

Forum TERATEC 2013

**Modélisation et simulation
au service de la ville durable**

MAÎTRISE DES RISQUES NATURELS

RISQUE SISMIQUE ET MODELISATION

Philippe BISCH



Atelier 6 - Mercredi 26 juin

SOMMAIRE

- **LE RISQUE SISMIQUE**
- **L'ALEA**
- **LA VULNERABILITE**
- **LA MAÎTRISE DU RISQUE SISMIQUE**
 - ✓ **LES BÂTIMENTS NOUVEAUX**
 - ✓ **LES BÂTIMENTS EXISTANTS**
- **CONCLUSIONS / MODELISATION**

LE RISQUE SISMIQUE

- 3 À 4 MILLIONS DE MORTS AU COURS DU XXÈME SIÈCLE

DATE	EPICENTRE	MORTS	MAGNITUDE
1976 07 27	TANGSHAN, CHINE 39,6N 118,0E	>> 255 000	7,5
2010 01 12	HAÏTI 18,27N 72,32O	> 230 000	7,0
2004 12 26	SUMATRA 3,30N 95,87E	227 898	9,1
1920 12 16	HAIYUAN, NINGXIA (NING-HSIA), CHINE 36,5N 105,7E	200 000	7,8
1923 09 01	KANTO (KWANTO) JAPON 35,3N 139,5E	142 800	7,9
1948 10 05	ASHGABAT (ASHKHABAD) TURKMENISTAN 37,95N 58,32E	110 000	7,3



LES 10 CATASTROPHES NATURELLES AYANT COÛTÉ LE PLUS CHER

(ORIGINE MSN)

1. SÉISME DE TÔHOKU / TSUNAMI - JAPON (2011)
2. OURAGAN KATRINA (2005)
3. SÉISME DE KOBÉ - JAPON (1995)
4. SÉISME DE SICHUAN – CHINE (2008)
5. INONDATIONS EN THAÏLANDE (2011)
6. OURAGAN IKE (2008)
7. SÉISME DE NORTHRIDGE - USA (1994)
8. SÉISME DU CHILI (2010)
9. INONDATIONS EN CHINE ((1998)
10. SÉISME DE CHUET SU – JAPON (2004)



- **LE RISQUE EST LIÉ :**

- ✓ À L'ALÉA,
- ✓ À L'URBANISATION,
- ✓ À LA QUALITÉ DES CONSTRUCTIONS (VULNÉRABILITÉ)
- ✓ AUX CONSÉQUENCES DES DOMMAGES.

**CE N'EST PAS LE
SEISME QUI TUE,
C'EST LA
CONSTRUCTION**

- **EXEMPLES :**

- ✓ NOUVELLE-GUINÉE (2000, M=8) : 2 MORTS
- ✓ CHILI (2010, M=8,8), TŌHOKU (2011, M=9) : LES MORTS ET LA PLUPART DES DESTRUCTION SONT DUS AU TSUNAMI, PAS AUX EFFETS DIRECTS DU SÉISME

**CONSTAT : LE RISQUE AUGMENTE AU FIL DU TEMPS,
AVEC UNE URBANISATION CROISSANTE DANS LES
REGIONS OÙ L'ALÉA EST LE PLUS FORT**

