

2/2003

aquaterra

Office fédéral des eaux et de la géologie **OFEG**

MITIGATION DES SEISMES

Tremblements de terre – un danger naturel sous-estimé





Andreas Götz,
sous-directeur
OFEG et chef
de la division
dangers naturels

Le prochain tremblement de terre est déjà programmé

Notre espace vital est depuis toujours menacé par des événements naturels récurrents tels que crues, laves torrentielles, glissements de terrain, éboulements rocheux ou avalanches. Ces 250 dernières années, les collectivités publiques et les particuliers ont fait d'importants efforts afin d'atténuer ces dangers. Des études du risque montrent que notre sécurité n'est pas prioritairement mise en péril par des dangers naturels connus et répétitifs, mais bien plutôt par des événements rares. Dans notre pays, il s'agit en particulier des tremblements de terre.

Du point de vue statistique, notre pays doit compter tous les 100 ans sur un séisme d'une magnitude de 6 sur l'échelle de Richter, qui peut causer des dégâts immobiliers dans un rayon d'environ 25 kilomètres. Sur une période de 1000 ans, des séismes plus violents peuvent se produire, tels que celui de Bâle de 1356. De nos jours, un séisme comparable occasionnerait des dégâts immobiliers et mobiliers de près de 60 milliards de francs. A titre de comparaison, la crue la plus catastrophique qu'a connue notre pays a causé des dégâts pour moins de 2 milliards de francs.

En raison de l'inexpérience, aussi bien de la population que de la plupart des décideurs tant politiques qu'économiques, on a trop peu conscience de l'énorme risque que représente un violent séisme. Ce manque de sensibilisation se manifeste aussi par une mitigation du risque sismique insuffisante. Même si on peut protéger efficacement les bâtiments et les infrastructures par le dimensionnement et la construction parasismique des structures porteuses, les normes correspondantes visant à accroître la sécurité lors d'un séisme ne sont appliquées que de manière lacunaire. En tant qu'office responsable de la mitigation des séismes au niveau fédéral, l'OFEG veut combler ces lacunes. Des efforts sont désormais consentis en vue d'améliorer la capacité de résistance aux séismes des constructions fédérales. Actuellement, la Constitution ne concède aucune compétence à la Confédération pour une implication active dans le domaine de la protection contre les séismes. Un nouvel article constitutionnel, sur la protection contre les dangers naturels en général, devra combler cette lacune et améliorer la prévention. Mais une chose est certaine: le prochain tremblement de terre est déjà programmé.



Anticiper les séismes

En Suisse, le risque sismique est sous-estimé – la mitigation est elle aussi lacunaire. Afin d'améliorer la protection parasismique au niveau de la Confédération, le Conseil fédéral a adopté un premier paquet de mesures. L'OFEG est chargé de sa mise en oeuvre. **page 3**



Construire parasismique

Actuellement, avec un surcoût modéré, on peut bâtir de nouvelles constructions capables de résister à de fortes secousses sismiques sans qu'elles ne subissent de grands dégâts. Même les édifices existants peuvent être assainis selon les normes parasismiques. Il est urgent de réhabiliter les installations d'importance vitale, telles que les hôpitaux. **page 8**



Recenser les zones à risque

Les sols meubles amplifient l'intensité des secousses sismiques. Pour pouvoir respecter les normes parasismiques, les ingénieurs et les architectes doivent impérativement connaître la nature du terrain à bâtir. A cet effet, le microzonage des agglomérations recommandé par l'OFEG représente pour eux un outil de travail important. **page 11**

En Suisse, un violent tremblement de terre entraînerait des dégâts colossaux, en raison de la grande concentration de valeurs dans les zones menacées. Pendant des siècles, ce risque naturel a été largement sous-estimé. Entre temps, des efforts ont été engagés à différents niveaux pour une meilleure mitigation. Au niveau fédéral l'OFEG joue un rôle clé, en tant qu'instance de coordination.

Un séisme peut se produire à tout moment



Un séisme de très forte intensité, tel que celui de 1356, engendrerait aujourd'hui dans la région de Bâle d'importants dégâts, de l'ordre de 60 milliards de francs.

Dans la mansarde d'un immeuble de sept étages du centre de Lausanne, les poutres métalliques tremblent, le lourd canapé en cuir vacille brièvement, et dans le placard de la cuisine, la vaisselle cliquète. Le séisme principal, enregistré à 21h 41 à l'ouest de Strasbourg, a été nettement ressenti, ce 22 février 2003, du lac Léman au lac de Constance. Avec une magnitude locale de 5,5 sur l'échelle de Richter, ce séisme d'intensité moyenne,

est le plus important enregistré en Suisse depuis 1991. Les centrales d'alarme de la police ont reçu des centaines d'appels de personnes inquiètes— parmi celles-ci de nombreux habitants d'immeubles. Certaines d'entre elles soupçonnaient même qu'un attentat terroriste soit responsable de cette secousse. A part de petites fissures aux murs, peu de dégâts furent à déplorer. Même au niveau de l'épicentre situé à l'est de la France, il n'y a pas



Importants dégâts lors du grand séisme de Hanshin du 17 janvier 1995 dans la ville portuaire japonaise de Kobe: des voies de communication ont été détruites et de nombreux immeubles ont brûlé.

Responsable: collision entre plaques

« Plus de 90 pour cent de tous les tremblements de terre prennent naissance le long des marges de plaques », explique le géologue Markus Weidmann. Les Alpes représentent un bel exemple d'une telle suture où deux plaques continentales entrent en collision. Le télescopage, entre la plaque africaine se déplaçant vers le nord et le continent eurasien au cours de ces 100 derniers millions d'années, a entraîné la formation de cette chaîne de montagne. Ce processus géologique qui se poursuit actuellement engendre cette activité sismique élevée rencontrée dans les Alpes suisses. C'est la violente pression, qui fait se morceler et se plisser les roches de la bordure sud de la plaque eurasienne, qui est responsable de cette sismicité. Les secousses ont toujours lieu lorsque les contraintes accumulées au sein de la roche se dissipent par saccades.

eu de blessés, et les dégâts ont été peu importants. Ceci est essentiellement dû à la profondeur du foyer du tremblement de terre.

Fractures dans la croûte terrestre

Dans cette région, ces secousses n'ont rien d'inhabituel. Le séisme a eu lieu entre les Vosges et la Forêt Noire, en bordure ouest du fossé rhénan large de 50 kilomètres, là où il y a des millions d'années, le continent eurasien a lentement commencé à s'ouvrir. Ce mouvement engendre d'énormes contraintes en profondeur qui se dissipent lors de la fracturation de la croûte terrestre. Ces forces, souvent accumulées pendant des siècles, sont libérées sous forme de vibrations. Il se crée alors des ondes élastiques qui se propagent dans toutes les directions, y compris à la surface terrestre.

