

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

B.P. 6009 - 45060 Orléans Cedex - Tél.: (38) 63.80.01

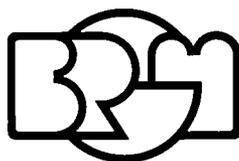
LES RISQUES GÉOLOGIQUES DANS LA LÉGISLATION ACTUELLE

BILAN ET PERSPECTIVES

par

M. HUMBERT

AVANT-PROPOS PAR J. GOGUEL



Département génie géologique

Division risques naturels

B.P. 6009 - 45060 Orléans Cedex - Tél.: (38) 63.80.01

80 SGN 584 GEG

Août 1980

AVANT-PROPOS

Il apparaît clairement, dans les pages qui suivent, que la législation, qui ne fait que formuler en le précisant et le rendant cohérent, un consensus social, n'a pas trouvé sa forme définitive, en cette matière délicate.

Un coup d'oeil en arrière pourra -comme il arrive souvent- nous aider à mieux voir où nous allons.

Le terme anglais "Act of God", encore utilisé en Assurance maritime, exprime bien la manière dont la catastrophe était ressentie initialement. Acte d'une puissance supérieure, incompréhensible, si ce n'est même destinée à punir les hommes de leurs péchés.

Au caractère imprévisible de telles catastrophes, la première parade trouvée a été l'Assurance, c'est-à-dire une solidarité dans le partage du risque. Techniquement, l'Assurance exige des statistiques de fréquence mais le principe même de la solidarité va au-delà. C'est un problème de Sociologie prospective, de deviner comment et dans quelle proportion l'Etat indemniserait les victimes d'une catastrophe majeure frappant une ville de France. Pour autant que je sente exactement les réactions de l'opinion, j'aurais tendance à dire :

1) le petit dommage, qui ne secoue pas l'opinion publique, risque d'être très mal, sinon pas du tout, réparé.

2) un désastre très étendu ne le sera que partiellement, avec un écrêtement des dommages individuels.

3) c'est dans le cas d'une catastrophe moyenne, secouant l'opinion publique, et non susceptible de se répéter fréquemment (à l'inverse des inondations), que l'indemnisation sera la plus complète. On se souvient qu'après la rupture du barrage de Malpasset, le total des dons aux sinistrés de Fréjus a dépassé l'estimation des dommages, selon les normes juridiques, qui ne mesurent évidemment pas ce que peuvent être les pertes de vies humaines. Mais l'éventuelle victime d'une telle catastrophe n'a aucune garantie que l'opinion publique, fluctuante et imprévisible, réagira, d'une telle façon ; la répétition la laisserait très vite.

A l'opposé, la tradition retient la notion d'imprudence, dont les conséquences restent à la charge du responsable, et sont punies par la loi lorsqu'elles affectent des tiers. C'est une notion insaisissable, qui ne peut guère se définir que par son contraire : l'homme prudent tient compte, pour les éviter, des risques que connaissent les gens normalement informés.

Et c'est ici que les choses se corsent : jusqu'à quel point l'homme prudent doit-il consulter des experts, pour tirer partie d'une information qui n'est pas accessible, de par sa nature trop technique, à l'homme de la rue ? Quelle liberté ou quelle initiative conserve-t-il ? Et si un sinistre survient néanmoins, comment dire si l'expert a épuisé toutes les sources d'information, ou s'il a commis une imprudence ? Et qui en supportera les conséquences ?

C'est un fait de Société, que nos contemporains n'acceptent plus d'être soumis aux coups du sort. On leur impose tant d'assurances (sociale, incendie, automobile, responsabilité... "père de famille", etc.) qu'ils ont tendance à se croire complètement protégés, d'autant que plusieurs de ces assurances couvrent les conséquences de l'imprudence (du fumeur, de l'alcoolique, du conducteur, etc.). Si un accident survient, qui n'est pas couvert par l'une de ces assurances, ils en accusent un vice de système. Encore faut-il que l'imprudence - la leur ou celle de leur conseil - ne puisse être mise en cause.

Les sinistres d'origine géologique, c'est-à-dire dus au déplacement de ce qui est réputé l'immobilité même : le sol, sont relativement peu fréquents, et en général non couverts par une assurance. La solidarité nationale ne jouerait à leur égard, que s'ils atteignaient une ampleur heureusement tout à fait exceptionnelle (séisme). La question de l'imprudence du Maître de l'Ouvrage, ou de son expert, se posera donc toujours, et corrélativement, celle de la disponibilité de l'information dont il aurait dû tenir compte.

Mais cette démarche, qui est celle que s'efforce de suivre la législation sur la responsabilité du constructeur et des experts qui participent à l'acte de construire, pourra-t'elle être suivie jusqu'au bout ? n'entraîne-t'elle pas à méconnaître ce que peut avoir d'imprévisible l'"Acte de Dieu" ?

Nul ne peut songer à échapper au risque de chute d'un aérolithe, heureusement si faible, qu'on peut le négliger sans imprudence.

A l'opposé, les inondations reviennent sur les mêmes zones, avec une fréquence qui est ou devrait être de notoriété publique ; nombreuses sont et ont toujours été les constructions qui prennent ce risque. Cela n'empêche pas de faire appel, éventuellement, à la solidarité nationale, parce que des années ou des siècles séparent l'imprudence, conséquence dommageable.

Ce sont là deux cas extrêmes. Dans l'intervalle, il nous faut discerner les deux composantes du risque ; celle qui est aléatoire et celle qui relève de la prudence. Le progrès technique devrait conduire à faire passer certains risques de la première à la deuxième de ces catégories. Mais ce faisant, nous introduisons un autre risque, celui que l'expert se trompe dans l'appréciation du risque et dans le zonage par lequel il l'exprime. On revient ainsi à l'aléatoire, mais par une voie pleine d'embûches : elle limite la liberté du Maître d'Ouvrage, sans lui apporter la sécurité que devrait être la contrepartie, et elle risque d'entraîner la mise en cause de l'expert.

En tant qu'experts nous devons être bien conscients de cette éventualité, et nous devons savoir refuser de fournir un alibi, en prenant sur nous la responsabilité de choix, en réalité subjectifs et arbitraires, là où un risque (naturellement très faible) ne peut qu'être accepté. Ce n'est pas toujours facile.

Jean GOGUEL
Ingénieur général des Mines
Conseiller scientifique
du Service géologique national

SOMMAIRE

Pages

RESUME

INTRODUCTION	1
I - LES TEXTES LEGISLATIFS ET REGLEMENTAIRES RECENTS ET LA PREVENTION DES RISQUES D'ORIGINE NATURELLE	2
I.1 - CODE DE L'URBANISME - ARTICLE R 123-18-2°	2
I.2 - CIRCULAIRE N° 76-36 DU 24 FEVRIER 1976	3
I.3 - AUTRES DISPOSITIONS POUVANT ETRE EVOQUEES	5
I.4 - COMMENTAIRES DE CES TEXTES	6
II - ETAT DES CONNAISSANCES EN MATIERE DE RISQUES GEOLOGIQUES ET SON IMPLICATION AU NIVEAU DE L'APPLICATION DES TEXTES	8
II.1 - LA CONNAISSANCE A L'ECHELON NATIONAL	8
II.2 - LA CONNAISSANCE A L'ECHELON REGIONAL	9
II.3 - LA CONNAISSANCE A L'ECHELON LOCAL	10
II.4 - COMMENTAIRES ET ORGANISATION DES CONNAISSANCES	10
III - PROCEDURE A SUIVRE ET TRAVAUX A ENTREPRENDRE DANS LE CADRE DE LA LEGISLATION EXISTANTE	13
III.1 - CARTE DE FRANCE DES ZONES EXPOSEES A DES MOUVEMENTS DE TERRAIN	13
III.2 - CARTE DEPARTEMENTALE A 1/100 000 DES RISQUES NATURELS	14
III.3 - CARTES ZERMOS A GRANDES ECHELLES (1/25 000 ET PLUS) .	14
III.4 - ANALYSE DU RISQUE SISMIQUE EN FRANCE ET APPLICATION AU DEPARTEMENT DES ALPES-MARITIMES	15
CONCLUSION	16
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	17

ANNEXES

- I - Textes législatifs : Circulaire du 24 février 1976
Circulaire du 26 novembre 1974 "géotechniciens agréés"
- II - Carte de France des zones exposées à des mouvements de terrain (écroulements, glissements, coulées boueuses, affaissements ...) à l'échelle du millionième.
- III - Carte départementale des zones exposées à des mouvements de terrain, à des avalanches et à des inondations à l'échelle du 1/100 000.
- IV - La cartographie ZERMOS : cadre, analyse et zonage. Liste des cartes établies.
- V - Plan d'étude pour l'analyse du risque sismique en France.

RESUME

L'analyse des risques géologiques en France s'inscrit dans le cadre d'une législation soucieuse d'écartier -ou tout au moins de réduire-les effets néfastes et parfois catastrophiques des mouvements de terrain, des séismes et aussi des éruptions volcaniques pour les départements d'Outre-mer.

Elle se traduit par un zonage des risques à différentes échelles sous forme d'une cartographie adaptée au territoire national, aux départements et aux communes. Ce schéma s'applique plus particulièrement aux glissements de terrain, aux écroulements... et répond aux efforts menés par le BRGM et la Sécurité civile pour mieux connaître ces types de risques, à des niveaux de responsabilité bien précis.

Les méthodes d'analyse proposées, l'examen de leur fiabilité, l'esprit dans lequel elles doivent être mises en oeuvre, les perspectives de développement dans le cadre de la législation française sont des éléments de réflexion pour la poursuite d'une politique à long terme dans le domaine très vaste de l'information, de la prévention et de la protection en matière de risques géologiques.

Ce rapport a été financé sur les crédits "Recherche" du Ministère de l'Industrie, dans le cadre des fonds propres attribués au BRGM, département "Génie géologique", division "Risques naturels".

INTRODUCTION

Durant ces dernières années, on semble avoir oublié un peu rapidement que les études menées en France sur les risques géologiques d'origine naturelle (mouvements de terrain - sismicité * - volcanisme) se situent non seulement dans un cadre de recherche et d'expérimentation, mais aussi et surtout dans une perspective d'amélioration du degré de sécurité et de prévention. Il semble donc opportun de rappeler à ce sujet quelques textes législatifs et réglementaires actuellement en vigueur, en s'attardant sur les plus récents qui concernent directement ou indirectement la prévention des risques.

La prise en compte de ces risques implique leur connaissance à différents niveaux, qu'ils soient national, régional ou local, bien qu'aucun texte ne fasse référence aux deux premiers, fût-ce implicitement. On constatera cependant qu'à ces échelons, certaines actions préconisées dans le cadre de l'opération ZERMOS (carte de France - cartes départementales) vont dans le sens d'un renforcement des actions à l'échelon local (carte ZERMOS à grande échelle).

Mais il faut reconnaître que l'application de ces textes se heurte à des difficultés d'ordre pratique non négligeables, auxquelles s'ajoutent celles à caractère scientifique et technique.

Les premières se résument à l'inexistence dans la plupart des cas de l'information concernant les risques d'origine naturelle. Prenons par exemple le cas des renseignements fournis par la cartographie ZERMOS (Zone exposée à des mouvements de terrain) à grande échelle. La superficie levée de 1975 à 1980 est dérisoire (27 cartes à 1/25 000) par rapport aux régions affectées. Et pourtant, il a été prouvé que lorsque ces cartes existent, c'est avec profit que les informations fournies ont été introduites et prises en compte dans les documents d'urbanisme. Sur le même plan, que signifie la confection de deux atlas départementaux quand de nombreux départements français affectés par des glissements, des écroulements, des affaissements de terrain ne sont pas encore couverts. C'est cependant à l'initiative des responsables locaux de l'Ardèche et de la Savoie, sensibles à cette information d'ordre général, que furent dressés ces documents.

Les secondes difficultés, et ce ne sont pas les moindres, concernent les limites de notre estimation des risques, qui n'est parfois qu'une évaluation bien approximative de l'ampleur de l'événement et de sa fréquence d'apparition. La distance est grande entre l'attitude d'autrefois - la catastrophe naturelle apparaissant comme une fatalité, éventuellement même comme la marque du châtime^{nt} céleste - et celle d'aujourd'hui qui tendrait à reconnaître l'infailibilité de l'expert dans ses prévisions. Pour nous géologue, l'attitude la plus réaliste se situe entre ces deux extrêmes et justifie notre interrogation sur la valeur qu'on est en droit d'attendre de notre estimation des risques.

* Elle ne sera évoquée qu'en fonction de ses incidences sur l'aménagement du territoire, ses implications au niveau de la sûreté nucléaire dépassant l'objet de notre dossier.

Ceci étant posé, le rôle des Pouvoirs publics, à travers la législation existante, est donc de limiter au maximum les effets néfastes ou catastrophiques des risques géologiques, sachant qu'il est exclu de les écarter totalement, étant toujours à la merci d'un événement fortuit, imprévisible. On rejoint alors la notion de risque "calculé" ou "accepté" qui est fonction du degré de protection envisagé.

Conscient de ces difficultés et sous l'impulsion de la Direction de la sécurité civile (Bureau des risques naturels, industriels et divers), les grandes lignes d'une politique de prévention peuvent cependant être tracées, en réunissant des éléments de continuité dans un programme à court et moyen terme, qui n'apparaît pas toujours clairement dans l'écheveau des différentes opérations lancées ces dernières années, dans le cadre du Plan ZERMOS.

I - LES TEXTES LEGISLATIFS ET REGLEMENTAIRES RECENTS ET LA PREVENTION DES RISQUES D'ORIGINE NATURELLE

Les deux principaux articles faisant état de ces risques sont compris respectivement dans le "Code de l'Urbanisme" et dans la *circulaire du 26 février 1976*, conjointe au ministère de l'Intérieur et au ministère de l'Équipement. L'importance attachée à leur contenu exige une analyse serrée des textes, en citant au besoin certains paragraphes les plus explicites sur la prise en compte du risque dans les documents d'urbanisme. Ainsi les actions d'inventaire et d'analyse des risques géologiques se situent dans un contexte préparé par le législateur mais dont il est nécessaire d'en préciser les limites.

I.1 - CODE DE L'URBANISME - ARTICLE R 123-18-2°

Cet article établit le principe que des mesures particulières *, pouvant aller jusqu'à l'interdiction, peuvent être imposées dans un document d'urbanisme opposable au tiers (P.O.S.), là où l'occurrence d'un risque le justifie. On souligne également l'intérêt de la cartographie des risques, mais essentiellement des *risques naturels*, Il est ainsi rédigé :

"Les documents graphiques font apparaître -s'il y a lieu- toute partie de zone où les nécessités du fonctionnement des services publics, de l'hygiène, de la protection contre les nuisances et de la préservation des ressources naturelles ou l'existence de risques naturels tels que : inondation, érosion, affaissement; éboulement, avalanche, justifient que soient interdites ou soumises à des conditions spéciales les constructions et installations de toute nature, permanentes ou non, les plantations, dépôts, affouillements, forages et exhaussements des sols (123-18-2°)."

* Déjà dans un article précédent (R 110 3) il était indiqué que "les constructions sur des terrains exposés à un risque naturel, tel que : inondation, érosion, affaissement, éboulement, avalanche, peuvent, si elles sont autorisées, être subordonnées à des conditions spéciales".

Au passage, il faut souligner que cet article fait référence à des sujets très variés. S'il y a lieu de les examiner sous l'angle habituel des problèmes liés à la construction, il faut les envisager aussi -et cela est nouveau et fondamental par rapport aux textes précédents- sous des angles divers et très éloignés du premier. Ainsi est-il fait allusion à la préservation des ressources naturelles (eaux, matériaux...), à la protection contre les nuisances et pollutions diverses et, bien sûr, à la prévention des risques naturels, sujet de notre exposé.

I.2 - CIRCULAIRE N° 76-36 DU 24 FEVRIER 1976

Relative à la participation des responsables de la Sécurité civile à l'élaboration des documents d'urbanisme, elle est signée conjointement par le ministère de l'Intérieur et le ministère de l'Équipement et prend en compte, non plus seulement les risques d'origine naturelle, mais aussi -et c'est nouveau- les risques industriels (cf. annexe I).

Complétant le texte précédent (Code de l'urbanisme R 123 18 2°), elle rappelle les éléments à faire figurer dans les documents d'urbanisme (S.D.A.U. et P.O.S.) en particulier la *délimitation de zones exposées à des risques naturels ou non*, les mesures de protection contre ces risques, la prévision d'un système d'organisation des secours.

Quelles sont donc les zones qui peuvent faire l'objet d'une délimitation et les risques* qui doivent être pris en compte ? Au passage, la circulaire rappelle qu'il incombe rarement aux services départementaux de la Protection civile d'établir ce zonage, mais qu'ils doivent veiller à ce qu'il soit inscrit sur les documents graphiques.

a) *Les zones inondables.* Il est fait référence à l'existence de l'*Atlas* établi par le Service central hydrologique de la direction des Ports maritimes et des Voies navigables. Il couvre un certain nombre de régions, à des échelles très petites, et sa mise à jour est prévue pour 1981.

b) *Les zones exposées aux avalanches.* L'Institut géographique national (IGN) a dressé des cartes à 1/20 000 ou 1/25 000 de localisation probable des avalanches sur presque l'ensemble du territoire montagneux soumis à ce type de risques. Au vu de ces cartes exploratoires, il existe en partie, au niveau du P.O.S., des plans à grande échelle, des zones exposées aux avalanches, établis au fur et à mesure des besoins.

c) *Glissements de terrain et affaissements.* Dans l'esprit de la circulaire ce chapitre concerne tous les mouvements de terrain, tels que nous les connaissons :

- chutes de blocs
- écroulements
- glissements de terrain
- coulées boueuses
- érosion rapide
- affaissements et effondrements.

* Nous citerons les risques pris en compte dans cette circulaire, en insistant plus particulièrement sur les risques géologiques.

Il est fait allusion aux cartes ZERMOS qui, lorsqu'elles existent, fourniront dans la majorité des cas les renseignements recherchés pour l'élaboration des documents d'urbanisme. Dans le cas contraire, si un risque connu existe dans une zone non cartographiée, une étude technique pourra être réalisée si nécessaire par des spécialistes dans les conditions fixées par la circulaire n° 74-623 du 26 novembre 1974 (Intérieur) portant sur les "Géotechniciens agréés en matière de mouvements du sol et du sous-sol" (cf. Annexe I).

Il est également fait état, dans la circulaire, des terrains susceptibles de s'affaisser à la suite d'exploitations minières et qui devront être repérés avec le maximum de soins. C'est auprès du service responsable des Mines* que seront recueillis ces renseignements conformément aux prescriptions de la circulaire n° 64-60 du 28 septembre 1964 (Equipement - Industrie). Le problème des carrières souterraines n'est pas évoqué, mais depuis la parution de ce texte, le sujet est d'actualité un peu plus chaque jour, et des dispositions sont prises à ce sujet par l'Administration.

Ce volet -comme du reste celui du risque sismique- mérite d'être commenté et élargi dans le cadre général de l'action menée en France en matière de risques naturels ; ce sera l'objet de nos deux prochains chapitres.

d) *Risques sismiques.* Le texte fait référence au classement en cantons à sismicité faible, moyenne ou forte telle qu'elle apparaît dans le document technique unifié "Règles parasismiques 1969", lequel définit les conditions auxquelles doivent satisfaire les constructions pour présenter une certaine protection des personnes et des biens contre les effets du tremblement de terre.