L'ALEA

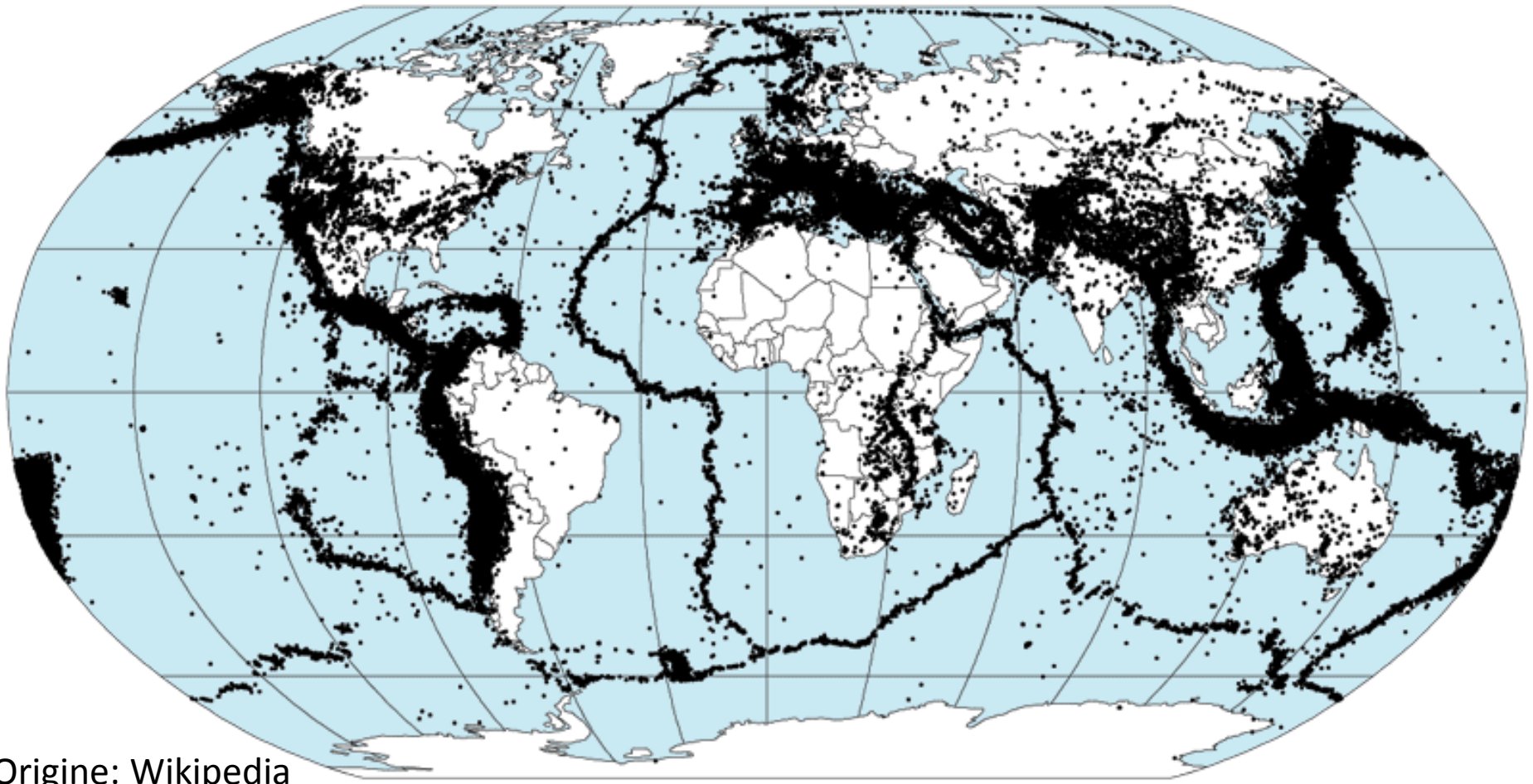
- L'énergie libérée par un séisme est mesurée par la **MAGNITUDE** (amplitude des ondes à distance de l'épicentre)
- Exemples

SEISME	ANNEE	MAGNITUDE	ENERGIE (MJ)
CHILI	1960	8,8	$3,4 \times 10^{11}$
HAUT ASSAM	1950	8,6	$2,0 \times 10^{11}$
ALASKA	1964	8,3	$7,1 \times 10^{10}$
MEXICO	1957	7,9	$1,8 \times 10^{10}$
SKOPJE	1963	6,0	$2,5 \times 10^7$
AGADIR	1960	5,9	$1,8 \times 10^7$

DESCRIPTION	MAGNITUDE	EFFETS	FRÉQUENCE
MICRO	MOINS DE 2,0	MICRO TREMBLEMENT DE TERRE, NON RESENTI.	8 000 PAR JOUR
TRÈS MINEUR	2,0 À 2,9	GÉNÉRALEMENT NON RESENTI MAIS DÉTECTÉ/ENREGISTRÉ.	1 000 PAR JOUR
MINEUR	3,0 À 3,9	SOUVENT RESENTI MAIS CAUSANT RAREMENT DES DOMMAGES.	49 000 PAR AN
LÉGER	4,0 À 4,9	SECOUSSES NOTABLES D'OBJETS À L'INTÉRIEUR DES MAISONS, BRUITS D'ENTRECHOQUEMENT. DOMMAGES IMPORTANTS PEU COMMUNS.	6 200 PAR AN
MODÉRÉ	5,0 À 5,9	PEUT CAUSER DES DOMMAGES MAJEURS À DES ÉDIFICES MAL CONÇUS DANS DES ZONES RESTREINTES. CAUSE DE LÉGERS DOMMAGES AUX ÉDIFICES BIEN CONSTRUITS.	800 PAR AN
FORT	6,0 À 6,9	PEUT ÊTRE DESTRUCTEUR DANS DES ZONES ALLANT JUSQU'À 180 KILOMÈTRES À LA RONDE SI ELLES SONT PEUPLÉES.	120 PAR AN
MAJEUR	7,0 À 7,9	PEUT PROVOQUER DES DOMMAGES SÉVÈRES DANS DES ZONES PLUS VASTES.	18 PAR AN
IMPORTANT	8,0 À 8,9	PEUT CAUSER DES DOMMAGES SÉRIEUX DANS DES ZONES À DES CENTAINES DE KILOMÈTRES À LA RONDE.	1 PAR AN
EXCEPTIONNEL	9,0 ET PLUS	DÉVASTE DES ZONES DE PLUSIEURS MILLIERS DE KILOMÈTRES À LA RONDE.	1 TOUS LES 20 ANS

