MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE
ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT,
DES TRANSPORTS, DU LOGEMENT,
DU TOURISME ET DE LA MER

Plans de prévention des risques naturels (PPR) Risques sismiques

guides



GUIDE MÉTHODOLOGIQUE

La documentation Française

Cet ouvrage a été réalisé à l'initiative de la direction de la prévention des pollutions et des risques, sous-direction de la prévention des risques majeurs et de la direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction, sous-direction de la planification stratégique. Il a été élaboré et rédigé par Hubert Fabriol (DPPR) et Gérald Garry (DGUHC).

Il a bénéficié du concours d'un comité de pilotage animé par Hubert Fabriol et constitué de MM. Darius Amir-Mazaheri (AFPS), Pierre-Yves Bard (LCPC/LGIT Grenoble), Jacques Betbeder-Matibet (AFPS), Jean-Noël Boutin (CGPC), Pascal Colin (Secrétariat d'Etat à l'outre-mer), Victor Davidovici (Dynamique Concept), Jean-Martin Delorme (DGUHC), Gregory Demaret (DDE Martinique), Jean-Louis Durville (LCPC), Gérald Garry (DGUHC), Christophe Georgiou (DDE Haute Savoie), Thierry Hubert (DPPR), Christophe Martin (GEO-TER), Antoine Marchetti (DDSC), Jean-Pierre Meneroud (CETE Méditerranée), Joël Metz (DDE Guadeloupe), Pierre Mouroux (BRGM), Pierre Second (DDE Bouches du Rhône) et Giancarlo Vettori (DDE Alpes Maritimes).

Les auteurs remercient les membres du comité de pilotage et les autres personnes qui ont apporté leur contribution à ce guide, comme Olivier Monge, en relisant la version provisoire et en faisant part de leurs observations, ou encore Marylène Imbault, pour la mise en forme de plusieurs cartes.

Photographie de couverture :
Bâtiments endommagés dans la ville d'Adapazari à la suite du séisme de Kocaeli (Turquie, 1999)

Source : BRGM

En application de la loi du 11 mars 1957 (art. 41) et du Code de la propriété intellectuelle du 1er juillet 1992, complétés par la loi du 3 janvier 1995, toute reproduction partielle ou totale à usage collectif de la présente publication est strictement interdite sans l'autorisation expresse de l'éditeur. Il est rappelé à cet égard que l'usage abusif et collectif de la photocopie met en danger l'équilibre économique des circuits du livre.

© La Documentation française, Paris, 2002 – ISBN : 2-11-005156-6

PRÉFACE

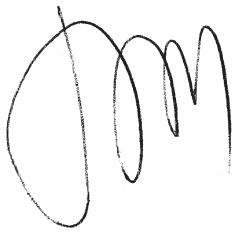
Le risque sismique peut paraître relativement marginal en France, aux yeux du grand public, dans la mesure où les tremblements de terre sont le plus souvent de faible magnitude, rarement perceptibles par l'homme, et provoquent des dommages limités. Pourtant, l'histoire a montré qu'il pouvait aussi être parfois redoutable, résulter d'un séisme de forte magnitude et engendrer des dégâts considérables. Les derniers événements importants en témoignent, à l'image des séismes survenus aux Antilles au XIX^{e} siècle ou de ceux survenus dans le sud-est de la métropole à la fin du XIX^{e} siècle dans la région de Menton (Alpes-Maritimes) et au début du XX^{e} siècle dans la région de Lambesc (Bouches du Rhône).

Les réponses les mieux adaptées pour prévenir ce risque et sauvegarder la vie des populations passent en priorité par la qualité de la réalisation des bâtiments et des structures. C'est pourquoi des règles de construction parasismique ont été mises en place dans les années 1970. Cette réglementation, qui vise essentiellement les constructions neuves dans les zones les plus sismiques, est régulièrement actualisée pour tenir compte de l'évolution des connaissances, des progrès enregistrés dans le domaine des techniques constructives et des retours d'expériences. Elle va très bientôt s'inscrire dans le cadre d'un code homogène défini à l'échelle de l'Europe, l'Eurocode 8.

Les plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR), conduits sous l'autorité du préfet de département, font partie du dispositif général de prévention des risques sismiques, qui comprend, outre la réglementation parasismique, d'autres volets tels que l'amélioration de la connaissance sur les séismes, l'information préventive et la préparation à la gestion de crise. Ils permettent notamment de définir les zones de constructibilité, les prescriptions techniques et les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde. Ils doivent donc être privilégiés sur les territoires fortement exposés à des séismes, lorsqu'il y a besoin de préciser la réglementation nationale.

Pour accompagner l'élaboration de ces PPR, la direction de la prévention des pollutions et des risques et la direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction ont réalisé une série de guides méthodologiques avec le concours de représentants des administrations, d'experts et de bureaux d'étude. Ces guides comprennent un ouvrage général et des ouvrages spécifiques par risque. Le premier, paru en 1997, présente les PPR, précise les conditions de leur élaboration et tente de répondre aux nombreuses questions susceptibles d'être soulevées. Les autres, comme ce document consacré aux séismes, expliquent pour chaque type de risque les méthodes d'analyse des phénomènes, de cartographie des aléas, d'évaluation des enjeux et proposent une démarche pour établir le zonage réglementaire et

définir les prescriptions qui s'y attachent. Ces guides sont principalement conçus pour aider les services déconcentrés de l'État à constituer les pièces techniques et réglementaires des PPR. Ils s'appuient largement sur la pratique de chacun et seront enrichis des retours d'expérience qui découleront de leur application.



François DELARUE,
Directeur général de l'urbanisme,
de l'habitat et de la construction



Philippe VESSERON,
Directeur de la prévention
des pollutions et des risques,
délégué aux risques majeurs

SOMMAIRE

INTRODUCTION 7

La prévention des risques sismiques et les PPR

Les composantes de la prévention 9

Les aspects législatifs et réglementaires de la prise en compte du risque sismique 13

Les plans de prévention du risque sismique 16

Les éléments moteurs et les actions en cours 17

Description des phénomènes et du risque sismique

Les tremblements de terre 19

Les manifestations du phénomène 24

Le risque sismique 33

Méthodes d'analyse et de cartographie du risque

Le cadre des études de risque 37

La conduite des études d'aléas 38

L'évaluation des enjeux 53

Élaboration du dossier du PPR sismique

Caractéristiques du PPR 59

La note de présentation 61

Le plan de zonage réglementaire 63

Le règlement 66

ANNEXES

Textes de référence 75
Description simplifiée de l'échelle d'intensité EMS 98 89
Extraits du guide microzonage de l'AFPS (1993) 91
Tableaux de susceptibilité à la liquéfaction. 93

GLOSSAIRE 95
SIGLES 101
INDEX DES DOCUMENTS ET ILLUSTRATIONS 103
PRINCIPALES RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 107

INTRODUCTION

Les tremblements de terre comptent parmi les catastrophes naturelles les plus dévastatrices à l'échelle du globe. En France, la Guadeloupe et la Martinique, ont connu au XIX^{e} siècle des séismes meurtriers. En métropole, des séismes récents (Annecy, en Haute-Savoie et Saint-Paul de Fenouillet dans les Pyrénées-Orientales), de magnitude supérieure ou égale à 5, sont venus nous rappeler en 1996 que le risque sismique est également présent dans les Alpes, la région Provence-Alpes-Côte d'Azur ou les Pyrénées. Le séisme d'Annecy (ou d'Épagny) du 15 juillet 1996 n'a heureusement provoqué aucune victime, du fait principalement de l'heure matinale d'occurrence, 2h13. Mais le montant des dégâts matériels, qui s'est élevé à plus de 61 millions d'euros, a été considérable (photographie 1).

Si la sismicité de la France est considérée comme faible à moyenne, à l'exception des départements des Antilles, elle représente un risque non négligeable qui doit être traité de façon efficace. A cet effet, le risque sismique fait déjà l'objet depuis les années 1970 d'une réglementation nationale destinée à préciser les conditions de réalisation des bâtiments, en particulier pour les constructions neuves. Cette réglementation peut dans certains cas jouer un rôle sur le mode d'occupation des sols et orienter les choix d'implantations dans l'espace urbain, dans la mesure où la configuration géographique et géologique des sites conditionnent les règles de construction.

Mais le risque sismique relève aussi de la procédure PPR, prévue par le Chapitre II du Titre VI du code de l'environnement. Le décret n^{o} 95-1089 du 5 octobre 1995 en détaille les modalités d'application, la manière de les prescrire, de les élaborer et de les approuver. L'article L. 563-1 de ce code concerne plus particulièrement le risque sismique :
« Dans les zones particulièrement exposées à un risque sismique ou cyclonique, des règles particulières de construction parasismique ou paracyclonique peuvent être imposées aux équipements, bâtiments et installations.
Si un plan de prévention des risques est approuvé dans l'une des zones mentionnées au premier alinéa, il peut éventuellement fixer, en application de l'article L. 562-1, des règles plus sévères.
Un décret en Conseil d'Etat définit les modalités d'application du présent article. »

Le PPR permet donc d'élargir le champ de la prévention du risque sismique par la mise en œuvre d'actions complémentaires visant à informer sur la nature du risque, à préciser la réglementation nationale au plan local et à prendre en compte le risque dans l'aménagement et l'urbanisme.

Ce guide est le résultat d'une réflexion engagée entre les experts et les représentants des ministères (administration centrale et services déconcentrés)

impliqués dans la prévention du risque. Il propose des lignes directrices qui doivent permettre, d'une part, de concilier les prescriptions fixées par le PPR avec la réglementation existante en matière sismique, et d'autre part, d'apporter, par l'intermédiaire du PPR, une réelle valeur ajoutée à cette réglementation. Il essaie d'apporter des réponses aux nombreuses interrogations concernant :

- La place du PPR dans le dispositif général de la prévention du risque sismique ;
- L'origine et les manifestations du phénomène ;
- Les méthodes d'investigation et de cartographie des risques ;
- Les conditions techniques et juridiques d'élaboration des pièces du dossier.

Photographie 1 : **Séisme d'Annecy du 15 juillet 1996**



Clocher de l'église d'Épagny



Façade en rez de chaussée à Meythet



Halte garderie de Metz-Tessy Fronton de lucarne effondré

Source : CETE Méditerranée

LA PRÉVENTION DES RISQUES SISMIQUES ET LES PPR

Les actions de prévention des risques sismiques se sont d'abord développées en France en s'appuyant sur l'expérience acquise au cours des nombreux tremblements de terre destructeurs qui ont frappé l'Afrique du Nord, en particulier l'Algérie (où la même ville, dénommée Orléansville en 1954 et El Asnam en 1980, a été très gravement atteinte à ces deux dates, avant d'être rebaptisée Ech Chliff) et le Maroc (séisme d'Agadir en 1960), ainsi que l'Italie, dans les régions du Frioul en 1976 et d'Irpinia en 1980. Ces actions ont également bénéficié des études approfondies conduites sur les aléas et la résistance des structures pour implanter des centrales nucléaires sur le territoire métropolitain. Enfin, à partir des années 1980, l'État s'est doté d'une politique globale de prévention des risques naturels, qui a permis de compléter la réglementation relative à la construction parasismique par un outil de gestion des risques : le plan d'exposition aux risques (PER), institué en 1982, puis le PPR, issu de la loi du 02 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement.

Les composantes de la prévention

La prévention du risque sismique suppose d'abord que tous les bâtiments et structures nouvelles exposés soient construits aux normes parasismiques. Elle repose également sur les actions suivantes :

– la connaissance du risque, c'est-à-dire des aléas, des enjeux et de leur vulnérabilité ;
– la surveillance et l'alerte ;
– l'information sur les risques et l'éducation des populations concernées ;
– les actions de réduction de la vulnérabilité ;
– la prise en compte des risques dans l'aménagement ;
– le retour d'expérience ;
– la préparation à la gestion de crise et à l'organisation des secours en cas de crise.

La connaissance des aléas, des enjeux et de la vulnérabilité

La connaissance des aléas s'appuie principalement sur les études menées depuis plus de 30 ans par les centres de recherches sismologiques. Le fichier SISFRANCE, constitué conjointement par l'IRSN*, EDF et le BRGM*, recense les séismes les plus importants survenus en France métropolitaine depuis plus de 1000 ans. Le « nouveau zonage sismique de la France » [1] a vu le jour en 1986 à partir des études de sismicité historique*, des enregistrements effectués par les réseaux sismologiques et des études sismotectoniques*. Il est devenu réglementaire dans le cadre du décret n° 91-461 du 14 mai 1991 (carte 1).

L'appréciation des enjeux permet d'identifier les personnes, biens, habitations, infrastructures, etc. exposés aux aléas sismiques.

L'évaluation de la vulnérabilité consiste à déterminer le niveau des dommages prévisibles consécutifs à un tremblement de terre à l'échelle d'un bâtiment [2], d'un quartier ou d'une ville. Elle est estimée, dans ces deux derniers cas, à l'aide de méthodes qualitatives sur la base d'une typologie simplifiée des bâtiments et sert de référence aux scénarios sismiques qui permettent d'évaluer les conséquences prévisibles d'un séisme à l'échelle d'une ville.

Le suivi de la sismicité et l'alerte

La détection des séismes est effectuée à partir de deux types de sismomètres : les vélocimètres (souvent appelés aussi sismomètres) qui enregistrent la vitesse de déplacement du sol et les accéléromètres qui en mesurent l'accélération.

- Le suivi de la sismicité en temps réel (localisation du foyer et détermination de la magnitude) est assuré par le réseau national de surveillance sismique, le RéNass (carte 2) géré par l'École et Observatoire des sciences de la terre de Strasbourg (EOST). Le RéNass fédère des réseaux régionaux [3]

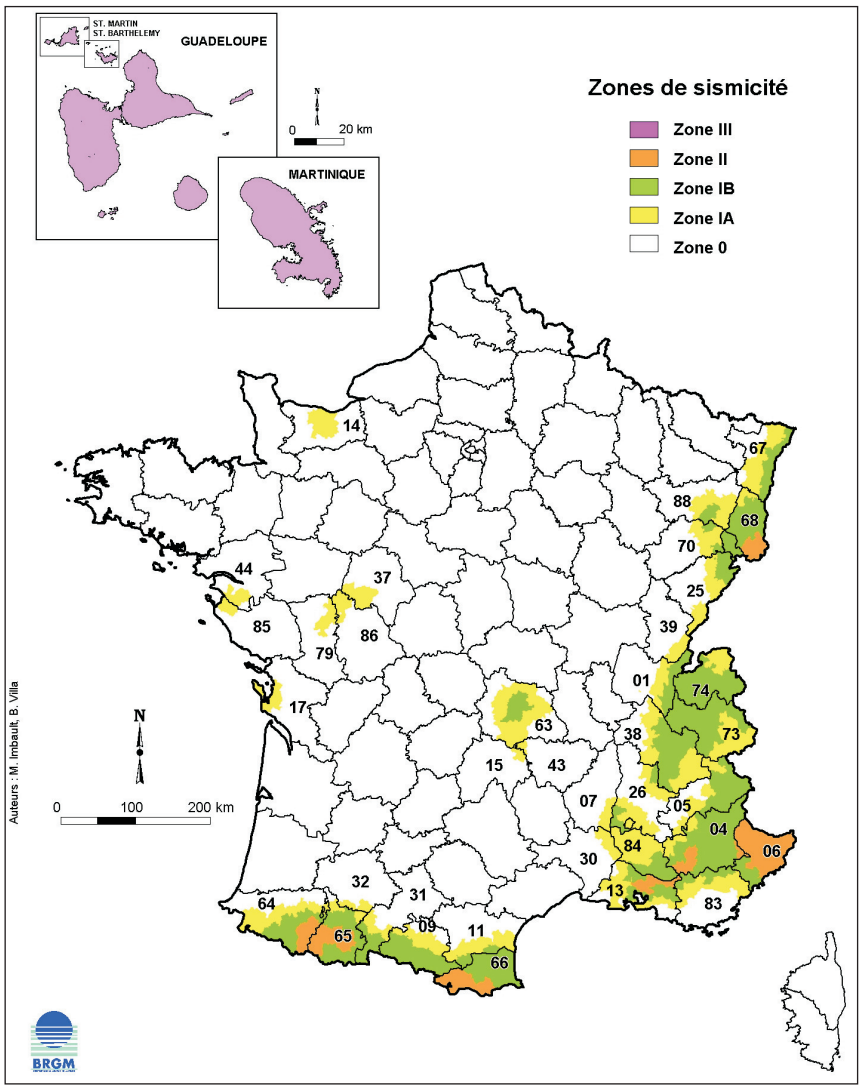
* Les termes précédés d'astérisques sont expliqués dans le glossaire, en fin d'ouvrage.

1 Le premier zonage sismique date des années 1960. Actualisé en 1982, il faisait partie des règles PS 69/82, maintenant obsolètes. Le zonage de 1986 est en cours de révision (document 1 : l'évolution de la réglementation parasismique).

2 L'évaluation du comportement sous sollicitation sismique d'un bâtiment isolé est un préalable indispensable au diagnostic sismique, première étape d'un éventuel renforcement.

3 Pyrénées, PACA, Alpes, Fossé Rhénan, Auvergne-Charente et des stations isolées.

Carte 1 : **Zonage sismique de la France du décret du 14 mai 1991**



Source : BRGM

de sismomètres, placés sous la responsabilité scientifique et opérationnelle des Observatoires de l'Institut des Sciences de l'Univers (INSU) et des universités partenaires. Le Laboratoire de Détection Géophysique du CEA (LDG) possède également un réseau de portée nationale qui lui est propre et surtout destiné à la détection des explosions nucléaires. En cas de détection d'un séisme, le RéNass et le LDG envoient un avis d'alerte, avec les coordonnées du foyer* et sa magnitude*, aux services de l'État concernés.

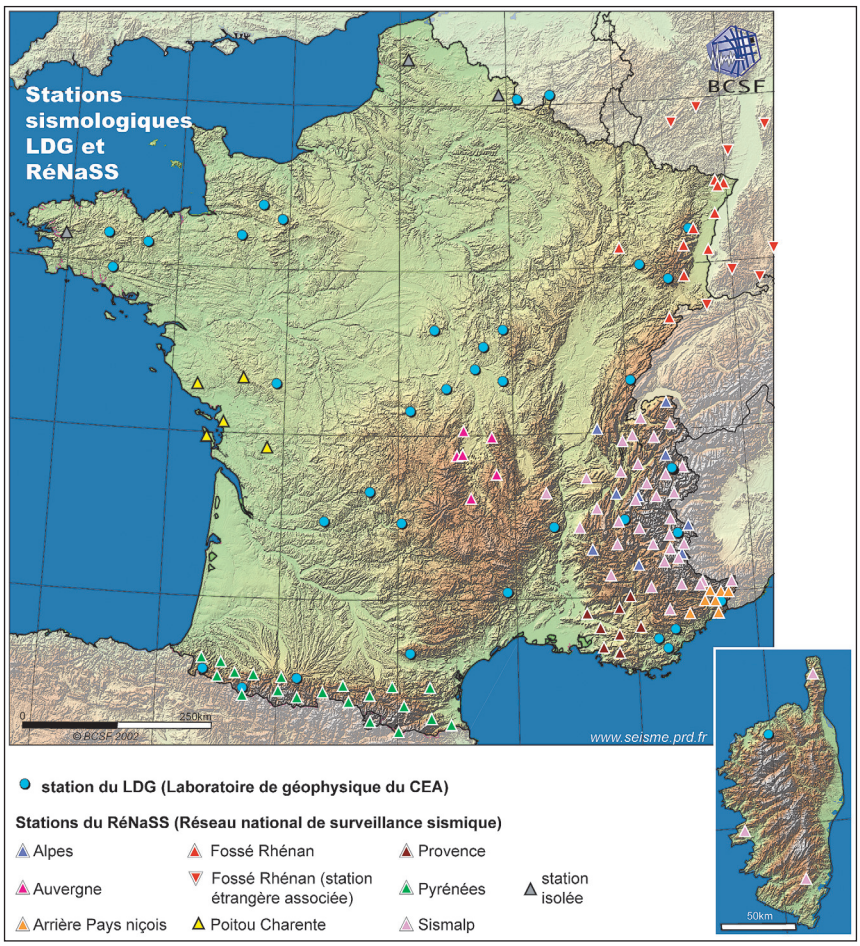
- Le réseau accélérométrique permanent (RAP) [4] est destiné à enregistrer les mouvements forts, en veillant à ce que les capteurs ne saturent pas si un séisme fort se produit à proximité. Certaines stations sont placées dans des zones urbaines exposées, pour mettre en évidence d'éventuels effets de site*.

4 Développé par le MEDD sous la coordination technique du LGIT, il regroupe différents sous réseaux régionaux.

L'information et la formation

Elles relèvent d'une compétence partagée entre l'État et les collectivités locales. L'information passe notamment par la réalisation de trois documents : le dossier départemental des risques majeurs (DDRM), le dossier communal synthétique (DCS), élaborés tous deux par la Cellule d'analyse des risques et d'information préventive (CARIP) placée sous l'autorité du préfet de chaque département, et le dossier d'information communal sur les risques majeurs (DICRIM), préparé par la commune.

Le développement d'une culture du risque sismique a pour principaux objectifs l'apprentissage de la conduite à tenir en cas de séisme et la sensibilisation à la construction parasismique. La formation de tous les professionnels du bâtiment (ouvriers, artisans, architectes, ingénieurs structures, etc.) est également nécessaire pour assurer la qualité de la construction parasismique.



Carte 2 : **Réseaux de stations sismologiques intégrés au RéNass.**

Les stations courtes périodes sont utilisées pour l'enregistrement des séismes locaux, les stations larges bandes pour celui des séismes lointains.

Source : RéNass, 2002

La réduction de la vulnérabilité

Elle est fondée sur l'obligation de construire tous types de bâtiments suivant les normes parasismiques. La première priorité pour l'État est de réduire la vulnérabilité des bâtiments et des infrastructures existants indispensables en cas de séisme, ainsi que de leurs équipements : le PC de crise, les centres de secours et les hôpitaux, les réseaux (téléphone, électricité, eau potable, routes), les ouvrages d'art, etc. Cet objectif consiste à appliquer des mesures de renforcement telles que le niveau optimum de protection soit atteint et que la fonction de ces bâtiments ou infrastructures soit assurée en cas de crise. La seconde priorité vise les établissements recevant du public, scolaires en particulier, et les logements collectifs. Pour ces derniers et tous les autres bâtiments, il s'agit d'évaluer et d'adopter la meilleure solution permettant d'assurer la sécurité des occupants : renforcement/consolidation des structures, réhabilitation ou démolition et reconstruction.

La prise en compte du risque dans l'aménagement du territoire

C'est l'une des finalités du PPR, qui doit délimiter et réglementer les zones soumises aux différents aléas sismiques afin d'en réduire les conséquences sur les personnes et les biens. La cartographie et les prescriptions distinguent :

– les effets directs, dus aux caractéristiques du sol (effets de site*) et à l'apparition en surface de la rupture d'une faille* ;

– les effets induits*, liquéfaction* et mouvements de terrain.

Le retour d'expérience

À l'échelle du globe, les missions post-sismiques de l'Association française du génie parasismique (AFPS) ou d'autres organismes accumulent des observations de terrain consécutives aux plus grands séismes : Mexico (1985), Spitak en Arménie (1988), Loma Prieta (1989) et Northridge aux États-Unis (1994), Kobé au Japon (1995), Quindio en Colombie, Kocaeli (Izmit) en Turquie et Chi Chi à Taïwan (1999), El Salvador en Amérique centrale et Gujarat en Inde (2001). Les missions portent sur différents domaines, tels que les conséquences des effets de site, le comportement des structures et des bétons armés ou encore l'aspect psychosociologique de la gestion de crise. Pour les experts, ces missions sont l'occasion de confronter leurs connaissances à de nouvelles expériences de terrain, de diffuser leurs conclusions auprès de la communauté du génie parasismique et de proposer aux autorités des améliorations de la réglementation.

Au niveau national, le Bureau central sismologique français (BCSF), placé auprès de l'université de Strasbourg-1, est chargé de dresser un inventaire détaillé des dommages, dès qu'un séisme est ressenti de manière significative en France. Ces enquêtes macrosismiques sont très importantes et nécessaires pour valider les dossiers de demande de remboursement des dommages par la commission « catastrophes naturelles ». Elles permettent également de dresser la carte des intensités et de tracer les courbes d'isovaleurs des intensités, ou isoséistes (carte 3).

La préparation à la gestion de crise

Dans les départements ou zones particulièrement exposées, notamment aux Antilles, un plan de secours spécialisé « séisme » (PSS « S ») est élaboré sous la responsabilité du préfet. C'est un complément essentiel de la politique de prévention qui décrit l'organisation générale des secours et détaille pour chaque service la conduite à tenir en cas de séisme. Il doit être accompagné par des exercices réguliers au cours desquels les consignes d'actions sont testées. En l'absence de PSS, le préfet choisit la démarche d'intervention la plus appropriée (Plan ORSEC, plan rouge, etc.).

Pour que ces plans fonctionnent de manière efficace, il est primordial de s'assurer de la résistance aux séismes des bâtiments abritant le PC de crise et les moyens affectés aux secours (cf. les actions de réduction de la vulnérabilité), ainsi que de leur accessibilité et du dégagement des itinéraires.

Les aspects législatifs et réglementaires de la prise en compte du risque sismique

Sur les plans législatifs et réglementaires, le risque sismique est actuellement pris en compte à partir de trois approches :

– la réglementation parasismique, qui s'applique à la conception et à la construction des ouvrages (bâtiments, équipements et installations) et dont l'objet est d'assurer la protection des vies humaines et la limitation des dommages matériels en cas de séisme ;

– les documents d'urbanisme (schémas de cohérence territoriale, plans locaux d'urbanisme et cartes communales) qui doivent tenir compte de la sensibilité de certains sols aux sollicitations sismiques pour orienter les choix d'aménagement ;

– les PPR.

La réglementation de la construction parasismique

Les textes qui régissent actuellement la prévention du risque sismique sont inscrits dans la loi nº 87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et la prévention des risques majeurs. Ils font l'objet des articles L. 562-1 à 562-6 et 563-1 du code de l'environnement. Les conditions d'application de l'article 563-1 sont définies par le décret 91-461 du 14 mai 1991 et par l'article R. 112-1 du CCH.

Le décret nº 91-461 du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique

Les bâtiments, équipements et installations sont répartis en deux catégories : « à risque normal », pour lesquels les conséquences d'un séisme demeurent circonscrites à leurs occupants et à leur voisinage immédiat et « à risque spécial », pour lesquels les conséquences d'un séisme peuvent ne pas être circonscrites à leur voisinage immédiat. La première comprend quatre classes : A, B, C et D, dont la définition a été précisée dans l'arrêté du 29 mai 1997. La seconde a fait l'objet de l' arrêté du 10 mai 1993.

Pour l'application de la réglementation à la catégorie « à risque normal », le territoire national est divisé en cinq zones de sismicité croissante : 0, Ia, Ib, II et III (carte 1). La zone 0 correspond à une sismicité quasiment nulle, la zone I à une sismicité faible, la zone II à une sismicité modérée et la zone III à une sismicité forte (Antilles). Le découpage, à l'échelle cantonale, est basé sur le zonage déterministe* établi par Godefroy et Despeyroux (1986) à partir des connaissances acquises en 1984 en matière de sismicité historique et instrumentale* et de sismotectonique. Ce découpage devrait faire l'objet d'une révision dans les prochaines années (document 1).

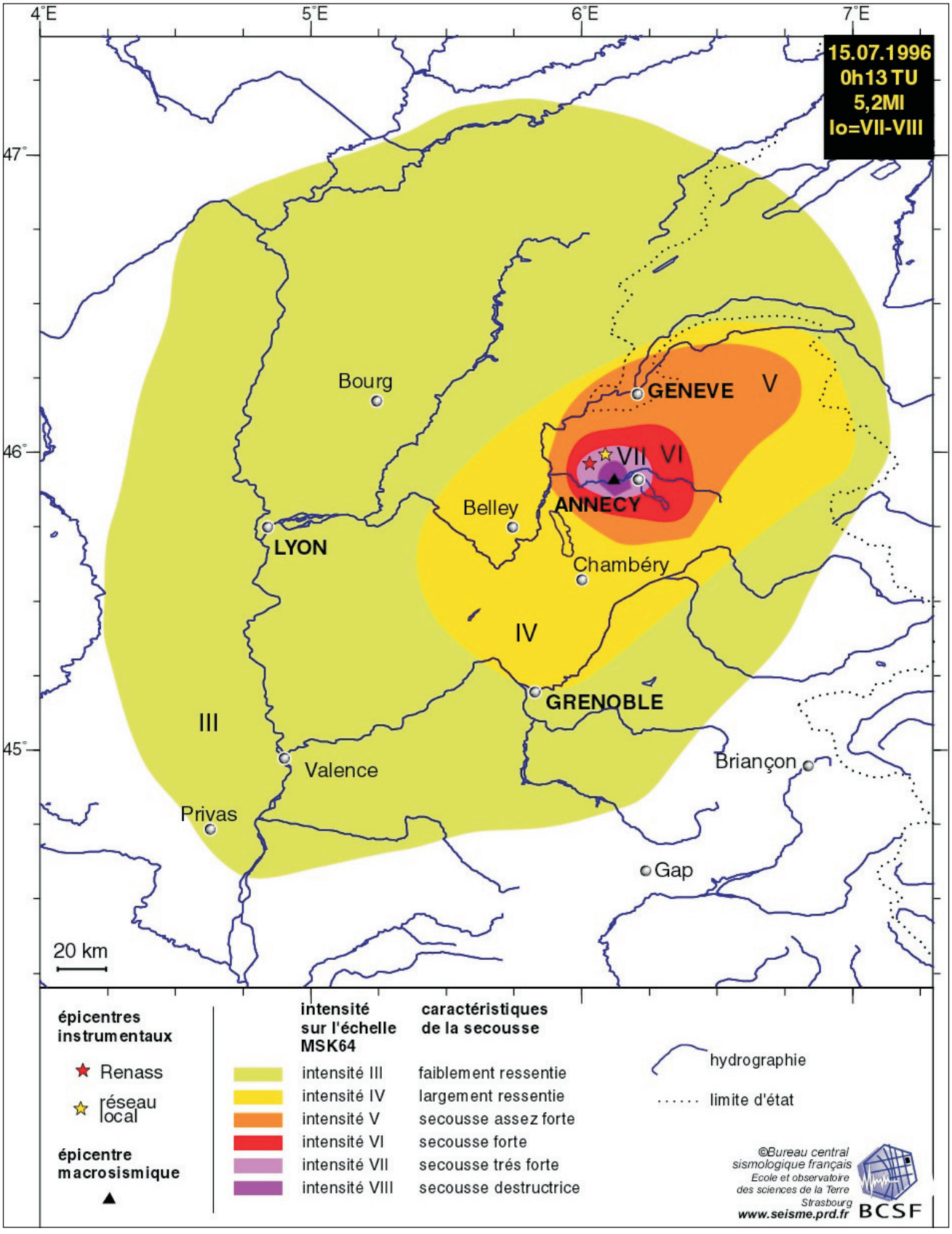
Commentaire : l'objectif de sécurité pour la catégorie « à risque normal » consiste en une protection statistique visant le non-effondrement de la plupart des bâtiments et la sauvegarde des vies humaines en cas de survenance du séisme d'intensité maximale probable pour la région considérée. Cela n'implique pas que la fonctionnalité soit préservée ou que le bâtiment demeure utilisable après réparation. Pour les bâtiments recevant du public ou intervenant dans la gestion des secours, le niveau de protection est relevé, de façon à préserver la fonctionnalité de ces bâtiments, indispensables pendant et après la crise.

Le décret nº 2000-892 du 13 septembre 2000 portant modification du code de la construction et de l'habitat et du décret nº 91-461 du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique

Il limite la portée de l'article L. 563-1 du code de l'environnement aux bâtiments nouveaux et à des modifications importantes de bâtiments existants.

Carte 3 : Isoséistes du séisme d'Épagny (15 juillet 1996)

La carte a été réalisée à partir de l'enquête menée auprès des mairies, gendarmeries, services de pompiers, etc. des régions concernées.



Source : BCSF

Document 1

L'évolution de la réglementation parasismique

Le zonage sismique de la France, ainsi que les règles de construction PS 92, sont en cours de révision du fait :
– de l'évolution des connaissances ;
– du retour d'expérience des missions post-sismiques. En particulier, il est reconnu que les spectres de réponse* définis dans les PS 92 ne prennent pas suffisamment en compte les observations consécutives aux grands séismes des 20 dernières années ;
– des progrès dans les techniques de construction ;
– des travaux portant sur un code homogène élaboré à l'échelle de l'Europe, l'Eurocode 8.

• La révision du zonage sismique de la France

Le zonage actuel a été fondé sur des critères déterministes et statistiques. Sa révision, engagée officiellement en 2000, vise à prendre en compte les progrès réalisés depuis 1983 en sismicité historique et instrumentale et en sismotectonique. De plus, elle doit introduire une forte composante probabiliste*, conformément au futur Eurocode 8, qui imposera de calculer les actions sismiques en fonction d'une période de retour* donnée.

• L'Eurocode 8

Les Eurocodes sont un ensemble de normes européennes en cours d'élaboration pour la conception, le dimensionnement et la mise en œuvre des bâtiments et des structures de génie civil, y compris leurs fondations.

L'Eurocode 8 concerne plus spécifiquement la résistance au séisme et vise trois objectifs :
– la protection des vies humaines ;
– la limitation des dégâts (réparabilité) ;
– le fonctionnement des structures importantes pour la protection civile après un séisme.

Le niveau de protection visé est probabiliste, comme dans les PS 92 : « La nature aléatoire des événements sismiques et les moyens limités dont on peut disposer pour contrecarrer leurs effets font que la réalisation de ces objectifs n'est possible que partiellement et ne peut être évaluée qu'en termes probabilistes » (Eurocode 8).

L'Eurocode 8, qui résulte d'un consensus entre experts en génie parasismique européens, permet de disposer d'une réglementation homogène à l'échelle de l'Europe. Il offre la possibilité d'améliorer les spectres de réponse* à prendre en compte dans le calcul des structures et devrait entrer en application en 2003, simultanément au nouveau zonage de la France.

L'arrêté du 16 juillet 1992 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments « à risque normal »

Les bâtiments construits entre le 1 août 1993 et le 1 janvier 1998 ont dû être édifiés conformément à cet arrêté, en appliquant les règles PS 69/82. Ces dernières étant devenues obsolètes, l'arrêté a été abrogé par celui du 29 mai 1997.

Commentaire : si un certain niveau de protection existe depuis les années 70 pour les bâtiments construits selon les règles PS 69/82 [5], il est tout de même recommandé de procéder à un diagnostic sismique, en particulier pour les constructions réalisées avant 1981, dans la mesure où l'application des règles n'était pas obligatoire pour tous les bâtiments.

L'arrêté du 10 mai 1993 fixant les règles parasismiques pour les installations classées (« à risque spécial »)

Les installations classées « à risque spécial » au sens du décret du 14 mai 1991 font l'objet d'une réglementation particulière de type « exigentiel ». L'exploitant doit justifier que les ouvrages et les matériels qui concourent à la sûreté vis-à-vis de l'environnement restent fonctionnels après un séisme. Le niveau de ce séisme et les règles de dimensionnement utilisées pour la définition des mesures de prévention sont déterminés de manière à obtenir un haut degré de protection.

Le contenu de cet arrêté s'inspire de la pratique suivie depuis 1974 dans le domaine du nucléaire (centrales de puissance, laboratoires et usines), notamment en ce qui concerne l'évaluation de l'aléa sismique. La règle fondamentale de sûreté n° 1.2. c, qui a introduit les notions de SMHV (Séisme maximum historiquement vraisemblable) et de SMS (Séisme majoré de sécurité), a été révisée en 1998 pour tenir compte du progrès des connaissances en matière de néotectonique*, d'effets de site et de calcul des mouvements du sol. Le maintien des fonctions de sûreté doit être assuré au niveau SMS et justifié par des calculs sur des modèles essentiellement élastiques* (à la différence de l'approche adoptée pour le « risque normal », dans laquelle un certain degré d'endommagement est admis par le biais d'un coefficient de comportement* supérieur à 1). Cet arrêté a fait l'objet, le 27 mai 1994, d'une circulaire d'application du ministère de l'Environnement.

L'arrêté du 15 septembre 1995 relatif à la classification et aux règles de construction parasismiques applicables aux ponts de catégorie dite à « risque normal »

Il vise les ponts nouveaux, publics ou privés, ainsi que les murs de soutènement qui en sont solidaires.

5 Les PS 69 ont été rendues obligatoires en 1977 pour les immeubles de grande hauteur (IGH), en 1980 pour les établissements recevant du public (ERP) et en 1981 pour les bâtiments d'habitation en Guadeloupe et Martinique. L'arrêté du 16 juillet 1992 a étendu l'application des PS 69 et de leur addenda 1982 (PS 69/82) à tous les bâtiments à risque normal.

Les ponts construits en utilisant tout ou partie des fondations d'un ouvrage antérieur sont considérés comme ponts nouveaux. Ils sont répartis en quatre classes comme les bâtiments « à risque normal ». Les règles de construction à appliquer sont celles du « Guide AFPS 1992 pour la protection parasismique des ponts » ou celles du document d'application nationale (DAN) de l'Eurocode 8.

L'arrêté du 29 mai 1997 relatif à la classification et aux règles de construction applicables aux bâtiments de la catégorie dite « à risque normal » telles que définies par le décret nº 91-461 du 14 mai 1991

L'arrêté précise les règles de classification des bâtiments « à risque normal » (annexe 1) synthétisées ci-après :

– Classe A : bâtiments dans lesquels est exclue toute activité humaine ;

– Classe B : habitations individuelles, immeubles d'au plus 28 m de hauteur et établissements recevant du public et industriels de moins de 300 personnes ;

– Classe C : immeubles de plus de 28 m de hauteur, établissements recevant du public de 300 personnes et plus, certains établissements sanitaires et sociaux, bâtiments des centres de production d'énergie ;

– Classe D : tous les bâtiments nécessaires à la gestion de crise tels que préfecture, casernes de pompiers, centre de secours, hôpitaux, commissariats de police, casernes de l'armée et de la gendarmerie, centres de télécommunications, aéroports, réservoirs d'eau potable, etc.

Il remplace les règles PS 69/82 par la norme de construction NF P 06-013, référence DTU, « Règles de construction parasismique, règles applicables aux bâtiments, dites règles PS 92 ». Celles-ci visent les bâtiments nouveaux et certains bâtiments existants faisant l'objet de travaux. Il y a obligation de les mettre en œuvre dans les zones Ia à III, depuis le 1 janvier 1998 pour les bâtiments de plus de 28 mètres de hauteur, et depuis le 1 juillet 1998 pour tous les autres.

Pour certaines maisons individuelles situées en zone I et II, l'application de la norme NF P 06-014 « Construction parasismique des maisons individuelles et des bâtiments assimilés, règles PS-MI 89 révisées 92 » dispense de l'application des règles PS 92.

L'arrêté définit aussi les valeurs d'accélération nominales* a_N à prendre en compte pour calculer l'action sismique (annexe 3). Ces valeurs sont fonction de la classe de bâtiment et de la zone sismique et déterminent le niveau de protection visé par la réglementation.

La circulaire nº 2000-77 du 31 octobre 2000, relative au contrôle technique des constructions pour la prévention du risque sismique

Cette circulaire, de la Direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction du ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, demande aux préfets :

– de recommander aux maîtres d'ouvrage de faire procéder à un contrôle technique étendu à la mission PS dans les conditions prévues aux articles L. 111-23 et suivants du CCH ;

– de rappeler aux contrôleurs techniques que le contrôle du respect des règles parasismiques doit faire partie des missions solidité des ouvrages et sécurité des personnes en zone sismique.

Cette circulaire souligne également que pour les constructions soumises à un contrôle technique obligatoire, en application de l'article R. 111-38 du CCH, le champ du contrôle technique s'étend sans ambiguïté au contrôle parasismique.

Les documents d'urbanisme

La loi solidarité et renouvellement urbains nº 2000-1208 du 13 décembre 2000 a mis en place de nouveaux outils à la disposition des collectivités locales pour promouvoir un aménagement des aires urbaines plus cohérent, plus solidaire et plus durable : les schémas de cohérence territoriale (SCOT), les plans locaux d'urbanisme (PLU) et les cartes communales qui ont été modifiées pour devenir de véritables documents d'urbanisme.

L'article 1er de la loi (L. 121-1) stipule que ces documents doivent respecter les objectifs de développement durable et déterminer les conditions permettant d'assurer la prévention des risques naturels prévisibles, des risques technologiques, des pollutions et des nuisances de toute nature. Plus précisément :

– les SCOT comprennent un rapport de présentation qui évalue les incidences prévisibles des orientations du document sur l'environnement (art. R. 122-2 du CU). Ils comprennent également un document d'orientation qui précise les objectifs relatifs notamment à la prévention des risques (art. R. 122-3 du CU) ;

– les PLU, ou les documents d'urbanisme en tenant lieu comme le Plan de sauvegarde et de mise en valeur (PSMV), expriment le projet de développement urbain d'une ou de plusieurs communes incluant la gestion de l'espace public, du paysage et de l'environnement. Ils présentent « le projet d'aménagement et de développement durable retenu, qui peut caractériser les îlots, quartiers ou secteurs à restructurer ou réhabiliter », et doivent prévoir les actions et opérations d'aménagement à mettre en œuvre, notamment en ce qui concerne l'environnement. Ils « fixent les règles générales et

les servitudes d'utilisation des sols permettant d'atteindre les objectifs mentionnés à l'article L. 121-1 qui peuvent notamment comporter l'interdiction de construire (...) et définissent, en fonction des circonstances locales, les règles concernant l'implantation des constructions » (article L. 123-1 du CU) ;

– les cartes communales, de même que les SCOT et les PLU, doivent respecter les principes énoncés aux articles L. 110 et L. 121-1. du code de l'urbanisme, dont les objectifs de développement durable et de prévention des risques naturels prévisibles, des risques technologiques et des nuisances de toute nature (art L. 124-1).

Par ailleurs, l'article R. 111-2 du CU est toujours applicable qu'il y ait ou non un document d'urbanisme. À ce titre, « le permis de construire peut être refusé ou n'être accordé que sous réserve de l'observation de prescriptions spéciales, si les constructions, par leur situation ou leurs dimensions, sont de nature à porter atteinte à la salubrité ou à la sécurité publique ».

Le code de l'environnement et les plans de prévention des risques

Les plans de prévention des risques naturels prévisibles font l'objet notamment des articles 562-1 à 562-6 du code de l'environnement. Le décret n° 95-1089 du 5 octobre 1995 précise les modalités d'application et définit les procédures d'élaboration et de révision des PPR (Guide méthodologique général).

Les plans de prévention du risque sismique

Ils seront prescrits dans les communes des zones sismiques I à III où les enjeux sont les plus forts et dans celles où la réglementation nationale doit être précisée en raison de l'existence d'effets liés au site ou d'effets induits importants. Au regard de la réglementation PS en vigueur, ils offrent la possibilité d'agir sur des aspects fondamentaux et complémentaires de la prévention, comme les bâtiments existants, l'aménagement et l'urbanisme, l'intervention des secours, etc.

L'objectif du PPR est d'assurer un niveau de sécurité suffisant contre les séismes. Il conjugue la protection des personnes et des biens (réglementation parasismique pour les bâtiments) et une gestion de crise efficace (renforcement des bâtiments stratégiques et mesures d'aménagement et d'urbanisme), que doit s'approprier la commune concernée. Il fonde la réflexion pour qualifier les aléas et évaluer les enjeux.

Le PPR est d'abord un outil réglementaire privilégié pour mettre en application les différentes composantes de la prévention.

La mise en place d'un PPR permet :

– de cartographier les aléas sismiques et de qualifier les effets induits (liquéfaction et mouvements de terrain) ;

– de définir, dans certains cas, des spectres de réponse prenant en compte les caractéristiques locales des sols ;

– d'adopter des prescriptions relatives à l'urbanisme et des mesures applicables aux bâtiments existants, et par conséquent de prendre en compte le risque dans le développement urbain et l'aménagement local ;

– d'évaluer la vulnérabilité des personnes et des biens, existants ou futurs, au regard des projets de développement ;

– d'échanger et de se concerter avec les élus, tout au long de la procédure, sur l'existence et l'importance des risques et sur les moyens de les prendre en compte ;

– d'informer la population des risques encourus ;

– de définir des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde.

