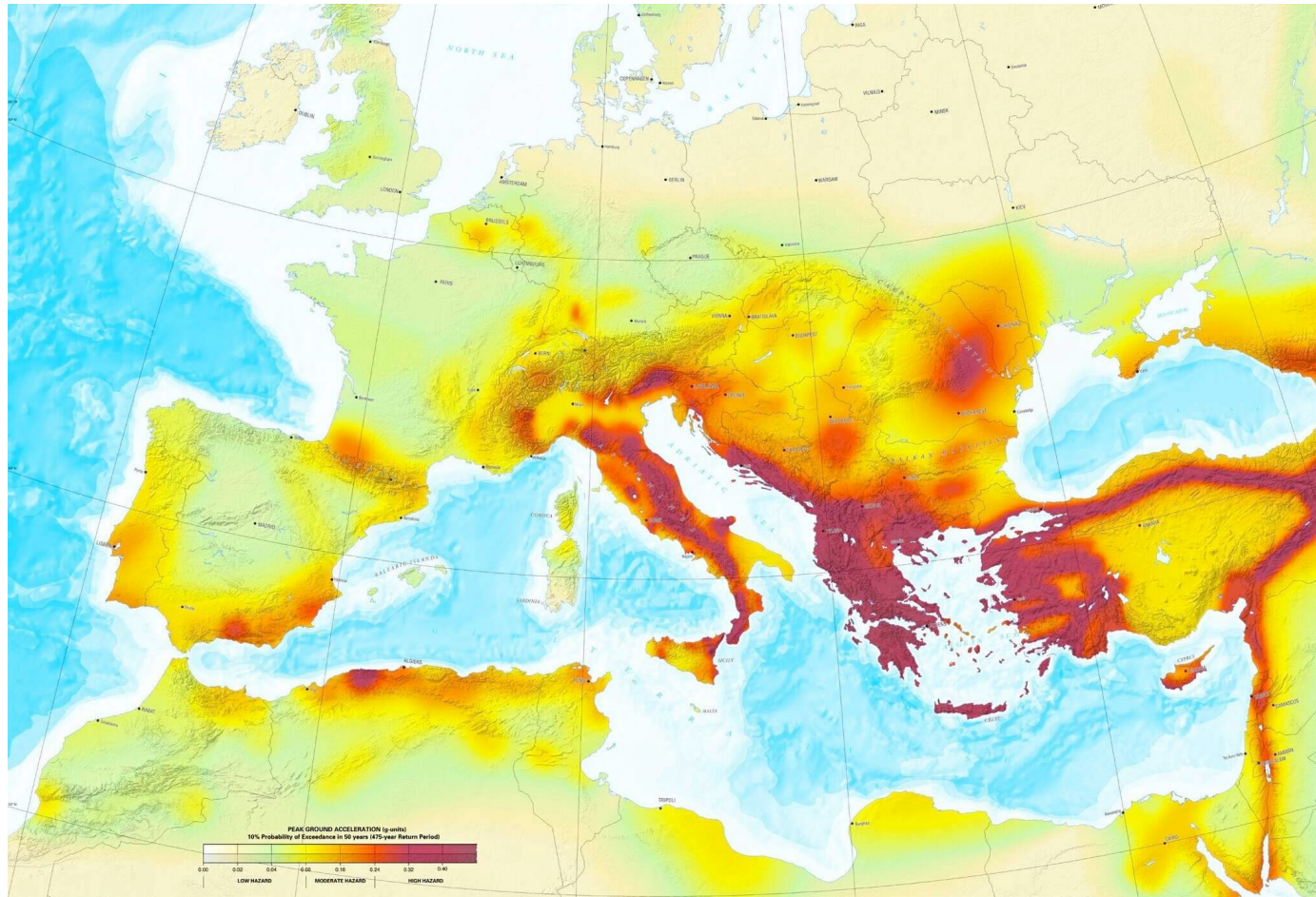


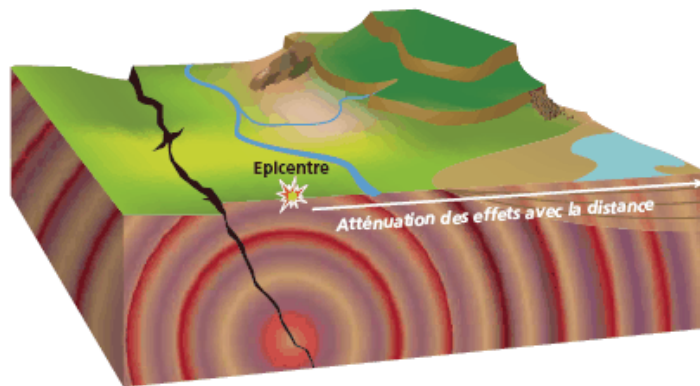
Aléa sismique



Notions d'aléa, de vulnérabilité et de risque

Évaluation de l'aléa

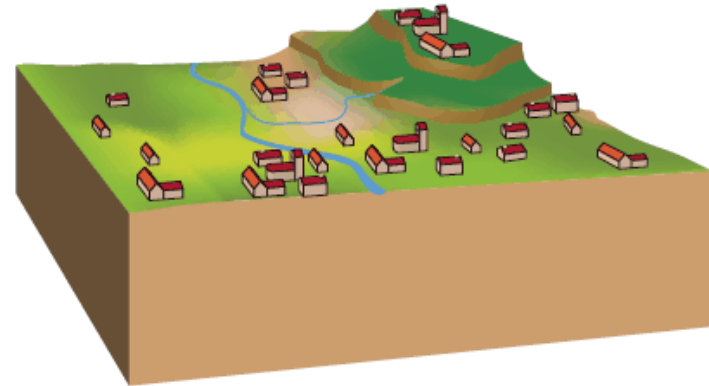
L'aléa sismique peut être défini comme la possibilité pour une région ou un site d'être exposés à une secousse sismique de caractéristiques données.



Phénomène naturel
Mouvement du sol

Évaluation de la vulnérabilité des enjeux

Les éléments exposés rassemblent les personnes, biens, activités, moyens, patrimoines susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel.



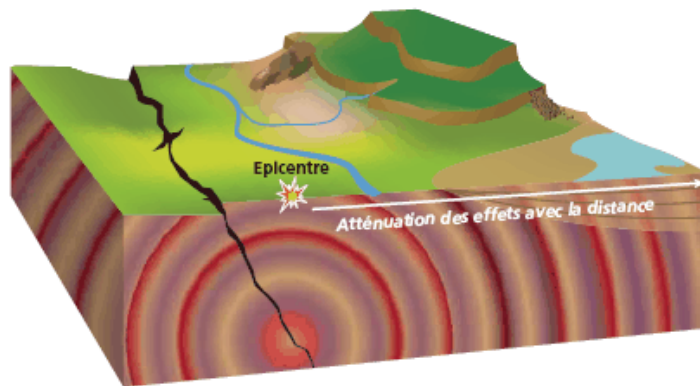
Évaluation du risque



Notions d'aléa, de vulnérabilité et de risque

Évaluation de l'aléa

L'aléa sismique peut être défini comme la possibilité pour une région ou un site d'être exposés à une secousse sismique de caractéristiques données.

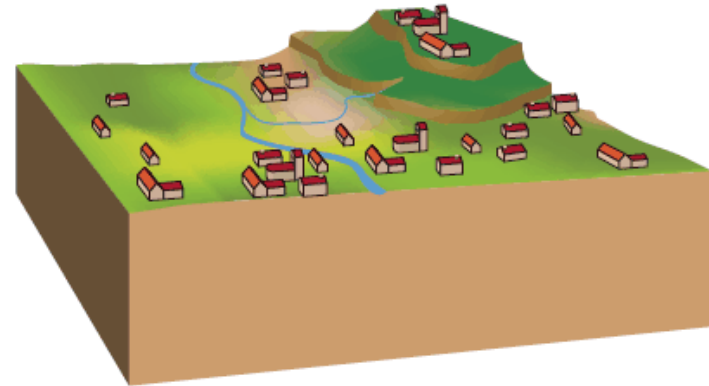


Caractérisation de l'agression sismique :

- Source sismique,
- magnitude ou intensité de référence,
- localisation de l'épicentre,
- profondeur focale,
- effets de site

Évaluation de la vulnérabilité des enjeux

Les éléments exposés rassemblent les personnes, biens, activités, moyens, patrimoines susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel.



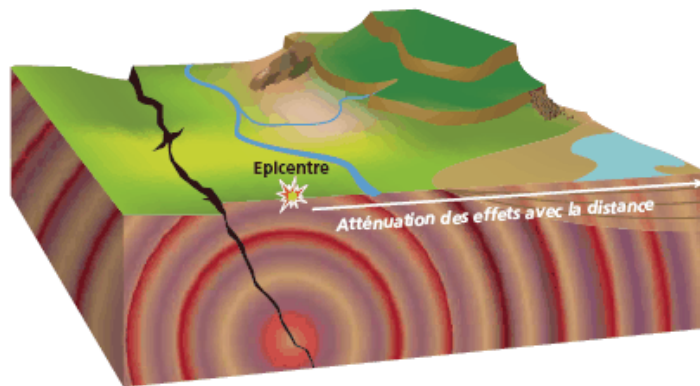
Évaluation du risque



Notions d'aléa, de vulnérabilité et de risque

Évaluation de l'aléa

L'aléa sismique peut être défini comme la possibilité pour une région ou un site d'être exposés à une secousse sismique de caractéristiques données.

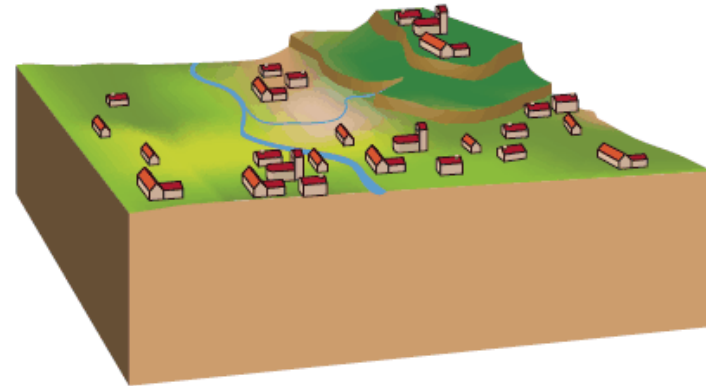


Caractérisation de l'agression sismique

- Source sismique,
- magnitude ou intensité de référence,
- localisation de l'épicentre,
- profondeur focale,
- effets de site

Évaluation de la vulnérabilité des enjeux

Les éléments exposés rassemblent les personnes, biens, activités, moyens, patrimoines susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel.



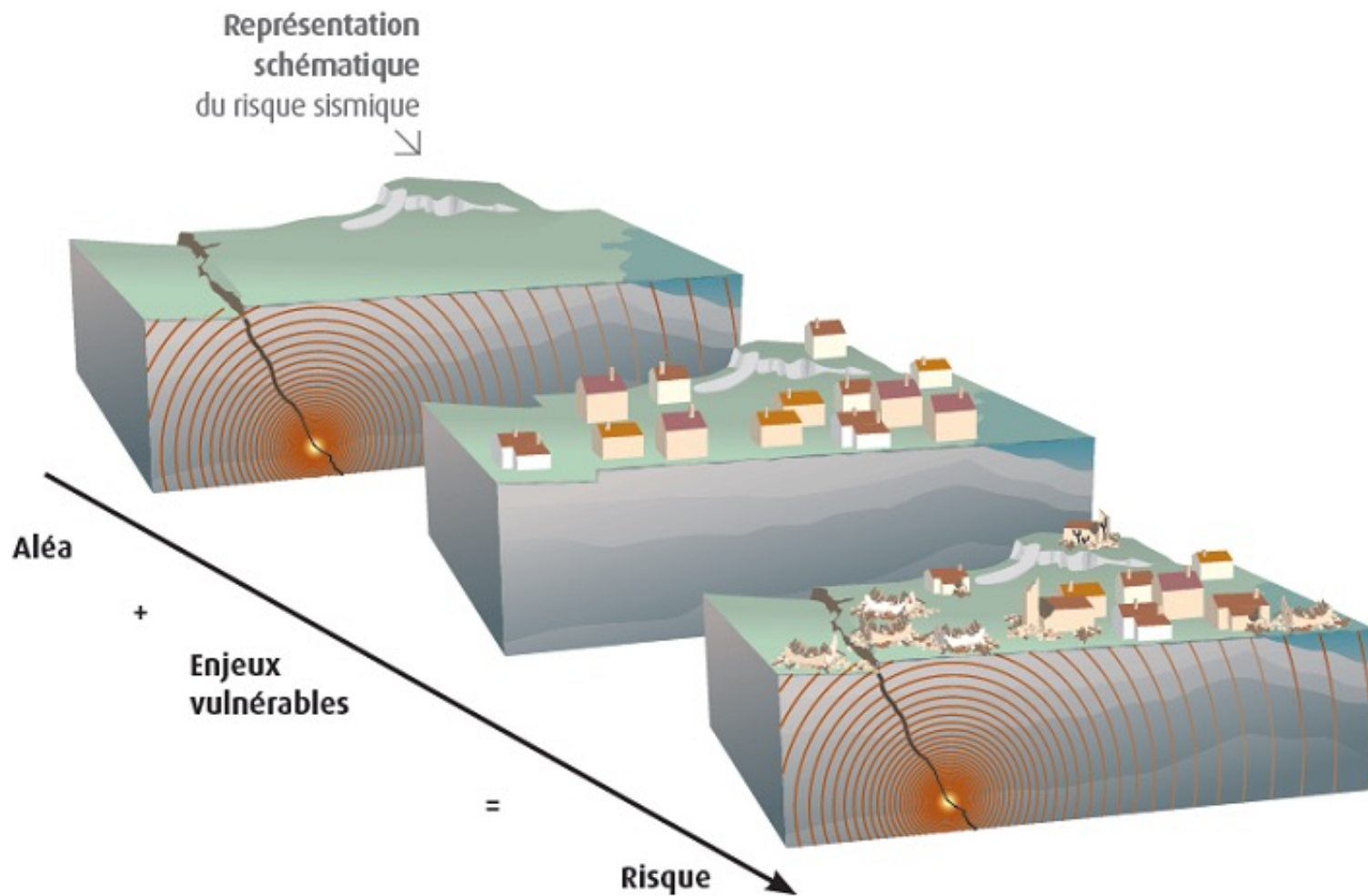
Les enjeux représentent la valeur attribuée aux éléments exposés à un aléa donné.

La **vulnérabilité** représente un degré d'endommagement d'un élément exposé à une secousse sismique donnée.

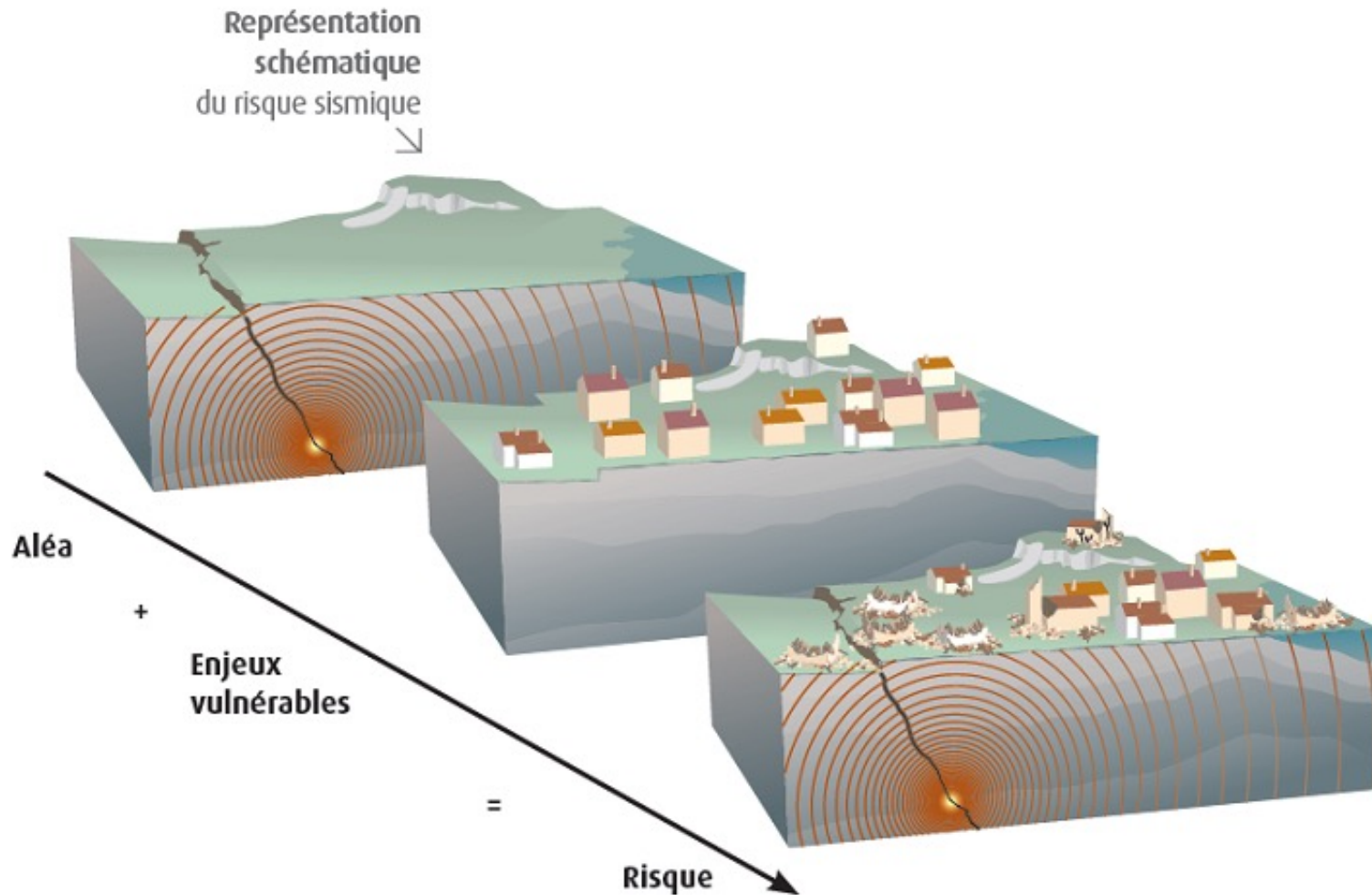
Évaluation du risque



RISQUE = ALÉA x VULNÉRABILITÉ



RISQUE = ALÉA x VULNÉRABILITÉ

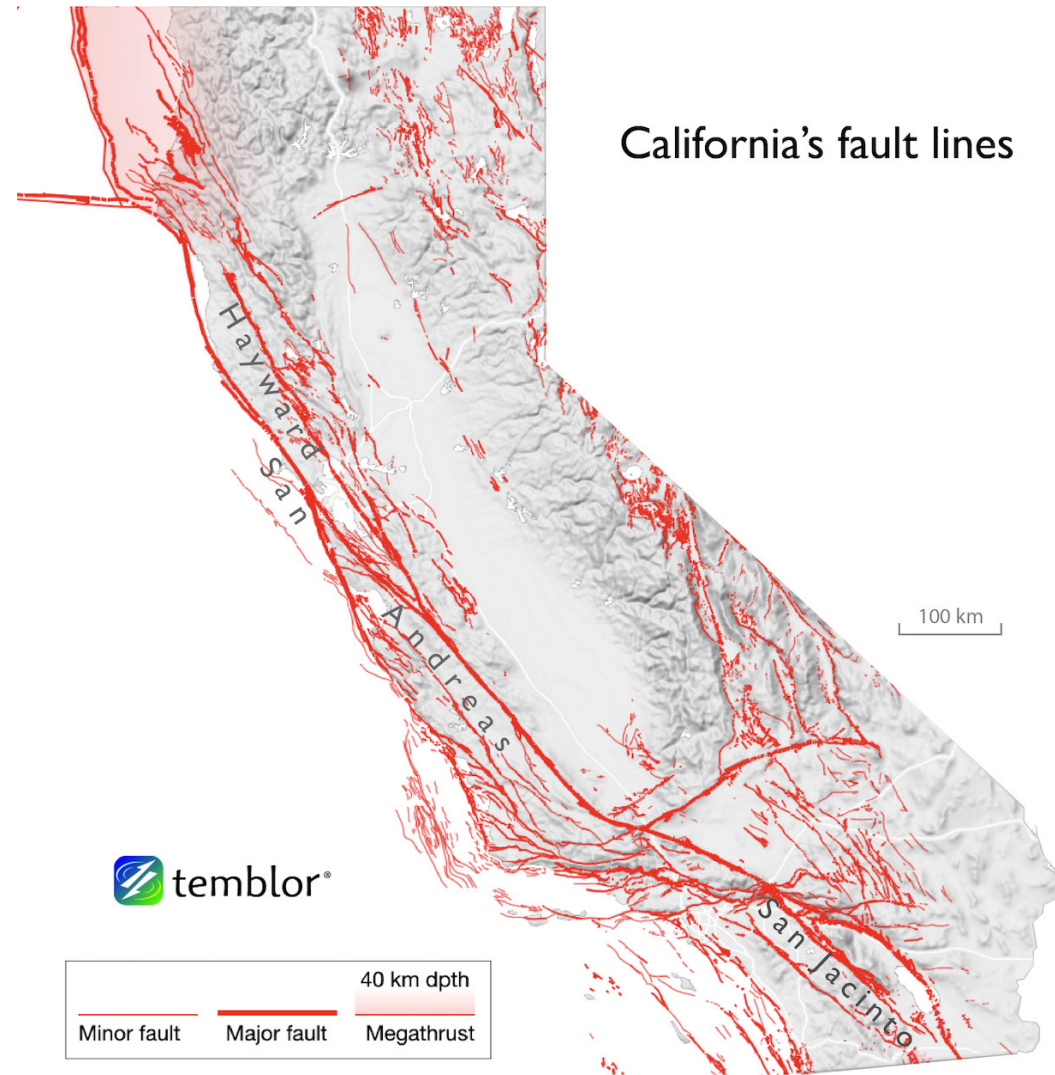


Exemple de San Andréas:

