



# Essais de détermination de critères d'acceptabilités du risque sismique par évaluation probabiliste

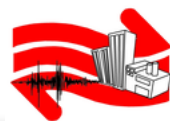
–

## Application à l'agglomération grenobloise.

–

### RISK-ALPE

F. DUNAND – P. GUEGUEN



**GEOTER Alpes**



**LGIT**  
Grenoble

# Contexte

La région grenobloise est localisée dans un contexte de sismicité modérée avec de forts enjeux économiques et sociétaux

Depuis 25 ans les études menées sur Grenoble portent sur différentes composantes du risque sismique :

- Observation de la sismicité avec des réseaux de surveillance

- Zonage sismique de la France

- Analyse des effets de site de la vallée grenobloise

- Caractérisation de la vulnérabilité des constructions

- Etude de la vulnérabilité sociale

- ...

# Objectif

Mener une évaluation du risque en tenant compte de ses différentes composantes sur la région grenobloise

Comparer le risque sismique à d'autres risques

- > Appréciation de l'ampleur du risque
- > Proposition de critères d'acceptabilité

# Plan

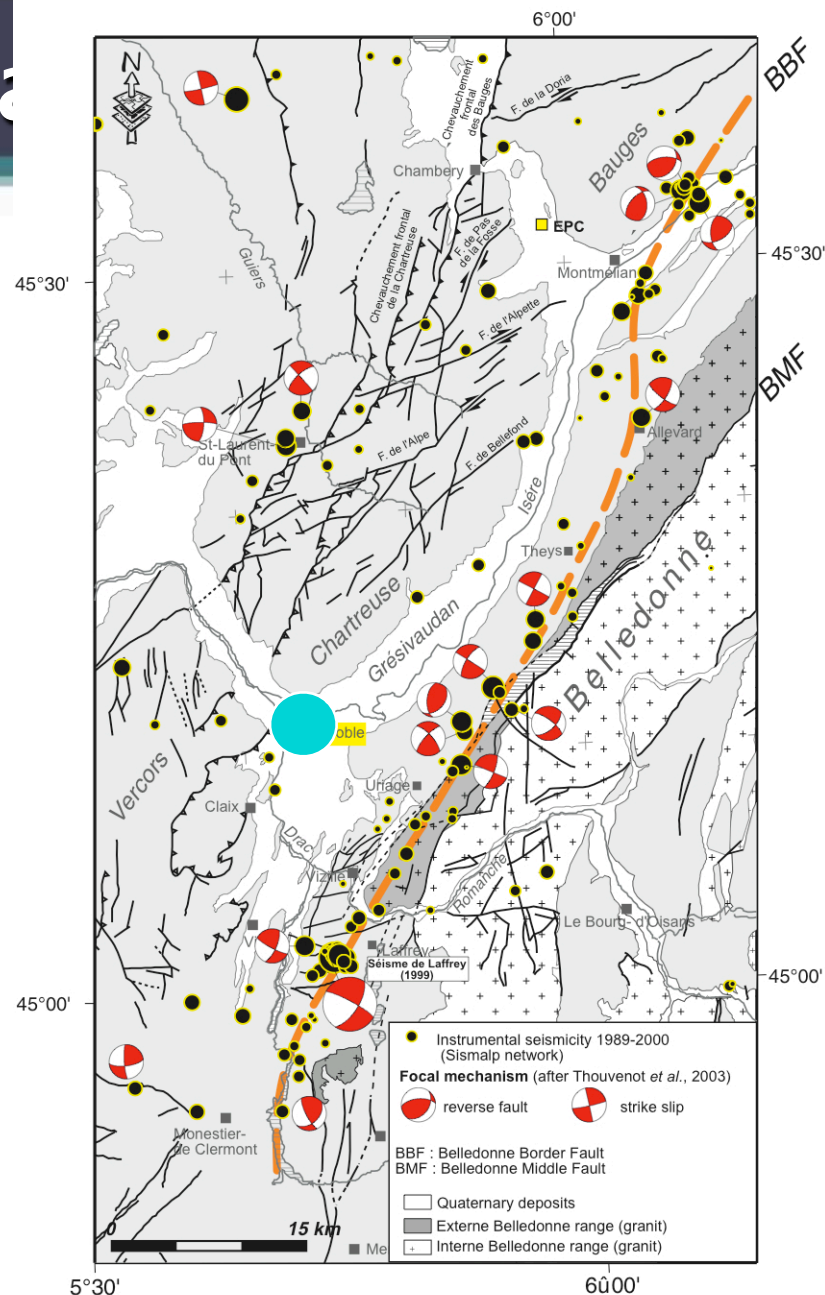
- 1 – Evaluation probabiliste de l'aléa sismique
- 2 – Evaluation de la vulnérabilité sismique
- 3 – Evaluation des enjeux
- 4 – Evaluation du risque
- 5 – Résultats pour Grenoble
- 6 – Conclusions