Le PPR doit être mis en œuvre de préférence par agglomération.

Il permet une gestion globale de la prévention, du fait qu'il s'intéresse à une commune ou une communauté urbaine et non aux bâtiments pris individuellement. Le choix du périmètre d'étude repose sur des critères relatifs à l'aléa (situation à l'intérieur d'une zone de même niveau de sismicité) et aux enjeux : commune unique, agglomération de communes liées par les mêmes intérêts socio-économiques ou encore grande ville et sa périphérie.

Les études sont adaptées aux besoins spécifiques de la prévention.

Les études d'aléa du PPR sismique sont nommées études de microzonage* (de niveau A, B ou C), par opposition au zonage sismique, à plus petite échelle (ensemble du pays ou région), qui ne concerne que l'action sismique*, hors effet de site* ou induit*. Leur choix dépend des objectifs de prévention et des enjeux.

Une gestion cohérente des risques naturels doit privilégier une approche multirisque.

Les études d'aléas relatives aux phénomènes naturels présents sur les territoires exposés ainsi que leurs conséquences doivent être de préférence conduites simultanément. En effet, les mesures à prendre en terme d'aménagement du territoire et de dispositions constructives ne trouveront leur pleine efficacité que dans la mesure où les contraintes liées aux aléas géologiques et météorologiques seront connues dans leur ensemble. L'approche

multirisque permet ainsi de s'assurer de la compatibilité des différentes prescriptions. Ainsi, le PPR mouvement de terrains doit être mené simultanément au PPR sismique. D'autres couplages sont possibles, avec le PPR littoral aux Antilles, dans les agglomérations exposées à la houle cyclonique, ou le PPR inondation, dans celles traversées par un cours d'eau. Cette démarche multiplie les cartes d'aléas, que le service instructeur, aidé par les Bureaux d'études, doit intégrer pour obtenir un ou deux documents synthétiques et aboutir au zonage réglementaire.

Le PPR doit développer une démarche de concertation et d'appropriation du risque.

L'État n'est pas le seul acteur de la prévention et il ne saurait s'afficher comme tel. La conduite du PPR doit être menée en concertation avec les différents partenaires (services de l'État et collectivités territoriales) dans un contexte de compréhension et de confiance mutuelle afin d'aboutir à une appropriation des risques par les intéressés. Pour y parvenir, le PPR ne doit pas être appréhendé isolément, mais situé dans une culture générale des aléas et des risques qui comprend, entre autres, les aspects suivants :

– l'identification des acteurs représentatifs précités ;

– l'appréciation des niveaux de réponse au problème de la prévention des risques et la possibilité de les faire évoluer ;

– le processus d'appropriation, qui permet aux acteurs de prendre à leur compte la responsabilité des actions de prévention et des décisions ;

– la compréhension des logiques d'indemnisation, de limitation du risque, de présomption de vulnérabilité et de responsabilité.

Les éléments moteurs et les actions en cours

Le GEPP

La politique de prévention des risques sismiques est conduite conjointement par le MEDD et le METLTM qui s'appuient notamment, depuis 1988, sur le Groupe d'études et de propositions en matière de prévention du risque sismique (GEPP), pour élaborer la réglementation parasismique exigée par la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la Sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs (document 2).

L'AFPS

Parallèlement à l'action de l'État, l'Association Française du Génie Parasismique (AFPS) anime, depuis sa création en 1984, des actions de recherche, de diffusion des connaissances et de normalisation dans les domaines de la connaissance de l'aléa sismique et des techniques constructives résistantes aux séismes. Elle est à l'origine de plusieurs guides techniques et des codes de construction parasismiques qui sont appliqués depuis le début des années 90 : PS MI 89/92, PS 92 et CP-MI Antilles (document 3).

Les actions réalisées ou en cours

Elles concernent surtout les départements les plus exposés en France, comme la Guadeloupe, la Martinique, les Alpes Maritimes, l'Isère, la Haute Savoie et l'Alsace :

- Aux Antilles, des groupes locaux de projets de prévention du risque sismique, placés sous l'autorité du préfet, rassemblent les différents services déconcentrés ainsi que les responsables des secours, des services de soins, de la construction, etc. Ils ont pour objectif la prise en compte du risque sismique dans toutes ses composantes, notamment le renforcement des bâtiments stratégiques pour gérer la crise, l'information des citoyens, la formation des professionnels de la construction et le respect de l'application des règles de construction parasismique.

- À Nice, Pointe-à-Pitre et Fort-de-France, des études d'évaluation du risque sismique sont menées depuis1994 (document 4).

- À Grenoble, des études d'effets de site réalisées sous l'impulsion des chercheurs de l'Université Joseph Fourier et de l'IRSN sont le point de départ d'une étude de risque plus globale. Celle-ci devrait déboucher à terme sur un PPR et sur l'intégration du risque sismique dans les documents de planification.

- En Alsace, le plan « PEGAS » (plan d'entraide générale et d'assistance aux secours), adopté en 1990 par la commune de Wickerschwihr (Haut Rhin), est un exemple unique en France de préparation de la population d'un petit village face à un séisme possible d'intensité VIII ou IX (Royer, 1998). Basé sur l'entraide et les relations de voisinage, ce plan paraît difficile à mettre en œuvre dans des communes plus importantes.

Si des progrès notables ont été réalisés, tant en matière de connaissance des aléas et de la vulnérabilité qu'en matière de réglementation, il reste encore beaucoup à faire dans le domaine de la réduction de la vulnérabilité. L'ampleur des dommages causés par le séisme d'Annecy montre clairement que la prévention doit être développée et ne pas se limiter aux études d'évaluation du risque. Elle doit aussi s'attaquer aux actions de renforcement des bâtiments existants et de contrôle de l'application de la réglementation parasismique.

Document 2

Le GEPP

Le Groupe d'études et de propositions en matière de prévention du risque sismique en France (GEPP), animé par le Conseil Général des Ponts et Chaussées, contribue à l'élaboration de la réglementation parasismique. Ce groupe rassemble des représentants des ministères intéressés (METLTM, MEDD, Outre-mer et MISILL), des maîtres d'ouvrage des secteurs concernés (bâtiment, industrie), des architectes, des bureaux d'étude, de contrôle, des compagnies d'assurance, etc. Le GEPP a créé une Commission d'analyse des cas (CAC) qui étudie, à la demande des DDE, sous couvert du préfet du département, les dossiers présentant des difficultés d'appréciation sur l'application des règles parasismiques. Un maître d'ouvrage public ou privé peut également saisir la CAC par l'intermédiaire ou sous couvert de la DDE.

Document 3

Recommandations et guides techniques de l'AFPS

Les recommandations de l'AFPS 90, pour la rédaction de règles relatives aux ouvrages et installations à réaliser dans les régions sujettes aux séismes, comptent actuellement quatre tomes :

Tome I. Chap. I : Généralités, Chap. II : Règles communes à tous les ouvrages, Chap. III : Règles concernant les sols et les fondations ;

Tome II. Chap. IV : Matériaux, Chap. V : Règles propres à divers ouvrages ;

Tome III. Chap. IV : Matériaux (pour ceux qui ne figurent pas dans le Tome II), Chap. V : Règles propres à divers ouvrages (pour ceux qui ne figurent pas dans le Tome II) ;

Tome IV. Guide de construction parasismique des maisons individuelles aux Antilles, dit « Guide CP-MI Antilles ».

Les tomes I à III sont les documents de base qui ont servi à l'élaboration des règles PS 92. Le Guide AFPS 1992 pour la protection parasismique des ponts est un document séparé qui est visé, en tant que document normatif, par l'arrêté du 15 septembre 1995.

Document 4

Le programme GEMITIS

Des études d'évaluation du risque sismique ont été réalisées à Pointe-à-Pitre et Fort-de-France depuis 1994 dans le cadre du programme GEMITIS (BRGM, 2001). À Nice, elles font l'objet de programmes GEMITIS et GEMGEP [6], financés par le MEDD, le METLTM et la ville de Nice (CETE Méditerranée, 2000). Chacune de ces études comporte :
– une étude d'aléa avec définition d'un séisme de référence*, calcul des spectres de réponse* et cartographie des effets de site et induits ;
– un inventaire des éléments exposés ;
– des études de vulnérabilité des bâtiments stratégiques de classe D, de certains bâtiments publics d'intérêt général et des îlots de logements collectifs et individuels.

Ces éléments permettent d'effectuer des simulations, ou scénarios sismiques, en fonction d'un ou de trois niveaux de séisme (faible, moyen et fort dans le cas des Antilles) pour obtenir des cartes de dommages aux bâtiments ainsi qu'une évaluation du coût des dégâts et du nombre de victimes et de blessés.

Les études de simulation ont un double intérêt :
– sensibiliser les services de l'État et les élus sur la vulnérabilité des enjeux majeurs et sur la nécessité d'une politique de prévention et de réduction du risque ;
– informer les responsables de la gestion de crise (mise en évidence des zones vulnérables et des dysfonctionnements des installations stratégiques) et les aider à élaborer le plan de secours spécialisé.

6 GEMITIS vient du grec gê, terre, et mitis, de mitigare, adoucir et signifie « terre civilisée », GEMGEP est la contraction de GEMITIS et de GEPP.

DESCRIPTION DES PHÉNOMÈNES ET DU RISQUE SISMIQUE

Les tremblements de terre

Définitions

Un tremblement de terre est la libération brusque d'énergie dans la croûte terrestre*, lorsque le seuil de rupture mécanique des roches en profondeur est atteint. C'est la conséquence d'une accumulation d'énergie le long des failles*, qui sont les zones de la croûte où se libère cette énergie. Ce phénomène d'accumulation est cyclique et résulte directement du mouvement des plaques fragiles* à la surface de l'asthénosphère*, considérée comme ductile*.

Le séisme génère à la surface du sol des vibrations pouvant atteindre des amplitudes centimétriques à décimétriques et des accélérations de quelques centièmes à plusieurs dixièmes de l'accélération de la pesanteur *g*, sur des durées qui varient de quelques secondes à plusieurs minutes. Il est quantifié à l'aide de deux échelles, de magnitude* et d'intensité* :

- *La magnitude* est une mesure instrumentale qui a été introduite en 1935 par C.F. Richter, en vue de comparer entre eux les séismes locaux de Californie. Il existe une corrélation entre la magnitude et l'énergie libérée au foyer* du séisme. L'échelle ouverte de Richter varie de magnitudes négatives (micro secousses) aux magnitudes supérieures à 8, comme au Chili en 1960 (8,5), en Alaska en 1964 (8,4), ou à Mexico en 1985 (8,1). Les séismes d'Izmit, dit d'Izmit-Kocaeli, en Turquie (17 août 1999, plus de 17 000 morts, entre 3 et 7 milliards d'Euros de dégâts) et de Taïwan (21 septembre 1999, au moins 2 400 morts, dommages estimés à 15 milliards d'Euros) sont de magnitude plus faible, respectivement 7,4 et 7,3. Plus récemment, les deux séismes du Salvador des 13 janvier et 13 février 2001, de magnitude 7,6 et 6,6 ont provoqué la mort d'au moins 1200 personnes et 1,5 million de sinistrés, soit le 1/5 de la population. Le séisme du Gujarat en Inde (2001), de magnitude 7,7 a fait plus de 20 000 victimes et au moins 3 milliards d'Euros de dégâts. L'ampleur inégale du nombre des victimes traduit des différences de contextes géologiques et de distance à l'épicentre*, ainsi que des disparités dans les matériaux de construction et l'application des règles de construction parasismique.
- *L'intensité* correspond à l'évaluation conventionnelle des effets du séisme sur un site donné en tenant compte des dommages observés. L'échelle d'intensité utilisée en France dans les enquêtes macrosismiques et le fichier SISFRANCE est l'intensité MSK*. Depuis janvier 2000, le Bureau central sismologique français (BCSF) a adopté l'échelle européenne EMS 98 (annexe 2).

La sismicité en France métropolitaine

Au regard de la sismicité historique* (carte 4), le territoire métropolitain est modérément ou peu affecté par les tremblements de terre. Le séisme le plus destructeur connu actuellement est celui de Bâle, d'intensité IX, qui fit environ 300 victimes en 1356.

La sismicité instrumentale*, qui correspond à celle enregistrée par les réseaux sismologiques (carte 5), permet d'avoir une image plus précise de la sismicité actuelle, depuis 1962 dans le cas du réseau du CEA/LDG.

Parmi les événements les plus importants du XX^{e} siècle qui ont été enregistrés en métropole, nous retiendrons :

– Chamonix (Haute-Savoie), le 13 juin 1905 de magnitude 5,7 ;

– Lambesc (Bouches-du-Rhône), le 11 juin 1909 de magnitude de l'ordre de 6 (photographie 2) ;

– Arette (Pyrénées-Atlantiques), le 13 août 1967, de magnitude 5,3 ;

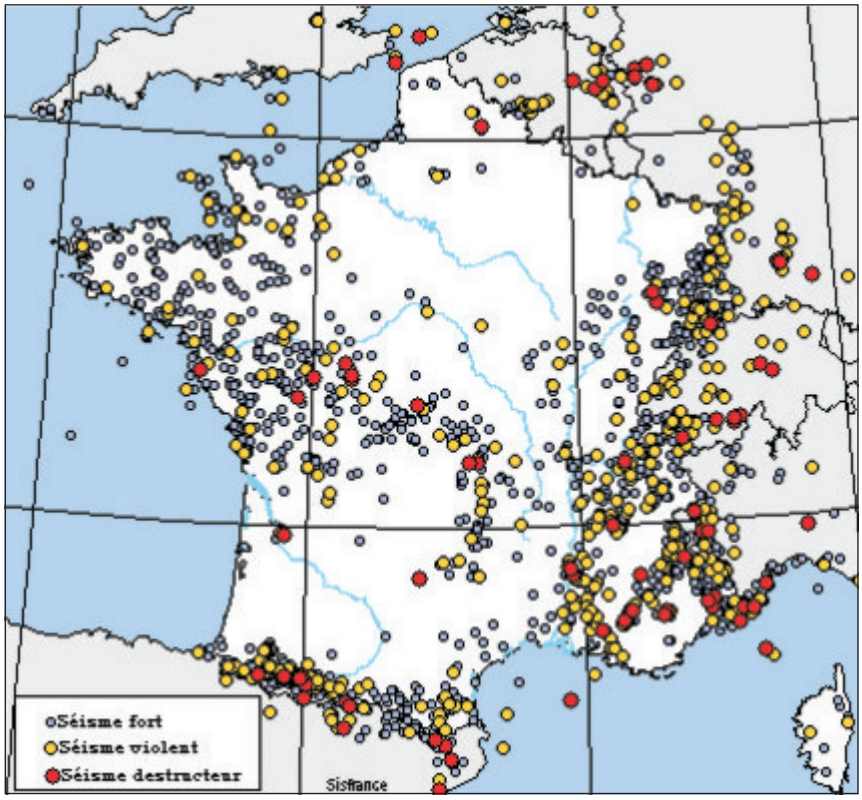
– Saint-Paul-le-Fenouillet (Pyrénées-Orientales), le 1 février 1996, de magnitude 5,3 ;

– Annecy (Haute-Savoie) le 15 juillet 1996, de magnitude 5,2, connu sous le nom de séisme d'Épagny (photographie 1, cartes 3 et 6).

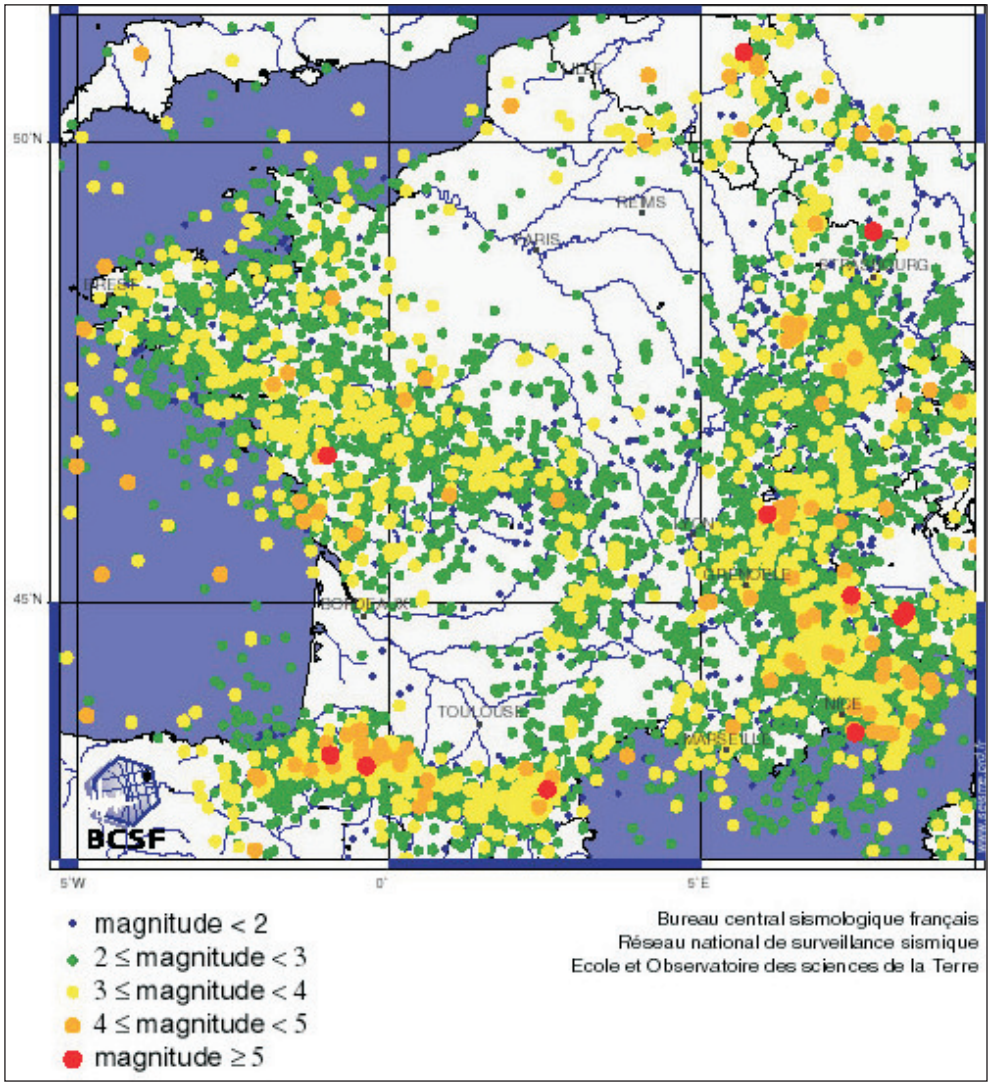
À Lambesc, les conséquences furent importantes : 46 morts, 250 blessés et 230 à 380 M€ de dégâts (estimation de 1982). Une simulation, effectuée par le LCPC, le CSTB et le BRGM a montré qu'un séisme qui se serait produit en 1982 dans les mêmes conditions aurait causé entre 400 et 970 morts, 1 850 et 5 650 blessés et 716 M€ de dégâts en coûts directs. La zone est actuellement classée en zone II, de sismicité moyenne. Le séisme d'Athènes du 7 septembre 1999, de magnitude 5,8-5,9, est une bonne illustration des conséquences d'un tremblement de terre modéré. Il s'est produit dans une zone où l'aléa sismique était qualifié auparavant de moyen et a donné lieu à une catastrophe dont l'ampleur est comparable à ce qui pourrait se produire en France métropolitaine, dans les zones de sismicité Ib ou II. Il s'est soldé par 143 morts, quelque 500 blessés, environ 20 000 sans-abri et 2,3 milliards d'Euros de dégâts.

Carte 4 : **Sismicité historique de la France métropolitaine, de l'an 800 à nos jours**

Chaque cercle indique un séisme ressenti et répertorié dans la base SISFRANCE. Les plus destructeurs sont signalés en rouge, les moins destructeurs en bleu.



Source : SISFRANCE



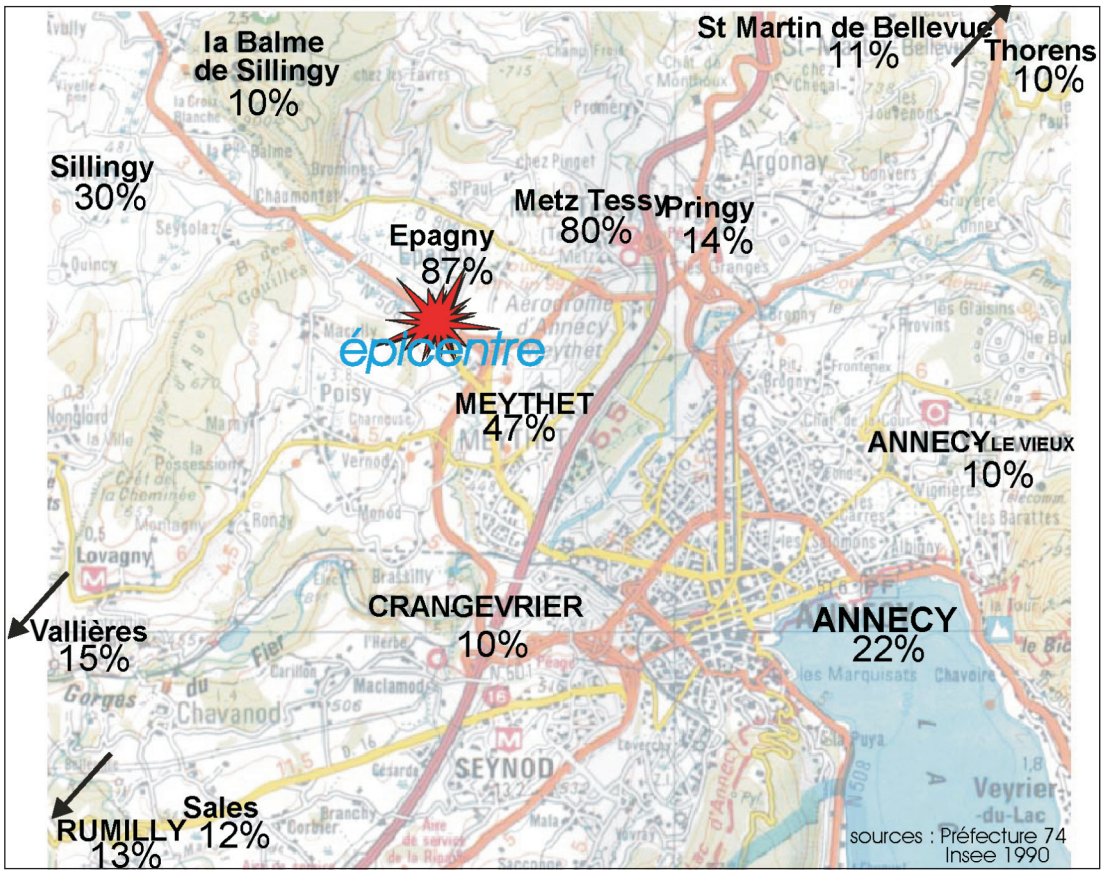
Carte 5 : **Sismicité instrumentale enregistrée de 1980 à 2001 en France métropolitaine**

Carte réalisée d'après les catalogues RéNass et CEA/LDG. Les zones de plus forte sismicité sont celles où apparaissent des cercles rouges et orangés.

Source : BCSF

Carte 6 : **Inventaire des dommages causés par le séisme d'Épagny-Annecy (15 juillet 1996)**

Pour chaque commune, le nombre indique le pourcentage de déclarations de sinistre sur les résidences. Les villages d'Épagny (87 %) et de Metz-Tessy (80 %) sont situés à environ un kilomètre de l'épicentre.



Source : CETE de Lyon et CETE Méditerranée

Photographie 2 : **Dégâts du séisme de Lambesc à Salon (Bouches-du-Rhône), 1909**



Le cas particulier des Antilles

La situation est plus critique aux Antilles, où la Guadeloupe et la Martinique sont situées dans leur ensemble en zone III, du fait de la sismicité générée par la subduction de la plaque Nord-américaine sous la plaque Caraïbe (cartes 7 et 8). Le séisme le plus meurtrier a été, sans nul doute, celui du 8 février 1843 qui fit plus de 1500 victimes en Guadeloupe (photographie 3). De magnitude estimée entre 7,5 et 8, il a été ressenti jusqu'au Venezuela, avec une intensité maximum de IX en Guadeloupe et VI-VII en Martinique. Le séisme du 11 janvier 1839 en Martinique fit plus de 300 morts et détruisit presque complètement la ville de Fort-Royal (aujourd'hui Fort-de-France), avec une intensité de VIII-IX. D'autres séismes, plus superficiels, générés sur l'une des failles majeures des îles, sont aussi à prendre en compte dans les Antilles. De magnitude moindre, ils peuvent cependant provoquer des dégâts considérables, du fait de leur proximité et de leur faible profondeur. C'est le cas de deux séismes historiques en Guadeloupe, le 16 mai 1851 (I=VII) et le 29 avril 1897 (I=VIII).

Prévision et prédiction des séismes

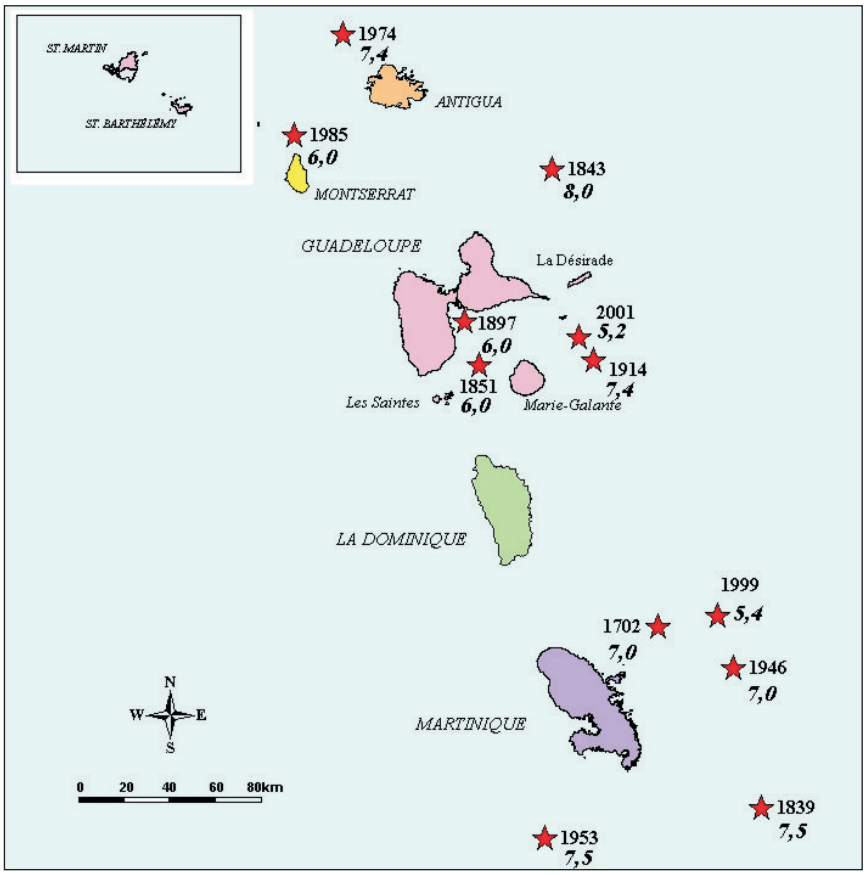
La prévision des séismes n'est opérationnelle actuellement qu'en terme de connaissance des aléas. Les recherches des sismologues et des géologues visent à mieux connaître les mécanismes responsables des tremblements de terre, à identifier les failles actives* et à évaluer la répartition des contraintes* autour de celles-ci. Les spécialistes sont donc en mesure de délimiter les zones où la probabilité d'occurrence est la plus élevée et d'estimer l'intensité probable de l'événement le plus fort attendu. L'absence de séisme significatif récent dans une région de sismicité historique établie peut dans certains cas augmenter cette probabilité.

La prédiction, qui consiste à déterminer l'occurrence à court terme d'un séisme dans le temps et dans l'espace et son intensité, n'est pas possible pour le moment. Les recherches en cours explorent de nombreuses pistes, mais il n'existe aucune méthode de détection fiable, malgré un ou deux cas de prédiction réussie au plan local et validée scientifiquement. Cependant, la prédiction ne répond pas à tous les objectifs d'une politique de prévention globale.

Le fait de connaître la date, l'heure, la localisation et la magnitude d'un séisme n'empêcherait pas, par exemple, l'endommagement des bâtiments mal construits. Il ne faut pas non plus sous-estimer l'effet d'annonce. Il est couramment admis que la simple annonce d'un séisme moyen dans les grandes villes de Californie, où la construction parasismique est bien développée en raison de la forte sismicité, pourrait provoquer plus de victimes du fait de la panique que de la destruction des immeubles.

Carte 7 : **Sismicité historique des Antilles**

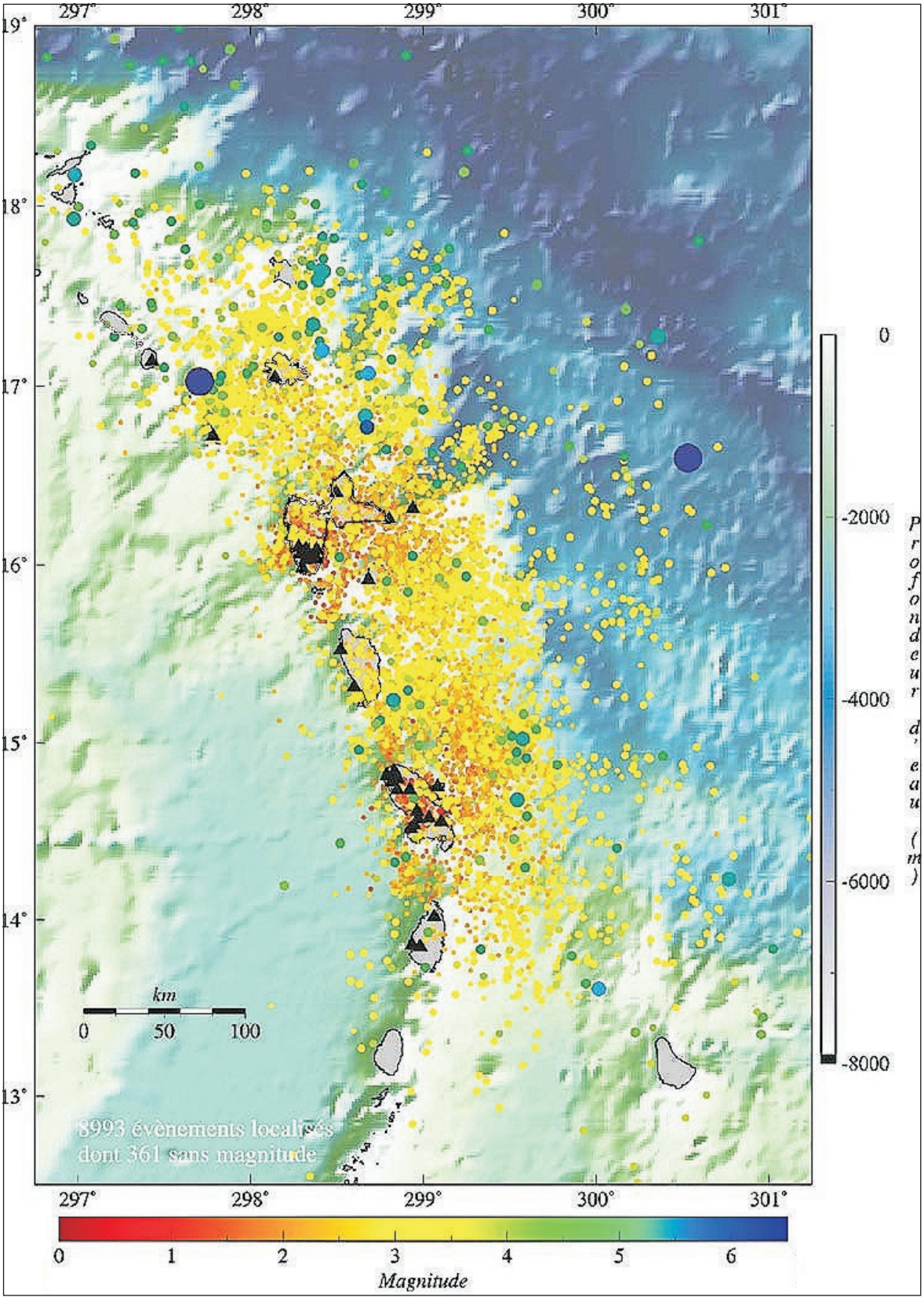
Les étoiles représentent la localisation la plus probable des séismes de magnitude supérieure à 6 qui ont causé des dommages dans les îles. Les épicentres des séismes du 5 janvier 2001 à l'est de la Guadeloupe et du 8 juin 1999 à l'est de la Martinique ont été déterminés avec beaucoup plus de précision par les réseaux sismologiques locaux de l'IPGP.



Source : BRGM

Carte 8 : **Sismicité instrumentale enregistrée aux Antilles de 1981 à 2000**

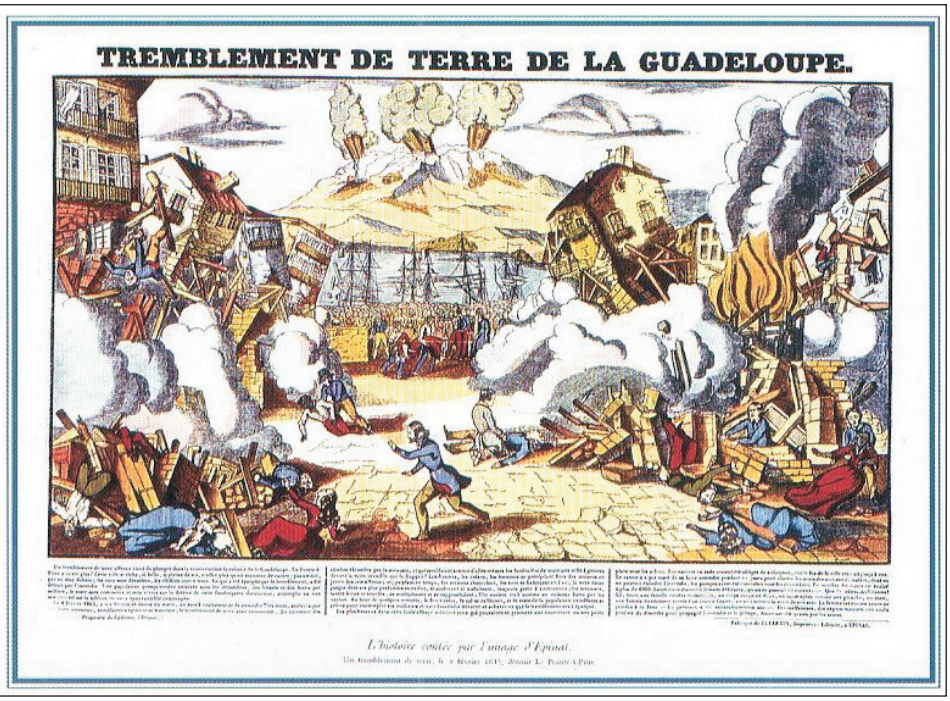
Localisation effectuée par les réseaux des observatoires de l'IPGP. Les triangles noirs représentent les stations sismologiques, les cercles de couleurs les épicentres des 8993 séismes. La couleur et la taille des cercles sont fonction de la magnitude de l'événement. Le séisme de magnitude 6 au NO de la Guadeloupe est celui de Montserrat de 1985.



Source : IPGP

Photographie 3 : **Gravure d'époque du séisme du 8 février 1843 en Guadeloupe**

Image d'Epinal de la catastrophe de 1843 à la Guadeloupe montrant les effets du séisme du 8 février dans la ville de Pointe-à-Pitre où périrent plusieurs milliers de personnes. Pareil séisme aurait des conséquences bien plus redoutables dans l'actuelle Guadeloupe, en raison du récent développement urbain et économique. En arrière plan, l'éruption volcanique de la Soufrière est une pure invention marquant et renforçant l'association imaginaire des catastrophes volcaniques et sismiques dans l'inconscient collectif.
(d'après L'Illustration, 1935)



Les manifestations du phénomène

Le séisme se manifeste d'abord par des vibrations. Leur ampleur en un point est fonction :
– des paramètres de la source* (magnitude, type de mouvement, profondeur, etc.) ;
– de la distance à la source [7] ;
– des propriétés mécaniques du sol* et de la structure géotechnique du lieu d'observation. Il s'agit des effets géologiques et topographiques communément appelés effets de site ;
– de la proximité de la faille responsable du séisme, voire dans certains cas, de l'apparition en surface de la rupture.

Il peut également générer des effets induits, liquéfaction et mouvements de terrain.

Dans cet ouvrage, le terme d'aléa désignera aussi bien l'occurrence du séisme que les effets de site ou induits qui tendent à aggraver les dommages.

Les effets liés au site

Effets de site dus à la géologie et à la topographie

Définition

Les sismologues et les géotechniciens parlent d'effet de site lorsqu'il y a modification forte du signal vibratoire* à la surface d'un sol par rapport au signal observé sur un site de bonnes propriétés mécaniques (appelé également site rocheux).

L'effet de site géologique en un point est dû principalement au contraste de rigidité* entre le sol (document 5 et fig. 1), dont les propriétés mécaniques sont moyennes à mauvaises, et le rocher sous-jacent. Contrairement à l'idée que des sols meubles atténuent plus qu'un sol rigide, ce contraste provoque le piégeage des ondes sismiques dans les couches peu consolidées et l'apparition de phénomènes de résonance et de réflexions multiples. En surface, l'amplification des mouvements du sol peut dépasser un facteur 4 à 5 pour certaines plages de fréquences*. Cet effet a été particulièrement observé lors des séismes de Mexico en 1985 et de Kobé en 1995. Des bâtiments construits sur des sédiments meubles ont subi des dommages beaucoup plus importants que ceux des quartiers implantés sur du rocher (photographie 4).

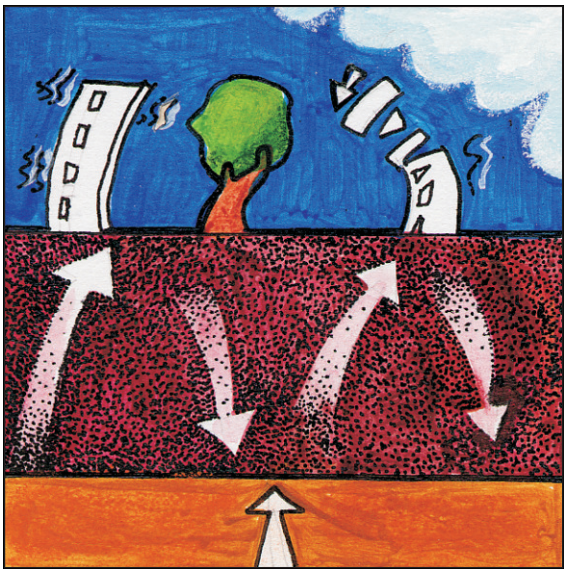
Dans une vallée remplie d'alluvions, comme les vallées glaciaires qui confluent à Grenoble, la création et la propagation d'ondes de surface qui se réfléchissent au contact de l'encaissant peuvent doubler, voire tripler, l'effet de site (fig. 2).

L'effet de site topographique se traduit par l'amplification ou l'atténuation du signal vibratoire. Il est provoqué par des phénomènes de réflexion ou de diffraction des ondes sismiques résultant de l'influence des reliefs (fig. 3). Une topographie convexe entraîne une concentration des ondes incidentes par rapport aux sites présentant une topographie concave.

7 Les effets destructeurs de certains séismes majeurs peuvent être observés jusqu'à plusieurs centaines de kilomètres de la source, comme à Mexico en 1985.

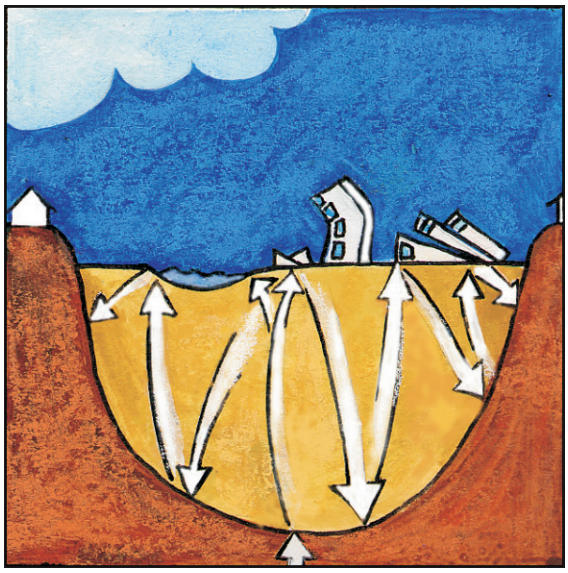
Figure 1 : **Effet de site d'origine géologique**

Le piégeage des ondes sismiques dans la couche superficielle meuble provoque l'amplification du mouvement vibratoire à la surface du sol.



Source : Laurence Barret

Figure 2 : **Effet de site dans une vallée remplie d'alluvions**



Source : Laurence Barret

Photographie 4 : **Effet de site, séisme de Mexico, 1985**

La ville de Mexico est bâtie sur des lagunes asséchées. Les matériaux argileux ont augmenté dramatiquement le mouvement vibratoire.



Source : Cdt. Fabre, Avignon

Figure 3 : **Effet de site topographique**

La concentration des ondes dans les reliefs peut entraîner l'amplification du mouvement sismique.



Source : Laurence Barret

Le mouvement du sol est donc amplifié sur les sommets et atténué dans les creux ou les vallées (Riepl-Thomas et Cotton, 1999), comme en témoignent les dommages observés dans les villages de Rognes et Vernègues (photographie 5), après le séisme de Lambesc de 1909, ou au Salvador lors du séisme du 13 janvier 2001 (photographie 6).

Principales techniques de prévention

Les structures des bâtiments parasismiques sont calculées en fonction du spectre de réponse élastique* défini par les règles de construction PS 92 pour quatre types de sol différents (document 5).

Ce spectre est multiplié par l'accélération nominale* a_N, définie dans l'arrêté du 29 mai 1997, et par un coefficient d'amplification* prenant en compte l'effet de site topographique (annexe 3). L'accélération a_N tient compte de la classe du bâtiment et du niveau de sismicité définis par le zonage (décret du 14 mai 1991).

Document 5

Les types de sol dans les PS 92

Les règles PS 92 définissent quatre types de sol :

- Site S0 : sol rocheux ou sol de bonnes caractéristiques mécaniques en épaisseur inférieure à 15 m. Le spectre de réponse correspondant à S0 est communément appelé spectre au rocher.
- Site S1 : sol de bonnes caractéristiques mécaniques en épaisseur supérieure à 15 m ou sol de caractéristiques mécaniques moyennes en épaisseur inférieure à 15 m.
- Site S2 : sol de caractéristiques mécaniques moyennes en épaisseur comprise entre 15 m et 50 m ou sol de caractéristiques mécaniques médiocres en épaisseur inférieure à 10 m.
- site S3 : Sol de caractéristiques mécaniques moyennes en épaisseur supérieure à 50 m ou sol de caractéristiques mécaniques médiocres en épaisseur comprise entre 10 m et 100 m.

Le nombre, les caractéristiques de chaque sol et les spectres de réponse correspondants sont appelés à être modifiés dans l'Eurocode 8.

EFFETS LIÉS AUX FAILLES ACTIVES

Définition

La faille active est la zone sur laquelle se génère la rupture qui donne naissance à un séisme. Elle est considérée comme un aléa à partir du moment où la dislocation des terrains atteint la surface.

Sur la période couverte par la sismicité historique et dans l'état actuel des connaissances, il n'y a pas, en France, d'exemple de faille ayant produit de rupture en surface, suite à un séisme. Par contre, des déformations de surface d'âge plus ancien, ont été mises en évidence dans des terrains datés de plusieurs dizaines à centaines de milliers d'années. Compte tenu d'un champ de contrainte* resté sensiblement constant sur cette période de temps, il n'est pas exclu que les failles qui présentent ce genre d'indices mais ne sont pas associées à des séismes historiques ou récents, puissent donner lieu à un séisme avec rupture en surface. C'est le cas, par exemple, des Antilles où la sismicité historique ne remonte pas au-delà du XVI^{e} siècle et où la sismicité instrumentale date des années 70.

