

R 4

Rp-50520



DOCUMENT PUBLIC

*Groupe de prévention / réglementation
Coopération internationale*

Convention n° 9/2000

Etude réalisée dans le cadre des actions de service public du BRGM 00 RIS 601

**novembre 2000
BRGM/RP-50520-FR**



Mots clés : Prévention, Réglementation, Risques naturels

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Bour M., Dominique P., Leroi E., Monge O., Mouroux P., Stieltjes L. (2000) – Groupes de prévention/réglementation. Coopération internationale. BRGM/RP-50520-FR, 12 p, 4 Ann.

© BRGM, 2000, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Dans le cadre de ses missions de service public, le BRGM participe à différents groupes de travail, nationaux ou internationaux, sur la prévention des risques naturels et sur la mise en place de réglementations.

En 2000, cette action a bénéficié du soutien financier du Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement (DPPR-SDPRM). Les différentes actions pour lesquelles le BRGM a été impliqué en 2000 sont les suivantes :

- Association Française du Génie Parasismique (AFPS) : le BRGM a assuré la présidence du Conseil Scientifique et Technique (CST) et 5 agents sont impliqués dans différents groupes de travail. Un agent a participé au 2^e colloque de génie parasismique algérien.
- Comité Supérieur d'Evaluation des Risques Volcaniques (CSERV) : participation scientifique.
- Groupe de Travail pour la réalisation du guide PPR sismique, piloté par le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.
- Colloque Extrem (Marseille), destiné aux représentants des industries de la région Fos-Etang-de-Berre : participation à l'organisation, aux conférences et aux débats pendant les 2 jours du colloque.
- Participation à un groupe de travail international sur les mouvements de terrain, pour la préparation d'un article de synthèse sur l'évaluation quantitative des risques, dans le cadre de la conférence internationale GeoEng 2000, Melbourne (Australie), en novembre 2000.

Les comptes rendus des différents groupes de travail et l'article de synthèse sont donnés en annexe.

Sommaire

Synthèse.....	3
Introduction	5
1. Activités réalisées dans le cadre de l'Association Française du Génie Parasismique (AFPS).....	6
1.1. Réunions du Conseil.....	6
1.3. Journée "PNRN" le 17 janvier 2000, avec le CNRS.....	6
1.4. Journée « Gresis », le 14 avril 2000, à Grenoble, organisée par le LGIT.....	6
1.5. Journée « recherches », le 20 septembre 2000, avec le Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement.....	6
1.6. Journées du colloque EXTREM, les 12 et 13 octobre 2000, organisées par la Chambre de Commerce de Marseille et l'AFPS.....	7
1.7. Participation aux Groupes de Travail suivants :	7
1.7.1. Mouvements sismiques de l'ingénieur (voir annexe 1.5).....	7
1.7.2. Groupe de travail EPAS Evaluation probabiliste de l'aléa sismique (voir annexe 1.6).....	7
1.7.3. Groupe de travail GERS : Groupe d'étude sur le risque spécial.....	7
1.7.4. Groupe de travail « Zonage sismique de la France » (voir annexe 1.7).....	8
1.7.5. Groupe de Travail « Microzonage sismique » (voir annexe 1.8).....	8
1.7.6. Groupe de Travail « Failles Actives » (voir annexe 1.9).....	8
1.7.7. 2 ^e Colloque de Génie Parasismique algérien, à Alger (voir annexe 1.10).....	8
2. Participation du BRGM au Groupe de Travail : PPR sismique.....	9
3. Participation du BRGM au Comité Supérieur d'Evaluation des Risques Volcaniques (CSERV).....	10
3.1. Séances plénières	10
3.2. Groupe de Travail n° 2 : Niveau d'alerte et évaluation du risque	10
4. Participation du BRGM à un Groupe de travail international sur les « Mouvements de Terrain »	11
Annexes	13

Introduction

Dans le cadre de ses missions de service public, le BRGM participe à différents groupes de travail, nationaux ou internationaux, sur la prévention des risques naturels et sur la mise en place de réglementations.

En 2000, cette action a bénéficié du soutien financier du Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement (DPPR-SDPRM). Les différentes actions pour lesquelles le BRGM a été impliqué en 2000 sont les suivantes :

- Association Française du Génie Parasismique (AFPS) : le BRGM a assuré la présidence du Conseil Scientifique et Technique (CST) et 5 agents sont impliqués dans différents groupes de travail. Un agent a participé au 2^e colloque de génie parasismique algérien.
- Comité Supérieur d'Evaluation des Risques Volcaniques (CSERV) : participation scientifique.
- Groupe de Travail pour la réalisation du guide PPR sismique, piloté par le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.
- Colloque Extrem (Marseille), destiné aux représentants des industries de la région Fos-Etang-de-Berre : participation à l'organisation, aux conférences et aux débats pendant les 2 jours du colloque.
- Participation à un groupe de travail international sur les mouvements de terrain, pour la préparation d'un article de synthèse sur l'évaluation quantitative des risques, dans le cadre de la conférence internationale GeoEng 2000, Melbourne (Australie), en novembre 2000.

Les comptes rendus des différents groupes de travail et l'article de synthèse sont donnés en annexe.

1. Activités réalisées dans le cadre de l'Association française du génie Parasismique (AFPS)

1.1. REUNIONS DU CONSEIL

- 7 mars 2000,
- 26 avril 2000,
- 4 juillet 2000,
- 26 septembre 2000,
- 5 décembre 2000.

Voir les comptes rendus en annexe 1.1.

Réunions du Conseil scientifique et technique (CST)

- 7 mars 2000,
- 16 mai 2000,
- 4 juillet 2000,
- 26 septembre 2000,
- 5 décembre 2000.

1.3. JOURNEE « PNRN » LE 17 JANVIER 2000, AVEC LE CNRS

Présentations concernant l'aléa sismique et les modélisations géotechniques.

1.4. JOURNEE « GRESIS », LE 14 AVRIL 2000, A GRENOBLE, ORGANISEE PAR LE LGIT

Présentation sur l'historique et l'évaluation du zonage sismique de la France et participation aux débats.

1.5. JOURNEE « RECHERCHES », LE 20 SEPTEMBRE 2000, AVEC LE MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT

Présentation des résultats des recherches effectuées avec le soutien du MATE (Voir annexe 1.3.).

1.6. JOURNEES DU COLLOQUE EXTREM, LES 12 ET 13 OCTOBRE 2000, ORGANISEES PAR LA CHAMBRE DE COMMERCE DE MARSEILLE ET L'AFPS

Présentations et participation aux débats, sur la prise en compte du retour d'expérience des séismes de Kocaeli (Turquie) et de Chi Chi (Taïwan), de 1999 (Voir annexe 1.4.).

1.7. PARTICIPATION AUX GROUPES DE TRAVAIL SUIVANTS :

1.7.1. Mouvements sismiques de l'ingénieur (voir annexe 1.5)

- Le 3 février 2000 : rédaction du cahier technique n° 20 et Proposition de nouveaux spectres réglementaires EUROCODE 8.
- Le 10 mai 2000 : voir annexe.
- Le 11 juillet 2000 : finalisation de la rédaction du cahier technique et rédaction du formulaire sismique, à l'usage de l'ingénieur

1.7.2. Groupe de travail EPAS Evaluation probabiliste de l'aléa sismique (voir annexe 1.6)

- le 18 janvier 2000 :
 - Présentation de l'état d'avancement des travaux d'E. André et P. Dominique ;
 - Présentation du zonage sismotectonique de l'Arc des petites Antilles et d'une première approche probabiliste de l'aléa sismique des Antilles françaises ;
 - Définition des prochaines étapes.
- le 24 octobre 2000 :
 - Discussions concernant l'homogénéité des paramètres figurant dans les divers fichiers (SIRENE, LDG, étrangers, ...) ;
 - Problèmes liés aux limites des découpages ;
 - Méthodologie de détermination des M_{max} .

1.7.3. Groupe de travail GERS : Groupe d'étude sur le risque spécial

- Le 8 mars 2000 : Présentation complète par KREBS-SPEICHIM et DYNALIS, de l'étude d'une sphère dans le domaine post-élastique, et discussions.
- Le 30 mai 2000 : Présentation des modifications apportées au document sur les racks. Présentation des premiers résultats de l'audit concernant la prise en compte du risque sismique pour les installations industrielles type SEVESO, par l'IPSN.

- Le 6 décembre 2000 : document final sur les racks. Présentation des résultats complets de l'audit par l'IPSN. Lancement d'un guide AFPS les installations industrielles à risque spécial.

1.7.4. Groupe de travail « Zonage sismique de la France » (voir annexe 1.7)

- Le 5 juillet 2000 : Début des travaux à la demande de la Puissance Publique : MATE et GEPP. Organisation du calendrier concernant le lancement d'un appel d'offre pour la réalisation d'une étude probabiliste de l'aléa sismique pour la France (Métropole et Antilles). Discussions autour de ce thème.
- Le 27 septembre 2000 : Définition précise des différentes tâches et des responsables d'actions, en particulier concernant la base de données de référence et la rédaction de la partie technique de l'appel d'offres.
- Le 7 novembre 2000 : Discussions autour d'un premier document concernant la partie technique de l'appel d'offre et de la procédure à utiliser pour le lancement de cet appel d'offre.
- Le 21 novembre 2000 : Réunion avec les représentants du MATE et du GEPP, pour finaliser la procédure.

1.7.5. Groupe de Travail « Microzonage sismique » (voir annexe 1.8)

- Le 6 septembre 2000 : Début des travaux Définition des différentes tâches et des responsables correspondants.
- Le 15 décembre 2000 : Premiers éléments concernant les différents thèmes définis précédemment : effets de site, liquéfaction, mouvements de terrain, failles.

Différents exemples de microzonage sismiques, réalisés dans la région niçoise.

1.7.6. Groupe de Travail « Failles Actives » (voir annexe 1.9)

- Le 10 avril 2000 : Réunion du groupe (voir annexe 1.9).

1.7.7. 2^e Colloque de Génie Parasismique algérien, à Alger (voir annexe 1.10)

Ce colloque a eu lieu du 8 au 10 octobre 2000 : 2 présentations ont été réalisées sur les sujets suivants :

- Les grands programmes d'études de scénarios sismiques de la DIPCEN.
- Les résultats des recherches effectuées à l'AFPS.

2. Participation du BRGM au Groupe de Travail : PPR sismique

Réunions du Groupe de Travail :

- Le 9 mars 2000 : Voir annexe 2.1.
- Le 30 mai 2000 : Voir annexe 2.2.
- Le 6 décembre 2000.

3. Participation du BRGM au Comité Supérieur d'Evaluation des Risques Volcaniques (CSERV)

3.1. SEANCES PLENIERES

- Réunion du 1^{er} mars 2000 : Voir compte rendu, annexe 3.1.
- Réunion du 7 juillet 2000 : Voir compte rendu, annexe 3.2.

3.2. GROUPE DE TRAVAIL N° 2 : NIVEAU D'ALERTE ET EVALUATION DU RISQUE

- Réunion du 28 avril 2000 : Voir compte rendu, annexe 3.3.

4. Participation du BRGM à un Groupe de travail international sur les « *Mouvements de Terrain* »

Ce groupe de travail comprend une vingtaine de spécialistes, reconnus mondialement dans le domaine de la prise en compte et de la réduction du risque « *mouvements de terrain* ».

En 2000, le BRGM a participé à la réalisation d'un document présent lors de la Conférence Internationale : GeoEng 2000, qui a lieu à Melbourne, Australie, du 19 au 24 novembre 2000.

Ce document porte sur les méthodologies d'évaluation quantitative du risque (QRA) : son utilisation pratique en matière de gestion des risques pour les mouvements de terrain et son intégration dans le génie géotechnique.

Le texte complet de ce document et des informations sur la conférence GeoEng 2000 sont présentés en annexe 4.1.

Annexes

Annexe 1.1.

REUNIONS DU CONSEIL AFPS



CONSEIL A F P S

Procès-verbal de la réunion du mercredi 26 avril 2000
28, rue des Saints-Pères, 75343 Paris Cedex 07

Le mercredi 27 avril 2000, à 9 heures, les membres du Conseil d'administration se sont réunis au siège de l'Association sous la présidence de M. Darius AMIR-MAZAHERI (*).

Présents : D. AMIR-MAZAHERI, M. CHEYREZY, F. GANTENBEIN, C. GLAIZE, W. JALIL,
F. LEGERON, M.P.LUONG, B. MOHAMMADIOUN, P. MOUROUX, A. PECKER, M. ZACEK.

Excusés : P. LABBE, R. MADARIAGA, J.P. MENEROUD, J.P. TOURET

1°) Commentaires sur le compte rendu de la réunion précédente et l'ordre du jour

B. MOHAMMADIOUN précise (p. 5 du compte-rendu) que le 4ème Atelier F-USA sur le zonage sismique se tiendra dans le cadre de la 6ème conférence EERI (Palm Springs, Ca., 12-15 novembre 2000).

A. PECKER remarque, à propos du Règlement Intérieur, qu'il est dit (p. 5) « ...le Conseil décide de la durée des mandats...Le Président... » : le Conseil n'a pas à décider en ce qui concerne le Président puisque son mandat est fixé par les statuts (en fait, il s'agit ici d'un rappel). De plus, en ce qui concerne le Président, les Vice-Présidents et le Président du CST, il faut écrire « 1 an renouvelable 3 fois (4 ans maximum) » et non « ... renouvelable 4 fois ».

2°) Résultats comptables 1999 et documents pour convocation de l'Assemblée Générale

Les résultats comptables provisoires (en cours de recouplement avec le Cabinet comptable), présentés par F. LEGERON, Trésorier, sous réserve des vérifications concernant les montants reportés d'une année à l'autre – produits à recevoir, charges à payer – notamment en ce qui concerne les contrats passés avec les Ministères, montrent un léger déficit dû notamment au changement du fonctionnement du Secrétariat. Pour combler ce déficit, le Conseil compte sur l'attribution possible de subventions pour les publications, Cahiers techniques et éventuellement Bulletin. L'organisation de journées techniques payantes pourrait être un moyen de dégager des recettes.

Pour les comptes 99, des subventions complémentaires sont en attente : pour les missions en Turquie et Martinique. Et une facture supplémentaire peut être émise sur le thème Vulnérabilité. On remarque qu'aucune demande de financement n'a été faite au Ministère pour la mission en Colombie (Quindío, janvier 99).

3°) Publications :

Bulletin 37 / Cahiers Techniques / Tome IV des Recommandations / Site WEB

Concernant le renforcement du rôle de l'Association sur la scène internationale, le Conseil se demande si des publications en anglais ne devraient pas être programmées, assurant ainsi une meilleure diffusion du savoir-faire français. Ce sujet sera examiné lors du prochain Conseil, en juillet, en même temps que les possibilités de diffusion par Internet.

Bulletin - Le n° 37, prévu en juin, doit traiter surtout des activités internationales : point sur l'Eurocode 8 (à voir avec Ph. BISCH), Atelier F-USA (B. MOHAMMADIOUN), synthèses sur la conférence mondiale d'Auckland mais il est à craindre qu'elles ne puissent être prêtes en temps voulu.

À propos de cette Conférence, le Conseil propose qu'une demi-journée de présentation soit organisée vers la fin de l'année (novembre ou décembre) : une demande va être faite au Ministère de l'Environnement et/ou au Ministère de l'Équipement pour en assurer le financement. Il est rappelé à

(*) D. AMIR-MAZAHERI ayant une obligation professionnelle en fin de matinée a prié le Vice-Président Bagher MOHAMMADIOUN d'assurer la présidence après son départ.

ce sujet que W. JALIL avait sollicité une aide de l'AFPS pour laquelle le Président avait donné un accord de principe, d'autant plus qu'il allait la représenter à l'Assemblée Générale de l'IAEE ; une subvention permettrait d'y répondre (la seule aide attribuée jusqu'à présent est celle à P. DOMINIQUE).

Cahier Technique – Le n° 19, Benchmark Camus, est en cours d'impression. La mise au point du contenu du n° 20: la mise au point du texte sur les spectres établi fin 98 (avec figures reproductibles en noir et blanc) et complément faisant ressortir l'apport du Groupe de Travail MSI à l'Eurocode, est en cours avec P.Y. BARD. Le texte sur le microzonage de Bucarest est prêt.

A la suite du n° spécial sur la réglementation française, D. COSTES a adressé une lettre à G. CZITROM, lettre qui sera publiée dans le Cahier technique n° 20.

Tome IV des Recommandations AFPS : le chapitre sur les réservoirs a pris beaucoup de retard, il devrait cependant être finalisé par J.P. WALTER et P. SOLLOGOUB à la mi-Mai. Le Conseil estime que, dans le cas contraire, le livre devrait être publié sans ce chapitre. A ce propos, le Conseil estime que ce volume, qui n'est pas dans la continuité des précédents et ne constitue pas des recommandations au sens strict du terme, devra porter un autre titre.

Site WEB : La demande a été faite à M. GAMBINI, à l'ENPC, pour l'installation d'un site AFPS. On attend confirmation de l'autorisation qui ne devrait pas poser de problème. Un premier projet, auquel il travaille avec Luc DAVENNE et Ludvina COLBEAU-JUSTIN, sera présenté au CST le 16 mai par Philippe LUSSOU.

4.1) Réunion avec le MATE pour le CAAR

Concernant l'intervention de l'AFPS dans le domaine des "recherches", le Conseil apprécie la réflexion du Président suivant laquelle l'AFPS devrait plutôt agir en tant que "Assistant Consultant" chargé du pilotage, du suivi et de la validation finale des études (à condition d'en avoir les moyens) et que dans certains cas les contrats doivent être plutôt passés directement avec les organismes (cf par exemple point 4 ci-après).

Au cours de la réunion du 9 mars (lettre MATE du 24/03/00) sur les résultats du CAAR, plusieurs décisions ont été prises :

- 1- Sélection d'accélérogrammes à partir d'un paramètre de mouvement du sol (2^{ème} phase), proposition de P.Y BARD pour un montant de 50 KF : le MATE est d'accord, après remise du rapport final validé de la 1ère phase, ainsi que d'une fiche technique et financière pour l'année 2000.
- 2- Méthodes de calcul non linéaire et coefficient de comportement (2^{ème} phase), proposition de A. CAPRA pour un montant de 150 KF: la 1ère phase a été acceptée par le MATE. La 2ème phase constitue la fin de cette étude et devra aboutir à un document dont les modes de diffusion sont à définir.
- 3- Outils d'aide à la diffusion de réhabilitation parasismique d'un bâtiment, proposition de Ch. BALOCHE pour un montant de 150 KF : le MATE semble sceptique quant au délai de 6 mois et demande que le contenu technique de cette étude soit précisé ainsi que les modes de diffusion des résultats.
- 4- Evolution du zonage sismique de la France, proposition de C. MARTIN pour un montant de 290 KF, ramené à 190 KF du fait qu'une partie du programme est actuellement réalisée par le BRGM : le MATE propose de mettre en attente cette étude – la seule réalisée entièrement par un bureau d'études.
- 5- Groupe de travail franco-américain; proposition de B. MOHAMMADIOUN pour un montant de 50 KF : le MATE demande que la fiche financière soit revue en fonction du montant dont il a effectivement la charge et que le document final soit un document à part entière et non un simple complément de la monographie déjà publiée.

Le MATE réitère son intérêt sur la création d'un site Internet et propose de mettre provisoirement à disposition sur le site prim.net les rapports de mission sur les séismes de Martinique, d'Izmit et de Taiwan.

4.2) Révision du zonage sismique de la France

L'AFPS est sollicitée par le Groupe d'Etudes et de Propositions pour la prévention du risque sismique (GEPP) (lettre de Michel Quatre du 6 avril 2000) pour prendre en charge la révision du zonage de la

France (approuvé en 1991 mais établi en 1985). Dans le cadre de l'Eurocode, il faut en effet qu'un consensus général soit atteint et que ce zonage soit prêt pour 2003.

Le Maître d'Ouvrage étant par vocation le GEPP, il est dit au § II de la note du 6 avril que «La maîtrise d'œuvre des travaux serait réalisée par un groupe de travail ad hoc de l'AFPS ».

Le Conseil insiste pour que soit bien précisée la mission de l'AFPS « conseil scientifique » plutôt que « maîtrise d'œuvre », concernant plus précisément les points 1°) bilan et synthèse préliminaires, et 2°) définition de travaux complémentaires, puis les points 4°) suivi des projets de recherches et validation des propositions, et 5°) proposition de zonage(s) et actions sismiques ; dans une moindre mesure le 3°) cahiers des charges en vue des appels d'offres des projets de recherche.

Le Conseil, conscient de l'importance de la tâche, note :

- qu'un soutien logistique ou une aide financière (ou une personne détachée) seront nécessaires pour la mener, en particulier si le responsable principal est une personne à la retraite (le nom de J. BETBEDER-MATIBET est évoqué),
- d'autre part que les 3 Groupes de Travail concernés : EPAS, MSI, Failles Actives, seront par la force des choses plus ou moins mis en sommeil pour leurs activités en cours, après une réflexion de synthèse et l'état des lieux.

Dans un premier temps l'AFPS aurait à constituer un groupe de travail composé d'environ 15 membres : 10 sismologues et 5 ingénieurs ; dont 3 également membres du sous-groupe du GEPP.

La composition définitive du Groupe de travail correspondant sera proposée par l'animateur du groupe et le CST au Conseil qui cite, pour la sismologie :

- les animateurs des 3 groupes de travail précités :
B. MOHAMMADIOUN (EPAS),
Ph. COMBES / Ch. MARTIN (Failles actives),
F. COTTON (MSI),
- certains membres de ces groupes :
P.Y. BARD (MSI)
Myriam BOUR (MSI)
P. DOMINIQUE (EPAS)
P. MOUROUX
- pour les structures :
D. AMIR-MAZAHERI (qui fait partie du GEPP);
J. BETBEDER-MATIBET (membre du GEPP)
P. SOLLOGOUB
W. JALIL

Ph. BISCH et A. PECKER pourraient assurer le lien avec l'Eurocode et la Commission de Normalisation, toujours en cours d'évolution.

Le Conseil pense qu'il faut tout d'abord demander l'accord des personnes citées pour faire partie du groupe en insistant sur l'importance de la tâche, tout en interrogeant le GEPP sur le soutien logistique ou financier qu'il peut apporter.

5°) Règlement Intérieur

Le Président AMIR-MAZAHERI souhaite que le document – constamment révisable par le Conseil - soit approuvé par ce dernier, afin d'en faire état au cours de l'Assemblée Générale du 23 mai, et que le texte soit publié dans le prochain Bulletin.

W. JALIL s'interroge sur la durée du mandat de Vice-Président qui, selon lui, pourrait être portée à 6 ans mais le Conseil confirme que la durée de 4 ans lui semble opportune pour assurer le renouvellement souhaitable.

Sous réserve de la prise en compte de quelques modifications mineures demandées par F. GANTENBEIN et A. PECKER (à mettre au point avec eux seuls et intégrer dans le texte) le règlement intérieur dans sa version 3 est approuvé par le Conseil.

Les observations de fond formulées par P. LABBE, sur le Comité d'Éthique, sur le suivi des recherches..., qui peuvent remettre en cause les modes de fonctionnement de l'association – voire nécessiter des modifications dans les statuts - feront l'objet d'une réflexion à long terme.

6°) Compte rendu sommaire des actions aux USA (B. MOHAMMADIOUN)

B. MOHAMMADIOUN rappelle l'objet de la coopération F-USA sur l'aléa sismique en zone de sismicité modérée, le 4ème Atelier étant prévu lors de la 6ème Conférence EERI, à Palm Springs, au mois de novembre. La participation de B. MOHAMMADIOUN étant prise en charge par l'AFPS, l'appel à candidatures pour un deuxième participant, décidée lors de la précédente réunion du Conseil, va être envoyé aux membres en même temps que la convocation à l'Assemblée Générale.

7°) Divers

- Le MATE a sollicité l'avis de l'AFPS sur l'étude GEOTER sur l'aléa sismique aux Antilles. Le Président AMIR-MAZAHERI a demandé à B. MOHAMMADIOUN, Président du Groupe EPAS, d'étudier le document, le groupe EPAS n'ayant pas de réunion prévue dans un délai proche. B. MOHAMMADIOUN a sollicité des avis des membres de son groupe mais sans grand succès compte tenu des délais. Il a donc étudié le document seul et donne lecture de la note qu'il a rédigée, note qui va être transmise au MATE. Il conclut qu'il conviendrait de compléter les résultats de cette 1^{ère} phase de travail, ainsi que les auteurs eux-mêmes l'ont signalé, par des calculs de sensibilité et par des compléments d'information dans certains domaines. Les résultats préliminaires ne sauraient être utilisés en l'état pour un zonage réglementaire. Le Groupe EPAS sera heureux de suivre les résultats de ces travaux, comme cela a été le cas pour les études probabilistes portant sur le territoire métropolitain.
- W. JALIL indique qu'il a renouvelé sa demande auprès de V. DAVIDOVICI pour que soit donné, dans le Guide CP-MI Antilles, un exemple numérique afin d'améliorer la compréhension.
- W. JALIL remarque que le fait que les règles parasismiques françaises existent uniquement en français nuit à leur adoption dans les marchés à l'étranger et il souhaiterait que leur traduction en anglais soit entreprise. Il lui est objecté que la durée de validité de ces règles, du fait de l'application prochaine de l'EC8, est maintenant limitée et que d'autre part il s'agit là d'un travail important et délicat, nécessitant une révision attentive de la traduction. Néanmoins le Conseil serait d'accord sur le principe, à condition de trouver un financement; W. JALIL interrogera une Junior Entreprise sur les coûts et délais. Il en rendra compte au prochain Conseil.

°
°°

L'ordre du jour étant épuisé, la séance est levée à 13 heures.



CONSEIL A F P S

Procès-verbal de la réunion du **mardi 26 septembre 2000**
28, rue des Saints-Pères, 75343 Paris Cedex 07

Le mardi 26 septembre 2000, à 9 heures 15, les membres du Conseil d'Administration se sont réunis au siège de l'Association sous la présidence de M. Darius AMIR-MAZAHERI.

Présents : D. AMIR-MAZAHERI, C. GLAIZE, W. JALIL, F. LEGERON, M.P LUONG, R. MADARIAGA, B. MOHAMMADIOUN, P. MOUROUX, A. PECKER (jusqu'au point 6) J.P. TOURET, S. MONTENS (à partir du point 5)

Excusés : M. CHEYREZY, F. GANTENBEIN, P. LABBE, J.P MENEROUD, M. ZACEK

1°) Commentaires sur le compte rendu de la réunion précédente et l'ordre du jour

Le compte rendu de la réunion du 4 juillet ne suscite aucune observation.

2°) Points sur les tomes IV et V des Recommandations AFPS, Site WEB

Il a été souhaité lors de la réunion du conseil du 4 juillet que le Guide CP-MI Antilles constitue, avec l'accord du Ministère de l'Environnement, le **tome IV des Recommandations**. Depuis les choses ont évolué sans que l'AFPS soit réellement tenue au courant. Il est maintenant prévu que le guide soit directement édité par le Ministère, sous la même forme que les PPR. Une maquette de la page de couverture et de la première page intérieure a été remise à P. MOUROUX qui la présente au Conseil. Mais ce dernier tient à ce que le document ait la même présentation que les volumes précédents et en particulier la même couverture rouge. Il décide d'adresser rapidement une lettre en ce sens au Ministère.

Le **tome V** comprendrait alors les chapitres sur les Canalisations enterrées et celui sur les Réservoirs. Quant au chapitre sur les Ponts, le Conseil décide par un vote à mains levées de ne pas l'intégrer dans le tome V puisqu'il a déjà fait l'objet d'un volume dans la série des Recommandations publiées par les Presses des Ponts et que d'autre part un guide d'application vient d'être publié par le SETRA et la SNCF, sans que l'AFPS y soit réellement associée.

Le GERS a décidé de ne pas publier en tant que recommandations le document qu'il prépare. Ultérieurement le chapitre concernant les Ouvrages Souterrains fera, à lui seul, l'objet d'un volume des Recommandations puisqu'il est préparé en collaboration par l'AFTES et l'AFPS.

Il y a lieu de devancer ce type de problème qui risque de se poser à nouveau lors de la publication du nouveau guide de microzonage en préparation.

Site WEB : en raison d'un problème de serveur à l'ENPC, le site AFPS se trouve encore sur un serveur provisoire (www.multimania.com/afps/). Les membres du Conseil qui l'ont consulté le trouvent très satisfaisant. Il est juste souhaité que pour faciliter les recherches les liens soient faits directement, dans un site donné, avec les questions concernant le sismique.

3°) Echos sur la journée du 20 septembre et suite à donner

La Journée d'Etudes du 20 septembre "Comportement Post-Elastique et Mouvements Sismiques" s'est bien déroulée avec plus de 80 auditeurs et d'excellentes présentations. Un fascicule comprenant les résumés des exposés a été remis aux participants. Pierre MOUROUX a demandé aux conférenciers de fournir les transparents présentés. Ces informations pourront être mises sur le site WEB.

Une telle journée doit être prévue tous les trois ou quatre ans.

4) Règlement Intérieur. Points restant à préciser ultérieurement

D'après le Président AMIR-MAZAHERI, cette première version de Règlement Intérieur est certainement incomplète et perfectible. Certains points restent à préciser par exemple la possibilité d'un vote par procuration pour l'élection du Président du CST (question qui vient justement de se poser), présidence du Comité d'Ethique et surtout un article important (6 bis) est à préciser, sur l'action et le suivi des recherches.

Le Président AMIR-MAZAHERI cite les actions en cours à poursuivre :

- En ce qui concerne les **Antilles** la représentation AFPS est bien assurée et efficace en Martinique; il est souhaitable de l'améliorer en Guadeloupe où l'IPG et le BRGM sont très présents.
- Pour la **Turquie**, le Président a été contacté par le MATE en vue de la mise au point des principes d'une coopération Franco-Turque. L'AFPS ne peut prendre la responsabilité d'un protocole mais peut être conseiller auprès de la Puissance Publique. Le Ministère s'oriente vers des organismes publics ou parapublics (BRGM, INERIS, CSTB,...). Une première mission exploratoire est prévue fin octobre par l'INERIS (J. Ph. PINEAU) à laquelle il a été invité à prendre part. Cette mission sera suivie de 2 ou 3 autres beaucoup plus ciblées jusqu'à fin 2000, début 2001. Une fois choisis les thèmes de la coopération, le Maître d'Oeuvre (INERIS) procédera à des appels d'offres. Le Président estime que la mission est essentielle pour l'AFPS, mais fait état de ses contraintes personnelles en octobre et fait appel à candidature. Le Conseil souhaite que cette mission soit effectuée par lui-même compte tenu de son caractère exploratoire. Pierre MOUROUX se propose d'en parler au CST de l'après-midi pour une décision dans la journée.

Pour les **Groupes de Travail**, comme le Président l'a indiqué dès l'Assemblée Générale, on souhaite procéder à un recentrage vers quelques "super-groupes" pour éviter dispersion et recouvrement. Le Président passe en revue la liste des groupes cités dans le compte rendu du précédent Conseil.

Le nouveau **Groupe Zonage Sismique** constitué à la demande du GEPP va mobiliser beaucoup d'énergie. Cependant le Président AMIR-MAZAHERI rassure B. MOHAMMADIOUN sur le fait qu'il n'est pas question de supprimer les groupes en activité mais de donner une cohérence d'ensemble à nos actions, ou compte tenu des délais et des disponibilités des membres du groupe, en donner la priorité à certaines.

En ce qui concerne le **Groupe Soutènement**, Alain PECKER, animateur, indique qu'il le lancera après achèvement des travaux du Groupe Ouvrages Souterrains (4 à 5 mois).

D. AMIR-MAZAHERI fait état de sa plus grande disponibilité, désormais, pour intervenir dans les groupes de travail tels que celui d'Alain CAPRA sur les **Méthodes post-élastiques et Méthodes nouvelles**.

Pierre MOUROUX évoque à cette occasion le **Groupe Vulnérabilité et renforcement** nécessitant un animateur pour le redémarrage et la conclusion rapide des travaux. La question sera évoquée lors du CST.

Conception des détails et ferrailages des voiles : Mario GIANQUINTO, animateur, se propose de faire d'abord une synthèse. Il prépare la lettre de mission du Groupe.

Pour le **Groupe EPAS**, B. MOHAMMADIOUN indique que les résultats doivent être validés par un Groupe international, ce qui peut demander un an à un an et demi.

5°) Elections du Conseil et du CST

Le dépouillement du vote pour le Conseil et le CST a été effectué le vendredi 15 septembre par L. COLBEAU-JUSTIN et P. LUSSOU, scrutateurs désignés lors de l'Assemblée Générale. 219 membres ont participé au vote, ce qui représente - à peu près comme chaque année 36% des membres.

Au Conseil, 209 suffrages exprimés. Ont obtenu : **M. BOUCHON**, 194 voix ; **S. MONTENS**, 187 voix ; **P. MOUROUX**, 202 voix. Trois postes étaient à pourvoir, ces trois candidats sont élus.

Au CST, 7 bulletins étaient nuls : **la composition du CST proposée par le Conseil a été approuvée** (203 oui sur 212 suffrages exprimés).

Le Conseil entérine ces résultats.

6°) Elections du Bureau

Après avoir exercé quatre mandats d'un an D. AMIR-MAZAHERI n'est plus rééligible à titre de Président (article 10 des statuts). Mais en vertu des mêmes statuts il bénéficie d'un troisième mandat de quatre ans au Conseil en tant que membre de droit. B. MOHAMMADIOUN a reçu quatre mandats d'un an au titre de vice-président, il n'est plus rééligible à ce titre (article 2 du RI).

Election du président : un seul candidat se présente, **M. Wolfgang JALIL**, jusqu'alors vice-président; il est élu à l'unanimité.

Election des Vice-Présidents : deux candidats se présentent, MM. **Pierre MOURoux** et **Jean-Pierre TOURET** ; ils sont élus à l'unanimité.

Le nouveau Bureau du Conseil de l'AFPS se compose donc ainsi :

Président	Wolfgang JALIL
Vice-Présidents	Pierre MOURoux Jean-Pierre TOURET
Secrétaire Générale	Colette GLAIZE
Trésorier	Frédéric LEGERON

D. AMIR-MAZAHERI remercie les membres du Conseil de la confiance qu'ils lui ont témoignée pendant les quatre ans où il a exercé cette charge lourde mais qui suscite beaucoup d'enthousiasme grâce au dynamisme de l'équipe de l'AFPS, considérée comme un modèle d'association. Il félicite le nouveau Président et le nouveau Bureau qu'il assure de son soutien total.

Le nouveau Président, W. JALIL, prend la parole et remercie tous les membres du Conseil de leur confiance. Il est très honoré et espère tenir le rang de ses prédécesseurs. Il espère faire aussi bien que le Président sortant qui a fait preuve de beaucoup d'énergie et d'un grand sens de l'innovation. Il propose de mettre l'accent sur le bâti ancien, le renforcement et enfin de faire un effort d'information et de culture parasismique.

7°) Manifestations à venir, organisées par l'AFPS ou auxquelles elle prend part;

- Colloque Euroméditerranéen, **Extrem 2000** - " Maîtrise des Risques Technologiques et Naturels - La Protection Sismique des Installations Industrielles et des Bâtiments - Retours d'Expérience Récents : Séisme de Kocaeli-Izmit (Turquie), Grèce et Taïwan" - 11 au 13 Octobre 2000, Marseille
- **Colloque G2C sur le risque** - Ateliers des 8 et 9 novembre, à l'UNESCO. D. AMIR-MAZAHERI présentera la synthèse de la journée du 20 septembre.
- **4ème Atelier FRANCE-USA sur le ZONAGE SISMIQUE** organisé par B. MOHAMMADIOUN dans le cadre de la 6ème Conférence Internationale EERI "Managing Earthquake Risk in the 21st Century", Palm Springs (Ca., USA) 12-15 novembre 2000.
- **Demi Journée AFPS "Vulnérabilité - Renforcement"** (présentation ciblée des communications à la 12ème Conférence Mondiale en Nouvelle Zélande) – **12 Décembre 2000** à 14h30 (et non 28 novembre comme annoncé précédemment), à l'ENPC. J.P TOURET assure la coordination de la journée. Y participeraient D. COMBESURE, W. JALIL, M. LEBELLE, F. LEGERON et J.M. REYNOUARD.
- **Demi Journée AFPS/CNRS "Sismotectonique en Turquie"** - 01 février 2001 (date en attente de confirmation de R. ARMIJO) à l'ENPC. D. AMIR-MAZAHERI a pris contact avec MM. VIDAL (CNRS), R. ARMIJO (CNRS) et P. VOLANT. Ces deux derniers animeront cette demi journée.
- **Première Conférence internationale Albert Caquot** sur la modélisation et la simulation en génie civil : de la pratique à la théorie - 3 au 5 octobre 2001.
- **Journée CFGI/AFPS**, en préparation par J.P. MENEROUD avec le CFGI - Octobre 2001, PARIS.
- **ACI / AFPS 2003**, San Diego, suite de la journée d'Etude de juin sur les ponts en collaboration directe avec l'ACI. D. AMIR-MAZAHERI assure le suivi côté AFPS

8°) Publications : Bulletin / Cahier Technique

Bulletin - Le n° 38 est prévu fin octobre

Cahier Technique

Le n° 20, Mouvements Sismiques pour l'Ingénieur et Microzonage de la ville de Bucarest, et le n°21, Guide d'application des Recommandations AFPS/CESS / Canalisations enterrées, viennent de sortir. Ils sont remis aux membres du Conseil et seront diffusés aux membres de l'Association dans les prochains jours. Une demande de financement est présentée au MATE.

9°) Divers

Colloque en Algérie : l'Association Algérienne du Génie Parasismique organise un colloque du 8 au 10 octobre et a adressé deux invitations, tous droits d'inscription et de séjour compris à l'AFPS. Le Conseil désigne P. MOURoux, comme son représentant officiel et prendra en charge son billet d'avion. Il sera proposé aux membres du CST de profiter de la seconde invitation si les frais de voyage peuvent être assumés par son organisme.

Assurance : une nouvelle proposition de contrat a été faite à l'AFPS pour couvrir le risque responsabilité civile vis-à-vis des tiers, la dépense correspondante étant de l'ordre de 5000 F/an. Le Conseil décide de surseoir à une décision.

Après avoir participé activement aux travaux de l'AFPS depuis sa création, et assumé la fonction de Président du CST puis du Conseil, A. PECKER quitte les principales instances de l'AFPS. Il déclare y avoir pris beaucoup de plaisir et adresse ses remerciements aux membres du Conseil. Il continuera son action en particulier en tant qu'animateur de groupes de travail. Comme prévu précédemment il représentera l'AFPS au 4th Int. Conference on recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics à San Diego, californie, du 26 au 31 mars 2001.

Par suite d'un changement de situation professionnelle, Frédéric LEGERON, qui avait bien voulu reprendre la fonction de Trésorier à la suite de Michel KAHAN, se voit obligé d'y renoncer. Le Conseil le déplore vivement, remercie F. LEGERON de son action et espère que la relève pourra être assurée au sein du SETRA.

L'ordre du jour étant épuisé, la séance est levée à 12h30.

Prochaine réunion : mardi 5 décembre 2000

Annexe 1.2.

REUNIONS DU CST – AFPS

COMITE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

Bull. AFPS n° 36, janvier 2000

Au cours des 5 réunions tenues en 1999, le CST a examiné les différents points suivants :

- **Organisation du Vème Colloque national AFPS**

J. MAZARS et P.Y. BARD et les différents rapporteurs ont mené particulièrement à bien et de façon efficace l'organisation de ce Vème Colloque qui a eu lieu du 19 au 21 octobre 1999, à l'Ecole Normale Supérieure de Cachan. Qu'ils en soient beaucoup remerciés.

On trouvera dans ce Bulletin un encart rassemblant les synthèses des différentes sessions du Colloque.

- **Groupes de travail**

- CPMI-Antilles (V. DAVIDOVICI)*

Plusieurs séances ont été consacrées à l'analyse du document quasi final, en particulier celles du 18 mai et du 7 décembre. Des remarques de fond ont encore été émises lors de cette dernière présentation, en particulier par W. JALIL et M. ZACEK.

Le CST a approuvé le document dans sa version, sous réserve de prise en compte des dernières remarques qui ont été formulées par écrit avant fin décembre 1999.

Une dernière réunion restreinte se tiendra le 24 janvier 2000, pour les dernières mises au point.

- Vulnérabilité (J. BATTIER)*

Une ultime présentation du projet de document final a été faite le 7 décembre, en particulier par R. SOULOUMIAC. Ce projet et notamment la fiche d'évaluation proposée ont suscité des commentaires de la part du CST qui estime que les critères retenus ne sont pas forcément les plus représentatifs de la vulnérabilité. Il aurait souhaité également que la typologie des bâtiments soit mieux précisée.

Le CST a considéré néanmoins que le Guide, dans cette version, représente une première étape du travail et qu'il peut être transmis avec quelques commentaires concernant le chapitre 6, fournis par Ph. BISCH. D'autres observations sont à formuler par écrit avant la fin du mois de janvier.

De toute façon, J. BATTIER n'ayant pas souhaité continuer son action dans le G.T. Vulnérabilité, il est décidé de raccorder ce dernier au groupe Renforcement du bâti existant, animé par Ch. BALOCHE ; l'objectif est de réaliser une évaluation statistique des différentes typologies pour les bâtiments construits après 1960 et à critères plus stricts, en vue du renforcement.

- Renforcement (C. BALOCHE, J.P. WALTER)*

Des premiers éléments de réflexion ont été présentés lors de la réunion de juillet : ils ont porté sur la détermination du niveau de protection en fonction du coût de renforcement (compromis à trouver) et donc des techniques de renforcement, par groupes de construction. Des méthodes de renforcement simplifiées ont aussi été évoquées.

- M.S.I. (F. COTTON)*

La rédaction d'un document final est en cours (réalisation en juin 2000). Le plan est le suivant :

- formulaire sismologique pour l'ingénieur :
P. BERNARD, F. COTTON
- lois d'atténuation :
M. BOUR, J. BETBEDER-MATIBET
- effets de site : P.Y. BARD
- accélérogrammes synthétiques :
F. COTTON, J. RIEPL

Il faut par ailleurs noter que les propositions faites en 1998 par le M.S.I. (P.Y. BARD) au Président de la Commission de Normalisation, A. PECKER, ont été en partie prises en compte par le groupe de travail correspondant de l'Eurocode 8.

- Modélisation post-élastique (A. CAPRA)*

Le rapport de la phase 1 est terminé et a été transmis au MATE/SDPRM.

- EPAS : Evaluation probabiliste de l'aléa sismique (B. MOHAMMADIOUN)*

Le rapport de la phase 3 (1^{ère} partie) est terminé et doit être transmis au MATE/SDPRM. Il a porté essentiellement sur une étude de sensibilité des différents paramètres et a conduit à une nouvelle carte de l'aléa (en particulier a_{max} pour une période de retour de 475 ans) qui a été présentée lors du 5^e colloque. La 2^e partie de la phase 3

doit porter sur la prise en compte d'une loi d'atténuation considérant les différences entre magnitudes M_s et M_L ainsi qu'une autre loi de distribution (réunion du 18/01/00).

Ouvrages souterrains (AFTES/AFPS :
F. WOJTKOWIAK, J. BETBEDER-MATIBET)

Les 4 sous-groupes ont terminé leurs travaux et un comité de rédaction a été formé pour la réalisation des recommandations finales, qui est actuellement en cours (document final prévu en juin 2000).

CESS : canalisations enterrées sous séisme
(M. ZAREA)

Un guide d'application a été réalisé par GDF, approuvé par le CST le 9 juillet, et en cours d'approbation par l'Administration.

Réservoirs d'eau potable (J.P. WALTER)

Le document final est prévu pour la fin du mois de mars 2000.

Architecture parasismique et parti constructif
(M. ZACEK)

Le document final est en cours de réalisation et prévu pour juin 2000.

GERS : Groupe d'étude sur le risque spécial
(J. BETBEDER-MATIBET et P. MOUROUX)

Une étude du comportement post-élastique d'une sphère est en cours par la Société Krebs-Speichim, pilotée par P. POURCEL, ainsi qu'une étude bibliographique sur le comportement post-élastique de différents équipements, avec financements du S.E.I.. La méthodologie a été présentée lors de la dernière réunion du groupe, en décembre.

Autres groupes

Certains ont eu des réunions de travail, mais elles n'ont pas fait l'objet de présentations au CST en 1999, en particulier :

- Dispositifs spéciaux pour les ponts (E. BOUCHON) ;
- Fondations profondes (J.P. TOURET) : un rapport sur « le comportement des fondations profondes lors du séisme de Kobe » a été remis au MATE/SDPRM.
- Failles actives (Ph. COMBES et C. MARTIN).
- Essais sur modèles en vue de préciser le comportement post-élastique (D. COSTES).

Nouveaux groupes

- Microzonage sismique,
- Zonage sismique de la France,
- Soutènements.

Les animateurs de ces groupes et les lettres de mission correspondantes seront définis lors de la prochaine réunion du CST.

Une journée spéciale sur les travaux de recherche réalisés dans le cadre de l'AFPS est envisagée à la fin du premier semestre 2000.

Bull. AFPS n° 37, juin 2000

Le CST s'est réuni le 7 mars et le 16 mai 2000.

Journée « Recherche » du 20 septembre 2000, amphithéâtre Caquot, 28 rue des Saints-Pères

Pour rendre compte des principales recherches en cours et des activités des Groupes de Travail AFPS, il est décidé d'organiser une réunion publique gratuite sous le titre : « **Comportement post-élastique et mouvements sismiques** ». Afin de laisser suffisamment de temps pour les discussions, le programme est établi sur une journée entière. La date du mercredi 20 septembre a été retenue.

Le programme fait appel à des personnalités étrangères : A. PINTO (Centre Commun de Recherche d'Ispra) et F. SABETTA (Servizio Sismico Nazionale, Rome) qui feront chacun une conférence invitée et l'analyse critique des résultats présentés.

Nouveaux Groupes de travail

- *Microzonage sismique (P.Y. BARD)*

La constitution du Groupe va probablement être différée compte tenu de la demande récente faite par le GEPP pour que l'AFPS prenne en charge la préparation du nouveau Zonage Sismique de la France (voir p. 2 et ci-après), puisqu'il existe forcément un lien entre le microzonage et le zonage national.

- Ferrailage dans les voiles

W. JALIL pressenti comme animateur pense utile, dans un premier temps, de consulter la Profession et se charge de prendre les contacts nécessaires.

- Conception des détails

M. GIANQUINTO, pressenti comme animateur de ce groupe, demande un temps de réflexion et donnera sa réponse à P. MOURoux, Président du CST. J.P. BIGER pensait reprendre les données sur le bois du Guide CP-MI Antilles. Le CST lui confirme ce souhait.

- Modélisation pratique et torsion (critères de vulnérabilité)

J.F. SIDANER accepte d'en être l'animateur. Il prépare une lettre de mission.

- « Performance based methods »

D. AMIR-MAZZAHERI et F. LEGERON vont mener une réflexion sur la réglementation moderne.

Zonage sismique de la France

Pour répondre à la demande du GEPP présentée à l'AFPS (voir p. 2), le CST a établi, au cours de sa réunion du 16 mai, la liste des personnes pressenties pour constituer le Groupe de Travail chargé de préparer le zonage sismique de la France : D. AMIR-MAZZAHERI, J.Ph. AVOUAC, P.Y. BARD, P. BERNARD, J. BETBEDER-MATIBET, Ph. BISCH, M. BOUR, Ph. COMBES, F. COTTON, V. DAVIDOVICI, P. DOMINIQUE, Ch. DUROUCHOUX, W. JALIL, Ch. MARTIN, .B. MOHAMMADIOUN, P. MOURoux, P.A. NAZE, A. PECKER, J.F. SIDANER, P. SOLLOGOUB.

Le pilotage du Groupe est confié à J. BETBEDER-MATIBET qui, dans un premier temps, prépare une note dressant l'état des connaissances (en particulier synthèse des travaux déjà réalisés par les Groupes de travail AFPS) et recensement des travaux complémentaires nécessaires, tout en sachant que le zonage qui devra être fourni dans le délai de 2 ans imposé par la mise en vigueur de l'Eurocode ne pourra être que le reflet des connaissances à un moment donné et ne constituera qu'une première étape. Pour l'épauler et assurer le fonctionnement du groupe : suivi, organisation des réunions, logistique ..., J. BETBEDER-MATIBET souhaite qu'un animateur soit désigné.

La première réunion du Groupe est fixée au mardi 4 juillet, lors du prochain CST.

Ponts de tuyauteries (Racks)

Le texte préparé par J. BETBEDER-MATIBET et M. GIANQUINTO, dans le cadre du groupe de travail GERS, lieu de concertation entre industriels, MATE, DRIRE et experts AFPS, texte qui a été communiqué aux membres du CST, n'est pas un règlement applicable ; il présente plutôt l'aspect expérimental. Ceci sera précisé dans un préambule. M. GIANQUINTO prépare une nouvelle version, tenant compte des observations faites depuis, notamment par J.F. SIDANER et M. LEBELLE, qui sera présentée au CST lors de la réunion du 4 juillet. En accord avec le groupe GERS, le texte définitif sera publié dans un prochain Cahier Technique.

Site WEB

Ph. LUSSOU qui a accepté la charge de sa réalisation, avec Ludvina COLBEAU-JUSTIN et L. DAVENNE (voir p. 3) a présenté au CST du 16 mai le premier projet qui consiste à mettre en ligne les informations fournies par l'AFPS : grands titres en marge, page d'accueil, mot du Président, organigrammes, Groupes de Travail, publications, ouvrages spécialisés, ... liens avec autres associations ou organismes, bases de données, liens par les thèmes... Ulérieurement une version anglaise réduite pourra être envisagée.

L'autorisation d'implantation du Site à l'ENPC a été donnée. Reste à assurer l'installation sur un serveur.

Bien entendu, la mise à jour des informations devra être régulièrement assurée.

Fondations profondes

Des observations ont été formulées sur le texte de J.P. TOURET, communiqué par courrier aux membres du CST, par P. LABBE, P. BERTHELOT, M. GIANQUINTO et J.F. SIDANER. Il en sera tenu compte dans la version définitive qui sera publiée dans un prochain Cahier Technique. On y ajoutera une note de Y. GUILLON qui a également fait une étude sur les fondations.

CP-MI Antilles

Le Guide est prêt sous réserve de l'exécution de quelques dessins. C'est un guide AFPS dont le statut sera décidé par la Puissance Publique.

Guide Vulnérabilité

Lors de la réunion du CST du 7 mars, des commentaires sur le texte communiqué aux membres du CST ont été faits par MM. BISCH, LABBE, PECKER, SOLLOGOUB, THEVENIN. Les principales remarques portent sur l'absence d'une typologie précise et sur la méthode. R. SOULOUMIAC, principal rédacteur, regrette que ces remarques ne lui aient pas été d'abord adressées. Le document est cependant considéré par les membres du CST comme constituant une étape importante du travail envisagé dans la lettre de mission initiale.

Il faudrait cependant développer beaucoup plus le chapitre sur la typologie et sur les fonctions de vulnérabilité correspondantes. Il faudrait également lancer un chapitre de présentation des méthodes dites en déplacement (ATC40), même si ces dernières apparaissent encore comme difficilement applicables par l'ingénieur courant.

J. BATTIER rappelle la mission du Groupe de Travail Vulnérabilité, signale que le Groupe a travaillé 20 jours et souligne que la méthode présentée est cohérente et fiable, sans modélisation compliquée, pour les cas les plus courants. Les travaux qui ont fait l'objet de présentation au CST en cours d'avancement n'avaient pas soulevé de commentaires particuliers. Le guide est considéré comme achevé sous réserve de quelques mises au point et en envisageant éventuellement d'affiner la typologie.

A. CAPRA remarque qu'on demande au Groupe d'appliquer des méthodes plus sévères que les règles actuelles. Actuellement, les méthodes utilisées sont des méthodes en forces ; les méthodes en déplacements existent mais pas sous une forme pratique et utilisable facilement par l'ingénieur de bureau d'étude (W. JALIL).

J.F. SIDANER remarque que l'écueil du Guide est d'avoir voulu quantifier, sans préciser les limites.

J. MAZARS observe qu'on pourrait mettre un avertissement précisant les limites et que c'est un état de l'art, dont la validité est limitée dans le temps.

P. MOUROUX et D. AMIR-MAZAHERI vont rédiger un préambule.

Ch. MARTIN signale qu'une étude a été faite à Pointe-à-Pitre avec des fonctions de vulnérabilité. La méthode est peut-être critiquable mais pragmatique et permet de traiter le problème à l'échelle urbaine. Un problème se pose de validation de la méthode proposée par le Guide puisqu'il a suscité des contestations et Ch. MARTIN souhaite que les personnes qui ont fait des critiques fassent des propositions et qu'un Groupe de travail soit mis en place pour aller jusqu'au bout du problème.

J.F. SIDANER remarque que la difficulté est de réaliser un diagnostic.

P. MOUROUX conclut que le document va être envoyé au Ministère avec un commentaire en préambule précisant ses limites et montrant les améliorations possibles. En annexe vont être ajoutés des exemples d'application.

Un animateur (J.F. SIDANER) va être désigné pour poursuivre le travail du Groupe, avec une nouvelle lettre de mission. Darius AMIR-MAZAHERI souhaite que le Groupe soit élargi avec quelques représentants des bâtiments à risque spécial.

A la réunion suivante du CST, le 16 mai, il a été rendu compte d'une récente réunion du Groupe tenue avec J. BATTIER, D. COMBESURE, G. JACQUET, MESSAOUI, Ch. MARTIN et P. MOUROUX.

Le document doit être complété pour expliquer sa raison d'être, ses objectifs, ses limites, la typologie et les méthodes possibles. In fine, on donnera les perspectives et les retours d'expérience, les comparaisons avec d'autres méthodes (USA...).

On doit se renseigner auprès du Ministère de l'Équipement pour savoir si une typologie des constructions existe déjà.

Accompagné du préambule prévu de D. AMIR-MAZAHERI et P. MOUROUX, le document sera envoyé au MATE.

Le CST devra décider de la suite à donner à ce Groupe de Travail, en concertation avec Ch. BALOCHE.

Bull. AFPS n° 38, novembre 2000

Le CST s'est réuni le 4 juillet et le 26 septembre 2000. La liste des membres du CST proposée par le Conseil au vote de l'Assemblée a été approuvée. Cinq nouveaux membres sont ainsi entrés au CST :

Patrick BERTHELOT, spécialiste de géotechnique (BUREAU VERITAS, Président de la Commission Technique du CFMS)

Fabrice COTTON, sismologue (responsable du BERSSIN à l'IPSN)

Eric FOURNELY, spécialiste des charpentes surtout bois (enseignant au CUST, Clermont-Ferrand, chercheur au CERMES)

Vladan MILOVANOVITCH, modélisation numérique (Séchaud et Bossuyt)

Jean-François SEMBLAT, modélisation numérique, dynamique des sols expérimentale (LCPC)

Par ailleurs, deux autres membres "reviennent" au CST :

Marc LEBELLE, spécialiste de structures et plus particulièrement dans le domaine de l'industrie et des équipements nucléaires

Pierre LABBE, ancien président du CST, maintenant à IAIEA à Vienne

Pierre-Yves BARD a été élu Président du CST, à l'unanimité de ses membres, lors de la réunion du 26 septembre.

GROUPES DE TRAVAIL

Tenant compte du recentrage souhaité, et au moment de la prise de fonction du nouveau Président, le CST a passé en revue l'état d'avancement des groupes de travail.

GT EPAS (Evaluation probabiliste de l'aléa sismique)

B. MOHAMMADIOUN, animateur, souligne que les travaux entrepris, largement avancés, doivent être menés à leur terme et non différés en faveur du zonage sismique, sous prétexte que ce dernier doit faire face à des échéances impératives fonction de l'Eurocode. La 3^{ème} phase a porté sur une étude de la sensibilité des différents paramètres principaux : coefficient b, magnitude maximale, profondeur focale. L'influence d'une nouvelle corrélation entre magnitudes M_s et M_L a aussi été prise en compte. B. MOHAMMADIOUN a présenté le point des travaux à la Journée Technique du 20 septembre.

GT MSI (Mouvements sismiques pour l'ingénieur)

Animateurs : **F. COTTON**

L'activité du Groupe a conduit à la rédaction de plusieurs documents concernant en particulier les lois d'atténuation et un glossaire de sismologie à l'usage de l'ingénieur. Une contribution importante a concerné une réflexion permettant d'aboutir à des propositions de formes spectrales plus conformes aux observations récentes, pour les conditions de site. Une partie de ces propositions a été retenue dans la rédaction du chapitre correspondant des EC8 (voir le cahier technique n°20). Le sujet a été présenté à la Journée Technique du 20 septembre par P.Y. BARD et F. COTTON.

GT Failles actives

Animateurs : **Ph. COMBES / Ch. MARTIN**

Un des objectifs principaux du groupe est d'arriver à une nouvelle définition des failles actives, permettant une meilleure prise en compte, à la fois dans le cadre actuel des PS92 et dans celui d'une évolution souhaitable de ces règles pour cet aspect particulier : compte tenu de la faible probabilité d'occurrence de déplacements irréversibles dus aux failles, dans le contexte français, il pourrait ne pas être tenu compte de ces failles pour les bâtiments de classes A et B. Ceci rejoint les propositions faites dans le guide de microzonage sismique de 1993. Les travaux du Groupe ont fait l'objet d'une présentation à la Journée Technique du 20 septembre.

GT Réservoirs d'eau potable

Animateur : **J.P. WALTER**

La rédaction de Recommandations est menée en parallèle avec celle du DAN laquelle sera prête fin novembre. Une réunion du Groupe est prévue le 6 novembre et un document final, pour le mois de décembre 2000.

Groupe de Travail Zonage Sismique de la France

La première réunion de ce groupe, constitué pour répondre à la demande du GEPP (Groupe d'Etudes et de Propositions pour la Prévention du Risque Sismique) en vue de la révision du zonage actuellement en vigueur, fixé par l'arrêté de 1991, s'est tenue le 4 juillet dans le cadre du CST. Une note préalable a été préparée par J. BETBEDER-MATIBET pour dresser un « état des lieux » et servir de base au programme de travail.

La composition du Groupe AFPS est la suivante :

D. AMIR-MAZAHARI, J. Ph. AVOUAC, P.Y. BARD, P. BERNARD, J. BETBEDER-MATIBET, Ph. BISCH, M. BOUR, Ph. COMBES, F. COTTON, V. DAVIDOVICI, P. DOMINIQUE, C. DUROUCHOUX, W. JALIL, Ch. MARTIN, J.P. MENEROUD, B. MOHAMMADIOUN, P. MOUROUX, P.A. NAZÉ, A. PECKER, J.F. SIDANER, P. SOLLOGOUB.

Etant bien précisé que lorsqu'interviendront les appels d'offres de l'administration, les membres amenés à répondre à ces appels d'offres en seront provisoirement exclus.

Lors de sa deuxième réunion, le 27 septembre, le Groupe a choisi comme animateur **P. MOUROUX**, assisté de **J.F. SIDANER** - étant entendu que le principe déontologique évoqué ci-dessus s'appliquera aussi aux animateurs. Un calendrier très strict de réalisation du zonage a été mis en place, ainsi que les principes de rédaction de l'appel d'offres.

GT Microzonage sismique

Animateur : **P.Y. BARD**

Les objectifs du groupe sont de réactualiser le Guide de microzonage sismique de 1993, compte tenu des apports récents concernant en particulier les effets de site. Le sujet est par ailleurs en liaison étroite avec celui traité par le Groupe PPR lancé par le Ministère de l'Environnement, le microzonage représentant la partie technique du plan de prévention des risques. L'échéance fixée pour le PPR est 2001 ; le travail du groupe ne sera pas terminé à cette date : il sera spécifié que la contribution du Groupe AFPS présente un aspect provisoire et que le travail est en cours.

La lettre de mission du Groupe sera publiée dans le prochain Bulletin.

GT Fondations profondes. Pieux

Animateur : **J.P. TOURET / J.P. WALTER**

Le document Fondations profondes sera terminé après prise en compte de quelques dernières observations formulées en particulier par J.F. SIDANER.

La partie sur les pieux est menée par J.P. WALTER. Le travail porte surtout sur le dimensionnement en capacité. Plusieurs des membres du Groupe, constitué de Ph. BISCH, P.A. NAZE, J.M. RAMBACH, J.P. TOURET, J.P. WALTER, travaillent chacun sur une partie du document qui devrait être prêt en juin 2001.

GT Soutènements

A. PECKER qui a accepté d'être l'un des deux animateurs souhaite que les travaux ne débutent qu'après achèvement de ceux du Groupe Ouvrages Souterrains. Il s'agit de traiter essentiellement du problème de certains

soutènements, dont les parois clouées. La désignation du second animateur et la composition du Groupe seront présentées à la prochaine réunion du CST.

Groupe de Travail AFTES/AFPS Ouvrages Souterrains

Ce groupe prépare un projet de recommandations relatives à la conception et la protection parasismiques des ouvrages souterrains. J. BETBEDER-MATIBET en a présenté le sommaire au CST, auquel sera prochainement soumis le texte, comportant une quarantaine de pages et des annexes (environ 80 pages). Le document devrait être terminé au cours du premier semestre 2001.

GT Architecture et parti constructif

Animateur : M. ZACEK

Le document final sera présenté à une prochaine réunion du CST.

GT Vulnérabilité et Renforcement

Le Guide Vulnérabilité préparé par le groupe spécifique animé par J. BATTIER va être publié, avec une préface précisant les limites de son utilisation.

Le CST étudie la manière de raccorder le travail effectué par le GT Vulnérabilité à celui du GT Renforcement, animé par Ch. BALOCHE et J.P. WALTER. Il est souhaitable que le groupe élabore une doctrine propre, avec en particulier une adaptation de résultats de l'ATC 40 au bâti français. Il existe également une norme ENV DAN et Ph. BISCH regrette qu'il n'existe pas davantage de liens entre le DAN et l'AFPS.

Pour étudier l'opportunité de fusionner les 2 Groupes précédents, une réunion va être organisée avec D. AMIR-MAZAHERI, Ch. BALOCHE, Ph. BISCH, M. BOUCHON, A. CAPRA, W. JALIL, P. MOUROUX, P. SOLLOGOUB, J.P. WALTER.

GT Modélisation pratique et torsion

Ce Groupe va reprendre sur de nouvelles bases le travail sur la torsion qui n'a pu aboutir. J.F. SIDANER a accepté d'en être l'animateur.

La constitution du Groupe est en cours et nécessitera le travail d'un stagiaire. La lettre de mission du Groupe sera publiée dans le prochain bulletin.

GT Comportement post-élastique et méthodes nouvelles

Ce groupe, animé par A. CAPRA et D. AMIR-MAZAHERI, fait suite à celui sur les méthodes de calcul non linéaire qui a fait l'objet d'un premier rapport remis au MATE. Présentation à la Journée Technique du 20 septembre.

Ph. BISCH signale que pour l'Eurocode existent un groupe de travail et un groupe de coordination.

GT Conception des détails. Ferrailage des voiles. Assemblages soudés

Animateur : M. GIANQUINTO

La lettre de mission sera publiée dans le prochain Bulletin. La composition du Groupe qui devra recouvrir des spécialistes de l'acier, du béton, du bois... est en cours.

GT Dispositifs spéciaux pour les ponts

Animateur : E. BOUCHON

Ce groupe a pour objectif de produire un document sur les dispositifs spéciaux pour les ponts qui rassemblera :

- une synthèse de l'état de l'art en matière de matériels et de méthodes de calcul,
- des recommandations pour l'emploi des dispositifs spéciaux (spécifications, essais et contrôles, conception des ouvrages, calcul, entretien...),
- des clauses types de dossier de consultation et de marché.

Le sommaire du document a été présenté à la réunion technique du 20 septembre. La première rédaction est en voie d'achèvement. La version finale est attendue en juin 2001.

GERS (Groupe d'études sur le Risque Spécial)

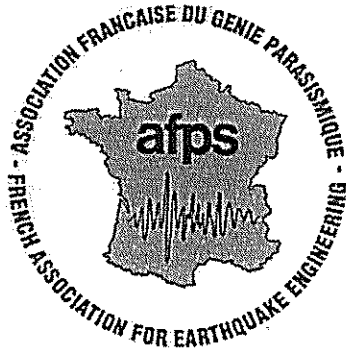
Animateurs : J. BETBEDER-MATIBET / P. MOUROUX

Le texte sur les racks (ponts de tuyauteries), préparé par M. GIANQUINTO, sera présenté au GERS le 6 décembre. La forme de sa publication (Cahier Technique, Guide, Recommandations...) reste à définir.

Un guide AFPS sur les installations classées serait souhaitable et une proposition dans ce sens sera analysée au cours de la prochaine réunion du 6 décembre.

Annexe 1.3.

**JOURNEES RECHERCHES – MATE
LE 20 SEPTEMBRE 2000**



Journée technique

**COMPORTEMENT POST-ELASTIQUE
ET MOUVEMENTS SISMIQUES**

20 Septembre 2000

Présentation publique des travaux de recherche en
génie parasismique

avec le soutien du Ministère de l'Aménagement
du Territoire et de l'Environnement et le
concours des

Professeurs F. Sabetta et A. Pinto



Programme :

9h30 Introduction P. MOUROUX

9h45 Conférence invitée : Ground motion models

and new EC8 spectral shapes

Seismic risk assessment and reduction in Italy

Professeur Fabio SABETTA

10h15 Modélisation élasto-plastique

A. CAPRA

Rapporteur : S. MONTENS

11h00 Pause

11h15 Evaluation probabiliste de l'aléa sismique

B MOHAMMADIOUN

Rapporteur : R. MADARIAGA

12h 00 Failles actives

Ph. COMBES et C. MARTIN

Rapporteur : M. SEBRIER



Programme :

12h45 Déjeuner libre

**14h15 Conférence invitée : Experimental assessment and strengthening of
reinforced concrete buildings**

Professeur Arturo PINTO

15h00 Mouvements sismiques pour l'ingénieur

F. COTTON et P. Y. BARD

**Rapporteur : J. BETBEDER-
MATIBET**

15h45 Appuis parasismiques

E. BOUCHON

Rapporteur : J. P. TOURET

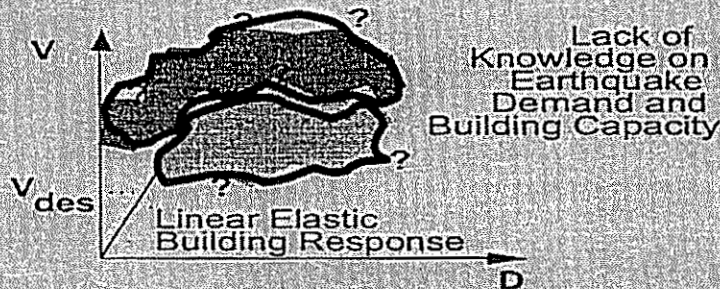
Development of Analysis Procedures



Earthquake Displacement

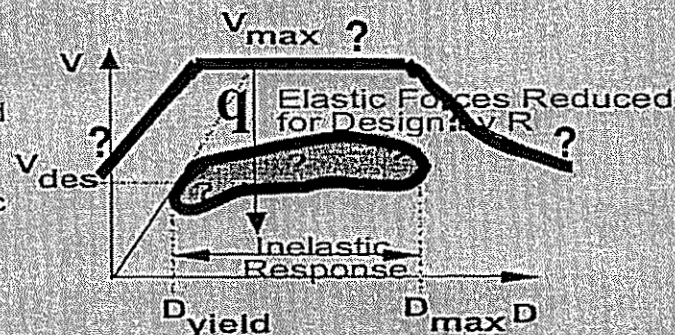
Historical Approach

- Earthquake forces proportional to building mass
($V_{des} = 5-10\%$ of $Wt.$)
- Linear design using "factors-of-safety" to account for uncertainty in earthquake demand and building capacity



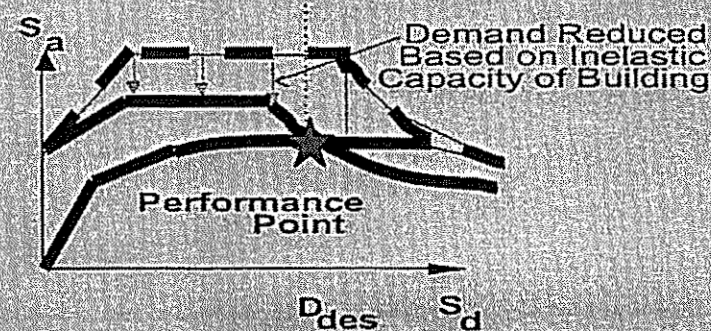
Traditional Code Basis

- Elastic earthquake forces reduced for linear design
($V_{des} = V_{max} / R$)
- R varies based on typical inelastic response of structural types
- Reduction justified by expected ductility, $D_{max} / D_{max\ yield}$



Performance-Based Trend

- Inelastic earthquake demand based on inelastic capacity of building
- Resolution of demand vs. capacity generates Performance Point
- Design based on displacement, D_{des}



Earthquake spectra February 2000 (ATC 40)

Figure 3. Evolution of seismic design (ATC 1996).

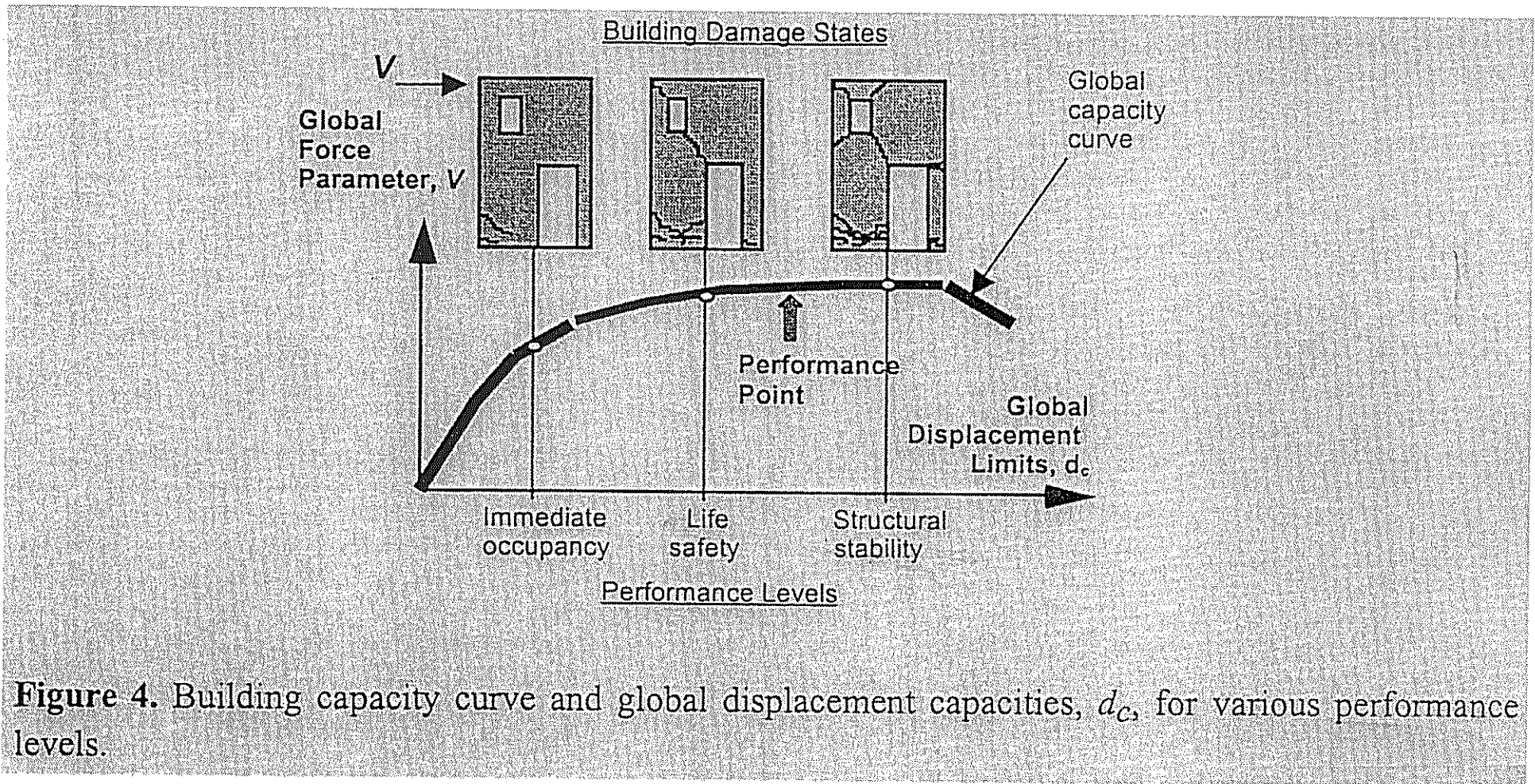


Figure 4. Building capacity curve and global displacement capacities, d_c , for various performance levels.

