

Microzonages sismiques dans les vallées alpines et déclinaison locale des règles d'urbanisme

Stéphane Cartier

CNRS – LGIT BP 53, 38041 Grenoble Cedex 9
scartier@ujf-grenoble.fr

Résumé : Confrontées au risque sismique, les vallées sédimentaires alpines testent différentes solutions politiques pour transcrire en règles d'urbanisme les connaissances apportées par les micro-zonages. France, Italie, Slovénie et Suisse composent avec leur tradition politique

et l'adoption de codes européens pour améliorer la sécurité selon la vulnérabilité et la géologie locales.

Mots-clés : Politique risque sismique, vallées alpines, micro-zonage, pouvoir local, urbanisme.

La bibliographie est présentée en page 71

.....

L'urbanisation des vallées sédimentaires des Alpes est soumise aux séismes forts et modérés, amplifiés par les « effets de site » (amplification, liquéfaction) (Bard, 1983). Le programme scientifique européen Sismoalp réunit des scientifiques français, suisses, italiens et slovènes pour caractériser cet aléa en partenariat avec des gestionnaires du territoire : bureau cantonal du Valais, Agence Régionale de la Protection de l'Environnement (ARPA) du Piémont, Ministère de l'Environnement slovène (Cotton, 2006). Cette démarche innovante conduit à inscrire dans ce programme de sismologie des interrogations de sciences politiques sur les conditions de gestion locale des « effets de site » par les micro-zonages sismiques. Leur caractérisation scientifique permet d'établir des règles de construction et de zonage urbain plus précises. Les vallées alpines testent ainsi différentes gestions administratives de la sécurité parasismique. Les possibilités de micro-zonage révèlent combien les différences de culture politique continuent d'orienter différemment les règles parasismiques. Si chaque pays prend mieux en charge le risque sismique (programme Katarisk en Suisse, constitution d'un service sismique en Slovénie, Ordonnances sismiques en 2003 en Italie, Plan Séisme en 2005 en France) dans une perspective européenne commune (EuroCode 8), les compétences admises pour les autorités locales varient. L'agencement des dispositifs réglementaires nationaux et locaux dépend fortement de l'organisation institutionnelle de chaque État et de la répartition des responsabilités entre acteur privé et acteur public.

La prévention parasismique est comprise comme une connaissance de la spécificité de l'aléa et de la vulnérabilité, l'existence de règles de sécurité dans l'urbanisme et dans la construction, les incitations au renforcement du bâti existant, les possibilités et les devoirs d'assurances, les modes de financement de la prévention. La complexité de la prévention interdit d'analyser ici comment s'opère l'observation sismique et l'alerte aux populations, et encore moins les conditions d'évacuation et de secours en cas de séisme. À défaut d'une exhaustivité législative, cette comparaison explore quelques points cruciaux de la sécurité parasismique par les institutions publiques, champ suffisamment vaste dans chaque pays, sans

pouvoir embrasser la diversité des acteurs privés concernés (usagers, propriétaires privés, promoteurs immobiliers, constructeurs, bureaux d'étude, assureurs, industriels, etc.). En effet, ce sujet présente de nombreuses difficultés techniques et sociologiques : haute technicité ; expertise renforcée par les travaux de recherche scientifique sur les marges d'incertitude ; langues multiples ; régimes démocratiques très hétérogènes ; pouvoirs régionaux importants en Suisse et Italie ; adoption différente des réglementations européennes. De plus, difficulté spécifique, la responsabilité de la sécurité relève de la conjonction d'univers réglementaires très hétérogènes, impossibles à explorer *in extenso*. Éclairée par les membres du programme européen Sismoalp, l'analyse repose donc fortement sur des entretiens avec les services en charge de la protection et du contrôle parasismiques et l'analyse des documents qu'ils utilisent comme références législatives, techniques, scientifiques ou comme moyens de communication.

Vulnérabilité sismique des vallées alpines : moduler les règles d'urbanisme selon les connaissances scientifiques ?

Liée à la croissance démographique et urbaine, la vulnérabilité des vallées sédimentaires alpines s'accroît. Bases de la colonisation urbaine des montagnes, où les surfaces constructibles sont restreintes, les vallées sédimentaires, souvent planes et encore agricoles sont des axes de communication. Elles sont pourtant souvent exposées aux inondations et aux secousses sismiques. Les enjeux sont marqués par la croissance démographique, l'étalement urbain, le renouvellement industriel (de la houille blanche aux nanotechnologies), le développement des transports, la multiplication des activités touristiques (hivernales et estivales ; Jeux olympiques de Grenoble, Alpbach, Chamonix). L'exposition au risque sismique est démultipliée par la fragilité du bâti ancien, la croissance urbaine, la concentration des réseaux, la présence d'industries chimiques dangereuses, l'arrivée de populations sédentaires et touristiques exogènes. La méconnaissance locale des risques sismiques est liée aux lacunes générales de la culture scientifique, à la spécificité d'un aléa peu récurrent, peu propice au maintien d'une mémoire collective, et à la transformation des conditions de vulnérabilité (urbanisation du territoire aux dépens des usages agricoles).

Comme pour les inondations ou les avalanches (Cartier 2002 ; Cartier, Mettoux 2005), la sécurité parasismique dépend de nombreux acteurs, qui souvent méconnaissent leur interdépendance. La prévention sismique relève de la sécurité publique, des dispositifs de réduction des risques naturels, des règles d'urbanisme, des règles constructives, des usages constructifs et des assurances. Elle croise deux approches publiques : territoriale (aménagement de l'espace, plans de prévention des risques, plans d'urbanisme, règles constructives selon les zones sismiques, permis de construire) et sectorielle (règles de l'art, obligations constructives, prescriptions techniques de sécurité, examen et délivrance du permis de construire, contrat entre le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre, coordination entre les multiples professionnels du bâtiment, contrôle technique, contrat d'assurance) (Cartier, 2005). Les responsabilités des acteurs relèvent de plusieurs catégories : publiques et privées ; privées et professionnelles ; contractuelles et civiques ; propriétaires et usagers.

Le macro-zonage sismique : une connaissance générale pour une contrainte forfaitaire

Les macro-zonages sismiques, à échelle du territoire national, reflètent à la fois les spécificités des conditions naturelles... et l'histoire politique. À ce titre, le zonage français est marqué par des catastrophes dans les territoires coloniaux, en particulier au Maghreb (Orléansville en 1954), et les Antilles figurent comme zone de risque maximal. Le zonage slovène est pris entre deux cartographies qui servent de références légales : l'une d'inspiration yougoslave, l'autre d'inspiration européenne. Longtemps réactif, constitué au fil des catastrophes sismiques le zonage italien est désormais établi par une commission nationale. Mais son utilisation reste prise entre des principes nationaux, injonctions scientifiques et législatives abstraites, et l'importance des pouvoirs régionaux, renforcés par des partenariats avec les universités locales, qui doivent composer entre intérêts locaux et sécurité. Le zonage suisse est aussi établi au niveau fédéral par le Service Sismique Suisse (Schweiz Erdbeben Dienst), qui diffuse la carte d'aléa, ensuite interprétée au niveau cantonal pour s'adapter au mieux aux besoins locaux, en limitant les contraintes globales sur l'ensemble de la fédération. Il est à noter que la référence helvétique en matière sismique comprend une intervention officielle d'une association savante para-professionnelle, dont les recommandations ont force de loi, la Société des Ingénieurs et Architectes (SIA), et une adaptation croissante aux normes européennes (Euro Codes 8, EC8), alors que la Confédération n'est pas membre de l'Union Européenne.