Cependant, il est généralement admis que, dans le contexte de sismicité modérée du territoire métropolitain, la probabilité d'occurrence d'une rupture en surface est faible et que le déplacement maximum serait de l'ordre de quelques dizaines de centimètres seulement. Il en est de même aux Antilles où les failles actives reconnues à terre ne sont pas de taille suffisante pour générer de grandes ruptures en surface.

Photographie 5 : **Effet de site topographique consécutif au séisme de Lambesc à Rognes (Bouches-du-Rhône), 1909**





Photographie 6 : **Effet de site topographique dans la ville d'Armenia, Salvador, 2001**

Cette maison était située sur le rebord du plateau où est édifiée la ville d'Armenia.

Source : Gérald Garry

Effets et conséquences

L'effet de la proximité immédiate d'une faille active peut se manifester de deux façons :

– directement : s'il y a rupture en surface, par le mouvement différentiel le long de la faille (vertical, oblique ou en coulissement) qui provoque des dommages dans les bâtiments ou les ouvrages situés à l'aplomb (photographie 7) ;

– indirectement : dans le cas spécifique d'une faille inverse*, où il peut y avoir amplification du signal vibratoire dans le compartiment chevauchant*.

Un exemple extrême de conséquence du mouvement d'une faille active est la subsidence côtière observée à Gölcük lors du séisme d'Izmit (Turquie) en 1999. À cette occasion, le rivage s'est enfoncé de 2 à 3 m en moyenne (photographie 8) sur un secteur de plusieurs kilomètres en bordure de côte. Ce phénomène est dû à l'extension d'un bassin situé en mer, le long de la faille à l'origine du séisme. Cet effondrement a provoqué, par ailleurs, une vague de 2 à 3 m qui a submergé des quartiers situés jusqu'à 100 m à l'intérieur de la ville.

Photographie 7 : **Rupture en surface visible dans le stade de Kuang-Fu New Village, séisme de Chi-Chi, Taiwan, 1999**

Le personnage donne l'échelle de l'ampleur de la déformation, qui a pu atteindre 8 m par endroits.



Source : Philippe Lussou

Principales techniques de prévention

Le PPR offre la possibilité de maîtriser l'urbanisme dans les zones de failles avérées actives, en définissant de part et d'autre de son tracé, une bande qui peut donner lieu à des prescriptions particulières de construction en fonction du type de bâtiment [8]. Tout le problème réside dans la définition précise du tracé de la faille, de la probabilité d'apparition d'une rupture en surface et de la largeur de la zone de réglementation qu'elle implique [9]. Par contre, il n'existe pas, à notre connaissance, de techniques pour se prémunir de la submersion marine liée à la subsidence côtière.

Photographie 8 : **Subsidence marine d'origine tectonique observée à Gölcük (Turquie), induite par le séisme d'Izmit, 1999**

À la suite d'un mouvement tectonique, le rivage s'est effondré sur un secteur de plusieurs kilomètres en bordure de côte.



Source : BRGM

8 Il est possible de mettre en œuvre des dispositions constructives pour donner aux bâtiments une meilleure rigidité, donc une meilleure résistance aux déplacements différentiels.

9 Des travaux sont en cours à l'AFPS pour préciser ces différents points.

Les effets induits

LIQUÉFACTION

Définition

La liquéfaction correspond à une perte de résistance mécanique sous action sismique. Elle se traduit par la perte de la capacité portante des sols, des tassements, le plus souvent différentiels, ou des mouvements latéraux importants. De petits cônes de sable apparaissent à la surface du sol (photographie 9) et certaines structures peuvent s'enfoncer, voire basculer entièrement, du fait de l'absence d'assise (photographies 10 et 11).

Conditions d'apparition

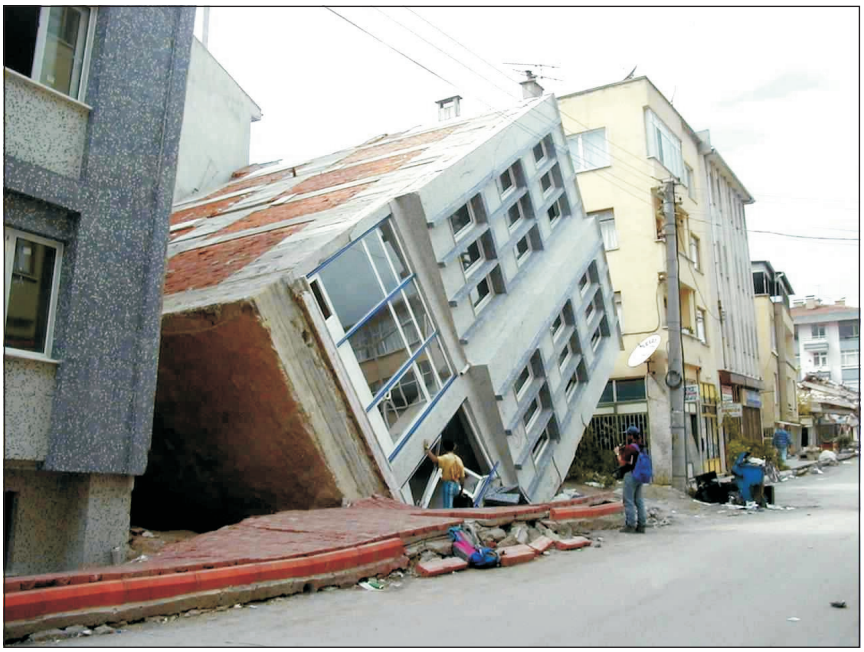
Le phénomène peut se produire lorsque des couches à dominante sableuse, situées sous le niveau de la nappe phréatique et à moins d'une vingtaine de mètres de profondeur, perdent leur résistance au cisaillement* et se comportent comme un liquide sous l'effet des sollicitations sismiques (fig. 4).



Photographie 9 : **Cône de sable résultant de la liquéfaction, séisme d'Izmit, Turquie, 1999**

Le sable sous pression a jailli à la jointure entre la chaussée et le pas de porte, alors que le côté bâtiment s'est enfoncé légèrement.

Source : BRGM



Photographie 10 : **Conséquence de la liquéfaction sur un immeuble à Adapazari, séisme d'Izmit, Turquie, 1999**

Bien que construit sur un radier général, l'immeuble entier a basculé sous l'effet de la liquéfaction.

Source : BRGM

Photographie 11 : **Mur penché par la liquéfaction, en limite d'une propriété construite sur le littoral à Las Hojas, séisme du Salvador, 2001**

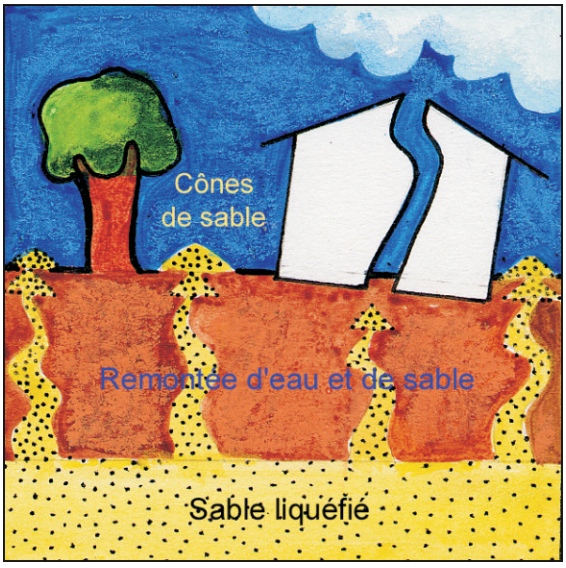
Lors de l'événement, un jet d'eau de plus d'un mètre de hauteur s'est produit au pied du mur pendant plusieurs minutes.



Source : Gérald Garry

Figure 4 : **Effets induits par la liquéfaction**

La surpression de l'eau dans les lentilles sableuses situées dans la nappe phréatique leur fait perdre leur résistance au cisaillement, diminue leur capacité de portance et provoque des tassements. Le sable se comporte alors comme un fluide : il est éjecté vers la surface.



Source : Laurence Barret

L'aléa liquéfaction résulte de la combinaison de deux facteurs :

– la susceptibilité* du sol [à la liquéfaction], qui fait intervenir la granulométrie et l'état de compacité* du sol, et le niveau de la nappe phréatique (exemple de sable ou de limons lâches saturés) ;

– les caractéristiques de l'action sismique (amplitude, durée, etc.). Certains auteurs parlent d'opportunité (à la liquéfaction), liée à la capacité des ondes sismiques à provoquer la liquéfaction.

Principales techniques de prévention

La réglementation parasismique consacre un paragraphe spécial à la liquéfaction dans le chapitre sur les fondations. Ainsi, il est possible, pour des bâtiments importants, de traiter la nappe phréatique (drainage, etc.), le sol (densification, injection, substitution, etc.), ou de faire des fondations suffisamment profondes de manière à reposer sur un sol solide, non susceptible de se liquéfier. Dans le cas des maisons individuelles, par contre, un radier ou une semelle en béton peuvent offrir une protection acceptable à moindre coût.

Mouvements de terrain

Définition

Les mouvements de terrain consécutifs à un tremblement de terre peuvent être de deux sortes : des éboulements rocheux ou des glissements de terrain affectant généralement des étendues plus importantes. Le séisme est le déclencheur qui met en mouvement des masses de rocher ou des terrains meubles dans un état initial proche de l'instabilité (effet de purge) (photographies 12 et 13). La sollicitation cyclique de terrains de faible cohésion peut aussi provoquer la rupture dans des versants déjà instables. De même, la liquéfaction dans des terrains de pente faible, voire nulle, peut entraîner des glissements latéraux (ou subhorizontaux) qui sont marqués en surface par des crevasses ou des décrochements verticaux décimétriques (photographie 14).

Conditions d'apparition

L'effet des séismes sur la stabilité des pentes (fig. 5) dépend de nombreux facteurs tels que : la géologie, l'hydrogéologie, la topographie, les caractéristiques mécaniques des terrains constituant la pente et les conditions préexistantes d'instabilité (susceptibilité). À ces facteurs viennent s'ajouter les paramètres de la sollicitation sismique (opportunité) : accélération maximale*, fréquence des vibrations, durée.



Photographie 12 : **Mouvement de terrain lié au séisme de Kocaeli, Izmit, (Turquie) 1999**

L'escarpement mis à nu est sub-vertical pour une extension d'environ 150 m de large. La profondeur des terrains affectés est plurimétrique, voire décamétrique. On peut estimer que l'épaisseur des terrains éboulés est, au plus, du même ordre de grandeur.

Source : BRGM et AFPS



Photographie 13 : **Mouvement de terrain de las Colinas, provoqué par le séisme du 13 janvier 2001 au Salvador**

Source : USGS pour le cliché et rapport AFPS pour la légende

La largeur du mouvement de terrain est de l'ordre de la centaine de mètres pour une longueur d'environ 700 m. Il s'agit d'un glissement ayant évolué en coulée. La catastrophe a montré les conséquences particulièrement dramatiques que peut avoir un développement urbain ne prenant pas en compte les contraintes liées à la stabilité des terrains, alors que, a priori, les conditions étaient réunies pour qu'elles soient justement prises en compte.

Figure 5 : **Schémas décrivant les différents types de mouvements de terrain**

5a. **Glissement de terrain classique**



5b. **Chute de blocs**



5c. **Glissement latéral (ou subhorizontal)**



Source : Laurence Barret

Les déplacements induits par une instabilité des pentes peuvent être très rapides et catastrophiques, ou très lents. Une fois déclenché, le mouvement peut se poursuivre sur de grandes distances, en particulier dans le cas où la masse en mouvement serait soumise à des pressions interstitielles* conduisant à la liquéfaction des sols sous-jacents. Le cas du glissement de terrain de Las Colinas à Santa Tecla (El Salvador, Amérique Centrale), provoqué par le séisme du 13 janvier 2001 (photographie 13), montre, d'une part, que le déclenchement peut se produire quelques secondes après le début du séisme, et, d'autre part, que la coulée peut être extrêmement rapide et se propager sur une grande distance (plusieurs centaines de mètres) en pied de versant.

Principales techniques de prévention

Les techniques de prévention (maîtrise des rejets d'eau, confortement des sols, renforcement des structures, etc.) sont décrites dans le guide méthodologique PPR « Risques de mouvements de terrain ». Cependant, il est probable qu'elles seraient insuffisantes en cas de mouvement de grande ampleur.



Photographie 14 :
Glissement latéral sur la rive droite de la rivière Lempa, séisme du 13 janvier 2001 au Salvador

La liquéfaction des terrains sableux sous-jacents aux rives a entraîné leur glissement latéral (ou subhorizontal), marqué en surface par des crevasses et des décrochements verticaux.

Source : Gérald Garry

Le risque sismique

Il correspond, par définition, au croisement des aléas par les enjeux et leur vulnérabilité. Il croit d'autant plus que l'aléa est élevé, que la densité de population et le potentiel économique augmentent, que les conditions de conception et de réalisation des constructions et l'organisation des secours sont déficientes. Les tremblements de terre de Spitak en 1988 et d'Izmit en 1999 en sont des exemples malheureux.

Mis à part les dommages causés aux immeubles qui peuvent être spectaculaires et faire l'objet de la couverture médiatique, il convient de prendre conscience que le tremblement de terre affecte tout type de construction et notamment ceux qui sont stratégiques en cas de crise : préfecture, PC opérationnel, centres de secours, hôpitaux, etc. Prévenir signifie donc renforcer les bâtiments D en priorité, mais aussi identifier des bâtiments d'accueil pour les populations ayant perdu leur habitation. À cet égard, le renforcement des établissements scolaires constitue une autre priorité pour protéger les élèves et les professeurs et offrir des capacités d'hébergement. Il convient également d'imaginer des situations où un pourcentage élevé des moyens habituellement mis en œuvre sont inopérants (photographie 15) et où il devient nécessaire de faire appel à des secours situés hors de la zone de désastre.

Le tremblement de terre touche aussi les réseaux routiers (photographie 16), d'énergie (avec les risques d'incendie liés aux ruptures des canalisations de gaz), de télécommunications, d'approvisionnement en eau potable, etc. Les réseaux doivent être inclus dans les programmes de diagnostic et de renforcement, car les dysfonctionnements induits ou leur arrêt momentané démultiplient l'ampleur de la catastrophe. Leur tenue au séisme ou leur remise en état rapide sont des facteurs prépondérants dans le processus de retour à la normale.



Photographie 15 :
Dommage aux bâtiments et installations de classe D, séisme du Quindio, Colombie, 1999

Le toit de la caserne des pompiers d'Armenia s'est effondré sur le parc de véhicules, rendant de ce fait inutilisable la caserne et les camions des pompiers.

Source : AFPS

Du point de vue de l'aménagement et de l'urbanisme, de telles situations peuvent conduire dans le futur à déplacer les bâtiments D vers des zones moins exposées, à proximité d'axes de circulation moins vulnérables.

Au-delà des dommages immédiats, l'altération de toutes les activités socio-économiques peut perturber notablement le fonctionnement des zones urbaines (pendant plus d'une année à Kobé), voire affecter l'économie d'un pays tout entier. Les scénarios (document 4 et carte 9) peuvent mettre en évidence non seulement les conséquences d'un tremblement de terre sur les bâtiments, les réseaux, les personnes et les biens, mais aussi évaluer l'impact sur la vie économique tout entière, projeté sur plusieurs mois à plusieurs années. Le coût de la prévention apparaît alors comme minime, sans commune mesure avec celui de l'ensemble de la catastrophe.

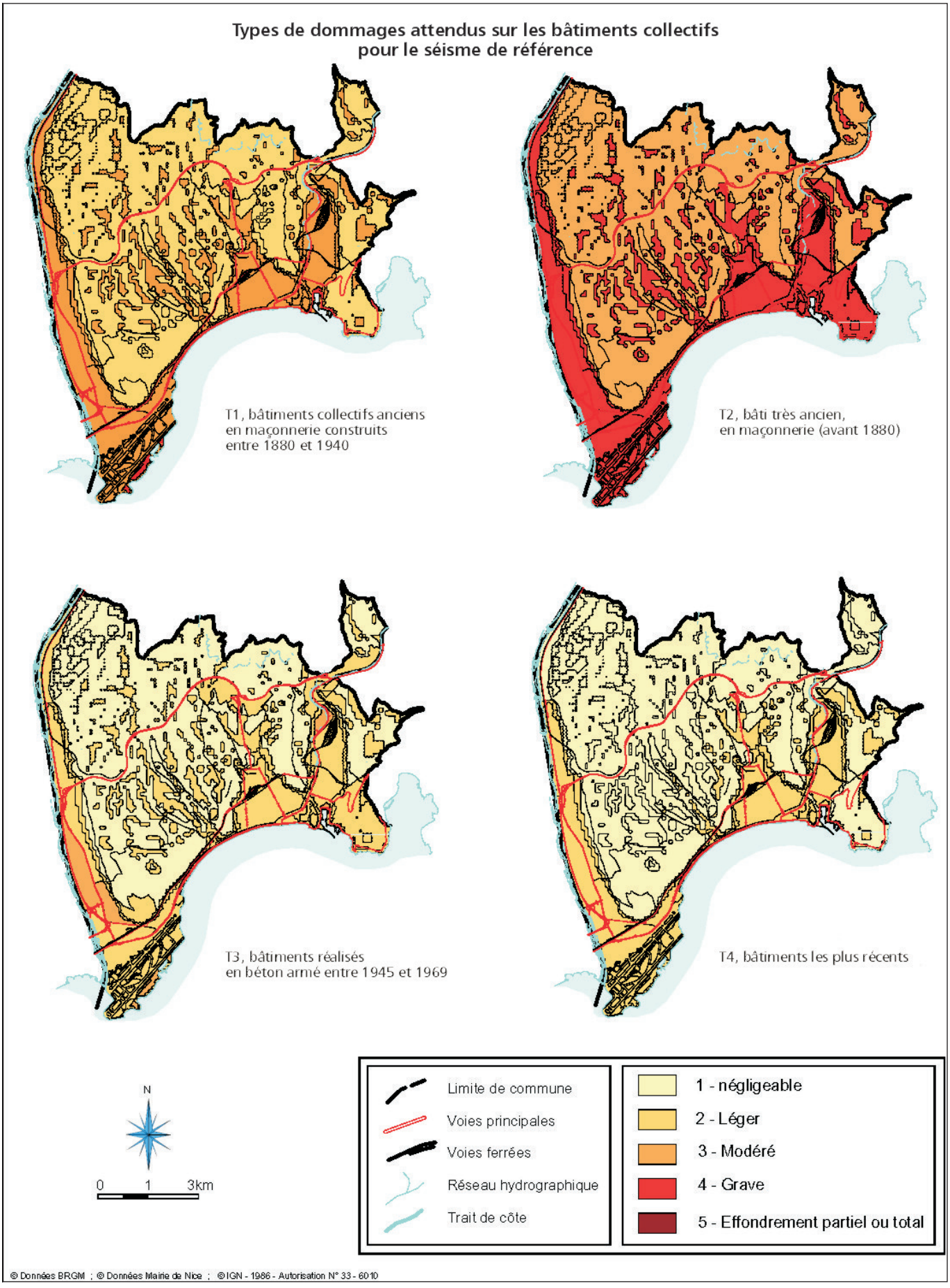
Photographie 16 : **Glissement de terrain sur la route panaméricaine, séisme du Salvador, 13 janvier 2001**

Cet axe est vital pour le Salvador et les pays voisins car c'est par là que transite l'essentiel du trafic routier panaméricain.



Source : Gouvernement du Salvador

Carte 9 : **Scénario pour la ville de Nice, projet GEMITIS 1999**



Source : BRGM

MÉTHODES D'ANALYSE ET DE CARTOGRAPHIE DU RISQUE

L'objectif du PPR est d'assurer un niveau de sécurité suffisant des personnes, des biens et des activités contre les séismes. Les études engagées dans ce cadre ont donc pour finalité de mieux connaître les phénomènes, les aléas et les enjeux afin de gérer efficacement l'occupation des sols et de maîtriser l'extension urbaine dans les zones les plus exposées, en conciliant les impératifs de prévention et les besoins socio-économiques de développement.

Ces études sont menées par les services de l'État en concertation étroite avec l'ensemble des acteurs (représentants des collectivités territoriales, établissements publics, bureaux d'étude, etc.), dans un cadre spatial préalablement établi (bassin de risque et périmètre d'étude), à partir de l'état actuel des connaissances et sans rechercher une précision excessive. La priorité est donnée aux études qualitatives.

D'une manière générale, l'analyse des risques passe par quatre étapes aboutissant chacune à l'établissement de documents techniques qui ne sont pas des pièces réglementaires, mais qui sont indispensables à la compréhension du PPR :

– la délimitation du périmètre d'étude ;

– la connaissance des phénomènes naturels qui se traduit par une carte informative des phénomènes naturels ;

– la caractérisation des aléas qui donne lieu à une ou plusieurs cartes des aléas ;

– l'appréciation et la cartographie des enjeux.

Le cadre des études de risque

La réussite de la procédure PPR repose en grande partie sur l'appropriation par les élus et par la population de la réalité des aléas et des risques, qui dépassent les limites territoriales de la commune ou de l'agglomération. Il est donc fondamental de montrer qu'il s'agit de phénomènes conditionnés à l'origine par des facteurs naturels, qui se manifestent dans un cadre géographique plus ou moins grand et qui ont un impact variable en fonction du mode de construction et d'occupation des sols.

Intérêt d'une concertation précoce

La concertation est indispensable pour mener à bien l'approbation du PPR et doit être engagée dès la phase des études techniques. Elle permet en particulier une mise en commun des informations détenues par chacun et favorise la transparence des étapes de la procédure. Elle contribue ainsi à l'instauration du climat de confiance nécessaire à l'appropriation des risques et au partage des choix qui fondent le projet de plan.

Cette appropriation n'est pas un simple transfert d'informations supposées objectives et scientifiques, mais une appropriation culturelle du phénomène sismique par la collectivité et par le service instructeur des questions que la collectivité peut se poser.

La concertation, au sens large, suppose d'associer toutes les compétences en présence, administratives, techniques et politiques. À ce titre :

- Le service instructeur désigné par le préfet pour élaborer le PPR doit s'appuyer sur la connaissance et l'expérience des principaux services de l'État, des réseaux techniques (CETE, LCPC) et des établissements publics (IRSN, INSU, laboratoires de recherches, BRGM, etc.). Il peut aussi avoir recours à des personnalités compétentes pour la formulation et la validation des études complémentaires.

- Les autorités locales doivent participer à la réflexion qui conduit à la délimitation du périmètre d'étude et être consultées régulièrement au cours des différentes phases de l'étude : identification des phénomènes naturels, analyse et qualification des aléas, identification des enjeux (qui doit tenir compte des projets d'aménagements et des souhaits de prévention des élus).

Bassin de risque et périmètre d'étude

Le bassin de risque sismique peut être assimilé à un ensemble de zones contiguës, classées par canton dans le zonage national, de façon identique ou proche : les Antilles, par exemple, prises dans leur totalité (zone III) ou encore les cantons de Cannes et de Nice dans les Alpes Maritimes (zones Ib et II).

Le périmètre d'étude est défini à partir du contexte géologique, du niveau de sismicité (qui en première approche est celui du bassin de risque) et des enjeux. Le périmètre du Grésivaudan en Isère, par exemple, réunit une géologie particulière (fond de vallée glaciaire), une sismicité faible (Ib) et la concentration des forts enjeux de l'agglomération grenobloise.

Deux cas de figure peuvent être distingués :

– les communes ou agglomérations densément peuplées situées en zones sismiques Ib à III, exposées à des effets de site ou induits présumés importants, où l'élaboration d'un PPR apporte une valeur ajoutée indéniable en termes de prévention pour l'habitat, les bâtiments publics, les activités économiques et l'aménagement ;

– les zones rurales à habitat dispersé, même dans les zones II ou III, où l'établissement d'un PPR n'est pas prioritaire car l'application de la réglementation nationale existante doit assurer un niveau de protection suffisant aux personnes et aux biens [10].

La priorité accordée aux études qualitatives

Il est essentiel que les études techniques apportent une réponse adaptée aux objectifs principaux du PPR. Le guide général précise à ce propos que son établissement s'appuie sur l'état des connaissances du moment. La priorité doit donc être accordée à l'exploitation des données disponibles : mesures enregistrées, analyse en retour des événements passés et observations de terrain. La pertinence et le contenu des études complémentaires doivent être soigneusement évalués par le service instructeur.

La conduite des études d'aléas

Elle se décline en trois étapes :

– la constitution d'une base documentaire à différentes échelles à partir des données existantes ;

– l'analyse des données historiques et la carte informative des phénomènes naturels ;

– la qualification et la cartographie des aléas.

Les données existantes

Il existe deux types de données concernant l'aléa sismique en France, en plus de la carte de zonage réglementaire : les bases de données et les documents cartographiques. Les sites internet de ces bases sont répertoriés dans les références bibliographiques. Si le périmètre d'étude est situé près d'une frontière, il est recommandé de consulter également les documents établis par les pays voisins.

Les bases de données

Elles sont de plusieurs natures :

- La base SISFRANCE est gérée en commun par le BRGM, EDF et l'IRSN. Elle rassemble des données de sismicité historique de la métropole et des zones limitrophes [11] : la date et l'heure du séisme, la liste des localités affectées par la secousse et les intensités ressenties dans ces localités, l'intensité épicentrale, les coordonnées de l'épicentre avec un indice de qualité de la localisation, etc. De son côté, le BCSF possède dans ses archives l'ensemble des enquêtes macrosismiques effectuées en France depuis 1920. L'information synthétisée des enquêtes menées depuis 1993 est disponible en ligne sur le site du BCSF.

- Les données de sismicité instrumentale, gérées par le RéNass, décrivent la sismicité enregistrée et localisée depuis 1980. Elles précisent notamment la localisation des événements et leur magnitude nécessaires à la caractérisation de l'aléa.

- Les données accélérométriques du réseau accélérométrique permanent (RAP) vont prendre un intérêt croissant dans la mesure où des séismes plus importants seront enregistrés et donneront des informations sur les mouvements du sol en différents sites.

- La base Néopal d'indices néotectoniques et paléosismiques devrait, à terme, regrouper toutes les données recensées en France et provenant des fichiers d'organismes publics (BRGM, IRSN, EDF, CEA) et de recherche (IPGP, Université de Paris Sud, Montpellier, Strasbourg, etc.). Il s'agit de déformations quaternaires affectant des couches géologiques proches de la surface : failles, zones broyées, décalages de strates, glissements de terrain, traces de liquéfaction, etc. Ces indices sont pris en compte pour les études d'aléas visant les installations nucléaires. Ils sont précieux, en particulier dans les zones de sismicité faible à modérée où il n'y a pas (ou peu) d'événement de grande magnitude connu historiquement.

- La base BDMvt mémorise de façon homogène l'ensemble des informations disponibles du BRGM, du LCPC et du RTM, sur les dommages occasionnés par des mouvements de terrain d'importance et de types très divers : glissements de terrain, éboulements, effondrements, coulées de boue, etc. Elle concerne des situations récentes et des événements passés et permet le porter à connaissance des phénomènes.

10 Cela reste cependant théorique, du fait que les PS 92 ne s'appliquent qu'aux constructions neuves et que l'habitat rural est la plupart du temps plus ancien que les règles PS. La hauteur limitée des bâtiments bien construits restreint toutefois les dommages.

11 La base SISDOM de la sismicité historique dans les Antilles est en cours d'élaboration au BRGM. Elle devrait être mise à la disposition du public en 2003.

Les cartes

Elles sont de plusieurs natures :

- Les cartes sismotectoniques utilisées pour l'évaluation déterministe du séisme de référence*. Elles sont le résultat de synthèses sismotectoniques réalisées à l'échelle de la métropole, dans le cadre des études spécifiques pour les installations classées « à risque spécial ». Elles permettent de délimiter les sources sismiques correspondant à des structures sismogènes (failles) ou à des domaines sismotectoniques. Il s'agit, par exemple, de la carte sismotectonique de la France métropolitaine au 1/4 000 000, établie par l'IRSN en 1993, principalement pour les installations nucléaires (B. Grellet et coll., 1993).
- Les cartes d'isointensité présentées dans le zonage sismique de la France métropolitaine au 1/2 500 000 pour l'application des règles parasismiques aux installations classées (BRGM, 1998), (carte 10).
- Les cartes de failles actives ou d'études de néotectonique, à l'échelle locale. Elles sont le résultat, soit de travaux universitaires, soit d'études spécifiques faites par des bureaux d'études. Dans ce cas, elles sont publiques si elles ont été réalisées pour un maître d'ouvrage public.
- Les Atlas communaux des risques naturels ne concernent actuellement que les Antilles. Ce sont des cartes informatives au 1/25 000 [12], qui qualifient de nul à fort les aléas inondation, effets de site, liquéfaction et mouvements de terrain (BRGM, 1991 à 2000). Ils n'ont pas de caractère réglementaire (carte 11).
- Les cartes géologiques ou géomorphologiques au 1/50 000 ont une grande importance, mais leur degré de précision est limité et elles ne couvrent pas tout le territoire national.

Les autres outils

Les modèles numériques de terrain (MNT), les photographies aériennes et les images satellitales (SPOT) peuvent aussi se révéler très utiles pour l'étude des failles et des mouvements de terrain ainsi que pour la localisation des enjeux (photographie 17).

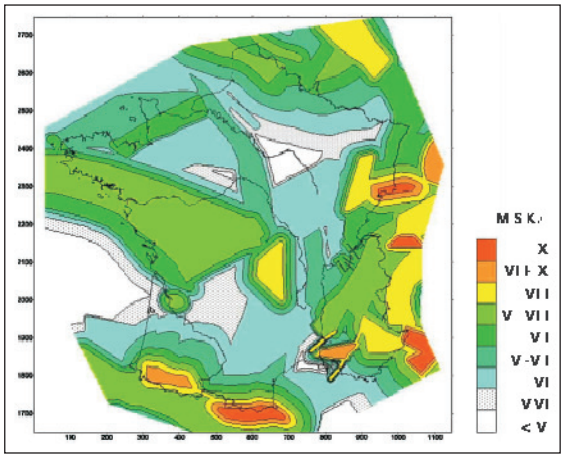
La carte informative des phénomènes naturels

C'est une carte descriptive des phénomènes observés ou historiques (carte 12). Elaborée principalement à partir de la base SISFRANCE et du fichier RéNass, elle indique les épicentres des séismes connus et leur intensité épicentrale (séismes historiques) ou leur magnitude (séismes récents), les éventuels effets induits (liquéfaction, mouvements de terrain), les victimes et dommages connus, ainsi que les failles susceptibles de générer des séismes.

La précision de localisation des épicentres, de l'ordre de quelques kilomètres ou plus, justifie de recourir à des fonds topographiques à petite échelle. Dans le cas des Antilles, où les séismes destructeurs peuvent être situés à plusieurs dizaines de kilomètres des îles, une échelle au 1/500 000 peut être suffisante. Par contre, des indices néotectoniques ou paléosismiques, des effets liés au site ou induits qui ont été observés et localisés avec suffisamment de précision, peuvent figurer sur une deuxième carte à plus grande échelle, par exemple au 1/100 000 ou 1/50 000.

Carte 10 : **Isointensité du séisme maximum historiquement vraisemblable (SMHV) pour les sources proches et lointaines**

Ce document, qui n'est pas réglementaire, permet de connaître en tout point du territoire métropolitain le niveau d'intensité (dans l'échelle MSK) du SMHV. Celui-ci est un élément de base pour la détermination des actions sismiques applicables aux installations classées.



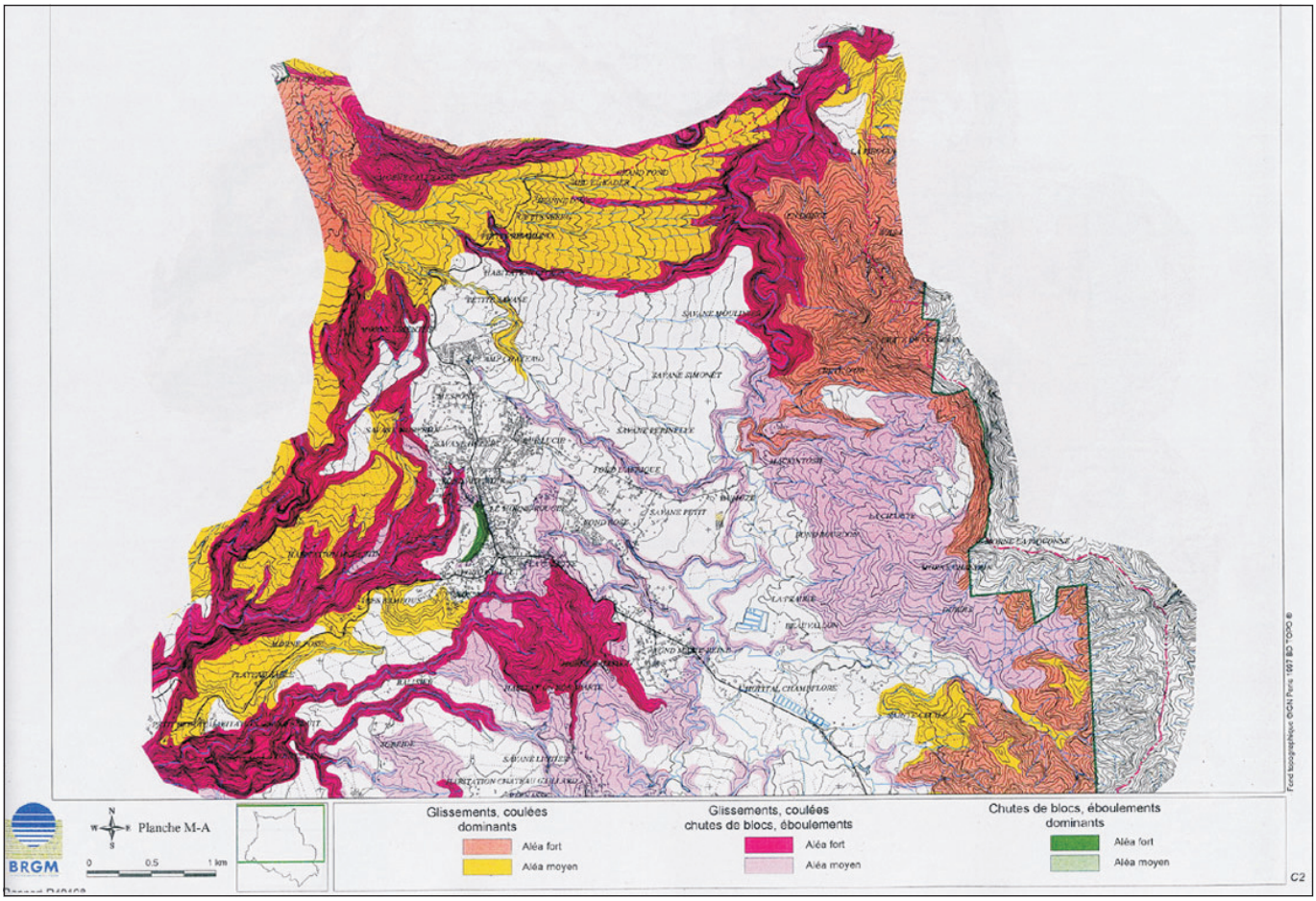
Source : BRGM, 1998

La qualification et la cartographie des aléas

La démarche consiste à définir l'aléa sismique régional, cartographier les effets liés au site et induits, et, pour le niveau d'étude le plus précis, à calculer des spectres de réponse adaptés à chaque configuration de sol. Cette approche intégrée de tous les aléas constitue le microzonage sismique qui est reconnu mondialement comme la référence pour toutes les études de risque sismique, même s'il existe d'autres méthodes de calcul des spectres ou d'évaluation des aléas.

12 Au sens du décret 90-918 du 11 octobre 1990, relatif à l'exercice du droit à l'information sur les risques majeurs.

Carte 11 : **Atlas communal des risques naturels de Morne rouge (Martinique), aléa mouvement de terrain, 1999**



Source : BRGM

L'aléa régional de référence

Il est défini comme le séisme maximum contre lequel la société choisit de se prémunir. Il est supposé se produire avec une probabilité non nulle dans un intervalle de temps compatible [13] avec la durée de vie des bâtiments et des aménagements à protéger et à une distance en accord avec le cadre sismotectonique du périmètre d'étude.

Le séisme de référence est caractérisé par son intensité maximale ou l'accélération nominale attendue au rocher. Cette dernière est définie réglementairement par l'arrêté du 29 mai 1997, en référence au zonage sismique de la France (annexe 1).

Lorsque que le niveau de précision de l'étude l'exige (voir infra), une analyse spécifique de la localisation et de la magnitude du séisme de référence est réalisée. Les lois d'atténuation* en fonction de la distance permettent ensuite de calculer l'accélération nominale au rocher dans le périmètre d'étude.

La notion d'aléa de référence est moins facile à utiliser pour les effets liés au site et induits, dans la mesure où ces derniers n'ont pu être observés historiquement, sauf exception (liquéfaction dans la région de Pointe-à-Pitre lors du séisme du 8 février 1843). Le niveau de protection visé correspond donc à l'aléa induit par le séisme de référence en tenant compte des caractéristiques géologiques et topographiques locales actuelles.

Le microzonage sismique

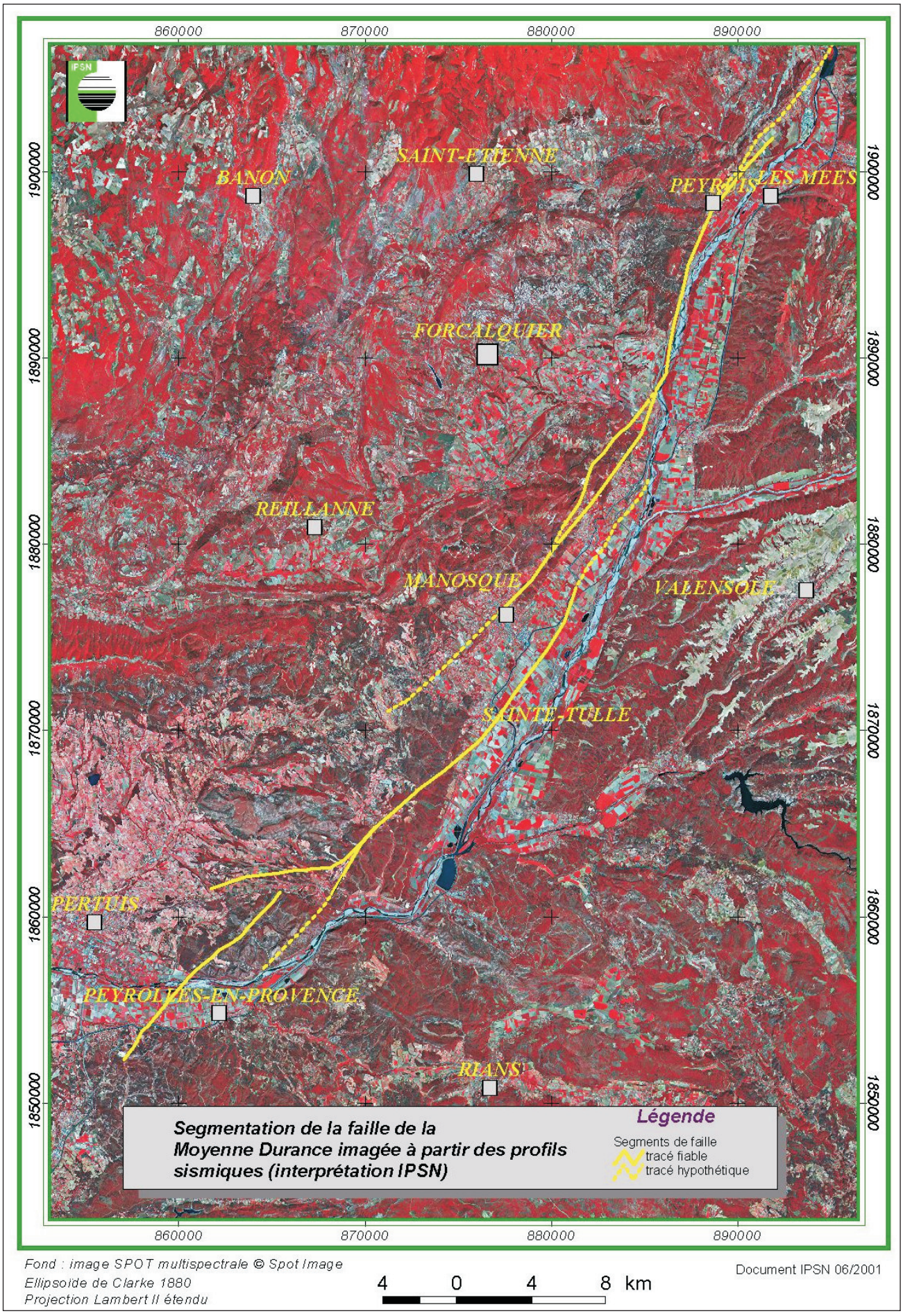
La méthode retenue est celle développée par l'AFPS en 1993 dans son guide méthodologique consacré au microzonage sismique [14]. Elle propose de classer les études en trois niveaux de précision et de complexité croissante, de A à C.

13 Pour les ouvrages courants de classe B, la probabilité d'occurrence généralement choisie est de 10 % sur une période de 50 ans, ce qui équivaut à une période de retour de 475 ans.

14 Ce guide est actuellement en cours de révision à l'AFPS.

Photographie 17 : **Image Spot de la faille de la moyenne Durance**

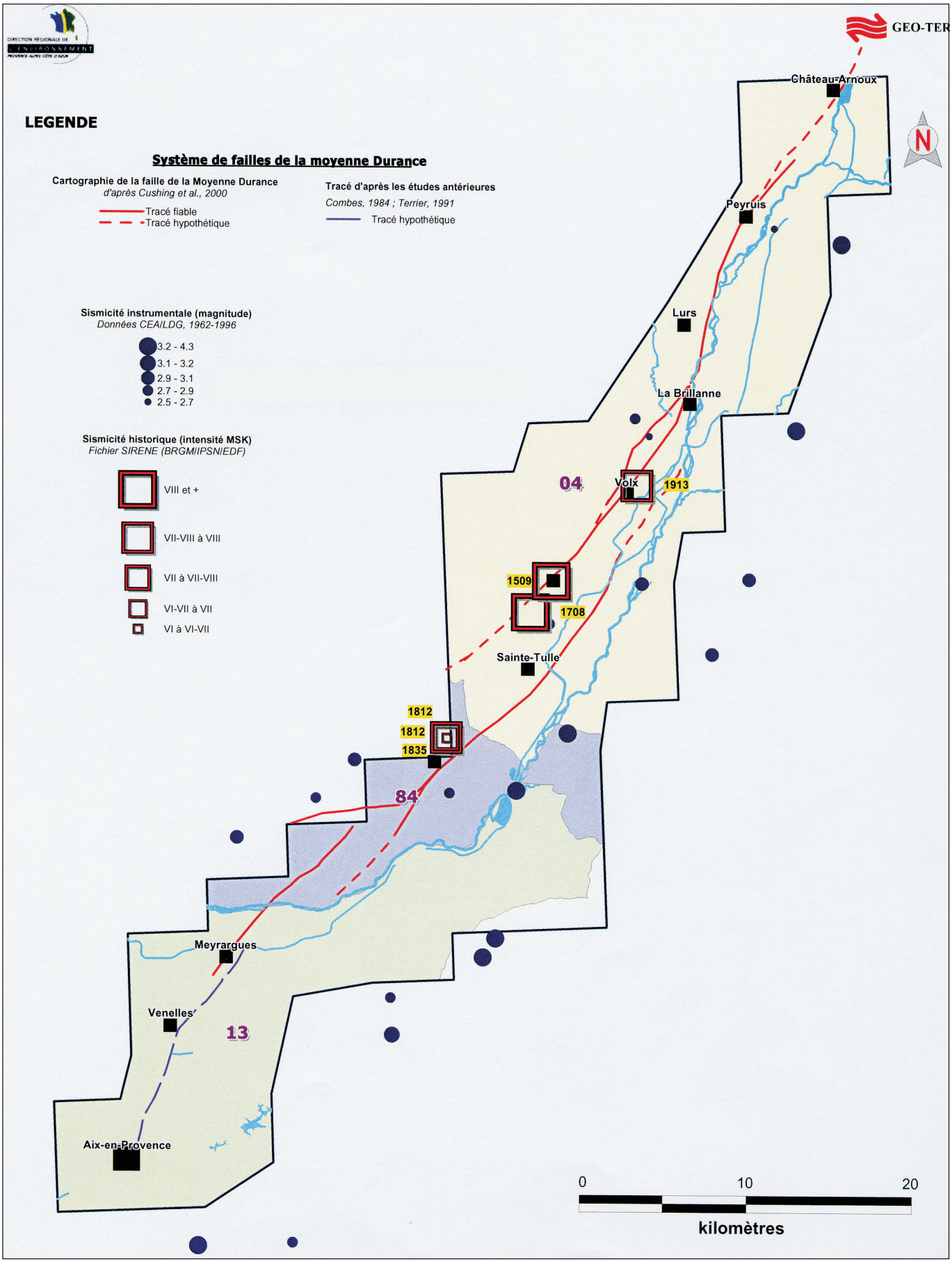
Si les grands accidents sont faciles à repérer, définir leur tracé exact au sol nécessite des méthodes géologiques et géophysiques sophistiquées.