CONFERENCE INVITÉE

GROUND MOTION MODELS AND NEW EC8 SPECTRAL SHAPES

Fabio SABETTA

Servizio Sismico Nazionale – Roma

In the process of the implementation of the Eurocode 8 “Design provisions for earthquake resistance of structures” from European Prestandard (ENV) to National Standard (EN), the European Committee for Standardization (CEN) established several working groups for the revision of different parts of the Eurocode.

Dr. Sabetta is a member of Project Team 1 (PT1) responsible for the revision of part 1-1 “Seismic actions and general requirements for structures”. PT1 has been working, during 1999 and 2000, taking into account the comments made by the different Countries involved in the Eurocode 8 (National Technical Contacts) and considering what has recently been done in the building codes of United States (UBC97) and France (MSI98). The main changes to part 1-1 of EC8, concern the definition of the design ground acceleration, the classification of subsoil conditions, the modification of the spectral shapes and the explicit definition of an elastic displacement response spectrum.

The spectral shape modifications have been largely based on the attenuation relations developed by Sabetta & Pugliese (1996) and by Ambraseys et al. (1996), using respectively Italian and European strong motion recordings.

The first part of the presentation is devoted to a summary of the main features of the ground motion predictive models through the implementation of attenuation relations: selection of independent variables (magnitude, distance, site geology); selection of dependent variables (PGA, PGV, spectral values, duration, etc.); selection of the data base; selection of the mathematical model for the implementation of the regression analysis. Afterwards the most used attenuation relations developed in the last decade in Europe and U.S. for PGA and response spectra are illustrated and compared, with a particular emphasis on those utilized for the EC8 spectral shape modifications.

The second part is devoted to the illustration of the main changes introduced by PT1 in part 1-1 of the Eurocode 8: effect of magnitude on the spectral shape; uniform hazard spectra of sites belonging to different seismic zones and motivation of the choice of PGA instead of EPA to represent the design ground acceleration; introduction of two types of elastic response spectra to be adopted respectively in high and low seismicity regions; classification of subsoil classes; derivation of the spectral shapes for subsoil classes A, B and C and comparison with the normalized spectra predicted by Sabetta & Pugliese and Ambraseys attenuation relations; illustration of the new elastic response spectra for subsoil classes A, B, C, D, E and comparison with the spectral coefficients of UBC97 and MSI98; vertical elastic spectrum; design spectrum; peak ground displacement; elastic displacement response spectrum; alternative representations of the seismic action.

CONFERENCE INVITÉE

SEISMIC RISK ASSESSMENT AND REDUCTION IN ITALY

Fabio SABETTA

Servizio Sismico Nazionale – Roma

The presentation is aimed to illustrate the main policies for the seismic risk reduction presently carried out in Italy. After a short analysis of the characteristics and dimension of the seismic problem compared to other sources of risk, a detailed description of the single risk reduction policies is given. Updating of the building code and seismic zoning: illustration of a new proposal of seismic zoning and limited effectiveness of an approach acting only on the new buildings due to the specific features of the Italian real estate. Seismic risk assessment: probabilistic hazard assessment, PSHA maps, vulnerability inventory of the residential real estate for the whole country; damage probability matrices and fragility curves; losses estimation; risk maps. Vulnerability reduction: examples of the initiatives carried out in Italy for reducing the vulnerability of the older buildings and of the historical and monumental heritage through strengthening and retrofit. Tax incentives and insurance policies to reduce the cost of reconstruction and achieve higher safety standards. Emergency management after destructive earthquakes: informative system and simulation scenarios; damage survey and safety assessment form. Information to the population and technical training: behaviour rules during and after an earthquake; general information about the Italian seismicity and the building safety; awareness campaigns for the schools; training courses for technicians on the application of the building code and the damage surveys.

METHODES DE CALCUL NON LINEAIRE ET COEFFICIENT DE COMPORTEMENT

Alain CAPRA

1. La pratique actuelle de la conception parasismique

Tous les ouvrages parasismiques courants sont justifiés actuellement par la méthode du " coefficient de comportement " qui consiste à diviser les efforts issus d'un calcul élastique théorique par un coefficient unique pour une structure donnée, ne dépendant que du type de structure considérée (béton ou métal, voiles, portiques...).

Ce coefficient est d'origine purement empirique et se recopie d'un règlement au suivant sans grande justification.

Une telle méthode peut s'avérer suffisante pour des constructions au plan très régulier dont le comportement est alors facilement prédictible, mais il convient de noter que :

- En pratique les structures ne sont que très rarement régulières que ce soit pour de bonnes ou mauvaises raisons !
- Les coefficients de comportement ne sont pas facilement transposables d'un pays à l'autre. Par exemple un voile de bâtiment " à la française " n'a aucun rapport avec des murs américains ou japonais.

Il est donc clair que la méthode du coefficient de comportement, probablement suffisamment sécurisante dans la plupart des cas, ne permet pas d'apprécier réellement la marge de sécurité d'une construction particulière.

1. Groupe de travail AFPS sur le calcul non linéaire

Une amélioration des méthodes de dimensionnement parasismique implique en particulier la mise au point de logiciels de calcul non linéaire qui pourront être utilisés de la manière suivante :

- Validation par comparaison à des résultats d'essai sur table vibrante.
- Etude de structures type pour mieux préciser la valeur du coefficient de comportement, la vérification étant toujours effectuée de manière traditionnelle.
- Calcul direct de structures modélisables de manière simple, comme les ponts, voire certains types de bâtiments.

Ces réflexions développées au sein de l'AFPS ont conduit à la création d'un Groupe de Travail " Méthodes de calcul non linéaire et coefficient de comportement ", dont le but à long terme est de réaliser les tâches suivantes :

- Revue des logiciels existants
- Validation d'une méthode de calcul détaillée par comparaison avec des essais
- Etude d'éléments particuliers de structure de ponts ou de bâtiments pour porter un avis sur la valeur des coefficients de comportement.

Ce Groupe a bénéficié d'une subvention du MATE (DPPR / SDPRM) (Convention 4/98 passée entre le Ministère et l'AFPS).

1. Développement des travaux

Ce Groupe s'est réuni huit fois entre le 06/01/98 et le 07/07/99, avec en moyenne 10 participants.

Par ailleurs un ingénieur stagiaire a travaillé du 15/07/98 au 30/04/99 dans les bureaux de CB SGE. Compte tenu du sujet traité il était en effet indispensable de réaliser un grand nombre de calculs, ce qui ne pouvait être obtenu dans un délai raisonnable en faisant appel uniquement au bénévolat.

3.1. Revue des logiciels

Compte tenu des exemples qu'il était envisagé de traiter et afin d'aboutir plus rapidement à des conclusions pratiques il a été rapidement décidé :

- De considérer uniquement des logiciels utilisant des éléments de poutres.
• De ne retenir un logiciel donné que si un utilisateur potentiel pouvait être contacté pour conseiller son utilisation.

A la suite de cette revue ont été finalement retenus :

- CASTEM 2000 (CEA - CERIB)
- EFFICOS (ENS CACHAN - SETRA)
- PCP (SETRA)
- ANADYN (CEBTP)
- FLAMBI (CB SGE)
- CESAR (LCPC)

Les organismes cités entre parenthèses, possesseurs ou utilisateurs des logiciels, avaient tous un représentant dans le groupe.

3.2. Mise au point d'une méthode de calcul

La mise au point de la méthode a nécessité de nombreux calculs pour tester l'influence des divers paramètres.

Pour assurer une bonne coordination du travail, monsieur BOUSTANY, ingénieur stagiaire a été installé dans les locaux de CB SGE et a utilisé le programme FLAMBI sous la supervision directe de Monsieur DOUROUX, auteur du programme.

Les autres membres du groupe ont réalisé des calculs comparatifs (sur PCP, CASTEM et EFFICOS) qui ont permis finalement d'aboutir à un consensus.

La méthode préconisée est basée sur :

- Une discrétisation en fibres parallèles de chaque section
• Des lois de comportement non réversibles de l'acier et du béton, avec prise en compte de l'endommagement pour ce dernier.
• Un critère de ruine basé sur l'allongement des armatures.

3.3. Validation de la méthode de calcul

La validation de la méthode de calcul a été effectuée sur un exemple de pont testé dans le laboratoire ISPRA.

A ce jour, seul le calcul FLAMBI a été mené à son terme, avec des résultats qui nous paraissent satisfaisants.

3.4. Coefficient de comportement de piles de pont

Une étude comparative de piles de pont différant par leur élancement et leur ferrailage a été effectuée à l'aide du programme FLAMBI.

Au vu de cette étude il apparaît que la formule réglementaire qui relie le coefficient de comportement à l'élancement pénalise les piles élancées.

1. Principaux renseignements tirés des calculs

4.1. Finesse du maillage et critère de ruine

La finesse du maillage utilisé influe peu sur la raideur de la structure, mais par contre change considérablement la valeur de l'allongement des armatures dans les sections où elles se plastifient.

C'est donc le critère de ruine qui devient difficile à établir. Une amélioration des logiciels est envisageable, en faisant appel par exemple à la théorie du treillis en béton avec bielles d'inclinaison variable. Pour l'instant une règle simplifiée fixant la dimension maximum du maillage paraît suffisante.

4.2. Variation de l'effort vertical dans les piles et poteaux

Le calcul du pont ISPRA a montré l'apparition d'un effort normal variable en fonction du temps, même en l'absence de séisme vertical. Cet effort est généré par le choc dû à la refermeture des fissures, lorsque le déplacement horizontal s'annule.

Cette variation d'effort normal peut être considérable (du simple au double !) et a été observée lors des expériences CASSBA et CAMUS.

2. Conclusion générale de l'étude

- Ces études ont montré l'intérêt de la méthode de calcul définie, pour des études comparatives de structures diverses qui permettront donc de préciser leur coefficient de comportement.
- L'emploi à titre de justification de structures de pont est envisageable, et cette méthode devrait se développer principalement pour les ouvrages élancés. Il est à noter que cette méthode a déjà été utilisée pour le pont à hauban de la traversée du Tage, sans difficultés pratiques notables.
- La poursuite de l'étude de piles de pont devrait démontrer le caractère très pessimiste des coefficients de comportement réglementaires dans le cas des piles élancées.
- Des recommandations d'emploi des calculs non linéaires ont été esquissées sur la base du consensus dégagé dans le groupe.

1. Poursuite des travaux

- Pour la poursuite des travaux, il est indispensable de faire appel à nouveau à un ingénieur à plein temps. En effet, les calculs non linéaires sont lents, et la multiplicité des paramètres conduit à effectuer de nombreux calculs pour évaluer la sensibilité des résultats.
- Pour achever la validation de la méthode il faudrait obtenir un contre calcul par un logiciel autre que FLAMBI.
- L'examen des piles de ponts peut être poursuivi et doit aboutir rapidement.
- L'examen du comportement des bâtiments réclamera des études de plus longue haleine et de durée difficilement prédictible vu la complexité des structures à traiter (hormis le cas des portiques et des voiles isolés).

- Enfin les recommandations d’emploi des calculs non linéaires devront à terme être mieux détaillées, à partir du moment où ces méthodes commenceront à être utilisées par les bureaux d’étude, ce qui n’est pas encore d’actualité.

EVALUATION PROBABILISTE DE L'ALEA SISMIQUE A L'ECHELLE DU
TERRITOIRE NATIONAL METROPOLITAIN
(Groupe Épas)

Bilan des travaux effectués

B. MOHAMMADIOUN

I. Historique de l'évaluation de l'aléa sismique en France

Les données

L'analyse de l'aléa sismique, que celle-ci soit déterministe ou probabiliste, aboutit à des résultats dont la fiabilité et la
qualité dépendront de celle des données d'entrée dans les différents domaines des sciences de la terre, notamment en
géologie et sismologie. Bien que la sismicité de la France ait été réunie dans divers catalogues, dont celui de J.-P. Rothé,
le premier travail systématique a commencé dès le lancement du programme électronucléaire en 1974. En effet, l'Institut de
Protection et de Sécurité Nucléaire (IPSN du CEA), avec la collaboration d'EDF et du BRGM, a entrepris des travaux dans le
domaine de la géologie dynamique et de la sismologie sur le territoire national métropolitain. Une première synthèse
sous forme d'une carte sismotectonique a été publiée en 1981. Une part importante de ces travaux concernait une
analyse détaillée et un rassemblement exhaustif de la sismicité historique (environ 1000 ans) de la France, qui a donné
naissance à un fichier informatisé (SIRENE), mis à jour à intervalles réguliers, avec l'effort permanent de l'IPSN,
d'EDF, et du BRGM.

Cependant, lors du rassemblement des données dans le cadre du projet sismotectonique, la place accordée à la géologie
dynamique, et plus particulièrement à la néotectonique, qui en était alors à ses débuts, fut pour le moins modeste. Dans
les années récentes, le Bureau d'Évaluation du Risque Sismique pour la Sécurité des Installations Nucléaires (BERSSIN) de
l'IPSN (que j'ai eu l'honneur d'animer pendant une vingtaine d'années, jusqu'à mon départ à la retraite fin 1996), avec la
collaboration des universités françaises, a lancé des études complémentaires, dont une partie des résultats
a été publiée dans le document, Sismotectonique de la France métropolitaine dans son cadre géologique et
géophysique. Ainsi tous les travaux d'évaluation de l'aléa sismique en France bénéficient largement de ces bases de
données fiables, qui se complètent et se précisent au fil des années.

Analyse probabiliste

La démarche réglementaire actuellement en vigueur en France en matière d'évaluation de l'aléa sismique, aussi bien
pour les installations à risque spécial que pour celles à risque normal, est de nature déterministe. Cependant, depuis une
vingtaine d'années, des études ont été lancées tant à l'IPSN qu'à EDF et au BRGM, afin de pouvoir utiliser l'approche
probabiliste dans le domaine de l'évaluation de l'aléa sismique en France. Trois études, ainsi, ont été développées
parallèlement sur le Sud-Est de la France pour tester son applicabilité dans des régions à sismicité modérée (X. Goula,
pour l'IPSN en 1980, Hendrickx, pour EDF en 1981, et Dadou pour le BRGM, en 1981). Les interprétations et les
ajustements ont été réalisés de manière indépendante. Ces résultats montraient que les écarts obtenus en certains points
ont pu atteindre jusqu'à un degré d'intensité (pour une probabilité de 10^-3/an). La dispersion des résultats soulignait la
sensibilité aux différentes interprétations et ce d'autant plus que les niveaux de probabilité considérés étaient faibles.
L'IPSN a poursuivi son effort dans le domaine, et plusieurs publications ont été présentées lors de divers congrès et dans
des rapports scientifiques (notamment par S. Bottard et H. Ferrieux et le mémoire de thèse de S. Bottard). Toutes ces
études ont été fondées sur les intensités macrosismiques—paramètre le mieux documenté en France.

II. Création du Groupe EPAS par l'AFPS

Le Comité scientifique et technique (CST) de l'AFPS a ressenti le besoin de lancer des études probabilistes afin d'être
en harmonie avec les pays limitrophes, ainsi que pour fournir des résultats dans le domaine de l'activité de la décennie
internationale de prévention des risques naturels (programme GSHAP). Aussi le CST a-t-il approuvé en 1995 la création
du Groupe de travail ÉPAS (évaluation probabiliste de l'aléa sismique). Une toute première action de ce groupe (ÉPAS1)
comprenait notamment une évaluation des travaux effectués dans le monde. Lors de plusieurs réunions, des personnalités
étrangères et françaises ont fait des exposés sur les travaux accomplis et les difficultés rencontrées.

La seconde étape (ÉPAS2) avait pour but de définir un découpage sismotectonique du territoire national métropolitain à
l'usage d'une approche probabiliste. Le groupe ÉPAS a confié cette tâche à un sous-groupe restreint composé
essentiellement de géologues, de géophysiciens, et de sismologues, le produit final étant des zones sources à utiliser pour le

calcul probabiliste à appliquer aux bâtiments conventionnels. La période significative a été fixée à 475 ans (période de retour couramment retenue dans l'évaluation probabiliste correspondant à la probabilité de dépassement d'un paramètre du mouvement du sol de 10% en 50 ans). Les données et les résultats des travaux antérieurs ont été complétés par les études complémentaires qui se sont avérées nécessaires pour un découpage sismotectonique, notamment :

- ◆ Analyse des données des prospections géophysiques profondes (programmes ÉCORS, CROP, DEKORD, et GÉOFRANCE 3D) afin de parvenir à une meilleure définition des structures et des limites des différentes zones, particulièrement dans les régions frontalières ;
- ◆ Analyse des données et des zonages sismiques existant dans les pays voisins (Grande-Bretagne, Belgique, Allemagne, Suisse, Italie, et Espagne), vérification de l'homogénéité de ces données et des méthodes mises en œuvre avec celles utilisées dans les travaux du groupe ÉPAS ;
- ◆ Réalisation des zonages intermédiaires sur des thèmes représentatifs de la sismogénèse, notamment la répartition de la déformation récente et actuelle, la répartition de la sismicité, mécanisme au foyer, la mesure de contrainte, la profondeur du foyer, etc.

Le travail du sous-groupe a été concrétisé par une carte de synthèse sous forme d'un zonage définitif, étape essentielle à l'approche probabiliste.

Parallèlement, des travaux préliminaires ont été effectués (par une stagiaire, E. André sous la direction de P. Dominique du BRGM) dans le domaine du calcul de l'aléa probabiliste, en s'appuyant sur la carte de zonage précitée. Les différentes étapes en sont :

- ◆ Numérisation des unités sismotectoniques définissant les zones sources ;
- ◆ Constitution d'un catalogue de sismicité ;
- ◆ Choix des lois d'atténuation ;
- ◆ Calcul de l'aléa sismique proprement dit, ainsi que sa représentation graphique sous forme de cartes isovaleurs de probabilité ou du mouvement du sol.

Les résultats des travaux effectués lors de cette deuxième étape sont donc :

- ◆ Un rapport préparé par GÉO-TER pour l'AFPS intitulé, *Évaluation probabiliste de l'aléa sismique (deuxième étape), dans le cadre de la Convention N° 21/97* passée avec le MATE;
- ◆ Présentation de deux communications lors de la Conférence Européenne de Génie Parasismique à Paris en septembre 1998 ;
- ◆ Working Group EPAS : A. Autran, J.-L. Blès, Ph. Combes, M. Cushing, P. Dominique, Ch. Durouchoux, B. Mohammadioun, M. Terrier (1998). *Probabilistic Seismic Hazard Assessment in France, Part 1: Seismotectonic Zonation*, ECEE'98, Paris ;
- ◆ Working Group EPAS : P. Dominique, A. Autran, J.-L. Blès, D. Fitzenz, F. Samarcq, M. Terrier, M. Cushing, J.-C. Gariel, B. Mohammadioun, Ph. Combes, Ch. Durouchoux, X. Goula, (1998). *Probabilistic Seismic Hazard Assessment in France, Part 2: Probabilistic Approach: Seismic Hazard Map on the National Territory (France)*, ECEE'98, Paris.

III. ÉPAS3—Analyse de sensibilité

Le calcul de sensibilité a été conduit durant les années 1999–2000 dans les différentes étapes de l'approche probabiliste, notamment sur la loi de distribution de la sismicité, la limite des zones sources, la magnitude maximale, le choix des relations d'atténuation, et la profondeur moyenne des séismes. Quelques faits marquants sont à mentionner à propos de ces études.

Zones sources

Les résultats finals suivent bien les limites des zones, ce qui montre l'importance de leur géométrie. Les zones sources de forme polygonale, utilisées de façon classique dans l'évaluation probabiliste, présentent l'inconvénient d'occasionner un changement abrupt lorsque l'on passe d'une zone à l'autre, changement qui ne correspond réellement, ni à la forme des données géologiques, ni à la sismicité, créant ainsi des discontinuités brutales. Des méthodes nouvelles (Frankel, 1995) qui font appel à des techniques de lissage et au maximum de vraisemblance devraient être testées pour améliorer les résultats. Lors de la préparation du document sismotectonique précité à l'IPSN, des méthodes statistiques analogues (notamment l'analyse des composantes principales) ont été utilisées pour parvenir à des variations progressives entre zones sources.

Relation de distribution (Gutenberg-Richter)—magnitude maximale potentielle

Divers tests ont été réalisés pour vérifier l'influence des valeurs λ et β de la relation de sismicité sur les résultats finals. Un changement possible de la pente (β) dans la relation Gutenberg-Richter entre séismes de magnitude faible et séismes à magnitude forte dû à la profondeur maximale de rupture et à une modification possible dans la loi d'échelle pourrait influencer sur les résultats de façon significative. Il faudrait tenir compte, dans les études futures, de ce changement éventuel de pente, en utilisant notamment des données mondiales intraplaques assimilables.

Lois d'atténuation

Les relations d'atténuation (*PGA* et spectre) se sont mises à foisonner de par le monde au fur et à mesure que le nombre d'enregistrements de mouvements forts augmente. Cependant, la dispersion des prédictions, surtout en champ proche d'une faille, reste encore très importante. Comme on ne dispose pas d'une collection d'enregistrements de mouvements forts pour la France, des relations fondées sur des données européennes, voire mondiales sont utilisées. Des résultats des études d'approche probabiliste fondées sur l'intensité devraient néanmoins apporter un éclairage régional sur les lois d'atténuation. L'ensemble de ces résultats a été présenté dans les publications suivantes :

- ◆ Dominique, P., et E. André (1999). “Évaluation probabiliste de l'aléa sismique sur le territoire national français,” Génie parasismique et réponse dynamique des ouvrages—5ème Colloque National AFPS, Cachan (France), 19-21 octobre 1999 ;
- ◆ Dominique, P., et E. André (2000). “Probabilistic Seismic Hazard Map on the French National Territory,” Twelfth World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand.

Conclusion et recommandations

Le groupe ÉPAS a réussi d'abord à préparer un découpage sismotectonique qui a réuni un consensus de la part de la communauté scientifique ; il constitue un élément de base dans toute approche probabiliste. Le calcul de l'aléa fourni pour le moment sous forme de valeurs maximales d'accélération (*PGA*) est en évolution, et les derniers résultats paraissent proches de ceux obtenus dans les pays limitrophes. Il conviendrait, cependant, de les faire valider par des experts nationaux et internationaux avant toute utilisation au sein d'un texte réglementaire. Les groupes de travail créés par le CST de l'AFPS ont pour vocation de mener des recherches visant à améliorer les outils de prévention sismique ; ce n'est que dans un deuxième temps que certains résultats bien éprouvés se trouvent intégrés dans la réglementation. Ma longue expérience à l'IPSN me confirme dans la conviction que seul un effort permanent consenti aux travaux de recherche peut permettre de déboucher sur des démarches réglementaires efficaces. Dans mon opinion, il incombe au groupe ÉPAS—ou à tout autre groupe agissant dans le même sens mais sous une étiquette différente—de poursuivre ces travaux qui, quoi que fort bien engagés comme nous l'avons vu, sont encor

PRISE EN COMPTE DES FAILLES ACTIVES DANS LES REGLES PS 92

PRESENTATION DES TRAVAUX DE RECHERCHE
DU GROUPE DE TRAVAIL " FAILLES ACTIVES " AFPS

Animateurs : Philippe COMBES, Christophe MARTIN (GEOTER).

Participants : Marc CUSHING, Fabrice COTTON, Oona SCOTTI, Philippe VOLANT (IPSN),
Jean-Yves DUBIE, Christophe DUROUCHOUX (EDF), Antoine SCHLUPP (CEA/LDG), Monique
TERRIER, Jean-Louis BLES, Thierry WINTER (BRGM), Philippe VASKOU (GEOSTOCK),
Hervé PHILIP (Université Montpellier II), Pascal BERNARD (IPGP).

Résumé

Le groupe de travail " Failles Actives " de l'AFPS réalise un guide méthodologique sur les méthodes d'identification des
failles actives à faible fréquence de rupture sismique se propageant jusqu'en surface, la caractérisation de leur activité
tectonique et sismique et sur la façon de les prendre en compte ou non dans l'aménagement du territoire.

L'objectif visé est de faciliter la mise en application des règles parasismiques PS 92 dans le domaine des failles actives
et de préciser, au terme des travaux du groupe, les critères de prise en compte des failles actives dans les projets
d'urbanisme et d'aménagement.

Les personnes visées sont donc les utilisateurs des règles PS 92 et des autres documents techniques tels que les guides
AFPS ou de microzonage sismique.

Une approche méthodologique, pour caractériser l'activité tectonique et sismique à l'échelle d'une faille et au niveau
d'un site de construction, est présentée. Elle concerne l'identification du tracé des segments de faille sur lesquelles la
rupture sismique peut se propager jusqu'en surface et des zones non faillées par la mise en œuvre de méthodes de
reconnaissance spécifique dans les domaines géophysique, géotechnique et géologique, et la caractérisation du degré
d'activité à partir d'une double démarche déterministe et probabiliste.

Mots clés : Faille active, méthodologie, rupture sismique, règles PS92, France, sismicité modérée

1. INTRODUCTION

De plus en plus souvent, les donneurs d'ordre sont confrontés au problème de la prise en compte de failles considérées
" actives " dans les projets de constructions ou de réhabilitations de bâtiments existants. Le texte réglementaire
actuellement en vigueur (règles PS 92) stipule : " sauf nécessité absolue, aucun ouvrage ne doit être édifié au
voisinage immédiat d'une zone faillée reconnue active, éventuellement repérée par les Plans d'Exposition aux
Risques, dits PER ; ces plans peuvent fixer la largeur des bandes à neutraliser de part et d'autre de l'accident et, le
cas échéant, des bandes dans lesquelles il convient de prendre en compte un mouvement de calcul plus sévère ".

Le conseil scientifique et technique de l'AFPS a entériné la création d'un groupe de travail " Failles Actives " en juin 98
pour développer une réflexion sur la définition et la prise en compte des failles actives sur notre territoire (France et
DOM-TOM) dans le cadre de l'application des règles PS 92 (1995). Compte tenu de l'état des connaissances et des
débats actuels sur la notion d'activité des failles à faible fréquence de rupture de surface France (cf débats de l'atelier
aléa sismique du 17/01/2000 organisé par le CNRS), et de la pauvreté des textes réglementaires sur ce sujet, le groupe
de travail se propose de rédiger un guide méthodologique concernant :

- les méthodes d'identification de l'activité d'une faille capable d'engendrer une rupture de surface, adaptées à des
contextes de faibles taux de déformation (domaine intracontinental et intercontinental à faible vitesse de convergence
(cas des Antilles)),
- les méthodes à mettre en œuvre pour localiser précisément la zone de failles, caractériser son activité potentielle au
niveau du site d'étude afin d'apprécier les éléments justifiant la prise en compte ou non de la faille dans le projet de
construction.

2. IDENTIFICATION DU TRACE DE LA FAILLE DE L'ECHELLE REGIONALE A COMMUNALE

Le déclenchement des études est lié à la présomption de l'existence d'une faille considérée comme " active " sur le site du projet de construction. La présomption est étayée par les documents techniques publiés et/ou largement diffusés (cartes géologiques, cartes de microzonages, plans de prévention des risques (PPR), rapports d'études sur l'aléa sismique...) ou par la découverte d'une faille dans les formations superficielles quaternaires lors des reconnaissances de terrain (coupes naturelles, fouilles de chantier, interprétation des sondages...).

- La première étape de l'étude doit être relativement légère en coût et en temps de façon à poser un diagnostic rapide sur l'importance de la faille en question et son éventuelle activité qui va justifier ou non le lancement d'investigations plus lourdes.

Une première phase d'analyse est proposée pour identifier schématiquement les caractéristiques géologiques et sismologiques de la faille à l'échelle de son tracé qui est supposée, a priori, recouper le site. Elle se présente sous forme d'un arbre de décision dans lequel il est prévu à chaque étape soit d'arrêter l'étude à un stade de connaissance suffisant, soit de continuer en fonction des résultats obtenus. Ce diagnostic qui s'appuie essentiellement sur une analyse critique des documents existants (phase 1) doit permettre d'engager ou non les campagnes géologiques et géophysiques complémentaires plus coûteuses (phases 2 et 3). L'objectif de la phase 1 est de répondre à la succession logique des questions suivantes :

- Existe-t-il réellement une faille sur le site (emprise et voisinage) ?
- La faille a-t-elle une taille suffisante d'un point de vue géologique pour produire un séisme suffisamment fort pour engendrer une rupture de surface ou a-t-on déjà répertorié une rupture de surface à proximité ?
- Existe-t-il une activité sismique historique et/ou instrumentale connue à proximité de la faille, avec une précision de localisation suffisante ?
- Cette activité est-elle associée à un séisme de magnitude suffisante (M>=5) pour engendrer une rupture de surface ?
- La faille a-t-elle déjà affecté les dépôts quaternaires avec une rupture de surface ?
- Dans les cas où la faille n'est pas associée à une activité sismique significative ou à une rupture de surface, est-elle associée à un système de failles, dont une au moins, de taille suffisante, est associée à une activité macro ou microsismique ou tectonique quaternaire ?

- Afin d'adopter un langage commun un certain nombre de termes ont été précisés. Ils pourront par la suite faire partie d'un glossaire ou d'une annexe où ils seront explicités (dessins, exemples).

" Faille de taille suffisante pour engendrer un séisme avec rupture de surface ".

L'observation montre qu'un séisme ayant provoqué une rupture de surface est généré par une faille dont l'extension latérale est au moins égale à 5-10km. Ce point sera précisé ultérieurement par une analyse bibliographique.

Une rupture de surface est définie par le déplacement différentiel et irréversible des deux lèvres de la faille à la surface du sol.

" Faille associée à une sismicité connue avec précision suffisante ".

Sismicité connue : L'activité sismique en métropole et dans les DOM/TOM est répertoriée dans des catalogues de sismicité historique et instrumentale. Les adresses et sites Internet des catalogues consultables seront fournis dans le guide.

Précision suffisante : on considère, a priori, que la faille peut être directement concernée par l'activité sismique lorsqu'au moins un épicentre est localisé à une distance inférieure à 10 (ou 15km) de son tracé en surface. Un test sur SIG sera réalisé pour ces distances de 10 et 15km de façon à apprécier la limite la plus appropriée en fonction du pendage et de la nature des failles.

" Séisme de magnitude >= 5 ".

L'évaluation de la magnitude d'un séisme devra s'appuyer sur les valeurs de magnitude fournies par les catalogues maintenus à jour sur l'ensemble du territoire de la métropole :

- pour la sismicité instrumentale, connue depuis 35 ans, on pourra s'appuyer sur les catalogues du LDG, du RENASS ou des catalogues régionaux,

- pour la sismicité historique sur les ouvrages suivants :

Mille ans de séismes en France (1996). Catalogue d'épicentres, paramètres et références par J. Lambert, A. Levret-Albaret, M. Cushing et Ch. Durouchoux. Ouest Editions, Presses Académiques.

Les tremblements de terre en France, hier, aujourd'hui, demain... (1997) sous la direction de J. Lambert par P. Bernard, G. Czitrom, J.Y. Dubié, P. Godefroy, J. Lambert et A. Levret-Albaret. Editions BRGM.

Recherche des caractéristiques de séismes historiques en France. Atlas de 140 cartes macrosismiques (1996) par A. Levret, M. Cushing, G. Peyridieu. Document IPSN,

Autres pour les Antilles (?).

" Systèmes de failles "

Il s'agit de failles :

- soit ayant une relation structurale (connexion, coalescence...) entre elles, de telle sorte que le mouvement sur l'une entraînera un mouvement sur l'autre ;
- soit ayant une cohérence cinématique quaternaire et situées à moins de 20km de distance (cet écart de 20km, fixé a priori, fera l'objet d'une analyse plus approfondie).

- **La caractérisation préliminaire de certains paramètres géologiques et sismologiques de la faille, en fin de phase 1, doit conduire à proposer ou non une suite des études sur la base d'une différenciation qualitative de son activité.**

La faille reconnue sur le site est associée à une activité sismique connue dont les caractéristiques sont compatibles avec l'apparition de rupture de surface : l'identification de séismes superficiels (0 à 15km) de magnitudes supérieures ou égales à 5 apparaît, dès ce stade de l'étude comme un caractère, a priori, défavorable mais non rédhitoire. Suivant l'intérêt du projet, il peut être décidé de passer en phase 2 des reconnaissances ou de rechercher un site alternatif.

D'autres cas intermédiaires, décrivant l'activité de failles, couramment rencontrés en France, sont envisagés. Afin de diminuer les incertitudes sur la localisation des différents segments de faille (1/1000 ème à 1/500 ème) et préciser leur activité à l'échelle du site il est proposé ou non des reconnaissances détaillées.

3. DESCRIPTION DES METHODES DE LOCALISATION DE LA ZONE DE FAILLES SUR L'EMPRISE DU SITE ET SON VOISINAGE IMMEDIAT

Suivant la plus ou moins grande compétence des terrains affectés, les déformations associées à la propagation de la rupture co-sismique depuis le foyer peuvent prendre des allures variées et intéresser des zones plus ou moins larges en surface du sol de part et d'autre de la projection du plan de faille profond. C'est pourquoi il est proposé, pour cartographier de telles ruptures, la mise en œuvre de méthodes d'investigations spécifiques (géophysique, sondages, tranchées).

L'objectif est de définir avec une précision suffisante, de quelques mètres à quelques dizaines de mètres, la localisation de la zone faillée par rapport à l'emprise du site. Dans le cas où les résultats obtenus révéleraient la présence d'un ou plusieurs plans de failles dans la zone superficielle du site (-de 10m de profondeur), il sera recommandé de mettre en œuvre la phase 3 des études.

Les méthodes de géologie classique

Nous proposons de décrire, dans le guide, les différents modes opératoires pour l'application de ces reconnaissances :

- cartographie géologique et géomorphologique, relevés des coupes naturelles de terrain,
- traitement, analyse et interprétation morpho-structurale des images satellitaires,
- analyse photo-chronologique des images aériennes (noir & blanc, couleurs, infrarouges),
- interprétation des essais et logs géotechniques,
- réalisation de forages (tarière, carottés...),
- réalisation de tranchées de reconnaissance.

Les méthodes géophysiques

Nous proposons de présenter les méthodes géophysiques de prospection de subsurface pour reconnaître les traces de discontinuité ou de continuité des couches géologiques dans les 10 à 100 premiers mètres, sous forme de fiches décrivant le principe, la mise en œuvre et les variantes, les applications, les avantages et les limites, mettant en valeur leur adaptation au problème géologique posé :

- détection de discontinuité ou de continuité des terrains,
- profondeur d'investigation,
- pouvoir de résolution,
- environnement géologique, topographique, climatique, hydrologique et anthropique.

Le coût, le rendement et les documents de référence compléteront ces fiches ainsi que des exemples imagés.

4. METHODES DE CARACTERISATION DE L'ACTIVITE DE LA FAILLE RECONNUE SUR LE SITE

Les critères à exploiter pour la classification des failles et la hiérarchisation de leur activité font appel aux données recueillies dans les phases précédentes, à savoir :

- géométrie : longueur totale de la faille, profondeur et pendage (avec des seuils de coupure du type : inférieur à 5 km pour les failles secondaires, de 5 à 10 km, de 10 à 20 km, supérieur à 20 km pour les failles principales),

- existence d'une segmentation (nombre de segments, longueur, prise en compte des prolongements en mer...),
- quantification de déplacements cumulés affectant des horizons repères de la série quaternaire (à préciser) : par exemple nombre d'observations directes par faille, ou mouvement total déduit de l'analyse des surfaces morphologiques,
- calcul de(s) vitesse(s) moyenne(s) de déplacement sur une période de temps donnée et pour un marqueur bien identifié,
- orientation de la faille par rapport aux composantes principales du champ de contraintes le plus récent,
- cinématique du dernier mouvement lu sur le plan de faille : inverse, normal, décrochant, d'après les données microtectoniques de surface,
- association avec une activité sismique dont les épicentres sont situés à moins de 5/10 km du plan de faille (en tenant compte de son pendage), et les foyers dans les 15 premiers kilomètres de la croûte fragile,
- relation avec un séisme de M>5 à 5.5 superficiel.

Des approches géologiques déterministes et sismologiques probabilistes sont proposées pour permettre une évaluation étayée de l'aléa d'une rupture de surface de la faille :

- l'évaluation déterministe de la magnitude maximale d'un séisme caractéristique associé à une faille donnée peut être approchée à partir de méthodes de calcul empiriques utilisant les informations sur la longueur, la profondeur et la cinématique du plan de faille ainsi que le déplacement (dislocation) le long de la rupture en surface.
- l'approche probabiliste permet de quantifier, compte tenu de l'état des connaissances sur l'activité sismique passée, la possibilité que se produise, sur une période de temps donnée, une secousse sismique suffisamment forte pour produire une rupture capable d'atteindre la surface, sur l'une des failles reconnues actives.

Le groupe de travail a donc ébauché les grandes lignes méthodologiques de l'éclairage probabiliste qui pourrait être suivi et qui concernent la réalisation d'une étude de sensibilité pour estimer les magnitudes maximales ou caractéristiques et les périodes de retour associées, sur une faille considérée (contexte France, DOM-TOM).

- Définition d'un zonage sismotectonique de la région, ou utilisation des zonages reconnus existants (EPAS, Installations classées,...).
- Prise en compte des données sismiques dans la zone considérée (catalogues et fichiers de séismes recommandés par ailleurs dans le guide) pour le calcul des paramètres de la loi de distribution de GR, ou utilisation des données bibliographiques disponibles (paramètres a et b).
- Recherche d'informations pour définir une période de retour de ruptures de surface et/ou de séismes de magnitude supérieure à 5 pour la faille considérée à partir :
- des fichiers de sismicité,
- des caractéristiques de paléoséismes,
- de lois empiriques basées sur les paramètres géométriques et la cinématique de la faille (longueur, segmentation, profondeur, dislocation, nature du mouvement) comme par exemple les lois de Scholtz ou de Wells et Coppersmith,
- de lois empiriques basées sur la vitesse moyenne de déplacement (taux de déformation) sur la faille obtenue par différentes méthodes géodésiques, géomorphologiques, morphostructurales, sismologiques...
- Calage de ces données par rapport à la loi de GR.
- Représentation sous forme de tableau ou courbe de période de retour par rapport aux magnitudes estimées représentant la gamme des possibilités ou incertitudes (discussion de la période de retour par rapport à différentes possibilités de magnitudes caractéristiques)

5. DEFINITION EVENTUELLE D'UNE BANDE DE NEUTRALISATION

Les résultats des reconnaissances doivent aboutir à la levée des incertitudes et à la définition ou non d'une zone de neutralisation adaptée aux caractéristiques de la faille. Pour mieux cerner ce problème, une recherche bibliographique sur les séismes majeurs de par le monde, étudiés en détail lors de missions post-sismiques, a été initiée de façon à en tirer les enseignements sur les règles d'exclusions actuellement proposées. Par exemple, l'étude de la rupture en surface du séisme de Chi-Chi à Taiwan (21/09/99) par J. Betbeder-Matibet a montré l'intérêt d'une réflexion sur la largeur de la rupture en surface et la bande de neutralisation associée.

Les réflexions et les pratiques actuelles, concernant les prescriptions à envisager pour les ouvrages à risque normal, tendent vers :

- une limitation de l'application de la zone de neutralisation aux bâtiments de classe C et D,
- une meilleure appréciation de la largeur de la zone à neutraliser (100m, 250m, plus, moins ?)

6. CONCLUSION

Une réflexion préliminaire pour caractériser l'activité tectonique et sismique à l'échelle d'une faille et au niveau d'un site de construction est présentée. La description d'une approche méthodologique a pour but de faciliter l'application

des textes réglementaires des règles PS 92. Elle concerne l'identification du tracé des segments de faille et des zones non faillées par la mise en œuvre de méthodes de reconnaissance spécifique dans le domaine géophysique, géotechnique et géologique, et la caractérisation du degré d'activité à partir d'une double démarche déterministe et

probabiliste. L'objectif final est d'évaluer la probabilité d'occurrence d'un séisme de taille suffisante pour que la rupture se propage jusqu'à la surface du sol d'une part, et d'autre part qu'il se produise sur le segment de faille du site concerné, puis de donner les arguments techniques permettant aux autorités de fixer le niveau de probabilité acceptable dans la durée de vie moyenne des ouvrages en projet.

Il a été souligné et confirmé que le guide en préparation devait, impérativement, en introduction, rappeler que les recommandations s'appliquent quel que soit le découpage sismique actuel ou futur, indépendamment des classes de sismicité (zones 0, Ia, Ib, II, III). Ceci afin de bien montrer qu'il est possible que surviennent des séismes destructeurs avec rupture de surface sur l'ensemble du territoire, avec des périodes de retour pour le moment inconnues bien que probablement très longues (ce que montrent les premiers résultats des études actuelles de paléosismicité).

CONFERENCE INVITÉE

Experimental Assessment and Strengthening of Reinforced Concrete Buildings

Arturo V. Pinto

ELSA Laboratory, TP490
Joint Research Centre, EC
21020 Ispra (VA)
Italy

The recent earthquakes have dramatically demonstrated that research in earthquake engineering must be directed to the assessment and strengthening of existing constructions lacking of appropriate seismic resisting characteristics. The very recent 'European earthquakes' (e.g. Italy-1997, Turkey - August 1999, Greece - September 1999) confirm and highlight that also Europe may suffer from the vulnerability of the existing building stock.

There is an increasing effort devoted to the issue; however, it is also recognised the great difficulties of the problem. In fact, it involves several actors namely the earthquake engineering community, policy makers and building owners who must work together for a successful end. To the EE community should be assigned the following tasks: development of effective retrofitting solutions and techniques and development of codified re-design methods and rules allowing their widespread application by the technical community

Along these lines, a European project, the ICONS project, financed by the TMR programme of the Commission, was recently set-up. Under the ICONS-Topic 2 - Assessment, Strengthening and Repair research programme it is foreseen to test pseudodynamically two full-scale reinforced concrete frames, which are supposed to be representative of the design and construction practice of 40~50 years ago in most of south European, Mediterranean countries. Design of these frames was performed at LNEC by (Carvalho et al., 1999) under the framework of the ICONS project and the tests will be carried out at the ELSA laboratory of the Joint Research Centre financed by the TMR-Programme, Access to Large-scale Facilities.

Aiming at a preliminary assessment of the structure and to evaluate the effectiveness of different retrofitting solutions several ICONS participants performed non-linear analyses and studied different retrofitting solutions part of them applied and assessed experimentally at ELSA.

This paper deals with the experimental research carried out on the RC frames and focuses on the two main aspects of the research work, namely on the evaluation of the earthquake capacity (assessment) and the performance of the different retrofitting solutions.

Concerning assessment, it is anticipated that bare and brick infilled frames were assessed and quite different vulnerabilities were found. On the other side, the three applied retrofitting solutions, namely: Selective retrofitting balancing strength, stiffness and ductility as required; Shotcrete of the infill panels and K-bracing with dissipative devices, have shown increased performance of the frames as a whole. However, a few undesirable severe damages, leading to imminent collapse, were identified during the tests.

MOUVEMENT SISMIQUE POUR L'INGÉNIEUR

1. LA GENERATION D'ACCELEROGRAMMES SYNTHETIQUES CONFORMES AUX SPECTRES REGLEMENTAIRES

Judith Riepl, Catherine Berge-Thierry, Fabrice Cotton et Jean-Christophe Gariel, IPSN-DPRE-SERGD-BERSSIN, Fontenay-aux-Roses, Pierre-Yves Bard, LGIT, Grenoble et LCPC, Paris

Le Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement et l'Association Française du Génie Parasismique ont financé une étude dans le cadre du groupe de travail " mouvement sismique pour l'ingénieur ". Ce travail a été pour l'essentiel mené par Judith Riepl lors de son séjour à l'IPSN. Les conclusions de l'étude et la réflexion menée dans notre équipe sur la pertinence des méthodes existantes pour générer des accélérogrammes synthétiques conformes à des spectres de réponse (réglementaires) sont exposées.

Grâce aux progrès de l'ingénierie des grandes structures, la dimension de certaines constructions peut être imposante, comme, par exemple, les ponts du Tage à Lisbonne, de Normandie, de Patras ou encore celui en projet à Messine, le tunnel sous la Manche, les grands tunnels alpins ou encore certains barrages.

Pour la sûreté de ces structures en cas de séisme avec un mouvement incident à la structure important, il est nécessaire de tenir compte de la variabilité du mouvement d'un bout de la structure à l'autre. De même, il est nécessaire de vérifier le comportement de la structure soumise à un mouvement incident d'une durée importante, dont le contenu fréquentiel peut varier en fonction du temps (non-stationnarité) et pour lequel la réponse de la structure peut être non-linéaire. Ceci exige une analyse dynamique du comportement de la structure, analyse qui requiert des accélérogrammes dans le domaine temporel. Ces accélérogrammes sont des enregistrements de mouvements forts du sol dans le domaine temporel ou des données synthétiques.

Les normes établies traitant ce problème laissent une grande liberté aux ingénieurs. La nouvelle réglementation Eurocode8 (EC8), actuellement en cours d'évaluation, permet par exemple d'utiliser des accélérogrammes synthétiques issus d'un processus stochastique stationnaire modulé par une fonction enveloppe, des accélérogrammes générés par "un processus stochastique non-stationnaire approprié" ou encore des "accélérogrammes naturels, "enregistrés dans une ou plusieurs régions ayant des caractéristiques sismo-tectoniques similaires à celles du site de la structure". Il apparaît donc que des précisions permettant une utilisation fiable et justifiée d'accélérogrammes pour l'analyse dynamique sont nécessaires.

Depuis les années 1970, différentes méthodes de génération d'accélérogrammes synthétiques existent. Les plus utilisées sont basées sur la théorie des vibrations aléatoires par ajustement de signaux synthétiques à un spectre de réponse. Ceci vient du fait que la réglementation en vigueur est basée sur les spectres de réponse déterminés pour différents facteurs d'atténuation de la structure.

Nous présentons dans cet exposé 4 méthodes permettant d'établir ces spectres : la première dite méthode directe, partant du spectre de réponse cible, construit un accélérogramme synthétique quasi-stationnaire à phase aléatoire. La seconde est purement empirique puisqu'elle consiste à extraire d'une base de données accélérométrique les meilleurs enregistrements par rapport au spectre cible. La troisième catégorie regroupe les méthodes purement synthétiques de génération de mouvements forts. Enfin, une méthode dite " mixte " génère des accélérogrammes construits à partir de caractéristiques établies sur une base de données réelles. Nous discutons les avantages et inconvénients de chacune de ces méthodes dans le cadre d'étude type ingénierie des structures.

La méthode directe ne produit pas d'accélérogrammes synthétiques ayant des caractéristiques physiques comparables aux données réelles (quasi stationnarité). En revanche, les méthodes empiriques peuvent aujourd'hui être utilisées du fait de la forte augmentation du nombre de données de mouvements forts. L'élargissement des bases de données permet un ajustement convenable au spectre cible. Les méthodes purement synthétiques sont de plus en plus réalistes mais restent d'une utilisation lourde (paramétrisation difficile, temps de calcul prohibitifs). Une méthode mixte (Sabetta et Pugliese, 1996) nous apparaît particulièrement adaptée à ce type de travail.

2. DUREE DES MOUVEMENTS SISMIQUES ET EFFETS DE SITE: MESURE DE L'ALLONGEMENT ET RECONSTRUCTION DE SYNTHETIQUES NON-STATIONNAIRES ADAPTES AU SITE

Pierre-Yves Bard et Céline Beauval, LGIT Grenoble + LCPC Paris(PYB) et EOST Strasbourg (CB)

Outre les non-stationnarités liées aux conditions de propagation entre la source et le site, il peut en exister d'autres liées aux conditions de site, qui peuvent produire à la fois une amplification en module et une prolongation, en particulier de certaines fréquences privilégiées. Même si la méthode mixte précédente (Sabetta et Pugliese, 1996) peut en tenir compte, de façon "forfaitaire", il nous a paru utile, compte-tenu de leur grande variabilité, de développer des techniques permettant de les prendre en compte de façon plus spécifique. Or, si l'amplification en module est maintenant relativement simple à quantifier et à intégrer dans des modèles, cela s'avère beaucoup plus délicat pour les modifications de durée.

L'objet de cette seconde partie est donc de présenter une technique fondée sur l'analyse de la phase, permettant d'abord de quantifier cet allongement de durée et sa dépendance fréquentielle, puis de vérifier sa stabilité, et enfin de proposer une méthode de reconstruction par convolution en intégrant également les variations de durée donc de phase.

La technique, originellement proposée par Sawada (1998), repose sur l'évaluation du délai de groupe moyen, à partir du gradient du spectre de phase (dépliée et lissée). Pour une paire de stations site et référence, la comparaison systématique des délais de groupe moyens ainsi obtenus fait apparaître des variations relativement stables d'un événement à l'autre, et en bonne cohérence avec les fonctions d'amplification en module. Quelques exemples sur des données réelles obtenues sur le site-test de Volvi montrent en effet une augmentation systématique du délai de groupe moyen à l'intérieur du graben quaternaire; cette prolongation manifeste de fortes variations avec la fréquence, avec un maximum au voisinage de la fréquence de résonance fondamentale. Ces résultats d'observations s'avèrent en très bon accord avec les résultats obtenus par une analyse similaire de modélisations numériques. Cette augmentation de durée pourrait sans doute constituer un discriminant entre les effets 1D (prolongation très faible) et les effets 2D ou 3D (prolongation beaucoup plus significative par effets de diffraction), et nous proposons d'intégrer cette analyse de phase de façon systématique dans toutes les études fines de site, de façon à constituer petit à petit une large base d'observations, et, à terme, d'essayer d'établir des corrélations statistiques entre prolongation, amplification et contexte géométrique. Il convient cependant de remarquer que cette analyse de phase est moins robuste que l'analyse du seul module, car beaucoup plus sensible au rapport signal sur bruit.

Dès lors, il est possible de reconstruire, à partir d'observations (enregistrements sismiques), des fonctions de transfert complexes (amplitude + phase), et donc de calculer des synthétiques "adaptés au site" à partir d'enregistrements ou de signaux simulés au rocher. Ces synthétiques tiennent compte de l'effet de site non seulement en amplitude, mais aussi dans leurs caractéristiques non-stationnaires: cela sera illustré par quelques exemples de signaux synthétiques, toujours pour le même site-test de Volvi.

APPUI PARASISMIQUES

Emmanuel BOUCHON
(SETRA - DIVISION DES GRANDS OUVRAGES)

La présentation fera le point sur les principaux aspects et l'état d'avancement des travaux du Groupe de Travail AFPS " Dispositifs spéciaux pour les ponts ".

Objectifs du groupe.

L'usage des dispositifs spéciaux parasismiques (amortisseurs, connecteurs dynamiques, systèmes ressorts-amortisseurs) est encore peu répandu sur les ouvrages neufs, surtout lorsqu'il s'agit de petits ouvrages. Il y a de multiples raisons à cela, mais la principale est certainement une information insuffisante des maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre et bureaux d'études sur les possibilités offertes par ces matériels, sur leur intérêt économique et sur leurs conditions d'emploi. Dans le domaine des grands ouvrages, il y a de plus en plus d'applications, mais chaque maître d'œuvre utilise ses propres prescriptions, établies au cas par cas, ce qui est inévitable en l'absence d'une doctrine clairement établie et partagée en la matière. Il en résulte un risque d'utilisation à mauvais escient de ces matériels.

C'est pour combler ces lacunes qu'a été constitué le groupe de travail " Dispositifs spéciaux pour les ponts ". Il a pour objectif de produire un document qui rassemblera :

- une synthèse de l'état de l'art en matière de matériels et de méthodes de calcul ;
- des recommandations pour l'emploi des dispositifs spéciaux (spécifications, essais et contrôles, conception des ouvrages, calcul, entretien...);
- des clauses types de dossier de consultation et de marché.

Sommaire du projet de document

1 Dispositifs parasismiques

1.1 La technologie

- 1.1.1 Les appareils d'appui élastiques en élastomère fretté
- 1.1.2 Les appareils à comportement indépendant de la vitesse
- 1.1.3 Les amortisseurs à fluide visqueux
- 1.1.4 Les appareils ressorts-amortisseurs
- 1.1.5 Les connecteurs dynamiques-transmetteur d'effort
- 1.1.6 Autres types d'appareils

1.2 Conception - Dispositions constructives

2 Conception

- 2.1.1 Environnement des appareils et incidence sur les structures
- 2.1.2 Exemples d'implantation dans les ouvrages
- 2.1.3 Études et calculs sismiques

2.2

Quelques rappels élémentaires

- 2.2.1 Spectres de réponse*
- 2.2.2 Définitions des sites*
- 2.2.3 Accélérogrammes réels et artificiels*
- 2.2.4 Prise en compte de la variabilité spatiales des ondes sismiques*

2.3 Analyse

- 2.3.1 Introduction*
- 2.3.2 Méthodes simplifiées*
- 2.3.3 Méthodes générales*
- 2.3.4 Modélisation de la structure*
- 2.3.5 Conditions de l'excitation*
- 2.3.6 Moyens existants*
- 2.3.7 Exploitation des résultats Dimensionnement*

3 Cahier des charges des essais de qualification

3.1 Essai de qualification “interne”

3.2 Essai de qualification dynamique

3.2.1 Moyens existants

3.3 Essai de qualification quasi-statique ou avec faible quantité d'énergie développée

3.4 Essai de fatigue

3.5 Essai de vieillissement

3.6 Modélisation

3.7 Concordance avec les lois de comportement préconisées et critères d'acceptation

3.8 Particularité des Essais des dispositifs en élastomère fretté

3.8.1 Dimensions des échantillons

3.8.2 Mesure des paramètres d'élasticité et d'amortissement

3.8.3 Résistance aux mouvements lents et caractérisation dynamique

4 Prescriptions et clauses types à l'usage des Maîtres d'ouvrage et des Maîtres d'œuvre

4.1 Cahier des Clauses Techniques Particulières (C.C.T.P.)

4.1.1 Dispositions générales – Descriptions des appareils (chapitre 1 du c.c.t.p.)

4.1.2 Préparation et organisation préalable à la fourniture des appareils (Chapitre 2 du c.c.t.p.)

4.1.3 Provenance, qualité et préparation des matériels (Chapitre 3 du c.c.t.p.)

4.1.4 Exécution des travaux (Chapitre 4 du c.c.t.p.)

4.2 Bordereau des Prix Unitaires (B.P.U.)

5 Fourniture, pose, inspection et entretien

5.1 Fourniture et pose

5.2 Entretien

5.3 Inspection

5.3.1 Inspection périodique

5.3.2 Inspection après tremblement de terre

5.4 Instrumentation

Calendrier

La première rédaction complète sera achevée à la fin de l'année 2000.
La version finale est attendue pour juin 2001.

Composition du groupe

Darius Amir-Mazahéri	PX-DAM Consultants
Jacques Betbeder-Matibet	
Pierre Boitel	Freyssinet
Alain Capra	Campenon-Bernard SGE
Jean-François Douroux	Campenon-Bernard SGE
Van Tho Doan	SNCF
Wolfgang Jalil	SOCOTEC
Alfred Krief	Jarret
Serge Montens	Systra
Claude Néant	ETIC
Pierre Sollogoub	CEA
Christophe Pédron	CEA
Philippe Duflot	Taylor Devices
Jean-Marc Tourtois	Dumez-GTM
Patrick Gernigon	Dumez-GTM
Emmanuel Bouchon	SETRA
Michel Kahan	SETRA (jusqu'en mars 2000)

Annexe 1.4.

**COLLOQUE EXTREM
12 ET 13 OCTOBRE 2000**

Session 1 - Comportement des installations industrielles
Président : M. Jean CAUQUIL, Membre de la CCIMP,
 Président des Casques Verts Méditerranéens
 et du Syndicat Général des Industries
 Chimiques PACA-Corse et Languedoc-Roussillon
Moderateur : M. Darius AMIR-MAZAHERI, Président
 de l'Association Française du Génie Parasismique (AFPS)

- 9h00 Présentation de la journée par le Président
 9h15 Comment améliorer la prévention
 du risque sismique (C. KERT)
 9h45 Enseignements et perspectives
 (D. AMIR-MAZAHERI)
 10h15 Une nouvelle approche des sciences du danger :
 les Cindyniques (G.Y. KERVERN)
 10h45 Pause café
 11h15 Synthèse des enseignements des séismes :
 matériels mécaniques et électriques (P. LABBÉ)

- 11h45 Table ronde
 12h30 Déjeuner-buffet

Session 2 - Comportement des installations industrielles
Président : Général Paul PARRAUD, Président de l'IMC
Moderateur : M. Jean-Philippe PINEAU, INERIS

- 14h15 Séisme d'Izmit : comportement des
 installations industrielles (J. GABEN)
 14h45 Séisme d'Izmit : comportement des
 équipements (P. SOLLOGOUB)
 15h15 Séisme de Taïwan : dommages aux
 installations industrielles (S. VALLAT)
 15h45 Pause café
 16h15 Séisme d'Izmit : comportement des réseaux (M. ZAREA)
 16h45 Table ronde introduite par G.Y. KERVERN
 en termes de « démarche cindynique »
 18h00 Fin de la première journée

Traduction simultanée
français, anglais

Session 1 - Les séismes récents
Président : M. Christian KERT,
 Président du Comité français de la DIPCH
Moderateur : M. Jacques BETBEDER-MATIBET,
 expert en génie parasismique.

- 9h00 Présentation de la journée par le Président
 9h15 Séisme de Chi-Chi (Taïwan) : aspects sismologiques
 et géotechniques (J. ANGELIER et J.P. MÉNEROUD)
 9h30 Séisme d'Izmit, Turquie (Ph. VOLANT) et Séisme de
 Chi-Chi, Taïwan (F. COTTON)
 10h00 Sols, effets de site et effets induits (P. MOUROUX)
 10h00 Pause café

Session 2 - Comportement des constructions
Président : M. Darius AMIR-MAZAHERI, Président
 de l'Association Française du Génie Parasismique (AFPS)
Moderateur : M. Pierre MOUROUX, conseiller scientifique au
 service « Aménagement-risques naturels » du BRGM

- 11h00 Bâtiments courants : réglementation
 et contrôle (J.L. DOURY et J.P. BIGER)
 11h30 Dommages sismiques aux bâtiments courants
 (W. JALIL)

- 12h00 Table ronde
 12h30 Déjeuner-buffet

Session 3 - Comportement des constructions
Président : M. Jacques-Maurice LENGRAND, Président de l'agence
 d'urbanisme du Pays d'Aix-en-Provence
Moderateur : M. Milan ZACEK,
 professeur à l'École d'architecture de Marseille

- 14h15 Ouvrages stratégiques
 (M. BOUCHON et J.C. REYNAL)
 14h45 Conception parasismique des bâtiments (M. ZACEK)
 15h05 Gestion de la crise et de l'après-crise,
 expériences turque et taïwanaise
 (R. GUILLANDE et J.F. SIDANER)
 15h45 Pause café
 16h15 Retour d'expérience de Kobe
 (Yoshimitzu FUKUSHIMA de Shimithzu Japon)
 16h45 Retour d'expérience des catastrophes
 naturelles en France (Fédération
 Nationale du Bâtiment)
 Table ronde introduite par C. KERT
 18h00 Clôture des travaux

*À l'heure où nous imprimons ce document, certains intervenants restent à confirmer. Toutes les communications seront toutefois assurées

1st session - Behaviour of industrial facilities
Chairman: Mr. Jean CAUQUIL, Member of the CCIMP,
 President of the Mediterranean Green Helmets and of the
 General Association of Chemical Industries of Provence-Alpes-
 Côte d'Azur-Corsica and Languedoc-Roussillon
Moderator: Mr. Darius AMIR-MAZAHERI, President of the
 French Association for Earthquake Engineering

- 9h00 Introduction by the Chairman
 9h15 How to improve seismic risk prevention (C. KERT)
 9h45 Lessons from earthquakes
 and perspectives (D. AMIR-MAZAHERI)
 10h15 A new approach to sciences of danger :
 Cindynics (G.Y. KERVERN)
 10h45 Coffee break
 11h15 Synthesis of lessons from earthquakes :
 mechanical and electrical equipment (P. LABBÉ)
 11h45 Discussion
 12h30 Lunch-buffet

THURSDAY OCTOBER 12

2nd session - Behaviour of industrial facilities
Chairman: Général Paul PARRAUD, President of the IMC
Moderator: Mr. Jean-Philippe PINEAU, INERIS

- 14h15 The Izmit earthquake : behaviour
 of industrial facilities (J. GABEN)
 14h45 The Izmit earthquake : behaviour
 of industrial equipment (P. SOLLOGOUB)
 15h15 The Taiwan earthquake : damage to industrial
 facilities (S. VALLAT)
 15h45 Coffee break
 16h15 The Izmit earthquake :
 behaviour of lifelines (M. ZAREA)
 16h45 Discussion introduced by G.Y. KERVERN in terms
 of cindynical approach
 18h00 End of 1st day

Simultaneous translation
in english, french

1st session: Recent earthquakes
Chairman: Mr. Christian KERT, Chairman of the French
 Committee of the IDNDR
Moderator: Mr. Jacques BETBEDER-MATIBET,
 specialist in earthquake engineering

- 9h00 Introduction by the Chairman
 9h15 The Chi-Chi earthquake, Taiwan: sismological and
 geotechnical aspects (J. ANGELIER and J.P. MÉNEROUD)
 9h30 The Izmit earthquake, Turkey (Ph. VOLANT)
 and the Chi-Chi earthquake, Taiwan (F. COTTON)
 10h00 Soils, site effects and induced effects (P. MOUROUX)
 10h30 Coffee break

2nd session - Behaviour of constructions
Chairman: Mr. Darius AMIR-MAZAHERI, President of the
 French Association for Earthquake Engineering
Moderator: Mr. Pierre MOUROUX, Scientific adviser,
 Department for Development and Natural Desasters, BRGM

- 11h00 Standard buildings: regulations and inspection
 (J.L. DOURY and J.P. BIGER)
 11h30 Seismic damage to standard buildings (W. JALIL)

FRIDAY OCTOBER 13

- 12h00 Discussion
 12h30 Lunch-buffet

3rd session - Behaviour of constructions
Chairman: Mr. Jacques-Maurice LENGRAND, President of Urbanism
 Agency of Pays d'Aix-en-Provence
Moderator: Mr. Milan ZACEK,
 Professor, School of Architecture, Marseilles

- 14h15 Strategic buildings
 (M. BOUCHON and J.C. REYNAL)
 14h45 Earthquake-resistant architectural
 design (M. ZACEK)
 15h05 Crisis and after-crisis management,
 Turkish and Taiwanese experience
 (R. GUILLANDE and J.F. SIDANER)
 15h45 Coffee break
 16h15 Lessons from Kobe earthquake (Yoshimitzu
 FUKUSHIMA from Shimithzu Japon)
 16h45 Lessons from French natural desasters
 (National Building Federation)
 Discussion introduced by C. KERT
 18h00 Final session

*As we print this document, some speakers have still to confirm their presence. All the communications will however be assured by specialists.

Annexe 1.5.

MOUVEMENTS SISMIQUES DE L'INGENIEUR

Fiche SP RIS601 Groupes de travail prévention-réglementation

1. Groupe de travail AFPS MSI "mouvements sismiques pour l'ingénieur"

Animateur : F. Cotton

Participants : P.Y. Bard
P. Bernard
J. Betbeder-Matibet
M. Bour
Ph. Lussou
A. Pecker

Participation ponctuelle de : C. Berge-Thierry
R. Bossu
D. Griot-Pommera

Deux réunions ont eu lieu en 2000, avec pour ordres du jour :

1) Rédaction de Cahiers Techniques :

Le groupe MSI s'était fixé comme objectif d'aboutir à la rédaction d'un certain nombre de documents à publier dans les Cahiers Techniques de l'AFPS, sur les sujets suivants :

- Cahier Technique N°20 :
 - Rappel des propositions du groupe MSI en 1998 (P.Y. Bard)
 - Evolution récente du texte de l'EC8 (F. Cotton et Ph. Lussou)
- lois d'atténuation pour les valeurs de pic du mouvement et d'ordonnées spectrales (M. Bour, J. Betbeder-Matibet), prêt pour publication
- formulaire sismologique pour l'ingénieur (P. Bernard, F. Cotton), en cours de finalisation
- accélérogrammes synthétiques (F. Cotton, J. Riepl), publication du rapport de Judith ?
- effets de site (P.Y. Bard) à finaliser dans le groupe "Microzonage"

2) Proposition de nouveaux spectres réglementaires EUROCODE 8 :

En 2000, les travaux du groupe MSI ont consisté :

- d'une part à examiner et à formuler des séries de remarques sur les deux premiers "drafts" du groupe de travail de l'EC8 rédigée par Sabetta et transmise au groupe MSI par Alain Pecker ;
- d'autre part, à poursuivre les analyses des données accélérométriques japonaises du K-Net (1000 stations mises en place après Kobé) ; 5800 données ; travaux effectués par Ph. Lussou (thésard de P.Y. Bard à l'IPSN).

Groupe de travail AFPS MSI "mouvements sismiques pour l'ingénieur"

Compte rendu de la réunion du 10.05.2000

Animateur : F. Cotton

Présents : P.Y. Bard (LGIT)
J. Betbeder-Matibet (EDF)
R. Bossu (CEA/LDG)
M. Bour (BRGM)
F. Cotton (IPSN)
D. Griot-Pommeret (IPSN)
Ph. Lussou (IPSN)
A. Pecker (G&S)

1) Rédaction du Cahier Technique N°20

Les contributions du groupe MSI à la mise en place de l'Eurocode 8 dans un numéro spécial des Cahiers Techniques seront rédigées par Fabrice Cotton, suivant le plan suivant :

- 1) premières propositions MSI de 1998 formulées sur la base du travail de P.Y. Bard
- 2) travaux de MSI en 1999, i.e. principales conclusions des travaux de Ph. Lussou
- 3) évolutions récentes du texte EC8 par rapport au document de 1995 (sans les tableaux de paramètres décrivant les spectres)
- 4) figures comparatives de spectres (Type 1 et Type 2) pour les cinq catégories de sols : PS-92, EC8-94 et EC8-2000

2) Rédaction du formulaire sismologique à l'usage de l'ingénieur :

Point sur les documents à publier dans un autre numéro des Cahiers Techniques :

- | | | |
|----------------------------------|---|------------|
| - notions sur la source sismique | à finaliser | P. Bernard |
| - magnitudes : | à finaliser | F. Cotton |
| - lois d'atténuation : | fait, reste à fusionner les 2 parties | M. Bour |
| - effets de site : | fait, indiquer les références des C.T. et articles déjà parus | |
| - accélérogrammes synthétiques : | fait, indiquer la référence du rapport de Judith Riepl | |

Délai = fin juin 2000

3) Proposition de nouveaux spectres réglementaires EUROCODE 8 :

La lecture du 2^{ème} draft a conduit à une seule remarque de fond qui concerne la valeur du rapport $PGA_{vertical} / PGA_{horizontal}$. Ce rapport est habituellement pris à 2/3, mais dans les propositions du groupe EC8, elle varie de 0,9 pour un spectre Type 1 ($M_s > 5,5$) à 0,45 pour un spectre Type 2 ($M_s < 5,5$) .

Ces valeurs ne paraissent pas justifiées :

- ce rapport dépend plus de la distance et des conditions de sol, que de la magnitude,
- les observations ne montrent que quelques exceptions où ce rapport a dépassé les 2/3,

- le mouvement vertical n'a pas une importance cruciale en matière de dimensionnement.

Le groupe propose donc de laisser ce coefficient à 2/3 quels que soient les magnitudes, distances et sols.

Le document du 2^{ème} draft sera mis en circulation en juin, d'éventuelles modifications pourront être proposées au groupe PT1 de l'EC8 jusqu'en septembre. La dernière réunion du PT1, en janvier 2000, produira le 3^{ème} draft, qui ne devrait pas être très différent du document final.

4) Activités futures du groupe

Alain Pecker nous informe qu'à la demande du MATE, les trois groupes de travail MSI, EPAS et FA seront mis en veille à partir de la rentrée prochaine au profit d'un nouveau groupe "révision du zonage sismique de la France", zonage qui est à réaliser pour janvier 2002. Les travaux de MSI seront donc terminés avant l'été afin de se concentrer sur la révision du zonage.

Les liens avec les travaux du groupe EPAS (quelle définition du PGA, quelle magnitude, quelles corrélations, quelles relations d'atténuation ?) seront discutés au sein de ce nouveau groupe.

Prochaine réunion, uniquement si la rédaction du formulaire l'exige :
le 11 juillet à 10 h. l'IPSN

Annexe 1.6.

**EPAS :
EVALUATION PROBABILISTE DE L'ALEA SISMIQUE**

Dominique Pascal

De : MOHAMMADIOUN Georgianna 080446[SMTP:mohammadioun@accra.ipsn.fr]
Date : lundi 10 janvier 2000 16:51
A : 'Combes, Philippe'; COTTON Fabrice 141952; 'Dominique, Pascal'; 'Durouchoux, Christophe'; CUSHING Edward 114716; 'Martin, Christophe'; SCOTTI Oona 157570; VOLANT Philippe 156929; SOLLOGOUB Pierre DMT/SEMT; 'Mouroux, Pierre'
Cc : 'Secrétariat AFPS'
Objet : Réunion du groupe EPAS

Cher collègue,

Suite à notre consultation, la prochaine réunion EPAS aura bien lieu le 18 janvier 2000 à Fontenay-aux-Roses, Salle 01, Bâtiment 31. Afin de permettre aux membres de l'AFPS que vous êtes de participer à la conférence consacrée au séisme de Taiwan, nous sommes amenés à avancer l'heure de la réunion à 9 heures précises (fin de la réunion prévue à 13h), tout en étant malheureusement conscients de l'inconvénient que ceci peut présenter pour certains.

Par ailleurs, suite aux contrôles devenus plus rigoureux à l'entrée du Centre, je demanderais à ceux d'entre vous qui ne sont pas CEA de bien vouloir faxer sans tarder une photocopie lisible de votre carte d'identité à Gabrielle Potin, secrétariat du BERSSIN (au 01 46 54 81 30), pour lui permettre de faire les démarches nécessaires.

L'ordre du jour de cette réunion s'établit comme suit :

- 1) Présentation de l'état d'avancement des travaux Estelle André & Pascal Dominique.
- 2) Présentation du zonage sismotectonique de l'Arc des Petites Antilles et d'une première approche probabiliste de l'aléa sismique des Antilles Françaises
Philippe Combes et Christophe Martin.
- 3) Définition des prochaines étapes et établissement des projets de demandes de crédit correspondants.
- 4) Divers.

A l'issue de la réunion, un déjeuner rapide sera offert à la cantine cadres du CEN-FAR.

Dans l'espoir de vous voir participer nombreux, et avec nos meilleurs vœux pour cette année qui débute.

Jody Mohammadioun

Dominique Pascal

De : Robinswood@aol.com[SMTP:Robinswood@aol.com]
Date : lundi 9 octobre 2000 13:48
A : bernard@ipgp.jussieu.fr; philippe.combes@mnet.fr; edward.cushing@ipsn.fr;
fabrice.cotton@ipsn.fr; p.dominique@brgm.fr; christophe.durouchoux@edf.fr;
christophe.martin@wanadoo.fr; oona.scotti@ipsn.fr; sollogoub@dmf.cea.fr
Cc : p.mouroux@brgm.fr
Objet : EPAS - Prochaine réunion

Chers collègues,

Suite à la demande du Groupe Zonage de l'AFPS concernant un fichier homogène de la sismicité (historique et instrumentale) et un découpage en zones sources pour la France métropolitaine et pour les DOM (la Réunion, les Antilles, la Guyane), nous avons convenu d'organiser une réunion au CEN-FAR (Bâtiment 31, Salle 001). Selon les disponibilités des uns et des autres, nous avons été amenés à fixer la journée du 24 octobre. Il s'agit donc d'une réunion d'une journée démarrant à 10 heures.

L'ordre du jour en est le suivant:

1) Discussions concernant l'homogénéité des paramètres figurant dans les divers fichiers (SIRENE, LDG, étrangers ...), comprenant notamment:

- a) L'estimation des magnitudes macrosismiques;
- b) La corrélation M, I, distance;
- c) L'estimation de la profondeur des séismes historiques;
- d) Le choix de M instrumental;
- e) L'homogénéisation des M venant de pays limitrophes;
- f) Le calcul des incertitudes.

