

ZONAGE SISMIQUE DE LA FRANCE

De la même façon que l'on parle de crue décennale ou centennale pour exprimer le risque hydraulique, le risque sismique s'appuie sur une estimation de l'aléa sismique en fonction d'une période de retour. Tandis que pour les inondations les nombres sont ronds et représentatifs de périodes simples, celui du sismique est plus étonnant: on parle de période de retour de 475 ans. Pourtant ce chiffre a une signification mathématique puisqu'il représente la période de retours à considérer pour un événement qui a 10% de chance de se produire lors des 50 prochaines années.

Risque sismique et réglementation

La réglementation parasismique a émergé à la suite de grands tremblements de terre provoquant de grandes catastrophes humaines: celui de 1906 à San Francisco ou de Messine en 1908 ont amené les responsables à réfléchir à l'évaluation de l'aléa sismique. A l'époque, le manque d'enregistrement limitait la connaissance du mouvement du sol auquel on pouvait s'attendre en une région donnée. Cette lacune imposait non seulement de considérer un **mouvement du sol forfaitaire** (par exemple 0.1g, soit 10% de l'accélération due à la pesanteur) et de ne considérer que les zones qui avaient déjà subi des tremblements de terre. Selon ce principe, depuis réfuté, les séismes majeurs ne se produisent que là où ils se sont déjà produits, limitant ainsi la qualité de l'évaluation de l'aléa.

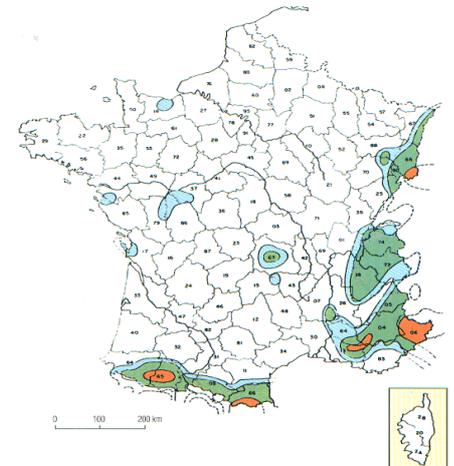
Avec la normalisation européenne, de nouveaux principes ont été adoptés afin de définir l'aléa sismique, de façon homogène en Europe: ce sont les documents **Eurocode** dont le volet 8 concerne les séismes, et communément nommé **EC8**. Cette normalisation impose certaines contraintes, avec au final un objectif clair: réduire les dommages et donc les pertes lors de tremblements de terre.

Selon l'EC8, la conception parasismique des constructions est définie afin d'assurer la **protection des vies humaines, la limitation des dommages aux structures et la continuité opérationnelle des constructions importantes pour la sécurité civile**. On associe ainsi un niveau sismique à un objectif de comportement selon l'importance du bâtiment, importance définie selon le nombre de victimes potentielles en cas d'effondrement et les conséquences induites en cas de dysfonctionnement post-sismique.

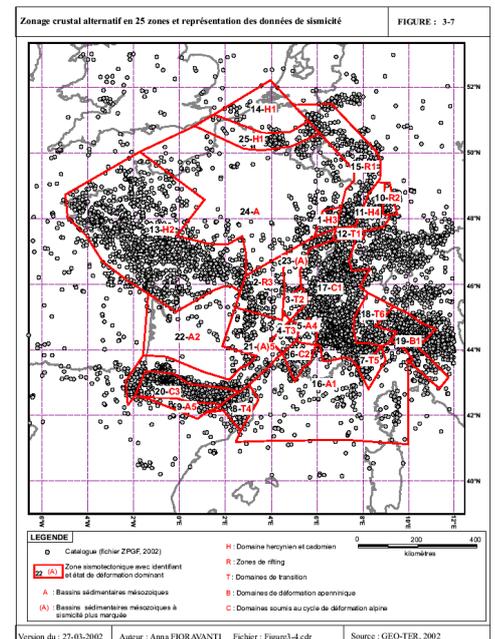
Afin d'être conforme, la structure nouvelle doit être conçue et construite pour résister, sans effondrement local ou global, à un **mouvement du sol de référence**, où que l'on se trouve sur le territoire français. La structure doit en outre, après cet événement, conserver une capacité de résistance résiduelle notable (notamment vis-à-vis des charges permanentes, pour pouvoir résister à une réplique). Il faut donc pouvoir évaluer l'agression sismique, définie comme l'action sismique de référence, selon la fonction et les objectifs de comportement associés à la structure mais aussi en fonction du **risque que l'on accepte de prendre durant la vie de l'ouvrage**, et cela où que l'on soit sur le territoire: c'est le principe du zonage sismique réglementaire.

