

Annexe 5

Le risque sismique en France

Michel Cara

Il faut d'abord rappeler que la notion de risque sismique est assez précise pour les assureurs, en termes de coût économique, de pertes en vies humaines et d'impacts sur la société. Le risque sismique ne se restreint pas à l'aléa naturel : suivant la manière dont les enjeux sont pris en compte, on aura affaire à des définitions de risque différentes.

Pour une installation à risque, installation nucléaire par exemple, chaque installation doit faire l'objet d'études les plus poussées possibles, de façon à minimiser les risques au maximum. Pour le bâti commun – « constructions à risque normal » qui va de l'habitation jusqu'aux hôpitaux – le législateur a défini des règles applicables à tout le territoire. Le nouveau décret, en vigueur à partir du 1^{er} mai prochain, change assez considérablement le zonage sismique réglementaire en France métropolitaine (peu aux Antilles). Il se fonde sur une approche probabiliste. Les dispositions constructives réglementaires se basent essentiellement sur les aspects vibratoires. L'un des gros problèmes est que si ces aspects vibratoires permettent de bien dimensionner les structures des bâtiments (protéger les vies avant toute chose), il y a beaucoup d'effets secondaires plus difficiles à codifier et qui sont rarement pris en compte dans les constructions dites « à risque normal ».

La réglementation sur le zonage sismique n'a pratiquement pas évolué sur l'Outre-mer. Les Antilles sont placées en zone de sismicité forte pour un certain nombre de raisons : il y a une sismicité forte d'une part, et d'autre part il y a la zone de subduction susceptible de créer un gros séisme, source possible de tsunami. C'est le seul endroit en France où l'on risque un séisme de magnitude 8.

Image 3 : Le zonage sismique réglementaire. La réglementation en vigueur avant le 1^{er} mai 2011 est basée sur le zonage montré à gauche : le territoire métropolitain y est découpé en zones définies essentiellement par la sismicité historique : là où il y a eu un gros séisme, il peut y en avoir un autre. Le problème avec cette définition est le temps de retour qui peut-être de plusieurs milliers d'années, voire être supérieur à 10 000 ans. Cette vision basée sur les séismes des mille dernières années est évidemment insuffisante pour anticiper ce qu'il peut se passer.

Le nouveau zonage est basé sur une analyse statistique de la sismicité, incluant les petits séismes détectés par les réseaux instrumentaux, avec une distribution basée sur un processus de Poisson, ce qui, à l'échelle de notre pays, est raisonnable. Ce zonage sismique est associé à des probabilités de dépasser un certain seuil d'accélération du sol dans les différentes zones. L'un des problèmes dans cette approche est la taille maximale du séisme possible : ce n'est évidemment pas à partir de la statistique de la sismicité instrumentale et historique qu'il peut être fixé, mais par des études plus fondamentales sur la cause tectonique de ces séismes, en remontant dans le passé géologique.

Image 4 : les Antilles. Il faut rappeler le contexte. Le plongement de l'Atlantique sous la plaque des Caraïbes, 2 cm par an en rapprochement, avec tout un cortège de séismes accompagnant le fonctionnement de la zone de subduction. C'est un cas d'école du point de vue du risque sismique, parce qu'il y a des séismes intra-plaques profonds comme le dernier en 2007, ressenti en Martinique et dans toutes les Antilles ; il y a aussi des séismes dans la

croûte, superficiels mais qui sont dangereux du fait de leur proximité des habitations, même s'ils ne sont pas très forts, c'était le cas du séisme des Saintes de 2005 ; et il y a la possibilité de méga-séismes qui sont ceux de subduction. Si l'on s'attend à une magnitude 8 aux Antilles, c'est au contact entre la lithosphère qui plonge et celle qui porte l'arc des Antilles. Historiquement, il y a eu le séisme de 1843, qui a été estimé entre 7,5 et 8 en magnitude, estimation basée sur l'interprétation des effets constatés, avec des destructions, à Pointe-à-Pitre en particulier. Il n'y a pas eu de tsunami : c'est un des points d'interrogation avec l'inconnue sur le mécanisme du séisme, mais si la zone de subduction se met à casser sur une longueur assez grande, on sait que cela peut provoquer un tsunami et les zones orientées vers l'Atlantique sont vraiment très exposées.

Image 5 : effets du séisme de 2007. Ce séisme était profond (150 km) et son intensité macrosismique n'est montée qu'au niveau VII malgré sa forte magnitude. Cela correspond à un niveau de dégâts sans écroulement complet de bâtiments. La figure de droite montre la localisation de l'épicentre en profondeur et les valeurs des intensités macrosismiques en Martinique et en Guadeloupe. Malgré une magnitude de 7,4, semblable à celle du séisme de Haïti de 2010, ce séisme n'a pas fait de dégâts importants du fait de sa profondeur.