2) Problèmes liés aux limites des découpages.

3) Méthodologie de détermination de Mmax.

Je compte sur votre présence lors de cette réunion importante pour notre activité.

Amicalement,
Bagher



**Groupe
AFPS"EPAS"**

25 Octobre 2000

Réunion du 24 Octobre 2000

Objet : Etat des lieux des travaux du Groupe "EPAS" concernant les fichiers de sismicité et les zonages disponibles aujourd'hui pour la France métropolitaine et les D.O.M., suite à une demande du Groupe Zonage de l'AFPS.

Liste des participants :

Christophe Durouchoux (EDF/TEGG)
Pascal Dominique (BRGM/SGN/RNG)
Pascal Bernard (IPGP)
Bagher Mohammadioun (AFPS)
Oona Scotti (DPRE/SERGD/BERSIN)
Marc Cushing (DPRE/SERGD/BERSIN)
Philippe Volant (DPRE/SERGD/BERSIN)
Fabrice Cotton (DPRE/SERGD/BERSIN)

Excusés :

Philippe Combes (GEO-TER SARL)
Christophe Martin (GEO-TER)
Pierre Sollogoub (DRT/DMT/SEMT/EMSI)

Compte-Rendu :

Le responsable du Groupe EPAS, M. Mohammadioun, accueille les participants et désigne Mme Scotti comme remplaçante de M. Mohammadioun pendant son absence du 3 Novembre 2000 au 26 Janvier 2001.

Après discussion notamment sur les différents paramètres qui ont été utilisés dans la préparation des cartes probabilistes EPAS pour la France métropolitaine le groupe EPAS donne son accord pour la mise à disposition des fichiers de sismicité ainsi que les zonages qui reflètent l'état des connaissances actuelles.

• Catalogues

1. Pour la France métropolitaine : le fichier de sismicité homogénéisé par le BRGM
2. Pour les Antilles : le fichier de sismicité homogénéisé par GEOTER (sous-couvert d'une autorisation formelle du MATE) et le catalogue instrumental de l'IPGP.
3. Pour la Réunion et pour la Guyane Française des catalogues existent, mais le groupe EPAS n'a pas de données de sismicité disponibles (voir PS envoyé par Christophe Martin).

- Zonage

1. Pour la France : le zonage publié par le Groupe EPAS (zonage consensuel)
2. Pour les Antilles : le zonage issu des travaux GEOTER (zonage suivi par un comité de pilotage AFPS, BRGM, IPGP)
3. Pour La Réunion et pour la Guyane Française il existe un zonage mais le groupe EPAS n'a pas de zonage disponible (voir PS envoyé par Christophe Martin)
4. Un fichier de failles actives n'est pas disponible ni pour la France métropolitaine ni pour les DOM.

Pour permettre au groupe zonage de mieux apprécier l'origine des différentes données listées ci-dessus ce compte-rendu joint en ANNEXE des extraits de publications et de rapports décrivant les méthodologies utilisées.

ANNEXE

L'ETAT DES LIEUX EN FRANCE METROPOLITAINE

1/ Zonage

Extrait du : 11th European Conference on Earthquake Engineering © 1998 Balkema, Rotterdam
11th European Conference on Earthquake Engineering © 1998 Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5410 982 3

Probabilistic seismic hazard assessment in France; Part One : seismotectonic zonation

Working Group EPAS - AFPS : A. Autran*, J.L. Blès*, Ph. Combes**, M. Cushing***, P. Dominique*, Ch. Durouchoux****, J.C. Gariel***, X. Goula*****, B. Mohammadioun***, M. Terrier*.

BRGM/SGN/RNG (Marseille, France); GEO-TER (Clapiers, France); IPSN (Fontenay-aux-Roses, France); EDF/TEGG (Les Milles, France); ICC (Barcelona, Spain)

Keywords: seismotectonic zonation, probabilistic seismic hazard, France.

ABSTRACT: In order to develop the probabilistic approach to seismic hazard for conventional buildings in France, the AFPS has created a working group (EPAS : Evaluation Probabiliste de l'Aléa Sismique - Probabilistic Seismic Hazard Assessment) with the objective of harmonizing methods and obtaining firstly a consensual zonation, necessary as a support for identifying the seismicity distribution law, and secondly making a probabilistic hazard map that can be used as a basis for regulation. The second step is detailed in the next abstract (part two) and uses the seismo-tectonic zonation to compute the probabilistic map. Since different groups of experts may adopt different methods of determining a seismotectonic zonation, a major effort was made to define parameters to be considered and on harmonization of the methodological approach. The result of this work is the development of a methodology that can be used for defining seismotectonic zonation all over France for the first time. Sections on the scale of the earth's crust support the justifications for the boundaries of this zonation.

1 OBJECTIVE AND GENERAL PROCEDURE

The probabilistic evaluation of the seismic hazard is very little used in practice in France. Standard practice for the evaluation of seismic hazard for "special risk" (nuclear plants, chemical plants, dams, ...) structures uses a deterministic approach based essentially on determination of seismo-tectonic domains (surface source areas) and/or seismic faults. For "normal risk" structures, the seismic level is determined using a statistical method based on historical seismicity (Despeyroux and Godefroy, 1986). The AFPS would like to take into account recent developments in the practical determination of seismic hazard and has decided to create a working group in order to develop a probabilistic approach applied to conventional buildings, particularly in order to harmonize methods used for structures with "special risks" and with "normal risks" (public buildings and equipments).

It was decided that the representative period would be 475 years, which is frequently assumed in evaluating the seismic hazard for conventional buildings. For a period of this order of magnitude, it is considered that knowledge obtained over 500 to 1000 years of historical seismicity is sufficient. This zonation must consider all zones determined as being equipotentially seismogenic. The level of detail in accident families and individual faults was not considered, mainly due to spatial distribution of the historical seismicity; the seismicity sample is smaller for a smaller area. In general, the procedure uses all parameters that are significant for seismogenesis; the structure of the crust and its sedimentary cover, the way recent and current stresses and deformations are distributed, the distribution and typology of instrumental and historic seismicity. The working group consists of experts currently involved in defining zones necessary to determine the seismic hazard for risk industries in France (Nuclear and Classified Installations). About ten meetings were necessary to harmonize approaches and to determine a seismotectonic zonation. This was then submitted to the scientific community for criticism and validation.

The main criticisms concerned:

-justification of the procedure and themes chosen to characterize the current state of deformation of the brittle continental crust,

-the choice of some zone boundaries and their expression at depth.

2 SEISMOTECTONIC ZONATION FOR A PROBABILISTIC APPROACH

A consensual methodological approach was adopted by all experts. The various zones existing across France presented by the various organizations (IPSN/GEO-TER, BRGM, EDF) were built at different periods with the objectives of a deterministic application of the seismic hazard.

– seismotectonic zonation in France, in "Sismotectonique de la France métropolitaine dans son cadre géologique et géophysique" (Grellet et al., 1993).

– Map of seismotectonic units in "Zonage sismique de la France pour l'application des règles parasismiques aux installations classées" (Blès et al., 1996).

– Different regional seismotectonic zonations used for nuclear and classified installations in France.

In these various zonations preference is often given to some geological, geophysical, geodynamic or neotectonic data, sometimes to the detriment of the representativeness of historical and instrumental seismic activity. Consequently, a completely new methodological study has been undertaken in order to set up a common zonation strategy.

In a subject with intracontinental deformation like France, the structural parameters that appear to depend on seismogenesis are related to the nature and the current structure of the brittle continental crust (average thickness across France 15 to 25 km).

To characterize these parameters, the choice of study themes was guided by:

- the nature of the brittle crust and the history of deformation applied to this crust since about 300 million years
- the fact that the more recent geodynamic phenomena (alpine tectonics over the last 25 million years) are more closely related to current seismogenesis,
- the assumption that the 1000 years of knowledge of the distribution of seismicity in France is statistically representative of the main crustal discontinuities.

2.1 Defining zonation

The procedure consists in making intermediate zonation for each of the selected themes, and then comparing them.

– A first "main structural inheritance" zonation was thus made. This zonation takes into account the state of the crust by adding the effects of the various tectonic structures (major boundaries of the hercynian chain and the cadomian block, crustal thickening induced by alpine orogenesis (in the broad sense of the term) and crustal thinning induced by rifting phases (oligocene, then neogene and quaternary). The geophysical themes (gravimetry, magnetism, representation of the Moho depth with isobaths) complete this approach.

One major difficulty encountered in preparing this zonation is due to the presence of sedimentary basins where clear boundaries or even transition limits remain uncertain. Their aseismic or slightly seismic aspect was taken into account in the zonation of their seismic activity.

The second zonation, reveals the influence of the distribution of recent and current deformation types. This theme is largely represented by the seismotectonic zonation given by the IPSN document (Grellet et al, 1993). The combination of these two zonations resulted in a single zonation that includes the crust structure and its dynamic behavior except for the distribution of earthquakes that will be included in the next zonation. This is obtained by superposing overlays from previous zonations, locally compared to stress field data (focal mechanisms, in situ stress measurements).

A partial zonation of the seismicity distribution was prepared, considering only the boundaries that are very specific (concentrations, multiple, clusters), or that provide decisive information about other previously defined zones.

The summary represents the seismotectonic zonation to be taken into account for a probabilistic method. This zonation was submitted to a scientific reading committee and was modified to take account their comments. Main corrections take into account geophysical informations (Autran et al., 1994) and local modifications.

2.2 - Zonation boundaries

Hierarchization of boundaries is an essential component of a probabilistic approach, since it may be necessary to group some areas to increase the seismic sample to be considered in a calculation. Hierarchization gives a weight to these boundaries, which may lead to grouping of zones with similar seismotectonic parameters.

Level 1 boundaries (major or principal) correspond to the influence front of the most recent

major geodynamic processes, namely:

- the West-European rifting, crustal thinning and the Gulf of Lion opening,
 - the development of the Alpine chain (Alps and Pyrénées) associated with crustal thickening.
- The major crustal scale contrast corresponds to the outermost envelope of the alpine deformation that makes a transition with the European platform. All of these data correspond to a crust with high deformation gradients involving the continental crust and sometimes even the lithosphere.

Level 2 boundaries (secondary) correspond to marked transitions between domains with strong mobilization of the hercynian structural inheritance during the alpine episode (SL) and slightly deformed or undeformed sedimentary basins.

Level 3 boundaries (uncertain or imprecise) concern all weakly expressed transitions which are not fundamentally explained by structural elements (for example seismicity boundaries, gradual transition of structural parameters).

A qualitative degree of confidence is applied to each of these boundaries:

- solid line = clearly defined boundaries (fault, fault systems),
- dotted line = gradual transition, poorly defined boundaries, boundaries of geophysical characteristics.

Model boundaries are imposed around the periphery of the territory in order to be able to close the zones (required by the model).

"Test" boundaries correspond to concentrated areas of badly explained earthquakes (e.g. Bordeaux cluster) in order to test their influence on the probabilistic method for seismic hazard. If possible, each of the boundaries is defined and characterized using deep geological and geo-physical sections, the seismicity and the main available geophysical profiles (ECORS, etc.) in order to display their geometry in three dimensions. The characterization of each boundary is explained in a table.

3 CONCLUSIONS

For the first time in France, seismotectonic zonation is proposed for probabilistic assessment of the seismic hazard across the entire country. This zonation is based on seismotectonic criteria considerations originating from an analysis of geological, geophysical and seismological data.

The methodology used is based on experience gained by a large number of professionals (geologists and seismologists) and scientists representing the various public and private organizations carrying out seismic hazard studies in France (Nuclear installations, Classified Installations, dams, conventional buildings). This new tool is available to anyone who would like to test a probabilistic assessment of the seismic hazard within France.

In order to improve the preparation of a model describing the characteristics of the seismic activity in source zones, it was decided to improve the seismotectonic zonation map by searching for possible links between deep geological structures and the depth parameter of earthquakes, obtained from historical data and from instrumental data.

For this new step to be carried out, it is necessary to take stock of the results and to analyze all the recent results of national and international (boundary countries) research programs (GPF - Deep Geology of France) program, ECORS, major oil exploration seismic profiles, ...) in order to obtain a three-dimensional image of the earth's crust. Zonation is only a surface mapping representation and earthquakes usually occur at the transition between the ductile/brittle crust at a depth of about 10 to 15 km. Thus, a map of seismic areas is offered, but particularly and especially this seismic activity can be displayed with the deep structures to which it is related and that caused these earthquakes.

2/ Historique d'un avis extérieur

Un courrier daté du 3 octobre 1996 (voir copie jointe) a été envoyé à différents membres de la communauté scientifique (Angelier, Autran, Bethoux, Cisternas, Guillocheau, Menard, Mercier, Philip, Souriau, Tapponier) afin qu'ils puissent apporter leur points de vues. Seulement M. Autran a donné des commentaires très détaillés et a participé par la suite à plusieurs réunions du groupe EPAS. Ces recommandations ont été intégrés dans la version finale.

3/ Catalogue

Liste des catalogues utilisés dans l'étude qui a fait l'objet de la publication du travail EPAS.

1. SIRENE : A partir des magnitudes macrosismiques calculées par l'IPSN à partir des données d'intensité du fichier SIRENE 91 (BRGM-EDF-IPSN), le BRGM a appliqué une correction afin de prendre en compte le biais inhérent à la relation de Levret (pour des magnitudes inférieures/supérieures à 4,7 les magnitudes Levret sont sur-estimées/sous-estimées par rapport à la magnitude de référence M_{ldg}).
2. Observatoire Midi-Pyrénées (Souriau & Pauchet, 1998)
3. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Lydecker 1999)
4. British Geological Survey (Musson 1994)
5. Observatoire Royal de Belgique
6. Progetto finalizzato geodinamica et Istituto nazionale di Geofisica
7. Royal Netherlands meteorological institute
8. Eidgenössische Technische Hochschule

Le groupe de travail remarque que la méthode employée par l'IPSN pour l'estimation de la magnitude était comme suit:

- utilisation de la relation de Sponheuer pour la profondeur et de la relation de Levret pour la magnitude estimée préférentiellement à partir de rayons d'isoséistes
- pour certains séismes, seulement l'intensité épiscopentrale est disponible, dans ces cas la magnitude est estimée en utilisant une profondeur régionale !!!!

Dans l'extrait qui suit, la construction du catalogue n'est pas étayée. Le BRGM s'engage à fournir au Groupe Zonage des compléments d'information concernant les conversions intensité-magnitude, l'homogénéisation des diverses magnitudes européennes aussi bien que des précisions sur les profondeurs de foyer utilisées et les périodes couvertes par les différents catalogues qui ont servi de base à la publication.

Extrait du : 11th European Conference on Earthquake Engineering © 1998 Balkema, Rotterdam,

Part Two: Probabilistic approach: Seismic hazard map on the national territory (France)

P. Dominique, A. Autran, J.L. Blès, D. Fitzenz, F. Samarcq, M. Terrier

BRGM, Marseilles, France

M. Cushing, J.C. Gariel, B. Mohammadioun

CEA/IPSN/DPRE/BERSSIN, Fontenay-aux-Roses, France

Ph. Combes

GEO-TER, Montpellier, France

Ch. Durouchoux

EDF/TEGG, Aix-en-Provence, France

X. Goula

ICC - Servei Geològic de Catalunya, Barcelona, Spain

3 EARTHQUAKE CATALOG

Knowing that a given site is subjected to the effects of earthquakes coming from neighbouring areas, the calculation of the seismic hazard requires to define the maximal extent of the area in which earthquakes can have an influence on the site. Moreover, it is of the major importance to constitute for this area, the data file as exhaustive and homogeneous as possible. For the French territory, it needs the use of the earthquakes catalog from countries bordering France: Belgian, Dutch, German, Italian, Swiss instrumental and historical earthquake data file. The chosen threshold magnitude is 3.5. In this work, the studied area was comprised between 5°W and 10°E in longitude and between 41°N and 52°N in latitude.

3.1 Conversion

Some earthquakes data files contain epicentral intensities (mainly for historical earthquakes), others in magnitude. In order to use the whole available data, we chose to keep only one of both parameters

and to convert the other one..

...converted the whole epicentral intensities into "equivalent magnitudes".

In all the cases, the M.C.S. (Mercalli, Cancani, Sieberg) intensities, issued from the italian catalog, are converted into M.S.K. (Medvedev, Sponheuer, Karnik) intensities, then into "equivalent magnitude". This conversion has been achieved by comparing, adjusting and selecting some conversion equation from the plot of 242 earthquakes recorded by both french and italian observatories. When numerous values of magnitude were calculated on different scales (M L , M D), we keep only the maximum of these values, following a conservative scope.

3.2 *Temporal stationarity hypothesis*

As it is required by using simple Poisson process, the hypothesis of spatio-temporal stationarity in the recurrence of future earthquakes needs the removal of foreshocks and aftershocks. It is complex to make this task automatically, because of the variability of the time period between dependant events occurrence. Therefore, this step needs a manual removal. In general, we used the following rule: the foreshocks occur in a time period less than two days before the mainshock and the after-shocks can continue until six months to more than one year after the mainshock. This removal of foreshocks and aftershocks is relatively easy to apply in France, where like in many areas, the seismic activity occurred by crisis spaced in time.

A specific process has been done for the swarms, for which the identification of one mainshock, among its foreshocks and aftershocks was particularly difficult because of:

- the homogeneity of the values of magnitudes of these clusters of earthquakes;
- a "serrated" seismic distribution (alternation of small and moderate earthquakes) during the time interval.

In the case of a swarm, it is important to take into account the dissipated energy liberated during the seismic crisis. That is why it has been chosen to increase the highest magnitude of the swarm of one half unit when the swarm is important (long time and high frequency of events) and of 0.2 when we consider two significative earthquakes of same magnitude which occurred in a 72 hours time period.

The final earthquakes catalog contains 2998 events with magnitude greater or equal than 3.5.

Extrait du rapport GEOTER n°GTR/MATE/0899-108

1 - BASES DE DONNEES SISMOLOGIQUES

Pour définir un zonage sismotectonique, il est indispensable de rechercher et de décrire les données de sismicité historiques et instrumentales, qui vont contribuer à l'interprétation des déformations actuelles, et qui vont servir de base aux calculs probabilistes.

Pour mener à bien une approche probabiliste, s'il n'est pas absolument nécessaire de disposer d'une bonne qualité des localisations, on doit en revanche constituer des échantillons homogènes et complets de sismicité, en remontant aussi loin que possible dans le temps, afin que la distribution des séismes passés puisse refléter la sismicité future.

Pour la France métropolitaine, qui possède des réseaux de surveillance nationale (réseau LDG, réseau RéNaSS), les données sont accessibles auprès des organismes publics qui les gèrent. Les données instrumentales des réseaux des Antilles françaises échappent curieusement à ce principe. En effet, bien que la Puissance Publique assure le financement et le développement de deux observatoires volcanologiques et sismologiques en Martinique et en Guadeloupe, les données de localisation des séismes ne sont actuellement pas disponibles pour la communauté du génie parasismique. Elles demeurent la propriété des gestionnaires du réseau, qui évoquent plusieurs raisons pour ne pas les communiquer : mauvaise qualité des localisations, impossibilité de contrôler l'utilisation faite par des tiers, priorité d'exploitation par les gestionnaires à des fins scientifiques. GEO-TER a échoué dans la démarche entreprise pour acquérir ces données. Une démarche analogue a été entreprise par le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, mais les données n'ont pas été disponibles avant le terme de cette étude, et n'ont pas pu être exploitées directement.

Les données des organismes régionaux et mondiaux sont en revanche disponibles, et ont été confrontées à celles contenues dans certains rapports annuels des observatoires volcanologiques de la Soufrière et de la Montagne Pelée, que nous avons pu nous procurer.

La sismicité de la région Caraïbe a fait l'objet de plusieurs études (Feuillard, 1982 ; BRGM, 1990, 1991; Tanner et Shepherd, 1997). Du XVI^{ème} siècle au XIX^{ème} siècle, les sources d'informations sont fournies par des documents écrits d'époque, d'articles de journaux ou de travaux spécialisés. Pour le XX^{ème} siècle, les agences sismologiques internationales (USGS/NOAA et ISC) disposent de catalogues de séismes instrumentaux, c'est à dire localisés à l'aide d'enregistrements des séismes par des stations sismologiques. Pour les quinze dernières années, les observatoires de Martinique et de Guadeloupe enregistrent de manière plus ou moins continue l'activité sismique, avec une précision qui s'est améliorée ces dernières années. Si les données ne sont pas accessibles directement auprès des organismes français, ces derniers communiquent certaines informations et localisations aux agences internationales, de telle sorte qu'on peut retrouver certaines données françaises dans les catalogues de ces agences. Parmi les catalogues et informations accessibles, nous avons utilisé

- le catalogue de la macrosismicité historique et contemporaine compilé par l'Institut Panaméricain de Géographie et d'Histoire (IPGH) sur la période 1530-1994.
- le catalogue de l'International Seismological Center (ISC), pour la période de 1964 à 1994. Ce catalogue contient, à l'échelle mondiale, les données les plus fiables, car les séismes sont relocalisés avec l'ensemble des temps d'arrivée fournis par les réseaux régionaux ou internationaux.
- La publication de l'UNESCO-RELACIS sur les tremblements de terre destructeurs de la Caraïbe entre 1502 et 1990 (Grases G., 1990).
- Le catalogue du NEIS (United States National Earthquake Information Service).

- Le catalogue "papier" des séismes ressentis en Guadeloupe et en Martinique de 1980 à 1989 (Feuillard, 1990), qui fournit les localisations de ces séismes.
- Les rapports annuels d'activité de l'observatoire volcanologique de la Montagne Pelée (1994, 1995, 1996, 1997, 1998), qui ne fournissent malheureusement pas les localisations.
- Les localisations des séismes détectés par le réseau accélérométrique du BRGM en Guadeloupe (Samarcq et Fouissac, 1998).

Période de temps couverte par la sismicité instrumentale

La région des Petites Antilles ne dispose d'un réseau de détection des séismes, efficace que depuis le début des années 1980. Jusqu'en 1952, trois stations seulement étaient implantées : une en Martinique à partir de 1927, une en Guadeloupe en 1938, et une troisième fonctionna à Montserrat entre 1938 et 1946. A partir de 1952, la surveillance volcanologique s'intensifia mais le premier réseau ne fut réellement opérationnel qu'à partir du milieu des années 1970. On peut distinguer à partir de cette date trois réseaux régionaux. L'un géré par Trinidad, couvre les îles du Sud, de Trinidad à Sainte Lucie. Le réseau central, géré par l'IPG Paris couvre les îles de la Martinique à la Guadeloupe. Le réseau septentrional couvre les îles de Montserrat à Saint Kitts. A partir de 1980 la coopération internationale, qui fut mise en place pour communiquer les données de certaines stations, permet de disposer d'une bonne couverture de l'arc des Petites Antilles.

Il faut cependant noter, compte tenu de la faible couverture des Petites Antilles par les stations sismologiques, essentiellement implantées sur les îles et concentrées autour des édifices volcaniques, que les incertitudes de localisation des foyers des séismes d'origine tectonique, peuvent atteindre plusieurs kilomètres voire plusieurs dizaines de kilomètres pour les faibles magnitudes, aussi bien pour la position de l'épicentre que pour la profondeur du foyer. Ces incertitudes se sont considérablement réduites au cours des dernières années pour les magnitudes supérieures à 4.5. A titre indicatif, l'Observatoire de la Montagne Pelée estime qu'elle est de l'ordre du kilomètre pour le séisme de magnitude 5.4 du 8 juin 1999 en Martinique.

On retiendra donc trois périodes de temps pour ces données instrumentales.

A: Jusqu'en 1952, on peut considérer que les données des deux seules stations en service, couplées aux informations d'origine macrosismique ne permettent des localisations à peu près fiables que pour les séismes de magnitude supérieure à 5.5, avec de très fortes incertitudes sur les profondeurs ;

B: de 1952 à 1977, le nombre de stations régionales passe de 2 à 9, mais en raison de problèmes de calage des temps d'arrivée et de calibration des sismographes, la qualité des données reste très faible et ne permet pas une bonne interprétation sismotectonique ;

C: à partir de 1977, le réseau se développe pour compter désormais 35 stations sismologiques, fonctionnant toutes avec le même codage temps. On peut considérer que les localisations sont fiables à partir de la magnitude 3.5, à partir de 1978 pour les parties Sud et centrale de l'arc, et à partir de 1980 pour les îles du Nord.

S'il n'est pas aisé d'attribuer les événements sismiques à un accident tectonique particulier, la qualité des données est amplement suffisante pour procéder à une approche probabiliste.

Constitution et homogénéisation du fichier de sismicité

Le catalogue constitué pour l'étude repose sur l'analyse et la comparaison des données issues des sources citées précédemment. Le catalogue de base est celui constitué par l'Institut Panaméricain de Géographie et d'Histoire (IPGH) sur la période 1650 à 1994 pour la région Caraïbes. Les données qu'il contient ont été homogénéisées selon une même échelle de magnitude (M_w , magnitude de moment). Les séismes postérieurs à 1980 ont par ailleurs fait l'objet d'une relocalisation par l'université des Antilles de Trinidad, en tenant compte des temps d'arrivées des stations de l'IPGP pour les îles du centre et de la Fundación Venezolana de Investigaciones de la Sismológicas (FUNVISIS) pour les îles du Sud. Nous avons complété ces données par les localisations fournies par le NEIS sur la période 1995 à 1999, ainsi que par celles des observatoires volcanologiques de la Soufrière et de la Montagne Pelée lorsqu'on en disposait. Pour les séismes de magnitude inférieure à 6.0, les magnitudes fournies par le NEIS sont généralement les magnitudes m_b . Pour les convertir en magnitude de moment M_w , nous avons utilisé les relations proposées par Sheperd et al. (1994), pour le catalogue IPGH : $M_w = 1.9 M_b - 3.17$.

Les magnitudes retenues pour les séismes historiques les plus forts résultent soit du catalogue IPGH, soit du document de Grases (1990) réalisé pour l'UNESCO, soit des enquêtes macrosismiques réalisées par le BRGM. Lorsque plusieurs magnitudes étaient fournies, nous avons retenu celle qui résultait de l'étude la mieux documentée.

La distribution de la sismicité du catalogue constitué pour les Petites Antilles peut être appréciée sur la figure 3 qui montre clairement une augmentation de la profondeur d'Ouest en Est, correspondant à la subduction de la plaque Amérique sous la plaque Caraïbe.

Le catalogue comprend au total 2180 séismes de magnitude Mw comprise entre 2.5 et 8.0, de 1650 à juillet 1999. Le plus fort séisme correspond à celui du 8 février 1843, de magnitude Mw=8.0, qui détruisit Pointe à Pitre et fit 3000 morts en Guadeloupe.

2 - LE ZONAGE SISMOTECTONIQUE

Deux types de zonages ont été réalisés :

- le premier fait appel à la classification de la déformation intraplaque superficielle à l'échelle crustale (0-30km) affectant aussi bien la plaque Atlantique (prisme d'accrétion) que la plaque Caraïbe (système d'arc) et concerne le glissement interplaque des lithosphères supérieures cassantes (cf. chapitre 6),
- le second correspond à la répartition de la déformation interplaque de la lithosphère inférieure et concerne essentiellement la plaque plongeante jusqu'à 210km de profondeur ainsi que ses conséquences à proximité des îles en terme de projection vers la surface (cf. chapitre 7).

Méthodologie du zonage

Si l'on se réfère au texte réglementaire le plus récent en matière de zonage (cf. RFS I-2.c, révision 98), on définit une zone sismotectonique comme un volume ou un ensemble de volumes de la croûte homogène du point de vue de son potentiel sismogénique. Ce potentiel est lui-même défini par des caractéristiques structurales et sismotectoniques. Pour établir ces caractéristiques, il est fait appel aux données permettant de déterminer l'état de déformation statique et dynamique du volume crustal (tableaux 4 et 5).

Etat statique

Pour définir des zones sismotectoniques, on peut considérer, par exemple (tableau 4) :

- l'épaisseur de la croûte,
- l'épaisseur du recouvrement sédimentaire, la composition lithologique des différentes couches constitutives de la croûte,
- la structure de la croûte qui résulte des principaux épisodes tectoniques. La géométrie des structures est essentielle pour la définition des zones. La direction des paléocontraintes de ces différents épisodes tectoniques contribue aussi à l'identification des zones ayant eu la même histoire tectonique,
- les données géophysiques.

Etat dynamique

- Chaque zone sismotectonique doit présenter une homogénéité de son régime de déformation (type et intensité de déformation sismique et asismique). Celui-ci est étudié en utilisant les données sur la sismicité, la déformation et les contraintes (tableau 6).

Cette étape consiste à prendre en compte les mécanismes de la déformation récente et actuelle à proximité des failles ou dans un même volume crustal :

- La néotectonique précise les effets directs ou indirects du cumul des déformations sismiques et asismiques sur la croûte superficielle au cours des derniers millions d'années (nature, cinématique, paléocontraintes).
- La paléosismicité donne des informations sur les paléoruptures qui caractérisent parfois des événements sismiques qui se sont produits sur une période anté-historique de plusieurs milliers à dizaines de milliers d'années. De tels événements peuvent être en particulier utiles pour caler la magnitude maximale associée aux zones sismotectoniques et les lois de distribution fréquence-magnitude.

- La sismicité historique et la sismicité instrumentale apportent des informations sur la localisation et les paramètres principaux des sources sismiques ; de plus, les mécanismes au foyer renseignent sur la mécanique de la rupture en profondeur.
- Les contraintes dans la croûte superficielle (contraintes in situ) et les déformations mesurées par la géodésie donnent une cohérence mécanique aux relations qui lient l'apparition des séismes à l'environnement tectonique.

La confrontation de l'ensemble de ces données permet d'individualiser des zones et/ou des failles dont l'« histoire tectonique » est homogène et dont le comportement par rapport au champ de contraintes actuel est cohérent. Ces zones sont définies par des limites qui peuvent être hiérarchisées suivant leur importance.

La hiérarchisation des limites constitue un élément essentiel pour l'approche probabiliste, car il peut être nécessaire de regrouper certaines zones pour augmenter l'échantillon sismique à prendre en compte dans un calcul. La hiérarchisation donne un poids à ces limites, ce qui permettra éventuellement le regroupement de zones à paramètres sismotectoniques proches (Groupe EPAS/AFPS, 1999).

Le zonage sismotectonique superficiel (0-30km) de l'arc des Petites Antilles

Ce zonage d'échelle crustale est basé sur le modèle d'arc volcanique lié à la subduction des Petites Antilles proposée par de nombreux auteurs (figure 19). Il fait référence aux différentes unités de l'arc définies dans le chapitre 6 en relation avec les données gravimétriques, magnétiques, géologiques, topographiques et bathymétriques (tableau 6). Le découpage en zones sismotectoniques fait appel à la sismicité superficielle (0-30km) en relation avec le fonctionnement récent de l'arc insulaire depuis 5 à 6 Ma. Il distingue d'Est en Ouest :

- La croûte océanique de la plaque Atlantique, d'âge Crétacé supérieur au Nord et Jurassique à Crétacé inférieur au Sud, composée de basalte et gabbro, de zones de fractures et de ride asismique.
- Le prisme d'accrétion sédimentaire représenté par des épaisseurs sédimentaires qui varient du Sud au Nord (200 à 7000m) pour atteindre plus de 15km d'épaisseur au niveau de la ride de la Barbade. La déformation compressive est soulignée par des plis, chevauchements et décrochements superficiels. Le décollement plat, situé à l'interface prisme déformé/sédiments non déformés du plancher océanique, est considéré comme asismique. L'activité sismique répartie entre 0 et 30km de profondeur montrent des concentrations en forme d'essaïms qui se corrélaient géographiquement avec la présence de rides enfouies sous le prisme.
- Les bassins d'avant arc constitués d'une pile de sédiments peu déformés, chevauchés à l'Est par le prisme et qui couvrent la zone de contact majeur entre les plaques. Ces bassins peuvent être affectés par des failles essentiellement normales localisées notamment au niveau des platiers de la partie Nord. Au Sud, le bassin d'avant arc de Tobago est bien identifié alors qu'au Nord, les petits bassins de Martinique et de Guadeloupe sont séparés par des zones hautes formant des plates-formes ou platiers limitées à l'Est par un talus à versant abrupt. L'activité sismique est plus fréquente dans la partie Nord à partir de la Martinique avec des profondeurs essentiellement comprises entre 10 et 30km. Les séismes les plus profonds sont probablement liés au glissement interplaque.
- L'arc volcanique, proprement dit, est formé de deux arcs coalescents externes et inactifs à l'Est, internes et actifs à l'Ouest qui divergent et se séparent au Nord de l'île de la Martinique. L'arc actif est composé d'une croûte supérieure constituée des principaux édifices volcaniques actifs surmontant une croûte inférieure ancienne contenant les chambres magmatiques, des roches intrusives basiques et ultra basique et des cumulats de roches ignées. Ces îles volcaniques s'enracinent vers 30/35km de profondeur. Les failles observées en surface sont à dominante normale, mais la présence de quelques décrochements est décrite.
L'arc externe inactif est généralement recouvert de sédiments marins et tufs volcaniques plio-quadernaires qui masquent les édifices volcaniques éteints sous-jacents.
L'activité sismique se répartie sur l'ensemble de la plate-forme d'arc (interne et externe) et semble plus concentrée dans les 10-20 premiers kilomètres. L'origine de ces séismes est à rechercher dans l'étude des failles actives de ces îles.
- Le bassin d'arrière arc, formé d'une ancienne croûte océanique anormalement épaisse (jusqu'à 20/25km d'épaisseur), est recouvert d'une série sédimentaire non déformée de plusieurs

milliers de mètres. Il peut être affecté en bordure de l'arc de failles décrochantes plus ou moins importantes. L'activité sismique y apparaît peu fréquente.

Les limites principales

Elles correspondent à des changements majeurs de composition de la croûte et/ou du style de déformation. Elles peuvent à ce titre correspondre à des accidents tectoniques majeurs (figure 18).

- Les limites (1) et (2) sont les chevauchements du prisme sur les sédiments peu ou non déformés de la plaque Atlantique à l'Est et des bassins d'avant arc à l'Ouest.
- Les limites (3) et (4) correspondent à l'extension de l'arc volcanique interne et externe et à son enracinement en profondeur jusqu'à 30km environ.
- La limite (5) fait la transition entre le bassin d'arrière arc de Grenade et l'ancien arc éteint correspondant à la ride d'Avès dont l'enracinement est d'environ 30km.
- La limite (6) correspond à la faille transformante NE-SW du passage d'Anegada qui sépare au Nord l'arc des Petites Antilles du système transformant Porto-Rico-Cayman
- La limite (7) est un axe transversal de dissymétrie entre les parties Nord et Sud de l'arc insulaire. Cet axe WNW-ESE longe au Sud la ride de Tiburon et sépare les îles de la Guadeloupe et de la Dominique. Il est souligné par :
 - au niveau du prisme d'accrétion, le passage de 4 unités principales au Sud à 2 unités au Nord, conjointement à une réduction de la taille de la pile sédimentaire aussi bien en épaisseur qu'en largeur. De plus, on observe une virgation des chevauchements au droit de cet axe,
 - au niveau du domaine des bassins d'avant arc, l'axe sépare la dépression du bassin de Tobago au Sud du système de plates-formes au Nord, encadré par les bassins de la Martinique et de Guadeloupe,
 - au niveau de l'arc, il marque la transition entre le système Sud de deux arcs coalescents à un système Nord où les deux arcs interne et externe divergent et apparaissent nettement séparés,
 - enfin, au niveau du bassin d'arrière arc, l'axe sépare le bassin de Grenade au Sud d'une entité au Nord caractérisée par une plate-forme sédimentaire moins profonde.Toutes ces différences traduisent probablement une origine profonde en relation avec le changement de géométrie et le fonctionnement de la subduction.
- La limite (8) correspond à la limite d'extension méridionale du prisme d'accrétion de la Barbade et probablement à une transformante active qui découple la déformation entre la marge guyanaise (Beck et al. ; Taboada, 1999), le décrochement d'El Pilar et le prisme d'accrétion Sud Caraïbe.

Les zones et les limites principales ont une expression gravimétrique, magnétique et bathymétrique affirmée (tableau 6).

Les limites secondaires

Ces limites ont une expression d'ordre géologique et morphologique beaucoup moins marquée mais qui est quand même soulignée par la bathymétrie des fonds sous-marins :

- La limite (9), au Sud de Saint-Barthélemy, correspond ainsi à la limite d'extension du banc de Saba vers le Sud-Est et à une profonde vallée sous-marine au N-E qui entaille la plate-forme sédimentaire.
- La limite (10), au Sud de la Martinique, correspond à la bordure Sud de la ride de Sainte Lucie sous le prisme de la Barbade ainsi qu'à la direction dominante des zones de fractures du plancher océanique. Elle limite au Nord l'extension du bassin de Tobago et la ride sédimentaire de la Barbade.
- La limite (11), au Sud d'Antigua, a une faible expression morphologique qui correspond à une réduction du prisme et à la bordure NW du bassin de Guadeloupe.

Pour l'approche probabiliste, nous avons retenu l'ensemble des limites principales et secondaires, et caractérisé l'activité de chacune des sources qu'elles délimitent.

Le zonage de la subduction (30-210km) de la lithosphère atlantique

Le plongement de la lithosphère atlantique sous la lithosphère Caraïbe est caractérisé par son activité sismique interplaque jusqu'à une profondeur d'environ 210km, par la composition et la structure de la croûte subductée (relief des rides, âge...), par la géométrie de la courbure de la plaque subductée, par la vitesse et la direction de la convergence (cf. chapitre 7).

Une grande partie des foyers sismiques, situés sous l'arc insulaire, appartiennent donc à la déformation de la plaque plongeante mais sont directement ressentis à l'intérieur des îles. Le plan de Bénéioff plonge au niveau d'un axe dont le tracé est souligné par la gravimétrie et le magnétisme. La géométrie de ce plan a été décrite précédemment à partir des coupes profondeur sériées de l'activité sismique (tableau 7). Ainsi, il est possible de définir des variations importantes du fonctionnement de la subduction liées principalement à la présence des reliefs des rides du plancher océanique (figures 8 à 18). La présence ou l'absence de ces rides semblent se traduire par un changement dans la courbure de la plaque plongeante qui se traduit par une variation du pendage du glissement interplaque. Ces variations ont été identifiées par des limites fictives qui caractérisent un changement de comportement et notamment semble-t-il une résistance à la friction qui dépend de l'angle de frottement entre les plaques et qui s'exprime par une activité sismique plus ou moins concentrée (figure 20).

Les limites principales

Les limites principales sont soulignées par des gradients et des contrastes gravimétriques et magnétiques importants.

Elles sont généralement exprimées au niveau de la géométrie du plan de Bénéioff et correspondent à des fortes variations d'activité sismique soulignées par la présence d'essaims de séismes liés à la résistance probable au glissement de rides déjà subductées.

- La limite (1) est le tracé du contact entre les plaques Atlantique/Caraïbes projeté en surface, souligné par l'axe d'anomalie négative de gravité. C'est à cet endroit précis que la lithosphère commence à être subductée.
- La limite (2) définit en profondeur l'extension de la zone de contact chevauchante du plan de Bénéioff entre les deux lithosphères Atlantique/Caraïbe situées à environ 50/60km sous la bordure Est de l'arc insulaire.
- La limite (3) correspond à l'axe transversal WNW-ESE d'asymétrie majeure de la géométrie du plan de subduction (zone intermédiaire décrite précédemment observée au niveau des coupes 9 et 10) entre le Nord et le Sud des Petites Antilles. Cette variation de l'angle du plongement est associée à la subduction de la ride de Tiburon.
- La limite (4) marque la brusque variation de l'âge de la croûte océanique atlantique du Crétacé supérieur au Nord au Jurassico-Crétacé inférieur au Sud. La lithosphère subductée plus ancienne devrait être plus froide et plus cassante.
- La limite (5) correspond à la profondeur maximale d'environ 220km des séismes de subduction. Sa projection se situe au niveau du bassin d'arrière arc.
- La limite (6) est la transformante active du passage d'Anegada au Nord de l'arc antillais marquant la fin septentrionale de la subduction.
- La limite (7) est la probable transformante qui détermine la limite Sud de la subduction de l'Est Caraïbe (séparation avec la marge continentale guyanaise).

Les limites secondaires

Les limites secondaires sont peu marquées dans la géométrie du plan de subduction et expriment plutôt des transitions progressives.

- La limite (8) sépare le secteur de la subduction d'Anguilla-Saint-Martin-Saint-Barthélémy à sismicité diffuse et de faible fréquence de celui des îles de la Barbuda-Antigua-Montserrat où des concentrations de séismes pourraient être en relation avec la ride subductée de Barracuda.
- La limite (9) correspond à l'extension vers le Nord-Ouest des rides non encore subductées ou en début de subduction de Barracuda (Montagne de Grande-Terre) et de Tiburon.

La limite (10), située approximativement à 150/160km de profondeur, définit la partie de la lithosphère plongeante, à pendage constant de 50° en moyenne, dont l'activité sismique est localisée sous la plate-forme de l'arc volcanique. C'est dans cette zone que se situe la fusion partielle à l'origine des ascensions magmatiques.

PS (envoyé par Christophe Martin via e-mel) Pour la Guyane et l'île de la Réunion, il existe des zonages et des fichiers de sismicité, dont l'accès doit être possible auprès du Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie, ainsi qu'auprès du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.

En 1996, une étude intitulée "Contribution à l'étude des dangers d'installations industrielles à risque spécial de la Guyane - Evaluation déterministe de l'aléa sismique", rapport du BRGM n° R 38830 (Blès, Dominique, col. Martin, 1996), a été réalisée, et comprend un zonage et un fichier de sismicité. Le zonage n'a pas fait l'objet de consensus ou de validation, mais il peut constituer une bonne base pour une éventuelle évaluation probabiliste.

En 1997, une autre étude intitulée "Contribution au relevé de la sismicité historique des îles de la Réunion, de Maurice et des Comores" a également été réalisée par Jérôme Lambert, rapport BRGM n° R39736.

24-10-2000 18:16 DE GEO-TER

A

0237827623 P.01/04
[K. LOMBE] 10/10/96

R. COPPIN → B.M. 0237827623

24/10/00 4 pages

Fontenay-aux-Roses, le 3 octobre 1996

Cher(e) Collègue,

L'Association Française de Génie Parasismique (AFPS) s'efforce depuis sa création en 1984 de rassembler les scientifiques et les ingénieurs concernés par les problèmes de génie parasismique afin de promouvoir des programmes de recherche en la matière qui soient de nature à améliorer la prévention du risque-sismique en France.

La démarche réglementaire actuelle de l'évaluation de l'aléa sismique est fondée sur une approche purement déterministe qui prend en compte les événements les plus importants sans s'attacher à leurs fréquences. La démarche probabiliste, par contre, permet de considérer la notion de période de retour. Cette évaluation probabiliste de l'aléa constitue donc l'élément clef pour une approche intégrée du risque sismique, notamment en ce qui concerne le bâtiment conventionnel. Sur ces considérations, le Comité Scientifique et Technique (CST) de l'AFPS, lors de sa réunion du 5 décembre 1994, a approuvé la création d'un groupe de travail "Evaluation Probabiliste de l'Aléa Sismique" (EPAS). Parallèlement, le groupe EPAS assure la liaison avec le groupe européen animé par G. Grünthal en relation avec le "Global Seismic Hazard Assessment Program" (GSHAP), programme international lancé par les Nations-Unies.

Les travaux menés dans le cadre de ce groupe comportent les étapes suivantes:

- définition d'un zonage sismotectonique du territoire national;
- élaboration de modèle décrivant les caractéristiques de la sismicité des sources ;
- détermination des relations d'atténuation en fonction de la distance du paramètre choisi du mouvement du sol.

Les résultats obtenus prendront la forme de cartes de courbes d'isoprobabilité de dépassement d'un paramètre donné (intensité, valeur spectrale, etc.), établies à l'échelle nationale.

Dans un premier temps, le groupe EPAS a confié à un groupe restreint, composé essentiellement de géologues et de sismologues, la tâche d'élaborer un zonage sismotectonique pouvant servir de base à l'élaboration d'une carte probabiliste appliqué au bâti conventionnel. La période significative a été fixée à 475 ans (soit la période de retour couramment retenue dans l'évaluation de l'aléa sismique pour les bâtiments conventionnels). Pour une telle période, les connaissances apportées par la sismicité historique sont jugées suffisantes. Ce zonage doit considérer chacune des zones déterminées comme équi-potentiellement sismogène à l'échelle du territoire. Le niveau de détail comprenant les accidents ou failles individuelles n'a pas été pris en compte, ce essentiellement pour des raisons de distribution spatiale de la sismicité historique (plus la zone est petite, plus l'échantillon de sismicité est faible). D'une manière générale l'approche fait intervenir tous les paramètres qui semblent significatifs dans la sismogénèse : structuration de la croûte et de sa couverture, modalité de distribution des contraintes actuelles ou récentes, déformations quaternaires et actuelles.

Siège social et secrétariat : 4, avenue du Recteur Poincaré • 75782 PARIS Cédex 16
Tél. 01-40.50.28.34 • Fax 01-45.25.61.51

distribution et typologie de la sismicité (instrumentale et historique). Les scientifiques consultés appartiennent à quatre organismes : EDF, BRGM, GEO-TER, IPSN. Plusieurs allers et retours ont été nécessaires au cours de l'élaboration de ce zonage. La méthodologie et le zonage résultant sont explicités dans le document ci-joint.

Dans un deuxième temps, afin d'évaluer ce travail et de parvenir à un zonage "consensuel", le groupe EPAS a décidé de soumettre ce zonage à la communauté scientifique (sismotectoniciens et structuralistes) afin qu'ils puissent apporter leur points de vues (rejets, critiques, validation ou correction argumentés, à l'échelle nationale ou régionale). Aussi vos remarques seront-elles prises en considération dans le zonage final qui servira de base à la définition de l'aléa sismique.

En vous remerciant d'avance de votre participation, je vous prie d'agréer, cher(e) collègue, l'expression de mes sentiments très distingués.



B. MOHAMMADIOUN
Responsable du groupe EPAS

Monsieur J. Angelier
UPMC, URA 1759
Département Géotechnique,
T 26, E1, Case 129
4, Place Jussieu
75252 Paris Cédex 05

tel : 01 44 27 58 57 ; fax : 01 44 27 50 85

Monsieur A. Autran
BRGM - SGN/D
B.P. n° 6009
45060 Orléans Cédex 02

tel : 02 38 64 32 03

Madame N. Bethoux
CNRS, Institut de Géographie
Université Sophia Antipolis
250, rue Albert Einstein
06560 Valbonne

tel :

Monsieur A. Cisternas
I.P.G. Strasbourg
Laboratoire de Sismologie
5, rue René Descartes
67084 Strasbourg Cédex

tel : 03 88 41 63 79 ; fax : 03 88 61 67 47

Monsieur F. Guillocheau
Géosciences Rennes, Institut de Géologie
Laboratoire de Pétrologie Sédimentaire
Campus de Beaulieu
35042 Rennes Cédex

tel : 02 99 28 16 29

Monsieur G. Menard
Université de Savoie
Département des Sciences de la Terre
Laboratoire Géodynamique des Chaînes Alpines
CNRS URA 69, B.P. 1104,
73011 Chambéry Cédex

tel : 04 79 75 87 87 ; fax : 04 79 75 87 77

Monsieur J. Mercier
Université Paris Sud
Laboratoire Géophysique et Géodynamique Interne
URA 1369, Bâtiment 509
91405 Orsay Cédex

tel : 01 69 41 61 40, fax : 01 60 19 14 46

Monsieur H. Philip
Laboratoire de Tectonique et Géochronologie

Université Montpellier II, Place E. Bataillon

Case courrier 060

34095 Montpellier Cédex 05

tel : 04 67 14 36 41, fax : 04 67 52 39 08

Monsieur A. Souriau

Observatoire Midi-Pyrénées

Groupe de Recherches en Géodésie Spatiale

14, avenue E. Belin

31400 Toulouse

tel : 05 61 33 29 02

Monsieur P. Tapponnier

IPG Paris, Tecto. Méca Lithosp.,

URA 1093, T. 14-24, E1

Bâtiment 89

4, Place Jussieu

75252 Paris Cédex 05

tel : 01 44 27 39 05 ; fax : 01 44 27 24 40

Annexe 1.7.

ZONAGE SISMIQUE DE LA FRANCE

1^{ère} réunion du Groupe de Travail AFPS
"ZONAGE SISMIQUE DE LA FRANCE"

Participants : Pour le GEPP : MM. M. QUATRE et J.N. BOUTIN
Pour l'AFPS : D. AMIR-MAZAHERI; J.P. AVOUAC; P.Y.BARD;
J. BETBEDER-MATIBET; P. BISCH; M. BOUR; P. COMBES;
F. COTTON; P. DOMINIQUE; W. JALIL; C. MARTIN;
P. MOUROUX; P.A. NAZE; J.F. SIDANER; P. SOLLOGOUB
Excusés : P. BERNARD; V. DAVIDOVICI; C. DUROUCHOUX;
A. PECKER; J.P. MENEROUD; B. MOHAMMADIOUN

- ELEMENTS DE COMPTE-RENDU -

M. QUATRE rappelle le contenu de la lettre de mission qu'il a reçue conjointement du Ministère de l'Équipement des Transports et du Logement / DGUHC et du Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement / DPPR, en tant que président du GEPP (Groupe d'Études et de Propositions pour la Prévention du risque sismique en France) : l'évolution des connaissances en matière sismique et l'échéance de l'EC-8 (Eurocode-8), basé sur une approche probabiliste, amènent en effet le gouvernement à devoir réviser la carte de 1985 et le GEPP a été chargé de "*piloter la révision des hypothèses scientifiques du décret du 14 mai 1991 ...*"

La demande exprimée correspond donc au calendrier de l'EC-8 qui prévoit son adoption en 2002-3. A cette fin, et compte tenu du nombre très restreint de spécialistes en matière de sismologie, la méthode de travail retenue sera la suivante :

- un sous-groupe du GEPP sera chargé de préparer l'échéancier des travaux, de procéder aux appels d'offre et d'effectuer la synthèse des résultats à soumettre à l'approbation des ministères concernés.
- il sera créé au sein de l'AFPS un groupe de travail chargé d'établir un état des connaissances, de proposer les travaux complémentaires conduits sous la direction du sous-groupe du GEPP et d'en faire la synthèse.
Le découpage des travaux en tranches homogènes devrait être proposé d'ici fin septembre 2000 (l'atelier organisé par l'AFPS, le 20 septembre 2000 à l'ENPC, permettra de faire le point de la connaissance existante à ce sujet).
- fin 2001, le groupe de travail de l'AFPS proposera, après validation des études, des cartes d'aléa à l'issue des travaux complémentaires, le sous-groupe du GEPP établissant alors le zonage et les mesures réglementaires correspondantes, le tout étant ensuite soumis à l'approbation des ministères concernés.
- un nouveau décret devra accompagner la publication du nouveau zonage.

Il est à ce sujet souligné la nécessaire cohérence avec les réglementations des pays limitrophes (cf. Bâle) et l'intérêt d'une validation du nouveau zonage avec le concours d'experts étrangers.

Compte tenu du petit nombre d'experts français et afin d'éviter de mêler les réponses aux appels d'offre et l'appui au maître d'ouvrage, il sera nécessaire d'œuvrer avec la plus grande transparence tout en utilisant les marges données par le code des marchés publics : le sous-groupe du GEPP sera clairement identifié comme étant le délégué du maître d'ouvrage.

Le groupe de travail de l'AFPS proposera le contenu technique des propositions d'étude, la rédaction des appels d'offre et la sélection des candidats étant à la charge du sous-groupe du GEPP. Les membres du groupe de travail de l'AFPS retenus pour réaliser des études devront s'en retirer lors de cette phase. Par contre, les autres assureront le suivi des études.

En ce qui concerne le sous-groupe du GEPP, outre des représentants de la DPPR, de la DGUHC, du CSTB et du LCPC, il est envisagé d'associer, avec les personnalités suivantes : MM. AMIR-MAZAHERI, BARD, BETBEDER-MATIBET et DAVIDOVICI un contrôleur technique (M. SAINT-JEAN, de SOCOTEC) et un concepteur (M. MONTENS de SYSTRA). Des experts étrangers (Italie, Allemagne, éventuellement Suisses et Espagnols) pourront être invités lors de la phase de validation.

La question du problème posé par la minoration éventuelle des contraintes réglementaires issues du nouveau zonage par rapport à celles existantes fera l'objet d'un débat ultérieur lors du passage des cartes d'aléa au zonage réglementaire. Cela permettra d'établir les bases de conception des PPR.

M. BETBEDER-MATIBET expose alors la note du 31/05/00 "réflexions et propositions pour l'établissement d'un zonage sismique probabiliste en France" (note distribuée aux participants), et détaille sa partie II : "propositions" : celle-ci est destinée à servir de base de départ aux travaux du groupe de travail de l'AFPS.

Une discussion s'instaure alors sur chacun des points évoqués, notamment en ce qui concerne la relation entre le zonage et le type de spectre à lui associer, mais devra être reprise au sein du groupe de travail de l'AFPS.

P. MOUROUX insiste pour que l'approche déterministe, et en particulier la prise en compte des séismes historiques et de certaines failles sismiquement actives, ne soient pas laissées de côté.

Il est souligné que le différend "déterminisme/probabilisme" a moins de sens que l'utilisation attendue du nouveau zonage dont la définition devra correspondre aux contraintes édictées par l'EC-8.

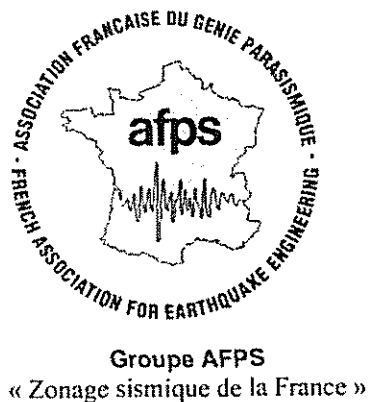
J. BETBEDER-MATIBET confirme (ce qu'il avait laissé entendre, mais on espérait encore le convaincre de revenir sur sa décision) qu'après avoir rédigé la note de synthèse demandée lors de la précédente réunion du CST, il ne souhaitait pas être le responsable du Groupe de Travail AFPS. Celui-ci sera désigné lors de la prochaine réunion fixée au **Mercredi 27 septembre** à partir de 9h30, au **CGPC***, Tour Pascal B, 92055 La Défense Cedex, salle 28P08 (accès par le 27^{ème} étage).

En accord avec M. QUATRE, Monsieur J.N. BOUTIN a bien voulu accepter d'assurer le suivi du Groupe AFPS, comme il l'a fait pour le Groupe CP-MI Antilles.

* *

* et non au 28 rue des Saints-Pères comme prévu initialement.

Le 18 octobre 2000



ARR/AVR
Arrêté le : 26/10/00
A suivre par : PH
Chargé de :
Coop. p.l. / reçu aussi MB, PDO
Car.

Réunion du 26 septembre 2000

- COMPTE-RENDU -

O B J E T : Zonage sismique de la France – Préparation de l'Appel d'offre

Genèse de l'affaire :

La mission reçue conjointement du METL / DGUHC et du MATE / DPPR par le président du Groupe d'Etudes et de Propositions pour la Prévention du risque sismique en France (GEPP) d'assurer la maîtrise d'ouvrage de la révision devenue nécessaire de la réglementation parasismique française correspond au calendrier de l'EC-8 qui prévoit son adoption en 2002-3. Un sous-groupe du GEPP a donc été créé afin de préparer l'échéancier des travaux, de procéder aux appels d'offre et de proposer en des termes réglementaires un zonage du territoire français à soumettre à l'approbation des ministères concernés.

Parallèlement, un groupe de travail de l'Association française de génie para-sismique (AFPS) a été chargé d'établir un état des connaissances, de proposer les travaux scientifiques et techniques complémentaires conduits sous la maîtrise d'ouvrage du sous-groupe du GEPP, de les valider et d'en faire une proposition d'évaluation de l'aléa sismique.

C'est pourquoi une réunion du groupe de travail "nouveau zonage sismique" de l'AFPS s'est tenue le 27 septembre 2000 au CGPC. La liste des participants est donnée en annexe.

Compte-rendu :

Après l'accueil des participants, M. MOUROUX est désigné pour présider ce groupe de l'AFPS et M. SIDANER pour l'assister.

La validation des travaux sera conduite par un groupe ad hoc présidé par M. BARD, les travaux préparatoires étant confiés à l'IPSN. Au cas où le BRGM soumissionnerait, M. SIDANER remplacerait M. MOUROUX et M. COTTON remplacerait M. BARD.

Le draft n° 1 de l'EC8 fait l'objet d'observations de chaque pays dont l'analyse sera faite en janvier 2001. Les sols y sont classés en 6 catégories, pour chacune, deux formes spectrales sont proposées selon la magnitude et chaque pays pourra choisir un niveau de calage; le paramètre retenu est l'accélération maximale du sol. Deux drafts suivront, l'adoption définitive de l'EC8 est prévue pour juillet 2002.

En ce qui concerne les entreprises du bâtiment, M. QUATRE prendra l'attache de M. COIN (EGF, ex SNBATI) pour lui proposer de participer aux travaux du sous-groupe du GEPP, une validation économique étant nécessaire avant d'arrêter le zonage réglementaire.

.../...

Enfin, la continuité aux frontières des contraintes retenues pour la France nécessite d'être en contact avec des interlocuteurs étrangers voisins porteurs de la réglementation para-sismique dans leur pays.

Reprenant les propositions de la note du 31.05.00 établie par M. BETBEDER-MATIBET, les objectifs à atteindre préalablement à toute consultation sont les suivants :

1 / Options fondamentales :

- définir l'échelle de l'étude,
- paramètres d'étude : Les paramètres suivants ont été retenus :
 - accélération maximale : a_g , vitesse maximale : v_g ,
 - pseudo-vitesse spectrale à 0,2, 0,5 et 1s.
- périodes de retour : il est retenu de caler les études sur 100, 475, 1000 et 2000 ans de période de retour.

2 / Explicitation des données :

- les résultats des travaux du groupe EPAS- de l'AFPS seront fournis. Après validation par celui-ci, ils seront présentés au présent groupe en décembre 2000. Le fichier des magnitudes macro-sismiques sera établi à partir des données IPSN-LGD (EdF et le BRGM seront consultés).

Une première rédaction des clauses scientifiques et techniques de l'appel d'offres sera élaboré par M. SIDANER et diffusée d'ici le 20 octobre prochain.

- il conviendra de définir les magnitudes et profondeur maximales, les prestataires étant invités à présenter leur interprétation des autres paramètres courant juin 2001 au groupe de validation.
- il conviendra d'imposer l'emploi d'au moins deux lois d'atténuation au rocher.
- Il conviendra également de prendre en considération les travaux du groupe de travail "failles actives" de l'AFPS ainsi que l'historicité des séismes pour des compléments déterministes ponctuels.

3 / Carte d'aléa : l'obtention de cartes d'iso-valeurs des aléas constituera l'essentiel du rendu. Ces cartes seront établies à l'échelle des données. L'échelle de représentation sera de 1/ 500 000° à 1/1 000 000°.

Le choix du zonage réglementaire résultant de ces travaux incombera alors à la puissance publique avec le conseil du groupe de travail de l'AFPS.

Compte tenu de la nature des études à mener, reposant en grande partie sur des appréciations, il est souhaitable de s'inspirer des méthodes américaines mettant en compétition plusieurs équipes sur un même sujet afin de cerner les limites du vraisemblable. Il est donc proposé que deux équipes au moins puissent travailler en parallèle.

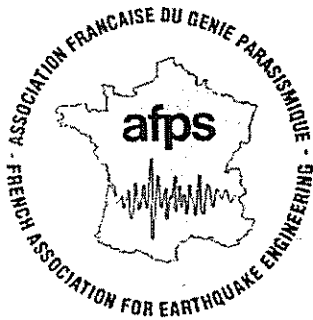
Calendrier : tenant compte de l'échéance de l'EC8, le calendrier suivant est retenu :

- fin janvier 2001 : appel d'offres
- fin mars 2001 : passation des marchés
- début juin 2001 : acceptation des paramètres des prestataires
- fin septembre 2001 : présentation intermédiaire au groupe de validation
- 15 décembre 2001 : remise des prestations
- janvier à avril 2002 : validation (avec participation d'expert étrangers)
- mai à décembre 2002 : décision de la puissance publique.

Les prochaines réunions du présent groupe de travail se tiendront :

le 07/11/2000 à 9h30 à l'ENPC
le 16/01/2001 à 9h30 à l'ENPC

* * *

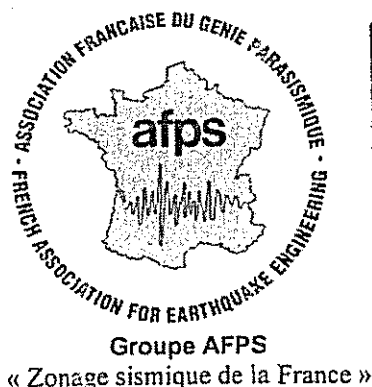


Groupe AFPS
« Zonage sismique de la France »

Réunion du 26 septembre 2000

En gras souligné : participants à la réunion

Nom / qualité	Organisme / téléphone	Adresse / télécopie	Ville / courriel
M. D. AMIR-MAZAHERI	PX-DAM 01 53 42 32 32	15 rue de Rome 0142938954 ou 0149012635	75008 PARIS px-dam@wanadoo.fr
M. J.P. AVOUAC	CEA / LDG 01 69 26 62 75	BP 12 01 69 26 70 23	91680 BRUYERES-le-CHATEL avouac@dg-bruyeres.cea.fr
M. P.Y. BARD président du CST	LGIT / IRIGM 04 76 82 80 61	BP 53 X 04 76 82 81 01	38041 GRENOBLE Cedex bard@obs-ujf-grenoble.fr
M. P. BERNARD	IPGP 01 44 27 24 14	4 place Jussieu 01 44 27 38 94	75252 PARIS Cedex 05 bernard@ipgp.jussieu.fr
M. J.BETBEDER-MATIBET	AFPS 01 43 80 88 82	64 avenue de Wagram 01 43 80 88 82	75017 PARIS
M. P. BISCH	SECHAUD & METZ 01 46 60 85 65	28 rue de la Redoute - BP 86 01 46 60 34 16	92263 FONTENAY-aux-ROSES pbisch@compuserve.com
M. M. BOUR	BRGM / DR / LGE 04 91 17 74 74	117 av de Luminy - BP 167 04 91 17 74 61	13276 MARSEILLE Cedex 09 m.bour@brgm.fr
M. J.N. BOUTIN	METL / CGPC 2.4 01 40 81 24 44	Tour Pascal B 01 40 81 68 88	92055 LA DEFENSE Cedex 04 jean-noel.boutin@equipement.gouv.fr
M. P. COMBES	GEO-TER SARL 04 67 59 18 11	3 rue Jean Monnet 04 67 59 18 24	34830 CLAPIERS philippe.combes@mnet.fr
M. F. COTTON	IPSN / DPRE / SERGD 01 46 54 76 83	60-68 av du Général Lederc 01 46 54 81 30	92265 FONTENAY-aux-ROSES Cedex fabrice.cotton@psn.fr
M. V. DAVIDOVICI	Dynamique Concept 01 45 27 33 48	110 avenue Mozart 01 45 27 44 00	75016 PARIS victor.davidovici@wanadoo.fr
M. P. DOMINIQUE	BRGM / SGN / RNG 04 91 17 74 71	117 avenue de Luminy - BP 167 04 91 17 74 75	13276 MARSEILLE Cedex 09 p.dominique@brgm.fr
M. C. DUROUCHOUX	EDF / TEGG 04 42 95 95 84	905 av du Camp de Manthe - BP 605 04 42 95 95 00	13093 AIX-en-PROVENCE Cedex 02 christophe.durouchoux@edf.fr
Mme C. GLAIZE secrétariat AFPS	ENPC / AFPS 01 44 58 28 40	28 rue des Saints Pères 01 44 58 28 41	75343 PARIS Cedex 07 afps@descartes.enpc.fr
M. W. JALIL président de l'AFPS	SOCOTEC 01 30 12 83 60	3 avenue de Centre 01 30 12 83 67	78182 St QUENTIN en Yvelines dos@socotec.fr
M. C. MARTIN	GEOTER 04 67 59 18 ou 18 24	3 rue Jean Monnet 04 67 59 18 24	34830 CLAPIERS christophe.martin@wanadoo.fr
M. J.P. MENEROUD	CETE Méditerranée 04 92 00 81 56	56 boulevard Stalingrad 04 92 00 81 99	06300 NICE Cedex jp.meneroud@cete13.equipement.gouv.fr
M. B. MOHAMMADIOUN	AFPS 02 37 82 53 13	2 rue des Saulx 02 37 82 76 23	28130 St MARTIN de NIGELLES robinswood@aol.com
M. P. MOUROUX président du groupe de travail	BRGM / SGR / PACA 04 91 17 74 70	117 av de Luminy - BP 167 04 91 17 74 75	13276 MARSEILLES Cedex 09 p.mouroux@brgm.fr
M. P.A. NAZÉ	EDF / SEPTEN 04 72 82 73 50	12-14 av Dutriévoz 04 72 82 77 07	69628 VILLEURBANNE Cedex pierre-alain.naze@edf.fr
M. PECKER	Geod. & Structure 01 46 65 00 11	157 rue des Blains 01 46 65 58 84	92220 BAGNEUX alain.pecker@geodynamique.com
M. QUATRE président du GEPP	METL / CGPC 2.4 01 40 81 68 60	Tour Pascal B 01 40 81 68 88	92055 LA DEFENSE Cedex 04 michel.quatre@equipement.gouv.fr
M. J.F. SIDANER	COGEMA - 1 rue des Hérons - Montigny-le-Bretonneux 01 39 48 55 36	CEA - SACLAY 01 39 48 51 09	78182 St-QUENTIN-en-YVELINES Cedex jfsidaner@cogema.fr
M. P. SOLLOGOUB	DRT/ DMT/ SEMT/ EMSI 01 69 08 27 16	CEA - SACLAY 01 69 08 83 31	91191 GIF sur YVETTE Cedex



AGNIA/AFB	
Antérieurement à :	20/11/00
Antérieurement par :	PM
Class.	

Réunion du 07 novembre 2000 - COMPTE-RENDU -

OBJET : Révision du zonage sismique de la France – Préparation de l'appel d'offre

Une réunion du groupe AFPS "zonage sismique de la France" s'est tenue le 7 novembre 2000 à l'ENPC : la liste des participants est donnée en annexe.

M. MOUROUX, président du groupe de travail, accueille les participants dont M. Louis PINATELLE, IGPC, ancien secrétaire technique de la commission spécialisée des marchés de bâtiment et de génie civil, venu éclairer le groupe sur les aspects administratifs de la démarche.

L'examen du compte-rendu de la réunion du 26 septembre 2000 amène à supprimer la phrase "...et M. COTTON remplacerait M. BARD." de même que s'il avait bien été dit que les travaux du groupe EPAS devaient être présentés en décembre, ils seront en fait collationnés pour cette date afin d'être mis en forme et présentés au groupe "zonage" lors de la réunion prévue le 16 janvier 2001. Il est également souligné que l'expression "en compétition" doit être comprise comme "en parallèle".

Compte tenu des connaissances disponibles, le groupe convient d'écarter la Guyane et La Réunion des études à mener dans le domaine probabiliste : après homogénéisation leurs caractéristiques seront néanmoins prises en compte dans le futur décret. Pour les Antilles, un catalogue IPSN existe depuis 1982 mais n'a pas été validé : de 50 à 100 événements / an, (soit un total de 2000 à 3000 événements) sont donc à qualifier afin de pouvoir caler les magnitudes de durée avec celles de moments. Des fichiers IPGP (à fournir par M. BERNARD) et GEOTER (à fournir par M. MARTIN) existent également, ces derniers nécessitant qu'un avenant au contrat en cours avec le MATE en permette l'homogénéisation. Le BRGM ne dispose pas de catalogue historique.

Dans la mesure où il importe que le cahier des charges de la consultation comprenne des indications consolidées et claires, même si elles restent provisoires avant notification des marchés, le groupe EPAS est chargé de préparer pour la prochaine réunion l'identification des données nécessaires et de définir leur accessibilité. Mme SCOTTI et MM AVOUAC, COTTON, en liaison avec Mr GRUNTHAL prépareront également un CD-rom sur lequel seront portés ces données ainsi qu'un historique des catalogues et le descriptif des procédures utilisées pour leur homogénéisation. Les catalogues étrangers seront seulement répertoriés.

La lecture du projet de CCTP donne lieu à quelques précisions et M. SIDANER rédigera un texte relatif à la prise en compte des failles à inclure dans le § 4.4 "Évaluation des incertitudes et études de sensibilité" de son projet. Dans un souci de clarté, M. BOUTIN joindra au présent compte-rendu la copie de la lettre de mission adressée par le METL / DGUHC et le MATE / DPPR au président du GEPP.

.../...

En ce qui concerne les marchés proprement dits, il s'agit de marchés de prestations intellectuelles au sens strict qui présentent plusieurs particularités et notamment d'être susceptibles de se trouver attribués à des prestataires chargés précédemment d'une mission d'assistance à "maîtrise d'ouvrage" (AMO).

Il convient donc de séparer très nettement ces deux missions en recherchant un dispositif propre à éviter tout risque de dérapage des prix. Il convient en outre de respecter strictement le principe d'égalité de traitement des candidats.

Comme pour tous les marchés d'étude, il importe de définir leur objet avec soin et aussi précisément que possible.

ECONOMIE ET PROCÉDURE : Il convient de déterminer, d'une part, si les études à mener peuvent être rémunérées par des prix forfaitaires, éventuellement décomposés par phases et, d'autre part, comment le maître d'ouvrage s'assurera de leur convenance (avec clauses de garanties et de sanctions éventuelles).

Depuis décembre 1992, les marchés d'étude de cette nature sont normalement traités par appel d'offre (cf. * et **), le recours à la procédure négociée, avec mise en compétition, n'étant admis que pour les "opérations" de moins de 700 KF TTC (***).

Dans le cas d'espèce, où les concurrents français potentiels sont peu nombreux, l'organisation d'un appel d'offre n'aurait de sens que s'il est étendu à l'échelle européenne.

Afin de déterminer le type et le calendrier de l'appel d'offre, une réunion restreinte se tiendra à l'initiative du MATE, personne responsable du marché, dans les plus brefs délais.

Par ailleurs et en matière de concurrence et de propriété intellectuelle, il conviendra de déterminer exactement les clauses de confidentialité. La notion de résultat demande également à être définie : outre la production des cartes d'aléa, une procédure doit être prévue en cas de défaillance d'un candidat. L'appel d'offre devrait alors comprendre deux phases : l'une de qualification, l'autre de sélection proprement dite.

L'attention est appelée sur le fait que le principe d'égalité de traitement des candidats exige des délais de consultation suffisants. Dans cette optique et afin de minimiser les délais, un appel à candidature de niveau européen peut être très rapidement lancé sur la base de l'objet et des prestations à réaliser tels que rédigés dans le projet de CCTP avec un complément concernant les liens, d'une part, avec l'EC-8 (origine de l'étude), d'autre part, avec la carte de la sismicité de la France proprement dite (destination de l'étude) : M. SIDANER rédigera le projet d'avis correspondant.

Dans la mesure où la personne responsable du marché, en l'occurrence la DPPR au MATE, fait appel à un collège d'experts pour le suivi des travaux, il conviendra de veiller à ce que leurs attributions respectives soient clairement distinguées.

Par ailleurs, l'IPSN aura à fournir l'ensemble des données pour la fin de mars 2001.

Il est rappelé que la prochaine réunion du groupe se tiendra le 16 janvier 2001 à 09h30 à l'ENPC, 28 rue des Saints Pères.

* * *

(*) Appel d'offre "ouvert" (51 jours) : après appel d'offre, les candidats sont invités à remettre à la fois la justification de leur compétence et leur offre, celle-ci étant ouverte séparément

(**) Appel d'offre "restreint" (21 jours) : procédure dans laquelle, après appel public de candidature, les concurrents présentent leur candidature et la consultation est organisée dans un deuxième temps en adressant le dossier de consultation aux seuls candidats admis à concourir.

(***) Si le seuil de l'appel d'offre européen (1,3 MF HT) est applicable à chacun des deux marchés pris séparément, la commission spécialisée des marchés compétente (approvisionnements généraux) fait masse des deux marchés pour apprécier son seuil (1 MF TTC).



