



## **SIRSEG : SIMULATION DU RISQUE SISMIQUE ET DE SES ENJEUX A GRENoble SIMULATION OF SEISMIC RISK AND ISSUES IN GRENOBLE**

**Programme RDT**  
**Rapport de fin de contrat**

LGIT  
BP 53  
38041 Grenoble Cedex 9  
France  
Stéphane Cartier  
LGIT, BP 59,  
38041 Grenoble Cedex 9  
scartier@ujf-grenoble.fr

Date : 05/12/2009

N° de contrat : 0000846  
Date du contrat : 06/08/2007

## SYNTHESE

En l'état des connaissances scientifiques (GEMGEP, RISKue, ANTILLALP, SISMODT, VULNERALP, ISIBAT) et des besoins urbains, trois piliers structurent la sécurité sismique :

- La connaissance des failles et des effets de site
- La maîtrise de l'architecture des bâtiments et les diagnostics de vulnérabilité du bâti
- L'amélioration des comportements de survie.

Or, la complexité et l'hétérogénéité des informations sur la sécurité sismique (aléa, vulnérabilité sociale, vulnérabilité du bâti) entravent leur intégration par les décideurs publics ou privés (maîtres d'ouvrages, maîtres d'œuvres, régulateurs, planificateurs, contrôleurs, assureurs, usagers, etc.) (Cartier et Colbeau-Justin, 2010).

Ces constats incitent à :

- Cibler les informations déterminantes dans le domaine de la sécurité sismique,
- Proposer des méthodologies d'évaluation de la vulnérabilité du bâti simples et reproductibles,
- Tester des critères d'amélioration (physiques, économiques, organisationnels),
- Simplifier l'accès à l'information pour les acteurs concernés par la sécurité sismique.

Les informations disponibles concernant les écoles de Grenoble offrent une exemplarité méthodologique nationale pour améliorer et diffuser la connaissance du risque sismique et des éventuelles solutions de mitigation progressive.

La recherche pluridisciplinaire SIRSEG financée par le programme « Risque, Décisions, Territoires » du MEEDD offre deux atouts majeurs. Le premier est technique : proposer un outil de géo-visualisation des informations et un prototype de logiciel d'aide à la décision économique en matière de sécurité sismique aux gestionnaires immobiliers, ici du patrimoine scolaire municipal. Le second est organisationnel : intégrer des méthodes et résultats issus de disciplines complémentaires (sociologie, économie, géographie, géophysique, géologie, géomatique) au service de diagnostics sismiques urbains.

### ***Associer des compétences pour dessiner une démarche commune***

L'innovation scientifique et technologique appelle à l'organisation locale de règles spécifiques à l'échelle du site urbain. Cette évolution des connaissances déplace les pertes et les gains des acteurs en interdépendance - gain de temps, gain d'espace, gain financier, gain de sécurité - . Ces progrès scientifiques concernent plusieurs éléments : l'échelle du zonage sismique, les mécanismes d'amplification sismique locale, la propagation sol-structure, l'évaluation de vulnérabilité du bâti existant, l'identification des compétences de sécurité, l'analyse coût-avantage des renforcements parasismiques.

Ainsi, même si elle est souhaitable, l'application des innovations scientifiques dans les sphères professionnelles, politiques et sociales, n'est pas neutre. Elle suppose de penser les dispositifs de valorisation sociale et d'application pratique. En effet, si ces dispositifs légaux, techniques, humains et pratiques ne sont pas proposés, la sécurité sismique stagne, voire régresse (vétusté, croissance de vulnérabilité urbaine, techniques architecturales inadaptées au site, contrefaçons nocives, défaillances criminelles), en dépit du développement des caractérisations sismiques locales, des diagnostics de vulnérabilité et d'une gamme des solutions techniques. Face à ce paradoxe, l'équipe SIRSEG propose une réflexion autour de

l'aide à la décision dont l'un des préalables est la compréhension des besoins des acteurs concernés :

- Adapter les constructions au site (propriétaires, consultants, contrôleurs, compagnies d'assurance).
- Adapter les villes aux contraintes environnementales (urbanistes, décideurs publics, investisseurs privés).
- Améliorer la sécurité par les normes publiques en maintenant un coût raisonnable.
- Former au microzonage.
- Réguler le partage des informations géotechniques.
- Éclaircir les responsabilités et obligations d'information de vulnérabilité.
- Créer des langages communs entre experts.
- Moduler les contrats d'assurances.

Concrètement, il s'agit de proposer des critères de gestion de la sécurité sismique qui intègrent les informations telluriques et les caractéristiques urbaines. Il est donc nécessaire de mieux caractériser l'aléa sismique (failles actives / propagation et amplification du site) ; les diagnostics de vulnérabilité des édifices (cas spécifiques, statistiques, et probabilité) ; la connaissance de l'exposition (démographie et économie) afin de fixer des informations selon les échelles d'interventions (nationale, régionale, urbaines, municipales, quartiers, propriétés foncières et immobilières, édifices). Dans cette exploration, le travail d'équipe est concentré sur les bâtiments scolaires publics. Porté par des laboratoires grenoblois, le projet SIRSEG s'intéresse à sa ville, s'inscrivant ainsi dans une logique d'acteurs locaux et s'appuyant sur des recherches précédentes (RISKue, ANTILLALP, SISMODT, VULNERALP, ISIBAT, GEMGEP)

### ***Estimation de l'aléa sismique local***

Typique des vallées alluviales alpines (Cotton, programme européen Sismoalp), le sous-sol grenoblois présente une configuration très particulière, avec sa cuvette en Y, confinée entre Belledonne, Chartreuse et Vercors, remplie d'alluvions postglaciaires très épais. Cette structure encaissée amplifie et prolonge le mouvement sismique par « effets de site ». Les objectifs de ce volet sont d'évaluer la réponse sismique de la vallée de Grenoble et de définir des zones d'aléa homogènes, à partir des données existantes (expériences temporaires passées, données du Réseau Accélérométrique Permanent) et de la simulation du mouvement fort. Ces simulations aboutissent à une cartographie des spectres de réponse associés aux zones d'aléa homogène, qui est intégrée à la base de géo-visualisation présenté ci-après. Les travaux complémentaires, réalisés dans le cadre de SIRSEG, de l'ANR QSHA (2005-2008) et du Pole Grenoblois des Risques Naturels (2007), permettent de :

- 1) valider le modèle numérique de Grenoble utilisé pour la simulation numérique jusqu'à 1 Hz du mouvement fort ;
- 2) simuler le mouvement fort au sein de l'agglomération de Grenoble pour un séisme de magnitude 5.5 localisé à environ 15 km de Grenoble (Laffrey)
- 3) caractériser les milieux superficiels d'un point de vue géophysique et géologique.