Le 18 octobre 1356 une telle fracture de la croûte terrestre, en marge sud de cette zone de faiblesse géologique, a entièrement détruit la ville de Bâle. La plupart des églises, tours, murs et maisons en pierres se sont effondrés. Ensuite un violent incendie, qui dura plusieurs jours, détruisit presque toutes les maisons en bois du centre-ville. Ce séisme, d'une magnitude d'environ 6,5 sur l'échelle de Richter, fut le plus violent du dernier millénaire, ayant eu lieu en Europe au nord de l'arc alpin.

Potentiel de danger sous-estimé

« Sur le plan mondial, l'aléa sismique suisse est faible à moyen », explique Olivier Lateltin, depuis 2001 chef de la « Centrale de coordination pour la mitigation des séismes » auprès de l'OFEG: « Même chez nous, il pourrait y avoir un séisme de l'intensité de celui de Kobe (1995) ». La catastrophe dans le port de Hondo avec ses 1,5 millions d'habitants avait alors provoqué la mort de 6000 personnes, et occasionné des dégâts pour près de 100 milliards de dollars US. Selon une estimation de la Compagnie Suisse de réassurances Swiss Re, un tremblement de terre similaire à celui ayant frappé la région de Bâle en 1356, engendrerait actuellement au niveau national des dégâts induits s'élevant à 80 milliards de francs, dont les trois quarts concerneraient les bâtiments et le mobilier. Les infrastructures détruites, ainsi que les conséquences financières dues aux interruptions de travail, engendreraient des coûts supplémentaires de 20 milliards de francs.

Danger accru dans les Alpes

Un coup d'œil dans les statistiques de la recherche sismologique nous montre la réalité du danger: « Au cours des 1000 dernières années, la Suisse a été touchée par près de 800 séismes, qui ont été ressentis, qui ont occasionné des dégâts, ou qui ont entièrement détruit des mai-

sons », explique le professeur Domenico Giardini, directeur du Service Sismologique Suisse. En raison d'une activité sismique au-dessus de la moyenne, sont considérées comme particulièrement menacées: la région de Bâle, le Valais, la Suisse centrale, le Rheintal saint gallois, et l'Engadine. Au cours du siècle passé, la Terre a tremblé fortement à plusieurs reprises surtout dans la vallée du Rhône entre Brigue et Sierre. Le calme relatif que l'on connaît depuis 1970 pourrait être trompeur. « En Suisse, la sismicité de ces 30 dernières années a été très faible, et conformément à la moyenne à long terme il faut s'attendre à un regain d'activité », explique Domenico Giardini.

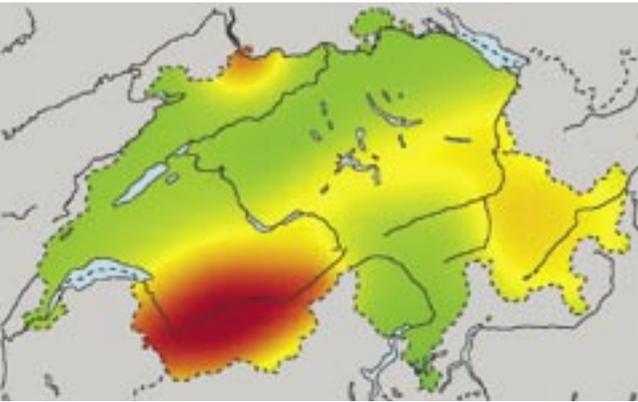
Société industrielle vulnérable

L'étude KATANOS, sur les « Catastrophes et situations d'urgence en Suisse » mandatée par l'Office fédéral de la protection civile, concluait en 1995 déjà que dans notre pays, les tremblements de terre représentaient le plus grand risque naturel, ceci en raison du potentiel de dommages. La densité des agglomérations et des industries, ainsi que le niveau de vie élevé entraînent une forte concentration de biens. En Suisse, la valeur immobilière assurée se monte à près de 1800 milliards de francs. Il faut compter en outre 700 milliards de francs supplémentaires pour le mobilier, soit presque 100'000 francs par personne.

Depuis 1950, on a beaucoup construit dans les plaines où les cours d'eau ont déposé pendant des millénaires des alluvions réagissant davantage aux séismes que les roches massives, et accentuant alors l'ampleur des tremblements de terre. La vulnérabilité de notre société industrialisée complexe a donc fortement augmenté, et ce sont surtout les bâtiments, mais aussi les infrastructures importantes - telles que les moyens de communications, l'approvisionnement en eau et en électricité - qui risquent d'être endommagés.



Société industrielle vulnérable: les destructions à Kobe montrent le prix qu'il faut payer à cause des points faibles des constructions, tels que fondations insuffisantes, étages ou rez-de-chaussée trop fragiles.



Aléa sismique en Suisse: A part la région de Bâle, le Valais – plus précisément la région de Viège – est le plus menacé. Les territoires colorés en vert sur la carte sont les moins menacés.



Le séisme de Kobe a montré, d'une façon impressionnante, comment dans une ville industrielle moderne, la concentration de valeurs et la fragilité des immeubles coûteux augmentent le risque sismique.

Objectif prioritaire: la prévention

La Suisse ne connaît que depuis 1989 des normes de construction parasismiques adaptées. Plus de 90 % des bâtiments ont été construits avant ces normes. Parmi ceux-ci se trouvent des hôpitaux, des centres de communication ou des centrales d'intervention de la police et des sapeurs-pompiers, à qui il incombe en cas de catastrophe, un rôle primordial dans la lutte contre les dégâts et leur limitation. La sécurité parasismique de cette chaîne de sauvetage doit être contrôlée de toute urgence et le cas échéant améliorée.

Olivier Lateltin souligne le rôle central de la prévention: « On peut se protéger contre les séismes en construisant mieux ». Ceci est du ressort des mandants, des ingénieurs civils et des architectes. Même des constructions existantes peuvent être réhabilitées, en améliorant ultérieurement leur résistance parasismique dans le cadre d'un assainissement.

