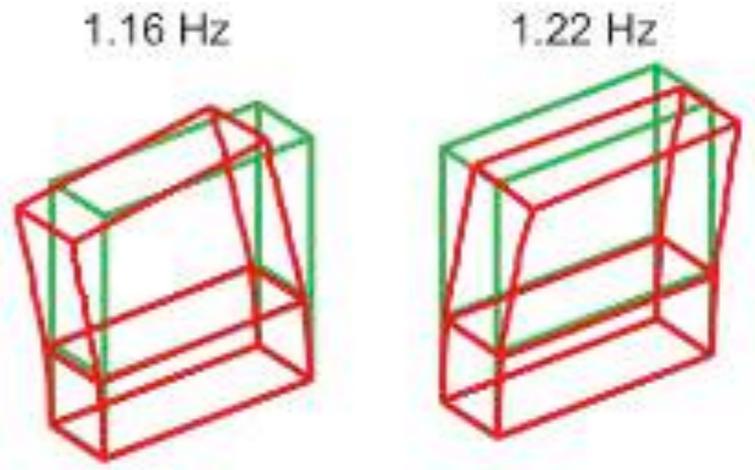


$c_b = 100 \text{ m/s}$
 $c_g > 100 \text{ m/s}$

Composante Vulnérabilité



Ambient vibration test

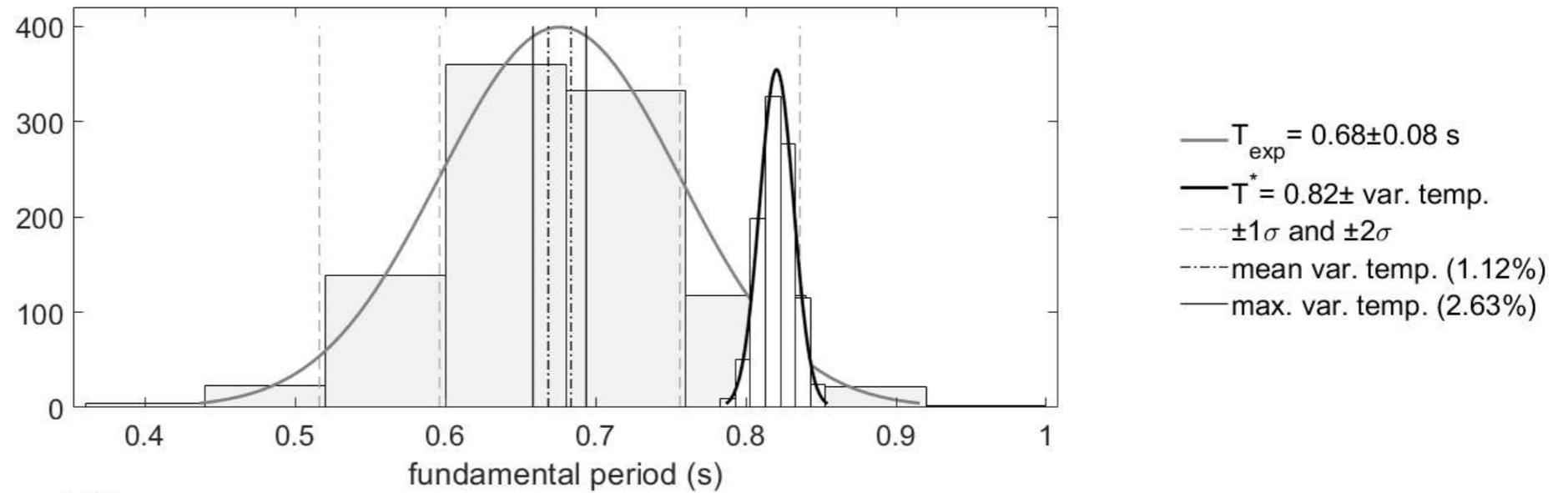


Composante Vulnérabilité

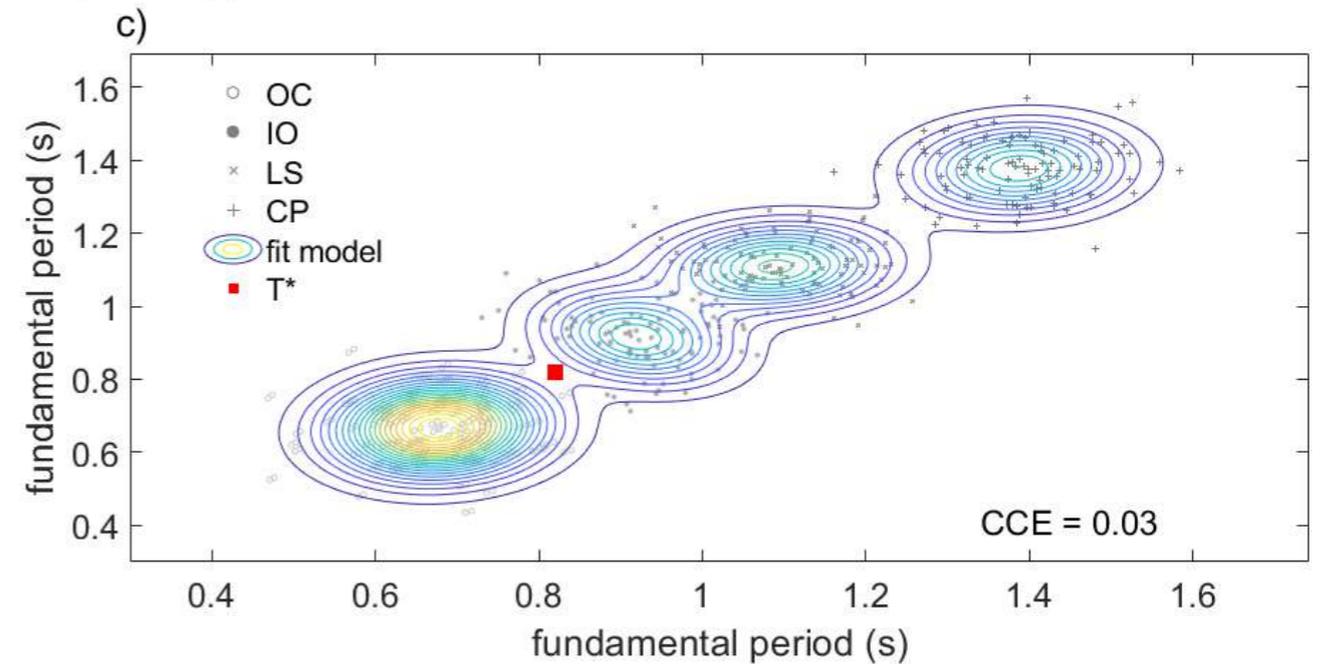