# 1 - Evaluation probabiliste de l'aléa Sismique

# Aléa sismique régionale

Sismicité modérée mais présente :

- Faille active de Belledonne  
Corrençon en 1962 (MI 5.3)  
Faverges 1980 (MI 4.7)  
Grand Bornand 1994 (MI 5.1)
- Sismicité historique  
15 événements recensés et générant des dommages sur Grenoble (intensité  $\geq$  V)

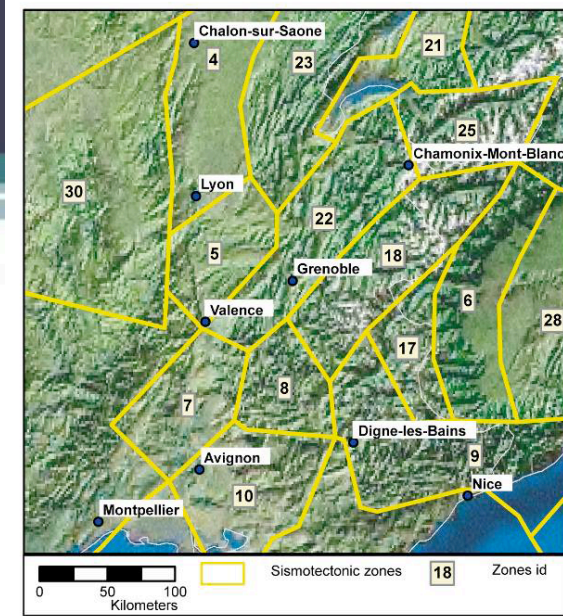


Sismicité détectée par le réseau Sismalp

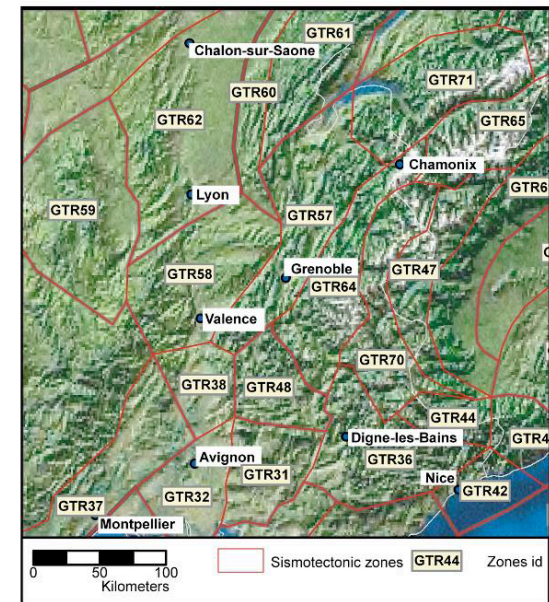
# Aléa sismique régional

## Aléa Probabiliste en intensité

- Données historiques
- Zonages sismotectoniques
- Modèle de sismicité
- Modèle d'atténuation de l'intensité



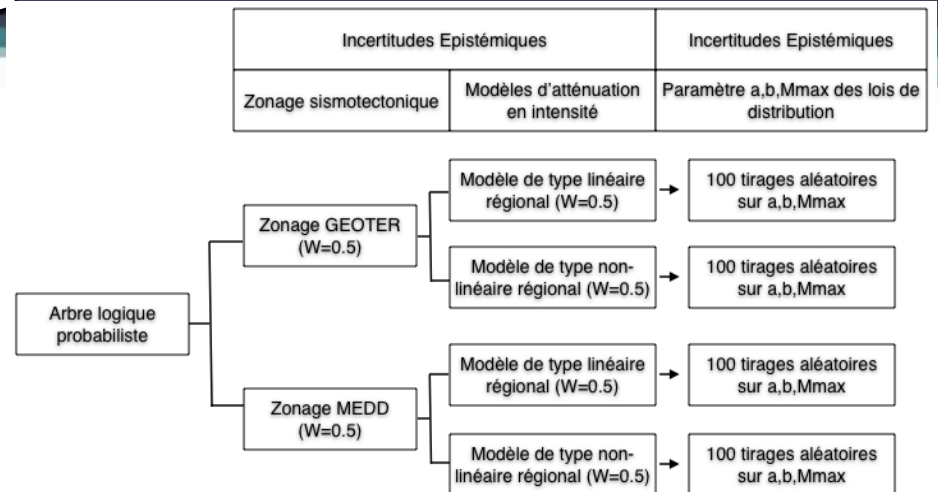
MEDD 2002 (Martin et al., 2002)



GEOTER (Martin et al., 2008)

