

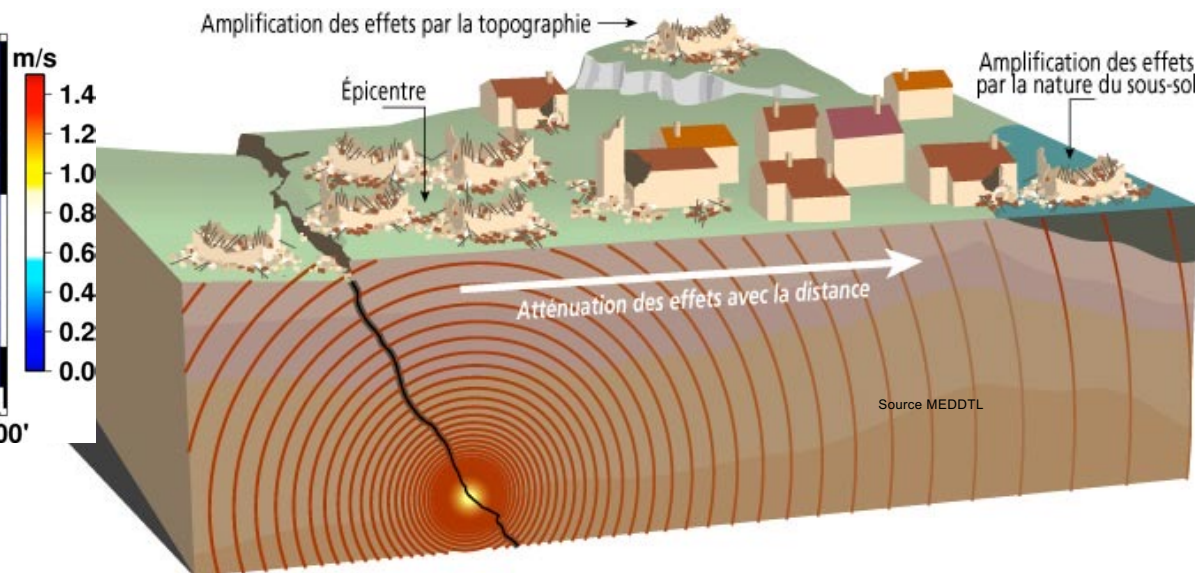
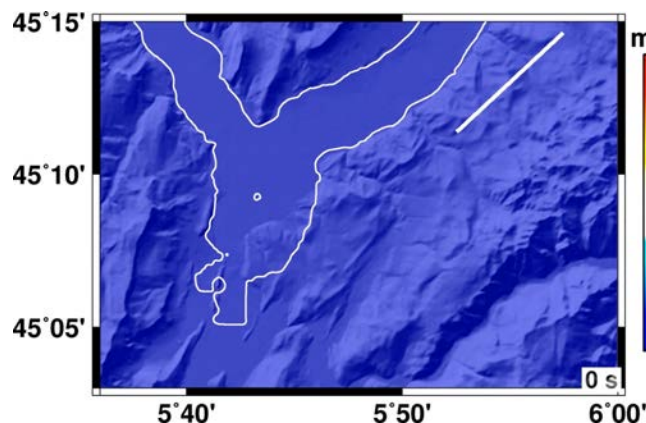


Evaluation des intensités macrosismiques

Christophe Sira, Chargé des études macrosismiques (CNRS)

Photographie GIM 2023 (La Laigne)

1. Définition de l'intensité macrosismique



Bassin de Grenoble en France

Causse *et al.* 2009

DOI:[10.1111/j.1365-246X.2009.04354.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2009.04354.x)

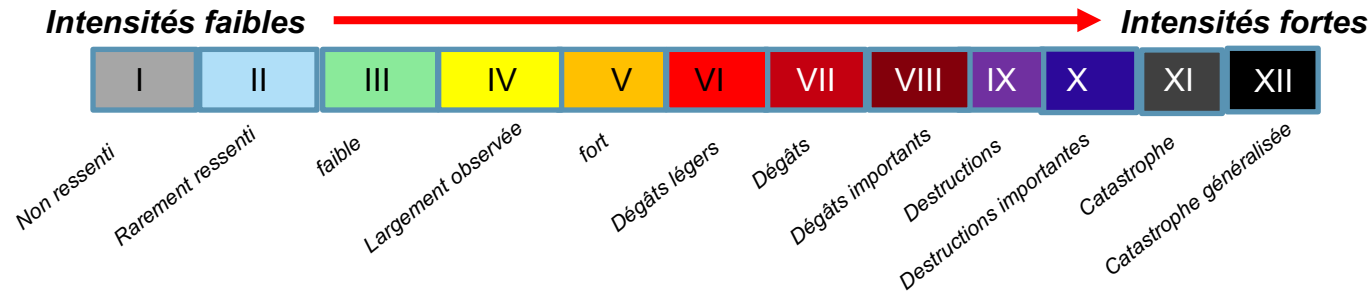
L'intensité définit la **sévérité de la secousse au sol**, donc le **mouvement du sol**,

- Elle décroît généralement avec la distance (sauf effets de sites particuliers).
- Elle est déterminée à partir des effets produits par le séisme sur des indicateurs communs et comparables d'un site à l'autre en tenant compte de leur vulnérabilité aux secousses sismiques

