

Risque Sismique dans les vallées alpines

Grenoble, 21 juin 2007

Vulnérabilité du bâti collectif

Restitution des projets VULNERALP et Sismo-DT

Philippe Guéguen
LCPC/LGIT

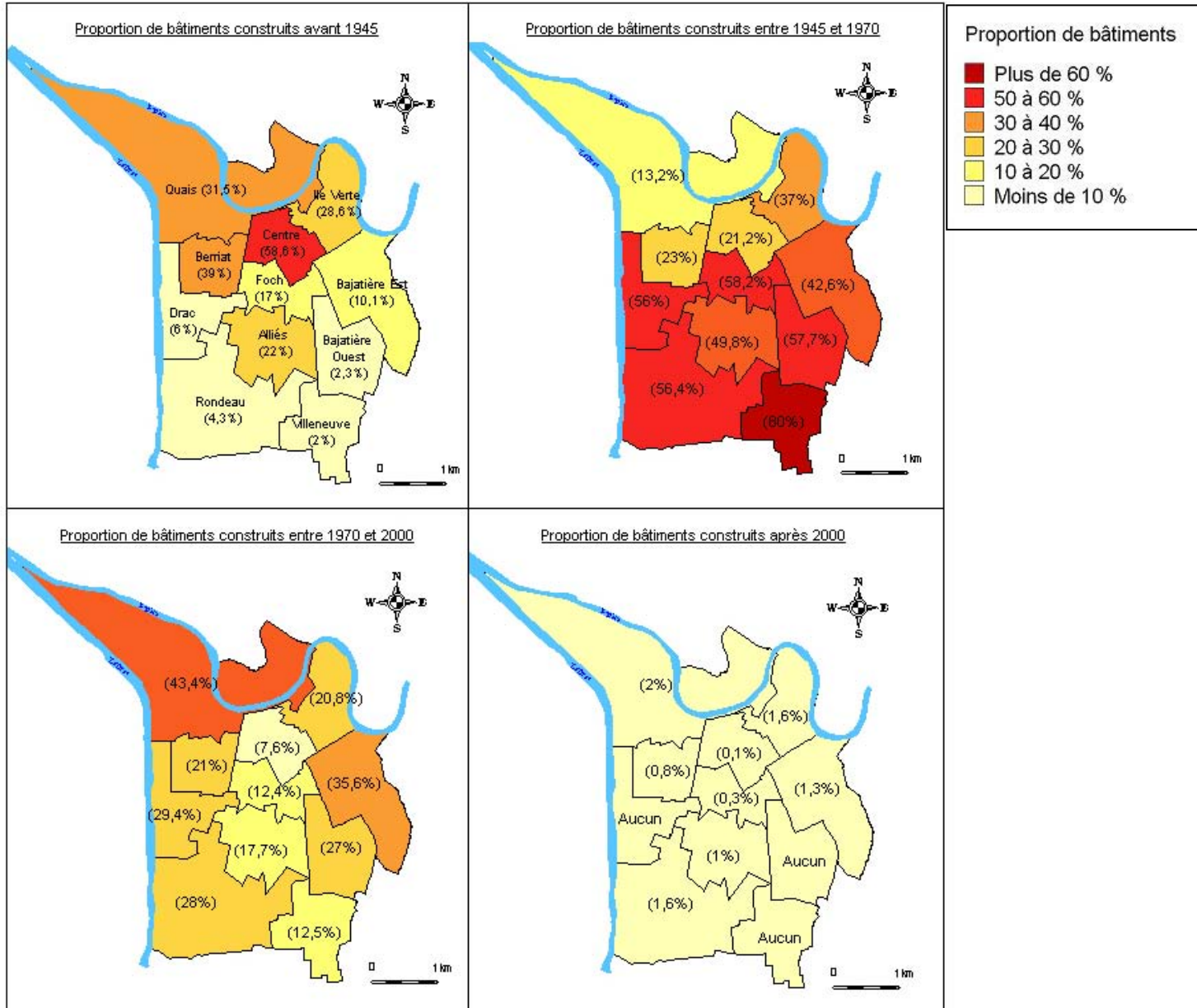
VULNERALP: Evaluation de la **VULN**érabilité Sismique à l'échelle d'une ville de Rhône-**ALP**es – Application à Grenoble

*Projet thématique prioritaire Région Rhône-Alpes
Partenaires: IGA, LIG, ENTPE, VERITAS*

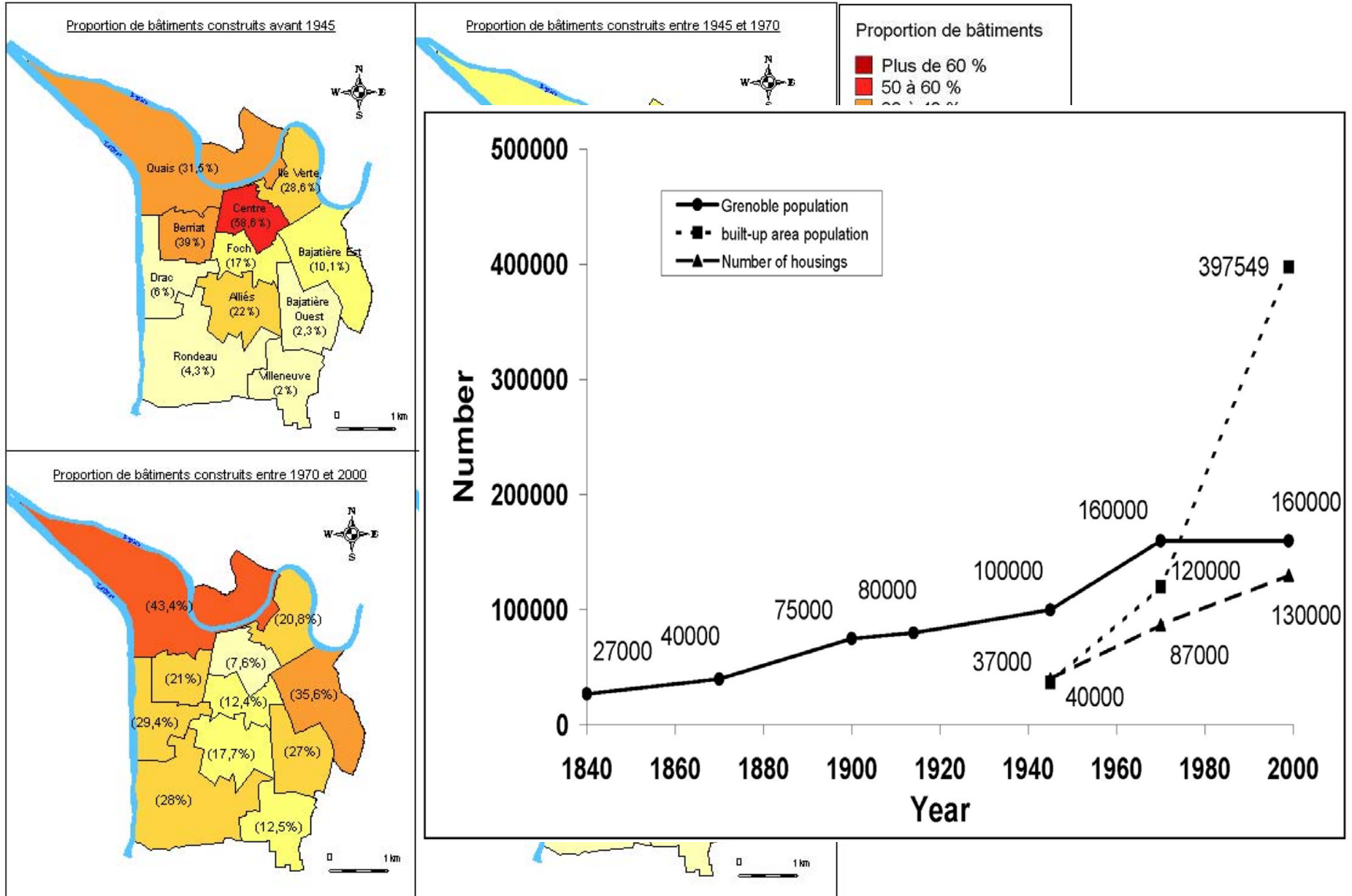
Sismo-DT: Représentation des enjeux d'un séisme: vulnérabilités Publiques de l'agglomération grenobloise