La bonne corrélation entre les informations géologiques et géophysiques pour la ville de Grenoble permet de se projeter dans l'avenir de la prévention. En effet, cette corrélation autoriserait, à terme, de s'en tenir aux informations géologiques issues de forages existants pour évaluer les conditions de site à une échelle très fine correspondant à l'îlot dans une visée PPRS. Ce « raccourci » scientifique est aussi une économie de temps et d'argent pour les services d'urbanisme des collectivités publiques. D'autre part, si travailler à partir d'un scénario sismique documenté vise à faire lien entre aléa et dommages, il s'agit concrètement

de savoir comment retomber sur une échelle d'intensité qui soit utilisée dans le calcul des dommages à partir des estimations de l'accélération faites à Grenoble.

***Inventaire sismique : évaluation de probabilité de dommages***

L'intégration de la vulnérabilité physique des bâtiments scolaires grenoblois passe par un inventaire sismique réalisé en collaboration avec les services municipaux. Cet inventaire est réalisé via le logiciel ISIBAT. Ce dernier est un premier palier d'aide à la gestion de la vulnérabilité sismique en :

- Attribuant un indice de vulnérabilité, calée sur des observations issues de la méthode VULNERALP 1.0 et 1.1.
- Représentant des dommages, et leur équivalence avec le dommage moyen  $d$ , suivant l'échelle européenne macrosismique (EMS98, 2001) sachant que les typologies de bâtiments de VULNERALP sont calées sur celles de l'EMS98.

Si cet inventaire sismique est un premier palier d'aide à la décision, son usage nécessite quelques précautions. En effet, la méthode VULNERALP sur laquelle il s'appuie, ne se substitue en aucun cas à un diagnostic. Elle correspond à une évaluation de probabilité de dommages basée sur des analyses statistiques d'observations post-sismiques. Seul un diagnostic parasismique aboutit à l'évaluation absolue d'un bâtiment. L'évaluation de probabilité de dommage VULNERALP a une valeur relative en fonction d'analyses statistiques et de l'état du reste du parc immobilier. Un Indice de vulnérabilité a été calculé sur un échantillon d'écoles sélectionnées (73) parmi l'ensemble des écoles de Grenoble pour leurs caractéristiques représentatives de l'ensemble du parc scolaire.

***L'analyse coût / avantage : un domaine exploratoire***

Le rapport entre coût et avantage de sécurité est déterminant pour fixer les obligations de protection parasismique. Or, l'analyse coût/avantage de l'application des codes antisismiques est rudimentaire, voire embryonnaire. Les investigations menées par Lamine Ayadi comparent plusieurs méthodes internationales et tentent de tester leur application au contexte français.

Malgré leurs différences (vocabulaire et unités de mesure spécifiques), certains aspects rassemblent les différentes méthodes étudiées : Etats-Unis (FEMA, 1994), Suisse (OFEV), France (GEOTER, 2009). Logique commune aux approches américaine et française, la comptabilité analytique calcule un prix de revient type ensuite ajusté par imputations rationnelles de critères supplémentaires (jusqu'au coût d'acheminement des matériaux en Martinique). À l'inverse, l'approche Suisse tend vers une réflexion probabiliste en rapportant le coût raisonnable de renforcement à l'état de la construction et au bénéfice de sécurité. Il est délicat de se prononcer sur la méthode la plus pertinente pour calculer un coût qui soit représentatif et proche de la réalité, néanmoins, nous pouvons avancer que le coût de renforcement est fonction de deux éléments principaux :

- Direct (relatif à la construction) : vulnérabilité, type, occupation, coût des matériaux et de la main d'œuvre, objectif du renforcement.
- Indirect (relatif à l'environnement) : risque encouru, emplacement, ...

De plus, les stratégies d'investissement dans la sécurité peuvent être considérées comme un bien commun, *a fortiori* pour un patrimoine public comme les écoles. Toutefois, d'une manière générale, les contraintes de financement limitent le champ d'intervention des pouvoirs publics. Les risques sont connus, mais les efforts de prévention dépendent de la volonté des acteurs et des moyens financiers consentis actuellement pour préserver une

ressource patrimoniale. Or, la méthode Suisse est la seule à intégrer le risque acceptable et le facteur temps. Le risque acceptable y est déterminé par l'analyse de la courbe de mortalité annuelle afin de déduire un taux acceptable. Le temps est introduit à travers un facteur d'escompte calculé en référence à la durée restante et au taux d'actualisation. Avec cette logique, la méthode suisse introduit des éléments pertinents dans le calcul du coût des interventions sur le bâti. Elle fixe elle aussi à 2% le taux d'actualisation admissible pour des investissements patrimoniaux intergénérationnels comme la sécurité parasismique des écoles. Ce choix permet de reconsidérer le retour sur investissement des équipements publics non plus selon leur rentabilité rapide mais plutôt sur leur amortissement de long terme. Il est possible d'envisager le financement du budget des travaux de prévention sismique via :

- Des taxes de prévention sismique pour alimenter un budget annuel de prévention (détail de la taxe assujettie à la durée du programme de renforcement)
- Des subventions de l'Etat
- Des subventions des organismes nationaux et internationaux
- Des dons privés et des entreprises
- Un endettement à long terme assumé progressivement par les générations protégées
- Des amendes aux maîtres d'ouvrages négligents.

### ***Rassembler les informations par leur géo-visualisation***

Les données existantes pour caractériser les facettes du risque sismique à Grenoble sont dispersées, hétérogènes et de formats différents. Nous proposons d'intégrer l'ensemble des données nécessaires à l'évaluation du risque sismique (aléa, vulnérabilité physique et vulnérabilité sociale) au sein d'une même « base de données spatialisées » pour faciliter leur réutilisation. Cette création s'inscrit dans une problématique de développement des systèmes d'information dédiés aux risques naturels (SIRN). Leur conception et réalisation sont confrontées aux caractéristiques des informations, aux fonctionnalités espérées, à la diversité des utilisateurs, aux différences de perception et de compréhension ; aspects difficilement résolus par les SIG « classiques ». La complexité thématique des données incite à recourir aux outils de géo-visualisation pour intégrer les fonctionnalités des SIG et proposer une visualisation multimédia animée, interactive, dynamique. Enfin, dès sa conception, l'outil est évolutif, adaptable à différents environnements géographiques, à des formats informatiques hétérogènes et interopérables. Pour cette raison, le LIG développe son propre environnement informatique suite aux travaux de conception et au développement de SIRN. Pour disposer d'un jeu de données assez vaste, la démarche de conceptualisation et réalisation suivante est appliquée :

- 1) Identification et analyse des données liées aux risques sismiques
- 2) Analyse des besoins et spécifications fonctionnelles de l'outil
- 3) Modélisation des données
- 4) Propositions logicielles
- 5) Implémentation

Étant donné l'hétérogénéité des informations sismiques, l'outil de géo-visualisation issu de cette démarche est divisé en trois sous-ensembles : Alea, vulnérabilité physique et vulnérabilité sociale. Ces trois sous-ensembles sont consultés via une interface composée de deux fenêtres synchronisées : une fenêtre attributaire et une fenêtre spatiale.