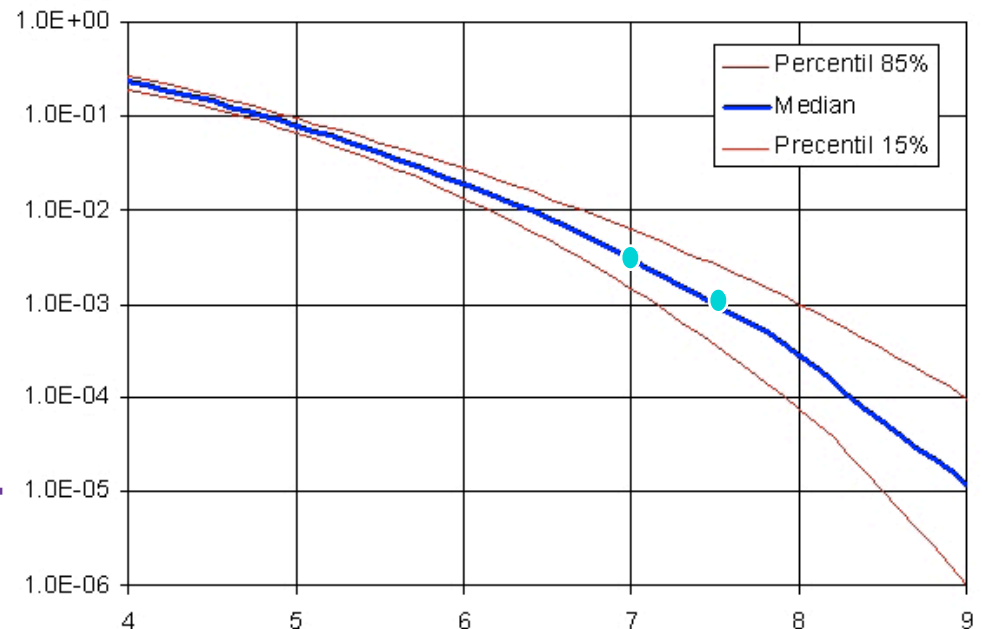
# Aléa sismique régional

## Arbre logique de calcul



## Courbe d'Aléa en intensité

Probabilité annuelle de dépassement



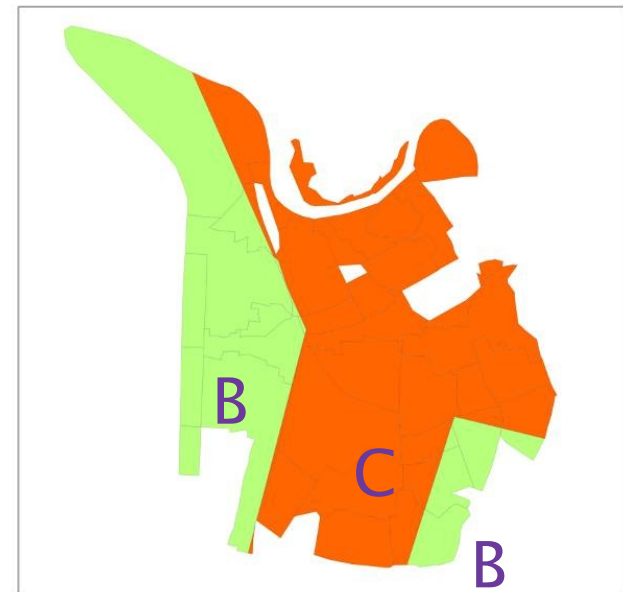
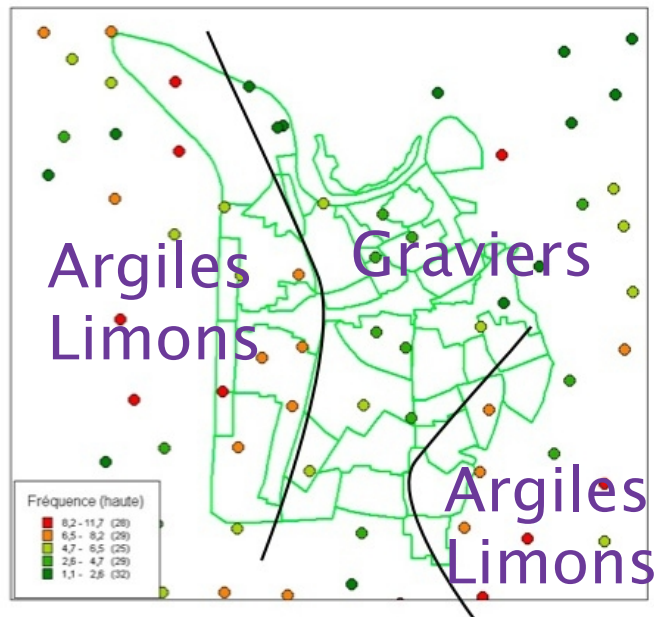
Intensité EMS 98

- > Intensité 7 pour une période de retour de 475 ans
- > Intensité 7.5 pour une période de retour de 975 ans



# Aléa sismique local

- Prise en compte **grossière** de l'aléa local par :
- > classification des sites selon l'EC8 d'après un zonage H/V et géologie
  - > Incrément d'intensité suivant la classe de site



Cartographie des fréquences H/V  
(Guéguen et al. 2007)

