

« En France on ne risque rien :  
il n'y a que des petits séismes. »

*«Mais même dans le cas d'une prévision réussie,  
on restera impuissant pour éviter la destruction [...] si des mesures adéquates ne sont pas prises dans le domaine de la construction parasismique.*

Raül Madariaga, Guy Perrier. *Les Tremblements de terre, 1991*

Comparée à d'autres pays comme la Grèce, la Turquie ou l'Iran, la France connaît une sismicité très modérée. L'essentiel de la sismicité est liée au contexte de convergence entre l'Afrique et l'Europe, mais la frontière est peu nette : la sismicité est diffuse.

La France s'est dotée de plusieurs réseaux de surveillance sismique dès les années 60. La sismicité instrumentale enregistrée depuis montre que l'ensemble du pays, à l'exception des bassins parisien et aquitain, connaît des séismes de faible à moyenne magnitude : Arette (Pyrénées-Atlantiques), le 13 août 1967, de magnitude 5,3 ; Saint-Paul-le-Fenouillet (Pyrénées-Orientales), le 1<sup>er</sup> février 1996, de magnitude 5,3 ; Annecy (Haute-Savoie) le 15 juillet 1996, de magnitude 5,2. Ce dernier a provoqué la chute de quelques centaines de cheminées. Rien à voir avec les catastrophes qui se produisent à l'étranger. Le séisme de Besançon (2004), de magnitude 4,8, a été ressenti par une large partie de la France, sensibilisant encore un peu plus la population à la notion de risque sismique. Si la sismicité demeure modérée dans notre pays,

sommes-nous pour autant à l'abri de séismes plus importants ? 50 ans de sismicité instrumentale ne suffisent pas à déterminer les caractéristiques moyennes de la sismicité en France. Pour tenter une comparaison, ce serait comme essayer de reconnaître une œuvre musicale en écoutant juste quelques notes...

Comment compléter notre connaissance de la sismicité ? Encore une fois, c'est en se tournant vers le passé que les scientifiques, sismologues\* et géologues, ont pu améliorer cette connaissance. On parle de sismicité historique et de paléosismicité. Celle-ci couvre une période de plusieurs milliers d'années, alors que la première recouvre les cinq ou six derniers siècles d'histoire. Les témoignages et récits de séismes sont compilés, confrontés, vérifiés, et validés. On dresse ainsi un catalogue des séismes qui ont eu lieu pendant la période historique. Nous ne disposons évidemment pas des enregistrements de ces séismes, et le problème est de leur affecter une magnitude, pour ensuite les comparer aux séismes instrumentés. Les récits permettent de déterminer l'étendue de la zone de dégâts et la distance jusqu'à laquelle les séismes historiques ont été ressentis. On leur affecte alors une intensité macrosismique, notée en chiffres romains, sur une échelle de I à XII. Les sismologues utilisent ensuite des relations empiriques pour passer de l'intensité du séisme à sa magnitude. On sait donc qu'en France, il y a eu des séismes plus importants que ceux enregistrés ces 50 dernières années. Déjà en 1909, à Lambesc, en Provence, un séisme de magnitude 6 a tué 40 personnes, et détruit plusieurs villages. Juste à notre frontière, à Bâle, en 1356, un séisme d'intensité X, de magnitude estimée à plus de 6,5, a secoué l'Europe entière.

La paléosismicité permet de remonter encore plus

loin dans le temps. Il s'agit cette fois d'identifier les failles\* dangereuses, qui glissent encore ou dont on sait qu'elles ont glissé par le passé. Pour déterminer l'histoire de la faille, on creuse une tranchée qui révèle ainsi les structures associées aux séismes passés. La datation des événements se fait grâce au Carbone 14. En France, on a identifié la faille de Courthezon (dans le département du Rhône) qui a connu un séisme de magnitude supérieure à 6 ! C'est comparable à ce que la Turquie a expérimenté en 1999. Ce genre de catastrophe potentielle n'est heureusement pas courant en France. Le temps de retour qui lui est associé est supérieur à 5 000 ans.

Les principales étapes de la détermination du risque sismique en France comprennent donc la cartographie des failles principales (aspect tectonique) et la compilation des données sismiques (historique et instrumentale). On définit un zonage sismotectonique. Il comprend plusieurs classes, qui représentent un risque plus ou moins élevé. On retrouve essentiellement le fait que les zones à risque sont les régions montagneuses où se concentre l'activité sismique, modérée, de la France. Cette approche est très déterministe. À l'heure actuelle, c'est une spécificité française. Les autres pays européens développent une approche probabiliste. Les chercheurs représentent le risque par le produit de deux termes. D'un côté l'aléa, qui mesure en quelque sorte les probabilités des différents mouvements du sol ; de l'autre la vulnérabilité, qui représente l'aspect humain : résistance des bâtiments, densité de population, etc... La vulnérabilité n'a rien de probabiliste, car les bâtiments sont ce qu'ils sont, et la densité de population varie parfois beaucoup, mais de façon contrôlée en France. En ce qui concerne l'aléa, les études sont