2. Principes de l'EMS-98

échelle de Beaufort

Beaufort	Description	Noeuds		Km / h		Vagues (m)	
		de	à	de	à	de	à
0	Calme	0		0		0.0	
1	Très légère brise	1	3	1	5	0.1	
2	Légère brise	4	6	6	11	0.2	0.5
3	Petite brise	7	10	12	19	0.6	0.9
4	Jolie brise	11	16	20	28	1.0	1.5
5	Bonne brise	17	21	29	38	2.0	2.5
6	Vent frais	22	27	39	49	3.0	4.0
7	Grand frais	28	33	50	61	4.0	5.5
8	Coup de vent	34	40	62	74	5.5	7.0
9	Fort coup de vent	41	47	75	88	7.5	10.0
10	Tempête	48	55	89	102	10.0	12.5
11	Violente tempête	56	63	103	117	12.5	14.0
12	Ouragan	64	>	118	>	16.0	>



- ✓ La sévérité de la secousse produite par les ondes sismiques est résumée par 1 degré d'intensité
Elle est le résultat du mouvement du sol : déplacement, vitesse, accélération, durée...

- ✗ C'est un bilan des dommages
- ✗ C'est une échelle de dommages

- ✓ elle utilise le comportement sismique d'un ensemble d'indicateurs « commun » pour déterminer le niveau de sévérité de la secousse au sol.

2. Principes de l'EMS-98

Description des effets selon les intensités

Indicateurs macrosismiques pris en compte (EMS98)

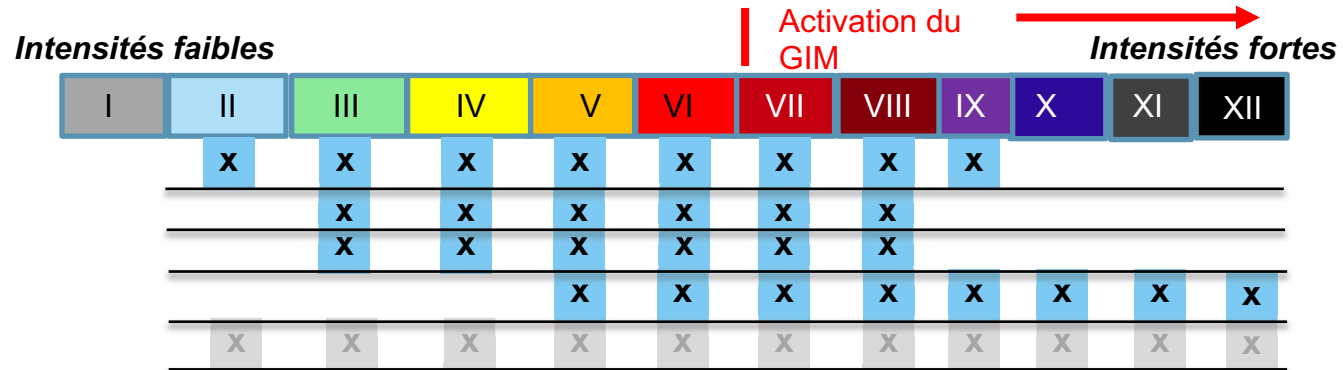
Personnes

Objets

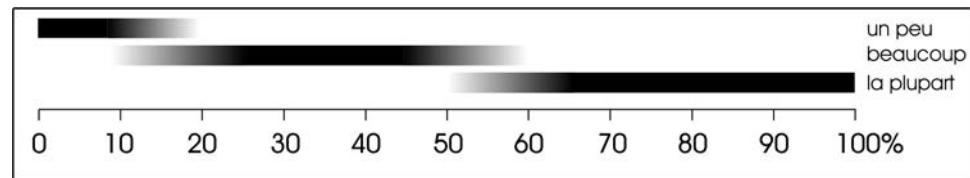
Mobilier

Constructions

Effets hydrologiques et géologiques



- Prend en compte
 - a) la vulnérabilité sismique des indicateurs
 - b) le caractère statistique des effets observés