Réunion du 07 novembre 2000

Groupe AFPS

« Zonage sismique de la France »

En gras souligné : participants à la réunion

	Nom / qualité	Organisme / téléphone	Adresse / télécopie	Ville / courriel
M.	D. AMIR-MAZAHERI	PX-DAM 01 53 42 32 32	15 rue de Rome 0142938954 ou 0149012635	75008 PARIS Darius.AMIR-MAZAHERI.DAM.Design@wanadoo.f
M.	J.P. AVOUAC	CEA / LDG 01 69 26 62 75	BP 12 01 69 26 70 23	91680 BRUYERES-le-CHATEL avouac@dg-bruyeres.cea.fr
M.	P.Y. BARD président du CST	LGIT / IRIGM 04 76 82 80 61	BP 53 X 04 76 82 81 01	38041 GRENOBLE Cedex bard@obs.ujf-grenoble.fr
M.	P. BERNARD	IPGP 01 44 27 24 14	4 place Jussieu 01 44 27 38 94	75252 PARIS Cedex 05 bernard@ipgp.jussieu.fr
M.	J. BETBEDER-MATIBET	AFPS 01 43 80 88 82	64 avenue de Wagram 01 43 80 88 82	75017 PARIS
M.	P. BISCH	SECHAUD & METZ 01 46 60 85 65	28 rue de la Redoute - BP 86 01 46 60 34 16	92263 FONTENAY-aux-ROSES pbisch@compuserve.com
M.	M. BOUR	BRGM / DR / LGE 04 91 17 74 74	117 av de Luminy - BP 167 04 91 17 74 61	13276 MARSEILLE Cedex 09 m.bour@brgm.fr
M.	J.N. BOUTIN	METL / CGPC 2.4 01 40 81 24 44	Tour Pascal B 01 40 81 68 88	92055 LA DEFENSE Cedex 04 jean-noel.boutin@equipement.gouv.fr
M.	P. COMBES	GEO-TER SARL 04 67 59 18 11	3 rue Jean Monnet 04 67 59 18 24	34830 CLAPIERS philippe.combes@mnet.fr
M.	F. COTTON	IPSN / DPRE / SERGD 01 46 54 76 83	60-68 av du Général Leclerc 01 46 54 81 30	92265 FONTENAY-aux-ROSES Cedex fabrice.cotton@ipsn.fr
M.	V. DAVIDOVICI	Dynamique Concept 01 45 27 33 48	110 avenue Mozart 01 45 27 44 00	75016 PARIS victor.davidovici@wanadoo.fr
M.	P. DOMINIQUE	BRGM / SGN / RNG 04 91 17 74 71	117 avenue de Luminy - BP 167 04 91 17 74 75	13276 MARSEILLE Cedex 09 p.dominique@brgm.fr
M.	C. DUROUCHOUX	EDF / TEGG 04 42 95 95 84	905 av du Camp de Manne - BP 606 04 42 95 95 00	13093 AIX-en-PROVENCE Cedex 02 christophe.durouchoux@edf.fr
X M.	H. FABRIOL	MATE / SDPPR 01 42 19 15 65	20 avenue de Ségur 01 42 19 14 79	75302 PARIS Cedex 07 SP hubert.fabriol@environnement.gouv.fr
Mme	C. GLAIZE secrétariat AFPS	ENPC / AFPS 01 44 58 28 40	28 rue des Saints Pères 01 44 58 28 41	75343 PARIS Cedex 07 afps@descartes.enpc.fr
M.	W. JALIL président de l'AFPS	SOCOTEC 01 30 12 83 60	3 avenue de Centre 01 30 12 83 67	78182 St QUENTIN en Yvelines dos@socotec.fr
M.	C. MARTIN	GEOTER international 04 42 84 94 80	280 av des Templiers	13400 AUBAGNE Geoter.International@mnet.fr
M.	J.P. MENEROUD	CETE Mediterranée 04 92 00 81 56	56 boulevard Stalingrad 04 92 00 81 99	06300 NICE Cedex jp.meneroud@cete13.equipement.gouv.fr
M.	B. MOHAMMADIOUN	AFPS 02 37 82 53 13	2 rue des Saulx 02 37 82 76 23	28130 St MARTIN de NIGELLES robinswood@aol.com
M.	P. MOUROUX président du groupe de travail	BRGM / SGR / PACA 04 91 17 74 70	117 av de Luminy - BP 167 04 91 17 74 75	13276 MARSEILLES Cedex 09 p.mouroux@brgm.fr
M.	P.A. NAZÉ	EDF / SEPTEN 04 72 82 73 50	12-14 av Dutriévoz 04 72 82 77 07	69628 VILLEURBANNE Cedex pierre-alain.naze@edf.fr
M.	PECKER	Geod. & Structure 01 46 65 00 11	157 rue des Blains 01 46 65 58 84	92220 BAGNEUX alain.pecker@geodynamique.com
X M.	QUATRE président du GEPP	METL / CGPC 2.4 01 40 81 68 60	Tour Pascal B 01 40 81 68 88	92055 LA DEFENSE Cedex 04 michel.quatre@equipement.gouv.fr
Mme	O. SCOTTI	IPSN / DPRE / SERGD 01 46 54 86 47	60-68 av du Général Leclerc 01 46 54 81 30	92265 FONTENAY-aux-ROSES Cedex oona.scotti@ipsn.fr
M.	J.F. SIDANER	COGEMA - 1 rue des Hérons - Montigny-le-Bretonneux 01 39 48 55 36	01 39 48 51 09	78182 St-QUENTIN-en-YVELINES Cedex jfsidaner@cogema.fr
M.	P. SOLLOGOUB	DRT/ DMT/ SEMT/ EMSI 01 69 08 27 16	CEA - SACLAY 01 69 08 83 31	91191 GIF sur YVETTE Cedex sollogoub@dmr.cea.fr

Ministère de l'Aménagement du Territoire
et de l'Environnement
Direction de la Prévention des Pollutions
et des Risques

Ministère de l'Équipement, des Transports
et du Logement
Direction Générale de l'Urbanisme,
de l'Habitat et de la Construction

Le directeur de la prévention des pollutions et des risques,
délégué aux risques majeurs
Le directeur général de l'urbanisme, de l'habitat
et de la construction

à

Monsieur Michel QUATRE
Président du groupe d'études
et de proposition pour la prévention du risque sismique.

Objet : Révision du zonage sismique de la France.


Les réunions du groupe d'études et de proposition pour la prévention du risque sismique (GEP) des 15 décembre 1999 et 17 février 2000 ont mis en évidence la nécessité de réviser le zonage sismique de la France établi en 1985 et réglementé actuellement par le décret du 14 mai 1991.

Comme vous l'indiquez dans votre note du 6 avril dernier, il convient en effet de tenir compte des progrès réalisés depuis tant en matière de sismicité historique et instrumentale que de sismotectonique, de l'introduction dans les deux ans d'une forte composante probabiliste dans les normes européennes de construction parasismique EC 8 et de l'avis convergent des experts sur la possibilité de retenir des niveaux d'aléas plus réalistes.

En conséquence, nous chargeons le GEP de piloter la révision des hypothèses scientifiques du décret du 14 mai 1991, conformément à sa vocation, telle que définie par la lettre de mission de son président.

Nous vous demandons de nous remettre dans les six mois un rapport définissant les actions nécessaires pour mener à bien cette révision et de rendre vos conclusions sur les modifications à apporter au zonage et le niveau des actions sismiques escomptées d'ici le début de l'année 2002 en vue de prendre le décret modificatif correspondant dans le courant de cette même année.

Le directeur de la prévention
des pollutions et des risques,
délégué aux risques majeurs


Philippe VESSERON

Le directeur général de l'urbanisme,
de l'habitat et de la construction


Pierre-René LEMAS

Annexe 1.8.

MICROZONAGE SISMIQUE

Groupe de Travail AFPS "Microzonage Sismique"

Relevé de décisions de la première réunion du 06/09/2000

(Paris / MATE)

Présents : P.-Y. Bard – J. Betberder – M. Bour – A.-M. Duval – H. Fabriol – J.-L. Favre – G. Garry - R. Guillande – C. Martin – J.-P. Méneroud – O. Monge – H. Modaressi - P. Mouroux – A. Pecker

(Excusés : G. Sève, M. Koller, P. Second, R. Lagabrielle)

Ordre du jour

- Présentation des objectifs du GT (PY Bard - cf lettre de mission)
- Présentation des travaux du guide méthodologique PPR sismiques (H. Fabriol, cf transparents joints)
- Echange de vues général
- Désignation de responsables de rédaction pour les différents documents envisagés
- Calendrier et ordre du jour des prochaines réunions

Plan de travail

1 - Activités de synthèse technique et de rédaction

Il est décidé de produire, à l'horizon fin 2001 – début 2002, trois documents faisant un état de l'art et de la pratique sur les effets de site, la liquéfaction, et les mouvements de terrains. Un quatrième document portant sur la prise en compte des failles actives sera adapté des travaux du GT AFPS "Failles actives". Alors que le guide méthodologique PPR sismiques en cours de rédaction au MATE est destiné aux services instructeurs, les documents techniques de synthèse à remettre par le GT seront destinés en priorité aux bureaux d'études chargés de la réalisation des études de microzonage sismique.

Pour chacun de ces documents, il serait souhaitable d'avoir une première version pour l'été 2001.

La responsabilité de la rédaction sera assurée par des membres du GT indiqués dans le tableau ci-après, qui accueilleront chaleureusement toutes les bonnes volontés :

	Sujet	Responsable	Echéances	
			Version 0	Version finale
1	Mouvements du sol et effets de site	P.-Y. Bard	03/2001	Fin 2001
2	Liquéfaction	O. Monge	06/2001	"
3	Mouvements de terrain sous sollicitation sismique	G. Sève	06/2001	"
4	Pour mémoire : Failles actives	C. Martin	? Prêt ?	"

Plan indicatif (on aura l'occasion d'en discuter dans les séances ultérieures):

- point sur les connaissances "phénoménologiques": description de la physique des phénomènes, paramètres / facteurs importants
- méthodes d'estimation: inventaire, fiabilité, robustesse, coût
- recommandations pour études de niveaux A, B et C

Il est impératif de ne pas se limiter à la pratique franco-française, mais d'aller voir ce qui est fait dans d'autres pays !

P.-Y. Bard ouvrira le bal en faisant circuler son document actuel sur les effets de site (en anglais pour l'instant).

Par ailleurs, il est décidé également de rédiger des documents de synthèse sur les sujets suivants, qui ont cependant un caractère un peu moins urgent

	<i>Sujet</i>	<i>Responsable</i>	<i>Echéances</i>
5	<i>Validation des études de microzonage sismique (demande forte du MATE et du METL)</i>	<i>R. Lagabrielle</i>	<i>Fin 2001 / Début 2002</i>
6	<i>Recensement et Utilisation des données géotechniques et géophysiques</i>	<i>J.-L. Favre</i>	<i>Fin 2002</i>
7	<i>Utilisation des outils SIG en microzonage sismique</i>	<i>R. Guillande</i>	<i>Mi 2002</i>

Pour le sujet n°5, il est souhaitable de passer en revue les différentes procédures envisageables à priori (comité de validation MATE, certification / agrément de B.E., normalisation, labellisation, ...) en en pesant les avantages et inconvénients, et de rassembler un maximum d'information sur la façon dont cette validation est assurée dans d'autres pays (Italie, Grèce, USA, Japon, ...). L'objectif est de faire des propositions au MATE et au METL, en lui laissant la responsabilité de choisir en connaissance de cause. Le délai souhaité pour la version finale est analogue: fin 2001 début 2002.

Pour le sujet n°6, J.-L. Favre s'appuiera sur les travaux déjà effectués avec L. Delattre, en les étendant aussi aux données géophysiques. L'idée est de recenser les propriétaires et/ou dépositaires de données (grands maîtres d'ouvrage, bureaux d'études, entreprises), et d'essayer de proposer des mécanismes permettant une valorisation du stock existant, moyennant un "droit de consultation". J.-L. Durville m'a par ailleurs signalé que des réflexions similaires étaient engagées en interne au LCPC et au MELT: il faudra s'en informer auprès de lui. La remise du document final pourra être plus tardive (fin 2002).

Quant au sujet n°7, J.-P. Mèneroud communiquera à R. Guillande le rapport récemment remis à la DRAST sur l'utilisation des SIG dans les études sismiques. La cartographie des enjeux, qui est incluse dans les PPR, est considérée comme en-dehors des préoccupations du GT "Microzonage".

2 – Etudes de cas

Pour mieux identifier certains problèmes concrets rencontrés dans les études de microzonage, il est décidé de consacrer les 2 prochaines séances du GT à la présentation et à la discussion d'études de cas récentes:

Date	Lieu	Cas	Présentateurs
15/12/2000	NICE (CETE)	Nice Bouches-du-Rhône	A.-M. Duval / M.Bour J.-P. Mèneroud
09/03/2001	Grenoble (LGIT)	Annecy Antilles	P. Dominique C. Martin / O.Monge

Notez bien que la séance de Mars sera le 9 MARS, après vérification de l'emploi du temps des Niçois.

Points particuliers évoqués au cours de la discussion

1 - Aide financière

Pour faire face aux différentes dépenses (voyage, reprographie notamment) qu'il faudra engager pour mener à bien les activités envisagées, il est convenu que l'AFPS inclura une ligne spéciale "GT Microzonage sismique" dans sa prochaine demande budgétaire au MATE / MELT. (***Demande à la charge de P. Mouroux et P.-Y. Bard***)

2 - Bases documentaires

Pour favoriser la circulation de l'information au sein du GT, ainsi que l'accès aux informations étrangères, il est convenu que chaque membre du GT communiquera les références (adresses de site web, documents, etc.) en sa connaissance, qui les regroupera et les redistribuera au sein du groupe.

Certains documents épuisés ou difficilement accessibles (*à commencer par le guide de microzonage du TC4 de l'ISSMGE*) devront aussi être reproduits et diffusés en interne au GT¹.

3 - Lien PPRs / Réglementation nationale

- La position actuelle selon laquelle un PPRs ne peut conduire qu'à des réglementations localement au moins aussi contraignantes que la réglementation nationale nourrit toujours de très longues discussions, et rend un bon nombre d'entre nous sceptiques sur le succès des PPRs
- Ce point devra donc être soigneusement pris en compte dans la rédaction du texte officiel qui accompagnera l'officialisation du nouveau zonage sismique (début 2002 ?).
- Il faudra donc aussi éclaircir l'articulation entre les PPRs et la réglementation EC8

4 - Harmonisation des études de PPRs

De fortes discontinuités risquent d'apparaître aux frontières des zones d'étude: les propositions en matière de validation devront en tenir compte pour essayer de les limiter au minimum (études par bassin de risque , ...???)

¹ Je demande un peu de patience pour le guide TC4, je n'ai pas de secrétariat particulier...

ANNEXES:

1 - Transparents de H. Fabriol

2 - Version actuelle du "guide méthodologique PPR sismique"

(pour circulation uniquement au sein du GT Microzonage, ce n'est encore qu'une version préliminaire)

COMPTE RENDU REUNION 6

GROUPE DE TRAVAIL AFPS « FAILLES ACTIVES »

DU 10 AVRIL 2000

IPSN, FONTENAY-AUX-ROSES

Participants.

A. SCHLUPP, M. CUSHING, M. TERRIER, PH VOLANT, O. SCOTTI, PH. COMBES

Excusés.

F. COTTON, TH. WINTER, CH MARTIN, H PHILIP, P DOMINIQUE, J.Y DUBIE, P. BERNARD, PH. VASKOU, Ch. DUROUCHOUX

Ordre du jour.

1-Présentation d'une méthode intégrant la période de retour d'un événement sur une faille active pour une évaluation sur un site donné : application à la France par A. Schlupp.

Problème posé : comment intégrer un paléoséisme caractérisé par une forte magnitude associée à une période de temps très longue (plusieurs dizaines de milliers d'années) dans une courbe de type Gutenberg-Richter, par ailleurs essentiellement contrainte par les données de la sismicité connue sur une période beaucoup plus courte (500 à 1000 ans) ?

La méthode présentée part de la prise en compte de l'activité sismique de domaines sismotectoniques assez vastes, définis sur des bases géologiques et sismologiques, dans lesquels les failles principales sont identifiées. Une loi de distribution des séismes est proposée pour chaque zone sismotectoniques par rapport à l'ensemble de l'échantillon sismique disponible. Puis on dissocie une sismicité de fond (background sismique), non rattaché aux failles actives connues, d'une sismicité associée à l'activité potentielle des failles actives connues

-Chaque événement, d'une magnitude donnée, de la sismicité de fond est déplacé aux nœuds d'un maillage dans toute la zone. La période de récurrence associée à chaque événement en chacun des nœuds est calculée afin que leur somme réponde à la loi de GR de l'ensemble de la zone.

-Pour les failles, on utilise des arguments paléosismiques, des lois empiriques reliant les caractéristiques géométriques des failles (longueur de segments, vitesses moyennes de déplacement...) associée à l'hypothèse du séisme caractéristique pour définir les magnitudes caractéristiques de chaque accident. La période de retour des séismes caractéristiques sur les failles doit être compatible à la loi de GR (après extrapolation linéaire).

Exemple théorique : le tracé d'une faille mesure 100km de long. D'après les caractéristiques structurales on peut considérer qu'elle est segmentée, soit en 2 segments principaux de 50km, soit en 5 segments secondaires de 20km. On dispose de données (ou on fait l'hypothèse) que le séisme caractéristique du segment de 50km est de magnitude 7, et celui d'un segment de 20km est de magnitude 6. Une étude paléosismique réalisée sur un segment montre, par exemple, que la période de retour d'un paléoévènement de magnitude 6 est de 10 000 ans, et 100 000 ans pour un magnitude 7. On fait l'hypothèse que l'activité sismique des segments (5x20km et 2x50km) obéissent au même fonctionnement et correspondent aux mêmes périodes de retour. Ainsi, on approche la capacité potentielle de la faille à produire des séismes majeurs, non connus par la sismicité historique, sur de longues périodes de temps. Dans le cadre des hypothèses proposées, on peut aussi imaginer que l'ensemble de la faille casse en une seule fois pour donner un séisme de magnitude de 7.5 à 8.

Il a été souligné par les membres du groupe, que la démarche apparaissait séduisante, mais qu'elle dépendait de nombreuses hypothèses de travail qui accumulaient les incertitudes. Ainsi, il est possible d'arriver à des résultats très controversés. Néanmoins, on peut considérer que le contrôle terrain et les observations géologiques doivent permettre de contraindre en partie les hypothèses avancées.

Avantages (d'après A Schlupp): Cette méthode permet de prendre en considération des événements dont la période de retour dépasse les durées des catalogues de sismicité historique, par ailleurs caractérisés par des méthodes géologiques (le cas pour toutes les failles actives avec rupture de surface actuellement connues en France) tout en les pondérant par rapport à la loi de GR, permettant ainsi de borner le résultat par rapport aux observations sismologiques.

2-Quelques éléments sur l'évaluation probabiliste de l'activité sismique de failles en Provence par M. Terrier et P. Dominique

Une autre approche est présentée concernant l'activité sismique du réseau de failles de la Moyenne Durance (rapport BRGM, R38537, 1996).

Un premier découpage en domaines sismotectoniques est défini pour une partie de la Provence, sur une emprise dépassant largement la faille de la Durance.

Etant donné qu'un bon nombre de séismes peuvent être rattachés à l'activité de la faille, un second découpage, beaucoup plus fin, est proposé pour séparer cette activité sismique :

- une première zone délimite bien la faille en prenant en compte le groupe de macroséismes associé à la faille ;
- l'autre partie du zonage reprend les contours du premier découpage pour les contours les plus externes, les contours internes correspondant à ceux délimitant la faille.

Une loi de GR est calculée pour chaque zone.

La comparaison des résultats obtenus avec ces deux zonages montrent une augmentation naturelle de l'aléa dans le cas du second découpage. Même pour une faille dont l'échantillon statistique de séismes est conséquent, il apparaît difficile de déterminer les paramètres avec une bonne précision. Une telle méthode en dehors de la faille de la Moyenne Durance semble délicate compte tenu de l'échantillon minimum de séismes nécessaire à l'établissement de lois de distribution du nombre de séismes fonction de la magnitude.

3-Discussions sur l'opportunité d'introduire un éclairage probabiliste dans la caractérisation de la période de retour d'un séisme avec rupture de surface en France.

Il a été souligné et confirmé que le guide en préparation devait, impérativement, en introduction, rappeler que les recommandations s'appliquent quel que soit le découpage sismique actuel ou futur, indépendamment des classes de sismicité (Zones 0, Ia, Ib, II, III). Ceci afin de bien montrer qu'il est possible que survienne des séismes destructeurs avec rupture de surface sur l'ensemble du territoire, avec des périodes de retour pour le moment inconnues bien que probablement très longues (ce que montrent les premiers résultats des études actuelles de paléosismicité). Par exemple, il semblerait que l'on identifie sur la faille de Bree, en Belgique, une période de retour de 15 000 ans pour un magnitude d'environ 6.5.

Par ailleurs, il serait intéressant de présenter une loi de GR concernant l'ensemble de la sismicité instrumentale et historique de la France (en portant une grande attention aux équivalences de magnitudes). O. Scotti s'est portée volontaire pour cette tâche. Une représentation graphique, du type de celle présentée par A. Schlupp, permettrait d'imager le nombre de magnitudes 5.5, 6 voir 6.5 que l'on peut attendre par siècle sur X segments de failles.

Dans ce cadre il serait utile de réfléchir à un développement méthodologique pour recenser à une échelle régionale, aussi bien pour les besoins du groupe « EPAS » que du groupe « Failles Actives », les failles actives en France et leurs segmentations. Ce travail a déjà, en partie, été réalisé par l'IPSN et al. (livre vert, 1993) et par le BRGM (document BRGM n°279, 1998) à un certain stade de développement des connaissances. Cette cartographie mériterait d'être réactualisée dans le cadre d'une réflexion intéressant notre groupe. Bien entendu se pose le problème du financement d'une telle opération (MATE, ensemble des organismes intéressés par le domaine appliqué de façon à obtenir un consensus, ?).

Projet à suivre.

Les discussions actuelles ainsi que les dernières publications scientifiques sur ce sujet reflètent bien la nécessité de progresser sur la connaissance et la quantification du séisme maximal attendu dans une zone sismotectonique ou sur une faille bien identifiée. Ces préoccupations rejoignent la problématique de l'approche probabiliste.

Le groupe de travail a donc ébauché les grandes lignes méthodologiques de l'éclairage probabiliste qui pourrait être suivie. Bien entendu toutes suggestions, propositions complémentaires sont les bienvenues

Réalisation d'une étude de sensibilité pour estimer les magnitudes maximales ou caractéristiques et les périodes de retour associées, sur une faille considérée (contexte France, DOM-TOM).

- a)-Définition d'un zonage sismotectonique de la région, ou utilisation des zonages reconnus existants (EPAS, Installations classées,...).
- b)-Prise en compte des données sismiques dans la zone considérée (catalogues et fichiers de séismes recommandés par ailleurs dans le guide) pour le calcul des paramètres de la loi de distribution de GR, ou utilisation des données bibliographiques disponibles (paramètres a et b).
- c)-Recherche d'informations pour définir une période de retour de ruptures de surface et/ou de séismes de magnitude supérieure à 5 pour la faille considérée à partir :
 - des fichiers de sismicité,
 - des caractéristiques de paléoséismes,

- de lois empiriques basées sur les paramètres géométriques et la cinématique de la faille (longueur, segmentation, profondeur, dislocation, nature du mouvement) comme par exemple les lois de Scholtz ou de Wells et Coppersmith,
 - de lois empiriques basées sur la vitesse moyenne de déplacement (taux de déformation) sur la faille obtenue par différentes méthodes géodésiques, géomorphologiques, morphostructurales, sismologiques...
- d)-Calage de ces données par rapport à la loi de GR.
- e)-Représentation sous forme de tableau ou courbe de période de retour par rapport aux magnitudes estimées représentant la gamme des possibilités ou incertitudes (discussion de la période de retour par rapport à différentes possibilités de magnitudes caractéristiques)

Pour information (A Schlupp) : « *la courbe probabiliste est valable par rapport à un site donné dans une région donnée. Dans notre cas l'objet est une faille active avec rupture de surface à proximité de l'emprise d'un site de construction. On discute donc une période de retour sur une faille ce qui est égal dans ce cas à une période de retour sur le site* ».

Je vous rappelle qu'une réunion AFPS est prévue le 20/09/00 (à l'ENPC), consacrée à la présentation des travaux des groupes de travail. Dans le cadre de notre groupe nous aimerions présenter l'état d'avancement des travaux, toutes vos suggestions seront appréciées.

A bientôt

Ph. COMBES

Animateur du groupe de travail

Annexe 1.9.

FAILLES ACTIVES

ETAT D'AVANCEMENT DES TRAVAUX DU GROUPE AFPS

« FAILLES ACTIVES » AU 08/03/2000.

1. RAPPEL DE LA MISSION.

Le Conseil Scientifique et Technique de l'AFPS a entériné la création d'un groupe de travail « Failles Actives » en juin 98 pour développer une réflexion sur la définition et la prise en compte des failles actives sur notre territoire (France et Dom-Tom) dans le cadre de l'application des règles PS 92 (1995). Compte tenu de l'état des connaissances et des débats actuels sur la notion d'activité des failles à faible fréquence de rupture de surface, et de la pauvreté des textes réglementaires sur ce sujet, le groupe de travail se propose de rédiger un guide méthodologique concernant :

- les méthodes d'identification de l'activité d'une faille capable d'engendrer une rupture de surface, adaptées à des contextes de faibles taux de déformation (domaine intracontinental et intercontinental à faible vitesse de convergence (cas des Antilles)),
- les méthodes à mettre en œuvre pour localiser précisément la zone de failles, caractériser son activité potentielle au niveau du site d'étude afin d'apprécier les éléments justifiant la prise en compte ou non de la faille dans le projet de construction.

Ce guide aura pour vocation de faciliter la mise en application du texte actuel des règles PS 92 qui stipule : « sauf nécessité absolue, aucun ouvrage ne doit être édifié au voisinage immédiat d'une zone faillée reconnue active, éventuellement repérée par les Plans d'Exposition aux Risques, dits PER ; ces plans peuvent fixer la largeur des bandes à neutraliser de part et d'autre de l'accident et, le cas échéant, des bandes dans lesquelles il convient de prendre en compte un mouvement de calcul plus sévère ».

Les personnes visées par le guide sont les utilisateurs des règles PS 92 et des autres documents techniques tels que les guides AFPS ou de microzonage sismique.

2. RAPPEL SUR LES INTERVENANTS.

Le GT est actuellement composé d'un représentant (géologue ou sismologue) de différents organismes impliqués dans les évaluations d'aléa sismique en France : IPSN, CEA/LDG, EDF, BRGM, GEO-TER, GEOSTOCK, IRIGM, IPGP, et des universités comme Montpellier ou Grenoble par exemple. Le groupe est étendu suivant l'objet des réunions à des personnes qualifiées qui sont invitées à faire un exposé sur un thème précis

Membres du groupe ayant participé à au moins une réunion : Philippe COMBES*, Christophe MARTIN*, Marc CUSHING**, Fabrice COTTON**, Jean-Yves DUBIE***, Christophe DUROUCHOUX***, Hervé PHILIP****, Antoine SCHLUPP*****, Monique TERRIER*****, Jean-Louis BLES*****, Thierry WINTER*****, Philippe VASKOU*****

*GEO-TER, Clapiers, France ; **IPSN, Fontenay-aux-Roses, France ; ***EDF, Aix-en-Provence, France ; ****Université Montpellier II, Montpellier, France ; *****CEA/LDG, Bruyères-le-Châtel, France ; *****BRGM, Marseille, France ; *****GEOSTOCK, Rueil-Malmaison, France.

3. ETAT D'AVANCEMENT DES TRAVAUX AU 8/03/2000.

3.1-Actions réalisées et résultats obtenus.

1-Réunions.

Depuis la création du groupe 5 réunions se sont tenues dont les 4 premières ont donné lieu à des comptes rendus approuvés par les participants.

2-Informations sur la réunion 5.

La dernière réunion s'est tenue le 23/09/99 à GEOTER en présence de M. Cushing, Ch. Durouchoux, H. Philip, Th. Winter et Ph. Combes et a porté à nouveau sur la méthodologie d'analyse à l'échelle de la faille. En effet, le tableau 1 synthétique (cf CR et publication), portant sur les méthodes d'identification de la faille en phase 1, élaboré au cours des réunions précédentes, apparaît insatisfaisant et trop complexe à la lecture. Il faut donc l'améliorer et arriver à un consensus au niveau du groupe. M. Cushing a fait une proposition dans ce sens et d'autres propositions sont les biens venues.

- ◆ Il est clair que le point de départ des études à mettre en œuvre est lié à la présomption de l'existence d'une faille dans l'emprise ou le voisinage du site.

Rappel de ce que nous avons entériné : Le point de départ de l'analyse est lié à la présomption de l'existence d'une faille « active » sur le site considéré. La présomption est étayée par les documents techniques publiés et/ou largement diffusés (cartes géologiques, cartes de microzonages, plans de prévention des risques (PPR), rapports d'études sur l'aléa sismique...) ou par la découverte d'une faille dans les formations superficielles quaternaires lors des reconnaissances de terrain (coupes naturelles, fouilles de chantier, interprétation des sondages...).

- ◆ La phase 1 de l'étude doit être relativement légère en coût et en temps de façon à poser un diagnostic rapide sur l'importance de la faille en question et son éventuelle activité qui va justifier ou non le lancement d'investigations plus lourdes.

Rappel de ce que nous avons entériné : Une première phase d'analyse est proposée pour identifier schématiquement les caractéristiques géologiques et sismologiques de la faille à l'échelle de son tracé qui est supposée, a priori, recouper le site. Elle se présente sous forme d'un arbre de décision dans lequel il est prévu à chaque étape soit d'arrêter l'étude à un stade de connaissance suffisant, soit de continuer en fonction des résultats obtenus. Ce diagnostic qui s'appuie essentiellement sur une analyse critique des documents existants (phase 1) doit permettre d'engager ou non les campagnes géologiques et géophysiques complémentaires plus coûteuses (phases 2 et 3). L'objectif de la phase 1 est de répondre à la succession logique des questions suivantes :

- a-Existe-t-il réellement une faille sur le site (emprise et voisinage) ?
- b-La faille a-t-elle une taille suffisante d'un point de vue géologique pour produire un séisme suffisamment fort pour engendrer une rupture de surface ou a-t-on déjà répertorié une rupture de surface à proximité ?
- c-Existe-t-il une activité sismique historique et/ou instrumentale connue à proximité de la faille, avec une précision de localisation suffisante ?

- d-Cette activité est-elle associée à un séisme de magnitude suffisante ($M \geq 5$) pour engendrer une rupture de surface ?
 - e-La faille a-t-elle déjà affecté les dépôts quaternaires avec une rupture de surface ?
 - f-Dans les cas où la faille n'est pas associée à une activité sismique significative ou à une rupture de surface, est-elle associée à un système de failles, dont une au moins, de taille suffisante, est associée à une activité macro ou microsismique ou tectonique quaternaire ?
- ♦ Par ailleurs, un certain nombre de termes ont été précisés. Ils pourront par la suite faire partie d'un glossaire ou d'une annexe ou ils seront explicités (dessins, exemples).

« Faille de taille suffisante pour engendrer un séisme avec rupture de surface ».

L'observation montre qu'un séisme ayant provoqué une rupture de surface est généré par une faille dont l'extension latérale est au moins égale à 5-10km. Ce point sera précisé ultérieurement par une analyse bibliographique.

Une rupture de surface est définie par le déplacement différentiel et irréversible des deux lèvres de la faille à la surface du sol.

« Faille associée à une sismicité connue avec précision suffisante ».

Sismicité connue : L'activité sismique en métropole et dans les Dom/Tom est répertoriée dans des catalogues de sismicité historique et instrumentale. Les adresses et sites Internet des catalogues consultables seront fournis dans le guide.

Précision suffisante : on considère, a priori, que la faille peut être directement concernée par l'activité sismique lorsque au moins un épipcentre est localisé à une distance inférieure à 10 (ou 15km) de son tracé en surface. Un test sur SIG sera réalisé pour ces distances de 10 et 15km de façon à apprécier la limite la plus appropriée en fonction du pendage et de la nature des failles.

« Séisme de magnitude ≥ 5 ».

L'évaluation de la magnitude d'un séisme devra s'appuyer sur les valeurs de magnitude fournies par les catalogues maintenus à jour sur l'ensemble du territoire de la métropole :

- pour la sismicité instrumentale, connue depuis 35 ans, on pourra s'appuyer sur les catalogues du LDG, du RENASS ou des catalogues régionaux,
- pour la sismicité historique sur les ouvrages suivants :
 - Mille ans de séismes en France (1996). Catalogue d'épicentres, paramètres et références par J. Lambert, A. Levret-Albaret, M. Cushing et Ch. Durouchoux. Ouest Editions, Presses Académiques.
 - Les tremblements de terre en France, hier, aujourd'hui, demain... (1997) sous la direction de J. Lambert par P. Bernard, G. Czitrom, J.Y. Dubié, P. Godefroy, J. Lambert et A. Levret-Albaret. Editions BRGM.
 - Recherche des caractéristiques de séismes historiques en France. Atlas de 140 cartes macrosismiques (1996) par A. Levret, M. Cushing, G. Peyridieu. Document IPSN,
 - Autres pour les Antilles (?).

« Systèmes de failles ».

Il s'agit de failles :

- soit ayant une relation structurale (connexion, coalescence...) entre elles, de telle sorte que le mouvement sur l'une entraînera un mouvement sur l'autre ;

– soit ayant une cohérence cinématique quaternaire et situées à moins de 20km de distance (cet écart de 20km, fixé a priori, fera l'objet d'une analyse plus approfondie).

- ♦ La caractérisation des paramètres géologiques et sismologiques de la faille, en fin de phase 1, doit conduire à proposer ou non une suite des études sur la base de la différenciation qualitative de son activité. La hiérarchisation de cette activité sous forme de classement des failles de 1 à 5 apparaît insatisfaisante, notamment pour les classes 3 à 5.

Rappel de ce que nous avons déjà proposé.

– *classe 1* : la faille reconnue sur le site est active avec une sismicité connue pouvant engendrer une rupture de surface : l'identification de séismes superficiels (0 à 15km) de magnitudes supérieures ou égales à 5 apparaît, dès ce stade de l'étude comme un caractère, a priori, défavorable mais non rédhibitoire.

Suivant l'intérêt du projet, il peut être décidé de passer en phase 2 des reconnaissances ou de rechercher un site alternatif.

- *classe 2* : la faille du site est active avec une sismicité connue sans séisme de magnitude ≥ 5 , mais avec au moins un indice de rupture de surface quaternaire le long de son tracé.
- *classe 3* : la faille du site montre une évidence de rupture de surface quaternaire le long de son tracé.
- *classe 4* : la faille du site est sans activité tectonique quaternaire et sismique connue, mais elle appartient à un système de failles dont l'une est identifiée comme ayant produit un séisme $M \geq 5$.
- *classe 5* : la faille du site est sans activité tectonique quaternaire et sismique connue, mais elle appartient à une famille de failles sans séisme connu capable d'engendrer une rupture de surface, mais avec une rupture de surface d'âge Quaternaire identifiée

Il est donc suggéré d'une part, de supprimer le système de classement des failles et d'autre part, de voir s'il est nécessaire de prendre en compte ou non pour des études plus approfondies les failles de classe 3 à 5.

Rappel de ce que nous avons déjà proposé.

Concernant les failles de classe 3, 4 ou 5, aucune activité sismique historique ou instrumentale ne leur est directement associée. Il s'agit soit de failles avec observation isolée de rupture en surface quaternaire (classe 3), soit de failles appartenant à un système de failles dont au moins une d'entre elles est directement associée à une rupture de surface ou à un séisme de magnitude $M > 5$. Il apparaît utile d'apprécier l'activité sismique potentielle de la faille en menant une approche probabiliste sur la base des catalogues de séismes et des données paléosismiques existantes pour le système de failles considéré. Si l'échantillon sismique disponible permet de mener à bien cette étude, elle doit permettre d'évaluer la période de retour des séismes capables d'engendrer une rupture se propageant jusqu'à la surface du sol. Le résultat attendu est de borner la période de retour pour un événement de $M > 5$ associé au segment de faille situé à proximité du site.

Il nous est apparu opportun avant d'aller plus loin de rechercher des exemples de systèmes de failles en France et dans les DOM où des approches probabilistes ont été testées.

Pour la prochaine réunion P. Dominique ou M. Terrier, A. Schlupp et tout autre personne ayant déjà fait l'exercice pourrait faire une présentation.

3-Publication.

Une publication faisant état des réflexions préliminaires sur la prise en compte des failles actives en métropole, cosignée par l'ensemble des membres actifs, a été présentée fin 99 au dernier colloque national de génie parasismique AFPS'99.

3.2-Actions futures.

1-Prochaine réunion.

Sachant que 4 mois nous séparent déjà du colloque AFPS, je vous propose les dates suivantes pour la prochaine réunion : 10, 11, ou 14 Avril

L'ordre du jour pourrait être le suivant :

- Exposé des méthodes de cartographie et de caractérisation de l'activité des failles appliquées au contexte des Antilles par N. Feuillet de l'IPGP (cf paragraphe suivant).
- Exposés sur l'évaluation probabiliste de l'activité sismique de failles en France par le BRGM et le LDG et autres si données existent ailleurs.

2-Relation avec la recherche universitaire.

L'organisation par le CNRS d'un atelier aléa sismique (17/01/2000), concernant notamment la problématique de l'identification des failles actives, à souligner des divergences de vues au sein du milieu universitaire. Ces divergences apparaissent liées à la mise en pratique de méthodes qui diffèrent notablement dans des contextes très actifs ou peu actifs. Pour tenir compte de ces débats, le groupe de travail, qui est ouvert à toutes propositions, a prévu d'inviter lors de notre prochaine réunion une personne chargée d'exposer la démarche méthodologique mise en œuvre dans le cadre d'une thèse en cours concernant les Antilles. J'ai donc contacté Nathalie Feuillet qui a répondu favorablement. Elle pourrait faire un exposé lors de notre prochaine réunion. D'autres idées sont les bienvenues.

3-Description des méthodes de localisation de la zone de failles sur l'emprise du site et son voisinage immédiat (phase 2).

Rappel de ce que nous avons déjà proposé.

L'objectif est de définir avec une précision suffisante de quelques mètres à quelques dizaines de mètres, la localisation de la zone faillée par rapport à l'emprise du site. Dans le cas où les résultats obtenus révéleraient la présence d'un ou plusieurs plans de failles dans la zone superficielle du site (-de 10m de profondeur), il sera recommandé de mettre en œuvre la phase 3 des études.

– Les méthodes de géologie classique

- *cartographie géologique et géomorphologique, relevés des coupes naturelles de terrain,*
- *traitement, analyse et interprétation morpho-structurale des images satellitaires,*
- *analyse photo-chronologique des images aériennes (noir & blanc, couleurs, infrarouges),*
- *interprétation des essais et logs géotechniques,*
- *réalisation de forages (tarière, carottés...),*
- *réalisation de tranchées de reconnaissance.*

Nous avons proposé de décrire, dans le guide, les différents modes opératoires pour l'application de ces reconnaissances. Si vous disposez d'éléments descriptifs sur ces procédures, n'hésitez pas à me les transmettre, je centralise l'information.

– Les méthodes géophysiques

Il s'agit de reconnaître les traces de discontinuité ou de continuité des couches géologiques dans les 10 à 100 premiers mètres.

Les méthodes de prospection de subsurface recouvrent :

- l'électrique par résistivité (sondage, traîné et panneau de résistivité),*
- l'électrique par polarisation spontanée,*
- la sismique réfraction haute résolution,*
- la sismique réflexion haute résolution,*
- la tomographie sismique,*
- le géoradar ou radar géologique,*
- l'électromagnétisme avec sources très éloignées ou radio magnétotellurique (mode Very Low Frequency : VLF),*
- l'électromagnétisme à émetteurs proches ou EM au sol avec émetteur fixe ou mobile,*
- le magnétisme au sol,*
- la gravimétrie au sol et la microgravimétrie.*

Nous avons proposé de présenter ces méthodes sous forme de fiches décrivant le principe, la mise en œuvre et les variantes, les applications, les avantages et les limites, mettant en valeur leur adaptation au problème géologique posé (cf CR réunion 4) :

- détection de discontinuité ou de continuité des terrains,
- profondeur d'investigation,
- pouvoir de résolution,
- environnement géologique, topographique, climatique, hydrologique et anthropique.

Le coût, le rendement et les documents de référence compléteront ces fiches ainsi que des exemples imagés. Toutes informations et suggestions sont les bienvenues.

4-Problème de la bande de neutralisation : retour d'expérience des séismes récents.

L'étude de la rupture en surface du séisme de Chi-Chi à Taiwan (21/09/99) par J. Betbeder a montré l'intérêt d'une réflexion sur la largeur de la rupture en surface et la bande de neutralisation associée. Je vous informe à ce sujet que GEOTER a lancé une recherche bibliographique sur les séismes majeurs de par le monde, étudiés en détail lors de missions post sismiques de façon à en tirer les enseignements sur les règles d'exclusions actuellement proposées. D'autres idées sont les bienvenues.

5-Atelier recherche appliquée AFPS.

Lors du dernier CST la décision d'organisation d'un atelier pour la présentation des résultats de la recherche AFPS a été entérinée. Cette journée devrait se dérouler le 20 ou 21/09/2000, probablement à l'ENPC, et une des sessions exposé/débat sera consacrée aux résultats du GT « Failles Actives ». J'espère donc que l'implication de chacun nous permettra de présenter une trame bien développée du guide en préparation.

Ph COMBES
Animateur du groupe de travail

Annexe 2.1.

**GUIDE PPR SISMIQUE
COMPTES RENDUS DE REUNION**



DIRECTION DE LA PREVENTION DES
POLLUTIONS ET DES RISQUES

Sous-Direction de la Prévention des Risques Majeurs
Bureau Risques Naturels

ARN/AVR	
Arrivée le :	27/03/00
A suivre par :	PM
Objet :	
Copie p.i. :	
Class.	

Paris, le **23 MARS 2000**

Affaire suivie par : Hubert FABRIOL
 Poste : 01.42.19.15.65
 Notre réf. : DPPR/SDPRM/HB/FLB
 e-mail : hubert.fabriol@environnement.gouv.fr
 0088.doc

Guide méthodologique PPR sismique Relevé de décisions de la réunion du 9 mars 2000

Présents : G. Garry (METL)
 J.N. Boutin (GEP)
 C. Martin (GEOTER)
 J.P. Durville (LCPC)
 J.P. Méneroud (CETE Nice)
 D. Amir-Mazahéri (DAM Design)
 E. Mouroux (BRGM)
 F. Second (DDE 13)
 G. Vettori (DDE 06)
 V. Davidovici (Dynamic Concept)
 E. Betbeder Matibet (AFPS)
 P. Colin (SEOM)
 L. Serrus, T. Hubert, G. Czitrom, H. Fabriol (MATE)

Absents : F. Chauvel (URBIS, Guadeloupe), J. Metz (DDE Guadeloupe), DDE Martinique,
 M. Georgiou (DDE 74), J.M. Delorme (METL), R. Feunteun (DDSC), P.Y. Bard (LCPC-
 LGIT)

1- Composition des groupes

A sa demande, D. Amir-Mazahéri fait partie du groupe d'experts et J. Betbeder-Matibet représentera dorénavant l'AFPS dans le groupe de validation. M Second de la DDE 13 intègre le groupe de validation ainsi que M. Georgiou de la DDE 74. Ce dernier apportera l'expérience du PPR sismique d'Annecy qui vient d'être lancé par la Préfecture de Haute-Savoie.

2- Discussion-recommandations sur les chapitres 1 et 2

- Définir clairement les buts du PPR sismique en préambule, en précisant en quoi le PPR peut compléter le dispositif de prévention actuel.

.../...

- Réduire la partie généralités, éviter les répétitions et passer éventuellement en annexe les parties plus techniques ou du domaine des connaissances générales sur les séismes.
- Relativiser le rôle des différentes composantes de la prévention : des études de vulnérabilité ou des scénarios ne suffisent pas pour réduire le risque sismique.
- Conserver la partie réglementaire.
- Ne pas atténuer l'importance du risque dans les Antilles.

Ces deux chapitres seront réécrits en tenant compte de ces observations⁴, ils ne constituent pas cependant l'enjeu principal du guide.

3- Discussion-recommandations sur le chapitre 3

- L'aléa sismique est composé de 2 types de phénomènes : les effets induits (liquéfaction et mouvements de terrain) et les effets de site (géologique, topographique et les failles actives). Seuls les effets induits conduisent à une carte d'aléa avec des notions d'aléa fort à faible. Les effets de site géologique et topographique conduisent à une carte identifiant des zones avec des spectres spécifiques. Les failles actives sont identifiées en plus (voir paragraphe 4). Le reste de la discussion porte principalement sur les effets de site et leur traduction cartographique et réglementaire.
- Garder les trois niveaux d'études de microzonage A, B et C; visant à identifier et qualifier les effets induits et à déterminer les différents spectres nécessaires à l'application des PS92.
- La redéfinition du séisme de référence fait la différence entre les microzonages A, B et B+, C.
- Enlever le tableau à double entrée, nombre d'habitants, zone sismique, niveau du zonage.
- Fournir au service instructeur des critères simples pour le choix du niveau de microzonage.
- Pour chaque niveau, détailler :
 - ⇒ ce que peut fournir le microzonage ;
 - ⇒ les outils et méthodes disponibles ;
 - ⇒ le niveau d'incertitude (insister sur le fait que le règlement national est basé sur une protection statistique et non au cas par cas).
- Les effets induits (liquéfaction et mouvements de terrain) font l'objet d'une qualification qui peut déboucher sur des règles d'urbanisme. Exemple : en zone d'aléa liquéfaction fort, préconiser les édifices de plus de 3/4 étages à fondations profondes et interdire les maisons individuelles.
- Explorer la possibilité d'imposer dans le règlement des règles d'urbanisme qui prennent en compte les effets de site. Exemple : adapter la hauteur des bâtiments à la fréquence de résonance des sols.

4- Point 2 de l'ordre du jour : prise en compte des failles actives

- Il est important de rappeler dans l'introduction le contexte de faible sismicité en France métropolitaine, et donc la faible probabilité d'observer une rupture en surface (aucun exemple de rupture centimétrique pour une période de retour de 475 ans). Même si c'était le cas, celle-ci serait de quelques dizaines de cm maximum.

.../...

- Pour la qualification de l'aléa, il sera donc difficile de quantifier un déplacement en surface.
- Aux Antilles, la probabilité de rupture en surface est plus élevée, sans toutefois que cela soit une réalité historique.
- En métropole : garder la notion d'inconstructibilité au-dessus des failles actives pour les bâtiments de classe D, s'il existe des certitudes sur le passage de la faille.
- Aux Antilles : inclure les bâtiment de classe C dans la bande de neutralisation et prendre en compte une certaine marge d'incertitude dans le tracé de la faille (défini par les praticiens).
- Pas de majoration du mouvement vibratoire à proximité des failles actives, à l'exception du compartiment chevauchant des failles inverses (l'amplification reste à définir).

5- Prise en compte des spectres issus du microzonage, modification de la réglementation

Discussion autour de la proposition du MATE à la DGUHC :

1. *Rajouter un chapitre III à l'article 4 de l'arrêté du 29 mai 1997, qui dispenserait (comme le chapitre II) de l'application stricte des a_N et des spectres de réponse des PS92, si un microzonage était effectué. Les accélérations de calage et les spectres à prendre en compte seraient alors ceux issus du microzonage.*

Deux options sont proposées pour valider ce microzonage :

1. *Faire valider par un comité d'experts national une marche à suivre pour les microzonages réalisés dans le cadre des études d'aléas PPR.*
2. *Faire valider chaque microzonage (et les accélérations de calage et les spectres de réponse qui en sont issus) par un comité d'experts ad hoc.*

Le débat n'a pas été tranché, les questions soulevées sont les suivantes :

- La définition du spectre au rocher, i.e. l'accélération de calage et le spectre du séisme de référence, ne serait-il pas plutôt du ressort de la puissance publique ?
- Le comité d'expert est nécessaire pour valider le choix du séisme de référence.
- La définition des spectres [le R(T) des PS 92] est plutôt du ressort du BET qui fait l'étude de microzonage.
- Le comité d'experts fera-t-il un contrôle qualité de tous les PPR ou appliquera-t-il une procédure particulière à chaque PPR ?
- Le comité d'experts statuera-t-il sur le séisme de référence et les spectres au site uniquement ou sur le microzonage dans son ensemble ?
- Faut-il, dans le cadre d'un microzonage de type A ou B, recommander les spectres proposés par le groupe de travail MSI de l'AFPS, avec $A_G=0.8 A_N$?
- Le fait de passer par un comité d'experts ne risque-t-il pas de bloquer tout le processus du PPR, au détriment de ce qui pourrait être fait en urbanisme eu égard à la liquéfaction, les mouvements de terrain et éventuellement d'autres risques (cas du PPR multirisque) ?

.../...

6- Conclusions

Les chapitres 1 et 2 seront revus et ne devraient pas poser de problème majeur.

Le chapitre 3 sera revu, mais son achèvement demandera encore plusieurs va et viens entre experts. De plus, l'aspect réglementaire n'est pas tranché.

Le chapitre 4, qui sera amélioré en fonction, notamment, du projet de règlement de Fort-de-France, sera l'un des points prioritaires de la prochaine réunion.

La prochaine réunion est fixée au mardi 30 mai 2000 de 14h à 17h

Paris, le: 14 JUIN 2000



MINISTRE DE
L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE
ET DE L'ENVIRONNEMENT

ARRIVÉE
Arrivé le: 26/06/00
Reçu par: RM
Objet:
Expédié par:
Exp.:

DIRECTION DE LA PREVENTION DES
POLLUTIONS ET DES RISQUES
Sous-Direction de la Prévention des
Risques Majeurs
Bureau des Risques Naturels

Suivi par: Hubert FABRIOL
Tél: 01 42 19 15 65
Fax: 01 42 19 14 79
E-mail: hubert.fabriol@environnement.gouv.fr

Relevé de décisions de la réunion sur le guide méthodologique PPR sismique du 30 mai 2000

Présents : P.Y. Bard (LCPC-LGIT)
J. Betheder-Matibet (AFPS)
J.N. Boutin (GEP)
V. Davidovici (Dynamic Concept)
G. Garry (METL)
J.P. Méneroud (CETE Nice)
P. Mouroux (BRGM)
P. Second (DDE 13)
T. Hubert, G. Czitrom, H. Fabriol (MATE)

Absents excusés : D. Amir-Mazahéri (DAM Design), F. Chauvel (URBIS, Guadeloupe), P. Colin (SEOM), J.M. Delorme (METL), J.P. Durville (LCPC), R. Feunteun (DDSC), M. Georgiou (DDE 74), C. Martin (GEOTER), J. Metz (DDE Guadeloupe), DDE Martinique, G. Vettori (DDE 06).

Il a été distribué en début de séance une liste de problèmes en suspens (voir à la suite), le sommaire du guide et copie du projet de décret portant modification au décret 91-461 relatif à la prévention du risque sismique.

Principaux commentaires des participants sur la version 2.

V.Davidovici : Le guide doit être moins technique, renvoyer les encadrés sur le spectre élastique en annexe et se limiter à des définitions du type glossaire. Eliminer l'alinéa dans le règlement sur les contreventements.

J. Betheder-Matibet : Insister dans le chapitre 1 sur les huit domaines de la prévention sur le fait que la vulnérabilité en risque sismique est un domaine mal connu et qu'il est difficile de donner des directives précises quant à son évaluation.

P.Y. Bard : Se référer à la réglementation en vigueur plutôt qu'aux PS 92 qui sont appelées à évoluer (remplacement par l'EC-8 européen à partir de 2002). Mieux définir bassin de risque (calqué sur le zonage national) et périmètre d'étude (basé sur la géologie, la sismicité et les enjeux).

P. Second: Rappeler les éléments de la chaîne de l'information préventive. Insister sur l'obligation d'appliquer les PS 92. Employer le présent de l'indicatif dans la partie réglementaire.

J.N. Boutin: Simplifier les encadrés qui sont trop techniques pour les services instructeurs. Signaler que la réglementation est appelée à évoluer (zonage et EC-8).

G. Garry: La carte des phénomènes naturels est escamotée par rapport aux cartes d'aléas. Indiquer plus clairement les passerelles entre carte synthétique des aléas et règlement. Inverser chapitre 1 et 2, placer le paragraphe 3.6 en 3.3. Faire ressortir que le PPR mouvement de terrain est sous-jacent au PPR sismique.

T. Hubert: La description des phénomènes devrait être rapatriée de l'annexe 2 au chapitre 2, afin de servir de support pédagogique pour les services instructeurs. Le choix du niveau devrait intervenir à la fin du chapitre 3.

G. Czitrom: Insister sur l'importance de l'architecture parasismique. Rajouter dans le règlement des recommandations sur les équipements. Citer la limite des 10 % pour les travaux. Vérifier que la limite des 10 ans pour les travaux est en accord avec la loi.

P. Mouroux: L'état d'avancement du texte est tel que les croquis et les photos deviennent nécessaires. Supprimer le coût des études de microzonage.

J.P. Méneroud: Citer GEM-GEPP en plus de GEMITIS au sujet de la ville de Nice. Vérifier que les tableaux du règlement sont en accord avec ceux du guide sur les mouvements de terrain.

Problèmes en suspens.

1- Problèmes de plan

- place de la description des phénomènes: chapitre 2 ou annexe ?
- place de la déclinaison du microzonage en niveaux: fin chapitre 3?

Voir commentaires de T.Hubert et G. Garry.

2- Le règlement

- nécessité d'une carte synthétique des aléas (ou de plusieurs?)

Il est effectivement nécessaire de pouvoir disposer d'une carte synthétique des aléas qui regroupe faille active, effets de site, liquéfaction et mouvements de terrain. De façon à ce qu'il y ait une relation biunivoque entre un point du plan de zonage réglementaire et le règlement. La carte est un document de repérage par rapport au règlement qui doit contenir tous les éléments de justification. L'échelle doit être 1/5 000 pour les zones urbaines, et 1/10 000 pour les zones à faible densité de population.

3- Problèmes de fond:

- le nouveau décret "sismique" d'application de l'article 41 de la loi de 1987: perspectives pour les spectres.

Le nouveau décret ne s'appliquera qu'au bâti nouveau (et à l'existant dans le cadre strict de l'arrêté du 29 mai 1997). Il ne laisse pas de place à une interprétation à la baisse de l'article 41 et donc, concernant les valeurs caractérisant les actions des séismes à prendre en compte, il ne peut s'agir, pour le moment, que de règles plus sévères

- le comité d'experts p.26:

C'est en fait le problème de la validation de la méthode employée pour le microzonage. Réduire la recommandation du choix des experts à deux lignes, le laissant ainsi à l'appréciation du préfet et des services instructeurs. La mise à jour du document de l'AFPS sur le microzonage pourra constituer ultérieurement une référence.

- la prise en compte des failles actives:

Parler de probabilité très faible d'occurrence de rupture d'une faille active, au lieu de période de retour. Les zones à fort enjeu d'urbanisme sont en zone bleue (avec des restrictions pour les bâtiments C ou D), dans le cas contraire: zone rouge.

- le nombre de niveaux d'étude de microzonage:(2 ou 3?)

Le consensus final est qu'il faut conserver les trois niveaux et qu'il faut insister sur la nécessité de faire du niveau C pour les plus grandes agglomérations des zones Ib, II ou III (voir tableau ci-dessous). Cependant, il ne faut pas se focaliser sur le niveau de microzonage mais plutôt sur la préconisation d'architecture parasismique, des mesures de prévention et de sauvegarde, des mesures collectives etc.

Villes de plus de 50000 habitants (INSEE 1990)

INSEE	Commune	Population	Zone sismique
06004	Antibes	70 005	Ib
06029	Cannes	68 676	Ib
06088	Nice	342 439	II
13001	Aix-en-Provence	123 842	Ia et II
38185	Grenoble	150 758	Ib
63000	Clermont-Ferrand		Ib
64445	Pau	82 157	Ib
66136	Perpignan	105 983	Ib
67482	Strasbourg	252 338	Ib
68066	Colmar	63 498	Ib
68224	Mulhouse	108 357	Ib
73065	Chambéry	54 120	Ib
84007	Avignon	86 939	Ia
90010	Belfort	50 125	Ib
97101	Pointe-à-Pitre Les Abymes	88 000	III
97209	Fort-de-France	100 080	III

- nécessité de la définition du séisme de référence?

Le niveau C est caractérisé par la définition fine du séisme de référence par rapport à un périmètre d'étude donné.

La prochaine réunion est fixée au mardi 6 septembre, de 14h à 18h



DIRECTION DE LA PRÉVENTION DES
POLLUTIONS ET DES RISQUES
Sous-Direction de la Prévention des
Risques Majeurs
Bureau des Risques Naturels

Suivi par: Hubert FABRIOL
Tél: 01 42 19 15 65
Fax: 01 42 19 14 79
E-mail: hubert.fabriol@environnement.gouv.fr

REPUBLIQUE FRANÇAISE

Paris, le:

13 SEP. 2000

ARN/AVR
Arrivé le: 20/09/00
A savoir par: PM
Circulation:
Objet p.l.:
Cla.

Guide méthodologique PPR sismique Compte-rendu de la réunion du 6 septembre 2000

Présents : P.Y. Bard (LCPC-LGIT)
J. Betbeder-Matibet (AFPS)
J.N. Boutin (GEPP)
J.L. Durville (LCPC)
H. Fabriol (MATE)
R. Feunteun (Intérieur)
G. Garry (METL)
T. Hubert (MATE)
C. Martin (GEO-TER)
J.P. Meneroud (CETE Nice)
P. Mouroux (BRGM)

Du fait des difficultés d'approvisionnement en carburant, de nombreuses personnes n'ont pu se déplacer. V. Davidovici a envoyé ses remarques par courriel.

1- Groupe de travail AFPS sur le microzonage :

En préambule, P.Y. Bard fait le résumé de la première réunion du groupe de travail de l'AFPS sur le microzonage, qui s'est tenue le matin même et dans la même salle. L'objectif de ce groupe de travail est de présenter, début 2002, une version actualisée du guide microzonage de 93. Il travaillera également sur des sujets qui concernent directement les PPR sismiques : comment rassembler et mettre à disposition les données sur la subsurface (géotechnique et géophysique) et la validation (ou la certification ?) des études de microzonage.

2- Chapitres 1 à 3 : points posant problème

- Dans le document 2, programme GEMITIS, enlever le dernier paragraphe concernant Nice, trop polémique. Par contre insister (dans le § 2.1) sur la partie ampleur des catastrophes récentes : séisme d'Athènes de 1999, qui est un exemple de ce qui pourrait se produire dans une région comme celle de Nice, et séisme de Mexico, dans un contexte géodynamique semblable à celui des Antilles.

- Pages 20-21 : § 3.2.2.2.1 Choix du niveau d'étude. Il y a une contradiction évidente entre la grille présentée (choix du niveau A, B ou C en fonction de la taille des agglomérations et de la zone sismique) et la volonté affichée de la puissance publique : faire des PPR à partir de la connaissance actuelle du risque avec éventuellement quelques études complémentaires, avec ce que cela induit en terme de financement et de durée des études. Il faut donc indiquer clairement que cette grille est un objectif à moyen terme et que les services instructeurs ont à faire leur choix plutôt entre les niveaux A et B, laissant le C à des études sur le long terme, dans certaines zones constructibles à risque et pour lesquelles l'implication des collectivités territoriales est nécessaire. Le tableau 1 est supprimé.
- P. 28. mouvements de terrain, le coefficient FD est un coefficient de sécurité (caractérisant la probabilité d'apparition du phénomène) qui n'intègre pas son ampleur, alors que la qualification doit y faire référence. Changer le tableau 5. Pour la qualification de la liquéfaction parler de I_L , indice de liquéfaction.
- 3.2.2.4 Les cartes d'aléa: s'il semble difficile a priori de regrouper en une carte synthétique tous les aléas liés au risque sismique (il n'y en a pas d'exemple actuellement), celle-ci doit être fortement conseillée, car c'est le préalable indispensable à la carte réglementaire, qui est doit être unique. Dans le cas d'une trop grande complexité, d'une part, scinder la cartes synthétique en deux cartes et, d'autre part, suggérer d'attribuer, dans la carte du règlement, des nombres à chaque zone, renvoyant à une table de prescriptions.
- R. Feunteun suggère d'alléger le texte par des schémas et également que le document soit plus accessible, non seulement pour les services instructeurs, mais aussi pour les services techniques des collectivités territoriales, afin qu'il puisse jouer aussi le rôle d'un document d'information.

Après le départ de certains participants, des corrections de détails ont été apportées sur les chapitres 1 et 2 : reprendre le paragraphe concernant l'industrie nucléaire (voir avec J. Betbeder-Matibet), y rajouter les barrages, intervertir les § 1.2 et 1.3 et rajouter l'expérience de Wickerschwihir dans le 1.3 etc.

3- Chapitres 4 et annexes

Ils n'ont pas été abordés, sauf la phrase concernant l'appui d'un groupe d'experts. Ils feront l'objet de la prochaine réunion. Les observations concernant les annexes (partie technique) peuvent être formulées dès maintenant par courriel.

4- Actions de septembre à décembre 2000

Les observations supplémentaires et corrections de forme seront envoyées par courriel à H. Fabriol. Celui-ci les intégrera avec les corrections ci-dessus dans un document qui sera envoyé aux experts en octobre. Les changements par rapport à la version 3 seront indiqués (ou surlignés) en couleur. A la suite de quoi le texte des chapitres 1 à 3 (et des annexes correspondantes) sera considéré comme achevé, aux modifications ultérieures de syntaxe près.

La partie iconographique des chapitres 1 à 3 fera également l'objet du travail de H. Fabriol entre octobre et novembre, de façon à présenter ces mêmes chapitres dans une forme proche de la définitive pour décembre.

Il est demandé aux DDE 06, 13, 74, 971 et 972, ainsi qu'à F. Chauvel de la Guadeloupe d'envoyer si possible leurs commentaires, en particulier sur les chapitres 1 à 3, en tant qu'utilisateurs potentiels du guide. Il serait souhaitable qu'ils assistent, dans la mesure du possible, à la prochaine réunion sur le chapitre 4.

Prochaine réunion : mercredi 6 décembre 2000 à 10h au MATE

Guide méthodologique PPR sismique

NOM	ORGANISME	TEL/FAX	E-MAIL
Rédacteur			
Hubert FABRIOL	MATE/DPPR/SDPRM	T : 01.42.19.15.65 F : 01.42.19.14.79	hubert.fabriol@environnement.gouv.fr
Experts :			
Darius AMIR-MAZAHERI	Président de l'AFPS 28, rue des Saints Pères 75343 PARIS CEDEX 07	P : 06.80.43.39.54	darius.amir-mazaheri.dam.design@wanadoo.fr
Pierre-Yves BARD	LCPC/LGIT Grenoble 1381, rue de la Piscine BP 53 38041 GRENOBLE CEDEX 09	T : 04.76.82.80. F : 04.76.82.81.01	bard@obs.ujf-grenoble.fr
Pierre MOUROUX	Président du CST de l'AFPS BRGM Marseille 117, Avenue de Luminy BP 167 13276 MARSEILLE CEDEX 09	T : 04.91.17.74.70 F : 04.91.17.74.75	p.mouroux@brgm.fr
Jean-Pierre MENEROUD	CETE Méditerranée 56, Bd de Stalingrad 06300 NICE	T : 04.92.00.81.56 F : 04.92.00.81.99	jean-pierre.meneroud@equipement.gouv.fr
Christophe MARTIN	La Ferme de Napollon 280, Avenue des Templiers 13676 AUBAGNE CEDEX	T : 04.42.84.94.80	Geoter.International@mnet.fr
Jean-Louis DURVILLE	LCPC 58, Bd Lefèbvre 75732 PARIS CEDEX 15	T : 01.40.43.52.46 F : 01.40.43.65.16	jean-louis.durville@lcpc.fr
Victor DAVIDOVICI	Dynamique Concept 110-112, Avenue Mozart 75016 PARIS	T : 01.45.27.33.48 F : 01.45.27.44.00	victor.davidovici@wanadoo.fr
Gérald GARRY	Equipement/DGUHC Grande Arche 92055 LA DEFENSE CEDEX	T : 01.40.81.92.27 F : 01.40.81.94.91	gerald.garry@equipement.gouv.fr

Jean-Martin DELORME	Equipement/DGUHC/QC1 Arche Sud 92055 LA DEFENSE CEDEX 04	T : 01.40.81.92.95 F : 01.40.81.91.20	jean-martin.delorme@equipement.gouv.fr
Giancarlo VETTORI	DDE Alpes Maritimes Centre administratif départemental BP 3003 06201 NICE CEDEX 3	T : 04.93.72.72.72 F : 04.93.72.72.12	
M. SECOND	DDE Bouches du Rhône Service Droit, Urbanisme et Contentieux 7, Avenue du Général Leclerc BP 306 13332 MARSEILLE CEDEX 03	T : 04.91.28.42.70 F : 04.91.28.41.86	pierre.second@equipement.gouv.fr
François CHAUVEL	URBIS 7, Immeuble Le Diamant rue F. Forest Jarry 97122 BAIE MAHAULT	T : 0590.26.87.18 F : 0590.26.86.55	
Groupe de validation :			
Jacques BETBEDER- MATIBET	61, Avenue de Wagram 75017 PARIS	T : 01.43.80.88.82 F :	
Jean-Noel BOUTIN	CGPC Tour Pascal B 92055 LA DEFENSE CEDEX	T : 01.40.81.24.44 F : 01.40.81.68.88	jean-noel.boutin@equipement.gouv.fr
René FEUNTEUN	Intérieur/DDSC 87-95, Quai du Docteur Dervaux 92600 ASNIERES SUR SEINE	T : 01.56.04.72.89 F : 01.56.04.76.00	rene.feunteun@interieur.gouv.fr
M. PAILLERET	DDE Martinique service aménagement, urbanisme et habitat Bd Général De Gaulle - BP 661 97263 FORT DE FRANCE CEDEX	T : 0596.59.57.10 F : 0596.59.58.85	
Pascal COLIN	Secrétariat d'Etat à l'outre-mer Direction des affaires économiques, sociales et culturelles 27, rue Oudinot 75700 PARIS	T : 01.53.69.29.93 F : 01.53.69.20.11	ae@outre-mer.gouv.fr

Joël METZ	DDE Guadeloupe cellule sismique Saint Phy - BP 54 97102 BASSE TERRE	T : 0590.99.46.33 F : 0590.99.43.11	
M. GEORGIU	DDE Haute Savoie 3, rue Paul Guiton 74998 ANNECY CEDEX 9	T : 04.50.33.78.32 F : 04.50.09.97.82	

Annexe 3.1.

**SEANCE PLENIERE
REUNION DU 1^{ER} MARS 2000**



Paris, le 4 avril 2000

**DIRECTION DE LA PREVENTION DES
POLLUTIONS ET DES RISQUES**

Sous-Direction de la Prévention des Risques Majeurs
Bureau Risques Naturels

Affaire suivie par : Rose-Marie CHEVRIER
Poste : 01.40.27.24.27
Notre réf. : DPPR/SDPRM/RMC/FLB CR0103
e-mail : chevrier@cnam.fr
010300.doc

Comité Supérieur d'Evaluation des Risques Volcaniques

Compte rendu de la réunion du 1^{er} Mars 2000

Présents : Y. Caristan (BRGM), P. Bachelery (Université de la Réunion), M. Quatre, JN Boutin (CGPC), JL Cheminée, G. Boudon (IPGP), P. Colin (Ministère Outre Mer), R. Feunteun, J.M Pinard (DSC/BRNT) B. Massinon (CEA-DASE), G. Poupinet (LGIT), L. Stieltjes (BRGM), J. Varet (BRGM), Y. Egels (IGN), P. Douard, L. Beroud, J. Faye, RM Chevrier (MATE/DPPR/SDPRM).

Excusé : B. Chouet (USGS)

9h45 : ouverture de la séance.

1 - Approbation du Compte Rendu de la réunion plénière du 7-7-1999.

Le CR est approuvé en l'état.

2 - Etat des volcans français (J.L Cheminée).

- Martinique.

Trois ou quatre séismes de faible magnitude ont été enregistrés à l'Est de la Pelée dans le courant de l'année 99. Le volcan n'est pas actif.

- Réunion (cf annexe 1).

En juillet et septembre 1999, deux éruptions ont eu lieu au Piton de la Fournaise. Depuis le 13 février 2000, une nouvelle éruption est en cours. Le tremor persiste encore au 1er mars 2000 (au niveau du Dolomieu : magnitude 1,7). L'éruption a été annoncée par une courte crise sismique (moins d'une heure) semblable à la crise de 1998. Les coulées ont atteint leur maximum de débit en 1 à 2 heures. Les volumes émis sont importants, mais non encore estimés. Par mesure de sécurité, la préfecture a fait interdire l'accès à l'enclos pour 48h.

En ce qui concerne les mesures liées à l'éruption, la situation est la suivante :

- l'inclinométrie ne semble pas avoir donné de précurseurs (dépouillement en cours) ;
- la température, uniformisée par la pluviométrie (2 mètres d'eau en une semaine), n'a pu servir de marqueur de la crise ;
- il n'y a pas eu de déformations (gonflements) observées (ce qui est normal vu la structure du volcan) ;
- En ce qui concerne les séismes profonds l'étude des moments sismiques fait apparaître des pics caractéristiques jusqu'à 48h avant l'éruption.

Pour un volcan français , c'est la première crise éruptive suivie pratiquement en direct sur Internet. L'expérience du suivi de l'éruption sur le site Internet pourra servir pour aborder les problèmes d'une crise aux Antilles, bien que le contexte soit très différent : aux Antilles les crises sismiques peuvent se signaler plusieurs années avant l'événement.

L'étude des nombreuses éruptions de la Fournaise a permis de conclure qu'une crise sismique courte annonce en général une éruption sommitale, une crise longue (plus d'une heure) une éruption sur le bas de l'édifice. En général la position des séismes donne la position de l'ouverture.

Le laps de temps très court qui s'écoule entre les précurseurs sismiques et le déclenchement de la crise pose le problème de la sécurité des personnes présentes sur le site (1000 à 2000 touristes tous les week ends). Il est suggéré la mise en place d'un système local d'alerte du type sirènes, drapeau, annonce radio, phares... Une réflexion doit-être menée sur le sujet. Pour compléter les informations de la maison du volcan qui transmet des informations en temps réel, avec caméras, recommandations, panneaux explicatifs, il serait souhaitable d'étudier avec l'office du tourisme, la Préfecture ou même l'ONF la création de dépliants pour prévenir les touristes d'une façon systématique. Il pourrait être mis en place un dispositif d'interdiction de l'accès libre en cas de crise annoncée, avec possibilité d'approche accompagnée. Un bilan des dispositifs existants sera fait pour la prochaine réunion du CSERV (M. BACHELERY).

- Soufrière de Guadeloupe. (cf annexe 2).

Le volcan émet toujours des fumées acides. L'accès au cratère est toujours interdit. Depuis juillet-août 99 on ne relève pas de séismes sortant du bruit de fond. En Janvier l'acidité du panache était de l'ordre de pH= 1 , celle des fumerolles pH= 4. Le lac du sommet avait un pH de 0. Dans les condensats de fumerolles, la concentration des ions Cl⁻ augmente : on y relève une concentration de 700 mmoles/l alors que la teneur moyenne est de l'ordre de 100 mmoles/l. L'H₂S a augmenté de 4% à 7% ou 8%. Le SO₂ reste inférieur à quelques ppm. Le Cl⁻ est testé avec les échantillons recueillis à Montserrat, il semble très probable que son origine soit magmatique. Le problème est de définir si on a à faire à un Cl⁻ accumulé ou nouvellement émis. Les mesures isotopiques sont en cours de réalisation.

Un changement est apparu dans la géographie des fumerolles : elles existent toujours dans le Gouffre Tarrissant mais il en est également apparu dans le cratère Napoléon. Deux panaches s'individualisent sur la Soufrière actuellement.

Une étude a pu être menée sur l'évolution de la composition chimique de l'eau des sources au cours des 20 dernières années. Les courbes établies marquent une variation à l'occasion de la crise sismique des années 90-92, quelque soit le paramètre observé. Cette crise a apporté une modification dans la chimie des sources et des fumerolles ainsi que dans les débits de celles-ci. Le rapport S/C des gaz a changé lui aussi vers 1992 et depuis il augmente régulièrement. Deux mille échantillons d'eaux de sources ont été conservés on y pratique actuellement des analyses isotopiques, les résultats sont en cours d'acquisition.