Source : IRSN

Carte 12 : Carte de localisation des phénomènes concernant la sismicité historique et instrumentale de la faille de la Moyenne Durance

Cette région a connu au moins un séisme d'intensité supérieure à VII-VIII chaque siècle depuis 1509, le XVII[e] siècle excepté.



Source : GEO-TER

Le choix du niveau d'étude

L'AFPS recommande de choisir le niveau d'étude en croisant la zone de sismicité, eu égard au zonage sismique national (0, Ia, Ib, etc.) et les enjeux, c'est-à-dire l'importance démographique et socio-économique du périmètre d'étude.

- Niveau A :
– agglomérations importantes situées en zone Ia ;
– agglomérations d'importance moyenne situées en zones Ib ;
– autres communes situées en zones II ou III.
- Niveau B :
– agglomérations importantes situées en zone Ib ;
– agglomérations d'importance moyenne situées en zone II ou III.
- Niveau C :
– agglomérations importantes situées en zone II ou III.

À titre indicatif, il y a 9 villes-agglomérations « importantes » en zone Ia, 22 en zone Ib, 3 en zone II et 3 en zone III [15]. Parmi celles des zones II et III, quatre ont fait l'objet d'une étude GEMITIS : Nice, Schœlcher, Fort-de-France et Pointe-à-Pitre.

Cette classification permet d'atteindre un objectif à moyen terme qui ne répond pas totalement aux souhaits de l'État d'élaborer rapidement des PPR. Il s'agit, dans le cadre de cette procédure, d'être moins ambitieux dans un premier temps, en traitant un nombre plus limité de communes, mais en portant l'accent sur celles affectées par les effets liés au site ou induits, comme les sédiments meubles, failles actives, fortes pentes, sables liquéfiables, fonds de vallée, etc.

Les services instructeurs doivent, par conséquent, préférer les niveaux A et B. Le niveau C est plutôt considéré comme un objectif à plus long terme, qui se justifierait pour les plus grandes agglomérations des zones II et III, où des facteurs favorables à l'apparition d'effets de site ou induits aggraveraient la vulnérabilité. Cela va dans le sens de l'article L. 563-1 du code de l'environnement où des règles plus sévères peuvent être fixées dans les zones particulièrement exposées au risque sismique. Le choix du niveau dépend également de la complexité, de la précision, du coût et de l'incertitude des études. Dans certains cas, il est possible, voire conseillé, de réaliser dans un même périmètre des microzonages de différents niveaux, tenant compte des spécificités de chacune des zones : par exemple A pour les zones rurales et B pour les zones urbaines à enjeux importants. Il peut aussi être intéressant d'élever le niveau de précision des études pour passer à un niveau intermédiaire entre les niveaux A et B ou B et C, si cela a une incidence minime sur les coûts et les délais.

15 Le seuil d'importance d'une ville ou d'une agglomération, ici, est fixé à 30 000 habitants.

Microzonage de niveau A

Aléa régional (séisme de référence)

Le zonage sismique national et les accélérations nominales (ou accélération à période nulle) fixées par arrêté constituent le cadre de référence nécessaire pour caler les spectres de réponse appropriés à chaque type de sol.

L'annexe 3 explique comment est définie l'action sismique dans les règles PS 92 et comment sont pris en compte, pour un site donné, l'accélération nominale, le spectre de réponse et le coefficient d'amplification topographique.

Études et cartes d'aléa

Elles sont réalisées au 1/25 000 à partir des documents existants (carte géologique au 1/50 000, études locales, observations de terrain, forages, etc.), suivant une approche naturaliste analogue à celle des atlas communaux des risques naturels de la Martinique et de la Guadeloupe (cartes 11 et 13).

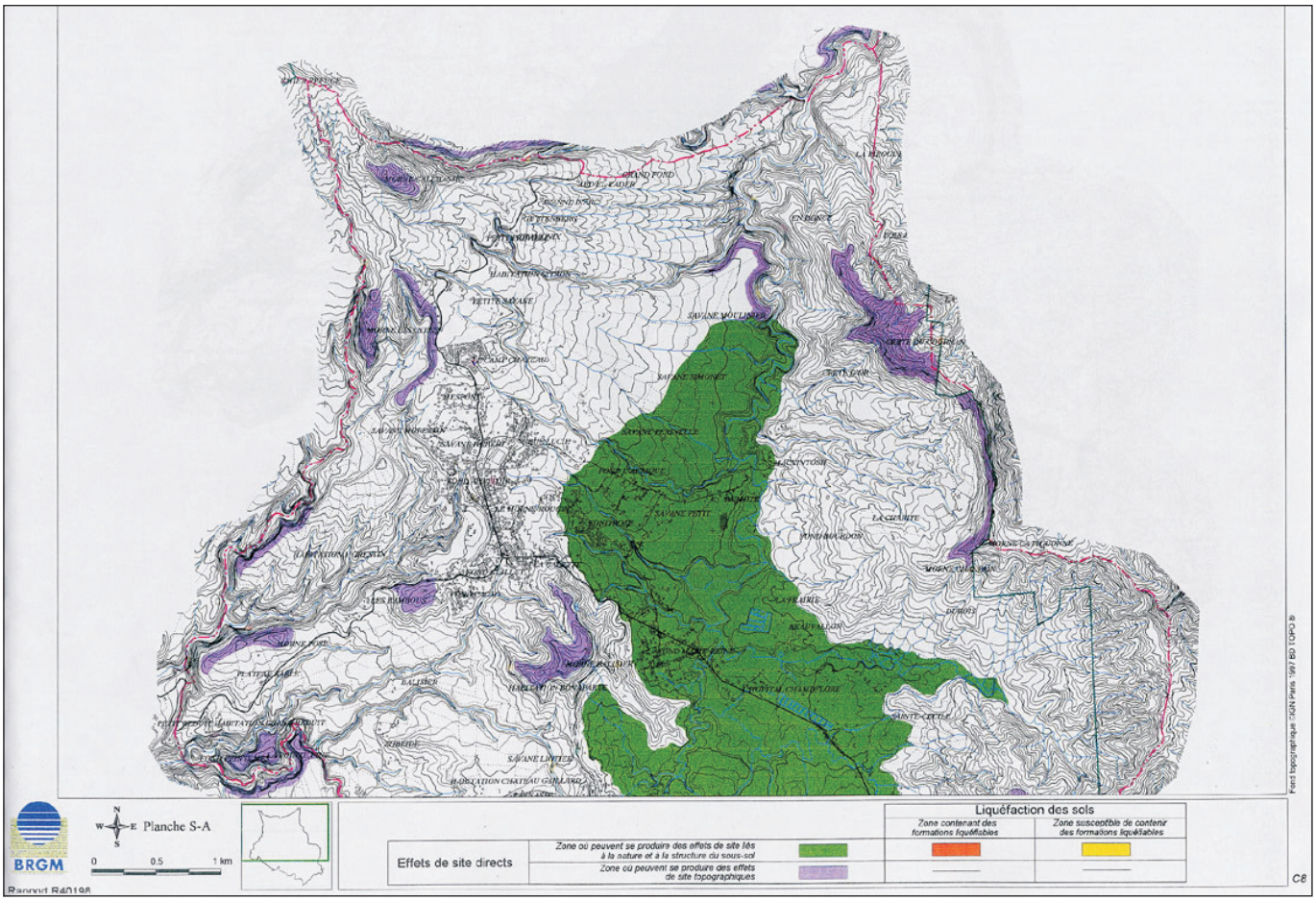
• **Effets de site géologique et topographique :** l'étude consiste en un inventaire qualitatif des zones où les effets de site géologique ou topographique sont probables. Les différents types de sol, au sens de la réglementation en vigueur, sont cartographiés en fonction de leur nature géotechnique et de l'épaisseur des couches, déduite de la carte géologique ou des forages disponibles. Le coefficient d'amplification topographique est calculé à partir de la carte topographique ou fixé, par exemple à 1,4.

• **Failles actives** : les failles sont déclarées actives s'il y a, au regard des études existantes, présomption de déformation tectonique au quaternaire récent et/ou activité sismique actuelle. Elles sont reportées sur la carte d'aléas d'effets liés au site, en trait continu si le tracé est établi avec précision, en tireté dans le cas contraire.

• **Liquéfaction** : les règles PS 92 décrivent les caractéristiques des sables, des vasards et des sols argileux suspects de liquéfaction. Le guide AFPS présente deux tableaux portant sur la susceptibilité des dépôts sédimentaires à la liquéfaction en fonction de la nature et de l'âge du dépôt et de la profondeur de la nappe phréatique (annexe 4). La cartographie des zones susceptibles d'être liquéfiées est établie à partir de l'exploitation des données géologiques, hydrogéologiques ou géomorphologiques existantes.

• **Mouvements de terrain** : la première étape consiste à établir une carte d'aléa mouvement de terrain de type classique selon les critères développés dans le guide PPR consacré à ce phénomène, sans tenir compte des conditions sismiques : délimitation de secteurs homogènes où ces mouvements sont susceptibles de se produire, détermination de l'aléa de référence, estimation de l'occurrence des phénomènes potentiels et qualification de l'aléa. Pour chaque glissement actif ou ancien, les facteurs de prédisposition (hydrogéologie, topographie, nature

Carte 13 : **Atlas communal des risques naturels de Morne Rouge (Martinique), aléa sismique (effets de site et liquéfaction), 1999**



Source : BRGM

des terrains) sont identifiés en se basant sur les documents existants et les observations de terrain. Ces informations sont étendues à l'ensemble de la zone, en adoptant un principe de similitude des événements.

La seconde étape vise à intégrer dans la carte, à dire d'expert, les zones concernées par les mouvements qui seraient déclenchés ou aggravés par le séisme de référence, tels que :

– les phénomènes spécifiques, comme les glissements subhorizontaux le long des berges ou le départ, dans les falaises rocheuses, de chandelles verticales parfaitement stables en l'absence de séisme ;

– l'extension des phénomènes classiques d'épandage pour les éboulements rocheux, de régression amont et de propagation pour les coulées boueuses.

Limites et incertitudes

L'étude de niveau A s'applique à des zones de sismicité faible ou d'enjeux réduits. Elle est caractérisée par un coût relativement bas et une durée de l'ordre de deux à trois mois. La précision de la cartographie est le 1/25 000. Les cartes d'aléas, qui s'appuient largement sur la réglementation en vigueur, répondent à l'objectif de protection statistique de cette dernière, qui accepte un certain taux de dommages du moment que les bâtiments ne s'effondrent pas et que les vies humaines sont préservées. Concernant les failles actives, ces cartes permettent seulement de délimiter des bandes d'incertitude en surface. Elles peuvent cependant être plus précises lorsque des failles ont déjà fait l'objet d'études approfondies.

Microzonage de niveau B

Aléa régional (séisme de référence)

Le zonage sismique national et les accélérations nominales fixées par arrêté servent également de cadre de référence pour caler les spectres de réponse appropriés à chaque type de sol.

Si une étude régionale d'aléa sismique, déterministe ou probabiliste, existe déjà dans le périmètre d'étude, il est possible de l'utiliser comme séisme de référence, dans la mesure où cela ne conduit pas à des accélérations de calage inférieures aux a_N de l'arrêté du 29 mai 1997.

Études et cartes d'aléa

Elles sont réalisées au minimum à l'échelle du 1/25 000 et de préférence au 1/10 000, suivant une approche qui se veut plus quantitative afin d'attribuer des valeurs numériques aux différents paramètres : spectres de réponse adaptés, coefficient d'amplification topographique, coefficient de sécurité, etc.

• **Effets de site géologique et topographique :** pour l'effet de site géologique, l'objectif est d'évaluer les amplifications du mouvement du sol et les bandes de fréquence qui leur sont associées. Cela revient à calculer un spectre de réponse propre à chaque site en substitution à celui de la réglementation en vigueur à partir des données existantes et de l'application de méthodes simples. L'annexe 3 en propose une pour calculer la fréquence de résonance et l'amplification à la surface d'une couche peu rigide placée sur un substratum plus raide.

D'autres méthodes existent. Expérimentales ou numériques, elles sont plus ou moins sophistiquées et coûteuses. Elles permettent d'évaluer ou d'approcher la fonction de transfert [16] associée au site : rapports spectraux, méthode H/V, dérivée de celle de Nakamura, modélisation de la réponse de la colonne de sol, etc. Mise à part la méthode H/V (document 6), basée sur l'enregistrement du bruit de fond, elles fournissent un niveau de connaissance intermédiaire entre le niveau B et le niveau C. Le bureau d'étude doit détailler la démarche suivie pour passer de la détermination de la fréquence de résonance et de l'amplification au spectre de réponse au site.

La connaissance de la nature des sols, qui a pour but d'évaluer principalement l'épaisseur et le module de cisaillement* des couches (ou la vitesse de propagation des ondes S), est plus approfondie que dans l'étude de niveau A. Elle résulte, soit de forages géotechniques, soit de méthodes indirectes, géotechniques ou géophysiques. Le coût de ces travaux conduit à utiliser de préférence les données existantes.

La carte d'aléa d'effet de site géologique délimite les différents types de sols, associés à des spectres de réponse déterminés, soit à l'aide de méthodes numériques simples (cartes 14 et 15, figure 6), soit à partir des résultats de la méthode H/V.

Les effets de site dus à la topographie sont évalués avec la formule de la réglementation en vigueur, pour des typologies de topographies repérées sur la carte au 1/25 000 ou sur le modèle numérique de terrain (MNT). Il n'est pas nécessaire d'appliquer un processus de calcul automatique à toute la zone d'étude (carte 16).

Document 6

L'apport de la géophysique dans les études de microzonage

Les applications des méthodes géophysiques sont de trois types :
– la caractérisation du mouvement du sol soumis à une sollicitation sismique ;
– la détermination d'un paramètre géotechnique du sol ;
– le tracé en profondeur d'une faille active.

1. Issues des recherches en sismologie, la méthode H/V et celle des rapports spectraux cherchent à déterminer les fréquences de résonance et d'amplification du sol en un point donné. La méthode H/V utilise les enregistrements du bruit de fond sismique acquis avec un sismomètre unique à trois composantes. Sa mise en œuvre est simple et rapide. Il est généralement admis que seule la fréquence du premier mode de vibration du sol est bien définie. Les recherches actuelles visent à mieux déterminer les modes plus élevés et la valeur de l'amplification. La méthode des rapports spectraux, qui permet d'estimer fréquences et amplifications, est plus lourde à mettre en œuvre, car elle implique l'enregistrement de plusieurs séismes par un réseau d'accéléromètres.

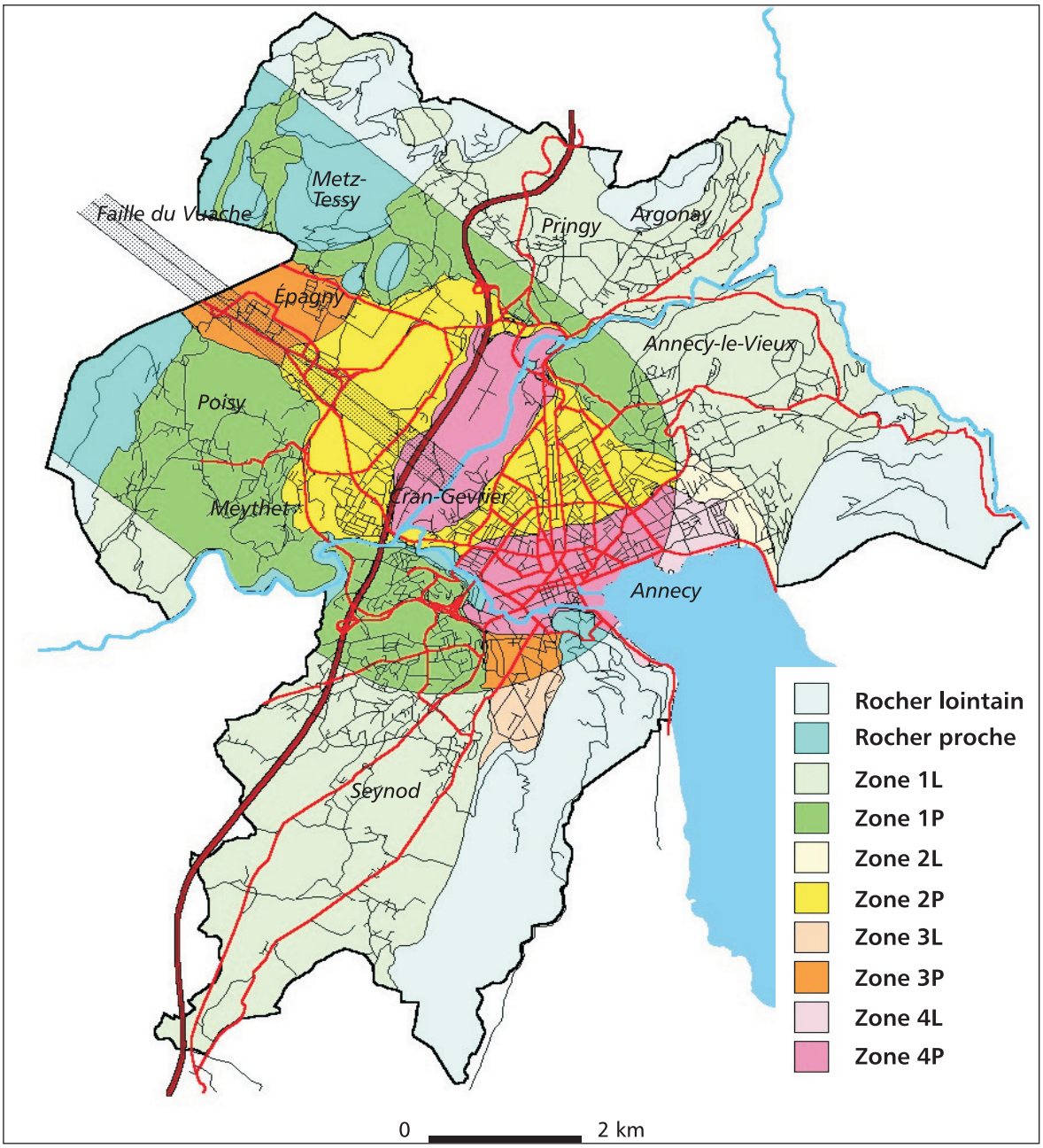
2. Les méthodes sismiques classiques, comme la sismique réfraction, et moins classique, comme l'analyse spectrale des ondes de surface, ou SASW (Spectral analysis of surface waves), permettent d'estimer la vitesse de propagation des ondes sismiques de cisaillement (ou ondes S) des premières couches du sous-sol, ainsi que leur épaisseur. L'estimation de la vitesse des ondes S est fondamentale pour déterminer le module de cisaillement G qui intervient dans la modélisation des mouvements du sol. Il est recommandé de caler l'estimation des vitesses et des épaisseurs avec des valeurs provenant de forages géotechniques. La méthode cross-hole (ou puits à puits) consiste à mesurer les vitesses de propagation des ondes P et S entre deux forages. C'est l'un des essais in situ les plus pratiqués en géotechnique, pour les besoins du génie parasismique.

3. Le dernier type de méthodes sert à délimiter l'extension d'un objet géologique : sismique réflexion haute résolution, Géoradar, panneaux électriques. Ce sont les seules méthodes qui permettent de dresser une cartographie en profondeur des failles actives. Pour les failles situées à moins de quelques mètres de la surface, le radar géologique (ou Géoradar) restitue des profils précis du sous-sol, de même qualité que ceux qui peuvent être obtenus avec la sismique haute-résolution, de pénétration (plus d'une centaine de mètres) et de coût largement supérieur. Les méthodes électriques classiques de prospection, utilisées surtout en hydrogéologie, peuvent aussi être appliquées pour la recherche des failles minéralisées ou drainant des fluides. Cependant, l'incertitude sur la profondeur et la largeur de l'accident est supérieure à celle du Géoradar ou de la sismique réflexion.

16 La fonction de transfert est la fonction propre au site permettant de passer du spectre au rocher au spectre au site.

Carte 14 : **Aléa effet de site géologique, microzonage d'Annecy**

La faille du Vuache, à l'origine du séisme du 15 juillet 1996, est signalée par une zone grisée. Le microzonage distingue les zones proches (P) de la faille (entre 200 m et 3 km) et les zones plus éloignées (L). Pour chacune d'entre elles, un spectre de réponse au rocher a été calculé, ainsi que les spectres pour 4 types de colonnes de sols.



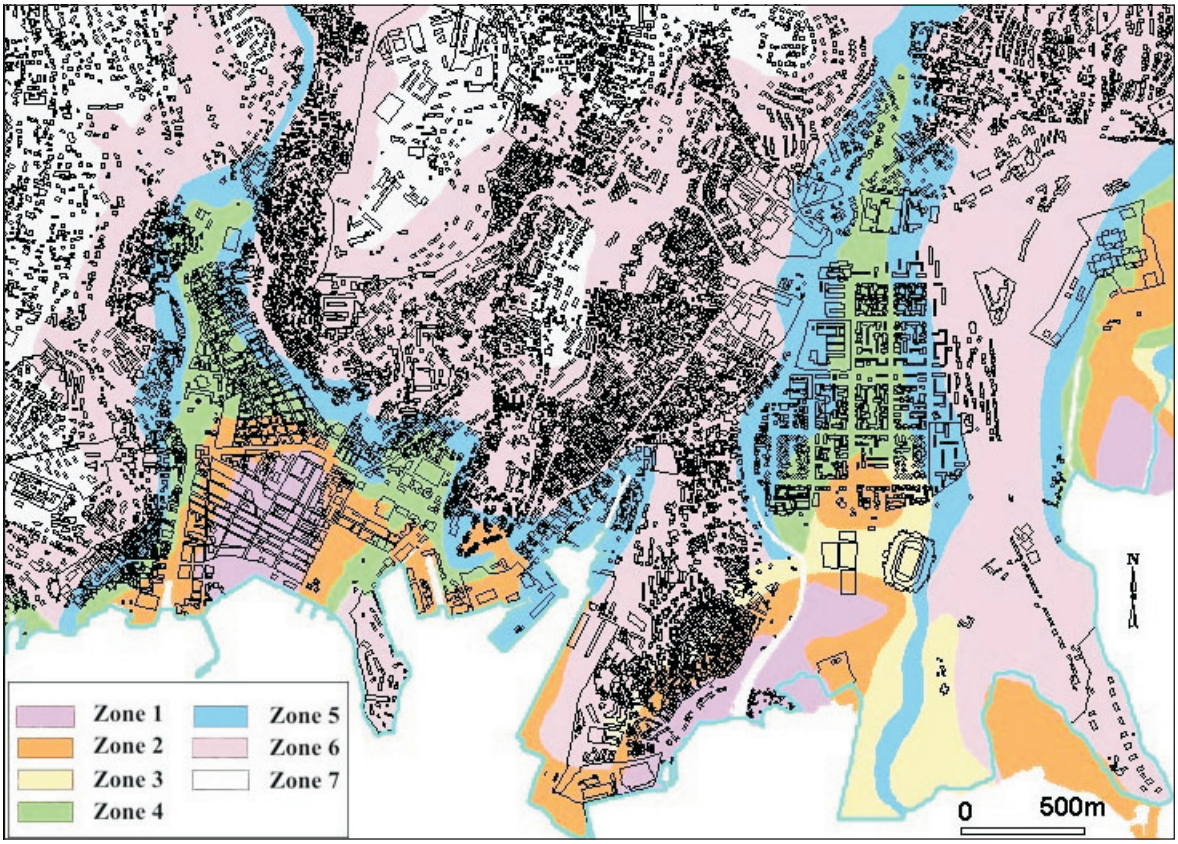
Source : BRGM, 1998

• **Failles actives** : les études doivent aboutir à une meilleure appréciation de l'activité sismique de la faille et de son tracé qu'au niveau A. Cette démarche pourra conduire à lever la présomption d'activité sismique de certaines failles. Les études sont basées sur des analyses complémentaires des données existantes et, éventuellement, des reconnaissances légères de terrain :

– analyse de la microsismicité, s'il existe un réseau sismologique suffisamment dense dans la zone ;
– interprétation des photographies aériennes, des MNT et des images satellites ;
– étude de terrain : analyse stratigraphique, géologie structurale, morphologie des déformations quaternaires, etc. ;
– géophysique (électrique principalement).

Carte 15 : Aléa effet de site géologique, microzonage de Fort-de-France

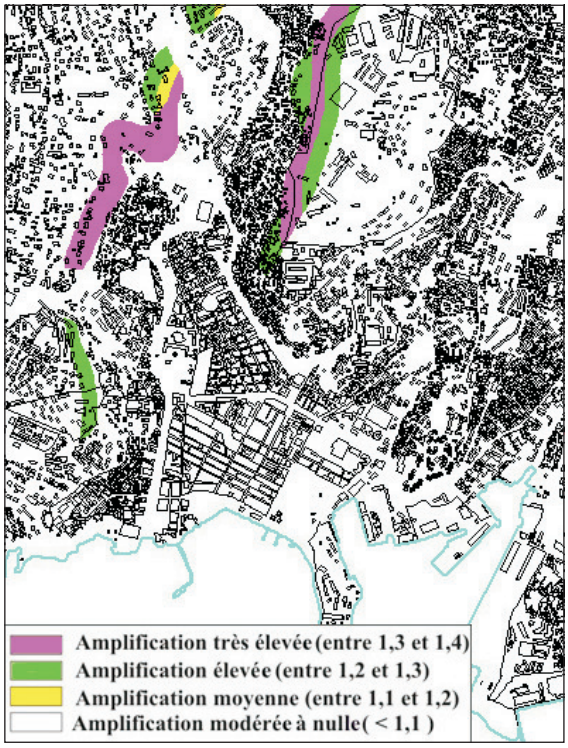
Les 7 zones correspondent à 7 colonnes de sols : du rocher (zone 7) au sol de caractéristiques mécaniques les plus médiocres (zones 1 à 3). Le spectre pour chaque zone est représenté dans la figure 6.



Source : BRGM, 1996

Carte 16 : Aléa effet de site topographique, microzonage de Fort-de-France

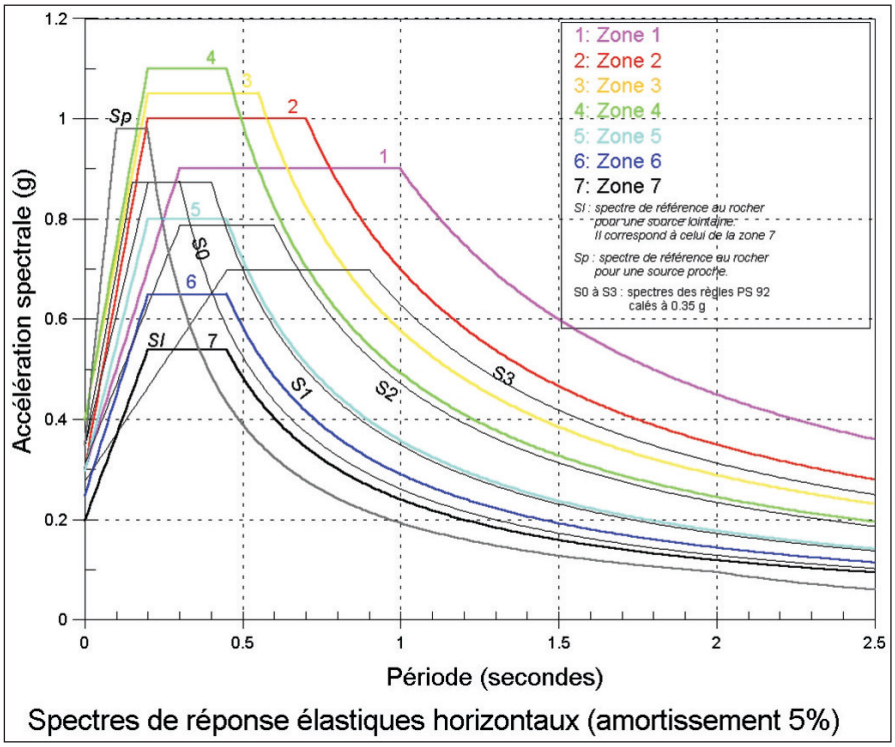
Les couleurs indiquent la valeur du coefficient d'amplification topographique à utiliser pour calculer l'action sismique.



Source : BRGM, 1996

Figure 6 : Spectres de réponse élastique du microzonage de Fort-de-France

Les numéros des courbes correspondent aux zones définies dans la carte 15. Les spectres réglementaires des PS 92 sont donnés en référence.



Source : BRGM, 1996

Il est déconseillé, pour des raisons de temps et de coûts, de mettre en œuvre des méthodes lourdes de géophysiques ou de reconnaissance par creusement de tranchées, qui relèvent du niveau C.

Le tracé des failles actives sur la carte d'effets de site géologiques doit tendre vers une précision hectométrique, si possible à l'échelle du 1/25 000 (carte 17).

• **Liquéfaction** : l'aléa liquéfaction est évalué à partir des caractéristiques mécaniques des sols, selon la disponibilité d'analyses sur échantillons et de données de forages géotechniques. L'appréciation des potentialités à la liquéfaction est basée sur l'examen conjoint de la susceptibilité qualitative des échantillons de sol disponibles et du coefficient de sécurité à la liquéfaction :

– les critères d'identification des sols susceptibles de se liquéfier, utilisables uniquement pour les sols courants, reposent essentiellement sur des granulométries, complétées le cas échéant par des sédimentométries. Pour les sols argileux, il faut rajouter des mesures de teneur en eau et de limites d'Atterberg* ;

– le coefficient de sécurité F_S, qui est un ratio faisant intervenir le sol et le séisme, peut être calculé à l'aide d'une procédure simplifiée, dérivée de celle développée initialement par Seed (Guide méthodologique AFPS). Elle implique de disposer d'un nombre de sondages et d'essais géotechniques SPT* et/ou CPT* suffisant.

Il faut à la fois une susceptibilité avérée et un coefficient F_S inférieur à 1,33 pour qu'il y ait développement de surpressions interstitielles, pour les accélérations et magnitudes considérées (carte 18).

L'indice global de liquéfaction I_L (Iwasaki et al., 1982, repris dans le guide méthodologique AFPS) permet d'évaluer, à partir de F_S, l'influence de la profondeur et des horizons liquéfiables pour une colonne de sol donnée qui doit être connue avec suffisamment de précision. I_L varie de 0 pour une zone non liquéfiable à 100 pour une zone de liquéfaction quasi certaine.

La cartographie résulte de l'utilisation conjointe des cartes lithologiques et du calcul de l'indice I_L.

• **Mouvements de terrain :** les études de niveau B complètent les études de niveau A par l'application d'une méthode pseudo-statique simplifiée qui détermine la majoration de l'aléa.

Le zonage « hors événement sismique » reflète l'attribution d'un coefficient de sécurité statique approximatif (F_S), fonction des caractéristiques mécaniques des terrains, de la géométrie du versant et de l'hydrogéologie.

La prise en compte de l'action sismique se traduit par l'introduction dans un calcul pseudo-statique d'un coefficient sismique horizontal k, variable avec le niveau de sismicité du site. Le coefficient de sécurité pseudo-statique F_D est fonction des caractéristiques mécaniques des terrains, de la géométrie de la pente, de l'aléa sismique régional k et du niveau d'aléa de la pente hors séisme F_S (carte 19). Cette méthode ne s'applique pas aux terrains dans lesquels se produirait une surpression interstitielle notable (Guide de microzonage de l'AFPS).

Dans le cas des versants de type sol (argiles, etc.), il peut être suffisant de raisonner sur quelques profils types qui seront extra ou interpolés ou de réaliser une cartographie simplifiée sous SIG.

Limites et incertitudes

L'étude des aléas doit permettre d'atteindre une précision supérieure au 1/25 000. Quelques remarques s'imposent :

- Les spectres de réponse alternatifs aux spectres réglementaires sont un premier pas vers une prise en compte adaptée des effets de site. Cependant, les typologies de sol, définies à l'aide de données géotechniques et/ou des méthodes géophysiques peu coûteuses, restent globales.
- Les limites des zones exposées aux aléas liquéfaction et mouvements de terrain dépendent fortement de la densité des investigations géotechniques.
- La largeur des bandes d'incertitude des failles présumées actives peut être réduite à quelques centaines de mètres dans les zones où les informations sont plus denses et plus précises.

Microzonage de niveau C

Séisme de référence

Le niveau C se caractérise, entre autres, par la possibilité de définir un séisme de référence propre au périmètre d'étude à partir d'une approche déterministe ou probabiliste. La méthodologie suivie est comparable à celle utilisée pour les installations classées « à risque spécial ». Le spectre de réponse au rocher du séisme de référence est calculé à l'aide d'une ou plusieurs lois d'atténuation du signal sismique en fonction de la distance. Le bureau d'étude doit expliquer les procédures suivies.

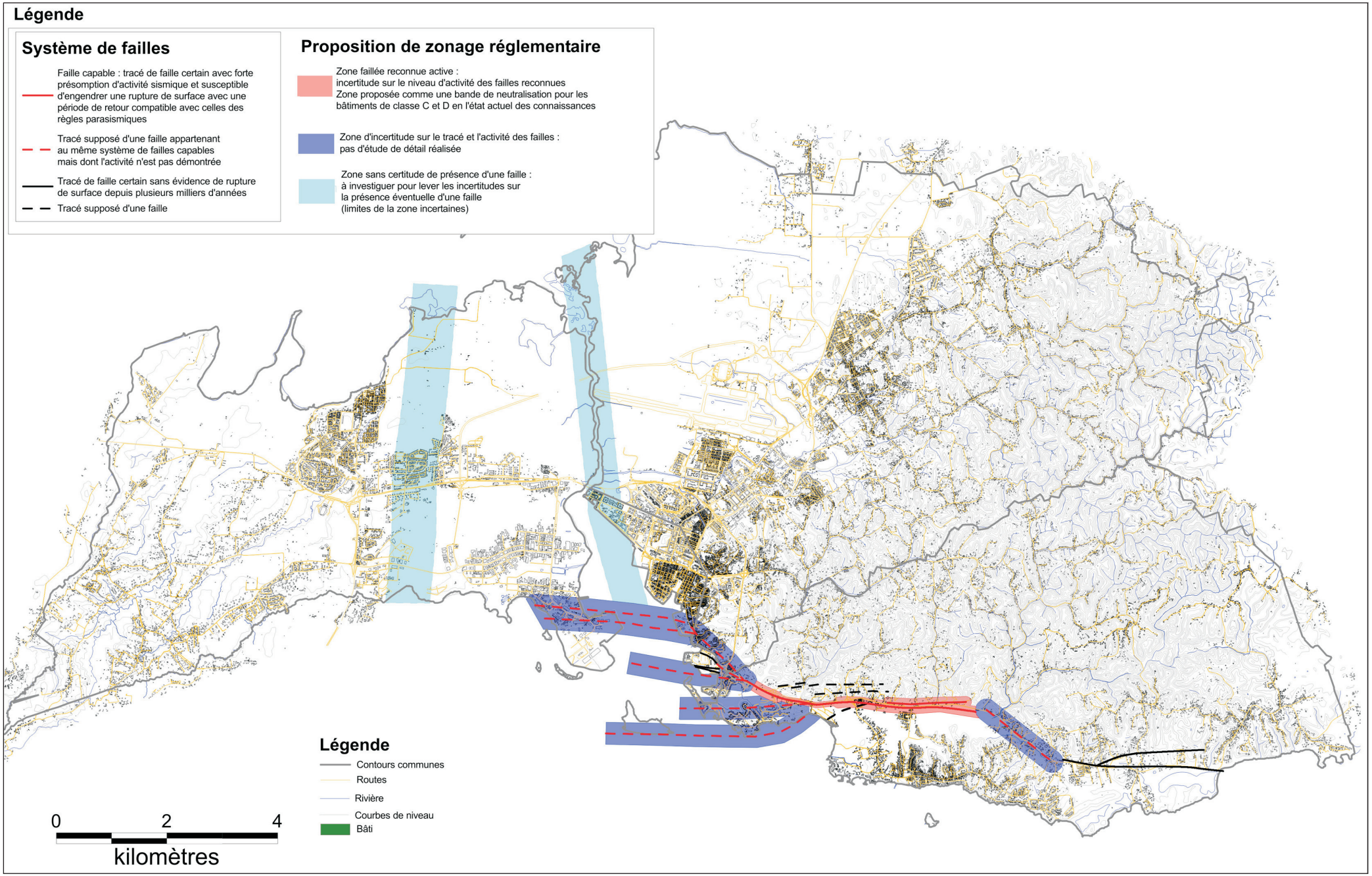
Études et cartes d'aléas

L'objectif est d'atteindre, dans les zones de très forts enjeux, une précision égale ou meilleure que le 1/10 000. Cette échelle facilite l'établissement du plan de zonage réglementaire qui est généralement établi à une échelle comparable à celle des documents d'urbanisme.

• **Effets de site géologique et topographique** : l'étude des effets de site géologiques suppose d'effectuer des reconnaissances géotechniques et géophysiques complémentaires aux données existantes afin d'établir un modèle géotechnique en trois dimensions. Un effort particulier est porté sur la détermination des vitesses de propagation des ondes S, par des mesures en forage ou avec des dispositifs de sismique active (document 6).

Carte 17 : **Carte synthétique des failles dans la région de Pointe-à-Pitre**

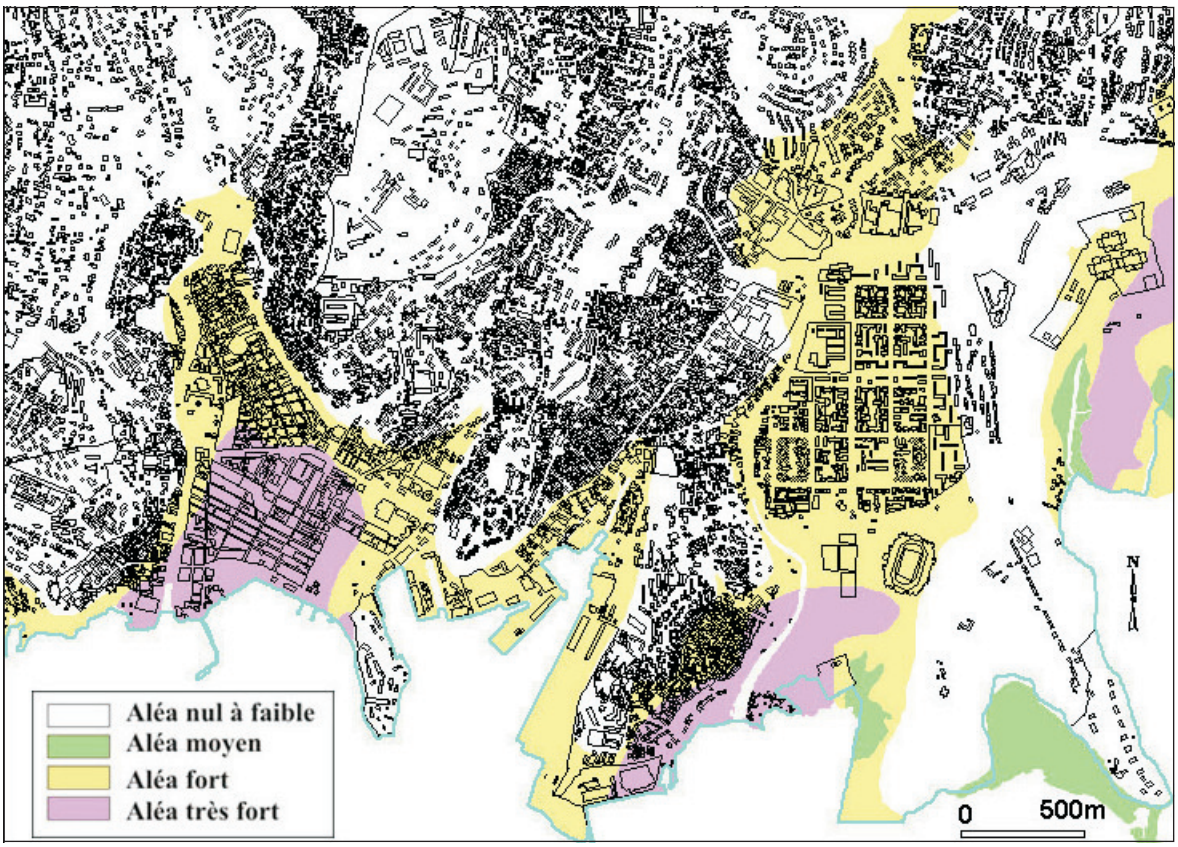
Suivant le niveau d'étude des failles, il est possible de tracer, soit des bandes d'incertitude (niveau B), soit de bandes de neutralisation (niveau C) autour des failles.



Source : GEO-TER, 2001

Carte 18 : **Aléa liquéfaction, microzonage de Fort-de-France**

Le centre de Fort-de-France, caractérisé par de fortes épaisseurs d'alluvions plus ou moins sableuses, est classé en zone d'aléa fort à très fort.



Source : BRGM, 1996

À partir du modèle géotechnique et du spectre de réponse du séisme de référence, il est possible de calculer les spectres de réponse associés aux différents types de sols. Les logiciels de simulation effectuent le plus souvent les calculs en une dimension (SHAKE ou Cyberquake), ou éventuellement en deux ou trois dimensions. Ils utilisent des modèles de comportement du sol linéaire équivalent* (viscoélastique*) ou élasto-plastique*. Le meilleur moyen de caler les modèles numériques est de comparer les résultats avec des valeurs observées, soit lors de campagnes de mesures avec un réseau de stations (accéléromètres ou sismomètres), soit avec les enregistrements du RAP si une ou plusieurs stations sont situées dans le périmètre d'étude. La carte des effets de site liés à la géologie délimite les différents types de sol, qui sont regroupés en un nombre limité de classes (6 ou 7 maximum) à partir de similitudes entre leurs caractéristiques mécaniques ou leurs spectres de réponse. À chaque classe est associé un spectre de réponse moyen.

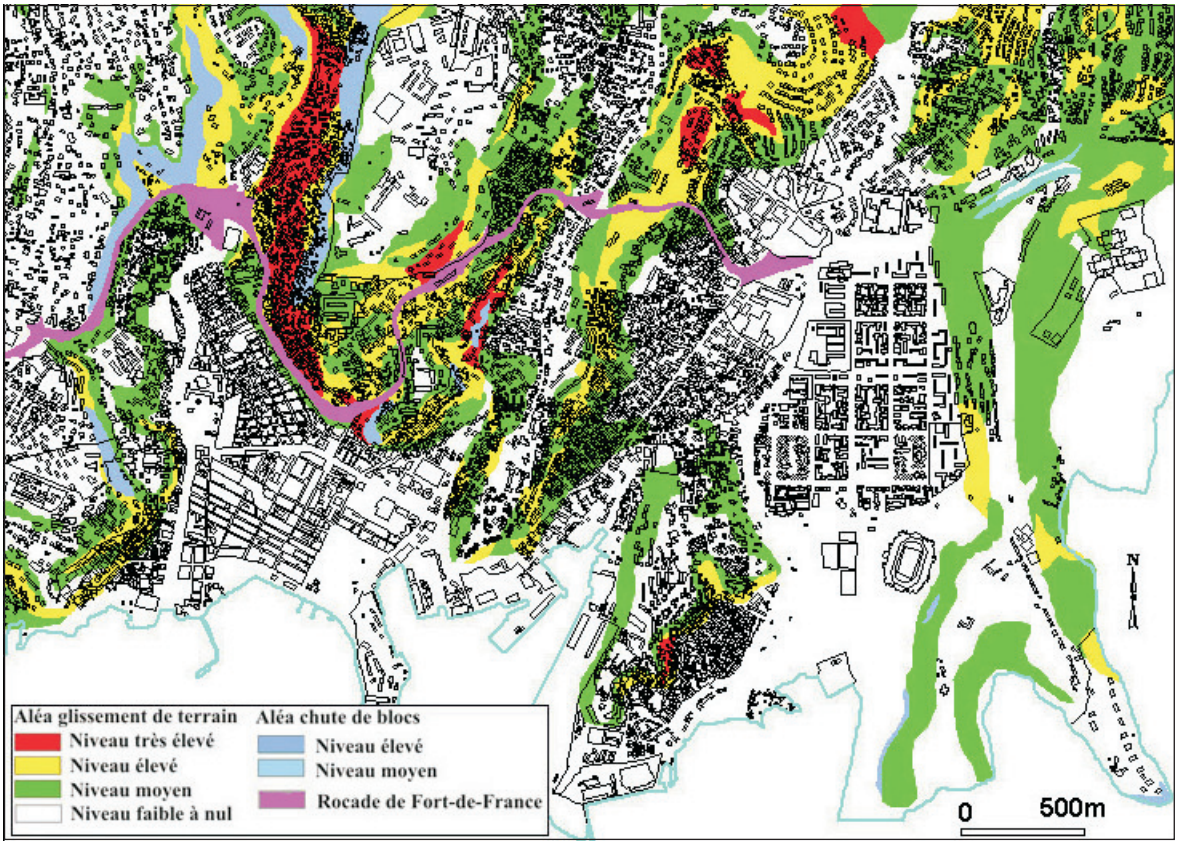
La carte du coefficient topographique est obtenue par un traitement automatique du MNT, en appliquant les formules réglementaires. Cependant, le MNT de l'IGN, issu de la BD Topo, n'a que la précision du 1/25 000.