Proportion faible ou importante = indicateur de la sévérité de la secousse

► Indicateur construction : degré d'endommagement

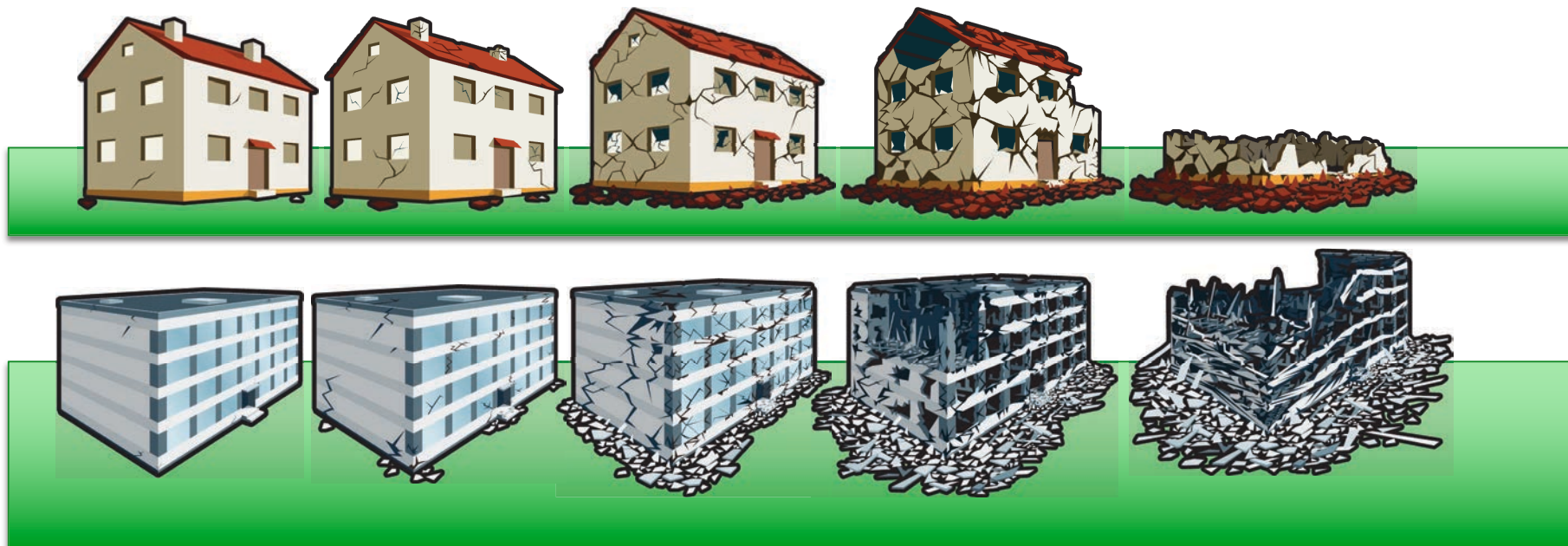
Degré 1

Degré 2

Degré 3

Degré 4

Degré 5



On affecte au bâtiment

a) un degré d'endommagement EMS-98 au bâtiment (de 1 à 5)

b) classe de vulnérabilité sismique des bâtiments (de A à F)



► Indicateur construction : classe de 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

TYPE DE STRUCTURE	SEISME / SITE	DEGRÉ DES DÉGÂTS				
		1	2	3	4	5
Maçonnerie en pierres brutes	Monténégro, Yougoslavie 1979				●	



Commentaire:

Une partie des murs porteurs a cédé, causant un effondrement partiel du toit et des poutres des planchers. Il s'agit de dégâts structurels graves, de degré 4.

Figure 5 - 8

► Indicateur construction : classe de 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

TYPE DE STRUCTURE	SEISME / SITE	DEGRÉ DES DÉGÂTS				
		1	2	3	4	5
Ossature en béton armé	Spitak, Arménie 1988 / Leninakan					●



Commentaire:

Il s'agit évidemment de dégâts structurels très graves et d'un effondrement presque complet et donc de dégâts de degré 5.

Remarque: cette structure à ossature en béton armé avec un certain degré de conception parasismique a souffert d'un assemblage (nœuds) insuffisant entre les poutres et les poteaux. Ce bâtiment est un exemple type où l'on doit attribuer une classe de vulnérabilité basse, dans ce cas B, ce qui représente une classe exceptionnellement faible pour ce type de structure.

Figure 5 - 21

moellons

pierres brutes
ou parpaings/
briques
plancher
en bois

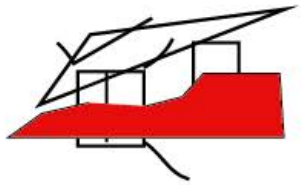
parpaings/
briques
plancher et
poteau
en béton

plancher et
poteau en
béton
parpaings/
briques/
chainé

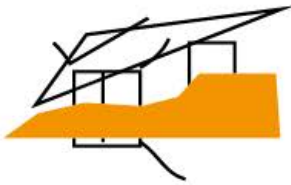
mur en béton
armé (chainé)

