

# Feuille d'information

Octobre 2011

## La sûreté sismique des centrales nucléaires

**Un énorme tsunami a ravagé le nord-est du Japon le 11 mars 2011. Quelque 20 000 personnes ont été emportées par les flots. La centrale nucléaire de Fukushima-Daiichi a elle aussi été inondée. Il en est résulté d'importantes émissions de substances radioactives. Le tsunami a été déclenché par un séisme de très forte magnitude. La menace de tremblements de terre est bien moins importante en Suisse. Ce danger naturel a néanmoins été pris en compte à titre préventif lors de la construction de nos centrales nucléaires, et les dispositifs de protection sont améliorés en permanence.**

### Quel danger menace la Suisse?

La Suisse est située dans une zone de basse à moyenne activité, soit dans une zone de transition entre une région à activité sismique élevée (Italie, Grèce) et une zone calme dans le nord de l'Europe. Le sous-sol de la Suisse et de ses environs proches se caractérise par un éperon septentrional de la zone de collision entre les plaques eurasienne et africaine, et également par la zone de fracture du Rhin supérieur au

nord de Bâle. Ces deux zones d'instabilité tectonique constituent la principale raison des tremblements de terre en Suisse.

Les éléments déterminants des dégâts que subissent les constructions en cas de tremblement de terre sont les énergies qui se dégagent alors en surface, la durée de l'impact et les accélérations qui se produisent dans ce cas. Ces dernières sont mesurées en mètres par seconde au carré ( $m/s^2$ ) ou en g (accélération normale de la terre:  $9,81 m/s^2$ ). La direction des accélérations, ainsi que les oscillations (exprimées en hertz = nombre d'oscillations par seconde) jouent également un rôle important.

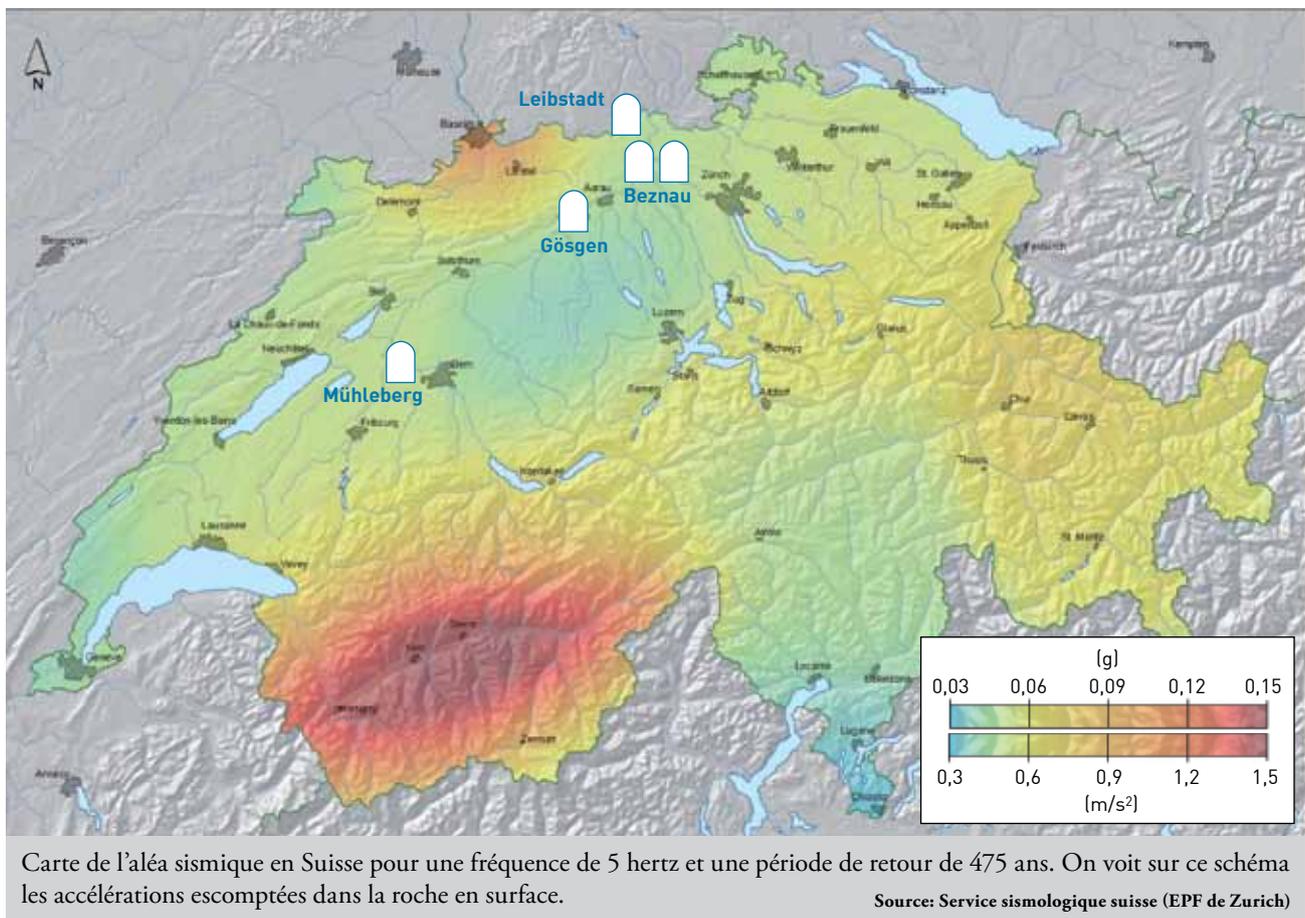
Le risque sismique à un endroit particulier se détermine par la force de chocs à escompter en surface en corrélation avec leur fréquence moyenne (période de retour) pendant une durée précise.