- La première affiche sous les tableaux de données attributaires liées à chaque entité spatiale (zones d'aléa, quartiers grenoblois, îlots IRIS). Ces attributs indiquent l'aléa, la vulnérabilité physique ou la vulnérabilité sociale. Chaque ligne de cette fenêtre correspond à une entité spatiale. La sélection s'affiche dans la fenêtre carte. Différents onglets précisent les données à différentes échelles géographiques.

- La seconde fenêtre affiche des cartes d'informations liées à chaque entité spatiale pour naviguer à travers l'information géographique : zoom, plan, affichage des différentes couches géographiques, sélection et indexation spatiale. L'utilisateur peut requérir les informations en cliquant sur la carte. La sélection d'une entité spatiale signale dans la fenêtre attributaire les caractéristiques sismiques locales (aléa, vulnérabilité physique ou sociale).

### ***Le prototype de logiciel : un outil pour décider***

Afin de proposer un outil d'aide à la décision en matière de sécurité sismique en fonction des informations scientifiques, il s'agit de cibler la prévention sur l'entretien et le renouvellement de patrimoine urbain bâti. Notre démarche expérimentale s'applique à un domaine de décision municipal particulier, les écoles. Elle n'a pas été directement validée par les acteurs publics des politiques de prévention. Il manque donc une étape finale et cruciale dans notre démarche dont la logique est circulaire. En effet, nous avons, à partir des informations sur le risque sismique des écoles grenobloises, développé un modèle concernant l'investissement des propriétaires immobiliers dans la sécurité sismique. Ces informations *a posteriori* sont la base de construction d'un modèle abstrait applicable à d'autres cas (divers propriétaires immobiliers publics ou privés et différentes natures de parc immobilier).

Dans la modélisation multi-agents, les bâtiments scolaires sont considérés comme des agents caractérisés par un ensemble de propriétés, sans intentions propres mais dotés d'une préférence commune : être le moins vulnérables possible face au risque sismique. Le décideur public porte cette préférence commune pour atteindre une meilleure sécurité des bâtiments pour minimiser des éventuels dommages. Les bâtiments scolaires sont situés dans un territoire urbain défini, caractérisé par un sol à intensité sismique variable (EMS98) et une gestion par quartier. Agents vulnérables, les bâtiments évoluent sous contraintes politico-économiques et géotechniques, dans un environnement urbain. Ce modèle de micro-simulation de type individus-centrée (Amblard, 2003) permet d'observer la dynamique d'une population de bâtiments sous la plateforme logicielle Netlogo (Wilensky, 1999).

Afin de simuler les conséquences de différentes politiques de prévention du risque sismique concernant les bâtiments, le prototype de simulation disponible sur Internet ([www.boudism.fr/sirseg](http://www.boudism.fr/sirseg)) est composé de différents éléments. Le premier type d'élément correspond aux différents paramètres modulables par l'utilisateur :

1. Budget
2. Aléa
3. Vulnérabilité physique du bâti
4. Cinq grands types de politiques de prévention

Le choix d'une de ces cinq politiques par l'utilisateur lui permet de définir comment est réparti le budget municipal alloué à la sécurité sismique par groupe de bâtiments, groupe défini par le classement des vulnérabilités A, B, C, D.

Cet outil évalue les conséquences des différents scénarios de politiques de prévention du risque sismique sur la réduction de la vulnérabilité des bâtiments et les dommages subis. En effet, le second type d'élément du modèle de simulation correspond aux différentes catégories de résultats post-simulation :

- Un monde peuplé d'agents-bâtiments répartis en classes de vulnérabilité.
- Un histogramme de la vulnérabilité
- Une courbe des dommages
- Le graphique d'efficacité de la dépense publique

De plus, une interface grenobloise croise les données disponibles sur le risque sismique encouru par les bâtiments scolaires de la ville. L'environnement spatial du modèle est représenté par le monde NetLogo sur un fond de carte de la ville de Grenoble. Dans ces simulations, on part d'une répartition initiale des écoles par classe de vulnérabilité estimée de façon heuristique à partir de l'étude VULNERALP. Les valeurs initiales des paramètres économiques sont estimées de façon empirique à partir des données publiées sur le budget de la ville de Grenoble pendant les cinq dernières années. On considère, par hypothèse, que les coûts de maintenance et de rénovation d'une école sont proportionnels à son niveau de vulnérabilité. Ces paramètres restent constants pour l'ensemble des simulations effectuées. Les scénarios sont engendrés en faisant varier le taux d'évolution du budget de la ville (stabilisation, restriction, progression) et la priorité (faible, moyenne, forte) que la ville donne à la sécurité sismique en pourcentage de son budget annuel. On peut alors qualifier les différents scénarios en termes de types de politiques de prévention. Comparer les conséquences de différentes simulations permet à l'utilisateur d'évaluer le risque encouru en fonction d'alternatives de politique de sécurité sismique qui prennent en compte une certaine croissance économique associée à un séisme d'une certaine intensité.

### *Conclusions*

#### *Statut des informations*

Les difficultés d'accès et d'utilisation des informations rencontrées au cours du programme SIRSEG sont significatives. Préalables aux décisions, les diagnostics sismiques urbains nécessitent des observations primaires et la compatibilité entre analyses, qui dépendent de la généralisation de protocoles de collectes, de traitement et de partage des informations géotechniques, architecturales et financières.

#### *Informations géotechniques*

Le programme SIRSEG permet une lecture géophysique des informations géologiques (les résultats de sondage, effectués par des bureaux d'études géotechniques pour les maîtres d'ouvrages propriétaires fonciers) en valorisant une collection de données géotechniques. Les tests de classification, d'extraction et d'usage de ces données établissent une corrélation entre composition géologique et propagation des ondes sismiques et relancent les investigations de géophysiques. Cette collection personnelle réunit des informations indispensables au paramétrage des fondations des édifices, mais d'ordinaire dispersées et souvent égarées. Pour les sondages ordinaires, aucun protocole de collecte publique n'existe. Seuls les sondages de plus de trente mètres de profondeur doivent être remis au BRGM dans un délai de dix ans afin d'affiner la carte géologique de la France. Or, réunies, ces informations facilitent une lecture géophysique simplifiée utile aux éventuels microzonages et PPRS à l'échelle du site urbain ou municipal.