mur en béton
parasismique

► Indicateur construction



A



B



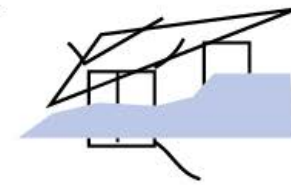
C



D



E

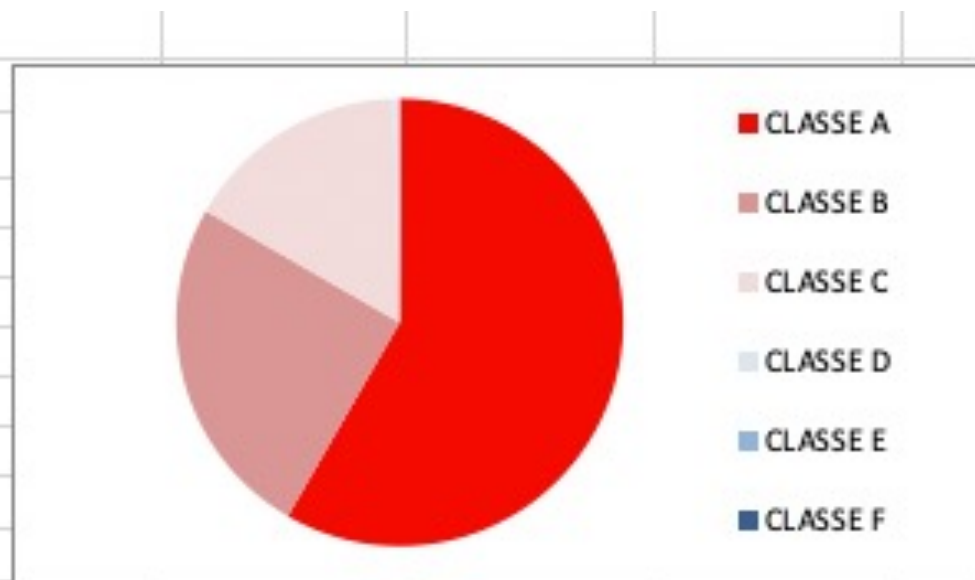


F

XII

Catastrophe généralisée

PROFIL DE VULNERABILITE COMMUNALE		
	Nbre	%
CLASSE A	479	58
CLASSE B	205	25
CLASSE C	133	16
CLASSE D	4	0
CLASSE E	0	0
CLASSE F	0	0
TOTAL	821	100



► Indicateur construction : classe de vulnérabilité

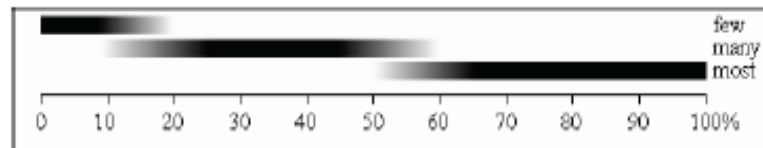
- Toutes les combinaisons vulnérabilité/degré de dommages ne sont pas mentionnées pour chacun des degrés d'intensités



TABLEAU RESUMANT LA DESCRIPTION DES DOMMAGES SELON L'EMS-98																								
INTENSITES EMS-98	VI (fort) (dégâts légers)		VII (dégâts)				VIII (dégâts importants)				IX (destructions)				X (destructions importantes)				XI (catastrophe)				XII (catastrophe généralisée)	
Niveaux de dommages	D1	D1	D2	D1	D2	D3	D4	D2	D3	D4	D5	D2	D3	D4	D5	D2	D3	D4	D5	D2	D3	D4	D5	D5
A (vulnérabilité)	Q	N	Q			N	Q			N	Q			N				LP						T
B (vulnérabilité)	Q	N	Q		N	Q			N	Q				N	Q				N				LP	T
C (vulnérabilité)		Q			Q			N	Q				N	Q				N	Q			LP	N	LP
D (vulnérabilité)				Q				Q				N	Q			N	Q					N	Q	LP
E (vulnérabilité)												Q				N	Q					N	Q	LP
F (vulnérabilité)															Q					N	Q			LP

Q = Quelques
N = Nombreux
LP = La plupart
T = Tous

D1* = dommage de niveau 1
D2 = dommage de niveau 2
D3 = dommage de niveau 3
D4 = dommage de niveau 4
D5 = dommage de niveau 5



Définition des quantités selon l'EMS-98 (p.17)

d'après Echelle macrosismique européenne, Grunthal & al.



- Les données macrosismiques disponibles ne sont jamais , ou très rarement une description complète des effets produits
- L'utilisateur peut disposer des données provenant seulement de quelques dizaines de bâtiments pour fonder son évaluation.
- En d'autres termes ces données sont un échantillon des effets observés sur l'ensemble des bâtiments.

► Indicateur construction : classe de vulnérabilité

L'EMS-98 ne prend pas en compte

- **les dégâts aux bâtiments causés par des phénomènes autres que la vibration initiale elle-même, y compris si elle découle du séisme.**
 - Entreoquement de bâtiments
 - Glissement de terrain
 - Rupture de talus
 - Liquéfaction
 - Réplique

 - Observations sur bâtiments élevés* (exclusion des rapports au dessus du 5^e étage)
 - Immeuble, clocher, tour, château d'eau, phare, etc.
 - Observations sur structures particulières
 - Ponts, émetteurs etc.

► Indicateur construction : classe de vulnérabilité

L'EMS98 écarte certains effets non caractéristiques de la secousse au sol ou difficilement comparables