Selon Medvedev (1962)  
SITE B : incrément intensité 0.7  
SITE C : incrément intensité 1.5

## 2 - Evaluation de la vulnérabilité sismique

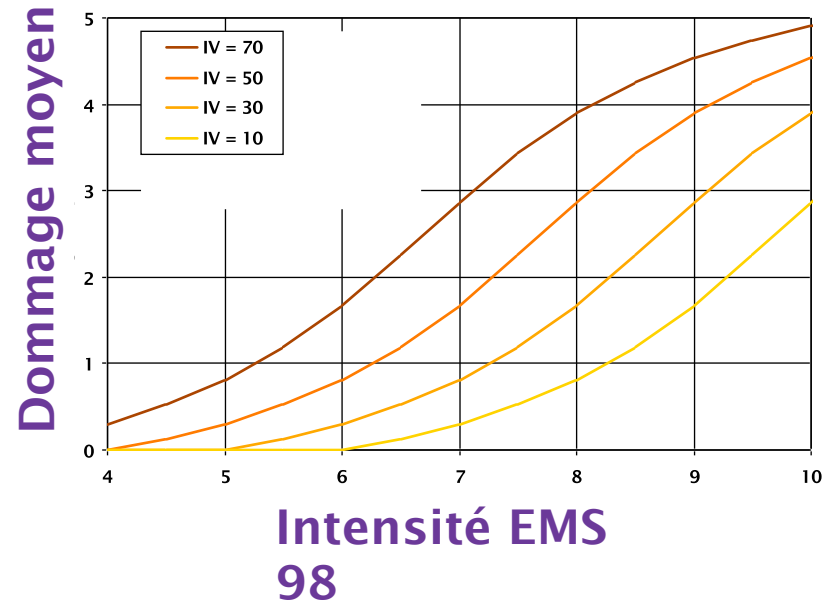
# VULNERABILITE : différentes méthodes

- Méthodes indicielles et statistiques (EMS, RiskUE, VULNERALP)
  - > Indices de vulnérabilité
  - > Dommages calés sur retour d'expérience
  - >> **Quartier - ville - département**
- Méthodes indicielles mécaniques (AFPS et évolutions, SIA 2018)
  - > Indices de vulnérabilité
  - > Dommages calés sur modèles mécaniques et mesures
  - >> **Parc construit**
- Méthodes mécaniques détaillées
  - > Calcul détaillé par bâtiment
  - > Mesures dynamiques
  - >> **Bâtiment**

# Vulnérabilité

Méthode utilisée : VULNERALP 1.0 (Guéguen et al. 2007)

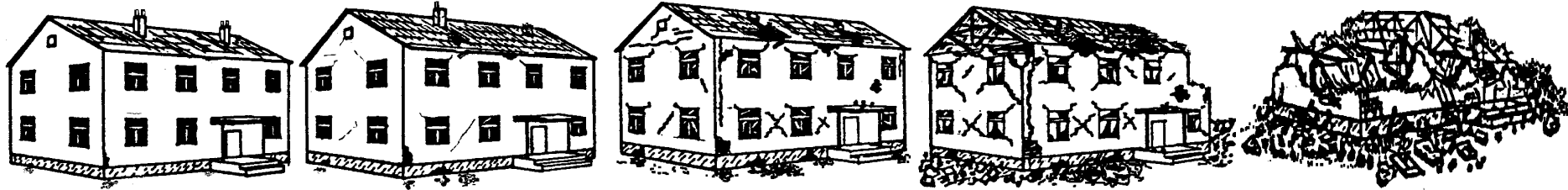
- Méthode à grande échelle
- Large incertitude
- Résultats à valeur statistique



Courbes de vulnérabilité :  
Dommage moyen en fonction de l'indice de vulnérabilité

# Niveaux de dommage

Expression des dommages : EMS 98  
Exemple pour une classe de bâtiments :