- Aléa identique tout au long de la faille
- SF vulnérabilité / désert de Mojave



RISQUE = ALÉA x VULNÉRABILITÉ



Exemple de San Andrés:

- Aléa identique tout au long de la faille
- SF vulnérabilité / désert de Mojave

Le risque n'est pas le même partout → zonage

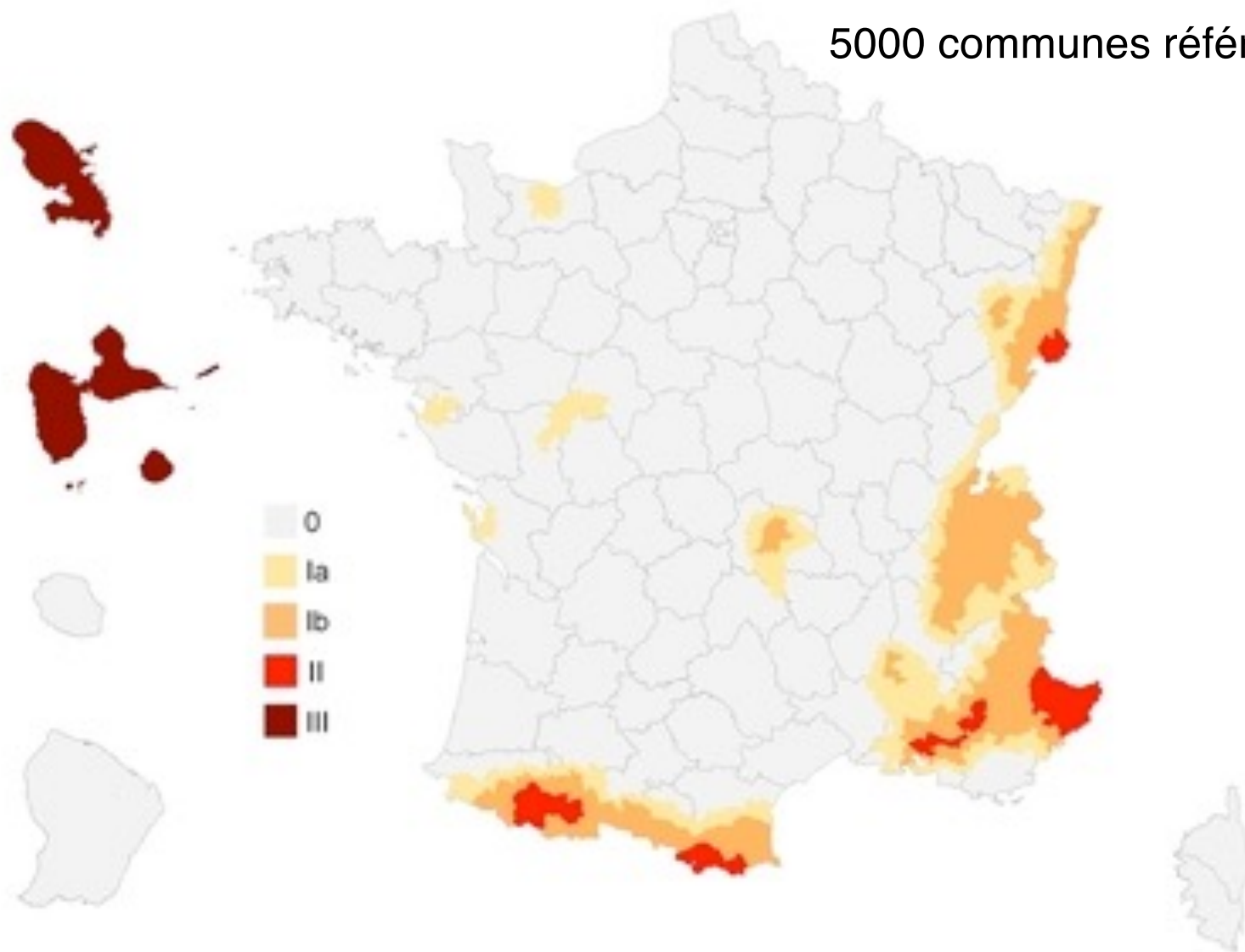


**Zonage sismique réglementaire
décret n°91-461 du 14 mai 1991**

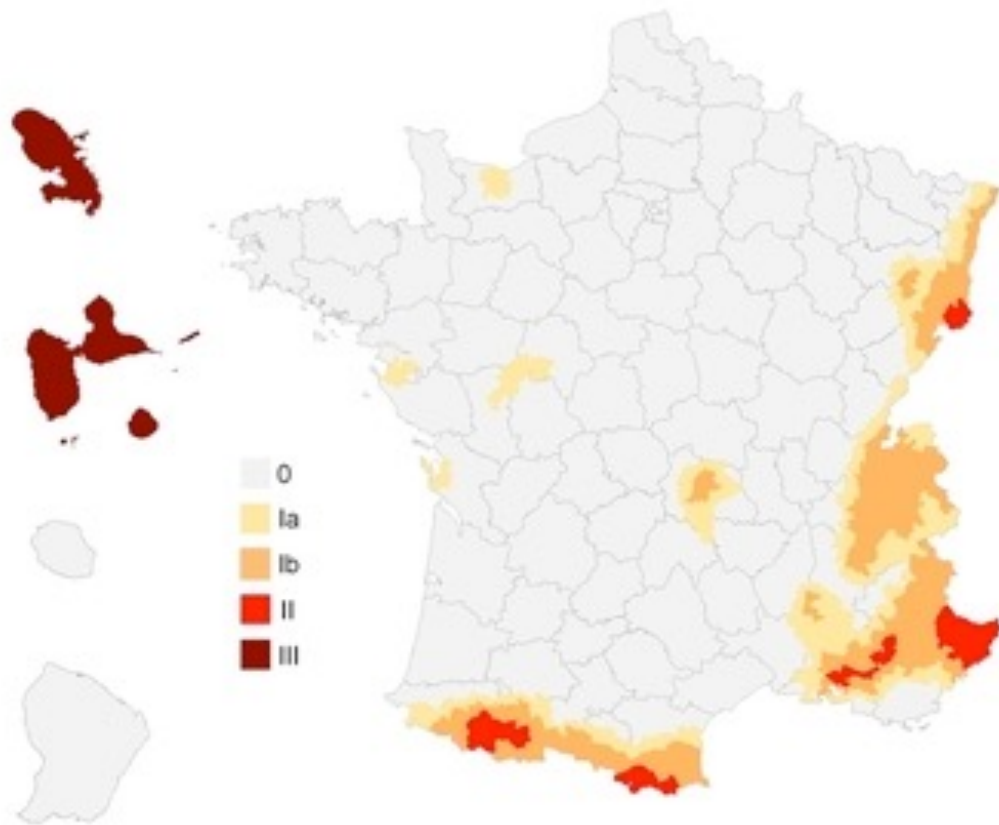
Cartographie de l'aléa

- Sismicité (1984)
- Connaissance scientifique

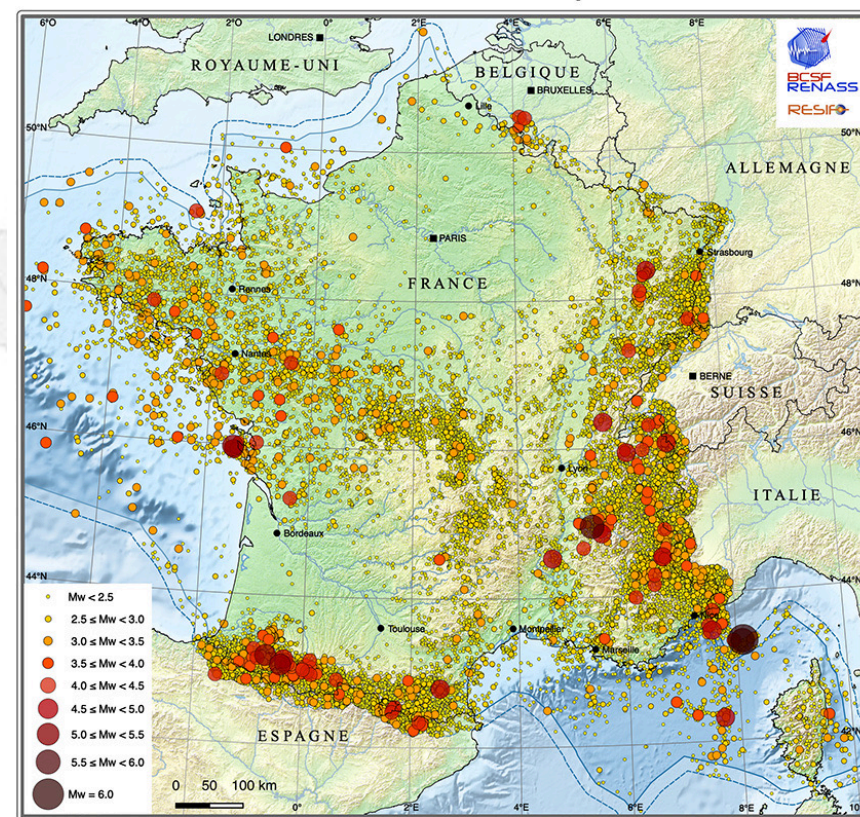
5000 communes référencées



Géosci



Sismicité Instrumentale de la France métropolitaine 1962-2020



Epicentres des séismes d'origine naturelle dans la zone SI-Hex (France métropolitaine et zone économique exclusive en mer (ZEE), avec élargissement de 20 km). Catalogues de sismicité utilisés : sur la période 1962-2009 le catalogue issu du projet SI-Hex (Cara et al. 2015, <http://www.franceseisme.fr>), sur la période 2010-2020 le catalogue BCSF-RéNaSS, pour lequel la magnitude M_L a été convertie en M_w .



Géosciences
Montpellier

Nouvel inventaire des séismes pour mieux appréhender l'aléa.

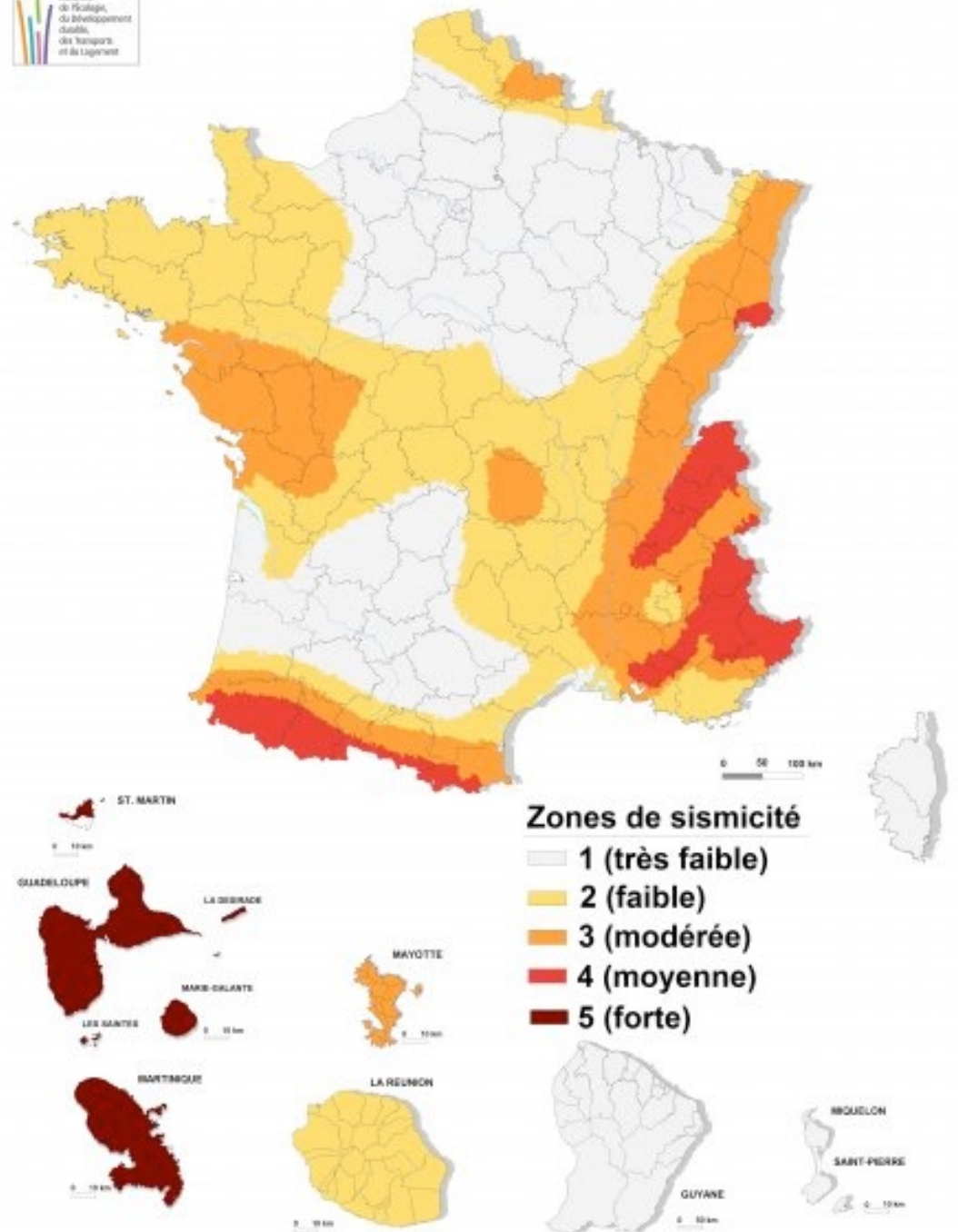
Nouvel inventaire des
séismes pour mieux
appréhender l'aléa.

Nouvelle cartographie
+
Nouvelles connaissances
(séismes, méthodes)

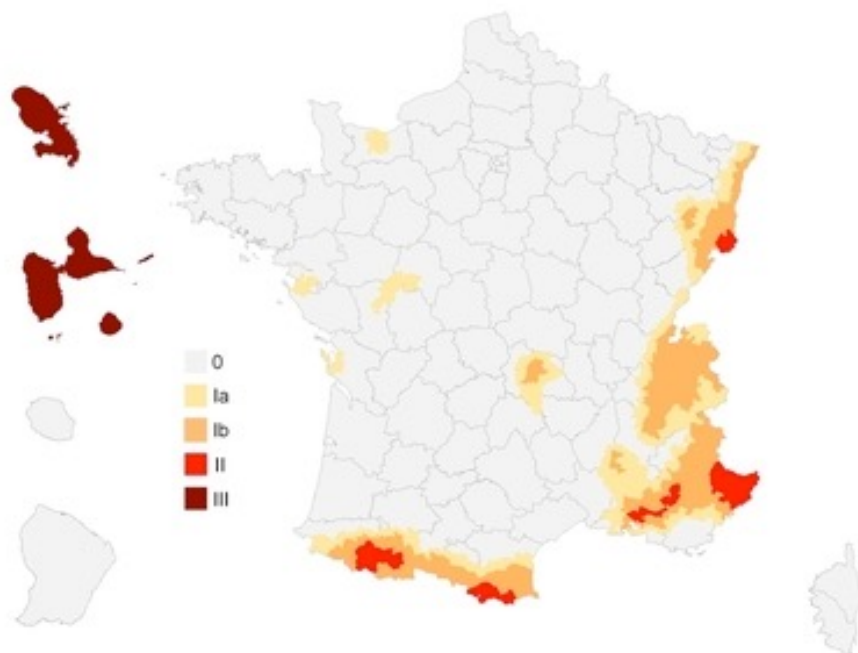
5 zones
21000 communes



Nouveau zonage sismique de la France

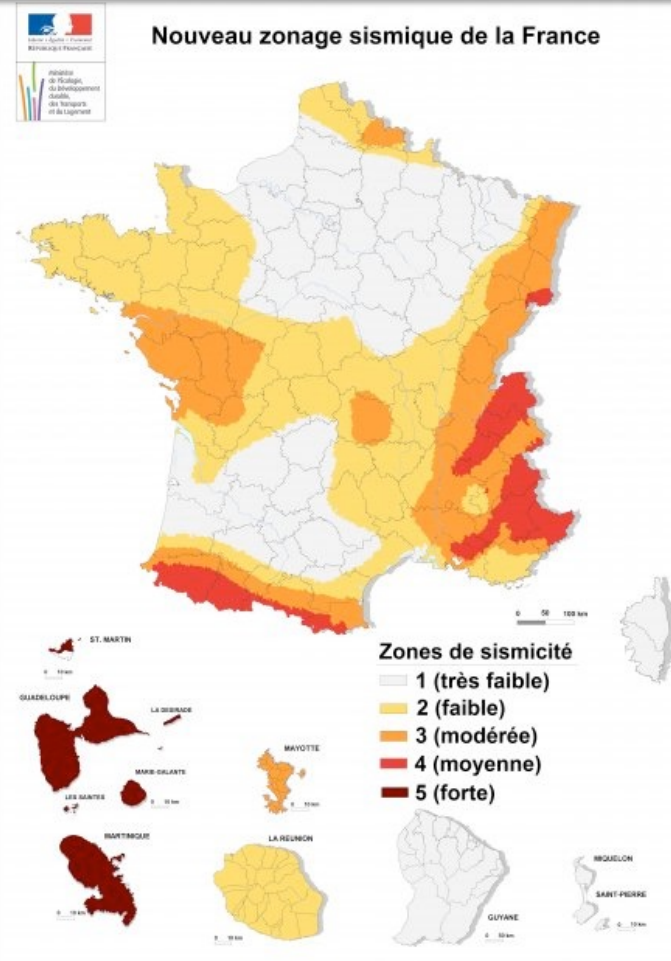


Zonage sismique réglementaire décret n°91-461 du 14 mai 1991



- Zone 0 : sismicité négligeable, mais non nulle.
- Zone Ia : sismicité très faible.
- Zone Ib : sismicité faible
- Zone II : sismicité moyenne.
- Zone III : sismicité forte (aux Antilles).

Nouveau zonage sismique (1er mai 2011) d'après les décrets n° 2010-1254 et 2010-1255 du 22 octobre 2010



- Zone 1 : aléa très faible.
- Zone 2 : aléa faible.
- Zone 3 : aléa modéré.
- Zone 4 : aléa moyen.
- Zone 5 : aléa fort (aux Antilles).