Image 6 : la métropole. On voit la localisation des épicentres sur les 30 dernières années. Il faut faire attention aux magnitudes. Les catalogues actuels comportent des imprécisions de plus ou moins 0,5, ce qui est énorme. Ce sont ici des « magnitudes locales » que nous sommes en train de réexaminer dans le cadre d'un programme national. Cette carte montre toutes les zones sismiques (Pyrénées, Alpes et prolongation vers le nord à travers tout le fossé rhénan). On retrouve aussi beaucoup de séismes dans l'ouest, qui ne sont pas très forts et où l'on ne connaît pas de séisme historique destructeur. C'est aussi un des points d'interrogation, car si l'on extrapole la sismicité actuelle par les lois statistiques, des événements plus forts sont possibles. Est-ce que la segmentation des anciennes failles hercyniennes qui rejouent sur des longueurs très courtes limite la magnitude maximale ou est-ce qu'un événement plus gros est possible? Cela fait partie des questions non complètement tranchées. En revanche, on sait que l'on peut avoir des magnitudes 6 ailleurs en métropole : historiquement on en connaît dans les Pyrénées, les Alpes, et plus au nord de tels séismes sont possibles en Belgique, en Allemagne et aux Pays-Bas.

Image 7 : quelques exemples sur les séismes historiques superposés à une carte de sismicité instrumentale. Il y a les grands classiques dont la magnitude doit être de l'ordre 6, mais il peut en exister d'autres, comme celui étudié plus récemment dans le Pas-de-Calais qui est un peu mystérieux - une publication lui a attribué une magnitude de 7 ! Donc, il est nécessaire de retravailler un certain nombre d'événements historiques. Le récent catalogue du territoire Suisse a repris systématiquement l'étude des séismes historiques et donne un séisme de magnitudes 6 par siècle, concentré essentiellement dans le Valais.

Juste un commentaire sur le Fossé Rhénan : il s'inscrit dans tout un système de failles. Les médias évoquent une faille « sous Fessenheim ». En fait, il y a des failles un peu partout. La vraie question est de savoir si elles sont actives ou pas. On est sûr que la zone est sismique et qu'il y a des failles actives, comme en témoigne le séisme de Bâle de 1356. La zone est très sismique et il y a eu au sud de Mulhouse, en 1980, un séisme assez important, de magnitude un peu inférieure à 5. On dit souvent que le nord de l'Alsace est moins sismique que le sud, mais, là encore, ce n'est pas certain sur le long terme. Il faudrait pouvoir remonter assez loin dans le passé pour l'affirmer.

Image 8 : les intensités macrosismiques. On continue à déterminer les intensités macrosismiques sur les séismes actuels, en particulier parce qu'ils permettent de caler la

magnitude des séismes historiques. On a été très surpris de voir par exemple que le séisme de Rambervillers dans les Vosges en 2003 (magnitude 4,8) a été ressenti au rez-de-chaussée de pavillons de la banlieue parisienne. Le séisme de Remiremont dans les Vosges (1682) était très proche de celui de 2003. En comparant les courbes d'intensité macrosismiques, on a pu estimer a posteriori la magnitude de moment de ce séisme historique à 5.4, Mw, ce qui correspond à un séisme majeur pour l'est de la France.

Image 9 : le ministère de l'Environnement organise des exercices « Richter ». Il y en a eu un aux Antilles, et un la semaine dernière à Grenoble. Voilà une projection de ce que donnerait une magnitude 6 avec notre connaissance de la variation de l'intensité avec la distance à l'épicentre. Dans cette simulation, l'on atteint une intensité maximum IX pour Grenoble. Pour résumer, s'il est clair qu'une magnitude 8 semble bien impossible en France métropolitaine, il n'en demeure pas moins que compte tenu des densités de population et des enjeux industriels de zones sismiquement exposées, le niveau de risque y peut atteindre des niveaux élevés même avec une magnitude 6. Par contre, en termes d'aléa naturel, il est parfaitement clair que les plus gros séismes attendus se situent aux Antilles.

Le risque sismique en France

Risque sismique = aléa naturel, enjeux, vulnérabilité

Aléa sismique: défini réglementairement par zone avec seuil d'accélération du sol lié à une probabilité d'occurrence.

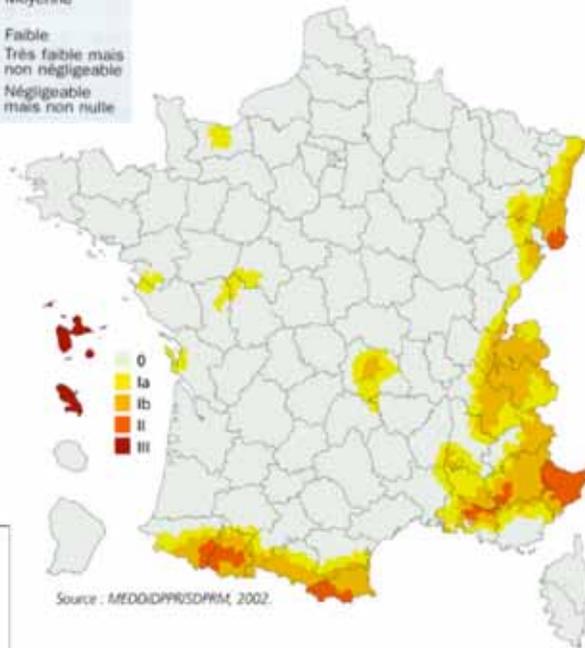
Enjeux: installations à risque (=> études spécifiques).

Vulnérabilité: estimée par rapport au risque d'effondrement des structures.