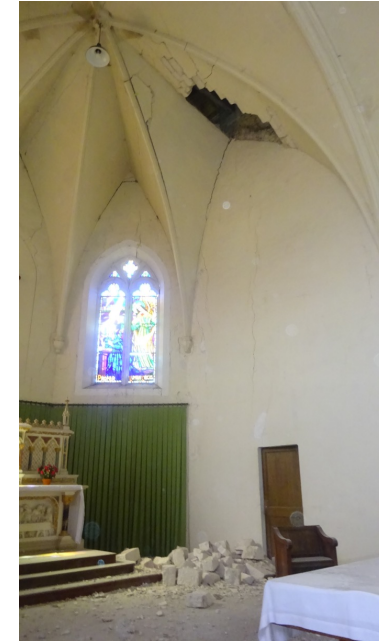
murs libres



piliers de portails



effets « martèlement »
inter-bâtiments



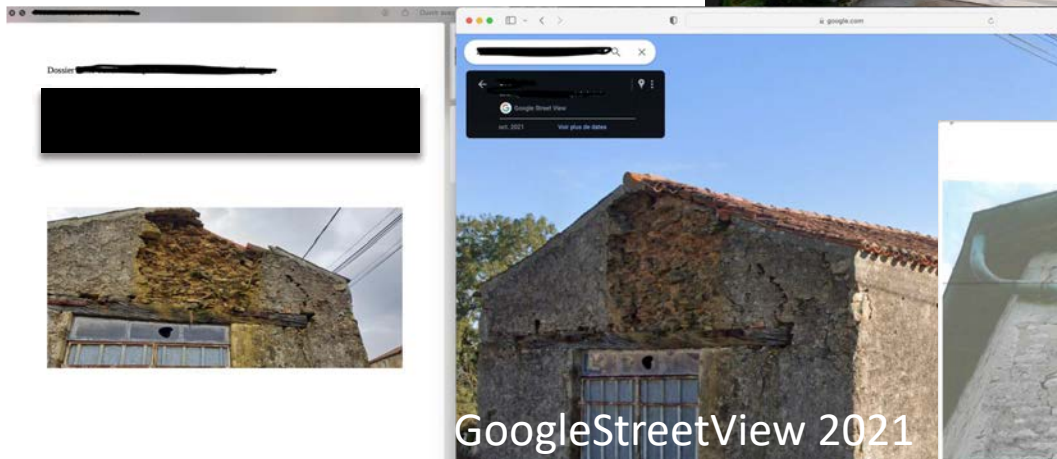
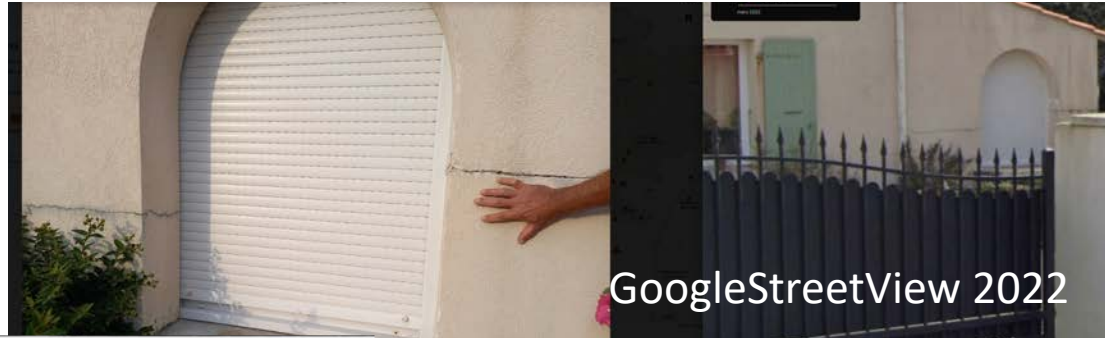
églises



ponts

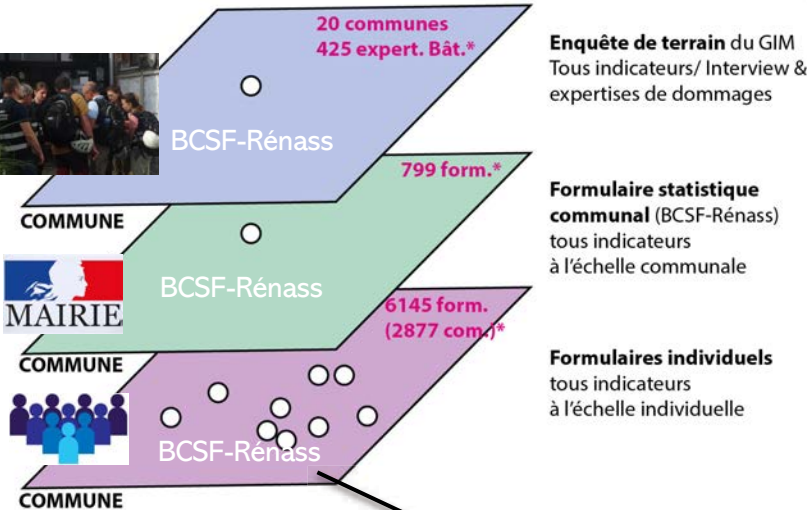
■ Analyse de dommages

On écarte du traitement les dommages préalables à la secousse



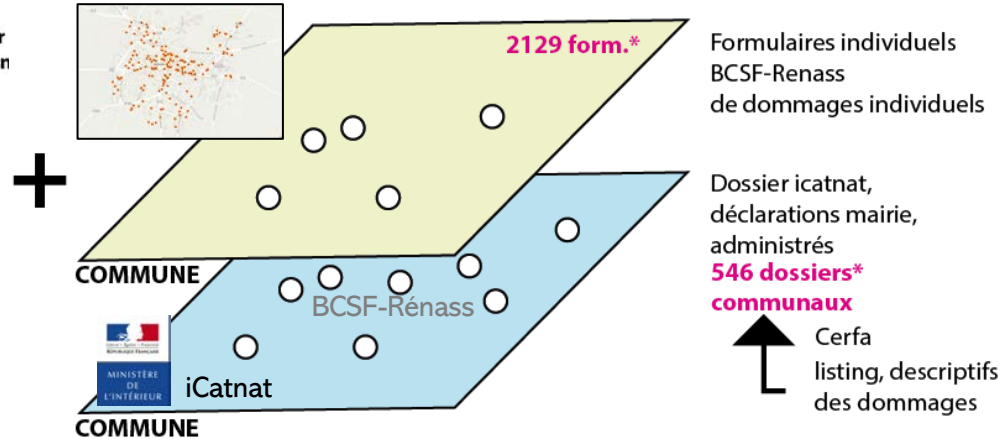
3. Sources d'informations du BCSF-Réness