Au vu de ces résultats il semble que le système hydrogéologique du massif s'apparente à une succession de petites nappes apparemment très compartimentées.

Discussion sur La Soufrière

Y Caristan félicite l'IPGP pour le travail entrepris de reprise des données historiques et de reconstitution des lignes de base. Il estime que seule cette méthode permettra de ne pas se laisser surprendre par une crise. Les corrélations avec la sismicité commencent à donner des résultats : depuis 1976 l'édifice est semble-t-il resté « vivant ». La situation actuelle est une situation réclamant une attention. Les informations doivent bien circuler entre les membres du CSERV. Pour l'élaboration des lignes de base, J.L Cheminée essaye de remonter au delà de 1976.

Si la crise actuelle évolue défavorablement, il faut envisager l'amélioration du parc de matériel et de la surveillance. Une réflexion est à mener de façon à faire un bilan sur ce sujet à la prochaine réunion plénière. Les systèmes d'observation actuellement en place sont très performants pour une période précédant un évènement majeur. Ils permettent de voir évoluer les paramètres. Mais que mobiliser en cas d'évolution importante de l'activité éruptive ? Qu'installer, et où, si le réseau sommital était détruit ? Comment sensibiliser les autorités et le public à une éventuelle inflation de la situation éruptive ? La liste des paramètres autres que la sismique qui seront essentiels en cas de crise doit-être établie, mais sait-on en traiter les données ?

Il est fondamental de se préparer dès maintenant à investir dans du matériel spécifique de crise (comme l'acquisition par les observatoires d'un appareil COSPEC de mesure à distance des flux de SO₂ dans les panaches).

M. Feunteun demande que, dès à présent, soit établi un programme technique et financier d'équipement et de mise en place de ce type de matériel, pour définir les possibilités d'investissement des différents partenaires.

J. Varet suggère que soient comparées les technologies employées au MATE en matière de surveillance de l'air avec ce qui est utilisé en volcanologie pour les mesures dans les panaches. Un échange technologique pourrait se révéler profitable. Il serait également essentiel de mettre en place un programme de recherche hydrogéologique sur nos massifs éruptifs actifs.

Compte rendu de la réunion tenue à l'IPGP le 14-01-2000.

Cette réunion se proposait de faire le point sur l'état de l'activité de la Soufrière de Guadeloupe et sur les différents aspects concernant sa surveillance.

Réseau sismique : il sera nécessaire de le développer en deux parties, une locale, l'autre plus élargie à large bande avec trois composantes. Un des réseaux assurera le suivi du système hydrothermal.

Déformations : Améliorer et compléter les trois stations existantes (mesures sur 30 mètres de terrain).

.../...

- 4 -

Développer la mise au point du Radar-Sol (le projet n'est encore qu'une potentialité).
Installer des stations GPS permanentes.

Géochimie : L'Observatoire va se doter d'un chromatographe plus performant. L'échantillonnage du flux actuel est maintenant systématique. L'étude des aérosols du panache avec leur impact sur l'environnement sera développée.

La mise à disposition du grand public de données sur le volcan en complément de l'actuel bulletin édité tous les mois par l'Observatoire est à l'étude.

3 - Rapport des groupes de travail

Groupe « Instrumentation » - (B. Massinon).

Le groupe s'est réuni le 15-09-99 (Voir annexe 3).

B. Massinon signale qu'une station sismique installée à la Désirade par le CEA peut enregistrer les signaux en provenance de Montserrat. Un contrôle à distance peut ainsi être envisagé. On peut accéder par le Net aux données des observatoires. Il y a encore un peu de retard, mais les résultats sont très satisfaisants.

Lors de la réunion de travail, B. Chouet a exposé son expérience du réseau sismique large bande. Ce réseau pourrait être développé sur nos volcans et complété par des stations infrasons. Le CEA-DASE en propose l'installation en collaboration avec l'IPGP. Dans cette optique, une réunion entre simologues IPGP et CEA serait nécessaire.

Une antenne sismique courte période installée à distance suffisante de la zone active de la Soufrière pourrait en assurer la surveillance. Ici encore, une concertation entre CEA et IPGP est nécessaire. L'expérimentation du Radar-Sol sur l'Etna a donné de bons résultats jusqu'à une distance de 6km. Il sera obligatoire d'améliorer sa portée à 10km.

Groupe « Niveaux d'Alerte » - (L. Stieltjes)

Y. Caristan commente le bulletin mensuel édité en Guadeloupe par l'IPGP. Ce bulletin sera envoyé par courrier électronique aux membres du CSERV.

Ce rapport adopte la représentation des niveaux d'alerte en codes couleurs simples (jaune, orange et rouge), ce qui est satisfaisant. Il faut néanmoins ne pas confondre ces niveaux avec ceux de l'alerte du CSERV : la déconnection entre le diagnostic et les actions opérationnelles est essentielle.

Le choc psychologique qui, dans le public, avait accompagné la parution du premier bulletin a maintenant totalement disparu en Guadeloupe.

L. Stieltjes présente le compte rendu de la réunion du groupe qui s'est tenue le 23-09-99 (cf annexe 4) : cette réunion proposait d'établir un parallèle entre les niveaux d'alerte du PSS et ceux du CSERV, étant bien entendu qu'il existe une déconnection entre le diagnostic (CSERV) et les actions opérationnelles (préfecture PSS). Il a été introduit dans les alertes CSERV, un niveau « pré-alerte » entre le niveau « alerte » et « veille active ». La discussion qui a suivi l'exposé peut se résumer comme suit :

- Il faudra reproduire le tableau des niveaux PSS et CSERV en remontant d'une ligne la colonne CSERV. Ces niveaux pourraient être gardés pour les trois volcans des DOM.

.../...

- 5 -

- Une réflexion devra être menée pour que les niveaux d'alerte du bulletin distribué par l'Observatoire soient distingués de ceux décrétés par la préfecture. La séparation des rôles est importante. Le mot « alerte » est peut-être à bannir du bulletin.

- Pour P. Colin, il ne peut pas y avoir d'ambiguïté entre les niveaux CSERV et le PSS : le PSS représentant une responsabilité politique, ce qui n'est pas le cas du CSERV.

- L'après crise pourrait être qualifiée de niveau de « vigilance » : cette période peut-être très longue comme le montre l'exemple de Montserrat, il est tout à fait important de la prendre en compte.

Toutes ces réflexions devront être finalisées pour la prochaine réunion plénière. Le groupe de travail devra présenter une proposition définitive.

Groupe « Communication » - (R. Feunteun).

Le groupe ne s'est pas réuni depuis Juillet 99.

J. Faye propose au comité quelques points de réflexion et avis :

RFO prépare une émission de 50mn, courant 2000, dont le sujet traitera des risques naturels. Les responsables prendront contact avec les membres du CSERV.

En octobre 99 a eu lieu la journée DIPCN. A cette occasion, le CSERV a distribué aux collèges des départements, 200 exemplaires d'un CD-ROM sur le volcanisme et 6000 exemplaires d'un livre sur les risques naturels. Des visites sur le terrain ont été organisées et en particulier, dans les départements d'Outre Mer, la visite des Observatoires volcanologiques. La journée a eu un bon succès dans les DOM et a été bien relayée par la presse régionale.

L'IFFORME : Le rapport sur une action de formation de formateurs pour l'enseignement des risques majeurs dans les écoles, a reçu un avis favorable.

Le ministère de l'Education Nationale se préoccupe de prendre en compte les risques majeurs dans l'enseignement. J. Faye est en contact avec lui pour appuyer cette action considérée comme fondamentale par le CSERV.

Le document sur l'information préventive est terminé.

Dix Dossiers Communaux Synthétiques sont terminés, 10 sont prévus pour l'année 2000.

Un jeu des « Sept Familles » sur le thème des risques naturels va être édité prochainement (cf annexe 4). Les membres du CSERV sont priés de donner très vite leur avis. Déjà, un désaccord apparaît sur la carte « protection » du risque volcanique illustrée par une image de détournement de coulées. Le Comité demande que cette illustration trop spécifique soit supprimée.

4 - Le point sur les actions 99.

Lignes de base

L'opération a été financée par le MATE et un programme européen. Il est possible actuellement d'obtenir des diagrammes et graphiques à partir des données brutes enregistrées par les observatoires. Cependant, ces manipulations demandent encore un mode d'emploi clair.

.../...

- 6 -

Les membres du comité demandent à être destinataires d'un tirage papier des lignes de base de 4 à 5 paramètres, parmi les plus représentatifs de la surveillance volcanique.

Une banque internationale de données volcanologiques est en projet sur le plan international pour collecter tous les précurseurs.

Surveillance infra-son

Le projet n'est pas encore totalement finalisé, mais l'IPGP peut déjà faire une proposition pour l'année 2000.

PSS Antilles

Le PSS Guadeloupe est terminé, la version finale serait présentée sous peu. Ce document comporte des scénarios éruptifs futurs possibles, utilisés pendant la crise (alerte, suivi de crise) et non des cartes de vulnérabilité qui, elles, sont des documents utiles avant la crise (prévention, réduction de la vulnérabilité).

L. Stieltjes précise à nouveau que c'est l'IPGP qui a établi les scénarios éruptifs et que, à partir de ceux-ci, ont été établies par le BRGM les cartes d'aléas puis de vulnérabilité. Les cartes d'aléas ont été élaborées après validation par l'IPGP.

J.L. Cheminée et G. Boudon confirment ce partage et la validation des tâches déjà réalisées.

Cartes de vulnérabilité en Martinique : programme méthodologique.

A la demande de la Préfecture, L. Stieltjes a présenté à la Sécurité Civile et aux différents services qui ont un rôle dans la gestion de crise, les cartes de vulnérabilité avec hiérarchisation des enjeux et scénarios d'évacuation. La démarche intéresse fortement les maires impliqués directement dans les problèmes du risque volcanique et en particulier dans l'évacuation des populations. Avec ces documents les problèmes sont posés, il appartient dès lors aux politiques de jouer leur rôle pour assurer la prévention.

Cette cartographie est pratiquement terminée en Martinique.

En Guadeloupe, le BRGM procède à la saisie des documents de base (scénarios). Cette année la méthodologie sera présentée à la Préfecture avant d'aller plus avant dans le programme. L'évolution de l'activité de la Soufrière peut aider à faire passer le message de l'urgence de ces travaux. Un descriptif des risques est préparé avec impact sur les différents réseaux, navigation aérienne comprise. Il est suggéré de prévoir dans le prochain ordre du jour une intervention de Météo-France, pour une communication sur son organisation face au risque volcanique.

Réunion du 18 mai 2000 : le point sur la Coopération avec l'Indonésie.

Cette réunion fera le point sur les résultats obtenus et les orientations nouvelles à apporter à cette coopération dans le domaine des risques géologiques en général et volcanologiques en particulier. Des représentants du CSERV y seront conviés.

Y. Caristan chargé d'auditer les 13 années de cette coopération donne un bref résumé de ses conclusions qui seront développées lors de la réunion du 18 mai :

- En 13 ans, les financements consentis par le MATE se sont montés à 7MF.

.../...

- 7 -

- 11 thèses ont été soutenues à la suite des études menées sur les volcans indonésiens et plus particulièrement sur le Mérapi de Java. Une vingtaine de publications de rang A et de nombreuses communications et rapports ont suivi les études.

- Les retombées scientifiques ont été bénéfiques et l'expérience acquise transposable sur nos volcans.

- Gravimétrie : des résultats intéressants ont été obtenus avec l'observation de variations avant crise sur le Merapi, actif en permanence. En revanche, il n'y a pas eu de corrélation observée entre l'activité sommitale et les variations gravimétriques.

- Magnétisme : le réseau est installé depuis 1980. Les liens entre l'activité et les anomalies constatées ne sont pas clairement établis pour le moment.

- Sismique : beaucoup de choses ont été faites qui ont permis l'amélioration des systèmes de traitement des données en cas de crise.

- Surveillance des instabilités du dôme : les techniques d'observation directes et continues par caméra ont été des méthodes pionnières qui, aujourd'hui, devraient être remplacées par le radar-sol. Il faut cependant souligner que dans ce domaine, le contexte joue un rôle important : l'observation par caméra ayant donné de bons résultats à Montserrat.

- Déformations : sur le Merapi il n'y a pas de précurseurs avant une éruption majeure, à l'inverse de Montserrat.

5 - Propositions pour l'année 2000

Radar-Sol

Compte rendu par J.L Cheminée de la réunion tenue à l'ONERA le 7-02-2000.

Les conclusions de la réunion ont été favorables à la poursuite du programme. Celui-ci demande un développement sur 4 ou 5 ans avec la fabrication de deux nouveaux prototypes et un financement de l'ordre de 5MF. Le MATE pour sa part ne financera que la partie expérimentation du nouveau projet et non la réalisation des prototypes. Sa contribution ne pourra dépasser une centaine de KF par an.

Le Comité souligne la nécessité de trouver et de développer des mécanismes de financement et ne plus se contenter de saupoudrage. Il manque une vraie prise de conscience de la demande en équipement dans le domaine des risques naturels. Il y a pourtant un réel besoin d'instrumentation opérationnelle sur l'ensemble du territoire.

Expertise sur volcan actif.

Après un tour de table, il apparaît que le Japon est un bon terrain d'expertise. Le retour d'expérience sur la gestion de crise et sur les divers problèmes d'endommagement serait d'un grand intérêt.

Relevés de décisions

- Diffuser sur le Web pour le CSERV, sur support papier, les principales lignes de base obtenues.
- Inviter un représentant de Météo-France à la prochaine réunion plénière du CSERV.

.../...

- 8 -

- Le groupe « niveaux d'alerte » présentera sa proposition définitive sur les niveaux CSERV et les niveaux PSS.
- Elaborer un programme prévisionnel de mise en place d'instrumentation de crise.
- Elaborer pour la prochaine réunion un bilan des dispositifs existants pour l'alerte et la protection des promeneurs au Piton de la Fournaise.

Dates des prochaines réunions :

Groupe « Niveaux d'alerte »	: Vendredi 28 Avril 2000 - 9h au MATE salle 413
Groupe « Communication »	: Jeudi 4 Mai 2000 - 14h au MATE
Groupe « Instrumentation »	: Vendredi 12 Mai 2000 - 15h au MATE salle 413

**La prochaine réunion plénière du CSERV se tiendra :
le Vendredi 7 Juillet 2000 au MATE**

Annexe 3.2.

**SEANCE PLENIERE
REUNION DU 7 JUILLET 2000**



MINISTERE DE
L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE
ET DE L'ENVIRONNEMENT

DIRECTION DE LA PREVENTION DES
POLLUTIONS ET DES RISQUES
Sous-Direction de la Prévention des
Risques Majeurs
Bureau des Risques Naturels

Suivi par: Rose-Marie CHEVRIER
Tél: 01 40 27 24 27
Fax: 01 40.27.24.28
E-mail : chevrier@cnam.fr

Comité Supérieur d'Evaluation des Risques Volcaniques

Compte rendu de la réunion plénière du 7 Juillet 2000

Présents :

MM. Bachelery (Université de la Réunion), Boudon (IPGP), Boutin (Ministère de l'Équipement/CGPC), Caristan (BRGM), Cheminée (IPGP), Chouet (USGS), Colin (Ministère de l'Outre Mer), Feunteun (Ministère de l'Intérieur/DSC/BRNT), Massinon (CEA/DASE), Stieltjes (BRGM).

MM. Douard, Beroud, Faye, Melle Chevrier, (MATE/SDPRM).

Mme de Vanssay (Laboratoire de Psychologie Environnementale/Paris V) avait été invitée pour présenter le rapport qu'elle a écrit sur la gestion de la crise volcanique de Montserrat.

Excusés :

MM. Egels (IGN), Galdéano (IPGP), Poupinet (LGIT), Varet (BRGM), Vidal (INSU).

1 - Approbation du compte rendu de la séance du 01-03-2000.

L. Stieltjes demande que soit rectifiée en page 6, la fin du paragraphe « PSS Antilles ». Il faut lire, après rectification : « L. Stieltjes précise à nouveau que c'est l'IPGP qui a établi les scénarios et que, à partir de ceux-ci, ont été établies, par le BRGM, les cartes d'aléas puis de vulnérabilité. Les cartes d'aléas ont été élaborées après validation par l'IPGP.

J.L Cheminée et G. Boudon confirment ce partage et la validation des tâches déjà réalisées ».

2 - Etat des volcans français - Site WEB des Observatoires (J.L Cheminée).

(Voir Annexe 1)

- Montagne Pelée (Martinique) :

Aucun changement.

.../...

- Piton de la Fournaise (Réunion) :

Depuis le début de l'année deux éruptions ont eu lieu sur le Piton de la Fournaise, l'une le 14 Février, l'autre le 23 Juin (toujours en cours le 7 juillet).

Eruption du 23 Juin :

La nouvelle coulée se situe dans les grandes pentes. Elle est arrêtée vers 300m d'altitude à 1,5km de la route. Un lac de lave est apparu dans le cratère. Huit points d'émission produisent des fontaines de lave de 50 à 60 mètres de haut. Les températures mesurées sur les coulées à partir de caméras IR sont de l'ordre de 1100 à 1160°C.

Seismes associés :

L'éruption s'annonce autour du 8 Juin par des séismes profonds (<5-6 km). Vers les 15 et 17 Juin, il y a une légère crise sismique suivie les 22 et 23 par des séismes superficiels et sommitaux. Après une journée d'accalmie, la sismicité reprend une heure avant l'éruption.

L'analyse montre que le pic du moment sismique précède d'environ un jour l'éruption. Il faut noter que depuis 1998 les moments sismiques cumulés sont très représentatifs du comportement mécanique du massif.

Pendant une semaine des séismes ont été enregistrés en même temps que l'éruption ainsi que pendant la décroissance du tremor. Celui-ci décroît très rapidement jusqu'au 27, date à partir de laquelle il remonte et atteint des valeurs presque équivalentes à celles observées au début de l'éruption : des pulsations quotidiennes peuvent expliquer ce comportement. Ces phénomènes seraient à rattacher au fonctionnement du lac de lave qui pourrait entretenir l'importance du tremor.

Déformations :

A partir du 17 Juin la crise sismique est accompagnée par des déformations sous le Dolomieu. C'est la première fois qu'une inflation est décelée sous le Dolomieu très en amont de l'éruption.

Chimie :

Un mois avant l'éruption, des pics de radon ont été relevés aux stations de mesures. Il faut remarquer dans ce cas la bonne homogénéité de tous les indicateurs avec ce paramètre.

Suivi sur le site Web :

Le suivi sur le site WEB de l'éruption (voir annexe 1) est très satisfaisant. Le dispositif a été très sensiblement amélioré.

Gestion de la crise :

La préalerte a été donnée le 20 Juin à la Préfecture. Dès le 12 Juin, l'Observatoire avait identifié la préparation d'une crise. C'est la première fois que l'avis d'alerte est donné deux jours avant l'éruption.

Pour le public des informations en temps réel ont été diffusées à la Maison du Volcan. Actuellement l'éruption continue, les fissures sont encore susceptibles de s'étendre et de sortir de l'enclos. L'accès au site est contrôlé sous la responsabilité de la Préfecture.

Le président exprime sa satisfaction par rapport à la qualité de la surveillance du Piton de la Fournaise et souligne que les efforts doivent dorénavant se porter sur les volcans antillais.

- Soufrière (Guadeloupe).

Pas d'évolution constatée dans les mesures depuis le dernier bilan.

Le débit des gaz dans le Tarissant est continu, en revanche il est intermittent au cratère Napoléon. Un essai d'échantillonnage des flux à l'évent a été tenté. Le système n'a été opérationnel que pendant 48 heures. L'appareillage a été corrodé par l'acidité du milieu. Il faut envisager de mettre en place du matériel en téflon seul matériau qui semble résister.

Les gaz contiennent 10% de H₂S.

Il n'y a pas eu de crise sismique.

Deux nouvelles stations ont été installées : un GPS continu et une station météo en temps réel, ce qui porte le nombre des stations météo à deux : l'une à l'Observatoire et l'autre sur la Soufrière.

3 - Rapport des groupes de travail.

- « Groupe « Instrumentation » (B. Massinon) (Voir annexe 2)

Le groupe s'est réuni une fois depuis la dernière réunion (12-05-2000).

Le président met l'accent sur le fait que, en matière de risques, la France ne possède pas de programme de financement d'instrumentation de crise. Il serait nécessaire de préparer une opération de sensibilisation des décideurs. La création de ce programme devrait être envisageable : ses besoins financiers étant modestes par comparaison à d'autres programmes nationaux, tels que les programmes spatiaux.

L'intérêt de l'expérimentation sur un de nos volcans, ou sur un volcan étranger, d'un réseau sismique large bande est encore une fois souligné.

Le président demande un bilan de l'instrumentation fixe que nous possédons sur nos volcans et un état de celle qu'il serait nécessaire de mettre en place en cas de crise (type, localisation). Dans ce contexte, il faut aussi dresser la liste des équipements mobiles et mobilisables rapidement avec une pré-détermination de leurs lieux d'implantation.

L'USGS possède un parc national d'instrumentation de crise, c'est à dire un appareillage de réseaux mobiles. Ces réseaux peuvent être implantés en quelques jours sur les sites concernés en plus des réseaux fixes spécifiques à chaque volcan.

Pour la prochaine réunion il est nécessaire d'avancer sur ce point. Il est essentiel de ne pas se laisser surprendre par un événement éruptif, quel qu'il soit, sur un de nos volcans.

- Groupe « Diagnostic/Niveaux d'alertes » (L. Stieltjes) (Voir annexes 3)

Le groupe s'est réuni une fois depuis la dernière réunion (28-04-2000).

.../...

Quelques modifications sont encore à apporter aux tableaux des différents niveaux d'alerte (CSERV, Préfecture, Observatoires). En particulier : les colonnes « actions » du tableau synthétique de la Fournaise sont à supprimer. Pour le Piton de la Fournaise, la mobilisation du CSERV ne doit intervenir que pour une éruption hors enclos.

Il est essentiel qu'il y ait harmonisation entre le PSS de Martinique et celui de Guadeloupe : actuellement ils manquent de cohérence.

Les membres du CSERV sont invités à relire les tableaux distribués en séance par le groupe et à communiquer leurs observations à L. Stieltjes qui mettra au point la version définitive pour la réunion plénière de Janvier 2001.

Il convient également que le groupe se penche sur la définition précise des actions correspondant à chaque niveau (propositions à faire).

- Groupe « Communication » (R. Feunteun)

Le groupe s'est réuni une fois en Juin dernier.

Il est distribué en séance la proposition d'un synopsis pour un film qui pourrait être diffusé à l'occasion des commémorations du centenaire de l'éruption de la Pelée. A cette occasion, un congrès se tiendra à Saint-Pierre les 13 et 18 Mai 2002, et une exposition organisée par le Muséum sera également présentée à cette date. Cette exposition restera 6 mois en Martinique (Décembre à Juin 2002) et sera présentée en 2003 au Muséum. Elle pourrait ensuite être installée à Vulcania ou à Naples (une large part étant faite au Vésuve et à Pompéi). Le comité suggère qu'un circuit Martinique-Guadeloupe-Guyanne soit envisagé.

4 - Expertise sur Montserrat (B. de Vanssay). (Voir annexe 5)

L'étude menée par B. de Vanssay aborde les problèmes politiques et le contexte social dans lesquels s'est déroulée et se déroule encore la crise volcanique de la Soufrière de Montserrat. Une comparaison avec les événements qui ont affecté la Guadeloupe en 1976 est abordée.

A travers cette étude, des points de réflexion apparaissent :

- Il semble capital de constituer une instance, possédant une autorité reconnue, capable de prendre du recul sur les événements (comme le CSERV) ;
- Le problème de gestion de crise dans la durée est l'un des problèmes essentiels qui se posent aux responsables ;
- Les aspects « socio-scientifiques » de type disparition du patrimoine, perte d'image pour les populations, semblent particulièrement complexes à gérer ;
- Le rapport soulève aussi la question de la position des élus dans un contexte de crise.

5 - Mission d'expertise sur l'USU (Japon) (Voir annexe 6).

Au cours du deuxième semestre 2000 une mission de cinq experts, du CSERV, partira au Japon sur l'île d'Hokaido pour étudier la dernière crise du volcan USU entré en éruption en Mars 2000. Il s'agit ici encore d'une mission « retour d'expérience » destinée à étudier non seulement les aspects phénoménologiques de la crise mais aussi et surtout la gestion de celle-ci et les mesures de prévention qui peuvent être prises. Il a été demandé en séance qu'au cours

de cette mission soit également intégré dans l'expertise l'aspect « évaluation et typologie des dommages ». .../...

6 - Questions diverses

Les structures du Comité Interministériel pour la Prévention des Risques Majeurs devraient être mises en place vers la fin de l'année. Le MATE propose une focalisation sur les risques naturels et leur prévention.

Date de la prochaine réunion :

Vendredi 19 Janvier 2001

Annexe 3.3.

**GROUPE DE TRAVAIL N°2
REUNION DU 28 AVRIL 2000**

00RIS601 – Groupes de prévention

Compte-rendu de réunion

Objet de la réunion :

Réunion du groupe de travail n°2 du CSERV
« Niveaux d'alerte et évaluation du risque »

Date : 28 avril 2000

Lieu : Paris, MATE

Participants : J.N. Boutin (CGPC)
R.M. Chevrier (MATE)
B. Deleplancque (MEDETOM)
L. Stieltjes (BRGM)

Absents : P.Bachelery (Univ. La Réunion), G.Boudon (IPGP), R.Feunteun (DDSC)

Diffusion : membres du groupe de travail + Y. Caristan (*Président CSERV*) + MATE/SDPRM (*secrétariat*)
[interne BRGM] : P. Mouroux (*resp. fiche SP*), M. Terrier (*ARN/AVR*), H. Modaressi (*ARN*)

COMPTE RENDU DE LA REUNION :

1 – Proposition de niveaux d'alerte du CSERV

1.1. *Volcans actifs des DOM*

Discussion puis validation par le groupe de travail des tableaux en 3 colonnes, affichant la correspondance entre les niveaux d'alerte des 3 instances impliquées dans l'alerte et le suivi d'une crise volcanique :

- les observatoires volcanologiques (IPGP),
- le CSERV,
- les Préfectures (Guadeloupe, Martinique, Réunion),

préparée à partir des discussions du dernier comité plénier du CSERV (01/03/2000) sur les propositions du groupe de travail n°2.

Ces tableaux affichent, pour chacune des 3 instances :

- **leurs missions particulières et leurs domaines de compétences;**
- **l'indépendance de leurs niveaux d'alerte** (nombre, conditions d'applications) et l'absence de correspondance directe entre les niveaux d'alerte des 3 instances (reflétant l'indépendance de décision de passage d'un niveau à l'autre de chacune) . La mise en place des niveaux d'alerte est établie entre experts et Préfecture ;
- **la terminologie distincte délibérée de leurs niveaux d'alerte :**
 - + les PSS des Préfectures : le terme d' « alerte » leur est réservé;
 - + les Observatoires définissent leurs niveaux par des couleurs (vert, jaune, rouge, ...);
 - + le CSERV se cantonne à trois niveaux (code international de l'IAVCEI), et utilise les termes de : « veille active », de « surveillance » et de « mobilisation ».

1.2. Autres volcans menaçant le territoire français

La mise en alerte du CSERV doit pouvoir intervenir pour n'importe quel volcan menaçant le territoire français, qu'il soit situé sur celui-ci ou dans un autre pays.

Pour cela, le groupe de travail propose d'élaborer une réflexion concernant :

- **l'implication d'organismes de surveillance français** dans le suivi de l'activité de volcans étrangers : IPGP, Météo France, SPOT Image, ...
- **la définition de « bassins de risque volcanique »** pour le territoire national, tels par exemple : le bassin « métropole continentale », le bassin « Méditerranée », le bassin « Caraïbe », le bassin « Pacifique », le bassin « Océan Indien » ;
- **l'inventaire des volcans potentiellement menaçants** dans chaque bassin, situés à une distance critique (à définir) des côtes ou des frontières ;
- **la caractérisation des phénomènes menaçants** attendus dans chaque bassin : nature, extension possible, intensité, probabilité d'occurrence, effets et conséquences possibles, ...;
- **l'établissement d'un « Document d'information national »** sur les éruptions volcaniques s'appliquant dans tout Département ou Territoire où il n'existe pas de PSS « éruption volcanique ». Définition d'un **cahier des charges** pour la prévention des phénomènes dangereux attendus, et en priorité les phénomènes les plus courants se manifestant à plus de 30 km d'un volcan en activité : les *retombées aériennes*, les *gaz* et les *tsunamis*.

1.3. Volcans français menaçant des territoires voisins

Les rôles du CSERV, des Observatoires, des Préfectures dans l'alerte des pays voisins sur les phénomènes dangereux produits par un volcan français en activité devraient être analysés.

2 – Interventions des principaux acteurs dans l'élaboration des scénarios d'évacuation à la Martinique : Préfecture, Mairies

La définition des conditions d'évacuation de la population en cas d'alerte d'éruption a été proposée par la Protection Civile (SIDPC) : niveaux d'alerte du PSS, actions à mener, ... (1998-99) ;

Elles ont été traduites par le BRGM sous forme de cartes d'une dizaine de scénarios sur les thèmes : « *exposition de la population* », « *évacuation/accueil* », « *modes d'évacuation* », « *facteurs aggravants pour l'évacuation* », ainsi que de tableaux des populations exposées par commune (1999)

Ces documents ont été discutés et validés par le SIDPC, puis présentés et discutés avec les maires sous la présidence du Directeur de Cabinet du Préfet (nov. 1999).

Les maires réalisent que le dossier « *risque volcanique* » est l'un des deux gros dossiers risques (avec le risque sismique) à traiter au niveau de l'Association des Maires. La mise en place d'une politique de prévention régionale (planification, organisation de crise) doit intégrer le SIVOM (eau, ...) et l'ensemble des communes. Un travail de sensibilisation et d'information des équipes communales est souhaitée par les Maires dans les meilleurs délais.

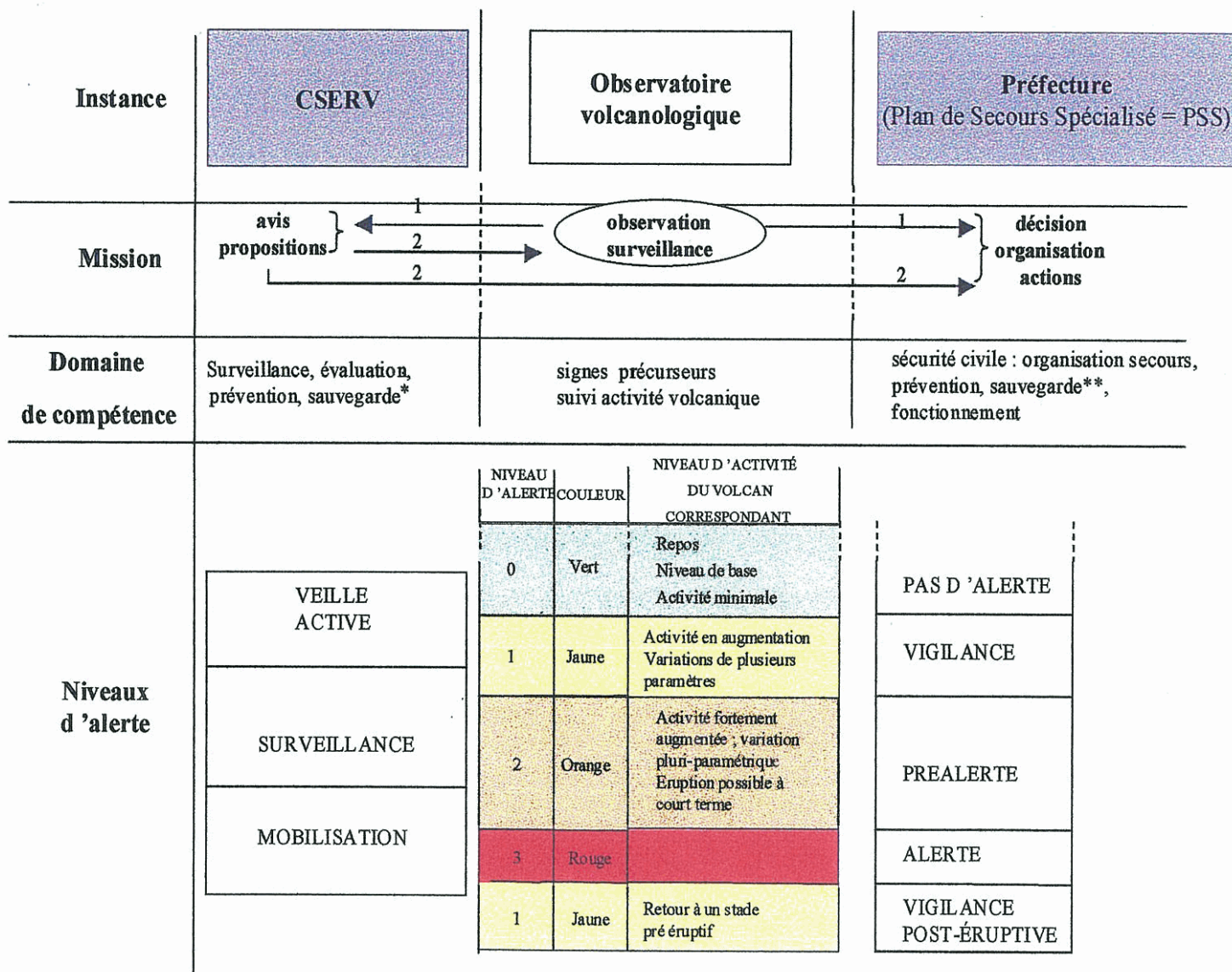
COMMENTAIRES & OBSERVATIONS / SUITE A DONNER :

Présentation des tableaux et résultats à la prochaine réunion plénière du CSERV (7 juillet 2000)

NIVEAUX D'ALERTE DES VOLCANS ACTIFS FRANÇAIS

**Proposition de correspondance entre les
niveaux d'alerte des Observatoires, du
CSERV, et des Préfectures (PSS)**

1) VOLCAN DE LA SOUFRIERE, GUADELOUPE



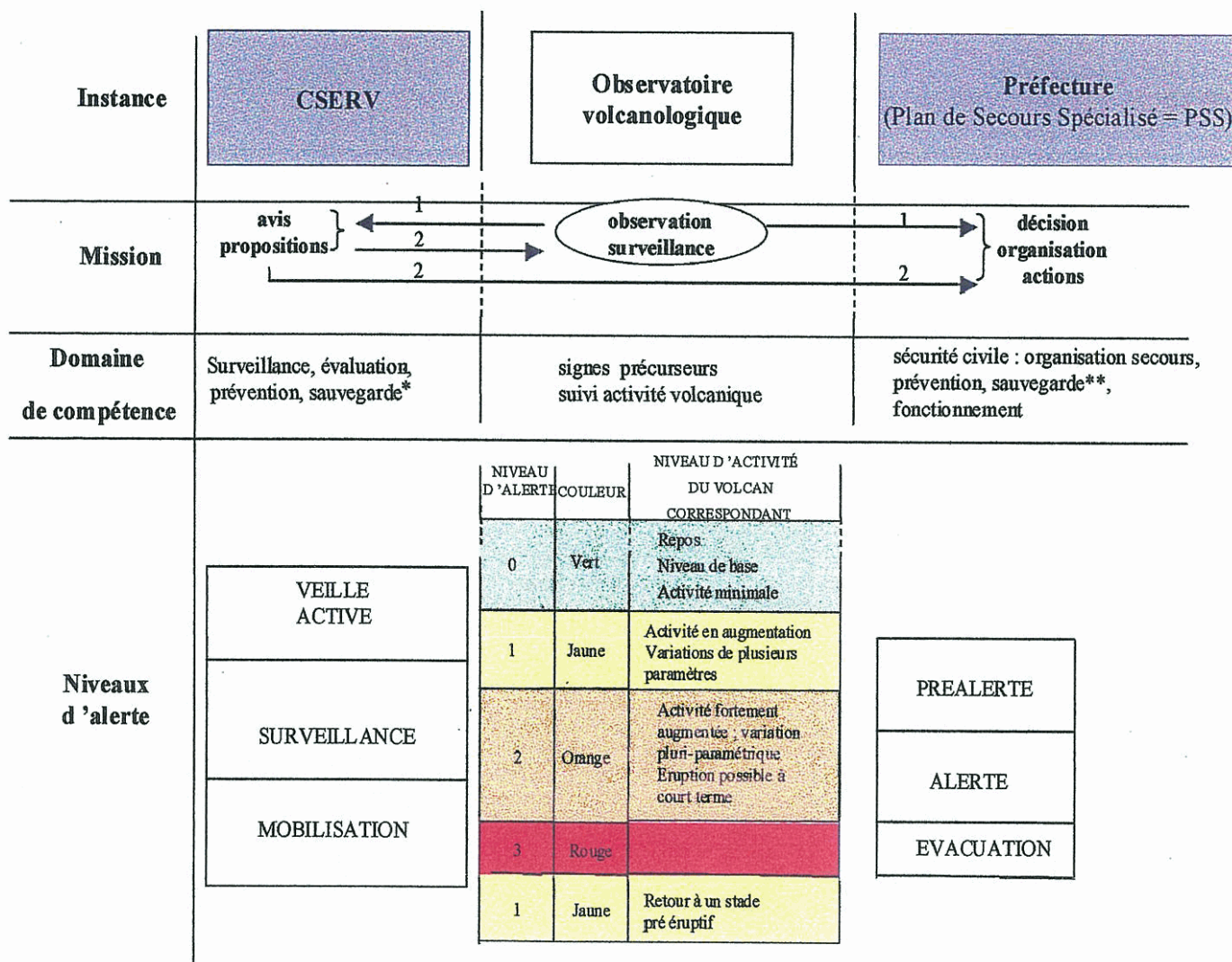
* Décret n° 88-208 du 26 février 1988

** Loi n° 87-565 du 22 juillet 1987

NIVEAUX D'ALERTE DES VOLCANS ACTIFS FRANÇAIS

Proposition de correspondance entre les
niveaux d'alerte des Observatoires, du
CSERV, et des Préfectures (PSS)

2) VOLCAN MONTAGNE PELEE, MARTINIQUE



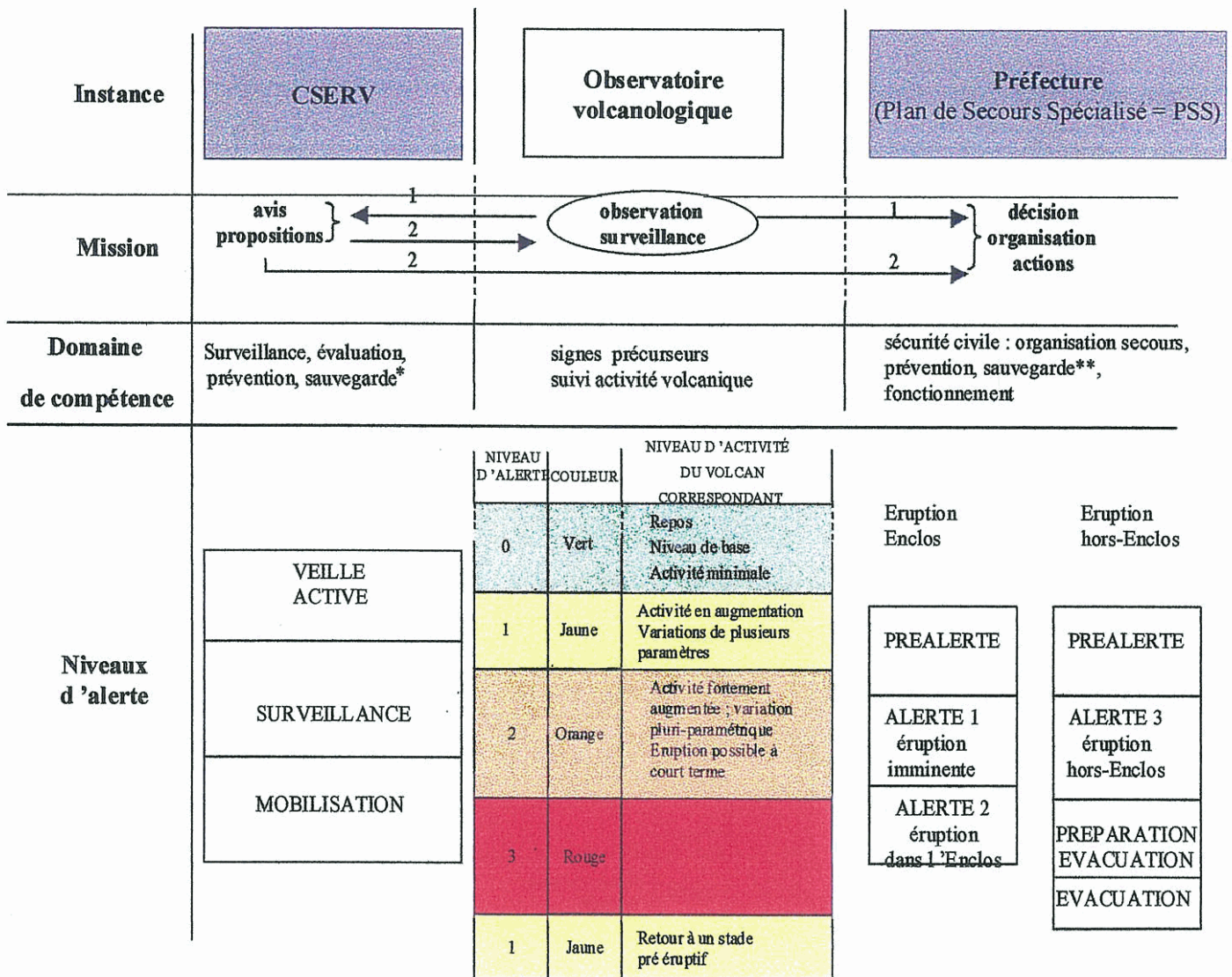
* Décret n° 88-208 du 26 février 1988

** Loi n° 87-565 du 22 juillet 1987

NIVEAUX D'ALERTE DES VOLCANS ACTIFS FRANÇAIS

**Proposition de correspondance entre les
niveaux d'alerte des Observatoires, du
CSERV, et des Préfectures (PSS)**

3) VOLCAN PITON DE LA FOURNAISE, LA REUNION

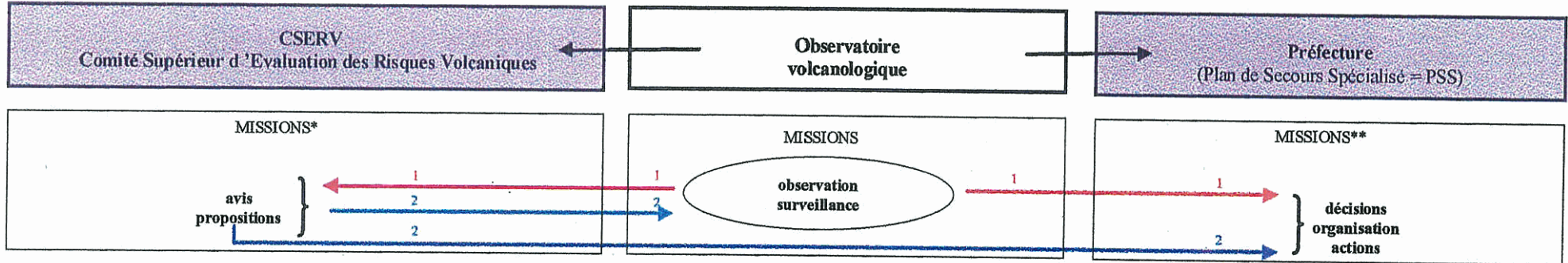


* Décret n° 88-208 du 26 février 1988

** Loi n° 87-565 du 22 juillet 1987

NIVEAUX D'ALERTE DES VOLCANS ACTIFS FRANÇAIS

1) VOLCAN DE LA SOUFRIÈRE, GUADELOUPE



DOMAINES DE COMPÉTENCE*
Surveillance, évaluation, prévention, sauvegarde

DOMAINES DE COMPÉTENCE
Signes précurseurs, suivi activité volcanique

DOMAINES DE COMPÉTENCE**
Sécurité civile : organisation secours, prévention, sauvegarde, fonctionnement

MOTIVATIONS	DECISIONS, ACTIONS	NIVEAUX D'ALERTE
↓	↓	↓
Toute évolution hors-norme (même faible) des signes précurseurs et/ou des paramètres de base du suivi de l'activité du volcan, tels que : gaz, fumerolles, température, déformation, sismicité, ...	Le CSERV est tenu régulièrement informé de la situation par la Direction des Observatoires Volcanologiques, et reste en contact avec elle pour le suivi de l'évolution de la crise.	VEILLE ACTIVE
Évolution importante des signes précurseurs et/ou des paramètres de base du suivi du volcan.	Activation du CSERV qui peut nommer un (ou plusieurs) représentant(s), chargé(s) de suivre plus particulièrement la crise et de se tenir éventuellement auprès du Préfet.	SURVEILLANCE
Évolution très significative des signes précurseurs et/ou des paramètres de base du suivi du volcan, laissant prévoir une situation de crise prochaine.	Le CSERV se réunit et statue sur la situation, les décisions et les actions possibles. Il fait valoir ses propositions au Préfet (directement ou via son représentant sur place).	MOBILISATION

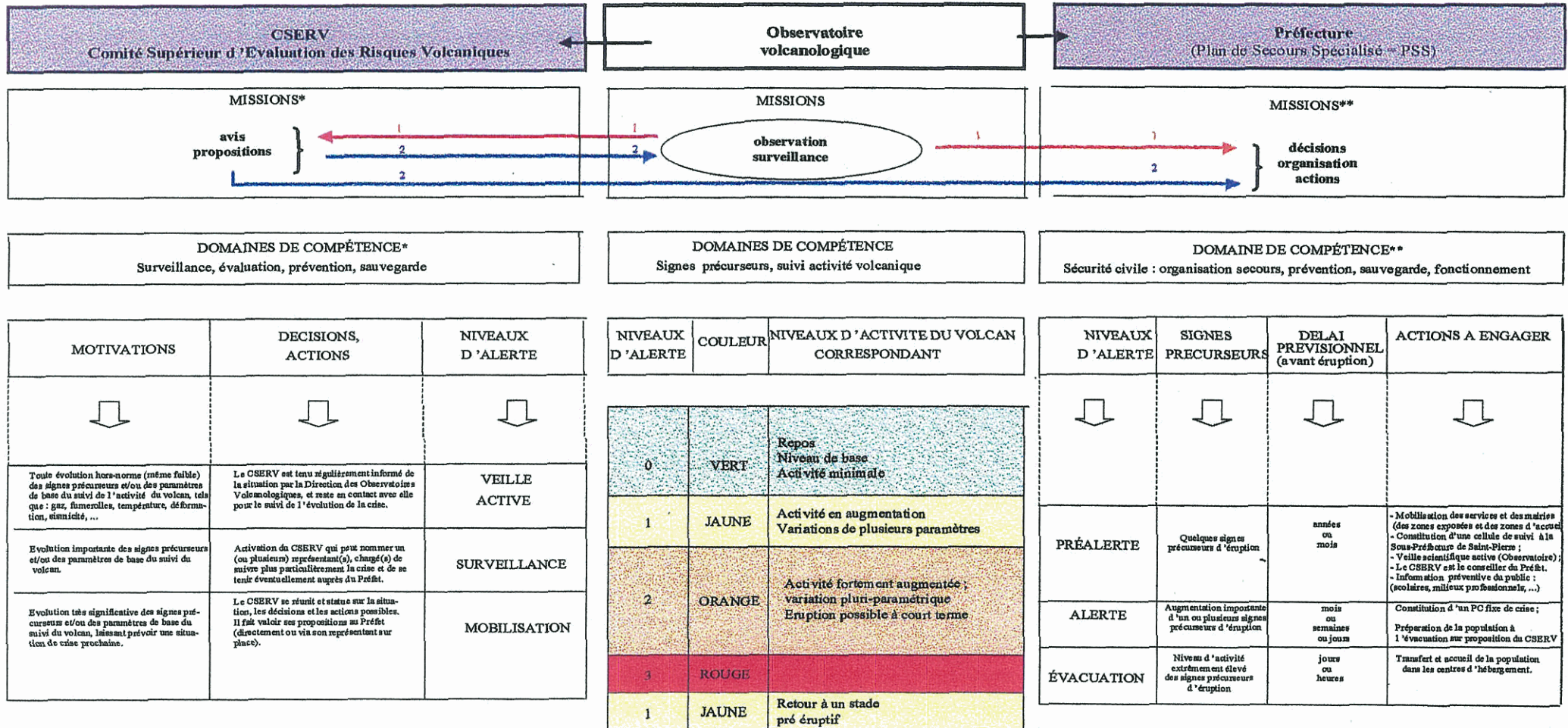
NIVEAUX D'ALERTE	COULEUR	NIVEAUX D'ACTIVITÉ DU VOLCAN CORRESPONDANT
0	VERT	Repos Niveau de base Activité minimale
1	JAUNE	Activité en augmentation Variations de plusieurs paramètres
2	ORANGE	Activité fortement augmentée ; variation pluri-paramétrique Éruption possible à court terme
3	ROUGE	
4	JAUNE	Retour à un stade pré éruptif

NIVEAUX D'ALERTE	SIGNES PRECURSEURS	ACTIONS A ENGAGER
PAS D'ALERTE		
VIGILANCE		
PREALERTE		
ALERTE		
VIGILANCE POST-ÉRUPTIVE		

* Décret n° 88-208 du 26 février 1988
** Loi n° 87-565 du 22 juillet 1987

NIVEAUX D'ALERTE DES VOLCANS ACTIFS FRANÇAIS

2) VOLCAN MONTAGNE PELEE, MARTINIQUE

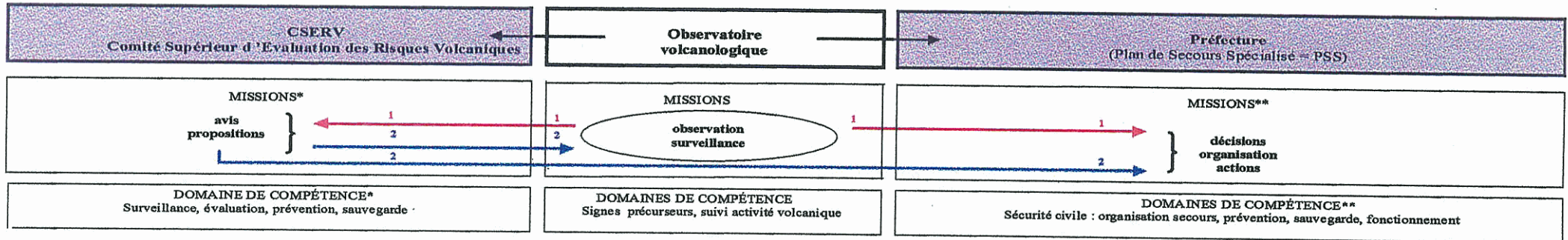


* Décret n° 88-208 du 26 février 1988

** Loi n° 87-565 du 22 juillet 1987

NIVEAUX D'ALERTE DES VOLCANS ACTIFS FRANÇAIS

3) VOLCAN PITON DE LA FOURNAISE, LA RÉUNION Eruption dans l'Enclos



MOTIVATIONS	DÉCISIONS, ACTIONS	NIVEAUX D'ALERTE
↓	↓	↓
Toute évolution hors-norme (même faible) des signes précurseurs et/ou des paramètres de base du suivi de l'activité du volcan, tels que : gaz, fumerolles, température, déformation, sismicité, ...	Le CSERV est tenu régulièrement informé de la situation par la Direction des Observatoires Volcanologiques, et reste en contact avec elle pour le suivi de l'évolution de la crise.	VEILLE ACTIVE
Évolution importante des signes précurseurs et/ou des paramètres de base du suivi du volcan.	Activation du CSERV qui peut nommer un (ou plusieurs) représentant(s), chargé(s) de suivre plus particulièrement la crise et de se tenir éventuellement auprès du Préfet.	SURVEILLANCE
Évolution très significative des signes précurseurs et/ou des paramètres de base du suivi du volcan, laissant prévoir une situation de crise prochaine.	Le CSERV se réunit et statue sur la situation, les décisions et les actions possibles. Il fait valoir ses propositions au Préfet (directement ou via son représentant sur place).	MOBILISATION

NIVEAUX D'ALERTE	COULEUR	NIVEAU D'ACTIVITÉ DU VOLCAN CORRESPONDANT
0	VERT	Repos Niveau de base Activité minimale
1	JAUNE	Activité en augmentation Variations de plusieurs paramètres
2	ORANGE	Activité fortement augmentée, variation pluri- paramétrique Éruption possible à court terme
3	ROUGE	
1	JAUNE	Retour à un stade pré éruptif

NIVEAUX D'ALERTE	SIGNES PRÉCURSEURS OU MANIFESTATIONS VOLCANIQUES	ACTIONS ENGAGÉES ET PHASES DE MISE EN ŒUVRE DU PSS
Eruption dans l'Enclos		
PRÉALERTE	<ul style="list-style-type: none"> • activité géophysique anormale : • sismicité anormale, • déformations significatives du volcan, • signal volcano-magnétique clair. • NB. (cf. ci-dessous) 	<ul style="list-style-type: none"> • L'Observatoire Volcanologique informe les autorités : • Préfecture (S.I.R.D.P.C.) • Sous-Préfecture de Saint-Pierre • Gendarmerie • I.P.G. (Institut Physique du Globe)
ALERTE 1 éruption imminente	Signes d'une crise intrusive qui, selon toute probabilité, se traduira par une sortie de lave	<ol style="list-style-type: none"> 1) L'Observatoire Volcanologique se met en liaison avec : <ul style="list-style-type: none"> • Préfecture (S.I.R.D.P.C.) • Sous-Préfecture de Saint-Pierre • Gendarmerie • I.P.G. (Institut Physique du Globe) 2) Une cellule de crise est activée à la Sous-Préfecture de Saint-Pierre. 3) La Préfecture « pré-alerte », les services ORSEC, le CODIS et l'ONE
ALERTE 2 éruption dans l'Enclos	Sortie de lave dans l'Enclos, émission importante de cendres, de gaz ou de cheveux de Pelé	<ol style="list-style-type: none"> 1) L'Observatoire Volcanologique se met en liaison avec : <ul style="list-style-type: none"> • Préfecture (S.I.R.D.P.C.) • Sous-Préfecture de Saint-Pierre • Gendarmerie • I.P.G. (Institut Physique du Globe) 2) Maintien de la cellule de crise à la Sous-Préfecture de Saint-Pierre. 3) La Préfecture informe les services ORSEC, le CODIS et l'ONE

NB. PRÉALERTE : Cette situation anormale peut avoir trois types d'issues :

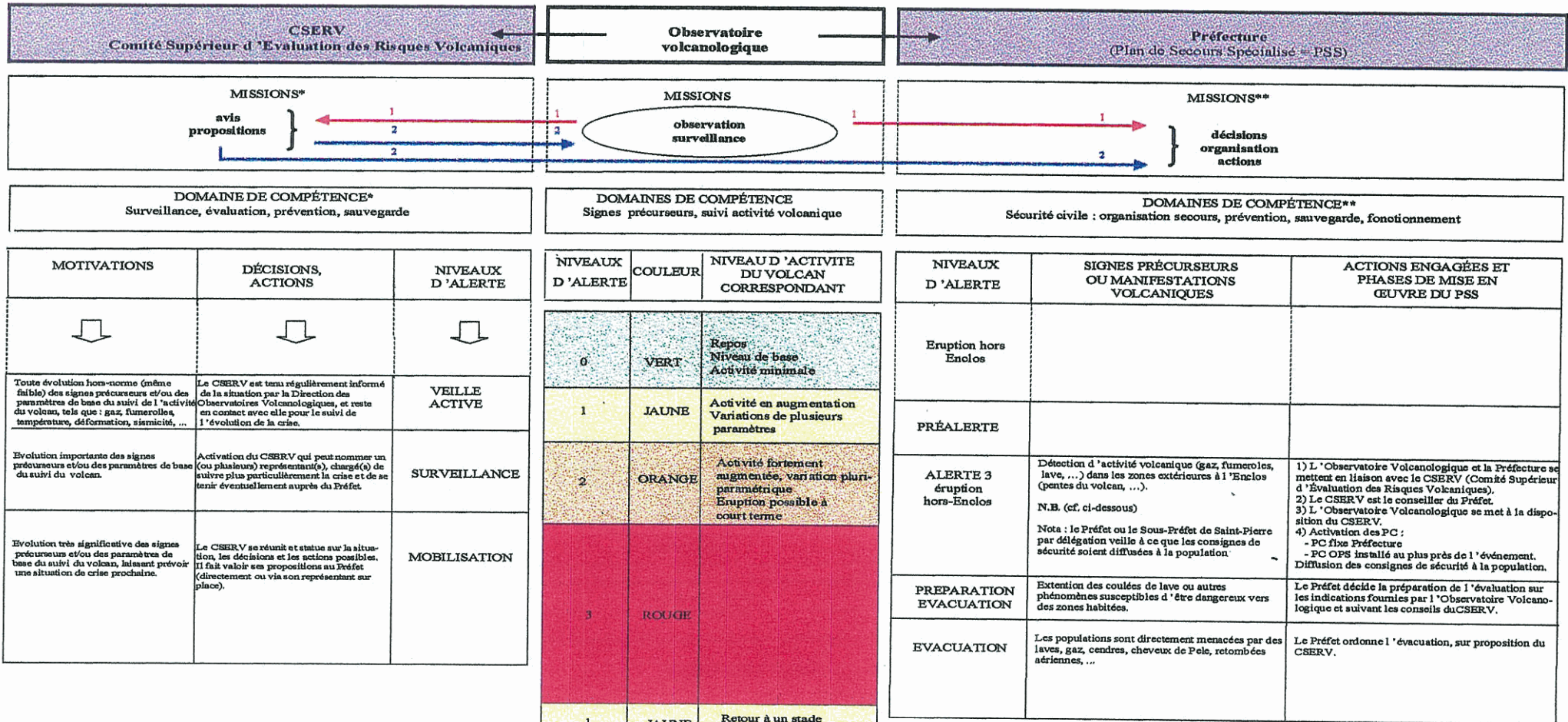
- elle débouche sur une crise éruptive (on passe en alerte aux autorités),
- elle se maintient pendant une période quelconque (de l'ordre de un jour à une, voire plusieurs semaines),
- elle se termine par un retour à un niveau d'activité « normal ».

* Décret n° 88-208 du 26 février 1988

** Loi n° 87-565 du 22 juillet 1987

NIVEAUX D'ALERTE DES VOLCANS ACTIFS FRANÇAIS

3) VOLCAN PITON DE LA FOURNAISE, LA RÉUNION Eruption hors Enclos



NB. Alerte 3 : L'alerte activité/éruption hors Enclos a deux niveaux :
- alerte activité hors Enclos traduit la détection d'activité géophysique anormale sur les stations de la côte. Elle signifie que la probabilité d'ouverture de fissures émettrices hors-Enclos est significative, et que le risque d'éruption hors-Enclos est à considérer.
- alerte éruptive hors-Enclos traduit l'ouverture de fissures hors-Enclos dans une région qui est précisée (axe Saint-Philippe ou axe Sainte-Rose). Les communes de la côte sont averties que le risque de coulées est important dans la zone indiquée.

* Décret n° 88-208 du 26 février 1988

** Loi n° 87-565 du 22 juillet 1987

Annexe 4.1.

**EVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES
APPLICATION, MYTHES ET DIRECTION FUTURE
ET
CONFERENCE GEOENG 2000
19-24 NOVEMBRE 2000 – MELBOURNE (AUSTRALIE)**

ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES - APPLICATION, MYTHES ET DIRECTION FUTURE

Ken Ho¹, Eric Leroi² & Bill Roberds³

RÉSUMÉ

Les méthodologies d'évaluation quantitative des risques (QRA, Quantitative Risk Assessment) se sont développées à un point tel qu'elles constituent désormais un outil pratique de gestion des risques dans le génie géotechnique. Les applications pilote de la QRA se sont avérées prometteuses et ont contribué à traiter les questions auxquelles il serait très difficile de répondre en utilisant les techniques conventionnelles. L'opposition à l'utilisation plus répandue de la QRA est réelle et est partiellement due aux mythes concernant la technique. Il s'agit essentiellement d'une pensée basée sur les risques, que ce soit dans une structure quantitative ou qualitative. La communauté géotechnique pourrait l'emporter en intégrant les méthodologies et la pensée basées sur les risques dans la pratique géotechnique actuelle. Cette intégration alignera mieux la profession géotechnique avec de nombreux domaines techniques qui appliquent la gestion des risques de manière plus explicite.

INTRODUCTION

Dans le génie géotechnique, les lois empiriques basées sur les précédents sont communément invoquées pour résoudre les problèmes pratiques. La modélisation en détail de la plage complète des facteurs impliqués dans un problème réel est, presque toujours, trop compliquée et peu crédible. Heureusement, seuls certains facteurs tendent à être des facteurs majeurs dans un problème donné et ces derniers peuvent généralement être caractérisés par des indices à partir d'essais standard. On considère généralement pouvoir obtenir une estimation assez juste à des fins d'ingénierie en éliminant les facteurs mineurs comme non importants et les facteurs extrêmes comme improbables.

Cette approche pragmatique a généralement bien servi les professionnels de la géotechnique. Cependant, il arrive que des surprises désagréables se produisent de temps en temps. Des facteurs "mineurs" peuvent s'avérer être majeurs et des événements "extrêmes" peuvent se produire plus fréquemment que prévu. Les échecs géotechniques ne sont pas rares et surviennent parfois de manière désastreuse. Ce qui était considéré comme non important peut s'avérer en réalité être très important, du moins en raison de la combinaison de circonstances présentes qui peuvent ne pas avoir été prévues (mais n'étaient pas nécessairement imprévisibles). Une autre raison plus subtile des surprises désagréables repose sur le fait que les concepteurs souhaitent parfois classer ces facteurs qu'ils ne peuvent pas caractériser avec assurance comme ayant une importance mineure, ou souhaitent que ces impondérables soient compensés par un conservatisme construit autre part dans le système.

La défense classique contre la non performance dans le génie géotechnique est de tenir compte d'une marge de sécurité basée sur une approche déterministe (par exemple conception d'un certain Facteur de sécurité, ou facteur d'ignorance). Le Facteur de sécurité est un indice empirique destiné à aider le jugement et la prise de décision. Le Facteur de sécurité théorique variera selon les situations et prend en considération les risques de manière implicite. Bien qu'il soit destiné à couvrir les incertitudes impliquées, il ne prend pas en considération les dommages ou les conséquences de manière directe ou explicite. Il peut y avoir un facteur de sécurité théorique standard pour des types particuliers de problèmes qui seraient considérés comme le minimum acceptable. Cependant, en raison des coûts impliqués, il est souvent difficile de justifier un facteur de sécurité théorique supérieur vis-à-vis du client même pour des cas plus critiques.

Tandis que l'approche déterministe conventionnelle convient, généralement, aux problèmes de routine, elle a également des limites. La conception excessive coûte de l'argent et constitue souvent une solution mitigée par rapport aux objectifs de solution efficace. Il doit y avoir un équilibre entre le niveau de conservatisme excessif et les incertitudes qu'elle doit couvrir. Cependant, les Facteurs de sécurité standard ne garantiront pas les performances si les facteurs clés sont oubliés. L'application mécanique excessive des

¹ Geotechnical Engineering Office GEO (Bureau du génie géotechnique), Gouvernement de la Région administrative spéciale de Hong Kong (Hong Kong Special Administrative Region, HKSAR) de la République populaire de Chine

² Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Aménagement et Risques Naturels, Marseille, France

³ Golder Associates, Redmond, WA, États-Unis d'Amérique

Codes de bonne pratique est susceptible d'entraîner des performances non satisfaisantes entre les mains d'un professionnel manquant d'expérience pour apprécier et tenir compte des particularités impliquées. Par exemple, un conservatisme excessif dans l'évaluation des coteaux naturels pourrait entraver de nouveaux aménagements, entraîner une perte de la valeur foncière ou soulever des questions sérieuses sur les actions à prendre afin de réduire le risque présenté sur les aménagements existants. D'autre part, un manque de reconnaissance des risques significatifs présentés par les coteaux naturels pourrait entraîner de terribles conséquences. Les approches alternatives, ou supplémentaires, par rapport aux techniques conventionnelles d'évaluation peuvent être nécessaires, du moins dans certaines situations. L'approche intégrée de la gestion des risques en est une. L'évaluation des risques est un outil de gestion des risques. Dans l'évaluation des risques, la prise en considération des incertitudes se fait de manière explicite, systématique et exhaustive, tandis que les approches traditionnelles tendent à considérer les incertitudes de manière implicite en utilisant les analyses de sensibilité sur les hypothèses, généralement de manière appropriée.

Le risque est l'association de la probabilité d'occurrence de certains scénarios défavorables et les dommages probables qu'ils peuvent entraîner. Il est évalué par un examen centré sur l'interaction possible entre les facteurs, les scénarios qui peuvent en résulter et les dommages que ces scénarios peuvent entraîner. Ce processus conduit à identifier comment les incertitudes peuvent s'associer et comment les scénarios défavorables peuvent survenir, en raison de connaissances insuffisantes. Selon le résultat évalué, on peut gérer le risque en augmentant la marge de sécurité, en améliorant la fiabilité des composants critiques, en modifiant les concepts théoriques, en réduisant la conséquence de la rupture ou en répartissant les risques entre les détenteurs des enjeux. Dans le monde réel, il est évidemment nécessaire d'équilibrer les risques par rapport aux coûts et aux responsabilités.

Basées sur un travail d'aménagement relativement intense au cours des dernières années, les connaissances et l'expérience obtenues en appliquant la QRA dans le domaine du génie géotechnique ont significativement évolué. Les premiers résultats de la QRA ont été reçus avec des réactions mitigées de la part des professionnels de la géotechnique (c'est-à-dire les ingénieurs géotechniques, les géologues, etc.) : ceux qui comprennent sa valeur tiennent à saisir l'opportunité et à poursuivre (mais ils peuvent ne pas savoir exactement comment mieux faire), tandis que ceux du côté opposé demeurent sceptiques. L'avenir de la QRA semble se trouver dans une situation critique dans le sens où les premiers élans et enthousiasmes pour les évaluations de risques peuvent disparaître étant donné l'indifférence voire l'opposition partagée par les "traditionalistes".

Dans ce document, seront traités les concepts de la QRA tels qu'ils sont appliqués au génie technique et à la gestion de l'occupation des sols, en particulier en ce qui concerne les problèmes de glissement de terrain. Les études de cas couvrant une gamme de problèmes, sont décrits afin d'illustrer les applications pratiques de la QRA. Les problèmes critiques dont il s'agit sont mis en évidence, les mythes concernant la QRA sont diagnostiqués et la direction future discutée. Les lecteurs devraient se reporter à d'autres documents en ce qui concerne les classements des glissements de terrain et l'évaluation des risques de glissement de terrain (par exemple Hansen, 1984 ; Hutchinson, 1988 & 1992 ; Fell et al, 2000).

QUELLE EST NOTRE OPINION SUR LA QRA ?

Les évaluations des risques et des dangers sont des techniques bien développées qui sont des pratiques établies depuis un certain temps dans de nombreux autres domaines d'ingénierie, tels que pour les industries pétrolières et gazières, chimiques, nucléaires, etc. Traditionnellement dans ces industries, la quantification des risques au moyen de la méthodologie de la QRA implique l'identification des accidents possibles (ou modes de rupture) et intègre une analyse basée essentiellement sur les registres historiques des performances afin de déterminer l'occurrence et les conséquences de tels incidents. La QRA n'est pas un nouveau venu dans les domaines de la stabilité des talus. L'industrie minière ne peut se permettre d'exploiter certains de ses principaux puits avec des Facteurs de sécurité conventionnels et des méthodes d'évaluation de la probabilité de la rupture de talus de grands puits ont été utilisés. De même, l'évaluation de la sécurité des barrages, notamment au Canada, en Australie et en Europe (par exemple, en France et en Espagne), a appliqué les techniques de la QRA, avec un succès mitigé.

Le génie géotechnique concerne essentiellement la gestion des risques. Si nous acceptons l'idée selon laquelle la gestion exige une mesure ("ce que vous ne pouvez pas mesurer, vous ne pouvez pas le gérer"), comment devrions-nous mesurer les risques) afin de gérer les risques ? La QRA peut être cet outil.

L'utilisation d'une structure basée sur les risques a été appliquée à des problèmes géotechniques

sélectionnés au cours des dernières années, par exemple le danger du gaz méthane provenant des sites d'enfouissement des déchets (O'Riordan & Milloy, 1994), la migration de lixiviat depuis les sites d'enfouissement des déchets (O'Brien, 1998), l'aménagement des mines abandonnées (Cole, 1993), l'évaluation géotechnique en association avec les études de prévention des inondations et de réduction des inondations (le Corps d'armée américain, 1996), l'évaluation des risques naturels (Garry & Grasz, 1997), etc. Cependant, la majorité des travaux indiqués ci-dessus n'a pas évolué vers la quantification détaillée formelle des risques dans le sens traditionnel par rapport à, par exemple, l'industrie chimique.

Ces dernières années, la QRA formelle a été appliquée afin de quantifier le risque des ruptures de talus, notamment en Australie (Fell, 1994 ; société australienne de géomécanique, 2000), à Hong Kong (par exemple Wong et al, 1997) et en France (Mornpelat, 1994 & Rezig, 1998). La plupart de ces travaux impliquaient essentiellement des études pilote afin de développer une structure appropriée et d'essayer la méthodologie, mais la QRA a également été appliquée sur des sites spécifiques sur une base appropriée afin d'aborder les problèmes réels. Ceci exprime le fait que l'adoption des techniques de la QRA dans le domaine géotechnique en est encore à ses premières étapes de développement en tant que concept émergent. Les études ci-dessus ont produit des résultats prometteurs et de nombreux éclaircissements sur l'utilité et les limites de la QRA.

À Hong Kong, par exemple, une étape a été franchie vers le développement d'une approche basée sur les risques afin de compléter l'approche conventionnelle pour certaines classes de problèmes. Ceci peut être attribué aux considérations suivantes :

- (a) Il y a une prise de conscience accrue qu'il existe des incertitudes considérables associées aux conditions des sols et des nappes phréatiques étant donné, en particulier, la variabilité inhérente des profils exposés aux intempéries et les caractéristiques des pluies torrentielles tropicales ; même les talus ou les autres structures géotechniques qui ont été préalablement évaluées comme étant aux standards requis peuvent avoir un taux de rupture assez élevé (par exemple Whitman, 1984 & 1997 ; Wong & Ho, 2000 ; Morgenstern, 2000).
- (b) Une approche basée sur les risques aide à classer par ordre de priorité le rattrapage des talus plus petits avec des conséquences de rupture moins graves et le développement d'une stratégie rationnelle afin de traiter cette catégorie de talus.
- (c) Une approche basée sur les risques facilite la communication des réalités du risque de glissement de terrain au public.

Dans certaines juridictions, des critères de risque ont été établis pour lesquels la conformité doit être démontrée. En Suisse et en France, le développement d'une cartographie réglementaire des risques a incité les législateurs à demander davantage de méthodologies quantitatives.

LA QRA DANS LE CONTEXTE DE LA GESTION DES RISQUES

L'incertitude est une réalité et le risque ne peut pas être totalement éliminé. Une discussion utile sur

l'environnement et la nature des risques est proposée à la Royal Society (équivalent à l'Académie des sciences, 1983 & 1992) et au Engineering Council (conseil d'ingénierie) (1993).

La gestion des risques comprend l'estimation du niveau de risque (qui peut être effectuée de manière qualitative ou quantitative), en décidant s'il est ou non tolérable et en exerçant des mesures de contrôle appropriées afin de réduire le risque lorsque le niveau de risque ne peut être toléré. Pour choisir les mesures de réduction des risques, il est nécessaire de mettre en balance les coûts et les avantages dans le sens large, en incluant les considérations sociales et politiques.