Grade 1  
Dommages  
négligeables

Grade 2  
Dommages  
modérés

Grade 3  
Dommages  
importants

Grade 4  
Dommages  
Très importants

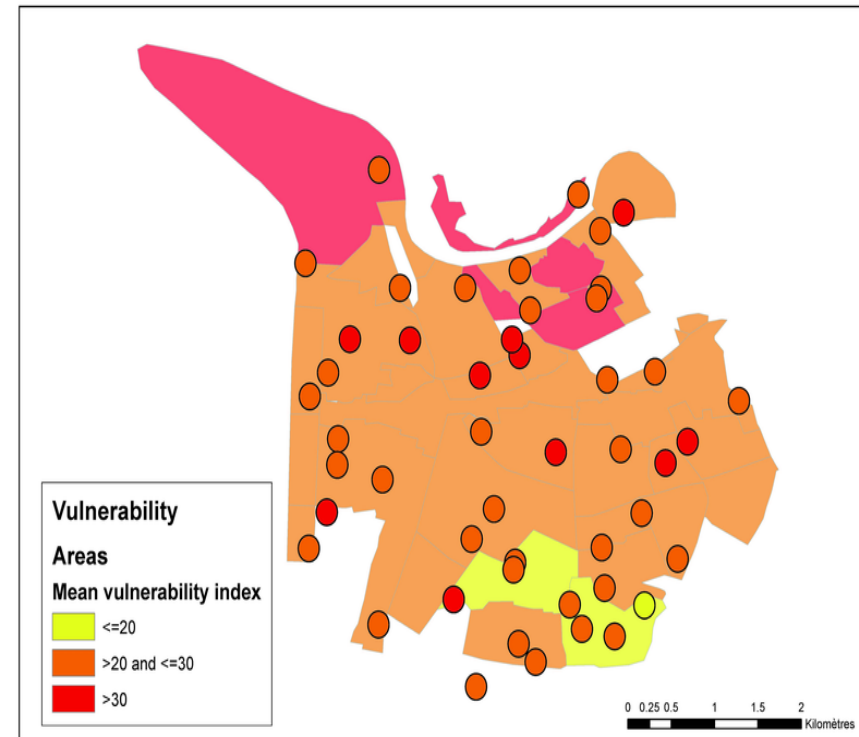
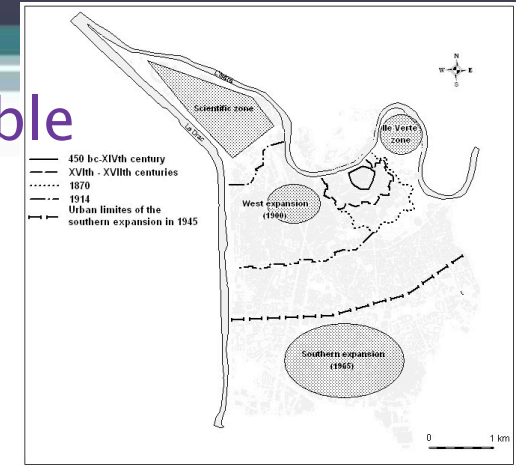
Grade 5  
Destruction  
complète



# Vulnérabilité

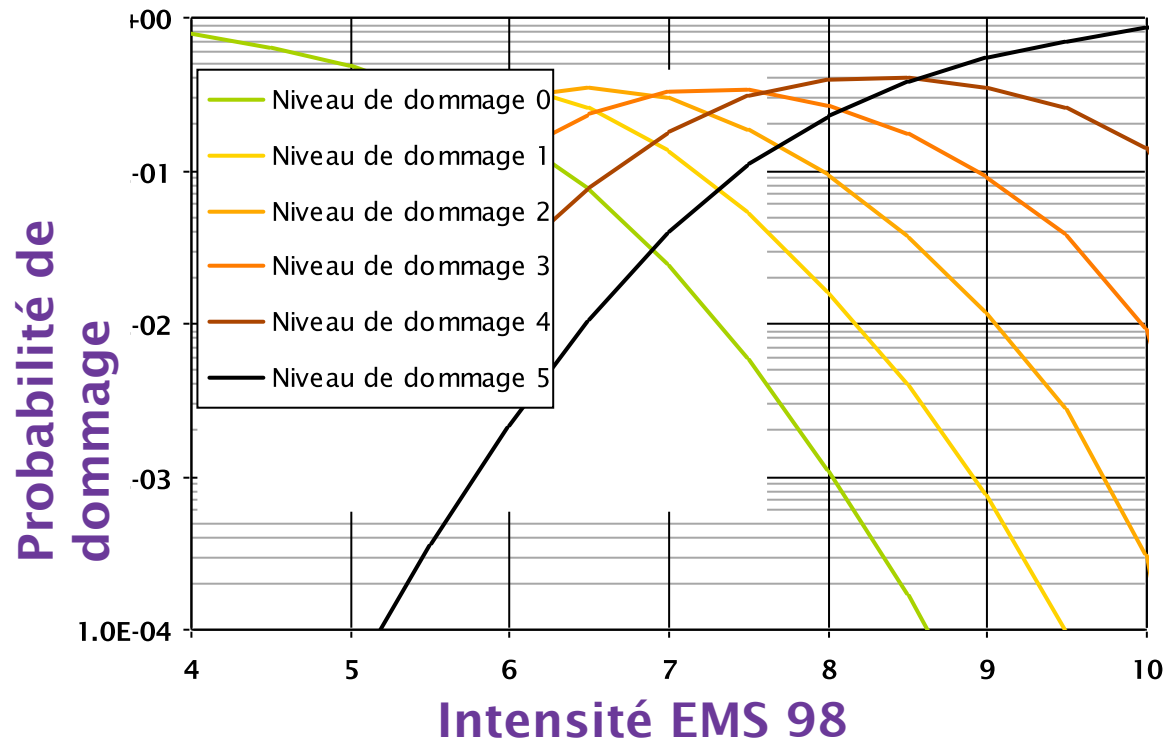
Analyse de la vulnérabilité de la ville de Grenoble réalisée dans le cadre du projet VULNERALP (Guéguen et al. 2007)