Les tests développés encouragent à imiter le protocole de collecte développé en Italie par l'ARPA du Piémont, agence régionale chargée d'établir les planifications urbaines, les cartes d'aléa naturel, les permis de lotir et de construire (Cartier et Peltier, 2009). De facto, le service d'urbanisme de l'agglomération du Havre tente déjà de collecter les informations géologiques pour délivrer les permis de construire (Gralepois, 2008) sans cependant disposer d'une assise juridique confirmée.

Le protocole de collecte et d'usage des informations géologiques peut préciser plusieurs degrés de partage :

- Collecte des informations géotechniques des projets des propriétaires publics (municipalité, conseil général, grands opérateurs publics)
- Convention de transfert des informations géotechniques des grands équipements privés
- Collecte municipale ou d'agglomération ou départementale des informations parcellaires privées
- Indexation individuelle au cadastre ou aux actes notariés (information sur les risques majeurs).

#### *Informations diagnostics vulnérabilité sismique architecturale*

Les informations sur l'état du bâti existant relèvent des propriétaires publics ou privés. Néanmoins de multiples dispositifs de contrôle public existent déjà en routine à travers les codes de l'urbanisme : permis de construire, vérifications de chantiers, certificats de conformités, contrôles techniques des matériaux, contrôle de conformité aux prescriptions de sécurité, obligations vicinales, arrêtés de destruction des ruines menaçantes, etc. Si le principe général est la préservation de la sécurité urbaine aux dépens des propriétaires, peu d'obligations existent pour limiter l'aggravation de la vétusté des édifices. De plus, rare pour les nouvelles constructions, le contrôle de la sécurité parasismique reste extrêmement difficile pour le bâti existant. Le développement d'indices de vulnérabilité sismique offre une caractérisation approximative et statistique des différents tissus urbains. Leur usage ciblé sur un ensemble de bâtiments offre des possibilités de première hiérarchisation des besoins et des priorités d'intervention. Néanmoins, l'accord du maître d'ouvrage reste un préalable pour accéder aux informations (plans, dates de construction, matériaux, feuilles de calcul) et aux édifices (inspections superficielles, carottages, mesures, auscultation). Même pour des ouvrages publics comme les bâtiments scolaires municipaux, la collecte d'informations nécessite la rédaction de conventions, le partage des résultats, des clauses de confidentialité.

Les craintes des maîtres d'ouvrages entravent une vision réaliste de la vulnérabilité. Pour autant, usagers, parents d'élèves, contribuables et citoyens peuvent requérir le libre accès aux informations publiques auprès du tribunal administratif ... d'autant plus que les exemples helvètes et canadiens démontrent la maturité du public en situation d'information générale sur le diagnostic sismique des écoles (Cartier et Colbeau-Justin, 2010). Le défi reste de permettre une caractérisation sismique simplifiée des bâtiments grâce à des méthodes de pré-diagnostics rapides (GEOTER, 2009). À la hiérarchie des besoins doit répondre une gamme de solutions techniques et organisationnelles, une clarté des critères, une explication des calendriers. Les efforts accomplis à l'occasion du Plan Séisme permettent de trouver des pistes de partage de l'information à partir des expériences antillaises.

#### *Informations financières*

Le partage des informations financières reste soumis à des contraintes techniques et professionnelles. Inscrits dans des relations de concurrence très vives, les professionnels du bâtiment rechignent à communiquer la valeur financière des matériaux et opérations. Les assureurs ne disposent que rarement de la valeur spécifique des biens assurés et jamais de coûts sismiques types. Les maîtres d'ouvrages publics (municipalité, conseil général) peinent à rendre compte du détail des investissements dans le patrimoine architectural. En effet, les services techniques ont une vision très parcellaire des coûts, alors que les élus raisonnent en investissements globaux annuels par domaine d'activité. Les services financiers enregistrent les dépenses, mais souffrent des changements fréquents de nomenclature comptable qui entravent une lecture des évolutions budgétaires. Travail de bénédictin, reconstituer l'information budgétaire détaillée sur plusieurs années et plusieurs instances publiques



suppose une volonté constante appuyée par une autorité affirmée. Reste que faute de renforcements parasismiques effectifs, l'analyse devrait composer avec des dépenses d'entretien portant sur les éléments essentiels à la solidité des ouvrages (murs porteurs, toitures). Les études développées aux Antilles (GEOTER, 2009) sur la totalité des bâtiments scolaires municipaux constituent une première piste d'évaluation des besoins sans cependant préciser le détail de certaines estimations des coûts de travaux. Ces diverses lacunes encourageant à travailler par hypothèses forfaitaires tant qu'aucune analyse coût / avantage détaillée ne sera disponible.

### *Réécrire la grammaire parasismique*

La sécurité constitue une clef de voûte entre activités en interdépendance. La coordination dans la maîtrise de la vulnérabilité sismique des bâtiments nécessite une clarification rigoureuse des fonctions et des responsabilités. Le partage des informations suppose l'adoption de dénominateurs communs entre activités en interdépendance pour caractériser l'aléa, la vulnérabilité, les objectifs de sécurité, les moyens mobilisables et les responsabilités.

Toujours très approximative, la grammaire parasismique comporte des ambiguïtés persistantes. Fondement de toutes les méthodes européennes de diagnostic statistique, l'usage des EMS 98 recèle des confusions entre caractérisation de l'aléa supposé et typologie des vulnérabilités architecturales. Pour définir des classes de vulnérabilité, l'intensité sismique est estimée à partir de l'intensité envisageable des dommages grâce à une indexation dont la pertinence est réservée à quelques initiés. Or, l'aléa sismique peut maintenant être physiquement mesuré ou estimé avec des métriques spécifiques (magnitude, accélérométrie, énergie), de même pour la mesure de la vulnérabilité selon les fréquences des bâtiments. De plus, à titre d'exemple, le terme de classes de vulnérabilité (A B C D) provoque une confusion avérée avec les classes parasismiques officielles françaises (A B C D), qui sont des catégories de bâtiment auxquelles s'appliquent des degrés différents de protection. Difficiles entre spécialistes, les interprétations par des décideurs novices peuvent provoquer des incompréhensions dangereuses. Revenir à des définitions architecturales simples pour exprimer la ductilité, l'effet des renforcements, les coûts techniques paraît nécessaire pour stabiliser l'information dans un contexte où l'analyse probabiliste du risque sismique provoque de nouvelles incertitudes pour les acteurs concernés. Outre des efforts de définition des termes et des syntaxes, le partage intégral des critères de hiérarchisation des besoins et priorités nécessite d'établir des unités de compte.