Ce sujet sera développé, car on ne saurait ignorer les progrès accomplis ces dernières années en matière de sismicité et de risque sismique en particulier dans le cadre du projet "Sismotectonique"**, avec ses prolongements et "Risque sismique"***, qui ont contribué dans une large mesure à renouveler connaissances et appréciations.

e) *Feux de forêts.* Cela consiste à répertorier, sur les SDAU ou les POS, les forêts ou parties de forêts comportant des essences particulièrement inflammables.

f) *Les risques industriels.* ou liés à certaines installations (pour mémoire) seront également mentionnés (zones industrielles établissements classés dangereux, centrales nucléaires, barrages hydrauliques, etc.).

A la suite de cette énumération des principaux risques dont il faut tenir compte dans l'élaboration des documents d'urbanisme et touchant la sécurité des personnes et des biens une *évaluation des risques* est proposée, à laquelle correspondent certaines *mesures de protection*. La circulaire du 26 juin 76 fait ainsi état :

* Direction interdépartementale de l'Industrie.

** Entreprise conjointe CEA-EDF-ministère de l'Industrie (SCSIN)-BRGM.

*** Contrat BRGM/DGRST.

- *des zones où les risques sont très importants* grosses avalanches, inondations fréquentes et importantes, écroulements répétés de falaises ou chutes de blocs...) pouvant être purement et simplement interdites aux constructions ou à la plupart d'autres modes d'occupation du sol (lotissements, industries, etc.).

On admet cependant qu'il conviendra d'examiner toutefois si certaines activités, s'exerçant à des époques où le risque constaté n'existe pas, ne peuvent être admises (camping d'été en zone submersible ou en zone avalancheuse...).

- *des zones de moindre risque* où les constructions seront réglementées ou soumises, le cas échéant, à certaines mesures de protection (murs paravalanches, digues, application des PS 69, etc.).

A ces zones seront assimilées les zones de "*risques hypothétiques*", c'est-à-dire les espaces qui seraient sinistrés à la suite d'accidents graves, tels que : barrage rompu, éboulement catastrophique, explosion d'un complexe industriel, rupture des moyens de protection contre les avalanches, etc.. Dans ces espaces, si l'urbanisation est souhaitable, il peut être recommandé d'éviter les fortes concentrations urbaines par le moyen du C.O.S. (coefficient d'occupation au sol) ne dépassant pas 0,15 par exemple.

I.3 - AUTRES DISPOSITIONS POUVANT ETRE EVOQUEES

En citant deux lois récemment promulguées bien que sachant qu'elles ne s'appliquent pas directement à la prise en compte des risques naturels, conformément au cadre évoqué plus haut, nous voulons attirer l'attention sur la carence de ces textes, apparemment trop restrictifs.

a) L'Extension possible de la prise en compte des risques naturels aurait pu être envisagée dans la "*Loi n° 76-663 du 19 juillet 1976, relative aux installations classées pour la protection de l'environnement*" (Décret d'application n° 77-1133 du 21 septembre 1977) bien que ce texte n'en fasse pas explicitement référence.

Ce sont des installations "qui peuvent présenter des dangers, ou des inconvénients, soit pour la commodité du voisinage, soit pour la santé, la sécurité, la salubrité publique, soit pour l'agriculture, soit pour la protection de la nature et de l'environnement, soit pour la conservation des sites et des monuments". Certaines sont soumises à déclaration, d'autres sont soumises à autorisation.

Pour ces dernières, elles peuvent être assujetties à des *contraintes* de localisation. On pourrait donc supposer que parmi celles-ci et pour les installations qui en cas de destruction peuvent répandre dans l'air, l'eau ou le sous-sol des produits toxiques, inflammables..., il existe des contraintes liées au site, lequel pourrait être atteint par les *effets directs ou indirects* de mouvements de terrain*, de séismes, d'avalanches, d'inondations... Il n'en est rien et le texte n'est applicable que vis-à-vis de "*leur éloignement des habitations ou immeubles habituellement occupés par des tiers, établissement recevant du public...*".

N'y a-t-il donc pas une carence de la législation en ce domaine et cette loi ne pourrait-elle pas être réétudiée dans cette perspective.

* J. GOGUEL (1980), en présentant les risques de grands éboulements, s'interroge par exemple, au sujet du "Dérochoir" (Savoie) sur la nature des produits fabriqués à l'usine de CHEDDE, qui peut être atteinte par un mouvement de type catastrophique.

b) La "Loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature" (Décret d'application n° 77-1141 du 12 octobre 1977) est également un élément important dans la prise en compte des risques naturels ou provoqués, puisqu'elle crée l'obligation de publication d'une étude d'impact décrivant les effets d'un ouvrage sur l'environnement en particulier "sur les sites et les paysages".

Il est certain que ces effets ne peuvent être réellement évalués que si l'on connaît bien l'état initial du milieu physique qui sera d'autant plus sensible si celui-ci est déjà soumis à des risques naturels (zones de glissements de terrain, d'écroulements rocheux, d'érosion torrentielle, etc.). L'intérêt d'une cartographie des mouvements anciens, qu'ils soient historiques, préhistoriques ou datant du Quaternaire récent, est très significatif car la majorité des désordres actuels ont lieu dans ces zones. Il est frappant de constater, dans les Alpes par exemple, mais également ailleurs, que les problèmes de stabilité consécutifs à des travaux (élargissement de chaussées, ouverture de talus...) ou à des ouvrages (construction d'immeubles, de viaducs...) se produisent presque toujours, quand on y regarde de près, dans des secteurs correspondant souvent -à de vastes versants ayant anciennement glissés, mais aussi à des événements plus localisés-.

En matière de risques géologiques, et à travers la loi des impacts, il y a donc lieu de bien distinguer les risques que le milieu naturel fait courir aux aménagements et ceux résultant des modifications du milieu, provoquées par les activités humaines. Mais il faut avouer qu'il sera toujours difficile, lorsque ces deux problèmes existent simultanément sur un même site, de faire la part de l'un ou l'autre.

+ +
+

En définitive, ces deux lois sont très proches l'une de l'autre mais leur formulation ne fait pas apparaître clairement la notion de sécurité liée aux risques naturels ou provoqués. Pourtant cette relation existe et si les techniciens y sont sensibles, en revanche le législateur semble l'avoir escamotée.

I.4 - COMMENTAIRES DE CES TEXTES

En résumé, en citant presque intégralement les passages qui -tant dans le Code de l'urbanisme que dans la circulaire du 24 juin 1976- concernent la prise en compte des différents types de risques, nous avons voulu souligner l'effort de réflexion du législateur. Son souci a été de mieux se prémunir à l'avenir contre leurs effets, qui ont toujours des répercussions néfastes sur l'économie d'un projet ou d'une région, mais parfois aussi des conséquences d'ordre catastrophique à l'origine de nombreuses victimes (J. GOGUEL, 1980).

Si cet état d'esprit -qui transparait dans le texte mais aussi à travers l'attitude constructive de différents services responsables- est louable, l'expérience montre que dans la pratique l'application de ces textes se heurte à de nombreuses difficultés dont la plus importante est l'inexistence, dans la plupart des cas, de l'information adéquate, c'est-à-dire d'une information directement assimilable par des non géologues.

En effet, si certaines données existent (carte géologique, carte géomorphologique, caractéristiques de certaines formations...), elles doivent être complétées (enquêtes historiques et sur le terrain des mouvements anciens, conditions d'apparition, fréquence, ...) afin d'aboutir à des documents de synthèse, appelés plus communément "carte de zonage" à différentes échelles.

Les questions fondamentales qui se posent sont donc de plusieurs types :

- cette information existe-t-elle ou est-elle susceptible d'exister sous la forme proposée actuellement ("zonage des risques" au sens large) ?

- si cette information existe ou est en passe d'être acquise, quel est son degré de fiabilité et est-elle adaptée aux besoins ?

- dans le cas contraire, quelles sont les recherches à poursuivre et les travaux à réaliser pour satisfaire ces besoins ?

- les Pouvoirs publics font-ils assez d'efforts pour que l'intérêt d'une telle information soit reconnue, même avec ses imperfections et ses incertitudes, en préalable à tout projet d'aménagement ou en vue d'une politique justifiée de prévention.

En prélude à une discussion plus approfondie de ce dossier, essayons de faire le point des connaissances actuelles afin d'esquisser les perspectives qui semblent se dessiner pour les prochaines années.

II - ETAT DES CONNAISSANCES EN MATIERE DE RISQUES GEOLOGIQUES ET SON IMPLICATION AU NIVEAU DE L'APPLICATION DES TEXTES

Les textes précédents se réfèrent à des actions d'aménagement et d'urbanisme, dans une optique soit de construction, soit de sécurité et impliquent donc que soit pris en compte un ensemble de risques, notamment les mouvements de terrain et les tremblements de terre, les éruptions volcaniques n'étant pas évoquées bien que le risque existe dans les départements d'Outre-Mer. Si certaines actions récentes, comme la cartographie ZERMOS à 1/25 000, répondent en partie aux besoins formulés dans ces textes -et nous y reviendrons- on ne peut ignorer les travaux entrepris plus à l'amont, tant au niveau national que régional. Réalisés à des échelles différentes mais toujours en vue d'atteindre un même objectif -l'information, la prévention et la protection- ces travaux ne peuvent être dissociés des précédents. Ils font partie d'une ligne d'action qu'il est nécessaire de replacer dans son véritable contexte, qui est l'aménagement et la sécurité du Territoire.

Ce n'est que depuis quelques années, à la suite il faut l'avouer de quelques catastrophes spectaculaires (plateau d'Assy - Val d'Isère) que les pouvoirs publics ont de nouveau pris conscience de l'importance des dangers liés aux phénomènes naturels. La Commission "RISQUES NATURELS ET SECURITE EN MONTAGNE" créée à l'initiative du ministère de l'Intérieur, demanda en effet au groupe de travail ZERMOS de dresser un premier inventaire d'intérêt national relatant l'existence en France de zones exposées à des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol [Champetier de Ribes, Humbert et Monition, 1974]. Le catalogue départemental, évaluant de façon très sommaire les horizons géologiques générateurs de mouvements, attirait l'attention sur la nécessité d'aller plus loin dans les enquêtes et préfigurait les actions à mener régionalement, à l'échelle des départements et localement, au niveau des communes.

A la même époque, le développement du plan de construction des centrales nucléaires faisait apparaître la nécessité de revoir et de préciser l'état de la sismicité en France. Ainsi naquit le *Projet "Sismotectonique"* avec toutes les implications qu'il entraîna dans son sillage (sismicité historique, structure profonde, néotectonique, risque sismique...).

Quant au risque volcanique, n'est-il besoin de rappeler qu'après l'éruption de La Soufrière, en Guadeloupe, de gros efforts furent consentis ces dernières années pour étudier et définir de manière approfondie un zonage des dangers existants en cas d'éruption volcanique aux Antilles françaises.

II.1 - LA CONNAISSANCE A L'ECHELON NATIONAL

En gestation, l'inventaire des mouvements de terrain, historique, sur lequel s'appuyait déjà le catalogue fut poursuivi et intensifié. Les données relatives à environ 4 000 événements (glissements - écroulements - coulées de boue - affaissements - effondrements) furent répertoriées sous forme de fiches manuelles [Delaunay, Humbert et Vogt, 1977] avec report de points sur des cartes de départements. Cette formule permet de stocker un condensé de l'information et de retourner aux documents initiaux, tous archivés à la division "Risques naturels" du Service géologique national. Si des demandes de renseignements ponctuelles et très localisées ont pu jusqu'à présent faire l'objet de réponses, il n'en sera

plus de même lorsqu'il s'agira d'établir rapidement tel ou tel bilan particulier et l'informatique est prête à prendre le relais*. Les applications de ce fichier sont nombreuses [Delaunay et Humbert, 1979], et son contenu est illustré en partie par une "carte provisoire à 1/1 000 000 des mouvements de terrain en France" [Delaunay et Humbert, 1979].

En matière de sismicité, la "Carte sismotectonique à 1/1 000 000" [Vogt, Weber, 1980]* compte tenu de la révision de la sismicité historique de la France** est le point de départ de l'évaluation du risque sismique dont l'étude est en cours [Vagneron, 1980, cf. Annexe V]. Il sera ainsi possible de prendre en compte, avec plus d'objectivité et de réalisme, un aspect qui jusqu'alors était assez mal connu. En outre, l'exploitation des enquêtes macrosismiques entreprises dans le cadre d'une convention BRGM/BCSF/INAG, avec l'aide de la DSC permet de suivre de près la sismicité actuelle. Le bilan 1978 est prêt pour l'impression [Godefroy, Vogt, Courtot, 1978].

II.2 - LA CONNAISSANCE A L'ECHELON REGIONAL

Dans le domaine des mouvements de terrain, l'acquisition des connaissances a fait l'objet de deux essais qui, bien que différents dans leur contenu, ne sont pas fondamentalement opposés mais plutôt complémentaires.

Le premier concerne des *cartes départementales* d'inventaire à 1/100 000. Deux cartes ont été réalisées : une pour la Savoie [Pachoud, 1976] à la demande de la Direction départementale de l'Équipement, l'autre pour l'Ardèche [Amat-Chantoux, Cadiot, Pascal, 1978] à la demande du Conseil général de ce département. Les cartes, accompagnées d'un tableau synoptique, recensent les mouvements actifs ou non, récents ou anciens, l'accent étant mis, du fait des circonstances de l'enquête sur les événements ayant occasionné des dégâts et parfois même des victimes.

Le second essai a pour objet l'établissement de synthèses régionales, études relativement exhaustives des mouvements de terrain dans une région et illustrées par un certain nombre de cartes (généralement à l'échelle du 1/250 000) qui constituent ainsi une sorte d'*atlas régional*. Les synthèses portant sur la Touraine [Delaunay, 1977] l'Ardèche [Cadiot, 1977] et les Hautes-Pyrénées [Vilches, 1980], ont montré l'intérêt de ces études pour la connaissance du risque, régionalement, en prélude à des interventions ultérieures localisées sur les points les plus vulnérables.

A ce chapitre, il faut rappeler que certaines cartes analytiques (ou "volets") du "Projet sismotectonique", établies à 1/250 000, en particulier les cartes de "sismicité historique", peuvent -bien qu'inédites- contribuer à mieux cerner l'estimation régionale du risque sismique.

Enfin, pour mémoire, l'étude du risque volcanique aux Antilles [Stieltjes, Westercamp, 1978], telle qu'elle est actuellement poursuivie à la Martinique et en Guadeloupe, s'inscrit également dans ce chapitre.

* Actuellement (1980) et malgré l'intérêt incontestable de cet outil, aucune perspective de financement n'est prévue en vue de l'informatisation du fichier.

* Cette carte donne une vue d'ensemble, à la manière d'une affiche. Les abondants matériaux engrangés à la division Risques naturels permettent de répondre à toute question régionale ou locale.

** En marge du "Projet sismotectonique", la sismicité historique a fait l'objet d'un ouvrage de semi-vulgarisation ([J. VOGT et al., 1979]: Les tremblements de terre en France, Mémoires BRGM). Il importe de souligner que cet ouvrage n'est pas un document de travail.

II.3 - LA CONNAISSANCE A L'ECHELON LOCAL

Cet échelon, qui correspond davantage aux textes cités précédemment, a bénéficié d'un travail en profondeur, dans le cadre de l'opération ZERMOS [Humbert, 1975]. La cartographie des zones exposées à des mouvements de terrain fut en effet menée au sein d'un groupe de réflexion de composition très large (B.R.G.M. - Equipement - Université). La méthodologie retenue, expérimentée par des équipes différentes, dans des contextes géographiques variés, a fait l'objet d'un consensus quasi général et a retenu l'attention de tous les utilisateurs. Au total, 27 cartes, en majorité levées à 1/25 000, (quelques unes l'étant à 1/10 000); se répartissent ainsi :

. Alpes du Nord (10 cartes), Alpes du Sud (7 cartes), Jura (2 cartes), Lorraine (2 cartes), Massif-Central (2 cartes), Pyrénées (1 carte), Gironde* (1 carte), Touraine* (1 carte), Calvados (1 carte) (cf. Annexe IV).

Il est certain que le petit nombre de cartes établies dans le cadre des objectifs de recherche du plan ZERMOS (1975/1979) ne répond pas, territorialement; aux besoins de l'Administration et des collectivités locales.

Ces 27 cartes représentent à peine la superficie de 2 départements français [J. GOGUEL, 1978, p. 32] et il n'est pas prévu de maintenir au cours des prochaines années ces maigres crédits alloués au niveau national.

Toutefois, en démontrant par cette opération limitée mais proportionnelle, la faisabilité des cartes ZERMOS et leur intérêt en matière de prévention, de sécurité et d'aménagement du territoire, la voie est ouverte pour une action de plus grande envergure, si des sources de financement, régionales ou locales, sont trouvées, et si les pouvoirs publics sont conscients de leur responsabilité en ce domaine.

II.4 - COMMENTAIRES ET ORGANISATION DES CONNAISSANCES

Apparemment, de ces trois niveaux d'intervention, ou de connaissance, seul le troisième semble intéresser directement le législateur, et à travers lui les responsables de la Sécurité civile de l'aménagement et de la construction. Le Code de l'Urbanisme, comme la circulaire de février, rappelle et précise les données qui doivent être prises en compte dans les documents d'urbanisme (POS-SDAU), c'est-à-dire à des échelles allant du 1/5 000 à 1/25 000, et indirectement dans la construction en vertu de la définition des contraintes opposables aux tiers.

Les cartes ZERMOS, là où elles existent, ont en effet joué pleinement leur rôle de document d'information et d'orientation.

