

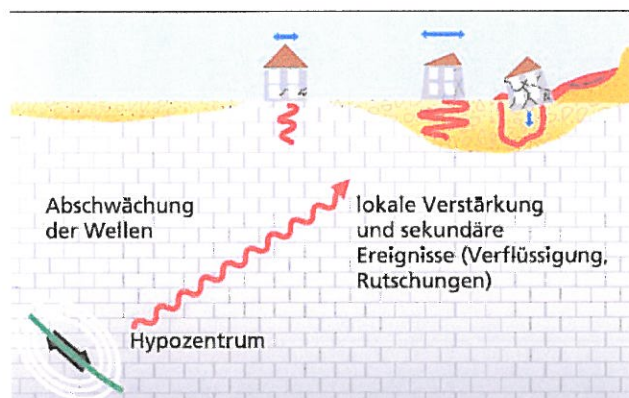


> Le microzonage sismique

L'intensité et la durée des secousses sismiques à un endroit dépendent dans une très large mesure des propriétés du sol de fondation local. Les cartes et les courbes d'aléa sismique du Service sismologique suisse SED livrent des valeurs des paramètres de l'aléa sismique sur un rocher de référence. Pour déterminer l'aléa sismique local, il faut adapter ces valeurs aux propriétés géologiques locales à l'aide d'études de site (microzonage sismique). Au titre de mesure d'encouragement, l'OFEV soutient la réalisation de cartes des classes de sol de fondation selon la norme sia 261, une des solutions possibles pour le microzonage sismique.

Introduction

Plus un terrain est «mou», plus les secousses sismiques sont amplifiées localement. De plus, les secousses durent plus longtemps sur des terrains meubles que sur la roche. Cela s'explique par le fait que, dans les terrains meubles, les ondes sismiques sont «emprisonnées» par des effets de réflexion et de réfraction. Ces phénomènes sont particulièrement marqués dans les vallées encaissées, telles les vallées alpines.



Les secousses sismiques sont d'autant plus fortes et longues que le sous-sol est mou. Cela explique que des bâtiments identiques construits sur des terrains différents subissent des dégâts différents en cas de séisme. Outre le sol de fondation, le voisinage joue aussi un rôle car les séismes déclenchent aussi des éboulements et des mouvements de terrain et peuvent causer la liquéfaction du sol.

Il arrive que des terrains composés de sable lâche saturé en eau se «liquéfient» lorsqu'ils sont mis en mouvement par des ondes sismiques. Comme le sol de fondation perd alors sa capacité portante pendant quelques instants, les ouvrages vont s'enfoncer ou s'incliner.

Si des blocs, des pans rocheux ou des terrains meubles se mettent à bouger, des mouvements de terrain (chutes de pierres, éboulements ou glissements de terrain) risquent de se produire sous l'ouvrage ou à ses abords, et de l'endommager, voire de le détruire.

A l'aide d'études de sites, on examine comment l'intensité des secousses est influencée par la géologie locale. A cet effet, on tient compte de l'amplification des ondes sismiques en terrain meuble ainsi que de l'influence de la géométrie du sous-sol rocheux (effets 2D et 3D). On analyse également la possibilité d'une liquéfaction du sol ou d'un mouvement de terrain induit par un séisme. Ces investigations de site peuvent avoir une étendue variable.

La carte des classes de sol de fondation selon la norme sia 261

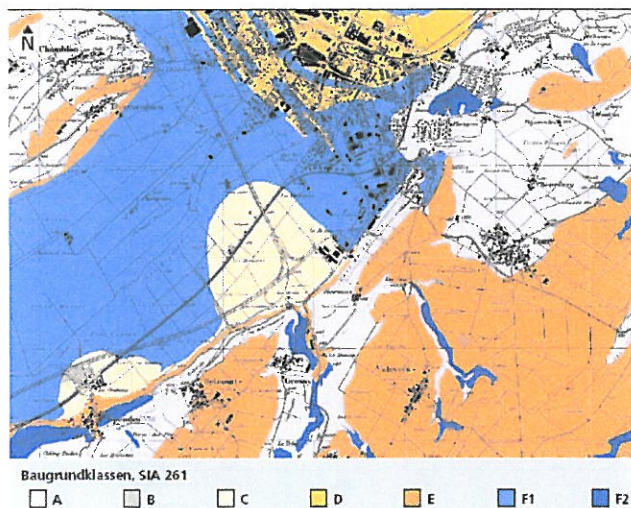
La norme sia 261 comprend cinq classes de sol de fondation de A à E présentant des actions sismiques différentes, ainsi qu'une sixième classe F pour les sols à structure sensible et organiques, pour lesquels une étude spécifique de la dynamique des sols est demandée.