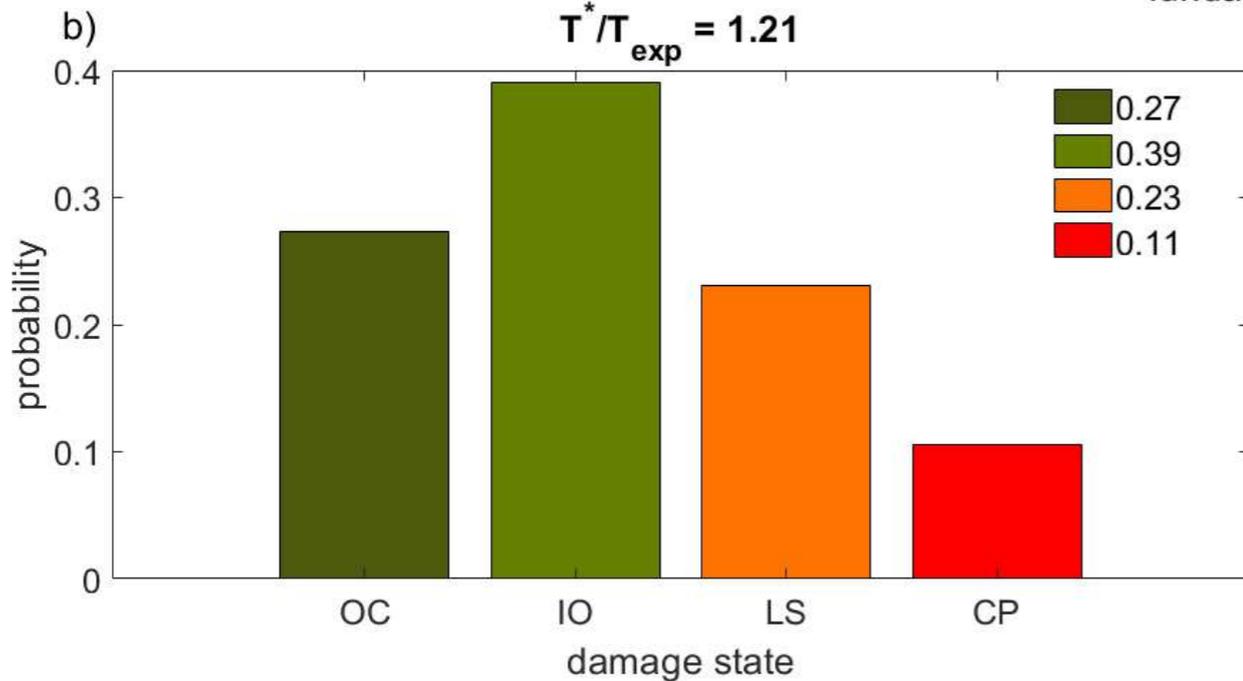
Méthode basée sur l'IA (Transfer Learning + Gaussian Mixture Model)