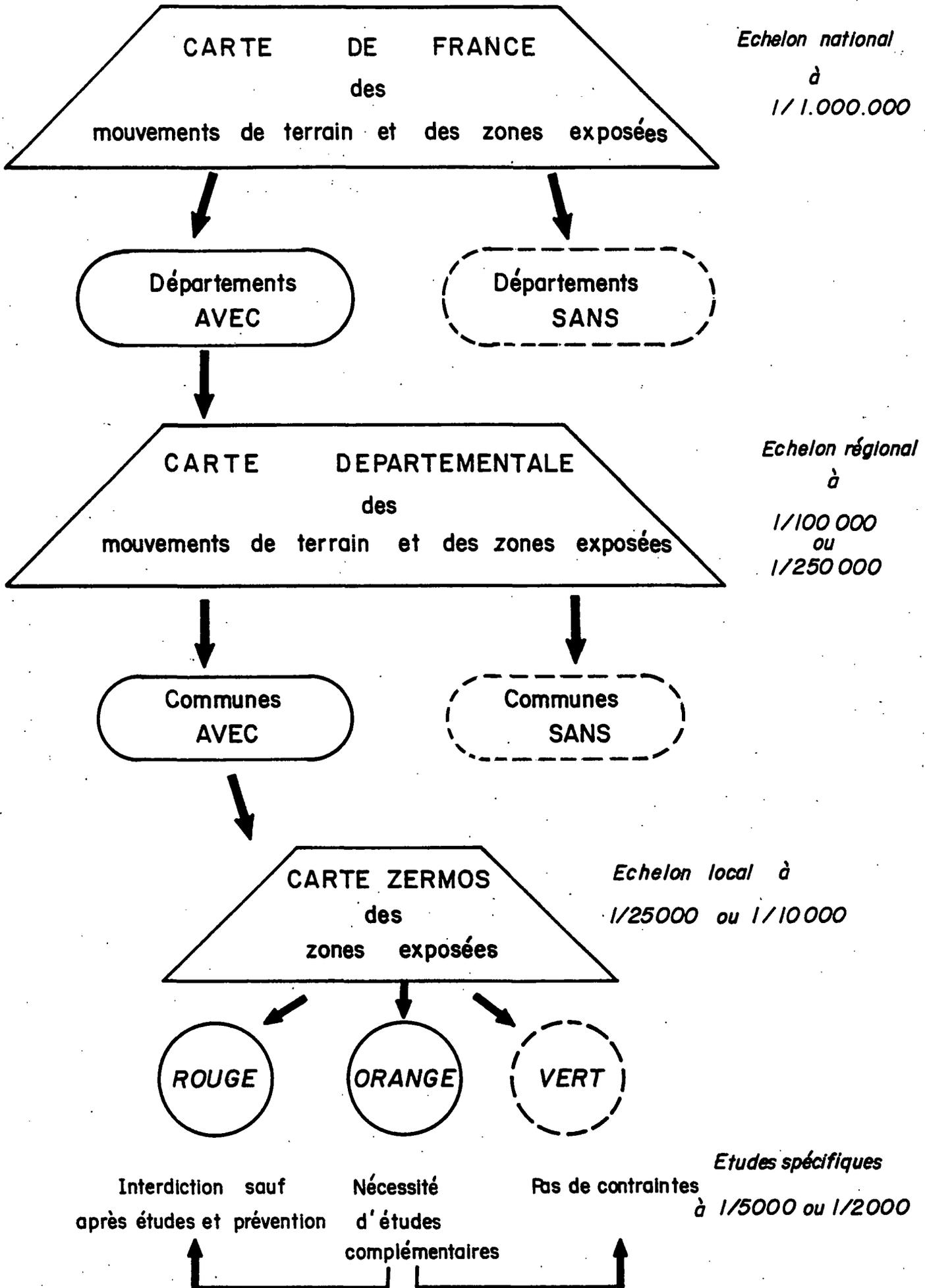
* Ces cartes traitent essentiellement des risques liés à d'éventuels désordres ou effondrements d'anciennes carrières souterraines. Par ailleurs, l'exemple d'une action entreprise dans le cadre d'une commune [Astié, Both et Trupin, 1978] de Gironde est particulièrement significative des procédures à mener localement pour répondre au souci de sécurité et de prévention de nos concitoyens.

De nombreux exemples peuvent être cités, montrant que les autorités communales (soit le groupe de travail du POS, soit directement le Maire) furent alertées sur des dangers qu'elles ignoraient ou qu'elles n'étaient pas en mesure de justifier vis-à-vis de tiers. Dans la plupart des cas, le géologue, auteur de la carte, fut convoqué pour préciser ses observations mais aussi pour répondre à des questions plus ponctuelles. Une expérience intéressante [Porcher et Guillope, 1979] réalisée en Normandie relate la procédure employée dans l'élaboration du POS en prenant deux exemples : l'un concerne les secteurs où existait une carte ZERMOS à 1/25 000, l'autre traite des zones où cette cartographie n'existait pas. Dans les deux cas, le caractère impératif de la prise en compte des risques géologiques, quelle que soit l'échelle, a prévalu et a débouché sur une action commune, aménageurs techniciens.

Sans insister davantage sur l'intérêt et la nécessité des études spécifiques de type ZERMOS à grandes échelles telles qu'elles doivent être envisagées dans le cadre de la législation actuelle, il y a lieu d'aborder les deux autres niveaux d'intervention, situés plus à l'amont et à des échelles plus petites. Qu'apporte en effet une carte départementale ou une synthèse régionale, sinon la connaissance, commune par commune, des problèmes qui peuvent exister (ou ne pas exister) sur leur territoire ? La D.D.E. des Hautes-Pyrénées par exemple a très bien vu l'intérêt de dresser, très à l'amont des études, un bilan des contraintes géologiques et géotechniques, dans les communes de montagne soumises à POS. La mission confiée au BRGM, Service régional Midi-Pyrénées, [Vidal-Font, 1978] consistait à classer plus de 60 communes et hameaux en trois catégories, en fonction des problèmes d'ordre géotechnique qui pouvaient se poser. Possédant ainsi une vue globale mais non exhaustive de son département, la D.D.E. a pu -en toute connaissance de causes- faire un choix judicieux des études sectorielles de type ZERMOS qu'avaient à mener certaines communes dans le cadre de l'élaboration de leurs P.O.S.. C'est dans cette perspective que sont menées les recherches en vue de proposer un type de carte départementale à 1/100 000 des "zones exposées à des mouvements de terrain". L'essai sur la Drôme sera présenté au chapitre des travaux en cours.

Enfin, en remontant la filière, que peut-on attendre de la carte de France à 1/1 000 000, sinon de faire apparaître les régions, et par là même les départements, qui présentent (ou ne présentent pas) tel ou tel type de mouvements. Cette information transmise aux préfets peut donc les inciter à faire établir dans leur département, en totalité ou en partie, des cartes à moyenne échelle, évaluant les dangers existants dans certaines communes. Et le cercle est ainsi bouclé (cf. tableau 1).

Sur un autre plan, la carte sismotectonique de la France et surtout les documents de travail sur lesquels elle est fondée, sont directement utilisables pour répondre à de nombreuses questions ou servent de point de départ à des cartes du risque sismique.



III - PROCEDURE A SUIVRE ET TRAVAUX A ENTREPRENDRE DANS LE CADRE DE LA LEGISLATION EXISTANTE

Si, au Service géologique national (BRGM), l'inventaire et l'étude des risques géologiques en France [Cadiot, Delaunay, Humbert et Vogt, 1979] ont été entrepris déjà depuis plusieurs années, on doit reconnaître que cela s'est effectué le plus souvent au gré des circonstances et sans ligne de conduite bien définie. En un sens, cette attitude n'était pas dénuée d'intérêt dans la mesure où furent collectées, dépouillées et fichées de nombreuses données (mouvements de terrain, carrières souterraines, séismes), qui ne l'auraient peut être jamais été, d'une part sans l'intérêt personnel d'un des auteurs [Vogt, 1973], d'autre part dans le cadre d'un travail limité et trop étroit.

A cet acquis et à ce patrimoine s'ajoute une solide expérience dans l'évaluation des dangers inhérents aux mouvements de terrain. La cartographie ZERMOS, par son échelle à la dimension du terrain et des préoccupations directes des usagers, fut un champ expérimental de premier ordre avant d'aborder le problème plus général du risque en France, quelle que soit l'échelle envisagée.

Toutes ces circonstances sont donc propices aujourd'hui à l'exécution d'un plan cohérent d'analyse des risques en France répondant à des besoins s'inscrivant dans des structures et qui peut être mis en oeuvre avec le maximum de réussite.

Esquissé dans le tableau précédent (p. 12) et ayant reçu un début d'application dans le cadre des objectifs de recherche de la Direction de la sécurité civile (3ème tranche ZERMOS, 1980 - risque sismique dans les Alpes-Maritimes - risques volcaniques aux Antilles) et de la DGRST (risque sismique en France), essayons de préciser davantage les tenants et les aboutissants de ce plan.

III.1 - CARTE DE FRANCE DES ZONES EXPOSEES A DES MOUVEMENTS DE TERRAIN

Cette carte et son contenu (cf. Annexe I) doivent être replacés dans leur véritable contexte car très souvent - dans certaines assemblées - le principe de son établissement n'est pas toujours admis ou tout au moins compris. Les uns, parce qu'ils conçoivent mal la manière de dresser une telle carte, les autres parce qu'ils craignent de ne pas y trouver la réponse aux questions qui les préoccupent. Cette attitude s'explique fréquemment par des préoccupations qui sont davantage orientées vers l'aménagement, l'urbanisme, la sécurité opérationnelle que vers la planification, la prévention ou l'information au sens large, prélude à des interventions plus spécifiques.

Faisant abstraction de toute notion de degré de risque, plus ou moins élevé, à la différence des cartes ZERMOS qui indiquent une graduation du *vert* vers le *rouge*, en passant par l'*orange*, la carte de France à 1/1 000 000 se bornera à indiquer les secteurs où tel ou tel mouvement peut exister. En s'appuyant sur la géologie, la morphologie et certains autres facteurs, selon les cas, et après confrontation avec le fichier des mouvements, cette carte montrera par exemple : - les zones de carrières souterraines, de gypse, de falaise et versants rocheux, de terrains argileux, d'érosion littorale active... qui sont susceptibles de présenter : - des affaissements ou des effondrements, des écroulements ou des chutes de blocs, des glissements de terrain, une érosion rapide...

La cartographie est donc un moyen commode et efficace pour se rémémorer l'existence dans certaines régions de France de risques naturels contre lesquels on doit se protéger, pour posséder une vue globale du sujet en mesurant les incidences au niveau de la sécurité et de l'aménagement du territoire.

Pour la Direction de la sécurité civile (D.S.C.), qui est le principal commanditaire de cette carte, c'est en définitive connaître "l'état des lieux", région par région, c'est-à-dire département par département et prendre ainsi les mesures incitatives qui s'imposent envers les différentes préfectures concernées, notamment en faisant dresser en totalité ou en partie des cartes départementales à plus grande échelle.

III.2 - CARTE DEPARTEMENTALE A 1/100 000 DES RISQUES NATURELS

Comme la précédente, cette carte fait partie des travaux à réaliser en 1980 dans le cadre de la 3ème tranche ZERMOS et les principes de sa réalisation ont fait l'objet d'une annexe technique (Annexe II) s'appliquant au département de la Drôme.

Là aussi, et comme pour la carte de France, il est question de n'indiquer que les zones où peut se produire tel ou tel événement (glissement, écroulement, effondrement, ...) mais aussi de reporter des données sur les avalanches, les zones inondables, qui nous seront fournies respectivement par les organismes compétents.

Aucune confusion ne doit être faite avec les cartes précédemment réalisées (Savoie-Ardèche). N'indiquant que des événements passés ayant occasionné des dégâts ou des victimes, elles étaient davantage un constat qu'une tentative de prospective. Au contraire, la *carte de la Drôme* sera une carte de synthèse des zones exposées, qui souhaite aller au-delà de l'événement, en faisant de la prévention et non plus seulement le bilan du passé. Chaque territoire communal apparaîtra soit en blanc (pas de problèmes particuliers), soit en couleur, de teintes variables (bleu, jaune, vert, rouge ...) correspondant chacune à un type de vulnérabilité (glissement, écroulement ...).

Ainsi les Directions départementales de la protection civile (DDPC), pourront "juger sur pièces" les communes qui doivent retenir leur attention lors de l'élaboration des documents d'urbanisme -ou à l'occasion de tous problèmes portant sur la sécurité- Mais les Directions départementales de l'Équipement (DDE), les Conseillers généraux, les collectivités locales seront également les principaux bénéficiaires de cette opération qui doit orienter, en fonction des informations fournies, les efforts des pouvoirs publics et leur permettre de dégager des priorités. La décision de dresser telle ou telle carte ZERMOS à grande échelle, où d'intervenir dans telle ou telle commune, sera donc prise en toute connaissance de cause.

III.3 - CARTES ZERMOS A GRANDES ECHELLES (1/25 000 ET PLUS)

Ce type de cartographie, qui répond à certains besoins, a été largement expérimenté. Les méthodes d'analyse et de zonage adoptées sont maintenant reconnues (Annexe III) et applicables dans la plupart des cas. Ce sujet ayant été abondamment traité à travers des publications et rapports divers il est inutile d'y revenir dans le cadre de cet exposé. Souhaitons toutefois que, dans la procédure qui se dessine (carte de France → département → commune), l'intérêt de cette cartographie ne soit pas oublié et que des financements nouveaux puissent être dégagés, financements d'autant plus justifiés qu'ils s'appuieront sur une étude préalable fournie par l'analyse des risques au niveau départemental.

III.4 - ANALYSE DU RISQUE SISMIQUE EN FRANCE ET APPLICATION AU DEPARTEMENT DES ALPES-MARITIMES

Avec le concours de la DGRST et de la Sécurité civile, une expérience est également tentée à deux niveaux : à l'échelle de la France (Annexe V) et à l'échelle d'un département.

La détermination du risque sismique dans une région consiste à calculer, en chacun de ses points, la probabilité d'observer une intensité donnée. La méthode fait alors intervenir la fréquence des séismes et ne se borne plus seulement à rechercher l'intensité historique maximale.

A l'échelle de la France, le travail en cours a pour but de définir la méthodologie du calcul du risque sismique la plus appropriée aux pays de sismicité modérée.

A l'échelle du département, une cartographie du risque sismique est entreprise dans les Alpes-Maritimes. Elle conduira dans un premier temps à l'élaboration de cartes du département donnant par exemple, pour un niveau de probabilité fixé, les courbes d'égale intensité.

La modélisation qu'implique le calcul du risque sismique fait que ces courbes d'égale intensité sont relatives à des conditions locales "moyennes" tant du point de vue de la lithologie que de la topographie.

La confrontation des résultats du calcul de risque sismique avec les cartes ZERMOS permettra de cartographier les risques de mouvement de terrain en cas de séisme.

Au terme de cette première phase des travaux, il serait opportun de réexaminer les règles parasismiques PS 69 et d'étudier, en fonction d'une meilleure connaissance du risque sismique en France, les modifications à apporter dans l'application de ces recommandations fournies aux constructeurs. Le groupe de travail qui, il y a quelques années, avait été constitué pour revoir ce problème et qui n'a jamais fonctionné faute des éléments de base indispensables, devrait à nouveau naître.

Actuellement, en France, seuls les établissements recevant du public (y compris les immeubles de grande hauteur) et les grands barrages sont soumis aux règles de construction parasismique*. Toutefois, certains ministères ou grands organismes prennent en compte le risque sismique dans leurs projets de constructions et ces derniers temps, le BRGM a été fréquemment alerté à ce sujet.

* Arrêté du ministère de l'Intérieur du 1er août 1979 paru au J.O. du 15 août 1979 (p. N.C. 7021).

CONCLUSION

Les travaux entrepris ces dernières années, en matière de risques géologiques répondent donc à un besoin qui va sans cesse croissant avec le développement rapide de l'urbanisation, l'accroissement de l'activité industrielle et de loisirs. C'est celui d'être mieux informé sur un certain nombre de dangers liés aux éruptions volcaniques, aux séismes, aux mouvements de terrain tels que glissements, écroulements, affaissements ... et de prendre les mesures de prévention et de protection qui s'imposent.

Le schéma proposé va donc dans le sens d'une information à caractère national, régional et local, à l'usage respectivement de l'Administration centrale, préfectorale et communale. S'inscrivant dans le cadre d'une législation -certes limitée mais susceptible d'avoir des prolongements- l'analyse des risques géologiques en France peut s'organiser au mieux des intérêts des uns et des autres, sachant qu'elle n'est en aucun cas infallible, l'événement fortuit étant toujours possible.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMAT-CHANTOUX R., CADIOT B., PASCAL M. (1978) - Atlas des sites présentant des risques liés au sol et au sous-sol. Département de l'Ardèche. D.D.P.C. Ardèche. *BRGM/SGR/JAL*, Lyon, mai.
- ASTIE H., BOTH J., TRUPIN G., (1978) - Les carrières souterraines abandonnées, leurs conséquences sur l'aménagement. *Rapp. inéd. BRGM 78 SGN 725 AQI*, décembre.
- CADIOT B., DELAUNAY J., HUMBERT M., VOGT J. (1979) - Inventaire et étude des risques géologiques en France, au Service géologique national. *Rev. "L'Espace géographique" n° 1*, Paris.
- CHAMPETIER de RIBES G., HUMBERT M., MONITION L. (1974) - Enquête préliminaire sur l'existence des zones exposées à des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol. *Rapp. inéd. BRGM, 74 SGN 244 AME* juillet.
- DELAUNAY J. (1977) - Principes d'une étude des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol dans un domaine d'échelle régionale - Application, typologie des mouvements et pathologie des terrains en Touraine. *Rapp. inéd. BRGM 77 SGN 215 GTC*.
- DELAUNAY J., HUMBERT M., VOGT J. (1977) - Le fichier national des mouvements de terrain en France : application à l'étude des risques en Touraine, C.R. Symposium "Glissements et autres mouvements de terrain", Prague 15-16 septembre 1977. *Bull. Assoc. Intern. Géol. Ingénieur, n° 16*.
- DELAUNAY J., HUMBERT M. (1979) - Le fichier d'information sur les mouvements de terrain en France et ses applications. *Rapp. inéd. BRGM, 79 SGN 360 GEG*, juin.
- DELAUNAY J., HUMBERT M. (1979) - Carte provisoire à 1/1 000 000 des mouvements de terrain en France et notice explicative. *Documents BRGM, 79 SGN 672 GEG*, novembre.
- GOGUEL J. (1978) - Z comme ZERMOS. *Rev. Nuisances et Environnement*. Paris, mai.
- GOGUEL J. (1980) - Les risques de grands éboulements "La Recherche" n° III, mai, vol. 11, p. 620.
- 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) sect. III, n° 1-2 (1977) Fr..*
- HUMBERT M., MONITION L. (1978) - Géologie et sécurité des constructions humaines. Colloques de Marly. Urbanisme et sécurité civile, CRU Paris.
- PACHOUD A. (1976) - Atlas des sites présentant des risques liés au sol et au sous-sol, Département de la Savoie. D.D.P.C. Savoie. *BRGM/SGR/JAL*, Lyon, septembre.
- PORCHER, GUILLOPE (1979) - Cartographie des risques ZERMOS appliquée à des plans d'occupation des sols en Normandie. *Bull. L.C.P.C., n° 99*, janvier, février.

STIELTJES L., WESTERCAMP D., (1978) - Première ébauche de zonage des risques volcaniques à la montagne Pelée. *Rapp. inéd. BRGM, 78 ANT 08*, octobre.

VAGNERON J.M. (1978) - Plan d'étude pour l'analyse du risque sismique en France. *Note techn. inéd. BRGM, 8-78 GEG*, juin.

VIDAL-FONT J. (1978) - Définition des zones soumises à un risque géologique dans le département de la Haute-Garonne, entraînant des contraintes au niveau de leur aménagement, dans le cadre de l'élaboration des documents d'urbanisme. *Rapp. inéd. BRGM, 78 SGN 699 MPY- D.D.E. Haute-Garonne (confidentiel)*.

VILCHES J. (1980) - Les mouvements de terrain dans les Pyrénées centrales et leur Piémont. Répercussion au niveau de l'aménagement régional. *Rapp. inéd. BRGM (à paraître)*.

VOGT J. (1973) - La contribution possible d'un inventaire systématique des témoignages du passé à l'appréciation du comportement des terrains et à la prévision des risques géotechniques, Comm. au Symposium "Sol, sous-sol et sécurité des constructions", Cannes. octobre *BRGM, Orléans éd. (2 t)*.

VOGT J. et al.. (1979) - Les tremblements de terre en France. *Mém. BRGM n° 96*, Orléans.

VOGT J. et WEBER C. (1980) - Carte sismotectonique de la France à 1/1 000 000 (*en cours d'impression*).

VOGT J. et GODEFROY P. (1980) - Notice de la carte sismotectonique de la France, (*à paraître*).

GODEFROY P., VOGT J., COURTOT P. (1980) - Enquêtes macroscopiques en France. Présentation de l'activité sismique en 1978 (*à paraître*).

Référence récente non appelée dans le texte :

VERRIER G. (1980) - La protection des voies ferrées contre les chutes de rochers. *Rev. générale des Chemins de fer*, Bordas-Dunod, Paris, juin, (note ajoutée en cours d'impression).