• **Failles actives** : l'objectif est de caractériser l'activité des failles et de délimiter leur géométrie en profondeur et en surface. L'étude de niveau B est approfondie par des observations sur le terrain plus précises, le creusement de tranchées et l'emploi de méthodes géophysiques lourdes. Celles-ci ne sont efficaces que si la faille offre des caractéristiques physiques contrastant avec le milieu encaissant. Ces méthodes, très coûteuses, sont à mettre en œuvre ponctuellement en fonction des enjeux.

• **Liquéfaction** : on effectuera des forages complémentaires avec réalisation d'essais SPT et CPT, ainsi que des tests sur échantillons prélevés dans les formations suspectes. La contrainte de cisaillement cyclique* induite par la sollicitation sismique sera calculée sur quelques profils stratigraphiques caractéristiques, par des calculs dynamiques de propagation des ondes. La résistance au cisaillement cyclique non drainé sera également contrôlée

Carte 19 : **Aléa mouvements de terrain, microzonage de Fort-de-France**

L'aléa est particulièrement fort sur les collines qui surplombent la ville. Les mouvements de terrains menacent, entre autres, la rocade de Fort-de-France, en mauve.



Source : BRGM, 1996

par la réalisation d'essais triaxiaux [18] en laboratoire, dans les cas où l'application d'une procédure simplifiée (voir niveau B) conclut à un coefficient de sécurité compris entre 1 et 1,5 (liquéfaction probable).

• **Mouvements de terrain** : les coefficients de sécurité statique F_S et pseudo-statique F_D (voir niveau B) sont au minimum déterminés sur quelques profils type, à partir des caractéristiques mécaniques des terrains et des données hydrologiques.

Des méthodes d'analyse plus élaborées peuvent aussi être employées à condition d'avoir été justifiées en détail et étalonnées. Elles consistent, pour des profils type de versants de sol meuble, à évaluer l'impact du séisme de référence par des calculs de stabilité en statique et en dynamique (méthodes pseudo-statique ou en déplacement de Newmark, 1965).

18 Les essais triaxiaux sont utilisés en laboratoire pour la détermination des paramètres dynamiques du sol. Ils permettent d'obtenir des déformations que l'on n'a pas in situ. On peut faire des essais en contrôlant la force, la contrainte ou la déformation.

Limites et incertitudes

Le niveau C est le plus complet, car il fait appel aux techniques les plus sophistiquées. Il est aussi le plus coûteux et exige des études assez longues (un an ou plus). La précision recherchée, égale ou supérieure au 1/10 000, n'exclut pas des zones d'ombres du fait :

– de l'incertitude des méthodes géophysiques retenues ;

– de l'approximation des méthodes numériques de simulation ;

– de la variabilité de la configuration des sols.

Les spectres de réponse adaptés aux sites permettent, dans le cas des bâtiments C ou D, d'aller au-delà de la protection statistique et de se rapprocher de la protection intrinsèque propre aux installations classées (absence de défaillance de l'ouvrage et de ses fonctions).

L'étude des failles précise leur activité, leur tracé et la probabilité de propagation de la rupture en surface. Il est alors possible de délimiter une bande de neutralisation.

Synthèse sur les études de microzonage

Tableau 1 : Principales caractéristiques des trois niveaux d'étude de microzonage

	Niveau A	Niveau B	Niveau C
Niveau d'investigation des études	Données existantes, pas d'investigation complémentaire	Données existantes et quelques investigations complémentaires	Investigations complémentaires indispensables
Séisme de référence	Réglementation en vigueur (zonage sismique et accélérations nominales)	Réglementation idem au niveau A (ou études existantes)	Définition du séisme de référence et calcul du spectre au rocher
Type de spectre de réponse à appliquer	Référence au type de sol de la réglementation en vigueur	Calcul de spectres alternatifs aux spectres réglementaires	Spectres adaptés au site
Échelle optimum des cartes d'aléa	1/25 000	1/10 000 à 1/25 000	1/5 000 à 1/10 000
Précision du tracé des contours	Hectométrique	Pluridécamétrique à hectométrique	Décamétrique
Durée de l'étude	De l'ordre de 3 mois	Entre 3 mois et un an	Un an ou plus

Méthode de qualification

La qualification se traduit différemment selon les aléas :

– par un spectre de réponse propre au site, réglementaire ou résultant du microzonage, pour les effets liés au site géologique et/ou topographique ;

– par une bande d'incertitude (microzonage de niveau A ou B) ou une bande de neutralisation (microzonage de niveau C) dans le cas des failles reconnues actives ;

– par une hiérarchisation en plusieurs niveaux (faible, modéré, fort, très fort par exemple), pour les effets induits liquéfaction et mouvements de terrain.

La méthode de qualification des deux premiers types d'aléas a déjà été abordée à travers les études de microzonage.

• **Liquéfaction** : la qualification s'appuie sur une démarche naturaliste (niveau A) ou d'ingénierie (niveaux B et C). Elle est fondée :

– pour les études de niveau A, sur la susceptibilité à la liquéfaction en fonction de la nature et de l'âge du dépôt et de la position de la nappe phréatique (tableaux annexe 4) ;

– pour les études de niveau B et C, d'une part sur l'identification des horizons de sol dont la susceptibilité à la liquéfaction est avérée par des essais géotechniques sur des échantillons, d'autre part, sur la détermination du coefficient de sécurité F_S tenant compte du contexte sismique et de la reconnaissance des sols [19]. Le tableau 2 établit une correspondance entre les valeurs de l'indice de liquéfaction, I_L, qui fait intervenir les facteurs épaisseur et profondeur, et les niveaux d'aléas pour une susceptibilité modérée à élevée.

Tableau 2 : Qualification de l'aléa liquéfaction

Niveau d'aléa	Valeur de I_L
Nul à faible (Zone non liquéfiable)	$I_L = 0$
Moyen (Liquéfaction peu probable)	$0 < I_L < 5$
Élevé (Liquéfaction probable)	$5 \leq I_L \leq 15$
Très élevé (Liquéfaction quasi certaine)	$I_L > 15$

• **Mouvements de terrain** : la qualification des aléas relève de deux démarches :

– pour une étude de niveau A, elle est déduite du niveau d'intensité du phénomène, comme cela est suggéré dans le guide PPR mouvements de terrain (tableau 3). Elle est fonction de l'importance et de l'ordre de grandeur du coût des mesures qu'il pourrait être nécessaire de mettre en œuvre pour s'en prémunir, en étendant éventuellement les zones affectées, du fait du séisme ;

– pour les études de niveau B ou C, la démarche ci-dessus peut être complétée par le niveau du coefficient de sécurité pseudo-statique F_D, selon ce qui est préconisé dans le guide AFPS de 1993 pour F_S (tableau 4). L'ampleur spatiale des phénomènes peut aggraver le niveau de qualification retenu au regard de l'importance des mesures de prévention (tableau 3).

19 Méthode employée à Fort-de-France, pour le microzonage de niveau intermédiaire entre B et C (figure 18).

La carte des aléas glissement de terrain et chute de blocs doit également traiter la zone de propagation située en pied de versant, en terme d'extension spatiale et d'aggravation de la qualification.

La cartographie des aléas dans le PPR

À la suite de la carte informative des phénomènes naturels, la qualification des aléas donne lieu à plusieurs cartes :

– effets de site géologique, avec indication des failles actives, à laquelle sont joints les spectres de réponse des différents types de sols ;

– effets de site topographique, avec différentes valeurs du coefficient d'amplification s'il s'agit d'une étude de niveau B ou C ;

– aléa liquéfaction ;

– aléa mouvements de terrain.

Afin de servir de base au zonage réglementaire, les cartes d'aléas sont synthétisées en un seul document, à l'aide de couleurs différentes suivant le type d'aléa, en évitant le bleu et le rouge, réservés à la carte réglementaire, et en ayant recours éventuellement à des hachures, s'il y a superposition. Cela peut être le cas, par exemple, de pentes affectées à la fois par des mouvements de terrain et l'effet topographique. Pour la qualification des effets induits, on utilisera un dégradé de la couleur choisie. Si la lecture de la carte synthétique se révèle trop compliquée, il est possible de la décomposer en deux cartes.

Par ailleurs, il est recommandé d'identifier par un nombre ou un code le type d'aléa et son niveau de qualification présent dans chaque zone. Par exemple, une zone soumise à un aléa liquéfaction moyen et à un spectre de réponse pour un sol de type 4, peut être définie comme L2S4. De même, une zone d'aléa mouvement de terrain très élevé et de spectre de réponse 2, est définie comme M4S2, etc.

L'échelle optimum des cartes d'aléas est indiquée dans le tableau 1. Il appartient aux services instructeurs de choisir l'échelle du document synthétique en accord avec la précision des études et les enjeux. Dans le cas d'un microzonage de niveau C, par exemple, l'échelle sera le 1/5 000 pour les zones urbaines et le 1/10 000 pour les zones faiblement urbanisées.

Tableau 3 : Échelle d'intensité des mouvements de terrain (extrait du guide PPR correspondant)

Niveau d'intensité et d'aléa	Niveau d'importance des parades	Exemple de mesures de prévention
Faible	Supportables financièrement par un propriétaire individuel	Purge de quelques blocs instables en falaise
Moyenne	Supportables financièrement par un groupe restreint de propriétaires (immeuble collectif, petit lotissement)	Drainage d'une zone instable
Forte	Intéressant une aire géographique débordant le cadre parcellaire et/ou d'un coût très important et/ou techniquement difficile	Stabilisation d'un glissement de terrain important, confortement d'un pan de falaise instable
Majeure	Pas de parade technique	Phénomène de grande ampleur tel que Séchilienne ou La Clapière

Tableau 4 : Qualification de l'aléa mouvements de terrain en fonction de F_S (Guide de microzonage de l'AFPS)

Niveau d'aléa	Valeur de F_S
Faible	$F_S > 2$
Moyen	$1,5 < F_S \leq 2$
Fort	$1,25 < F_S \leq 1,5$
Majeur	$F_S \leq 1,25$

L'évaluation des enjeux

Il est nécessaire d'identifier et d'évaluer, à l'échelle du périmètre d'étude, les enjeux d'ordre humain, socio-économique et environnemental. Cette approche permet d'asseoir les choix réglementaires, de caractériser les éléments sensibles (aggravant ou réduisant les risques) et de faire l'inventaire de ceux participant à l'intervention des secours. Elle est d'autant plus efficace qu'elle s'appuie sur une analyse globale du système urbain et des relations entre les différents enjeux, en période normale, pendant la

crise et lors du retour à la normale. Il est également indispensable de localiser les populations effectivement exposées, de façon permanente ou temporaire, par exemple dans la région de Nice ou aux Antilles. Enfin, il est important de délimiter les zones où l'exposition au séisme est aggravée par un ou plusieurs effets liés au site ou induits. Il convient de distinguer les enjeux suivants :

• **Les espaces urbanisés :** les parties urbanisées sont définies par référence aux dispositions de l'article L. 111-1-2 du code de l'urbanisme qui introduit la notion *de parties actuellement urbanisées de la commune.* Le caractère urbanisé ou non d'un espace doit s'apprécier en fonction de sa réalité physique et non du zonage opéré par le Plan local d'urbanisme. Ainsi, le classement constructible ou d'urbanisation future n'entraîne pas ipso facto l'inclusion du terrain dans la partie urbaine. Depuis l'entrée en vigueur de l'article L. 111-1-2, une abondante jurisprudence a précisé la notion d'espace urbanisé. Aujourd'hui, un faisceau d'indices permet de déterminer si l'on est ou non dans un espace urbanisé :
– le nombre de constructions existantes ;
– la distance du terrain par rapport au bâti existant ;
– la continuité avec des parcelles bâties ;
– le niveau de desserte par les équipements.

• **Les bâtiments de classe C**, au sens de l'arrêté du 29 mai 1997 :
– les établissements recevant du public de 1re, 2e et 3e catégorie ;
– les bâtiments dont la hauteur dépasse 28 mètres ;
– les bâtiments pouvant recevoir simultanément plus de 300 personnes, en particulier les établissements scolaires ;
– les bâtiments des établissements sanitaires et sociaux ;
– les bâtiments des centres de production collective d'énergie.

• **Les infrastructures et équipements de services et de secours**, en ne se limitant pas aux seuls bâtiments de classe D :
– les équipements sensibles, tels que PC de crise, centres de secours, hôpitaux, centraux téléphoniques, centrales électriques, etc. ;
– les infrastructures aéroportuaires et portuaires pour l'acheminement des secours et l'évacuation des sinistrés, etc. ;
– les axes stratégiques pour l'intervention des secours ;
– les réseaux d'alimentation en eau potable, électricité et gaz de ville (risque d'incendie) et le réseau téléphonique ;
– les établissements recevant du public et pouvant servir de centres d'hébergement : écoles, gymnases, etc.

• **Les espaces à préserver** :
– les espaces urbanisés dont le développement ou la réhabilitation mal maîtrisés pourraient aggraver les phénomènes naturels. La modification des conditions d'écoulement des eaux pluviales ou usées, par exemple, peut provoquer des mouvements de terrain sur les zones en pentes et la liquéfaction des sols dans des zones basses ;
– les zones d'urbanisation futures, en particulier celles qui sont soumises à des effets de site ou induit ou encore situées sur le tracé de failles supposées actives ;
– les espaces naturels, agricoles et forestiers concourant à la protection des zones exposées pour les mouvements de terrains.

Ce recensement fait l'objet d'une ou plusieurs cartes qui sont superposées à celles des aléas afin d'établir le zonage réglementaire. Elles sont, par conséquent, dressées sur un fond de plan IGN ou cadastral, à une échelle proche de celle des aléas, du 1/5 000 au 1/25 000. Le report cartographique se fait sous forme ponctuelle (localisation d'un équipement sensible, etc.), linéaire (axe de communication) ou zonale (zone à haute densité d'habitation, zone économique à protéger, etc.).

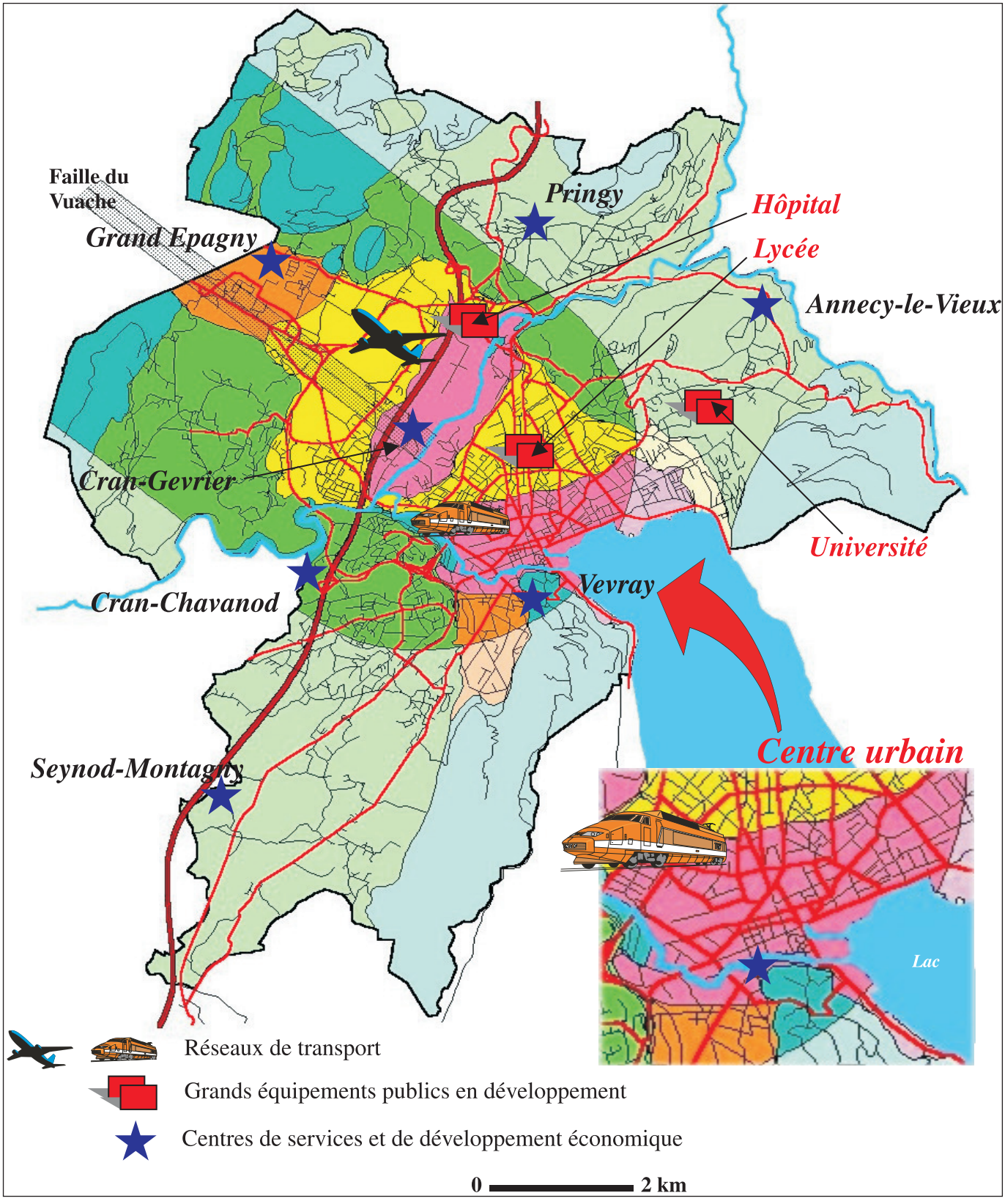
D'autres cartes thématiques, à plus petite échelle (1/50 000 par exemple), peuvent être jointes en tant que de besoin, pour permettre une approche globale des enjeux sur l'ensemble des territoires concernés (cartes 20 à 22) :
– bâtiments indispensables à l'organisation des secours en cas de séisme ;
– axes routiers à maintenir en état de fonctionnement ;
– réseaux d'eau, de télécommunication et des lignes électriques, etc.

Ces documents, qui sont réalisés par ou sous la responsabilité du service instructeur de l'État, ne sont pas exigés par les textes. Ils constituent cependant une base pertinente de réflexions et d'échanges avec les collectivités concernées.

L'analyse des enjeux destinée à la cartographie réglementaire des PPR doit rester qualitative. Elle est distincte d'une évaluation de la vulnérabilité du bâti existant qui repose sur des fonctions d'endommagement. Le PPR s'attache à réduire la vulnérabilité par des mesures applicables à l'existant et par des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde.

Carte 20 : Carte des enjeux, district d'Annecy

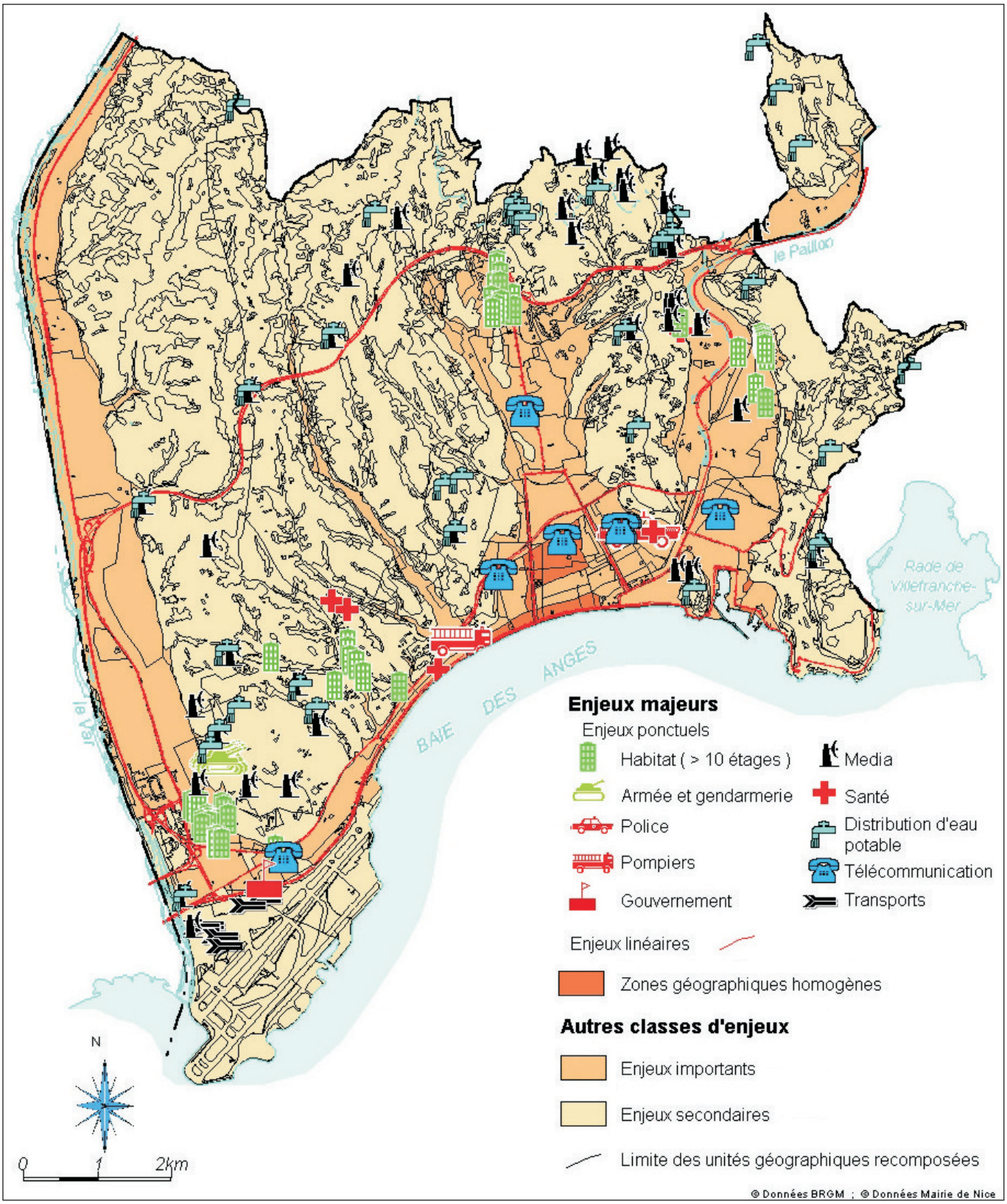
Carte simplifiée surimposée à la carte des effets de site géologiques (carte 14). Les couleurs des zones correspondent aux différents types de sol : Rocher, S1 à S4.



Source : BRGM

Carte 21 : Carte des bâtiments D et des enjeux majeurs à Nice

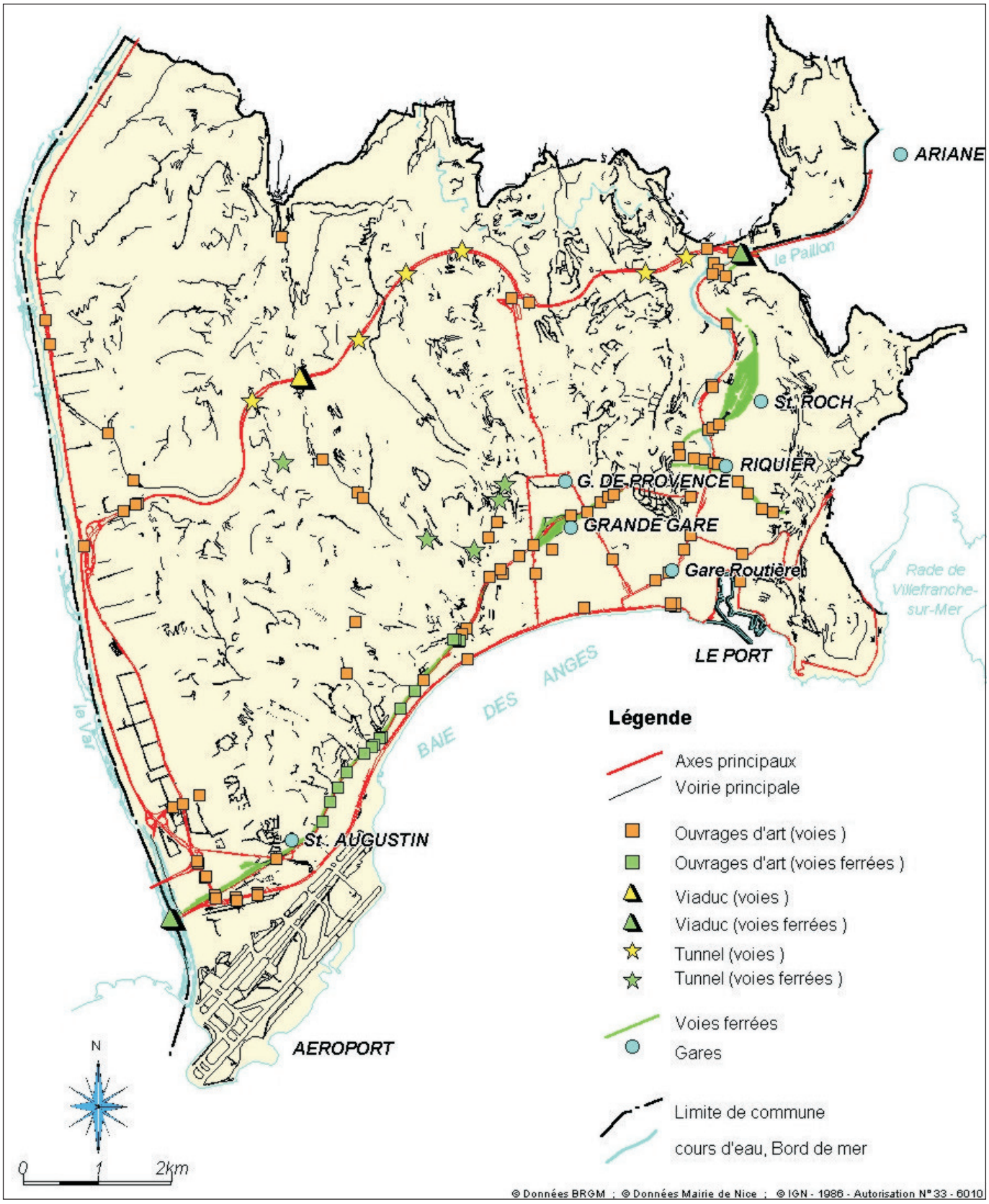
La ville a été divisée en trois zones suivant la valeur des enjeux. Celle-ci est estimée à partir de la somme de différents indicateurs, qui prennent en compte, par exemple, le nombre de résidents, le coût du m² pour les logements collectifs, le chiffre d'affaire pour les entreprises, etc.



Source : projet GEMITIS BRGM et Mairie de Nice, 1999

Carte 22 : **Réseau routier et ferroviaire à Nice**

Les ouvrages sont différentiés suivant qu'ils relèvent d'infrastructures routières ou ferroviaires. Leur nombre, sur l'autoroute au Nord et la voie ferrée au sud, rend ces axes particulièrement vulnérables.



Source : projet GEMITIS BRGM et Mairie de Nice, 1999

ÉLABORATION DU DOSSIER DU PPR SISMIQUE

Caractéristiques du PPR

Le PPR est régi par les articles L. 562-1 à 562-9 du code de l'environnement. Les modalités d'application de la loi du 02 février 1995 sont définies par le décret n° 95-1089 du 5 octobre 1995. Le PPR est conçu avec le souci d'un contenu réglementaire rigoureux et d'une élaboration simple. Ses caractéristiques, sommairement rappelées ici, sont détaillées dans le « guide général ».

Domaine d'intervention

Le PPR a pour objet de délimiter les zones directement exposées à des risques et celles qui ne sont pas directement exposées, mais où des occupations ou usages du sol pourraient aggraver des risques ou en provoquer de nouveaux. Il y réglemente, en tant que de besoin, les projets d'installations nouvelles :
– avec un champ d'application étendu puisqu'il peut interdire ou soumettre à prescriptions tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles, pour leur réalisation, leur utilisation ou leur exploitation ;
– avec des moyens d'action variés allant de prescriptions de toutes natures (règles d'urbanisme, de construction, d'exploitation, etc.) jusqu'à l'interdiction totale.

Le PPR peut également définir des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences ou par les particuliers. Cela vise notamment les mesures liées à la sécurité des personnes et les mesures d'ensemble qui ne seraient pas associées à un projet particulier (Art. L. 562-1-II-3 du code de l'environnement).

Enfin, le PPR peut agir sur l'existant, avec un champ d'application équivalent à celui ouvert pour les projets nouveaux. Toutefois, pour les biens régulièrement autorisés, il ne peut imposer que des « aménagements limités » dont le coût est inférieur à 10 % de la valeur vénale ou estimée de ces biens (Art. 5 du décret du 5 octobre 1995) [20].

20 Les règles PS 92 s'appliquent également à l'existant dans certains cas particuliers (alinéas 2, 3 et 4 de l'article 3 de l'arrêté du 29 mai 1997).

Application du PPR

PPR et PLU

Le PPR approuvé vaut servitude d'utilité publique (Art. L. 562-4 du code de l'environnement). Lorsqu'il porte sur des territoires couverts par un plan local d'urbanisme (PLU), le préfet est tenu de mettre en demeure l'autorité compétente – le maire ou le président de l'établissement public de coopération intercommunale (EPCI) – d'y annexer le PPR, conformément aux dispositions de l'article L. 126-1 du code de l'urbanisme. Si cette formalité n'est pas accomplie, les dispositions du PPR cessent d'être opposables aux demandes d'autorisations d'utiliser le sol au bout d'un an. Dans cette hypothèse, seules les dispositions de l'article R 111-2 peuvent leur être opposées.

PPR et secteurs sauvegardés

Lorsque le PPR porte sur un territoire couvert par un secteur sauvegardé, il doit être annexé au plan de sauvegarde et de mise en valeur dans les mêmes conditions que celles des PLU.

PPR et zones d'aménagement concerté

Depuis l'entée en vigueur de la loi SRU et ses décrets d'application, les plans d'aménagement de zone des ZAC sont intégrés dans les règlements des plans locaux d'urbanisme. Désormais, c'est à ces documents que les PPR doivent être annexés.

Dispositions générales

- Les dispositions du PLU (ou du document d'urbanisme en tenant lieu) doivent, le cas échéant, être adaptées pour tenir compte de celles du PPR. Cependant, en tout état de cause, ce sont les règles les plus contraignantes qui doivent s'appliquer (cf. guide général PPR).
- Le PPR peut rendre obligatoire, dans un délai maximal de 5 ans, la réalisation de certaines mesures de prévention, de protection et de sauvegarde ou de mesures applicables à l'existant. À défaut de mise en conformité dans le délai prévu, le préfet peut, après mise en demeure non suivie d'effet, ordonner la réalisation de ces mesures, aux frais du propriétaire, de l'exploitant ou de l'utilisateur (Art. L. 562-1-III du code de l'environnement).

- Les manquements à l'application des dispositions d'un PPR approuvé sont passibles de sanctions pénales dans les conditions prévues à l'article L. 562-5 du code de l'environnement.
- Les assureurs ont la possibilité d'appliquer certaines dérogations aux obligations de garantie des catastrophes naturelles en cas de violation des règles du PPR et des règles administratives de prévention des catastrophes naturelles en vigueur (Art. L. 125-6 du code des assurances).

Conditions d'élaboration

Il est recommandé au préalable de prendre l'avis de personnes compétentes ou de faire appel aux réseaux d'organismes nationaux (CETE, LCPC, LRPC, RTM, BRGM, etc.) pour préparer le cahier des charges, choisir le niveau de l'étude de microzonage et le bureau d'études. Ces experts ou organismes peuvent également être consultés pour valider les études rendues.

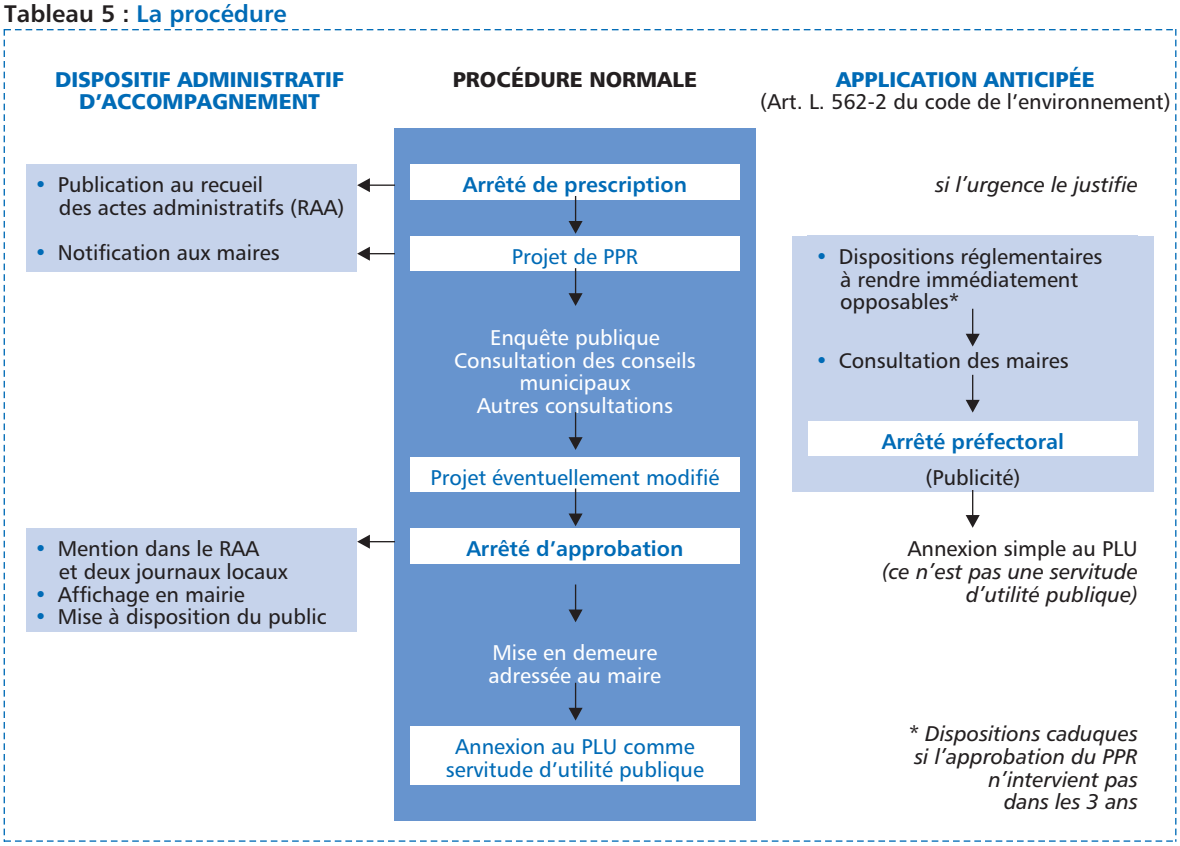
L'élaboration du PPR (tableau 5), qui accorde une large place à la concertation, comprend également plusieurs phases de consultation définies selon les procédures habituelles : consultation des communes et, dans certains cas particuliers, consultation d'autres organismes, enquête publique avec commissaire enquêteur et éventuellement commission d'enquête. Tous les avis non rendus dans un délai de deux mois après la consultation sont réputés favorables. En ce qui concerne l'enquête publique, le rapport et les conclusions du commissaire enquêteur doivent être rendus dans un délai d'un mois suivant sa clôture. Ces documents sont très importants car ils peuvent contenir des informations et des avis qui auraient pu échapper au service instructeur ou au BET chargé des études.

La décision finale revient au préfet à qui la loi confie la responsabilité d'approuver le PPR. Il peut également, en cas d'urgence et sur la base des éléments de connaissance disponibles, rendre immédiatement opposables certaines mesures du projet de PPR, interdictions ou prescriptions, sur tout ou partie du périmètre délimité, après consultation des maires (Art. L. 562-2 du code de l'environnement).

Importance du dialogue local

Si l'élaboration du PPR est de la responsabilité de l'État, elle doit être conduite en associant étroitement les élus locaux dès le début de la procédure et en informant clairement la population. En effet, ce document vise directement les conditions d'occupation et d'utilisation du sol et concerne des domaines de compétence principalement dévolus aux communes, comme l'urbanisme ou la sécurité publique. Les maires ont en outre une responsabilité propre en matière de prise en compte des risques naturels, fondée sur le code général des collectivités territoriales, la loi du 22 juillet 1987 et les codes de l'urbanisme et de l'environnement.

Tableau 5 : La procédure



L'élaboration d'un PPR implique que soient engagées des discussions approfondies avec les élus locaux ou les structures de coopération intercommunale et qu'une information claire et justifiée parvienne aux populations, dès l'annonce de la prescription du PPR et à l'occasion de l'enquête publique. Cette information ne se substitue pas à l'obligation faite au préfet d'informer le maire des risques majeurs existants dans la commune, par la voie du DDRM et du DCS, ni à celle du maire d'informer la population par le DICRIM.

L'État doit rappeler les objectifs poursuivis (sécurité des personnes et des biens, maintien des fonctions des bâtiments de classe D en cas de crise, développement durable) et afficher clairement les moyens qu'il va mettre en œuvre (études complémentaires, zonage et réglementation). Des échanges avec les élus doivent permettre de partager la connaissance des phénomènes historiques et d'adapter ou de moduler les orientations générales du développement urbain. Les discussions doivent être fondées sur un argumentaire et guidées par un souci de pragmatisme et d'efficacité en tenant compte des réalités du terrain.

En fonction des situations locales, il peut être nécessaire d'associer d'autres acteurs publics ou privés, tels que les conseils généraux ou régionaux, les chambres de commerce et d'industrie, les organismes de développement ou d'aménagement touristique, les associations représentatives, les assureurs, etc.

Le dialogue avec les élus et ces différents partenaires doit viser à construire un consensus aussi large que possible sur un niveau de risque dont les conséquences éventuelles sur les biens et les personnes sont supportables localement, même si en définitive la responsabilité de la décision incombe à l'État.

Dossier réglementaire

L'article 3 du décret du 5 octobre 1995 énumère les pièces réglementaires, donc obligatoires, constitutives du dossier :

• une note de présentation indiquant le secteur géographique concerné, la nature des phénomènes naturels pris en compte et leurs conséquences possibles compte tenu de l'état des connaissances ;

• un ou plusieurs documents graphiques délimitant le zonage réglementaire ;

• un règlement précisant en tant que de besoin :

– les mesures d'interdiction et les prescriptions applicables dans chacune des zones délimitées par les documents graphiques ;

– les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences et celles qui peuvent incomber aux particuliers, ainsi que les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existants à la date de l'approbation du plan. Le règlement mentionne, le cas échéant, celles de ces mesures dont la mise en œuvre est obligatoire et le délai fixé pour leur réalisation.

À ces pièces, seront systématiquement jointes les cartes techniques du PPR (informative des phénomènes naturels, aléas, enjeux), et si nécessaire, tout autre document susceptible d'apporter des précisions sur le risque sismique et les choix réglementaires.

La note de présentation

Elle peut être plus ou moins succincte en fonction des informations disponibles et de la superficie à traiter, et doit présenter clairement :

– la démarche globale de gestion du risque sismique, décrivant les objectifs de la prévention et l'intervention des secours ;

– les raisons de la prescription du PPR ;

– le secteur géographique et le contexte géologique et sismotectonique ;

– les phénomènes naturels connus ;

– les effets liés au site et le mode de qualification des effets induits ;

– les enjeux humains, socio-économiques et environnementaux ;

– le zonage et le règlement.

Par ailleurs, elle peut inclure :

– une reproduction des cartes techniques (phénomènes naturels, aléas, enjeux) sous un format facilement consultable (A3 ou A4) ;

– les extraits des textes applicables aux PPR, ainsi que tous les règlements en vigueur concernant le risque sismique.

La démarche globale de prévention du risque sismique

La note débute par l'affichage des objectifs recherchés dans la prévention des risques, en rappelant les composantes de la prévention, notamment la réglementation parasismique, et en replaçant le PPR sismique dans le contexte général de l'intervention de l'État dans ce domaine. La note précise également la cohérence du projet PPR avec d'éventuels travaux de renforcement ou d'aménagements spécifiques entrepris par les collectivités territoriales. Enfin, elle fait état des concertations qui ont été engagées, aussi bien sur le plan technique que lors de l'élaboration du zonage réglementaire.

Il est également très important de rappeler que le respect des règles de l'art, autant dans la conception architecturale que dans le choix des matériaux et la qualité de la construction, est un facteur fondamental vis-à-vis de la résistance au séisme.

Les raisons de la prescription du PPR sismique

La prescription résulte principalement de l'existence d'une sismicité modérée à forte dans la zone d'étude et de la probabilité pour la population de subir de graves conséquences que la réglementation générale ne permet pas de prévenir suffisamment. Elle peut faire suite à un document d'information préventive comme le DCS qui aurait révélé un danger pour la commune.

Si le PPR a pour objet la révision d'un document antérieur, il est nécessaire d'en justifier les motivations et les modifications.

La révision peut résulter :

- De changements de fait :

– améliorations de la connaissance de la sismicité historique et instrumentale ;
– nouvelles données sur la constitution du sous-sol ;
– précisions dans le tracé d'une faille active.

- De changements de droit :

– modification de la réglementation parasismique.

Le secteur géographique et le contexte géologique et sismotectonique

Les contours du bassin de risque sont justifiés par une description succincte des phénomènes naturels (sismicité historique et instrumentale) et des entités géographiques, géologiques et morphologiques qui le caractérisent.

Le choix des limites du PPR sismique, qui ne couvre généralement qu'une partie du bassin de risque, est expliqué au vu des priorités définies par le préfet, en fonction notamment des types d'aléas, des enjeux locaux (population, occupation du sol, axes de communication, équipements publics, projets d'aménagement) ou encore de la simplification dans la procédure administrative.

Le bassin de risque et le périmètre du PPR sont localisés sur un extrait de la carte du zonage sismique de la France en vigueur.

Le contexte géologique et sismotectonique doit être présenté avec un langage accessible à un public non initié. Le vocabulaire spécialisé est défini dans un lexique. Ainsi, plutôt que de citer les noms d'étage des formations géologiques (stratigraphie), il est préférable de fournir les informations relatives à la nature des roches (argiles, alluvions sableuses, formations volcaniques, etc.) et à leurs propriétés mécaniques (cohésion, densité).

Les phénomènes naturels connus

Le rappel des principaux événements passés, ainsi que des victimes et des dommages qu'ils ont occasionnés, est indispensable pour raviver la mémoire collective, et constitue souvent un des meilleurs moyens de justifier la prescription d'un PPR.

Les phénomènes sont décrits à partir des observations de terrain et du recensement des événements historiques identifiés par leur nature, leur date et leur manifestation : épicentres des séismes historiques ou récents, failles actives, indices de paléosismicité, traces de liquéfaction ou de mouvements de terrains. Les séismes historiques localisés à l'étranger qui ont occasionné des dégâts en France dans les zones frontalières (Pyrénées, Alpes, Jura ou Fossé rhénan) sont également pris en compte.