*Nouveau zonage probabiliste adapté à l'Eurocode 8,
en vigueur au 1er mai 2011
(Décret 2010-1255 publié le 24 octobre 2010, et Arrêté associé)*

**Evolution des zones concernées par
les dispositions constructives
parasismiques (Eurocode 8)**

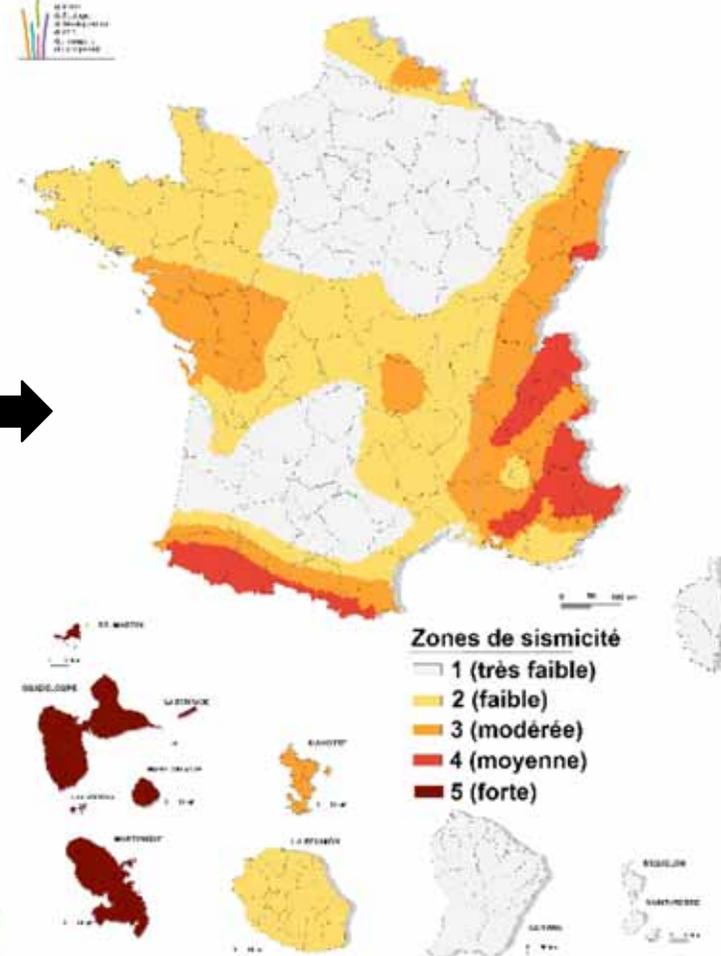
- III Forte
- II Moyenne
- Ib. Faible
- Ia. Très faible mais non négligeable
- O. Négligeable mais non nulle



Source : MEDD/PPRIS/DPHM, 2002.