(origine Wikipedia)

Preliminary Determination of Epicenters 358,214 Events, 1963 - 1998

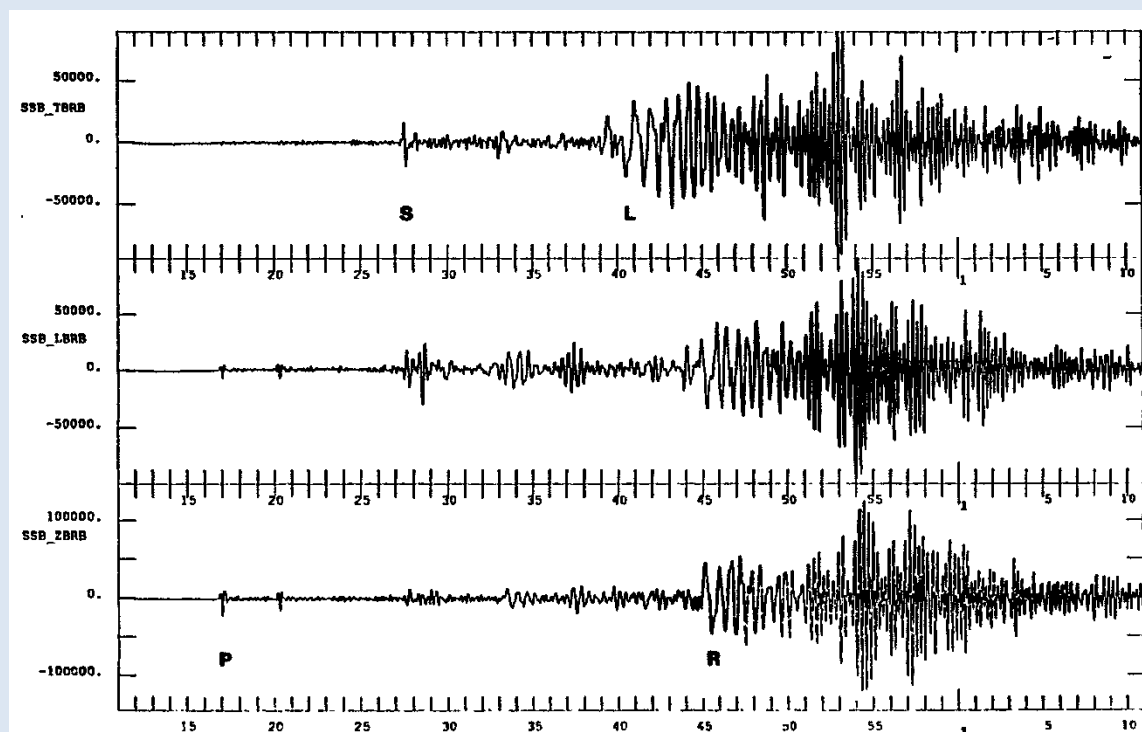


Origine: Wikipedia

- **L'ALÉA SUR UN SITE DONNÉ DÉPEND notamment :**
 - ✓ de la magnitude,
 - ✓ de la distance,
 - ✓ des effets de site.
- **Exemples :**
 - ✓ **Mexico: épicentres lointains, mais effets de site dominants.**
 - ✓ **Agadir (1960, M=5,7), Haïti (2010, M=7,0) : magnitudes modérées, mais foyers très proches.**

• MOUVEMENT SISMIQUE SUR UN SITE

EXEMPLE : TROIS COMPOSANTES DU SÉISME DE SANTA CRUZ
(CALIFORNIE) ENREGISTRÉES EN FRANCE LE 17 OCTOBRE 1989



⇒ a_g et spectre
(dépendant du sol)

LA VULNERABILITE

LES EFFETS DU SÉISME

- **Effets directs**
 - endommagement des structures,
 - liquéfaction des sols,
 - rupture de soutènements...

- **Effets indirects**
 - glissements de terrain,
 - tsunamis,
 - incendies,
 - accidents industriels,
 - etc.

• EFFETS REPÉRÉS PAR UNE ÉCHELLE D'INTENSITÉ

- ✓ Elle permet d'exprimer le degré de sévérité du séisme en un lieu donné, généralement une ville
- ✓ En Europe, échelle EMS98 à 12 degrés basée sur :
 - la typologie des bâtiments
 - la description des dommages
 - les effets sur les humains
 - les effets sur les objets
 - les effets sur la nature



Degré 4

Niveau I. Secousse imperceptible

...