Nuancées selon les cultures politiques nationales, les législations parasismiques reposent sur une expertise technique, scientifique et administrative, historiquement corrigée par l'expérience des catastrophes. De plus, le classement sismique des constructions détermine des degrés obligatoires de protection parasismique selon l'importance des enjeux démographiques ou stratégiques. Puisque certaines zones sont plus sismiques et certaines activités plus vulnérables, le législateur admet l'hétérogénéité du risque sur le territoire en renforçant les codes parasismiques selon le macro-zonage et les conséquences d'un sinistre.

Quel que soit l'État, la sécurité publique exige une connaissance de l'aléa, une diffusion de l'information et surtout l'obligation d'adopter des techniques parasismiques. Cependant, cette obligation est juridiquement relative, puisque pour la Suisse, la recommandation des normes SIA n'a de valeur légale contraignante que pour le Canton du Valais. En effet, pour éviter une faille juridique, ce Canton spécifie explicitement l'adoption des normes SIA comme référence contraignante. Dans les autres Cantons, les normes SIA ne sont considérées juridiquement que comme référence professionnelle pour « les bonnes pratiques en l'état de l'art ». Ces différences témoignent des enjeux implicites de l'adoption des règles parasismiques en fonction du macro-zonage. En effet, chaque État admet de larges zones sans danger sismique et sans contraintes parasismiques supposées plus coûteuses et difficiles à faire respecter.

En admettant une spécificité selon les zones et les usages, cette déclinaison territoriale des règles parasismiques détermine des coûts d'investissements différents. Peu coûteuse pour les maisons individuelles neuves (Czitrom, 1999), l'obligation de renforcer la solidité para-

sismique d'ouvrages existants ou neufs dans certaines zones peut être économiquement déterminante pour les installations industrielles et les ouvrages d'art (particulièrement ambitieux en montagne, par exemple le TGV Méditerranée, la liaison Lyon-Turin). Sur-tout, l'exigence parasismique bouleverse les habitudes de travail des professionnels, en général peu préparés. Leur savoir-faire est souvent perturbé par le manque de connaissance technique et par les marges d'interprétations des incertitudes liées à l'aléa naturel.

Généralement admise, la hiérarchie dans les investissements parasismiques est néanmoins délicate pour les limites de zones et le niveau d'aléa. Outre l'inégal traitement économique et juridique des zones, ces incertitudes peuvent inciter les experts prudents à adopter des références « conservatoires », en surestimant l'aléa, parfois par méconnaissance des marges de sécurité incluses dans les étapes précédentes de l'estimation du risque. Parfois contestées pour des investissements industriels (énergie, chimie, nucléaire) ou de transport (TGV), ces références relatives introduisent la possibilité de modification des contraintes selon la spécificité géographique locale identifiée par le micro-zonage.

Le micro-zonage, dévolution des pouvoirs publics locaux sur la sécurité ?

Source d'inquiétude, l'aléa est renforcé par les « effets de site » propres à la géologie locale, comme l'amplification des vibrations dans les bassins sédimentaires alpins. En conséquence, les réglementations prévues à l'échelle macro-sismique peuvent se révéler localement inefficaces. L'introduction de ces potentiels effets de site dans les prescriptions d'urbanisme et d'architecture dépend fortement de l'ouverture des législations nationales aux déclinaisons par les collectivités locales. En d'autres termes, les municipalités peuvent-elles modifier l'application des règles parasismiques nationales, de quel droit, selon quels critères scientifiques, selon l'avis de quels experts et dans quel intérêt ? Les micro-zonages sismiques fournissent-ils des critères pour les acteurs, publics et privés, en charge de la sécurité ? En France, quelle valeur juridique (donc contraignante) ont-ils dans les Plans de Prévention des Risques Sismiques (PPRS) prévus par le Plan Séisme de 2005 ? Si l'adoption de PPRS est souvent subie par les acteurs locaux comme une accentuation des contraintes d'urbanisme, les expertises peuvent aussi fournir un éventuel recours pour envisager une réduction des contraintes parasismiques. Raisonner les investissements de sécurité au regard du risque probable suppose de déterminer les critères et les seuils de prises de risque (combien de personnes, quel niveau de sécurité, à quel prix, quelle temporalité, quelle incertitude tolérable). Or, compte tenu des aspects très techniques et des incertitudes scientifiques, ces déterminants sont plus souvent implicites ou confidentiels qu'explicites et débattus sur la place publique.

Très différents selon les pays et les instituts de recherche (Benelhadj, 2005), les micro-zonages caractérisent le danger local, de l'échelle de la parcelle foncière (Suisse en cas d'enjeux constructifs importants) à celle du bassin sédimentaire régional (Italie). Les interactions sol-structure spécifiques aux bassins sédimentaires restent néanmoins des objets de recherches scientifiques pour réduire les incertitudes, caractériser les probabilités de dom-

mage, établir des références techniques, proposer des recommandations constructives et urbanistiques, voire contribuer à l'élaboration des règles administratives et prescriptives. Les enjeux placent donc l'expertise dans une tension constante autour de l'interprétation des incertitudes par des acteurs aux intérêts divergents (sécurité absolue / nécessité de réduire les coûts d'investissement ; opportunité de développement / renoncement à l'urbanisation ou à l'industrialisation).

Dans ce contexte implicite, le micro-zonage fournit des indications techniques pour les investisseurs publics ou privés, mais aussi des arguments dans des polémiques, caractéristiques des situations d'incertitude, où le risque sismique entre en rhétorique pour dénoncer ou approuver un projet (par exemple pour le projet nucléaire de Cadarache). La modulation des règles selon le micro-zonage prive les pouvoirs publics du confort politique du macro-zonage forfaitaire et admet les turbulences liées à l'interprétation locale des expertises et contre-expertises successives. Par souci de sécurité optimale, l'introduction du micro-zonage répond au besoin de connaissances locales du risque. Malgré la diversité des méthodes, la tendance est générale dans l'arc alpin, fortement accélérée par les interactions internationales entre scientifiques, souvent impliqués dans la rédaction des propositions administratives et réglementaires. Cependant, à la lecture décentralisée des règles nationales (France, Italie, Slovénie) s'oppose une approche par les besoins locaux selon la vulnérabilité des enjeux (Suisse).

Les décentralisations françaises, italiennes et slovènes : de l'universel national au particulier local

La reconnaissance des modifications locales des règles d'urbanisme et de construction s'inscrit dans le mouvement de décentralisation politique (France, Italie) et d'indépendance (Slovénie). Ce mouvement responsabilise localement la gestion du territoire, l'urbanisme, les investissements et la sécurité. Ces possibilités de régulation sismique locale animent différentes lois et circulaires administratives.