SIRSEG montre combien l'articulation des informations complémentaires offre une perspective de gestion plus intégrale du risque sismique. A ce titre, les décalages éprouvés éclairent les limites des modèles particuliers et les difficultés à transférer les résultats d'un domaine à l'autre, entre sciences, mais aussi entre gestionnaires de la sécurité. En permettant l'identification de certains nœuds, SIRSEG souligne le besoin de décrypter la logique des éléments disponibles et les possibilités de progresser :

- Amélioration de l'estimation locale d'amplification sismique
- Traduction des accélérations sismiques en indices de vulnérabilité
- Corrélations entre informations géotechniques et propagation sismique
- Diagnostic parasismique architectural simplifié
- Critères d'évaluation de vulnérabilité d'un patrimoine bâti
- Variation de vulnérabilité indexée aux investissements
- Effet sur la sécurité à terme selon les modalités d'investissement
- Articulation et communication des informations

- Statut et protocole d'utilisation des informations publiques et privées
- Délimitation des responsabilités entre acteurs privés et publics
- Développement d'une réduction de la vulnérabilité parasismique à échelle urbaine
- Gammes de solutions techniques et administratives
- Compatibilités réglementaires et normatives
- Modalités de coordination entre acteurs pour atteindre et maintenir la sécurité.

*Logique de calcul intégral*

Harmoniser les éléments de l'équation « intégrale » représente une limite fondamentale de la compatibilité des métriques utilisées : magnitude logarithmique de la puissance sismique, calcul économique arithmétique, scores des indexes de vulnérabilité. La traduction des effets sismiques en logique d'investissement reste donc sans dénominateur commun. L'ajout d'une approche probabiliste pour calculer la récurrence sismique tend à augmenter la confusion de l'équation universelle de la sécurité sismique. Enfin celle-ci correspond à une situation d'économie des coûts de transaction à deux inconnues : d'une part l'aléa sismique, d'autre part les vices cachés des bâtiments existants.

*Expliquer les principes pour appliquer les normes*

Evidemment souhaitable, l'amélioration de la sécurité parasismique des écoles nécessite un investissement programmé selon les objectifs de sécurité. Souvent insistante sur la caractérisation de la vulnérabilité, la recherche peine à offrir une gamme de solutions graduelles. De plus, les progrès techniques, comme le développement des isolateurs parasismiques, supposent un aggiornamento des prescriptions réglementaires. Actuellement la multiplication des référentiels techniques à travers des prescriptions spécifiques multiplie les ambiguïtés techniques et juridiques. Préalable à la définition des objectifs de sécurité et des budgets nécessaires, la clarification des responsabilités appelle une réflexion politique sur les principes de solidarité face au risque. Fixer une doctrine de sécurité publique dépasse les partenaires engagés dans l'amélioration locale de la situation. L'organisation d'une conférence de consensus nécessite une amélioration constante de la traçabilité des sources documentaires et de l'écriture des modalités de calcul.

## **SIRSEG : SIMULATION DU RISQUE SISMIQUE ET DE SES ENJEUX A GRENOBLE**

### **Responsables scientifiques du projet :**

Stéphane Cartier

Sociologue

LGIT – Équipe Risque

CR1 CNRS - chercheur associé PACTE Grenoble

LGIT, BP 59, 38041 Grenoble Cedex 9, [scartier@ujf-grenoble.fr](mailto:scartier@ujf-grenoble.fr)

Cécile Cornou

Géophysicienne

LGIT – Équipe Risques

CR1 IRD

LGIT, BP53, 38041 Grenoble Cedex 9, [cornouc@obs.ujf-grenoble.fr](mailto:cornouc@obs.ujf-grenoble.fr)

### **Autres partenaires scientifiques bénéficiaires :**

Elise Beck

Géographe

Maître de conférences UJF

PACTE – Équipe Territoires Risques Crises

Catastrophes

Institut de Géographie Alpine,

14bis avenue Marie Reynoard, 38100

Grenoble

[elise.beck@ujf-grenoble.fr](mailto:elise.beck@ujf-grenoble.fr)

Paule-Annick Davoine

Laboratoire d'Informatique de Grenoble -

équipe STEAMER

681, rue de la Passerelle

Domaine Universitaire de Saint-Martin  
d'Hères

38 400 Saint-Martin d'Hères

Mahfoud BOUDIS

Informatique - Simulation

IE 2

LEPII, UMR 5252, CNRS/UPMF –  
équipe : Energie-Eau-Environnement

Université Pierre Mendès France, Grenoble

LEPII, CNRS-UPMF,

1221, rue des résidences

38400 Saint Martin-d'Hères

[Mahfoud.Boudis@upmf-grenoble.fr](mailto:Mahfoud.Boudis@upmf-grenoble.fr)

Yves SAILLARD

Economiste

CR1 CNRS

LEPII, UMR 5252, CNRS/UPMF –  
équipe : Energie-Eau-Environnement

Université Pierre Mendès France, Grenoble

LEPII, CNRS-UPMF,

1221, rue des résidences

38400 Saint Martin-d'Hères

[Yves.saillard@upmf-grenoble.fr](mailto:Yves.saillard@upmf-grenoble.fr)

Philippe Guéguen

Géophysicien

LGIT – Équipe Risque

CR1 CNRS - chercheur associé PACTE  
Grenoble

LGIT, BP 59

38041 Grenoble Cedex 9

[pgueguen@ujf-grenoble.fr](mailto:pgueguen@ujf-grenoble.fr)

## **En français**

---

### **CONTEXTE GENERAL**

Le risque sismique défie les responsabilités des propriétaires, des compagnies d'assurance, des fournisseurs d'informations (bureaux d'études, scientifiques), des administrations locales et des gouvernants. Dans un tel contexte, l'innovation scientifique et technologique est régulièrement sollicitée. Or, même si elle est souhaitable, l'application des innovations scientifiques dans les sphères professionnelles, politiques et sociales, n'est pas neutre. Elle suppose de penser les dispositifs de valorisation sociale et d'application pratique. En effet, si ces dispositifs légaux, techniques, humains et pratiques ne sont pas proposés, la sécurité sismique stagne, voire régresse (vétusté, croissance de vulnérabilité urbaine, techniques architecturales inadaptées au site, contrefaçons nocives, défaillances criminelles), en dépit du développement des caractérisations sismiques locales, des diagnostics de vulnérabilité et d'une gamme des solutions techniques. Face à ce paradoxe, l'équipe SIRSEG propose une réflexion autour de l'aide à la décision qui passe par des outils pratiques visant à intégrer des méthodes et résultats issus de disciplines complémentaires (sociologie, économie, géographie, géophysique, géologie, géomatique) au service de diagnostics sismiques urbains.