*Projet Risque Décision Territoire du MEDD
Partenaires: BRGM, IGA, L3SR, Taliercio Consultant, VERITAS,
Ville de Grenoble*

Grenoble: Une urbanisation importante entre 1945 et 1970



Grenoble: Une urbanisation importante entre 1945 et 1970








Bilan de la vulnérabilité physique et sociale de Grenoble

1. Quelle connaissance la population de Grenoble a du risque sismique ?
2. Quelle est la qualité « sismique » du bâti existant de Grenoble ?
3. Quel est l'état des écoles de la ville ?

1. Vulnérabilité physique empirique: on se sert des expériences passées pour qualifier le bâti existant au séisme

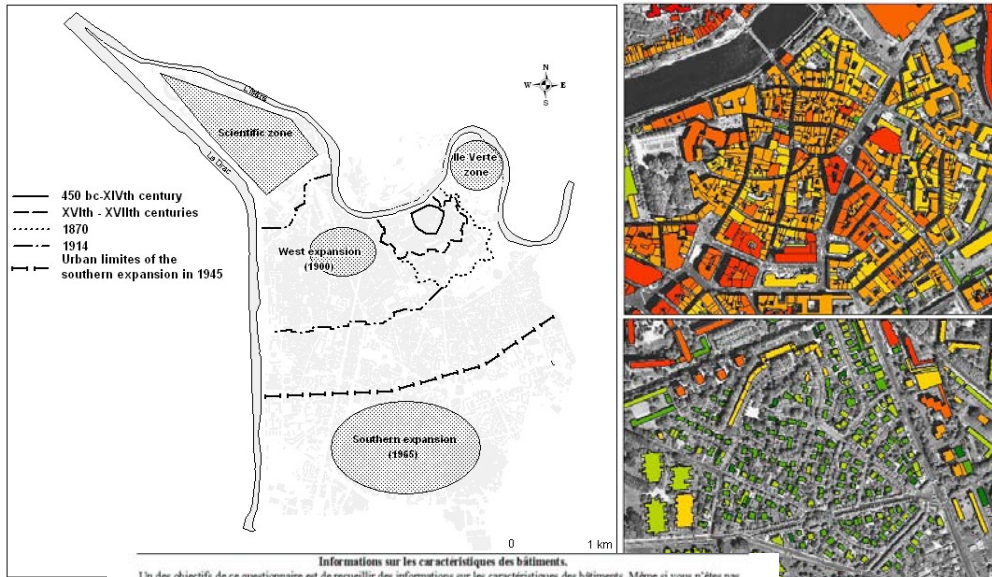
Typologie des Structures		Classe de Vulnérabilité					
		A	B	C	D	E	F
MAÇONNERIE	Moellon brut - pierre tout-venant	○					
	Brique crue (adobe)	○—					
	Pierre brute	┌—○					
	Pierre Massive		┌—○—	—			
	Maçonnerie non armée avec des éléments préfabriqués	┌—○—	—				
	Maçonnerie non armée avec des planchers 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

Classification des dégâts aux bâtiments en maçonnerie	
	Degré 1 : Dégâts négligeables à légers
	Degré 2 : Dégâts modérés
	Niveau 3: Dégâts sensible à importants
	Degré 4: Dégâts très importants
	Degré 5: Destruction

Suivant la nature du bâti et le séisme de scénario, on prédit une probabilité d'endommagement

1. Vulnérabilité physique empirique: il est nécessaire de définir le profil « sismique » de la ville



Toutes les sources d'information sont utilisées pour faire l'inventaire sismique de la ville

Informations sur les caractéristiques des bâtiments.

Un des objectifs de ce questionnaire est de recueillir des informations sur les caractéristiques des bâtiments. Même si vous n'êtes pas spécialiste, vous pouvez nous y aider par des observations simples et en répondant aux questions suivantes.

16. Votre habitation est située sur :

- Un terrain en pente Un terrain plat

17. Votre habitation a été construite :

- Avant 1945 Entre 1945 et 1969 Entre 1970 et 2000 Après 2000 Je ne sais pas

18. Quelle est le nombre d'étages de votre habitation :

- Entre 0 et 3 étages (y compris 3) De 4 à 5 étages (y compris 5) Plus de 6 étages (y compris 6)


19. La toiture de votre habitation est du type :

- Toiture terrasse.  Toiture pentée. 

20. Votre construction a été réalisée principalement en :

- Maçonnerie (briques, parpaings de ciment, pierres, ...) Béton armé Bois
 Terre Construction métallique Je ne sais pas