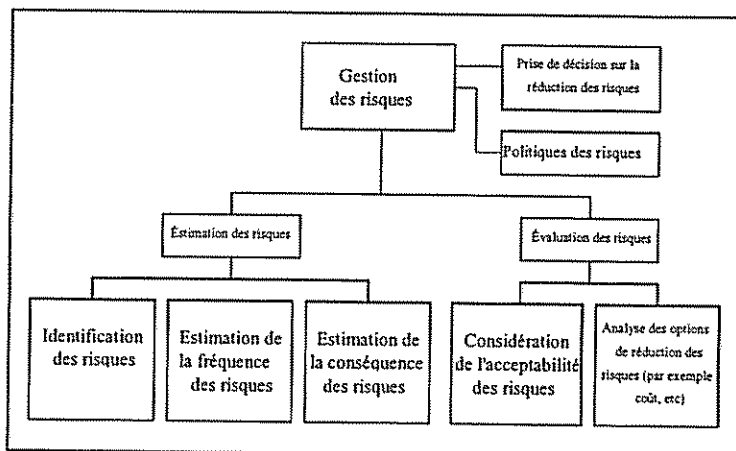


Figure 1 : Structure de la gestion des risques

L'essence de la gestion des risques et le rôle de la QRA dans le contexte de la gestion des risques sont

illustrés à la Figure 1.

Le risque peut être défini en tant que mesure de la probabilité d'un événement défavorable (par exemple, glissement de terrain) entraînant un certain nombre de dommages (par exemple victimes, perte économique, perturbation sociale, dommages sur l'environnement, etc.) pendant une période donnée. À des fins pratiques, le risque peut être considéré comme la "valeur prévue" (moyenne pondérée de probabilité) de conséquences défavorables, incertaines dues à tous les problèmes potentiels, c'est-à-dire le produit de la probabilité (par exemple une probabilité de 1 sur 10 000 par an) ou pour des événements multiples, la fréquence (par exemple 10 par an) de rupture et la conséquence (par exemple, victimes, dommages sur les bâtiments, perte de service, impact politique, etc.) chaque fois que la rupture se produit, additionnées sur tous les différents types de ruptures. Par conséquent, le risque comprend deux composants principaux, à savoir la probabilité (ou la fréquence) d'occurrence et la conséquence de la rupture.

En termes de probabilité conditionnelle, le risque pour un individu donné peut être défini de la manière suivante (Morgan et al, 1992) :

$$R(IN) = P(H) \times P(S|H) \times P(T|S) \times V(L|T) \quad (1)$$

où R(IN) est le risque pour un individu (c'est-à-dire la probabilité annuelle de décès)

P(H) est la probabilité annuelle de l'occurrence du danger (par exemple glissement de terrain)

P(S|H) est la probabilité d'impact sur l'espace (par exemple glissement de terrain ayant des impacts sur un bâtiment)

P(T|S) est la probabilité d'impact temporel (par exemple la présence de personnes lors de l'impact d'un glissement de terrain)

V(L|T) est la vulnérabilité d'un individu étant donné l'impact du glissement de terrain (par exemple probabilité de décès).

Le risque peut être quantifié en utilisant des outils standard tels que la technique de la QRA, qui est une méthode de quantification des risques par un examen systématique des facteurs contribuant au danger et à la gravité des conséquences, et en établissant des probabilités pour les différents facteurs.

Les questions clés suivantes sont traitées de manière systématique dans une structure basée sur les risques :

- Qu'est-ce qui peut entraîner des dommages ? [Identification des risques]
- À quelle fréquence ? [Évaluation de la fréquence]
- Qu'est-ce qui ne va pas et dans quelle mesure ? [Évaluation des conséquences]
- Quelle est la probabilité de dommages ? [Quantification des risques]
- Et après ? [Acceptabilité des risques]
- Qu'est-ce qui devrait être fait ? [Gestion des risques]

À titre d'exemple, les composants et facteurs principaux à considérer dans une évaluation des risques de glissement de terrain sont décrits à la Figure 2.

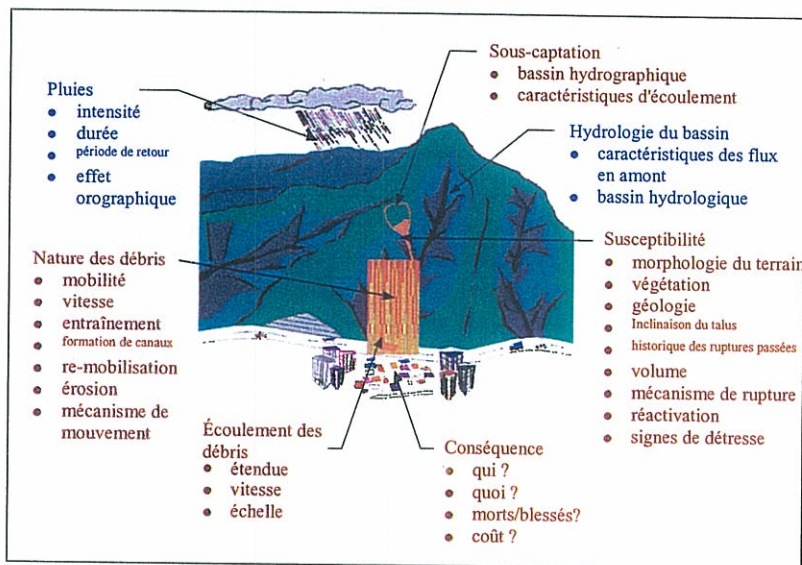


Figure 2 : Facteurs à considérer dans l'évaluation des risques de glissement de terrain naturel

L'une des étapes clés de la QRA est la formulation d'un modèle de risque adapté. Le modèle de risque devrait être destiné à classer les différents types de risques. Par exemple, le classement peut être effectué en termes d'échelles et de mécanismes de rupture différents, chacun avec une fréquence et une conséquence de rupture correspondantes. Le modèle de risque devrait être exhaustif (c'est-à-dire couvrant la plage des risques clés) et le classement mis au point de manière appropriée (mais pas excessivement compliqué) de manière à être compatible avec la

résolution des données disponibles. L'adéquation et la justesse du modèle de risque auront un impact considérable sur l'exactitude des évaluations de fréquences et de conséquences ultérieures.

Il est important d'avoir à l'esprit que la QRA est un outil destiné à aider (mais pas à dicter) la prise de décision. Mis à part les niveaux de risque évalués et les considérations techniques associées, le processus de prise de décision devra également prendre en considération d'autres facteurs appropriés et des problèmes non techniques, tels que les problèmes fonciers, des facteurs politiques, des facteurs sociaux, le programme, etc. Des compromis appropriés sont souvent nécessaires, en définissant les questions fondamentales auxquelles il faut répondre et les décisions à prendre, les informations quantifiées et non quantifiées peuvent être maintenues en équilibre en arrivant à une décision informée.

FORCE DE LA QRA DANS LES PROBLÈMES DE TALUS

Pour les problèmes de stabilité de talus, l'approche conventionnelle doit effectuer une analyse d'équilibre des limites pour déterminer le Facteur de sécurité (c'est-à-dire une analyse déterministe). Les facteurs cible de sécurité sont stipulés essentiellement par l'expérience et les observations des performances passées, avec un jugement implicite sur la conséquence des ruptures sans évaluation explicite. Généralement, il s'agissait essentiellement de savoir comment empêcher les ruptures de talus. L'approche déterministe a été codée et son utilisation répandue a été étalonnée de manière empirique au fil des ans. Cette approche simplifiée peut généralement aborder les problèmes de routine étant donné un jugement technique approprié et une caractérisation adéquate géologique et géotechnique des sites. Cependant, il existe des exemples où l'analyse conventionnelle de stabilité dans lesquels le Facteur de sécurité traditionnel n'est pas toujours capable d'éviter des performances non souhaitables (Morgenstern, 1991).

Par opposition, les méthodes conventionnelles probabilistes tendent à être approuvées et appliquées dans des problèmes plus spécialisés (tels que la stabilité des plates-formes pétrolières sous la charge d'un séisme ou d'une vague), bien que la technique puisse en principe servir d'approche plus formelle pour d'autres problèmes plus communs, par exemple la caractérisation de site probabiliste (NRC, 1995 ; Lacasse & Nadim, 1996).

La principale différence entre une approche probabiliste conventionnelle et la QRA repose sur le fait que la première considère uniquement la probabilité de la rupture et n'est qu'un composant de la pensée basée sur les risques. Par opposition, la QRA aborde la totalité du problème, c'est-à-dire à la fois la probabilité et la conséquence des ruptures et traite directement des problèmes de risque. L'évaluation du risque de glissement de terrain, par exemple, peut être associée à d'autres types de risques présentés par d'autres activités, tandis que l'évaluation de ce qui constitue la probabilité acceptable de rupture est comparativement plus souple puisque ceci dépendra des conséquences pour les circonstances données.

Le problème des glissements de terrain est dominé par des incertitudes. Morgenstern (1995) a laissé entendre qu'il suffirait, à des fins d'ingénierie, de distinguer trois sources d'incertitude, à savoir, l'incertitude de paramètre, l'incertitude de modèle et l'incertitude humaine. La QRA fournit une mesure numérique du risque présenté par un danger, en prenant connaissance des incertitudes impliquées.

Une pression croissante s'exerce sur la communauté géotechnique de manière à appliquer des concepts de risque ou la QRA, découlant des sources suivantes :

- (a) souhait des clients qui veulent connaître leur exposition au risque et affecter des priorités,
- (b) exigences réglementaires des gouvernements (par exemple Cave, 1992 ; Besson et al, 1999 ; DRM, 1990 ; Garry & Graszak, 1997 ; Graszak & Toulemont, 1996), et
- (c) préoccupation exprimée par les organismes publics au sujet de l'adéquation des mesures ou systèmes de sécurité, particulièrement après un désastre de glissement de terrain.

En réalité, la force principale de la QRA repose sur son potentiel à répondre aux questions pertinentes (soit imposées de manière externe soit générées de manière interne en tant que partie des programmes de gestion des crises et de préparation d'urgence) qui ne peuvent pas être traitées de manière satisfaisante par des moyens conventionnels.

Le concept de risque est intéressant en principe puisqu'il est rationnel, systématique et transparent dans la quantification des risques et le diagnostic des zones auxquelles il faut prêter attention. Il fournit également une base formelle et cohérente pour juger l'acceptabilité de risque et une base commune définitive pour évaluer la rentabilité des stratégies alternatives de réduction des risques pour optimiser la conception.

La QRA peut constituer un moyen efficace de communiquer les réalités du risque de glissement de terrain à la communauté et aux autorités. Elle peut influencer les juristes en ce qui concerne l'évaluation de la

question de la responsabilité. Le concept de risque résiduel de glissement de terrain, qui peut être comparé aux risques d'autres dangers auxquels le public est exposé dans sa vie quotidienne (en prenant connaissance de la nature du risque, c'est-à-dire volontaire ou involontaire), est important dans la proposition de stratégies pour que le public croie effectivement à un risque résiduel (Malone, 1998).

Il est important de ne pas donner l'impression erronée selon laquelle parvenir à un certain Facteur de sécurité, ce qui coûte un certain prix, entraînera une sécurité totale (ou un risque zéro). En fait, de nombreux étudiants voire des professionnels plus jeunes peuvent avoir été trompés en pensant que les Facteurs de sécurité sont l'essence de l'ingénierie des talus et un manque de compréhension fondamentale des problèmes associés au risque. Il s'agit d'une tendance inquiétante.

Les accidents mortels historiques ne reproduisent pas nécessairement le niveau effectif de risque de glissement de terrain impliqué, en raison de l'influence des événements évités de justesse, en modifiant les scénarios tels que la croissance démographique et l'aménagement urbain continu, les conditions de pluie sur une période d'observation relativement courte qui ne peut pas être représentative, etc. Il s'agit d'une pratique internationale, moderne, dans le domaine de la gestion formelle des risques pour quantifier le risque "théorique" en utilisant les techniques de la QRA.

TYPES DE QRA ET PRÉSENTATION DES RÉSULTATS DES RISQUES

Les concepts de risque et de la QRA peuvent être appliqués dans un certain nombre de domaines qui incluent :

- (a) Évaluation globale des risques - examiner l'échelle d'un problème et définir la contribution relative de différents composants pour faciliter la formulation des politiques de gestion des risques et la considération de l'affectation optimale des ressources.
- (b) Évaluation relative des risques - déterminer la priorité des actions de suivi.
- (c) Évaluation des risques spécifiques au site - évaluer les risques et le niveau de risque en termes de victimes (ou perte économique ou autres) sur un site donné.
- (d) Préparation de la cartographie des dangers ou risques - pour la formation de zones dangereuses ou la planification de contrôle d'une région ou d'une zone.

Les résultats de la QRA globale seront intéressants pour les décideurs ou les principales organisations impliquées dans la détermination des niveaux de tolérabilité des risques. Les données détaillées spécifiques au site ne sont normalement pas nécessaires pour une QRA globale.

La QRA spécifique au site sera intéressante pour les concepteurs et les propriétaires de talus. Ceci permet d'évaluer si les niveaux de risque sur un site spécifique sont acceptables, et aide à déterminer si un aménagement proposé devrait être permis, à identifier les contraintes sur la disposition de conception, à évaluer la rentabilité des mesures de réduction; etc. L'évaluation spécifique au site peut également fournir une référence pour l'étalonnage des résultats de l'évaluation globale de risques. L'application d'une QRA spécifique au site devra être soutenue par l'examen détaillé des facteurs de déclenchement de glissement de terrain, des mécanismes et mode de rupture et des écoulements de débris afin que les résultats soient suffisamment précis.

Dans une QRA formelle, les conclusions d'une analyse de risque en ce qui concerne la sécurité publique sont souvent présentées sous la forme suivante :

- (a) risque individuel (qui se rapporte au risque présenté pour la personne la plus exposée et vulnérable et peut être comparé aux autres risques quotidiens), et
- (b) risque social (qui se réfère au risque présenté pour la population affectée dans son ensemble).

Le concept de risque social s'appuie sur l'aversion de la société vis-à-vis des incidents à mortalité élevée. Traditionnellement, le risque social s'exprime sous forme d'une courbe F-N, c'est-à-dire une représentation graphique du nombre de victimes (N) relevées par rapport à la fréquence cumulative (F) de N victimes ou plus, sur une échelle bi-logarithmique. Une courbe F-N fournira des informations sur la plage complète de scénarios mortels crédibles et la probabilité correspondante d'occurrence. Ou bien, les résultats du risque social peuvent être exprimés sous la forme d'un indice de risque connu en tant que décès potentiel (PLL, potential loss of life), c'est-à-dire $PLL = \sum (f_i \times N_i)$ où f_i est la fréquence d'incident de glissement de terrain i avec les décès N_i (remarque qu'il s'agit de la fréquence de rupture correspondante et non pas de la fréquence de rupture cumulative) et N_i est le nombre estimé de décès pour l'incident de glissement de terrain i . Par essence, le PLL peut être considéré comme la valeur prévue (ou moyenne de réparation de probabilité) du nombre total de victimes par an et il correspond à la zone sous la courbe de fréquence d'occurrence (c'est-à-

dire f) par rapport à N.

Les critères sont généralement définis par rapport au risque individuel et au risque social. Lorsque ceci est effectué, les deux critères doivent être satisfaits. Les décisions concernant les autres types de risques (par exemple les dommages, perte de service, etc.) sont généralement basées sur des analyses de rentabilité.

OUTILS POUR L'ÉVALUATION DE LA FRÉQUENCE

Les principaux outils de l'évaluation de la fréquence des ruptures sont :

- données de priorité (comprenant les performances passées et la corrélation entre la fonction cause à effet, telles que les corrélations entre les chutes de pluie et les glissements de terrain et la probabilité d'excès de chutes de pluie de durées et intensités différentes).
- techniques d'arborescence de défauts,
- modélisation probabiliste (par exemple Mostyn & Li, 1993), et
- évaluation subjective directe.

Ces outils sont relativement bien développés et d'autres discussions sont indiquées par Riddolls & Grocott (1999), le Groupe de travail IUGS sur les Glissements de terrain (IUGS Working Group On Landslides) (1997) et la Société australienne de géomécanique (Australian Geomechanics Society 2000).

Il est nécessaire d'être très prudent dans l'analyse des performances historiques passées des talus et dans l'établissement de corrélations entre le déclenchement des chutes de pluies et les glissements de terrain. Certains pièges font l'objet d'une discussion dans les sections suivantes de ce document et par Wong & Ho (2000) en ce qui concerne les glissements de terrain naturel.

Des arborescences de défauts sont utilisées pour afficher et analyser la structure logique des événements et des situations qui peuvent se combiner pour entraîner des ruptures. La Figure 3 en illustre un exemple. Le symbole \otimes indique une porte "ET" qui signifie que

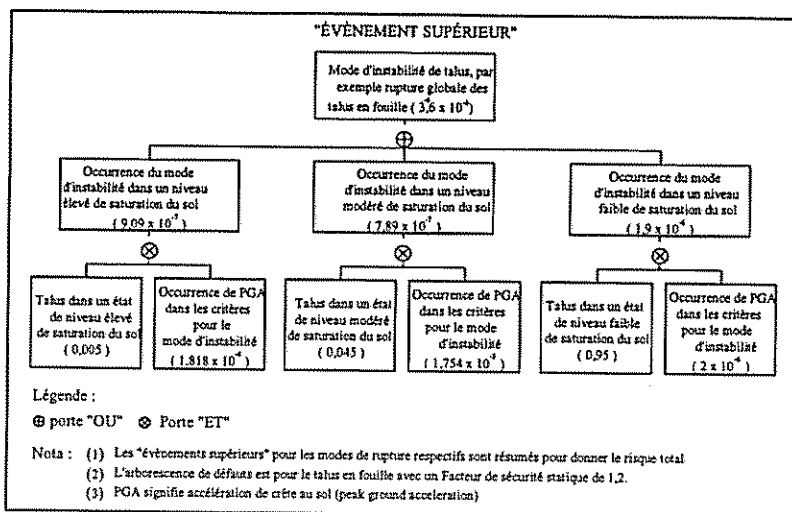


Figure 3 - Exemple d'un analyse d'arborescence de défauts pour un glissement de terrain provoqué par un tremblement de terre

l'événement ne se produira pas à moins que les sous-événements se produisent tous en même temps. Le symbole \oplus indique une porte "OU" qui signifie que l'événement se produira lorsqu'une combinaison des sous-événements se produit. Les arborescences des défauts peuvent faciliter l'examen de l'effet de certaines actions pour réduire la probabilité d'occurrence d'un sous-événement, sur la probabilité d'occurrence de "l'Événement supérieur", c'est-à-dire la rupture de talus.

Tang et al (1999) ont mis en garde contre l'utilisation incorrecte des arborescences de défauts dans lesquelles il existe une corrélation forte entre les différentes branches de l'arborescence puisque ceci peut entraîner des erreurs significatives. Cet effet de corrélation croisée dans le modèle d'arborescence de défauts peut être pris en compte par la technique de simulation de Monte-Carlo (Ang & Tang, 1975). Li (1992) a mis en garde contre l'utilisation de l'approche variable aléatoire unique et la surestimation brute de la probabilité de rupture de talus si la réduction de la variation des propriétés des sols clés qui se produira avec un calcul de moyenne spatiale, par exemple sur une surface de rupture potentielle, n'est pas prise en compte.

La modélisation probabiliste peut être utile, en particulier lorsque les données de rupture historiques spécifiques au site sont inadéquates ou indisponibles. Dans les analyses probabilistes, les paramètres d'entrée sont traités dans un modèle d'évaluation en tant que variables au lieu de numéros uniques. Le concept est illustré à la Figure 4. Des techniques analytiques simplifiées ont été développées, par exemple Méthode d'estimation par point (Point Estimate Method) (Li, 1992), Méthode du second moment de premier ordre (First Order Second Moment (FOSM)) (Duncan, 2000), etc. pour aider au calcul de la répartition probabiliste

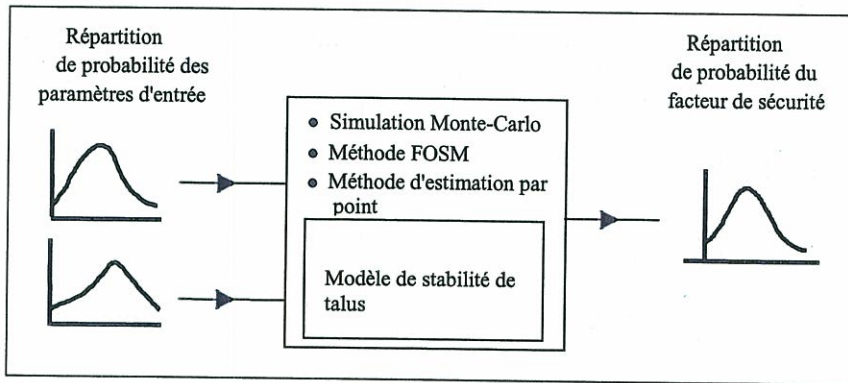


Figure 4 : Concept de l'analyse probabiliste de stabilité de talus

être associé à la probabilité de rupture si la forme de la répartition de fréquence de la fonction des performances est connue. Un facteur de sécurité supérieur ne correspond pas nécessairement à une probabilité inférieure de rupture puisque la dernière dépend également du niveau d'incertitude des paramètres

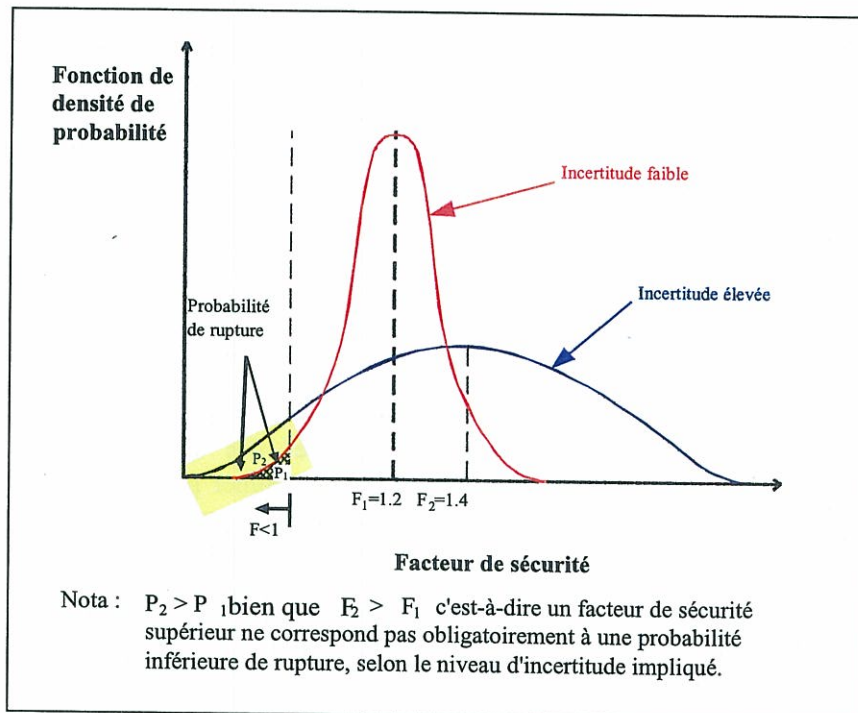


Figure 5 : Illustration de la relation entre le Facteur de sécurité et la probabilité de rupture (d'après Lacasse & Nadim, 1998)

glissement. Il y a des modes de rupture qui ne relèvent pas directement de l'analyse (par exemple rupture par affouillement dû à l'érosion par le flux concentré d'eaux superficielles) et par conséquent une évaluation probabiliste ne peut être entreprise. Des avancées théoriques ont été effectuées dans la caractérisation de site probabiliste et dans l'évaluation d'anomalies géologiques (par exemple Tang, 1993). Il y a des techniques qui permettent de mettre à jour l'estimation de probabilité de rupture étant donné les informations supplémentaires basées sur le Théorème de Bayes. Tang et al (1999) ont mis en garde contre les pièges communs de l'évaluation des paramètres statistiques sur les propriétés des sols à partir d'éprouvettes et le développement de corrélations par des analyses de régression.

Les techniques de simulation (par exemple la simulation Monte-Carlo) impliquent une procédure d'échantillonnage automatisée utilisée pour se rapprocher de la répartition de probabilité du facteur de

du facteur de sécurité dans une évaluation probabiliste de la stabilité de talus.

Si une fonction de répartition de probabilité non déviée du Facteur de sécurité a été évaluée, l'indice de fiabilité β peut être calculé (c'est-à-dire $\beta = \{\mu_F - 1.0\} / \sigma_F$, où μ_F est la valeur moyenne du Facteur de sécurité) et σ_F est l'écart type du Facteur de sécurité). β peut être considéré comme un indice du niveau d'incertitude et peut

(Figure 5), ainsi que de l'exactitude du modèle d'analyse. Si la répartition de probabilité pour le Facteur de sécurité est déviée d'un point de vue conservateur (par exemple en utilisant les hypothèses d'entrée conservatrices), alors la probabilité associée de rupture sera conservatrice. La probabilité déviée de rupture peut être déduite si le niveau de déviation est connu.

La formulation des modèles probabilistes spécifiques pour l'évaluation des risques de glissement de terrain de coteau naturel est discutée par Roberds et al (1997). Les analyses probabilistes de rupture de talus exigent un modèle approprié d'analyse de stabilité de talus, par exemple une analyse du cercle de

sécurité en répétant l'analyse à de nombreuses reprises, particulièrement si la fiabilité cible à évaluer est petite. Un ensemble de numéros aléatoires est généré pour les variables aléatoires selon les répartitions choisies de fréquence des paramètres d'entrée. Il convient de remarquer que la valeur de fiabilité estimée par simulation ne peut être unique, selon le nombre de simulations. Les progiciels commerciaux tels que @RISK peuvent exécuter des simulations Monte-Carlo pour la plupart des problèmes de routine. Pour des événements à faible probabilité, une technique de simulation plus efficace connue en tant qu'échantillonnage d'importance (Ang & Tang, 1984) peut être utilisée.

Il convient de rappeler que l'analyse formelle probabiliste qui donne une probabilité notionnelle de la rupture peut ne pas être obligatoirement réaliste, selon le niveau de ressemblance entre le modèle supposé et les conditions effectives sur le terrain. Il est important que tous les processus appropriés et les incertitudes dans l'ensemble des facteurs majeurs contribuant à chaque processus soient correctement considérés. En principe, ceci devrait inclure la relation possible entre les processus et les événements, ainsi que les différentes sources d'incertitudes de paramètre (la variabilité naturelle spatiale et temporelle ainsi que l'ignorance) et les corrélations dans les valeurs de paramètre (à la fois au sein d'un même paramètre à différents moments et lieux, et entre les paramètres au même moment et sur le même lieu). La quantification insuffisante des incertitudes (particulièrement en ce qui concerne les combinaisons de facteurs), parfois incohérente avec les informations disponibles, constitue un problème important, qui peut être difficile à détecter et peut produire des résultats trompeurs.

OUTILS POUR L'ÉVALUATION DES CONSÉQUENCES

Les outils pratiques pour l'évaluation des conséquences ont été examinés en détail par Leone et al (1996) et Wong et al (1997). Ils incluent une évaluation directe basée sur le jugement subjectif, une approche d'arborescence des événements, un modèle de conséquence et une approche probabiliste (avec des modèles appropriés construits à l'aide des diagrammes d'influence). Il convient de signaler que les statistiques historiques des victimes ne conviennent pas à l'évaluation des conséquences possibles en raison de la dépendance vis-à-vis de la vulnérabilité (qui varie significativement avec le temps et le lieu) et du manque de données représentatives suffisantes (Leone, 1996).

Le besoin d'évaluer formellement les conséquences des ruptures dans la QRA constitue un défi considérable pour les professionnels de la géotechnique puisqu'il s'agit d'un domaine relativement peu connu. Conventionnellement, l'évaluation s'effectue soit implicitement (par le choix judicieux de facteurs de sécurité pour différents scénarios) soit qualitativement par un jugement subjectif. Les récentes avancées dans la compréhension des facteurs contrôlant la mobilité des débris de glissement de terrain (par exemple Wong & Ho, 1996) ont permis le développement d'un modèle plus généralisé de conséquences pour la QRA, tel qu'il est décrit par Wong et al (1997).

Ce modèle de conséquences incorpore les facteurs clés qui ont un impact sur la mobilité des débris et la vulnérabilité des installations affectées, incluant l'échelle et le mécanisme de rupture, la nature et la proximité des installations affectées, la mobilité des débris et le niveau de protection offerte par les installations.

Dans cette approche, la conséquence d'un risque donné (qui correspond à un mécanisme spécifique et à une échelle de rupture pour une certaine caractéristique), exprimée en termes de PLL, est fonction des paramètres clés suivants :

$$\text{Nombre prévu de victimes à cause de glissements de terrain pour une installation donnée} = f \left\{ \begin{array}{l} \text{Nombre prévu de victimes} \\ \text{étant donné} \\ \text{l'impact direct du} \\ \text{glissement de terrain de} \\ \text{référence} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \text{Échelle de} \\ \text{rupture} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \text{Facteur de} \\ \text{vulnérabilité} \end{array} \right\} \quad (2)$$

Le modèle ci-dessus implique la considération des conséquences d'un glissement de terrain de référence d'une dimension standard ayant un impact direct sur un type donné d'installations (c'est-à-dire situées exactement au pied d'un talus ou à proximité du bord de la crête d'un talus), en supposant l'occupation de l'installation dans des conditions moyennes. La conséquence est ensuite reportée sur l'échelle par rapport à la dimension de la rupture effective relative à celle du glissement de terrain de référence et la vulnérabilité de l'installation étant donné son emplacement effectif relatif à la zone d'influence du glissement de terrain.

Le premier terme se réfère au type d'installation qui est directement affecté par le glissement de terrain référence (considéré comme une rupture large de 10 m et d'un volume de 50 m³, sur la base de l'expérience de Hong Kong). Les nombres prévus de victimes pour différents types d'installations directement affectées par le glissement de terrain de référence peuvent être déduits de la méthodologie formelle de la QRA (Tableau 1).

Tableau 1 : Groupement des installations pour l'Étude de QRA globale de Hong Kong

N° du groupe	Installations	Nombre prévu de victimes pour un glissement de terrain de référence donné
1	(a) Bâtiments à densité élevée d'occupation ou fortement fréquentés - bâtiment résidentiel, bureau commercial, boutique et magasin, hôtel, usine, école, centrale électrique, dépôt d'ambulance, marché, hôpital/polyclinique/clinique, centre d'assistance sociale	3
	(b) Autres - abri de bus, quai de gare et autre zone d'attente publique abritée - maison, dans zone autorisée et illicite - site de stockage de matières dangereuses (par exemple station service) - route à densité très élevée de circulation piétonnière ou automobile	3
2	(a) Bâtiments à faible densité d'occupation ou très peu fréquentés - agglomération urbaine (par exemple parking couvert, bâtiment dans des casernes, abattoir, incinérateur, salle de sports couverte, station d'épuration, station de transfert des déchets, église, temple, monastère, centre administratif, sous-station habitée)	2
	(b) Autres - route à densité élevée de circulation piétonnière ou automobile - principaux équipements de desserte (par exemple ligne de chemin de fer, ligne de tramway, passerelle, métro, portique de tunnel, réservoir de réseau) - sites de construction	1
3	Routes et Espace ouvert - espace ouvert et zone d'attente publique très fréquentés (par exemple cour de récréation très fréquentée, parking découvert, parc très fréquenté, jardin d'horticulture) - carrière - route à densité modérée de circulation piétonnière ou automobile	0,25
4	Routes et Espace ouvert - zone de récréation en plein air peu fréquentée (par exemple espace ouvert de quartier, cimetière, columbarium, cour peu fréquentée) - site de stockage des matières non dangereuses - route à densité faible de circulation piétonnière ou automobile	0,03

5	Routes et Espace ouvert - zone distante (par exemple réserve naturelle, zone verte non aménagée, carrière abandonnée) - route à densité très faible de circulation piétonnière ou automobile	0,001
Notae : (1) Pour représenter les différents types de structures de construction avec des détails différents de fenêtres et autres ouvertures, etc., un facteur multiple de victime allant de 1 à 5 est considéré comme approprié pour que les installations du Groupe N° 1(a) prennent en compte la possibilité que certains incidents peuvent entraîner un nombre de victimes qui est, de manière disproportionnée, supérieur au nombre envisagé. Pour la QRA globale, une valeur moyenne de 3 est prise pour le facteur multiple de victimes. (2) Le nombre prévu de victimes a été déduit sur la base de l'évaluation formelle des conséquences dans une structure basée sur les risques, en prenant en considération le type d'installation, la densité d'occupation ou le niveau d'utilisation et la vulnérabilité à la mort sous un impact direct (Wong et al, 1997).		

La dimension de la rupture effective permet d'augmenter ou de réduire la conséquence par rapport à celle prévue du glissement de terrain de référence. La définition de l'échelle se base sur le rapport entre la largeur du glissement de terrain effectif et la largeur du glissement de terrain de référence, prenant en considération comme il se doit la largeur de l'installation affectée (par exemple considération de l'impact spatial).

Le facteur de vulnérabilité correspond à la probabilité de décès étant donné l'impact et est influencé par un certain nombre de facteurs, incluant la nature, la proximité et la répartition spatiale des installations, la mobilité des débris, l'échelle de rupture et le niveau de protection offert par les installations aux personnes.

Il a été démontré que le modèle de conséquences ci-dessus donne des estimations raisonnables par application aux études de cas (Wong et al, 1997).

L'évaluation de la mobilité des débris fait partie intégrante de l'évaluation des conséquences. Wong & Ho (1996) ont laissé entendre qu'une approche empirique développée par référence à des données de qualité satisfaisante sur les glissements de terrain et basée sur un classement approprié des mécanismes de rupture et des mouvements de débris offrira un moyen pratique et réaliste d'évaluer la distance de déplacement des débris de glissement de terrain. L'utilisation de l'angle de déplacement comme défini par Cruden & Varnes (1996) a été considéré comme utile pour l'évaluation des conséquences (Coronminas, 1995 ; Wong & Ho, 1996). Des données typiques sur l'écoulement de débris pour différents mécanismes et l'échelle des glissements de terrain à Hong Kong sont illustrées à la Figure 6. Pour des évaluations réalistes des conséquences, il ne suffit pas de supposer la pire limite crédible d'écoulement de débris. Au contraire, la répartition probable (ou fréquence d'occurrence) des distances d'écoulement des débris doit être considérée.

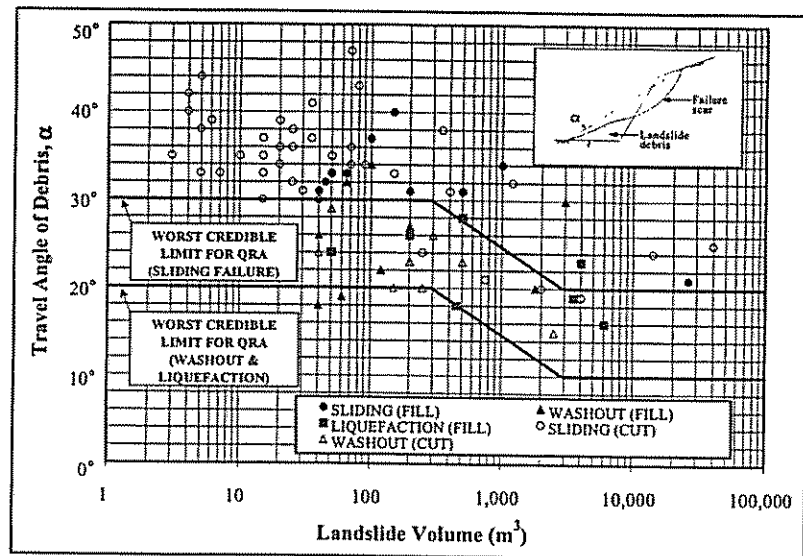


Figure 6 : Data on debris mobility for different mechanisms and scales of landslides in Hong Kong

Des données typiques sur l'écoulement de débris pour différents mécanismes et l'échelle des glissements de terrain à Hong Kong sont illustrées à la Figure 6. Pour des évaluations réalistes des conséquences, il ne suffit pas de supposer la pire limite crédible d'écoulement de débris. Au contraire, la répartition probable (ou fréquence d'occurrence) des distances d'écoulement des débris doit être considérée.

TOLÉRABILITÉ ET COMMUNICATION DES RISQUES

En appliquant les techniques de la QRA, le niveau acceptable (ou tolérable) de risque devra être décidé et il n'y a pas de prédominance établie dans ce domaine pour les problèmes de glissement de terrain (Fell,

1994 ; Fell & Hatford, 1997). Certains critères de tolérabilité de risque ont été suggérés pour l'évaluation de la sécurité de barrages (par exemple ANCOLD, 1997 ; BC Hydro (1993)). Cependant, ceux-ci n'entraînent pas nécessairement une adoption directe dans d'autres problèmes géotechniques.

L'établissement des critères appropriés de risque n'est en aucune manière un sujet purement scientifique. Dans la pratique, ceci implique des considérations socio-politiques. La réaction publique aux désastres et aux dangers est typiquement émotionnelle et subjective, et peut être disproportionnée par rapport au risque impliqué. La tolérabilité des risques est un sujet délicat qui concerne la valeur et la perception du risque et est fondamentalement différente par rapport à l'analyse objective des risques par la QRA. Les incidents à conséquences majeures ou à victimes multiples tendent à être exposés à une recherche du sensationnel de la part des médias et une rupture de ce type est, simplement, la rupture de trop. La question réelle est de savoir si "on est prêt à payer" pour réduire le risque d'une activité particulière par opposition à l'extension des ressources limitées ailleurs.

La tolérabilité des risques se trouve au cœur de toute la conception technique et de tout jugement professionnel, puisque le risque zéro ne peut pas être atteint étant donné les incertitudes. Par exemple, tous les codes de conception présentent avec la méthodologie un risque limité, mais faible, de rupture. Cependant, le niveau effectif de risque n'est pas indiqué, simplement parce qu'il n'est généralement pas connu. Ceci signifie en fait que les ingénieurs ont décidé du niveau de risque que la société doit porter sans le calculer et sans l'approbation de la communauté. Bien sûr, l'indication du niveau effectif de risque n'est pas une tâche facile, étant donné les facteurs humains impliqués dans la mise en œuvre des codes.

Récemment, le Gouvernement HKSAR a publié des guides provisoires de risques pour les risques de glissement de terrain naturel à titre d'essai (ERM, 1998a ; Reeves et al, 1999). Ces critères sont exprimés en termes de risques individuels et sociaux (sous forme de courbes F-N). Les critères se basent sur des mesures de références par rapport aux mesures qui ont été adoptées par le Gouvernement HKSAR pour l'évaluation des risques des Installations potentiellement dangereuses PHI (Potentially Hazardous Installations) depuis les années 80. Les critères PHI ont été déterminés suivant une analyse des pratiques mondiales dans les industries dangereuses et se basent essentiellement sur les standards internationaux.

Dans les guides provisoires de risques mentionnés ci-dessus à Hong Kong, les limites sur le risque individuel pour la personne la plus vulnérable affectée par le risque de glissement de terrain sont comme suit :

Type d'aménagement

Nouveau

Existant

Risque individuel maximum permis

1×10^{-5}

1×10^{-4}

En termes de risque social, deux options existent (Figure 7).

La première option implique un système à trois niveaux qui est l'approche conventionnelle incorporant une région inacceptable, une région acceptable dans l'ensemble et une région "ALARP" (As Low As Reasonably Practicable, aussi faible que raisonnablement possible).

La deuxième option implique un système à deux niveaux comprenant une région inacceptable et une

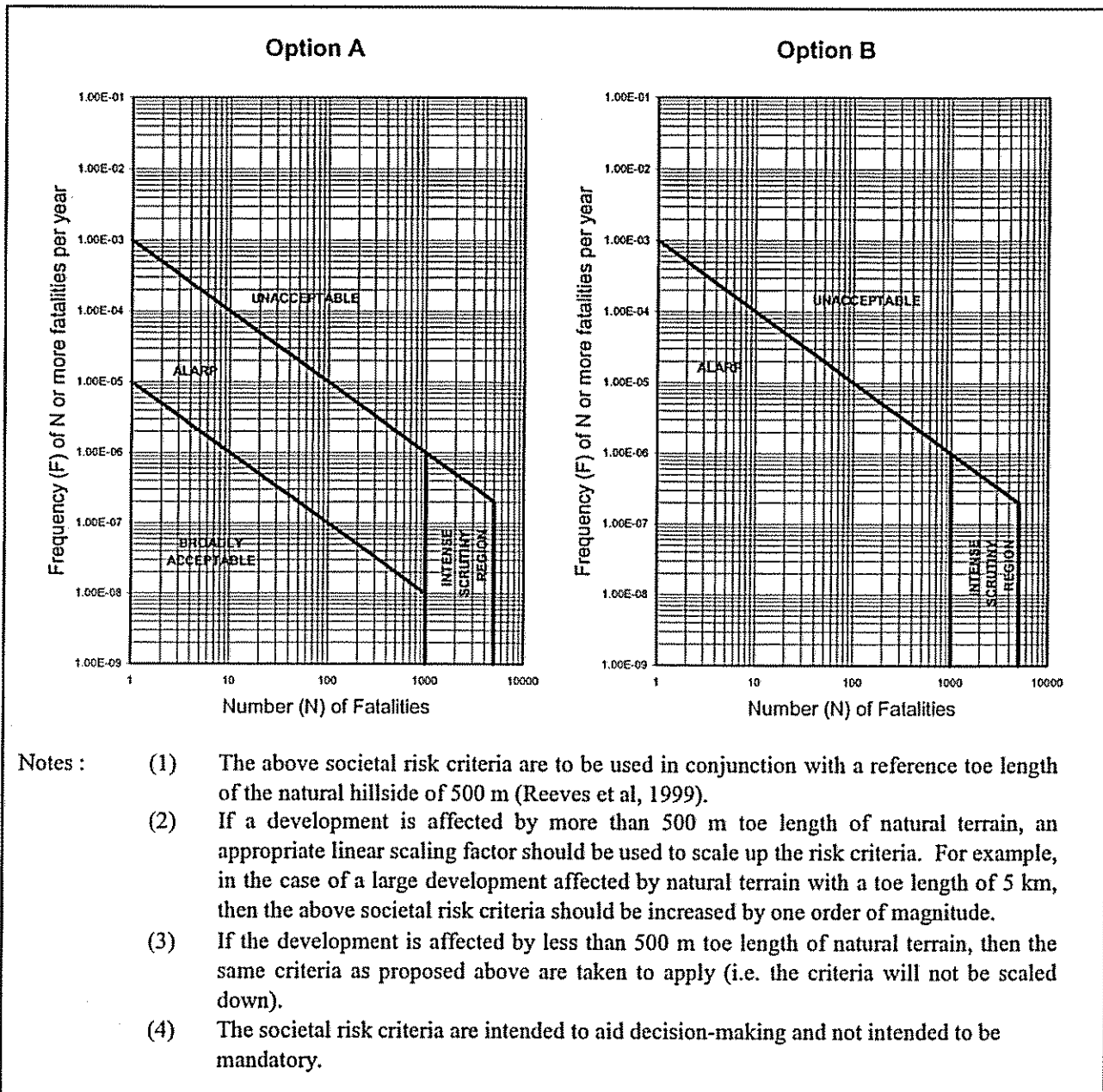


Figure 7 : Proposed societal risk criteria for landslides and boulder falls from natural terrain in Hong Kong

région ALARP. Lorsque le niveau de risque est évalué comme étant dans la région ALARP, des calculs de rentabilité doivent être effectués pour démontrer que toutes les mesures rentables et possibles de réduction des risques sont entreprises. Le système à deux niveaux est conforme à l'attente de public selon laquelle on fera ce qu'il y a de mieux à tous les égards afin de réduire le risque. Il peut y avoir des inquiétudes au sujet du fait que cette approche entraînera une exigence apparemment souple en ce qui concerne les dépenses pour la réduction des risques. Cependant, si le risque évalué est faible, les dépenses justifiables calculées pour la

réduction des risques le seront également. La faisabilité pratique de cette option doit être par ailleurs évaluée dans des applications expérimentales.

Il est nécessaire de bien réfléchir à la mise en œuvre des critères de risques sociaux. Dans le cas d'une PHI, les critères de risque sont appliqués essentiellement à la PHI elle-même, c'est-à-dire en évaluant la tolérabilité du risque présenté par une PHI proposée ou existante pour la communauté. Dans le cas de glissements de terrain, cependant, les critères doivent être appliqués au site d'aménagement qui peut être affecté, c'est-à-dire en évaluant pour un site spécifique la tolérabilité du risque présenté par le terrain naturel et non pas au terrain naturel (qui est équivalent à la PHI). Afin d'appliquer les critères de risque, il est nécessaire de définir une zone d'unité qui est susceptible d'être affectée par les glissements de terrain naturel pour considération dans la QRA. Il s'agit d'un problème complexe puisque la dimension de la "zone de consultation" fait partie intégrante des critères de risque dans le cas d'un terrain naturel, au contraire du cas de la PHI où la "zone de consultation" ne constitue qu'un aspect technique de l'évaluation des risques et n'est pas associée aux critères de risque.

Il y a un risque d'une dépendance trop élevée vis-à-vis des chiffres dans la pratique. Ceci n'est pas souhaitable en ayant à l'esprit que les limites de confiance associées à l'évaluation des risques peuvent varier selon les circonstances. Les critères de risque sont strictement destinés à être utilisés comme directives uniquement et ne sont pas des exigences obligatoires. Des analyses de sensibilité devraient toujours faire partie intégrante de l'évaluation des risques.

La tolérabilité des risques est intrinsèquement liée à la perception publique du risque qui peut être influencée par l'éducation du public, la fourniture d'informations et le développement de la confiance dans l'adéquation du système de sécurité en place (Malone, 1997). Tout ceci fait partie de la communication des risques, qui est un élément constituant de la gestion des risques. Il peut également être possible d'évaluer la tolérabilité des risques par des techniques de sciences humaines.

Morgenstern (1997) a proposé l'utilisation d'une approche des cas historiques (précédents juridiques ou autres) pour synthétiser les perspectives sociales actuelles sur le niveau tolérable de risque de glissement de terrain. Ceci empêcherait que la pratique des professionnels de la géotechnique soit circonscrite par des critères de risque permis définis entièrement par les autres. Cependant, le contexte compliqué des cas individuels et les différentes valeurs sociales dominant dans différents pays à différents moments sont susceptibles de rendre cette approche très difficile à appliquer. Par exemple, le souvenir d'un désastre particulier de glissement de terrain peut ne pas durer très longtemps, si bien que la perception publique et la tolérabilité du risque dépendrait du rythme des principaux désastres de glissement de terrain (par exemple s'il y a eu un certain nombre d'années sans incident).

La QRA fournit une structure pour traiter directement des problèmes de risque. Les facteurs de sécurité des évaluations déterministes conventionnelles sont au mieux un indice basé sur l'expérience mais ils tendent à donner l'impression regrettable que l'évaluation est précise, alors qu'elle est réellement liée à un niveau arbitraire de conservatisme implicite dans les paramètres d'entrée qui varient parmi les concepteurs. Le risque est en fait un spectre continu. La question brûlante est de savoir quel est le niveau de risque résiduel et s'il est acceptable.

La communication des risques est un domaine délicat mais la communauté géotechnique ne doit pas s'en détourner. Cependant, le risque et la probabilité sont des concepts difficiles pour de nombreux ingénieurs, et davantage encore pour les profanes. Il y a beaucoup à apprendre des autres industries très engagées dans l'activité de gestion des risques, telles que les industries du pétrole et du gaz, à cet égard (par exemple la Royal Society (équivalent à l'Académie des sciences), 1983 & 1992 ; Health and Safety Executive (Bureau de la santé et de la sécurité), 1988 & 1999 ; Brinded, 2000). Il y a également de nombreuses possibilités pour que des ingénieurs travaillent avec des spécialistes des sciences humaines et des spécialistes des médias pour communiquer les réalités du risque de glissement de terrain au grand public.

Un tendance récente inquiétante se réfère à l'impact d'une société de plus en plus litigieuse. L'évaluation du risque est liée à la responsabilité juridique du citoyen ainsi qu'aux organisations. Le tribunal doit décider "sur la balance des probabilités", un citoyen ou une organisation a créé un risque dont les conséquences sont raisonnablement prévisibles. L'évaluation de ce risque et sa nature prévisible sont déterminées par le Juge sur les preuves disponibles et cette preuve inclut rarement une évaluation quantitative des risques. Il est difficile d'affirmer si une approche plus systématique du risque dans ces cas produirait une justice meilleure, en raison de sa nature souvent émotive (plutôt que logique). Il est encore plus incertain d'affirmer que cette approche entraînerait un sentiment de justice plus fort ; en ayant à l'esprit le niveau général de compréhension par le public des statistiques et des sciences impliquées. L'utilité de la QRA comme soutien

d'un procès n'est pas prouvée.

Un autre problème perçu repose sur le fait que si le risque a été évalué, le propriétaire prend effectivement une responsabilité supplémentaire puisqu'il a consciemment accepté le risque et ne peut plus prétendre ne pas savoir si quelque chose de défavorable se produit.

LIMITES DE LA QRA - RÉELLES OU APPARENTES ?

Dans le document présentant une vue d'ensemble rédigé par le Groupe de travail sur les glissements de terrain (IUGS Working Group on Landslides (1997)), un certain nombre de limites de l'évaluation des risques sont indiquées. Chaque limite (présentée en italique ci-après) est discutée tour à tour afin de mettre les problèmes en contexte :

- *Le contenu du jugement des éléments de toute évaluation peut entraîner des valeurs de risques évalués avec une incertitude inhérente considérable.*

L'incertitude associée à l'élément de jugement subjectif s'applique également à d'autres formes d'évaluation de génie géotechnique.

- *La variété des approches qui peuvent raisonnablement être adoptées pour évaluer le risque de glissement de terrain peut entraîner des différences significatives dans le résultat si le même problème est considéré séparément par différents praticiens.*

Il peut en être de même pour les problèmes traditionnels. Si l'évaluation est effectuée par des experts expérimentés et qualifiés, le résultat peut ne pas varier de manière significative (mais il n'y a certainement aucune garantie !). Si le résultat varie de manière significative, cela peut représenter un manque d'expérience de l'expert ou une connaissance limitée des processus. Avec la QRA, le jugement impliqué dans l'évaluation des sous-composants serait plus transparent et ceci tend à faciliter grandement la discussion d'éléments particuliers avec des différences principales de vue. En fait, il est généralement plus facile de parvenir à un consensus sur les incertitudes d'un paramètre plutôt que sur une valeur unique à prendre en considération pour la conception. L'expérience appropriée et une bonne compréhension des mécanismes impliqués sont essentielles pour la QRA réaliste ou pour toute évaluation.

- *La révision d'une évaluation peut entraîner une modification significative due à une augmentation des données, à une méthode différente ou à une modification des circonstances.*

Ceci s'applique également à d'autres formes d'évaluation de génie géotechnique. De manière générale, une évaluation successive tendra à produire des réponses meilleures que les précédentes, en particulier si les circonstances ont changé. Ce qui précède ne devrait pas être considéré comme une limite de la QRA. Il y a en fait des méthodologies formelles pour mettre à jour l'évaluation des risques et déterminer la valeur des informations supplémentaires.

- *L'incapacité à reconnaître un risque significatif et la sous-estimation consécutive du risque.*

Les risques significatifs peuvent être reconnus quelles que soient les formes d'évaluation. La QRA fournit une structure pour assister à l'identification de la plage des risques de manière structurée. Si un risque significatif n'est pas indiqué par la QRA, cela reflète l'état actuel des connaissances et l'expert, et non pas la technique de la QRA elle-même.

- *Les résultats d'une évaluation sont rarement vérifiables, bien qu'une révision par des pairs puisse être utile.*

L'omission de risques significatifs devrait apparaître lors de l'examen d'une QRA. La QRA peut parfois compléter d'autres approches, auquel cas il y a un certain type de contre-vérification. La révision par des pairs aidera à l'examen de l'évaluation, comme pour d'autres formes d'évaluation. La contre-analyse de cas bien documentés pour mettre à l'essai le modèle, ou une partie du modèle, peut accroître la confiance dans le modèle et le jugement émis. De manière générale, ceci ne devrait pas être une limite majeure de la QRA. Si la méthodologie de la QRA est considérée comme l'outil le plus approprié pour le problème particulier présent, alors la QRA représentera toujours la meilleure pratique.

- *La méthodologie n'est pas actuellement largement acceptée, et par conséquent il y a parfois une aversion vis-à-vis de son application.*

Il peut s'agir d'une contrainte sur la promulgation ultérieure de la QRA, bien qu'il ne s'agisse pas d'une limite de la méthodologie elle-même.

- *Il est possible que le coût de l'évaluation puisse l'emporter sur l'avantage de la technique dans la prise de décision, particulièrement lorsque des ensembles détaillés et complexes de données sont nécessaires.*

Il s'agit essentiellement d'avoir une approche raisonnée pour justifier l'évaluation. Il ne serait pas approprié d'appliquer la QRA à des problèmes de routine qui peuvent être correctement traités par des techniques conventionnelles. Cependant, il y a des situations plus compliquées qui garantissent l'utilisation de la méthodologie de la QRA pour compléter l'évaluation, auquel cas des coûts accompagneraient la réalisation d'une évaluation appropriée et la prise de décision sur le cours nécessaire des actions. Le fait que les coûts l'emporteront sur les avantages dépend des circonstances individuelles et il est nécessaire de trouver un bon équilibre. En évaluant la rentabilité, il peut être nécessaire de considérer les coûts direct et indirect de la rupture (c'est-à-dire que l'évaluation est erronée), le problème de la responsabilité, de la défense raisonnable, etc. Généralement, le coût de l'analyse ne constitue pas le principal coût. Le principal composant du coût est généralement l'acquisition des informations nécessaires qui peuvent être communes aux évaluations traditionnelles et des risques. De grandes quantités de données pour des analyse statistique ne sont pas nécessaires et sont souvent inappropriées pour la QRA.

- *Les critères de risques acceptables et tolérables pour les talus et les glissements de terrain ne sont pas bien établis..*

Pour les problèmes qui ne peuvent pas être raisonnablement traités par l'approche du Facteur de sécurité, par exemple les chutes de rochers, l'instabilité des coteaux naturels, etc., l'approche conventionnelle qualitative ou de jugement intègre de manière implicite certains jugements de valeur sur ce qui est acceptable et ce qui ne l'est pas. En fait, les facteurs cibles de sécurité impliquent également un certain niveau de risque résiduel bien que ceci ne soit pas évalué et pourrait varier entre les ingénieurs. Des guides de risque ont été développées pour les évaluations de barrages en Australie et au Canada et des guides provisoires ont été formulées pour les risques de glissement de terrain naturel à Hong Kong.

- *Il est difficile d'évaluer précisément le risque pour les événements à faible probabilité.*

Cette limite s'applique également à d'autres formes d'évaluation de génie géotechnique. Cependant, il existe des outils dans la QRA pour mieux traiter ces événements.

De manière générale, certaines des limites supposées de la QRA peuvent être considérées comme apparentes uniquement. La plupart ne se réfère pas exclusivement à la méthodologie de la QRA mais sont également communes à d'autres formes d'évaluation géotechnique. Ces limites perçues doivent par conséquent être considérées en contexte afin d'éviter une critique injuste de la QRA.

En général, il est inévitable que toute analyse, qu'elle soit élaborée ou simplifiée, soit invalidée par de fausses hypothèses, en particulier en raison de facteurs clés tels que des modèles géologiques inadéquats ou incorrects (par exemple la présence non prise en compte de lignes de jonction faibles orientées défavorablement dans le talus). La QRA n'est pas exempte de ces défauts.

S'il y a un manque sérieux de données et qu'une extrapolation brute de la base de données empiriques est nécessaire, alors l'exactitude apparente impliquée par le résultat de la QRA peut être plus néfaste que bénéfique et la QRA peut ne pas être un bon outil dans ces circonstances.

Morgenstern (1995) a également mis en garde contre l'influence des erreurs humaines. Le sujet des erreurs humaines a été abondamment étudié dans le domaine de l'évaluation traditionnelle des risques, essentiellement par rapport aux aspects opérationnels. S'il y a des erreurs humaines impliquant l'utilisation d'une dimension incorrecte d'un mur de soutènement pour analyse ou d'un modèle géologique inapproprié, alors il s'agit de problèmes professionnels (et juridiques) potentiels mais une fois encore ces derniers auront des impacts sur toute autre forme d'évaluation de génie géotechnique, pas seulement sur la QRA. Évidemment, le cœur des préoccupations repose sur le fait que les problèmes concernés sont imprévus ou imprévisibles étant donné les contraintes pratiques, les standards industriels et l'état actuel des connaissances. Dans la pratique, les protections contre les erreurs humaines incluent des systèmes d'Assurance Qualité, des contrôles indépendants des hypothèses de conception, la supervision des procédures critiques au cours de la construction par un personnel expérimenté, l'adoption de spécifications de construction appropriées, l'utilisation de méthodes appropriées contractuelles d'approvisionnement, etc.

EXEMPLES DE CAS

La QRA a été appliquée sur un certain nombre de zones par rapport aux glissements de terrain. Celles-ci incluent :

- (a) Évaluation globale des risques pour quantifier le risque total afin de faciliter la mesure des performances d'un système et déterminer la réduction optimale des risques pour différents composants.

- (b) Évaluation des risques spécifiques au site afin d'évaluer les risques et le niveau de risque sur un site donné et examiner les mesures appropriées de réduction des risques.
 - (c) Évaluation relative des risques impliquant la détermination de la priorité des actions.
 - (d) Développement d'une structure technique pour l'évaluation des coteaux naturels.
- Un certain nombre d'exemples de cas sont présentés ci-après afin d'illustrer l'application des techniques de la QRA pour traiter les problèmes réels.

Cas N° 1 - QRA globale de rupture de talus artificiels anciens à Hong Kong

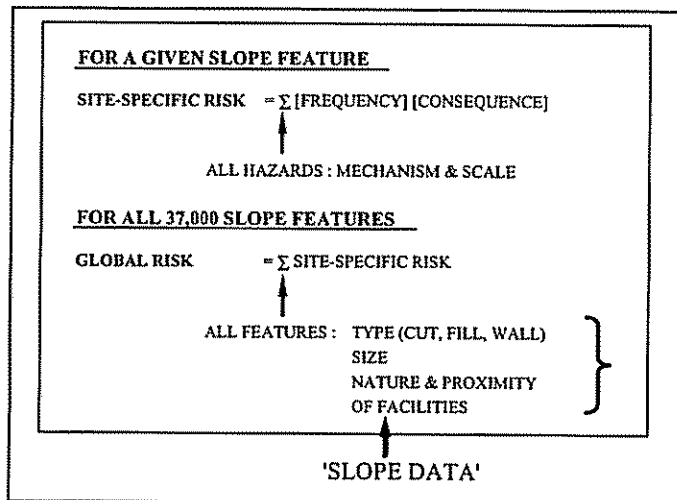


Figure 8 : Global QRA framework for man-made slopes in Hong Kong

Une QRA globale de glissement de terrain a été réalisée pour évaluer le risque global présenté par des talus artificiels anciens (environ 37 000) à la communauté de Hong Kong. Descriptions détaillées dans Wong et al (1997) et Wong & Ho (1998a).

Le modèle de risque adopté reproduit les différents types de talus de différentes hauteurs, les mécanismes et l'échelle de rupture. Par exemple, dans le cas de talus en remblai anciens construits sans contrôle géotechnique approprié, différents mécanismes de rupture (à savoir la liquéfaction statique, l'affouillement par érosion et glissement) ont été distingués. Les taux de rupture associés aux différents risques (un type particulier de talus avec un mécanisme donné de rupture d'un certain

volume de rupture) peuvent être évalués par référence aux statistiques disponibles de rupture puisque Hong Kong est "riche en données" sur les glissements de terrain (Wong & Ho, 2000). Le modèle généralisé de conséquences tel qu'il est décrit ci-dessus a été formulé afin d'évaluer la mobilité des débris de glissement de terrain et la vulnérabilité des installations affectées.

Les détails des caractéristiques de base des talus (incluant le type et la proximité des installations affectées) peuvent être obtenus sur le catalogue exhaustif comptant tous les talus artificiels importants et les murs de soutènement à Hong Kong. Cette information peut être appliquée à la structure de la QRA globale afin d'évaluer le risque total ainsi que les composants du risque en intégrant les modèles de risque et de conséquence (Figure 8).

Le profil de risque indiqué à la Figure 9 indique qu'environ la moitié du risque global résulte d'environ 10 % de la population des talus qui présente un risque potentiel supérieur (Wong & Ho, 1998). Ceci illustre que la revalorisation d'une proportion relativement faible des talus anciens présentant le risque potentiel le plus élevé entraînerait une réduction importante du risque global. Ceci souligne également l'importance d'un système de classement approprié basé sur les risques indiquant par priorité les actions préventives de glissement de terrain afin d'assurer que l'effort de réduction des risques se fait de manière rentable. Ces informations peuvent s'avérer utiles pour prendre des décisions politiques sur l'étendue nécessaire des travaux de revalorisation pour les talus anciens inférieurs aux standards.

À partir de l'évaluation globale, différents composants du risque peuvent également être évalués, par exemple le pourcentage du risque total dû à différents types de talus, certains types d'installations tels que les routes, les talus d'une certaine plage de hauteur, etc. Ces informations peuvent fournir des éclaircissements sur la composition et la répartition du risque total, qui ne peuvent pas être obtenus par un calcul conventionnel d'équilibre des limites.

Avec les techniques de la QRA mentionnées ci-dessus, le nombre moyen théorique de victimes annuelles peut désormais être prévu de manière suffisamment précise pour déterminer les tendances à long terme et prévoir les performances futures ainsi que pour quantifier l'efficacité des actions de réduction des risques au cours du temps.

Le risque total de glissement de terrain déduit du modèle de la QRA globale est désormais utilisé comme mesure de base par laquelle le Gouvernement HKSAR mesure les performances à long terme de son système

de sécurité des talus. Les calculs de la QRA globale indiquent que d'ici à l'année 2000, le risque global de glissement de terrain des talus artificiels importants aura diminué d'environ 50 % par rapport à celui qui existait lorsque le Bureau du génie géotechnique (Geotechnical Engineering Office) a été établi en 1977. Les calculs de risque indiquent également, avec le système de sécurité des talus désormais en place, que le risque présenté par les talus artificiels anciens serait réduit d'ici à l'année 2010 à moins de 25 % par rapport à 1977.

Les calculs de rentabilité indiquent que les investissements effectués en ce qui concerne le nombre prévu

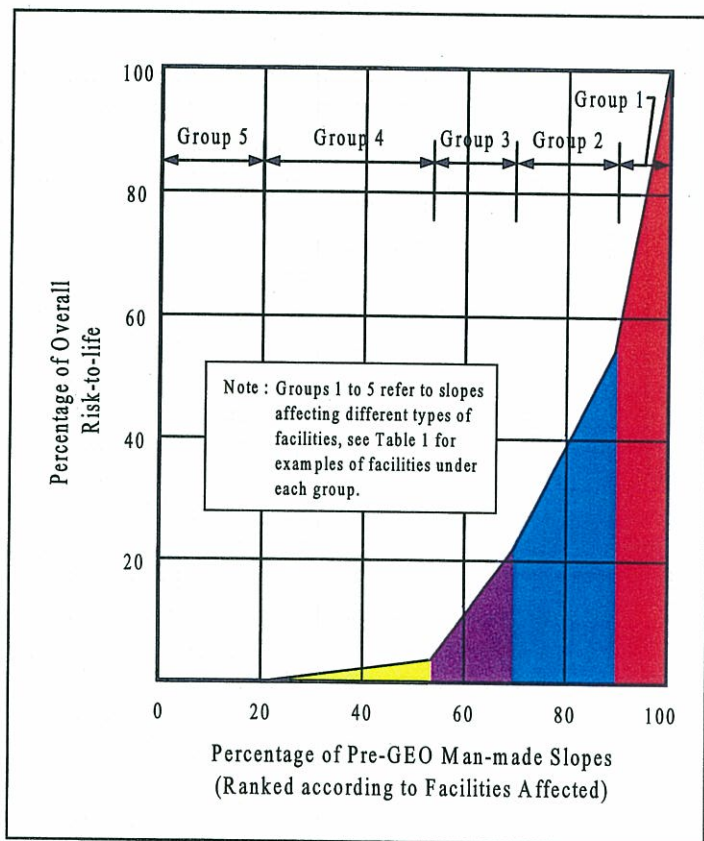


Figure 9 : Risk Profile of 37,000 old man-made slopes and retaining walls in Hong Kong

standards actuels requis a été effectuée en utilisant la méthodologie standard de la QRA (Wong & Ho, 1998b).

Pour l'étude de la QRA, il fallait établir un modèle afin de reproduire le comportement probable des talus sous une charge sismique. La sismicité de Hong Kong a été évaluée sur la base des données de séisme disponibles instrumentales et macrosismiques en utilisant une analyse conventionnelle de risque sismique afin de déterminer les périodes de retour pour différentes accélérations de crête au sol (PGA) dans la roche solide. Sur la base d'une analyse dynamique des réactions, l'agrandissement associé aux ruptures locales a été considéré à 60 %. Les amplifications possibles des déplacements de sol dus aux effets possibles de réaction du site du matériel de fondation n'ont pas été considérées dans cette étude étant donné que la plupart des talus artificiels dans les zones développées de Hong Kong ne reposent pas sur des sols tendres.

La réponse des talus lorsqu'ils sont soumis à un séisme a été examinée en utilisant le concept d'accélération critique (c'est-à-dire en déterminant l'accélération nette sous laquelle la masse de sol parviendrait un état d'équilibre de limite selon une analyse pseudo-statique). Les relations entre l'accélération critique et le Facteur statique de sécurité (F_s) pour les talus en remblai et en fouille typiques à Hong Kong ont été déduites d'un point de vue analytique.

Lorsque l'accélération imposée sur la masse de sol dépasse son accélération critique, un déplacement se produit puisque la force perturbatrice nette est supérieure à la force nette de résistance. Des corrélations publiées ont été utilisées afin d'estimer l'ordre probable des déplacements sismiques de talus.

À l'exception des cas de très fortes chutes de pluie, le niveau de saturation de la majorité des talus à Hong Kong est généralement assez faible et la résistance au cisaillement non saturée dominante fournira une marge

de vies sauvées à la suite des efforts du système de sécurité des talus s'élève à environ 20 millions \$HK (environ 2,5 millions \$US) par vie statistique. Ce chiffre s'approche de l'extrémité inférieure de la plage typique de valeurs utilisée dans la gestion des risques des installations technologiques potentiellement dangereuses dans la pratique mondiale actuelle. Sur cette base, l'investissement pour la sécurité des talus peut être considéré comme rentable.

Cas N° 2 - QRA des ruptures des talus artificiels à Hong Kong provoquées par un séisme

La grande majorité des glissements de terrain dans les talus en remblai et en fouille à Hong Kong sont déclenchés par de fortes chutes de pluies. Dans la pratique géotechnique actuelle à Hong Kong, aucune disposition explicite n'est prise pour la charge sismique dans la conception de talus de routine. Une évaluation préliminaire du risque des glissements de terrain provoqués par un séisme dans les talus conçus aux

supplémentaire de sécurité par rapport à celle calculée en prenant pour hypothèse la force entièrement saturée conventionnellement utilisée dans les pratiques actuelles de conception de talus à Hong Kong. La probabilité pour les talus d'avoir différents niveaux de saturation lors d'un séisme, qui se produit de manière aléatoire et n'a qu'une très courte durée, a été examinée en utilisant une analyse simplifiée basée sur l'approche par bandes d'humectation et la considération des données de chutes réelles de pluie. Dans l'évaluation, les chutes de pluie de seuil probables nécessaires pour amener un talus typique à un niveau significatif de saturation de sol ont été prévues et la fréquence d'occurrence de chute de pluie dépassant les valeurs prévues de seuil a été déterminée. Les conclusions suggèrent que la probabilité de niveau faible, modéré et élevé de saturation du sol dominant lors d'un séisme à Hong Kong peut être considérée à 95 %, 4,5 % et 0,5 % respectivement. Une évaluation a également été faite en ce qui concerne la marge supplémentaire de stabilité dans les talus non saturés typiques à Hong Kong en prenant pour hypothèse les aspirations du sol telles qu'elles sont mesurées sur le terrain. Les résultats suggèrent que la marge supplémentaire typique de stabilité due à l'aspiration peut être considérée comme correspondant à une augmentation de F_s de 0,3 et 0,15 pour les niveaux faibles et modérés de saturation respectivement.

Des déplacements sismiques différents auront des impacts sur les talus à un niveau différent et les conséquences correspondantes de la rupture de talus varieront également. La plage des risques de glissement de terrain provoqués par un séisme considérés dans la QRA sont classés en quatre modes de rupture (Figure 10), comme suit :

- (a) rupture globale de talus (désignée par OF),
- (b) déformation globale de talus avec rupture localisée de talus (désignée par OD),
- (c) rupture localisée de talus (désignée par LF), et

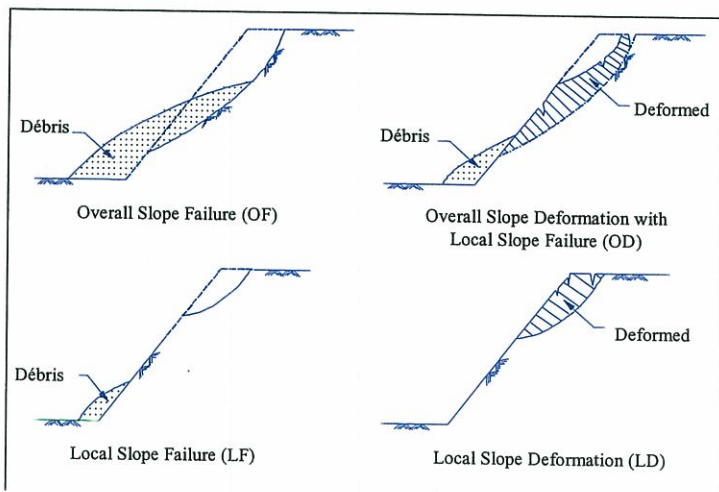


Figure 10 : Mode of seismic-induced slope instability assumed in QRA

- (d) déformation localisée de talus (désignée par LD).

Les critères de déclenchement d'une rupture peuvent être exprimés en termes de rapport entre la PGA et l'accélération critique pour chacun des modes de rupture. Les déclenchements de rupture ont été déduits par référence aux caractéristiques de réactions dynamiques du talus et à la plage probable de déplacements sismiques de talus.

Évaluation de la fréquence

Les valeurs d'accélération critique dépendront du type de talus et des facteurs dominants de sécurité. Sont considérés les talus en fouille typiques et les talus en remblai compacts avec des valeurs F_s de conception d'1,4, 1,2 et 1,1

respectivement qui sont conformes aux standards actuels requis de sécurité pour les différentes installations.

Sur la base des critères de déclenchement des ruptures ainsi que de la relation entre la période de retour et l'accélération de crête au sol, les fréquences annuelles d'occurrence des valeurs respectives d'accélération de crête au sol déclenchant une rupture peuvent être calculées (Tableau 2).

Des arborescences simplifiées de défauts ont été utilisées pour représenter l'occurrence des différents modes de rupture provoquée par un séisme pour les talus avec différents niveaux de saturation. Un exemple d'arborescence de défauts est illustré à la Figure 3.

Évaluation des conséquences

En analysant les conséquences des ruptures, il est fait référence à la fois aux données historiques disponibles de glissement de terrain ainsi qu'au modèle généralisé des conséquences de glissement de terrain et aux résultats de la QRA globale pour la rupture de talus artificiels anciens à Hong Kong tels qu'ils sont décrits ci-dessus.

Tableau 2 : Fréquence d'occurrence des niveaux de la PGA déclenchant différents modes de ruptures

Marge de Facteur statique de sécurité	Mode de rupture	Plage de la PGA pour différents modes de ruptures (g)	Période de retour, T (années)	Fréquence annuelle d'occurrence, f
10 %	OF	> 0,084	> 500	• 2,000 x 10 ⁻³
	OD	0,06 - 0,084	150 - 500	4,667 x 10 ⁻³
	LF	0,053 - 0,06	100 - 150	3,333 x 10 ⁻³
	LD	0,038 - 0,053	30 - 100	2,333 x 10 ⁻²
20 %	OF	> 0,168	> 5 500	• 1,818 x 10 ⁻⁴
	OD	0,12 - 0,168	1 600 - 5 500	4,432 x 10 ⁻⁴
	LF	0,106 - 0,12	1 150 - 1 600	2,446 x 10 ⁻⁴
	LD	0,076 - 0,106	350 - 1 150	1,988 x 10 ⁻³
40 %	OF	> 0,308	> 120 000	• 8,333 x 10 ⁻⁶
	OD	0,22 - 0,308	18 000 - 120 000	4,722 x 10 ⁻⁵
	LF	0,194 - 0,22	10 000 - 18 000	4,444 x 10 ⁻⁵
	LD	0,139 - 0,194	3 000 - 10 000	2,333 x 10 ⁻⁴

Légende : OF signifie rupture globale
 OD signifie déformation globale avec rupture locale de talus
 LF signifie rupture locale
 LD signifie déformation locale de talus
 PGA signifie accélération de crête au sol

$$f = \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

Calculs des risques

Les résultats des analyses de fréquence et de conséquence pour les différents risques peuvent s'associer afin de donner les composants de risque qui peuvent s'ajouter les uns aux autres pour donner le risque global associé aux différents modes de rupture.