26 km de Niort
Vendredi 16 juin 2023

5,8

24 km de Niort
Samedi 17 juin 2023

5

Roulans
Fév. 2004

5,1

Rambervillers
Février 2003

5,4

Hennebont
Septembre 2002

5,4

Annecy
Juil. 1996

5,2

Lambesc*
Juin 1909

6,2

Le Teil
Nov. 2019

5,2

Arette
Août 1967

5,1

Barcelonnette,
avril 2014

5,2

Perpignan, fév. 1996

5,6

100 km au large d'Ajaccio, juillet 2011

5,5

60 km au large de Bonifacio, avril 2000

5,3

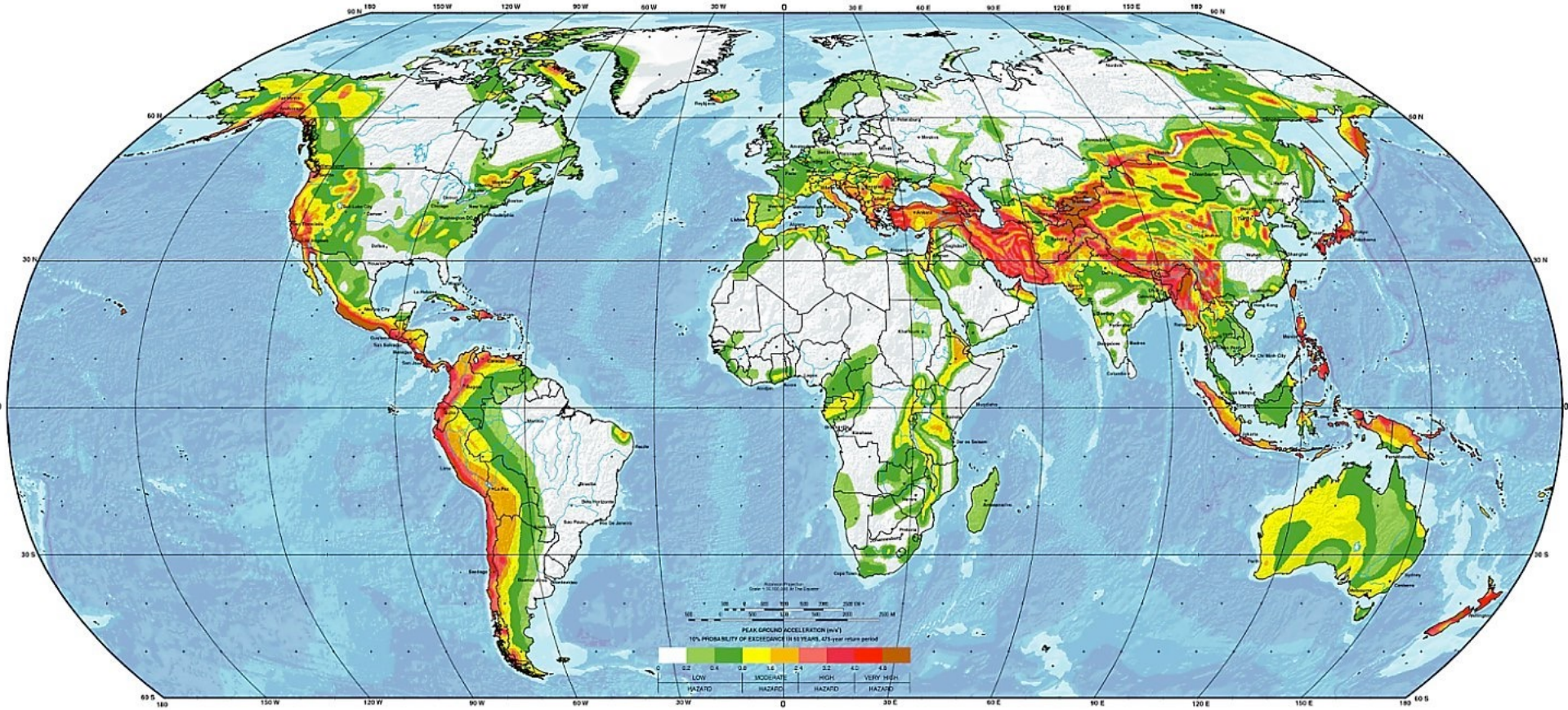
Global Cities & Earthquakes



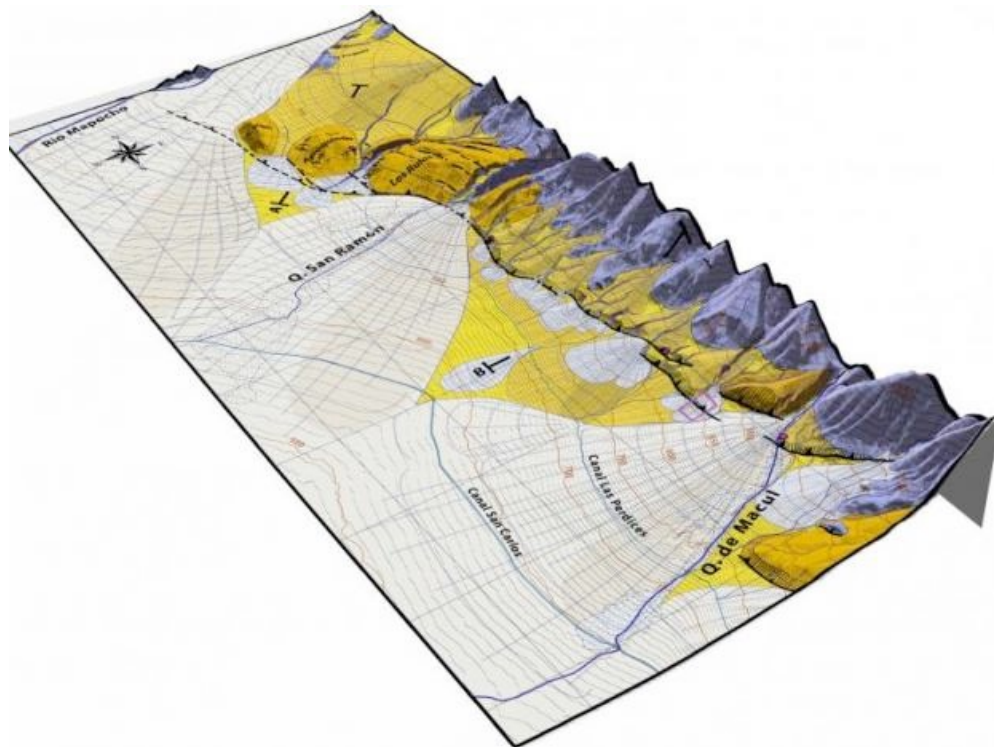
all earthquakes (red) $M \geq 5.5$; cities (yellow) with population $> 1\,000\,000$

GLOBAL SEISMIC HAZARD MAP

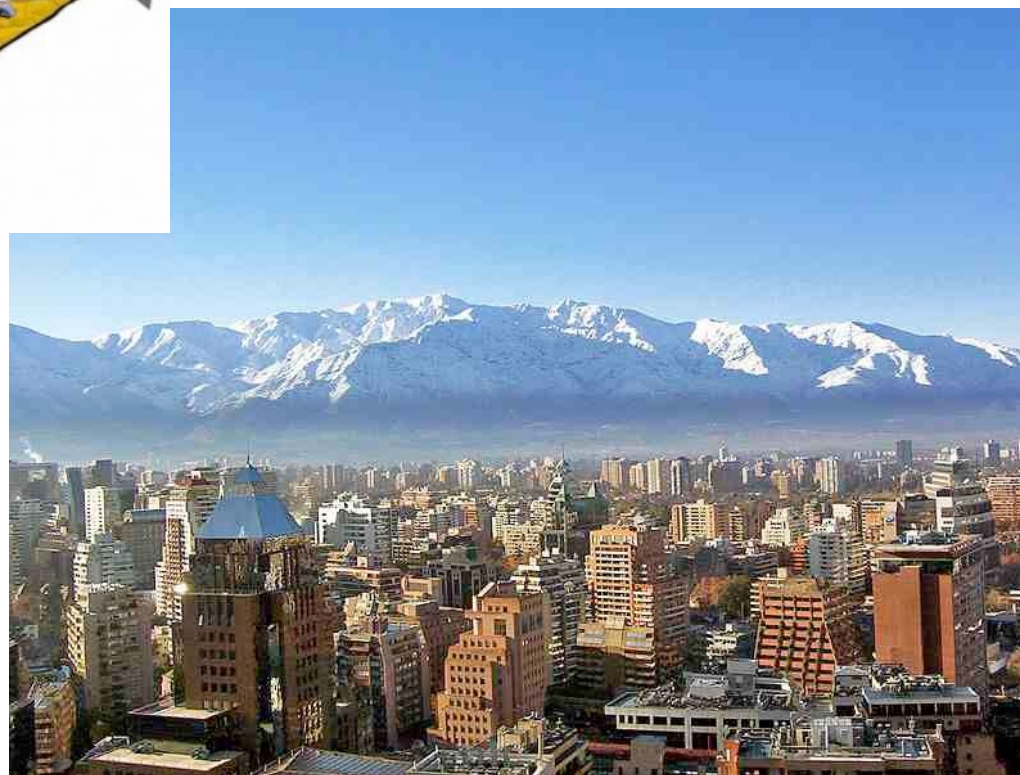
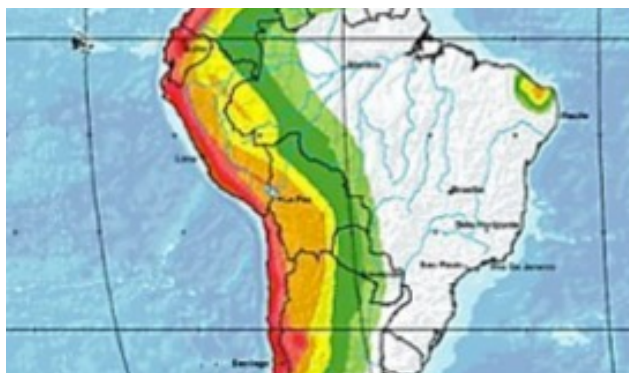
Produced by the Global Seismic Hazard Assessment Program (GSHAP),
a demonstration project of the UN/International Decade of Natural Disaster Reduction, conducted by the International Lithosphere Program.
Global map assembled by D. Giardini, G. Gröntal, K. Shedlock, and P. Zhang
1999



> Ne pas confondre Aléa Sismique et Risque Sismique



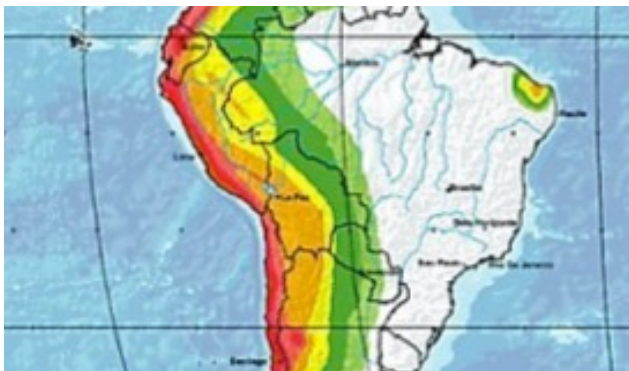
Chili



> Ne pas confondre Aléa Sismique et Risque Sismique

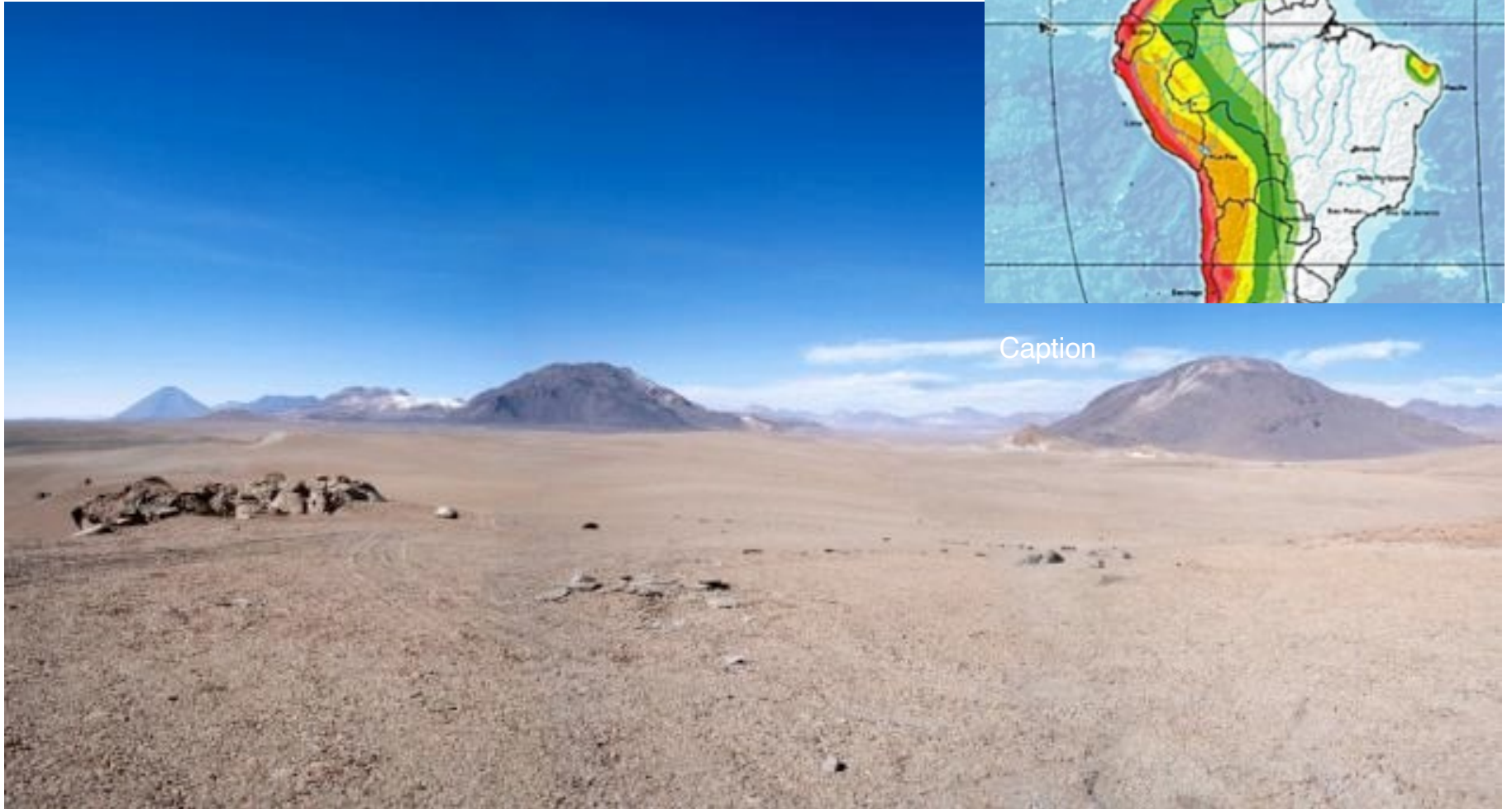


Chili



- > Ne pas confondre Aléa Sismique et Risque Sismique

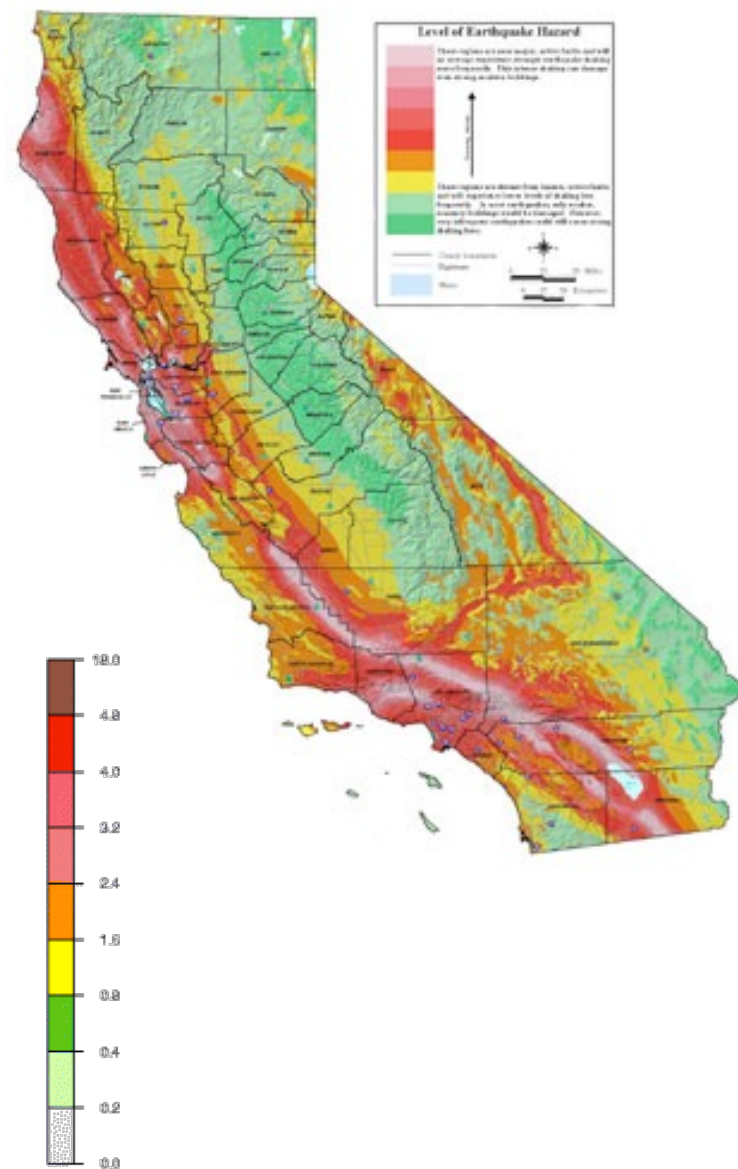
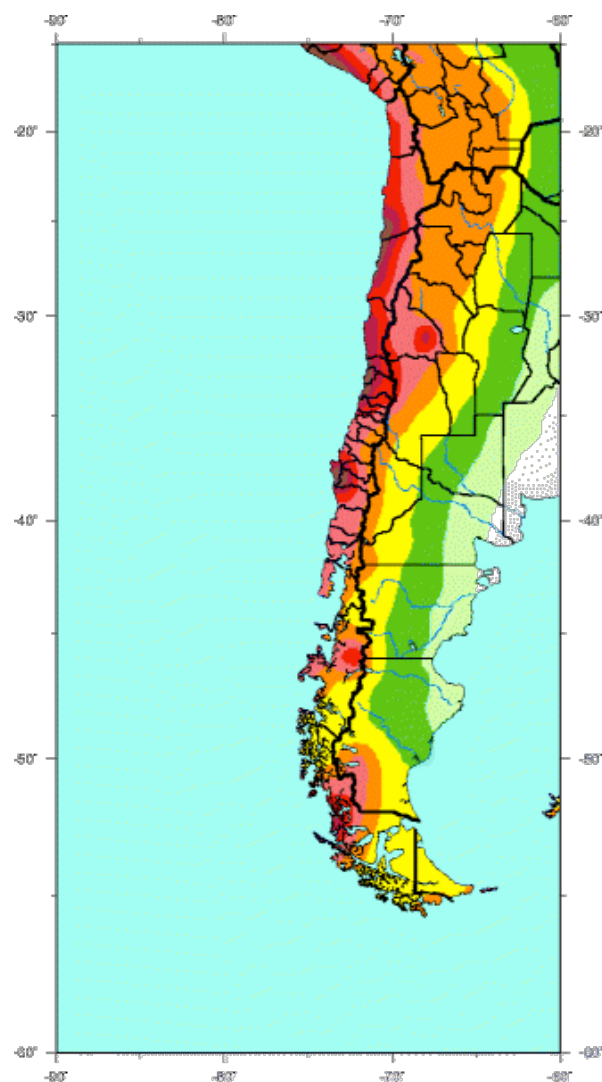
Chili Nord: désert d'Atacama



Caption

Evaluation de l'aléa sismique

Échelle régionale



Peak Ground Acceleration (m/s²) with 10% Probability of Exceedance in 50 Years

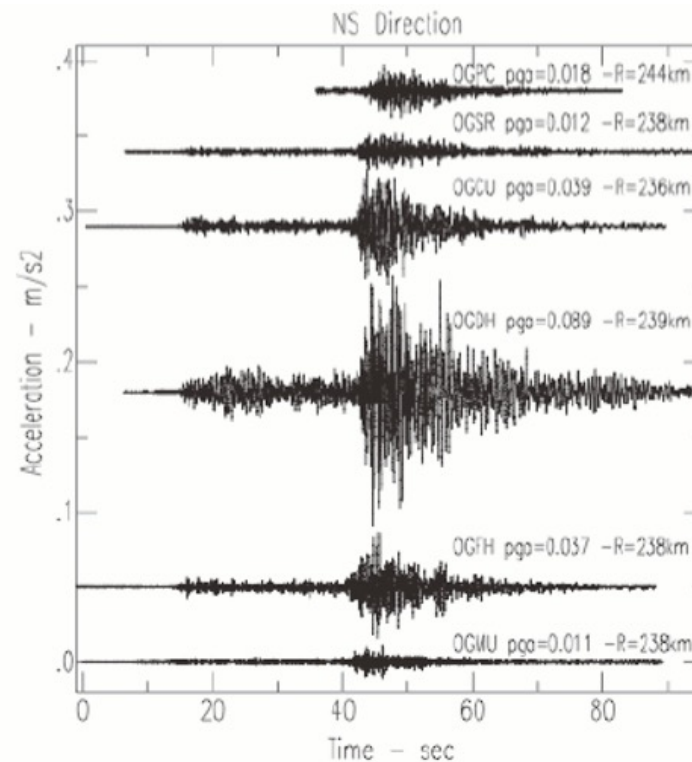
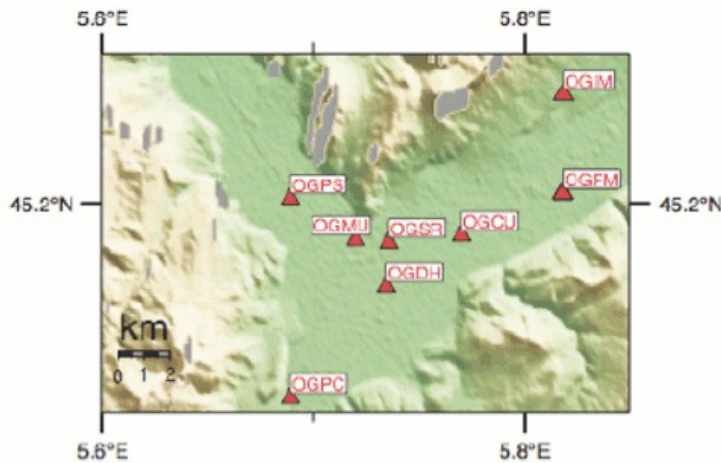


Evaluation de l'aléa sismique

Échelle locale



Grenoble, construite sur un bassin sédimentaire important et constitué de formations molles, présente systématiquement des amplifications du mouvement.