En France, les informations restent assez confidentielles. Face à un phénomène complexe, il importe de ne pas inquiéter la population, soumise à l'efficacité de l'expertise publique du couplage science-administrations. Faute de graduer l'exposition au risque et les contraintes, domine un soupçon de négligence des propriétaires sur leur prise en charge de la sécurité (attentisme privé renforcé par la garantie de solidarité nationale du dispositif d'assurances Catnat). Or, les dispositifs français souffrent d'une impossible omniscience et omnipotence. Les limites en termes d'identification du risque et de contrôle de l'application des règles parasismiques imposent de désengager l'État sous peine de le condamner à assumer une responsabilité « infernale » en matière de contrôles défectueux. La multiplication des sources d'information et des expertises, liées à l'augmentation des capacités des assureurs, rend impossible l'exploration de toutes les incertitudes locales par les services publics, alors même que se multiplient les sources d'autorité publique légitime, tant européennes sur les codes sismiques, que locales sur l'urbanisme. En conséquence, pour justifier la sécurité parasismique d'un ouvrage neuf ou objet de modifications importantes, les actions sismi-

ques définies à l'échelle municipale dans un Plan de Prévention des Risques (PPR) priment sur les règles générales (selon l'interprétation de l'Association française de Génie Parasismique (AFPS), du décret 2000-892 du 13 septembre 2000 relatif à la prévention du risque sismique, qui corrige et complète le décret 91-461 du 14 mai 1991). Mais ensuite, la loi « Bachelot » de 2003 admet une possibilité de réglementation locale moins stricte selon les résultats plus précis du micro-zonage (Fabriol et Garry, 2002). Il s'agit d'abord d'accroître la sévérité des normes parasismiques selon les résultats du micro-zonage, puis, d'encourager la recherche de références locales plus précises pour éventuellement diminuer le niveau d'investissement parasismique nécessaire si l'aléa est relativisé. Cette flexibilité renouvelle les politiques publiques françaises, désormais plus soucieuses de proportionner la contrainte aux conditions naturelles locales. Cette démarche octroie aussi la responsabilité locale de prise de risque, désormais dévolue aux municipalités en charge de la définition de leur PPR et de leur plan d'urbanisme.

En Italie, la tendance à la décentralisation est similaire, puisque, les régions doivent identifier les zones sismiques (Gazzeta ufficiale serie generale n. 105 dell' 8/5/2003, Ordinanza del presidente del consiglio dei ministri 20 marzo 2003). En intégrant les effets locaux dans la carte nationale des risques géologiques et sismiques, les régions, telles que Friuli Venezia-Giulia ou Piémont, adoptent différentes politiques parasismiques. Cette possibilité laisse aux experts régionaux une latitude importante dans l'interprétation des recommandations nationales, puisque, selon les régions, l'injonction nationale de cartographie des sols se traduit par une simple consultation de la carte géologique nationale ou par des analyses géophysiques approfondies (Friuli Veneti-Giulia). Cette précision croissante permet ensuite aux autorités régionales de réintroduire la possibilité d'une déclinaison des normes parasismiques selon l'aléa estimé. Cette décentralisation progressive introduit cependant des différences notables de traitement du risque selon l'interprétation régionale. Le nouveau zonage de l'Aoste comprend seulement deux municipalités en « risque moyen » et toutes les autres affichent un « risque fort ». Actuellement en cours, le ré-examen total de la carte de sismicité du Frioul s'opère selon les résultats scientifiques des universités locales. Le nouveau zonage sismique du Piémont conduit à doubler l'effort de prise en charge du risque et à réorganiser l'ensemble des procédures de contrôle. En définitive, chaque Assemblée Régionale décide quelle précision d'étude de sol est obligatoire et admise par l'Agence Régionale de Protection de l'Environnement (ARPA).

L'autonomie parasismique locale est progressive. En Slovénie, l'enjeu est la compatibilité entre références sismiques yougoslaves et normes parasismiques slovènes d'inspiration européenne (EC8). En France et en Italie, l'objectif est de parvenir à appliquer localement des directives nationales.

Suisse : responsabilités locales et incitations nationales

Marquée par la culture politique helvétique, la démarche suisse est très différente, puisque la gestion locale, municipale et cantonale, l'emporte sur l'édiction de règles fédérales universelles. Conséquence surprenante, jusque dans les années 1990, la Suisse, comme État, semble avoir quasi ignoré le risque sismique, pourtant important sur son territoire. Si le

séisme de Bâle en 1356 reste l'épreuve historique de référence, les politiques portent surtout sur le contrôle des risques gravitaires. Éboulements, avalanches et inondations ont fortement contribué à susciter un sentiment de solidarité nationale (Pfister, 2000) et des dispositifs publics locaux et fédéraux (Peltier, 2005). Par contre, le risque sismique semble objet de moindres préoccupations, investigations, réglementations. *De facto*, l'essentiel de la politique sismique suisse repose sur de l'observation des phénomènes physiques et une prise en charge individuelle et volontaire de la sécurité parasismique, éventuellement encouragée par les contrats d'assurances (Von Ungern-Sternberg, 1997). Selon ce principe général, l'application de règles parasismiques relève de la commande du maître d'ouvrage, de l'application professionnelle des meilleures règles de l'art, du contrôle par les assureurs. L'efficacité de cette approche très libérale de la responsabilité individuelle de la sécurité suscite tout de même des doutes assez nombreux pour que plusieurs initiatives locales convergent vers la constitution d'un corpus réglementaire disponible pour chaque Canton. L'écart croissant entre valeur des biens exposés et capacités de prise en charge solidaire par les assurances publiques (cantonales) ou privées renforce l'inquiétude. Dans les années 1990, le programme Katarisk révèle une forte vulnérabilité sismique de la Suisse, liée à l'augmentation de la densité urbaine, et conduit à une révision du macro-zonage sismique en 2003, menée selon une perspective d'harmonie avec les EC8. Faute d'approche globale, universelle et forfaitaire des prescriptions parasismiques, les Cantons développent des approches spécifiques fortement marquées par les conditions locales de risque. Certains Cantons se distinguent par une estimation accentuée du risque sismique (Bâle, Valais). Ils développent alors une expertise spécifique et promeuvent des solutions à l'échelle fédérale, relayées par l'Office Fédéral des Eaux et de la Géologie, les assurances cantonales et, même, par le Conseil Fédéral dans une tentative de modification constitutionnelle pour homogénéiser les approches.

Orientées par la gestion locale du territoire et la responsabilité individuelle, les interventions parasismiques suisses bénéficient donc directement des micro-zonages sismiques (Principe pour l'établissement et l'utilisation d'études de microzonage en Suisse, OFEG 2004). D'abord très qualitatives (Canton Obwald, 1995-2000), les premières études proposent une carte de correction des facteurs d'intensité sismique selon les sols. Ensuite, en 2000, Sion introduit le facteur de fréquence propre des sols pour caractériser l'amplification sismique. Cela prépare les cartes locales d'amplification relative maximale et de fréquence associée à partir de la mesure du bruit de fond sismique et de la modélisation numérique. Ensuite, entre 2002 et 2004, les études de simulation numérique permettent d'établir un spectre de dimensionnement spécifique au site de construction, afin de paramétrer le niveau de dimensionnement du génie civil selon la géologie. Particularité de la démarche, les investigations de micro-zonage sont graduelles selon les résultats de l'étude de vulnérabilité fondée sur l'analyse des enjeux exposés. Dans une première étape, le micro-zonage indique donc des classes de sols. Plus coûteuse et longue, la seconde étape est réservée aux parcelles où existent des enjeux importants ou une complexité géologique. Pensées selon les besoins locaux, les investigations relèvent des décisions et responsabilités locales.

Dans cette perspective, le travail préalable de définition collective des seuils de sécurité et des critères, puis de classement des vulnérabilités, détermine l'opportunité d'un micro-

zonage sismique approfondi. En faisant davantage porter le diagnostic sur les enjeux vulnérables, les Cantons helvétiques obligent à une discussion publique des choix, qui nécessite un affichage universel des données physiques disponibles, pour permettre une prise de risque assumée. Dans ce contexte, la généralisation nationale reste difficile, puisque, longtemps négligé, le risque sismique peut être délibérément refusé par les propriétaires privés et les instances publiques. La première obligation est la prise en charge de la sécurité parasismique des bâtiments publics. La seconde procède de la relation contractuelle entre propriétaire (maître d'ouvrage), professionnels prestataires (maîtres d'œuvre) et assureurs, devenus *de facto* les promoteurs des techniques parasismiques et les contrôleurs. Ainsi, en 2004, les travaux du groupe de travail fédéral (Office Fédéral Eaux Géologie) parviennent à définir les principes d'établissement et d'utilisation du microzonage en Suisse, mais « cette proposition des critères de microzonage est à adapter par les cantons en fonction de l'appréciation des critères et des enjeux socio-économiques » (OFEG 2004). La vocation du micro-zonage reste indicative, pour influencer les plans d'urbanisme et les règlements constructifs (Plan directeur cantonal, Plan d'affectation communal), sans déterminer d'interdiction de construire, mais seulement des prescriptions spécifiques selon les zones fixées dans le règlement communal de construction, qui contraint les autorités et les particuliers.