Operational conditions RC_LWAL_France- H=52 m



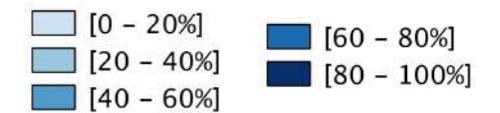
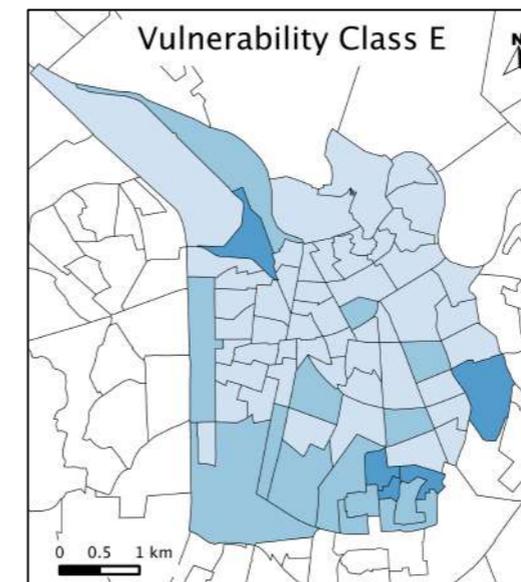
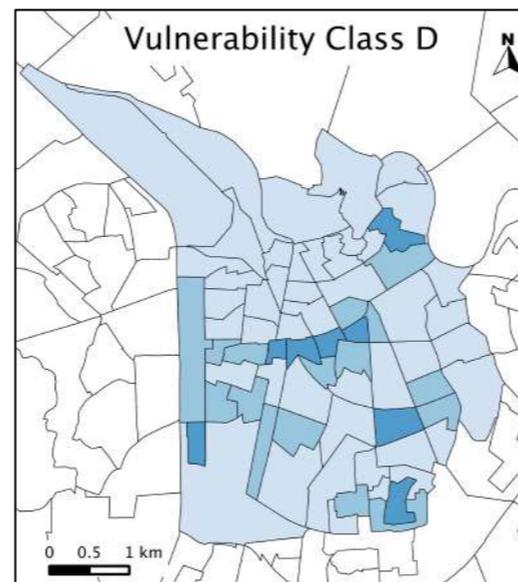
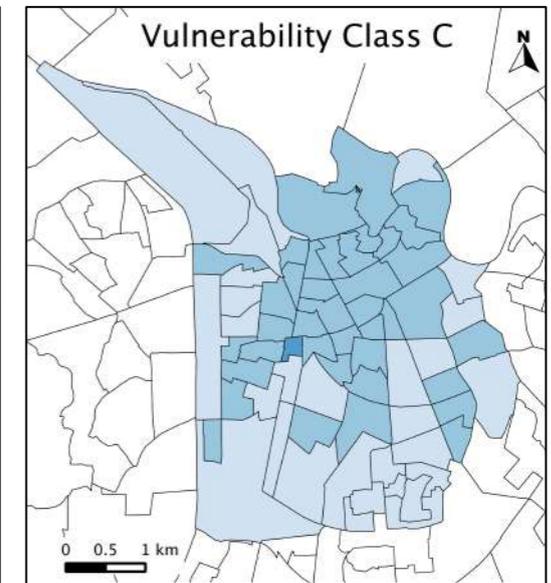
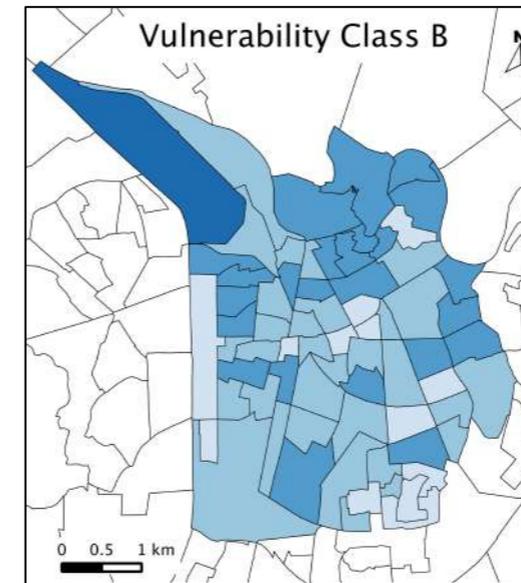
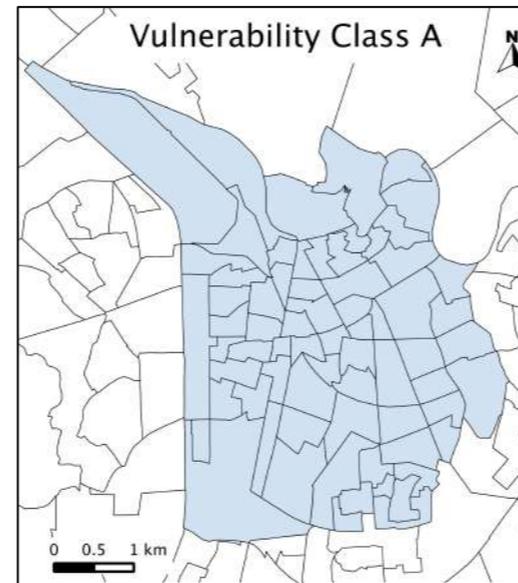
$T^*/T_{exp} = 1.21$