La note de présentation peut avantageusement être illustrée par quelques photographies, extraits de presse, documents d'archives ou cartes à petite échelle, comme la carte d'isoséistes (courbes de même degré d'intensité) pour un ou plusieurs séismes historiques.

Les effets liés au site et le mode de qualification des effets induits

La note définit les « règles du jeu » en matière d'aléas en faisant la part des certitudes et des incertitudes et en expliquant les hypothèses retenues et les méthodes utilisées. Elle précise les concepts et les principes qui ont permis d'évaluer les effets liés au site et de qualifier les effets induits.

Les enjeux humains, socio-économiques et environnementaux

La note reprend les conclusions de l'évaluation des enjeux concernant les personnes, les biens et les activités ainsi que, le cas échéant, les risques pour les vies humaines. Elle met notamment l'accent sur les infrastructures et les bâtiments à préserver qui assurent un rôle vital en période de crise et de récupération. Elle commente la carte des enjeux.

Le zonage et le règlement

Ils constituent le fondement de la démarche PPR et sont définis au regard des objectifs recherchés pour la prévention des risques en accord avec la réglementation sismique en vigueur. La note de présentation doit :

– rappeler l'objectif de sécurité visé ;
– expliquer la méthodologie retenue pour aboutir au zonage, notamment le niveau d'étude de microzonage et le principe de délimitation à partir de la carte des aléas ;
– justifier et motiver les mesures définies dans le règlement en distinguant d'une part, les prescriptions relatives aux projets et à l'existant, en indiquant celles qui seront rendues obligatoires et, d'autre part, les règles d'utilisation des sols, de construction et de gestion ;

– indiquer les correspondances entre zones et prescriptions et, pour les effets de site, expliquer le lien entre le type de sol et le spectre de réponse ;
– énumérer les bâtiments, infrastructures et équipements à maintenir en fonctionnement en cas de séisme.

Le plan de zonage réglementaire

L'élaboration du zonage réglementaire ne peut se faire que sous la responsabilité du service instructeur, si nécessaire avec l'assistance technique du bureau d'études chargé de la qualification et de la cartographie des aléas.

Principes de délimitation

Le plan délimite les zones dans lesquelles sont applicables des interdictions, des prescriptions réglementaires homogènes et/ou des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde (carte 23). Il va donc être établi en s'appuyant sur la prise en compte :
– des niveaux d'aléas, pour des raisons évidentes liées à la sécurité des personnes et des biens ;
– des espaces urbanisés, et notamment des centres urbains, pour tenir compte de leurs contraintes de gestion (maintien des activités, contraintes urbanistiques et architecturales, gestion de l'habitat, etc.)
– pour les effets induits en zone urbaine, de l'existence d'ouvrages de protection ou de la mise en œuvre de dispositions constructives appropriées.

La délimitation du zonage réglementaire est donc effectuée principalement à partir du croisement de la carte synthétique des aléas et de celle des enjeux actuels et des projets de développement. Elle distingue deux types de zones :

- Inconstructibles, dites **rouges.** Ce sont les zones d'effets induits moyens à très élevés (principalement les mouvements de terrain et les glissements subhorizontaux consécutifs à la liquéfaction) et les bandes de neutralisation des failles actives **;**
- Constructibles sous conditions, dites **bleues,** dans la partie restante du périmètre d'étude**.** Il s'agit :

– des zones où doivent être appliquées au minimum les règles de construction parasismique, assorties éventuellement de prescriptions propres au site (spectre de réponse ou coefficient d'amplification topographique) ;
– des zones où l'effet induit liquéfaction est qualifié de faible à moyen (voire élevé à très élevé dans les espaces urbanisés) ;
– des zones où l'aléa mouvements de terrain est qualifié de faible (moyen dans les espaces urbanisés et protégés) ;
– dans les centres urbains, des bandes d'incertitude le long des failles dont l'activité n'est pas avérée et pour lesquelles la probabilité d'occurrence d'une rupture en surface est très faible.

Démarche de zonage

Le zonage « brut »

L'application des principes ainsi définis conduit à un premier projet de zonage réglementaire « brut ».

Les tableaux 6 et 7 présentent, pour les effets induits, les mesures de prévention, les dispositions constructives et les orientations réglementaires envisageables en fonction du niveau d'aléa.

Tableau 6 : Principes de réglementation pour la liquéfaction

Aléa	Mesures de prévention et dispositions constructives	Espaces non urbanisés	Espaces urbanisés
Très élevé à élevé : Liquéfaction quasi certaine	Traitement des sols, fondations sur pieux ou radiers	Inconstructible (aléa glissement subhorizontal)	Constructible sous conditions pour les bâtiments A, déconseillé pour les bâtiments B en raison du coût, étude de sol préconisée pour les bâtiments C et D, si l'implantation ne peut être évitée
Moyen : Liquéfaction probable	Traitement des sols, fondations sur pieux ou radiers	Constructible sous conditions	Constructible sous conditions pour A et B, étude préconisée pour certains bâtiments de classe C (ERP et bâtiments stratégiques) et pour tous ceux de classe D
Faible : Liquéfaction peu probable	Application de la réglementation, prise en compte d'un spectre de réponse propre au site	Constructible	Constructible

Les zones exposées à un aléa moyen à élevé sont constructibles dans le cas des bâtiments C et D, si une étude est réalisée pour préciser la profondeur du « bon » sol et décrire les dispositions constructives à mettre en œuvre.

Tableau 7 : Principes de réglementation pour les mouvements de terrain (extrait du guide PPR Risques de mouvements de terrain)

Aléas	Mesures de prévention	Espaces non urbanisés	Espaces urbanisés	
			non protégés	protégés*
Très élevé	Impossibles techniquement	Inconstructible		
Élevé	Difficiles techniquement ou très coûteuses	Inconstructible		Inconstructible sauf exceptions strictes
Moyen	Coûteuses, généralement à maîtrise d'ouvrage collective	Inconstructible	Inconstructible (exceptionnellement constructible sous condition, après mise en œuvre de mesures de protections collectives et révision du PPR)	Constructible sous condition d'entretien des ouvrages de protection
Faible	Coût modéré, généralement à maîtrise d'ouvrage individuelle	Constructible sous condition de prise en compte de mesures de prévention, inconstructible en cas de danger humain	Constructible sous condition de prise en compte de mesures de prévention individuelles	Constructible sous condition d'entretien des ouvrages de protection

* La réalisation d'ouvrages de protection inclut la nécessité d'entretien de ces ouvrages

Le zonage définitif

Ce projet « brut » sert de base aux discussions à engager avec l'ensemble des acteurs. Il doit, dans un second temps, être confronté aux particularités locales pour s'assurer de sa cohérence, à savoir :
– les enjeux, y compris les projets d'aménagement et de développement des communes lorsqu'ils sont compatibles avec les objectifs de prévention fixés par l'État ;
– les alternatives de développement à l'échelle communale ou intercommunale qui peuvent conduire à opter pour un gel des constructions même dans les espaces urbanisés ;
– l'aggravation du risque due à l'aménagement des zones bleues elles-mêmes, comme ce peut être le cas pour les habitations situées en haut de versant qui pourraient provoquer indirectement un glissement de terrain et l'obstruction d'une infrastructure routière ou ferroviaire ;
– les franges des zones rouges et bleues, qui peuvent nécessiter un retour sur le terrain, sachant que la qualification et les limites des zones d'aléas peuvent être entachées d'incertitudes ;
– la présence d'ouvrages de protection tels que les merlons.

Ainsi, certaines zones à fort enjeu, classées initialement en rouge, peuvent devenir constructibles après révision du PPR (zone bleue), si des travaux sont réalisés, même à des coûts très importants. Ce peut être le cas des pentes instables en zone très urbanisée, exposées à un aléa mouvements de terrain moyen, qui peuvent être stabilisées après drainage et/ou traitement [21].

21 Ces travaux relèvent généralement d'une maîtrise d'ouvrage collective : commune, groupe de propriétaires d'un immeuble ou d'un petit lotissement, etc.

Au contraire, l'inconstructibilité peut être étendue aux zones d'effet induit moyen à faible et aux bandes d'incertitude des failles dont l'activité n'est pas avérée dans les zones non urbanisées.

Éléments de cartographie

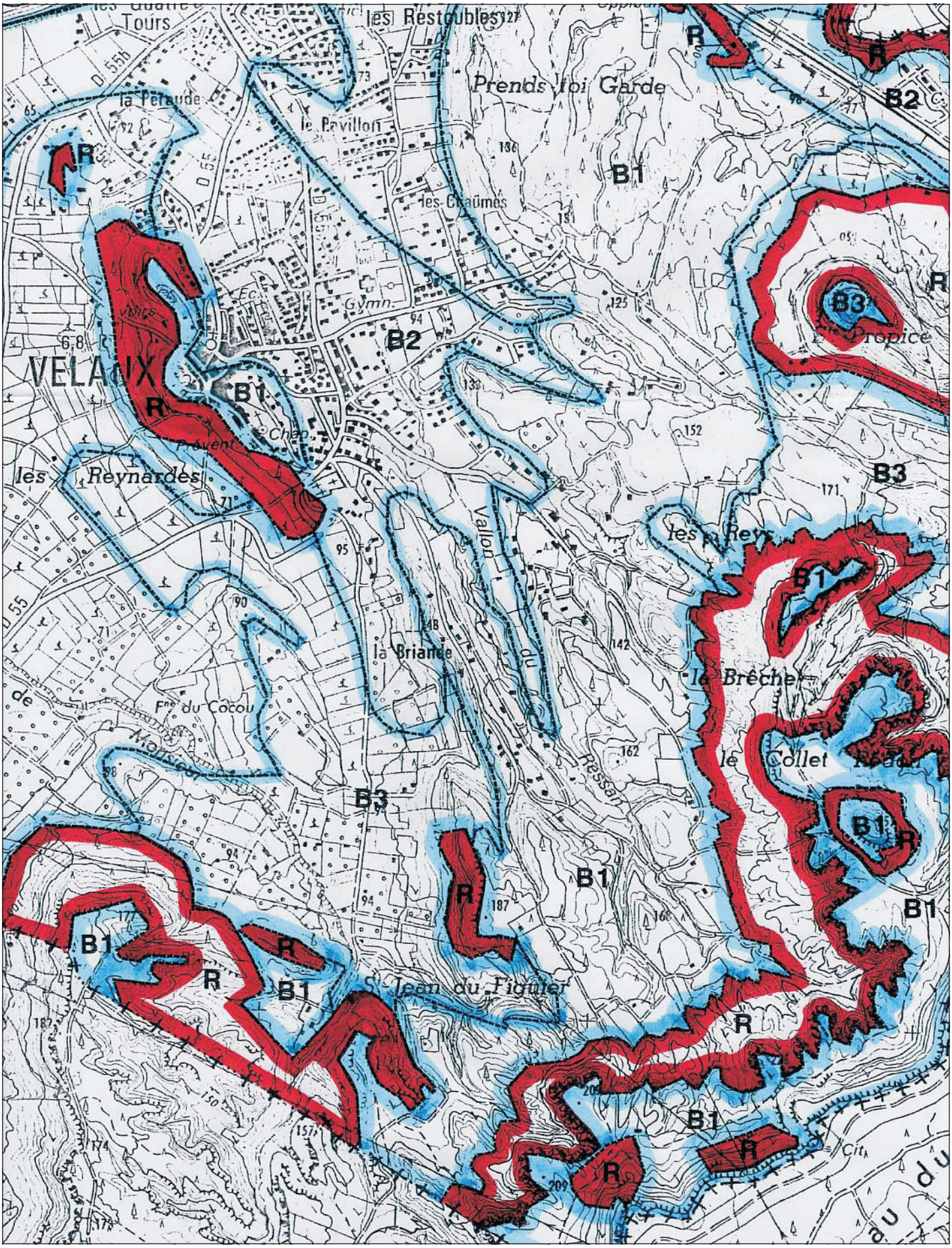
Le document graphique du PPR annexé au PLU, doit être suffisamment précis et lisible pour être applicable dans les décisions d'urbanisme. Sa lisibilité dépend en particulier du choix de l'échelle du document, fonction elle-même du niveau de précision de l'étude de microzonage choisie, de la précision du trait et du mode de représentation cartographique.

Le fond de carte est retenu en fonction des besoins : carte IGN au 1/25 000 agrandie au 1/10 000, plus appropriée au bassin de risque ou à la commune (carte 23), ou fond cadastral réduit au 1/5 000, plus adapté aux zones très urbanisées. Dans ce dernier cas, le passage de la carte d'aléa, en principe dressée sur un fond de plan topographique au 1/25 000, à un document parcellaire au 1/5 000, impose un travail de transcription plus ou moins complexe. Il peut être utile alors de faire préciser au spécialiste les limites de l'extension du phénomène sur le plan de zonage réglementaire, en retournant, si nécessaire, sur le terrain. La réalisation des cartes à différentes échelles sera facilitée par l'utilisation d'un support informatique comme la BD topo de l'IGN ou le cadastre numérisé.

Une occupation du sol hétérogène, notamment en termes d'enjeux, peut conduire à scinder le plan de zonage en plusieurs documents d'échelles différentes. Il faudra veiller à la compatibilité de ces documents pour éviter les problèmes d'une mauvaise superposition des échelles.

Carte 23 : **Plan de zonage réglementaire séisme et mouvements de terrain de Velaux (Bouches-du-Rhône), 2001**

Le code alphanumérique renvoie au règlement et aux spectres de la figure 7.



Source : DDE 13

Les limites de zones s'appuient presque toujours sur celles des aléas qui sont déterminantes. Elles tiennent également compte d'autres critères tels que l'occupation effective des sols en distinguant les zones déjà urbanisées et, le cas échéant, les centres urbains. Lors de la transcription d'un fond topographique sur un fond parcellaire, les limites des zones d'aléas ne doivent pas systématiquement épouser les limites parcellaires. En effet, dans le cas de grandes parcelles, il est préférable de conserver une partie de celles-ci en zone bleue, constructible, par rapport à un classement de l'ensemble en zone rouge.

Des nuances de couleurs ou de trames sont utilisées pour distinguer les zones où les prescriptions sont les plus contraignantes (aléa liquéfaction quasi certain à probable, application de spectres autres que ceux de la réglementation en vigueur, etc.) de celles où les prescriptions se limitent à appliquer la réglementation en vigueur (effet topographique, liquéfaction peu probable, etc.).

Pour éviter toute confusion dans la lecture des couleurs ou des trames, la désignation des zones est renforcée en ajoutant une lettre (R pour rouge et B pour bleue), et des indices spécifiques numériques (secteurs R1, R2, B1, B2, etc.) si des mesures différentes s'appliquent dans les zones rouges ou bleues. Cette classification renvoie au règlement qui précise, pour chaque zone, la référence du spectre de réponse, l'éventualité d'appliquer un coefficient d'amplification topographique, et d'une manière générale, les dispositions réglementaires retenues.

Il est préconisé de prévoir quelques exemplaires de cartes en couleurs, destinés à l'enquête publique et aux élus et des cartes en noir et blanc pour une diffusion plus large. En effet, la couleur est attractive et constitue un atout de communication non négligeable qui justifie le surcoût qu'elle génère. Afin de réduire autant que possible le travail et les dépenses, il est souhaitable, au niveau de la légende, de rechercher des solutions qui permettent d'effectuer indifféremment des tirages en couleurs et en noir et blanc à partir des mêmes originaux.

Le règlement

Le règlement, établi par le service instructeur, précise les mesures associées à chaque zone du document cartographique, en distinguant d'une part les projets nouveaux, déclinés suivant les zones rouges et bleues, et d'autre part, les mesures sur l'existant et les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde, qui peuvent s'appliquer transversalement à ces zones.

Le « guide général » propose en page 44 un plan de règlement inspiré des dispositions prévues par le décret relatif aux PPR. Toutefois, le règlement peut être beaucoup plus simple : la structure minimum correspond à un article introductif et à un article unique par type de zone délimité dans les documents graphiques.

Il est également possible de définir un certain nombre de mesures visant à diminuer le risque au titre des mesures de sauvegarde. Le règlement doit dans ce cas indiquer clairement celles qui sont rendues obligatoires et dans quel délai.

Les dispositions réglementaires

Elles doivent répondre à des objectifs opérationnels simples, ne pas rechercher l'exhaustivité et pouvoir être justifiées individuellement. Elles doivent toujours être rédigées dans la perspective de leur perception et de leur application. Elles sont, d'une manière générale, simples, claires, efficaces et réalistes pour :

– être comprises par les utilisateurs du PPR et par les personnes et institutions consultées au cours de la procédure ;

– délimiter sans ambiguïté les contraintes et les obligations qui sont éventuellement imposées ;

– être facilement applicables.

Elles sont déclinées comme suit :

1. Réglementation des projets nouveaux ;

1.1. Dispositions applicables en zone rouge, interdite à la construction (prescriptions particulières par aléa) ;

1.2. Dispositions applicables en zone bleue, de construction autorisée sous conditions (prescriptions particulières par aléa) ;

2. Mesures de prévention, de protection et de sauvegarde (individuelles, collectives, relatives à l'aménagement et l'urbanisme) ;

3. Mesures applicables aux projets existants (individuelles, collectives, relatives à l'aménagement et l'urbanisme).

Réglementation des projets nouveaux

Elle s'exprime d'abord en termes d'inconstructibilité pour la zone rouge et de constructibilité pour la zone bleue. Mais les possibilités du PPR ouvertes par l'article L. 562-1 du code de l'environnement sont plus larges et visent l'ensemble des occupations et utilisations des sols incluses dans le champ d'application de la loi. Ainsi, dans une zone interdite à la construction, des aménagements, ouvrages, exploitations, équipements, etc. peuvent être autorisés sous certaines conditions. Inversement, dans une zone bleue, selon le type et le niveau d'aléa présent, des aménagements, ouvrages, équipements, bâtiments qui pourraient

aggraver l'aléa sont proscrits ou sévèrement encadrés et ceux nécessaires à la gestion de crise peuvent être délocalisés.

En ce qui concerne les mouvements de terrain induits, les aménagements qui pourraient augmenter les risques ou en créer de nouveaux sur les secteurs voisins (glissements ou chutes de blocs sur des zones habitées ou des axes prioritaires) doivent être interdits, comme par exemple :

– la modification du tracé des routes ;

– certaines coupes à blanc et les défrichements (guide PPR mouvements de terrain) ;

– les surcharges et les terrassements ;

– le rejet incontrôlé des eaux pluviales ou usées, etc.

Dispositions applicables en zone rouge

D'une façon générale, tout aménagement nouveau, infrastructure ou construction nouvelle y sont interdits.

En revanche, certains projets peuvent être admis dans les zones d'aléa mouvements de terrain :

– certaines infrastructures (réseaux de desserte) ;

– les constructions nécessaires au maintien d'activités qui contribuent à la gestion du territoire, spécialement les activités agricoles ou forestières ;

– les travaux et les aménagements du bâti et de ses accès permettant de réduire le risque, tels que des ouvrages de protection ;

– l'implantation d'équipements : locaux techniques de terrains de sport ou de loisirs, ou certains équipements touristiques, à l'exclusion de ceux destinés à accueillir une activité prolongée.

Dans les secteurs d'aléa mouvements de terrain moyen classés en rouge (espaces urbanisés non protégés), où des travaux d'ensemble ont été préconisés, des projets nouveaux ne peuvent être envisagés qu'après réalisation des ouvrages ou des mesures de prévention, révision du PPR et définition des modalités de maintenance et d'entretien par le maître d'ouvrage désigné à cet effet.

Dispositions applicables en zone bleue

Généralités

Des aménagements ou constructions y sont autorisés sous réserve de prendre des mesures adaptées au type d'aléa. On se situe, en principe, dans un espace urbanisé où un séisme peut perturber sensiblement le fonctionnement social et l'activité économique. En conséquence, il faut porter l'accent sur les bâtiments plus particulièrement sensibles aux risques :

– aux bâtiments et centres opérationnels de classe C et D concourant à l'intervention des secours et à la gestion de la crise (hôpitaux, pompiers, centraux téléphoniques, etc.) et aux réseaux divers (eau potable, électricité, etc.), qui doivent continuer à fonctionner au mieux en période de crise ;

– aux établissements recevant du public, notamment des personnes à mobilité réduite, personnes âgées, jeunes enfants, malades ou handicapés, et aux ouvrages souterrains, comme les parkings collectifs ou individuels, qui pourraient accroître la vulnérabilité des personnes ;

– aux activités industrielles ou commerciales présentant un risque de perte d'exploitation importante ou un risque de pollution.

Pour ces projets, il est recommandé de rechercher le site de moindre vulnérabilité. Ainsi, la construction d'un hôpital sera privilégiée sur un sol de bonnes propriétés mécaniques, de préférence en dehors d'une zone soumise à effet de site topographique ou effet induit.

Les autorisations sont soumises à trois catégories de prescriptions dans le règlement, relatives à l'utilisation des sols, à l'urbanisme et à la construction. Parmi celles-ci, des études (notamment géotechniques) peuvent être prescrites pour déterminer les conditions de réalisation, d'utilisation ou d'exploitation des projets, en particulier pour les bâtiments de classe C ou D [22].

Il est nécessaire, lors de la délivrance d'une autorisation (de construire, de lotir, etc.), que l'autorité compétente en la matière rappelle par note distincte au maître d'ouvrage les dispositions constructives du PPR à respecter. Les règles d'urbanisme font l'objet d'un contrôle au titre de l'application du droit des sols.

Les conditions de construction (matériaux, fondations, structure, etc.) relèvent, d'une part, des « règles particulières de construction » mentionnées à l'article R 126-1 du code de la construction et de l'habitation et, d'autre part, des règles de construction parasismique en vigueur. Comme les règles générales de construction, elles sont mises en œuvre sous la responsabilité des maîtres d'ouvrage, qui s'y engagent lors du dépôt d'une demande de permis de construire, et des professionnels chargés de réaliser les projets.

Le contrôle technique des constructions, prévu par les articles L. 111-23 et suivants du CCH, n'est pas spécifique au risque sismique. Il est obligatoire pour certains bâtiments, tel que le prévoit l'article R 111-38 du CCH [23]. La circulaire n° 2000-77 du

22 Toutefois, il n'y a pas lieu d'exiger à l'appui d'une demande de permis de construire la production de ces études, qui sont conduites sous la responsabilité du maître d'ouvrage, et encore moins d'en vérifier les résultats.

23 Le décret du 20 février 2002 a étendu la portée relative aux ERP de l'article R 111-38 du CCH aux ERP de 4e catégorie.

31 octobre 2000, relative au contrôle technique des constructions pour la prévention du risque sismique, rappelle que les missions L, solidité des ouvrages, et S, sécurité des personnes, doivent être étendues à la mission PS, parasismique, dans les zones sismiques. Dans tous les cas, le PPR, qui peut aller au-delà des règles en vigueur, doit rappeler l'existence du contrôle, et éventuellement son caractère obligatoire.

Aux Antilles, d'autres recommandations peuvent être également formulées par note distincte pour les maisons individuelles :

– faire appel à des entrepreneurs formés à l'application du guide CP-MI (Guide de construction parasismique pour les maisons individuelles aux Antilles) ;
– suivre les recommandations techniques de ce guide, en cas d'auto-construction ;
– apporter un grand soin dans le choix des matériaux ;
– exclure l'utilisation de sable non lavé.

Prescriptions particulières aux zones à effet de site

Le spectre de réponse, indispensable à l'ingénieur pour calculer en un point donné l'action sismique (annexe 3), est, soit défini dans la réglementation en vigueur, s'il s'agit d'un microzonage de niveau A, soit calculé suivant le type de sol, dans le cas d'un microzonage de niveau B ou C. Le graphe du spectre de réponse correspondant à chaque zone ainsi que la valeur du coefficient d'amplification topographique à appliquer éventuellement doivent figurer à la fin du règlement du PPR (figure 7).

Le spectre de réponse à retenir entre le spectre réglementaire et celui défini par le microzonage est le plus contraignant des deux, conformément à l'article L. 563-1 du code de l'environnement.

Lorsque le premier mode de résonance d'un site est clairement mis en évidence par une méthode de type H/V ou par la modélisation de la réponse du sol, le règlement du PPR peut attirer l'attention des constructeurs sur cette particularité pour qu'ils adaptent en conséquence la hauteur des bâtiments [23]. Ainsi, sur des sols très meubles en couches relativement épaisses (au moins 20 m), dont la période de résonance est élevée, on privilégiera des constructions basses, oscillant à des courtes périodes.

Prescriptions particulières aux bandes d'incertitude des failles actives

L'existence d'une faille active, l'incertitude sur son tracé et sur la probabilité de l'apparition d'une rupture en surface doivent être signalées à tout maître d'ouvrage. Les bâtiments de classe A et B sont construits en respectant les règlements en vigueur de conception des fondations et de structure, de façon à assurer une résistance suffisante aux déplacements différentiels. Les bâtiments C et D sont implantés de préférence hors de la bande d'incertitude. S'il n'y a pas d'alternative dans le choix du site, il y a lieu, soit de procéder à des études géologiques et/ou géophysiques pour préciser le tracé de la faille et déplacer la construction hors de son emprise, soit de prendre en compte les déplacements différentiels dans la conception des bâtiments, notamment les fondations.

Prescriptions particulières aux zones d'aléa liquéfaction

Règles de construction

L'attention des constructeurs doit être attirée sur le respect des règlements PS en vigueur concernant la liquéfaction. L'adaptation des constructions à cet aléa suppose de connaître avec précision la profondeur du « bon sol ». Seule une étude géotechnique peut définir les conditions de réalisation des constructions. Elle est mise en œuvre pour les bâtiments d'une certaine importance et ceux de classe C ou D. Dans le cas des maisons individuelles, l'utilisation d'un radier peut permettre d'éviter des fondations profondes, plus onéreuses.

Prescriptions particulières aux zones d'aléa mouvements de terrain

Règles de construction

Elles sont définies pour les bâtiments dépassant une certaine surface au sol [24] à partir d'une étude technique portant sur :

– la nature géotechnique du terrain et sa classification au sens de la réglementation parasismique ;
– la stabilité des pentes ;
– le risque de chutes de blocs ou de pierres.

Elles précisent les caractéristiques des fondations et les mesures de protection et de construction.

Règles d'occupation des sols

Elles concernent les installations, aménagements ou ouvrages qui peuvent constituer un facteur aggravant, notamment en terme de glissement :

– remblais, déblais et soutènements ;
– déboisements et défrichages ;
– drainage des eaux pluviales ;
– carrières.

23 La période propre de résonance (en secondes) d'un immeuble élancé est approximativement égale au nombre de niveaux (dont le rez-de-chaussée) divisé par 10.

24 170 m², par exemple, qui correspond au seuil d'intervention obligatoire d'un architecte pour le dépôt d'un permis de construire d'une construction à usage autre qu'agricole.

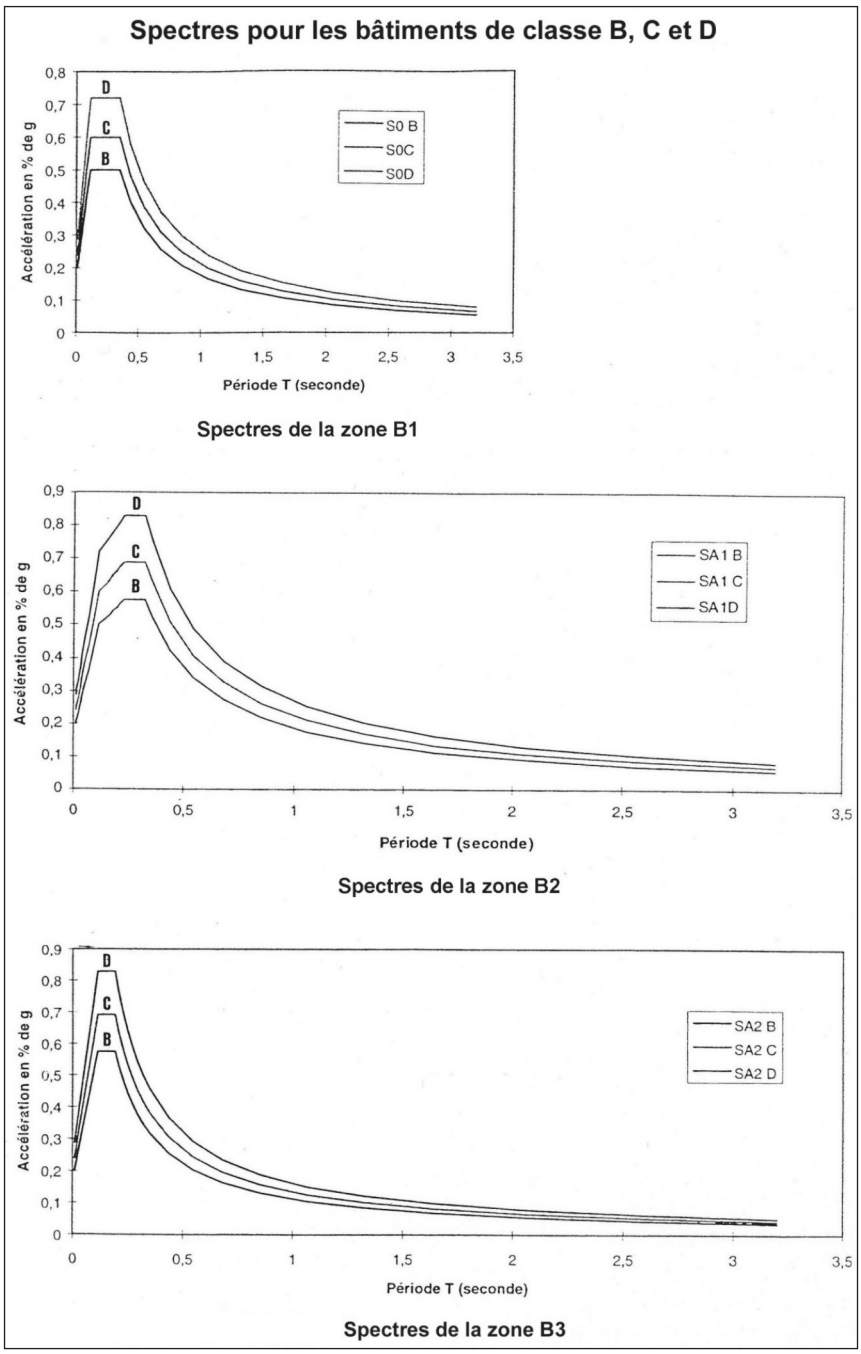


Figure 7 : **Spectres de réponse élastique annexés au PPR de Velaux**

Source : DDE 13, 2001

Installations dangereuses

Ce sont en général les bâtiments ou installations classés à risque spécial. Les aspects réglementaires et législatifs les concernant sont évoqués dans le premier chapitre de cet ouvrage, portant sur la prévention des risques sismiques et les PPR.

La participation étroite des services en charge de la réglementation des installations classées et de la protection civile est indispensable au plan technique, pour examiner la pertinence des prescriptions qui peuvent être imposées aux industriels et maîtres d'ouvrage, dont les installations actuelles ou futures sont situées dans les zones concernées.

Mesures de prévention, de protection et de sauvegarde

Il s'agit essentiellement de mesures d'ensemble qui ne sont pas directement liées à un projet spécifique et qui doivent être prises par les collectivités publiques, en respectant les compétences qui leur sont dévolues, ou incomber aux particuliers. Elles sont notamment destinées à assurer la sécurité des personnes et à faciliter l'intervention des secours. Elles concernent également les dispositifs de gestion des ouvrages de protection de l'existant, dans le cas des mouvements de terrain, par exemple.

Ce ne sont pas des outils directement opérationnels ou contraignants au même titre que les prescriptions applicables aux projets nouveaux. Ces mesures, une fois définies par le PPR, représentent le plus souvent un programme d'actions qui reste à préciser, à financer et à mettre en œuvre par les collectivités locales, le service instructeur, mais aussi tous les particuliers concernés.

Le PPR indique s'il existe un plan de secours spécialisé séisme et où il peut être consulté. Il peut également identifier, entre autres, les constructions publiques et privées aptes à recevoir le PC de crise et à héberger les populations déplacées.

Le PPR peut ainsi définir, selon la nature et l'intensité du risque, plusieurs types de mesures concernant la sécurité et l'information du public, les bâtiments et équipements publics existants, l'aménagement et l'urbanisme. La mise en œuvre de certaines de ces mesures peut être rendue obligatoire dans un délai de 5 ans. À défaut de mise en conformité, le préfet peut imposer leur réalisation aux frais du propriétaire, de l'utilisateur ou de l'exploitant. Toutefois, cette obligation ne peut être envisagée sans avoir au préalable analysé les conditions dans lesquelles ces mesures pourraient effectivement être réalisées : maîtrise d'ouvrage, financement, procédures d'autorisation comportant éventuellement une déclaration d'utilité publique ou une étude d'impact, etc.

Mesures visant la sécurité et l'information du public

Les premières sont des actions assez légères ou non structurelles, en principe à la charge des collectivités locales et des maîtres d'ouvrage responsables des ERP :

– l'élaboration de plans d'évacuation et de secours dans les établissements scolaires et ceux recevant du public (centres commerciaux, grandes surfaces, cinémas, etc.) ;

– l'aménagement et la signalisation d'itinéraires d'accès ou d'évacuation ;

– le conseil aux particuliers sur les règles de construction parasismique (diffusion aux Antilles, par exemple, du guide de construction CP-MI).

Les secondes, complémentaires, ont plutôt pour vocation :

– d'indiquer les précautions à prendre au niveau individuel ;

– d'accompagner le PPR par un DCS mis à jour ;

– de rappeler au maire la nécessité d'établir des DICRIM ;

– de saisir toute occasion pour entretenir la mémoire du risque.

Mesures visant les bâtiments et équipements publics existants

Il s'agit de travaux de plus grande envergure :

– le diagnostic et le renforcement parasismiques des bâtiments de classe D et certains de classe C nécessaires à la gestion de crise ;

– le diagnostic et le renforcement parasismiques de certains réseaux de transports, d'énergie, de communication et d'alimentation en eau potable, considérés comme stratégiques ;

– le diagnostic des stations d'épuration, autres que celles relevant de la classe D. Les travaux de renforcement peuvent être réalisés en deuxième priorité.

Mesures relatives à l'aménagement et à l'urbanisme

Elles sont de plusieurs natures :

– classer et aménager les voies de communication stratégiques pour l'acheminement des secours. Ces mesures peuvent inclure le retrait des constructions, installations, antennes, lignes électriques, etc., nouvelles ou existantes, par rapport à l'axe de la chaussée ;

– préserver ou créer des espaces libres, pouvant servir en cas de crise à entreposer le matériel, installer les hôpitaux de campagnes, les centres d'hébergement temporaire, recevoir les moyens de transport héliportés ou terrestres (photographie 18), stocker les débris, etc. ;

– choisir les emplacements des stations nouvelles d'épuration ou de traitement d'eau potable et le tracé des réseaux nouveaux de distribution ;

– enfouir des lignes électriques, en particulier dans les zones soumises à l'aléa liquéfaction ;

– drainer ou contrôler les eaux de ruissellement dans les zones affectées par les mouvements de terrain. Ces mesures contribuent à atténuer voire à stabiliser les glissements, mais aussi à réduire les érosions à l'origine d'éboulements ou d'effondrements.

Mesures générales applicables aux biens existants

Elles visent les bâtiments et tous types d'aménagement existants à la date de l'approbation du plan qui sont susceptibles de subir ou d'aggraver le risque. Elles sont de natures très diverses et doivent être mises en œuvre par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs. Elles peuvent être rendues obligatoires, avec un délai maximal de cinq ans, en fonction de la nature et de l'intensité du risque et de leur coût. Ce dernier doit être limité à 10 % de la valeur vénale ou estimée des biens, si ces derniers ont été construits ou aménagés conformément aux dispositions du code de l'urbanisme (Art. 5 du décret du 5 octobre 1995).

Une telle contrainte sur des propriétés privées ne se justifie que si elle apporte un gain significatif notamment au regard de la sécurité des occupants, pour des travaux d'ampleur réduite. On rappelle que les occupants des zones couvertes par un PPR doivent conserver la possibilité de mener une vie ou des activités normales si elles sont compatibles avec les objectifs de sécurité recherchés.

Selon l'article 5 du décret du 5 octobre 1995, les travaux courants d'entretien et de gestion des bâtiments implantés antérieurement à l'approbation du PPR, notamment les aménagements internes, les traitements de façade et la réfection des toitures, ne peuvent être interdits, y compris en zone inconstructible, sauf s'ils augmentent les risques ou en créent de nouveaux, ou s'ils conduisent à accroître le nombre de personnes exposées.

Mesures visant les particuliers

Citons, par exemple, quelques mesures simples ou d'autres plus complexes :

– renforcer les cheminées, les balcons, les toitures, etc. susceptibles de tomber sur la voie publique ;

– assurer un contreventement* minimal dans les deux directions principales pour diminuer les transparences en rez-de-chaussée, notamment aux Antilles où de nombreuses maisons sont construites sur pilotis ;

Photographie 18 : Utilisation d'un stade en période de crise pour installer un hôpital de campagne. Séisme de Kocaeli, Izmit, Turquie, 1999

Remarquer les immeubles effondrés derrière le stade.



Source : BRGM

– effectuer un prédiagnostic sismique permettant d'évaluer le comportement du bâtiment sous sollicitation sismique et un diagnostic pour estimer les dispositions à mettre en œuvre pour le conforter.

Mesures visant les habitations collectives et les bâtiments publics

Les travaux sur les bâtiments doivent être encouragés dans la mesure où ils sont l'occasion de réaliser en parallèle le renforcement parasismique, en particulier pour les établissements scolaires et les établissements recevant du public.

Lorsqu'un diagnostic conclut à la possibilité de renforcer pour un coût raisonnable un bâtiment, le maître d'ouvrage doit mettre en œuvre les travaux avec le souci de permettre à ses occupants de mener une vie et des activités normales.

La prescription du diagnostic des bâtiments de classe C et D est laissée à l'appréciation du préfet.

Mesures relatives à l'aménagement et à l'urbanisme

Les aménagements qui pourraient aggraver le risque ou en créer de nouveaux sur les secteurs voisins doivent faire l'objet d'un examen par la collectivité locale. Les mesures à prendre peuvent être soit individuelles, modification du projet et/ou suivi contrôlé des travaux, soit collectives dans le cadre plus global de la rénovation et du renforcement parasismique d'un quartier (par exemple une ZAC).

Certaines activités, comme l'exploitation de carrières et les ouvrages souterrains, peuvent également faire l'objet de prescriptions particulières, afin de :

– vérifier qu'aucun autre terrain n'est exposé à un risque du fait de l'exploitation à la suite, par exemple, d'un éboulement provoqué par un tremblement de terre ;

– assurer la protection des personnes fréquentant la zone d'exploitation ;

– afficher la nature et l'intensité des risques auxquels sont exposées les personnes fréquentant le site ;

– assurer la pérennité d'au moins un accès au site, y compris sous sollicitation sismique.

ANNEXES

TEXTES DE RÉFÉRENCE

Code de l'environnement, livre V, titre 6, chapitre 1

LIVRE V

PRÉVENTION DES POLLUTIONS, DES RISQUES ET DES NUISANCES

[...].

TITRE VI

PRÉVENTION DES RISQUES NATURELS

Chapitre I

Mesures de sauvegarde des populations menacées par certains risques naturels majeurs

Art. L. 561-1. *[loi nº 95-101 du 2 février 1995, art. 11]* – Sans préjudice des dispositions prévues au 5° de l'article L. 2212-2 et à l'article L. 2212-4 du Code général des collectivités territoriales, lorsqu'un risque prévisible de mouvements de terrain, d'avalanches ou de crues torrentielles menace gravement des vies humaines, les biens exposés à ce risque peuvent être expropriés par l'État dans les conditions prévues par le code de l'expropriation pour cause d'utilité publique et sous réserve que les moyens de sauvegarde et de protection des populations s'avèrent plus coûteux que les indemnités d'expropriation.

La procédure prévue par les articles L. 15-6 à L. 15-8 du Code de l'expropriation pour cause d'utilité publique est applicable lorsque l'extrême urgence rend nécessaire l'exécution immédiate de mesures de sauvegarde.

Toutefois, pour la détermination du montant des indemnités qui doit permettre le remplacement des biens expropriés, il n'est pas tenu compte de l'existence du risque.

Art. L. 561-2. *[loi nº 95-101 du 2 février 1995, art. 12]* – Sans préjudice des dispositions de l'article L. 13-14 du Code de l'expropriation pour cause d'utilité publique, les acquisitions d'immeubles peuvent ne donner lieu à aucune indemnité ou qu'à une indemnité réduite si, en raison de l'époque à laquelle elles ont eu lieu, il apparaît qu'elles ont été faites dans le but d'obtenir une indemnité supérieure au prix d'achat.

Sont présumées faites dans ce but, sauf preuve contraire, les acquisitions postérieures à l'ouverture de l'enquête publique préalable à l'approbation d'un plan de prévention des risques naturels prévisibles rendant inconstructible la zone concernée ou, en l'absence d'un tel plan, postérieures à l'ouverture de l'enquête publique préalable à l'expropriation.

Art. L. 561-3. *[loi nº 95-101 du 2 février 1995, art. 13]* – Le fonds de prévention des risques naturels majeurs est chargé de financer, dans la limite de ses ressources, les indemnités allouées en vertu des dispositions de l'article L. 561-1 ainsi que les dépenses liées à la limitation de l'accès et à la démolition éventuelle des biens exposés afin d'en empêcher toute occupation future. *(loi nº 99-586 du 12 juillet 1999, art. 75)* En outre, il finance, dans les mêmes limites, les dépenses de prévention liées aux évacuations temporaires et au relogement des personnes exposées.

Ce fonds est alimenté par un prélèvement sur le produit des primes ou cotisations additionnelles relatives à la garantie contre le risque de catastrophes naturelles, prévues à l'article L. 125-2 du Code des assurances. Il est versé par les entreprises d'assurances ou leur représentant fiscal visé à l'article 1004 bis du Code général des impôts.

[loi nº 99-1173 du 30 décembre 1999, art. 55-II] Le taux de ce prélèvement est fixé à 2 %. Le prélèvement est recouvré suivant les mêmes règles, sous les mêmes garanties et les mêmes sanctions que la taxe sur les conventions d'assurance prévue aux articles 991 et suivants du Code général des impôts.

En outre, le fonds peut recevoir des avances de l'État. La gestion comptable et financière du fonds est assurée par la caisse centrale de réassurance dans un compte distinct de ceux qui retracent les autres opérations pratiquées par cet établissement. Les frais exposés par la caisse centrale de réassurance pour cette gestion sont imputés sur le fonds.

Art. L. 561-4. *[loi nº 95-101 du 2 février 1995, art. 14]* – A compter de la publication de l'arrêté d'ouverture de l'enquête publique préalable à l'expropriation réalisée en application de l'article L. 561-1, aucun permis de construire ni aucune autorisation administrative susceptible d'augmenter la valeur des biens à exproprier ne peut être délivré jusqu'à la conclusion de la procédure d'expropriation dans un délai maximal de cinq ans, si l'avis du Conseil d'État n'est pas intervenu dans ce délai.

La personne morale de droit public au nom de laquelle un permis de construire ou une autorisation administrative a été délivré en méconnaissance des dispositions du premier alinéa ci-dessus, ou en contradiction avec les dispositions d'un plan de prévention des risques naturels prévisibles rendues opposables, est tenue de rembourser au fonds mentionné à l'article L. 561-3 le coût de l'expropriation des biens ayant fait l'objet de ce permis ou de cette autorisation.

Art. L. 561-5. *[loi n° 95-101 du 2 février 1995, art. 15]* – Le Gouvernement présente au Parlement, en annexe à la loi de finances de l'année, un rapport sur la gestion du fonds de prévention des risques naturels majeurs. Un décret en Conseil d'État précise les modalités d'application du présent chapitre.

Chapitre II

Plans de prévention des risques naturels prévisibles

Art. L. 562-1. *[Art. 40-1 de la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987, créé par l'art. 16-I de la loi n° 95-101 du 2 février 1995]* – **I.–** L'État élabore et met en application des plans de prévention des risques naturels prévisibles tels que les inondations, les mouvements de terrain, les avalanches, les incendies de forêt, les séismes, les éruptions volcaniques, les tempêtes ou les cyclones.