### **OBJECTIFS GENERAUX DU PROJET**

En ciblant les informations déterminantes dans le domaine de la sécurité sismique (connaissance des failles et des effets de site, maîtrise de l'architecture des bâtiments, diagnostics de vulnérabilité du bâti, formation à la survie), notre équipe souhaite :

- Proposer des méthodologies d'évaluation de la vulnérabilité du bâti simples et reproductibles,
- Tester des critères d'amélioration (physiques, économiques, organisationnels),
- Simplifier l'accès à l'information pour les acteurs concernés par la sécurité sismique.

Étant donné les informations à notre disposition, ces objectifs ont été appliqués à la sécurité sismique des bâtiments scolaires grenoblois. Cet effort a un but d'exemplarité méthodologique nationale pour améliorer et diffuser la connaissance du risque sismique et des éventuelles solutions de mitigation progressive.

### **QUELQUES ELEMENTS DE METHODOLOGIE (ET EVENTUELLES DIFFICULTES RENCONTREES)**

Chacune des sciences impliquées dans SIRSEG a mis ses méthodes à disposition et en a spécifié les limites. Si ces cas disciplinaires sont intéressants, le fondement méthodologique de notre programme est la recherche de traduction et d'interfaces entre les acteurs impliqués et entre les disciplines associées. Dans cette quête, il s'agit de réussir à améliorer les connaissances scientifiques tout en les traduisant en termes décisionnaires. Proposer des critères de gestion de la sécurité sismique qui intègrent les informations telluriques et les caractéristiques urbaines nécessite de mieux caractériser : l'aléa sismique (failles actives / propagation et amplification du site) ; les diagnostics de vulnérabilité des édifices (cas spécifiques, statistiques, et probabilité) ; la connaissance de l'exposition (démographie et économie) afin de fixer des informations selon les échelles d'interventions (nationale, régionale, urbaines, municipales, quartiers, propriétés foncières et immobilières, édifices).

La première étape de cet effort de traduction est de rassembler l'ensemble des informations

disponibles. Or, les difficultés d'accès et d'utilisation des informations rencontrées au cours du programme SIRSEG ont représenté une limite de taille qui nous a amenée à réfléchir sur de possible généralisation de protocoles de collectes, de traitement et de partage des informations géotechniques, architecturales et financières. La seconde étape consiste à s'entendre sur des définitions communes. Mais, toujours très approximative, la grammaire parasismique comporte des ambiguïtés persistantes. Fondement de toutes les méthodes européennes de diagnostic statistique, l'usage des EMS 98 recèle des confusions entre caractérisation de l'aléa supposé et typologie des vulnérabilités architecturales. À titre d'exemple, le terme de classes de vulnérabilité (A B C D) provoque une confusion avérée avec les classes parasismiques officielles françaises (A B C D), qui sont des catégories de bâtiment auxquelles s'appliquent des degrés différents de protection. Difficiles entre spécialistes, les interprétations par des décideurs novices peuvent provoquer des incompréhensions dangereuses. Revenir à des définitions architecturales simples pour exprimer la ductilité, l'effet des renforcements, les coûts techniques paraît nécessaire pour stabiliser l'information dans un contexte où l'analyse probabiliste du risque sismique provoque de nouvelles incertitudes pour les acteurs concernés. Outre des efforts de définition des termes et des syntaxes, le partage intégral des critères de hiérarchisation des besoins et priorités nécessite d'établir des unités de compte.

#### **RESULTATS OBTENUS**

La recherche pluridisciplinaire SIRSEG a permis de :

- Proposer un outil de géo-visualisation des informations.
- Créer prototype de logiciel d'aide à la décision économique en matière de sécurité sismique aux gestionnaires immobiliers, ici du patrimoine scolaire municipal.
- Intégrer des méthodes et résultats issus de disciplines complémentaires, mais rarement associées (sociologie, économie, géographie, géophysique, géologie, géomatique).

#### **IMPLICATIONS PRATIQUES, RECOMMANDATIONS, REALISATIONS PRATIQUES, VALORISATION**

.

- Implications pratiques :

Evidemment souhaitable, l'amélioration de la sécurité parasismique des écoles ne peut être opérée d'un coup. Elle nécessite une programmation budgétaire et une clarification des objectifs de sécurité. Souvent insistante sur la caractérisation de la vulnérabilité, la recherche peine à offrir une gamme de solutions graduelles. De plus, les progrès techniques, comme de développement des isolateurs parasismiques, supposent un aggiornamento des prescriptions réglementaires. Actuellement la multiplication des référentiels techniques à travers des prescriptions spécifiques inscrites dans les cahiers des charges des maîtres d'ouvrages multiplient les ambiguïtés techniques et juridiques. Préalable à la définition des objectifs de sécurité et des budgets nécessaires, la clarification des responsabilités appelle une réflexion politique sur les principes de solidarité face au risque. Fixer une doctrine de sécurité publique dépasse les partenaires engagés dans l'amélioration locale de la situation. L'organisation d'une conférence de consensus nécessite une amélioration constante de la traçabilité des sources documentaires et de l'écriture des modalités de calcul

- Recommandations et limites éventuelles :

Les rapprochements permis à l'occasion de SIRSEG montrent combien l'articulation des informations complémentaires offre une perspective de gestion plus intégrale du risque sismique. À ce titre, les décalages éprouvés éclairent les limites des modèles particuliers et les difficultés à transférer les résultats d'un domaine à l'autre, entre sciences, mais aussi entre gestionnaires de la sécurité. En permettant l'identification de certains nœuds, SIRSEG

souligne le besoin de décrypter la logique des éléments disponibles et les possibilités de progresser :

- Amélioration de l'estimation locale d'amplification sismique
- Traduction des accélérations sismiques en indices de vulnérabilité
- Corrélations entre informations géotechniques et propagation sismique
- Diagnostic parasismique architectural simplifié
- Critères d'évaluation de vulnérabilité d'un patrimoine bâti
- Variation de vulnérabilité indexée aux investissements
- Effet sur la sécurité à terme selon les modalités d'investissement
- Articulation et communication des informations
- Statut et protocole d'utilisation des informations publiques et privées
- Délimitation des responsabilités entre acteurs privés et publics
- Développement d'une réduction de la vulnérabilité parasismique à échelle urbaine
- Gammes de solutions techniques et administratives
- Compatibilités réglementaires et normatives
- Modalités de coordination entre acteurs pour atteindre et maintenir la sécurité.