Classes de sol de fondation selon norme sia 261 (2003)

A	Roche dure (p. ex. granite, gneiss, quartzite, calcaire siliceux, calcaire) ou roche tendre (p. ex. grès, Nagelfluh, marne jurassique, argile à opalinus) sous une couverture de terrain meuble, d'une épaisseur maximale de 5 m.
B	Dépôts étendus de sable et de gravier cimentés et/ou sol préconsolidé d'une épaisseur supérieure à 30 m.
C	Dépôts de sable et gravier normalement consolidés et/ou matériau morainique d'une épaisseur supérieure à 30 m.
D	Dépôts de sable fin non consolidé, de limon et d'argile d'une épaisseur supérieure à 30 m.
E	Couche alluviale superficielle des classes de sols de fondation C ou D d'une épaisseur de 5 à 30 m, reposant sur une couche plus compacte des classes de sols de fondation A ou B.
F1	Dépôts à structure sensible et organiques (p. ex. tourbe, craie lacustre) d'une épaisseur supérieure à 10 m.
F2	Glissements de terrain actifs ou susceptibles de se réactiver.

Une première solution possible en vue du microzonage consiste à attribuer le terrain à l'une des classes de sol de fondation de la norme sia 261. Cette attribution se fait sur la base de l'évaluation des données géologiques (cartes géologiques, sondages, rapports géotechniques, cartes de dangers pour mouvements de terrain).

Cette démarche permet d'établir des cartes des classes de sol de fondation selon la norme sia 261 à l'échelle 1:25'000 (extension: région ou cantons entiers).



Exemple de carte des classes de sol de fondation selon la norme sia 261 dans la région d'Yverdon (VD)

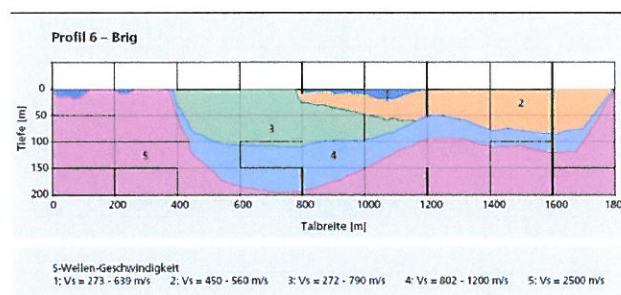
A l'aide de la carte des classes de sol de fondation et de celle des zones sismiques, il est possible, sans investigation spécifique, de déterminer la zone sismique ainsi que la classe de sol de fondation pour un site donné. Ces deux paramètres permettent de calculer les forces sismiques à l'aide des dispositions de la norme sia 261.

L'OFEV participe au financement de l'établissement de telles cartes de classes de sol de fondation dans les cantons et centralise les résultats dans une application internet interactive (voir «Autres informations»). A ce jour, les cantons de GE, FR, OW, NW, SO, VD, VS ont établi des cartes couvrant l'ensemble de leurs territoires. Ces cartes sont en cours d'élaboration dans les cantons du JU et de NE. Les cantons de SG, TI, LU et GR n'ont cartographié que des zones limitées.

Etudes de microzonage sismique spectral

Une seconde solution possible consiste à modéliser l'amplification des ondes sismiques par la géologie locale à l'aide d'un microzonage sismique spectral. Cette méthode est plus complexe que l'établissement de cartes de classes de sol de fondation; elle est surtout appliquée dans des zones ou pour des ouvrages présentant un grand risque potentiel. Le résultat se présente sous la forme de fonctions d'amplification sismique locales et de spectres de réponse.