Evaluation de l'aléa sismique

1) Identifier et localiser les sources (géologie, failles, séismes)

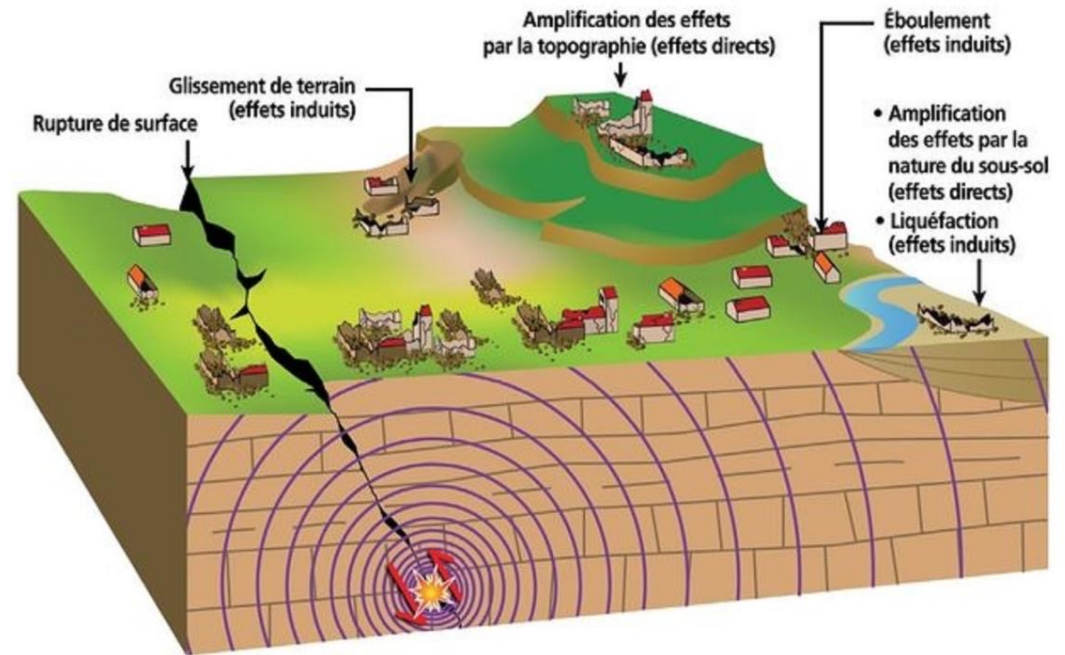
2) Caractériser leur activité

- Démarche déterministe
- Démarche probabiliste

3) Quantifier la décroissance de l'énergie libérée

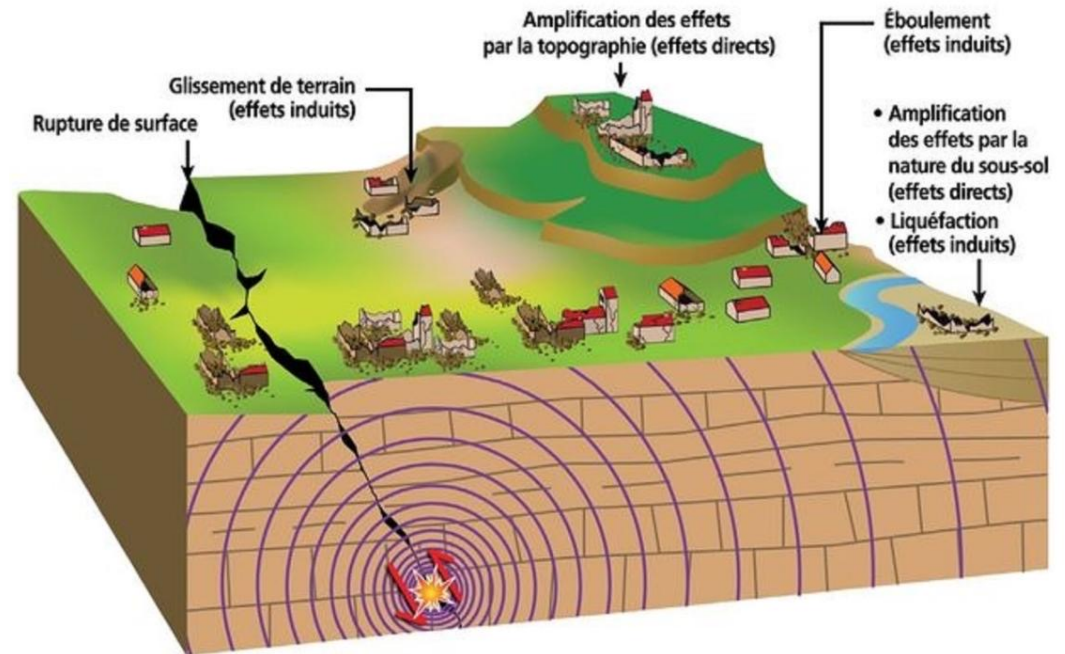
4) Prendre en compte les conditions locales

5) Evaluer aussi les effets induits



Evaluation de l'aléa sismique

1) Identifier et localiser les sources (géologie, failles, séismes)



Evaluation de l'aléa sismique

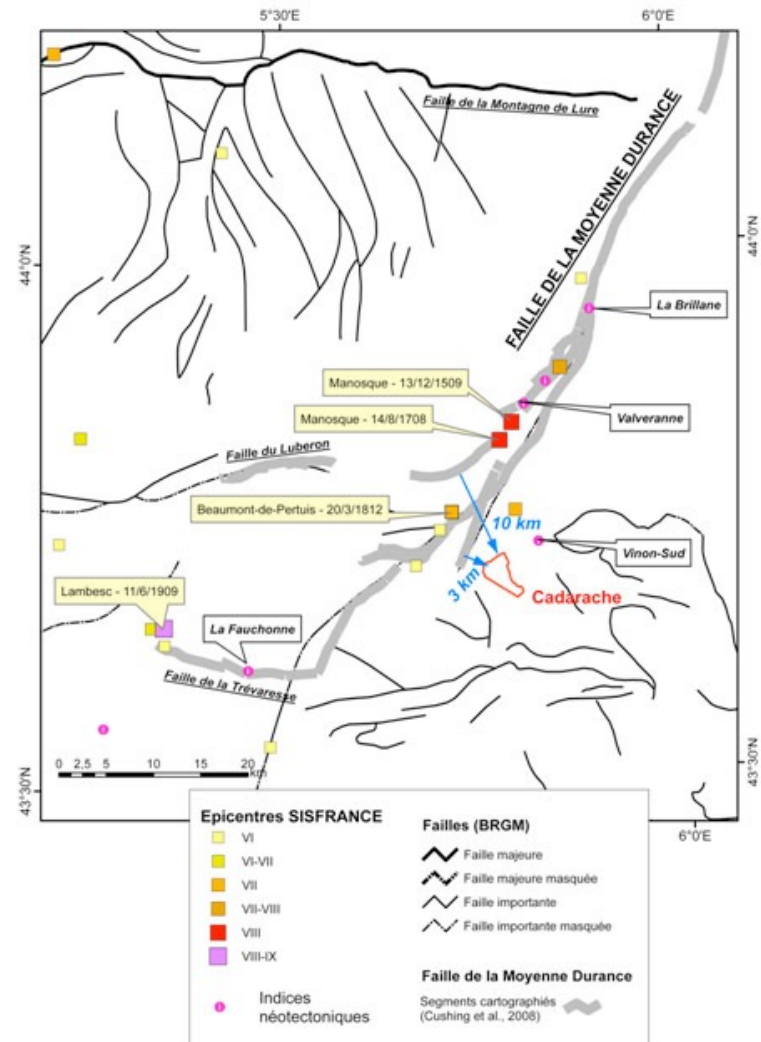
1. Identifier et localiser les sources

Etudier les failles et la sismicité:

- Localisation des failles actives
- Evaluation du potentiel sismique de ces failles (types de séismes, magnitude, intensité, récurrence, profondeur focale)

En sortie:

SÉISME CARACTÉRISTIQUE défini
par sa magnitude, sa profondeur focale,
son intensité, sa période de retour
Unités sismotectoniques



Exemple:

Faille de la moyenne Durance
**ITER: réacteur thermonucléaire
expérimental international**



Evaluation de l'aléa sismique

1. Identifier et localiser les sources

1.1. Définir les zones sismotectoniques homogènes sur la base d'une synthèse des données géologiques et sismologiques

1.2. Sélectionner les séismes les plus forts

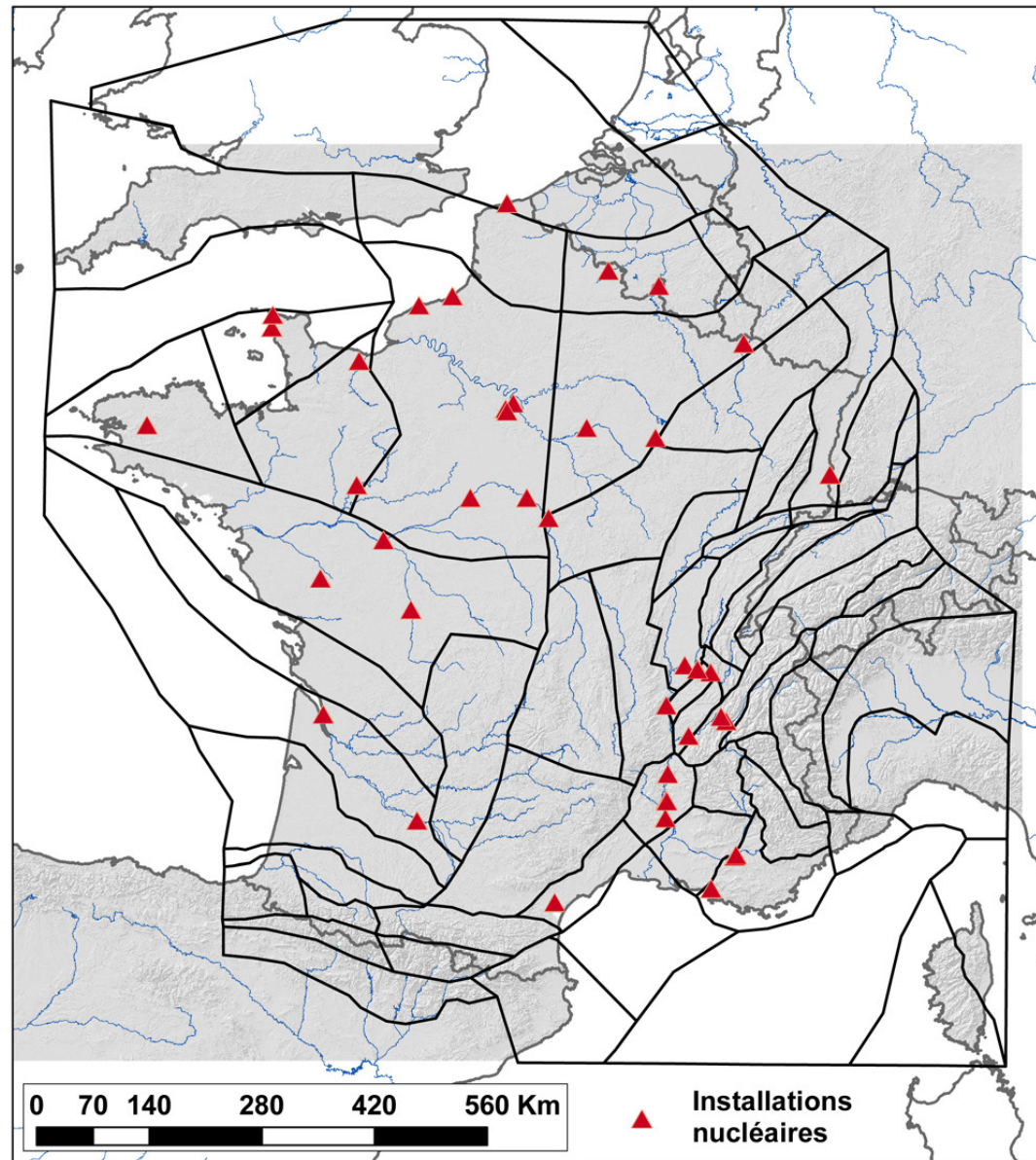
1.3. Calculer les deux paramètres principaux (magnitude et profondeur) des séismes historiques de référence, dits **Séismes Maximaux Historiquement Vraisemblables** (SMHV)



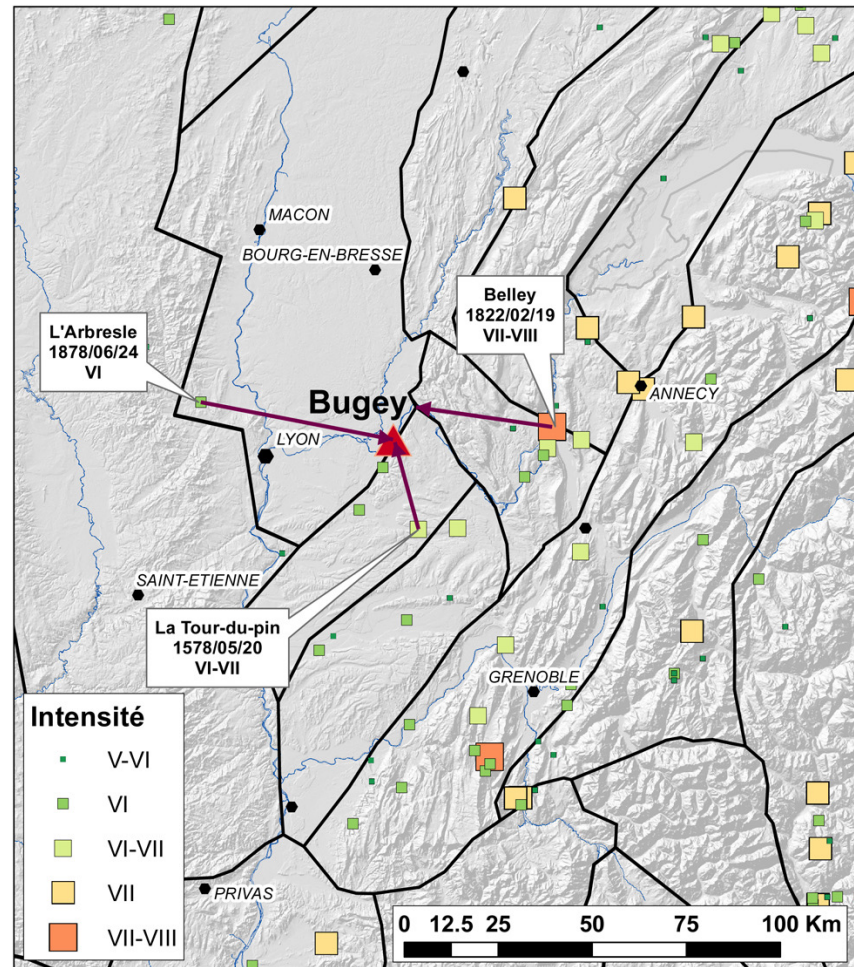
1.1. Définir les zones sismotectoniques homogènes sur la base d'une synthèse des données géologiques et sismologiques

Zones sismotectoniques:
considérées comme
homogènes **du point de
vue de leur potentiel à
générer des séismes**

Zonage sismotectonique de la France utilisé par l'IRSN (2013)

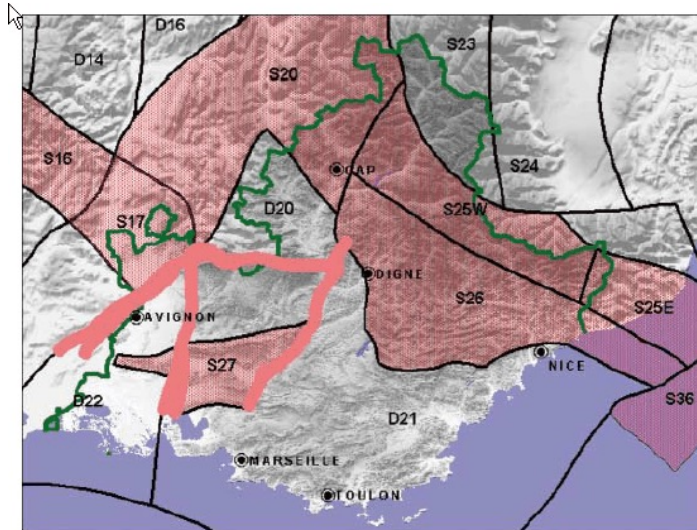


1.2. Sélectionner les séismes les plus forts



Identification des séismes susceptibles de produire les effets les plus forts sur le centre nucléaire de production électrique de Bugey (triangle rouge). Les séismes historiques, représentés par des carrés, sont issus de la base de données SISFRANCE 2016. Les flèches indiquent les déplacements appliqués aux séismes retenus (IRSN).

1.3. Calculer les deux paramètres principaux (magnitude et profondeur) des séismes historiques de référence, dits Séismes Maximaux Historiquement Vraisemblables (SMHV)



Le zonage sismotectonique est produit à partir de la synthèse de données géologiques, géophysiques et sismologiques.

Par définition, les séismes qui se sont produit dans une zone pourraient se reproduire n'importe où dans cette zone.