- Réalisations pratiques et valorisation :

Le prototype de logiciel d'aide à la décision créé par Mahfoud Boudis et Yves Saillard a été valorisé lors de la fête des sciences à Grenoble. La collaboration avec la mairie de Grenoble passe par l'inventaire sismique permis par le logiciel ISIBAT.

## **PARTENARIATS MIS EN PLACE, PROJETS, ENVISAGES**

SIRSEG initie des collaborations durables entre chercheurs des sciences sociales et des sciences de la Terre. Au niveau local, ce projet renforce les partenariats entre chercheurs du laboratoire PACTE et du LGIT et contribue à formaliser le rattachement de l'équipe RCC (Risques, Crises, Catastrophes) au sein de l'Observatoire de Sciences de l'Univers dans le cadre du prochain contrat quadriennal. Ceci facilite également la réponse aux appels d'offre de l'ANR RiskNAT (VISPA en 2008 et 2009, LIBRIS en 2009), dont l'un des deux projets (LIBRIS) a obtenu un financement.

L'élaboration de la corrélation entre informations géophysiques et géologiques correspond à une collaboration directe avec Gilles Ménard, Géologue à l'Edytem (Université de Savoie, Chambéry), qui nous a notamment donné accès à sa collection d'études géotechniques.

Le financement des formations aux systèmes multi-agents a également permis de poursuivre des collaborations avec différents chercheurs et doctorants en géographie des laboratoires PRODIG (Paris I), CITERES (Université de Tours), LETG (Nantes et Caen). Cette collaboration a débouché sur l'organisation d'une formation (MAPS, juin 2009, Oléron) à la modélisation multi-agents appliquée aux phénomènes spatialisés et à la tenue d'une conférence (MAPS2, avril 2010, Paris).

Le financement de la mission post-sismique à L'Aquila a également permis la collaboration pluridisciplinaire entre ingénieurs du BRGM (Orléans), de l'IRSN du CEA et de structures privées (VERITAS...).

## **POUR EN SAVOIR PLUS (QUELQUES REFERENCES)**

**LISTE DES OPERATIONS DE VALORISATION ISSUES DU CONTRAT (ARTICLES DE VALORISATION, PARTICIPATIONS A DES COLLOQUES, ENSEIGNEMENT ET FORMATION, COMMUNICATION, EXPERTISES...)**

<b>PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES</b>	
Publications scientifiques parues	Causse M., E. Chaljub, F. Cotton, C. Cornou, P.-Y. Bard, 2009. New Approach for coupling k-2 and Empirical Green's Functions : Application to the blind prediction of broadband ground-motion in the Grenoble basin, Geophysical Journal International Volume 179, Issue 3, 2009, Pages: 1627-1644
Publications scientifiques à paraître	Cartier, S., Colbeau-Justin, L. La sécurité scolaire à l'épreuve du risque sismique, fractures de coordination et solidarité de responsabilité Documentation Française, 2010,150p, Paris.
Publications scientifiques prévues	<p>Boudis M., Saillard Y., Gueguen P., Davoine PA., « Modèle d'aide à la décision pour la prévention parasismique urbaine : Une approche multi-agents de la vulnérabilité du bâti ». Article soumis à la revue internationale de géomantique, Paris, Hermès. La première version de l'article a été envoyée le 29 mai 2009 et la version révisée du 9 décembre 2009 est en cours d'évaluation.</p> <p>Cartier, S., Labranche, S. Mitigation urbaine des aléas climatiques et sismiques : façades ou structures ? Publication actes colloque risques Grenoble 2007</p> <p>Michel, S., C. Cornou, E. Pathier, G. Ménard, M. Collombet, U. Kniess, P.-Y. Bard. Can subsidence rate serve as proxy for site effects ?, en preparation pour GRL</p> <p>Tsuno, S., C. Cornou, M. Collombet, G. Ménard. Improved Superficial 3-D basin structural model in Grenoble, France, inferred from geophysical and geological measurement, en preparation pour Bulletin of Seismological Society of America</p>
<b>COLLOQUES</b>	
Participations passées à des colloques	<p>Cartier, S., Estimation du coût de renforcement parasismique, du coût d'ignorance à l'économie de confiance, Séminaire AFPS, Paris, Décembre 2009.</p> <p>Cartier, S., Peltier, A., La gestion spatiale des risques naturels en France, en Italie et en Suisse. Analyse comparée des risques gravitaires et sismiques. Colloque Risques naturels en Méditerranée occidentale, Carcassonne, Novembre 2009.</p> <p>Cartier, S., Ayadi, L., Estimation du coût de la mise aux normes parasismiques. Cas des écoles primaires de la ville de Grenoble, Colloque Risques naturels en Méditerranée occidentale, Carcassonne, Novembre 2009.</p> <p>Cartier, S., Local information to mitigate urban vulnerability ; Séminaire européen génie parasismique, PUCA, Paris, Octobre 2009.</p> <p>Cartier, S., Policy Dilemmas: The use of local information to reduce seismic vulnerability International Conference in Commemoration of the 10th Anniversary of the 1999 Chi-Chi Earthquake, Taiwan 17 September 2009.</p> <p>Cartier, S., Urban design according seismic risk : local information to reduce vulnerability : Séminaire CFEC, Academia Sinica, Taipei, 2009.</p>