Zonage sismique de la France

Le zonage sismique de la France s'appuie sur le principe de l'approche probabiliste: cette dernière consiste à évaluer la possibilité (ou probabilité) d'observer un mouvement sismique de référence sur une période donnée et contre lequel se protéger. Cette approche, largement utilisée dans le monde, suit trois étapes: la reconnaissance des zones sismogènes capables de générer des séismes, puis pour chacune des zones le développement d'un modèle de sismicité afin d'estimer les taux annuels d'occurrence des magnitudes possibles, et enfin la sélection d'un modèle de prédiction du mouvement du sol permettant d'estimer le mouvement du sol produit par ces séismes..



Zonage PS92. Le zonage ancien de la France dit des PS92, définit les zones les plus sismiques (en orange et vert) en fonction des séismes anciens connus s'étant produits. On retrouve les séisme de Bâle dans l'Est, de Lambesc et du Golf de Gènes vers le Sud-Est, de Catalogne et d'Arudy dans les Pyrénées.



Découpage tectonique. Exemple de découpage tectonique proposé par GEOTER lors de la réalisation du zonage EC8. Les zones mettent en évidence les secteurs les plus actifs, représentés par la localisation des épicentres des séismes anciens.

ZONAGE SISMIQUE

Identifier les zones potentiellement capables de générer un séisme. Selon la connaissance de la tectonique active de la région concernée, les zones où peuvent se produire des séismes sont identifiées le long des failles reconnues comme étant actives. Dans le cas de la France où la sismicité est diffuse et les failles mal connues, il convient de considérer des zones couvrant des régions vastes mais homogènes d'un point de vue tectonique. En fonction de la sismicité observée sur chaque zone, constituée des séismes passés (catalogue historique, période pré-instrumentale) et de la sismicité récente (catalogue instrumental fourni par les réseaux de surveillance), il est possible d'établir une relation de récurrence pour la sismicité. Elle fournit les taux annuels des magnitudes pouvant se produire dans une zone source.

Taux d'occurrence des séismes. Sur chaque zone, on peut estimer un nombre moyen annuel de séismes. Gutenberg et Richter montrèrent en effet en 1944 que ce nombre décroît selon une loi logarithmique de la forme :

$\log_{10} N = a - bM$ où N est le nombre de séismes par an, a et b des coefficients qui dépendent de la région et du niveau de sismicité.

A l'aide de ces informations, il est possible de définir les magnitudes maximales et minimales à prendre en compte pour l'estimation de l'aléa sismique.

Estimation du mouvement du sol. En fonction du taux annuel d'occurrence des séismes de chaque magnitude, des modèles de prédiction du mouvement du sol permettent d'estimer les mouvements du sol que peuvent produire les séismes futurs dans ces zones de sismicité diffuse. Ces modèles, abusivement appelés lois d'atténuation, sont établis en fonction des données collectées par les réseaux de surveillance. En respectant quelques précautions mathématiques, il est alors possible de connaître le **taux d'occurrence** de l'accélération du sol contre lequel se protéger partout sur la zone d'étude.

Modèle d'occurrence des séismes dans le temps. Les séismes sont supposés se produire de façon indépendante dans le temps: la possibilité qu'un séisme survienne ne dépend donc pas du temps écoulé depuis le dernier séisme s'étant produit. Cette affirmation conduit à considérer un modèle de Poisson qui permet d'estimer la probabilité P qu'un phénomène se produise au moins une fois pendant une période t selon la relation: $P = 1 - e^{-t/T}$.