En Suisse, explicitement, le risque sismique n'interdit pas de construire, mais augmente les contraintes. Les cartes des sols sont établies selon les classes de sollicitation sismique. Inspiré des méthodes californiennes, le micro-zonage spectral à l'échelle de la parcelle représente une expertise de recours pour le maître d'ouvrage pour préciser un niveau de sécurité. Son coût impose de le réserver aux enjeux importants et éventuellement aux terrains meubles difficiles à caractériser. Il s'agit d'éviter les blocages de construction en développant une connaissance fine du territoire et d'éviter les surcoûts parasismiques en précisant le niveau d'accélération envisageable selon les parcelles. En offrant les paramètres de la construction, le dimensionnement en capacité est présenté comme une stimulation pour l'intelligence de l'ingénieur. Afficher directement l'aléa (internet) clarifie les degrés de responsabilités entre acteurs de l'aménagement du territoire et de la construction qui ne peuvent ignorer les conditions naturelles locales. En 2000, une décision gouvernementale du Conseil Fédéral oblige au respect des normes parasismiques pour les ouvrages fédéraux ou bénéficiant de subventions fédérales. Les Cantons peuvent exiger le respect des normes parasismiques en accord avec la planification de l'aménagement du territoire, qui signale les zones à risques naturels. Les municipalités bénéficient de l'aide éventuelle des Cantons (subventions, conseil) pour faire réaliser leur micro-zonage par des bureaux d'étude spécialisés. La responsabilité pénale des architectes et ingénieurs exige d'intégrer l'effet de site au titre du respect des règles de l'art (SIA). Enfin, au titre du vice de construction ou du défaut d'entretien, le propriétaire porte la responsabilité de l'ouvrage dimensionné de manière erronée en omettant l'effet de site.

De manière très réaliste, la Suisse admet la diversité des situations locales et impose l'examen des facteurs de risque, en particulier de la vulnérabilité des enjeux, pour exiger une connaissance spécifique de l'aléa. L'accent y est mis sur la responsabilité du propriétaire dans sa prise de risque. Dans ce cadre, l'instance publique offre les moyens de calcul du

risque raisonnable. La diffusion massive des informations permet une négociation des objectifs de sécurité. Le contrôle du respect des engagements est partiellement délégué à des experts privés, dont ceux des assureurs. La culture politique continue d'imposer scrupuleusement une limitation de l'intervention des instances publiques, en particulier fédérales au profit d'une responsabilité civique directe. Partie avec d'immenses lacunes, la politique suisse de protection parasismique a réussi en une décennie à constituer une approche globale qui associe constamment décideur privé et contrôle public, en particulier à travers les assurances, en intégrant, entre autres éléments, la possibilité d'une adaptation aux conditions géologiques locales. Pour être réaliste, elle reste toutefois très ciblée sur les Cantons les plus exposés et les plus volontaires.

Conclusion : pour une approche réaliste orientée selon la vulnérabilité des enjeux urbains

Avec la même ambition de sécurité, les solutions parasismiques diffèrent selon les cultures politiques nationales. Si les scientifiques forment maintenant une communauté professionnelle unie, les gestionnaires sont confrontés aux évolutions différentes de l'attente de sécurité, de l'organisation de la régulation (décentralisés ou étatiques, autorité publique ou responsabilité privée), de l'adhésion aux normes européennes (adoption des EC8 par la France, l'Italie, la Slovénie, mais aussi la Suisse). Le risque sismique mobilise des autorités publiques très diverses. Ainsi, en Slovénie, après l'indépendance, le ministère de l'Environnement intervient directement sur l'ensemble du territoire. Au contraire, en Suisse, la responsabilisation locale conduit à limiter le pouvoir fédéral (refus de modifier la constitution). Les procédures italiennes de contrôle des permis de construire et des plans d'urbanisme se rallongent au fil des transmissions de dossiers entre propriétaires, prestataires professionnels, mairie, services régionaux de l'ARPA, avis des services provinciaux. Quant à la France, la situation varie sur le territoire, puisque la mobilisation des instances publiques observable aux Antilles n'est absolument pas vérifiée dans les départements alpins où la maigreur des services administratifs réduit considérablement les possibilités de contrôle effectif des conditions géologiques ou d'application des techniques parasismiques. Si le principe de responsabilité négociée structure le système suisse, il est difficile de comprendre comment les acteurs locaux français soumis aux réglementations nationales et aux directives européennes peuvent s'adapter localement au risque acceptable admis par le dispositif PPR.

Dans tous les cas, l'évolution des références scientifiques renforce la difficulté pour fixer les codes sismiques. Alors que les gestionnaires souhaitent des critères simples et des références stables, les scientifiques remettent constamment en cause les résultats acquis et proposent de nouvelles méthodes. En situation d'incertitude, cerner le risque admissible nécessite un consensus entre acteurs, malheureusement très difficile pour des phénomènes où le degré d'expertise est très élevé. L'adoption de solutions conservatoires et forfaitaires simplifie alors l'action. Au contraire, jouer sur les marges de sécurité multiplie les expertises pour démontrer la validité des arguments. Coûteux et source de délais, ce réexamen trouble les responsabilités des autorités publiques. Alors qu'en Suisse la responsabilité individuelle

fonde la prise de risque sismique, la culture française est fortement marquée par le devoir croissant de protection du citoyen « veule et ignorant » par les instances publiques. Or, recommandée par des groupes d'experts européens (EC8), l'estimation sismique par des méthodes probabilistes inquiète le décideur, qui doit engager sa responsabilité sur des éléments relatifs. Dans cette perspective, la cartographie constitue un enjeu déterminant, puisqu'il faut choisir entre une acception scientifique qui signale des paramètres physiques naturels ou un zonage réglementaire qui détermine les possibilités urbaines. Selon leur degré d'exactitude et leur capacité à intégrer les nouveaux résultats scientifiques, les systèmes d'information géographique peuvent admettre plus ou moins l'incertitude et tolérer des lectures plus ou moins approximatives.

Pour être efficace, l'engagement des acteurs suppose de déterminer collectivement le niveau de risque acceptable. Établir l'objectif de sécurité, répartir les coûts et déterminer des responsabilités suppose une connaissance fine des facteurs de risque. Affaire délicate, la sécurité suppose une excellente connaissance locale des vulnérabilités et des menaces naturelles. Cependant, les enjeux locaux peuvent troubler l'indépendance des gestionnaires dont les compétences sont limitées sur des phénomènes rares et disproportionnés. L'appui de compétences nationales neutres et de moyens plus importants représente une garantie indispensable. Selon les cultures politiques, la précision gagnée dans l'expertise sismique fait du micro-zonage un dispositif prescriptif et contraignant difficilement accepté ou un outil de sensibilisation et de responsabilisation locale.

Seismic micro-zoning in the alpine valleys and local application in urban planning regulations

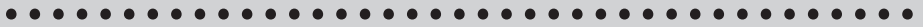
Stéphane Cartier

CNRS – LGIT BP 53, 38041 Grenoble Cedex 9
scartier@ujf-grenoble.fr

Abstract : Management of earthquake risks in the sedimentary valleys of the Alps depends on the ability to transcribe scientific knowledge obtained from micro-zoning into urban planning regulations. France, Italy, Slovenia and Switzerland are working with new European codes, and within their respective politi-

cal contexts, to improve earthquake safety on the basis of enhanced input on local geological conditions and vulnerability levels.