Niveau XII. Catastrophe généralisée

LA VULNÉRABILITÉ DES VILLES

- **EVALUÉE SUR LA BASE DE :**
 - ✓ l'aléa global à l'échelle de la ville
 - ✓ les effets de site (très locaux) \Rightarrow microzonage
 - ✓ la vulnérabilité des bâtiments
 - ✓ l'évaluation des victimes
- **LE BILAN S'ÉTABLIT EN :**
 - ✓ nombre de victimes
 - ✓ besoins en sécurité civile
 - ✓ impact économique

L'évaluation de la vulnérabilité se fait par quartier, sur la base de pré-diagnostics

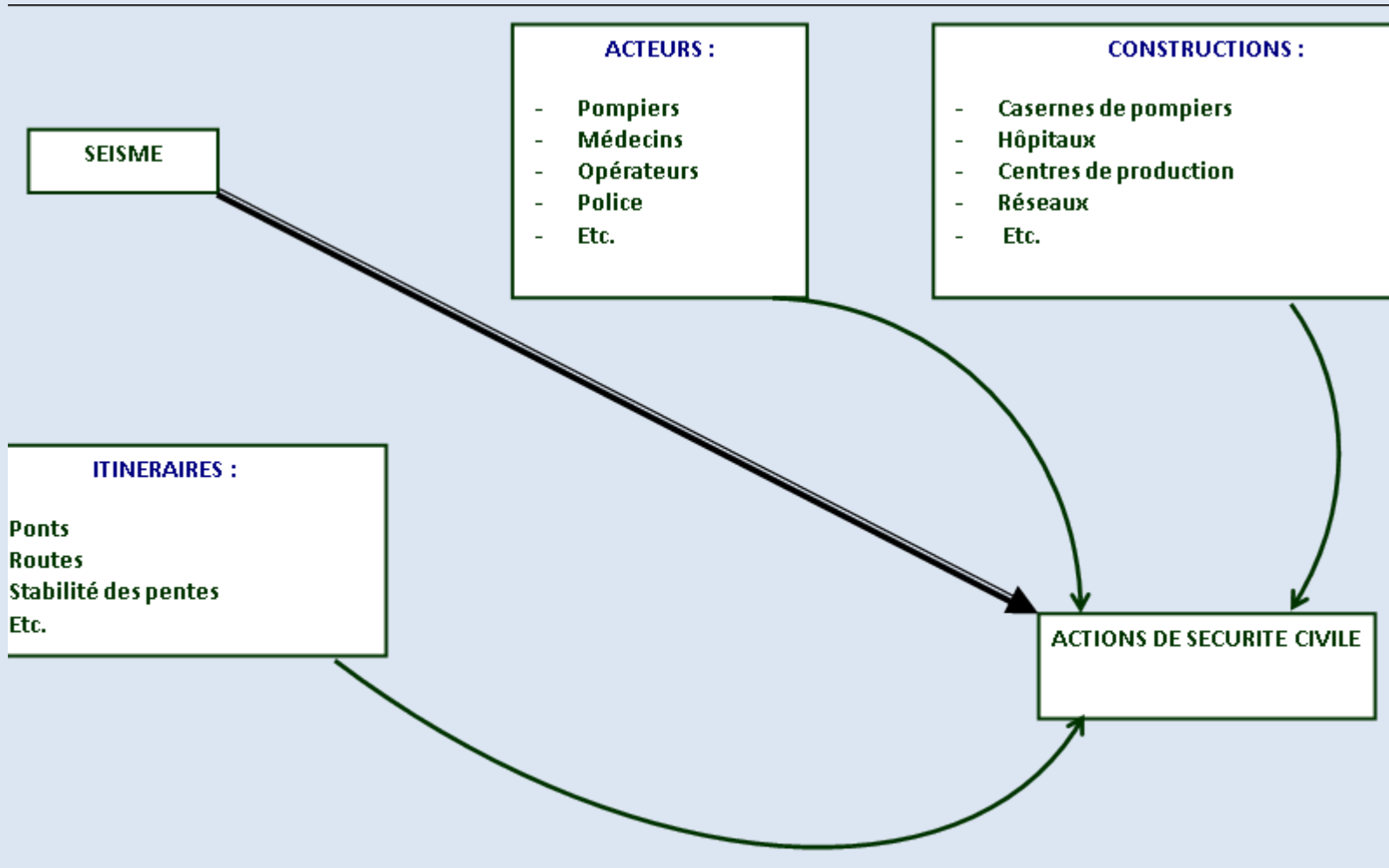
Type	Commentaire / référence doc / annexe photo/ annexe schéma / annexe plan	Fia b	Fa v
1 IMPLANTATION DANS L'ENVIRONNEMENT			
1.1 Conditions de sol			
Caractérisation du sol			
Rocher			
Alluvions			
Sable			
Sol rapporté			
Ancien marais/décharge			
Autre			
Étude de sol			
Classes Eurocode 8 A – B – C – D – E - S1 - S2			
1.2 Interaction avec les constructions			
Bâtiments proches			
Joints entre bâtiments			
1.3 Implantation			
Risque effet de site			
Proximité rupture pente $D < 2H$			
Pente $> 40\%$			
Présence de failles			