ANNEXE I



MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT ET SECRÉTARIAT D'ÉTAT AUX TRANSPORTS
(DIRECTION DES TRANSPORTS TERRESTRES). — TEXTES OFFICIELS

MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT
Direction de l'aménagement foncier et de l'urbanisme.
AFU/UT/5.

MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR
Direction de la sécurité civile.
SC/EP/ER.

535-0

Non parue J. O.

275 (76/19)

CIRCULAIRE N° 76-36 DU 24 FEVRIER 1976
relative à la participation de la sécurité civile
à l'élaboration des documents d'urbanisme.

Le ministre d'Etat, ministre de l'intérieur,
Le ministre de l'équipement
à

Messieurs les préfets de région ;
Messieurs les préfets ;
Messieurs les directeurs départementaux de la protection
civile ;
Messieurs les inspecteurs départementaux des services de
secours et de lutte contre l'incendie ;
Messieurs les chefs de service régional de l'équipement ;
Messieurs les directeurs départementaux de l'équipement.

La circulaire n° 72-172 du 28 octobre 1972 relative à l'élaboration et à l'instruction des plans d'occupation des sols (P. O. S.) indique dans son article 3-3-3 b que le groupe de travail chargé d'élaborer le P. O. S. doit comprendre habituellement le directeur départemental de la protection civile, et que d'autres fonctionnaires, tel l'inspecteur départemental des services de secours et de lutte contre l'incendie, peuvent être associés à ses travaux. D'autre part, la circulaire n° 73-12 du 8 janvier 1973 relative à la composition des commissions locales d'aménagement et d'urbanisme (C. L. A. U.) chargées de l'élaboration des schémas directeurs d'aménagement et d'urbanisme (S. D. A. U.) indique qu'il est souhaitable que le directeur départemental de la protection civile soit automatiquement consulté sur les documents des S. D. A. U. et qu'il est obligatoire de le désigner comme membre de la C. L. A. U. pour tous les S. D. A. U. intéressant les villes et les agglomérations de plus de 100 000 habitants.

ET 76/19.

275 (76/19)

La présente circulaire a pour objet de préciser la nature exacte de la participation au sein des C. L. A. U. et des groupes de travail des fonctionnaires responsables de la sécurité civile, et d'indiquer quelles sont les dispositions des documents d'urbanisme qui intéressent ce service.

I. — Considérations générales sur la participation des services chargés de la sécurité civile à l'élaboration des documents d'urbanisme.

Les S. D. A. U. qui fixent les grandes lignes du développement à moyen et à long terme des agglomérations et les P. O. S. qui prévoient les équipements à réaliser dans un délai de l'ordre de cinq à dix ans ne doivent pas donner lieu, de la part des directeurs départementaux de la protection civile, à de simples avis sur des projets qui leur sont présentés par les directeurs départementaux de l'équipement lors des réunions de commissions locales d'aménagement et d'urbanisme, pour les S. D. A. U., ou des groupes de travail, pour les P. O. S.

L'élaboration des documents d'urbanisme constitue en effet l'occasion pour les fonctionnaires responsables de la sécurité civile d'étudier d'une manière globale, au niveau de toute une agglomération ou de tout un territoire communal, les problèmes généraux de « sécurité » des habitants et des biens.

A cet effet, ils sont invités, en application des articles L. 122-2 et L. 123-3 du code de l'urbanisme à formuler des suggestions, sinon même des propositions précises, concernant, d'une part, la localisation des principaux risques, naturels ou non, pouvant affecter le territoire étudié et, d'autre part, les mesures de prévention ou de protection qui pourraient être édictées par les documents d'urbanisme (S. D. A. U. et P. O. S.) pour assurer la protection des personnes et des biens contre ces risques.

Le degré de précision des études à fournir par les responsables de la sécurité n'est évidemment pas le même selon qu'il s'agit des S. D. A. U. ou des P. O. S. : les S. D. A. U., comme cela a été indiqué ci-dessus, ont pour objet essentiel de fixer les orientations fondamentales du développement d'une agglomération, et présentent, de ce fait, la caractéristique d'être établis sur des fonds de plan à petite échelle (1/50 000 à 1/25 000). Cette échelle détermine évidemment le niveau de finesse des études à effectuer par les services de la sécurité civile. Il ne faut pas perdre de vue non plus que les S. D. A. U. n'étant pas opposables aux tiers, il n'est pas utile de proposer des mesures réglementaires précises (règles de construction, etc.) qui n'ont leur place que dans les P. O. S. Par contre, des recommandations de caractère assez général sont utiles pour l'élaboration ultérieure des P. O. S.

En ce qui concerne les P. O. S., il est possible et souhaitable, en raison de leur échelle (1/2 000 à 1/5 000 pour les zones urbaines et 1/10 000 pour les zones naturelles) d'examiner dans le détail les zones exposées à des risques de divers ordres. Par ailleurs, les P. O. S. étant opposables aux tiers, la prévention de ces différents risques peut conduire à formuler certaines propositions en matière de zonage, de règles de construction et d'inscription de réserves de terrains pour des services de sécurité.

II. — Dispositions des documents d'urbanisme intéressant les services de la sécurité civile.

Les mesures à faire figurer dans les documents d'urbanisme (S. D. A. U. et P. O. S.) au sujet de la sécurité civile, sont de trois ordres :

- 2.1. Délimitation des zones exposées à des risques, naturels ou non ;
- 2.2. Mise au point des mesures de protection contre ces risques ;
- 2.3. Prévision d'un système d'organisation des secours.

2.1. PRISE EN COMPTE DES RISQUES

La prise en compte dans les documents d'urbanisme des risques de diverses natures pouvant affecter des espaces urbains ou naturels constitue une nécessité évidente. Elle est d'ailleurs expressément prévue par l'article R. 123-18, 2°, du code de l'urbanisme.

La délimitation de ces zones de risques incombe rarement aux services départementaux de la sécurité civile (zones submersibles par exemple qui sont arrêtées par le ministère de l'équipement) ; mais ceux-ci devront veiller à ce que toutes soient bien inscrites sur les documents graphiques.

En ce domaine il est difficile d'être exhaustif, mais quelques points essentiels peuvent faire l'objet de commentaires.

2.1.1. Les zones inondables :

Il existe un atlas, établi à la diligence du service central hydrologique de la direction des ports maritimes et des voies navigables pour un certain nombre de régions (6 volumes : I Rhin-Meuse, II Artois-Picardie, III Seine-Normandie, IV Loire-Bretagne, V Adour-Garonne, VI Rhône-Méditerranée-Corse). Ce document constituera une base intéressante pour la délimitation des zones inondables.

Celles-ci seront indiquées schématiquement sur les S. D. A. U. et avec plus de précisions dans les P. O. S. car elles ont des conséquences importantes sur le plan réglementaire (zone naturelle N. D. soumise à un risque naturel).

Les rapports de présentation des S. D. A. U. et des P. O. S. fourniront des indications sur la fréquence et l'importance des crues et des dangers qu'elles présentent (zone inconstructible, zone constructible avec certaines précautions).

2.1.2. Zones exposées aux avalanches.

Les S. D. A. U. devront reporter les indications figurant sur les cartes inventaires des avalanches établies à la diligence du ministère de l'agriculture et de l'I. G. N. dans les conditions fixées par les circulaires n° 3005 du 1^{er} février 1971 (service de la promotion de l'espace naturel), et n° 71-409 du 24 août 1971 (Equipement, Intérieur, Agriculture).

En ce qui concerne les P. O. S., on tiendra compte des plans à grande échelle des zones exposées aux avalanches établis au niveau local sur le vu de cartes de localisation probable des avalanches (cf. circulaire interministérielle n° 74-201, du 5 décembre 1974 [Equipement, Intérieur, Agriculture]).

Les rapports de présentation apporteront des précisions sur la fréquence et l'importance des avalanches constatées.

2.1.3. Glissements de terrains et affaissements.

Les cartes Zermos fourniront dans la majorité des cas les renseignements recherchés. Mais si un risque connu existe dans une zone non cartographiée, une étude technique pourra être établie si nécessaire par des spécialistes dans les conditions fixées par la circulaire n° 74-623 du 26 novembre 1974 (Intérieur).

Les terrains susceptibles d'affaissements consécutifs à des exploitations minières seront, bien entendu, repérés avec le maximum de soin, car il est indispensable de concilier le développement urbain avec, d'une part, les exigences de la sécurité civile, d'autre part, avec le principe de l'inconstructibilité des zones minières.

C'est auprès du service responsable des mines que seront recueillis les renseignements nécessaires, conformément aux prescriptions de la circulaire n° 64-60 du 28 septembre 1964 (Equipement, Industrie).

2.1.4. Les risques sismiques.

La délimitation des cantons à sismicité faible, moyenne, ou forte, apparaît dans le document technique unifié « Règles parasismiques 1969 » (1), lequel définit les conditions auxquelles doivent satisfaire les constructions pour assurer une certaine protection des personnes et des biens contre les effets de secousses telluriques.

2.1.5. Feux de forêts :

Certaines forêts ou parties de forêts comportant des essences particulièrement inflammables peuvent s'avérer dangereuses pour le voisinage en cas d'incendie. Ces espaces seront répertoriés avec soin sur les S. D. A. U., comme sur les P. O. S., pour que les mesures indispensables soient prises lors de la mise au point du zonage.

2.1.6. Les risques industriels ou liés à certaines installations seront également mentionnés :

- zones industrielles ;
- établissements classés dangereux au titre de la loi du 19 décembre 1917, dépôts d'hydrocarbures notamment ;
- centrales nucléaires ;
- barrages hydrauliques pour lesquels il conviendra de se reporter aux plans des zones de submersion établis par l'E. D. F. pour chaque ouvrage ;
- aérodromes : les cônes d'envol et zones de bruit devront notamment être portés sur la carte ;
- etc.

2.2. MISE AU POINT DES MESURES DE PROTECTION CONTRE CES RISQUES

Une fois déterminés et localisés les zones et espaces soumis à un risque, naturel ou non, il importe de fixer les mesures de protection des personnes et des biens.

Ce sont essentiellement les P. O. S. qui préciseront ces dispositions par des propositions de zonage et des règles d'utilisation du sol qui figurent dans les règlements de P. O. S.

(1) Ce document est publié par la Société de diffusion des techniques du bâtiment et des travaux publics, 9, rue Lapérouse, Paris (16^e).

La participation des responsables de la sécurité civile à la mise au point de ces documents est évidemment essentielle.

2.2.1. *Dans les zones où les risques sont très importants* (grosses avalanches, inondations fréquentes et importantes, etc.) les constructions peuvent être interdites purement et simplement comme la plupart des autres modes d'occupation du sol (lotissement, industries, commerce, etc.). Il conviendra toutefois d'examiner si certaines activités s'exerçant à des époques où le risque constaté n'existe pas, ne peuvent être admises.

On peut ainsi admettre des terrains de camping d'été dans les zones qui ne sont submersibles qu'en dehors de cette saison, ou en montagne dans des zones avalancheuses.

Si les espaces concernés sont vastes, ils feront l'objet de zones naturelles dites ND comportant un règlement très restrictif. S'ils sont de faible superficie ils peuvent, le cas échéant, être inclus dans un simple secteur d'une autre zone.

2.2.2. *Zones de moindre risque.*

Dans les zones de moindre risque, les constructions, si elles n'ont pas à être interdites pour d'autres motifs (protection de l'agriculture ou d'un site, etc.) seront réglementées (interdiction de certains types d'établissements, colonies de vacances par exemple, limitation de la hauteur des constructions), et soumises le cas échéant à certaines mesures de protection (murs paravalanches, digues contre les inondations, application des règles parasismiques, espaces isolant les zones dangereuses des zones habitées) cf. article 2 du règlement d'urbanisme du P. O. S.

Aux zones de moindre risque on peut assimiler les zones de risque hypothétique, c'est-à-dire les espaces qui seraient sinistrés à la suite d'accidents graves tels que barrage rompu, explosion d'un complexe industriel, rupture des moyens de protection contre les avalanches. Dans ces espaces, si l'urbanisation est souhaitable, il peut être recommandé d'éviter les fortes concentrations urbaines par le moyen de C. O. S. ne dépassant pas 0,15 par exemple.

2.2.3. *La prévention du risque peut être assurée enfin par des ouvrages publics*, qu'il convient de prévoir au P. O. S. par l'inscription de réserves de terrain. Ce peut être le cas de rateliers de protection contre les avalanches, de digues contre les inondations.

III. — Organisation des secours.

3.1. PRINCIPE D'ACTION

C'est surtout dans ce domaine de l'organisation des services de secours que la participation des services de la sécurité civile est essentielle. Elle doit permettre d'assurer la cohérence indispensable entre les propositions de développement des villes et la programmation des équipements de secours relevant du pouvoir de tutelle du ministère de l'intérieur (direction de la sécurité civile). Elle rendra possible la localisation de principe au S. D. A. U. et l'inscription au P. O. S., comme emplacements réservés, des terrains nécessaires à ces divers équipements.

3.2. EMBLEMES RÉSERVÉS À CRÉER

Une intervention rapide et efficace des moyens de secours peut être facilitée par l'inscription au P. O. S. (document graphique, règlement et annexes) sur la demande du directeur départemental de la protection civile, d'un certain nombre de dispositions spéciales parmi lesquelles nous citerons :

- terrains pour la construction de centres de secours correctement implantés par rapport aux risques existants et compte tenu du nombre d'habitants à secourir (document graphique du P. O. S. et liste des opérations).
- aménagement du réseau téléphonique permettant la rapidité de l'alerte (document annexe du P. O. S.).
- aménagement de voiries donnant un accès facile de tous les points aux différents quartiers en cas de sinistre (document graphique et liste des opérations);
- prévision des terrains d'atterrissage des hélicoptères de secours (document graphique et liste des opérations);
- aménagement d'aires de stationnement des véhicules (en surface comme en sous-sol) permettant un dégagement rapide des voies de circulation;
- alimentation en eau et réseau d'adduction suffisant pour combattre les incendies (document annexe du P. O. S.);
- centres hospitaliers existants ou à créer, facilement accessibles de tous les points de l'agglomération.

IV. — Conclusion.

L'élaboration des S.D.A.U. et des P.O.S. est donc l'occasion pour les services de la sécurité civile d'avoir une vue d'ensemble des problèmes de sécurité d'un territoire ou d'une agglomération, tels qu'ils se posent maintenant et tels que les développements ultérieurs de la ville pourront en poser.

Il est donc important que les services locaux concernés s'attachent à en suivre l'élaboration.

Pour le ministre d'Etat,
ministre de l'intérieur, et par délégation :
Le directeur de la sécurité civile,
CHRISTIAN GERONDEAU.

Pour le ministre de l'équipement, et par délégation :
Le directeur de l'aménagement foncier et de l'urbanisme,
PIERRE MAVET.

ingénieurs/techniciens

Liste départementale de géotechniciens agréés en matière de mouvements du sol et du sous-sol

Circulaire n° 74-623 du 26 novembre 1974 (Intérieur)

Le ministre d'Etat, ministre de l'Intérieur, à MM. les préfets, au cabinet, à la direction départementale de protection civile.

Les phénomènes naturels, d'origine géologique tels que les affaissements, les éboulements, les glissements de terrain, etc. ont parfois des conséquences catastrophiques. Il suffit, par exemple, de rappeler l'éboulement du plateau d'Assy le 16 avril 1970, qui a fait 72 morts. La commission interministérielle « Sécurité en montagne et risques naturels » a chargé un groupe de travail spécialisé d'étudier les risques liés au mouvement du sol et du sous-sol.

Les premières conclusions des études entreprises ont fait apparaître la nécessité de faire appel dans chaque cas particulier à des experts qualifiés. Il s'agit en l'occurrence de géotechniciens spécialistes des techniques du sol et du sous-sol qui ne doivent pas être confondus avec les géologues agréés en matière d'eau et d'hygiène publique, dont vous utilisez les services pour les questions d'alimentation en eau et d'implantation des cimetières.

A la suite de mes circulaires n° 70-313 du 18 juin 1970 et n° 70-561 du 15 décembre 1970, vous avez fait établir des listes départementales de spécialistes dans tous les domaines. Il convient maintenant de recenser les experts géotechniciens à qui il serait fait appel dans le cas d'accidents ou de risques d'accident impliquant des mouvements du sol et du sous-sol.

Ce recensement sera normalement effectué par l'échelon régional du Service géologique national sous couvert de l'ingénieur en chef des Mines, chef de l'arrondissement minéralogique, ou à défaut par son représentant départemental. Il pourra être fait appel à des experts, non seulement du Service géologique national et de l'arrondissement minéralogique, mais encore à ceux de :

- la direction départementale de l'Équipement, des Laboratoires régionaux et des Centres d'études techniques de l'Équipement ;
- la direction départementale de l'Agriculture, de l'Office national des forêts et du Centre technique du Génie rural, des Eaux et des Forêts ;
- l'université ainsi qu'aux bureaux d'études privés.

Vous voudrez bien soumettre cette liste, pour avis, à la commission consultative départementale de la protection civile, dans sa formation « Montagne » prévue par l'arrêté interministériel du 15 mai dernier.

Voici quels sont les critères de choix des géotechniciens, outre leurs capacités professionnelles proprement dites :

- leur disponibilité immédiate en cas de nécessité ;
- la connaissance des sites départementaux ;
- la couverture d'une assurance personnelle pour les risques encourus ;
- l'acceptation des conditions et des délais de rémunération imposés.

En cas d'accident ou de risque d'accident lié au mouvement du sol et du sous-sol, indépendamment

des mesures d'urgence qui peuvent être prises dans les conditions rappelées par ma circulaire n° 70-421 du 21 septembre 1970, il y aura lieu de procéder à certaines opérations :

- rendre compte de l'accident ou du risque d'accident au service national de la protection civile ;
- inviter la collectivité locale concernée à faire appel à un expert choisi sur la liste départementale ;
- inviter l'expert à se rendre sur place, puis à donner un avis et à établir un rapport dont un exemplaire sera adressé pour examen au service national de la protection civile.

Dans son avis qui doit être formulé sans délai, l'expert fournira des indications sur l'origine et les conséquences du phénomène pour vous permettre de prendre des mesures de sauvegarde immédiates.

Dans son rapport, il définira les risques et indiquera les probabilités de dommages ; il pourra suggérer les études et travaux à réaliser tels que compléments d'information à acquérir sur le phénomène, travaux de confortement ou de stabilisation des terrains, etc.

En principe, le rôle de l'expert ne comporte pas la réalisation des études et des travaux éventuellement suggérés dans son rapport. Ces études et ces travaux pourront être confiés à des bureaux ou à des entreprises spécialisées (publiques, parapubliques, ou privées) suivant les modalités qui vous paraîtront opportunes. Toutefois, si vous le désirez, l'expert pourra assurer le contrôle des prescriptions techniques qu'il aura été amené à formuler.

Le financement de l'expertise et celui des études et des travaux qui peuvent en résulter seront à la charge des collectivités locales intéressées. Pour calculer la rémunération de l'expert, il conviendra de prendre pour base le prix de l'unité d'œuvre de l'ingénieur confirmé du Service géologique national, prix qui sera publié dans les journaux spécialisés (*). J'examinerai les demandes d'aide qui pourront être présentées par les collectivités locales dans le cadre du crédit ouvert au titre des subventions pour les études de risques géologiques.