Keywords : Seismic risk management, alpine valleys, micro-zoning, local authority, urban planning.



The urban areas of the sedimentary valleys of the Alps are subject to moderate to strong seismic movements, amplified by « site effects » (amplification, liquefaction) (Bard, 1983). The European scientific programme Sismoalp has brought together French, Swiss, Italian and Slovenian scientists with the aim of characterising this risk in conjunction with the following land use planners and decision-makers: bureau cantonal du Valais (Switzerland), Agence Régionale de la Protection de l'Environnement du Piémont (Piemont Regional Environmental Protection Agency, Italy), Slovenian Ministry of the Environment (Cotton, 2006). This innovative approach has led to the inclusion, in the seismology programme, of questions of a political nature regarding conditions for the local management of « site effects » by seismic micro-zoning. The scientific characterisation of seismic micro-zones enables the definition of more precise rules for building and urban zoning. The alpine valleys are thus able to test different forms of administrative management aimed at anti-seismic safety. The possibilities provided by micro-zoning reveal the extent to which differences in political culture continue to play a role in orienting anti-seismic safety rules in different ways. Although each country is doing more to deal with the earthquake risk (Katarisk programme in Switzerland, setting up of a seismic service in Slovenia, seismic regulations in 2003 in Italy, Plan Séisme (earthquake plan) in 2005 in France) in line with a common European approach (EuroCode 8), there are considerable variations in the devolution of power to local authorities. The organisation of local and national regulations depends very much on the institutional organisation of each State and the distribution of responsibilities between private and public actors.

Seismic risk prevention is seen as covering numerous aspects such as knowledge of the specific characteristics of the risk and vulnerability levels, the existence of safety rules in urban planning and construction, incentives for reinforcing existing built areas, the possibilities and obligations of insurance companies, and the methods of financing prevention. The complexity of prevention measures precludes analysis here of seismic observation and population warning systems, not to mention the conditions of evacuation and assistance in

the event of an earthquake. Given the lack of comprehensive legislation, the aim of this comparative study is to explore a few crucial points in the earthquake safety measures provided by public institutions, a field sufficiently extensive in each country, without attempting to examine the diversity of actors concerned (users, private owners, real estate promoters, builders, design offices, insurance companies, industrial companies, etc.). Indeed, earthquake safety involves numerous technical and sociological difficulties: advanced technical level, expertise enhanced by scientific research into the margins of uncertainty, numerous languages, very heterogeneous democratic regimes, important regional powers in Switzerland and Italy, and different ways of adopting European regulations. In addition, a specific difficulty relates to the fact that responsibility for safety depends on bringing together very different regulatory systems, which are impossible to examine in full. The analysis, prepared with the help of input from members of the Sis-movalp European programme, is therefore largely based on interviews with the services responsible for earthquake monitoring and protection and on analysis of the documents used as legislative, technical and scientific references or as means of communicating.

Earthquake vulnerability of the alpine valleys: adapting urban planning and development regulations to scientific knowledge

The vulnerability of the sedimentary alpine valleys to the risks of seismic activity has increased as a result of urban and demographic growth. The valleys, which are often flat and still used for agriculture, have provided platforms for the urban colonisation of the mountain areas where land suitable for building is in short supply. They also determine the major arteries of communication. However, they are often exposed to flooding and earthquakes. Potential damage relating to these risks is affected by a number of factors: demographic growth, urban development, industrial redevelopment (from hydroelectricity to nanotechnologies), the development of transport, increasing numbers of tourists (winter and summer; Olympic games in Grenoble, Albertville, Chisone). Exposure to earthquake risks is increased by the fragility of the older built areas, urban growth, the spatial concentration of networks, the presence of dangerous chemical industries, the influx of newcomers to the area and outside tourists. The local population's lack of knowledge about earthquake risks is related to a general lack of scientific culture, to the specificity of the risk of a relatively infrequent event, which does not help maintain the collective memory, and to the changing conditions governing vulnerability (urbanisation of area at expense of agricultural uses).

As with flooding and avalanches (Cartier 2002; Cartier, Mettoux 2005), earthquake safety depends on numerous actors who often have a poor understanding of their interdependence. Earthquake prevention involves issues related to public safety, measures for reducing natural hazards, urban planning regulations, building regulations, building techniques and insurance. It combines two public approaches, spatial (spatial planning and development, risk prevention plans, urban development plans, building regulations according to seismic zones, building permits) and sectoral (professional practices, building

obligations, technical safety recommendations, examination and issuing of building permits, contracts between Owners and project managers, coordination between numerous professionals in building industry, technical inspections, insurance contracts) (Cartier, 2005). The responsibilities of the different actors involved are of several types: public and private; private and professional; contractual and civil; owners and users.

Earthquake macro-zoning: general knowledge for a generalised constraint

At the national scale, earthquake macro-zoning reflects the specific characteristics of natural conditions as well as political history. In this respect, French zoning has been influenced by catastrophes in the colonial territories, particularly the Maghreb (Orléansville in 1954), and the French West Indies, a zone of maximum risk. Slovenian zoning is based on two cartographic systems that serve as legal references, one of these being of Yugoslavian inspiration, the other European. As for the Italian zoning system, it was for a long time reactive, gradually developing in response to each earthquake incident, but the present system was set up by a national commission. Its use, however, remains subject to national principles, abstract legislative and scientific injunctions, and the importance of regional authorities, reinforced by partnerships with local universities, which have to find a compromise between local interests and safety. Zoning in Switzerland is also decided on at the federal level by the Service Sismique Suisse (Swiss Seismic Service). This department is responsible for publishing an earthquake risk map, which is then interpreted at the cantonal level thereby ensuring its adaptation in the best way possible to local needs. The federal service also encourages local interpretation by limiting the number of general constraints that apply to the federation as a whole. It should be noted that the Swiss reference system for decisions on earthquake risks includes an official intervention by a paraprofessional learned association whose recommendations have force of law, the Société des Ingénieurs et Architectes (Architects and Engineers Society), and is marked by increasing adaptation to European standards (Euro Code 8, EC8), even though the Confederation is not a member of the European Union.

Anti-seismic legislation, nuanced by the national political culture in which it is formulated, is based on administrative, technical and scientific expertise, corrected over time by the experience acquired from catastrophes. In addition, the seismic classification of buildings determines the degree of anti-seismic protection required depending on the importance of demographic or strategic stakes. Since some zones are more seismic and some activities more vulnerable than others, the legislator acknowledges the heterogeneity of risks affecting the area by reinforcing the anti-seismic codes on the basis of macro-zoning and the consequences of a disaster.

In all States, public safety requires knowledge about the risk, diffusion of appropriate information, and above all the power to enforce the adoption of anti-seismic techniques. However, from a legal point of view, this obligation is relative, since for Switzerland recommendation of the SIA standards is only legally binding for the Canton of Valais.

Indeed, to avoid any legal loopholes, this Canton explicitly specifies that the SIA standards must be adopted. In the other Cantons, the SIA standards are not legally considered as a professional reference for best practices. These differences bear witness to the stakes implicit in adopting anti-seismic regulations as a function of macro-zoning. Each State acknowledges having extensive areas without any earthquake dangers and without the anti-seismic regulations that are assumed to be more costly and more difficult to apply than standard regulations.