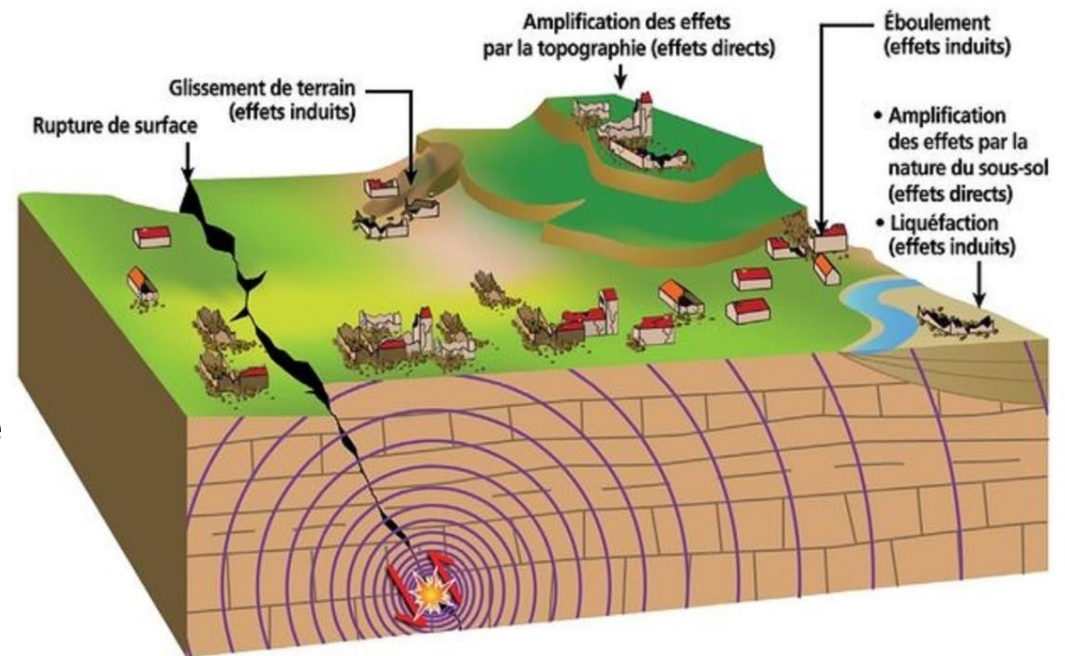
Numéro de l'unité	Nom de l'unité	Magnitude du SMHV	Profondeur focale
S20	Zones externes alpines septentrionales	Proche : M = 5,0 Lointain : M = 5,7	Proche : 5 km Lointain : 15 km
S25W	Zone Ubaye-Mercantour	M = 5,0	9 km
S25E	Alpes Ligures méridionales	M = 6,3	8 km
S26	Alpes méridionales et arcs de Digne-Castellane-Nice	Proche : M = 4,7 Lointain : M = 5,7	Proche : 3 km Lointain : 15 km
S27	Chevauchements nord provençaux	M = 6,0	5 km
S36	Océan ligure nord oriental	M = 6,3	8 km
F13	Système de failles de la Moyenne Durance	M = 5,1	5 km
F14	Système de failles de Salon-Cavaillon	M = 4,2	5 km
D20	Domaine des Baronnies	Io = V	
D21	Domaine provençal	M = 4,0	4 km
D22	Camargue	M = 4,1	10 km

SMVH : Séisme maximal historiquement vraisemblable (SMHV)



Evaluation de l'aléa sismique

- 1) Identifier et localiser les sources (géologie, failles, séismes)
- 2) Caractériser leur activité
 - Démarche déterministe
 - Démarche probabiliste

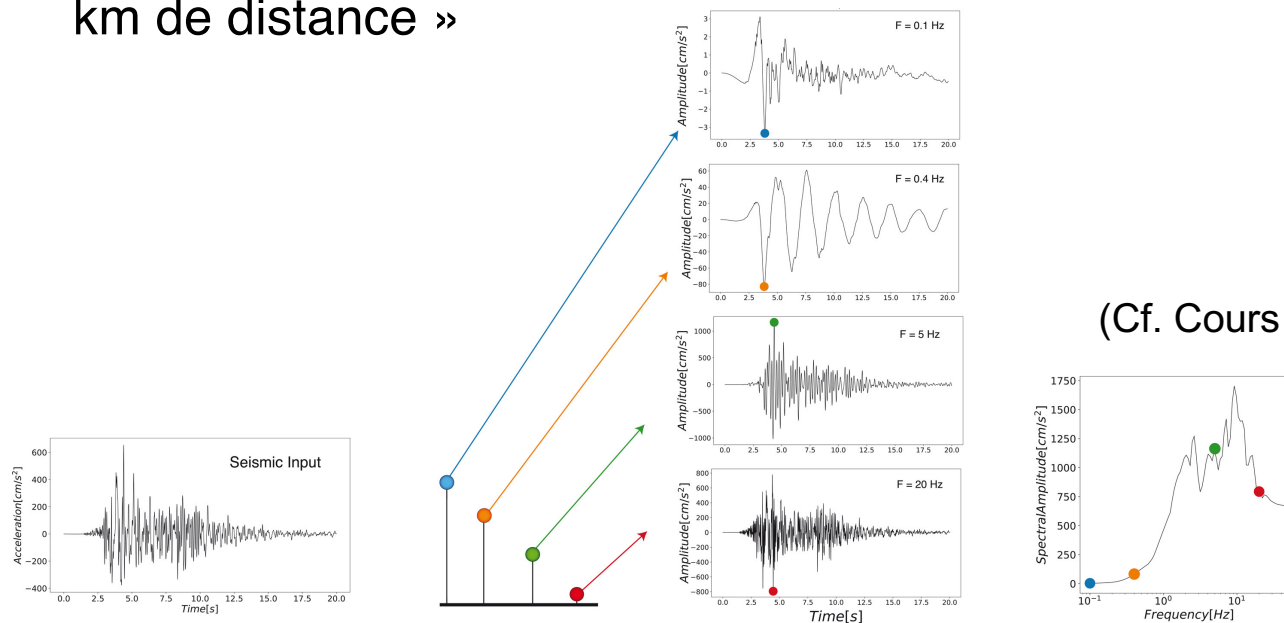


Evaluation de l'aléa sismique

2) Caractériser leur activité

– DÉMARCHE DÉTERMINISTE

- Séisme maximal possible, Séisme de référence
- Scenarii des séismes les plus forts connus dans la région
- « L'aléa sismique pour le site S est une accélération maximale (PGA) de 0.35 g dû à un séisme de magnitude 6 sur la faille F à 12 km de distance »



(Cf. Cours Traitement du signal)

PGA= Peak Ground Acceleration

0.001 g perceptible par les gens

0.02 g perte d'équilibre

0.50 g très élevé, seuls les bâtiments construits aux normes peuvent résister



Evaluation de l'aléa sismique

2) Caractériser leur activité

– DÉMARCHE DÉTERMINISTE

- Séisme maximal possible, Séisme de référence
- Scenarii des séismes les plus forts connus dans la région
- « L'aléa sismique pour le site S est une accélération maximale (PGA) de 0.35 g dû à un séisme de magnitude 6 sur la faille F à 12 km de distance »

– DÉMARCHE PROBABILISTE

- Loi de distribution des séismes dans le temps et des magnitudes
- « L'aléa sismique pour le site S est une accélération maximale (PGA) de 0.28 g avec 2 % de probabilité d'être dépassé dans une période de 50 ans »

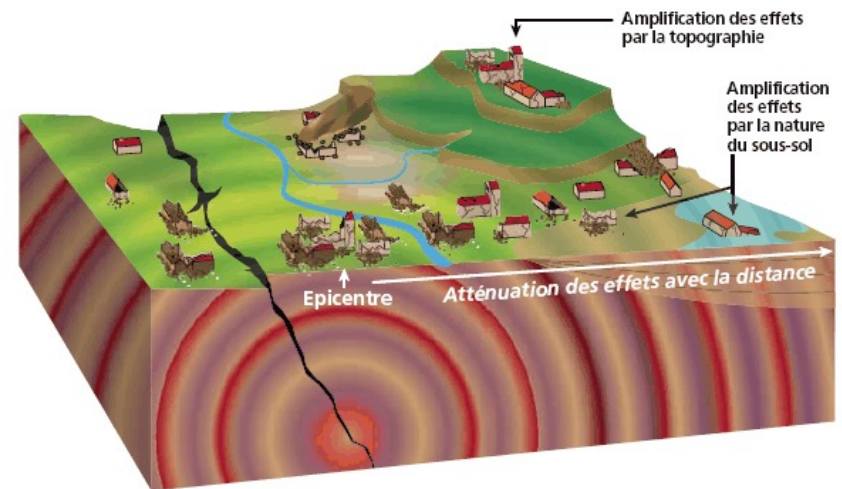


Evaluation de l'aléa sismique

1) Identifier et localiser les sources
(géologie, failles, séismes)

2) Caractériser leur activité

- Démarche probabiliste
- Démarche déterministe



3) Quantifier la décroissance de l'énergie libérée



Evaluation de l'aléa sismique

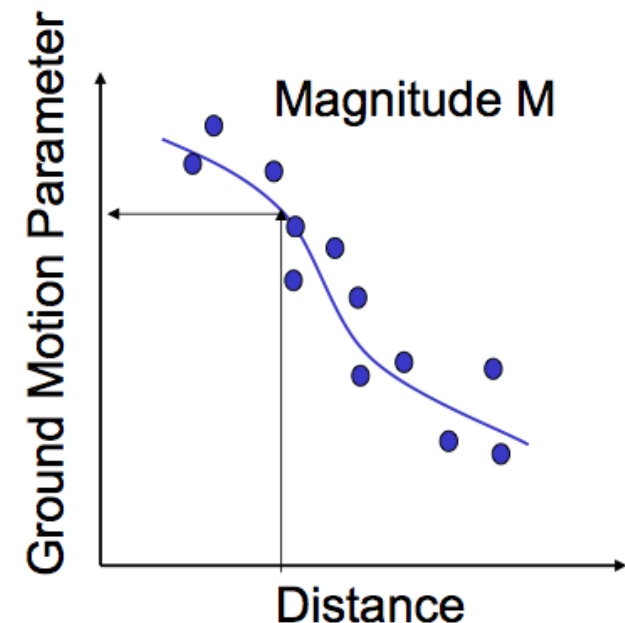
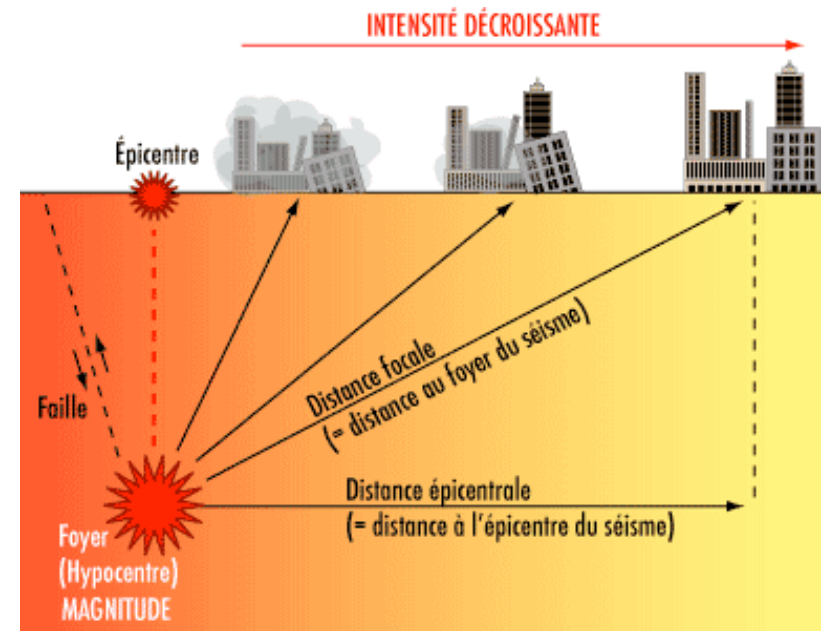
3) Quantifier la décroissance de l'énergie libérée

LOIS D'ATTÉNUATIONS

Déterminer l'atténuation du mouvement sismique entre la source et la zone d'étude:

- Dispersion géométrique
- Absorption

→ Lois d'atténuation empiriques



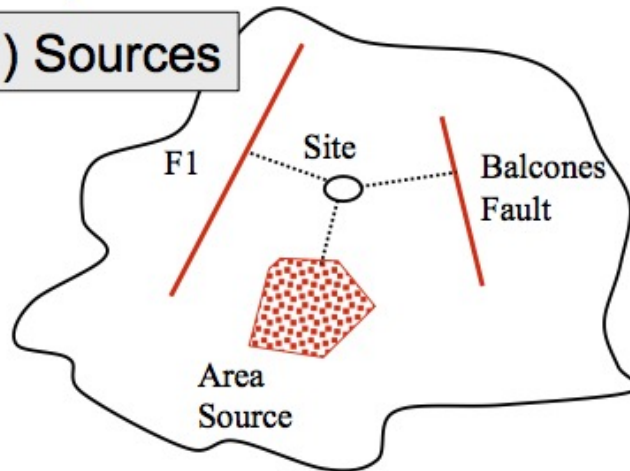
2) Caractériser leur activité

APPROCHE DÉTERMINISTE

METHODE : Notion de séisme de référence

Steps in Deterministic Seismic Hazard Analysis

(1) Sources



ÉTAPE 1
SOURCES

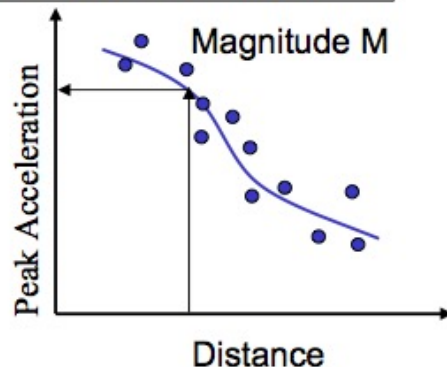
(2) Controlling Earthquake

Fixed distance R

Fixed magnitude M

ÉTAPE 2
SÉLECTIONNER
LE SÉISME DE
RÉFÉRENCE

(3) Ground Motion



ÉTAPE 3
MOUVEMENT
SISMIQUE

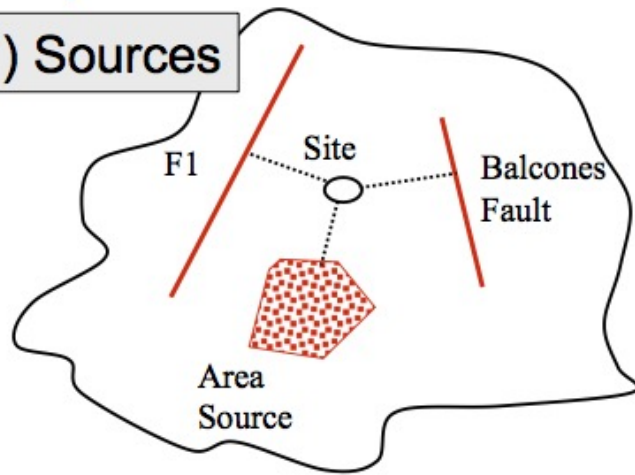
(4) Hazard at Site

"The earthquake hazard for the site is a peak ground acceleration of 0.35 g resulting from an earthquake of magnitude 6.0 on the Balcones Fault at a distance of 12 miles from the site."

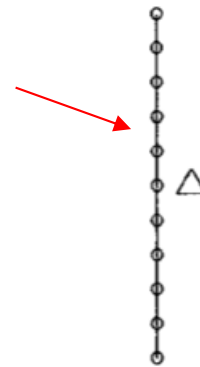
ÉTAPE 4
ALÉA SISMIQUE

Steps in Deterministic S

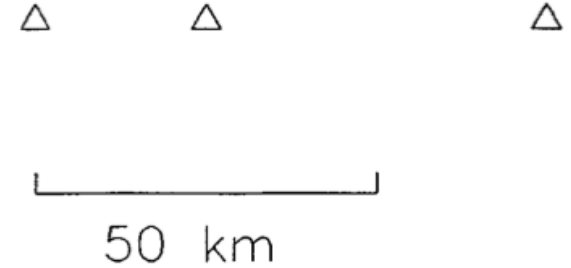
(1) Sources



Source

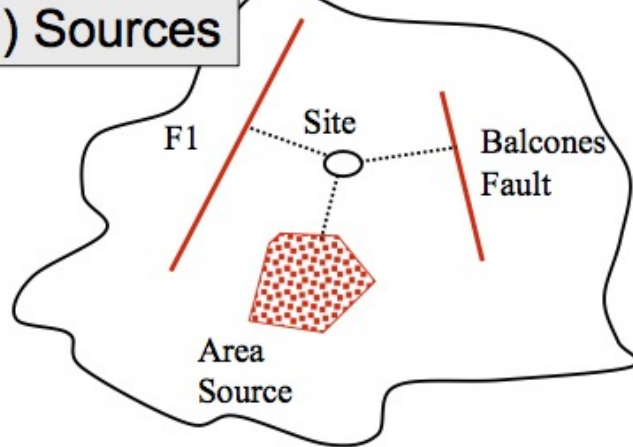


Sites



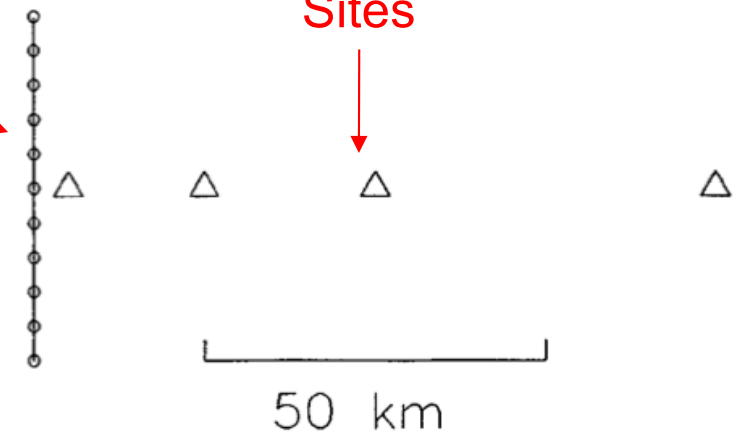
Steps in Deterministic S

(1) Sources



Source

Sites



(2) Controlling Earthquake

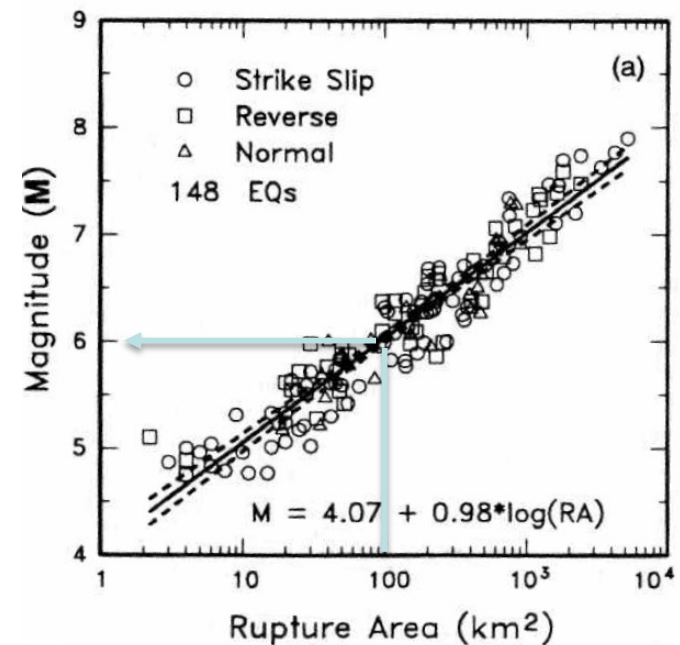
Fixed distance R

Fixed magnitude M

Site : à 50 km

Faïlle : 50 km sur 20 km

Si séisme de magnitude 6, quel effet pour un site situé à 50 km?