1/ TOUS LES INDICATEURS (personnes, objets, mobiliers, constructions)



valeur d'inten
OUI
+
OUI
+
OUI

2/INDICATEUR «CONSTRUCTION» SEULEMENT



*valeurs séisme de La Laigne juin 2023

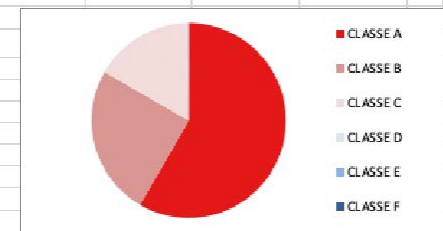


3/BD VBÂTI BCSF-Réness

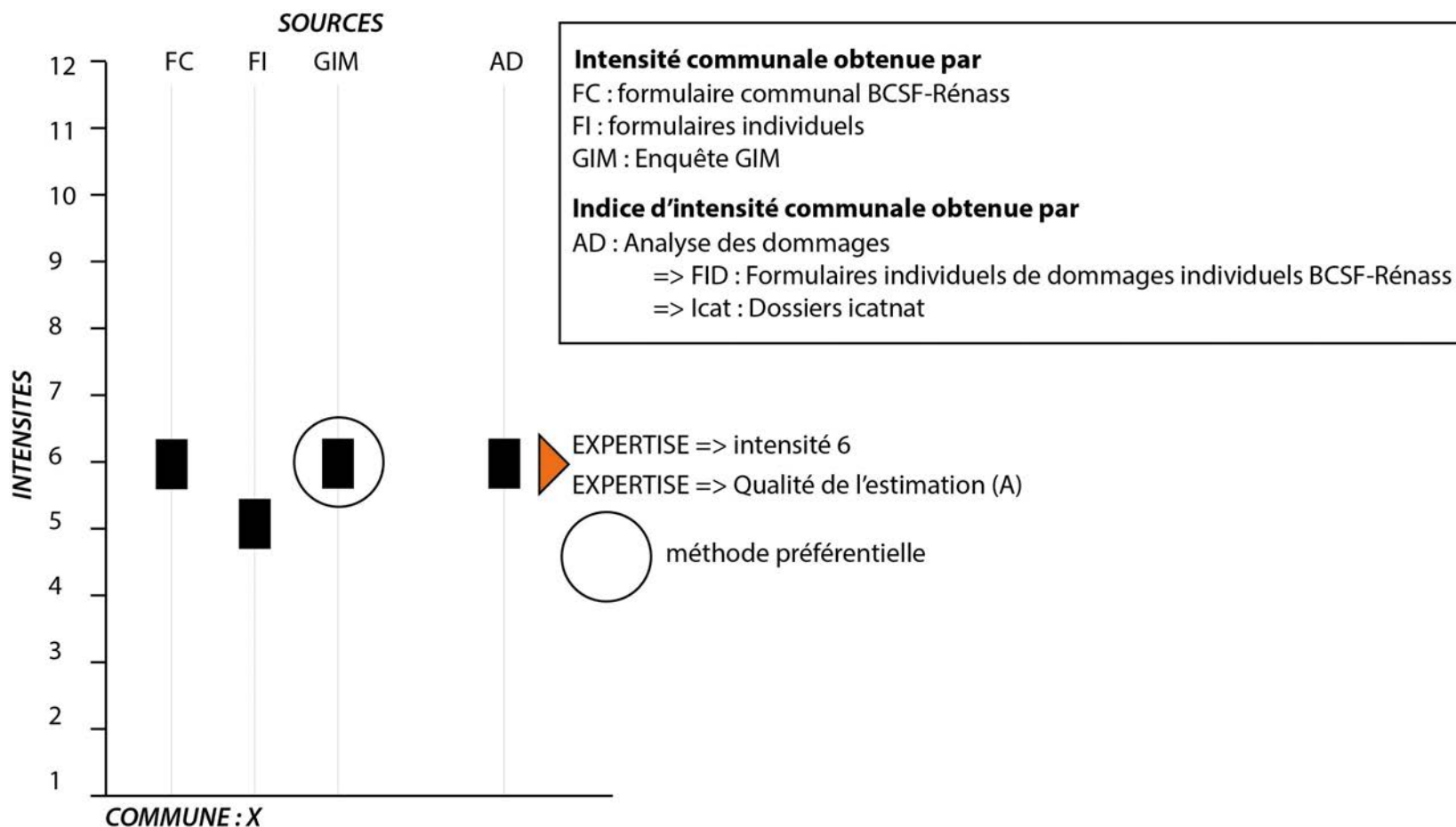
(profil de vulnérabilité sismique des communes pour indicateur constructions)



PROFIL DE VULNERABILITE COMMUNALE		
	Nbre	%
CLASSE A	479	58
CLASSE B	205	25
CLASSE C	133	16
CLASSE D	4	0
CLASSE E	0	0
CLASSE F	0	0
TOTAL	821	100