5 Plans d'armatures			
Références plans existants			
Références plans reconstitués			
5 Plans de charge			
Références plans existants			
Références plans reconstitués			
7 Fondations			
Plans de fondation Références plans existants Références plans reconstitués			
Superficielles Radier Semelles isolées Semelles filantes Présence de longrines			
Semi profondes (puits)			
Profondes (pieux)			
3 Technique de construction			
structure porteuse verticale			
Voile béton banché (préciser si coffrage tunnel)			
Ossature portique BA + remplissage (dimension des poteaux)			
Système mixte portique-voile			
Système poteau-dalle			
Maçonnerie porteuse chaînée			
Maçonnerie armée			
Ossature charpente métallique			
Ossature charpente bois			
Autre			
Dispositions constructives favorables	dispositions constructives apportant une réserve de ductilité importante, ou toute autre disposition jugée favorable pour le comportement de l'ouvrage		
Dispositions constructives défavorables	défauts génériques rencontrés (ex : enrobage insuffisant, absence de chaînage ...)		

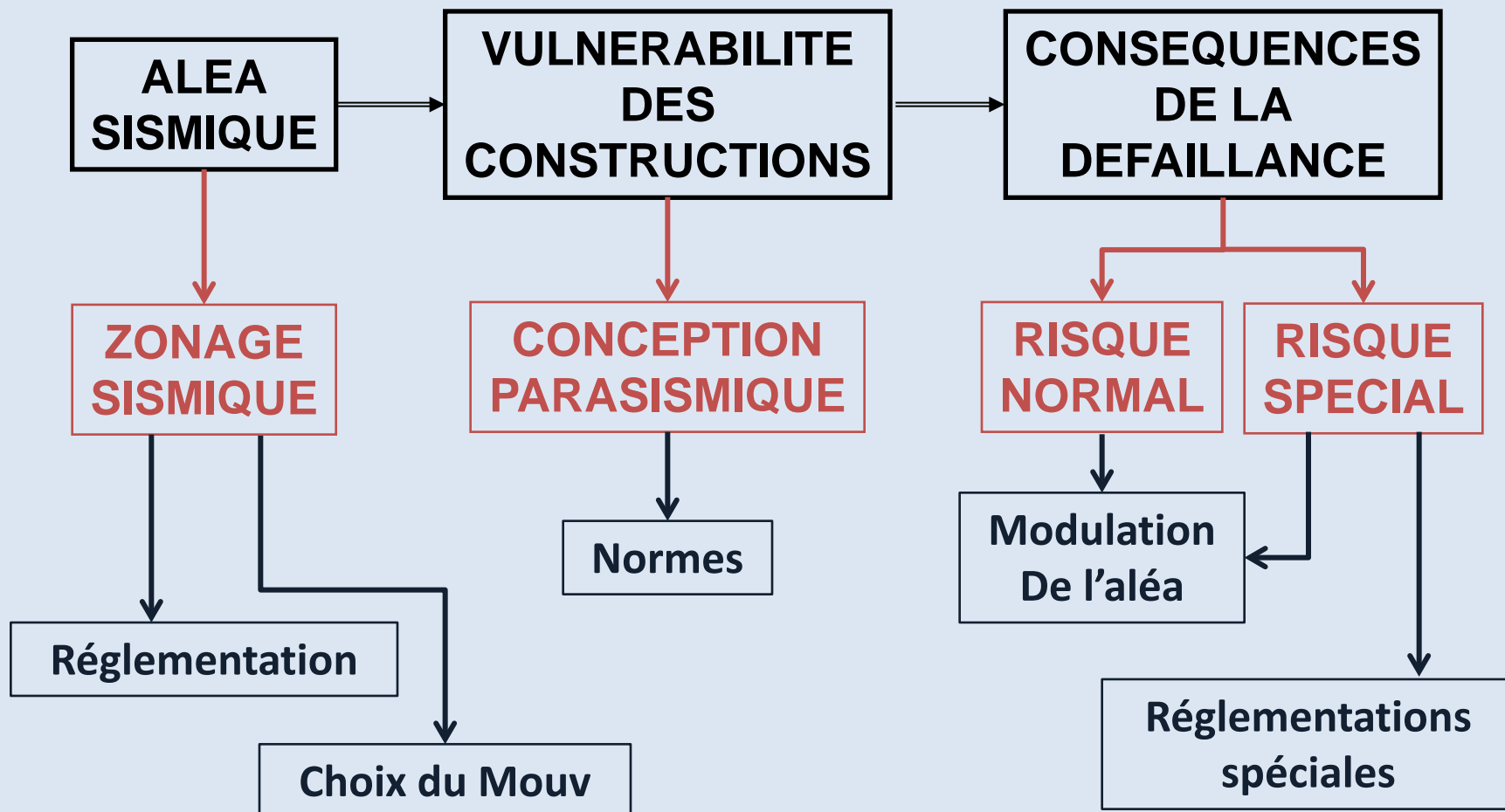
LES CONSEQUENCES

- L'APPRÉCIATION DES CONSÉQUENCES D'UN SÉISME DÉPENDENT :
 - ✓ DE L'OCCUPATION (EN NOMBRE DE PERSONNES) DES CONSTRUCTIONS
 - ✓ DES CONSÉQUENCES EXTÉRIEURES POUR LES PERSONNES ET L'ENVIRONNEMENT (ICPE)
 - ✓ DES SCENARII DE PROTECTION CIVILE

• Importance de la sécurité civile

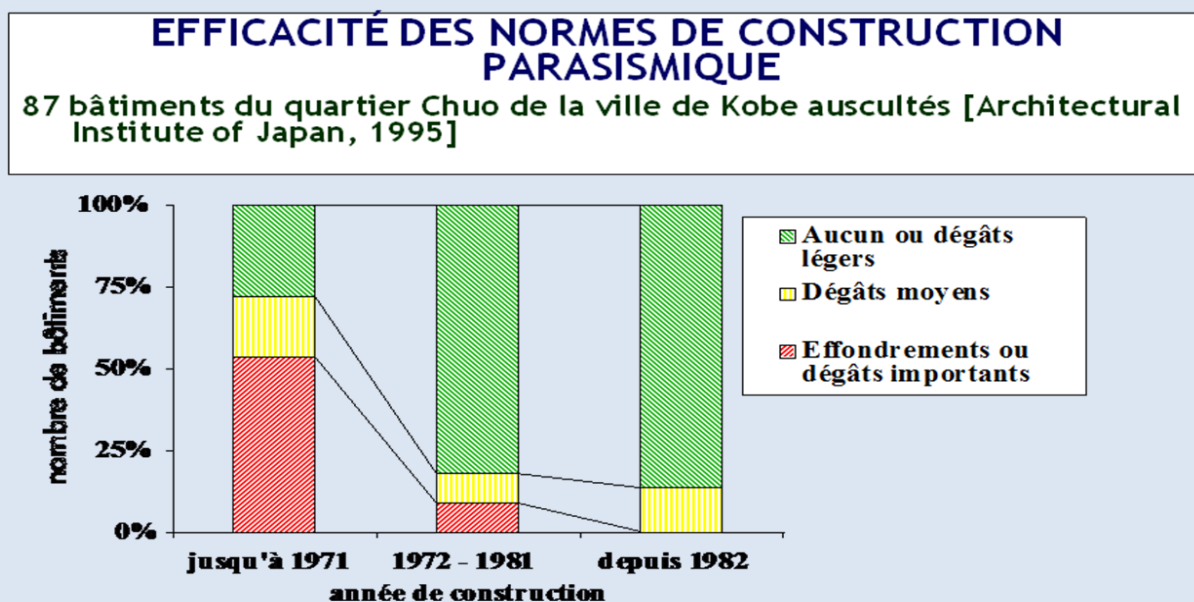


LA MAÎTRISE DU RISQUE SISMIQUE



LA VULNERABILITE DES BÂTIMENTS

- **Ordre de grandeur des probabilités annuelles de ruine :**
 - ✓ bâtiment non parasismique : 2×10^{-4}
 - ✓ bâtiment parasismique : 5×10^{-6}