Wells et Coppersmith, 2004

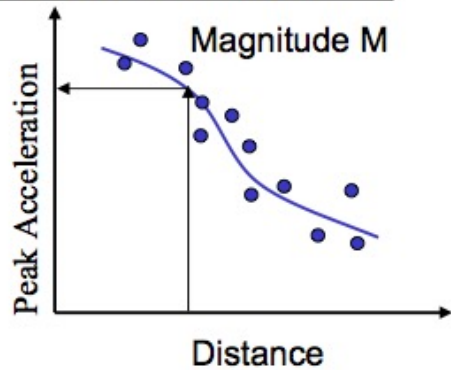


um2

Géosciences

Montpellier

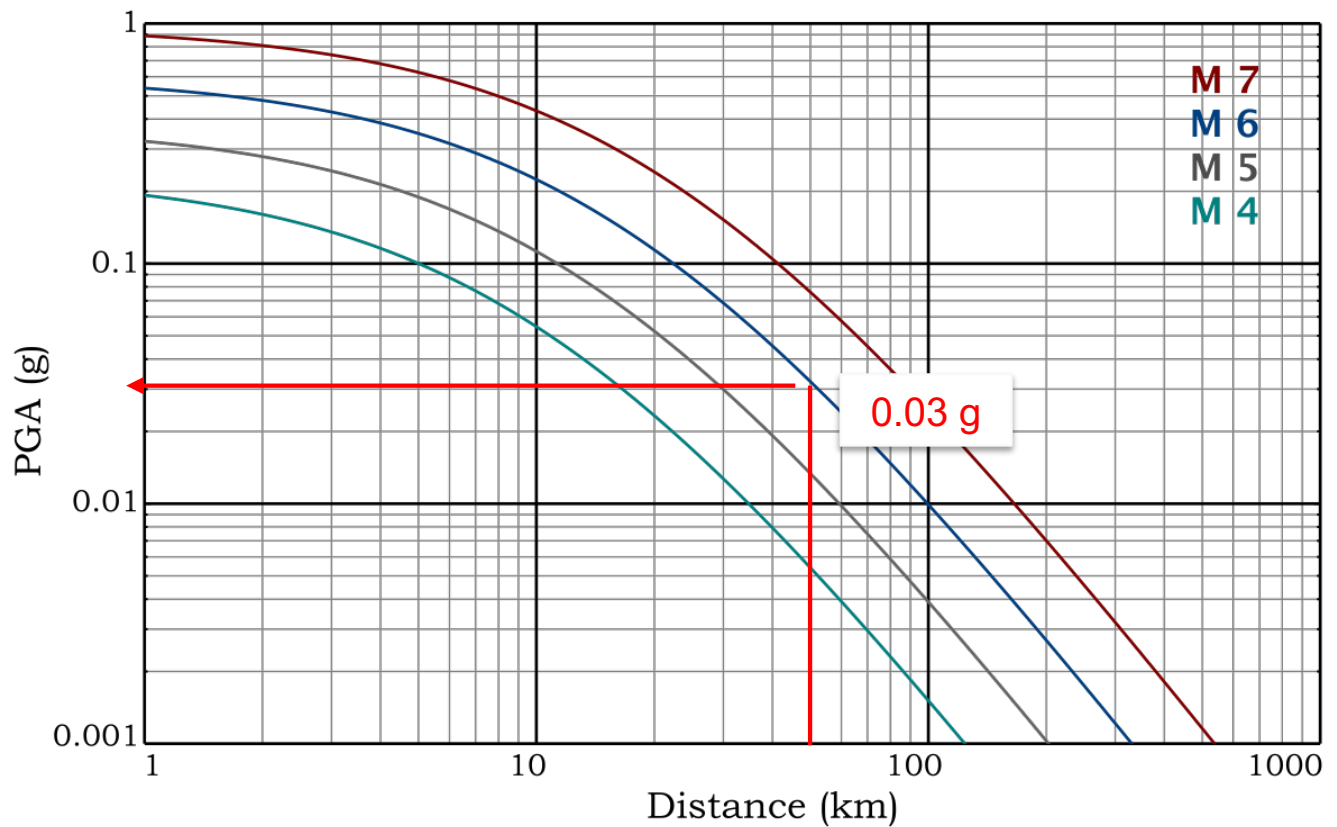
(3) Ground Motion



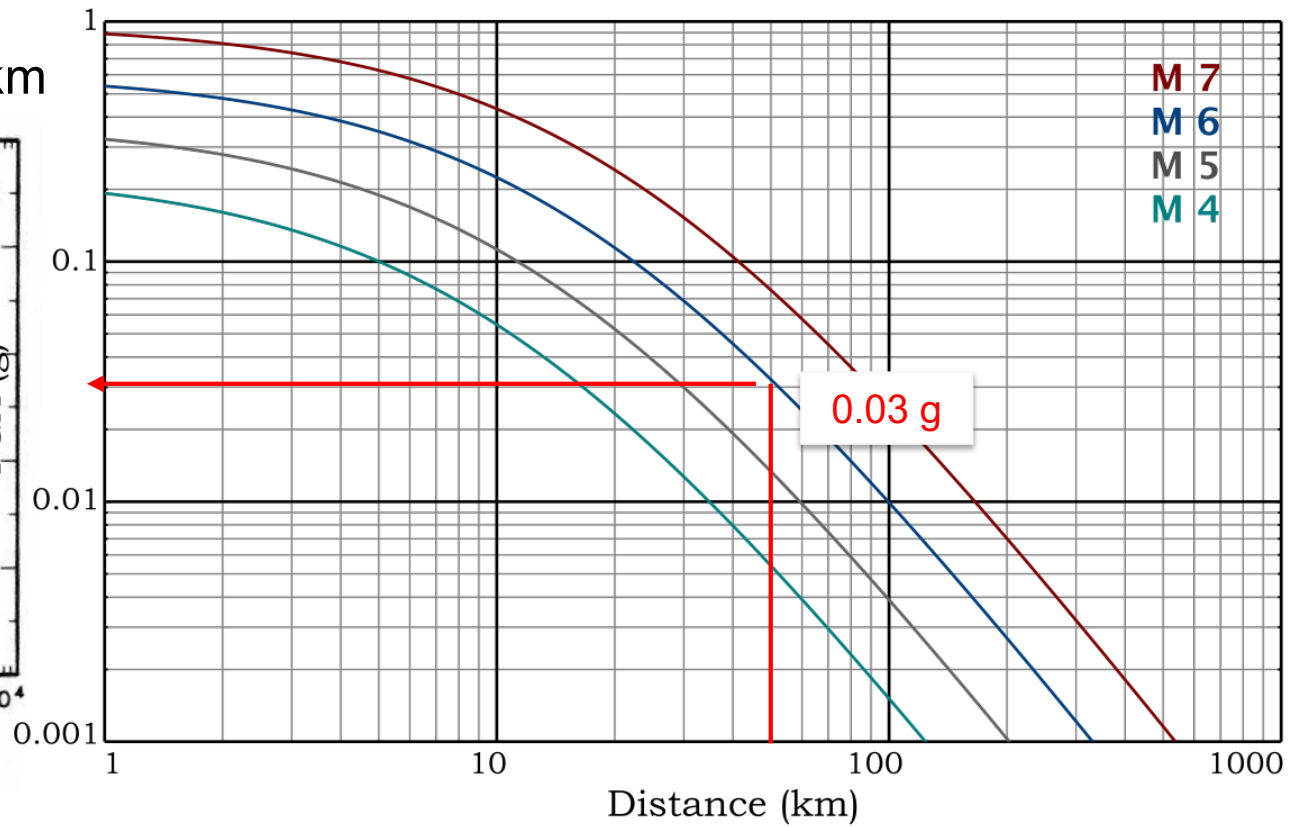
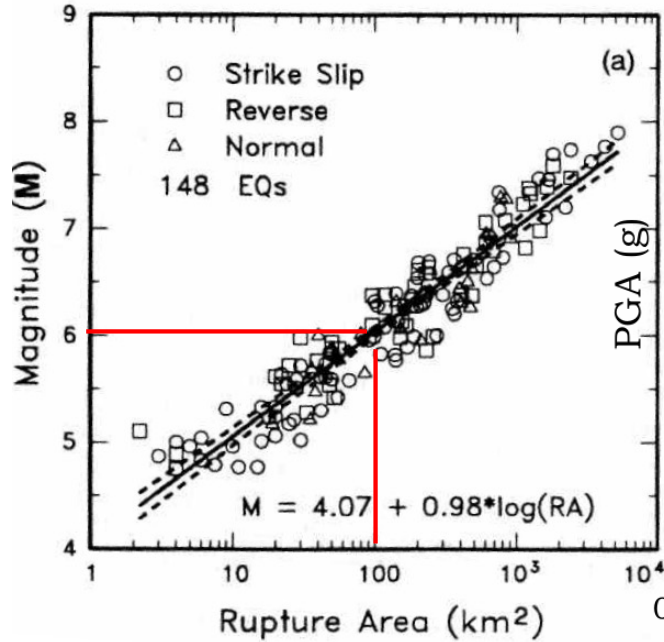
Sites à : 50 km

Faïlle : 50 km sur 20 km

Loi d'atténuation



Sites à : 50 km
Faille : 50 km sur 20 km



(4) Hazard at Site

Le risque sismique pour ce site est un PGA de 0.03g pour un séisme de magnitude 6.0 sur la faille localisée à 50 km.

2) Caractériser leur activité

APPROCHE PROBABILISTE

- Loi de distribution des séismes dans le temps et des magnitudes
- « L'aléa sismique pour le site S est une accélération maximale (PGA) de 0.28 g avec 2 % de probabilité d'être dépassé dans une période de 50 ans »

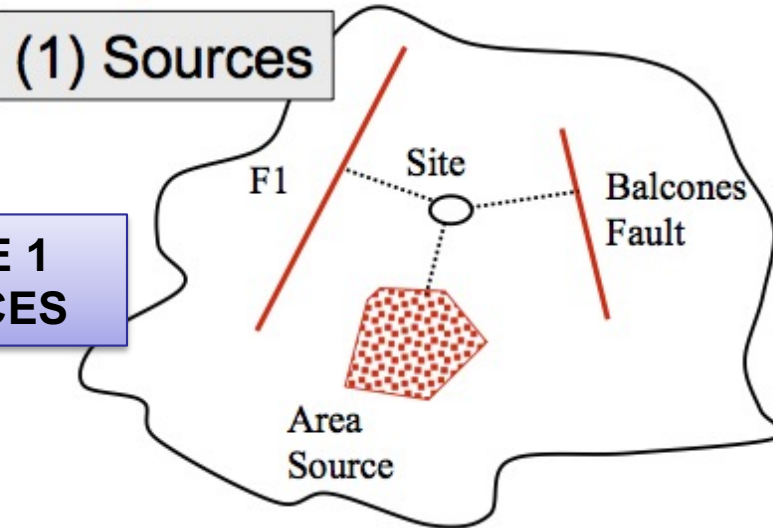
Evaluer la probabilité qu'un séisme se produise au moins une fois en un endroit de la zone sismique pendant une période donnée.



2) Caractériser leur activité

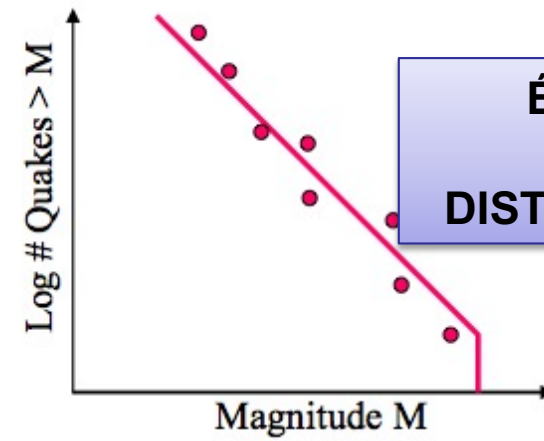
APPROCHE PROBABILISTE

Steps in Probabilistic Seismic Hazard Analysis



ÉTAPE 1
SOURCES

(2) Recurrence



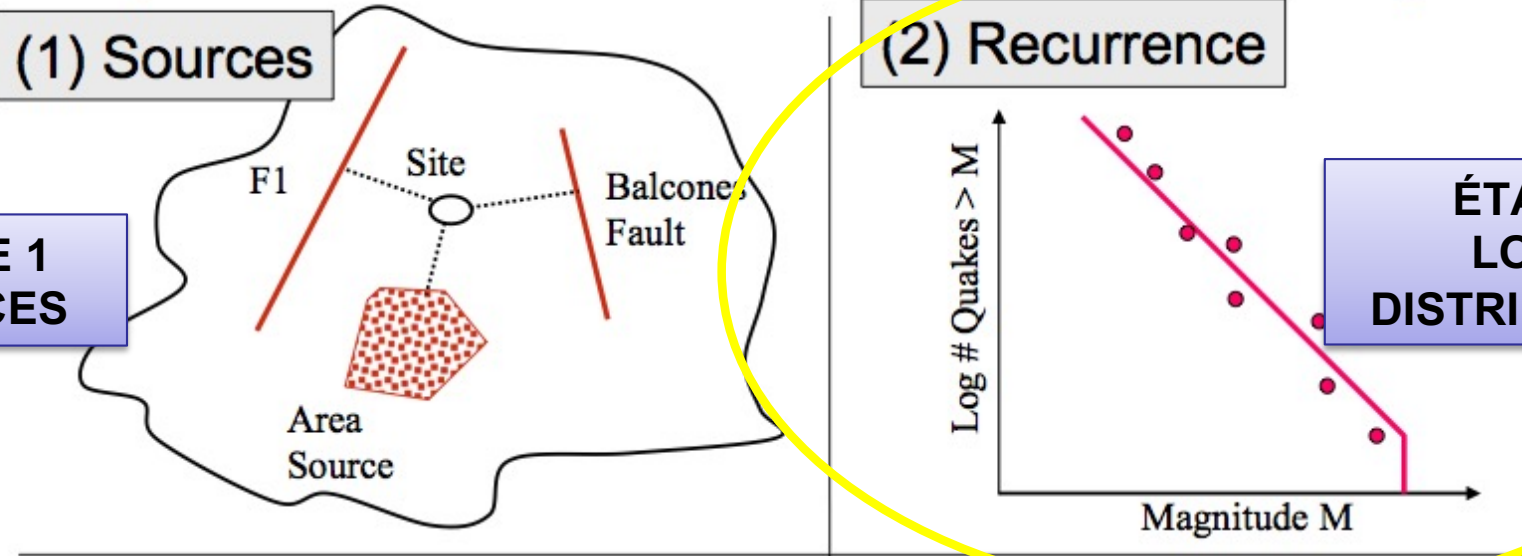
ÉTAPE 2
LOI DE
DISTRIBUTIONS



2) Caractériser leur activité

APPROCHE PROBABILISTE

Steps in Probabilistic Seismic Hazard Analysis

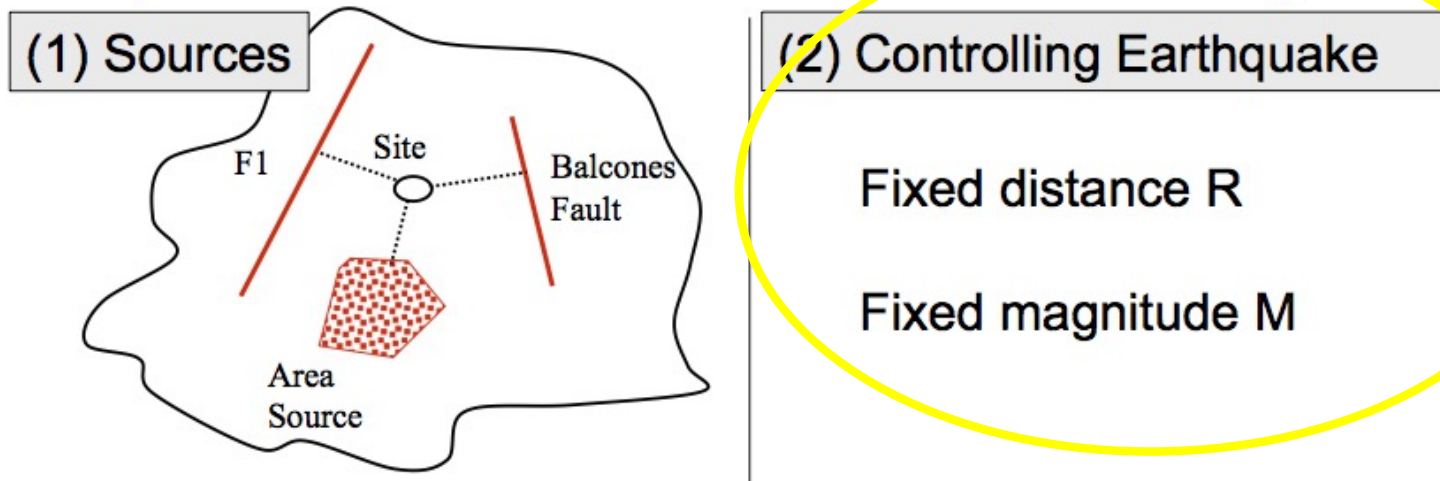


ÉTAPE 1
SOURCES

ÉTAPE 2
LOI DE
DISTRIBUTIONS

Versus

Steps in Deterministic Seismic Hazard Analysis



(1) Sources

(2) Controlling Earthquake

Fixed distance R

Fixed magnitude M

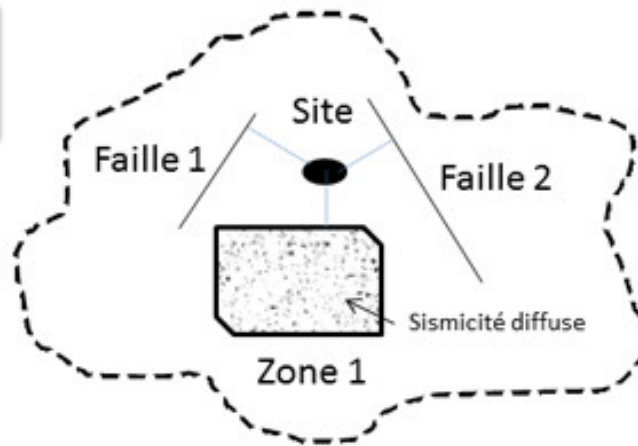


2) Caractériser leur activité

APPROCHE PROBABILISTE

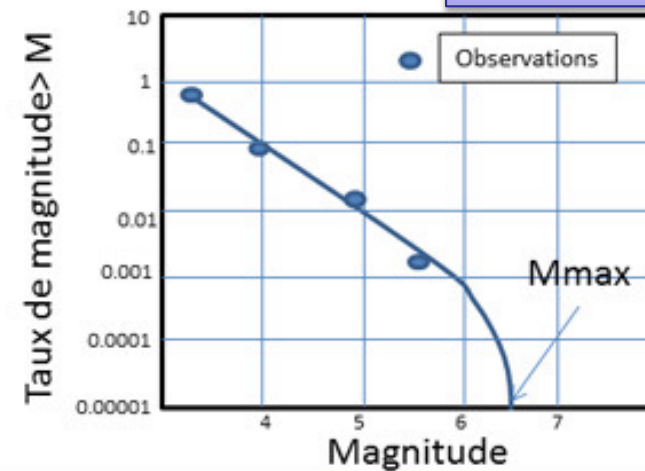
ÉTAPE 1 SOURCES

1 - Sources sismiques



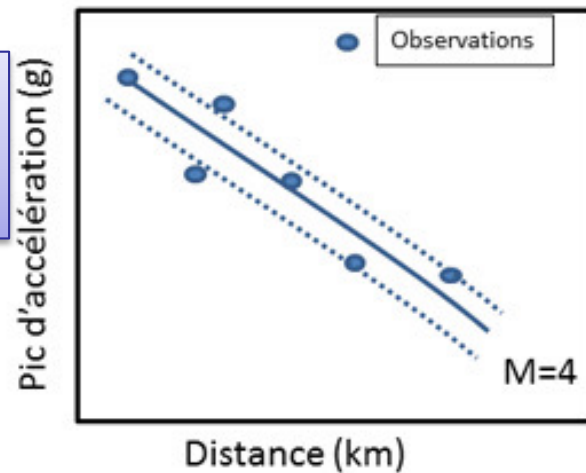
ÉTAPE 2 LOI DE DISTRIBUTIONS

2 - Activité sismique

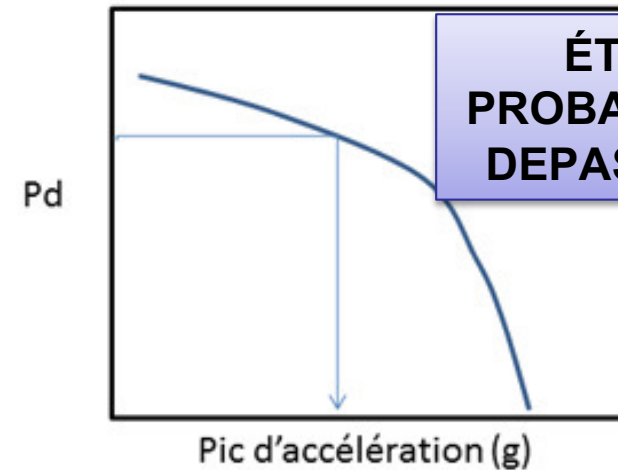


ÉTAPE 3 ATTENUATION DU MOUVEMENT

3 - Mouvement sismique



4 - Probabilité de dépassement (P_d)



ÉTAPE 4 PROBABILITE DE DEPASSEMENT

2) Caractériser leur activité

APPROCHE PROBABILISTE

ÉTAPE 2 LOI DE DISTRIBUTIONS

Loi de Gutenberg- Richter

On sait évidemment qu'il y a moins de gros séismes que de petits séismes!