En conclusion, je ne saurais trop insister sur l'importance qu'il y a lieu d'attacher à la prévention des risques liés au mouvement du sol et du sous-sol et à la prévention de leurs effets. Un article, paru dans les « Annales des mines » de mars 1974 intitulé « Le plan Zermos » donne une formation générale sur les zones exposées à de tels risques. Une copie de cet article vous sera adressée par bordereau séparé.

Pour le ministre et par délégation,
Le directeur du service national de la protection civile,

Jean-Pierre FOULQUIE

(* Note du Moniteur : selon le Service géologique national (B.R.G.M.) le tarif journalier d'intervention de l'ingénieur géotechnicien confirmé est fixé, pour l'exercice 1973, à 1.250 F hors taxe, frais de transport et d'hébergement en sus.

ANNEXE II



CARTE DE FRANCE DES ZONES EXPOSEES A DES MOUVEMENTS DE TERRAIN
(ECROULEMENTS, GLISSEMENTS, COULEES BOUEUSES, AFFAISSEMENTS)
EFFONDREMENTS, EROSION RAPIDE

A

L'ECHELLE DU MILLIONIEME

S O M M A I R E

INTRODUCTION

1 - OBJET ET CIRCONSTANCES DE L'ETUDE.....	1
2 - METHODES CARTOGRAPHIQUES RETENUES.....	2
3 - PRINCIPES D'ETABLISSEMENT.....	3
3.1 - Enquêtes tout azimuth.....	3
3.2 - Corrélation des événements connus et des données litho- morphologiques.....	4
3.3 - Synthèse des résultats : carte de France des zones exposées.....	5
CONCLUSION.....	6

INTRODUCTION

Dans le cadre des objectifs de recherche du plan ZERMOS, 3ème tranche, la mise en route et l'établissement en 1980 d'une carte de France des zones exposées à des mouvements de terrain exigent que soient précisés, d'une part, le contexte dans lequel s'inscrit cette réalisation, d'autre part, les principes de base d'une telle cartographie, ces deux aspects n'étant pas sans rapport l'un et l'autre.

1 - OBJET ET CIRCONSTANCES DE L'ETUDE

Dans certaines régions en France, cette carte a pour objectif de rappeler qu'il existe des zones où des mouvements, parfois de types différents, peuvent se produire à la suite d'une conjonction de facteurs défavorables à la stabilité des terrains. On sait par exemple que certains horizons argileux (marnes du Lias, "terres noires" du Jurassique sup., marnes bleues du Crétacé, ...) sont des niveaux très sensibles aux glissements et aux coulées boueuses dans des conditions morphologiques particulières. Les corniches calcaires de Tithonique ou de l'Urgonien dans les Alpes peuvent présenter des écroulements ou des chutes de blocs, plus ou moins fréquents selon les conditions locales. Dans le Bassin Parisien, les affaissements ou effondrements des cavités de dissolution liées au gypse sont également bien connus.

Il n'est donc pas inutile de rassembler et de synthétiser toutes les données que nous possédons sur ce sujet afin d'établir un document d'intérêt général. C'est dans cette perspective que la Direction de la Sécurité civile comme d'autres organismes, s'intéresse aux mouvements de terrain et éprouve le besoin d'avoir pour la France, une vue d'ensemble de la situation dans un domaine qui n'est pas aussi facile à saisir que celui des accidents de la route par exemple.

On pourra regretter que cette opération n'arrive pas au terme ou ne soit pas menée parallèlement à une recherche méthodologique sur la cartographie des risques qui commencée respectivement à l'échelle locale (1/10 000, 1/25 000, type carte ZERMOS) se poursuivrait au niveau régional (1/100 000, 1/250 000), pour se terminer à l'échelle du territoire (1/1 000 000). Seule la première étape a été franchie et c'est après bien des difficultés, faute de crédits suffisants, qu'a pu être enclenchée partiellement la deuxième phase. Trois cartes à 1/100 000 sont toutefois programmées pour 1980, mais aucune carte à 1/250 000 n'est envisagée, tout au moins dans le cadre du plan ZERMOS(*).

La carte de France bénéficiera heureusement de l'expérience acquise, la cartographie ZERMOS à 1/25 000 ayant été à l'origine d'une sérieuse réflexion

(* La conception d'un atlas régional dans les Pyrénées est cependant au programme de recherches du B.R.G.M.

sur l'inventaire, l'analyse et le zonage des risques, parallèlement à d'autres opérations (fichier d'information sur les mouvements de terrain en France, monographie régionale en Touraine, Ardèche, Savoie, ...) entreprises par le B.R.G.M. ces dernières années.

2 - METHODES CARTOGRAPHIQUES RETENUES

Au-delà d'un simple enregistrement des mouvements anciens ou récents (carte d'inventaire), la cartographie ZERMOS à 1/25 000 essaie de dégager une notion de risque plus ou moins hiérarchisée. Les 3 couleurs de base (vert-orange-rouge) indiquent effectivement une certaine progression dans la menace qui peut être qualifiée de nulle à faible, moyenne ou élevée. Sans revenir en détail sur les nuances apportées à cette classification, qui à la limite peut être qualifiée de subjective, il faut en revanche souligner la valeur objective des observations et des témoignages recueillis au cours des études de terrain ou de laboratoire.

L'analyse comporte en effet l'examen des facteurs naturels permanents ayant des effets sur la stabilité des terrains et liés non seulement

- à la topographie (pente, relief particulier ...),
- à la géologie (structure, lithologie, quaternaire ...),
- à la géomorphologie dynamique (évolution des versants ...),
- à l'hydrogéomorphologie (eaux superficielles, drainage ...),

mais aussi l'examen des facteurs temporels présents ou passés tels que la climatologie, la végétation ou certains effets de l'activité humaine (routes, constructions ...) et l'inventaire des mouvements anciens ou actuels.

Ces éléments analytiques vont nous servir de fil conducteur dans l'établissement de la carte de France (et également pour le 1/100 000) avec, évidemment, la pondération qu'impose le changement d'échelle. Mais la comparaison s'arrête ici et *il ne sera plus question de définir un niveau de risque* qui n'aurait à cette échelle de la France aucune signification.

Faisant abstraction de toute notion de risque plus ou moins élevé, à la différence des cartes ZERMOS à grande échelle, *la carte de France se bornera à indiquer les secteurs où tel ou tel mouvement peut exister*. En s'appuyant sur

la géologie, la morphologie et certains autres facteurs selon les cas, et après confrontation avec le fichier des mouvements, cette carte montrera par exemple :

- les zones de carrières souterraines, de gypse, de falaise et versants rocheux, de terrain argileux, d'érosion littorale active ...

qui sont susceptibles de présenter :

- des affaissements ou des effondrements, des écroulements ou des chutes de blocs, des glissements de terrain, une érosion rapide ...

3 - PRINCIPES D'ETABLISSEMENT

Bien que les procédés d'analyse énumérés plus haut nous servent de fil conducteur, la définition des travaux est cependant toute différente des cartes à grande ou à moyenne échelle. Trois actions principales se dessinent ; elles seront ajustées ou réajustées à mesure du déroulement des travaux.

3.1 - Enquêtes tout azimut

La connaissance des évènements anciens bénéficie déjà d'un fond très important constitué par notre fichier des mouvements(*) qui rassemble environ 4 000 données sur les évènements passés, tout au moins jusqu'à ces 30 dernières années. Objet de bordereaux manuels, leur exploitation reste malaisée à l'échelle du Territoire tant que ceux-ci ne seront pas informatisés. Une première carte sélective provisoire de report des points, classés par type de mouvements et importance, a été dressée par le B.R.G.M. (division Risques naturels). Elle n'est pas complète car de nombreuses données restent à exploiter ou à recueillir.

L'enquête visant les dernières décennies est à faire et nécessite d'entreprendre un "tour de France" de tous les établissements ou organismes qui possèdent de l'information (Services régionaux du B.R.G.M., Laboratoires régionaux de l'Equipement, certains Laboratoires de l'Université). *Ne pouvant prétendre à une enquête exhaustive* dans les limites du contrat ZERMOS (délai d'un an), il s'agira de lancer des enquêtes et provoquer des réunions régionales afin de recueillir sur le tas l'information correspondante (secteurs ayant fait l'objet d'étude de stabilité, existence de mouvements récents, présomptions d'instabilité ...).

(*) Cf. Rapport inédit B.R.G.M., 79 SGN 360 GEG : Le fichier d'information sur les mouvements de terrain en France et ses applications (1979).

L'étude documentaire devra être également intensifiée, d'une part, en utilisant les matériaux déjà rassemblés mais non classés et exploités, d'autre part, en procédant au dépouillement des archives dans des départements encore peu étudiés.

3.2 - Corrélation des évènements connus et des données litho-morphologiques

Un essai sommaire réalisé en 1974, à l'échelle de la France, département par département, avait fait l'objet d'un rapport sous forme de catalogue (*). Réalisée très rapidement pour les besoins de la "Commission interministérielle ZERMOS", cette opération, imparfaite dans sa procédure et dans ses résultats, préfigurait cependant les grandes lignes d'une action reprise aujourd'hui dans un contexte nettement plus favorable mais sans être encore le meilleur. En effet, l'étape d'inventaire de cartographie à 1/250 000 ne pourra être menée de façon exhaustive.

Cet essai, après enquête régionale et confrontation avec les données d'époque du fichier, tentait de mettre en rapport tel mouvement de terrain avec telle formation lithologique et telles conditions de relief. Pour le département de la Drôme, on remarque ainsi :

- que les glissements sont liés à la présence des "terres noires" du Callovo-oxfordien, des marnes bleues de l'Aptien et accessoirement des marnes et molasses du Mio-pliocène.

- que les écroulements de falaises affectent plus particulièrement les calcaires du Tithonique lorsque les conditions topographiques des marnes (ou "terres noires") sous-jacentes permettent un affouillement du rocher ou un tassement de celles-ci, entraînant les calcaires supérieurs. L'Urgonien calcaire est également vulnérable à ce type d'évènements.

On pourrait apporter aujourd'hui quelques compléments à savoir

- que les coulées boueuses sont fréquentes à la base des grands versants de "terres noires" en voie de ravinement,
- que des glissements rocheux, bancs sur bancs, sont liés à des conditions structurales et morphologiques particulières.

(*) Cf. Rapport inédit B.R.G.M., 74 SGN 244 AME : Enquête préliminaire sur l'existence de zones exposées à des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol (1974).

L'analyse région par région implique un travail important d'organisation, de sélection et de pondération des données afin que les corrélations entre mouvements et conditions géologiques et géomorphologiques soient significatives. Les résultats de cette deuxième phase pourront être reportés sur des cartes d'échelle variée. Considérées comme des corrélations analytiques et de caractère ponctuel à l'échelle de la France, il s'agira alors de les utiliser en les étendant à des ensembles relativement homogènes.

3.3 - Synthèse des résultats : carte de France des zones exposées

La difficulté de cette dernière phase sera d'abord de bâtir une légende cohérente avec la qualité et la quantité des informations précédemment recueillies, ensuite d'extrapoler avec prudence les corrélations obtenues localement ou sectoriellement.

En 1974, lors de notre premier essai en ce domaine, nous avons déjà estimé cette difficulté à sa juste mesure. C'est pour cette raison que, faute de temps et de moyens, le catalogue ne se borne qu'à indiquer les formations géologiques concernées et le pourcentage probable des zones exposées par département, en abandonnant la prétention de dresser une carte de France.

Afin de ne pas préjuger de l'avenir et éviter de figer le devenir de cette carte, il est trop tôt pour en développer le contenu et sa présentation graphique. Zones, symboles, couleurs ... toute la panoplie du cartographe sera alors à la disposition des opérateurs lorsque à la fin de la 2ème phase, il faudra décider du document final, en fonction des principes de base exposés dans cette note.

Ainsi, la carte proposée ne comporte que les risques liés aux écroulements, glissements, coulées ... C'est-à-dire une gamme réduite d'évènements dans le domaine très vaste des risques naturels : séismes, inondations, avalanches, raz-de-marée, éruptions volcaniques ...

CONCLUSION

Pour se remémorer l'existence dans certaines régions de France de risques naturels contre lesquels on doit se protéger, pour posséder une vue globale du sujet en mesurant les incidences au niveau de la sécurité et de l'aménagement du territoire, on dispose avec la cartographie d'un moyen commode et efficace.

Rappelons que la carte à l'échelle du 1/1 000 000 offre l'avantage de présenter une vue générale des paramètres qui conduisent à penser que tel ou tel mouvement peut exister, dans une région donnée. Elle ne permet pas de sélectionner des zones à proscrire ou à recommander par leur existence ou leur absence de dangers -c'est le rôle des études particulières à grande échelle- mais elle attire l'attention des Ministères, des grandes Administrations et Organismes d'état, des Instances régionales sur ces problèmes, et peut constituer vis-à-vis de nos concitoyens, un document à caractère pédagogique.

Mais dans le domaine souvent aléatoire des risques naturels, cette cartographie, quelle que soit l'échelle, à ses limites qu'il ne faut pas sous-estimer et qui doivent être clairement connues des utilisateurs. Une légende explicite, une notice explicative détaillée doivent accompagner obligatoirement la carte des zones exposées à des mouvements de terrain.

M. HUMBERT

Orléans, décembre 1979

ANNEXE III

CARTE DEPARTEMENTALE
DES ZONES EXPOSEES A DES MOUVEMENTS DE TERRAINS
A DES AVALANCHES ^(*) ET A DES INONDATIONS ^(**)
A L'ECHELLE DE 1/100 000

Pour situer ces cartes dans le cadre des études à réaliser en 1980 pour le compte de la Direction de la Sécurité Civile, il est indispensable de rappeler les travaux antérieurs effectués en ce domaine et la politique à moyen terme que le Groupe de Travail ZERMOS avait estimé suivre afin d'aboutir à une meilleure connaissance en France des risques naturels quelle que soit l'échelle (nationale, régionale, locale)

La réunion du 6 juin 1979 clôturant les travaux de la 2ème tranche ZERMOS, avait pour objectif de faire le bilan des résultats obtenus au cours des 5 années de cartographie ZERMOS et de définir les grandes orientations des opérations à mener à l'avenir. Après avoir rappelé brièvement celles-ci, nous examinerons les principes d'établissement qui doivent être à la base des cartes départementales à 1/100 000 afin d'aboutir à des travaux de qualité, tant dans la recherche de méthodes nouvelles que dans l'application de celles-ci à la prévention et à la sécurité, souci majeur de la Sécurité Civile.

RAPPEL DES PRINCIPALES ORIENTATIONS DE LA CARTOGRAPHIE A PETITE ECHELLE

La cartographie ZERMOS à 1/25 000 ayant permis de définir les bases d'un zonage du risque, il a été décidé de passer à une phase de recherches à plus petite échelle. Le 1/50 000 trop proche du 1/25 000 fut abandonné au profit du 1/100 000 qui nécessite une autre définition cartographique. A cette échelle, il n'est plus question de délimiter des zones de risques ni d'estimer la probabilité de ceux-ci, mais seulement d'indiquer les zones où

(*) Ces risques n'étant pas de la compétence particulière du BRGM, ce dernier ne s'engage qu'à rassembler la documentation cartographique existante et d'étudier avec les organismes intéressés la possibilité de reporter les informations correspondantes, soit directement sur la carte, soit sous forme de cartouche. Il dégage, bien entendu, sa responsabilité vis à vis des données qui lui seront fournies.

où tel ou tel mouvement peut être envisagé, par exemple danger de glissement, d'éboulement, d'effondrement... ou existence de carrière souterraine.

A l'échelle du 1/100 000, cette cartographie a donc pour objectif de rappeler qu'il existe dans certains départements français, des régions où des mouvements, parfois de types différents, peuvent se produire à la suite d'une conjonction de facteurs défavorables à la stabilité des terrains. On verra par exemple que dans la Drôme, les "terres noires", les marnes bleues du Crétacé et à un degré moindre les marnes de l'Oligocène et du Pliocène sont des niveaux sensibles aux glissements de terrain, dans des conditions morphologiques particulières. Par ailleurs les corniches du Jurassique supérieur ou du Crétacé peuvent présenter des écroulements ou des chutes de blocs selon certains facteurs locaux.

Il est donc d'un grand intérêt de montrer ce qui peut être réalisé au niveau régional, (celui d'un département français en l'occurrence) à partir d'une *analyse documentaire et de terrain* (le 1/100 000 est une échelle encore exigeante) et à la suite d'une *synthèse à caractère préventif* débouchant sur une carte d'alerte.

PRINCIPES D'ETABLISSEMENT ET DEROULEMENT DES TRAVAUX

Avant d'exposer ces principes, il est de notre devoir de rappeler que la fiabilité d'un travail cartographique à l'échelle du 1/100 000 repose essentiellement sur la valeur que l'on attache à la qualité de l'analyse. Celle-ci exige en effet une définition qui se situe entre les études locales de type ZERMOS à 1/25 000 et celles à très petite échelle, type atlas régionaux ou cartes de France. On ne peut se contenter d'une étude documentaire et il faut également, à partir de reconnaissance sur le terrain, confronter entre eux les différents facteurs naturels permanents (topographie, géomorphologie, géologie, hydrogéomorphologie...) et temporels (climat, activité humaine...) ayant des effets sur la stabilité des terrains.

Sans entrer dans le détail des travaux, les différentes phases du déroulement des études sont les suivantes :

1.1 - Analyse documentaire et de terrain

Comme dans toute étude et plus particulièrement dans ce type de cartographie où la reconnaissance du terrain est obligatoirement réduite, *l'étude documentaire* tient une part importante compte tenu de l'échelle adoptée. Elle comporte :

- la recherche historique des mouvements de terrain à travers les données accumulées dans le fichier BRGM et grâce à des enquêtes locales auprès des services départementaux (DDA, DDE...), de l'Université, des mairies, etc...

- la recherche bibliographique sur l'évolution actuelle des versants en liaison avec la nature et la structure des terrains (géologie du substrat et des formations superficielles) les conditions de drainage (hydrogéomorphologie), la pluviométrie, l'exposition, etc.

Un premier aperçu sommaire de la sensibilité des terrains à tel ou tel type de mouvements va servir de guide de recherche pour l'organisation des *reconnaitances de terrain* et l'exploitation sélective des photographies aériennes. Cette phase consiste à effectuer un certain nombre d'itinéraires choisis en fonction des résultats obtenus lors de la phase documentaire afin

- de découvrir et de cartographier de nouvelles zones instables ayant une extension compatible avec l'échelle retenue

- de vérifier les liens pressentis entre le contexte lithomorphologique et l'existence ou l'apparition de tel ou tel événement

- de préciser des notions nouvelles ayant échappé à l'analyse précédente

- de mener de pair l'interprétation photogéologique et l'étude du terrain.

Au terme de cette double analyse on doit pouvoir prendre la mesure de tel ou tel facteur dans l'apparition des différents mouvements de terrain sur le territoire étudié.

Telle formation géologique, dans certaines conditions structurales et morphologiques offrira par exemple une propension à glisser, tandis que ces mêmes formations dans un contexte différent ne présentera aucune trace de mouvements. Tel versant comportant de grands glissements fossiles présentera des conditions de stabilité qui seront fonction de la pente, de l'épaisseur des dépôts remaniés, des conditions de drainage, etc...

En résumé, en dehors des observations ponctuelles recueillies au cours de cette première analyse et reportées sur carte, il est nécessaire de dresser une *matrice des facteurs*, qui en interférant les uns les autres peuvent être à l'origine de mouvements de terrains. Cette matrice, associée à une *définition cartographique* de certains facteurs (cartes de facteurs), sera l'élément de base à l'élaboration d'une synthèse graphique, dernière phase de l'étude.