**Zonage avant le 1er mai
2011**

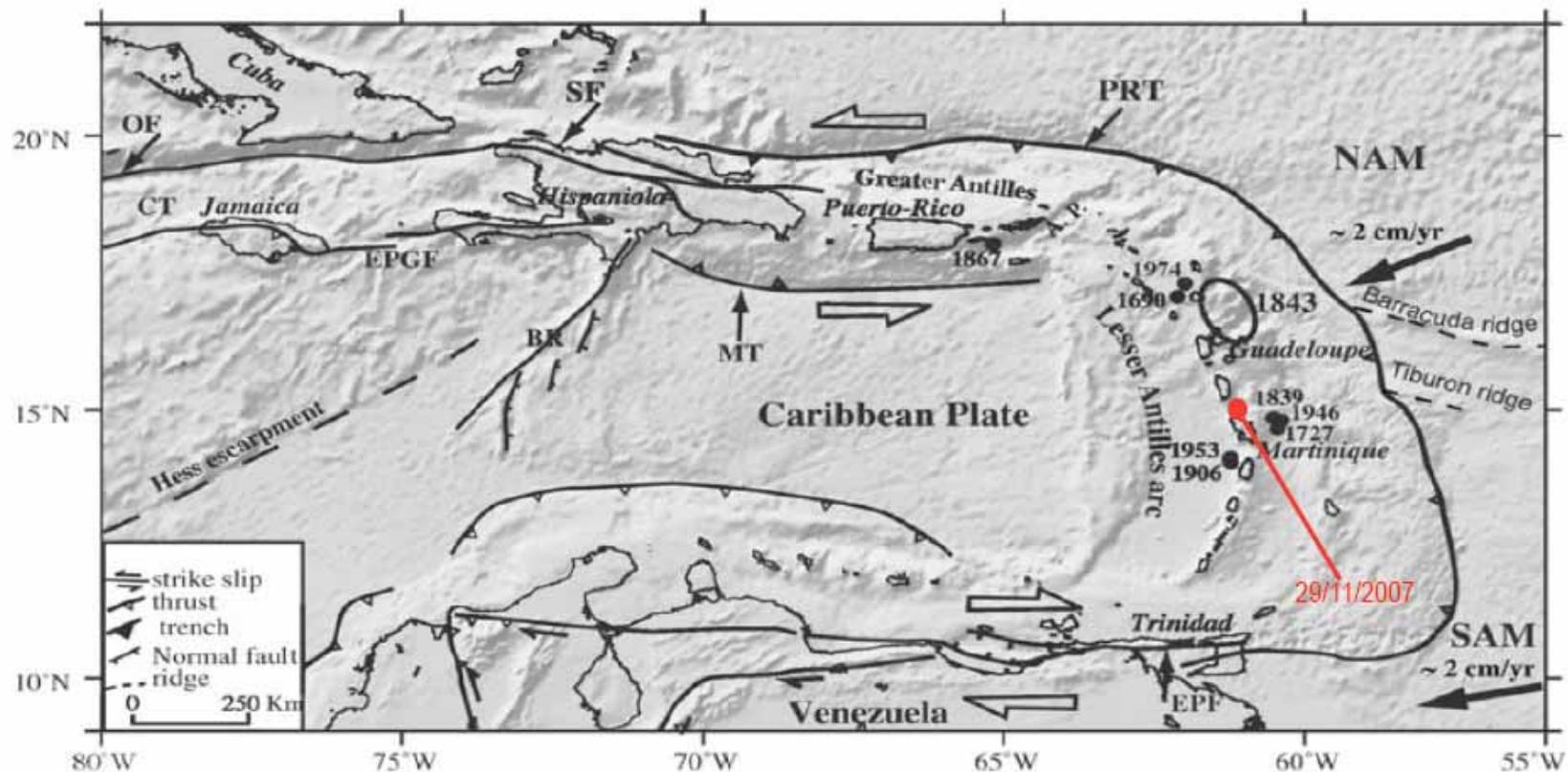
Nouveau zonage sismique de la France



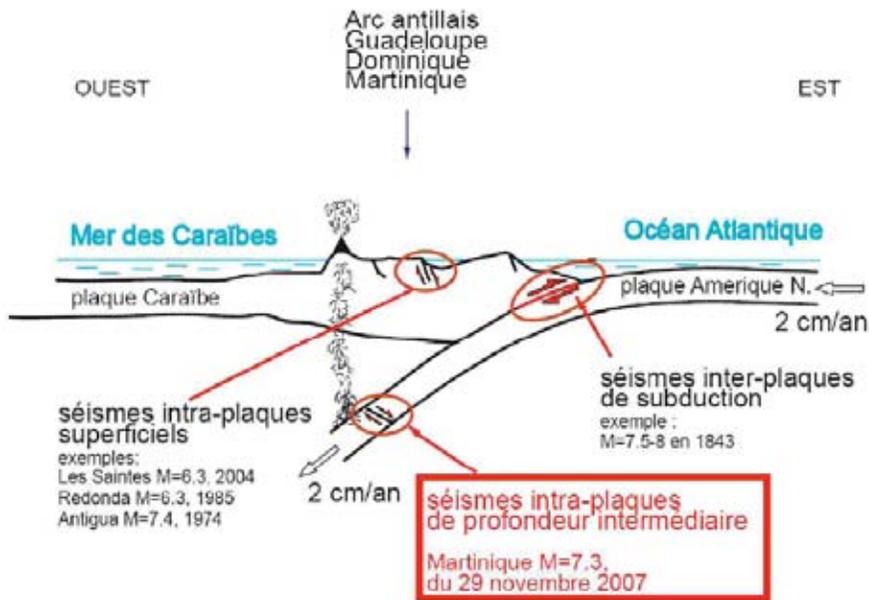
Zones de sismicité

- 1 (très faible)
- 2 (faible)
- 3 (modérée)
- 4 (moyenne)
- 5 (forte)