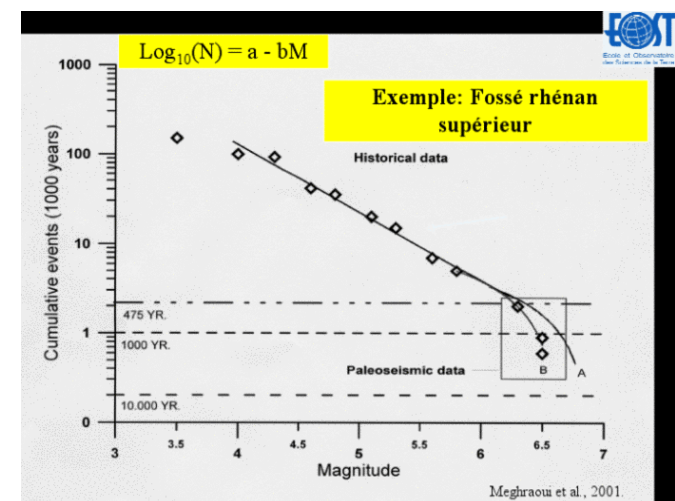
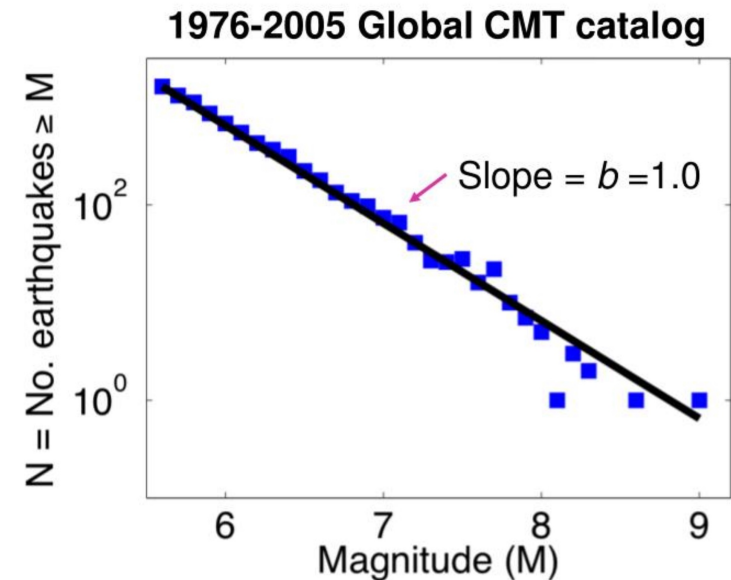
Cette loi donne pour une zone donnée, l'évolution du nombre de séismes en fonction de la magnitude:

$$\log(N) = a - bM$$

où N est le nombre de séismes de magnitude supérieure à M .

a dépend de la taille de la zone concernée

b est un facteur généralement proche de 1 dont les variations sont très étudiées mais difficiles à interpréter.

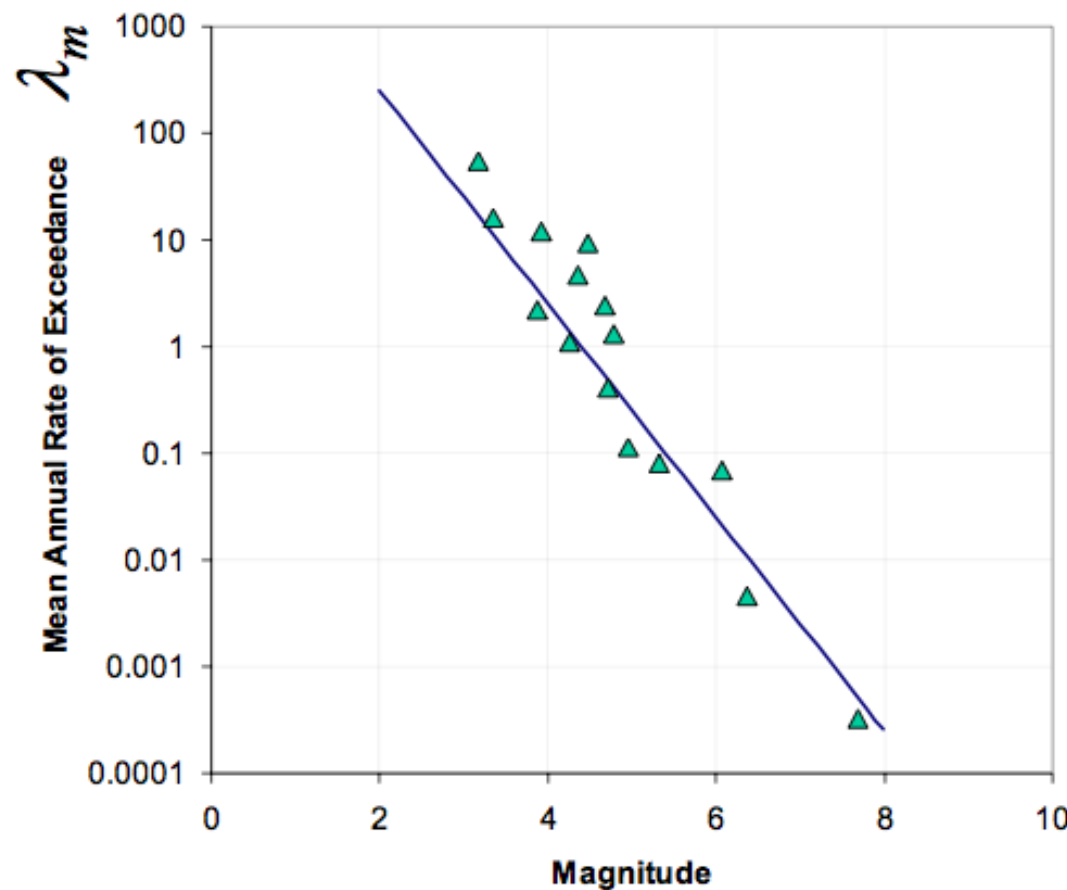


2) Caractériser leur activité

APPROCHE PROBABILISTE

ÉTAPE 2 LOI DE DISTRIBUTIONS

Empirical Gutenberg-Richter Recurrence Relationship



$$\log \lambda_m = a - bm$$

λ_m = Taux de récurrence
(evts/an) en fonction
de leur magnitude

$1/\lambda_m$ = Période de retour

2) Caractériser leur activité

APPROCHE PROBABILISTE

ÉTAPE 4 PROBABILITE DE DEPASSEMENT



2) Caractériser leur activité

APPROCHE PROBABILISTE

L'APPROCHE DÉTERMINISTE fournit une méthode claire de l'information de l'aléa avec des hypothèses simples. Il fournit des scénarios compréhensibles qui peuvent être reliés directement au problème. Toutefois, il n'a aucune évaluation des incertitudes.

Les conclusions basées sur une analyse déterministe peuvent facilement être perturbées par l'apparition de nouveaux séismes.

L'APPROCHE PROBABILISTE est capable d'intégrer un large éventail d'informations et d'incertitudes dans un cadre plus flexible.

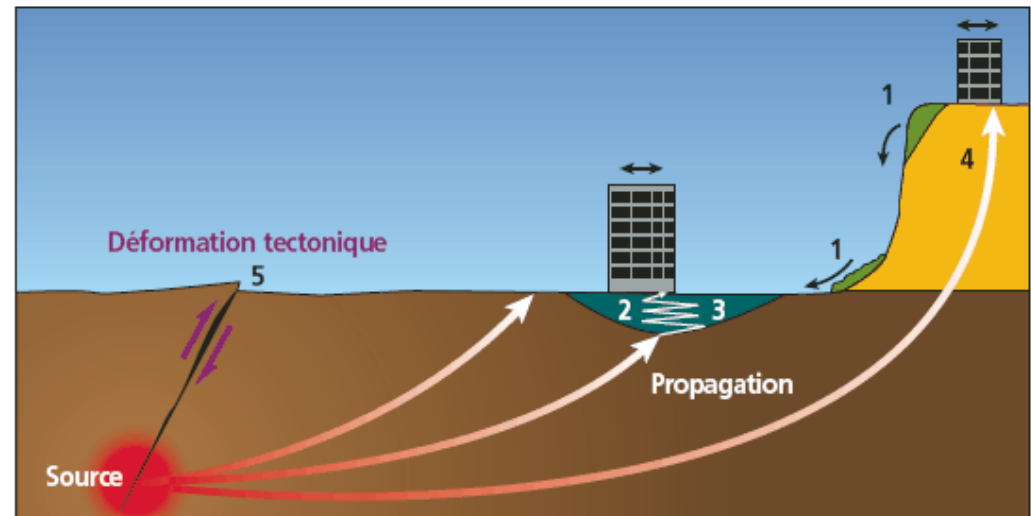
Malheureusement, sa complexité peut obscurcir les éléments qui gouvernent les résultats, et sa nature hautement quantitative peut conduire à des fausses impressions de précision.



Evaluation de l'aléa sismique

5) Prendre en compte les conditions locales

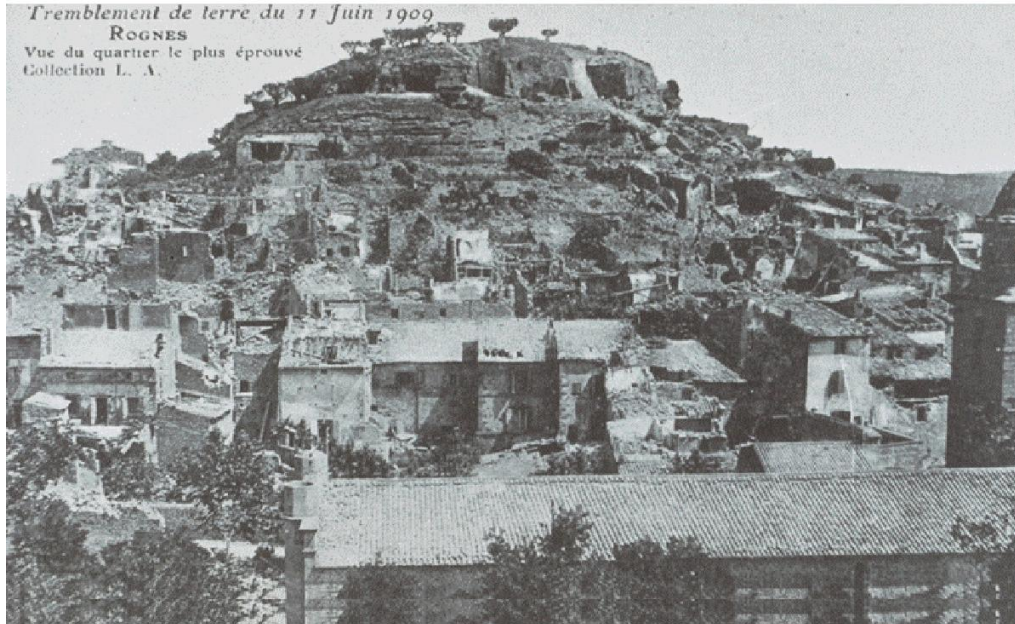
Aléa local (microzonage)



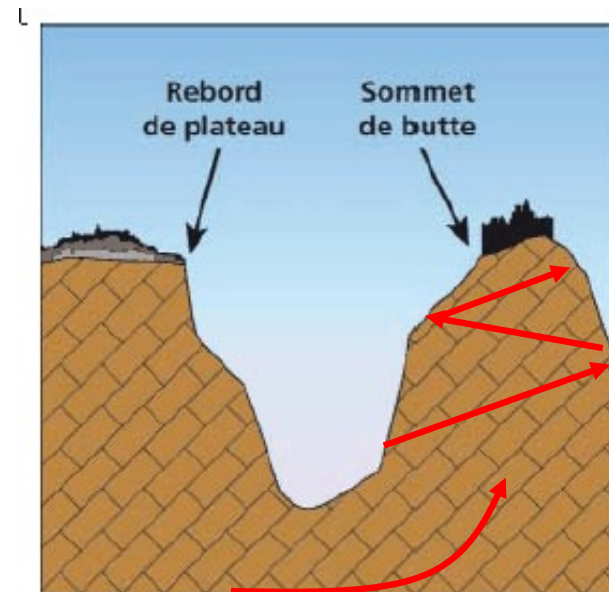
- Effets de site topographique
- Effets de site lithologiques
- Rupture de faille en surface



ALÉA SISMIQUE LOCAL : EFFETS DE SITE TOPOGRAPHIQUES

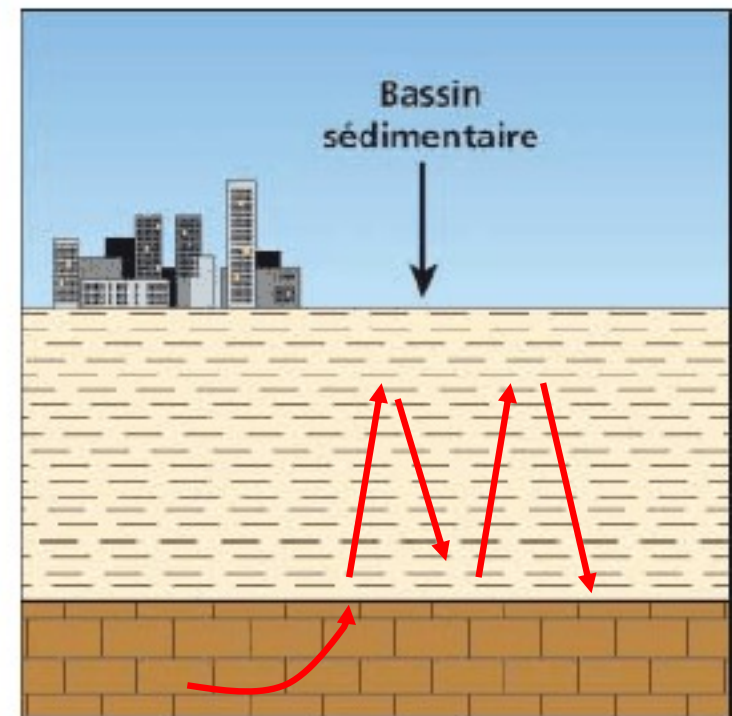


- Principe :
Piégeage des ondes sismiques dans
des topographies marquées.



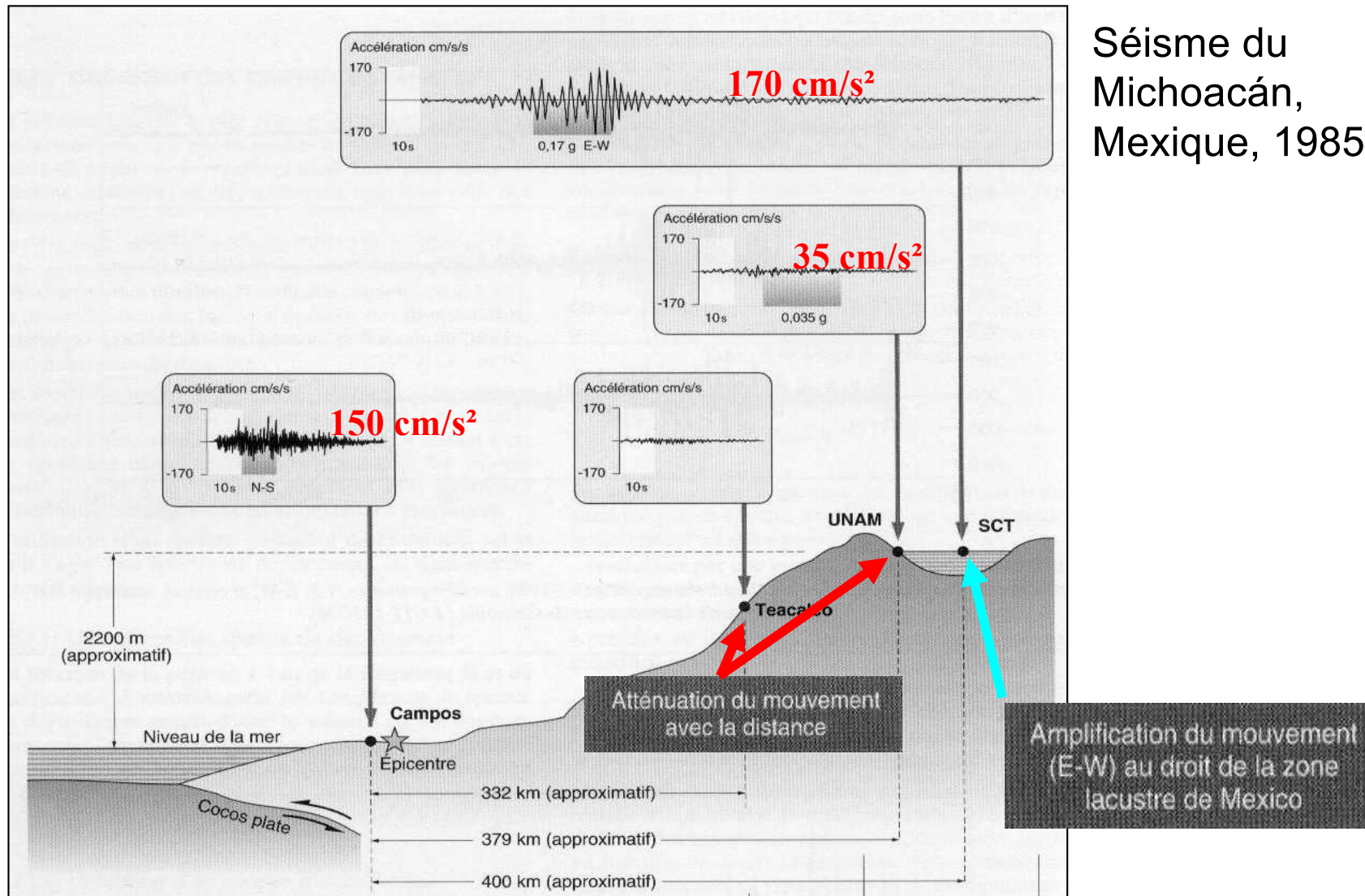
ALÉA SISMIQUE LOCAL : EFFETS DE SITE LITHOLOGIQUES

- Principe
 - Piégeage des ondes sismiques dans les couches meubles superficielles (lié à la géologie superficielle)



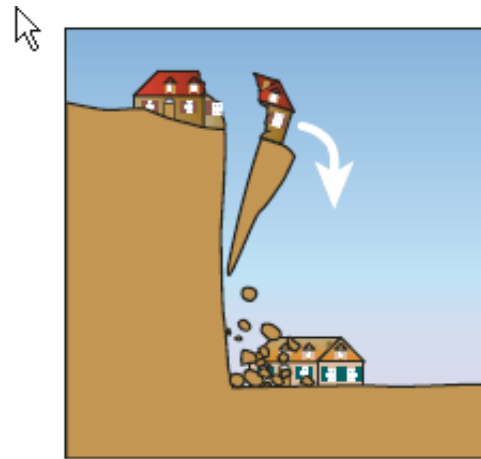
ALÉA SISMIQUE LOCAL : EFFETS DE SITE LITHOLOGIQUES

Séisme du
Michoacán,
Mexique, 1985

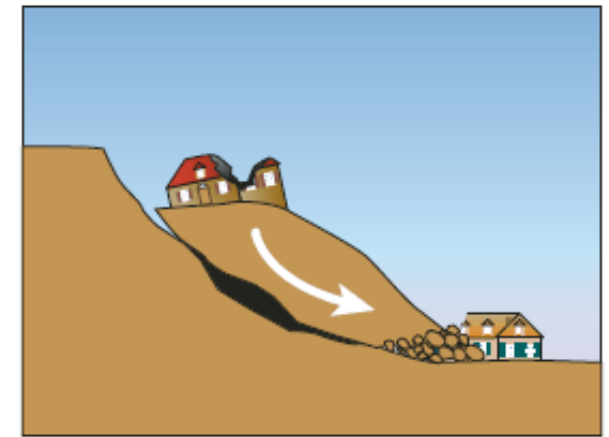


Evaluation de l'aléa sismique

6) Effets induits



Chute de blocs



Glissement

- Aléas étudiés :
 - Chute de blocs
 - Glissement de terrain
 - Liquéfaction
 - Tsunamis.....