1.2 - Synthèse et confection de la carte à 1/100 000 des zones exposées

Connaissant d'une part :

- les différents types de mouvements existant (nature, volume, extension)
- les conditions de leur apparition
- le contexte géologique, géomorphologique,... de ces mouvements

et ayant défini d'autre part

- soit ponctuellement, soit spatialement les différents facteurs impliqués dans l'étude sous forme de matrices ou de cartes

la synthèse consistera à élaborer une carte des zones exposées à des mouvements, à partir de la confrontation, secteur par secteur, des résultats précédents, la notice explicative de la carte permettant d'apporter les nuances parfois intraduisibles graphiquement.

Faisant abstraction de toute notion de risque plus ou moins élevé; à la différence des cartes ZERMOS à 1/25 000, la carte à 1/ 100 000 indiquera la *localisation probable des zones où peut se produire tel ou tel mouvement*

à savoir

- des chutes de blocs
- des écroulements de falaises
- des glissements de terrain et coulées boueuses
- des affaissements et des effondrements
- des érosions et accumulations rapides

chaque zone étant matérialisée par une couleur différente, au total 5 teintes si l'on s'en tient à la distinction précédente.

A l'intérieur d'une zone, on pourra éventuellement (selon les circonstances) proposer des *sous-zones* s'appuyant sur l'importance (en volume et en extension) que peut prendre tel ou tel mouvement. Il est en effet souhaitable - quand cela est possible - de distinguer par exemple dans la "zone exposée à des glissements" (en bleu) les secteurs à petits (quelques milliers de m² d'extension) (*) et à grands glissements (quelques dizaines de milliers de m²). Il en sera de même pour les autres zones : petits écroulements localisés (quelques dizaines de m³), grands écroulements (quelques milliers de m³ et plus).

Ayant souligné l'importance attachée à la connaissance des mouvements anciens ou récents, la carte comportera également soit de *manière symbolique* (rectangle, losange, rond, etc.), soit dessinés en *vraie grandeur* si l'échelle le permet, les *principaux mouvements* connus et répertoriés.

En résumé, la carte comportera couleurs et symboles mais leur signification n'est plus comparable à celle des cartes ZERMOS à grande échelle.

(*) Les estimations ne sont données qu'à titre d'exemple et ne préjugent pas des options qui seront prises par chaque auteur, selon les régions étudiées.

CONCLUSION

Dans la lignée des cartes ZERMOS, les cartes départementales de localisation probable des zones exposées à des mouvements de terrain (auxquelles s'ajouteront le report des inondations et des avalanches) sont une *nouvelle génération* de cartes d'analyse et de prévention en matière de risques naturels.

Les quelques cartes dressées ce jour par le BRGM (Ardèche, Savoie) n'allaient pas au delà d'une analyse très partielle; elles se bornaient à indiquer par des reports de points les événements passés, ayant occasionné des dégâts, laissant ainsi de côté, les mouvements survenus dans les secteurs vierges de tout habitat ou équipement.

En proposant une carte de synthèse des zones exposées, à partir d'une analyse complète des données, on souhaite aller *au devant de l'événement*, c'est-à-dire faire de la *prévention* et non pas un bilan du passé. Chaque commune apparaîtra soit en blanc (pas de problèmes particuliers) soit en couleur (une ou plusieurs teintes selon qu'elle est exposée à un ou plusieurs types de mouvements).

Cette cartographie à petite échelle (1/100 000) prépare donc, au moins pour les régions où elle sera nécessaire, une cartographie à 1/5 000 ou 1/10 000 destinée à servir de base à des servitudes réglementaires. Souhaitons que les instances départementales en saisissent rapidement l'intérêt avant que ne se produisent des pertes civiles* ou économiques sans commune mesure avec le coût de cette cartographie préventive.

M. HUMBERT

Le 12.02.80

* La catastrophe du Pelvoux (Htes Alpes) qui vient de faire 4 victimes, ensevelies sous leur maison de vacances par une coulée de boue descendue du versant, montre à nouveau que les risques iront en augmentant avec le développement touristique de la montagne. On ne pourra, bien sûr, jamais s'affranchir totalement de ces dangers inhérents à la montagne, mais on peut au moins les réduire, en "auscultant" les reliefs de plus près. (Texte rajouté le 14.02.80, après tirage de la présente note).

ANNEXE IV



LA CARTOGRAPHIE ZERMOS

1 - PRESENTATION GENERALE DE LA CARTOGRAPHIE ZERMOS

Le Service géologique national (S.G.N.) a entrepris et animé, depuis quelques années, en liaison avec les laboratoires de l'Université (Institut Dolomieu, Grenoble) et du Ministère de l'Equipement (L.C.P.C., Paris), un certain nombre de recherches concernant la cartographie des zones exposées à des mouvements du sol. Il répondait ainsi aux souhaits de la Commission interministérielle "Sécurité en montagne et risques naturels" créée par le ministère de l'Intérieur, et plus particulièrement du groupe de travail ZERMOS, animé par les représentants de la Direction de la Technologie, de l'environnement industriel et des mines (aujourd'hui Direction des mines), qui désirait que soient étudiés ces problèmes.

C'est dans ce contexte que la direction de la Sécurité civile du Ministère de l'Intérieur a été conduite à demander au Service géologique national, dans le cadre de sa mission de service public et sur crédits de la Délégation générale à la recherche scientifique et technique (D.G.R.S.T.), d'établir un certain nombre de cartes à caractère à la fois méthodologique et opérationnel.

1.1 - Cadre administratif

La cartographie ZERMOS est réalisée par le Service géologique national (S.G.N.) ou sous sa responsabilité, avec le concours du Laboratoire central des Ponts et Chaussées (L.C.P.C.) et de l'Institut Dolomieu de Grenoble, en exécution d'une convention établie entre la direction de la Sécurité civile et le Bureau de recherches géologiques et minières (B.R.G.M.).

La coordination des travaux (projet d'études, établissement des maquettes, rédaction des notices, édition des cartes) est assurée par un secrétariat technique dépendant du département "Géotechnique, Division Risques naturels" du B.R.G.M., et où le L.C.P.C. et l'Institut Dolomieu sont représentés.

Les bases administratives de cette cartographie ont été largement débattues au cours du symposium de Cannes "Sol et sous-sol et sécurité des constructions" en 1973 et ont fait l'objet d'une note de W. CHAZAN parue dans les "Annales des mines" en 1974.

1.2 - Objet

Demandées par la Sécurité civile, les cartes ZERMOS sont réalisées afin d'assurer une meilleure protection des personnes et des biens. Ce sont avant toute chose des cartes d'alerte, destinées à attirer l'attention des personnes concernées sur les dangers, potentiels ou réels, présentés par certaines portions du territoire en relation avec la nature et les particularités du sol ou du sous-sol.

Ce sont des cartes de synthèse à moyenne échelle (1/25 000 ou 1/20 000) dont le dessin traduit l'analyse, à un moment donné, des mouvements de terrains ou des facteurs pouvant avoir des effets sur la stabilité des terrains.

Avec sa notice, elle constitue un dossier technique de travail à l'usage des services administratifs tels que l'Intérieur, l'Équipement, l'Agriculture, l'Environnement et des collectivités locales afin d'éclairer leur choix en matière de sécurité et d'urbanisme, mais aussi de conservation des sols et de protection des paysages.

1.3 - Aspect juridique

La carte ZERMOS n'a aucune valeur réglementaire ni juridique. Elle est contraignante pour les administrations dans la mesure où elles ne peuvent l'ignorer et n'a qu'une valeur indicative pour les tiers. Elle sert de cadre pour l'élaboration des plans d'aménagement (S.D.A.U., P.O.S., ...) et constitue les bases pour des études plus détaillées, à grande échelle, pour des zones jugées particulièrement dangereuses à travers la carte ZERMOS. Dans ce cas, et si la situation l'exige, on pourra aboutir à des plans des zones exposées à des mouvements du sol à l'échelle des documents d'urbanisme (1/2 000 - 1/5 000), qui pourront devenir réglementaires après la procédure administrative habituelle.

1.4 - Forme et contenu

La carte ZERMOS est constituée par la carte proprement dite à 1/25 000, accompagnée d'une notice explicative en livret séparé, le tout sous pochette en plastique.

a) La carte

Elle est l'interprétation et la synthèse de données analytiques en terme de stabilité, présente ou future. Cette interprétation est matérialisée par un zonage à trois couleurs de base :

- le vert indique qu'aucune instabilité ne semble devoir se produire dans la zone considérée et que celle-ci peut-être aménagée sans contrainte particulière, ou au plus au prix de quelques vérifications ou précautions globalement de peu d'effets.
- l'orange indique une menace potentielle ou réelle sans grande conséquence sur les aménagements ou pouvant être écartée par des dispositions particulières, en fonction des équipements envisagés ou déjà existants. Une distinction est faite pour les zones où par manque de connaissances, on ne peut se prononcer sur l'absence ou l'existence de risques.
- le rouge indique une instabilité réelle, en cours d'évolution ou une menace précise susceptible d'entraîner de graves conséquences, difficilement contrôlables.

Quant aux caractères distinctifs (statiques ou dynamiques) des instabilités observées, ils sont indiqués par des figurés en noir, sous forme de différents symboles.

b) La notice

Il s'agit d'un livret apportant les commentaires indispensables au bon usage de la carte. Elle décrit les principaux phénomènes naturels introduisant le risque et explicite, aussi clairement que possible, le zonage ainsi que la signification des figurés complémentaires utilisés.

2 - DEFINITION DU ZONAGE

2.1 - commentaires de présentation

Le zonage présenté dans cette annexe est le résultat d'une confrontation très large entre les différents collaborateurs de la carte ZERMOS, au cours d'une réunion (1er juillet 1977) dont l'objectif était de dresser un bilan de la cartographie ZERMOS, suite à l'établissement des 15 premières cartes diffusées au cours de l'année 1977.

La presque majorité des auteurs s'est accordée sur le principe d'une définition du zonage qui amorce davantage le dialogue avec les utilisateurs de ces cartes qui sont les planificateurs, les aménageurs et plus particulièrement les pouvoirs publics qui ont mission d'orienter et de mettre en garde. Dans cette perspective, on n'énoncera non seulement l'absence ou la présence probable ou certaine de mouvements de terrains (qu'il sera toujours difficile d'évaluer en toute objectivité) mais aussi les contraintes auxquelles doit s'attendre tout utilisateur de l'espace cartographié, replacées à l'échelle de la planification et de l'aménagement du territoire.

Le nouveau zonage offre toujours une hiérarchisation verticale du risque et des contraintes, du vert au rouge en passant par l'orange. Mais contrairement aux cartes précédentes, on ne retient plus obligatoirement un degré croissant à l'intérieur de chaque couleur (par exemple orange clair et orange foncé, rouge clair et rouge foncé). Ce qui se traduit par l'abandon de ces nuances au profit d'une même teinte mais avec des réserves blanches de différentes factures (des ronds, des carrés, des rectangles, ...). On pourra donc avoir 1, 2 ou 3 couleurs sur l'une des trois horizontales correspondant :

- soit au vert ; risque nul à faible
- soit à l'orange ; risque moyen
- soit au rouge ; risque élevé.

Enfin, pour éviter tout malentendu sur le contenu de ces cartes, il a été décidé de placer, en exergue du zonage, un texte commun pour toutes les cartes, sous forme d'avertissement reproduit en rouge.

Enfin il a été décidé, d'employer éventuellement les lettres :

- E = écroulement
- G = glissement
- C = coulée
- A = affaissement, effondrement
- R = ravinement concentré

pour caractériser les zones où il n'existe pas d'indices de mouvements permettant au lecteur de rattacher la zone à un type de risque majeur lié aux mouvements énoncés.

Ces lettres employées avec discrétion, pour indiquer le risque potentiel majeure ne doivent en aucun cas se substituer aux figurés représentatifs des faits observés.

TEXTE DE L'EXERGUE

AVERTISSEMENT

La carte ZERMOS rassemble, à titre de renseignement, des données qui sont à prendre en compte dans la planification et l'aménagement du territoire. Vis-à-vis des particuliers, elle n'a qu'une valeur indicative et n'est pas opposable au tiers.

Au niveau des études particulières nécessaires à l'implantation d'équipements déterminés, elle peut fournir un cadre synthétique à des reconnaissances plus détaillées. Exécutées à une échelle de travail différente de la carte ZERMOS, celles-ci permettront parfois de mettre en évidence, ponctuellement, des secteurs de risque moindre ou plus élevé, à l'intérieur des zones préalablement définies.

En outre, il est rappelé que cette carte ne dispense pas, même en zone verte, des études géotechniques traditionnelles au droit de toutes réalisations.

La carte ZERMOS ne peut être utilisée sans sa notice, dont la lecture attentive permet d'apprécier la nature exacte des risques qui correspondent à des mouvements localisés s'étant produits dans le passé et susceptibles de se reproduire dans des circonstances analogues.

Enfin, ce document ne tient pas compte des risques naturels liés aux séismes et aux éruptions volcaniques. D'autre part, les événements imprévisibles et très exceptionnels, que constituent les très grands éboulements, dont un exemple a été fourni en 1248 par l'éboulement du Granier, près de Chambéry, ne sont, en général, pas pris en considération. Quant aux avalanches et aux inondations, elles relèvent d'autres types d'informations.

2.2 - Le zonage et sa signification

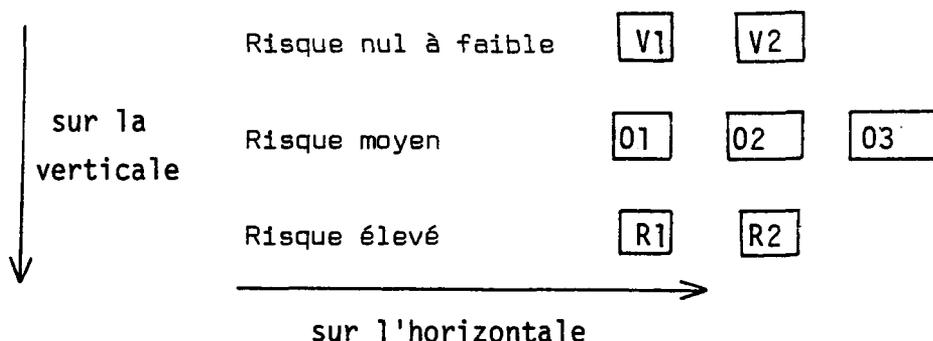
N.B. : A l'usage et actuellement, il s'est avéré impossible d'adopter une rédaction commune du zonage applicable à toutes les cartes. Les seules rubriques obligatoires sont :

- risque nul à faible = VERT (V)
- risque moyen = ORANGE (OR)
- risque élevé = ROUGE (R)

A côté de cela, les définitions proposées ci-dessous ont pour but de fixer les limites et le contenu attribués à chaque couleur et de proposer accessoirement une rédaction suffisamment générale et explicite pour être reprise sinon en totalité, tout au moins en partie par les auteurs de cartes ZERMOS.

En conséquence, les cartes ZERMOS devraient à l'avenir être plus homogènes et prêter moins à critiques.

Le zonage s'articule ainsi :



Les définitions des couleurs sont les suivantes :

- VERT - V1 : Zone actuellement indemne de mouvements de terrains. L'aménagement(*) ne comporte pas de contraintes particulières.
- VERT - V2 : Zone apparemment indemne de mouvements de terrains. Quelques vérifications ou précautions, au total peu importantes, seront pourtant nécessaires.
- ORANGE - 01 : Zone où le manque de connaissances empêche de se prononcer. Une étude plus approfondie permettra éventuellement de la répartir en secteurs de risques nuls ou faibles et en secteurs de risques plus élevés.
- ORANGE - 02 : Zone affectée de façon diffuse par des manifestations dispersées mal circonscrites ou bien présentant des facteurs discontinus d'instabilité. Tout aménagement sera exposé à des inconvénients divers pas toujours prévisibles.
- ORANGE - 03 : Zone affectée par des mouvements connus, d'amplitude modérée, ou bien présentant des facteurs certains d'instabilité susceptibles d'entraîner un risque. Des dispositions ou des protections particulières devront intervenir pour tout aménagement, afin d'écartier ce risque.
- ROUGE - R1 : Zone de risque élevé à la fois par l'amplitude des mouvements éventuels et la probabilité d'apparition de ceux-ci, ou bien encore présentant des facteurs d'instabilité très accusés. Des études plus détaillées peuvent déceler localement des secteurs restreints offrant un risque moindre et la possibilité d'aménagement ponctuel.
- ROUGE - R2 : Zone affectée par des mouvements actuels importants ou menacée par leur extension. Elle implique un contrôle répété de l'évolution de ces mouvements avant tout éventuel projet d'aménagement et un dispositif de surveillance et d'alerte devra, dans certains cas, être mis en place.

RISQUE HYPOTHETIQUE : ROUGE EN SURCHARGE (trait continu ou discontinu suivant les degrés d'atteinte éventuelle)

Ce risque est qualifié ainsi car il a une très faible probabilité d'apparition (plusieurs siècles) mais un très gros enjeu (écroulement d'un pan de montagne) Ex : type carte de Passy-Servoz (Haute-Savoie).

Cette surcharge peut intervenir indifféremment sur le zonage précédent, soit sur le vert, soit sur l'orange, sur le rouge R' ou R'' également, mais dans ce cas, le risque maximum est déjà pris en compte (et la surcharge n'a pas à apparaître).

M. HUMBERT

le 23.11.77

(*) Employé ici dans le sens que lui donne les urbanistes à savoir "l'action qui vise à l'organisation rationnelle de l'espace".

PLAN ZERMOS

1 - CARTES ETABLIES EN 1977

- Région d'AIME, LA PLAGNE (Savoie) à 1/20 000
- Région d'ARS-SUR-MOSELLE (Moselle) à 1/25 000
- Région du BEAUMONT (Isère) à 1/20 000
- Région d'EMBRUN, CHORGES (Hautes-Alpes) à 1/25 000
- Région des GORGES-DU-CIANS (Alpes-Maritimes) à 1/20 000
- Région de GRASSE (Alpes-Maritimes) à 1/20 000
- Région de LARCHE, RESTEFOND (Alpes-de-haute-Provence) à 1/25 000
- Région de LATRESNE-CAMBES-LE TOURNE (Gironde) à 1/25 000
- Région de MILLAU (Aveyron) à 1/25 000
- Région de MODANE, CHARMAIX (Savoie) à 1/20 000
- Région de la MOYENNE-VESUBIE (Alpes-Maritimes) à 1/25 000
- Région de NANTUA (Ain) à 1/10 000
- Région de PASSY-SERVOZ (Haute-Savoie) à 1/20 000
- Région de PRATS-DE-MOLLO (Pyrénées-Orientales) à 1/25 000
- Région de TROUVILLE, PONT-L'EVEQUE (Calvados) à 1/25 000

2 - CARTES ETABLIES EN 1979

- Région de BOURG-ST-MAURICE (Savoie) à 1/20 000
- Région de CLERMONT-FERRAND SUD (Puy-de-Dôme) à 1/25 000
- Région LE TRIEVES-CLELLES (Isère) à 1/25 000
- Région LES ORRES (Hautes-Alpes) à 1/25 000
- Région de MOUTIERS (Savoie) à 1/25 000
- Région de NANCY-NORD (Meurthe-et-Moselle) à 1/25 000
- Région de POLIGNY-LONS-LE-SAUNIER (Jura) à 1/25 000
- Région de PRALOGNAN-LA-VANOISE (Savoie) à 1/20 000
- Région de ST ETIENNE-DE-TINEE (Alpes-Maritimes) à 1/25 000
- Région de ST GERVAIS (Haute-Savoie) à 1/20 000
- Région de ST SORLIN-D'ARVES (Savoie) à 1/20 000
- Région de TOURS (Indre-et-Loire) à 1/10 000

ANNEXE V



PLAN D'ETUDE POUR L'ANALYSE DU RISQUE SISMIQUE EN FRANCE

1 - INTRODUCTION

La France est, en majeure partie, un pays de séismicité peu élevée ce qui rend difficile la prise en compte du phénomène sismique dans le dimensionnement des structures.