N. Feuillet, 2002, IPGP.

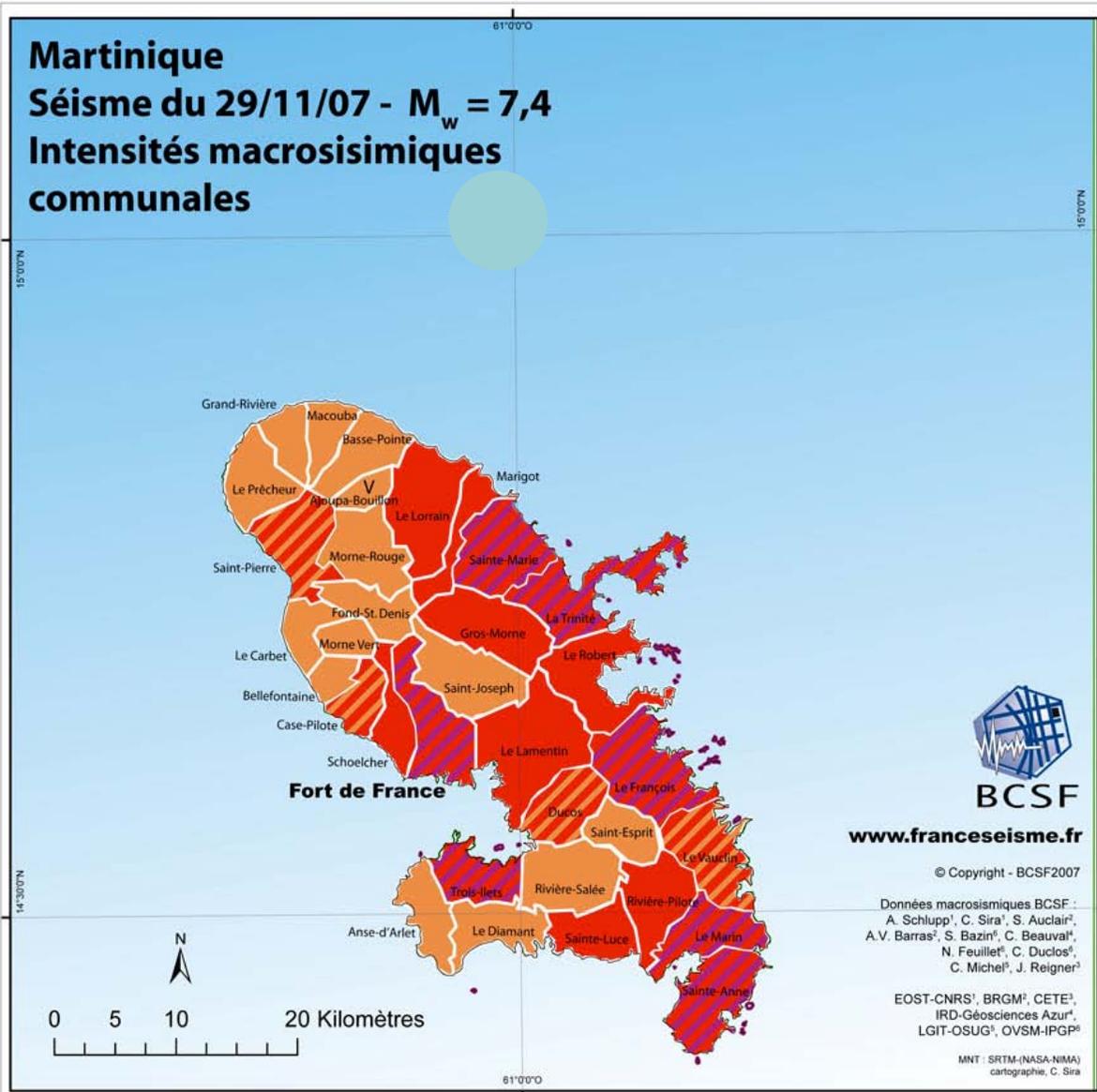


Les Antilles:
contexte de subduction océanique

- Forts séismes possibles (1843)

- Tsunami possible

Martinique
Séisme du 29/11/07 - $M_w = 7,4$
Intensités macrosismiques
communales



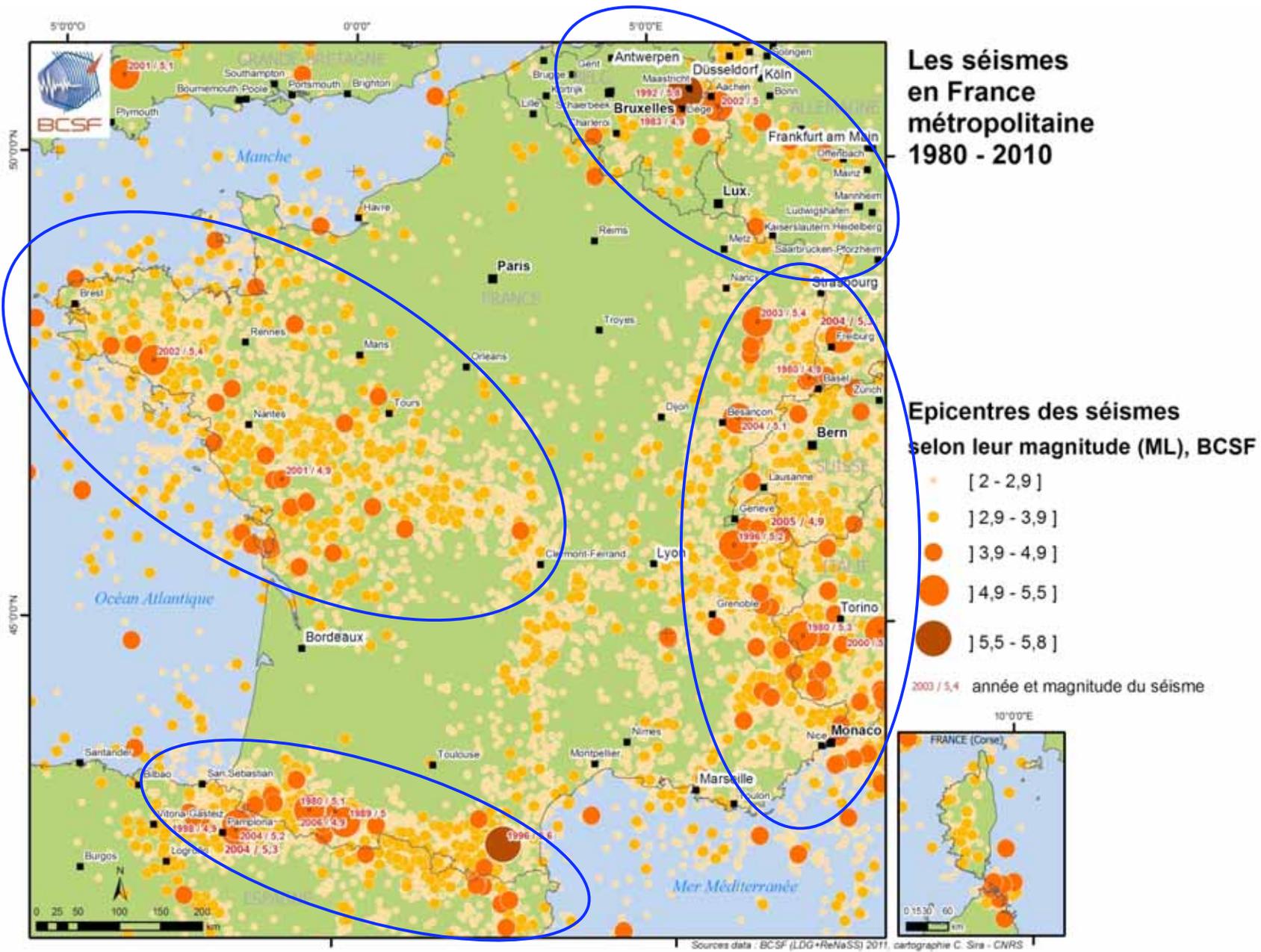
Intensités macrosismiques communales (EMS-98)

-  VII - dégâts
-  VI - dégâts légers
-  V - forte secousse (1^{er} effets sur les constructions)



Séisme des Antilles en 2007
Intensités entre
V et VII en Martinique,
IV et VI en Guadeloupe.