plus délicates. Il s'agit d'estimer le mouvement du sol caractérisé, notamment, par son accélération. Pour ce faire, la France a développé un réseau national qui enregistre l'accélération du sol due aux séismes modérés en France. C'est le Réseau Accélérométrique Permanent (le RAP). Les enregistrements permettent de déterminer les lois d'atténuation, c'est-à-dire la dépendance du maximum de déplacement, ou d'accélération, en fonction de la distance au séisme. Le réseau a ainsi montré une grande variabilité des enregistrements, d'où la nécessité d'introduire un aspect aléatoire, et d'estimer les probabilités des amplitudes possibles du mouvement du sol. Un résultat très important est lié à la variabilité de la réponse du sol, pour un même séisme, à la même distance, en fonction de la nature du sous sol et de la structure. Ainsi, il a été montré que les effets d'un séisme sont beaucoup plus importants dans les bassins sédimentaires, tel celui de Grenoble, que sur les montagnes environnantes constituées de roches compactes. On note à la fois une amplification du mouvement du sol (par un facteur 5 à 10) et un allongement de la durée du signal sismique. Ces deux paramètres sont importants pour le dimensionnement des bâtiments, car ils influent sur la résistance de la structure. Du point de vue des séismes, il vaut mieux habiter sur la roche dure que sur le bassin sédimentaire, plus mou. La raison en est que la structure du bassin crée un effet de résonance des ondes : à l'inverse de ce que l'on aurait pu croire, les sédiments n'amortissent pas les ondes sismiques mais les amplifient. On classe cet effet parmi les effets dits de site. Les autres classes d'effets liés à la source du tremblement de terre sont : l'orientation de la faille, la magnitude du séisme, la directivité de la rupture. Viennent ensuite les effets liés à la propagation des ondes sismiques dans la croûte\* et

le manteau\* sous-jacent. Tous ces effets, plus ou moins bien compris et estimés, influent sur l'aléa sismique d'une région. Les incertitudes sont parfois aussi grandes que les mesures, ce qui rend délicate l'estimation du risque sismique.

Une fois ce risque établi, il faut repenser la construction des bâtiments. Les nouvelles constructions peuvent être rendues parasismiques pour un faible surcoût. Quant aux anciennes constructions, elles attendront. En Turquie, il faut 5 000 euros par logement pour renforcer les bâtiments non conformes. En France, la priorité doit être mise sur les bâtiments publics, les écoles et les hôpitaux notamment, les centres de secours, les casernes de pompiers ensuite. Cependant, pas d'affolement : les constructions en France, même non parasismiques, sont bien faites, et résistent sans problème à la sismicité modérée du pays.

#### La Terre s'ouvre pendant les séismes

C'est une idée très répandue que, lors d'une secousse sismique, la Terre s'ouvre et avale les hommes et les femmes bien infortunés de s'être trouvés là, au mauvais endroit, au mauvais moment. Cette idée est très probablement associée, au moins dans nos sociétés, à la notion de justice divine : Sodome et Gomorrhe sont détruites en raison des péchés de leurs citoyens. De la même façon, le Saint Graal est avalé par la Terre avec les méchants qui tentent de le dérober dans le dernier opus des aventures d'« Indiana Jones ».

Au-delà de cette vision empreinte de religiosité, que peut-on dire ? Un premier argument concerne la taille des séismes. En dessous de la magnitude 6, les tremblements de terre n'atteignent pas la surface. La Terre ne peut donc

→

pas s'ouvrir. Tout au plus, on constatera quelques fissures dans le sol, plus ou moins ouvertes de quelques centimètres. Mais alors qu'en est-il lors de plus gros séismes ? Au-delà de la magnitude 6, la rupture peut atteindre la surface et y provoquer un décalage horizontal et/ou vertical de quelques mètres. Dans tous les cas observés jusqu'à présent, il n'y a pas d'ouverture significative de la Terre, pas de fissure béante qui entraînerait les hommes vers les enfers, hormis les déformations superficielles du sol. Pourquoi en est-il ainsi ? Il faut revenir à ce que l'on connaît de la physique des séismes. Les mouvements du sol enregistrés par les sismomètres autour du séisme ne sont pas compatibles avec l'ouverture de la faille, même en profondeur. Bien au contraire, ces mouvements ne sont compatibles qu'avec le coulissage de deux blocs le long du plan de faille. Un séisme est donc un phénomène de glissement rapide le long d'un plan de faille. Par conséquent, si les risques sont nombreux en cas de tremblement de terre, il est peu probable d'être avalé par la Terre...