Evaluation de l'aléa sismique

6) Effets induits



Las Colinas, Salvador, 2001

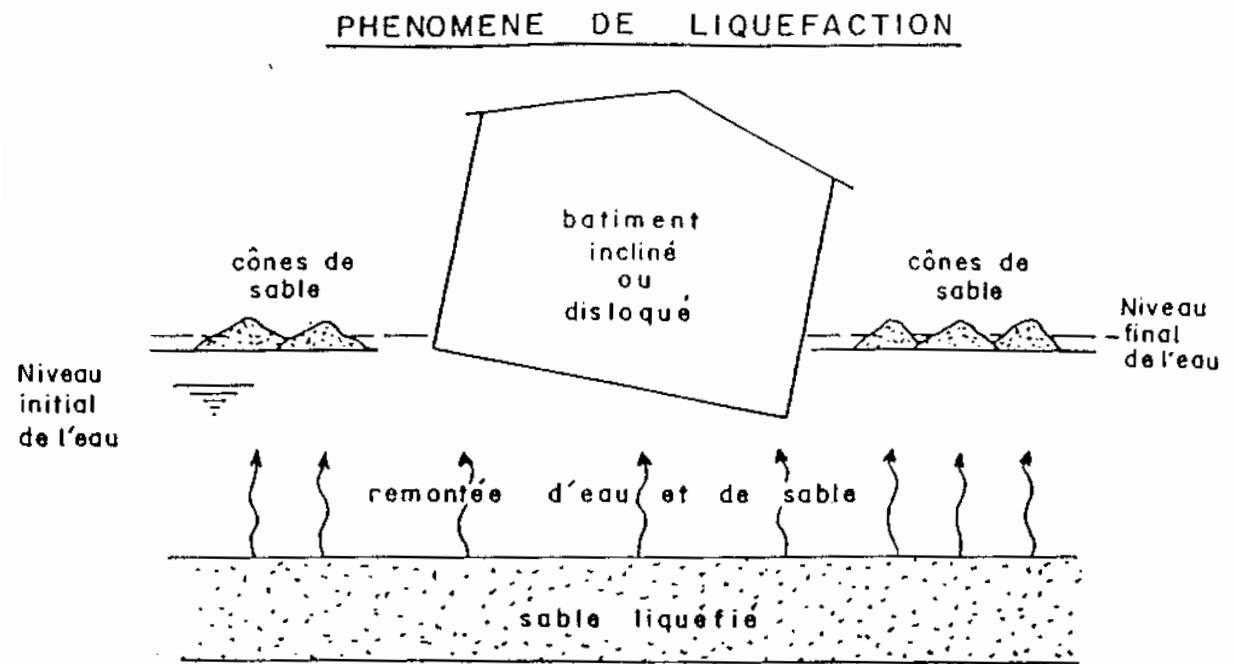
Evaluation de l'aléa sismique

6) Effets induits

LIQUÉFACTION:

Principe :

- Perte totale de résistance mécanique sous sollicitation sismique : tassements
- Concerne certaines formations lithologiques (sables saturés d'eau et peu compacts)





Tocopilla earthquake

Damage to port due to liquefaction (photo: J. Bray)



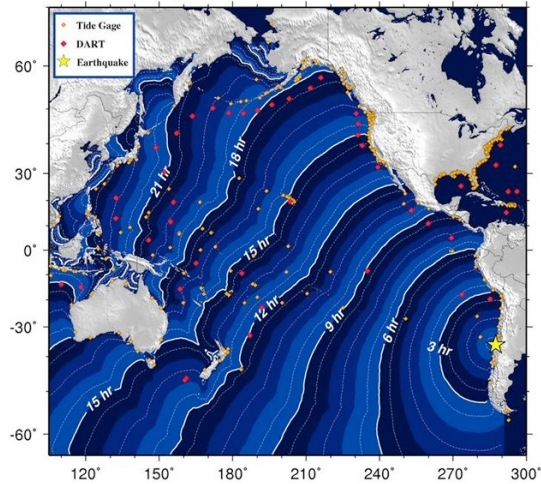
1964 Niigata earthquake

2011 Christchurch earthquake



Tsunami

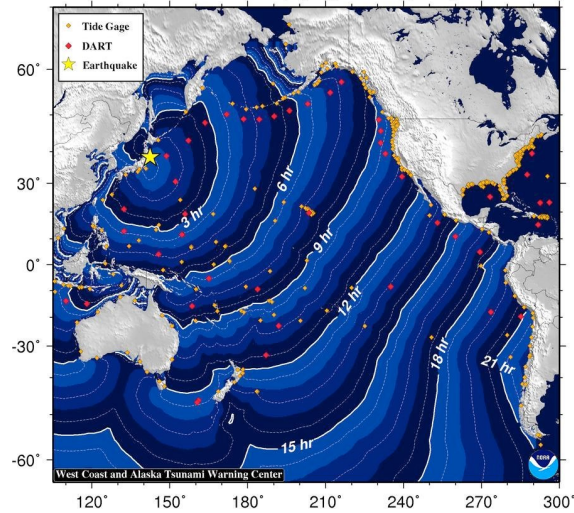
February 27, 2010 Chilean Tsunami Travel Times



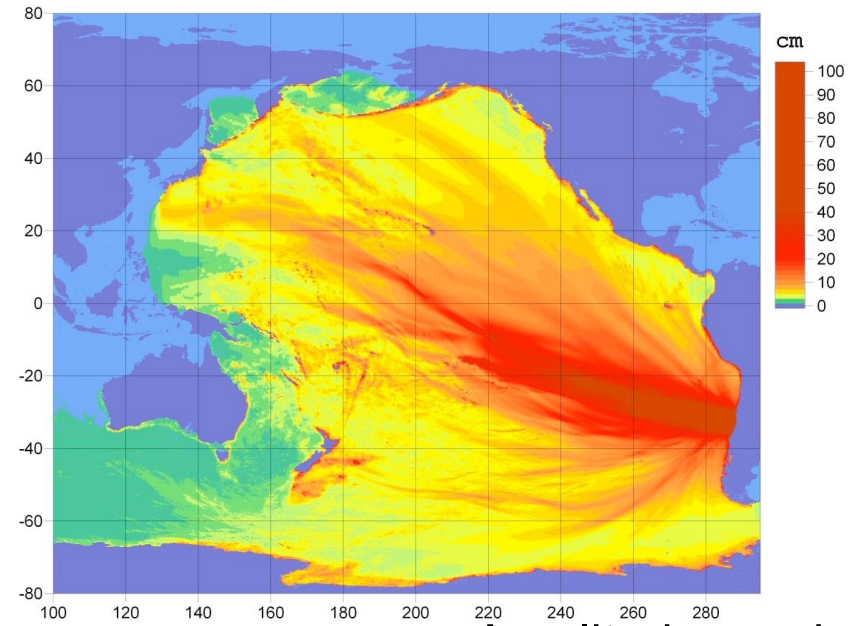
At 06:34:14 UTC, a M8.8 earthquake occurred offshore Maule, Chile, [35.846°S, 72.719°W], resulting in a Pacific-wide tsunami. Shown above are the tsunami travel time contours in hours, beginning from the 0-time of the earthquake.

Tsunami Travel Times

Tsunami travel time contours in hours, beginning from the earthquake origin time.



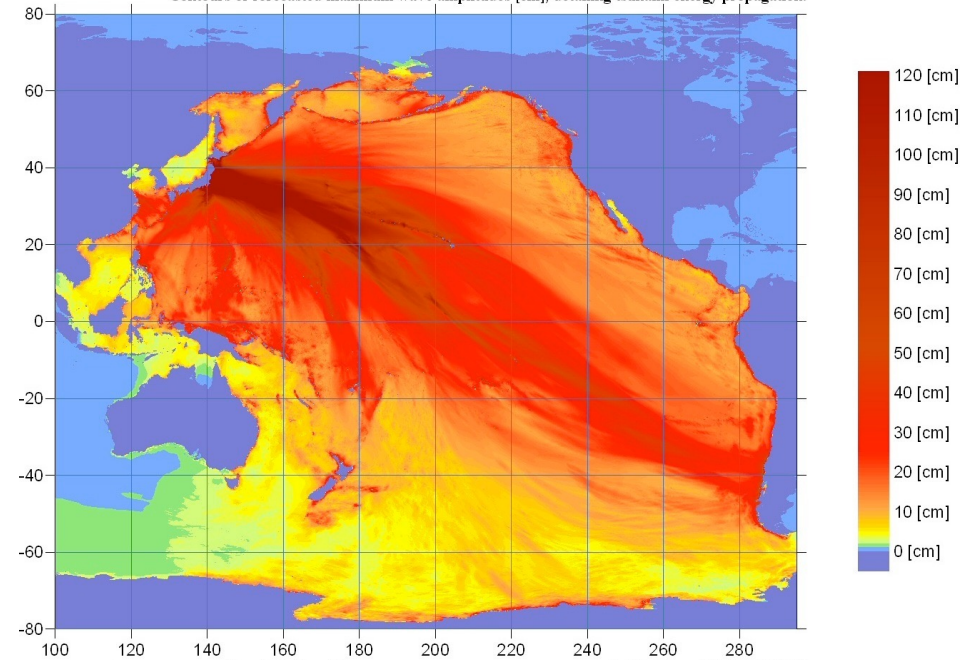
Event ID: lhvpd9
Origin Time: 05:46:23 (UTC)
Date: 3/11/2011
Earthquake Magnitude: 9.0
Earthquake Location: [38.322N, 142.369E], "near the east coast of Honshu, Japan"



Amplitude maximum

Tsunami Propagation Forecast

Contours of forecasted maximum wave amplitudes [cm], detailing tsunami energy propagation.



Event ID: lhvpd9
Origin Time: 05:46:28 (UTC)
Date: 3/11/2011
Earthquake Magnitude: 9.0
Earthquake Location: [38.322, 142.369], "near the east coast of Honshu, Japan"

West Coast and Alaska Tsunami Warning Center

ÉVALUATION DE L'ALÉA SISMIQUE

2 APPROCHES POSSIBLES

- Déterministe (DSHA – Deterministic Seismic Hazard Analysis)

Séisme maximal possible, séismes de référence

- Probabiliste (PSHA – Probabilistic Seismic Hazard Analysis)

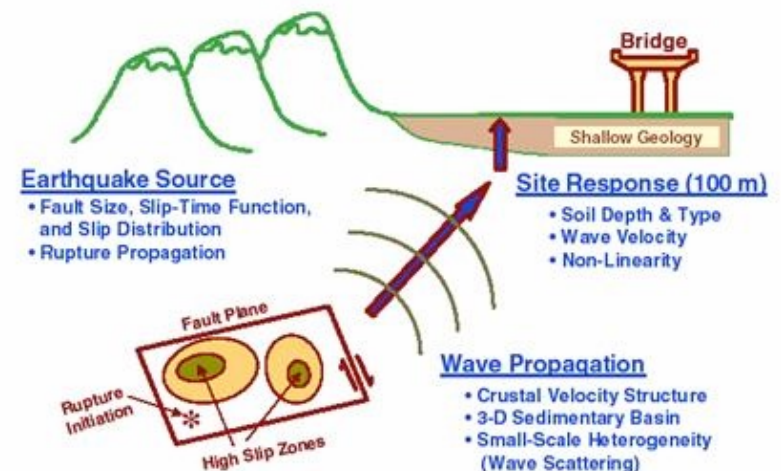
Loi de distribution des séismes dans le temps

Loi de distribution des magnitudes

2 ECHELLES

- Régionale

- Locale



Les risques près de chez moi

Partager la page

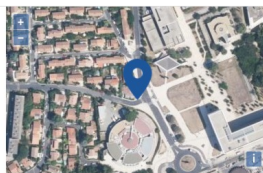


[← Faire une nouvelle recherche](#)

Adresse recherchée : Place Eugène Bataillon, 34090 Montpellier

Ce tableau de bord délivré à titre informatif a pour but de vous montrer une vision simplifiée des risques naturels et technologiques situés près de chez vous. [Voir les CGU](#)

[Télécharger le rapport de risques près de chez moi](#)



Risques naturels identifiés (8)

Risques technologiques identifiés (4)

Risques naturels identifiés : 8



INONDATION

à mon adresse : **EXISTANT**

sur ma commune : **EXISTANT**

[Accéder aux informations détaillées →](#)



REMONTÉE DE NAPPE

à mon adresse : **INCONNU**

sur ma commune : **EXISTANT**

[Accéder aux informations détaillées →](#)



RISQUES CÔTIERS (SUBMERSION MARINE, TSUNAMI)

à mon adresse : **INCONNU**

sur ma commune : **EXISTANT**

[Accéder aux informations détaillées →](#)



SÉISME

à mon adresse : **FAIBLE**

sur ma commune : **FAIBLE**

[Accéder aux informations détaillées →](#)



MOUVEMENTS DE TERRAIN

à mon adresse : **INCONNU**

sur ma commune : **EXISTANT**

[Accéder aux informations détaillées →](#)



RETRAIT GONFLEMENT DES ARGILES

à mon adresse : **IMPORTANT**

sur ma commune : **IMPORTANT**

[Accéder aux informations détaillées →](#)



FEU DE FORÊT

à mon adresse : **INCONNU**

sur ma commune : **EXISTANT**

[Accéder aux informations détaillées →](#)



RADON

à mon adresse : **FAIBLE**

sur ma commune : **FAIBLE**

[Accéder aux informations détaillées →](#)

errIAL
État des risques
Information Acquéreur Locataire

Renseigner un état des
risques en vue de la location
ou de la vente d'un bien

[Accéder à la demande en ligne](#)



DICRIM Montpellier

Découvrez le document d'information
communal sur les risques majeurs (DICRIM)

PDF - 4.08 Mo

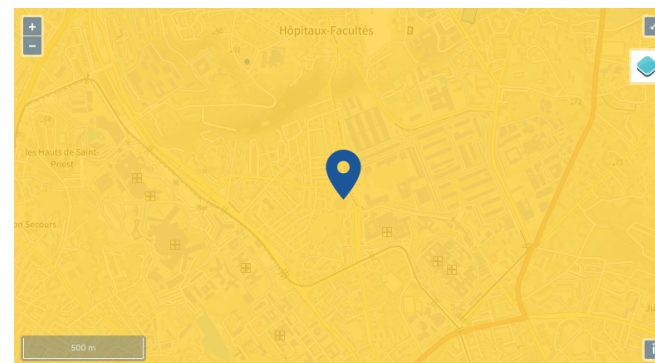


34 arrêtés de reconnaissance
de l'état de catastrophe
naturelle reconnus sur
Montpellier

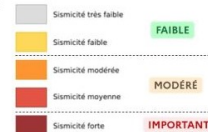
[Retrouvez ici la liste complète](#)



Carte de l'aléa sismique en France



Légende :





Géosciences pour une Terre durable

brgm

SERVICE
GÉOLOGIQUE
NATIONAL



**MINISTÈRES
TRANSITION ÉCOLOGIQUE
AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
TRANSPORTS
VILLE ET LOGEMENT**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

<https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/construction-risques-sismiques>



**DÉLÉGATION
INTERMINISTÉRIELLE
AUX RISQUES MAJEURS
OUTRE-MER**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

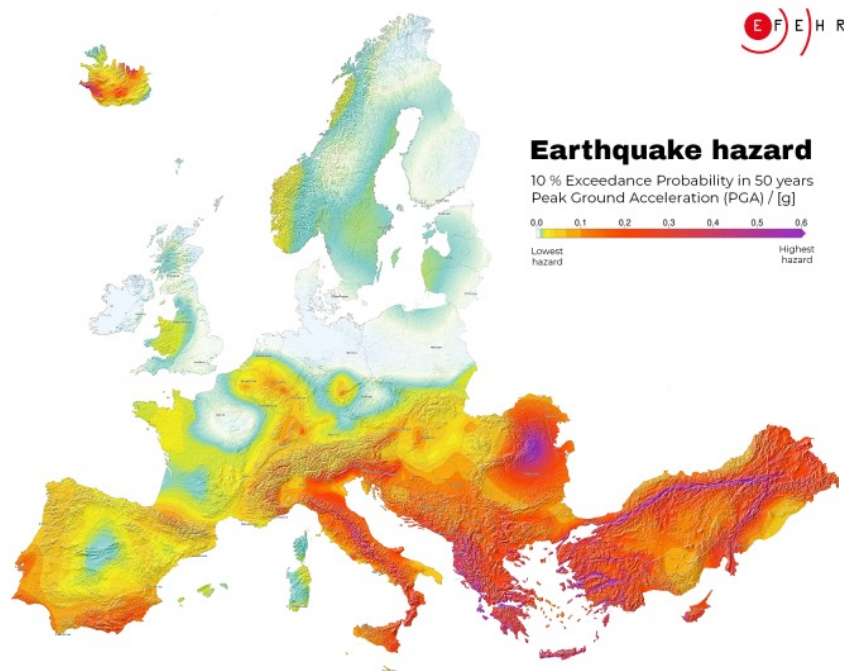
PLAN SÉISME ANTILLES



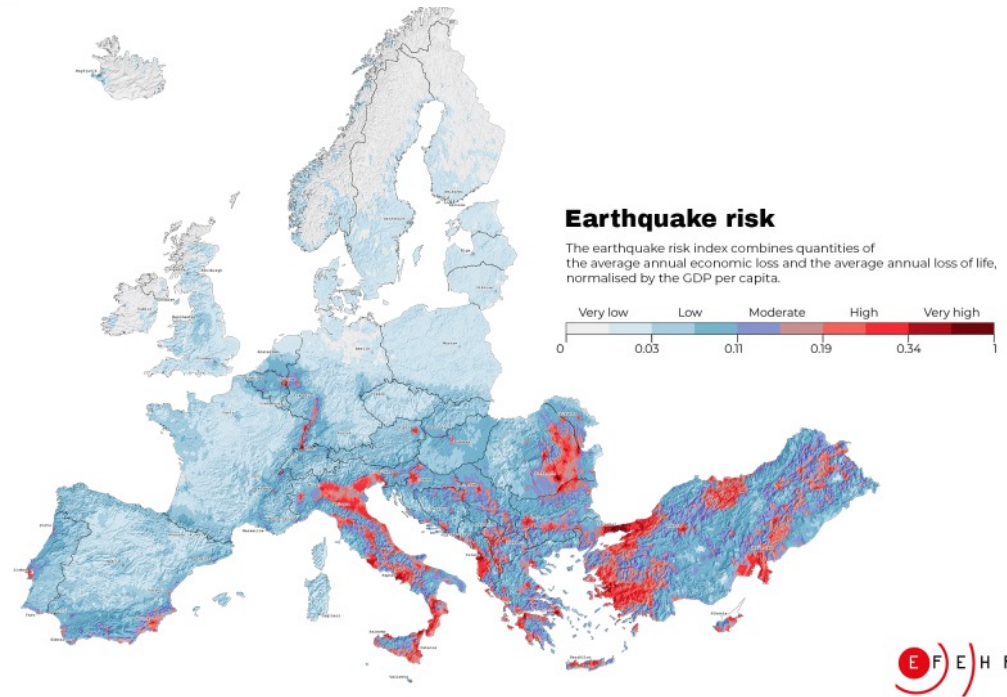
ASNR Autorité de
sûreté nucléaire
et de radioprotection

Géosciences
Montpellier

Earthquake **HAZARD** & **RISK** across Europe



ESHM20 (European Seismic Hazard Model)



ESRM20, European Seismic Risk Model