21. Comment se situe votre habitation dans le bâti de maison :

- Bâtiment isolé  Bâtiment en travée 







- Bâtiment en extrémité  Bâtiment en coin 

22. Il y a-t-il du rocher visible à proximité immédiate de votre habitation :



- Rocher visible Pas de rocher visible

23. A quelle forme en plan se rapproche le plus votre habitation :


- Bâtiment régulier  Bâtiment non régulier 

-      

-      

-      

-      

- Bâtiment régulier  Bâtiment non régulier 

-  



-  

-  

-  

-  

-  

-  

-  

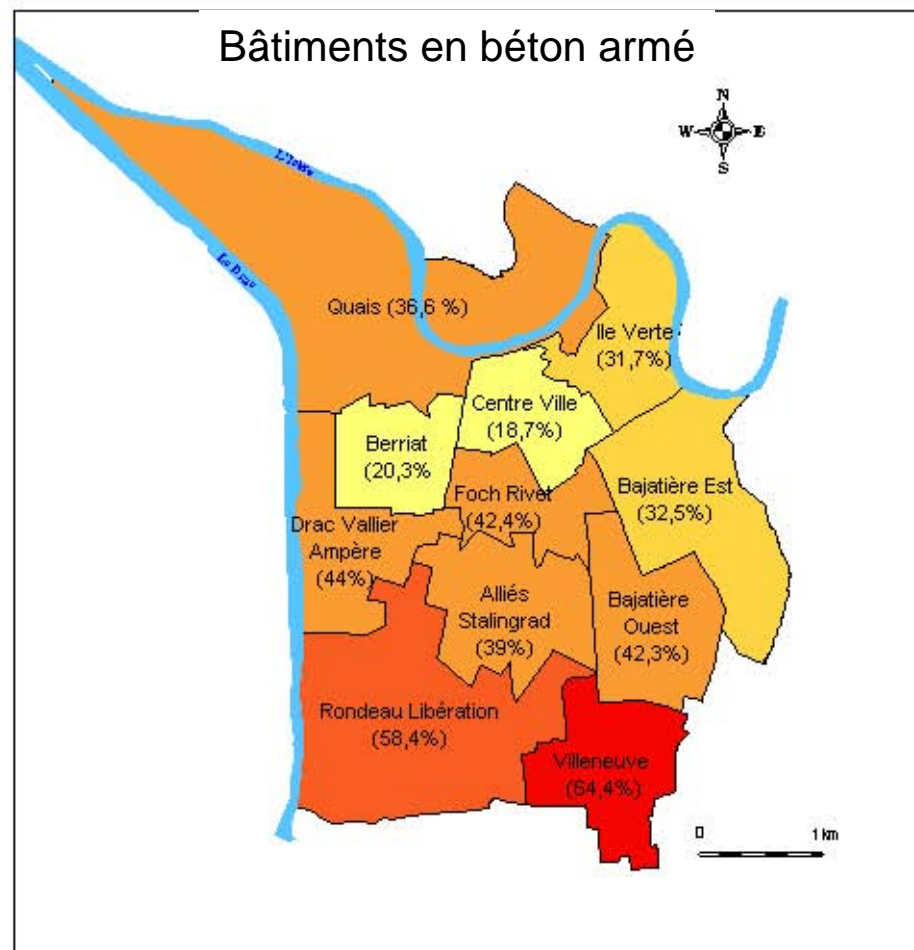
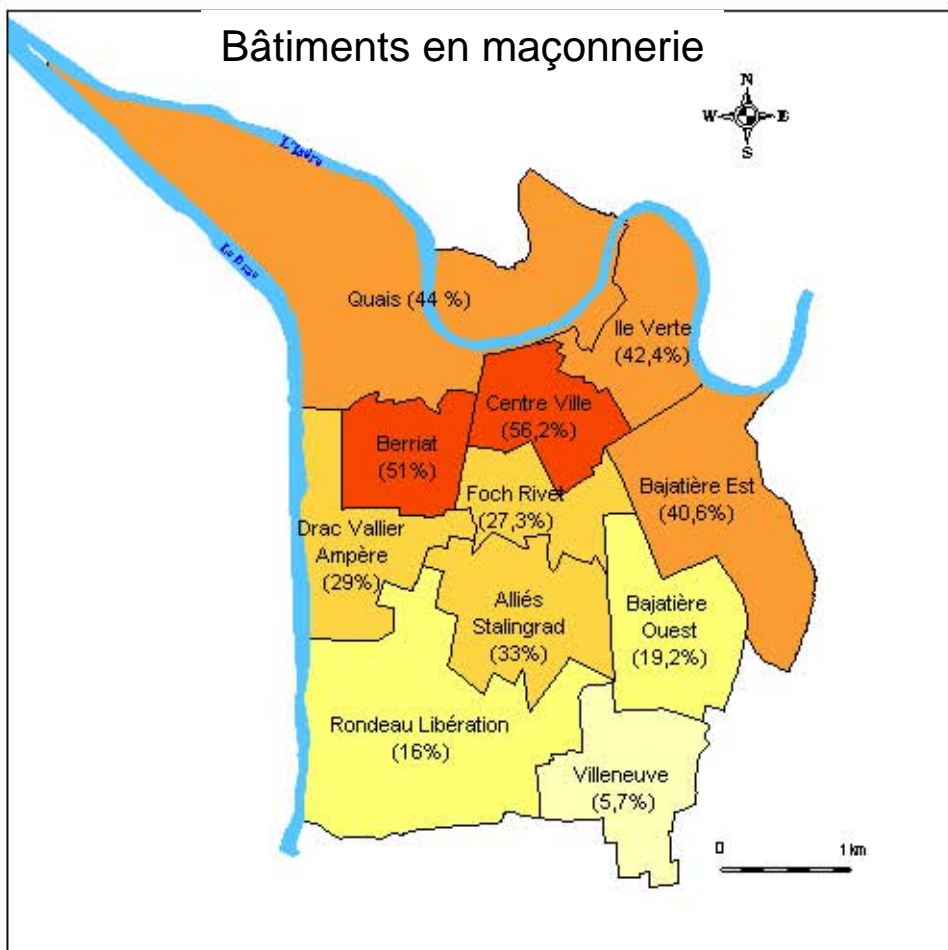
-  

Vous pouvez obtenir un complément d'informations et décider de remplir ce questionnaire directement par internet à l'adresse suivante : <http://www.lgdt.obs.ujgrenoble.fr/users/pague/GR2NOBLE>