### Quelle est la fréquence des forts tremblements de terre?

Fin 2004, le Service sismologique suisse de l'EPF de Zurich a publié des cartes d'aléa sismique actualisées fondées sur les méthodes



Séismes: la Suisse se trouve dans une zone de faible à moyenne activité.



d'évaluation les plus modernes. La carte ci-dessus montre les accélérations dans la roche qui sont pertinentes pour des bâtiments de plusieurs étages. Dans les régions bleues et vertes, les spécialistes ne s'attendent qu'à des secousses faibles en moyenne. Dans les régions orange et rouge foncé comme dans le Valais par exemple, ils escomptent par contre des accélérations plus fortes et des événements plus sévères qui correspondent, par comparaison internationale, à un niveau de danger moyen. Pour les tremblements de terre très forts survenus au Japon ou à Taiwan, on a mesuré des accélérations dans la roche déjà supérieures à 0,5 g.

La carte montre que les centrales nucléaires suisses sont implantées dans des zones sismiques plutôt calmes – ce qui ne veut pas dire que de graves tremblements de terre ne peuvent pas s'y produire, même si ce n'est que très rarement. Pour ces zones calmes avec des périodes de retour de 10 000 ans, les experts escomptent des accélérations caractéristiques de 0,2 à 0,26 g.

### Quel est le rôle des normes de construction?

Les tremblements de terre ne peuvent être ni empêchés, ni prédits de manière fiable quant au lieu et au moment de leur occurrence. C'est la raison pour laquelle la protection contre les séismes se concentre sur la prévention, ou au moins sur l'atténuation des conséquences. Ce ne sont pas les tremblements de terre qui tuent, mais les incendies et l'effondrement de bâtiments. Le risque auquel est exposée la population provient d'une part de l'aléa sismique (intensité et fréquence), et d'autre part de la vulnérabilité des bâtiments. Or on constate systématiquement que la résistance des bâtiments dépend essentiellement de leur mode de construction et du terrain de fondation.

En 1970, la Suisse a introduit pour la première fois dans les normes de construction des dispositions relatives à une protection minimale contre les séismes. Ces normes ont été modernisées depuis à plusieurs reprises.