Composante Vulnérabilité

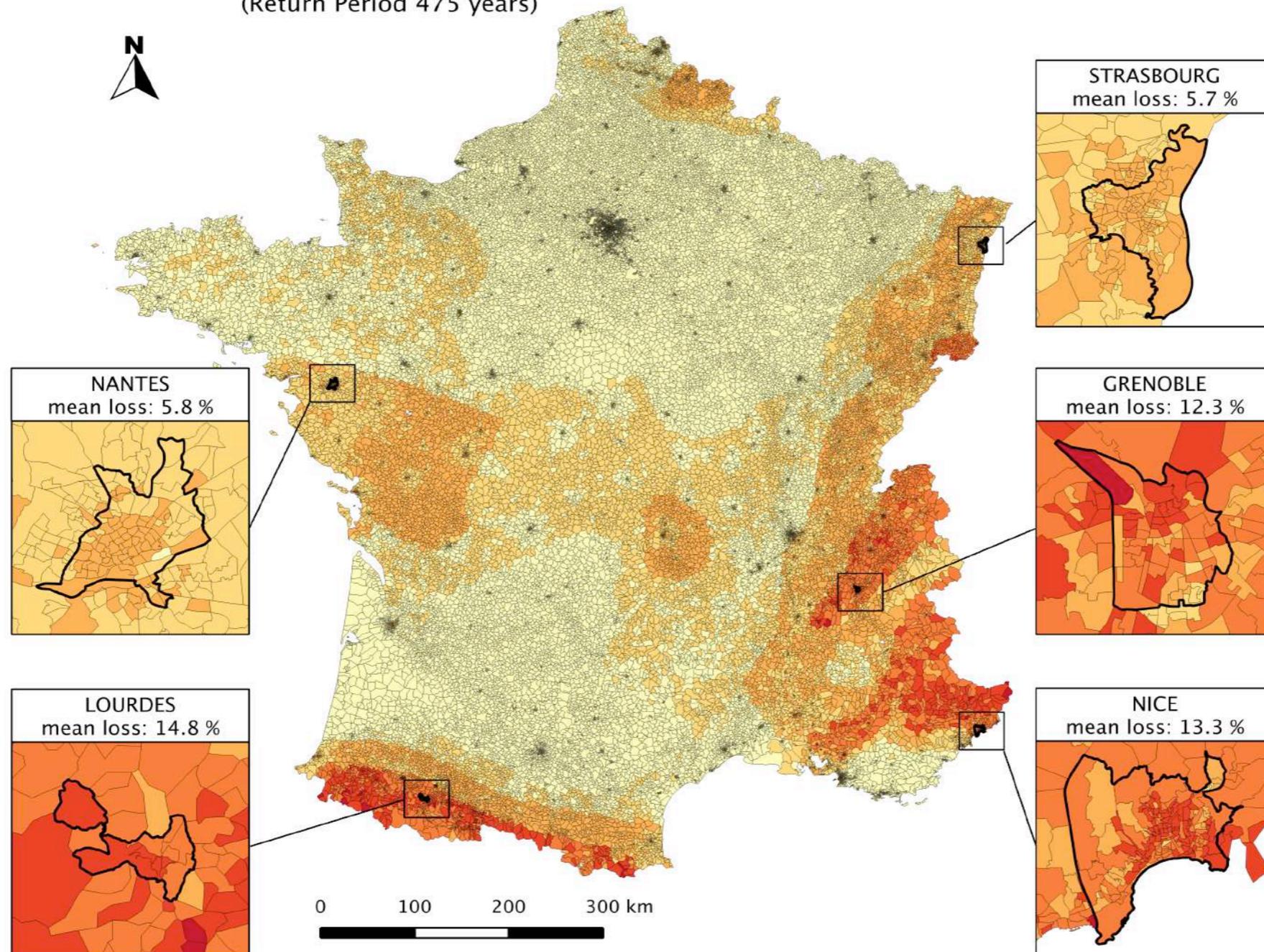
Typologie des Structures		Classe de Vulnérabilité					
		A	B	C	D	E	F
MAÇONNERIE	Moellon brut - pierre tout-venant	○					
	Brique crue (adobe)	○	—				
	Pierre brute	—	○				
	Pierre Massive		—	○	—		
	Maçonnerie non armée avec des éléments préfabriqués	—	○	—			
	Maçonnerie non armée avec des planchers en béton armée Maçonnerie renforcée ou chaînée		—	○	—		
BÉTON ARMÉ	Ossature sans conception parasismique	—	—	○	—		
	Ossature avec un niveau moyen de conception parasismique		—	—	○	—	
	Ossature avec un bon niveau de conception parasismique			—	—	○	—
	Murs en béton armé sans conception parasismique	—	—	○	—		
	Murs en béton armé avec un niveau moyen de conception parasismique		—	—	○	—	
	Murs en béton armé avec un bon niveau de conception parasismique				—	—	○
ACIER	Bâtiments en charpente métallique			—	—	○	—
BOIS	Bâtiments en bois de charpente	—	—	○			

○ classe de Vulnérabilité — gamme la plus probable
 --- gamme la moins probable, cas exceptionnel