- Analyse par quartier tenant compte de l'urbanisation
- Analyse individuelle des écoles



# Distribution de dommage

Prise en compte de la variabilité du dommage



Distribution de probabilité de niveau de dommage  
> distribution binomiale

# 3 - Enjeux



# Enjeux

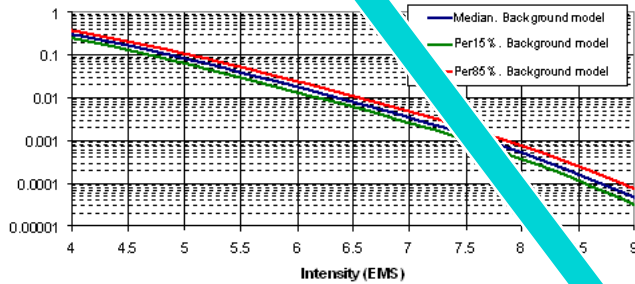
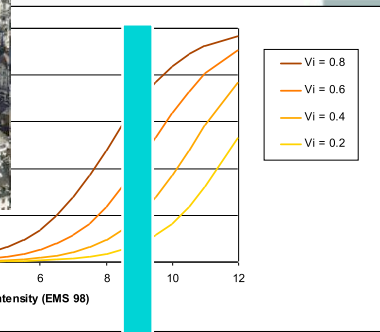
- L'enjeu humain
  - > Taux de mortalité en cas d'effondrement basé sur le retour d'expérience (Coburn Spence, 2002)
- L'enjeu fonctionnalité des bâtiment
  - > Pertes d'opérabilité du bâtiment pour Dommage  $\geq$  D2
  - > Perte du bâtiment pour Dommage D5
  - D'autres critères peuvent être considérés .....
- L'enjeu économique
  - > Perte économique
  - Basé sur des courbes de coûts des différents dommages



# 4 - Evaluation du risque

# Evaluation du risque

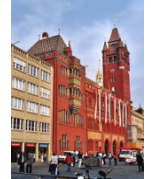
## 1. Aléa



## 2. Vulnérabilité



## 3. Enjeux



## RISQUE



Risque humain

Risque fonctionnel économique

>>> Hiérarchisation du risque  
>>> Actions

# 3 - Résultats pour Grenoble

# Résultats

## Probabilité annuelle



Perte d'opérabilité des bâtiments



$10^{-4}$  à  $10^{-3}$

Effondrement des bâtiments



$10^{-6}$  à  $10^{-4}$

$10^{-7}$  à  $10^{-6}$  dans les quartiers périphériques

$10^{-6}$  à  $10^{-5}$  dans le centre ancien

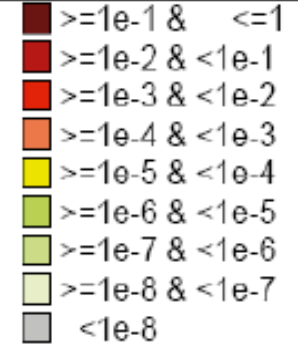
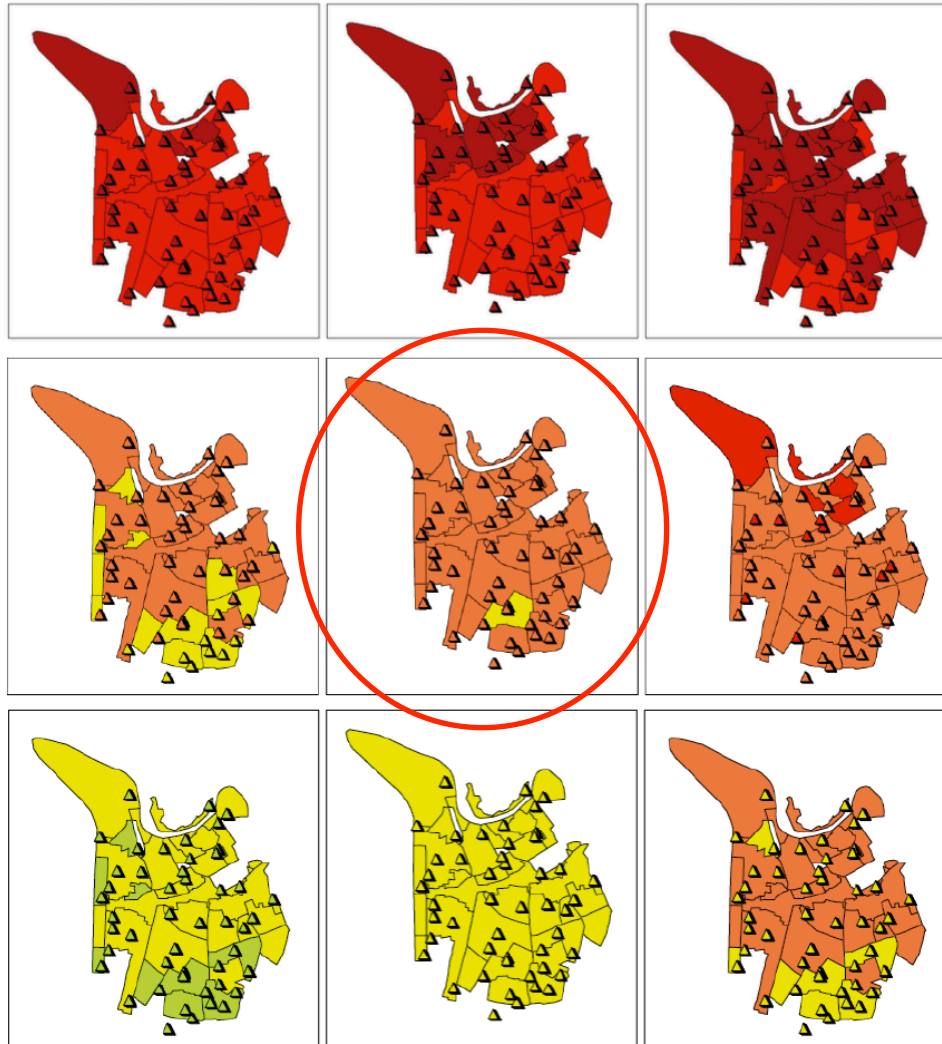