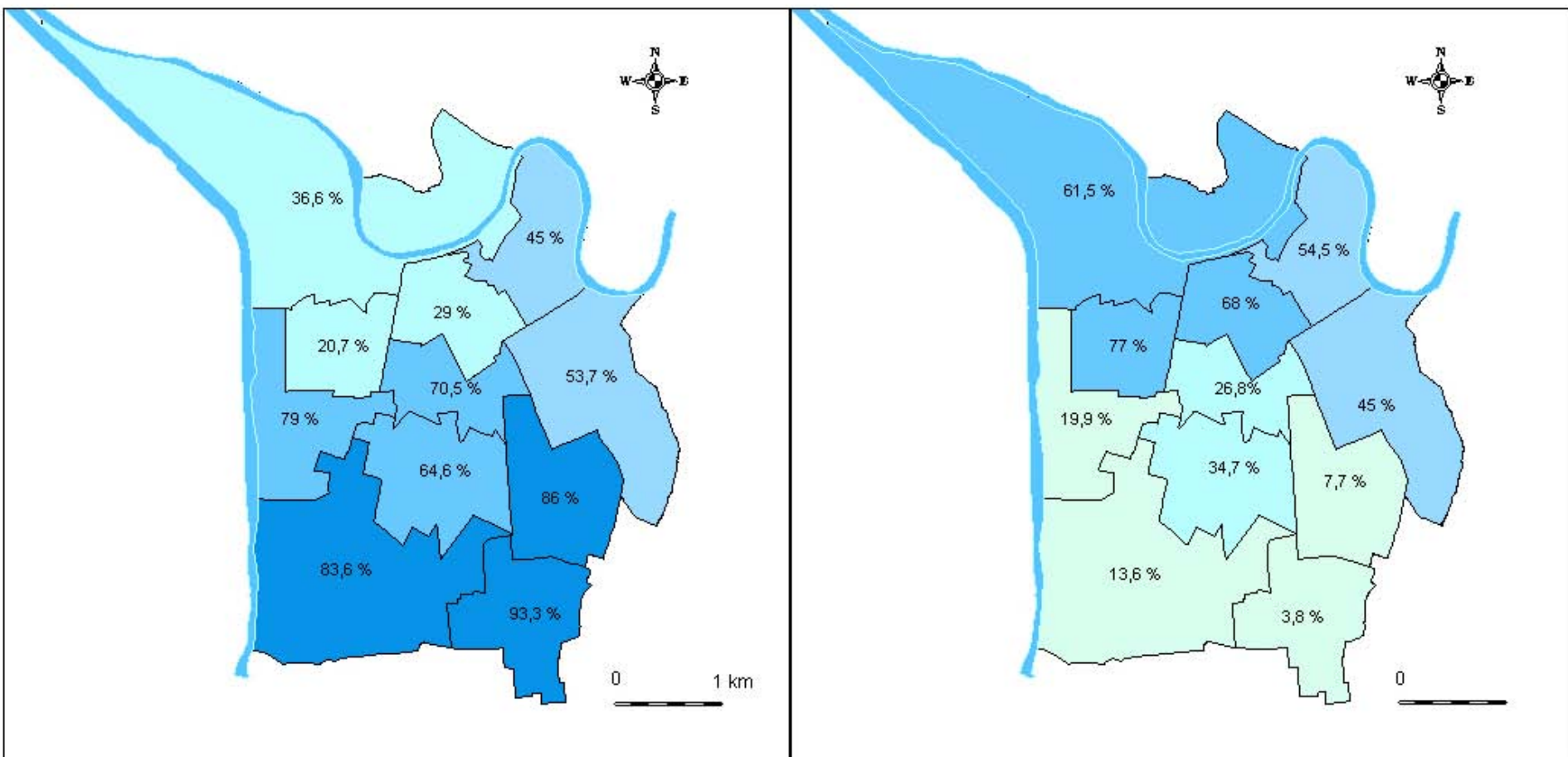
NOUS VOUS REMERCIONS D'AVOIR PRIS LE TEMPS DE REMPLIR CE QUESTIONNAIRE ET DE NOUS LE RETOURNER AVANT LE 25 FEVRIER 2004

La méthode VULNERALP a été développée et validée sur la ville de Nice

1. Vulnérabilité physique empirique: une répartition Nord-Sud des constructions



1. Vulnérabilité physique empirique: les constructions en maçonnerie ont un toit incliné



Répartition des bâtiments à toiture en terrasse

Proportion de bâtiments

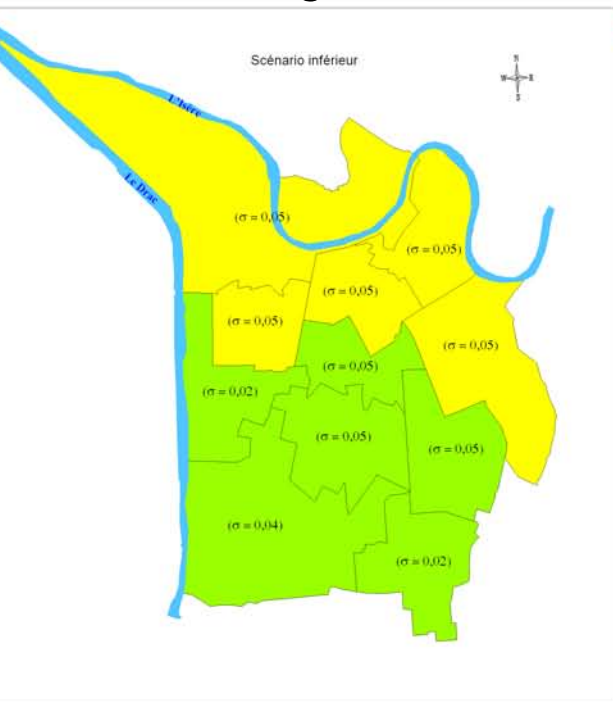
- Plus de 80 %
- 60 à 80 %
- 40 à 60 %
- 20 à 40 %
- Moins de 20 %

Répartition des bâtiments à toiture en pente

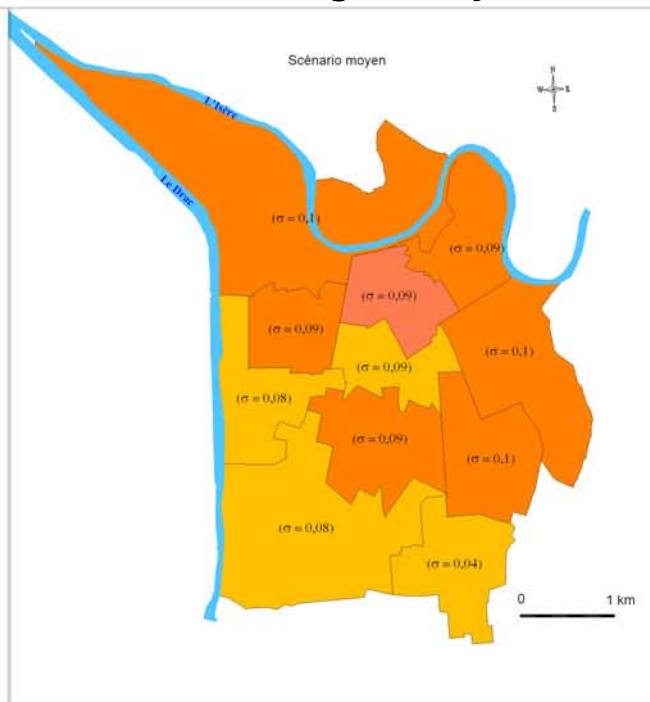
1. Vulnérabilité physique empirique: un centre ville en maçonnerie plus vulnérable

Pour un scénario d' **Intensité IX**

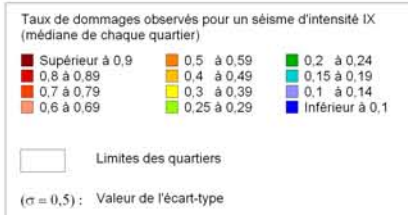
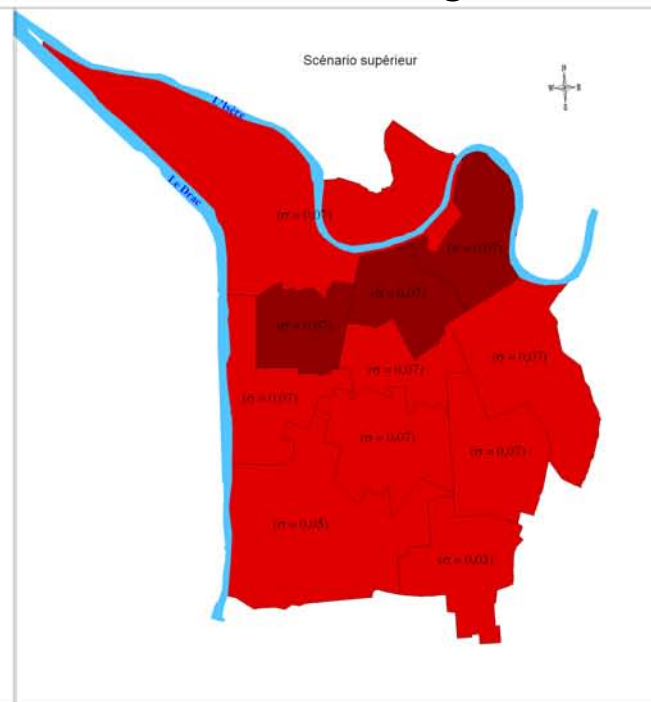
Dommmage min