Puisque la sismicité suit ce **modèle de Poisson**, l'accélération engendrée également. L'Autorité Nationale, considérant l'impact économique qu'elle engendre, impose que l'agression sismique de référence corresponde à une probabilité de dépassement sur **50 ans** (t) de **10%** (P), ce qui conduit à considérer une période de retour T de **475 ans**. 50 ans correspond à la durée de vie moyenne d'un ouvrage. Il est également possible de calculer cette probabilité pour des périodes de retour plus longs.

Pour certains types de construction ayant une importance pour la sécurité civile et pour lesquels une continuité de service est nécessaire, on amplifie l'accélération du sol contre laquelle se protéger. Ceci revient à augmenter la période de retour (ou diminuer la probabilité de dépassement sur une période donnée). Les constructions sont ainsi classées en «classes d'importance» et une valeur est affectée à chaque classe. Il en va de même selon la qualité des sols.

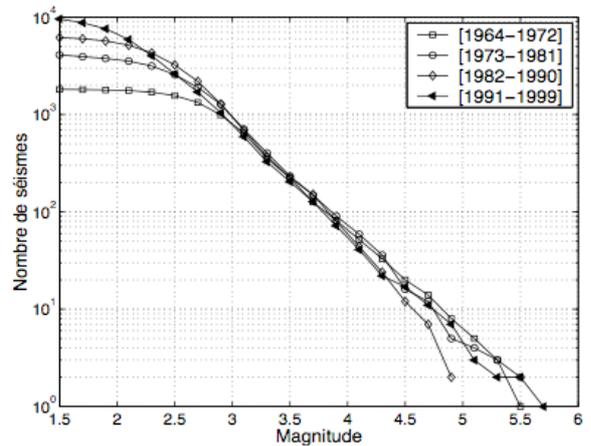
Avec les zones sismogènes, les niveaux de sismicité et les valeurs de référence, on obtient le zonage réglementaire de la France auquel se référer pour toute construction neuve.

En savoir plus.

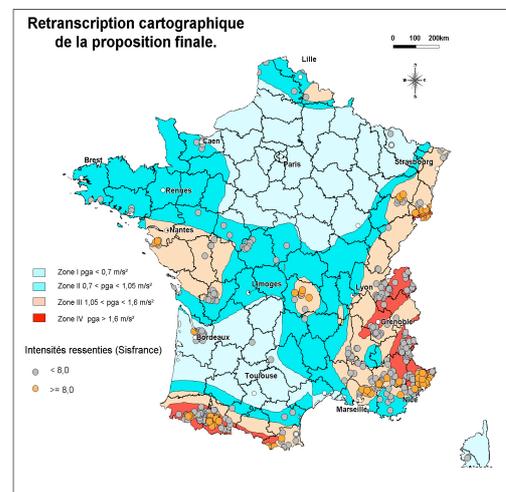
Beauval, C., Thèse de doctorat, 2003. <http://www-lgit.obs.ujf-grenoble.fr/~beauval/>

Le site du Plan séisme du ministère de l'écologie. <http://www.planseisme.fr/>

Les règles EC8. <http://www.eurocode1.com/fr/eurocode8.html>



Modèle de sismicité en France. Les courbes de Gutenberg-Richter ($\log_{10}N=a-bM$) calculées sur quatre périodes du catalogue de sismicité instrumentale du Laboratoire de Détection Géophysique du CEA montre que la sismicité est stable sur la France (d'après Beauval, 2003).



Ebauche du nouveau zonage EC8 de la France. Contrairement à la carte PS92 (déterministe), cette carte (probabiliste) intègre l'ensemble des connaissances des sismologues et des tectoniciens, traduisant l'importance des zones les plus sismiques, au détriment des événements historiques seuls.

LE SÉISME CONTRE LEQUEL SE PROTÉGER NE REVIENT PAS TOUS LES 475 ANS. Afin de mieux tenir compte du caractère aléatoire des tremblements de terre, la période de retour de 475 ans correspond à une probabilité de 10% de connaître une accélération réglementaire sur 50 ans, la durée de vie d'un ouvrage. Les séismes sont indépendants les uns des autres et la durée entre deux événements peut être plus longue... ou plus courte. Mais cette probabilité devient alors plus faible.