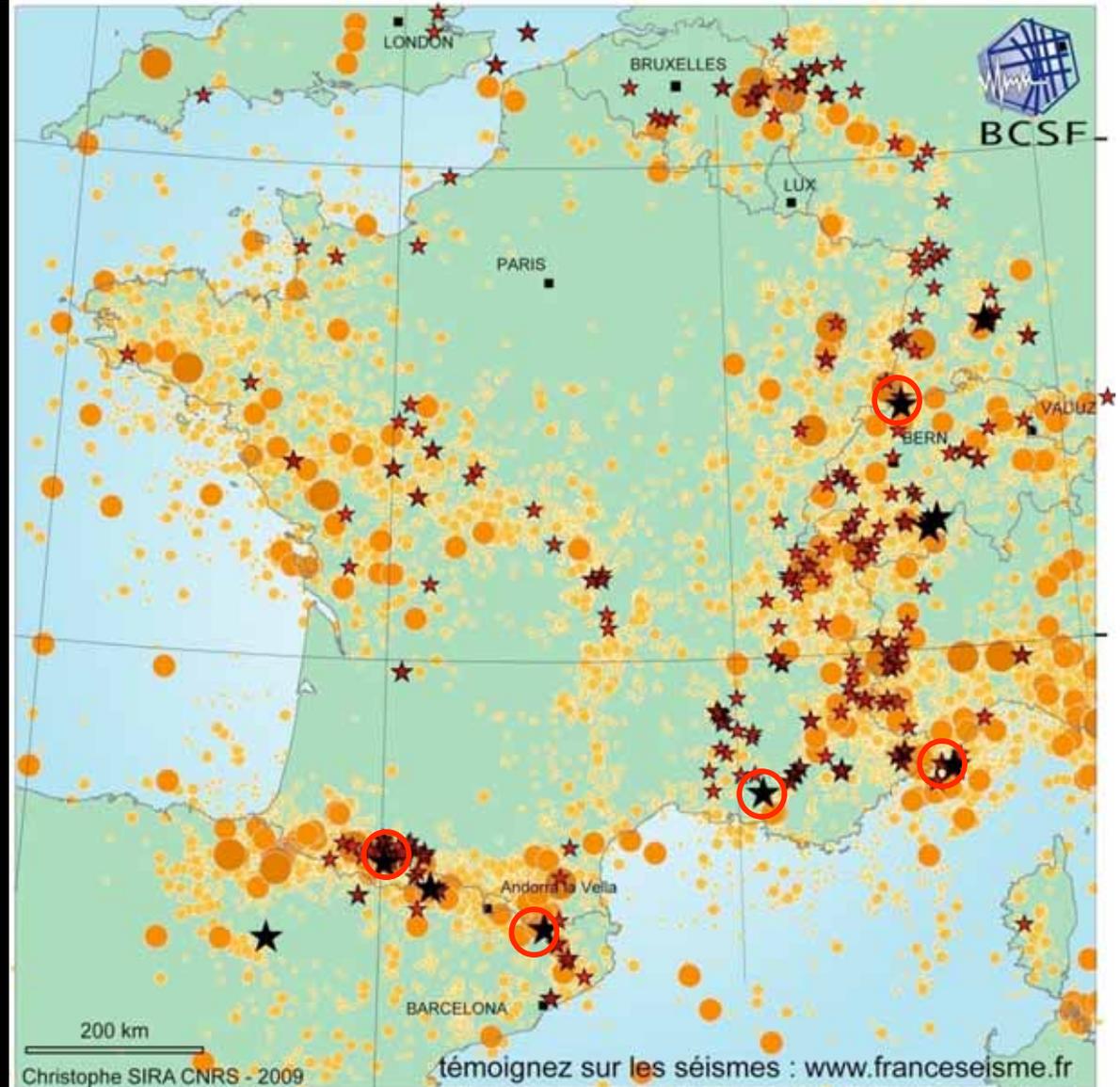




Sismicité instrumentale BCSF (ReNaSS-LDG)

Sismicité
instrumentale
(BCSF)
et historique
~1000 ans (Sisfrance)
(1964-2008)

1356 Bâle
1428 Catalogne
1660 Bigorre
1887 mer Ligure
1909 Lambesc



Séisme historique connu depuis 1000 ans
d'intensité supérieure ou égale à VIII
(Sisfrance)

- ★ IX - dommages généralisés aux constructions
- ★ VIII - destructions de bâtiments
- ★ VII - dommages aux constructions