Dommmage moyen

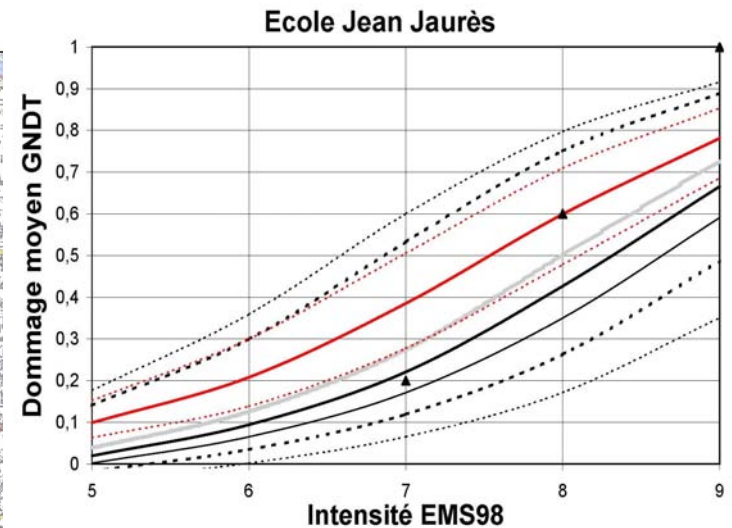
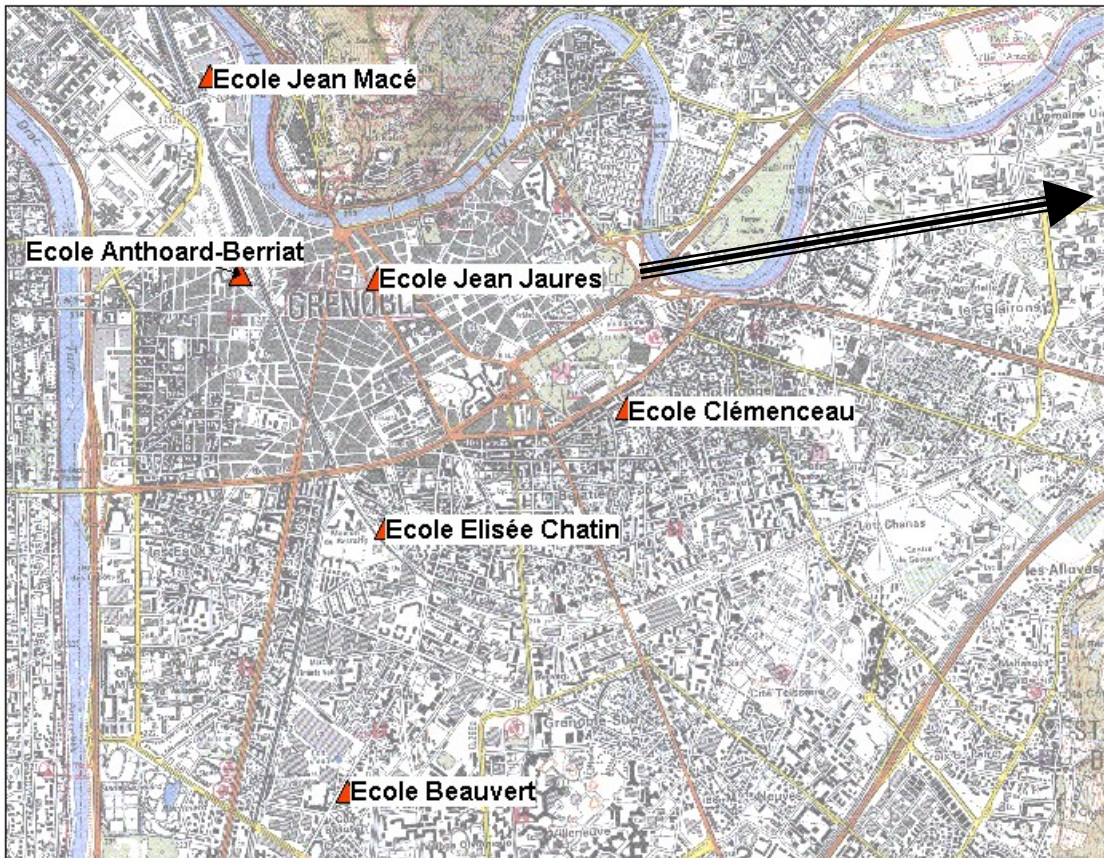


Dommmage max

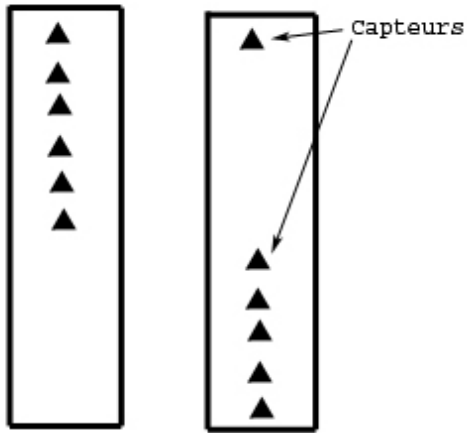


2. Vulnérabilité physique: une phase pilote sur 6 écoles permet de valider une procédure d'évaluation « gigogne » pour aider à la prise de décision (sensibiliser, informer, hiérarchiser)

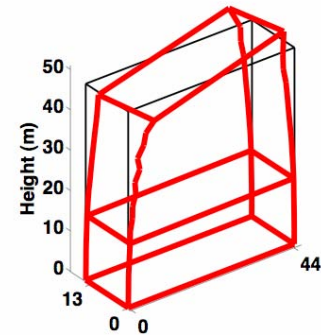
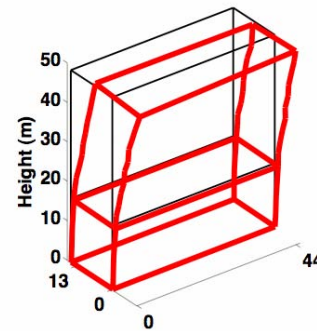
Des comparaisons entre différentes méthodes sont réalisées pour valider la méthode « gigogne »: plusieurs niveaux de précisions (empiriques)



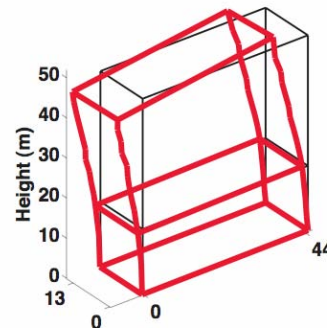
3. Vulnérabilité physique expérimentale: des expériences menées dans une structure permettent de définir un modèle physique qui reproduit son comportement sous séisme