Assurances exigées

Actuellement en Suisse, la couverture d'assurance est insuffisante, car contrairement aux idées reçues, il n'y a jusqu'ici pas d'assurance obligatoire contre le risque sismique. Au cours des dernières années, les assurances immobilières ont massivement augmenté leur couverture volontaire. Si un violent tremblement de terre survenait dans une région fortement peuplée, celles-ci ne pourraient couvrir que quelques pour cent des dégâts. A l'exception de quelques grandes entreprises, qui sont assurées contre le risque sismique par des assurances internationales, la majorité des

personnes privées et des firmes se trouvent plus ou moins sans couverture. La plupart des personnes et des entreprises touchées par un séisme de forte intensité seraient non seulement affectées par le grand nombre de morts et de blessés, mais elles seraient aussi directement menacées dans leur existence économique. Celles-ci devraient, en effet, continuer de payer des crédits hypothécaires pour des bâtiments détruits ou hors d'usage. Et lors de l'insolvabilité des débiteurs, les banques elles-mêmes seraient lésées, n'ayant plus que des ruines comme gages immobiliers.

Selon les calculs des experts en assurance, le risque sismique pourrait être assuré à relativement peu de frais. Si l'on exclu les dommages insignifiants et la franchise de dix pour cent, la Swiss Re chiffre les primes annuelles pour une valeur immobilière de 500'000 francs à environ 100 francs.

La Confédération agit

La catastrophe qui a frappé le Japon en 1995, a aussi ravivé la conscience des énormes risques engendrés par les séismes dans notre pays. En 1999 la Plateforme Nationale « Dangers naturels » PLANAT a soumis à la Confédération un concept de prévention comportant des propositions qui visent une amélioration de la protection parasismique. Depuis septembre 1999, l'OFEG s'occupe de la prévention parasismique de la Confédération. Il y a près de trois ans, il a créé à cet effet une Centrale de coordination pour la mitigation des séismes. « Nous ne pouvons pas influencer sur l'activité sismique », constate Olivier Lateltin: « Notre but principal est de protéger, prioritairement par des mesures préventives, la vie humaine et les biens des effets dévastateurs engendrés par les séismes. » L'OFEG a élaboré par exemple les bases nécessaires et les aides pour que le danger sismique soit mieux pris en compte lors de l'aménagement du territoire et lors de la planification de projets.

Convaincre plutôt qu'ordonner

Le Conseil fédéral a approuvé un concept de prévention pour la période de 2001 à 2004, focalisé sur les grandes lacunes de sécurité des bâtiments et des infrastructures. Concernant les bâtiments et les ouvrages de la Confédération situés dans les régions les plus menacées, la priorité sera donnée à l'examen de la sécurité parasismique des infrastructures ayant une fonction vitale.

Selon Olivier Lateltin, il n'y a pas de problèmes au niveau des centrales nucléaires, barrages, gazoducs et routes nationales, ceux-ci ayant été dimensionnés avec des prescriptions parasismiques sévères. « Par contre nous sommes plus préoccupés par les bâtiments publics, où de nombreuses personnes sont rassemblées – comme par exemple les écoles, les hôpitaux, les gares ou les supermarchés. » Les lignes de chemin de fer, les conduites d'eau et les canalisations, ainsi que les exploitations industrielles et commerciales sont aussi très exposées aux séismes et présentent un grand risque d'accident majeur. A l'exception des constructions fédérales et des installations soumises à concession, il manque encore à la Confédération les bases constitutionnelles permettant de faire adopter dans ce do-

maine les mesures préventives. « Nous ne voulons pas légiférer sur tout, mais nous voulons d'abord convaincre les cantons, les communes, les milieux économiques et les privés », affirme Olivier Lateltin: « Ils devraient reconnaître l'importance de la mitigation des séismes et s'engager pleinement pour cette cause. »

Littérature:

- Tremblements de terre en Suisse, Markus Weidmann, Verlag Desertina, Coire, 2002; ISBN 3-85637-271-7

Internet:

- www.bwg.admin.ch
- > Thèmes > dangers naturels
- www.planat.ch
- <http://seismo.ethz.ch>
- www.bebende.ch

Catalogue des mesures de la Confédération de 2001 à 2004

Constructions fédérales: Les normes parasismiques SIA devront être appliquées pour toute nouvelle construction fédérale.

Constructions fédérales: Lors de travaux de rénovation, on devra tester la sécurité parasismique des ouvrages existants et le cas échéant les renforcer.

Constructions fédérales: Examen de toutes les constructions fédérales à forte concentration de personnes ou les infrastructures vitales, dans les zones où le danger sismique est le plus élevé.

Protection de biens culturels: Examen de la sécurité parasismique des biens culturels importants.

Bases légales: Consultations pour une amélioration des bases légales dans le domaine de la mitigation des séismes.

Financement des dégâts importants: Examen de la possibilité de financement des gros dégâts dus aux tremblements de terre par la Confédération.

Protection de la population: Elaboration d'un concept d'intervention en vue de la protection de la population à l'attention des cantons et des communes.



Dans les zones à risque, les entreprises soumises à l'ordonnance sur les accidents majeurs – telles que les usines de la chimie bâloise – doivent, à l'avenir, être mieux protégées contre les séismes. Ceci est également valable pour les édifices publics très fréquentés, ainsi que pour les biens culturels importants.



La construction parasismique est la meilleure des préventions



Les rues de Kobe avec et sans dégâts aux bâtiments. La construction parasismique des structures porteuses fait la différence.

Actuellement, on peut construire sans grands frais supplémentaires des bâtiments et des infrastructures capables de résister à de fortes secousses sismiques. En Suisse, les normes parasismiques en vigueur depuis 1989 garantissent une bonne protection. Les constructions plus anciennes ne présentent pas cette sécurité. Lors d'un assainissement, leurs structures porteuses devront être examinées, et améliorées si nécessaire. De telles mesures seront effectuées en priorité pour les éléments vitaux de la chaîne des secours après une catastrophe, comme par exemple les hôpitaux.

Lors d'un fort séisme, le bâtiment principal de l'hôpital de l'île à Berne pourrait s'effondrer. Une expertise effectuée en 2000 arrive à cette conclusion. Il est dit dans ce rapport: « que la structure porteuse des grands immeubles ne peut résister à un tremblement de terre de référence, sans grands dégâts et éventuellement sans effondrement, que grâce au renforcement des murs porteurs en béton ».

La construction de l'hôpital remonte au début des années 70. La Suisse ne connaît que depuis 1989 les normes parasismiques de la Société suisse des ingénieurs et des architectes SIA, adaptées aux connaissances modernes. Au début 2003, les exigences ont encore été accrues avec la norme SIA 261. Les recommandations pour la construction parasismique des structures porteuses sont calibrées sur un séisme de référence, qui doit se produire dans notre pays environ tous les 475 ans.