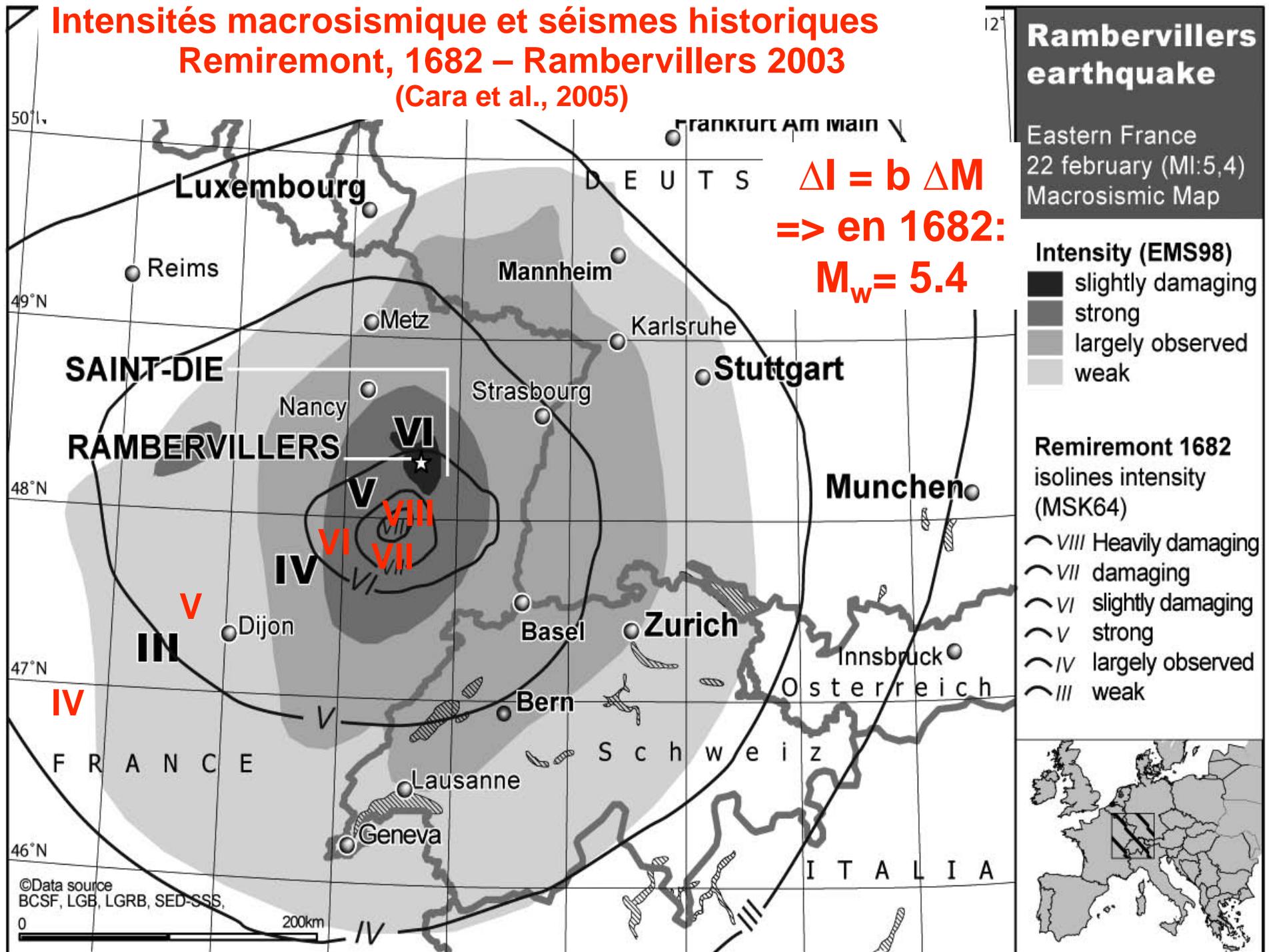
Séisme par magnitude
enregistré instrumentalement
de 1964 à 2008 (LDG-ReNaSS)

- supérieure ou égal à 5 (dommages légers)
- 4 - 4,9 (1er dommages)
- 3 - 3,9 (ressenti 30km sans dommage)
- 2 - 2,9 (à peine perceptible)

Intensités macrosismique et séismes historiques

Remiremont, 1682 – Rambervillers 2003

(Cara et al., 2005)



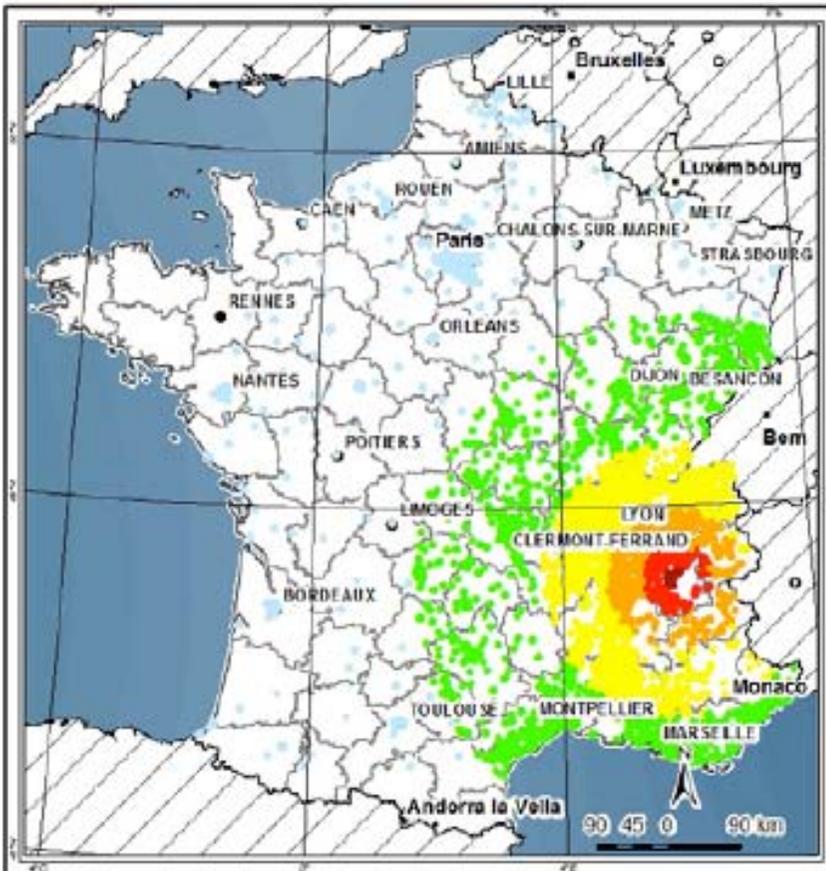
Séisme de Grenoble (Isère)
 14/04/2011 - 8h30 heure locale (6h30 TU) (magnitude 6)