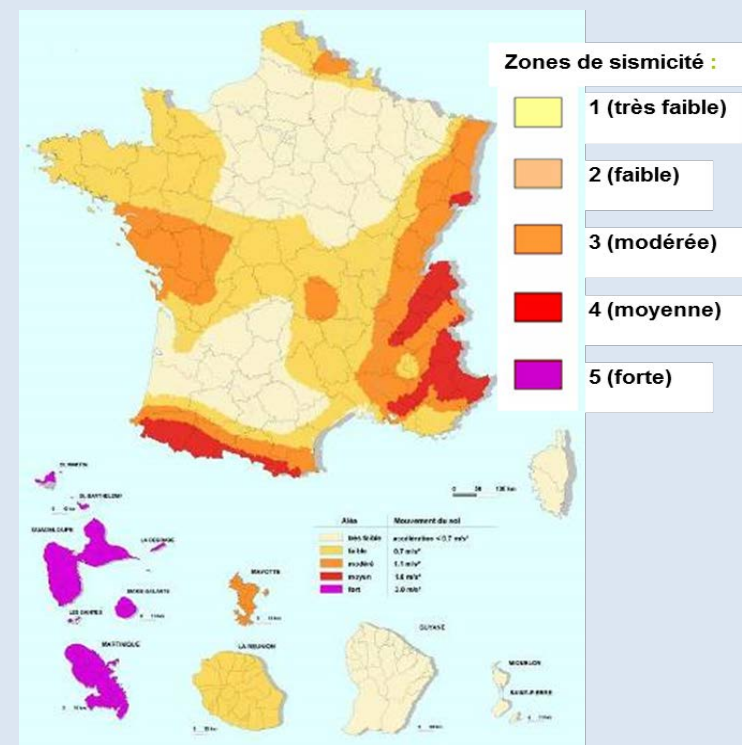


LES BÂTIMENTS NOUVEAUX

- Dans de nombreux pays comme la France, la réglementation impose le respect des normes parasismiques

L'APPROCHE EST NORMATIVE :

- la réglementation définit l'aléa
- la réglementation définit un coefficient d'importance en fonction des conséquences des dommages structuraux
- la norme contrôle la vulnérabilité



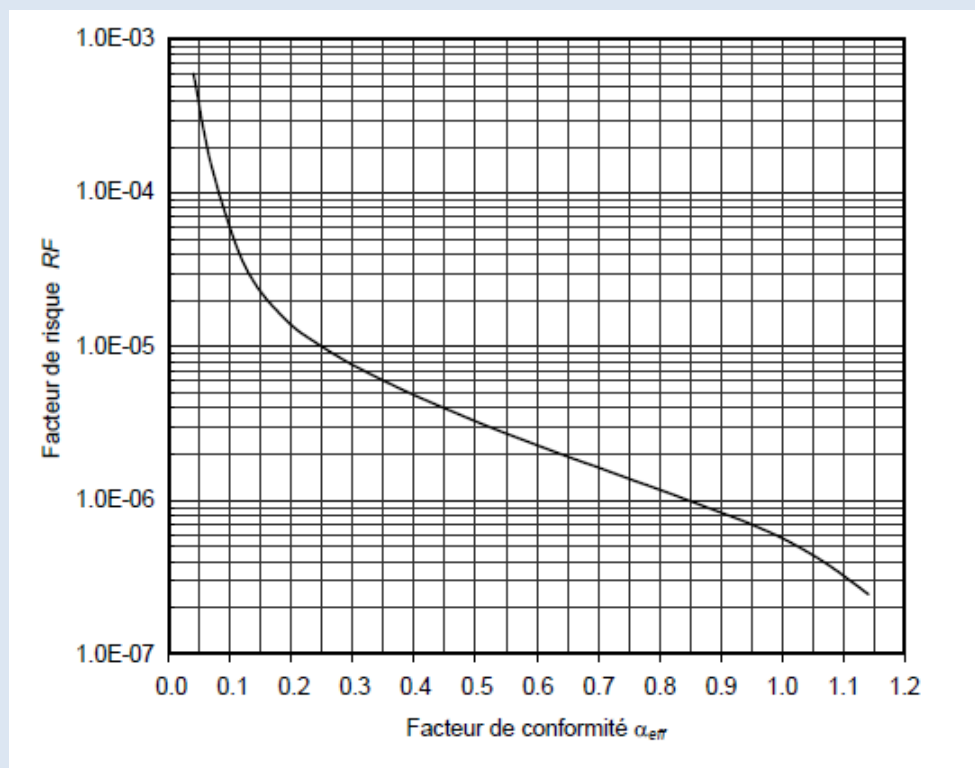
- **LA DÉMARCHE DES NORMES EST BASÉE SUR LES COMPORTEMENTS PHYSIQUES**

- ✓ Robustesse de la conception
- ✓ Modélisation du comportement dynamique de la structure
- ✓ Localisation des zones susceptibles de subir des comportements post-élastiques
- ✓ Ductilité des éléments « critiques »
- ✓ Bonne conception de détail