4. Estimation de l'intensité EMS-98



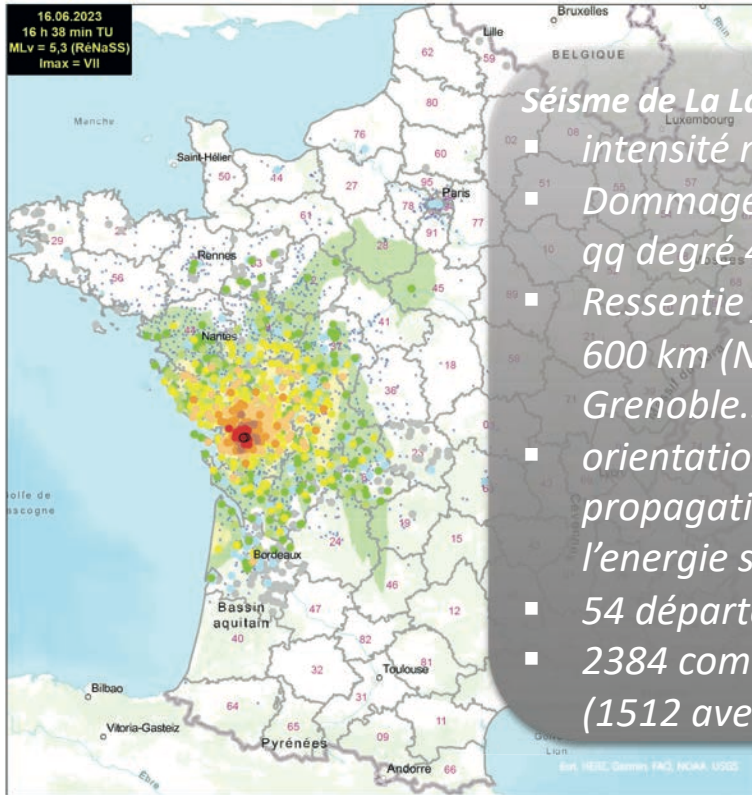
■ 4. Estimation de l'intensité EMS-98

- Détermination du degré = comparaison des données collectées aux descriptions de l'EMS-98
 - Recherche cohérence dans les indicateurs plutôt qu'un diagnostic comme étalon

Trop d'importance aux effets occasionnels = surestimation de l'intensité

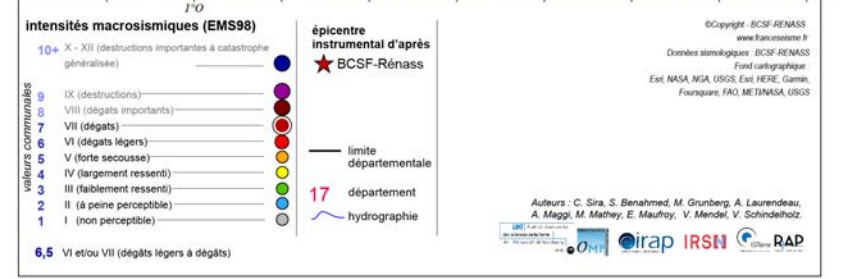
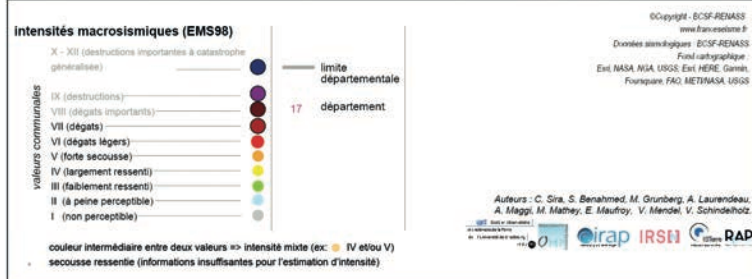
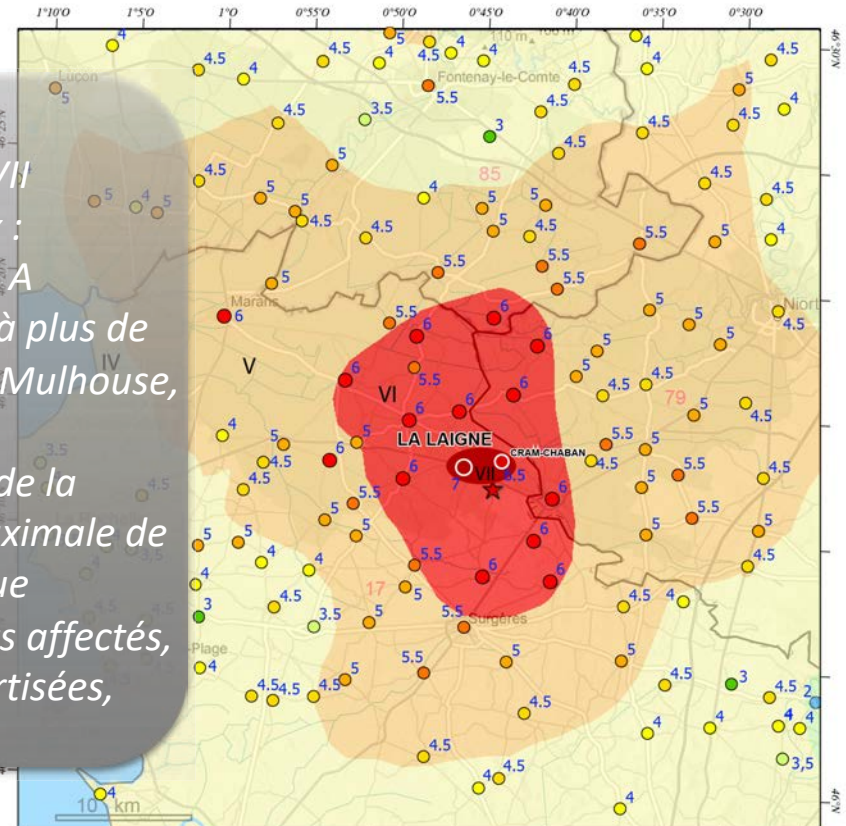
- Utilisation excessive des dégâts aux constructions comme diagnostic
- 1 effet isolé n'est pas représentatif de la sévérité de la secousse sur la zone.