By acknowledging the existence of specific zones and uses, this application of anti-seismic regulations within a given territory results in different construction investment costs. While these may be relatively low for new detached houses (Czitrom, 1999), the obligation of reinforcing the anti-seismic resistance of existing or new structures in some zones may be sufficiently costly to make it a decisive economic factor for industrial installations or bridges (particularly ambitious in mountain areas, for example the Mediterranean TGV (High Speed train) link, the Lyon-Turin link). Above all, anti-seismic requirements upset the work practices of professionals, who are generally ill-prepared. Their know-how is often challenged by a lack of technical knowledge and by the margins of interpretation of uncertainties linked to natural risks.

The need for a hierarchy among anti-seismic investments is generally acknowledged but is nevertheless delicate to establish at the limits of zones and on the basis of estimated risk. Apart from the unequal economic and legal treatment of zones, such uncertainties may encourage the more prudent experts to adopt « conservative » references, overestimating the risk, sometimes through lack of knowledge of the margins of safety included in the earlier stages of risk assessment. These relative references, sometimes contested in the case of investments for industrial projects (energy, chemical plants, nuclear plants) or transport (TGV), introduce the possibility of modifying constraints according to local geological conditions identified by micro-zoning.

Micro-zoning: towards a devolution of power to local authorities?

Risk is a source of concern that is reinforced by site effects specific to local geology, such as the amplification of vibrations in sedimentary alpine basins. Consequently, regulations proposed at the macro-seismic scale may prove to be ineffective at the local level. The introduction of potential site effects in urban planning and architectural recommendations depends very much on the opening up of national legislation to interpretation by local authorities. In other words, it raises a number of questions: Is it possible for municipalities to modify the application of national anti-seismic regulations, by what right, according to what scientific criteria, according to the opinion of which experts, and in whose interest? Do seismic micro-zones provide criteria for public and private actors responsible for safety? In France, what legal (or restrictive) value do such zones have in Seismic Risk Prevention Plans (Plans de Prévention des Risques Sismiques (PPRS)) provided for in the 2005 Seismic Plan? Although the adoption of the PPRS is often accepted by local actors as a further extension of planning constraints, expertise may also provide a possible recourse for envisaging a reduction in anti-seismic constraints. Analysing investment needs for safety in

terms of risk requires determining the criteria and thresholds for taking risks (how many people, what level of safety, at what cost, what time-scale, what level of uncertainty can be tolerated). Given the extremely technical nature of such questions and the scientific uncertainties, these determining factors are more often implicit or confidential rather than explicit and debated publicly.

Micro-zoning, which varies considerably depending on the research institutes involved (Benelhadj, 2005), characterizes local dangers from the scale of the plot of land (Switzerland, in the case of important building issues) to that of the regional sedimentary basin (Italy). However, soil/structure interactions specific to sedimentary basins are still the subject of scientific research aimed at reducing uncertainties, characterising damage probability, establishing technical references, making building and urban planning recommendations, and in general helping to draw up administrative and prescriptive rules. The high stakes mean that expertise has a key role in the constant discussion around the interpretation of uncertainties by actors with divergent interests (absolute safety / need to reduce investment costs; development opportunity / renouncement of urban development or industrialisation).

In this implicit context, micro-zoning provides technical information for investors, both public and private, but also input for arguments in controversies, characteristic of situations of uncertainty when the earthquake risk is brought into discussions to denounce or approve a project (for example, the Cadarache nuclear project in France). Modifying rules on the basis of micro-zones means that public authorities are deprived of the political comfort of having a basic generalised macro-zoning system to apply, but it is also an acknowledgement of the problems of local interpretation of successive assessments and second assessments. The introduction of micro-zoning meets the need for enhanced local knowledge of risk in order to ultimately optimise safety. Despite the diversity of methods employed, this is a general trend in the alpine arc that has received considerable stimulation from international interaction between scientists, often involved in the preparation of administrative and regulatory proposals. An approach that contrasts sharply with the decentralised interpretation of national rules (France, Italy, Slovenia) is that adopted by the Swiss, who base their system on local needs in terms of the vulnerability of issues.

Decentralisation in France, Italy and Slovenia: from a national universal system to local specific applications

The recognition of local modifications to town planning and building regulations is part of the move toward political decentralisation (France, Italy) and independence (Slovenia). Such a trend encourages local responsibility for land-use management, town planning, investment and safety. The possibilities for earthquake regulations at the local scale also give rise to different laws and administrative decrees.

In France, information remains fairly confidential. Faced with a complex phenomenon, it is important not to worry the population, which basically has to rely on the efficiency of the public expertise provided by science and government departments. Because of the lack

of detailed information on exposure to risk and associated constraints, there is an overriding suspicion of negligence on the part of building or project owners regarding their responsibility for ensuring safety (a private wait-and-see policy reinforced by the guarantee of national solidarity from the CAT-NAT (natural catastrophe) insurance system). But the French measures suffer from the need for an impossible omniscience and omnipotence. The State's limits in terms of its capacity to identify risks and inspect the implementation of anti-seismic regulations make it necessary to free it from its obligations or run the risk of condemning it to assuming an « intolerable » responsibility with regard to faulty inspections. The multiplication of information sources and expertise, related to the increasing capacities of insurance companies, makes it impossible for the public services to explore every local uncertainty, even though there is an increasing number of legitimate public authority sources, whether they be European for seismic codes, or local for urban planning. Consequently, to justify the anti-seismic safety of a new structure or a structure that has undergone substantial modifications, seismic actions defined at the municipal scale in a Risk Prevention Plan take precedence over general regulations (according to the interpretation by the Association française de Génie Parasismique (French association of anti-seismic engineering) of decree 2000-892 of 13 September 2000 concerning the prevention of seismic risks, which corrects and completes decree 91-461 of 14 May 1991). But then the « Bachelot » law of 2003 acknowledged the possibility of less strict local regulations based on the more precise results obtained from micro-zoning (Fabriol and Garry, 2002). It involves first of all increasing the strictness of anti-seismic standards depending on the results of micro-zoning, then of encouraging the search for more precise local references with a view to possibly decreasing the level of investment needed for anti-seismic measures if the uncertainty is put into perspective. Such flexibility has given new life to public policies in France, which are now more concerned with adjusting constraints to local natural conditions. This approach has also encouraged local responsibility for risk taking, with municipalities now defining their own Risk Prevention Plan and preparing their own urban development plan.

In Italy, there is a similar trend toward decentralisation since the regions must now identify earthquake zones (Gazzeta ufficiale serie generale n. 105 dell' 8/5/2003, Ordinanza del presidente del consiglio dei ministri 20 marzo 2003). By integrating local effects into the national map of geological and seismic risks, regions such as Friuli Venezia-Giulia or Piémont are able to adopt different anti-seismic policies. This possibility leaves the regional experts with considerable latitude in their interpretation of national recommendations, since, depending on the regions, the State ruling on soil mapping at the regional level translates into a simple consultation of the national geological map or into detailed geophysical analyses (Friuli Venezia-Giulia). This increasing precision then makes it possible for regional authorities to reintroduce the idea of applying anti-seismic standards according to estimated risk. This progressive decentralisation, however, introduces significant differences in the way risks are dealt with, depending on the regional interpretation. Thus the new zoning system in the Aoste region only includes two municipalities that are exposed to « average risk », all the others being at « high risk ». A total re-examination of the seismicity map of the Frioul area, which is currently in progress, is incorporating the scientific

results of local universities. The new seismic zoning of the Piémont area has led to doubling the effort to take responsibility for risk and to a reorganisation of all inspection procedures. Finally, each Regional Assembly decides what level of precision is required in the soil study, which must then be accepted by the Regional Environmental Protection Agency (ARPA).