Composante Risque

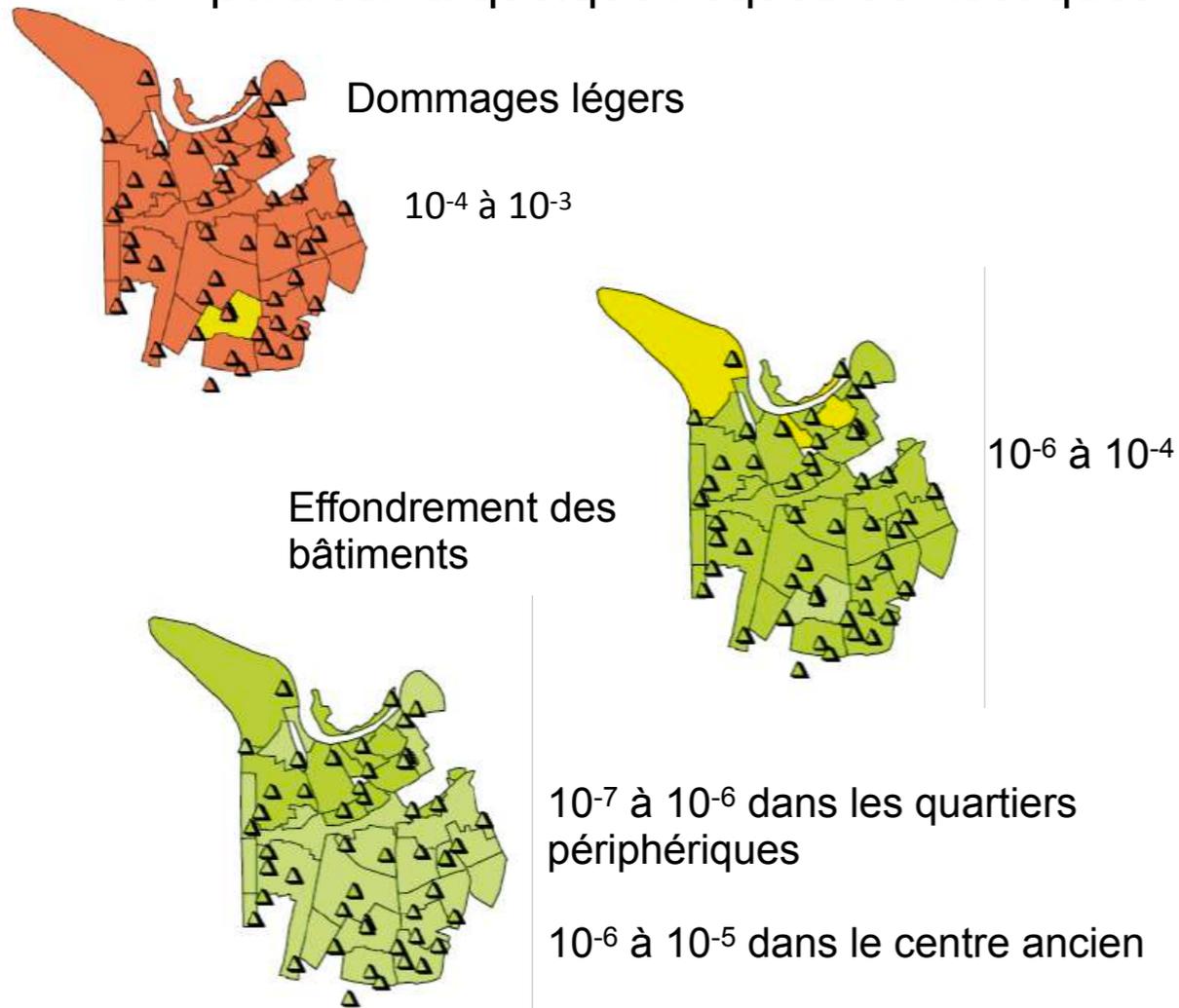
Estimated direct loss for regulatory accelerations [%]
(Return Period 475 years)



Composante Risque

Risque sismique

Simulation des pertes (dommages) et des victimes selon une démarche probabiliste pour une estimation de l'aléa spécifique à Grenoble, et comparaison à quelques risques domestiques