L'étude du risque sismique a pour objet de définir, en chaque point d'une région, la probabilité d'obtenir un mouvement sismique supérieur à une valeur fixée, pendant un délai donné. Cette information permet à l'ingénieur de choisir un dimensionnement à partir de critères économiques ou de sécurité. Le coût supplémentaire consécutif à l'application des règles de construction parasismique est comparé au coût des réparations et de l'arrêt momentané du fonctionnement des installations survenant après un séisme. La sécurité physique des personnes reste, bien entendu, le critère essentiel du choix.

Suivant le type et la fonction de la structure, l'évaluation du risque sismique peut apporter des solutions à différents problèmes de dimensionnement :

- Pour une sécurité très élevée, l'utilisateur veut se protéger contre le séisme maximum possible dans la région où se trouve la structure. Il demandera donc que la structure soit construite de façon à pouvoir supporter des efforts créés par un séisme fort ayant une très faible probabilité de se produire.

- Par contre, lorsque l'utilisateur veut tenir compte d'un compromis économique entre coût initial de la construction et coût des réparations et de l'arrêt momentané du fonctionnement après le séisme, une probabilité plus élevée d'obtenir un mouvement fort, capable d'endommager la structure, sera acceptée.

Dans le cas des centrales nucléaires, l'analyse du risque sismique permet de définir le séisme de sécurité, à probabilité extrêmement faible, et le séisme d'exploitation, plus probable, pour lequel un arrêt momentané et une inspection seront nécessaires.

Une carte de zonage sismique spécifie donc d'une façon probabiliste, le niveau des mouvements sismiques auxquels on peut s'attendre pendant un temps donné. Ainsi, à l'intensité maximum historique sera substituée la probabilité d'obtenir une intensité supérieure à une valeur fixée, pendant un délai donné.

Les premières tentatives de cartographie de risque sismique ont été effectuées en Union Soviétique (1), aux Etats-Unis (2) et au Japon (17) dans des zones à niveau de séismicité élevée. Depuis, la méthode a été appliquée à des régions de séismicité beaucoup plus faible comme l'Est des Etats-Unis (5,6) et l'Europe (3,4).

Les différentes étapes de l'analyse du risque sismique ont été schématisées à la figure 1. Elles consistent essentiellement à :

- Définir la géométrie des zones sismiques et évaluer leur niveau d'activité.
- Calculer la probabilité d'obtenir un mouvement sismique donné au site considéré, en faisant la somme des contributions de chaque source, compte tenu de l'atténuation se produisant entre la source et le site.

2 - DELIMITATION DES ZONES SOURCES - EVALUATION DE LEUR ACTIVITE SISMIQUE

Les épicentres des séismes ne sont pas répartis uniformément à la surface du globe. Ils sont, au contraire, concentrés dans certaines régions. Par zone source, on définit une aire à l'intérieur de laquelle l'activité sismique est considérée comme uniforme. La définition des zones sources fournit la distribution spatiale des épicentres des séismes. La géométrie des zones est généralement délimitée à partir de la séismicité historique et de données géologiques et tectoniques qui sont supposées avoir un lien avec l'activité sismique. Deux exemples de délimitation sont présentés aux figures 2 et 3.

Avant de continuer, il convient de remarquer que la définition des zones sources doit être entreprise, à la fois à l'intérieur et dans les régions adjacentes à la région cartographiée. En effet, des séismes dont les épicentres sont situés à l'extérieur des frontières de la zone étudiée peuvent avoir des effets destructeurs dans la zone même. Dans le cas de la France, les zones sources devront être délimitées dans les régions frontalières et en mer.

La définition de la géométrie et de l'activité des zones sources repose sur une étude sismo-tectonique et sur une analyse de la séismicité historique.

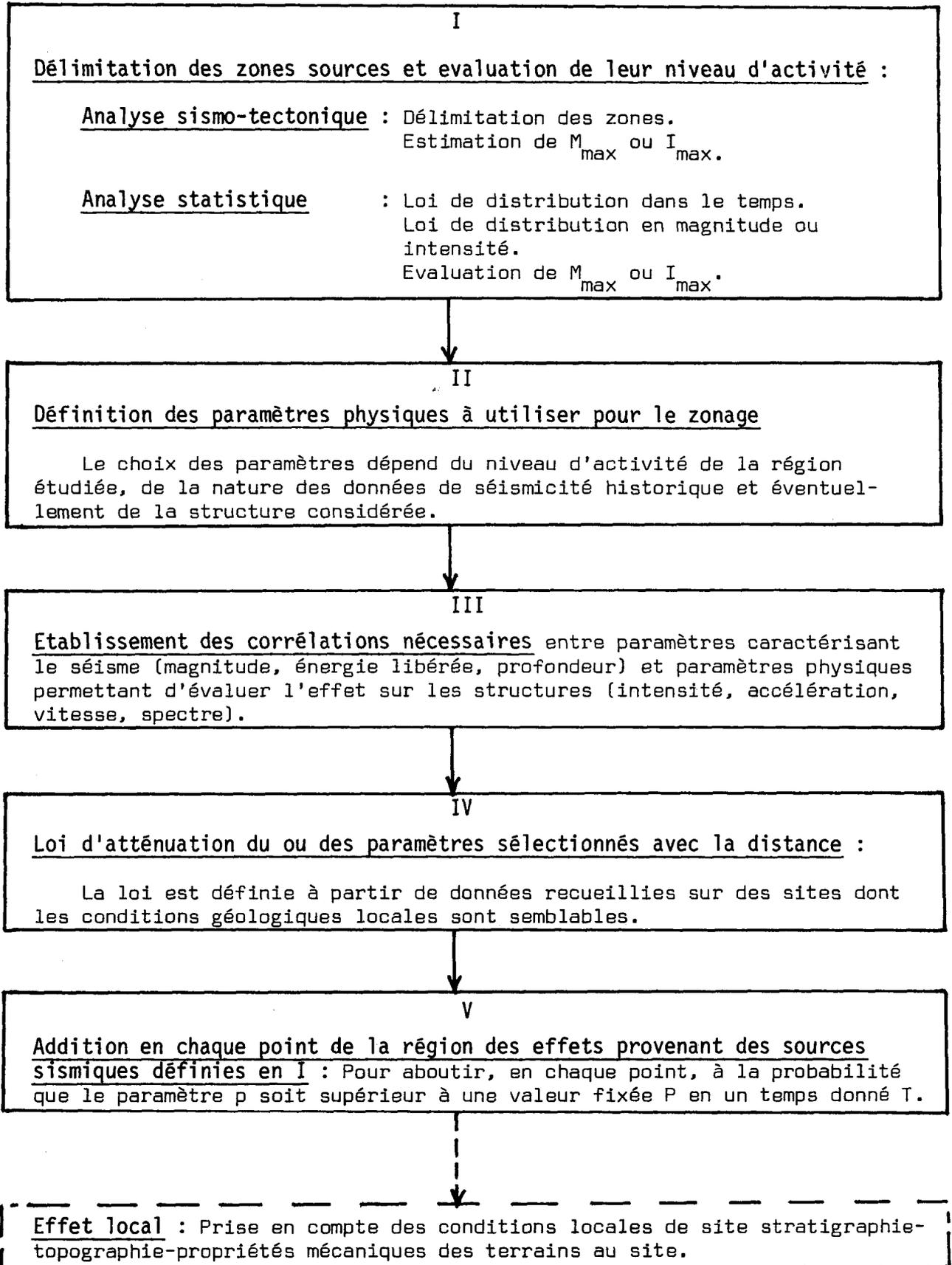




Figure 2 - Délimitation des Zones Sources - Est des Etats-Unis (d'après Algermissen et Perkins (1976)).

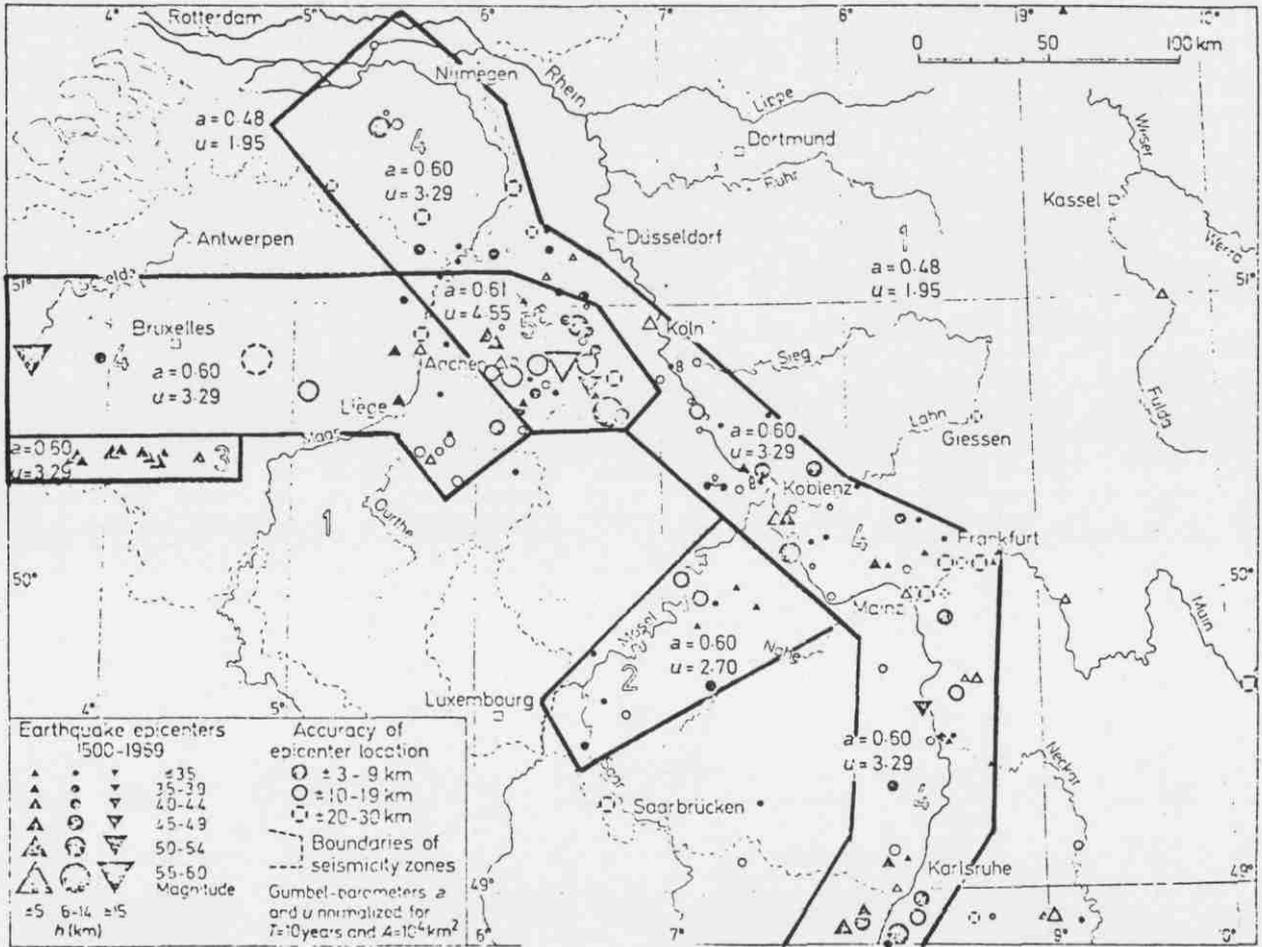


Figure 3 - Délimitation des Zones Sources - Vallée du Rhin (d'après Ahorner et Rosenhauer (1975)).

1.1 - Etude sismo-tectonique

Un aspect souvent négligé dans la cartographie des risques sismiques concerne l'utilisation des informations géologiques, géophysiques et tectoniques pour la caractérisation des zones sources. Ces données sont généralement exploitées de façon qualitative.

Aux Etats-Unis, l'introduction de la géologie dans les études de séismicité s'est, pendant longtemps, bornée à l'identification des déformations récentes de la croûte terrestre le long des failles. Une relation entre magnitude et longueur de faille développée par BONILLA (7) permet de déterminer la magnitude maximale possible le long de l'accident. Cependant, cette approche n'est utilisable que dans les états de l'Ouest ou dans des régions où l'activité sismique peut être reliée à des failles.

Les tentatives les plus sérieuses d'incorporation de données géologiques dans l'analyse du risque sismique se sont développées en Union Soviétique. Deux approches différentes ont été mises en oeuvre :

La première méthode a été développée à l'Institut de Physique du Globe de Moscou (8,9). Elle introduit d'une façon qualitative des données géologiques sur l'évolution tectonique de la région étudiée et sur les propriétés physiques des couches profondes. Le but de la méthode est de définir d'après des informations d'ordre géologique, géophysique, géomorphologique et sismique la magnitude maximum M_{\max} (ou l'intensité maximum I_{\max}) de la région. Cette magnitude (ou intensité) n'est pas nécessairement égale et est souvent supérieure à la valeur maximum observée.

Les facteurs jugés importants peuvent être classés en trois groupes qui concernent :

- le type et la vitesse des déformations tectoniques ;
- la structure géologique profonde ;
- les conditions à la source : état de contraintes, pression interstitielle, résistance au cisaillement, etc..

La plupart de ces paramètres étant impossible à évaluer directement, il est nécessaire de déterminer leur influence par l'intermédiaire d'autres paramètres mesurables. Borisssov et al. (8) ont sélectionné dix paramètres, chacun affecté d'un coefficient de pondération, afin de calculer la magnitude maximum. La valeur des coefficients est déterminée à partir d'une comparaison avec la sismicité historique.

La deuxième méthode développée en Union Soviétique (10) fait intervenir, principalement, des données géomorphologiques afin de définir des noeuds où seront localisés les épicentres.

1.2 - Etude statistique

A l'intérieur de chaque zone source, l'activité sismique est définie par deux lois de distribution :

- loi de distribution des séismes dans le temps ;
- loi de distribution des séismes d'après leur force.

1) Distribution temporelle

On admet généralement que l'arrivée d'un séisme suit la loi de Poisson : un évènement est également probable dans tout intervalle de temps unitaire.

La probabilité d'avoir exactement n séismes pendant le temps t est :

$$p(n,t) = \frac{(\lambda t)^n e^{-\lambda t}}{n!}$$

λ est le nombre moyen de séismes sur l'intervalle de temps t. L'utilisation de la loi de Poisson peut être critiquée pour deux raisons :

- l'intervalle de temps sur lequel est établie la moyenne est trop court pour être représentatif ;
- les répliques et les précurseurs font qu'un séisme n'est pas équiprobable dans le temps.

En dépit de ces critiques, la loi de Poisson est presque toujours utilisée dans les analyses du risque sismique.

2) Distribution en Magnitude ou Intensité

La force d'un séisme est caractérisée par sa magnitude ou son intensité épacentrale pour les accidents antérieurs à l'apparition des instruments.

La loi de distribution la plus utilisée a été développée par Gutenberg et Richter sous la forme :

$$\log N(M) = a - b M \quad (1)$$

$N(M)$ est le nombre moyen, par unité de temps et unité de volume, de séismes ayant une magnitude supérieure à M . a et b sont deux paramètres qui caractérisent la sismicité de la région considérée. Pour évaluer ces paramètres, il est nécessaire de disposer de sources de dimensions suffisantes pour que l'échantillon des séismes soit statistiquement représentatif.

En France, la loi de distribution doit être, en majeure partie, établie à partir de l'étude de la sismicité historique et il semble plus logique de définir la loi de fréquence en terme de l'intensité épacentrale I_0 . On évite ainsi une corrélation délicate entre les effets macrosismiques et la magnitude. Il faudra toutefois tenir compte de phénomènes locaux pouvant modifier la valeur de I_0 .

La forme de la loi de distribution de l'équation (1) a souvent été critiquée surtout dans le domaine des grandes magnitudes. Les mêmes réserves peuvent s'appliquer au cas où l'intensité épacentrale est utilisée. Il semble préférable d'utiliser des relations qui introduisent une limite supérieure à la magnitude ou l'intensité épacentrale. Parmi les lois proposées, on peut citer (11, 12) :

distributions linéaire tronquée :

$$\log N = \begin{cases} a & I_0 < I_{0min} \\ a-b(I_0-I_{0min}) & I_{0min} \leq I_0 \leq I_{0max} \\ 0 & I_0 > I_{0max} \end{cases}$$

distribution quadratique :

$$\log N = \begin{cases} a & I_0 < I_{0min} \\ a+b_1(I_0-I_{0min}) + b_2(I_0-I_{0min})^2 & I_{0min} \leq I_0 \leq I_{0max} \\ 0 & I_0 > I_{0max} \end{cases}$$

Ces deux distributions reconnaissent une limite inférieure de l'intensité qui correspond à la valeur au-dessous de laquelle le catalogue historique est considéré comme incomplet. Un exemple de ces deux distributions est présenté à la figure 4.

3 - CHOIX DU OU DES PARAMETRES A UTILISER POUR CARACTERISER L'INTENSITE DU MOUVEMENT

Une fois définies les zones sources et leur degré d'activité il faut sélectionner un ou plusieurs paramètres qui soient représentatifs de l'intensité du mouvement créé par le séisme. Un certain nombre de paramètres ont été utilisés comme l'accélération horizontale maximale, la vitesse maximale, les spectres de réponse ou de Fourier, l'intensité sismique MM ou MSK.

Bien que très controversé, le paramètre le plus souvent employé est l'accélération horizontale maximale. De toute façon, il semble qu'un paramètre unique ne soit pas suffisant. Par contre, le spectre de réponse devrait être plus utile car il permet de définir les effets du séisme sur une plus grande variété de structures.

En France, le niveau relativement faible de la sismicité a deux conséquences :

- 1) l'absence d'enregistrements de mouvements forts ;
- 2) l'utilisation de l'intensité sismique pour caractériser l'effet sur les structures ; la quasi totalité de l'information accumulée provenant de la sismicité historique.

On ne s'attardera pas sur les difficultés d'utilisation de l'intensité sismique. Son caractère subjectif, le fait qu'elle ne permette pas de distinguer les effets sur des structures de caractéristiques différentes font que des corrélations claires avec des paramètres physiques tels que accélération et vitesse sont difficiles à obtenir. Il en résulte que l'intensité sismique est d'un emploi délicat dans le dimensionnement des structures sous sollicitations dynamiques.