Objectifs de protection dans la construction

Les normes de construction visent principalement à protéger les personnes, à limiter les dégâts et à assurer le bon fonctionnement des principaux ouvrages. Les ouvrages sont groupés en trois classes selon la norme SIA, en fonction du degré de protection requis. Cette attribution s'effectue par rapport à la fréquentation du bâtiment, du potentiel de dégâts, de la mise en danger de l'environnement

lors de la défaillance de la construction, ainsi que du rôle de l'ouvrage dans la gestion de la catastrophe juste après un séisme. Les constructions qui présentent une fonction vitale, telles que les hôpitaux (accueillant les urgences), les bâtiments du service du feu, les garages des ambulances, les usines hydrauliques, les centrales électriques, ainsi que les ponts qui assurent l'accès à la zone menacée, font partie de la classe la plus élevée.

90 pour cent des bâtiments ne sont pas parasismiques

« En Suisse, près de 90 pour cent de tous les bâtiments datent d'avant 1989 » explique l'ingénieur Martin Koller, président de la Société Suisse du Génie Parasismique et Dynamique des Structures (SGEB), qui conseille la SIA en tant qu'organe spécialisé: « En règle générale, ces constructions n'ont pas été spécialement bâties en fonction des tremblements de terre – c'est pourquoi un grand nombre d'entre elles ne remplissent pas les exigences actuelles en matière de construction parasismique. »

En Suisse, de fortes secousses telluriques peuvent occasionner des oscillations du sol de l'ordre de 10 à 20 centimètres. Les fondations des constructions suivent ces déplacements alors que la masse du bâtiment y résiste. Ces mouvements mettent les structures porteuses à rude épreuve, entraînant des déformations et des défaillances locales de celles-ci – parfois même leur effondrement.

Sécuriser la chaîne de secours

A l'image du bâtiment de l'hôpital de l'île prochainement renforcé, de nombreux ouvrages faisant partie de la chaîne de sauvetage seraient menacés lors d'un violent séisme. En cas de catastrophe, leur endommagement ou leur destruction pourrait entraîner des dommages consécutifs tragiques, par exemple des blessés graves ne pourraient pas

être dégagés et soignés à temps. Il est urgent d'agir à ce niveau.

Quelques cantons tels que – Argovie, Bâle-ville, Zurich et le Valais – ont déjà examiné la sécurité parasismique de leurs hôpitaux et des autres installations de première urgence, et déterminé les assainissements nécessaires. Dans certains cas, ces mesures visant à améliorer les structures porteuses ont été entreprises dans le cadre d'un assainissement complet qui devait de toute façon avoir lieu.

Assainissements laborieux

La mise en conformité parasismique de bâtiments existants coûte, selon l'objet, entre 5 et 10 % de sa valeur. Un tel assainissement implique souvent des interventions massives. Le renouvellement continu du parc immobilier suisse offre l'opportunité d'effectuer petit à petit ces investissements coûteux (milliards de francs), et de les répartir ainsi sur plusieurs décennies. L'adaptation des constructions fédérales demande du temps. L'OFEG s'est d'abord focalisé sur l'inventaire de 300 objets. Dans les régions les plus menacées, les bâtiments de la classe d'ouvrage II et III ont été examinés plus précisément selon une liste de contrôle uniformisée. Des enquêtes préalables, effectuées à l'aide de cette liste dans dix cantons, ont révélé que près d'un tiers des 2000 bâtiments examinés présentait des lacunes sur le plan de la sécurité parasismique.

Coûts modérés lors de nouvelles constructions

C'est dans le cadre de nouvelles constructions que les solutions sont les plus favorables. Mandaté par l'OFEG, le professeur Hugo Bachmann a élaboré les directives « Conception parasismique des bâtiments. » Selon lui, c'est lors de la planification d'un projet et lors de la construction des murs porteurs, des colonnes et des plafonds, ainsi que des élé-



Assainissement parasismique des constructions existantes en Suisse: Amphithéâtre de l'EPF Zurich consolidé au moyen de colonnes métalliques (en haut), et la centrale de police de Sion VS équipée de ses nouveaux murs porteurs en béton armé.



Mesures constructives pour une meilleure protection parasismique: renforcement des systèmes de refends, lamelles en acier pour consolider un mur de maçonnerie, armatures transversales dans le béton armé et mur de briques armé.

ments non porteurs que se posent les véritables jalons de la sécurité parasismique: « Les erreurs et les lacunes de planification ne peuvent plus être compensées par les ingénieurs, même par d'ingénieurs calculs ou dimensionnements. » Ceci implique, dès le début d'un projet, une étroite collaboration entre les ingénieurs civils et les architectes.

Hugo Bachmann déplore que les normes de protection parasismiques contre les dégâts aux bâtiments, connues depuis plus de 14 ans, n'aient souvent pas été respectées, « que ce soit par méconnaissance, par indifférence, par commodité ou par pure ignorance. » Les rez-de-chaussées ou certains étages supérieurs ne sont pas construits avec la rigidité nécessaire, ce qui peut entraîner une destruction totale des immeubles, lors d'un séisme de faible intensité déjà.

« Concernant les nouvelles constructions, beaucoup de personnes ont l'impression que la mitigation des séismes n'est financièrement pas réalisable », remarque Olivier Lateltin: « Alors que le surcoût ne renchérit la construction que de 1 à 2 % . »

En conséquence, la Confédération ne finance et ne subventionne plus que les constructions respectant strictement les normes parasismiques SIA. Le canton de Vaud et la Principauté du Liechtenstein

vont encore plus loin: selon leurs lois sur la construction, les normes SIA sont juridiquement contraignantes pour tous les maîtres d'œuvre, alors qu'ailleurs elles ne revêtent qu'un caractère de recommandations.

Littérature:

- « Conception parasismique des bâtiments – Principes de base à l'attention des ingénieurs, architectes, maîtres d'ouvrages et autorités », Hugo Bachmann; Directives de l'OFEG, Berne, 2002; Diffusion: OFCL, vente des publications, CH-3003 Berne (numéro de commande: 804.802 f); Internet: www.bbl.admin.ch; E-Mail: verkauf.zivil@bbl.admin.ch
 - « Inventaire de la sécurité parasismique des ouvrages de la Confédération – Etape 1 » ; Directives de l'OFEG, Berne ; référence : www.bwg.admin.ch
- > Thèmes > Dangers naturels

Internet:

- www.sgeb.ch
- www.fr.ch/ecab/sismo/index_f.html

Protection de biens culturels

Les biens culturels tels que les édifices religieux, monuments historiques profanes, sites archéologiques, musées, bibliothèques ou objets d'art, représentent l'héritage culturel et la mémoire collective d'une société. En tant que témoins clés d'une communauté, ils façonnent son identité, et doivent bénéficier d'une protection particulière en cas de catastrophe. L'expérience a montré qu'une vive émotion est déclenchée auprès de nombreuses personnes non seulement à l'occasion de la perte de proches et de biens personnels, mais aussi lors de la détérioration ou de la destruction de biens culturels.