Afin de mettre en contexte le risque évalué de glissements de terrain sismiques, les niveaux de risque calculés peuvent être comparés au risque de glissements de terrain provoqués par les pluies de talus artificiels anciens inférieurs aux standards. Les résultats indiqués au Tableau 3 semblent indiquer que le risque de glissement de terrain provoqué par un séisme pour les talus techniques ne constitue qu'une faible proportion du risque créé par les ruptures provoquées par la pluie de talus anciens (c'est-à-dire non conçus aux standards actuels de sécurité). Les résultats de risque soutiennent l'approche actuelle par le Gouvernement HKSAR qui dirige ses efforts vers l'étude et la revalorisation de talus artificiels anciens, plutôt que d'entreprendre une évaluation supplémentaire de stabilité et un rattrapage sismique des talus qui sont conformes aux standards actuels requis de sécurité.

Les conclusions de la QRA indiquent que le risque de glissement de terrain provoqué par un séisme sur des talus qui sont conformes aux standards actuels de conception est inférieur d'un à trois ordres de magnitude au risque présenté par les glissements de terrain provoqués par les pluies sur des talus anciens. Il semblerait par conséquent que les standards actuels de conception pour les talus suffisent généralement à maintenir le risque global de ruptures provoquées par un séisme sur des talus nouveaux ou modifiés à un niveau relativement faible et les efforts devraient continuer à se concentrer sur l'amélioration de talus artificiels anciens qui sont susceptible de présenter des ruptures déclenchées par des chutes de pluie.

La structure de la QRA qui s'est étendue au-delà de l'évaluation conventionnelle du risque sismique, a apporté des éclaircissements supplémentaires que les évaluations conventionnelles ne peuvent indiquer.

Tableau 3 : Comparaison des risques de glissements de terrain provoqués par des chutes de pluie et des séismes respectivement

(a) Talus en fouille		
Facteur de sécurité	Bâtiments	Routes
1,4	$2,862 \times 10^{-7}$ ($\approx 0,08 \%$)	S/O
1,2	$2,21 \times 10^{-6}$ ($\approx 0,7 \%$)	$1,66 \times 10^{-6}$ ($\approx 0,7 \%$)
1,1	S/O	$7,279 \times 10^{-6}$ ($\approx 2,9 \%$)

Nota : Le chiffre indiqué entre parenthèses est le rapport entre le risque de rupture entraînée par un séisme pour les talus en fouille techniques et le risque de rupture entraînée par les pluies pour les talus en fouille anciens inférieurs aux standards.

(b) Talus en remblai		
Facteur de sécurité	Bâtiments	Routes
1,4	$1,721 \times 10^{-6}$ ($\approx 0,9 \%$)	S/O
1,2	$5,459 \times 10^{-6}$ ($\approx 2,9 \%$)	$7,278 \times 10^{-7}$ ($\approx 2,7 \%$)
1,1	S/O	$1,903 \times 10^{-6}$ ($\approx 7 \%$)

Nota : Le chiffre indiqué entre parenthèses est le rapport entre le risque de rupture entraînée par un séisme pour les talus en remblai techniques et le risque de rupture entraînée par les pluies pour les talus en remblai inférieurs aux standards.

Cas N° 3 - QRA spécifique au site pour les villages illicites de Lei Yue Mun, Hong Kong



Figure 11 : The August 1995 landslides affecting the Lei Yue Mun squatter villages

Le troisième exemple concerne une QRA spécifique au site qui est décrite par Hardingham et al (1998).

Les faces de carrière abandonnées des talus sur les flancs des villages illicites de Lei Yue Mun se trouvent entre 20 m et 40 m de hauteur, généralement entre 65° et 80° . Le terrain naturel granitique est incliné à environ 35° et s'élève environ 200 m au-dessus des cabanes illicites. Les faces de carrière abandonnées et le coteau (avec une couverture de colluvion variable et des signes d'érosion en nappes et en ravins) ont fait l'objet d'un historique d'instabilité. Un certain nombre de glissements de terrain significatifs

survenus lors de grandes pluies torrentielles en août 1995 a sérieusement endommagé les habitations illicites mais il n'y a pas eu de victimes (Figure 11). Le risque de glissement de terrain a été quantifié pour aider à la prise de décision en ce qui concerne l'étendue du relogement des squatters (habitants des villages illicites). L'approche adoptée pour l'étude est illustrée à la Figure 12.

Le travail s'est composé de deux parties principales : une étude géotechnique et une évaluation des

risques. L'étude géotechnique avait pour objet de déterminer la fréquence des événements de glissement de terrain dans le domaine de l'étude et d'estimer le risque associé. Ceci a impliqué trois étapes :

- (a) établissement d'une base de données de 115 glissements de terrain sur le site, compilée à partir de photographies aériennes, des registres de glissement de terrain et des inspections sur le terrain,
- (b) considération de plusieurs types de glissement de terrain de différents mécanismes et échelles probables de rupture, c'est-à-dire glissements de débris, chutes de pierres et ruptures de talus en remblai/fouille des villages illicites et selon la dimension, à savoir petite (<50 m³), moyenne (50-500 m³), grande (500-1 000 m³), très grande (1 000-5 000 m³) et extrêmement grande (>5 000 m³), et
- (c) détermination de la fréquence de chaque type de glissement de terrain.

La fréquence a été essentiellement évaluée à partir de l'historique des ruptures, avec des "facteurs de reconnaissance" appliqués aux glissements de terrain petit à moyen, c'est-à-dire les nombres étaient ajustés de manière à représenter le fait que certaines de ces ruptures moindres auraient pu ne pas être prises en compte par l'interprétation des photographies aériennes. Les fréquences de rupture globale ont été alors réparties sur l'espace sur les talus dans le site dans des segments de 20 m par un système de définition des talus (qui a pris en considération la géométrie du talus, la présence de lignes de drainage, les matériels formant des talus et les performances passées) selon un plan de pondération relative.

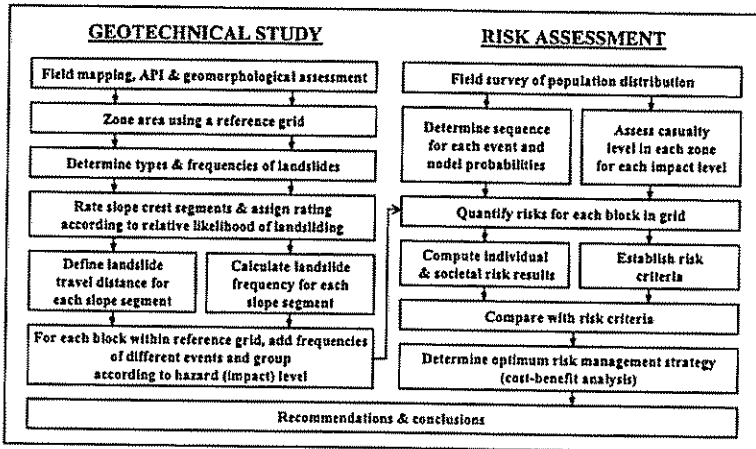


Figure 12 : Overall approach to the QRA study at Lei Yue Mun

Les conséquences des glissements de terrain ont été définies en termes de trois groupements différents de risque, chacun avec son propre niveau de victimes associées. Les groupements des risques ont pris en considération le type de glissements de terrain et la distance de déplacement des débris ainsi que la proximité des habitations. Les distances de déplacement des débris ont été évaluées à partir de la base des données des glissements de terrain en utilisant le concept d'angle de déplacement (Wong & Ho, 1996).

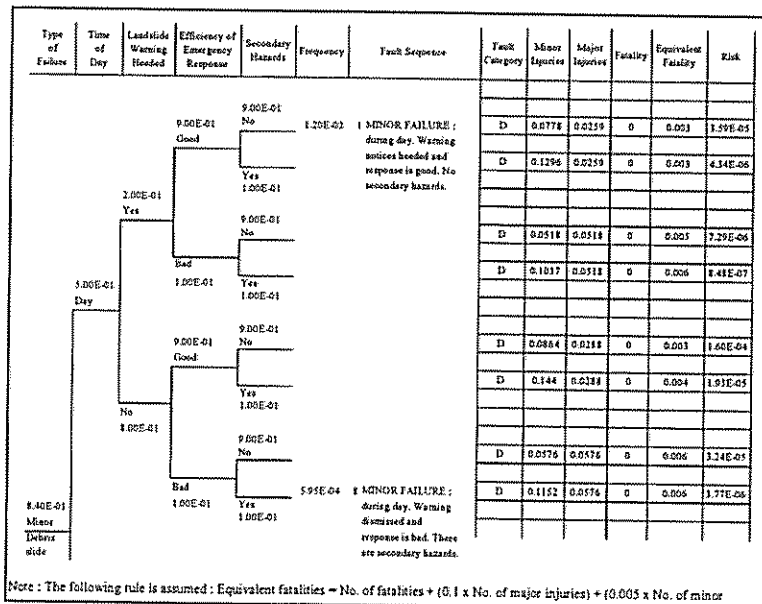


Figure 13 : Extract of an event tree for the Lei Yue Mun QRA

L'évaluation des risques a utilisé des données d'étude géotechnique pour calculer à la fois les risques individuels et sociaux sur les squatters. Afin de calculer les risques, les habitations ont été regroupées dans des blocs de 20 m sur 20 m selon une grille de référence. Le nombre de personnes et la présence temporelle dans chaque bloc ont été déterminées à partir d'une étude démographique, et une arborescence des événements a été générée pour chaque bloc en utilisant les techniques standard de la QRA. Au total, 130 segments de talus, 5 fréquences pour les risques appropriés de glissement de terrain et 149 blocs de référence ont été considérés. Une Arborescence des événements a été générée pour chacun des blocs de référence, qui retraçait les différents scénarios crédibles en considérant le

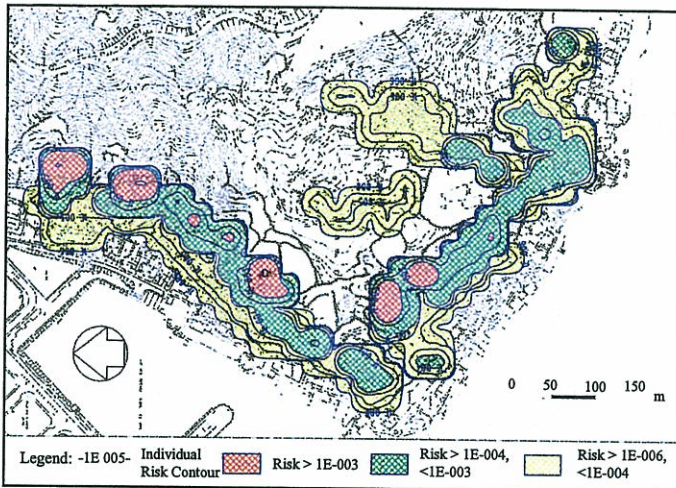


Figure 14 : Individual risk contours for the Lei Yue Mun squatter villages

Mun. Les critères proposés de risque individuel s'étendaient d'une limite supérieure (inacceptable) de 1×10^{-4} à une limite inférieure (acceptable) de 1×10^{-6} .

Les résultats de la QRA indiquent qu'une large partie de la zone illicite se trouvait dans la région

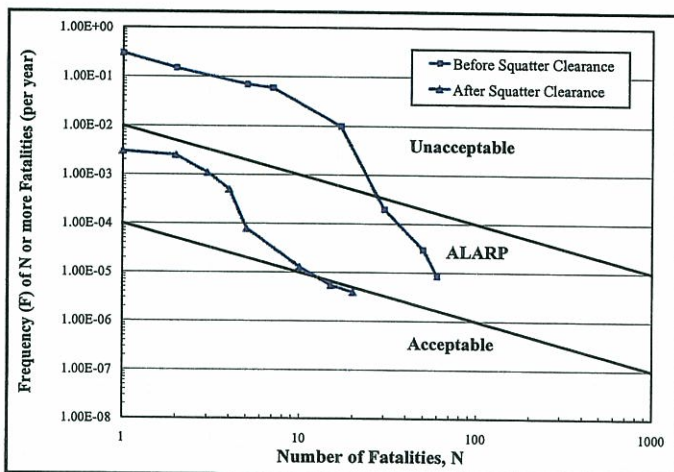


Figure 15 : Societal risk for the Lei Yue Mun squatter villages

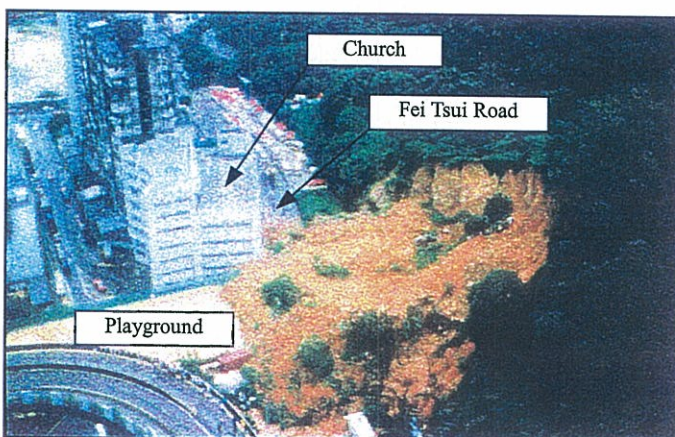


Figure 16 : The 13 August 1995 landslide at Fei Tsui Road, Hong Kong

groupement des risques, le rythme des ruptures, les réactions aux alarmes de glissement de terrain, le niveau des services d'urgence, les risques secondaires, etc. (Figure 13). Des analyses de sensibilité ont également été effectuées afin de considérer les différentes hypothèses sur la répartition de la population.

En intégrant le modèle des risques, l'évaluation des fréquences et l'évaluation des conséquences, les niveaux de risque individuels sur différents emplacements ont été calculés et tracés. Des critères d'acceptation des risques spécifiques au site ont été déterminés par une analyse des différents critères d'acceptation de sécurité et la considération de la situation impliquant les villages illicites de Lei Yue

inacceptable en termes de risque individuel (Figure 14). Le risque social évalué (Figure 15) a également été considéré comme inacceptable. Les calculs de risque démontrent par ailleurs que si les résidents des villages illicites dans la zone dont l'évacuation est recommandée sont relogés, le risque social se réduira à la zone ALARP. Les calculs de rentabilité indiquent que les résidents dans les zones où le risque de glissement de terrain se trouvait dans la région ALARP ne justifiaient pas un relogement immédiat.

La quantification des risques associés aux risques de glissement de terrain en utilisant une structure formelle de la QRA a fourni une base rationnelle aux décisions à prendre sur la réduction des risques ou l'évacuation dans ce cas. Les résultats de la QRA ont permis l'étalonnage du jugement d'expert sur l'étendue de l'évacuation demandée. Le nombre important de glissements de terrain ultérieurs dans cette étude a fourni une base raisonnable à l'évaluation des fréquences et des conséquences des ruptures potentielles pour la quantification des risques, sans nécessiter d'analyses probabilistes plus sophistiquées et des études détaillées du sol.

Cas N° 4 - QRA spécifique au site du glissement de terrain de la Route Fei Tsui, Hong Kong en 1995

Le quatrième exemple concerne une QRA spécifique au site qui est décrite par Wong et al (1997). Le modèle généralisé de conséquences développé par Wong et al (1998) a été utilisé pour contre-analyser la conséquence théorique du glissement de terrain de la Route Fei Tsui qui s'est produit très tôt le 13 août 1995 avec un volume de rupture d'environ 14 000 m³ (Figure 16). La route face au talus a été totalement engloutie par les débris de glissement de terrain sur environ 6 m d'épaisseur (Figure 17). L'incident a fait une victime et un blessé. Cette rupture est significative à Hong Kong dans le sens où le talus (comprenant des pierres volcaniques exposées aux intempéries) a été évaluée au préalable par un certain nombre de professionnels provenant de différentes organisations à différents moments mais l'échelle et le mode de la rupture qui s'est effectivement produite, qui a été essentiellement contrôlée par une couche altérée de force faible et étendue, de tuf riche en kaolinite, n'ont pas été anticipés. Il s'agissait également de la plus grande rupture de talus en fouille depuis le début des registres systématiques de glissement de terrain à Hong Kong en 1984.

Le modèle théorique de conséquence prévoit un nombre moyen de quatre victimes dues au glissement de terrain donné. Cette évaluation illustre la nature de l'incident "évitée de justesse" dans le sens où si le

glissement de terrain s'était produit durant la journée, au lieu de 1h15, avec beaucoup plus de circulation sur la route et probablement pendant des cours dans le jardin d'enfants au sous-sol de l'église de l'autre côté de la route, le nombre de victimes aurait été beaucoup plus important. Ceci souligne la difficulté d'extrapoler les données historiques en l'absence d'une structure rationnelle. La considération des chiffres effectifs de victimes ne permet pas de faire des progrès dans la compréhension des conséquences possibles de glissements de terrain dans une structure basée sur les risques.

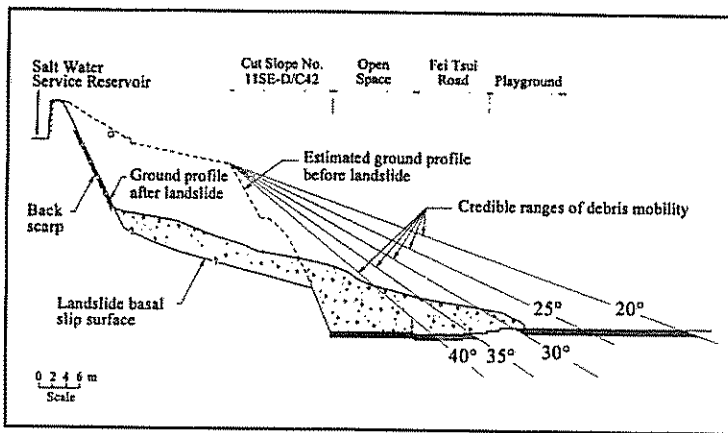


Figure 17 : Cross-section through the 1995 Fei Tsui Road landslide

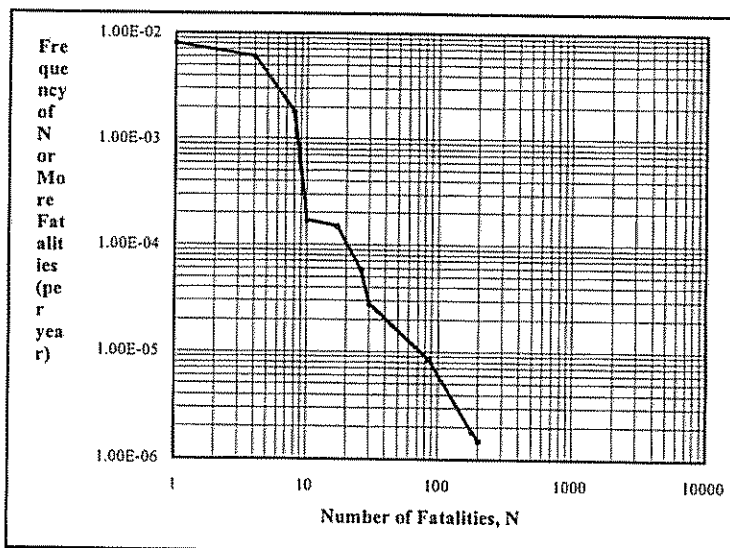


Figure 18 : Societal risk associated with the 13 August 1995 Fei Tsui Road landslide

Le niveau de risque social présenté pour la communauté affectée est reproduit par la courbe F-N pour le glissement de terrain (Figure 18), sur la base des hypothèses émises en ce qui concerne les différents scénarios crédibles et la présence temporelle associée de la population. Des détails sur la déduction de la courbe F-N ont été expliqués par Wong et al (1997).

En utilisant le modèle généralisé de conséquence, il a été possible d'examiner les conséquences prévues si le même glissement de terrain devait se produire le long d'une route qui est beaucoup plus fréquentée que la Route Fei Tsui. Les résultats sont illustrés au Tableau 4 et illustrent l'étendue prévue des dommages pour les routes à différents niveaux de circulation.

Tableau 4 : Résultats de l'évaluation des conséquences pour le glissement de terrain de la Route Fei Tsui, Hong Kong en 1995

Installation affectée	N° du groupe d'installations (PLL de Référence)	Vulnérabilité vis-à-vis de la mort dans le cas d'impact de débris	Facteur d'échelle pour dimension effective de glissement de terrain	PLL	Proportion de PLL totale
Espace ouvert	Groupe 5 (0,001)	0,95	90/10 = 9	0,01	0,2 %
Route Fei Tsui	Groupe 3 (0,25)	0,85	90/10 = 9	1,91	47,9 %
Église Baptiste (+ jardin d'enfants)	Groupe 1 (3 * 2)	0,17	20/10 = 2	2,04	51,4 %
Cours de récréation	Groupe 4 (0,03)	0,15	50/10 = 5	$\frac{0,02}{\Sigma=3,98}$	0,5 %

Notae : (1) Le groupement des installations et le PLL de référence sont extraits du Tableau 1.
(2) Un facteur de victime multiple de 2 est considéré comme approprié pour le type de bâtiment considéré.
(3) Les facteurs de vulnérabilité ont été évalués en utilisant la structure décrite par Wong et al (1997).
(4) À titre d'illustration, le PLL calculé pour la Route Fei Tsui est indiqué comme suit :
 $PLL = 0,25 * (90/10) * 0,85 = 1,9$ (étant donné que la largeur du glissement de terrain était de 90 m)
(5) Si la route affectée était une route du Groupe 2, alors $PLL = 1 * 9 * 0,85 = 7,6$
[c'est-à-dire (PLL de référence) (définition de l'échelle de la dimension de rupture) (définition de l'échelle de la vulnérabilité)]
(6) Si la route affectée était une route du Groupe 1, alors $PLL = 3 * 9 * 0,85 = 23$

Cas N° 5 - QRA relative pour le classement des talus anciens en remblai à Hong Kong

Le cinquième exemple concerne l'utilisation de concepts de la QRA à des fins de classement par ordre de priorité basé sur les risques. Le nouveau système de classement par priorité pour les talus en remblai

développé par le Bureau du génie géotechnique (Geotechnical Engineering Office) se présente sous la forme d'un système de notation (Figure 19) qui reproduit le risque relatif présenté par les talus anciens en remblai (Wong, 1998). Le système s'appuie sur une analyse détaillée des registres disponibles de rupture en ce qui concerne plus particulièrement les mécanismes de rupture des talus en remblai et les facteurs affectant la probabilité et la conséquence de la rupture respectivement. Trois mécanismes de rupture sont reconnus, à savoir le glissement (ou affouillement mineur), la liquéfaction et l'affouillement majeur (c'est-à-dire rupture mobile impliquant une décharge concentrée d'eaux superficielles entraînant un affouillement et une érosion). Pour chaque mécanisme de rupture, une Note d'instabilité et une Note de conséquence sont déduites pour chaque talus. La Note d'instabilité représente la probabilité d'occurrence des mécanismes de rupture, sur la base de la corrélation avec les données historiques de rupture de talus. La Note de conséquence correspond aux victimes potentielles (c'est-à-dire le nombre estimé de victimes pour une rupture donnée) évaluée en appliquant le modèle de conséquence décrit par Wong et al (1997) pour le mécanisme correspondant de rupture.

Slope Data		SIFT No.:	SIFT Class:
Slope No.:			
Slope Height, H = _____ m	Crest Wall Height, H _{cw} = _____ m		
Slope Angle, θ = _____ °	Crest Wall Height, H _{cw} = _____ m		
SIFT Section Profile No.	Part of Larger Fill Body: Yes / No		

Instability Score (IS)		(IS = a.b.c.d.f.g =)
Sliding		
(a) Terminology (From Figure C1)	(c) Surface Drainage Emission	(e) Disturbance
S1 = 32	No = 2	Major = 1
S2 = 16	Yes = 1	Minor = 2
S3 = 8		No = 1
S4 = 4	(d) Signs of Seepage	(f) Signs of Distress
S5 = 2	Yes = 2	No = 1
S6 = 1	No = 1	Yes = 4
	(e) External Loading Services	No = 1
	Loading = 2	
	Presence = 1.5	
	None = 1	
(b) Type of Surface Cover		
Bare = 4		
Vegetated = 3		
Chomass = 1.5		
Shoreline = 1		
Liquefaction		
(h) Slope Height	(i) Type of Surface Cover	
≥ 50 m = 4	Bare = 1.1	
≥ 20 - < 50 = 3	Vegetated = 1.1	
≥ 10 - < 20 = 1	Chomass = 0.5	
< 10 m = 0.5	Shoreline = 0.25	
Major Washout		
(j) Detachment Characteristics, Topographic Setting and Size of Catchment	(k) Type of Crest Facility	
	Road	
	Platform & Urban development	
	Catch-water	
	Minor Development eg. Rural Footpath	
	Normal	
	1.0	0.5
	0.5	0.25
	0.25	0.10
	0.10	0.05
	0.05	0.02
	0.02	0.01
	0.01	0.005
	0.005	0.002
	0.002	0.001
	0.001	0.0005
	0.0005	0.0002
	0.0002	0.0001
	0.0001	0.00005
	0.00005	0.00002
	0.00002	0.00001
	0.00001	0.000005
	0.000005	0.000002
	0.000002	0.000001
	0.000001	0.0000005
	0.0000005	0.0000002
	0.0000002	0.0000001
	0.0000001	0.00000005
	0.00000005	0.00000002
	0.00000002	0.00000001
	0.00000001	0.000000005
	0.000000005	0.000000002
	0.000000002	0.000000001
	0.000000001	0.0000000005
	0.0000000005	0.0000000002
	0.0000000002	0.0000000001
	0.0000000001	0.00000000005
	0.00000000005	0.00000000002
	0.00000000002	0.00000000001
	0.00000000001	0.000000000005
	0.000000000005	0.000000000002
	0.000000000002	0.000000000001
	0.000000000001	0.0000000000005
	0.0000000000005	0.0000000000002
	0.0000000000002	0.0000000000001
	0.0000000000001	0.00000000000005
	0.00000000000005	0.00000000000002
	0.00000000000002	0.00000000000001
	0.00000000000001	0.000000000000005
	0.000000000000005	0.000000000000002
	0.000000000000002	0.000000000000001
	0.000000000000001	0.0000000000000005
	0.0000000000000005	0.0000000000000002
	0.0000000000000002	0.0000000000000001
	0.0000000000000001	0.00000000000000005
	0.00000000000000005	0.00000000000000002
	0.00000000000000002	0.00000000000000001
	0.00000000000000001	0.000000000000000005
	0.000000000000000005	0.000000000000000002
	0.000000000000000002	0.000000000000000001
	0.000000000000000001	0.0000000000000000005
	0.0000000000000000005	0.0000000000000000002
	0.0000000000000000002	0.0000000000000000001
	0.0000000000000000001	0.00000000000000000005
	0.00000000000000000005	0.00000000000000000002
	0.00000000000000000002	0.00000000000000000001
	0.00000000000000000001	0.000000000000000000005
	0.000000000000000000005	0.000000000000000000002
	0.000000000000000000002	0.000000000000000000001
	0.000000000000000000001	0.0000000000000000000005
	0.0000000000000000000005	0.0000000000000000000002
	0.0000000000000000000002	0.0000000000000000000001
	0.0000000000000000000001	0.00000000000000000000005
	0.00000000000000000000005	0.00000000000000000000002
	0.00000000000000000000002	0.00000000000000000000001
	0.00000000000000000000001	0.000000000000000000000005
	0.000000000000000000000005	0.000000000000000000000002
	0.000000000000000000000002	0.000000000000000000000001
	0.000000000000000000000001	0.0000000000000000000000005
	0.0000000000000000000000005	0.0000000000000000000000002
	0.0000000000000000000000002	0.0000000000000000000000001
	0.0000000000000000000000001	0.00000000000000000000000005
	0.00000000000000000000000005	0.00000000000000000000000002
	0.00000000000000000000000002	0.00000000000000000000000001
	0.00000000000000000000000001	0.000000000000000000000000005
	0.000000000000000000000000005	0.000000000000000000000000002
	0.000000000000000000000000002	0.000000000000000000000000001
	0.000000000000000000000000001	0.0000000000000000000000000005
	0.0000000000000000000000000005	0.0000000000000000000000000002
	0.0000000000000000000000000002	0.0000000000000000000000000001
	0.0000000000000000000000000001	0.00000000000000000000000000005
	0.00000000000000000000000000005	0.00000000000000000000000000002
	0.00000000000000000000000000002	0.00000000000000000000000000001
	0.00000000000000000000000000001	0.000000000000000000000000000005
	0.000000000000000000000000000005	0.000000000000000000000000000002
	0.000000000000000000000000000002	0.000000000000000000000000000001
	0.000000000000000000000000000001	0.0000000000000000000000000000005
	0.0000000000000000000000000000005	0.0000000000000000000000000000002
	0.0000000000000000000000000000002	0.0000000000000000000000000000001
	0.0000000000000000000000000000001	0.00000000000000000000000000000005
	0.00000000000000000000000000000005	0.00000000000000000000000000000002
	0.00000000000000000000000000000002	0.00000000000000000000000000000001
	0.00000000000000000000000000000001	0.000000000000000000000000000000005
	0.000000000000000000000000000000005	0.000000000000000000000000000000002
	0.000000000000000000000000000000002	0.000000000000000000000000000000001
	0.000000000000000000000000000000001	0.0000000000000000000000000000000005
	0.0000000000000000000000000000000005	0.0000000000000000000000000000000002
	0.0000000000000000000000000000000002	0.0000000000000000000000000000000001
	0.0000000000000000000000000000000001	0.00000000000000000000000000000000005
	0.00000000000000000000000000000000005	0.00000000000000000000000000000000002
	0.00000000000000000000000000000000002	0.00000000000000000000000000000000001
	0.00000000000000000000000000000000001	0.000000000000000000000000000000000005
	0.000000000000000000000000000000000005	0.000000000000000000000000000000000002
	0.000000000000000000000000000000000002	0.000000000000000000000000000000000001
	0.000000000000000000000000000000000001	0.0000000000000000000000000000000000005
	0.0000000000000000000000000000000000005	0.0000000000000000000000000000000000002
	0.0000000000000000000000000000000000002	0.0000000000000000000000000000000000001
	0.0000000000000000000000000000000000001	0.00000000000000000000000000000000000005
	0.00000000000000000000000000000000000005	0.00000000000000000000000000000000000002
	0.00000000000000000000000000000000000002	0.00000000000000000000000000000000000001
	0.00000000000000000000000000000000000001	0.000000000000000000000000000000000000005
	0.000000000000000000000000000000000000005	0.000000000000000000000000000000000000002
	0.000000000000000000000000000000000000002	0.000000000000000000000000000000000000001
	0.000000000000000000000000000000000000001	0.0000000000000000000000000000000000000005
	0.0000000000000000000000000000000000000005	0.0000000000000000000000000000000000000002
	0.0000000000000000000000000000000000000002	0.0000000000000000000000000000000000000001
	0.0000000000000000000000000000000000000001	0.005
	0.005	0.002
	0.002	0.001
	0.001	0.0005
	0.0005	0.0002
	0.0002	0.0001
	0.0001	0.005
	0.005	0.002
	0.002	0.001
	0.001	0.0005
	0.0005	0.0002
	0.0002	0.0001
	0.0001	0.005
	0.005	0.002
	0.002	0.001
	0.001	0.0005
	0.0005	0.0002
	0.0002	0.0001
	0.0001	0.005
	0.005	0.002

registres historiques disponibles et peuvent être utilisées à la fois pour le classement par priorité des différents terrains rocheux ou pour la quantification du risque pour un site donné.

Cas N° 6 - QRA relative pour le classement des routes ayant déjà souffert de glissements de terrain

Le sixième exemple concerne l'utilisation de la technique de la QRA pour examiner les risques relatifs de glissements de terrain présentés par différentes sections de routes qui ont déjà souffert de glissements de terrain. Les détails de l'évaluation sont exposés dans ERM (1999). L'outil de gestion des risques fournira une base plus rationnelle à la détermination de la priorité pour les programmes de revalorisation des routes, conjointement à d'autres considérations telles que les besoins de circulation et les besoins d'entretien des routes.

Le classement des glissements de terrain (en ce qui concerne les types et les échelles d'instabilité pour, à la fois, les ruptures en amont et en aval) et l'évaluation des fréquences de rupture ont été essentiellement effectués par référence aux données historiques, avec des ajustements appropriés pour tous travaux d'amélioration des talus au fil des ans. Le modèle généralisé de conséquence tel qu'il est décrit ci-dessus a été utilisé pour évaluer la conséquence en termes de vie en cas de glissements de terrain. En outre, les coûts économiques associés à la perturbation sociale due aux routes fermées à la suite de glissements de terrain ont été considérés. La probabilité d'avoir deux routes rapprochées affectées simultanément par des glissements de terrain a également été évaluée.

Le risque en termes de victimes et le risque économique dus aux glissements de terrain pour chacune des 40 sections de route environ, ont été évalués, fournissant une base au classement des routes en ce qui concerne les risques de glissement de terrain.

Cas N° 7 - Structure basée sur le risque pour l'étude des risques de terrain naturel

Le dernier exemple se réfère à la structure basée sur le risque semi-quantitative récemment formulé à titre d'essai à Hong Kong en ce qui concerne les études de risque de terrain naturel pour les nouveaux sites d'aménagement (GEO, 2000).

Les critères pour évaluer si un site d'aménagement exigeraient une étude du risque de terrain naturel, sur la base de la considération de la distance d'écoulement potentielle des débris, sont décrits à la Figure 20.

Dans la structure technique pour les études de risque de terrain naturel, les approches suivantes peuvent être adoptées :

(a) Approche du Facteur de sécurité [Cette approche a été utilisée dans l'étude des terrains naturels en dessous des zones d'aménagement afin de vérifier que les sites ne seront pas l'objet affecté défavorablement par la rupture des coteaux. Elle a également été utilisée pour évaluer la stabilité des coteaux au-dessus des sites d'aménagement par rapport aux ruptures majeures, particulièrement lorsque des signes de détresse récente et de mouvement de talus sont observés, indiquant potentiellement le développement d'une instabilité profonde à grande échelle.]

(b) Approche de la QRA [Cette approche est appropriée lorsque les concepteurs choisissent de réduire le risque de glissement de terrain au lieu de se fier uniquement aux travaux de stabilisation sur les zones de source. Dans la pratique, les travaux de stabilisation font l'objet de contraintes, par exemple la nature étendue des coteaux, incertitudes majeures des conditions et du comportement du sol (par exemple mécanisme de rupture et déplacement des débris, détérioration, etc.), accès difficile, dommages potentiels sur l'environnement, responsabilité de maintenance à long terme, etc.]

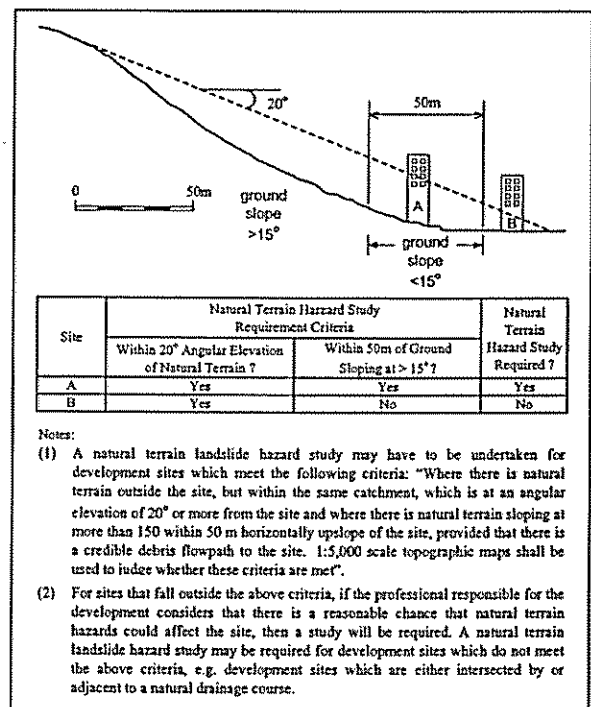


Figure 20 : Criteria for requiring natural terrain hazard study for new development sites in Hong Kong

- (c) Approche par éléments événementiels théoriques [Dans cette approche déterministe, les cas événementiels théoriques appropriés de rupture sont évalués pour les différents risques et toute mesure de réduction nécessaire est évaluée.]

L'approche de la QRA implique une évaluation détaillée de la probabilité et de la conséquence des glissements de terrain naturel et la détermination des travaux nécessaires de réduction par référence aux guides provisoires de risques publiés par le Gouvernement HKSAR (ERM, 1998a). Elle nécessite des entrées d'expert et l'évaluation peut être relativement impliquée et onéreuse pour le traitement d'un certain nombre de scénarios. Cependant, elle devrait être considéré uniquement comme un moyen de formaliser le processus de pensée et la structure de prise de décision et de l'exprimer dans un contexte de risque.

La structure pour l'Approche par élément événementiel théorique s'appuie sur les risques dans le sens où elle prend en considération la susceptibilité (ou la probabilité de rupture) du terrain et la conséquence de la rupture de manière semi-quantitative. Dans cette structure, la susceptibilité du coteaux vis-à-vis de la rupture est divisée en 4 classes sur la base des données historiques et de l'évaluation des caractéristiques géomorphologiques et d'autres informations (Tableau 5). La plage notionnelle de la probabilité d'occurrence indiquée pour chaque catégorie sert de mesure pour aider le jugement en plus des instructions générales indiquées dans l'évaluation des susceptibilités relatives.

Tableau 5 : Classes de susceptibilité du terrain naturel

Classe de susceptibilité	Description
A	Le terrain naturel est extrêmement sensible au type de rupture considéré, avec une probabilité annuelle notionnelle d'occurrence de l'ordre de 1/10 ou plus. Par exemple : il y a des signes d'instabilité, de mouvement continu, ou des registres de ruptures récentes répétées (disons sur les 50 à 100 dernières années comme observé à partir de photographies aériennes) dans un bassin hydrographique ou à proximité.
B	Le terrain naturel est très sensible au type de rupture considéré, avec une probabilité annuelle notionnelle d'occurrence de l'ordre de 1/10 à 1/100. Par exemple : il y a des registres de rupture récentes occasionnelles dans le bassin hydrographique ou à proximité.
C	Le terrain naturel est modérément sensible au type de rupture considéré, avec une probabilité annuelle notionnelle d'occurrence de l'ordre de 1/100 à 1/1 000. Par exemple : il y a peu de registres de ruptures récentes, mais il y a des indications de rupture très anciennes, ou de preuves géomorphologiques de problèmes potentiels dans le bassin hydrographique et à proximité, ou toute autre preuve provenant d'un terrain similaire à Hong Kong.
D	Le terrain naturel est peu sensible au type de rupture considéré, avec une probabilité annuelle notionnelle d'occurrence inférieure à 1/1 000. Par exemple : il n'y a pas de registres de ruptures récentes ou très anciennes et il y a peu de preuves géomorphologiques ou autres de problèmes potentiels dans le bassin hydrographique et à proximité, et peu d'autres preuves provenant d'un terrain similaire à Hong Kong..
Nota : En évaluant la susceptibilité du coteau vis-à-vis de la rupture, les effets potentiels des modifications des facteurs environnementaux devraient être pris en considération par exemple toutes modifications du cadre global du terrain tels que les incendies de coteaux et les constructions de talus et la pertinence des registres historiques disponibles de glissements de terrain.	

La conséquence des ruptures est divisée en 5 classes sur la base des critères quantitatifs (dédiés des études systématiques de glissements de terrain à Hong Kong), en considérant les types d'installations affectées et leur proximité vis-à-vis du coteau (Tableau 6).

Tableau 6 : Classes de conséquence pour les aménagements adjacents au terrain naturel

Proximité	Groupe d'installation			
	1 & 2	3	4	5
Très proche (par exemple si l'élévation angulaire du site est • 30°)	I	II	III	IV
Modérément proche (par exemple si l'élévation angulaire du site est • 25° & < 30°)	II	III	IV	V
Éloigné (par exemple si l'élévation angulaire du site est < 25°)	III	IV	V	V

Notae :

- (1) Les groupes d'installation sont décrits au Tableau 1.
- (2) Pour les flux en canaux de débris, si le pire événement crédible affectant le site est considéré comme ayant un volume supérieur à 2 000 m³, l'élévation angulaire indiquée dans les exemples ci-dessus devrait être réduite de 5°.
- (3) Les exemples indiqués ci-dessus sont uniquement des indications générales. Les autres facteurs, tels que la trajectoire crédible des débris, les conditions topographiques et les données historiques spécifiques au site, devraient également être prises en considération pour évaluer la "proximité" du terrain naturel vis-à-vis du site.
- (4) Ce Tableau ne s'applique pas aux sites qui ne nécessitent pas une Étude de risque de terrain naturel.

Dans cette structure, d'autres études ne sont pas nécessaires si la susceptibilité du coteau et la conséquence de la rupture sont insignifiantes. Autrement, d'autres études devraient être effectuées afin d'établir si les mesures de réduction doivent traiter les éléments événementiels théoriques appropriés. Selon la susceptibilité du coteau vis-à-vis de rupture et de la conséquence de rupture du site, l'élément événementiel théorique requis peut être un événement "conservateur" ou "le pire événement crédible". Les exigences de conception pour les mesures de réduction devraient être évaluées en s'appuyant sur le Tableau 7.

Tableau 7 : Exigences pour l'Approche par élément événementiel théorique

Classe de susceptibilité (cf. Tableau 5)	Classe de conséquence (cf. Tableau 6)				
	I	II	III	IV	V
A	WCE	WCE	WCE	CE	N
B	WCE	WCE	CE	CE	N
C	WCE	CE	CE	N	N
D	N	N	N	N	N

Notae :

- (1) Les exigences minimales recommandées de conception sont indiquées dans ce Tableau. Le concepteur peut adopter une conception plus conservatrice ou prendre d'autres mesures de prévention/d'avertissement s'il le considère nécessaire.
- (2) Ce Tableau doit s'appliquer à chaque type de risque pouvant avoir des impacts sur le site. Dans la pratique, il s'appliquera à chaque bassin hydrographique et normalement le type prédominant de risque commandera les exigences de conception.
- (3) WCE = Adopter "le pire événement crédible" comme événement de conception
CE = Adopter un événement "conservateur" comme événement de conception
N = Aucune étude supplémentaire exigée
- (4) Un événement "conservateur" est une estimation raisonnablement sûre mais pas trop conservatrice du risque pouvant avoir un impact sur le site, avec une période de retour notionnelle de l'ordre de 100 ans. Il correspond généralement à une estimation raisonnablement conservatrice basée sur la pire des ruptures historiques au cours des 50 à 100 dernières années (c'est-à-dire qui peut être identifiée à partir de photographies aériennes dans le bassin hydrographique et à proximité si approprié).

(5) "Le pire événement crédible" est une estimation très conservatrice si bien que l'occurrence d'un événement plus grave est suffisamment improbable. Sa période de retour notionnelle est de l'ordre de 1 000 ans. Il correspond généralement à l'événement crédible le plus important sur la base de l'interprétation des données historiques de glissement de terrain, des preuves géomorphologiques dans le bassin hydrographique et à proximité si approprié et de toute autre preuve provenant d'un terrain similaire à Hong Kong.

À des fins d'étalonnage, les exigences de conception pour l'Approche par éléments événementiels théoriques ont été appliquées à 17 cas (GEO, 2000). La structure a été considérée comme relativement facile à appliquer et a produit des résultats raisonnables. Ceci a permis d'établir des références pour les exigences en ce qui concerne le maintien de la cohérence et l'assurance de l'aspect pratique.

Le désavantage possible de l'Approche par éléments événementiels théoriques repose sur le fait que seule une évaluation forfaitaire peut être faite de manière déterministe. Cependant, dans la pratique, elle peut être perçue comme étant simpliste et offrant moins de possibilité de désaccord. Il est par conséquent prévu que de nombreux concepteurs puissent choisir l'Approche par éléments événementiels théoriques, particulièrement lorsque les mesures requises de réduction ne sont pas disproportionnées par rapport à l'échelle du développement.

Autres études de cas

Certaines autres études de cas impliquant l'utilisation de la QRA dans l'évaluation des glissements de terrain ont également été publiées dans la documentation, incluant :

- QRA spécifique au site des glissements de terrain à Speers Point, Newcastle et flux de débris à Montrose à Melbourne, Australie (Fell, 1994).
- QRA spécifique au site du risque de flux de débris affectant les aménagements proposés à Cheekye Fan, Colombie Britannique, province du Canada (Hung & Rawlings, 1995 ; Sobkowicz et al, 1995).
- QRA spécifique au site de chutes de rochers pour une autoroute reliant Vancouver et Whistler, Colombie Britannique, province du Canada (Bunce et al, 1996).
- QRA spécifique au site d'une digue de déchets proposée dans un environnement urbain en Afrique du Sud (Roberds et al, 1996).
- QRA spécifique au site de risques de glissement de terrain naturel pour un aménagement de lotissement proposé à Fanling, Hong Kong (Tse et al, 1999).
- QRA spécifique au site de glissements de terrain côtier à Lyme Regis, Royaume-Uni (Lee et al, 2000).
- Formulation d'une méthodologie basée sur les risques pour l'identification et l'évaluation de problèmes géotechniques potentiels durant la sélection et l'aménagement de site pour les Autorités du Logement (Housing Authority) à Hong Kong (Roberds et al, 1999).
- Développement d'une méthodologie d'évaluation des risques pour aider à la détermination de programmes de maintenance optimale des talus pour de grands réseaux de routes forestières éloignées dans l'État de Washington (Burke et al, 1991).
- QRA régionale de glissements de terrain superficiels et d'importants flux de débris à Cairns, Australie (Michael-Leiba et al, 2000).
- QRA de la rupture de construction des excavations profondes, Hong Kong (Ove Arup & Partenaires, 1999).
- Classement relatif basé sur les risques associés aux ruptures de talus potentiellement provoquées par une fuite des réservoirs de réseau, Hong Kong (Hyder, 2000).

D'autres exemples d'application de la QRA, qui ne sont pas publiés, incluent :

- QRA des options de conception pour l'élargissement des principales autoroutes à Hong Kong.
- QRA de stabilité des digues contenant des déchets dangereux proches d'une rivière en Virginie.
- Évaluation des risques présentés par les talus pour un acheminement de gazoduc au Canada Occidental.
- Développement de procédures de conception probabilistes pour de longues étendues de talus rocheux le long des autoroutes en terrain montagneux en Caroline du Nord.
- Développement de la carte des probabilités annuelles d'étendue maximale de débris de talus pour des décisions d'occupation des sols de la ville en Colombie Britannique, province du Canada.
- Évaluation des risques des programmes de maintenance préventive des talus pour un inventaire

important des talus rocheux le long du tracé des voies ferrées au Canada.

- QRA des talus rocheux au parc Stanley, en Colombie Britannique, province du Canada.
- QRA de stabilité des talus des mines à ciel ouvert en Amérique du Nord.
- QRA des chutes de rochers le long des routes en Australie et aux États-Unis d'Amérique.

Il est évident qu'il existe un certain nombre d'exemples d'applications réussies de la méthodologie de la QRA pour traiter les problèmes pratiques spécifiques.

CARTES DE RISQUES ET DE DANGERS POUR LE PROJET D'AMÉNAGEMENT ET LA GESTION DE L'OCCUPATION DES SOLS

Les concepts de risque ont été appliqués de manière qualitative ou semi-quantitative aux fins du projet d'aménagement et de la gestion de l'occupation des sols. Par exemple, des critères d'acceptation ont été publiés pour les glissements de terrain naturel et les inondations pour le District régional de Fraser-Cheam en Colombie Britannique, province du Canada (Cave, 1992). Dans cette structure, une application doit être soutenue par une évaluation des probabilités de période de retour pour des événements de magnitudes différentes. L'application de l'évaluation régionale des risques de glissement de terrain est discutée par Hutchinson (1992).

Lorsque les évaluations sont effectuées sur une zone importante, les résultats peuvent être exprimés sous forme de cartes de dangers ou de risques de glissement de terrain. Des avancées significatives ont été faites dans le développement de ces cartes et un certain nombre a été publié sous différentes formes dans de nombreux pays, tels que l'Australie, l'Autriche, le Canada, la Chine, la France, Fuji, l'Italie, la Jamaïque, le Japon, la Nouvelle-Zélande, la Papouasie-Nouvelle Guinée, les Philippines, la Suisse, le Royaume-Uni, les États-Unis d'Amérique, etc. Par exemple, aux États-Unis d'Amérique, Brabb et al (1972) ont mis au point la carte de susceptibilité de glissement de terrain pour le Comté San Mateo en Californie sur la base de la géomorphologie, la géologie et l'activité passée de glissement de terrain. Cette carte a été utilisée comme guide de base dans le projet d'occupation des sols. D'autres cartes similaires ont été développées dans d'autres pays sur la base des techniques d'évaluation de terrain, telles que les cartes ZERMOS (Humbert, 1977 ; Champetier de Ribes, 1987), les cartes PER (DRM, 1990) et les cartes PPR (Besson et al, 1999 ; Garry & Graszak, 1997 ; Graszak & Toulemont, 1996) en France, et les cartes GASP à Hong Kong (Brand, 1988). Certaines des cartes ont été établies dans la structure réglementaire en ce qui concerne les zones "inconstructibles".

Leroi (1996 & 1997) a présenté une vue d'ensemble des problèmes pratiques concernant la compilation des cartes de dangers ou des cartes de risques. Il a remarqué l'importance de considérer les différentes échelles des différentes cartes et a résumé les différents approches et outils (par exemple, GIS) qui peuvent être utilisés en compilant ces cartes.

La plupart des cartes de dangers publiées sont qualitatives ou semi-quantitatives, par exemple basées sur une analyse de régression multiple, par nature (Fell, 1992). La majorité des cartes de danger actuelles ne sont pas des cartes de risques dans le sens où les conséquences des dangers ne sont pas considérées. Einstein (1997) a laissé entendre que les cartes de dangers peuvent en principe se superposer aux cartes d'occupation des sols afin de produire des cartes de risques. Dans la pratique, la principale difficulté est la résolution des données, particulièrement en définissant la distance d'écoulement et les trajectoires de déplacement des débris de glissement de terrain, malgré les récents développements dans la modélisation et l'étalonnage basés sur GIS par rapport aux événements réels (par exemple Leroi et al, 2000). En outre, il pourrait y avoir des ramifications politiques possibles si les cartes s'avéraient être erronées. Certaines cartes régionales de risque déduites en utilisant la QRA basée sur GIS en s'appuyant sur le concept de la cartographie de danger et l'angle de déplacement ont été récemment publiées pour le Conseil municipal de Cairns en Australie à des fins de planification et de gestion d'urgence (Michael-Leiba et al, 2000).

Même pour les cartes de susceptibilité de glissement de terrain (c'est-à-dire aucune considération des aspects de vulnérabilité et d'écoulement), la nature à grande échelle des cartes régionales ou de zone signifie que les évaluations sont généralement plutôt schématiques et peuvent ne pas pouvoir représenter les conditions spécifiques au site avec une résolution suffisante. Les limites inhérentes associées aux cartes régionales de dangers ou de risques peuvent être reconnues et elles devraient strictement être utilisées aux fins du projet global d'occupation des sols et non pas pour des évaluations spécifiques au site et critiques de sécurité. De manière générale, ces cartes sont précieuses dans la planification générale de l'occupation du sol et les études de faisabilité préliminaires et de filtrage en "première passe", sous réserve, qu'elles ne soient pas utilisées hors contexte.

À l'autre bout du spectre, des cartes détaillées de risques peuvent être produites suivant une QRA formelle pour un site donné, par exemple sur la base de contours de risques individuels déduits de la QRA tels qu'ils sont indiqués à la Figure 14. Cependant, il convient de signaler que des hypothèses relativement brutes pourraient également être émises sur des projets utilisant la QRA dans les études préliminaires et ces évaluations brutes peuvent produire de manière similaire des cartes de risques superficiellement intéressantes. Le problème ici est l'exactitude ou la fiabilité de l'évaluation puisque des données de qualité insatisfaisante ou des données de résolution inadéquates sont utilisées. Ce problème bien sûr serait commun à tous les types d'analyse et peut constituer un piège pour les imprudents.

CERTAINES PROBLÈMES ACTUELS ASSOCIÉS À L'APPLICATION DE LA QRA

L'application pilote de la QRA a apporté des éclaircissements sur son utilité potentielle en tant que concept émergent. Elle a connu de nombreuses évolutions pour passer d'une idée conceptuelle à un outil pratique pour les problèmes réels de génie géotechnique. Cependant, la valeur de la technique ne semble pas être largement acceptée ou appréciée par la communauté géotechnique. En fait, il semble que la QRA commence à perdre son dynamisme et l'enthousiasme disparaît en raison d'un courant sous-jacent de résistance à sa reconnaissance en tant qu'outil pratique. Ceci est partiellement lié à certaines idées fausses des professionnels de la géotechnique. Les principaux problèmes en jeu sont discutés ci-après.

Problème 1 : La probabilité effraie

La technique de la QRA fournit une structure pour l'application systématique des jugements techniques pour quantifier les incertitudes en traitant un problème. Le concept de base de la QRA est plutôt rudimentaire et non pas difficile. La notion de probabilité traverse les différents composants des incertitudes. Cependant, les concepts de probabilité tendent à effrayer les praticiens. Certains "probabilistes" semblent favoriser le développement de techniques mathématiques complexes d'analyses formelles probabilistes. En conséquence, un ingénieur géotechnique moyen considérera qu'il est difficile de s'attaquer aux concepts et jargons probabilistes compliqués tels que "norma-tail approximation" (l'approximation par normal-queue), "Rosenblatt s transformation" (la transformation s de Rosenblatt), "zero-upcrossing" (traversée montante de zéro), etc., pour en citer quelques-uns. Le résultat final est évident : les praticiens géotechniques ne sont plus intéressés par l'utilisation de méthodes probabilistes formelles.

Tandis que l'évaluation des risques nécessite une compréhension de base des probabilités, les applications pratiques ne doivent pas nécessairement faire appel à des techniques probabilistes compliquées. Une structure conceptuelle d'évaluation du risque s'appuyant sur les approches probabilistes formelles pour les problèmes de coteaux naturels peut être développée (par exemple Roberds et al, 1997), comprenant des modules qui ont des versions interchangeable différentes de variation de la complexité selon l'application. À l'opposé, le résultat peut être relativement compliqué et il pourrait y avoir de véritables difficultés à appliquer la structure dans la pratique puisque de nombreuses "suppositions" sur les entrées (sur lesquelles il y a peu de ressenti) sont nécessaires, par exemple la répartition de probabilité des différents paramètres d'entrée. En outre, une approche probabiliste ne peut en elle-même rendre le résultat meilleur ou plus fiable. Les complications dans les mathématiques conduisent à ne pas ressentir le problème. Également, l'approximation des processus appropriés utilisant un modèle mathématique afin de faciliter l'analyse probabiliste formelle peut impliquer des hypothèses extrêmement simplifiées qui peuvent être inappropriées.

Duncan (2000) a présenté une structure simplifiée pour l'application d'analyse de fiabilité dans la pratique géotechnique de routine, qui nécessite uniquement un effort supplémentaire modeste par rapport à l'approche conventionnelle. Bien que l'approche ne soit pas très rigoureuse d'un point de vue mathématique (Li & Lam, 2000), cette analyse probabiliste pragmatique est utile pour donner au concepteur une idée des incertitudes associées à une conception. Duncan (op. cit) a laissé entendre que le Facteur de sécurité et la fiabilité devraient être utilisés ensemble, en tant que mesures complémentaires d'une conception acceptable.

De manière générale, les techniques probabilistes formelles devraient uniquement être considérées comme un outil d'analyse mais elles ont leur place dans les situations appropriées. En principe, il est important d'avoir une connaissance fondamentale des processus clé en jeu et des facteurs qui ont un effet majeur sur les causes et des conséquences des différents modes de rupture. Les mathématiques compliqués auraient le défaut suivant : l'expert est susceptible de ne pas ressentir le problème.

Message clé : La QRA ne nécessite pas obligatoirement des mathématiques compliqués ou des méthodes probabilistes, comme démontré par de nombreuses études de cas. Une structure

mathématique compliquée tendra à effrayer les praticiens. Il est susceptible d'entraîner le résultat suivant : l'expert perdra le sens du problème et le résultat peut ne pas être obligatoirement fiable. Cependant, en cas de simplification excessive, les résultats peuvent ne pas être très précis voire être trompeurs. On ne peut pas écarter la nécessité d'approches plus théoriques qui sont plus exhaustives et fondamentales dans la modélisation des mécanismes et corrélation complexes.

Problème 2 : Évaluation qualitative ou quantitative

Pour les problèmes qui ne relèvent pas de l'analyse conventionnelle d'équilibre des limites, l'approche traditionnelle doit s'appuyer sur une évaluation qualitative, suivie d'un jugement de valeur implicite sur le fait de savoir si le résultat de l'évaluation est acceptable ou non. Ces évaluations qualitatives pourraient être efficaces, selon la nature du problème et si des spécialistes expérimentés émettant des jugements sensés sont impliqués.

Évidemment, le type d'analyse doit être organisé de manière à inclure le niveau approprié de détails. Lorsque la qualité et la quantité des données disponibles ne suffisent pas à une analyse formelle d'incertitudes (par exemple des données subjectives basées sur la conclusion des évaluations géomorphologiques et des jugements d'expert), une QRA détaillée peut être "inaccessible". Dans ces circonstances, une analyse qualitative moins rigoureuse des risques peut être plus appropriée.

Bien que l'évaluation qualitative soit très utile en elle-même et qu'elle convienne à certains problèmes, ses limites devraient être reconnues. Une approche qualitative est susceptible d'être fortuite puisqu'il est souvent difficile de connaître l'échelle du risque impliqué utilisée par les différents experts, les limites d'acceptabilité supposées (c'est-à-dire ce qui serait acceptable et ce qui ne le serait pas), comment les incertitudes ont été prises en compte, etc. Une définition imprécise du problème potentiel peut entraîner une communication difficile entre collègues, et avec les autorités ou le grand public. Il peut également s'avérer difficile d'évaluer de manière logique si la réduction a un coût adapté ou justifié.

La défense traditionnelle pour une telle approche qualitative forfaitaire inclut l'utilisation d'un jugement d'expert. Ceci peut être discutable et dépendra de manière critique des qualifications et de l'expérience de l'expert. Une évaluation qualitative n'est pas aisément transparente et le jugement émis peut être influencé de manière significative par les expériences et les préoccupations personnelles. Malgré ce qui précède, si l'expert prend connaissance des contraintes potentielles, l'évaluation qualitative des risques peut jouer un rôle utile dans l'examen minutieux du processus du point de vue des risques, particulièrement pour les évaluations préliminaires et l'identification de zones à problèmes significatives qui justifient une attention supplémentaire.

De manière générale, le fait de savoir si les évaluations qualitatives ou quantitatives sont plus adaptées dépend de l'exactitude et de la résolution souhaitées du résultat et de la nature du problème présent. Dans certains cas, il n'est pas nécessairement utile de tirer une ligne nette entre ces deux types d'approche. Certains paramètres peuvent être définis partiellement de manière qualitative même dans une structure de la QRA, particulièrement lorsque l'élément ne peut pas être facilement quantifié.

Message clé : Les techniques d'évaluation quantitative et qualitative des risques ont des avantages et des inconvénients. La principale différence repose sur le fait que la QRA fournit un cadre plus structuré et explicite qui entraînerait une amélioration de l'exactitude et de la résolution de l'évaluation. Ce qui constitue l'outil le plus approprié dépend des problèmes présents. Dans certains cas, ils peuvent être utilisés pour se compléter mutuellement, par exemple dans les évaluations par étape.

Problème 3 : Scepticisme vis-à-vis des nouvelles techniques

Afin de décrire le contexte, il est utile de citer les déclarations suivantes effectuées par le Professeur Ralph Peck au cours de l'Atelier du Conseil national de recherche américain 1995 sur les Méthodes de fiabilité pour la réduction des risques dans le génie géotechnique (US National Research Council's Workshop on Reliability Methods for Risk Mitigation in Geotechnical Engineering) (NRC, 1995):

"Nous considérons que le génie géotechnique se développe en deux entités quelques peu différentes : une partie traitant des problèmes traditionnels tels que les fondations, les barrages et la stabilité des talus, et une autre partie traitant des problèmes de séisme ; des talus naturels ; et, très récemment, de la géotechnique environnementale. Dans la première partie, les praticiens n'ont pas facilement adopté la théorie de la fiabilité,

essentiellement parce que les méthodes traditionnelles ont généralement réussi et que les ingénieurs se sentent à l'aise avec elles. À l'opposé, dans la géotechnique environnementale et dans une certaine mesure dans le génie offshore, les praticiens exigent des évaluations plus récentes et plus rigoureuses de la fiabilité qui nécessitent une approche différente. Par conséquent, nous voulons que des méthodes de fiabilité soient adoptées de plus en plus rapidement dans ces domaines comme la confiance se développe. Il n'est pas surprenant que ces ingénieurs travaillant sur des problèmes environnementaux et offshore soient plus réceptifs aux nouvelles approches et il ne serait pas surprenant qu'il y ait des retombées dans les domaines les plus traditionnels."

Il semblerait y avoir une résistance inhérente contre une utilisation plus étendue de la QRA par les praticiens ou les autorités de contrôle, bien que les techniques pour la QRA existent pour être mises en pratique. Ceci est partiellement dû à des fausses idées concernant la QRA ou à un manque de compréhension de la philosophie, de l'application et des limites de la méthodologie quantitative basée sur les risques. Cependant, il doit être admis que la QRA formelle ne se justifiera pas pour tous les problèmes, particulièrement les problèmes de routine et on ne devrait pas s'attendre à ce que la QRA apporte une transformation majeure de la pratique existante. Il s'agit essentiellement d'un outil de la trousse à outils de l'ingénieur, à déployer pour les situations appropriées.

En outre, il peut également y avoir des facteurs humains complexes, incluant éventuellement des intérêts directs personnels ou professionnels. Certains praticiens peuvent se sentir "en danger" avec l'approche relativement peu familière de la QRA qui semble être beaucoup moins directe que les approches déterministes conventionnelles. Certains peuvent considérer que la QRA est un travail difficile qu'il faut apprendre et qu'elle ne peut pas être appliquée dans la pratique puisqu'elle exige de nombreuses entrées (ce qui est compréhensible si la QRA est utilisée de manière inappropriée pour un simple problème, entraînant des complications inutiles). Certains peuvent même se sentir vulnérables en restant en arrière si la technique devait être largement adoptée.

De nombreux praticiens dans les domaines traditionnels anciens s'appuyant sur l'expérience n'ont pas perçu le besoin et l'intérêt de passer des méthodes déterministes, qui ont résisté à l'épreuve du temps et ont apparemment bien servi la profession, à de nouvelles méthodes qui n'ont pas été éprouvées et dont les avantages possibles sont discutables. Il existe une école de pensée pour qui la QRA est complexe et n'est pas pratique (avec des probabilités apparemment compliquées) et la méthode devrait rester un outil de recherche. La préoccupation de certaines personnes au sein des autorités de contrôle repose sur le fait que la QRA est très difficile, voire impossible à contrôler, puisqu'un jugement est impliqué qui peut être difficile à justifier et il y a des possibilités considérables de désaccord. Dans la pratique, il est discutable de savoir s'il serait plus facile de s'accorder sur ce que sont les incertitudes ou de s'accorder sur des hypothèses appropriées pour une conception déterministe, selon le problème présent.

Les objections communes contre l'utilisation de la QRA incluent un manque de données, une résolution insuffisante de données, un manque de données de vérification appropriées, un manque d'approche systématique pour décider de la quantité de données à rassembler, une connaissance insuffisante de modélisation ainsi que d'autres facteurs humains et contraintes. Cependant, les objections ci-dessus influencent également l'utilité et la qualité de toutes les évaluations de génie géotechnique. D'autres objections contre la QRA incluent des complications inutiles et le fait qu'il peut s'agir d'une entreprise onéreuse. Le fait de savoir si ces allégations sont réellement valables dépend de nombreux facteurs, notamment du type de questions auxquelles il faut répondre.

Le diagnostic ci-dessus sur la résistance générale des professionnels de la géotechnique en raison de préjugés et d'idées fausses peut faire l'objet d'une controverse et d'un débat. Cependant, la tendance inquiétante est la suivante : de nombreux praticiens se sont retranchés dans des évaluations relativement superficielles suivant des approches standard, souvent basées sur des paramètres généralisés de résistance au cisaillement, avec des éclaircissements et une perception insuffisantes des incertitudes impliquées. La pensée basée sur les risques est essentielle, quel que soit l'outil d'analyse utilisé.

Message clé : Il est important que les professionnels gardent une ouverture d'esprit en examinant l'utilité et les limites des nouvelles techniques. La QRA est destinée à aider dans des problèmes plus compliqués ou des problèmes posant des questions difficiles (par exemple le talus est-il sûr ?) et elle n'est pas destinée à une application générale.

Problème 4 : La QRA doit attendre des standards de consensus - Raisonnable ou non ?

Des standards nationaux fournissant des instructions générales sur la gestion du risque et l'analyse des

risques sont disponibles, par exemple le standard britannique BS8444, le standard australien/néo-zélandais AS/NZS4360, le standard canadien CAN/CSA-Q634-91, le standard français (Besson et al, 1999 ; Garry & Graszak, 1997) et le standard suisse (Lateltin, 1997). Cependant, il n'y a rien de spécifique à la QRA géotechnique dans ces standards. Les standards concernant l'évaluation des risques préconisés par BC Hydro au Canada, le Comité national australien sur les grands barrages et le Bureau des réclamations américains, sont examinés par Fell & Hartford (1997).

Le manque de standards sur la QRA définis par les professionnels de la géotechnique et acceptés par les autorités dans de nombreux pays, contrairement aux approches conventionnelles basées sur les Facteurs de sécurité, est parfois cité comme motif de rejet de la QRA. Ceci se réfère au niveau d'acceptation en termes de risque résiduel et à la prise en compte de l'incertitude du risque évalué dans la prise de décision. Comme examiné, les guides de risques peuvent être formulés en tant que références, mais ils ne devraient pas être considérés comme absolus et ils doivent être souples dans la pratique. Étant donné la nature de l'évaluation, il ne serait pas crédible de vouloir que de nombreuses entrées soient codées.

De manière générale, en attendant des standards de consensus, les situations où la QRA pourrait être utile peuvent être jugées au cas par cas.

Message clé : La codification du jugement n'est pas possible bien que les différentes méthodologies de la QRA puissent être décrites en codes ou standards, comme pourraient l'être les guides de risques. La prescription excessive d'utilisation des techniques spécifiques d'évaluation n'est pas conseillée. En attendant un accord sur des standards, les scénarios pour lesquels la QRA peut s'avérer être un outil utile peuvent être jugés au cas par cas.

Problème 5 : Interprétation des données historiques

Il y a différentes manières de réaliser une évaluation des risques, selon le type de problème et la nature et la quantité de données. La QRA ne dépend pas nécessairement de la disponibilité d'une quantité considérable de données. En principe, une évaluation des risques peut impliquer une extrapolation judicieuse des données disponibles, modérée par un jugement et si nécessaire assistée par des techniques probabilistes formelles.

Lorsqu'il y a de nombreuses données sur des ruptures passées, ceci en principe, aiderait la QRA. Cependant, il est nécessaire d'être prudent dans l'interprétation des données historiques.

Les éclaircissements déduits du développement et de l'application pilote de la QRA soulignent l'importance de comprendre les mécanismes, par exemple les mécanismes de rupture et de mouvement des débris. Ceci équivaut à une meilleure compréhension des risques et des modes de rupture impliqués. La possibilité d'adopter une approche de type "boîte noire" et de mélanger différentes données sans classement approprié peut significativement influencer l'exactitude de l'évaluation et peut parfois donner lieu à des résultats trompeurs. La dépendance excessive sur l'analyse statistique des données passées avec une appréciation inappropriée des contraintes de données ne sera pas appropriée.

La popularité croissante de l'utilisation de l'analyse de régression à multiples variantes, avec ou sans l'utilisation de GIS, dans l'établissement des corrélations entre les paramètres, mérite certaines remarques d'avertissement. En principe, il y a un risque potentiel que ces méthodes statistiques, lorsqu'elles sont utilisées comme boîte noire avec une considération inappropriée de la mécanique des processus physiques impliqués, associées à l'utilisation d'entrées limitées ou de données d'étalonnage qui peuvent être de qualité discutable, soient susceptibles d'entraîner des corrélations de régression grossières voire trompeuses. Ces corrélations déduites font l'objet d'erreurs (par exemple phénomènes statistiques apparents qui sont opposés aux phénomènes physiques acceptés) et pourraient être d'une validité discutable, particulièrement lorsqu'elles sont utilisées comme outils de prédiction ou pour l'extrapolation. La complexité numérique et le phénomène statistique apparent peuvent en fait présenter un sentiment erroné d'exactitude.

En général, l'analyse de régression à variantes multiples et GIS sont potentiellement des outils utiles mais ils doivent être appliqués de manière appropriée. Il est important d'avoir des données de qualité diagnostiquées dans une structure mécaniste appropriée. Le simple fait d'avoir plus de données ne signifie pas nécessairement plus d'informations précises ou de meilleures corrélations.

Comme expliqué par Wong & Ho (2000), les études systématiques de glissement de terrain ont contribué de manière significative au développement et à l'application de la QRA en fournissant des données de qualité satisfaisante sur les ruptures en tant que source d'informations pour quantifier le risque de glissement de terrain. En outre, ces études ont permis d'améliorer la compréhension des mécanismes de rupture qui aident de manière importante à l'identification des risques et à l'analyse systématique des données de rupture. Par exemple, des données de qualité satisfaisante sur la distance de déplacement des débris ont été obtenues pour

différents mécanismes de rupture et configuration de site (Wong & Ho, 1996). Ce diagnostic systématique des données empiriques est important dans le développement des modèles de fréquence et de conséquence des ruptures pour la quantification des risques.

Message clé : Les données historiques doivent être examinées minutieusement et interprétées avec prudence dans une structure appropriée pour que leur valeur soit entièrement exploitée. Ceci influencera également l'exactitude des entrées et des prédictions.

Problème 6 : Problème d'évaluation des événements extrêmes générés par la QRA - Juste ou non ?

Avec une approche plus structurée, la QRA permettra de souligner certaines des inconnues qui ne peuvent pas être communément traitées par les approches de routine. À titre d'exemple figurent les événements à faible probabilité, à conséquence élevée ou les événements dit extrêmes. En principe, la connaissance de la mécanique technique et une bonne compréhension de la configuration géologique et géomorphologique permettent au praticien expérimenté d'aller au-delà des limites de l'expérience personnelle. L'évaluation de la probabilité et de la conséquence de ces événements extrêmes peut présenter des problèmes pratiques puisque ceux-ci ne permettent pas de rassembler des données en apprenant en faisant des erreurs et par des essais ou par l'expérience, et en raison de l'incertitude sur la nature non linéaire du comportement du système. Schuster (1999) a constaté que ce qui est important en essayant d'évaluer ces événements de faible probabilité n'est pas l'exactitude, mais les limites de la probabilité et le niveau de certitude que la probabilité est faible et restera faible.

Morgenstern (1996) a laissé entendre que l'approche pour traiter ces événements implique soit une extrapolation de la pratique passée soit de conduire des études relatives parmi les mesures alternatives de réduction. Une approche alternative pragmatique possible serait de déclarer que ces événements extrêmes sont exclus de l'évaluation des risques en documentant les hypothèses et le domaine appropriés.

La QRA fournit une structure pour traiter les incertitudes mais elle n'améliore pas directement l'exactitude de l'entrée en elle-même. Cependant, en traitant les incertitudes associées aux risques, la QRA permettra de se concentrer sur les facteurs clés et peut potentiellement entraîner de meilleures évaluations. La difficulté associée à l'évaluation précise des événements extrêmes est réelle et c'est particulièrement le cas pour les évaluations directes. Avec la QRA, l'évaluation est facilitée dans une certaine mesure en décomposant le problème (par exemple en utilisant des arborescences de défauts et des arborescences d'événements) en facteurs contributifs qui peuvent être plus raisonnablement évalués. L'évaluation globale tendra également à être moins sensible à l'exactitude des éléments individuels par rapport aux évaluations directes.