Obtaining local autonomy in anti-seismic measures is a gradual process. In Slovenia, the main issue concerns the compatibility between Yugoslavian seismic references and Slovenian anti-seismic standards of European inspiration (EC8). In France and Italy, the objective is to apply national directives locally.

Switzerland: local responsibilities and national incentives

Influenced by Helvetian political culture, the Swiss approach is very different, since local management, both municipal and cantonal, takes precedence over the enactment of universal federal rules. A surprising consequence is that, until the 1990s, Switzerland, as a State, seems to have virtually ignored the earthquake risk, despite this being significant within its borders. Although the Basle earthquake of 1356 remains the historical reference, policies mainly concern the monitoring of gravity risks. Landslides, avalanches and floods have, over the years, helped develop a strong feeling of national solidarity (Pfister, 2000) and contributed to federal and local public measures (Peltier, 2005). On the other hand, the earthquake risk seems to have been a subject of less concern and has given rise to fewer investigations and regulations. In fact, for the most part, the Swiss earthquake policy is based on the observation of physical phenomena and individual and voluntary responsibility for anti-seismic safety, encouraged in some cases by insurance contracts (Von Ungern-Sternberg, 1997). According to this general principle, the application of anti-seismic rules depends on the instructions from the contracting authority or Owner, the professional application of best practices, and inspection by the insurers. The effectiveness of this very liberal approach of encouraging individual responsibility for safety has nevertheless given rise to numerous doubts, resulting in several local initiatives that have contributed towards the constitution of a body of regulations available for each canton. The increasing divergence between the value of property exposed to risk and the financial capacity of public (cantonal) or private insurance companies to accept joint responsibility for such risk has only heightened concerns. In the 1990s, the Katarisk programme revealed that Switzerland was very vulnerable to earthquake activity, linked to higher urban densities. This led to a revision of the seismic macro-zoning system in 2003, when efforts were made to achieve greater harmony with the EC8. Given the lack of a universal, global or generalised approach in formulating anti-seismic recommendations, the cantons developed specific approaches incorporating significant input on local risk conditions, with some cantons even accentuating their estimation of the earthquake risk (Basle, Valais). The cantons thus acquired specific expertise and promoted solutions at the federal scale, relayed by the Office Fédéral des Eaux et de la Géologie, cantonal insurance companies and even the Federal Council in an attempt at constitutional modification in order to standardise approaches.

Oriented toward increased local management and individual responsibility, Swiss anti-seismic measures thus benefit directly from seismic micro-zoning (Principe pour l'établisse-

ment et l'utilisation d'études de microzonage en Suisse, OFEG 2004). The first studies, which were essentially qualitative (Canton Obwald, 1995-2000), provided a map correcting seismic intensity values based on soil studies. Then, in 2000, Sion introduced a frequency factor specific to the soils to characterise seismic amplification. This prepared the local maps of maximum relative amplification and associated frequency based on measurements of seismic background noise and numerical modelling. Between 2002 and 2004, numerical simulation studies were then used to establish a dimensioning spectrum specific to the construction site so that civil engineering works could be parameterised according to geology. One particularity of the approach was that micro-zoning investigations were conducted progressively, depending on the results of the vulnerability study. In the first stage, micro-zoning thus indicates soil categories. The second stage, more costly and lengthy, is reserved for plots where there are important construction issues at stake or a complex geology. The investigations are thus structured according to local needs and depend on local decisions and responsibilities.

The initial work of collectively defining safety thresholds and criteria, and then classifying levels of vulnerability, thus determines the potential of detailed seismic micro-zoning. By focusing diagnosis more on vulnerable issues, the Swiss cantons make public discussion of choices obligatory, which in turn requires providing information on available physical data so that an informed acceptance of risk can ultimately be made. In such a context, generalisation at the national level remains difficult because seismic risk, which for a long time was ignored, may be deliberately refused by private owners and public authorities. The first obligation concerns the taking of responsibility for the anti-seismic safety of public buildings. The second stems from the contractual relationship between project owners, professional contractors and insurers, who have become de facto promoters of anti-seismic techniques, and inspectors. Thus, in 2004, the federal working group (Office Fédéral Eau Géologie) was able to define the principles for setting up and using micro-zoning in Switzerland but, as the group stated, this proposal of micro-zoning criteria was « to be adapted by the cantons according to their interpretation of the socio-economic issues and criteria (translation) » (OFEG 2004). The purpose of micro-zoning remains of an informational nature, to be used to influence urban development plans and building regulations (Cantonal Master plan, Communal Land-Use plan). It does not prohibit building but merely provides specific recommendations on the basis of the zones determined in the community building regulations, which are binding on both authorities and individuals.

In Switzerland, the earthquake risk does not explicitly prohibit building, but instead increases constraints. Soil maps are prepared according to earthquake excitation categories. Inspired by methods used in California, spectral micro-zoning at the scale of the plot of land represents a source of information that the owner can use to specify a level of safety. Its cost means that it should be reserved for resolving important issues and, if necessary, for loose ground that is difficult to characterise. It is a question of avoiding, firstly, construction stoppages by developing detailed knowledge of the local area and, secondly, the extra costs due to anti-seismic measures by specifying the conceivable level of acceleration depending on the plots of land. In this way, the sizing of structures in terms of seismic resistance capacity is presented as a challenge to the intelligence of the engineer. A direct

display of information on risk (internet) clarifies the degrees of responsibility between actors in the planning and development profession and those in the building trade, who cannot ignore local natural conditions. In 2000, a government decision by the Federal Council made it obligatory to comply with anti-seismic standards for federal structures or structures benefiting from federal subsidies. The Cantons can demand that anti-seismic standards be respected in accordance with the natural risk zones shown on the plan for local area development. The municipalities may receive help from the Cantons (subsidies, advice) in getting their micro-zoning carried out by specialised consultants. The criminal responsibility of architects and engineers requires that they integrate site effects to ensure that best practices are respected (SIA). Finally, with regard to problems arising from faulty construction or poor maintenance, the owner is responsible if he does not take site effects into consideration.

Switzerland has shown pragmatism in acknowledging the diversity of local situations and in imposing an assessment of risk factors, including an assessment of the vulnerability of different issues, in order to obtain specific knowledge of risks. The focus is on the responsibility of owners in taking risks. In this context, the public authority provides the means for calculating reasonable risk. Generalised diffusion of information facilitates negotiations on safety objectives. Monitoring compliance with commitments is partially delegated to private experts, including those of the insurance companies. Swiss political culture continues to scrupulously impose limits on the intervention of public authorities, particularly federal, thus encouraging direct civil responsibility. Having started with serious shortcomings, the Swiss anti-seismic protection policy has succeeded in the space of a decade in developing an overall approach that constantly combines private decision-making with public monitoring, particularly through the insurance companies, by integrating, among other things, the possibility of adapting to local geological conditions. However, to be realistic it remains very targeted on those Cantons that are the most exposed to risk and the most determined.

Conclusion: towards a realistic approach that takes into account the vulnerability of urban issues

Despite their common aim of increased safety, anti-seismic solutions differ considerably depending on the national political culture. While scientists now form a united professional community, managers and decision-makers are confronted with differences in the safety expectations of local populations, the types of regulatory systems (decentralised or state-controlled, public authority or private responsibility), and the levels of adherence to European standards (adoption of EC8 by France, Italy, and Slovenia, but also Switzerland). The risk of earthquakes mobilises very different public bodies. Thus, in Slovenia, after independence, the Ministry of the Environment intervened directly in the country as a whole. On the other hand, in Switzerland the move to encourage local areas to assume more responsibility led to a limiting of federal power (refusal to modify the constitution). The Italian method of controlling building permits and urban development plans has become lengthier with the increasing exchange of dossiers between owners, professional

service providers (contractors, consultants etc.) municipal offices, regional services of the ARPA (Environmental Protection Agency), and provincial departments. As for France, the situation varies considerably according to the area in question. Thus the mobilisation of public authorities observed in the French West Indies is far from that seen in the alpine departments, where the limited administrative services considerably reduce the possibilities of effectively monitoring either local geological conditions or the application of anti-seismic techniques. While the principle of negotiated responsibility underlies the Swiss system, it is difficult to understand how local French actors, subject to national regulations and European directives, can adapt locally to the acceptable risk acknowledged by the PPR (Risk Prevention Plan).