L'Inventaire suisse des biens culturels de 1995 recense près de 1600 objets d'importance nationale et 8000 d'importance régionale. Selon la volonté du Conseil fédéral, cet héritage doit être préservé pour les générations futures, malgré la menace sismique. En 2000 dans le cadre de son programme de mesures, le gouvernement a exigé l'examen de la sécurité parasismique de biens culturels importants. Le groupe de travail, institué à cet effet, prévoit de soumettre jusqu'en 2004 des propositions concernant des mesures de protection préventives. **Internet:** www.kulturgueterschutz.ch

Les sols meubles amplifient le danger

Comparés aux roches compactes, les sols meubles peuvent amplifier d'un facteur allant jusqu'à dix les mouvements du sol engendrés par un séisme. La constitution géologique du sous-sol exerce donc une grande influence sur l'aléa sismique local. Les ingénieurs et les architectes ne peuvent édifier des bâtiments parasismiques qu'en connaissant la nature du sous-sol. A cet effet, ils disposent d'un important outil de travail : les cartes de microzonage des agglomérations, encouragées par l'OFEG.



Le sol meuble du bord du lac de Lucerne amplifierait énormément les secousses sismiques.

Non loin de la rive du lac des Quatre-Cantons, s'élève le nouveau symbole de Lucerne. L'éminent architecte parisien Jean Nouvel a créé un Centre de Culture et de Congrès avant-gardiste, chef-d'œuvre remarqué de l'architecture moderne. Du point de vue de la mitigation des séismes, l'avis n'est pas aussi positif. « Tout comme la gare de Lucerne, ce nouveau Centre est construit sur du sable » remarque Olivier Lateltin de l'OFEG: « Si un séisme de forte intensité avait lieu en Suisse centrale, un séisme sur lequel il faut compter dans cette région à risque, les secousses seraient notablement amplifiées par le sous-sol meuble. »

Lors du séisme historique qui secoua la Suisse centrale en 1601, la ville haute de Lucerne, érigée sur de la Molasse, n'a subi que peu de dégâts. Par contre, en plaine, là où la Reuss et le lac ont déposé beaucoup d'alluvions meubles, on a relevé les dégâts les plus importants.

Construire sur le sable

Les sols sableux et silteux fortement saturés en eau représentent des fondations compactes qui assurent une portance satisfaisante dans le cas de charges statiques. Mais lorsque des ondes sismiques les font vibrer, ils peuvent perdre leur stabilité et se comporter alors comme un liquide. « Des bâtiments entiers ou des pans de bâtiments peuvent alors s'enfoncer ou basculer, puis souvent s'effondrer entièrement, en fonction de la structure porteuse », explique le professeur Hugo Bachmann, expert en génie parasismique.

Pendant des siècles, nos ancêtres ont évité de construire sur les rives des lacs et des rivières, sur les terrains alluviaux et les fonds de vallées par peur des inondations. Aujourd'hui ce sont des sites privilégiés recherchés. L'infrastructure complexe et vulnérable de notre société industrielle moderne s'est concentrée dans ces zones d'inondation jadis préservées. Lors de secousses sismiques, ces matériaux meubles déposés par les glaciers, les cours d'eau et les lacs ont un compor-

tement défavorable. Suivant l'épaisseur et la composition des sédiments meubles, les ondes sismiques s'y propagent beaucoup plus lentement que dans un substratum rocheux, et elles y sont aussi amplifiées, ce qui soumet les constructions à des efforts bien plus importants.

Effet amplifié par des sols meubles

« Dans des cas extrêmes, des sols meubles peuvent amplifier les secousses sismiques jusqu'à dix fois par rapport à un soubassement rocheux », commente Donat Fäh du Service Sismologique Suisse. Cette particularité explique qu'il puisse y avoir des dégâts plus importants loin d'un épicode qu'à sa proximité. Ce fut le cas à Mexico City en 1985 et à San Francisco en 1989. En 1995 à Kobe, au Japon, ce sont les bâtiments de rues entières qui se sont effondrés, ou qui ont été gravement endommagés. Distants de quelques rues seulement, des bâtiments analogues construits sur un soubassement rigide ont été épargnés. Lors de la construction, les ingénieurs avaient malheureusement négligé de



Les zones menacées sont recensées à l'aide du microzonage: vallée du Rhône à Sierre VS, mesures des fréquences propres locales du sol à Aigle VD, et carte des sols de fondation dans les environs d'Yverdon-les-Bains VD.

tenir compte des caractéristiques spécifiques du sous-sol.

La nécessité d'un microzonage

Pour les zones constructibles, il faut donc des cartes de l'aléa sismique des régions menacées, mais aussi des données fiables sur les aptitudes vibratoires locales du sous-sol, conclut Donat Fäh: « Ces études de microzonage permettent aux ingénieurs civils de dimensionner des bâtiments vraiment capables de résister aux secousses attendues. » Dans des sols sableux menaçants de se liquéfier, les fondations peuvent être renforcées au moyen de pieux, ou la tenue du sous-sol améliorée par des injections de béton.

Le microzonage débute par une cartographie géologique et géotechnique des roches meubles, un relevé des discordances tectoniques et un examen de la stabilité des versants. En ce sens, les feuilles de l'« Atlas géologique de la Suisse » élaborées par l'OFEG représentent un important document de base. Lors d'un séisme, le comportement des ondes varie en fonction: de l'épaisseur des sédiments, de leur composition, de la profondeur de la nappe phréatique, ainsi que de la topographie du soubassement rocheux et de celle du terrain. Les experts peuvent ensuite déterminer à l'aide de mesures locales du bruit de fond et de calculs, la vitesse et l'amplification effective des ondes sismiques dans un sous-sol donné.

Cartographier les terrains à grande concentration de valeurs

Au cours de ces dernières années, de nombreuses études pilotes de microzonage ont été menées en Suisse. Les régions particulièrement menacées que sont le Valais, le Rheintal saint-gallois et Bâle ont été traitées en priorité. Certaines régions des cantons d'Obwald, Nidwald, Soleure et Vaud ont également été cartographiées minutieusement. En

Valais, le microzonage a révélé un aléa sismique plus important pour l'usine chimique de la Lonza à Viège par rapport à la moyenne régionale. Dans la vallée du Rhône, les terrains reposent sur une couche de matériaux meubles de 220 mètres d'épaisseur, ce qui laisse présager des secousses importantes lors d'un intense séisme, tel celui ayant eu lieu en 1855. Au cours de ces dernières années, l'entreprise a réagi en prenant des mesures constructives et organisationnelles en vue d'améliorer la sécurité parasismique du site.