II.– Ces plans ont pour objet, en tant que de besoin :

l° De délimiter les zones exposées aux risques en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque encouru, d'y interdire tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle ou, dans le cas où des constructions, ouvrages, aménagements ou exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles pourraient y être autorisés, prescrire les conditions dans lesquelles ils doivent être réalisés, utilisés ou exploités ;

2° De délimiter les zones qui ne sont pas directement exposées aux risques mais où des constructions, des ouvrages, des aménagements ou des exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles pourraient aggraver des risques ou en provoquer de nouveaux et y prévoir des mesures d'interdiction ou des prescriptions telles que prévues au 1° ;

3° De définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises, dans les zones mentionnées au 1° et au 2°, par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ainsi que celles qui peuvent incomber aux particuliers ;

4° De définir, dans les zones mentionnées au 1° et au 2°, les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existants à la date de l'approbation du plan qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs.

III.– La réalisation des mesures prévues aux 3° et 4° du II peut être rendue obligatoire en fonction de la nature et de l'intensité du risque dans un délai de cinq ans, pouvant être réduit en cas d'urgence. A défaut de mise en conformité dans le délai prescrit, le préfet peut, après mise en demeure non suivie d'effet, ordonner la réalisation de ces mesures aux frais du propriétaire, de l'exploitant ou de l'utilisateur.

IV.– Les mesures de prévention prévues aux 3° et 4° du II, concernant les terrains boisés, lorsqu'elles imposent des règles le gestion et d'exploitation forestière ou la réalisation de travaux de prévention concernant les espaces boisés mis à la charge des propriétaires et exploitants forestiers, publics ou privés, sont prises conformément aux dispositions du titre II du livre III et du livre IV du code forestier.

V.– Les travaux de prévention imposés en application du 4° du II à des biens construits ou aménagés conformément aux dispositions du Code de l'urbanisme avant l'approbation du plan et mis à la charge des propriétaires, exploitants ou utilisateurs ne peuvent porter que sur des aménagements limités.

Art. L. 562-2. *[Art. 40-2 de la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987, créé par l'art. 16-I de la loi n° 95-101 du 2 février 1995]* – Lorsqu'un projet de plan de prévention des risques naturels prévisibles contient certaines des dispositions mentionnées au 1° et au 2° du II de l'article L. 562-1 et que l'urgence le justifie, le préfet peut, après consultation des maires concernés, les rendre immédiatement opposables à toute personne publique ou privée par une décision rendue publique.

Ces dispositions cessent d'être opposables si elles ne sont pas reprises dans le plan approuvé ou si le plan n'est pas approuvé dans un délai de trois ans.

Art. L. 562-3. *[Art. 40-3 de la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987, créé par l'art. 16-I de la loi n° 95-101 du 2 février 1995]* – Après enquête publique, et après avis des conseils municipaux des communes sur le territoire desquelles il doit s'appliquer, le plan de prévention des risques naturels prévisibles est approuvé par arrêté préfectoral.

Art. L. 562-4. *[Art. 40-4 de la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987, créé par l'art. 16-I de la loi n° 95-101 du 2 février 1995]* – Le plan de prévention des risques naturels prévisibles approuvé vaut servitude d'utilité publique. Il est annexé au plan d'occupation des sols, conformément à l'article L. 126-1 du Code de l'urbanisme.

Le plan de prévention des risques naturels prévisibles approuvé fait l'objet d'un affichage en mairie et d'une publicité par voie de presse locale en vue d'informer les populations concernées.

Art. L. 562-5. *[Art. 40-5 de la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987, créé par l'art. 16-I de la loi n° 95-101 du 2 février 1995]* – **I.–** Le fait de construire ou d'aménager un terrain dans une zone interdite par un plan de prévention des risques naturels prévisibles approuvé ou de ne pas respecter les conditions de réalisation, d'utilisation ou d'exploitation prescrites par ce plan est puni des peines prévues à l'article L. 480-4 du Code de l'urbanisme.

II.– Les dispositions des articles L. 460-1, L. 480-1, L. 480-2, L. 480-3, L. 480-5 à L. 480-9 et L. 480-12

du Code de l'urbanisme sont également applicables aux infractions visées au I du présent article, sous la seule réserve des conditions suivantes :

1° Les infractions sont constatées, en outre, par les fonctionnaires et agents commissionnés à cet effet par l'autorité administrative compétente et assermentés ;

2° Pour l'application de l'article L. 480-5 du Code de l'urbanisme, le tribunal statue au vu des observations écrites ou après audition du maire ou du fonctionnaire compétent, même en l'absence d'avis de ces derniers, soit sur la mise en conformité des lieux ou des ouvrages avec les dispositions du plan, soit sur leur rétablissement dans l'état antérieur ;

3° Le droit de visite prévu à l'article L. 460-1 du Code de l'urbanisme est ouvert aux représentants de l'autorité administrative compétente.

Art. L. 562-6. *[Art. 40-6 de la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987, créé par l'art. 16-I de la loi n° 95-101 du 2 février 1995]* – Les plans d'exposition aux risques naturels prévisibles approuvés en application du I de l'article 5 de la loi n° 82-600 du 13 juillet 1982 relative à l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles valent plan de prévention des risques naturels prévisibles. Il en est de même des plans de surfaces submersibles établis en application des articles 48 à 54 du Code du domaine public fluvial et de la navigation intérieure, des périmètres de risques institués en application de l'article R. 111-3 du Code de l'urbanisme, ainsi que des plans de zones sensibles aux incendies de forêt établis en application de l'article 21 de la loi n° 91-5 du 3 janvier 1991 modifiant diverses dispositions intéressant l'agriculture et la forêt. Leur modification ou leur révision est soumise aux dispositions du présent chapitre.

Les plans ou périmètres visés à l'alinéa précédent en cours d'élaboration au 2 février 1995 sont considérés comme des projets de plans de prévention des risques naturels, sans qu'il soit besoin de procéder aux consultations ou enquêtes publiques déjà organisées en application des procédures antérieures propres à ces documents.

Art. L. 562-7. *[Art. 40-7 de la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987, créé par l'art. 16-I de la loi n° 95-101 du 2 février 1995]* – Un décret en Conseil d'Etat précise les conditions d'application des articles L. 562-1 à L. 562-6. Il définit notamment les éléments constitutifs et la procédure d'élaboration et de révision des plans de prévention des risques naturels prévisibles, ainsi que les conditions dans lesquelles sont prises les mesures prévues aux 3° et 4 du II de l'article L. 562-1.

Art. L. 562-8. *[Art. 16 de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992, modifié par l'art. 20-1 de la loi n° 95-101 du 2 février 1995]* – Dans les parties submersibles des vallées et dans les autres zones inondables, les plans de prévention des risques naturels prévisibles définissent, en tant que de besoin, les interdictions et les prescriptions techniques à respecter afin d'assurer le libre écoulement des eaux et la conservation, la restauration ou l'extension des champs d'inondation.

Art. L. 562-9. *[Art. 21 de la loi n° 91-5 du 3 janvier 1991, modifié par l'art. 21 de la loi n° 95-101 du 2 février 1995]* – Afin de définir les mesures de prévention à mettre en œuvre dans les zones sensibles aux incendies de forêt, le préfet élabore, en concertation avec les conseils régionaux et conseils généraux intéressés, un plan de prévention des risques naturels prévisibles.

Chapitre III

Autres mesures de prévention

Art. L. 563-1. *[Art. 41 de la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987, modifié par l'art. 16-II de la loi n° 95-101 du 2 février 1995]* – Dans les zones particulièrement exposées à un risque sismique ou cyclonique, des règles particulières de construction parasismique ou paracyclonique peuvent être imposées aux équipements, bâtiments et installations.

Si un plan de prévention des risques naturels prévisibles est approuvé dans l'une des zones mentionnées au premier alinéa, il peut éventuellement fixer, en application de l'article L. 562-1, des règles plus sévères.

Un décret en Conseil d'État définit les modalités d'application du présent article.

Art. L. 563-2. *[Art. 78 de la loi n° 85-30 du 9 janvier 1985]* – Dans les zones de montagne, en l'absence de plan de prévention des risques naturels prévisibles, les documents d'urbanisme ainsi que les projets de travaux, constructions ou installations soumis à une demande d'autorisation ou à une décision de prise en considération tiennent compte des risques naturels spécifiques à ces zones, qu'il s'agisse de risques préexistants connus ou de ceux qui pourraient résulter des modifications de milieu envisagées.

Cette prise en compte s'apprécie en fonction des informations dont peut disposer l'autorité compétente. Sans préjudice des dispositions des deux alinéas ci-dessus, le représentant de l'État visé à l'article L. 145-11 du Code de l'urbanisme pour les unités touristiques nouvelles et à l'article L. 445-1 du même code pour les remontées mécaniques tient compte des risques naturels pour la délivrance des autorisations correspondantes.

[...].

Décret nº 91-461 du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique

(NOR : ENVP9161913D) / JO du 17 mai 1991, p. 6650 et suivantes.

➢ *Pour obtenir la liste nationale des départements, arrondissements et cantons compris dans l'une des cinq zones de sismicité visées dans le présent décret, il est demandé de bien vouloir se reporter aux références du Journal Officiel.*

Le Premier ministre,

Sur le rapport du ministre délégué à l'environnement et à la prévention des risques technologiques et naturels majeurs.

Vu la loi nº 87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs et notamment son article 41 ;

Vu le décret nº 90-918 du 11 octobre 1990 relatif à l'exercice du droit d'information sur les risques majeurs pris en application de l'article 21 de la loi du 22 juillet 1987 susvisée ;

Le Conseil d'état (section des travaux publics) entendu,

Décrète :

Art. 1er. *[modifié par art. 1er. – I – du décret nº 2000-892 du 13 sept. 2000]* – Le présent décret définit les modalités d'application de l'article 41 de la loi du 22 juillet 1987 susvisée, en ce qui concerne les règles particulières de construction parasismique pouvant être imposées aux équipements, bâtiments et installations dans les zones particulièrement exposées à un risque sismique.

[Ancien art. 1er. – « Les dispositions mentionnées à l'article 41 de la loi nº 87-565 du 22 juillet 1987 susvisée destinées à la mise en œuvre de la prévention du risque sismique et applicables aux bâtiments, équipements et installations nouveaux sont définies par le présent décret. »].

Art. 2. – Pour la prise en compte du risque sismique, les bâtiments, les équipements et les installations sont répartis en deux catégories, respectivement dites « à risque normal » et « à risque spécial ».

Art. 3. – La catégorie dite « à risque normal » comprend les bâtiments, équipements et installations pour lesquels les conséquences d'un séisme demeurent circonscrites à leurs occupants et à leur voisinage immédiat.

Ces bâtiments, équipements et installations sont répartis en quatre classes :

– classe A : aux dont la défaillance ne présente qu'un risque minime pour les personnes ou l'activité économique ;

– classe B : ceux dont la défaillance présente un risque dit moyen pour les personnes ;

– classe C : ceux dont la défaillance présente un risque élevé pour les personnes et ceux présentant le même risque en raison de leur importance socio-économique.

En outre la catégorie « à risque normal » comporte une classe D regroupant les bâtiments, les équipements et les installations dont le fonctionnement est primordial pour la sécurité civile, pour la défense ou pour le maintien de l'ordre public.

Art. 4. – Pour l'application des mesures de prévention du risque sismique aux bâtiments, équipements et installations de la catégorie dite « à risque normal », le territoire national est divisé en cinq zones de sismicité croissante :

– zone 0 ;
– zone I a ;
– zone I b ;
– zone II ;
– zone III.

La répartition des départements, des arrondissements et des cantons entre ces zones est définie par l'annexe au présent décret.

Art. 5. – Des mesures préventives et notamment des règles de construction, d'aménagement et d'exploitation parasismiques sont appliquées aux bâtiments, aux équipements et aux installations de la catégorie dite « à risque normal », appartenant aux classes B, C et D et situés dans les zones de sismicité I a, I b, II et III, respectivement définies aux articles 3 et 4 du présent décret.

Pour l'application de ces mesures, des arrêtés pris conjointement par le ministre chargé de la prévention des risques majeurs et les ministres concernés définissent la nature et les caractéristiques des bâtiments, des équipements et des installations, les mesures techniques préventives ainsi que les valeurs caractérisant les actions des séismes à prendre en compte.

[art. 1er. – II – du décret nº 2000-892 du 13 septembre 2000]

Les dispositions ci-dessus s'appliquent :

– aux équipements, installations et bâtiments nouveaux ;

– aux additions aux bâtiments existants par juxtaposition, surélévation ou création de surfaces nouvelles ;

– aux modifications importantes des structures des bâtiments existants.

Art. 6. – La catégorie dite « à risque spécial » comprend les bâtiments, les équipements et les installations pour lesquels les effets sur les personnes, les biens et l'environnement de dommages même mineurs résultant d'un séisme peuvent ne pas être circonscrits au voisinage immédiat desdits bâtiments, équipements et installations.

Art. 7. – Des mesures préventives et. notamment des règles de construction, d'aménagement et d'exploitation parasismiques sont appliquées aux bâtiments, aux équipements et aux installations de la catégorie dite « à risque spécial ».

Pour l'application de ces mesures, des arrêtés pris conjointement par le ministre chargé de la prévention des risques majeurs et les ministres concernés définissent la nature et les caractéristiques des bâtiments, des équipements et des installations, les mesures techniques préventives ainsi que les valeurs caractérisant les actions des séismes à prendre en compte.

Art. 7-1. *[art. 1er. – III – du décret nº 2000-892 du 13 septembre 2000]* **-** Lorsqu'il prend en compte un risque sismique, un plan de prévention des risques naturels prévisibles, établi en application des articles 40-1 à 40-7 de la loi du 22 juillet 1987 susvisée, peut fixer des règles de construction plus sévères que les règles définies en application des articles 5 et 7, en ce qui concerne notamment la nature et les caractéristiques des bâtiments, équipements et des installations, les mesures techniques préventives ainsi que les valeurs caractérisant les actions de séismes à prendre à compte.

Art. 8. – Le 2° de l'article 2 du décret du 11 octobre 1990 susvisé est ainsi rédigé :

« *2°* Situées dans les zones de sismicité 1 a, I b, II et III définies par le décret nº 91-461 du 14 mai 1991. »

Art. 9. – Le ministre d'État, ministre de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports, le ministre d'État, ministre de l'économie, des finances et du budget, le garde des sceaux, ministre de la justice, le ministre de la défense, le ministre de l'intérieur, le ministre de l'industrie et de l'aménagement du territoire, le ministre de l'agriculture et de la forêt, le ministre du travail, de l'emploi et de la formation professionnelle, le ministre de l'équipement, du logement, des transports et de la mer, le ministre des départements et territoires d'outre-mer, porte-parole du Gouvernement, le ministre délégué à l'environnement et à la prévention des risques technologiques et naturels majeurs et le ministre délégué au budget sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

ANNEXE AU DÉCRET RELATIF À LA PRÉVENTION DU RISQUE SISMIQUE

Répartition des départements, des arrondissements et des cantons entre les cinq zones de sismicité

Cette liste est conforme au code officiel géographique édité par l'Institut national de la statistique et des études économiques et mis à jour au 1er janvier 1989.

L'appartenance d'un site donné à une zone sismique est déterminée par l'appartenance de ce site à un département, à un arrondissement ou à un canton, par référence au découpage administratif valable le 1er janvier 1989, quelles que puissent être les modifications ultérieures de ce découpage.

[Cf, se reporter au JO du même jour pour obtenir la liste détaillée des départements, arrondissements et cantons soumis à l'une des cinq zones de sismicité].

Décret nº 2000-892 du 13 septembre 2000 portant modification du code de la construction et de l'habitat et du décret nº 91-481 du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique

(NOR : ATEP0080057D) / JO du 15 septembre 2000, p. 14495.

Le Premier ministre,

Sur le rapport de la ministre de l'aménagement du territoire et de l'environnement,

Vu le code de la construction et de l'habitation ;

Vu la loi nº 87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs, modifiée notamment par la loi nº 95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement, notamment son article 41 ;

Vu le décret nº 91-461 du 14 mai 1991 modifié relatif à la prévention du risque sismique ;

Vu le décret nº 95-1089 du 5 octobre 1995 relatif aux plans de prévention des risques naturels prévisibles ;

Le Conseil d'État (section des travaux publics) entendu,

Décrète :

Art. 1 – Le décret du 14 mai 1991 susvisé est modifié ainsi qu'il suit :

I.– L'article 1er est remplacé par les dispositions suivantes :

« *Art. 1er.* – Le présent décret définit les modalités d'application de l'article 41 de la loi du 22 juillet 1987 susvisée, en ce qui concerne les règles particulières de construction parasismique pouvant être imposées aux équipements, bâtiments et installations dans les zones particulièrement exposées à un risque sismique. »

II.– L'article 5 est complété par un alinéa ainsi rédigé :

« Les dispositions ci-dessus s'appliquent :

– aux équipements, installations et bâtiments nouveaux ;

– aux additions aux bâtiments existants par juxtaposition, surélévation ou création de surfaces nouvelles ;

– aux modifications importantes des structures des bâtiments existants. «

III.– Après l'article 7, est inséré un article 7-1 ainsi rédigé :

« *Art. 7-1.* – Lorsqu'il prend en compte un risque sismique, un plan de prévention des risques naturels prévisibles, établi en application des articles 40-1 à 40-7 de la loi du 22 juillet 1987 susvisée, peut fixer des règles de construction plus sévères que les règles définies en application des articles 5 et 7, en ce qui concerne notamment la nature et les caractéristiques des bâtiments, des équipements et des installations, les mesures techniques préventives ainsi que les valeurs caractérisant les actions de séismes à prendre en compte. »

Art. 2. – Il est créé, au chapitre II du titre Ier du livre Ier du code de la construction et de l'habitation, une section première intitulée « Dispositions spéciales relatives à la prévention du risque sismique », comprenant. un article R. 112-1 ainsi rédigé :

« *Art. R. 112-1* – Dans les zones particulièrement exposées à un risque sismique, les règles concernant la nature et les caractéristiques des bâtiments, des équipements et des installations et les mesures techniques préventives doivent respecter les dispositions du décret no 91-461 du 14 mai 1991 modifié relatif à la prévention du risque sismique, sans préjudice de l'application des règles plus sévères fixées par un plan de prévention des risques naturels prévisibles,. lorsqu'il existe. »

Art. 3. – Le ministre de l'intérieur, le ministre de l'équipement, des transports et du logement, la ministre de l'aménagement du territoire et de l'environnement, le secrétaire d'État à l'outre-mer et le secrétaire d'État au logement sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Arrêté du 10 mai 1993 fixant les règles parasismiques applicables aux installations soumises à la législation sur les installations classées (JO no 163 du 17 juillet 1993)

Le ministre de l'Environnement,

Vu la loi no 76-663 du 19 juillet 1976 modifiée relative aux installations classées pour la protection de l'environnement ;

Vu la loi no 87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs, notamment son article 41 ;

Vu le décret no 77-1133 du 21 septembre 1977 pris pour l'application de la loi no 76-663 ;

Vu le décret no 77-1141 du 12 octobre 1977, et notamment son article 2 ;

Vu le décret no 91-461 du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique ;

Vu l'avis du Conseil supérieur des installations classées en date du 30 octobre 1992,

Arrête :

Art. 1er. – Sont visées par le présent arrêté :

Les installations énumérées à la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement sous la mention « servitudes d'utilité publique », à l'exception des installations dont l'étude des dangers montre qu'elles ne présentent pas, en cas de séisme, des dangers d'incendie, d'explosion ou d'émanation de produits nocifs susceptibles de porter atteinte aux intérêts visés à l'article 1er de la loi du 19 juillet 1976 susvisée en aggravant notablement les conséquences premières du séisme ;

Les installations classées non visées ci-dessus pour lesquelles le préfet, après avis du conseil départemental d'hygiène, constate qu'elles présentent en cas de séisme des dangers d'incendie, d'explosion ou d'émanation de produits nocifs susceptibles de porter atteinte aux intérêts visés à l'article 1er de la loi du 19 juillet 1976 susvisée en aggravant notablement les conséquences premières du séisme. Dans ce cas, les mesures prévues au présent arrêté sont prescrites par un arrêté préfectoral pris dans les formes prévues à l'article 17 ou 18 du décret du 21 septembre 1977 susvisé.

Art. 2. – L'exploitant d'une installation visée à l'article 1er évalue le ou les « séismes maximaux historiquement vraisemblables » (SMHV) à partir des données historiques et géologiques.

Le SMHV est défini de manière déterministe, en supposant que des séismes analogues aux séismes historiquement connus sont susceptibles de se produire dans l'avenir avec une position d'épicentre qui soit la plus pénalisante quant à ses effets en terme d'intensité sur le site, sous réserve que cette position reste compatible avec les données géologiques et sismiques.

Art. 3. – Pour chaque séisme maximum historiquement vraisemblable ainsi déterminé, est défini le « séisme majoré de sécurité » (SMS) déduit du SMHV sur le site par la relation suivante (exprimée en unité d'intensité MSK.) : intensité SMS = intensité SMHV + 1, sous réserve que cette majoration reste compatible avec les données géologiques et sismiques. Chaque SMS est caractérisé par un spectre de réponse, c'est-à-dire la

courbe représentant l'amplitude maximale de la réponse d'un oscillateur simple en fonction de sa fréquence. Ce spectre est représentatif du mouvement dans une direction d'un point à la surface du sol.

Art. 4. – Pour les installations situées dans les zones de sismicité 0 et Ia, telles que définies par l'article 4 du décret nº 91-461 du 14 mai 1991 susvisé et son annexe, l'exploitant peut substituer aux dispositions prévues aux articles 2 et 3 ci-dessus la définition a priori d'un séisme majoré de sécurité. Ce dernier est alors caractérisé par le spectre de réponse, en accélération horizontale, obtenu en multipliant les ordonnées du spectre de référence, défini par l'annexe au présent arrêté, par une accélération de calage au moins égale à 1,5 m/s2 pour la zone de sismicité 0 et à 2,0 m/s2 pour la zone de sismicité Ia. Lorsque le préfet dispose de résultats d'études locales mettant en évidence des différences notables entre les séismes majorés obtenus par les méthodes définies à l'alinéa précédent et aux articles 2 et 3, il peut imposer à l'exploitant d'avoir recours aux dispositions des articles 2 et 3, sans possibilité d'y déroger dans les conditions définies à l'alinéa précédent.

Art. 5. – L'exploitant établit, en tenant compte de l'étude de danger, la liste des éléments qui sont importants pour la sûreté aussi bien pour prévenir les causes d'un accident que pour en limiter les conséquences. Cette liste doit comprendre les équipements principaux ou accessoires ainsi que les éléments de supportage et les structures dont la défaillance, éventuellement combinée, entraînerait un danger défini à l'article 1er, de même que les éléments qui sont appelés à intervenir pour pallier les effets dangereux de la défaillance d'un autre matériel.

Art. 6. – Les éléments importants pour la sûreté définis à l'article 5 doivent continuer à assurer leur fonction de sûreté pour chacun des séismes majorés de sécurité définis à l'article 3 ou, lorsqu'il en est fait usage, à l'article 4. L'exploitant établit les justifications nécessaires en étudiant la réponse de ces équipements à des actions sismiques au moins égales à celles correspondant au spectre de réponse défini à l'article 3 ou, lorsqu'il en est fait usage, à l'article 4. Pour celles-ci l'exploitant pourra prendre en compte la possibilité d'incursion dans le domaine plastique soit par la prise en compte de coefficients de comportement, soit par l'utilisation de critères traduisant le comportement élastoplastique. Ces coefficients et critères doivent être compatibles avec la fonction de sûreté de l'équipement considéré.

Art. 7. – Les évaluations, inventaire, justification et définition prévus respectivement aux articles 2, 3, 5 et 6 seront transmis à l'inspection des installations classées.

Art. 8. – Les dispositions du présent arrêté sont applicables à toute installation dont le dépôt de la demande d'autorisation d'exploiter au titre de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement intervient plus d'un an après la date de publication du présent arrêté ; elles pourront être rendues applicables en tout ou partie aux installations existantes dans les conditions prévues à l'article 18 du décret no 77-1133 du 21 septembre 1977. Ces dispositions ne font pas obstacle aux mesures qui peuvent être prescrites compte tenu des particularités des sites concernés, dans le cadre des arrêtés réglementant leur fonctionnement.

Art. 9. – Le directeur de la prévention des pollutions et des risques et les préfets de département sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait à Paris, le 10 mai 1993.

Pour le ministre et par délégation :
Le directeur de la prévention des pollutions et des risques, délégué aux risques majeurs,
H. LEGRAND

ANNEXE SPECTRE D'OSCILLATEUR NORME

Composantes horizontales

Amortissements réduits 2 %, 5 %, 7 %, 10 %, 20 % et 50 %

Le tableau peut être consulté dans le JO nº 0163 du 17/07/1993

Le spectre de la composante verticale est déduit en multipliant les ordonnées du spectre ci-dessus par 2/3.

Arrêté du 15 septembre 1995 relatif à la classification et aux règles de construction parasismiques applicables aux ponts de catégorie dite à « risque normal » telle que définie par le décret nº 91-461 du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique

(NOR : ENVP9540193A) / JO du..... octobre 1995, p. 14651.

Le ministre de l'aménagement du territoire, de l'équipement et des transports, le ministre de la défense, le ministre de l'intérieur, le ministre de la réforme de l'État, de la décentralisation et de la citoyenneté, le ministre de l'outre-mer et le ministre de l'environnement,
Vu le code de la route, notamment son article R. 1 ;

Vu le code de la voirie routière, notamment ses articles L. 122-1 et L. 151-1 ;

Vu la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs, modifiée par la loi n° 95-101 du 2 février 1995 ;

Vu le décret du 17 avril 1985 portant approbation du schéma directeur des voies navigables ;

Vu le décret n° 91-461 du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique ;

Vu le décret n° 92-355 du 1er avril 1992 portant approbation des liaisons ferroviaires à grande vitesse ;

Vu le décret n° 92-379 du 1er avril 1992 portant approbation du schéma directeur routier national ;

Vu le décret n° 95-260 du 8 mars 1995 créant la commission consultative départementale de sécurité et d'accessibilité ;

Arrêtent :

Art. 1er. – Le présent arrêté définit les règles de classification et de construction parasismique pour les ponts nouveaux de la catégorie dite « à risque normal » en vue de l'application des articles 3 et 5 du décret du 14 mai 1991 susvisé mentionnant les mesures préventives devant être appliquées aux bâtiments, équipements et installations nouveaux de cette catégorie.

Sont visés par le présent arrêté les ponts nouveaux définitifs, publics et privés, ainsi que les murs de soutènement qui en sont solidaires.

Les ponts construits en utilisant tout ou partie des fondations d'un ouvrage antérieur sont considérés, pour l'application du présent arrêté, comme ponts nouveaux.

Art. 2. – Pour application du présent arrêté, les ponts de la catégorie dite « à risque normal » sont classés comme suit :

En classe A :

– les ponts qui n'appartiennent pas au domaine public et ne desservant pas d'établissement recevant du public.

En classe B :

– Les ponts qui n'appartiennent pas au domaine public mais qui desservent un établissement recevant du public, ainsi que les ponts qui appartiennent au domaine public et ne sont rangés ni en classe C ni en classe D.

En classe C :

– Les ponts qui appartiennent au domaine public et qui portent, franchissent ou longent au moins une des voies terrestres ci-après :

* Autoroutes mentionnées à l'article L. 122-1 du code de la voirie routière ;

* Routes express mentionnées à l'article L. 151-1 du code de la voirie routière ;

* Liaisons assurant la continuité du réseau autoroutier (L.A.C.R. A) mentionnées au schéma directeur routier national approuvé par décret du 1er avril 1992 susvisé ;

* Grandes liaisons d'aménagement du territoire (G.L.A. T) mentionnées au même schéma ;

* Voies à grande circulation définies à l'article R. 1 du code de la route ;

* Liaisons ferroviaires à grande vitesse mentionnées au décret du 1er avril 1992 susvisé ;

– Les ponts-canaux qui n'appartiennent pas à la catégorie à risque spécial ;

– Les ponts situés dans les emprises des ports maritimes et fluviaux, à l'exclusion des ports de plaisance ;

– Les ponts de piste d'avion qui ne sont pas rangés en classe D.

En classe D :

– Les ponts de piste d'avion appartenant à des aérodromes des catégories A, B et C, suivant les I.T.A. C (instructions techniques pour les aérodromes civils édictées par la direction générale de l'aviation civile), dénommés respectivement 4C, 4D et 4E suivant le code O.A.C. I (organisation de l'aviation civile internationale).

– Les ponts dont l'utilisation est primordiale pour les besoins de la sécurité civile, de la défense nationale ainsi que pour le maintien de l'ordre public. Le classement en catégorie D est prononcé par le préfet chaque fois que l'ouvrage constitue un point essentiel pour l'organisation des secours.

Tout pont nouveau définitif dont l'endommagement pourrait provoquer des dommages à un bâtiment, équipement ou installation de classe désignée par une lettre de rang alphabétique supérieur reçoit ce dernier classement.

Art. 3. – Les ponts nouveaux définitifs classés B, C ou D par application de l'article 2 du présent arrêté et situés dans les zones de sismicité Ia, Ib, II ou III définies par l'article 4 du décret du 4mai 1991 susvisé et son annexe doivent être construits par application des règles mentionnées à l'article 4 du présent arrêté.

Tout pont qui a des fondations dans deux zones de sismicité différentes est considéré comme étant situé tout entier dans la zone de sismicité supérieure.

Art. 4. – Les règles de construction à appliquer aux ponts nouveaux définitifs mentionnés à l'article 3 du présent arrêté sont celles du document « Guide A.F.P. S 1992 pour la protection parasismique des ponts », publié par l'Association française du génie parasismique (presse de l'E.N.P. C, 1995), ou celles du document d'application nationale de l'Eurocode 8, partie 2, Ponts.

Ces règles doivent être appliquées au moyen d'une accélération nominale notée « an », qui caractérise l'action sismique à prendre en compte et dont la

valeur résulte à la fois de la situation du pont au regard de la zone sismique et de la classe du pont. Les valeurs de « an » exprimées en m/s² sont données par le tableau suivant :

Zones	Classes		
	B	C	D
Ia	1,0	1,5	2,0
Ib	1,5	2,0	2,5
II	2,5	3,0	3,5
III	3,5	4,0	4,5

Toutefois, pour les ponts classés B et C pour lesquels la surface utile de la brèche est inférieure à 150 mètres carrés ou pour lesquels la valeur « an », telle qu'elle ressort du tableau ci-dessus, n'excède pas 1,5, l'application des règles définies dans le Guide A.F.P. S 1992 pour la protection parasismique des ponts peut être limitée à celle des mesure constructives définies par ledit document.

Art. 5. – Les dispositions du présent arrêté sont applicables le premier jour du sixième mois suivant celui de sa publication au Journal officiel de la République française. Elles s'appliquent aux ponts qui feront l'objet d'une dévolution des travaux après cette date.

Art. 6. – Le directeur de la prévention des pollutions et des risques, le directeur des routes, le directeur de l'aviation civile, le directeur des transports terrestres, le directeur des ports et de la navigation maritime, le directeur de l'administration générale du ministère de la défense, le directeur de la sécurité civile, le directeur général des collectivités locales et le directeur des affaires économiques, sociales et culturelles de l'outre-mer sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait à Paris, le 15 septembre 1995.

Arrêté du 29 mai 1997 relatif à la classification et aux règles de construction applicables aux bâtiments de la catégorie dite « à risque normal » telle que définie par le décret nº 91-461 du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique

(NOR : ENVP9760254A) / JO du 3 juin 1997, p. 8985 et 8986

Le ministre de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche, le ministre de la défense, le ministre de l'équipement, du logement, des transports et du tourisme, le ministre de l'intérieur, le ministre de l'économie et des finances, le ministre de l'environnement, le ministre de l'industrie, de la poste et des télécommunications, le ministre de la fonction publique, de la réforme de l'État et de la décentralisation, le ministre délégué à l'outre-mer, le ministre délégué au logement, le ministre délégué au budget, porte-parole du Gouvernement, et le secrétaire d'État à la santé et à la sécurité sociale,

Vu la directive de la Communauté économique européenne 83/189/CEE modifiée, et notamment la notification 96/0246/F,

Vu le code de la construction et de l'habitation, notamment ses articles R. 122-2, R. 123-2 et R. 123-19 ;

Vu le code de la santé publique, et notamment son article L. 711-2 ;

Vu la loi nº 87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs, notamment son article 41, tel que modifié par l'article 16-II de la loi nº 95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement ;

Vu le décret nº 91-461 du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique,

Arrêtent :

Art. 1er. – Le présent arrêté définit les règles de classification et de construction parasismique pour les bâtiments de la catégorie dite « à risque normal » en vue de l'application de l'article 5 du décret du 14 mai 1991 susvisé mentionnant que des mesures préventives sont appliquées aux bâtiments, équipements et installations de cette catégorie, et vise notamment l'application des règles aux bâtiments nouveaux ainsi que, dans les conditions définies à l'article 3 du présent arrêté, à certains bâtiments existants faisant l'objet de certains travaux de construction.

Art. 2.-I – Classification des bâtiments.

Pour l'application du présent arrêté, les bâtiments de la catégorie dite « à risque normal » sont répartis en quatre classes définis par le décret du 14 mai 1991 susvisé et précisées par le présent article. Pour les bâtiments constitués de diverses parties relevant de classes différentes, c'est le classement le plus contraignant qui s'applique à leur ensemble.

Les bâtiments sont classés somme suit :

En classe A :

– les bâtiments dans lesquels est exclue toute activité humaine nécessitant un séjour de longue durée et non visés par les autres classes du présent article ;

En classe B :

– les bâtiments d'habitation individuelle ;

– les établissements recevant du public des 4° et 5° catégories au sens des articles R. 123-2 a R. 123-19 du code de la construction et de l'habitation ;

– les bâtiments dont la hauteur est inférieure ou égale à 28 mètres :

– bâtiments d'habitation collective ;

– bâtiments à usage de bureaux, non classés établissements recevant du public au sens de l'article R. 123-2 du code de la construction et de l'habitation, pouvant accueillir simultanément un nombre de personnes au plus égal à 300 ;

– les bâtiments destinés à l'exercice d'une activité industrielle pouvant accueillir simultanément un nombre de personnes au plus égal à 300 ;

– les bâtiments abritant les parcs de stationnement ouverts au public ;

En classe C :

– les établissements recevant du public des 1°, 2° et 3° catégories au sens des articles R. 123-2 et R. 123-19 du code de la construction et de l'habitation ;

– les bâtiments dont la hauteur dépasse 28 mètres :

– bâtiments d'habitation collective ;

– bâtiments à usage de bureaux

– les autres bâtiments pouvant accueillir simultanément plus de 300 personnes appartenant notamment aux types suivants :

– les bâtiments à usage de bureaux, non classés établissements recevant du public au sens de l'article R. 123-2 du code de la construction et de l'habitation ;

– les bâtiments destinés à l'exercice d'une activité industrielle ;

– les bâtiments des établissements sanitaires et sociaux, à l'exception de ceux des établissements de santé au sens de l'article L. 711-2 du code de la santé publique qui dispensent des soins de courte durée ou concernant des affections graves pendant leur phase aiguë en médecine, chirurgie et obstétrique et qui sont mentionnés à la classe D ci-dessous ;

– Les bâtiments des centres de production collective d'énergie quelle que soit leur capacité d'accueil ;

En classe D :

– les bâtiments dont la protection est primordiale pour les besoins de la sécurité civile et de la défense nationale ainsi que pour le maintien de l'ordre public et comprenant notamment :

– les bâtiments abritant les moyens de secours en personnels et matériels et présentant un caractère opérationnel ;

– les bâtiments définis par le ministre chargé de la défense, abritant le personnel et le matériel de la défense et présentant un caractère opérationnel ;

– les bâtiments contribuant au maintien des communications, et comprenant notamment ceux :

– des centres principaux vitaux des réseaux de télécommunications ouverts au public ;

– des centres de diffusion et de réception de l'information ;

– des tours hertziennes stratégiques ;

– des bâtiments et toutes leurs dépendances fonctionnelles assurant le contrôle de la circulation aérienne des aérodromes classés dans les catégories A, B et C2 suivant les instructions techniques pour les aérodromes civils (ITAC) édictées par la direction générale de l'aviation civile, dénommées respectivement 4C, 4D et 4E suivant l'organisation de l'aviation civile internationale (OACI) ;

– les bâtiments des établissements de santé au sens de l'article L. 711-2 du code de la santé publique qui dispensent des soins de courte durée ou concernant des affections graves pendant leur phase aiguë en médecine, chirurgie et obstétrique ;

– les bâtiments de production ou de stockage d'eau potable ;

– les bâtiments des centres de distribution publique de l'énergie ;

– les bâtiments des centres météorologiques.

II – Détermination du nombre de personnes :

Pour l'application de la classification ci-dessus, le nombre des personnes pouvant être simultanément accueillies dans un bâtiment est déterminé comme suit :

– pour les établissements recevant du public : selon la réglementation en vigueur ;

– pour les bâtiments à usage de bureaux ne recevant pas du public : en comptant une personne pour une surface de plancher hors d'œuvre nette égale à 12 mètres carrés ;

– pour les autres bâtiments : sur déclaration du maître d'ouvrage.

Art. 3. – Les règles de construction, définies à l'article 4 du présent arrêté, s'appliquent dans les zones de sismicité Ia, Ib, II ou III définies par l'article 4 du décret du 14 mai 1991 susvisé :

1° A la construction de bâtiments nouveaux des classes B, C et D ;
2° Aux bâtiments existants des classes B, C et D dans lesquels il est procédé au remplacement total des planchers en superstructure ;
3° Aux additions par juxtaposition de locaux :
– à des bâtiments existants de classe C ou D dont elles sont désolidarisées par un joint de fractionnement ;
– à des bâtiments existants de la classe B dont elles sont ou non solidaires ;
4° A la totalité des bâtiments, additions éventuelles comprises, dans un au moins des cas suivants :
– addition par surélévation avec création d'au moins un niveau supplémentaire, même partiel, à des bâtiments existants de classe B, C ou D ;
– addition par juxtaposition de locaux solidaires, sans joint de fractionnement, à des bâtiments existants de classe C ou D ;
– création d'au moins un niveau intermédiaire dans des bâtiments existants de classe C ou D ;
Pour l'application des 3° et 4° ci-dessus, la classe à considérer est celle des bâtiments après addition ou transformation. Au cas où l'application des critères ci-dessus ne permet pas de définir sans ambiguïté la nature des travaux d'addition ou de transformation et, notamment, d'opérer la distinction entre la surélévation et la juxtaposition, c'est la définition la plus contraignante qui s'applique.

Art. 4.-I – Les règles de construction applicables aux bâtiments mentionnés à l'article 3 du présent arrêté sont celles de la norme NF P 06-013, référence DTU, règles PS 92 « Règles de construction parasismique, règles applicables aux bâtiments dites règles PS 92 ».
Ces règles doivent être appliquées avec une valeur de l'accélération nominale a^n résultant de la situation du bâtiment par rapport à la zone sismique, telle que définie par l'article 4 du décret du 14 mai 1991 susvisé et son annexe, et de la classe, telle que définie à l'article 2 du présent arrêté à laquelle appartient le bâtiment.
Les valeurs minimales de ces accélérations, exprimées en mètres par seconde au carré, sont données par le tableau suivant :

Zones	Classes		
	B	C	D
Ia	1,0	1,5	2,0
Ib	1,5	2,0	2,5
II	2,5	3,0	3,5
III	3,5	4,0	4,5

II – Pour les bâtiments appartenant à la classe B définis au paragraphe 1.1 (Domaine d'application) de la norme NF P 06-014 « Construction parasismique des maisons individuelles et des bâtiments assimilés, règles PS-MI 89 révisées 92 » et qui sont situés dans l'une des zones de sismicité Ia, Ib ou II, l'application des dispositions définies dans cette même nome dispense de l'application des règles indiquées au I du présent article.

Art. 5. – L'arrêté du 16 juillet 1992 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la catégorie dite « à risque normal » telle que définie par le décret du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique est abrogé aux dates d'entrée en application du présent arrêté telles que précisées à l'article 6 ci-dessous.

Art. 6. – Les dispositions du présent arrêté sont applicables au plus tard, le premier jour du septième mois suivant sa publication, aux bâtiments faisant l'objet d'une demande de permis de construire, ou d'une demande d'autorisation au sens de l'article R. 123-23 du code de la construction et de l'habitation ou, en dehors des cas indiqués précédemment, d'un début de travaux, à l'exception des bâtiments d'habitation collective dont la hauteur est inférieure ou égale à 28 mètres, pour lesquels l'application des dispositions du présent arrêté est reportée, au plus tard, au premier jour du treizième mois suivant la publication.

Art. 7. – Le directeur de la prévention des pollutions et des risques, délégué aux risques majeurs, le directeur de l'eau, le directeur général des enseignements supérieurs, le directeur de la recherche et des affaires scientifiques et techniques, le directeur de l'administration générale du ministère de la défense, le directeur général de l'aviation civile, le directeur de la sécurité civile, le directeur du Trésor, le directeur du budget, le directeur du service public au ministère de l'industrie de la poste et des télécommunications, le directeur général de l'énergie et des matières premières, le directeur général des collectivités locales, le directeur des affaires économiques, sociales et culturelles de l'outre-mer, le directeur de l'habitat et de la construction, le directeur général de la santé et le directeur des hôpitaux sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait à Paris, le 29 mai 1997.

Circulaire nº UHC/QC/21 nº 2000-77 du 31 octobre 2000 relative au contrôle technique des constructions pour la prévention du risque sismique

(NOR : EQUU0010188C) / non parue au JO

Textes sources :

– Articles L. 111-23 et L. 111-26 du code de la construction et de l'habitation ;

– Loi nº 87-656 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs, modifiée par la loi nº 95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement ;

– Décret nº 91-461 du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique, modifié par le décret no 2000-892 du 13 septembre 2000 ;

– Arrêté du 29 mai 1997 ;

– Norme NF P 03-100.

Dans les zones de risque sismique définies par le décret nº 91-461 du 14 mai 1991 (modifié par le décret nº 2000-892 du 13 septembre 2000) relatif à la prévention du risque sismique, les maîtres d'ouvrage et les gestionnaires de bâtiments sont responsables des dispositions et précautions prises pour respecter les règles de construction, d'aménagement et d'exploitation qui s'imposent aux bâtiments en raison de leur nature et de leur destination.

Un arrêté du 29 mai 1997 définit les règles de construction parasismique applicables aux bâtiments classés « à risque normal » comme définit par le décret nº 91-461 précité.

L'article R. 126-1 du code de la construction et de l'habitation prévoit de plus que les plans de prévention des risques sismiques peuvent imposer des règles particulières de construction, d'aménagement et d'exploitation.

Les règles de construction, comme le renforcement des bâtiments existants, visent d'abord à sauvegarder les vies humaines en cas de séisme majeur et à limiter les destructions en cas de séisme de plus faible intensité. Leur mise en œuvre réclame une grande vigilance à toutes les étapes des projets pour assurer la protection attendue, qu'il s'agisse de la conception architecturale, du dimensionnement des structures, du choix des matériaux ou des conditions d'exécution des travaux.

L'intervention d'un contrôleur technique agréé au sens des articles L. 111-23 et suivants du code de la construction et de l'habitation s'avère donc le plus souvent indispensable pour garantir que la solidité des ouvrages et la sécurité des personnes sont bien assurées pour les sollicitations à prendre en compte dans la zone sismique ou dans le périmètre du plan de prévention considéré.

Or, il est apparu que des maîtres d'ouvrages commanderaient et que des contrôleurs techniques accepteraient des missions de contrôle limitées aux missions de base L portant sur la solidité des ouvrages et des éléments d'équipements indissociables et S portant sur la sécurité des personnes dans les constructions (telles que définies par la norme NF P 03-100 intitulée « critères généraux pour la contribution du contrôle technique à la prévention des aléas techniques dans le domaine de la construction ») excluant implicitement la mission complémentaire PS relative à la sécurité des personnes dans les constructions en cas de séisme.

Une telle pratique est contraire à l'esprit et à la lettre des textes qui définissent le contrôle technique. Aussi je vous demande :

– de rappeler aux maîtres d'ouvrages qui construisent dans les zones de risque sismique leurs obligations au regard des articles 40 et 41 de la loi nº 87-656 modifiée du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs (plans de prévention des risques sismiques, règles de construction) ;

– de leur recommander, en amont de la demande de permis de construire, de confier à un contrôleur technique une mission de contrôle L +S étendue à la mission PS ;

– de rappeler aux contrôleurs techniques que, dans les zones sismiques, la solidité des ouvrages et la sécurité des personnes doivent s'apprécier au regard des sollicitations prévisibles auxquelles les ouvrages sont ou seront éventuellement soumis. De sorte que l'exécution d'une mission portant sur la solidité des ouvrages et des éléments qui font indissociablement corps avec ces ouvrages ou d'une mission portant sur la sécurité des personnes en cas de séisme engage directement leur responsabilité pour les dommages causés ultérieurement aux personnes comme aux biens.