Ces spectres peuvent être utilisés en lieu et place de ceux de la norme sia 261 pour le calcul des forces sismiques par l'ingénieur. Les forces sismiques ainsi déterminées sont souvent (mais pas toujours) plus petites que celles qui sont calculées à partir des spectres de réponse prédéfinis de la norme sia 261. Des zones pour lesquelles de tels microzonages spectraux ont été effectués et mis en vigueur par les autorités cantonales des constructions existent en Valais (Monthey et Brigue/Viège). Un microzonage spectral va être terminé en 2009 pour les cantons de Bâle-Ville et de Bâle-Campagne. D'autres études sont également prévues dans les cantons de Vaud et du Valais. Les zones pour lesquelles des microzonages spectraux sont mis en vigueur peuvent aussi être consultées sur l'application interactive de l'OFEV (voir «Autres informations»).



Exemple d'un modèle géophysique servant à modéliser l'amplification des ondes sismiques dans le cas de la géologie locale de la région de Brigue.

Coûts

Les coûts de l'établissement de cartes de classes de sol de fondation selon sia 261 sont de l'ordre de 130 fr./km², mais peuvent varier selon l'étendue et la qualité des données géologiques de base à disposition. Ils ne comprennent pas l'éventuelle numérisation systématique de la géologie.

L'OFEV met à disposition des cantons jusqu'à 100 000 francs par an au titre de soutien à des projets d'établissement de cartes des classes de sol de fondation selon SIA 261.

Le coût des études de microzonage sismique spectral est sensiblement plus élevé et fortement influencé par l'étendue et la complexité de la zone à analyser.

Informations complémentaires

www.environnement-suisse.ch/seismes -> aléa sismique ->

Bibliographie

Principe pour l'établissement et l'utilisation d'études de microzonage en Suisse. 2004, BWG, 2004
www.environnement-suisse.ch/seismes -> Publications

Auteurs: Blaise Duvernay, Friederike Braune; état: avril 2009
 Contact: Blaise Duvernay, OFEV, Berne / Blaise.Duvernay@bafu.admin.ch
 Friederike Braune, OFEV, Berne / Friederike.Braune@bafu.admin.ch

Aléa sismique et risque sismique

En Suisse, les tremblements de terre sont une menace à prendre au sérieux. L'estimation de l'aléa sismique constitue le premier pas pour apprécier et délimiter le risque sismique. On définit le risque comme le produit entre l'aléa sismique, la valeur des biens (densité des constructions et utilisation du sol) et la vulnérabilité des ouvrages, bâtiments et infrastructures.

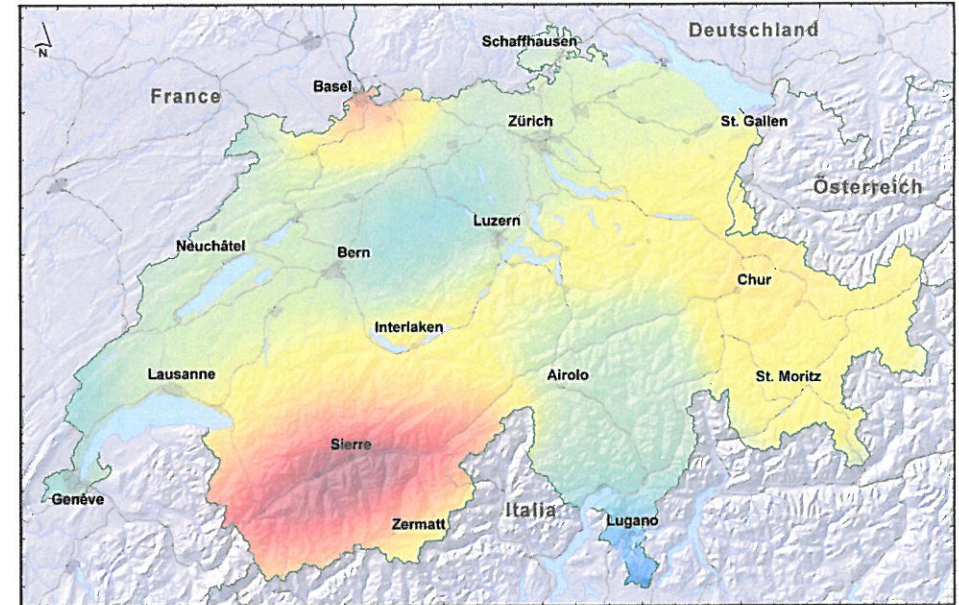
Pour déterminer l'aléa sismique, les sismologues utilisent des informations régionales issues des inventaires des séismes passés, de la tectonique, de la géologie, de descriptions des anciens séismes et des modèles de propagation des ondes sismiques. L'estimation et la mise à jour régulière de l'aléa sismique en Suisse sont les tâches principales du Service Sismologique Suisse à l'EPF de Zurich.