Whatever the case, the growth of scientific references is making it increasingly difficult to define seismic codes. While managers and decision-makers would like simple criteria and stable references, the scientists are constantly questioning results obtained and proposing new methods. In situations of uncertainty, identifying acceptable risk requires a consensus among actors, which is unfortunately very difficult for phenomena where the degree of expertise required is highly specialised. Adopting conservative and generalised solutions thus simplifies action. On the other hand, exploiting the safety margins multiplies the assessments required to justify arguments. Such re-examination is costly, takes time and clouds the responsibilities of the public authorities. Whereas in Switzerland individual responsibility underlies seismic risk taking, French culture is strongly influenced by the increasing obligation of public authorities to protect the « spineless and ignorant » citizen. However, seismic assessments based on probabilistic methods and recommended by groups of European experts (EC8) are worrying for decision-makers who have to assume their responsibility on the basis of relative elements. In this perspective, mapping plays a decisive role since a choice has to be made between scientific measurements of natural physical parameters and regulatory zoning which determines urban development possibilities. Depending on their degree of precision and their capacity to integrate new scientific results, geographic information systems may accept a certain degree of uncertainty and tolerate more or less approximate interpretations.

To be efficient, the commitment of actors depends on collectively determining the level of acceptable risk. Defining the aims of safety, apportioning costs and determining responsibilities requires a detailed knowledge of risk factors. Safety is a delicate issue and requires excellent local knowledge of natural threats and vulnerabilities. However, local issues may upset the independence of decision-makers whose competence is limited when it comes to phenomena that are rare and often of unexpected proportions. Support from impartial national authorities and from improved resources represents an indispensable guarantee. Depending on the political culture, the precision gained in earthquake expertise makes micro-zoning either a prescriptive and restrictive measure that is difficult to accept or a valuable tool for increasing local awareness and responsibility.

Translation: Brian Keogh

Acknowledgements

F. COTTON, 2006, *Programme Sismoalpe*, « *Seismic hazard and alpine valley response analysis* » ; Interreg IIIB Alpine Space Programme, <http://www-lgit.obs.ujf-grenoble.fr/sismoalpe/>

P.Y. BARD, LGIT Grenoble, France.

Th. BERSET, Établissement Cantonal d'Assurance des Bâtiments, Fribourg, Switzerland.

V. GIRAUD, ARPA Pietmont, Area delle Attività regionali per l'indirizzo e il coordinamento in materia di prevenzione dei rischi naturali struttura Semplice 04.03, Servizio sismico Pinerolo (TO), Italy.

A. GOSAR, Head of geophysical monitoring service, EARS Ljubljana (Slovenia).

C. LACAVER, Résonance, Switzerland.

O. LATELTIN, OFEG, Switzerland.

J.D. ROULLER, CREALP, Centre de Recherche sur l'Environnement Alpin, Sion, Valais, Switzerland.

Ph. SIONNEAU, chef service risques naturels (head of natural risks department), DDE Isère, France.

References

BARD P.-Y., 1983. – *Les effets de site d'origine structurale en sismologie : Modélisation et interprétation. Application au risque sismique*. Thèse d'État, Université Scientifique et Médicale de Grenoble, Juin 1983, 260 p.

BENELHADJ Z., 2005. – *L'utilisation du microzonage sismique dans la réduction de la vulnérabilité des biens et des personnes en Algérie*. Mémoire de Master, IGA-LGIT-CGS, 77 p.

BOURRELIER P.-H., 1997. – *La prévention des risques naturels, rapport de l'instance d'évaluation*. Paris, La Documentation Française.

CARTIER S., 2002. – *Chronique d'un déluge annoncé, crise de la solidarité face aux risques naturels*, Grasset, 373 p.

CARTIER S., 2005. – « Les nouveaux protocoles d'action publique dans la gestion des risques naturels ». In *L'action publique et la question territoriale*. A. FAURE et A.-C. DOUILLET. PUG, Grenoble, pp. 53-73.

CARTIER S., METTOUX A.-P., 2005. – « La Montagne Une et Indivisible ? Maîtriser les avalanches malgré la segmentation territoriale des massifs et des hommes ». *Revue de Géographie Alpine*, tome 93, n° 3, pp. 31-42.

CZITROM G., 1999. – « Du contexte de la réglementation en matière de construction parasismique : pourquoi ? Comment ? Évolutions, problèmes, acquis, perspectives ». *Cahier Technique de l'AFPS*, 137 p.

D'ERCOLE R., PIGEON P., 1999. – « L'expertise internationale des risques dits naturels : intérêt géographique ». *Annales de Géographie*, 108 (608), pp. 339-356.

DOURY J., DURVILLE J.-L. *et al.*, 1987. – « Simulation des effets du séisme de Lambesc : quelles conclusions pour l'action publique ? ». In *La société vulnérable*, J. FABIANI, J. THEYS. Paris, Presses de l'École Normale Supérieure.

FABRIOL H., GARRY G., 2002. – *Plan de prévention des risques naturels (PPR) risques sismiques ; guide méthodologique*. Documentation Française, 2002. 112 p. ; MEDD et Ministère Équipement.

FOUCRIER A., 1997. – « Les effets des risques naturels sur une société développée ; l'exemple des tremblements de terre en Californie ». *Histoire Économie et Société* (3. Environnement et développement économique), pp. 533-547.

GÉRARD Th., 2005. – *La prévention du risque sismique en France : une nécessaire prise en compte de la vulnérabilité du bâti existant*. Mémoire Master dirigé par Ph. Schoeneich. IGA Grenoble, 100 p.

KERT C., 1995. – *Les séismes et les mouvements de terrain*. Rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (disponible sur le site internet du MEDD).

LUTOFF C., 2000. – *Le système urbain niçois face à un séisme. Méthode d'analyse des enjeux et des dysfonctionnements potentiels*. Thèse de doctorat de l'Université de Savoie, sous la direction de C. Meyzenq et R. D'Ercole. Chambéry, 390 p.

OFEG, 2004. – *Principe pour l'établissement et l'utilisation d'études de microzonage en Suisse*. 68 p.

PELTIER A., 2005. – *La gestion des risques naturels dans les montagnes d'Europe Occidentale. Étude comparative du Valais (Suisse), de la Vallée d'Aoste (Italie) et des Hautes-Pyrénées (France)*, Thèse de Géographie, Université Toulouse II, Dir. F. Gazelle.

PFISTER Ch., 2000. – « Catastrophes naturelles et réseaux d'assistance en Suisse au XIX^e siècle », In *Histoire et mémoire des risques naturels*. FAVIER R. et GRANET-ABISSET A. M., MSH Alpes, pp. 165-172.

VANSSAY B. de, 2000. – *Le séisme d'Annecy du 15 juillet 1996 : gestion de crise et reconstruction postsismique*. Synthèse, MATE-DPPR, Laboratoire Psychologie Environnementale, UP5.

VON UNGERN-STERNBERG T., 1997. – « L'assurance immobilière en France : une comparaison avec la Suisse ». *Cahiers de Recherches économiques*. Département d'Économétrie et d'Économie politique, Université de Lausanne, 9702, 25.