Utilisation des vibrations ambiantes VA pour définir un modèle de comportement

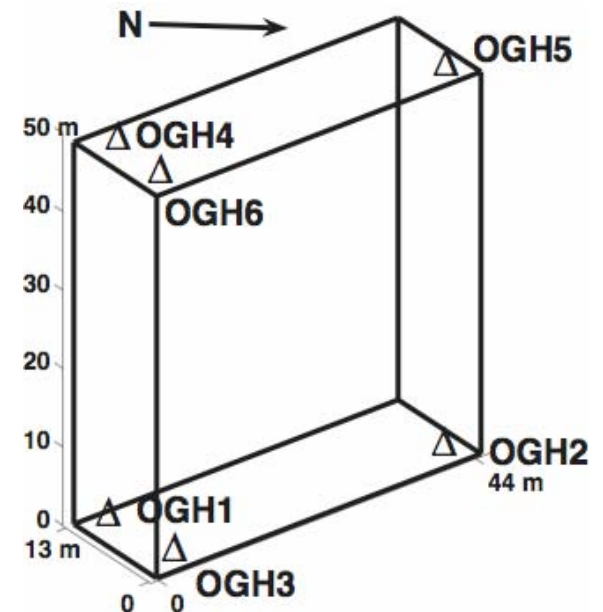


b)



3. Vulnérabilité physique expérimentale: il est nécessaire de valider les modèles VA avec des données réelles de séismes – Hôtel de ville de Grenoble

Structure pilote du Réseau Accélérométrique Permanent (RAP)



3. Vulnérabilité physique expérimentale: il est nécessaire de valider les modèles VA avec des données réelles de séismes – Hôtel de ville de Grenoble

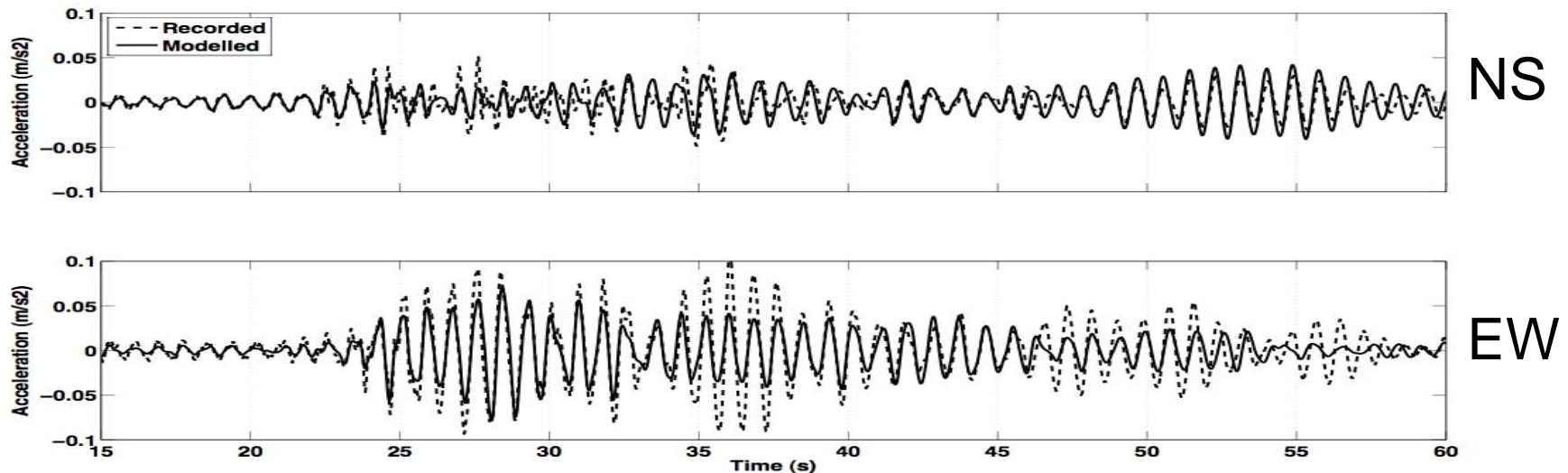
Modèle brochette 1D – 2 modes de flexion dans les deux directions

Intégrale de Duhamel :

$$\{U(t)\} = [\Phi]\{y(t)\} + U_s(t)$$

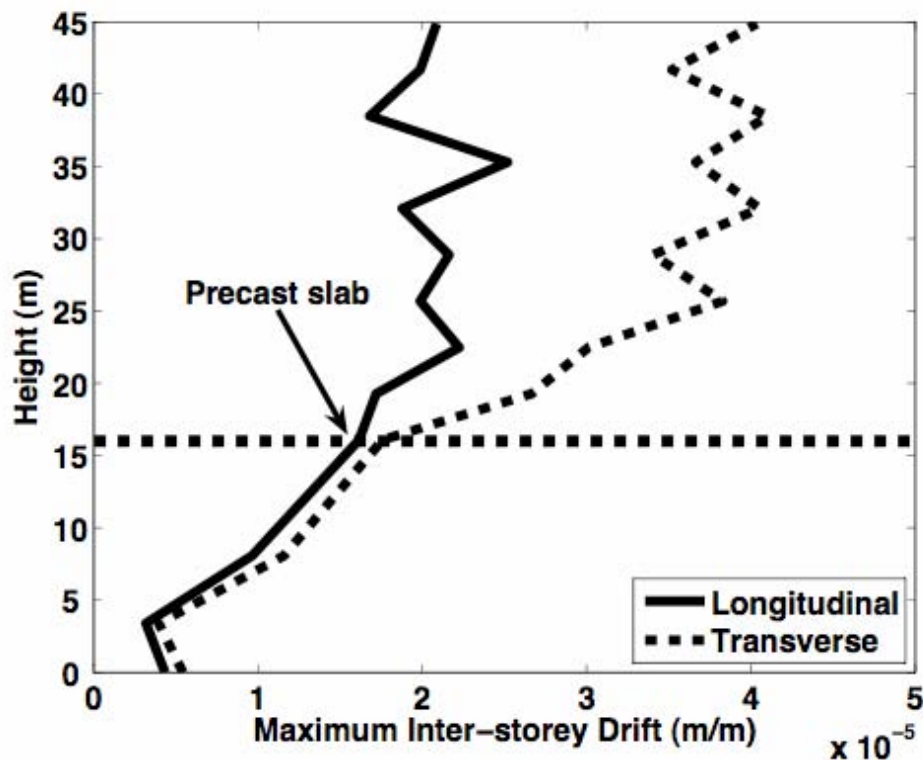
$$\forall j \in [1, N] \quad y_j(t) = \frac{-p_j}{\omega'} \int_0^t U_s''(\tau) e^{-\xi_j \omega_j (t-\tau)} \sin(\omega' (t-\tau)) d\tau \quad \text{avec} \quad p_j = \frac{\sum_{i=1}^N \Phi_{ij}}{\sum_{i=1}^N \Phi_{ij}^2}$$