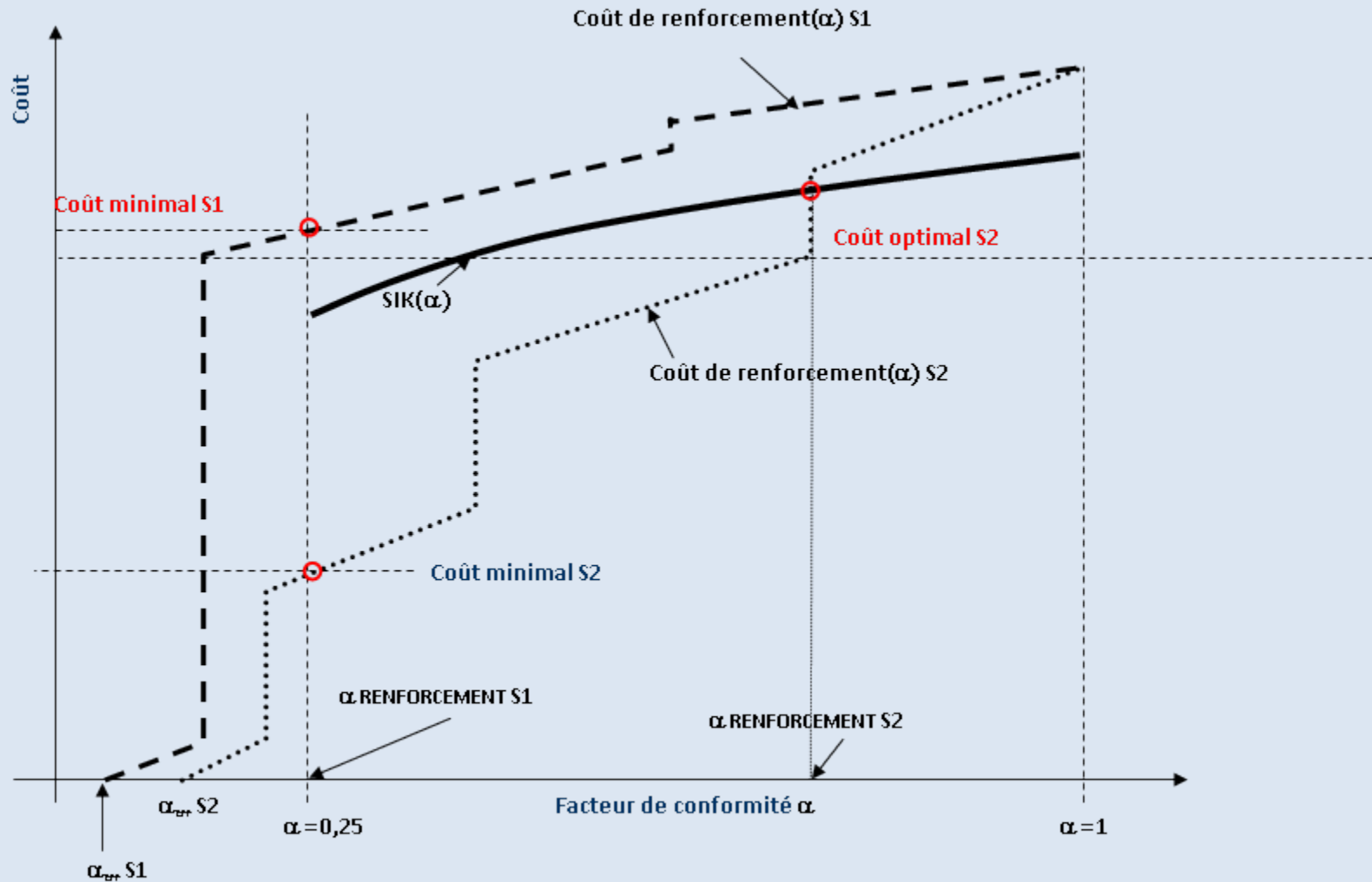


LES BÂTIMENTS EXISTANTS

- **RELATION ENTRE RISQUE INDIVIDUEL ANNUEL RF ET FACTEUR DE CONFORMITÉ α**



OPTIMISATION SOCIO-ÉCONOMIQUE



EN CONCLUSION

LA PROTECTION CONTRE LES SÉISMES FAIT APPEL À UNE MULTITUDE DE MODÈLES DE NATURES EXTRÊMEMENT DIVERSES :

- ✓ **mécaniques pour le mécanisme au foyer et la propagation des ondes**
- ✓ **probabilistes pour la définition de l'aléa**
- ✓ **mécaniques et expérimentation pour le comportement des sites et des sols**
- ✓ **mécaniques et expérimentation pour le comportement des structures**
- ✓ **observation et modèles mécaniques pour la vulnérabilité des constructions**
- ✓ **probabilistes pour le risque exposé par les personnes ou les biens**
- ✓ **sociologiques pour le comportement des personnes**
- ✓ **sociologiques et économiques pour l'acceptation du risque**
- ✓ **analyse multicritères**
- ✓ **organisationnels pour la sécurité civile**