Il est important de se rendre compte que la difficulté dans l'évaluation des événements extrêmes n'est pas un défaut inhérent de la méthodologie de la QRA et il est injuste de reprocher à la QRA de générer des questions auxquelles on ne peut pas répondre de manière satisfaisante, jetant ainsi des doutes sur l'évaluation globale. Dans l'approche déterministe conventionnelle, des considérations similaires sont également applicables simplement parce que le même problème est traité, à l'exception du fait que celles-ci ne sont pas explicitement considérées dans l'évaluation ou du moins ne sont pas faites de manière très rigoureuse. Ceci pourrait également donner lieu à un sentiment erroné de sécurité mais le problème existe, qu'il soit mis en évidence par l'analyse ou non. En les mettant en évidence dans la structure de la QRA, il est possible de rendre une évaluation plus raisonnée, ou de prendre des actions appropriées pour réduire les risques. Fell & Hartford (1997) ont indiqué que, bien que la méthodologie d'évaluation des risques semble être considérablement plus compliquée que l'approche déterministe conventionnelle, en réalité il s'agit seulement d'un moyen de structurer les processus de pensée et la structure de décision basée sur les risques.

La technique de la QRA a également reçu des critiques fondées pour son incapacité à traiter certains événements tels que les coulées longues, les flux en canaux de débris et les ruptures profondes de coteaux naturels. On prétend parfois que les incertitudes du processus d'évaluation des risques de ces dangers sont si considérables (principalement en raison du manque de données historiques) que les résultats de l'évaluation ne peuvent pas être interprétés de manière correcte. Si cette affirmation était correcte et reproduisait l'état actuel des connaissances de ce processus, alors la base pour émettre un jugement subjectif conformément à l'approche déterministe conventionnelle, sans l'utilisation d'une structure organisée comme la QRA, est également, si ce n'est plus, discutable.

Message clé : On ne devrait pas blâmer et condamner la QRA pour des problèmes génériques (tels que la difficulté à évaluer des éléments extrêmes), qui ne sont pas le résultat de la méthodologie de la QRA. Particulièrement pour des problèmes plus complexes ou moins familiers, la QRA peut l'emporter sur l'approche déterministe conventionnelle.

Problème 7 : Rôle du jugement subjectif dans la QRA

Le fait de devoir utiliser des connaissances imparfaites et des données limitées, en s'appuyant sur le jugement et l'expérience, pour traiter les problèmes réels est une réalité du génie géotechnique. La QRA ne remplace pas le jugement ; elle fournit plutôt une structure pour émettre un jugement systématique. En effet, le jugement peut continuer à jouer un rôle important dans l'établissement d'un modèle approprié de risques, en évaluant la probabilité des différents scénarios et en influençant la qualité des données d'entrée.

L'un des mérites de la QRA est qu'en décomposant le problème en composants plus petits associés aux différents scénarios et en considérant les incertitudes correspondantes, il est plus probable d'émettre un jugement plus raisonnable, que d'émettre un jugement forfaitaire qui pourrait être relativement grossier. La transparence de l'évaluation et du jugement émis fournira une base utile à la discussion et à la mise au point de l'évaluation.

D'autre part, un jugement moins sensé pourrait être exposé et soumis à des questions par le processus de la QRA. Dans la QRA, il serait plus difficile de se cacher derrière la notion de "jugement expert global" basée sur l'expérience personnelle et ceci peut s'avérer être une menace pour certains individus. Il peut être difficile d'examiner le jugement subjectif de différents individus, en incluant des problèmes tels que la cohérence, etc. Roberds (1990) a présenté une vue d'ensemble des techniques possibles (incluant l'utilisation de groupes d'experts pour essayer de faciliter la convergence des jugements) et de leurs limites dans le domaine géotechnique. Baynes (1997) a observé la difficulté d'appliquer cette approche lorsque certains individus sont peu disposés à s'engager dans cette méthodologie expérimentale et a laissé entendre que d'autres guides sur l'approche devraient être promulgués.

Il va de soi que le jugement devrait être sensé et ceci implique une compréhension suffisante des processus en jeu et des conditions qui favorisent les différents mécanismes. La connaissance des performances et du comportement passés dans une configuration similaire de site constitue un avantage considérable. Il est important que l'évaluation prenne en considération l'incertitude et le niveau de certitude des données d'entrée. Le niveau de compréhension des processus et la base de données prédominantes de connaissance influenceront la résolution du jugement émis. L'analyse de sensibilité peut être utile pour guider le jugement et devrait être réalisée.

Hoek (1999) a examiné l'importance d'attribuer des numéros à la géologie du point de vue des ingénieurs. Il a observé que de nombreux géologues peuvent se sentir mal à l'aise lorsqu'ils doivent affecter des numéros à la géologie. Les simplifications nécessaires impliquées dans le processus de quantification de la complexité géologique peuvent également constituer une préoccupation pour les géologues. Hoek (op. cit) a affirmé qu'un bon ingénieur géologue et un bon ingénieur géotechnique travaillant ensemble en équipe peuvent généralement émettre des jugements réalistes, ou des suppositions éclairées, pour le paramètre d'entrée dans une conception technique, ou une évaluation des risques.

Un élément de jugement représente essentiellement l'état des croyances de l'expert. La structure de la QRA tiendra compte de l'usage maximal des informations disponibles et des compétences pour la quantification des risques. Le rôle de l'ingénieur a toujours été de résoudre les problèmes en augmentant au maximum l'utilisation de toutes les informations disponibles, et certainement pas d'éviter le problème.

Message clé : Le jugement continue de jouer un rôle très important dans la QRA, particulièrement lorsque les données sont insuffisantes. La QRA fournit une structure systématique pour le jugement. Le besoin de jugement n'est pas une limite de la QRA et ne se réfère pas exclusivement à la QRA.

Problème 8 : La QRA ne peut pas être le "Remède" à tous les problèmes !

Le manque d'acceptation générale de la QRA et de reconnaissance de son utilité peut être associé au fait que certains utilisateurs ont des attentes trop élevées vis-à-vis des valeurs numériques obtenues. La mentalité doit changer par rapport à l'analyse déterministe, qui peut sembler comparativement plus directe.

Il convient de se rappeler que la QRA n'est, après tout, qu'un outil et qu'elle ne peut pas être un remède à tous les problèmes. Elle sert uniquement à placer les incertitudes et les jugements techniques dans un système afin de faciliter l'évaluation. La technique elle-même ne s'ajoutera pas à la compréhension fondamentale des mécanismes opérationnels, il ne s'agit pas non plus d'une boule de cristal qui prédira exactement ce qui se passera. Les décisions doivent toujours être prises sur la base de scénarios incertains et de conséquences concurrentes, et la QRA fournit un processus structuré pour accomplir ceci de manière plus

rationnelle et défendable.

L'appréciation inadéquate de ce que la QRA peut et ne peut pas faire est susceptible d'entraîner une déception ou une impression selon laquelle le problème est devenu inutilement compliqué. L'allégation selon laquelle la QRA donne lieu à plus de difficultés au lieu de résoudre les problèmes n'est pas rare.

Message clé : Des attentes excessives vis-à-vis de ce que la QRA peut offrir sont susceptibles de conduire à des frustrations. Les attributs et les limites de la technique doivent être considérés dans le contexte. L'évaluation intégrée des risques (si elle est correctement effectuée) n'est pas parfaite mais peut être ce qu'il y a de mieux face aux incertitudes inhérentes et aux ressources limitées pour des décisions plus défendables

Problème 9 : Utilisation de la QRA pour une évaluation relative

Selon certaines affirmations, la valeur de la QRA en effectuant une évaluation relative des risques peut avoir été sous-estimée dans la pratique. La force de cette pensée basée sur les risques repose sur l'importance donnée à l'incertitude et au potentiel qu'elles offrent pour quantifier les effets d'incertitude. Ceci peut être fait en termes relatifs et pas nécessairement en termes absolus.

L'approche structurée de la QRA peut s'appliquer sur différents sites, sur différentes zones d'un site donné ou pour examiner la rentabilité des différentes mesures de réduction pour les évaluations relatives ou comparatives. Si seul un classement relatif est nécessaire, alors la demande d'exactitude et de résolution des données sera inférieure à celle de quantification absolue des risques. Si un certain type d'étalonnage des risques est entrepris, le classement basé sur les risques peut être associé à l'ordre des risques.

Cependant il faut aborder la question de savoir si les travaux de réduction des risques sont nécessaires sur un site donné ou non, on doit inéluctablement appliquer certains jugements de valeur sur le résultat de l'évaluation. Dans l'approche du Facteur de sécurité, un indice a été évalué et comparé par rapport à certains points de référence. Si une évaluation purement qualitative est effectuée, le jugement de valeur sur l'acceptabilité du résultat de l'évaluation sera subjectif et non pas transparent. Dans la pratique, il est possible de pallier à ce défaut en ayant recours à l'évaluation par un groupe d'experts, ou en prenant pour référence des décisions précédentes pour des scénarios similaires.

Une solution alternative à la quantification détaillée des niveaux de risque consiste à adopter le concept d'amélioration de pourcentage. Par exemple, dans le cas d'un talus artificiel existant, cela revient à supposer que le facteur dominant de sécurité est un et que les mesures sont mises en œuvre pour améliorer la marge de sécurité d'un certain pourcentage. Ceci signifie que la réduction sera inéluctable et la question porte désormais sur le niveau nécessaire.

De manière générale, l'adoption d'une structure basée sur les risques (même pour les évaluations qualitatives) à des fins comparatives présente des avantages. Le fait de savoir si cela suffira dépend du problème présent.

Message clé : La structure structurée pour la QRA peut être employée utilement pour fournir des évaluations comparatives pour certaines classes de problèmes. Cependant, l'évaluation quantitative des risques serait toujours nécessaire pour une analyse de rentabilité plus définitive.

Problème 10 : Connaissances de la QRA géotechnique - Problèmes de qualité et de reconnaissance

L'approche d'évaluation des risques exige une gamme de compétences et de talents supplémentaires à ceux exigés pour les problèmes conventionnels de génie géotechnique. La collaboration entre les disciplines est utile. Les professionnels de la géotechnique devraient montrer la voie puisqu'ils peuvent décrire les processus qui forment la structure d'évaluation des risques, exercer un jugement et être responsable de la solution finale adoptée. Les analystes des risques peuvent prêter assistance en examinant la combinaison et l'interaction des scénarios et en conseillant sur les évaluations de vulnérabilité étant donné l'impact sur les différentes installations, ce qui tend à constituer l'une des forces des analystes traditionnels des risques. Les économistes et les spécialistes des sciences humaines peuvent contribuer à l'évaluation des coûts des dommages, aux calculs de la rentabilité et la considération de l'acceptabilité du risque.

La qualité et les compétences de l'expert peuvent exercer une influence majeure sur l'exactitude de la QRA. Ceci est lié aux précisions et au jugement pour formuler un modèle de risque approprié qui considère les facteurs influençant les processus clés impliqués. Une structure inappropriée ou trop simplifiée influencera l'exactitude de l'évaluation et pourrait même laisser de côté des facteurs clés. D'autre part, une

structure trop compliquée pourra entraîner des efforts supplémentaires inutiles pour entrer des données, éventuellement sans amélioration significative de l'exactitude de l'évaluation.

Il est essentiel d'avoir une compréhension suffisante des mécanismes impliqués par rapport à ce qui peut aller mal. Par conséquent, il est logique que les professionnels de la géotechnique ayant une connaissance de base des concepts de risque prennent l'initiative dans les problèmes géotechniques de la QRA. Cependant, les compétences dans l'évaluation des risques géotechniques ne sont pas formellement reconnues dans la pratique. Il est difficile de définir ces compétences actuellement. Ainsi, il y a un contrôle limité du personnel entreprenant l'évaluation, qui peut ou non posséder le niveau requis de compétence et de perspicacité. Un manque de personnel ayant l'expérience requise est partiellement lié à l'accueil peu enthousiaste de la méthodologie de la QRA de la part de la communauté géotechnique, ce qui à son tour signifie moins d'opportunités pour que les personnes s'impliquent et acquièrent de l'expérience.

Il y a un risque que la rigueur apparente sous-jacente à la QRA puisse masquer l'omission de facteurs clés qui influenceraient de manière significative l'exactitude de l'évaluation des risques voire la rendraient incorrecte. Morgenstern (1996) a mis en évidence l'importance de l'incertitude des modèles et des erreurs humaines qui peuvent recouvrir l'exactitude de l'évaluation des risques. Évidemment, aucune manipulation statistique ne pourrait compenser les défauts des modèles qui sont fondamentalement imparfaits. Cependant, il convient de se rappeler que ces facteurs peuvent dominer d'autres types d'évaluation également, pas seulement l'évaluation des risques.

Morgenstern (1996) a illustré l'importance de l'incertitude des modèles en se référant à l'étude de cas signalé par Jackson & Fell (1993). Cette évaluation des risques ne prenait pas en considération le potentiel de liquéfaction statique des déchets miniers épars sur un accotement qui peut s'effondrer et se rompre par fragilisation à des forces de crêtes mobilisées beaucoup plus inférieures à celles correspondant aux conditions d'état critique. L'effondrement non drainé de cette structure métastable libre donne généralement lieu à une rupture mobile, qui exerce une influence importante sur l'écoulement des débris, le degré d'alarme et la conséquence de la rupture et ainsi sur la quantification des risques.

Certaines personnes affirment qu'il serait difficile d'évaluer la qualité de la QRA ou de vérifier l'évaluation. Cependant, les éléments mentionnés ci-dessus sont un exemple frappant qu'une évaluation de risques (ou que toutes évaluations), avec des hypothèses erronées sur les facteurs clés, peut être observée. Une évaluation qualitative forfaitaire pourrait avoir masqué cette omission des considérations clés mais elle devient plus transparente dans une structure de la QRA.

Tandis que la qualité de l'expert exerce une influence importante, la résolution de l'évaluation sera restreinte par l'état de connaissance des mécanismes impliqués et le manque de données. Par exemple, il y a en conséquence plus d'incertitudes associées à l'évaluation des risques des coteaux naturels puisque les facteurs qui régissent l'initiation, le mécanisme, l'échelle, la transformation des différents modes de rupture, la mobilité des débris de glissement de terrain, etc. sont moins bien compris que pour les ruptures de talus artificiels. La reconnaissance de la gamme complexe et diverse de ruptures de coteaux en considération des scénarios de risque est importante pour les évaluations pertinentes des risques (Wong & Ho, 2000).

Message clé : Il est important de s'assurer que les professionnels de la géotechnique possédant les compétences, les connaissances et la perspicacité adéquates soient chargés de réaliser les évaluations réalistes des risques. Il n'y a pas de mécanisme efficace actuellement pour distinguer ceux qui sont capables de ceux qui pensent être capables (mais qui ne le sont pas).

QUEL EST L'AVENIR DE LA QRA ?

La QRA est un outil puissant et les applications pilotes de la QRA se sont révélées très prometteuses. Comme possibilité alternative ou outil supplémentaire à l'utilisation des techniques conventionnelles, elle a fourni des éclaircissements considérables sur certains problèmes et facilité la prise de décision sensée, à la fois à un niveau spécifique au site et sur une base relative aux organisations/sociétés. Le processus peut aboutir à une compréhension beaucoup plus complète du problème et de sa solution plutôt que parvenir uniquement à un Facteur conventionnel de sécurité.

L'application relativement nouvelle des méthodologies de la QRA globale a rempli l'objectif de ces méthodologies. Cependant, certaines avancées sont probablement nécessaires pour perfectionner et mettre au point la méthodologie de la QRA afin d'améliorer l'exactitude de la QRA spécifique au site. Un travail est également nécessaire dans le domaine de l'identification des risques (Wong & Ho, 2000), des moyens sont également nécessaires pour améliorer l'exactitude des évaluations de fréquence et de conséquence,

spécialement pour les problèmes de terrain naturel.

Il est juste d'affirmer que la majorité des problèmes de routine peuvent être traités de manière adéquate par la pratique existante avec l'utilisation d'approches basées sur l'expérience et que des évaluations élaborées des risques peuvent ne pas être nécessaires. Pour les problèmes moins familiers ou plus compliqués (par exemple ruptures de coteau naturel, chutes de rochers, site d'enfouissement des déchets, mise au rebut des déchets radioactifs, aménagements sur des mines abandonnées, etc.), on considère que la QRA a pour rôle de compléter les approches conventionnelles, dont certaines peuvent se référer, par nature, à un jugement et/ou à la qualité.

La QRA peut être utilisée pour fournir des éclaircissements supplémentaires sur un problème après le développement d'une perception par des approches conventionnelles. La solution consiste à identifier le ou les outils les plus appropriés, ou la combinaison d'outils, pour le problème présent. Le choix peut être très différent même pour la même classe de problèmes, selon les questions exactes posées, les détenteurs des enjeux concernés et le contexte des réponses nécessaires (par exemple différentes étapes d'un projet, exactitude, etc.). En examinant les approches appropriées, on ne doit pas être trop contraint par les méthodes plus familières (ou populaires) qui peuvent ne pas être appropriées et pourraient donner lieu à un sentiment erroné de sécurité. D'autre part, il est important de s'assurer que le niveau de complexité de l'analyse est compatible avec le problème à résoudre et d'équilibrer le coût et le temps supplémentaires impliqués dans une analyse plus élaborée par rapport aux économies potentielles et autres avantages perçus (par exemple considérations politiques et sociales). Le défi consiste à être capable de choisir les bons outils pour les bons problèmes afin d'obtenir un avantage complet.

Il y a des problèmes qui peuvent mener à la QRA dans une moindre mesure, par exemple lorsque les incertitudes sont substantielles et sensibles, lorsque les mécanismes impliqués ne sont pas bien compris ou lorsque les paramètres du modèle d'analyse ne sont pas bien définis. Cependant, la solution alternative d'adopter des approches plus conventionnelles ne sera pas en mesure non plus de fournir un outil satisfaisant à ces problèmes. Avec la QRA ou une structure basée sur les risques, une approche plus structurée sera davantage susceptible d'identifier les composants majeurs des risques et de souligner les incertitudes clés pour faciliter des décisions plus raisonnables. Dans ce contexte, il est mieux d'être "probablement juste" (en considérant de manière explicite les incertitudes) que d'être "exactement incorrect" par une évaluation forfaitaire.

L'incapacité à proposer une évaluation précise des risques ne constitue pas nécessairement un obstacle à la quantification des risques. Il est toutefois nécessaire d'examiner l'ordre probable d'exactitude de la QRA et de comprendre sa sensibilité aux paramètres d'entrée. Lorsque les incertitudes de l'évaluation sont significatives, des mesures solides appropriées de réduction des risques peuvent être adoptées pour pendre en considération ces composants donnant lieu principalement à l'incertitude.

La QRA implique une mentalité et une approche différentes dans le sens où les incertitudes et les ruptures doivent être considérées de manière explicite. Puisqu'il s'agit d'un processus, il est plus difficile d'examiner et de vérifier en raison du manque d'expérience et/ou de données. Ceci signifie qu'il peut être difficile d'obtenir l'acceptation des autorités et la vaste période impliquée dans la résolution des questions peut fortement décourager ceux qui peuvent choisir une approche basée sur les risques.

La résistance actuelle contre la QRA par la profession n'est en aucune façon facile à résoudre. La connaissance appropriée des concepts de base dans la formation universitaire et une formation professionnelle ciblée sont pertinentes. Une promulgation plus importante par la rédaction de documents techniques constituera un pas dans la bonne direction et montrera la voie pour que les individus essaient la technique dans des situations appropriées. L'application réussie de la QRA telle qu'elle est démontrée par les historiques de cas constituera un message puissant pour la communauté géotechnique.

Dans une perspective plus globale, l'utilité de la QRA ne doit pas être mise trop en valeur. La QRA ne doit pas être appliquée aveuglément sur de faux problèmes, auquel cas elle est susceptible de faire plus de mal que de bien. Bien que la quantification rigoureuse des risques puisse être utile pour mettre des problèmes particuliers en contexte, elle n'est pas nécessairement essentielle à la gestion efficace des risques, selon la nature du problème présent. La gestion intégrée des risques constitue la solution et elle peut inclure à la fois des actions techniques directes et des approches souples, telles que l'éducation du public et les programmes de préparation d'urgence de la communauté basés sur des techniques de sciences humaines, ainsi que des systèmes d'alarme (Yim et al, 1999). Un système exhaustif de gestion des risques de sécurité devrait se baser sur une approche holistique, les principaux objectifs étant de réduire les risques (c'est-à-dire de réduire la probabilité ou la conséquence de la rupture, ou les deux), d'augmenter la tolérance aux risques et de maintenir l'état de conscience vis-à-vis des risques (Malone, 1998).

La considération du risque est essentielle pour assurer les performances géotechniques et le processus ne doit pas nécessairement être quantitatif pour la majorité des problèmes de routine. Morgenstern (2000) a laissé entendre que l'Analyse des risques consécutifs constituerait le processus approprié, associé à d'autres outils d'analyse qualitative des risques (comme l'analyse préliminaire des risques (PHA, Preliminary Hazard Analysis), l'analyse des effets-modes de rupture (FMEA, failure modes-effects analysis) communément utilisées dans le domaine de l'évaluation formelle des risques dans d'autres industries) pour garantir les performances satisfaisantes des structures géotechniques. Pour exprimer ce qui précède en termes plus terre à terre, ceci équivaut à examiner en détails les scénarios, actions ou mesures de type "que se passerait-il si" pour gérer ou réduire les risques, les mesures d'urgence (de "Plan B"), etc.. Ceci revient à une application plus systématique de l'Approche d'observation. Cette approche constituerait un instrument pédagogique utile pour que les professionnels plus jeunes développent une perception et une sensibilité vis-à-vis d'un événement qui peut aller mal, la probabilité de cet événement, avec quelles conséquences et comment les événements défavorables peuvent avoir une action réciproque. Ceci fournit également une structure appropriée pour le transfert d'un sentiment de jugement de l'état expérimenté à l'état inexpérimenté. Dans la pratique, l'évaluation ci-dessus pourrait être intégrée en tant que partie du système d'assurance qualité et réalisée au cours de l'Étape de l'évaluation d'options de manière collective par les détenteurs des enjeux concernés lorsque les options de conception ainsi que les incertitudes et les contraintes de projet sont évaluées. L'évaluation devrait être à nouveau examinée régulièrement au cours de la phase de construction conformément à la bonne pratique standard, afin de réduire les incidents au maximum.

CONCLUSIONS

Les techniques d'évaluation quantitative des risques (QRA) devraient être reconnues en tant qu'outil supplémentaire des méthodes déterministes conventionnelles dans la quantification des risques de glissement de terrain. Elle fournit une structure à l'anticipation des problèmes, à leur évaluation, à leur réduction de manière rentable et à l'acceptation du niveau de risque résiduel. L'évaluation du risque n'est pas une fin en soi mais un élément de la gestion de risques. Elle peut être effectuée de différentes manières, la meilleure façon dépendant de l'application spécifique.

Il a été indiqué que la QRA fournit des éclaircissements considérables sur les anciens problèmes et sert de solutions aux nouveaux problèmes. Elle présente des possibilités pour des applications plus larges dans les différentes disciplines du génie géotechnique et géo-environnemental pour des problèmes sélectionnés. La méthodologie basée sur les risques, tandis qu'elle ne remplace pas complètement les méthodes de décision et de conception déterministes traditionnelles, offre une approche systématique à la prise en compte des incertitudes et à la quantification du niveau de sécurité. La QRA s'est avérée très utile pour traiter la question "Les talus sont-ils sûrs ?" ou des questions similaires sur la quantification du niveau de sécurité, en termes qui peuvent être comparés de manière pertinente aux autres risques. Ces questions sont de plus en plus souvent posées par les clients, les entités allouant les ressources mais aussi le public. La profession fait face aux défis d'apprécier quand et où la prise de décision basée sur les risques est la plus applicable et de juger les outils les plus appropriés d'analyse de risques pour les problèmes spécifiques.

De nombreuses limites et réserves perçues sur l'évaluation des risques ne se réfèrent pas exclusivement à la QRA. Bien que la QRA soit en mesure de résoudre certains des problèmes associés aux approches traditionnelles, elle partage certains de ces mêmes problèmes. Les malentendus concernant la QRA ont contribué à entraver l'extension de son utilisation. La technique ne peut pas être mise trop en valeur car elle ne traitera pas nécessairement tous les problèmes de manière satisfaisante et il existe des contraintes pratiques associées à la QRA, ainsi qu'à tous autres outils d'évaluation. Évidemment, l'outil technique juste doit être appliqué au problème juste par des utilisateurs qualifiés pour qu'il constitue un processus à valeur ajoutée.

Le processus d'évaluation des risques rappelle à la profession que le génie géotechnique concerne essentiellement la gestion des incertitudes et des risques. L'ingénierie concerne la prise de décision lorsque le comportement est incertain mais il est important qu'on sache suffisamment prendre des décisions raisonnées et défendables ; une connaissance parfaite n'est pas requise. La pratique de routine tend aujourd'hui à être largement dominée par les standards et les solutions éprouvés. Alors que ceci peut suffire pour la majorité des problèmes de routine et des problèmes plus familiers, une approche trop rigide et manquant de perspicacité qui décourage la pensée latérale ne conduit pas à une amélioration de la pratique technique et peut entraîner des résultats défavorables.

Posséder une mentalité basée sur les risques et adopter une approche plus structurée dans l'évaluation de

l'événement qui peut mal se passer (que ce soit quantitativement ou qualitativement) constituent un point de départ important, particulièrement lorsqu'il s'agit de traiter des problèmes plus complexes et/ou moins familiers. Pour les projets importants ou sensibles, la QRA peut s'avérer un outil très précieux pour compléter les techniques existantes et faciliter la prise de décision. L'utilisation d'une structure basée sur les risques pour intégrer la considération des conséquences potentielles et l'identification de mesures solides de prévention ou de réduction dans les différentes étapes du processus d'évaluation géotechnique permettront d'élaborer des zones dignes d'intérêt et d'éviter des surprises, des gênes ou des désastres.

Une meilleure compréhension du comportement des structures géotechniques dans des conditions de charge normales et plus extrêmes améliorerait l'exactitude des prédictions, et les bases de données de qualité satisfaisantes sont importantes dans le développement de cette compréhension. L'apprentissage par les ruptures géotechniques est essentiel dans l'avancée de la compréhension fondamentale des mécanismes de rupture et des événements qui peuvent mal se passer afin de faciliter les évaluations plus réalistes des risques.

Finalement, nos sociétés deviennent de moins en moins tolérantes vis-à-vis des ruptures des structures techniques, incluant les désastres entraînés par des phénomènes naturels ayant un impact sur les zones aménagées. On tend à reprocher aux ingénieurs leurs actions ou inactions. Une pression est exercée pour obtenir une augmentation des responsabilités et davantage de transparence. Les praticiens ne peuvent quasiment plus se cacher derrière "un jugement expert" ou des explications ésotériques. La confiance aveugle du public dans les "experts" est peu à peu remplacée par une impression de doute : "Cela aurait dû être prévu !". Il y a de nombreuses possibilités pour que les professionnels de la géotechnique travaillent avec d'autres disciplines telles que les spécialistes des sciences humaines, spécialistes des médias, etc., afin de contribuer davantage à promouvoir la communication améliorée avec les détenteurs des enjeux en ce qui concerne la nature et les réalités du risque de glissement de terrain en utilisant le langage et le vocabulaire qui peuvent être compris par les profanes.

REMERCIEMENTS

Ce document est publié avec l'autorisation du Chef du Bureau du génie géotechnique (Head of Geotechnical Engineering Office) et du Directeur du génie civil (Director of Civil Engineering), Gouvernement de la région administrative spéciale de Hong Kong (Hong Kong Special Administration Region), ainsi qu'avec l'autorisation du Chef des Bureaux de Recherches Géologiques et Minières.

Nous remercions avec reconnaissance l'aide du Dr. Victor Li dans la préparation de ce document.

RÉFÉRENCES

- ANCOLD (1994). "Guidelines on Risk Assessment". Australian Committee on Large Dams.
- ANCOLD (1997). "Guidelines for the Design of Dams for Earthquake". Australian National Committee on Large Dams, Melbourne, 98 p.
- Ang, A.H-S. & Tang, W.H. (1975). "Probability Concepts in Engineering Planning and Design, Volume 1 - Basic Principles". New York: J. Wiley & Sons, 409 p.
- Ang, A.H-S. & Tang, W.H. (1984). "Probability Concepts in Engineering Planning and Design, Volume 2 - Decision, Risk and Reliability". New York: J. Wiley & Sons, 562 p.
- Atkins China Ltd (1998). "Geotechnical Assessment - Fanling Area 49A Phases 1 & 3 - Natural Slopes". Report prepared for the Housing Department, Hong Kong.
- Atkins China Ltd (1998). "Quantitative Risk Analysis to Assess Residual Landslip Risk to Squatters at Lei Yue Mun". Report prepared for the Geotechnical Engineering Office, Hong Kong.
- Atkins Haswell (1995). "Quantitative Landslip Risk Assessment for the Squatter Villages in Lei Yue Mun - Calculation of the Value of Lives Saved through Re-housing of Squatters from Lei Yue Mun". Report prepared for the Geotechnical Engineering Office, Hong Kong.
- Atkins Haswell (1995). "Quantitative Landslide Risk Assessment for the Squatter Villages in Lei Yue Mun". Report prepared for the Geotechnical Engineering Office, Hong Kong.
- Australian Geomechanics Society (2000). "Landslide Risk Management Concepts and Guidelines". Australian Geomechanics Society, Sub-Committee on Landslide Risk Management, Australian Geomechanics, vol. 35, pp. 49-92.
- Baynes, F. (1997). "Problems associated with geological characterisation for quantitative landslide risk assessment". *Proceedings of the International Workshop on Landslide Risk Assessment*, Honolulu,

- Hawaii, USA, pp. 153-163.
- BC Hydro (1993). "Interim Guidelines for Consequence-based Dam Safety Evaluation and Improvements". Report by the BC Hydro hydroelectric Engineering Division.
- Besson, L., Durville, J.L., Garry, G., Graszak, Ed., Hubert, Th. & Toulemont M. (1999). "Plans de prévention des risques naturels (PPR) - Risques de mouvements de terrain". Guide méthodologique. *La Documentation Française*, Paris.
- Blockley, D.I. (1994). "Risk analysis of old mine workings". *Comprehensive Rock Engineering : Principles, Practice & Projects*, Pergamon Press, vol. 2, pp. 761-777.
- Bowles, D. S., Anderson, L. R. & Glover, T. F. (1991). "Evaluation of dam safety at a series of hydropower dams including risk assessment". *The Embankment Dam*, The British Dam Society, pp. 119-125.
- Brabb, E. E. (1984). "Innovative approaches to landslide hazard and risk mapping". *Proceedings of the Fourth International Symposium on Landslides*, Toronto, pp. 307-323.
- Brabb, E.E. (1984). "Innovative approaches to landslide hazard and risk mapping". *Proceedings of the 4th International Symposium on Landslides*, Toronto, vol. 1, pp. 307-323.
- Brand, E.W. (1988). "Landslide risk assessment in Hong Kong". (Special Lecture). *Proceedings of the Fifth International Symposium on Landslides*, Lausanne, vol. 2, pp. 1059-1074.
- Brinded, M. (2000). "Perception vs analysis - how to handle risk". (The 2000 Lloyd's Register Lecture). *Royal Academy of Engineering*, London, 23 p.
- Bunce, C., Cruden, D. M. & Morgenstern, N. R. (1996). "Assessment of the hazard from rock fall on a highway". *Canadian Geotechnical Journal*, vol. 34, pp. 344-356.
- Burke, R., Roberds, W. & Norrish, N. (1991). "Phase 1 design of a slope hazard assessment system for Washington's forested land". *Report by Golder Associates to Washington State Department of Natural Resources*.
- Canadian Standards Association (1991). "Risk analysis requirements and guidelines". CAN/CSA-Q634-91, Canadian Standards Association, Toronto, Canada, 42 p.
- Cancelli, A. & Crosta, G. (1994). "Hazard and risk assessment in rockfall prone areas". *Proceedings of the Conference on Risk and Reliability in Ground Engineering*, Institution of Civil Engineers, London, pp. 177-190.
- Carrara, A. (1984). Landslide hazard mapping: aims and methods. Actes du Colloque Mouvements de terrain (Caen). *Doc. Du BRGM*, no 83, pp. 141-151.
- Cave, P.W. (1992). "Natural hazards, risk assessment and land use planning in British Columbia: progress and problems". *Proceedings of First Canadian Symposium on Geotechnique and Natural Hazards*, Vancouver, Canada, pp. 1-12.
- Champetier de Ribes, G. (1987). La cartographie des mouvements de terrain : des ZERMOS aux PER. *Bull. Liaison Labo. P. & Ch.*, 150-151, pp. 9-19.
- Christian, J.T. (1996). "Reliability methods for stability of existing slopes". *Proceedings of Conference on Uncertainty in the Geologic Environment: From Theory to Practice*, ASCE Geotechnical Special Publication No. 58, pp. 409-418.
- Cole, K.W. (1993). "Building over shallow mines. Paper 1: considerations of risk and reliability". *Ground Engineering*, vol. 26, pp. 34-37.
- Cole, K.W., Jarvis, S.T. & Turner, A.J. (1994). "To treat or not to treat abandoned mine workings: towards achieving a dialogue over risk and reliability". *Proceedings of the Conference on Risk and Reliability in Ground Engineering*, Institution of Civil Engineers, London, pp. 1-28.
- Corominas, J. (1996). "The angle of reach as a mobility index for small and large landslides". *Canadian Geotechnical Journal*, vol. 34, pp. 344-356.
- Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996). "Landslide Types and Processes". *Chapter 3, Landslides Investigation and Mitigation*, Transportation Research Board, Special Report 247, National Research Council (edited by A.K. Turner and R.L. Schuster), pp. 36-75.
- Department of Planning (1990). "Risk Criteria for Land use Safety Planning". Hazardous Industry Planning Advisory Paper No. 4, Department of Planning, Sydney, 16 p.
- Duncan, J.M. (2000). "Facteurs de sécurité et fiabilité en géotechnique". *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, vol. 126, pp. 307-316.
- DNV (1996). "Quantitative Landslip Risk Assessment of Pre-GCO Man-made Slopes and Retaining Walls (Phase I)". Report prepared for the Geotechnical Engineering Office, Hong Kong.
- DRM (1990). Les études préliminaires à la cartographie réglementaire des risques naturels majeurs. *La Documentation Française*, 143 p.

- Einstein, H.H. (1988). "Landslide risk evaluation procedure". (Special Lecture). *Proceedings of the 5th International Symposium on Landslides*, Lausanne, pp. 1075-1090.
- Einstein, H.H. (1997). "Landslide risk - systematic approaches to its assessment". *Proceedings of the International Workshop on Landslide Risk Assessment*, Honolulu, Hawaii, pp. 25-50.
- Engineering Council (1993). "Guidelines on Risk Issues". Engineering Council, United Kingdom, 48 p.
- ERM (1995a). "Feasibility Study for QRA of Boulder Fall Hazard in Hong Kong". Report prepared for the Geotechnical Engineering Office, Hong Kong.
- ERM (1995b). "Landslide Consequence Classification of Roads & Footpaths". Report prepared for the Geotechnical Engineering Office, Hong Kong.
- ERM (1998a). "Landslides and Boulder Falls from Natural Terrain: Interim Risk Guidelines (GEO Report No. 75)". Report prepared for the Geotechnical Engineering Office, Hong Kong, 183 p.
- ERM (1998b). "Quantitative Risk Assessment of Boulder Fall Hazards in Hong Kong: Phase 2 Study (GEO Report No. 80)". Report prepared for the Geotechnical Engineering Office, Hong Kong, 61 p.
- ERM (1999). "Slope Failures along BRIL Roads: Quantitative Risk Assessment and Ranking (GEO Report No. 81)". Report prepared for the Geotechnical Engineering Office, Hong Kong, 200 p.
- Environmental Protection Department (1997). "Landfill Gas Hazard Assessment". Environmental Protection Department, Hong Kong SAR Government, 53 p.
- Evans, N.C. & King J.P. (1998). "Debris Avalanche Susceptibility". *Technical Note No. TN 1/98*, Geotechnical Engineering Office, Hong Kong, 96 p.
- Fell, R. (1992). "Some landslide risk zoning schemes in use in Eastern Australia and their application". *Proceedings of the 6th Australia - New Zealand Conference on Geomechanics, Christchurch*, pp. 505-512.
- Fell, R. (1994). "Landslide risk assessment and acceptable risk". *Canadian Geotechnical Journal*, vol. 31, pp. 261-272.
- Fell, R. & Hartford, D. (1997). "Landslide risk management". *Proceedings of the International Workshop on Landslide Risk Assessment*, Honolulu, Hawaii, USA, pp. 51-108.
- Fell, R., Mostyn, G.R., Maguire, P. & O'Keeffe, L. (1988). "Assessment of the probability of rain induced landsliding". *Proceedings of the 5th Australia - New Zealand Conference on Geomechanics*, Sydney, pp. 73-77.
- Fell, R., Hungr, O., Riemer, W. & Leroueil, S. (2000). "Stability of natural and excavated slopes". *Keynote Lecture, Proceedings of the International Conference on Geotechnical and Geological Engineering, GEOENG 2000, Melbourne, Australia (In press)*.
- Finlay, P.J. (1996). "The Risk Assessment of Slopes". PhD thesis, School of Civil Engineering, University of New South Wales.
- Finlay, P.J. & Fell, R. (1995). "A Study of Landslide Risk Assessment for Hong Kong". Report prepared for the Geotechnical Engineering Office, Hong Kong.
- FMA Consultants (1999). "Quantitative Risk Assessment - Feature No. 11SW-C/F188, Aberdeen Catchwater, Hong Kong". Report prepared for the Geotechnical Engineering Office, Hong Kong.
- Geotechnical Engineering Office (2000). "Guidance on Natural Terrain Hazard Assessment". (In preparation).
- Garry, G. & Graszak, Ed. (1997). *Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR) - Guide général. La Documentation française*, Paris.
- Giles, D. (1994). "Geostatistical interpolation techniques for geotechnical data modelling and ground condition risk and reliability assessment". *Proceedings of the Conference on Risk and Reliability in Ground Engineering*, Institution of Civil Engineers, London, pp. 202-215.
- Golder Associates (HK) Ltd (1996). "Report on Development of a QRA Methodology for Landslides on Natural Terrain in Hong Kong". Report prepared for the Geotechnical Engineering Office, Hong Kong.
- Golder Associates (HK) Ltd (1998). "Tuen Mun Road Widening at Tai Lam Section, Design and Construction Consultancy, Design Report: Risk-Based Slope Design". Report prepared for the Highways Department, Hong Kong SAR Government (unpublished).
- Graszak, E. & Toulemont, M. (1996). *Plans de prévention des risques naturels et expropriation pour risques majeurs. Les mesures de prévention des risques naturels de la loi du 2 février 1995. Bull. Labo. P. & Ch.*, 206, pp. 85-94.
- Grocott, C.G. & Olsen, A.J. (1992). "Geohazard risk assessment and reasons for alternative expert opinions". *Proceedings of the 6th Australia-New Zealand Geomechanics Conference*, Christchurch, Australia, pp. 564-567.

- Hambly, E.C. & Hambly, E.A. (1994). "Risk evaluation and realism". *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, London, vol. 102, pp. 64-71.
- Hansen, A. (1984). "Landslide Hazard Analysis". In: D.Brunden & D.B. Prior (eds). *Slope Instability*, Chichester: John Wiley & Sons, pp. 523-602.
- Hardingham, A., Lo, D.O.K., Ho, K.K.S. & Chase, E. (1999). "Landslide consequence assessment for high-speed mass transportation facilities". *Proceedings of the Seminar on Geotechnical Risk Management*, Geotechnical Division, Hong Kong Institution of Engineers, pp. 43-53.
- Hardingham, A.D., Ho, K.K.S., Smallwood, A.R.H. & Ditchfield, C.S. (1998). "Quantitative risk assessment of landslides - A case history from Hong Kong". *Proceedings of the Seminar on Slope Engineering in Hong Kong*, Geotechnical Division, Hong Kong Institution of Engineers, pp. 145-152.
- Hartlen, J. & Viberg, L. (1988). "General Report: Evaluation of landslide hazard". *Proceedings of the 5th International Symposium on Landslides*, Lausanne, pp. 1037-1057.
- Health and Safety Executive (1987). "The Tolerability of Risk from Nuclear Power Stations". Health and Safety Executive, HMSO, 36 p.
- Health and Safety Executive (1988). "Comments Received on the Tolerability of Risk from Nuclear Power Stations". Health and Safety Executive, HMSO.
- Health and Safety Executive (1989a). "Quantified Risk Assessment : Its Input to Decision Making". Health and Safety Executive, HMSO, 30 p.
- Health and Safety Executive (1989b). "Risk Criteria for Land-use Planning in the Vicinity of Major Industrial Hazards". Health and Safety Executive, HMSO, 32 p.
- Health and Safety Executive (1992). "The Tolerability of Risk from Nuclear Power Stations". Health and Safety Executive, HMSO.
- Hoek, E. (1999). "Putting numbers to geology - an engineer's viewpoint". *Quarterly Journal of Engineering Geology*, vol. 32, pp. 1-19.
- Holland, G.J. & Andrews, M.E. (1995). "The inspection and risk assessment of slopes associated with the U.K. canal network". *Geohazards and Engineering Geology*, The Engineering Group of the Geological Society, pp. 185-214.
- Humbert, M. (1977). La cartographie ZERMOS. Modalités d'établissement des cartes des zones exposées à des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol. *Bull. BRGM*, (2) III, 1/2, pp. 5-8.
- Hungr, O. (1998). "Mobility of Landslide Debris in Hong Kong : Pilot Back Analyses using a Numerical Model". Report prepared for the Geotechnical Engineering Office, Hong Kong.
- Hungr, O., Morgan, G.C. & Kellerhals, R. (1984). "Quantitative analysis of debris torrent hazards for design of remedial measures". *Canadian Geotechnical Journal*, vol. 21, pp. 663-677.
- Hungr, O. & Rawlings, G. (1995). "Assessment of terrain hazards for planning purposes: Cheekye Fan, British Columbia". *Proceedings of the 48th Canadian Geotechnical Conference*, Vancouver, B.C., vol. 1 pp. 509-518.
- Hungr, O., Sobkowicz, J. & Morgan, G.C. (1993). "How to Economize on Natural Hazards". *Geotechnical News*, March, pp. 54-57.
- Hutchinson, J.N. (1988). "Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology". *Proceedings of the 5th International Symposium on Landslides*, Lausanne, vol. 1, pp. 3-35.
- Hutchinson, J.N. (1992). "Landslide hazard assessment". *Proceedings of the 6th International Symposium on Landslides*, Christchurch, Australia, vol. 3, pp. 1805-1841.
- Hyder (2000). "Safety Review of Small Service Reservoirs - Methodology for Quantitative Landslip Risk Assessment". Report prepared for the Water Supplies Department, Hong Kong SAR Government (unpublished).
- Institution of Chemical Engineers (1992). "HAZOP and HAZAN - Identifying and Assessing Process Industry Hazards (Third Edition)". Edited by T. Kletz, 146 p.
- Institution of Chemical Engineers (1992). "Nomenclature for Hazard and Risk Assessment in the Process Industries". Edited by D. Jones, 43 p.
- Institution of Professional Engineers New Zealand (1983). "Engineering Risk". The Institution of Professional Engineers, New Zealand, 95 p.
- Jackson, S.D.F. & Fell, R. (1993). "A risk-based approach to characterisation of mine waste rock". *Proceedings of the Conference on Probabilistic Risk and Hazard Assessment*, Newcastle, Australia, pp. 95-109.
- Kay, J.N. & Chen, T. (1993). "An approximate probabilistic approach to slope stability for Hong Kong".

- Proceedings of the Conference on Probabilistic Methods in Geotechnical Engineering*, Canberra, Australia, pp. 275-279.
- Kay, J.N. (1994). "An explicit risk based approach to slope stability". *Proceedings of the International Conference on Safety, Economy and Reliability in Marine Engineering and Construction*, Hong Kong.
- Lacasse, S. & Nadim, F. (1994). "Reliability issues and future challenges in geotechnical engineering for offshore structures". Plenum Paper for the Seventh International Conference on Behaviour of Offshore Structures, BOSS'94, MIT, Cambridge Mass. USA.
- Lacasse, S. & Nadim, F. (1996). "Uncertainties in characterising soil properties". In *Uncertainty in the Geologic Environment, Geotechnical Special Publication No. 58*, American Society of Civil Engineers, pp. 49-75.
- Lacasse, S. & Nadim, F. (1998). "Risk and reliability in geotechnical engineering". *Proceedings of the 4th International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering*, St Louis, Missouri, pp. 1172-1192.
- Lambe, T, Silva, F. & Lambe, P.C. (1989). "Expressing the level of stability of a slope". *The Art and Science of Geotechnical Engineering at the Dawn of the Twenty-First Century, A volume honouring Ralph B. Peck*, edited by E.J. Cording, W.J. Hall, J.D. Hattiwanger & A.J. Hendron, John Wiley & Sons, New York, USA.
- Lambe, T.W., Allen Marr, W. & Silva, F. (1981). "Safety of a constructed facility: geotechnical aspects". *Journal of the Geotechnical Division, American Society of Civil Engineers*, vol. 107, pp. 339-352.
- Lateltin, O. (1997). Recommandations - Prise en compte des dangers dus aux mouvements de terrain dans le structure des activités de l'aménagement du territoire. *Office fédéral de l'Environnement, des forêts et du paysage (OFEP), Office fédéral de l'économie des eaux (OFEE) et par Office fédéral de l'aménagement du territoire (OFAT)*.
- Lee, E.M., Brunsten, D. & Sellwood, M. (2000). "Quantitative risk assessment of coastal landslide problems, Lyme Regis, UK". *Proceedings of the 8th International Symposium on Landslides*, Cardiff, Wales, vol. 2, pp. 899-904.
- Léone, F. (1996). Concept de vulnérabilité appliqué à l'évaluation des risques générés par les phénomènes de mouvements de terrain. *Document du BRGM 250. Ed. BRGM*.
- Léone, F., Asté, J.P. & Leroi, E. (1996). "Vulnerability assessment of elements exposed to mass movement : working towards a better risk perception". *Proceedings of the 7th International Symposium on Landslides, Trondheim, Norway*, vol.1, pp. 263-268.
- Leroi, E. (1996). "Landslide hazard - risk maps at different scales: objectives, tools and developments". *Proceedings of the Seventh International Symposium on Landslides, Trondheim, Norway*, vol. 1, pp. 35-51.
- Leroi, E. (1997). "Landslide risk mapping: Problems, limitations and developments". *Proceedings of the International Workshop on Landslide Risk Assessment*, Honolulu, Hawaii, USA, pp. 239-250.
- Leroi, E., Sedan, O., Mirgon C. & Chassagneux, D. (2000). La prévention des risques naturels en Polynésie Française, Phase 2. Synthèse des travaux réalisés en 1999. Rap. BRGM RP-50134-FR, 58p., 19fig., 3 pl.h.t., 4 annexes.
- Li, K.S. (1992). "A point estimate method for calculating the reliability index of slopes". *Proceedings of the 6th Australia-New Zealand Conference on Geomechanics, Christchurch*, pp. 448-451.
- Li, K.S. & Lam, J. (2000). Discussion on "Factors of safety and reliability in geotechnical engineering" by J.M Duncan. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, vol. 126, pp. 307-316 (in print).
- Li, K.S. & Lumb, P. (1987). "Probabilistic design of slopes". *Canadian Geotechnical Journal*, vol. 24, pp. 520-535.
- Lumb, P. (1972). "Probabilistic aspects of slope stability". *Proceedings of the First International Symposium on Landslide Control*, Japan, pp. 125-131.
- Malone, A. W. (1996). "Thoughts on a New Landslip Risk Management Strategy". Discussion Note DN 1/96, Geotechnical Engineering Office, Hong Kong, 24 p.
- Malone, A.W. (1998). "Risk management and slope safety in Hong Kong". *Proceedings of the Seminar on Slope Engineering in Hong Kong, Geotechnical Division Hong Kong Institution of Engineers*, pp. 3-20.
- Malone, A.W. (1999). "Guidance on setting up a slope safety system designed on risk management principles". *Proceedings of the Seminar on Geotechnical Risk Management*, Geotechnical Division, Hong Kong Institution of Engineers, pp. 97-103.
- Maunsell Geotechnical Services Ltd (1999). "Territory Wide Quantitative Risk Assessment of Boulder Fall

- Hazards - Stage 1 Final Report*". Report prepared for the Geotechnical Engineering Office, Hong Kong.
- McQuaid, J. (1996). "Rationale, methodology and place of risk assessment in European Union and United Kingdom legislation". *Minerals Industry International*, January, pp. 9-11.
- Melchers, R.E. (1993). "Society, tolerable risk and the ALARP principle". *Proceedings of the Conference on Probabilistic Risk and Hazard Assessment*, Newcastle, Australia, pp. 243-252.
- Michael-Leiba, M., Baynes, F. & Scott, G. (2000). *Proceedings of the 8th International Symposium on Landslides*, Cardiff, Wales, vol. 2, pp. 1059-1064.
- Mompelat, P. (1994). Unités cartographiques et évaluation de l'aléa mouvements de terrain en Guadeloupe (Antilles françaises). Thèse soutenue le 25 mars 1994 pour obtenir le titre de Docteur de l'Université Paris 6.
- Morgan, G.C., Rawlings, G.E. & Sobkowicz, J.C. (1992). "Evaluating total risk to communities from large debris flows". *Proceedings of the 1st Canadian Symposium on Geotechnique and Natural Hazards*, Vancouver, Canada, pp. 225-236.
- Morgenstern, N.R. (1991). "Limitations of stability analysis in geotechnical practice". *Geotechnia*, No. 61, pp. 5-19.
- Morgenstern, N.R. (1995). "Managing risk in geotechnical engineering". *The 3rd Casagrande Lecture. Proceedings of the 10th Pan American Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Guadalajara*, vol.4, pp. 102-126.
- Morgenstern, N.R. (2000). "Performance in geotechnical practice". Inaugural Lumb Lecture, Transactions of the Hong Kong Institution of Engineers (in print).
- Mostyn, G.R. & Li, K.S. (1993). "Probabilistic slope analysis - state-of-play". *Proceedings of the Conference on Probabilistic Methods in Geotechnical Engineering*, Canberra, Australia, pp. 89-109.
- Mouchel Halcrow JV (1999). "Castle Peak road Improvement between Area 2 and Ka Loon Tsuen, Tsuen Wan D & C Consultancy - Final Geotechnical Risk Assessment Report". Report prepared for the Highways Department, Hong Kong SAR Government (unpublished).
- Nawar, G. & Salter, R. (1993). "Probability of death and quantification of the value of life". *Proceedings of the Conference on Probabilistic Risk and Hazard Assessment*. Newcastle, Australia, pp. 157-163.
- Neale, B.S. (1995). "Hazard and risk assessment for constructions: a regulator's view". *The Structural Engineer*, vol. 73, pp. 388-390.
- Neowhouse, M.M. (1993). "The use of software based qualitative risk assessment methodologies in industry". *Proceedings of the Conference on Probabilistic Risk and Hazard Assessment*, Newcastle, Australia, pp. 147-152.
- New South Wales Department of Planning (1992). "Risk criteria for land use safety planning". New South Wales Department of Planning, Australia.
- NRC (1995). "Probabilistic Methods in Geotechnical Engineering". National Research Council, Washington, DC, 84 p.
- O'Brien, A.S. (1998). "Quantitative risk assessment - a practical example". *Ground Engineering*, vol. 31, pp. 26-28.
- O'Riordan, N. J. & Milloy, C. (1994). "Risk Assessment for Methane and Other Gases from the Ground". Construction Industry Research and Information Association CIRIA Funders Report CP/23, 68 p.
- Oka, Y. & Wu, T.H. (1990). "System reliability of slope stability". *Journal of Geotechnical Engineering*, vol. 16, pp. 1185-1189.
- Parrett, N.F. (1986). "U.S. Bureau of Reclamation use of risk analysis". *Proceedings of the Engineering Foundation Conference on Risk-Based Decision Making in Water Resources*, ASCE, New York, NY, USA, pp. 154-171.
- Pidgeon N. (1995). "Risk perception research: Implications for risk regulation and management". *Conference on Understanding Risk Perception*, Aberdeen, United Kingdom.
- Quelch, J. & Cameron, I.T. (1993). "Dealing with model uncertainty in quantified risk assessment". *Proceedings of the Conference on Probabilistic Risk and Hazard Assessment*, Newcastle, Australia, pp. 171-178.
- Reeves, A., Chan, H.C. & Lam, K.C. (1998). "Preliminary quantitative assessment of boulder falls in Hong Kong". *Proceedings of the Seminar on Slope Engineering in Hong Kong*, Geotechnical Division, Hong Kong Institution of Engineers, pp. 185-192.
- Reeves, A., Ho, K.K.S. & Lo, D.O.K. (1999). "Interim risk criteria for landslides and boulder falls from natural terrain". *Proceedings of the Seminar on Geotechnical Risk Management*, Geotechnical Division, Hong Kong Institution of Engineers, pp. 127-136.

- Rezig, S. (1998). Modélisation probabiliste de l'aléa «Mouvements de terrain» - Développement d'une méthode quantitative pour l'aide à l'expertise. Thèse présentée le 30 octobre 1998 pour l'obtention du titre de docteur de l'École Centrale de Paris. Spécialité : Mécanique des sols. Laboratoire d'accueil : Mécanique des sols, structures et matériaux.
- Rezig, S., Favre, J.L. & Leroi, E. (1996). "The probabilistic evaluation of landslide risk". *Proceedings of the 7th International Symposium on Landslides, Trondheim, Norway*, vol. 1, pp. 351-356.
- Riddolls & Grocott Ltd. (1999). "Quantitative Risk Assessment Methods for Determining Slope Stability Risk in the Building Industry". BRANZ, The Resource Centre for Building Excellence, Study Report No. 83, Riddolls & Grocott Ltd., 38 p.
- Roberds, W.J. (1990). "Methods for developing defensible subjective probability assessments". *Transportation Research Record* 1288, pp. 183-190.
- Roberds, W.J. & Ho, K.K.S. (1997). "A quantitative risk assessment and risk management methodology for natural terrain in Hong Kong". *Proceedings of the 1st International Conference on Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction, and Assessment*, California, USA, pp. 207-218.
- Roberds, W.J., Ho, K.K.S. & Leung, K.W. (1997). "An integrated methodology for risk assessment and risk management for development below potential natural terrain landslides". *Proceedings of the International Workshop on Landslide Risk Assessment*, Honolulu, Hawaii, USA, pp. 333-346.
- Roberds, W.J., Kwong, A., Ng, N. & Liu, E. (1999). "Geotechnical QRA/RM framework for housing development feasibility studies". *Proceedings of the Seminar on Risk Assessment in Hong Kong*, Geotechnical Division, Hong Kong Institution of Engineers, pp. 23-32.
- Roberds, W.J., Strayton, G. & Wates, J. (1996). "Risk assessment for CMR tailings dam complex". *Proceedings of the 3rd International Conference on Tailings and Mine Waste '96*, Fort Collins, Colorado, USA.
- Robotham, M.E., Wang, H & Walton, G. (1995). "Assessment of risk from rockfall from active and abandoned quarry slopes". *Transactions of the Institution of Mining & Metallurgy*, vol. 104, pp. 25-33.
- Royal Society (1983). "Risk Assessment". Royal Society, London, 198 p.
- Royal Society (1992). "Risk : Analysis, Perception, Management". Royal Society, London, 210 p.
- Schuster, R.L. (1991). "Landslide hazard management - experience in the United States". *Proceedings of the International Conference on Slope Stability Engineering Developments and Applications*, Institution of Civil Engineers, London, pp. 253-263.
- Schuster, R.L. (1999). "Concepts of risk-based decision making with emphasis on geotechnical engineering and slope hazards". *Keynote Speech. Proceedings of the Seminar on Geotechnical Risk Management*, Geotechnical Division, Hong Kong Institution of Engineers, pp. 1-21.
- Skipp, B.O. & Woo, G. (1994). "A question of judgement: expert or engineering". *Proceedings of the Conference on Risk and Reliability in Ground Engineering*, Institution of Civil Engineers, London, pp. 29-39.
- Sobkowicz, J., Hungr, O. & Morgan, G. (1995). "Probabilistic mapping of a debris flow hazard area, Cheekye Fan, British Columbia". *Proceedings of the 48th Canadian Geotechnical Conference, Vancouver, B.C.*, vol. 1, pp. 519-529.
- Tang, W.H (1993). "Recent developments in geotechnical reliability". *Proceedings of the Conference on Probabilistic Methods in Geotechnical Engineering*, Canberra, Australia, pp. 1-27.
- Tang, W.H., Li, V.K.S. & Cheung, R.W.M. (1999). "Some uses and misuses of reliability methods in geotechnical engineering". *Proceedings of the Seminar on Geotechnical Risk Management*, Geotechnical Division, Hong Kong Institution of Engineers, pp. 89-96.
- Tensiswood, C.F., Sharp, T. & Clark, D.G.N. (1993). "Case studies in probabilistic risk assessment". *Proceedings of the Conference on Probabilistic Risk and Hazard Assessment*, Newcastle, Australia, pp. 111-117.
- Thorburn, S. & MacArthur, E.W. (1993). "Risk, liability and QA in construction engineering". *The Structural Engineer*, vol. 71, pp. 378-382.
- Tse, C.M., Chu, T., Lee, K., Wu, R., Hungr, O. & Li, F.H. (1999). "A risk-based approach to landslide hazard mitigation measure design". *Proceedings of the Seminar on Geotechnical Risk Management*, Geotechnical Division, Hong Kong Institution of Engineers, pp. 35-42.
- Tweeddale, H.M. (1993). "Maximising the usefulness of risk assessment". *Proceedings of the Conference on Probabilistic Risk and Hazard Assessment*, Newcastle, Australia, pp. 1-11.

- U.S. Army Corps of Engineers (1996). "Risk-based analysis for evaluation of hydrology/hydraulics, geotechnical stability, and economics in flood damage reduction studies". U.S. Army Corps of Engineers, Department of the Army, Washington, D.C. 5 p.
- University of Hong Kong (1998). "*Public Perception and Tolerability of Landslide risk*". Report prepared for the Geotechnical Engineering Office, Hong Kong.
- Vaunat, J., Leroueil, S. & Tavenas, F. (1992). "Hazard and risk analysis of slope stability". *Proceedings of the 1st Canadian Symposium on Geotechnique and Natural Hazards*, Vancouver, Canada, pp. 397-404.
- Vick, S. (1997). "Risk analysis practice in different countries". *Proceedings of the International Workshop on Risk-based Dam Safety Evaluation*, Trondheim, Norway.
- Vick, S.G. & Bromwell, L.G. (1989). "Risk analysis for dam design in karst". *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, vol. 115, pp. 819-835.
- Whitman, R.V. (1984). "Evaluating calculated risk in geotechnical engineering". *Journal of the American Society of Civil Engineers*, vol. 110, pp. 143-188.
- Whitman, R.V. (1996). "Organising and evaluating uncertainty in geotechnical engineering". *Proceedings of the Conference on Uncertainty in the Geologic Environment: From Theory to Practice*, ASCE Geotechnical Special Publication No. 58, pp. 1-28.
- Whitman, R.V. (1997). "Acceptable risk and decision-making criteria". *Proceedings of the International Workshop on Risk-based Dam Safety Evaluation*, Trondheim, Norway.
- Wong, C.K.L. (1998). "*The New Priority Classification systems for Slopes and Retaining Walls (GEO Report No. 68)*". Geotechnical Engineering Office, Hong Kong, 117 p.
- Wong, H.N. & Ho, K.K.S. (1996). "Travel distance of landslide debris". *Proceedings of the 7th International Symposium on Landslides*, Trondheim, Norway, vol. 1, pp. 143-188.
- Wong, H.N. & Ho, K.K.S. (1998a). "Overview of risk of old man-made slopes and retaining walls in Hong Kong". *Proceedings of the Seminar on Slope Engineering in Hong Kong*, Geotechnical Division, Hong Kong Institution of Engineers, pp. 193-200.
- Wong, H.N. & Ho, K.K.S. (1998b). "*Preliminary Quantitative Risk Assessment of Earthquake-induced Landslides at Man-made Slopes in Hong Kong (GEO Report No. 98)*". Geotechnical Engineering Office, Hong Kong, 69 p.
- Wong, H.N. & Ho, K.K.S. (1999). "Preliminary quantification of risk of earthquake-induced failure of man-made slopes in Hong Kong". *Proceedings of the Seminar on Geotechnical Risk Management*, Geotechnical Division, Hong Kong Institution of Engineers, pp. 67-76.
- Wong, H.N. & Ho, K.K.S. (2000). "Observations from studies of natural hillside failures in Hong Kong". *Proceedings of the Symposium on Slope Hazard and Their Prevention*, University of Hong Kong, pp. 207-212.
- Wong, H.N., Ho, K.K.S. & Chan, Y.C. (1997). "Assessment of consequence of landslides". *Proceedings of the International Workshop on Landslide Risk Assessment*, Honolulu, Hawaii, USA, pp. 111-149.
- Wrigley, J. & Tromp, F. (1995). "Risk management of major hazards in Hong Kong". *Proceedings of the Conference on Integrated Risk Assessment : Current Practice and New Directions*, Newcastle, Australia, pp. 37-41.
- Wu, T.H., Tang, W.H. & Einstein, H.H. (1996). "Landslide hazard and risk assessment". *Chapter 6, Landslides Investigation and Mitigation*, Transportation Research Board, National Research Council (edited by A.K. Turner and R.L. Schuster), pp. 106-128.
- Yim, K.P., Lau, S.T. & Massey, J.B. (1999). "Community preparedness and response in landslide risk reduction". *Proceedings of the Seminar on Geotechnical Risk Management*, Geotechnical Division, Hong Kong Institution of Engineers, pp. 147-155.

GeoEng2000

An International Conference on
Geotechnical & Geological Engineering

Secretariat
ICMS Pty Ltd
84 Queensbridge Street
Southbank Victoria 3006
Australia

Telephone: +61 3 9682 0244
Facsimile: +61 3 9682 0288
e-mail: geoeng2000@icms.com.au
www.icms.com.au/geoeng2000

19 – 24 November 2000 Melbourne Exhibition and Convention Centre, Melbourne, Australia

REGISTRATION BROCHURE

INTERNATIONAL SOCIETY FOR
ROCK MECHANICS



Chairman's Message **GeoEng2000**

Table of Contents

CHAIRMAN'S MESSAGE	1
ORGANISING COMMITTEE	2
SCIENTIFIC PROGRAM	2
INVITED LECTURES	3
THEME SUMMARIES	4
OTHER SESSIONS	9
SOCIAL PROGRAM	10
REGISTRATION INFORMATION	11
TRAVEL INFORMATION	13
PROGRAM-AT-A-GLANCE	15
ACCOMMODATION INFORMATION	17
PRE-CONFERENCE SYMPOSIA	18
TECHNICAL TOURS	21
LOCAL TOUR PROGRAM	23
PRE AND POST CONFERENCE TOURS	25
SPONSORS	28
GEOFAIR2000	28

As we enter the third millennium, it has been instructive to reflect on the advances in the geo-engineering sciences which have occurred over the past 50 or 60 years. The disciplines of soil mechanics, rock mechanics, engineering geology and geotechnical engineering have come of age and are recognised by our peers in other professions. Although we have three international societies generally representing these disciplines, together with a number of more specialist international groups, all have a common goal—to foster and facilitate the practice and knowledge relating to our disciplines.

Recognising the synergies between the interests of the International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE), the International Society for Rock Mechanics (ISRM) and the International Association of Engineering Geology and the Environment (IAEG), in 1995 the three incumbent Presidents promoted the concept of an international conference to bring together the three disciplines.

The idea was widely embraced with GeoEng2000 being the outcome. In addition to the support for this conference given by these three Sister Societies, we have also welcomed the support of the International Tunnelling Association, the International Geosynthetics Society, the International Association of Hydrogeologists, the International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics, the International Commission on Large Dams and the IUGS CoGeoenvironment group, all of whom have affiliated with the conference. The bringing together of all these Societies and Associations represents a landmark occasion in the evolution of our disciplines. The resulting conference aims to provide a stimulating environment for delegates from all geo-engineering disciplines to discuss the many synergies and cross-discipline issues which exist.

The conference is being organised for and on behalf of the Australian Geomechanics Society, and is underwritten by the Institution of Engineers, Australia.

I look forward to welcoming you to Melbourne, and to a conference that will be both technically stimulating and socially enjoyable. Please come!

M C ERVIN
Chairman, Organising Committee

“ BRINGING
TOGETHER OF ALL
THESE SOCIETIES AND
ASSOCIATIONS
REPRESENTS A
LANDMARK OCCASION
IN THE EVOLUTION OF
OUR DISCIPLINE ”

Theme Summaries

...CONTINUED

STABILITY OF NATURAL AND EXCAVATED SLOPES

Slopes is an area in which soil and rock engineering and engineering geology all play an important role. The typical practical problem requires detailed consideration across the full spectrum of practice of the three "sister" societies. The stability of slopes theme at GeoEng2000 will allow and encourage active cooperation and interaction between specialists from both geology and engineering.

The purpose of the theme is to critically review the state of the art for natural and constructed slopes. It will cover the mechanics, strength and analysis of stability and deformation of slopes. There will be a particular emphasis on future directions, including Quantitative Risk Assessment and performance based design.

The Keynote Lectures will provide a state-of-the-art overview of constructed and natural slopes in soil and rock.

R FELL (UNSW, Australia), O HUNGR (UBC, Canada), W RIEMER (Consultant, Luxembourg) and S LEROUÉIL (Université Laval, Canada) > "Stability of Natural and Excavated Slopes" > *Chairman: C Bonnard (Ecole Polytechnic Federale de Lausanne, France)*

E HOEK (Consultant, Canada), J READ (CSIRO, Australia), A KARZULOVIC (University of Chile, Chile) and CHEN ZUYU (IWCHPR, China) > "Rock Slopes in Civil and Mining Engineering" > *Chairman: S Wang (Chinese Academy of Sciences, PR of China)*

The Issues Lectures will focus on areas that have developed rapidly in the last decade and will present useful state of the art and practice reports prepared by authors with varied backgrounds and from geographically diverse regions.

E LEROI (BRGM, France), K HO (GEO, Hong Kong) and W ROBERDS (Golder Associates, USA) > "Quantitative Risk Assessment" > *Chairman: Sir John Knill (UK)*

L PICARELLI (University Seconda, Italy), E BROMHEAD (Kingston University, UK), O STEFFEN (Steffen, Robertson & Kirsten, South Africa) and K SASSA (Kyoto University, Japan) > "Mechanisms and Rates of Movement" > *Chairman: P Pells (Pells Sullivan Meynink, Australia)*

H EINSTEIN (MIT, USA), G MOSTYN (PSM, Australia), P MARINOS (NTUA, Greece), O STEPHANSSON (HKT, Sweden) and I JOHNSTON (Coffey Geosciences, Australia) > "Shear Strength of Rock Masses and Discontinuities" > *Chairman: L Valenzuela (Arcadis Geotecnica, Chile)*

Three workshops are planned. It is proposed that these will be on post failure deformation of slopes, very large rock slopes and QRA versus determinism in slope engineering. Each of these will have a few selected papers presented in detail followed by a panel of selected provocateurs to lead focused discussion.

Overall, the theme will present a focused worldview of slope engineering as it enters the new millennium.

An all-day tour to the brown coal open cut mining activities in the Latrobe Valley is available for interested delegates. See the Technical Tour program for details.

Sat 18 November	Sun 19 November
8:30 – 15:00 Board Meetings ISSMGE & ISRM Executive Meeting IAEG	8:30 – 10:30 Informal Council Meeting of ISSMGE
9:00 – 17:00 Various Symposia	9:00 – 17:00 TC33 Scour of Foundation Symposium
	9:30 – 13:00 ISRM Commissions
	10:00 – 10:30 Icebreaker Buses depart Return approx 18:30
	14:30 – 18:00 ISRM Council Meeting
15:30 – 18:00 Combined meeting of Sponsoring Societies	

	Monday 20 November	Tuesday 21 November	Wednesday 22 November	Thursday 23 November	Friday 24 November																															
8:30	REGISTRATION	INVITED LECTURE Hydrogeology (IAH) R Fernandez-Rubio (M Knight)	INVITED LECTURE Tunnelling (ITA) R Sterling & J-P Godard (A Haack)	INVITED LECTURE Geosynthetics (IGS) R K Rowe & C Jones (R Bathurst)	INVITED LECTURE Geophysics K Stokoe (L Pyrak-Nolte)																															
9:00	Opening Ceremony (M Ervin)																																			
9:30	OPENING KEYNOTE ADDRESS N Morgenstern (M Jamiolkowski)	INVITED LECTURE Understanding Geology P Fookes (P Marinos)	INVITED LECTURE Dam Risk Assessment (ICOLD) R Stewart (K Hoeg)	INVITED LECTURE Geocomputing (IACMAG) J Carter (C Desai)	INVITED LECTURE Dams on Pre-existing Landslides R Schuster (M Panet)																															
10:30	MORNING TEA AND POSTER SESSION																																			
11:00	KEYNOTE LECTURE Slopes R Fell (C Bonnard)	KEYNOTE LECTURE Geoenvironment C Shackelford (D Genske)	KEYNOTE LECTURE Ground Support M Terashi (D Bruce)	KEYNOTE LECTURE Geoenvironment M Manassero (J Gourc)	KEYNOTE LECTURE Ground Support H Brandl	KEYNOTE LECTURE GeoEducation J Steinfelt (V Ilyichev)	ISSUES GeoEnvironment G Blight (L de Mello)		Underground N Shirlaw	Ground Support J Welsh	FUTURE DIRECTIONS J Burland (C Fairhurst)																									
12:00	KEYNOTE LECTURE Earthquakes R Dobry (P Seco e Pinto)	KEYNOTE LECTURE Underground E Leca (R Mair)	KEYNOTE LECTURE Slopes E Hoek (S Wang)	KEYNOTE LECTURE Earthquakes H Abrahamson	KEYNOTE LECTURE Underground P Kaiser (E Brown)	CASE HISTORIES Histories Wang, Barla, Tatsuoka (K Ishihara)	Paper Presentations (M Randolph)	Paper Presentations (B Riddolls)	Paper Presentations (C Haberfeld)	GeoEng2000 AWARDS Rocha Medal—Philippe Cosenza Best Three Papers (E Togrul)																										
13:00	LUNCH AND POSTER SESSION					CLOSING CEREMONY (13:30-14:00)																														
14:00	ISSUES Slopes E Leroi (Sir John Knill)			ISSUES Earthquakes A Pecker			ISSUES Ground Support G Munfakh			ISSUES Slopes L Picarelli (P Pelà)			ISSUES GeoEnvironment C McCombie (E Alonso)			ISSUES Underground K Kovari			ISSUES Earthquakes G Martin			ISSUES Ground Support A Barley			ISSUES GeoEnvironment M Kamon (R Katzenbach)			ISSUES Slopes H Einstein (L Valenzuela)			ISSUES Earthquakes S Yasuda			ISSUES Underground G Barla (D Robbins)		
15:00	AFTERNOON TEA					LEGEND																														
15:30	DISCUSSION/WORKSHOPS Slopes GeoEnvironment Underground Ground Support (W Van Tuijpe)				DISCUSSION/WORKSHOPS Slopes Earthquakes GeoEnvironment (E Kazanjan)				DISCUSSION/WORKSHOPS Slopes Earthquakes Piling (P Paulos)				DISCUSSION/WORKSHOPS Slopes Earthquakes Underground Ground Support (D Bruce)				CHAIRPERSONS brackets indicate confirmed chairpersons																			
17:00	INVITED POSTERS—SESSION 1				INVITED POSTERS—SESSION 2				INVITED POSTERS—SESSION 3				INVITED POSTERS—SESSION 4				THEMES GeoEnvironment Environmental Geotechnics Earthquakes Geotechnical Earthquake Engineering Ground Support Ground Improvement and Ground Support Slopes Stability of Natural and Excavated Slopes Underground Underground Works GeoEducation Geoengineering Education																			
18:00									MERCER LECTURE—A McGown "The Behaviour of Geosynthetic Reinforced Soil Systems in Various Geotechnical Applications" (J Carter)																											
Evening	WELCOME RECEPTION																																			

BRGM
SERVICE AMENAGEMENT ET RISQUES NATURELS
Unité Aléa, Vulnérabilité et gestion des Risques
BP 167 – 13276 MARSEILLE Cedex 9 – France – Tél. : (33) 04 91 17 74 74