Mortalité individuelle

# Variabilité

## Variabilité sur l'aléa

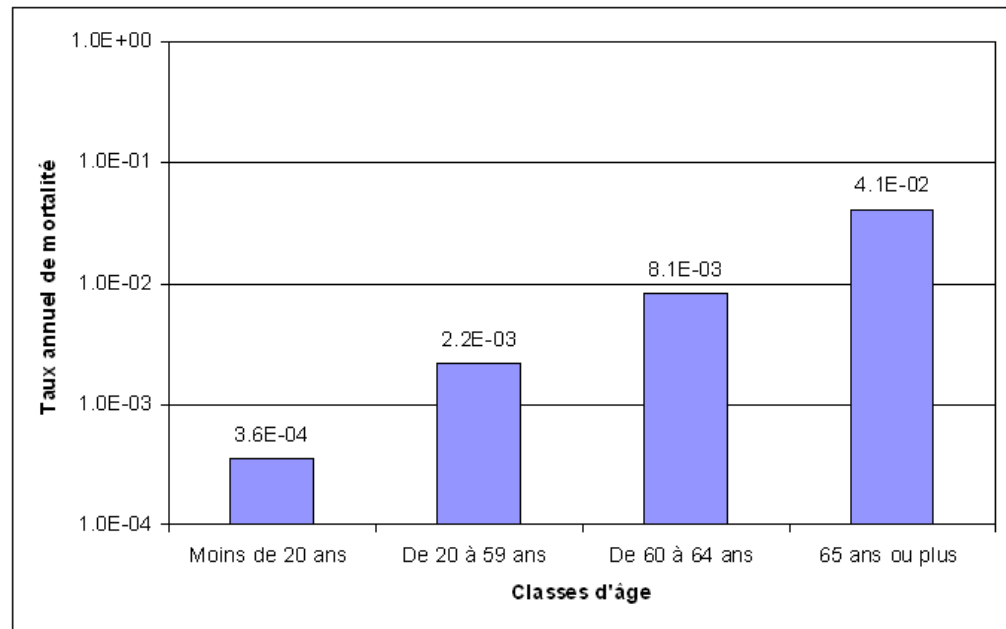
Variabilité sur la  
vulnérabilité



>> Grande variabilité

# Comparaison

Mortalité annuelle toutes causes confondues  
en 2008 :  $4 \times 10^{-4}$  à  $4 \times 10^{-2}$



Mortalité annuelle sur la route en 2008 :  $7 \times 10^{-5}$

Rappel:  $10^{-7}$  à  $10^{-6}$  dans les quartiers périphériques  
 $10^{-6}$  à  $10^{-5}$  dans le centre ancien

# Comparaison

Mortalité par causes de catastrophes naturelles entre 1900 et 2010

Source : base de donnée EM-DAT

Rappel:  $10^{-7}$  à  $10^{-6}$  dans les quartiers périphériques  
 $10^{-6}$  à  $10^{-5}$  dans le centre ancien

Type d'événement	Nombre d'événements	Nombre de victimes	Taux de mortalité annuel moyen sur les 110 ans d'observation pour une population moyenne de 50 millions d'habitants
Température extrême	12	20941	$3.8E-06$
Accident de transport	49	3499	$6.4E-07$
Accidents divers	22	1502	$2.7E-07$
Accident industriel	14	1221	$2.2E-07$
Tempête	49	418	$7.6E-08$
Inondation	38	225	$4.1E-08$
Mouvement de terrain humide	6	114	$2.1E-08$
Incendie de forêt	12	112	$2.0E-08$
Mouvements de terrain sec	3	64	$1.2E-08$
Séisme + Tsunami	2	57	$1.0E-08$
Epidémie	2	21	$3.8E-09$