Validation : Comparaison enregistrement/modèle pour le séisme de Vallorcines (ML=4.9 $\Delta=127$ km) au sommet de l'Hôtel de Ville

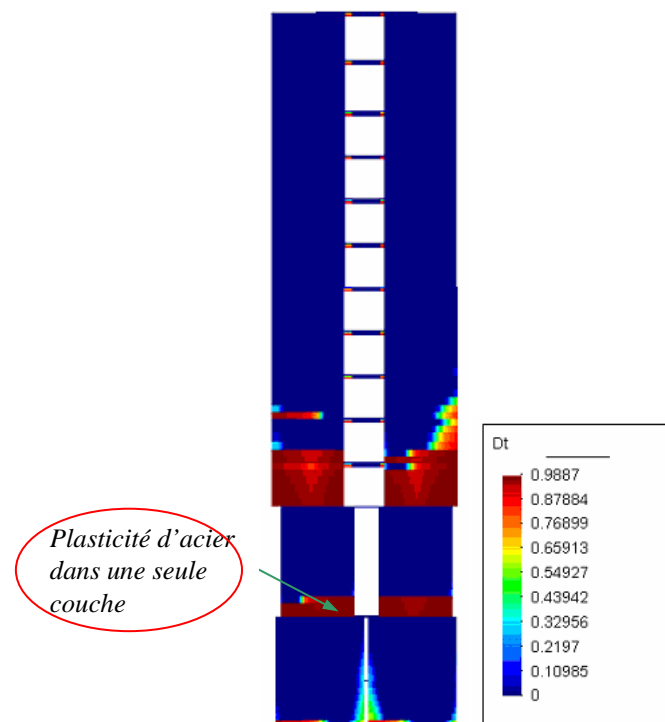


3. Vulnérabilité physique expérimentale: le séisme de Chamonix (2005) provoque des déformations importantes et révèle l'anomalie verticale.

Déformation pour le séisme de Vallorcines (ML=4.9 Δ =127km)



Modèle non-linéaire pour un Séisme MI=5.5 à 15km de Grenoble (Mazars, 2005)

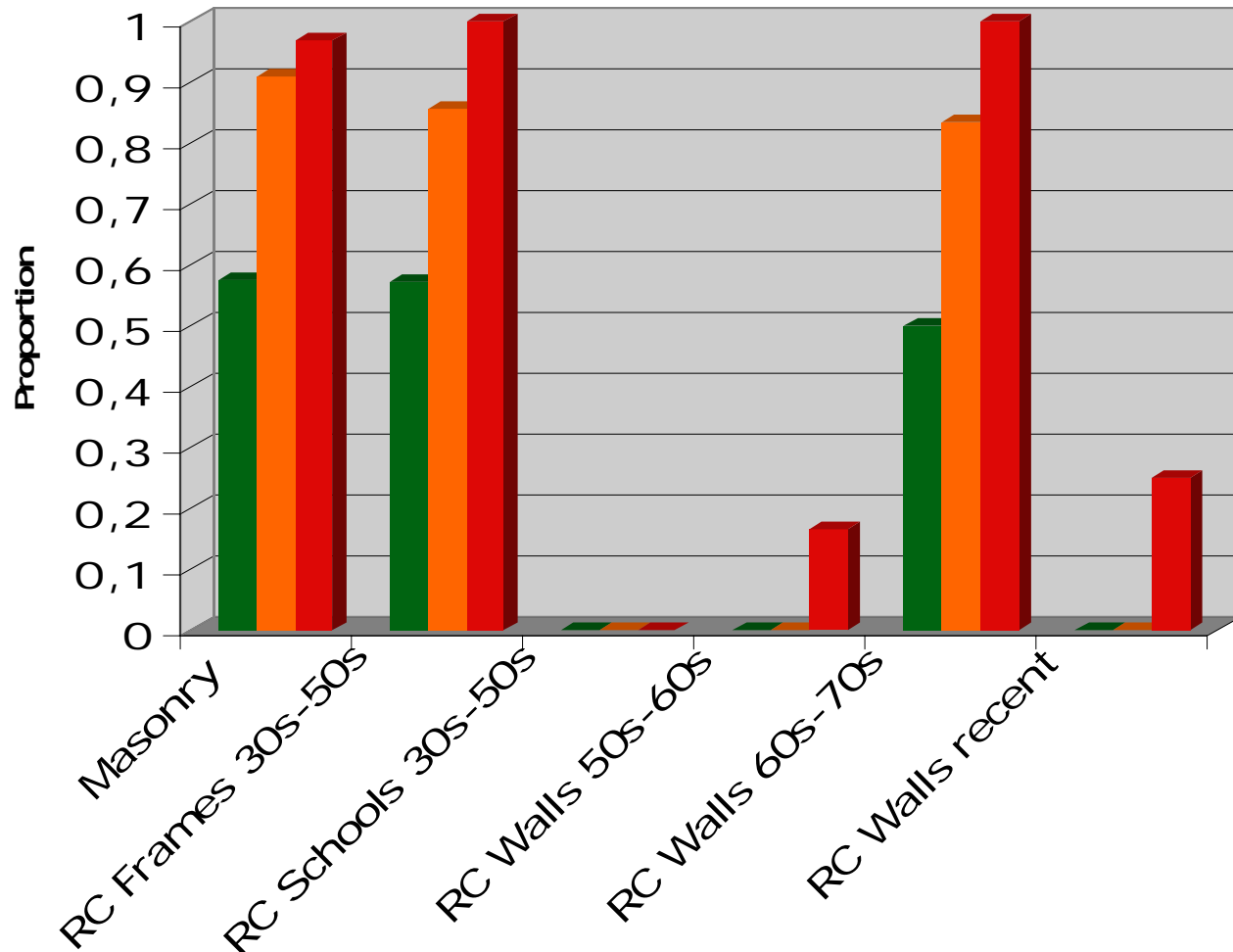


4. Risque sismique expérimental: la généralisation à l'ensemble des typologies grenobloises permet d'avoir une évaluation de l'endommagement pour un séisme de scénario

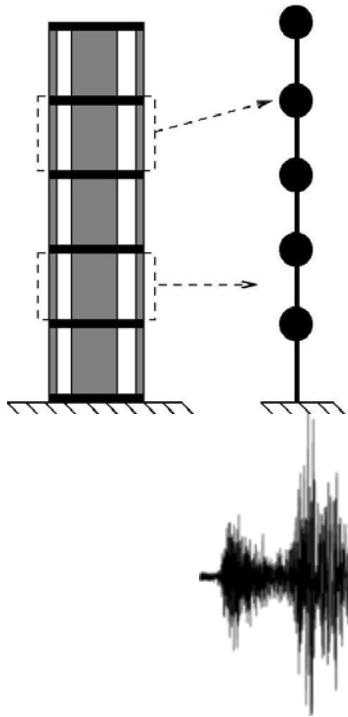
- 61 bâtiments ont été testés (28 RC - 33 maçonnerie)
- Au moins un point/étage
- On considère une déformation maximale correspondant au niveau de dommage **léger** donné par la FEMA
- On suppose que le modèle VA (élastique linéaire) est valide jusqu'à cette limite
- On évalue si le bâtiment a commencé à s'endommager pour un séisme
- Magnitude 5.5 $\Delta=15$ km de Grenoble
- Simulation par FGE (Causse et al., 2007) incluant les effets de source, de propagation et les effets de site
- La variabilité du mouvement du sol est pris en compte
(mouvement median et median \pm écart-type)

4. Risque sismique expérimentale: la maçonnerie est très vulnérable et les effets de site autour de 2-3Hz provoquent des dommages pour les bâtiments béton des années 60-70.