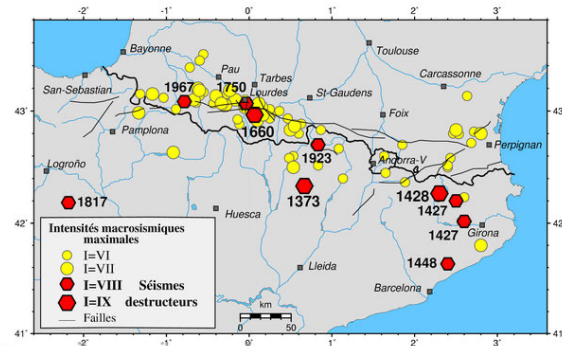
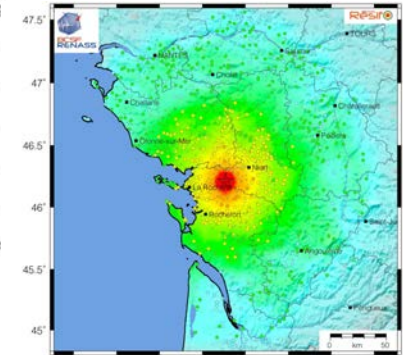
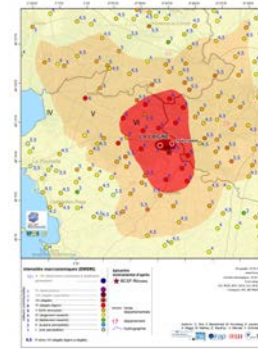
Séisme de La Laigne

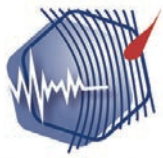
- intensité max : VII
- Dommages max : qq degré 4, vuln A
- Ressentie jusqu'à plus de 600 km (Nancy, Mulhouse, Grenoble..)
- orientation N-S de la propagation maximale de l'énergie sismique
- 54 départements affectés,
- 2384 com. expertisées, (1512 avec Idp)



5. Usage des données

- **Cartes d'intensités macrosismiques**
- **Etudes du mouvement du sol**
 - shakemap (intégration des observations macro avec instrumentales)
 - mise à jour des lois d'atténuation (IPE*)
- **Etudes des relations intensités / données instrumentales**
 - mise à jour des catalogues de référence
(Estimation des magnitudes/profondeurs séismes historiques)
- **Projets R&D :**
 - intensités automatiques (AI)
 - ...
- **Etudes du risque sismique**
 - estimation des endommagements prédictifs
 - training pour la gestion de crise (simulation des effets)
 - production d'information rapide en gestion de crise
 - informations pour les plans de réduction des vulnérabilités des bâtiments
- **Production de rapports scientifiques**
 - Transmission vers la cellule interministérielle (Classement des communes en Catnat)



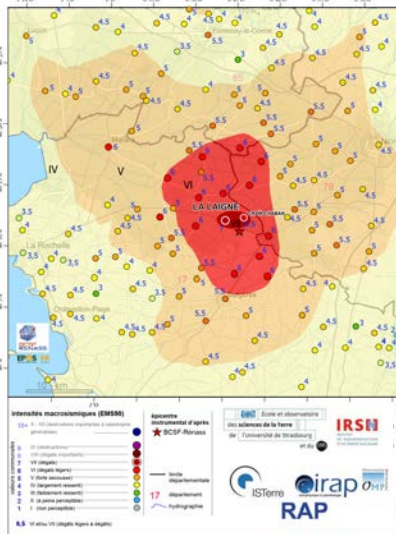


Merci de votre attention

Contact : bcsf-renass@unistra.fr

Ref

- **BCSF-Réness (2023). Intensités macrosismiques du séisme de La Laigne du 16 juin 2023. EOST UAR830, Université de Strasbourg, CNRS. (Dataset). [doi:10.25577/m0dc-n549](https://doi.org/10.25577/m0dc-n549)**
- **Christophe Sira, Emeline Maufroy, Marc Grunberg, Sébastien Benahmed, Aurore Laurendeau, et al.. Rapport sismologique, Séisme de La Laigne (Charente-Maritime), 16 juin 2023, magnitude 5,3 M_lv (BCSF-Réness), intensité communale maximale VII. BCSF-Réness-2024-RP1, UAR830 CNRS; Université de Strasbourg (UNISTRA). [2024. hal-04471156](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04471156)**
- **G. Grünthal et al., Échelle macrosismique européenne, Cahier du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Luxembourg, 2001. http://www.franceseisme.fr/EMS98_French.pdf**



<http://www.franceseisme.fr/>
<https://renass.unistra.fr>

Et suivez-nous sur ...