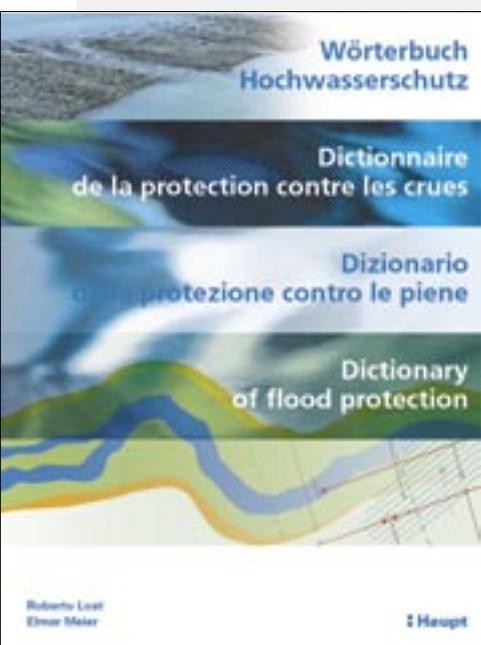
A l'avenir, ce risque accru par les sols meubles devra être pris en compte lors de l'aménagement du territoire, de la planification des chantiers et de la construction. Les normes SIA éditées le 1er janvier 2003 exigent que les constructions soient adaptées à la nature du sous-sol. La norme SIA 261 répartit le sous-sol d'un site à construire en six classes de sols de fondation. Celles-ci vont de la catégorie A pour les roches dures, jusqu'à la classe F pour les dépôts meubles à structure sensible et les terrains en mouvement, avec globalement une augmentation régulière de l'amplitude des oscillations.

Les recommandations de l'OFEG en matière de microzonage sismique paraîtront début 2004. Sur l'exemple des cartes de dangers visant la protection contre les autres dangers naturels, ces connaissances doivent rapidement s'intégrer dans l'aménagement cantonal et communal. « La prévention nous revient bien moins chère que la réparation des dégâts sismiques évitables », affirme Olivier Lateltin.

Internet:

- www.crealp.ch
- <http://seismo.ethz.ch>

Dictionnaire de la protection contre les crues



Ce « dictionnaire de la protection contre les crues » en quatre langues est le fruit de la collaboration entre l'OFEG et la Chancellerie fédérale suisse. Il rassemble sur 424 pages, un choix de termes issus de domaines tels que l'hydrologie, l'hydraulique, la géomorphologie, la gestion du risque et la construction hydraulique. Cette publication comporte 835 entrées et plus de 1500 termes techniques en allemand, français, italien et anglais. La plupart des entrées comportent une définition, et des explications utiles telles que remarques et sources. Son utilisation est facilitée par un index, et par un CD-ROM qui offre des modes de recherche supplémentaires.

De nombreux spécialistes suisses et étrangers ont participé à la réalisation de ce dictionnaire technique, recommandé par la Plate-forme nationale « dangers naturels ». Le but principal

de cet ouvrage, destiné à un large public concerné par la protection contre les crues et par les domaines spécialisés y relatifs, est de faciliter la communication, la rédaction et la traduction dans ces domaines.

Diffusion: Haupt Verlag, Falkenplatz 14, CH-3001 Berne

(ISBN 3-258-06536-5);

Internet: www.haupt.ch,

E-Mail: verlag@haupt.ch;

Prix: 68 francs ou 45 euros (plus frais d'expédition) pour le dictionnaire et le CD-ROM.

Pour de plus amples informations, veuillez contacter:

roberto.loat@bwg.admin.ch

Histoire de la protection contre les crues

La dernière publication de l'OFEG de la Série Eaux relate sur plus de 200 pages richement illustrées l'« Histoire de la protection contre les crues en Suisse, des origines jusqu'au XIX^e siècle ». L'auteur, le professeur Daniel Vischer, est un grand connaisseur de l'histoire de la construction hydraulique. Cet expert en génie hydraulique, qui jouit d'une réputation internationale, fait un tour d'horizon des causes des crues et de leurs conséquences. Il décrit, en outre, le développement des sciences et des techniques de construction importantes pour la protection contre les crues. Les principaux thèmes traités étant les aménagements fluviaux, les aménagements de torrents et la régularisation des lacs – trois objets qui continuent de préoccuper l'OFEG.

La publication rassemble une description détaillée de tous les grands ouvrages de protection contre les crues, comprenant la déviation de la Kander au début du 18^e siècle et la correction de la Linth au début du 19^e siècle. Les principales mesures d'aménagement hydrauliques du pays sont également documentées: corrections du Rhin alpin dès 1862, correction du Rhône après 1863, ainsi que la correction des eaux du Jura dès 1868.



Diffusion: OFCL, vente des publications, CH 3003 Bern

(numéro de commande: 804.505 f);

Internet: www.bbl.admin.ch,

E-Mail: verkauf.zivil@bbl.admin.ch

Informations complémentaires:

andreas.goetz@bwg.admin.ch

Un cours d'eau est déplacé



Situé dans la Haute Engadine, le village de Samedan GR, est mis en danger par les crues des cours d'eau, Inn et Flaz, qui convergent en amont de cette localité. Une interdiction de construire édictée par le Conseil d'Etat des Grisons, a entraîné une planification de mesures globales. Les déficits de protection existants, qui peuvent encore s'aggraver en raison du changement climatique doivent être supprimés durablement. A cet effet, on a pris comme modèle le cas de surcharge. Pour minimiser le danger lié aux crues, la commune a décidé de déplacer la Flaz. Actuellement, un nouveau lit, d'une longueur de près de

4 kilomètres, est en construction dans une tranchée creusée de l'autre côté de la vallée. Les exigences de la protection contre les crues, les aspects écologiques, ainsi que les activités de loisirs seront combinées au mieux. Dans le tronçon central du nouveau lit de la Flaz réalisé dans un état proche de l'état naturel, devrait se développer entre autres une zone alluviale. L'ancien lit construit en dur, entre Punt Muragl et sa confluence avec l'Inn, sera démolé et revitalisé. Le déplacement de la Flaz permettra aussi d'aménager le lit de l'Inn plus en accord avec la nature. Cette dernière disposant de plus d'espace pour son volume d'eau. Le projet devrait être terminé courant 2006, ses coûts de construction, devisés à 28 millions de francs, seront couverts aux trois quart par la Confédération et le Canton.