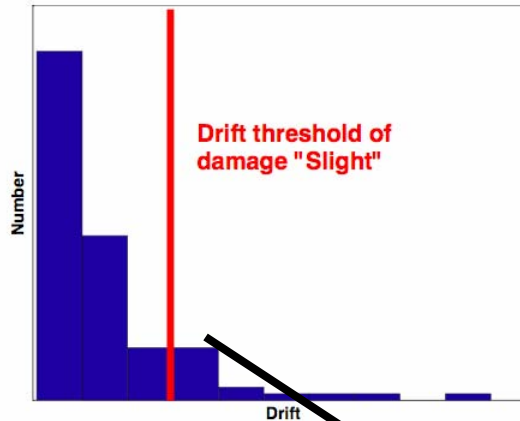
Proportion of buildings with damage grade at least 1 for Eq ML=5.5 median and median +/-sigma



4. Risque sismique expérimental: pour une structure donnée (ou une typologie) et une série de séismes de scénario ($4.5 < ML < 5.5$), il est possible de calculer la probabilité de dépassement du seuil **dommage léger** → vers des courbes de fragilité expérimentales

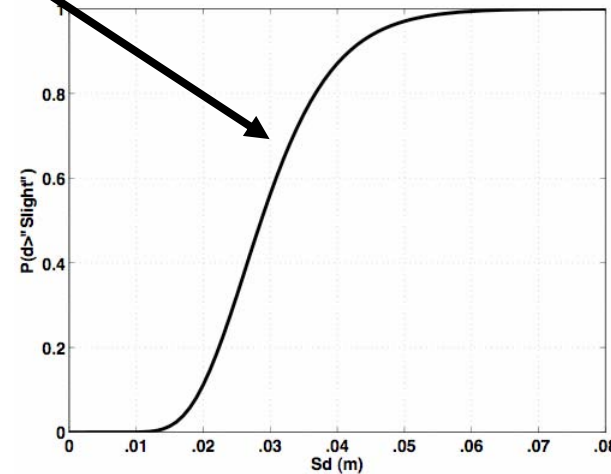


Nombreux séismes pour une classe de Sd



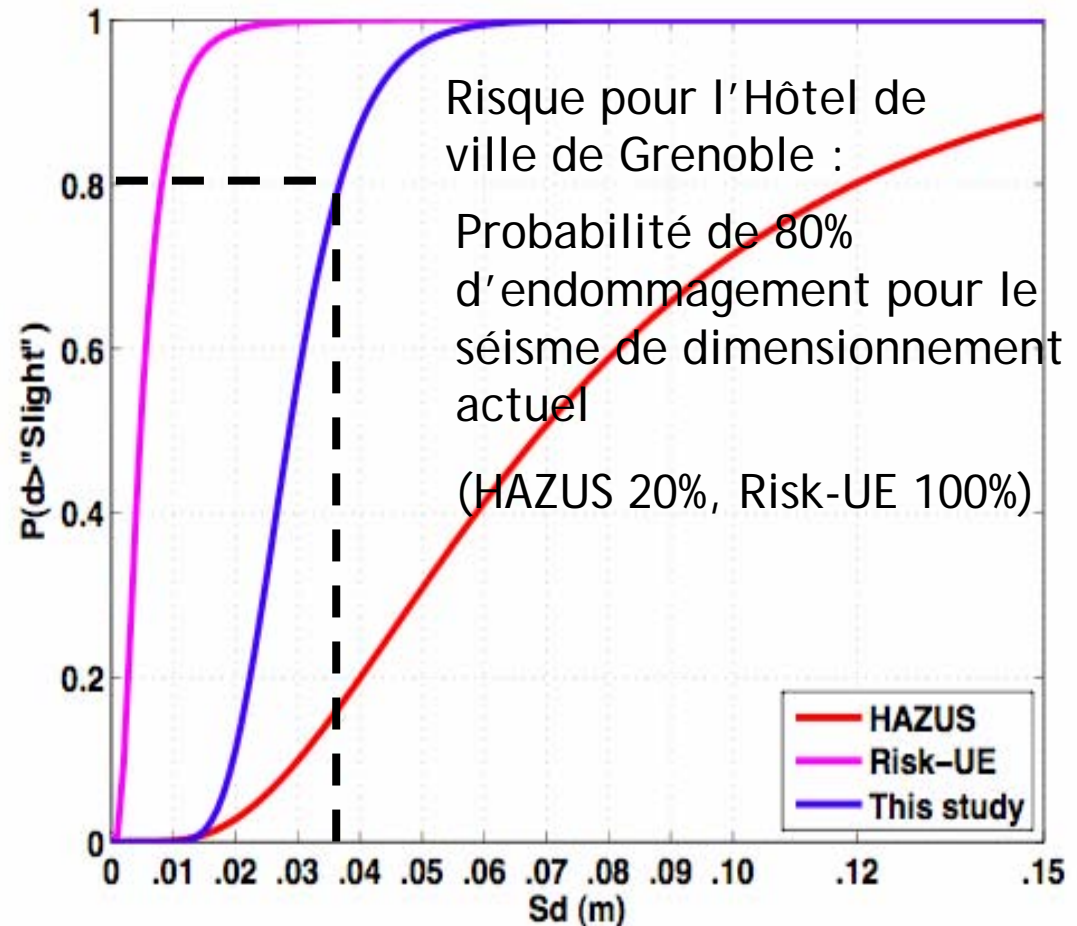
Probabilité de dépasser la limite:

1 point de la courbe de fragilité



4. Risque sismique expérimental: on peut calculer la probabilité d'endommagement niveau léger pour une typologie donnée ou une structure particulière

Prenons le séisme de dimensionnement actuel, $a_g=1.6\text{m/s}^2$ avec le spectre EC8. Cela correspond à $S_d=3.5\text{cm}$ pour l'hôtel de ville ($f_0=1.2\text{Hz}$)



CONCLUSIONS

Grenoble a une vulnérabilité physique importante en centre ville

Des méthodes empiriques et expérimentales permettent de prédire le comportement de structures particulières et d'avoir une meilleure représentation du début du dommage.

Il serait intéressant d'instrumenter des îlots en maçonnerie pour connaître leur comportement sous séisme.

Un inventaire sismique a été mené qui pourrait être étendu à l'ensemble des bâtiments publics ou/et à l'ensemble du département, enrichi de mesures de vibrations ambiantes → suivi de l'intégrité des structures.

Vers un scénario sismique complet.....

Toute cette présentation est extraite de la thèse de
Clotaire MICHEL (LGIT)

Soutenance Octobre 2007