# Comparaison / critères d'acceptabilité

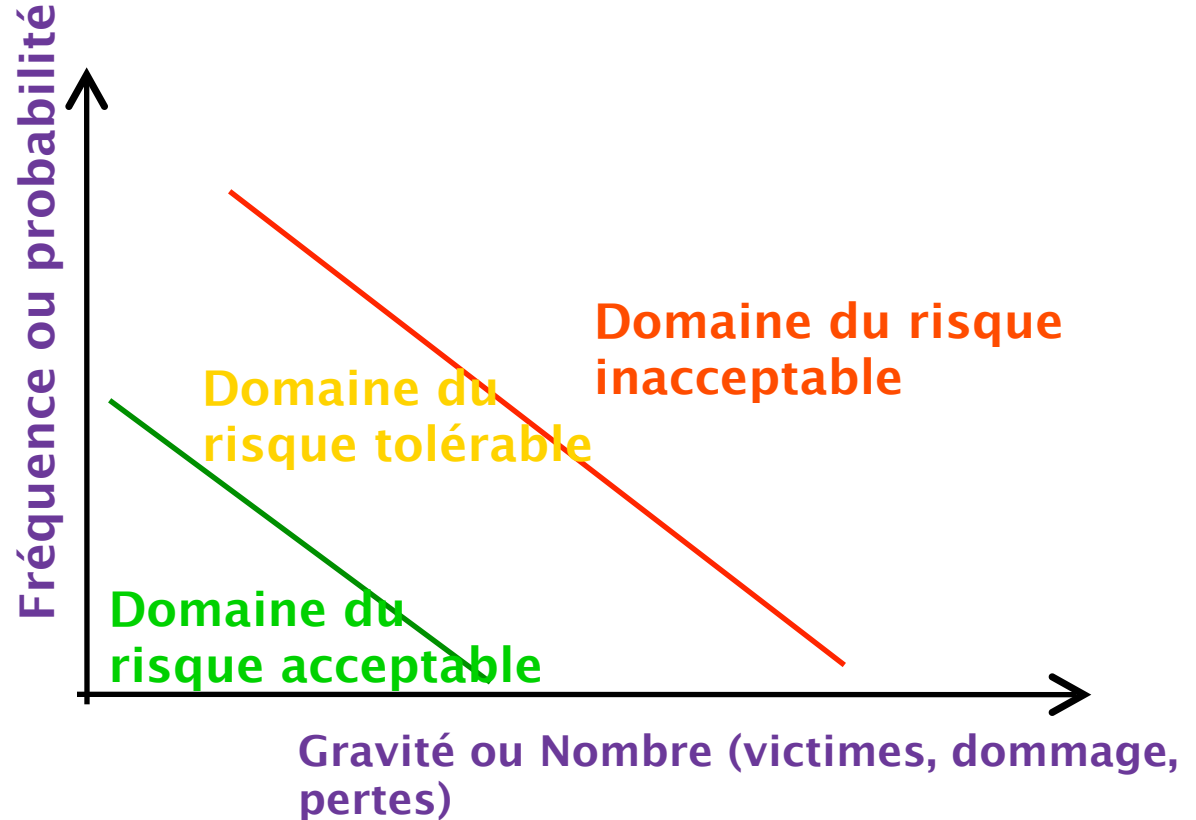
	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>
liés aux ouvrages	rupture 0.1	incendies 4				
catastrophes naturelles	tornade 0.4 foudre 0.5	séismes 2				
accidents divers			noyades 30 chutes 90	route 150 à 300	hélicoptère 5000	
accidents du travail			industries chimiques 85	industries de construction 1 30-150 mines 750	pétrole offshore 1650	
pratiques à risque					tabagisme 1000 à 3600	
sports			spéléologie 45 chasse 70	ski de randonnée 150 plongée 420	varappe en rocher 1500 à 2000 parachute 1900	
toutes causes confondues				à l'âge de 30 ans 600-1000		ensemble de la population 12000

Breysse  
2009

Notion de  
> Risque volontaire  
> Risque involontaire

# Critères d'acceptabilité

Graphiques F/N : Domaines d'acceptabilité du risque



> Problème de la définition des limites d'acceptabilité

# Conclusions

- L'évaluation de l'aléa et de la vulnérabilité ne suffit pas à définir le risque, convient de prendre en compte l'ensemble de la chaîne du risque pour apprécier l'impact sur les populations
- Les incertitudes sont grandes dans l'estimation, ce qui montre que la connaissance des différentes composantes nécessite d'être améliorée
- Le risque sismique grenoblois est modéré en terme de probabilité annuelle et au regard des autres risques

# Conclusions

- Mise en évidence de la nécessité de définir des niveaux d'acceptabilité
- La notion de risque économique permettrait de compléter cette étude
- Les politiques de gestion du patrimoine devrait prendre en compte cette notion de risque