Pour les constructions soumises au contrôle technique obligatoire en application de l'article R. 111-38 du code de la construction et de l'habitation, le champ du contrôle technique obligatoire, défini à l'article R. 111-39, s'étend sans ambiguïté au contrôle du respect des règles de construction parasismique.

Pour les maîtres d'ouvrage publics, le cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de contrôle technique retient d'office la réalisation des missions L+S+PS en zone sismique.

Vous veillerez à la bonne application de ces règles et prescriptions dans les opérations de construction que vous menez en qualité de maître d'ouvrage ou de conducteur d'opération.

Nous vous demandons de faire connaître cette instruction à l'ensemble des professionnels concernés et de la faire respecter en recourant si nécessaire aux dispositions de l'article R. 111-42 qui prévoit une peine d'amende pour le maître d'ouvrage ou son mandataire qui aura entrepris ou poursuivi des travaux sans avoir fait procéder au contrôle technique dans le cas où celui-ci est obligatoire.

Vous voudrez bien nous saisir des difficultés rencontrées dans la mise en œuvre de ces dispositions.

DESCRIPTION SIMPLIFIÉE DE L'ÉCHELLE D'INTENSITÉ EMS 98

L'échelle EMS 98 (European Macroseismic Scale) est la nouvelle échelle utilisée par le Bureau Central Sismologique Français (BCSF). Elle remplace l'ancienne échelle MSK. Le tableau ci-dessous est une forme abrégée, non valable pour une évaluation macrosismique.

Degré	Secousse	Observations : effets sur les personnes, sur les objets et dommages aux constructions
I	Imperceptible	La secousse n'est pas perçue par les personnes, même dans l'environnement le plus favorable. Pas d'effets, pas de dommages.
II	À peine ressentie	Les vibrations ne sont ressenties que par quelques individus au repos (< 1 %) dans leur habitation, plus particulièrement dans les étages supérieurs des bâtiments. Pas d'effets, pas de dommages.
III	Faible	L'intensité de la secousse n'est ressentie que par quelques personnes à l'intérieur des constructions. Léger balancement des objets suspendus. Pas de dommages.
IV	Ressentie par beaucoup	Le séisme est ressenti à l'intérieur des constructions par quelques personnes, mais très peu le perçoivent à l'extérieur. Certains dormeurs sont réveillés. Le niveau des vibrations n'est pas effrayant et reste modéré. Les fenêtres, les portes et les assiettes tremblent. Les objets suspendus se balancent. Les meubles légers tremblent visiblement dans certains cas. Quelques craquements du bois. Pas de dommages.
V	Forte	Le séisme est ressenti à l'intérieur des constructions par la plupart et par quelques personnes à l'extérieur. Certaines personnes sont effrayées et sortent en courant. De nombreux dormeurs s'éveillent. Les observateurs ressentent une forte vibration ou roulement de tout l'édifice, de la pièce ou des meubles. Les objets suspendus sont animés d'un large balancement. Les assiettes et les verres s'entrechoquent. Les objets en position instable tombent. Les portes et fenêtres battent avec violence ou claquent. Dans quelques cas, les vitres se cassent. Les liquides oscillent et peuvent déborder des réservoirs pleins. Peu de dommages non structurels aux bâtiments en maçonnerie.
VI	Légers dommages	Le séisme est ressenti par la plupart des personnes à l'intérieur et par beaucoup à l'extérieur. Certaines personnes perdent leur équilibre. De nombreuses personnes sont effrayées et se précipitent vers l'extérieur. Les objets de petite taille tombent et les meubles peuvent se déplacer. Quelques exemples de bris d'assiettes et de verres. Les animaux domestiques peuvent être effrayés. Légers dommages non structurels sur la plupart des constructions ordinaires : fissurations fines des plâtres ; chutes de petits débris de plâtre.
VII	Dommages significatifs	La plupart des personnes sont effrayées et se précipitent dehors. Beaucoup ont du mal à tenir debout, en particulier dans les étages supérieurs. Le mobilier est renversé et les objets suspendus tombent en grand nombre. L'eau gicle hors des réservoirs, des bidons et des piscines. Beaucoup de bâtiments ordinaires sont modérément endommagés : petites fissures dans les murs, chutes de plâtres, de parties de cheminées. Les bâtiments les plus vieux peuvent montrer de larges fissures dans les murs et les murs de remplissage peuvent être détruits.
VIII	Dommages importants	Beaucoup de personnes ont du mal à rester debout, même au dehors. Dans certains cas, le mobilier se renverse. Des objets tels que les télévisions, les ordinateurs, etc. peuvent tomber sur le sol. Les stèles funéraires peuvent être déplacées, déformées ou retournées. Des ondulations peuvent être observées sur les sols très mous. De nombreuses constructions subissent des dommages : chutes de cheminées, lézardes larges et profondes dans les murs. Quelques bâtiments ordinaires bien construits montrent des destructions sérieuses dans les murs, cependant que des structures plus anciennes et légères peuvent s'effondrer.
IX	Destructive	Panique générale, les personnes peuvent être précipitées avec force sur le sol. Les monuments et les statues se déplacent ou tournent sur eux-mêmes. Des ondulations sont observées sur les sols mous. Beaucoup de bâtiments légers s'effondrent en partie, quelques-uns entièrement. Même les bâtiments ordinaires bien construits montrent de très lourds dommages : destructions sévères dans les murs ou destruction structurelle partielle.
X	Très destructive	Beaucoup de bâtiments ordinaires bien construits s'effondrent.
XI	Dévastatrice	La plupart des bâtiments ordinaires bien construits s'effondrent, même certains parmi ceux de bonne conception parasismique.
XII	Complètement dévastatrice	Pratiquement toutes les structures au-dessus et au-dessous du sol sont gravement endommagées ou détruites. Les effets ont atteint le maximum de ce qui est imaginable.

Source : ESC, Commission sismologique européenne, Conseil de l'Europe.

EXTRAITS DU GUIDE MICROZONAGE DE L'AFPS (1993)

Définition de l'action sismique (règles PS 92)

L'action sismique σ est définie comme :
$\sigma = a_N\, R(T)\, \tau / q$

où :

a_N : accélération nominale au rocher définie dans l'arrêté du 29 mai 1997 (voir annexe 1) ;

R(T) : spectre de réponse de la sollicitation sismique, défini dans les règles PS, pour un type de sol donné (voir document 5), ou par une étude particulière ;

τ : coefficient d'amplification topographique ;

q : coefficient de comportement.

La manière de calculer **τ** et d'estimer le coefficient de comportement **q** figure également dans les PS 92.

Méthode de calcul du coefficient d'amplification topographique (règles PS 92)

Le coefficient d'amplification topographique est conventionnellement déterminé à partir des caractéristiques du profil en long de la ligne de plus grande pente. Il vaut (figure 8) :

$\tau = 1 + 0{,}8\,(1 - i - 0{,}4)$ avec $1.0 \le \tau \le 1.4$

sur le tronçon BC du versant défini par la longueur

$$b = \text{Minimum} \begin{bmatrix} 20\ I \\ \dfrac{H+10}{4} \end{bmatrix}$$

où I et i sont respectivement les pentes aval et amont de la pente. Il se raccorde linéairement à la valeur 1 en A tel que $a = H/3$ et en D tel que $c = H/4$.

Méthode de calcul de la fréquence de résonance et de l'amplification dans un cas simple

Lorsque la stratification du sol est raisonnablement horizontale (cas des vallées peu encaissées), la période propre et l'amplification peuvent être estimées à partir de modèles simples unidimensionnels où le sol est représenté par une couche unique.

Dans le cas d'une couche unique, d'épaisseur H, de masse volumique ρ_1, de vitesse d'onde de cisaillement V_{S1} et d'amortissement β surmontant un substratum de caractéristiques ρ_2, V_{S2}, la période propre et l'amplification sont données par :

$$T_0 = \frac{4H}{V_{S1}}$$

$$A_0 = \frac{1}{q + \frac{\pi}{2}\beta} \quad \text{et} \quad q = \frac{\rho_1 V_{S1}}{\rho_2 V_{S2}}$$

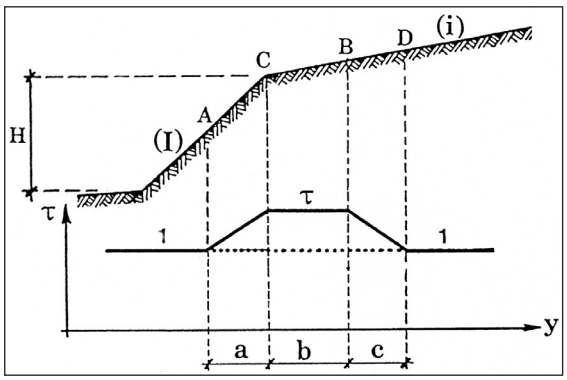
Dans le cas d'un profil de sol stratifié à n couches, on pourra utiliser pour l'évaluation de la période propre une moyenne pondérée des densités et rigidités de chaque couche :

$$T_0 = 4H\sqrt{\frac{\rho^*}{G^*}}$$

avec $G^*.H = \sum_{i=1}^{n} G_i H_i$ *et* $\rho^*.H = \sum_{i=1}^{n} \rho_i H_i$

Dans le cas où la stratigraphie s'éloigne notablement de l'hypothèse de stratification horizontale, vallée encaissée ou variation latérale de faciès, la période fondamentale peut s'écarter significativement de celle calculée par les modèles unidimensionnels.

Figure 8 : **Calcul du coefficient d'amplification topographique**



TABLEAUX DE SUSCEPTIBILITÉ À LA LIQUÉFACTION

Pour les études de niveau A, l'approche de la sensibilité à la liquéfaction pourra se baser, en plus de l'exploitation des données géologiques, hydrogéologiques ou géomorphologiques, sur les critères du tableau suivant, basés sur la géologie et la piézométrie :

Susceptibilité des dépôts sédimentaires a la liquéfaction en fonction de la nature et de l'âge du dépôt (Youd et Perkins, 1978)

Nature du dépôt	Possibilité d'occurrence de liquéfaction de sols pulvérulents saturés			
	< 500 ans	Holocène < 10 000 ans	Pléistocène < 1 650 000 ans	Prépléistocène > 1 650 000 ans
Dépôts continentaux				
Rivière/Lit mineur	Très élevée	Élevée	Faible	Très faible
Plaine inondable/ Lit majeur	Élevée	Modérée	Faible	Très faible
Cône de déjection/ Plaine alluviale	Modérée	Faible	Faible	Très faible
Terrasses marines	-	Faible	Très faible	Très faible
Deltas	Élevée	Modérée	Faible	Très faible
Dépôts lacustres	Élevée	Modérée	Faible	Très faible
Colluvions	Élevée	Modérée	Faible	Très faible
Dunes	Élevée	Modérée	Faible	Très faible
Lœss	Élevée	Élevée	Élevée	Inconnue
Moraine glaciaire	Faible	Faible	Très faible	Très faible
Zones côtières				
Deltas	Très élevée	Élevée	Faible	Très faible
Estuaires	Élevée	Modérée	Faible	Très faible
Plages	Modérée à élevée	Modérée à faible	Faible à très faible	Très faible
Lagons	Élevée	Modérée	Faible	Très faible
Remblais artificiels				
Non compacté	Très élevée	-	-	-
Compacté	Faible	-	-	-

Source : Guide méthodologique pour la réalisation d'études de microzonage sismique, AFPS 1993.

Susceptibilité des dépôts sédimentaires à la liquéfaction en fonction de leur âge et de la position de la nappe

Âge du dépôt	Profondeur nappe (m)			
	0 -3	3 -10	10 -15	>15
Holocène récent	Élevée à très élevée	Modérée	Faible	Très faible
Holocène	Élevée	Modérée	Faible	Très faible
Pléistocène récent	Faible	Faible	Très faible	Très faible
Prépléistocène	Très faible	Très faible	Très faible	Très faible

Source : Guide méthodologique pour la réalisation d'études de microzonage sismique, AFPS 1993.

GLOSSAIRE

Aléa . . . . . Phénomène naturel d'occurrence et d'intensité données.

Accélération nominale . . . . . Valeur d'accélération servant à caler les spectres de réponse dans la réglementation française (a_N). Elle n'a pas de signification physique directe. Unité de mesure : m/s².

Accélération maximale . . . . . Pour un séisme donné, valeur maximale de l'accélération mesurée sur les composantes horizontales de l'accélérogramme en un point donné. Unité de mesure : m/s².

Accélérogramme . . . Enregistrement par un accéléromètre de l'accélération du sol pendant un séisme. Le terme accélérogramme au rocher s'applique à un enregistrement effectué sur du rocher, c'est-à-dire un sol de type S0 dans les PS 92.

Amortissement . . . . Phénomène de dissipation d'énergie sous forme de chaleur, ayant pour conséquence une décroissance de l'amplitude des oscillations.

Asthénosphère . . . . Couche située sous la lithosphère, caractérisée par sa capacité à fluer sous de faibles contraintes (cf. ductilité), ce qui permet le déplacement des plaques lithosphériques qui flottent sur elle.

Champ de contrainte . . . . . Ensemble des valeurs que prend la contrainte en tout point d'un espace déterminé.

Coefficient d'amplification (τ) . Coefficient multiplicateur appliqué dans la définition de l'action sismique pour tenir compte de l'effet topographique.

Coefficient de comportement (q) . Coefficient caractérisant la capacité d'une structure à dissiper l'énergie dans le domaine postélastique ; il prend en considération sa ductilité d'ensemble, ainsi que ses facultés d'amortissement.

Compacité . . . . . Caractérise l'état de compaction d'un matériau.

Compartiment chevauchant . . . . . Pour une faille inverse, qui correspond à un raccourcissement, désigne le compartiment de terrain qui se retrouve en position haute après glissement sur le plan de faille.

Contrainte . . . . . Limite du rapport $\Delta F/\Delta S$ de la force ΔF s'exerçant sur un élément de surface S qui tend vers zéro.

Contreventement . . Ensemble d'éléments de construction assurant la rigidité et la stabilité d'un bâtiment vis-à-vis des forces horizontales engendrées par le vent, les secousses sismiques ou autres causes.

CPT . . . . . Essai de pénétration au cône statique. Variante du SPT.

Croûte terrestre . . . Partie la plus superficielle de la terre, qui recouvre le manteau, lui même recouvrant le noyau. Il existe deux types de croûte : océanique et continentale.

Déterministe . . . . . Analyse de l'aléa sismique dans une région donnée, réalisée à partir des séismes passés pour rechercher l'événement le plus important, sans prendre en compte ni leur fréquence d'occurrence ni leur probabilité de retour.

Déformation élastique . . . . . Déformation des matériaux qui disparaît après la suppression des charges qui l'ont provoquée (déformation réversible).

Déformation plastique (ou postélastique) . Déformation irréversible de matériaux ductiles après que ceux-ci ont été chargés au-delà de leur limite d'élasticité. Elle peut donner lieu à une importante dissipation d'énergie.

Drainé – non drainé Un sol drainé est un sol sec, un sol non drainé est un sol plus ou moins saturé en eau.

Ductile . . . . . Se dit d'un matériau capable de subir avant la rupture des déformations plastiques (irréversibles) sans perte significative de résistance. Ces matériaux « préviennent » donc de l'approche de la rupture.

Effet de site . . . . . Amplification (ou atténuation) du mouvement du sol par rapport au mouvement enregistré sur le rocher, causé par les caractéristiques locales du site : géologie, topographie.

Effets induits (par un séisme) . . . . Grands mouvements de sols ou d'eau. Le séisme joue soit un rôle de déclencheur (glissement, éboulement, effondrement de terrain) soit il est déterminant dans leur genèse : liquéfaction des sols, seiche, tsunamis etc.

Élasto-plastique . . . Pour un matériau ou une roche soumis à une charge ou une contrainte, la loi de comportement élasto-plastique relie les contraintes aux déformations en passant de la déformation élastique à la déformation plastique sans rupture fragile (cas des matériaux ductiles).

Enjeux . . . . . Personnes, biens, activités, moyens, patrimoines susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel.

Épicentre . . . . . Point de la surface du globe situé à la verticale du foyer d'un séisme. En général, il est au barycentre de la zone où les dégâts sont les plus importants (aire de plus forte intensité macrosismique).

Faille . . . . . Fracture de la croûte terrestre produite par cisaillement. On distingue les failles normales liées à un régime extensif, les failles inverses, liées à un régime compressif et les failles en coulissement qui peuvent accompagner les extensions ou les compressions.

Faille active . . . . . Faille sur laquelle une rupture (ou un glissement) s'est produite à une période récente (historique ou quaternaire récent) et dont on présume qu'elle pourrait engendrer un séisme au cours d'une rupture future.

Foyer (d'un séisme) Lieu origine dans la lithosphère d'un tremblement de terre. Il est également appelé hypocentre (zone où s'est initialisée la rupture de la croûte à l'origine du séisme).

Fréquence d'oscillation . . . . . Nombre de cycles d'oscillation par seconde. Elle est mesurée en hertz (1 cycle par seconde). La période est l'inverse de la fréquence.

Fragile . . . . . Se dit d'un matériau pour lequel la rupture est soudaine et quasi instantanée.

Intensité (d'un séisme) . . . . . Permet de caractériser la force destructrice d'un séisme par une cotation des effets d'une secousse sismique en un site donné sur la population, les bâtiments et l'environnement.

Intensité MSK . . . . . Échelle macrosismique de Medvedev, Sponheuer et Karnik, 1964.

Limites d'Atterberg Paramètres géotechniques (limite de liquidité et limite de plasticité) destinés à identifier un sol et à caractériser son état au moyen de sa teneur en eau pondérale correspondant à des états particuliers. L'indice de plasticité est la différence entre limite de liquidité et limite de plasticité.

Linéaire équivalent . Approximation linéaire du comportement non linéaire des sols. Celui-ci a notamment pour conséquence que l'amplification du signal sismique sur un sol meuble par rapport au signal au rocher est proportionnellement moindre pour les grandes sollicitations que pour les petites sollicitations.

Liquéfaction . . . . . Transformation momentanée sous l'effet d'un séisme de sols saturés en eau en un fluide sans capacité portante.

Lois d'atténuation . Formules reliant un paramètre de mouvement du sol (accélération, vitesse) ou l'intensité à la distance au foyer. Elles sont déduites principalement des enregistrements accélérométriques et moyennées sur le plus grand nombre de séismes possible.

Magnitude (d'un séisme) . . . . . Paramètre global caractérisant l'importance d'une source sismique, suivant les principes initialement proposés par C. Richter (1935), d'où le nom de Richter couramment donné à cette mesure. La magnitude peut être corrélée avec des grandeurs physiques associées à la source, comme la taille du plan de faille ou l'énergie libérée sous formes d'ondes sismiques. Elle n'a pas de limite théorique supérieure ni inférieure.

Microzonage (sismique) . . . . . Zonage sismique à l'échelle d'une commune ou d'une agglomération. Il prend en compte les effets de site et les effets induits.

Module de cisaillement (G). . . . Rapport entre la contrainte tangentielle appliquée à un solide et la déformation en cisaillement résultante. Appelé aussi module de rigidité (μ). Unité de mesure : MPa (Mégapascal).

Néotectonique . . . . Discipline de la géologie qui vise plus particulièrement à identifier les structures actives durant le Plio-pléistocène (0-2 Ma), en vue de caractériser la mise en place et la chronologie de ces déformations récentes en les rattachant à leur contexte géodynamique plus global.

Paléosismicité . . . . . Sismicité antérieure à la sismicité historique. Les indices de paléosismicité sont des ruptures en surface affectant les couches géologiques récentes (quaternaire).

Période de retour . . Intervalle moyen entre deux occurrences successives d'un phénomène. Dans le cas d'un modèle probabiliste de Poisson, on utilise souvent pour les séismes et les bâtiments courants une période de retour de 475 ans, ce qui correspond à une probabilité d'occurrence de 10 % en 50 ans.

Probabiliste Un zonage sismique probabiliste est un zonage dans lequel on prend en compte non seulement l'occurrence historique des séismes dans une région donnée, mais aussi le rythme selon lequel ils se succèdent dans le temps. Dans un zonage probabiliste, les paramètres de mouvement du sol sont calculés pour une probabilité donnée de non-dépassement (voir période de retour).

Résistance au cisaillement Pour un sol ou un échantillon soumis à une contrainte, caractérise les forces internes s'opposant aux contraintes tangentielles (ou de cisaillement). En cas d'essai cyclique sur un échantillon, on parle de résistance au cisaillement cyclique.

Rigidité Taux de variation de la résistance en fonction de la déformation qu'oppose un matériau aux efforts de torsion ou de cisaillement.

Séisme de référence Séisme de magnitude la plus élevée auquel peut être exposée une région donnée.

Signal vibratoire Mouvement oscillatoire du sol soumis à un séisme.

Sismicité historique Sismicité ressentie par l'homme et qui est décrite dans les textes historiques (Exemple du séisme de Bâle en 1356).

Sismicité instrumentale Sismicité mesurée par les réseaux de surveillance. Elle n'est bien connue que depuis quelques dizaines d'années.

Sismotectonique Analyse des relations entre les structures géologiques actives (se déformant encore actuellement) et la sismicité observée ; elle conduit à identifier des failles actives ou sismogènes et des provinces sismotectoniques.

Sol (au sens géotechnique) Pour un site donné, ensemble des couches proches de la surface caractérisées par leur épaisseur et leurs propriétés mécaniques : densité, rigidité et teneur en eau.

Source (sismique) Caractérise le mécanisme physique à l'origine du séisme, c'est-à-dire la rupture sur le plan de faille à l'hypocentre (voir foyer).

Spectre de réponse Appelé aussi spectre de réponse élastique, il est utilisé par les ingénieurs pour caractériser le système de forces (ou action sismique) qui s'applique à une structure lors d'un séisme. Il s'exprime par un graphe qui donne la réponse, en terme d'accélération, de vitesse ou de déplacement, d'un oscillateur simple en fonction de la période T, ou de son inverse, la fréquence f. Le spectre de réponse au rocher est calculé à partir d'un accélérogramme au rocher. Les logiciels de simulation permettent de calculer le spectre de réponse au site, connaissant la colonne de sol, c'est-à-dire l'épaisseur et le module de cisaillement G des différentes couches de ce site, et un accélérogramme au rocher.

SPT Essai de pénétration statique (standard). Utilisé en géotechnique pour déterminer la succession des différentes couches de terrain, et éventuellement leur nature, l'homogénéité d'une couche donnée ou la présence d'anomalies et certaines caractéristiques de sol.

Suramplification Augmentation de l'action sismique en un point donné due aux effets liés au site (géologique ou topographique).

Surpression interstitielle Augmentation de la pression du fluide présent dans le sol (le terme « pression interstitielle » désigne généralement la pression de ce fluide).

Susceptibilité . . . . . Ensemble de propriétés intrinsèques des sols favorisant la liquéfaction ou les mouvements de terrain (granulométrie des sables, cohésion etc.).

Viscoélastique. . . . . Comportement élastique où l'amortissement* est dû à la résistance de glissement des couches de matériau les unes sur les autres (frottements internes).

Vulnérabilité . . . . . Au sens classique du risque sismique : exprime l'évaluation, qualitative ou quantitative, des dommages que pourraient subir un ou plusieurs bâtiments de même type pour différents niveaux de séismes, en général trois, faible, modéré ou fort. Elle peut être exprimée en pourcentage de la valeur du bien ou sur une échelle variant de zéro (aucun dommage) à un (perte totale).

Sigles

Organismes, services

AFPS	Association française du génie parasismique
BCSF	Bureau central sismologique français
BRGM	Bureau de recherches géologiques et minières
CAC	Commission d'analyse des cas du GEPP
CEA	Centre d'études atomiques
CETE	Centre d'études techniques de l'équipement
CSTB	Centre scientifique et technique du bâtiment
DDE	Direction départementale de l'équipement
DIPCN	Décennie internationale pour la prévention des catastrophes naturelles
DGUHC	Direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction (METLTM)
DOM	Département d'outre-mer
DPPR	Direction pour la prévention des pollutions et des risques (MEDD)
DRIRE	Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement
EOST	École et observatoire des sciences de la terre de Strasbourg
EPCI	Établissement public de coopération intercommunale
GEPP	Groupe d'études et de propositions pour la prévention du risque sismique en France
IGN	Institut géographique national
INSU	Institut national des sciences de l'univers
IPGP	Institut de physique du globe de Paris
IRSN	Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire
LCPC	Laboratoire central des ponts et chaussées
LDG	Laboratoire de détection géophysique
LGIT	Laboratoire de géophysique interne et de tectonophysique (Grenoble)
MEDD	Ministère de l'Écologie et du Développement durable
METLTM	Ministère de l'Équipement, des Transports, du Logement, du Tourisme et de la Mer
RAP	Réseau accélérométrique permanent
RéNass	Réseau national de surveillance sismique

Autres

DAN	Document d'application nationale
DCS	Document communal synthétique
DDRM	Dossier départemental sur les risques majeurs
DICRIM	Dossier d'information communal sur les risques majeurs
DTU	Document technique unifié

GEMITIS	Programme d'études du risque sismique pour des villes particulièrement exposées et à fort enjeu
GEMGEP	Programme d'étude sur le risque sismique pour la ville de Nice
PAZ	Plan d'aménagement de zone
PLU	Plan local d'urbanisme
PS	Parasismique
PSMV	Plan de sauvegarde et de mise en valeur
PSS	Plan de secours spécialisé
SIG	Système d'information géographique
SISFRANCE	Base BRGM-EDF-IRSN de sismicité historique
SCOT	Schéma de cohérence territorial
ZAC	Zone d'aménagement concerté

INDEX DES DOCUMENTS ET ILLUSTRATIONS

Cartes

Carte 1 . . . . . Zonage sismique de la France du décret du 14 mai 1991, *p. 10*

Carte 2 . . . . . Réseaux de stations sismologiques intégrés au RéNass, *p. 11*

Carte 3 . . . . . Isoséistes du séisme d'Épagny (15 juillet 1996), *p. 13*

Carte 4 . . . . . Sismicité historique de la France métropolitaine, de l'an 800 à nos jours, *p. 20*

Carte 5 . . . . . Sismicité instrumentale enregistrée de 1980 à 2001 en France métropolitaine, *p. 20*

Carte 6 . . . . . Inventaire des dommages causés par le séisme d'Épagny-Annecy (15 juillet 1996), *p. 21*

Carte 7 . . . . . Sismicité historique des Antilles, *p. 22*

Carte 8 . . . . . Sismicité instrumentale enregistrée aux Antilles de 1981 à 2000, *p. 23*

Carte 9 . . . . . Scénario pour la ville de Nice, projet GEMITIS 1999, *p. 35*

Carte 10 . . . . . Isointensité du séisme maximum historiquement vraisemblable (SMHV) pour les sources proches et lointaines, *p. 39*

Carte 11 . . . . . Atlas communal des risques naturels de Morne rouge (Martinique), aléa mouvement de terrain, 1999, *p. 40*

Carte 12 . . . . . Carte de localisation des phénomènes concernant la sismicité historique et instrumentale de la faille de la Moyenne Durance, *p. 42*

Carte 13 . . . . . Atlas communal des risques naturels de Morne Rouge (Martinique), aléa sismique (effets de site et liquéfaction), 1999, *p. 44*

Carte 14 . . . . . Aléa effet de site géologique, microzonage d'Annecy, *p. 46*

Carte 15 . . . . . Aléa effet de site géologique, microzonage de Fort-de-France, *p. 47*

Carte 16 . . . . . Aléa effet de site topographique, microzonage de Fort-de-France, *p. 47*

Carte 17 . . . . . Carte synthétique des failles dans la région de Pointe-à-Pitre, *p. 49*

Carte 18 . . . . . Aléa liquéfaction, microzonage de Fort-de-France, *p. 50*

Carte 19 . . . . . Aléa mouvements de terrain, microzonage de Fort-de-France, *p. 51*

Carte 20 . . . . . Carte des enjeux, district d'Annecy, *p. 55*

Carte 21 . . . . . Carte des bâtiments D et des enjeux majeurs à Nice, *p. 56*

Carte 22 . . . . . Réseau routier et ferroviaire à Nice, *p. 57*

Carte 23 . . . . . Plan de zonage réglementaire séisme et mouvements de terrain de Velaux (Bouches-du-Rhône), 2001, *p. 65*

Documents

Document 1 . . . . . L'évolution de la réglementation parasismique, *p. 14*
Document 2 . . . . . Le GEPP, *p. 18*
Document 3 . . . . . Recommandations et guides techniques de l'AFPS, *p. 18*
Document 4 . . . . . Le programme GEMITIS, *p. 18*
Document 5 . . . . . Les types de sol dans les PS 92, *p. 26*
Document 6 . . . . . L'apport de la géophysique dans les études de microzonage, *p. 45*

Photographies

Photographie 1. . . . Séisme d'Annecy du 15 juillet 1996, *p. 8*
Photographie 2. . . . Dégâts du séisme de Lambesc à Salon (Bouches-du-Rhône), 1909, *p. 21*
Photographie 3. . . . Gravure d'époque du séisme du 8 février 1843 en Guadeloupe, *p. 24*
Photographie 4. . . . Effet de site, séisme de Mexico, 1985, *p. 25*
Photographie 5. . . . Effet de site topographique consécutif au séisme de Lambesc à Rognes (Bouches-du-Rhône), 1909, *p. 27*
Photographie 6. . . . Effet de site topographique dans la ville d'Armenia, Salvador, 2001, *p. 27*
Photographie 7. . . . Rupture en surface visible dans le stade de Kuang-Fu New Village, séisme de Chi-Chi, Taiwan, 1999, *p. 28*
Photographie 8. . . . Subsidence marine d'origine tectonique observée à Gölcük (Turquie), induite par le séisme d'Izmit, 1999, *p. 28*
Photographie 9. . . . Cône de sable résultant de la liquéfaction, séisme d'Izmit, Turquie, 1999, *p. 29*
Photographie 10. . . Conséquence de la liquéfaction sur un immeuble à Adapazari, séisme d'Izmit, Turquie, 1999, *p. 29*
Photographie 11. . . Mur penché par la liquéfaction, en limite d'une propriété construite sur le littoral à Las Hojas, séisme du Salvador, 2001, *p. 30*
Photographie 12. . . Mouvement de terrain lié au séisme de Kocaeli, Izmit, (Turquie) 1999, *p. 31*
Photographie 13. . . Mouvement de terrain de las Colinas, provoqué par le séisme du 13 janvier 2001 au Salvador, *p. 31*
Photographie 14. . . Glissement latéral sur la rive droite de la rivière Lempa, séisme du 13 janvier 2001 au Salvador, *p. 33*
Photographie 15. . . Dommage aux bâtiments et installations de classe D, séisme du Quindio, Colombie, 1999, *p. 33*
Photographie 16. . . Glissement de terrain sur la route panaméricaine, séisme du Salvador, 13 janvier 2001, *p. 34*
Photographie 17. . . Image Spot de la faille de la moyenne Durance, *p. 41*
Photographie 18. . . Utilisation d'un stade en période de crise pour installer un hôpital de campagne. Séisme de Kocaeli, Izmit, Turquie, 1999, *p. 71*

Tableaux

Tableau 1 . . . . . Principales caractéristiques des trois niveaux d'étude de microzonage, *p. 52*
Tableau 2 . . . . . Qualification de l'aléa liquéfaction, *p. 52*

Tableau 3 . . . . . Échelle d'intensité des mouvements de terrain (extrait du guide PPR correspondant), *p. 53*
Tableau 4 . . . . . Qualification de l'aléa mouvements de terrain en fonction de F_S (Guide de microzonage de l'AFPS), *p. 53*
Tableau 5 . . . . . La procédure, *p. 60*
Tableau 6 . . . . . Principes de réglementation pour la liquéfaction, *p. 63*
Tableau 7 . . . . . Principes de réglementation pour les mouvements de terrain (extrait du guide PPR Risques de mouvements de terrain), *p. 64*

Figures

Figure 1. . . . . Effet de site d'origine géologique, *p. 25*
Figure 2. . . . . Effet de site dans une vallée remplie d'alluvions, *p. 25*
Figure 3. . . . . Effet de site topographique, *p. 26*
Figure 4. . . . . Effets induits par la liquéfaction, *p. 30*
Figure 5. . . . . Schémas décrivant les différents types de mouvements de terrain, *p. 32*
Figure 6. . . . . Spectres de réponse élastique du microzonage de Fort-de-France, *p. 47*
Figure 7. . . . . Spectres de réponse élastique annexés au PPR de Velaux, *p. 69*
Figure 8. . . . . Calcul du coefficient d'amplification topographique, *p. 91*

PRINCIPALES RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Guides PPR

Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, 1997, *Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR) : Guide général,* éditions La Documentation française, 76 pages.

Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, 1997, *Plans de prévention des risques littoraux : guide méthodologique,* éditions La Documentation française, 56 pages.

Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, 1999, *Plans de prévention des d'inondation : guide méthodologique*, éditions La Documentation française, 123 pages.

Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, 1999, *Plans de prévention des risques de mouvements de terrain : guide méthodologique*, éditions La Documentation française, 71 pages.

Publications de l'AFPS

Les *guides techniques*, dont le guide pour la réalisation de microzonages sismiques (1993), celui pour la protection parasismique des ponts, pour les canalisations enterrées, etc.

Les *cahiers techniques* (22 en 2002), qui regroupent un ou plusieurs articles sur un thème précis à l'issue de journées spécialisées ou d'études menées par des groupes de travail.

Les *comptes rendus des missions post-sismique,* qui rassemblent les exposés des membres de chaque mission lors de la présentation publique.

Les *Actes des journées techniques, séminaires et colloques.* L'AFPS a organisé cinq colloques nationaux, trois colloques internationaux dont la Onzième conférence européenne de génie parasismique en 1998, à Paris, et de nombreuses conférences sur des thèmes particuliers du génie parasismique.

Autres ouvrages, articles, études

Blès J.L., Bour M., Dominique P., Godefroy P., Martin C., Terrier M., 1998, *Zonage sismique de la France métropolitaine pour l'application des règles parasismiques aux installations classées.* Document BRGM 279, 56 pages.

Chassagneux D., Martin C., Monge O., Samarcq F., Sedan O., 1996, *Microzonage sismique des communes de Schœlcher, Fort-de-France et le Lamentin : effet de site et liquéfaction.* Rap. BRGM-R39186, 93 pages.

Davidovici V., 1999, *La construction en zone sismique, Approche réglementaire, Modèles d'analyse des structures, Diagnostic des bâtiments existants, Exemples de calculs,* Le Moniteur, 330 pages.

Despeyroux J. et P. Godefroy 1986, *Nouveau zonage sismique de la France en vue de l'application des règles parasismiques de construction et de la mise en œuvre des plans d'exposition aux risques (PER),* La Documentation française, 147 pages.

Dominique P., Fabriol H., Le Brun B., Monge O., Vermeersch F., avec la coll. de Baudu R., 1998, *Microzonage sismique du bassin d'Annecy : 2e phase*. Rap. BRGM-R40273, 99 pages.

Grellet B., Combes Ph., Granier Th., Philip H., 1993, *Sismotectonique de la France métropolitaine, dans son cadre géologique et géophysique, avec atlas de 23 cartes au 1/4 000 000 et une carte au 1/1 000 000*. Mémoires de la Société géologique de France, no 164, vol. 1, 76 pages.

Kert C., 1995, *Les techniques de prévision et de prévention des risques naturels : séismes et mouvements de terrain*, Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, no 2017, 351 pages.

Lambert J., Ed., 1997, *Les tremblements de terre en France*, Éditions BRGM, 196 pages.

Le Brun B., avec la coll. de Mirgon C., Monge O., Leroi E., Sedan O., Imbault M., Chauvel F. (URBIS), Martin C. (GEO-TER), 2001, *Programme Gemitis Pointe-à-Pitre 1999-2001 : évaluation et réduction du risque sismique dans l'agglomération de* Pointe-à-Pitre, *Guadeloupe*, BRGM/RP-50923-FR, 66 pages.

Madariaga R. et G. Perrier, 1991, *Les tremblements de terre*, Presses du CNRS, 210 pages.

Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, DGHC, 1997, *Réglementation parasismique, bâtiments de la catégorie dite « À risque normal », Guide d'information*, 37 pages.

Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement 1997, *Fonds de plan, études d'aménagement et de prévention des risques,* éditions Villes et Territoires, Paris, 64 pages, photographies, cartes.

Monge O., avec la coll. de Le Brun B., Leroi E., Mirgon C., Sedan O., Imbault M., Chauvel F. (URBIS), Martin C. (GEO-TER), 2001, *Évaluation et réduction du risque sismique à Fort-de-France* (programme 1999-2001), BRGM/RP-50922-FR, 93 pages.

Newmark N.M., 1965, Effects of earthquake on dams and embankments, Geotechnique, Vol. 15, n° 2, pp 139-160.

Riepl-Thomas J., Cotton F., 1999, *Les effets de site : importance, compréhension et estimation,* in Cahier technique de l'AFPS n° 17, Failles, ruptures, ondes et mouvements forts pour l'ingénieur : la chaîne de l'aléa sismique, 79 pages.

Royer B. G, 1998, *La prise en compte du risque sismique dans une petite commune. L'exemple de Wickerschwihr (Haut Rhin),* Bull. des laboratoires des ponts et chaussées, n° 217, pp 31-52.

Zacek, M., 1996, *Construire parasismique : risque sismique, conception parasismique des bâtiments, réglementation,* éditions Parenthèses, Marseille, 340 pages.

DCS sismiques ou équivalents

Haut-Rhin

Haute-Savoie

Alpes-Maritimes

Principaux sites Internet

- Ministère de l'Écologie et du Développement durable :

www.environnement.gouv.fr

www.prim.net

- Ministère de l'Équipement, des Transports, du Logement, du Tourisme et de la Mer

www.equipement.gouv.fr

- AFPS

www.multimania.com/afps

- Réseau national de surveillance sismologique (RENASS) et Bureau central sismologique français (BCSF), tous deux à l'École et observatoire des sciences de la terre, EOST, de Strasbourg :

www.renass.u-strasbg.fr/

www.eost.u-strasbg.fr/bcsf/Accueil.html

- Réseau accélérométrique permanent (RAP)

www-rap.obs.ujf-grenoble.fr

- Laboratoire de détection géophysique du CEA (LDG) qui diffuse des bulletins d'alerte à niveau européen

www.emsc-csem.org/

- Réseau Sismalp, géré par le Laboratoire de géophysique interne et de tectonophysique de Grenoble, LGIT)

www-lgit.obs.ujf-grenoble.fr/

- Réseau mondial GEOSCOPE de l'Institut de physique du globe de Paris (IPGP)

geoscope.ipgp.jussieu.fr/

- Réseau de surveillance volcanologique et sismologique des Antilles (Observatoires Volcanologiques, IPGP)

volcano.ipgp.jussieu.fr:8080/

- Atlas communaux des risques naturels de la Martinique et de la Guadeloupe (Cartographie des aléas) établis par le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM).

www.brgm.fr/risques/antilles/

- Base de sismicité historique SISFRANCE

www.sisfrance.net

- Base d'indices néotectoniques et de paléosismicité, NéoPal

www.neopal.net

- Base des mouvements de terrain, BdMvt

www.bdmvt.net

Table des matières

PRÉFACE 3

SOMMAIRE 5

INTRODUCTION 7

La prévention des risques sismiques et les PPR

Les composantes de la prévention 9

La connaissance des aléas, des enjeux et de la vulnérabilité . . . 9
Le suivi de la sismicité et l'alerte 9
L'information et la formation 10
La réduction de la vulnérabilité 11
La prise en compte du risque dans l'aménagement du territoire 11
Le retour d'expérience 11
La préparation à la gestion de crise 12

Les aspects législatifs et réglementaires de la prise en compte du risque sismique 12

La réglementation de la construction parasismique 12
Les documents d'urbanisme 15
Le code de l'environnement et les plans de prévention des risques 16

Les plans de prévention du risque sismique 16

Les éléments moteurs et les actions en cours 17

Le GEPP 17
L'AFPS 17
Les actions réalisées ou en cours 17

Description des phénomènes et du risque sismique

Les tremblements de terre 19

Définitions 19
La sismicité en France métropolitaine 19
Le cas particulier des Antilles 22
Prévision et prédiction des séismes 22

Les manifestations du phénomène 24

Les effets liés au site 24
Effets de site dus à la géologie et à la topographie 24
Effets liés aux failles actives 26

Les effets induits 29
Liquéfaction 29
Mouvements de terrain 31

Le risque sismique 33

Méthodes d'analyse et de cartographie du risque

Le cadre des études de risque 37
Intérêt d'une concertation précoce 37
Bassin de risque et périmètre d'étude 37
La priorité accordée aux études qualitatives 38

La conduite des études d'aléas 38
Les données existantes 38
Les bases de données 38
Les cartes 39
Les autres outils 39
La carte informative des phénomènes naturels 39
La qualification et la cartographie des aléas 39
L'aléa régional de référence 40
Le microzonage sismique 40
Le choix du niveau d'étude 43
Méthode de qualification 52
La cartographie des aléas dans le PPR 53

L'évaluation des enjeux 53

Élaboration du dossier du PPR sismique

Caractéristiques du PPR 59
Domaine d'intervention 59
Application du PPR 59
PPR et PLU 59
PPR et secteurs sauvegardés 59
PPR et zones d'aménagement concerté 59
Dispositions générales 59
Conditions d'élaboration 60
Importance du dialogue local 60
Dossier réglementaire 61

La note de présentation 61
La démarche globale de prévention du risque sismique 61
Les raisons de la prescription du PPR sismique 62
Le secteur géographique et le contexte géologique et sismotectonique 62
Les phénomènes naturels connus 62
Les effets liés au site et le mode de qualification des effets induits 62
Les enjeux humains, socio- économiques et environnementaux 62
Le zonage et le règlement 62

Le plan de zonage réglementaire 63
Principes de délimitation 63

Démarche de zonage 63
Le zonage « brut » 63
Le zonage définitif 64
Éléments de cartographie 64

Le règlement 66

Les dispositions réglementaires 66
Réglementation des projets nouveaux 66
Dispositions applicables en zone rouge 67
Dispositions applicables en zone bleue 67
Installations dangereuses 69
Mesures de prévention, de protection et de sauvegarde 69
Mesures visant la sécurité et l'information du public 70
Mesures visant les bâtiments et équipements publics existants 70
Mesures relatives à l'aménagement et à l'urbanisme 70
Mesures générales applicables aux biens existants 70
Mesures visant les particuliers 71
Mesures visant les habitations collectives et les bâtiments publics 71
Mesures relatives à l'aménagement et à l'urbanisme 71

ANNEXES

Textes de référence 75

Code de l'environnement, livre V, titre 6, chapitre 1 75
Décret nº 91-461 du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique 78
Décret nº 2000-892 du 13 septembre 2000 portant modification du code de la construction et de l'habitat et du décret nº 91-481 du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique 79
Arrêté du 10 mai 1993 fixant les règles parasismiques applicables aux installations soumises à la législation sur les installations classées (JO nº 163 du 17 juillet 1993) 80
Arrêté du 15 septembre 1995 relatif à la classification et aux règles de construction parasismiques applicables aux ponts de catégorie dite à « risque normal » telle que définie par le décret nº 91-461 du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique 81
Arrêté du 29 mai 1997 relatif à la classification et aux règles de construction applicables aux bâtiments de la catégorie dite « à risque normal » telle que définie par le décret nº 91-461 du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique 83
Circulaire nº UHC/QC/21 nº 2000-77 du 31 octobre 2000 relative au contrôle technique des constructions pour la prévention du risque sismique 86

Description simplifiée de l'échelle d'intensité EMS 98 89

Extraits du guide microzonage de l'AFPS (1993) 91

Tableaux de susceptibilité à la liquéfaction 93

GLOSSAIRE 95
SIGLES 101
INDEX DES DOCUMENTS ET ILLUSTRATIONS 103
PRINCIPALES RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 107

Impression : EUROPE MEDIA DUPLICATION S.A.
F53110 Lassay-les-Châteaux
N° dossier : 9896 – Dépôt légal : septembre 2002