Informations complémentaires:
manuel.epprecht@bwg.admin.ch

Cartographie des cours d'eau bernois

Le canton de Berne, soutenu par l'OFEG, a terminé fin 2002 les recherches écomorphologiques entreprises sur ses cours d'eau. Sur les 11'200 km de rivières et de ruisseaux que compte le Canton, près de 6800 km ont été cartographiés. 60 pour cent de ces derniers sont considérés comme naturels ou peu aménagés, ils sont essentiellement situés dans des zones improductives (vallons, montagnes ou forêts). Le reste des cours d'eau, en revanche, est fortement aménagé, artificiel ou mis sous tuyaux. Ceux-ci se rencontrent souvent dans les agglomérations urbaines, dans les régions agricoles fortement exploitées et dans les plaines des vallées alpines.

Cette cartographie globale, fournit des données détaillées sur l'état de préservation des cours d'eau, leur espace vital, ainsi que sur les constructions et les ouvrages de chute existants. Dans les territoires exploités, tous les cours d'eau ont été cartographiés – contrairement aux zones montagneuses peu accessibles, moins essentielles. Ces ré-

sultats constituent une importante base de données et un instrument de travail utile pour des domaines aussi variés que – par exemple pour l'aménagement du territoire, la pêche, la protection de la nature et des eaux, ou l'agriculture. Ils représentent, entre autres, un outil de travail pour les services spécialisés et leurs mandataires, lors de planifications globales stratégiques et de projets de revitalisation locaux.

Un bref rapport se trouve sur le Site internet du canton: www.gsa.bve.be.ch/d/news

Les degrés d'aménagement des cours d'eau cartographiés dans le canton de Berne sont publiés sur une carte à l'échelle 1:100'000.

Diffusion: Laboratoire de la protection des eaux et des sols, Schermenweg 11, 3014 Berne; Fax 031 634 23 96;

E-Mail: info.gbl@bve.be.ch

Informations complémentaires et version PDF du rapport final complet:
ulrich.vonbluecher@bwg.admin.ch

Idées directrices, cours d'eau suisses

Les fleuves et les cours d'eau façonnent le paysage, transportent l'eau et charrient les alluvions, créent des espaces vitaux pour la flore et la faune, mettent en réseaux d'importants écosystèmes et renouvellent la nappe phréatique. Actuellement en Suisse, de nombreuses rivières ne peuvent remplir qu'insuffisamment leurs multiples fonctions naturelles, en raison des interventions humaines. En maints secteurs, il est urgent d'agir, contre les endiguements étroits, les aménagements rigides et l'exploitation intensive des cours d'eau - et ce tant du point de vue de l'écologie que de la protection contre les crues.

Avec cette brochure « Idées directrices, cours d'eau suisses », les quatre offices fédéraux OFEG, OFEFP, OFAG et OFDT ont défini une politique de développement commune visant une exploitation durable et une protection à long terme de ces écosystèmes. Sur la base des lacunes constatées, les objectifs suivants sont visés: un espace suffisant réservé aux cours d'eau, un débit suffisant et une qualité d'eau suffisante. Les nombreuses demandes d'exploitation et les exigences de la protection doivent être combinées au mieux en coordonnant les mesures à prendre.

Diffusion (en f, d, i, e): OFCL voir Histoire de la protection contre les crues (Numéro de commande: 319.503 f);

Informations complémentaires:
ulrich.vonbluecher@bwg.admin.ch



Economie des eaux intégrale

Dans le cadre des diverses activités proposées à l'occasion de l'Année internationale de l'eau 2003, l'OFEG a aussi publié une nouvelle brochure de vulgarisation « Plongée dans l'économie des eaux ». Cette brochure de 24 pages, comporte de nombreux graphiques et illustrations et présente les multiples activités que l'Homme a développées pour exploiter les cours d'eau, les protéger, et pour se prémunir des dangers liés à l'eau. Cette approche globale tendant à harmoniser les trois buts principaux des activités liées à l'économie des eaux en vue d'un développement durable, suscite un vif intérêt. Un voyage au cœur des principaux événements de l'histoire suisse de l'économie des eaux complète les différents chapitres centrés sur des thèmes tels que forces hydrauliques, approvisionnement en eau potable, navigation, protection contre les crues, ou pêche. Une liste de liens détaillée permet aux personnes intéressées d'avoir accès à des informations complémentaires. La brochure est gratuite.

Internet: www.bwg.admin.ch
(version-PDF); Diffusion: OFEG, 3003
 Bern-Ittigen;
E-Mail: doku@bwg.admin.ch
Informations complémentaires:
martin.pfaundler@bwg.admin.ch

Etudes dans la région du laboratoire souterrain du Mont Terri

Dans le cadre d'un projet de recherche international, placé sous la direction de l'OFEG, les caractéristiques géologiques, hydrogéologiques, géochimiques et géotechniques de formations argileuses sont examinées dans le laboratoire souterrain du Mont Terri à St-Ursanne, JU. L'interprétation des résultats de ces expériences exige la connaissance précise des conditions géologiques locales. Dans ce but, le Service géologique national a mandaté des études relatives à trois thèmes prioritaires: établissement de coupes géologiques actualisées, analyse paléohydrologique et synthèse des mesures du champ de contraintes tectoniques. Les résultats de ces trois études spécifiques viennent d'être publiés dans un rapport de l'OFEG de la Série Géologie (4/2003). Les coupes géologiques ont été établies selon la méthode des coupes tectoniques équilibrées: le volume de la roche reste constant tout au long de sa déformation. Les analyses paléohydrologiques ont pour but de dater l'évolution de l'érosion de la vallée du Doubs et de l'anticlinal du Mont Terri. La synthèse des mesures du champ de contraintes comporte une évaluation critique des méthodes de mesure utilisées, définit les paramètres spécifiques des environs du laboratoire sou-



terrain du Mont Terri, et les compare avec les champs de contraintes de l'Arc jurassien. Ce rapport, rédigé partiellement en allemand et partiellement en anglais, s'adresse à un large public de spécialistes.

Internet: www.bwg.admin.ch
Diffusion OFCL. Rapp. OFEG,
Série. Géol. 4 (2003)
(Numéro de commande: 804.604)
Informations complémentaires:
Jean-pierre.tripet@bwg.admin.ch

Atlas géologique de la Suisse 1:25'000, Feuille 1076-1096 St. Margrethen - Diepoldsau

La feuille St. Margrethen - Diepoldsau vient compléter l'Atlas géologique de la Suisse 1:25'000. La carte manuscrite établie par le professeur René Hantke couvre aussi une partie du Vorarlberg proche de la frontière. Il a utilisé comme documents de base ses propres levés, des travaux de thèses et de diplômes, ainsi que des rapports professionnels non publiés.