Le risque sismique en Suisse

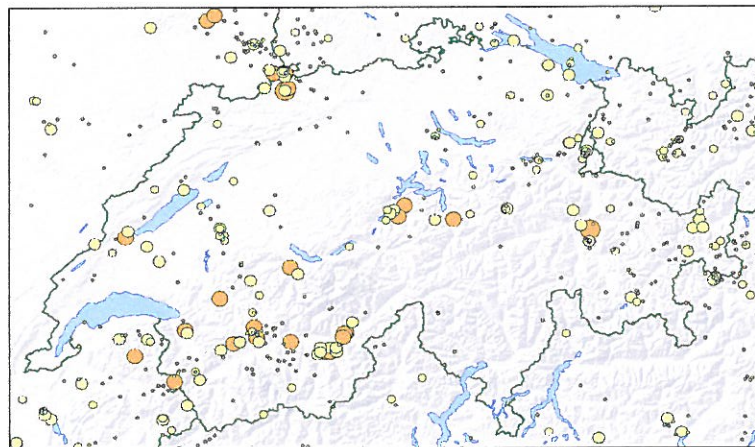
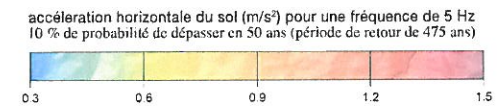
La Suisse est un pays avec une activité sismique modérée. La figure ci-dessous montre en jaune les épicentres enregistrés de 1975 à 2002 de magnitude >2.5, ainsi que les séismes ayant provoqué des dommages depuis le 13ème siècle (en orange). Dans ce laps de temps, env. 10 000 séismes ont été ressentis en Suisse dont 12 ont induit de gros dommages (intensité > VIII). L'aléa sismique, modéré en Suisse, induit un risque sismique important du fait de la haute concentration de biens liés à leur grande vulnérabilité.

La carte d'aléa sismique

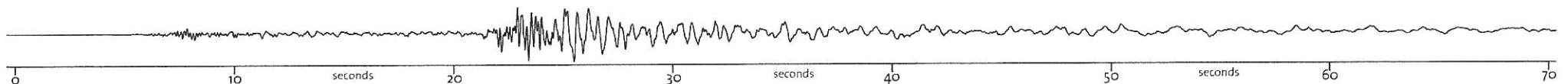
Les cartes d'aléa sismique de la Suisse reproduites à droite représentent la valeur que peut atteindre le mouvement horizontal du sol pour une période de retour de 475 ans.



Carte de l'aléa sismique en Suisse à l'échelle 1:450 000.



Epicentres des séismes enregistrés par sismographes de 1975 à 2002 (jaune). Epicentres des forts séismes depuis le 13ème siècle (orange).

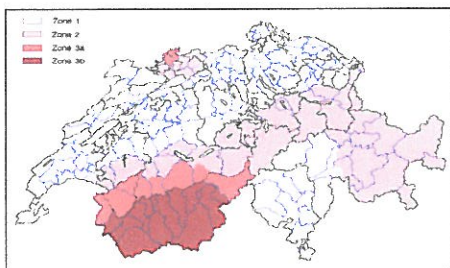


L'amplification possible des mouvements du sol due aux conditions géologiques locales doit être prise en compte pour chaque site considéré. En général, il faut s'attendre à une accélération du sol comprise entre 5 et 15% de l'accélération de la gravité terrestre. Cet ordre de grandeur correspond à un aléa sismique modéré à l'échelle mondiale. La fréquence de 5Hz utilisée pour produire cette carte a été choisie parce qu'elle correspond à la fréquence moyenne des oscillations des bâtiments comportant 2 à 5 étages. Ces bâtiments représentent la plus

grande partie des constructions suisses. Dans les régions à aléa sismique modéré (colorées de bleu à vert) on s'attend à de faibles accélérations du sol et à de faibles dégâts dans les prochains 475 ans. Dans les zones où l'aléa sismique est plus élevé (orange à rouge) il faut craindre des mouvements du sol et des dommages plus importants. Dans ces régions, le Valais, Bâle, les Grisons et les Préalpes, ont eu lieu de forts séismes ces 800 dernières années.