Des prescriptions beaucoup plus sévères s'appliquent pour les bâtiments spéciaux tels

les barrages-réservoir et les centrales nucléaires. Ces dispositions étaient déjà en vigueur avant 1970, lorsque les premières centrales nucléaires ont été construites en Suisse.

### A quelles prescriptions les centrales nucléaires sont-elles soumises?

Comme telle est la norme au niveau international, deux catégories de séismes s'appliquent en matière de planification, de construction et de remise à niveau des centrales nucléaires suisses: le séisme majoré de sécurité (SSE, Safe Shutdown Earthquake), et le séisme de maintien en exploitation (OBE, Operational Basis Earthquake). Le SSE correspond à un séisme dont la fréquence sur un site donné se situe aux alentours d'une fois en 10 000 ans.

Selon la pratique américaine, on admet pour l'OBE une force égale à la moitié de celle du SSE. Sur la base des expériences internationales actuelles, la période de retour moyenne pour l'OBE varie entre 200 et 400 ans. Les centrales nucléaires suisses sont projetées, construites et rééquipées de manière à pouvoir résister sans dégâts à un OBE et continuer d'être exploitées.

Par ailleurs, les composants de l'installation importants pour la sûreté, à savoir le bâtiment réacteur et les systèmes de secours d'urgence, sont conçus pour résister à un SSE, beaucoup plus rare. Ils résisteraient sans peine à un séisme d'une magnitude comparable à celui de Bâle en 1356 (voir encadré) survenant dans leurs environs immédiats. Si des dégâts se produisaient après un tel séisme, il serait toujours possible d'arrêter le réacteur de manière sûre et d'évacuer la chaleur résiduelle. Aucune irradiation significative de l'homme ou de l'environnement n'interviendrait.

Des appareils d'enregistrement des séismes sont installés dans toutes les centrales nucléaires. Si des systèmes importants pour la sûreté sont touchés par un séisme, le réacteur est mis à l'arrêt et on doit vérifier si l'installation a subi des dégâts avant de pouvoir la remettre en service.

Les expériences recueillies dans le monde montrent que le terrain a une grande influence sur les conséquences du séisme. Pour cette raison, une grande importance est attachée aux fondations des bâtiments lors de la construction de centrales nucléaires.

### Comment indique-t-on la force d'un séisme?

La **magnitude** permet de mesurer l'énergie libérée au cœur du séisme (épicentre). On la calcule actuellement le plus souvent en magnitude de moment ( $M_w$ ), qui remplace l'échelle de Richter bien connue. Le tremblement de terre de Sumatra par exemple, survenu le 26 décembre 2004, qui a déclenché un tsunami catastrophique, avait une magnitude de 9,1. Le tremblement de terre le plus grave qui s'est produit en Suisse à Bâle en 1356 a probablement atteint une magnitude de 6,5 à 6,9.

L'**intensité** décrit les dégâts provoqués par un tremblement de terre en surface à un endroit précis et est donc fonction de l'éloignement de l'épicentre et des caractéristiques du sous-sol. On utilise le plus souvent l'échelle modifiée de Mercalli, une échelle graduée de 12 degrés en chiffres romains. A partir des intensités V à VI, de premiers dégâts légers surviennent sur les bâtisses. En cas d'intensité IX et plus, les immeubles s'effondrent ainsi que de grands pans de roches. Depuis le Haut Moyen Age, la Suisse a connu plusieurs séismes d'une intensité de jusqu'à VIII (par exemple la vallée de Viège en 1855). Le pire a été celui de Bâle en 1356, qui a probablement atteint une intensité IX dans le centre de la ville, largement détruit.



La protection sismique, une tâche permanente: analyse géotechnique du sol dans une centrale nucléaire suisse.