Participations futures à des colloques	Cartier, S., Atlas and Prometheus, Titans at work, Colloque Génie Parasismique, Centenaire de Lambesc, Aix en Provence, 2009
	Cartier, S., A quelle échelle urbaine fixer le risque sismique ? Colloque Gouvernement et gouvernance des espaces urbains, Rouen, 2009.
	Cornou, C., S. Tsuno, E. Chaljub, 2008. Real and synthetic ambient noise recordings in the Grenoble basin: reliability of the 3D numerical model, The 14th World Conference on Earthquake Engineering October 12-17, 2008, Beijing, China, paper 03-03-0070.
	Juster-Lermitte S., Beck E., Bouchon B., Fournely F., Juraszek N., Jomard H., Lamadon T., Lavore V., Poursoulis G., Rey J., Sarant P.-M., Seyedi D., 2009: Preliminary AFPS Field Report. L'Aquila Earthquake of 6 April 2009 – Italy. Provence 2009: Seismic risk in moderate seismicity area: from hazard to vulnerability. Aix-en-Provence, July 6-8, 2009.
	Tsuno, S., C. Cornou, P.-Y. Bard, 2008. Superficial S-wave velocity and damping factor model determined by the MASW measurement in the Grenoble sedimentary basin, The 14th World Conference on Earthquake Engineering October 12-17, 2008, Beijing, China, paper 03-03-0017.
	Cartier S., Beck E. 2010 (accepté) : Urban Dilemmas: Mapping local information to reduce seismic vulnerability, American Association of Geography Annual Meeting, 14-18 avril 2011, Washington.
	Présentation d'équipe : Janvier 2010 : Montpellier Séminaire Gester sur l'information et la communication face aux risques naturels Mai 2010 : Vienne, EGU Septembre 2010 : Thessalonique, Congrès du génie parasismique des Balkans
<b>THESES</b>	
Thèses passées	
Thèses en cours	
<b>ARTICLES DE VALORISATION-VULGARISATION</b>	
Articles de valorisation parus	Boudis M., Saillard Y.. « Participer à la décision publique : exemple de la prévention du risque sismique et de ses enjeux pour la ville de Grenoble ». Communication à la fête de la science, café des sciences sociales, LEPII, CNRS, Université Pierre Mendès France, Grenoble, 13 novembre 2009.
Articles de valorisation à paraître	
Articles de valorisation prévus	
<b>AUTRES ACTIONS VERS LES MEDIAS</b>	
Actions vers les médias (interviews...) effectuées	Boudis M., Saillard Y., « Logiciel de simulation de politiques économiques pour la prévention du risque sismique ». Déployé sous forme d'applet le 11/10/2008 sur le site web : <a href="http://www.boudism.fr/sirseg">www.boudism.fr/sirseg</a>
Actions vers les médias prévues	
<b>ENSEIGNEMENT - FORMATION</b>	
Enseignements/formations dispensés	
Enseignements/formations prévus	
<b>EXPERTISES</b>	
Expertises menées	
Expertises en cours	
Expertises prévues	
<b>METHODOLOGIES (GUIDES...)</b>	
méthodologies produites	



méthodologies en cours d'élaboration  
méthodologies prévues

# AUTRES

Rapport de mission post-sismique

Juster-Lermitte S. , Beck E., Bouchon B., Fournely F., Juraszek N., Jomard H., Lamadon T., Lavore V., Poursoulis G., Rey J., Sarant P.-M., Seyedi D., 2009 : Le séisme de L'Aquila (Italie) du 6 avril 2009. Rapport de mission AFPS. 184 p.

Séminaire

Beck E., 2009 : Aspects sociologiques et gestion de crise. Séminaire BRGM "Le séisme de L'Aquila. Séminaire interne du BRGM, 6 juin 2009.

Rapport de stage

Beck E., Sarant P.-M., 2009 : Aspects sociologiques et gestion de crise. Restitution AFPS de la mission post-sismique "Le séisme de L'Aquila du 6 avril 2009", 15 septembre 2009, Paris.

Michel S., 2009. Le taux de subsidence peut-il servir de proxy aux effets de site ?, rapport de stage ingénieur de l'EOST, soutenance prévue le 22 janvier 2010

Poster de vulgarisation (fête de la science)

Beck E., André-Poyaud I., Morturier T., 2009. Réagir face à un séisme : le cas de L'Aquila (Italie). 12-15 novembre 2009, Village des Sciences, Fête de la Science, Grenoble, Poster

Poster pour les 25 ans de l'AFPS

Juster-Lermitte S. , Beck E., Bouchon B., Fournely F., Juraszek N., Jomard H., Lamadon T., Lavore V., Poursoulis G., Rey J., Sarant P.-M., Seyedi D., 2009: Mission post-sismique. Séisme des Abruzzes, 6 avril 2009. 25 ans de l'AFPS. Poster

Mémoire de Master

Ayadi, L, Diagnostic de la problématique d'estimation des coûts générés par la mise aux normes parasismiques du bâti neuf et existant, mémoire de Master2 en économie, UPMF, 2009, 25 p.

Metral, V., Évaluation des coûts générés par la mise aux normes parasismiques, mémoire de Master1 en géographie, IGA, Grenoble, 2008, 35 p.

## RESUMES

---

### RESUME

Face à la complexité et l'hétérogénéité des informations sur la sécurité sismique (aléa, vulnérabilité sociale, vulnérabilité du bâti) et leur difficile intégration par les décideurs publics ou privés, la recherche pluridisciplinaire SIRSEG piloté par le LGIT présente deux modules. Le premier est technique : proposer un outil de géo-visualisation des informations et un prototype de logiciel d'aide à la décision économique en matière de sécurité sismique aux gestionnaires immobiliers, ici du patrimoine scolaire municipal. Le second est organisationnel : intégrer des méthodes et résultats issus de disciplines complémentaires (sociologie, économie, géographie, géophysique, géologie, géomatique) au service de diagnostics sismiques urbains. Ces deux modules ont amené notre équipe à affronter les difficultés de la pluridisciplinarité et à travailler sur les limites scientifico-techniques de production de la connaissance afin de réfléchir aux moyens de les diffuser. Enfin, le programme SIRSEG permet de relever des illogismes et des difficultés de coordination dans le domaine parasismique comme cas exemplaire de la gestion des risques.

### MOTS CLES

France, aléa sismique alpin, règles d'urbanisme, diagnostic, évaluation financière

---

### ABSTRACT

Anti-seismic safety calls for complex and heterogeneous information about quakes, buildings fragility and social vulnerability. Public and private decision needs to integrate a large diversity of information. A multi-disciplinary approach lead by the LGIT-Grenoble proposes two ways to gather information and develop criteria to up-grade the anti-seismic safety for schools. The first one is to develop tools to represent the information about urban seismic risk (GIS) and to test scenarios of investment in retrofitting. The second one correspond to new organization of the information, integrating the data and methods of sociology, economy, geography, geophysics, geology and geomatic to help to progress in urban seismic diagnostic. Confronted to the borderlines of knowledge and methodologies, our team demonstrates key points to broadcast information about risk. The SIRSEG project indicates limits of knowledge and difficulties to coordinate information to mitigate the risk.

### KEY WORDS

France, Seismic risk in the Alps, rules of urbanism, diagnostic, Cost/benefit Analyze.

SIRSEG : Simulation du Risque Sismique et de ses Enjeux à Grenoble

## **RAPPORT SCIENTIFIQUE**

**Voir dossier joint.**

## **ANNEXE : TEXTES DES PUBLICATIONS**

*Les textes de publications sont joints en annexe du rapport scientifique.*