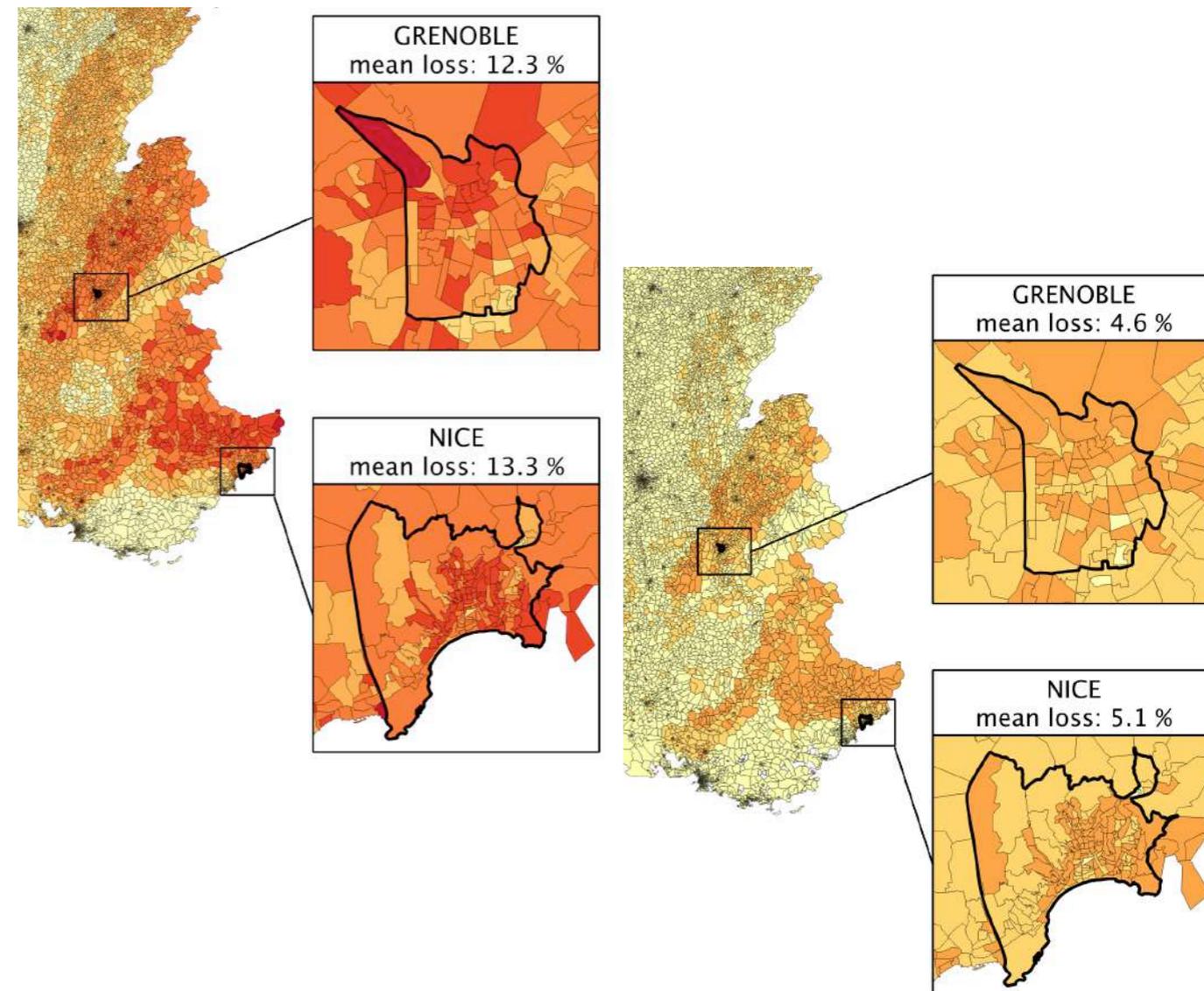


Mortalité individuelle

Mortalité annuelle sur la route en 2008 : 7×10^{-5}

Risque sismique

Probabilité (T=475 ans et 95 ans) des pertes économiques directes (dommages) sur Grenoble et d'autres villes françaises exprimées en % de la valeur des biens



Composante Risque

Dommages et gravats

Accessibilité et intervention

Sécurité des structures et infrastructures
endommagées

L'Aquila 2009 M6.3, Amatrice 2016 M6.2...