Préfecture Isère 14 avril 2011



Carte d'intensités macrosismiques Internet
 d'après 15301 témoignages au 14/04/11 - à 12h30

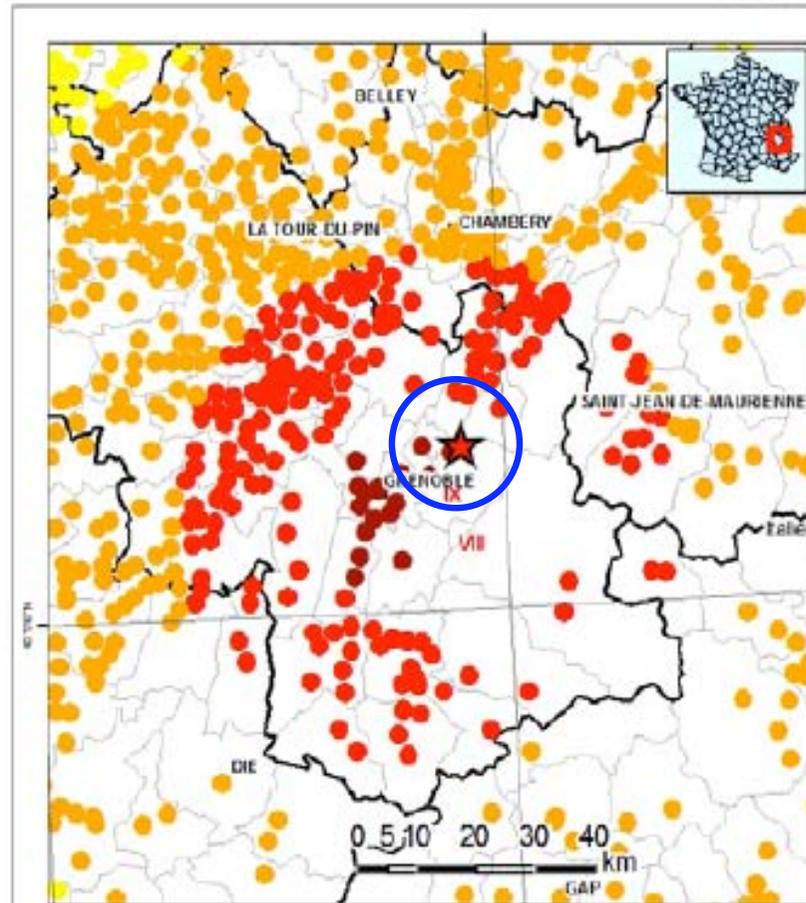
Exercice



Intensités macrosismiques Internet (EMS98)

- XII - catastrophe généralisée
 - XI - catastrophe
 - X - destructions importantes
 - IX - destructions
 - VIII - dégâts importants
 - VII - dégâts
 - VI - dégâts légers
 - V - forte secousse
 - IV - largement observé
 - III - faible
 - II - très faible
 - I - non ressenti
- ★ localisation du séisme par le Réseau
 - ▨ absence de données
 - ▭ frontière
 - ▭ limite départementale (France)

www.franceseisme.fr



Intensités macrosismiques Internet (EMS98)

- XII - catastrophe généralisée
 - XI - catastrophe
 - X - destructions importantes
 - IX - destructions
 - VIII - dégâts importants
 - VII - dégâts
 - VI - dégâts légers
 - V - forte secousse
 - IV - largement observé
 - III - faible
 - II - très faible
 - I - non ressenti
- ▭ intensités préliminaires estimées par informations de terrain
 - ★ localisation du séisme par le LDG
 - ▨ absence de données
 - ▭ limite cantonale (France)
 - ▭ limite départementale (France)

www.franceseisme.fr

Conclusions

- Sismicité instrumentale
 - Sismicité historique
 - Paléosismicité
 - Tectonique
- | => aléa probabiliste par zone
- | => magnitude maximum

Antilles:

un magnitude > 8 possible (zone de subduction) 1843?

France métropolitaine:

~ 1 magnitude 6 par siècle,
quelle magnitude maximale?

Approche probabiliste => impact économique
Magnitude maximale => événement rare mais...