Photo: KKG

Dans leurs calculs sur la protection anti-sismique des bâtiments, les ingénieurs procèdent de manière conservatrice, c'est-à-dire avec des marges de sécurité supplémentaires. Il en résulte que dans la pratique, les installations nucléaires sont encore plus résistantes que ce qui figure dans le dossier de conception.

Du fait de toutes ces dispositions, les centrales nucléaires comptent parmi les constructions les plus résistantes aux séismes en Suisse.

### **Qu'en est-il de la sûreté dans les régions classiques de séismes?**

Contrairement à la Suisse, et pour prendre les exemples de la Californie et du Japon, ces deux pays sont situés dans les zones sismiques les plus actives de la terre. Le danger accru de séismes et le risque éventuel de tsunamis doivent être pris en compte dans le choix du site et dans les prescriptions techniques.

Le 11 mars 2011, 15 tranches nucléaires ont été touchées sur cinq sites par le séisme le plus fort jamais enregistré dans l'histoire du Japon. Comme prévu, les secousses ont déclenché l'arrêt automatique des réacteurs en service, et toutes les installations ont été sécurisées immédiatement après le séisme. Alors que sur les 15 tranches, 11 ont résisté au tsunami déferlant une demi-heure plus tard, l'inondation de la centrale nucléaire de Fukushima-Daiichi a provoqué un accident majeur entraînant d'importants rejets de substances radioactives.

L'analyse de cet accident montre que le danger de gros tsunamis a été sciemment sous-estimé. Construite dans les années 1970, la centrale de Fukushima-Daiichi n'a jamais été rééquipée en profondeur, ses systèmes de sûreté n'étant de surcroît pas protégés contre les crues. Dans son premier rapport intermédiaire, le gouvernement japonais confirme les lacunes de la culture de sûreté nucléaire.

### **Danger sismique en Suisse: quoi de neuf?**

Les exploitants et les autorités de surveillance suisses s'efforcent de soumettre la sûreté des installations nucléaires à un contrôle perma-

nent, à la lumière du progrès des connaissances en la matière, et éventuellement d'améliorer cette sûreté. Ceci s'applique naturellement aussi à l'aléa sismique. Les exploitants suisses de centrales nucléaires ont ainsi lancé en 1999 le projet «Pegasos», dans lequel ils ont investi jusqu'à présent quelque 10 millions de francs. Ce projet permet aux exploitants d'approfondir encore leurs connaissances, déjà étendues, sur l'aléa sismique en Suisse.

Les bases des risques sismiques démontrés jusqu'à ce jour ont été établies au milieu des années 1970. L'introduction, dans les années 1980, des Etudes probabilistes de sûreté (EPS), a augmenté les exigences posées en matière de séismes de très faible occurrence. Pegasos permet de redéfinir le risque selon les méthodes les plus avancées et d'inclure les imprécisions antérieures dans les modèles de calcul. L'objectif du projet est d'évaluer l'impact de séismes extrêmement rares susceptibles de se produire avec une vraisemblance d'une fois en 10 millions d'années. Il a été fait appel ici à des spécialistes des sciences de la terre et à des ingénieurs suisses et étrangers.

Avec le projet «Pegasos», la Suisse fait œuvre de pionnier. Il s'agit de la première étude de cette nature en Europe. Elle est actuellement en train d'être affinée. Les connaissances acquises jusqu'à présent sont continuellement intégrées dans les améliorations du bâti des centrales nucléaires en ce sens qu'il en est systématiquement tenu compte lorsque les centrales sont modernisées ou quand on en construit de nouvelles.

### **Nouveau contrôle**

Après l'accident majeur au Japon, l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) a ordonné aux exploitants de nos centrales nucléaires de contrôler si l'aptitude de leurs installations à maîtriser des séismes et des crues très rares (occurrence de 10 000 ans) pouvait encore être améliorée. La preuve de la maîtrise d'une crue a été présentée fin août 2011 pour toutes les centrales. Celle de la maîtrise d'un séisme très rare et d'un grave séisme combiné à la rupture de barrages devra être apportée d'ici fin mars 2012.