Victimes et blessés

Gestion des sans abris

Lorca 2011 M5.1+ 2000 sans abris - L'Aquila 2009 M6.3 + 30 000 sans-abris
Ombria Marche 1997 M6.2 + 38 000 sans abris (plus d'un an)

Gestion des victimes

M6-6.5: entre 100 et 500 victimes (Simulation Lambesc : 300-400 victimes)

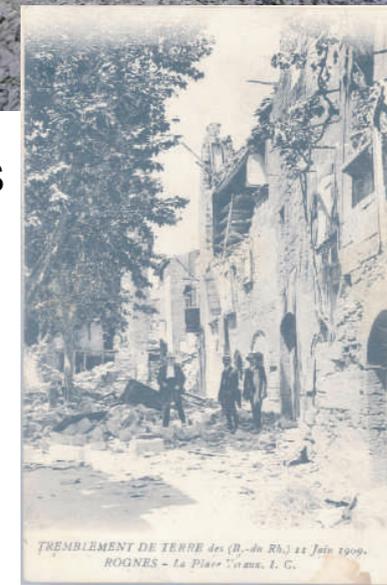
Infrastructures et communication

Arrêt des systèmes de communication

4 jours après Séisme de Tohoku (2011) - Quelques heures après séisme de Nice 2001...

Centres de secours

L'Aquila 2009 - Hôpital fermé (endommagé) -



Améliorer l'anticipation

La faille de Belledonne

... et les autres autour

Modèle d'exposition

Population

Base de données bâti: source

Valeur économique

Etat des bâtiments anciens

Tester et ajuster

Tester les modèles

- d'occurrence des séismes
- de mouvements du sol
- des effets de site (effet azimuth)

pour une décision éclairée des opérateurs!

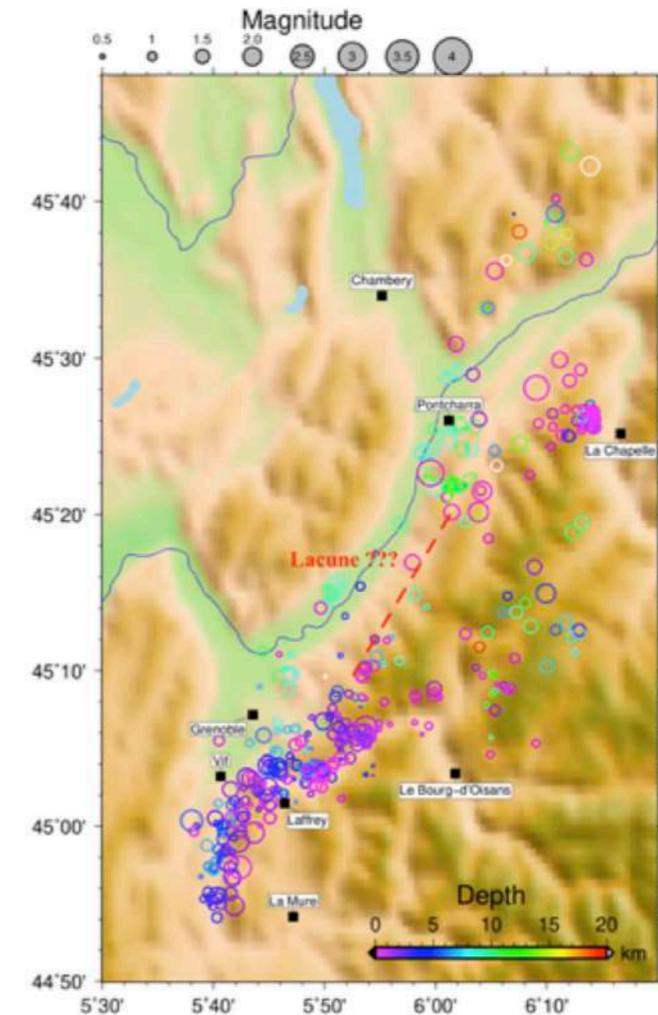


Figure 3 – Sismicité le long de la faille de Belledonne entre 2013 et 2019 (source @SISMALP)

Conclusions

Il y a eu, il y a, il y aura des séismes

On sait se protéger mais pour cela il faut:

- identifier la menace
- décider du risque acceptable
- réduire l'impact des séismes

Philippe Guéguen

Risque sismique à Grenoble
sommes nous préparés ?

Merci

ISTerre @ Université de Grenoble Alpes
philippe.gueguen@univ-grenoble-alpes.fr