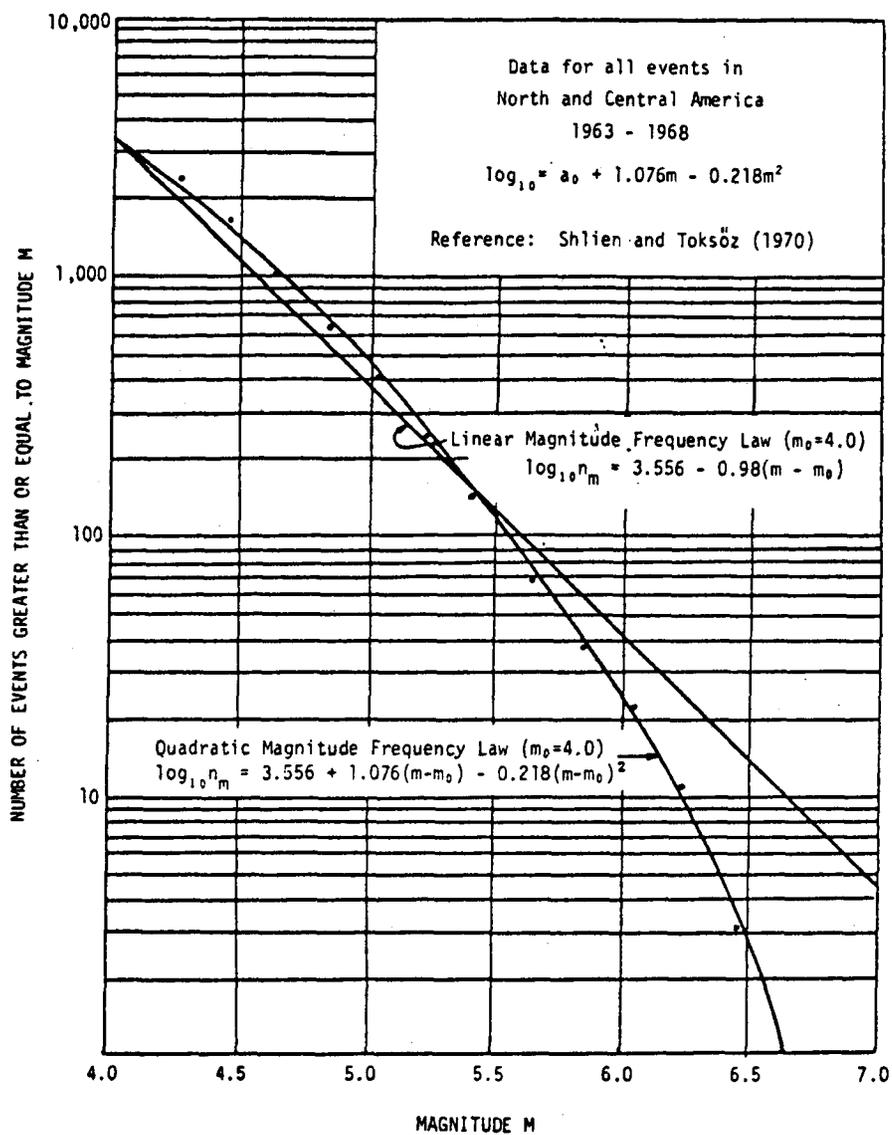


Figure 4 - Comparaison entre lois de distribution linéaire et quadratique (d'après Merz et Cornell (12)).

Par contre, l'utilisation de l'intensité sismique comme paramètre de zonage se justifie par l'homogénéité que ce choix apporte à la méthode. En effet, on élimine alors tout recours à des corrélations avec d'autres paramètres (magnitude, accélération). Il n'en reste pas moins que la carte de zonage établie en termes d'intensité devra être interprétée par l'ingénieur chargé du dimensionnement des structures.

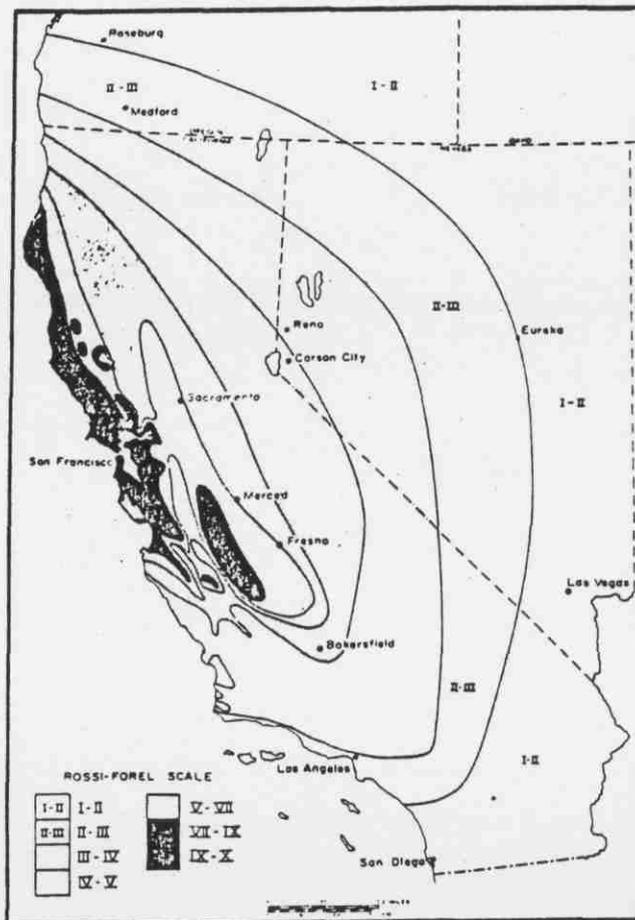
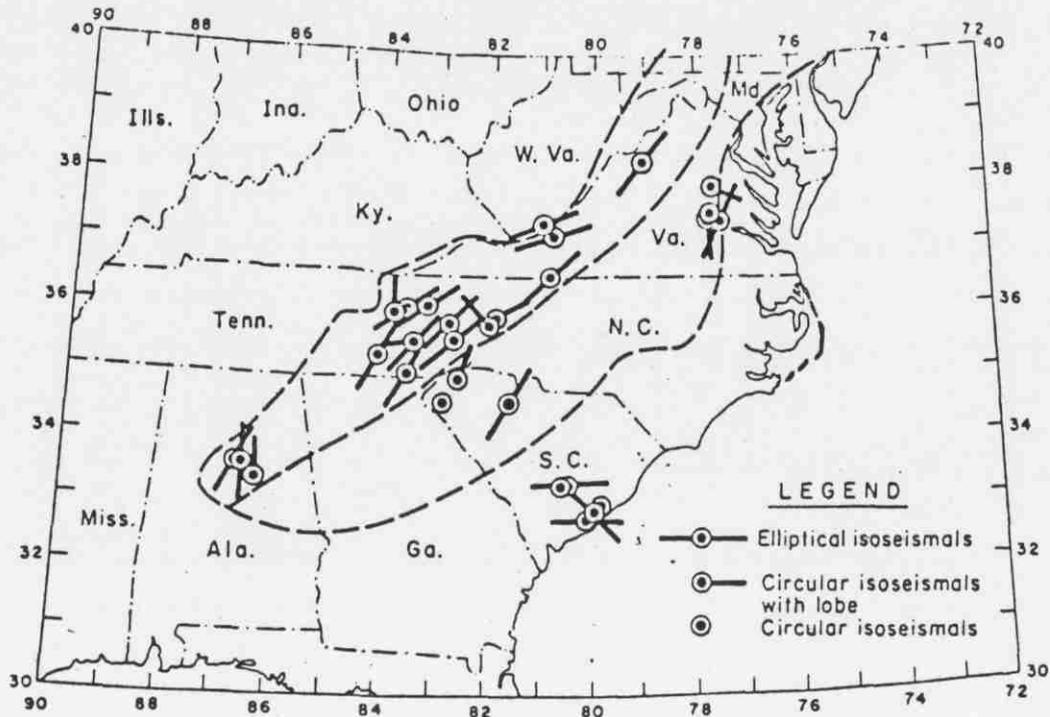
4 - LOIS D'ATTENUATION AVEC LA DISTANCE

Quels que soient les paramètres employés pour caractériser la force du séisme, l'élaboration d'une carte de zonage sismique nécessite la connaissance de la loi d'atténuation du ou des paramètres choisis, avec la distance à l'épicentre ou l'hypocentre.

La forme des courbes isoséistes est souvent très complexe et l'on constate, en simplifiant, que ces courbes ne sont généralement pas circulaires et ont souvent une forme allongée. Il apparaît donc que l'atténuation est fonction de l'azimut. Ce phénomène peut être dû à une plus grande transmissibilité des couches géologiques dans une direction privilégiée ou bien il peut refléter le mécanisme au foyer du séisme.

La figure 5 illustre les effets de ces facteurs. Il semble que, dans l'Est des Etats-Unis, on puisse délimiter des zones dans lesquelles les isoséistes ont un allongement dans une direction fixée, sans toutefois pouvoir rattacher un accident géologique à cette direction. A l'opposé, le séisme de San Francisco de 1906 a des isoséistes elliptiques dont le grand axe coïncide avec la faille San Andreas.

Dans l'état actuel des connaissances, il est difficile, en France, de caractériser l'influence des structures géologiques sur la propagation des ondes ou d'associer un mécanisme au foyer à une région donnée. Si l'on veut tenir compte d'un éventuel allongement des isoséistes, ces deux éléments devraient être étudiés. Dans le cas contraire une loi d'atténuation symétrique, avec des isoséistes circulaires, doit être prise en compte. Le seul paramètre géométrique intervenant dans la loi est alors la distance à l'épicentre ou au foyer.



Seisme de
 Sans Francisco (1906)
 le long de la faille
 San Andreas

Figure 5 - Elongation des isoséistes

Une loi d'atténuation n'est, en principe, valable que dans la zone où elle a été établie. Ainsi, il a été montré que l'atténuation de l'intensité dans l'Est des Etats-Unis et au Canada est plus faible que dans l'Ouest des Etats-Unis. Ces variations rendent l'extrapolation de la loi d'atténuation d'une région à l'autre sujette à caution. Comme le montre la figure 6, les lois d'atténuation peuvent être différentes à l'intérieur d'une même région, en fonction de la méthode utilisée pour les établir.

Il est donc nécessaire de développer, pour la France, une loi d'atténuation de l'intensité à partir des observations macrosismiques et des cartes d'isoséistes existantes.

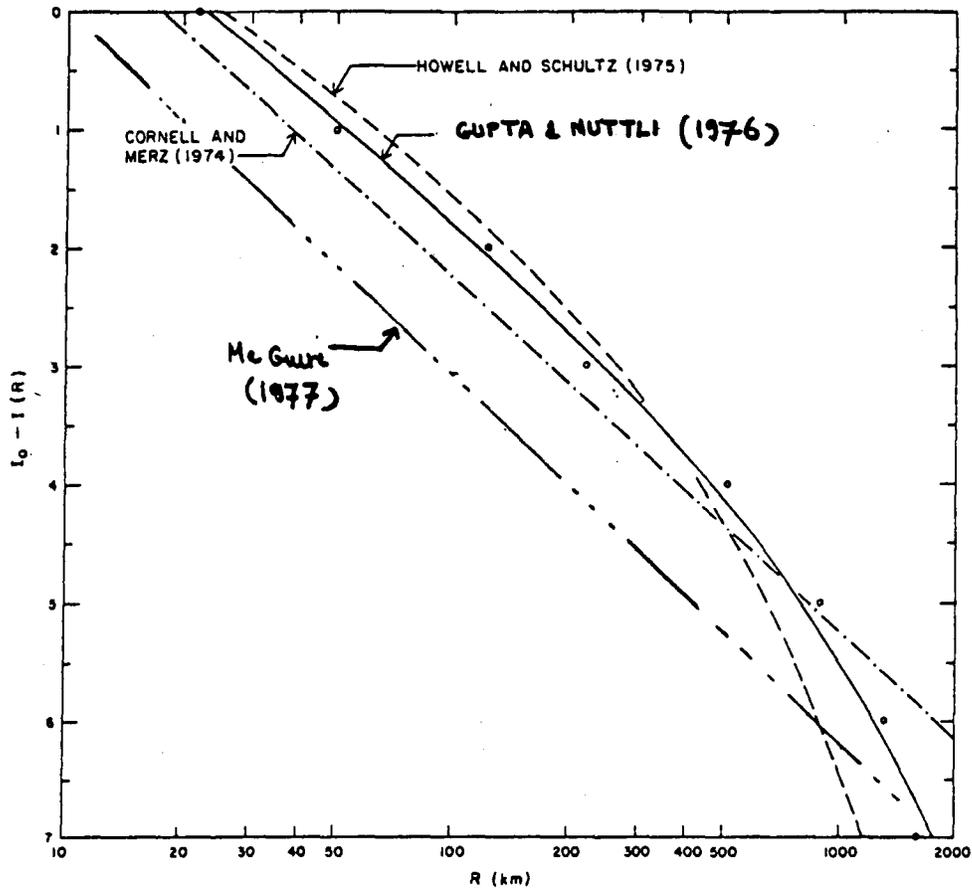
La détermination de la loi d'atténuation et des paramètres de la loi de distribution des séismes sera facilitée par la mise sur fichier informatique des données historiques.

5 - ETABLISSEMENT DE LA CARTE DE RISQUES SISMIQUES

Après avoir défini les modèles mathématiques des distributions spatiale, temporelle et en intensité des séismes ainsi que la loi d'atténuation, il reste à déterminer en chaque point de la France les effets cumulés de toutes les sources. Cette opération nécessite le développement d'un programme de calcul sur ordinateur. Les résultats seront des cartes qui fourniront, en chaque point, la probabilité d'avoir une intensité supérieure à la valeur i pendant le temps t .

Etant donné le nombre d'hypothèses et de paramètres utilisés par la méthode, il paraît nécessaire d'étudier ensuite la sensibilité des résultats à d'éventuelles variations de paramètres. En particulier, l'effet des variations de l'intensité maximale dans les zones sources et de la loi d'atténuation devrait être analysé.

Pour terminer, il conviendrait de sélectionner quelques sites pour lesquels les données macrosismiques historiques sont suffisamment abondantes. On peut alors traiter statistiquement ces données et aboutir en ces points particuliers à une probabilité d'intensité. La comparaison avec les valeurs données par la carte permet d'évaluer la qualité des hypothèses et des paramètres caractérisant la définition des sources, leur activité sismique et la loi d'atténuation.



Gupta et Nuttli (1976) $I(R) = I_0 + 3.7 - 0.0011 R - 2.7 \log R \quad R \geq 20 \text{ km}$

Cornell et Merz (1974) $I(R) = I_0 \quad R < 16 \text{ km}$
 $I(R) = I_0 + 3.1 - 1.3 \ln R \quad R \geq 16 \text{ km}$

Hawell Jr et Schultz (1975) $I(R) = I_0 + 3.278 - 0.0029 R - 2.28 \log R$
 $\ln I(R) = \ln I_0 + 0.480 - 0.139 \ln R - 0.00075 R$

Mc Guire (1977) $I(R) = I_0 \quad R < 10 \text{ km}$
 $I(R) = I_0 + 3.08 - 1.34 \ln R \quad R \geq 10 \text{ km}$

Figure 6 - Lois d'atténuation de l'intensité dans l'Est des Etats-Unis

6 - EFFET LOCAL - MICROZONAGE

Les cartes de risques sismiques permettent de déterminer l'intensité du mouvement sismique au niveau d'un site. Il est implicitement admis que ce mouvement correspond à des conditions locales "normales". En effet, lors de l'établissement de la loi d'atténuation, des conditions uniformes de site ont été supposées, les intensités observées en des lieux présentant un caractère "spécial" ayant été éliminées.

Le microzonage a pour but de définir les déviations par rapport au zonage régional, provoquées par les conditions locales : stratigraphie du site, topographie et caractéristiques mécaniques des matériaux.

La topographie (pente, colline), peut introduire des perturbations importantes du mouvement sismique comme semble le montrer l'enregistrement obtenu au barrage de Pacoima en Californie. De la même façon, des dépôts importants de sols mous comme ceux rencontrés à Mexico modifient profondément les caractéristiques du mouvement.

Les conditions d'établissement de la carte de risques sismiques ne permettent pas de prendre en compte ces conditions locales. La carte de risque n'en reste pas moins la première étape du microzonage. Les effets locaux peuvent être déterminés après avoir pris connaissance des conditions particulières rencontrées sur le site.

J.M. VAGNERON

Juin 1978

BIBLIOGRAPHIE

- (1) RIZNICHEROKO Y.V. - "Seismic Activity and Effective Shaking" chapitre 7 de "Seismic Zoning of the USSR" S.V. Medvedev Editeur, 1968.
- (2) CORNELL C.A. - "Engineering seismic Risk Analysis", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 58, n° 5, pp. 1583-1606, Octobre 1968.
- (3) AHORNER L. et ROSENHAUER W. - "Probability Distribution of Earthquake Accelerations with Applications to sites in the Northern Rhine Area, Central Europe" Journal of Geophysics, Vol. 41, pp. 581-591, 1975.
- (4) PAVONI - "Erdbeben Risiko karten der Schweiz" Basler-Hofmann, 1977.
- (5) CORNELL C.A. et MERZ H.A. - "Seismic Risk Analysis of Boston" ASCE Journal of the Structural Division, Vol. 10, pp. 2027-2043, octobre 1975.
- (6) ALGERMISSEN S.T. et PERKINS D.H. - "A probabilistic Estimate of Maximum Acceleration in Rock in the Contiguous United States", Open File Report n° 76-416, USGS, 1976.
- (7) BONILLA M.G. - "Surface Faulting and Related Effects" chapitre 3 de "Earthquake Engineering" Wiegel R.L. Editeur, Prentice Hall, 1970.
- (8) BORISSOV B.A., REYSNER G.I. et SHOLPO V.N. - "A Geotectonic Method of Predicting the maximum Magnitudes of Expected Earthquakes as Applied to the Northern Italy Area". Bollitino di Geofisica, Vol. XX, 73-74, pp. 19-26.
- (9) BUNE V.I., TURBOVICH I.T., BORISSOV B.A., GITIS V.G., REYSNER G.I. et YURKOV E.F. - "Method of Pronosticating the Maximum Magnitude of Earthquakes". Bulletin Academie des Sciences URSS, Serie Physique du Globe, N° 10, 1975, pp. 31-43.
- (10) GELFAND I.M., GUBERMAN S.I., IZVEKOVA M.L., KEILIS-BOROK V.I., et RANZMAN E.J. - "Criteria of High Seismicity, Determined by Pathern Recognition". Tectonophysics, Vol. 13, pp. 415-422.
- (11) COSENTINO P., FICARRA V. et LUZIO D. - "Truncated Exponential Frequency - Magnitude Relationship in Earthquake Statistics". Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 67, n° 6, pp. 1615-1623, Décembre 1977.
- (12) MERZ H.A. et CORNELL C.A. - "Seismic Risk Analysis Based on a Quadratic Magnitude - Frequency Law". Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 63, n° 6, pp. 1999-2006, Décembre 1973.
- (13) HOWELL B.F. Jr. et SCHULTZ T.R. - "Attenuation of Modified Mercalli Intensity with Distance from Epicenter". Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 65, N° 3, pp. 651-665, Juin 1975.
- (14) GUPTA I.N. et NUTTLI O.W. - "Spatial Attenuation of Intensities for Central U.S. Earthquakes." Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 66, N° 3, pp. 743-751, Juin 1976.

- (15) Mc GUIRE R.K. - "Effects of Uncertainly in Seismicity on Estimates of Seismic Hazard for the East Coast of the United States". Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 67, N° 3, pp. 827-848, Juin 1977.
- (16) SHEBALIN N.V. - "Methods of Using Engineering Seismology Data in Seismic Zoning". Chapitre 6 de "Seismic Zoning of the USSR" Medvedev étideur. 1976.
- (17) HATTORI S. - "Regional Distribution of Presumable Maximum Earthquake Motions at the Base Rock in the whole Vicinity of Japan". Bulletin of the International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Vol. 14, 1976.