La basse vallée alpine du Rhin est une dépression transversale à la chaîne des Alpes. Elle est remplie de sédiments meubles pouvant atteindre 600 mètres d'épaisseur et reposant sur un relief rocheux tourmenté. Ces sédiments sont principalement des graviers, sables et limons, déposés sous la forme d'un delta dans le lac de Constance qui remontait alors bien plus en

amont. Sur ces dépôts deltaïques, des cônes d'alluvions des vallées latérales et les alluvions récentes du Rhin se sont mis en place, recouverts à leur tour par de minces dépôts d'inondations et d'atterrissement.

En rive gauche du fleuve, entre Rheineck et Marbach, s'avancent les chaînons les plus externes de la Molasse charriée et chevauchée de l'avant-pays appenzellois. Il s'agit d'une succession de conglomérats, grès et marnes de la Molasse d'eau douce inférieure, épaisse de 1200 mètres. Dans le coin sud-ouest de la carte, on aperçoit les chaînes crétacées de l'Alpstein – nappe du Säntis – plongeant dans la vallée du Rhin.

En rive droite, dans la région de Götzis, leur prolongement est marqué par plusieurs îlots

rocheux, puis par les chaînes crétacées du Vorarlberg montant vers l'est. Elles sont composées de calcaires et de marnes interrompues par deux couches gréseuses et consistent en une série de grands plis.

Diffusion: cf. Atlas géologique,
feuille Walensee
Informations complémentaires:
sandrine.vallin@bwg.admin.ch

Atlas géologique de la Suisse 1:25'000 Feuille 1134 Walensee



Une grande partie des derniers 280 millions d'années de l'histoire de la terre est documentée sur la nouvelle feuille Walensee de l'Atlas géologique de la Suisse 1:25'000. Les formations géologiques qui y affleurent vont du «Verrucano glaronais» d'âge permien jusqu'aux formations récentes des dernières glaciations. Pour l'établissement du manuscrit original de cette carte, les deux auteurs René Herb (1933–1992) et Sibylle Frank-Dollfus se sont basés entre autres sur leurs propres travaux de thèse.

A l'angle nord-ouest de la feuille, les nappes helvétiques sont en contact avec la Molasse subalpine écaillée et plongeant fortement vers

le sud. Cette dernière est constituée ici principalement de dépôts de cônes de déjections, issus des Alpes en formation, sous forme de bancs de conglomérats et de grès accompagnés de marnes. Vers l'est, la nappe du Säntis monte jusqu'à une altitude de 2300 m et forme les imposantes parois des Churfirsten. Les puissantes parois du «Kieselkalk» et du «Schrattenkalk» marquent de leur empreinte le paysage de la rive nord du lac. Les dépôts quaternaires anciens sont par contre discrets, souvent oblitérés par les apports morainiques de la dernière avancée du glacier du Rhin. Sous ces dépôts morainiques se cache une succession souvent complexe de dépôts de

cônes d'alluvions, de dépôts lacustres, de masses tassées, de schistes carbonneux et de moraine de fond.

Internet: www.bwg.admin.ch/service/katalog/f/geo-det.htm

Diffusion: Office fédéral de topographie, CH-3084 Wabern;
Fax 031 963 23 25;

Internet: www.swisstopo.ch,
E-Mail: info@lt.admin.ch; **Prix:** 50 Fr.

Informations complémentaires:
sandrine.vallin@bwg.admin.ch

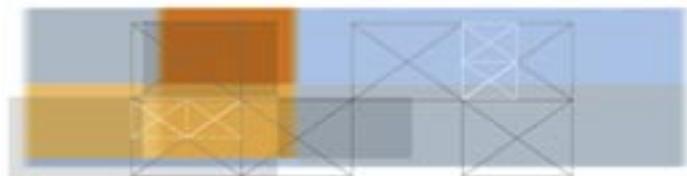


Bundesamt für Wasser und Geologie **BWG**
Office fédéral des eaux et de la géologie **OFEG**
Ufficio federale delle acque e della geologia **UFAEG**
Uffizi federal per aua e geologia **UFAEG**
Federal Office for Water and Geology **FOWG**

Impressum aquaterra 2 / 2003
aquaterra est le périodique de l'Office fédéral des Eaux et de la Géologie (OFEG). Il paraît deux fois par an en langues allemande et française.
Editeur: Office fédéral des eaux et de la géologie **OFEG**
L'OFEG est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC.

Collaboration à ce numéro:
Olivier Lateltn pour la coordination thématique

Conception, texte et production:
Beat Jordi, Bienne (bjj)
Traduction:
Marie-Louise Bühler, Bienne
Réalisation visuelle et layout:
Beat Trummer, Lausanne
Adresse: OFEG, Rédaction aquaterra, Ruedi Bösch, 2501 Bienne;
Tél. 032 328 87 01, Fax 032 328 87 12, E-Mail: ruedi.boesch@bwg.admin.ch
Abonnements et changements d'adresse: l'abonnement à aquaterra est gratuit: OFEG, Communication, Case Postale, 2501 Bienne; Tél: 032 328 87 01, Fax: 032 328 87 12; E-Mail: info@bwg.admin.ch



Numéro de commande:
ISSN 1424- 9499 (version française)
ISSN 1424-9480 (version allemande)
Impression: Imprimerie Hertig & Co SA, 2500 Bienne
Tirage de ce numéro: 1100 (f), 2600 (d)
Copyright: Après autorisation de l'éditeur, les articles peuvent être photocopiés en mentionnant les sources.
Date de bouclage de ce numéro:
15. août 2003
Internet: toutes les éditions d'aquaterra sont disponibles en format PDF sur le site Internet de l'OFEG: www.bwg.admin.ch
Photographies: Suisse Tourisme/ L. Degonda; 1; Stephan Werlen, BWG; 1,

3, 6 en bas, 7, 9 au milieu, 11, 12 en haut; Thomas Wenk, Zurich: 1 en bas à droite, 4, 5, 9 en haut, 10 en haut au centre; Jost A. Studer, Zurich: 1 en bas à gauche, 8; Pierino Lestuzzi, Lausanne: 1 en bas au centre, 2 au milieu; site Internet du Service Sismologique Suisse: 2 à gauche, 6 en haut; Cagna architectes, Sion: 9 en bas; Martin Koller, Carouge: 10 en haut; Schweizerische Ziegeleiindustrie, Zurich: 10 en bas; Tanja Janisch, EPFZ Zurich: 14 en haut; Beat Jordi, Bienne: 14 en bas; NAGRA / Bildagentur Comet, Zurich: 15; OFEG: toutes les autres photographies et extraits de cartes.
Prochaine date de bouclage:
15. janvier 2004