La norme de construction parasismique SIA 261.

La carte de l'aléa sismique reproduite ci-dessous est extraite de la norme suisse SIA 261.



On distingue 4 zones : plus la coloration est foncée, plus les exigences pour la construction d'ouvrages et les matériaux utilisés sont élevées à cause de l'aléa sismique et de la nature du sous-sol.

Service Sismologique Suisse (SED)

ETH Zurich

CH 8093 Zurich

Tél: +41 44 633 44 55

www.seismo.ethz.ch

Si vous ressentez un séisme, signalez-le
à l'adresse suivante: www.seismo.ethz.ch/info

Zurich, août 2006

Le Service Sismologique Suisse

Le Service Sismologique Suisse (SED) à l'EPF de Zürich a comme tâche de surveiller l'activité sismique en Suisse et dans les régions limitrophes, de développer et d'utiliser des méthodes modernes pour l'analyse de l'aléa. A cette fin, le SED exploite les réseaux nationaux de sismographes à large bande et de sismographes pour forts séismes. Le SED réactualise régulièrement l'estimation de la carte de l'aléa sismique de la Suisse en intégrant les connaissances actuelles de la recherche. La prochaine génération de cartes est prévue pour 2010.

Le SED est issu de la commission nationale des tremblements de terre, fondée en 1878 et incorporé en 1956 à l'Institut de Géophysique de l'EPF de Zurich.



L'aléa sismique en Suisse



11 Sol

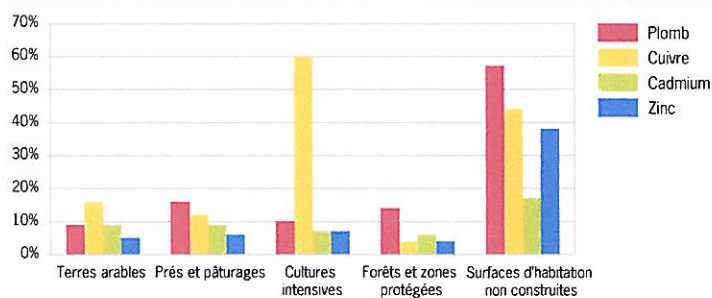
Tendance

Chaque jour, 11 hectares de terres agricoles disparaissent définitivement.	...
Plus de 15% des sols analysés entre 1992 et 1996 dépassaient les valeurs indicatives pour un ou plusieurs métaux lourds.	...
Des modélisations montrent que l'érosion menace faiblement 61% et fortement 17% de l'ensemble des terres arables.	...

Alors que l'eau et l'air se régénèrent en quelques semaines ou en quelques années lorsqu'une source de contamination disparaît, le sol a souvent besoin de plusieurs siècles pour se reconstituer. Les polluants qui entrent dans le cycle écologique, tels que les métaux lourds et les composés organiques difficilement dégradables, s'accumulent dans le sol. Ils altèrent la qualité des sols et peuvent entrer, par l'intermédiaire des plantes, dans la chaîne alimentaire et nuire ainsi aux animaux et aux hommes. La fertilité des sols n'est pas seulement menacée par cette pollution chimique, mais aussi par des mécanismes physiques comme l'érosion ou le compactage.

Le sol est l'une de nos ressources naturelles les plus précieuses. De nombreuses atteintes à l'intégrité du sol étant irréversibles, le principe de précaution doit prévaloir dans ce domaine.

Dépassements des valeurs indicatives selon l'utilisation du sol sur environ 14'000 sites cantonaux et nationaux, de 1990 à 1996



Source: Office fédéral de l'environnement

© OFS

Pour plus d'informations:

www.environnement-suisse.ch/sols
www.sol.ch