



**HAL**  
open science

## Gestion des risques naturels et réalités sociales. Vers une recherche opérationnelle

Robert d'Ercole

► **To cite this version:**

Robert d'Ercole. Gestion des risques naturels et réalités sociales. Vers une recherche opérationnelle. Pangea infos, 1993, 20, pp.5-14. hal-01168555

**HAL Id: hal-01168555**

**<https://hal.science/hal-01168555>**

Submitted on 26 Jun 2015

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## RISQUES NATURELS / NATURAL HAZARDS

### GESTION DES RISQUES NATURELS ET REALITES SOCIALES

#### Vers une recherche opérationnelle (\*)

#### NATURAL HAZARDS MANAGEMENT AND SOCIAL REALITIES

#### In operational research

Robert d'ERCOLE (a)

#### RESUME

Une gestion efficace des risques naturels ne peut se satisfaire de la seule évaluation des aléas et de la localisation des populations menacées. Elle doit également s'appuyer sur l'appréciation des facteurs humains de vulnérabilité, que ce soit sur le plan individuel ou collectif. Les travaux de recherche engagés en Equateur dans les régions exposées au volcan Cotopaxi et d'autres projets plus récents vont dans cette voie et concourent à une approche globale des risques. Leur caractère opérationnel ne peut que contribuer à la mitigation des effets des catastrophes naturelles.

#### RESUMEN

*La gestión completa de riesgos naturales debe tener en cuenta la evaluación de probabilidades, la localización de la población, pero también el conjunto de factores humanos de vulnerabilidad. Las investigaciones llevadas a cabo en Ecuador, en la región del volcán Cotopaxi, constituyen un buen ejemplo.*

#### SUMMARY

An efficient management of natural hazards cannot be only an aleas assessment and the location of population in danger. It is necessary to take into account an estimation of the human vulnerability, communications, local infrastructure (individual and collective). Research work engaged in Ecuador on the Cotopaxi volcanic region and more recent projects illustrate this taking into account of human factors and contribute to a hazard global approach.

#### UNE PROBLEMATIQUE : LES REALITES SOCIALES FACE AU RISQUE

A l'heure des comptes, à la suite d'une catastrophe dite "naturelle", il est bien souvent moins question des facteurs physiques à l'origine de l'événement que des facteurs humains. L'élément naturel tend à être banalisé, notamment par la presse, alors que les responsabilités humaines sont particulièrement soulignées. "Le Ruiz n'est pas coupable" (El Tiempo, 27/11/85); "la tragédie d'Armero: une avalanche d'erreurs" (El Tiempo, 23/11/85), écrivait-on en Colombie au lendemain de l'éruption du Nevado del Ruiz dont les coulées de boue firent 25 000 victimes parmi les populations d'Armero et de Chin-china. Plus récemment, les inondations meurtrières qui ont affecté le Vaucluse en septembre 1992 ont été expliquées par "l'amplification de phénomènes météorologiques normaux" (Le Monde, 24/09/92). Mais, en même temps, on insistait sur le fait que Vaison-la-Romaine avait été classée parmi les zones à risque et qu'un rapport prémonitoire rédigé à la suite des inondations de Nîmes en 1988, préconisait des mesures qui n'avaient jamais été appliquées (Libération, 25/09/92).

A la suite du séisme destructeur de Lisbonne en 1755,

Rousseau tenait déjà le même type de discours : "La plupart de nos maux physiques sont encore notre ouvrage... Convenez, par exemple, que si l'on n'avait point rassemblé là vingt mille maisons de six à sept étages, et que si les habitants de cette grande ville eussent été dispersés plus également et plus légèrement logés, le dégât eût été beaucoup moindre et peut-être nul. Tout eût fui au premier éboulement, et on les eût vus le lendemain à vingt lieues de là, tout aussi gais que s'il n'était rien arrivé..." (J.-J. Rousseau, Correspondance à Voltaire sur le Désastre de Lisbonne, 1756). Est-ce à dire que rien n'a changé depuis les débats philosophiques du XVIII<sup>e</sup> siècle qui ont contribué à laïciser le risque et à faire des hommes et de la société les principaux responsables des catastrophes naturelles ?

Non, en apparence, si l'on considère que le nombre de victimes des catastrophes naturelles à l'échelle du globe croît actuellement plus vite que le taux de croissance démographique. Oui, certainement, lorsque l'on mesure les progrès qui ont été réalisés sur le plan de la connaissance des phénomènes physiques à l'origine des catastrophes. Au fil de l'histoire, on est passé de leur description à leur explication et actuellement, les scientifiques tentent d'en prévoir, en un lieu donné, le type de manifestation, la magnitude, la probabilité d'occurrence et

l'impact spatial potentiel. Beaucoup reste à faire, il est vrai, en ce qui concerne la compréhension et la prévision de certains aléas, comme les séismes. Cependant, bien souvent, les catastrophes n'ont pu être évitées en dépit de connaissances largement suffisantes des phénomènes naturels. La carte des aléas du Nevado del Ruiz, établie avant la catastrophe, indiquait à quelques nuances près les secteurs qui allaient être affectés par les coulées de boue, mais comme le déplora le directeur de l'Observatoire Volcanologique Colombien de l'époque, "le nombre de victimes aurait été identique même si nous avions pu disposer de la carte la plus précise du monde" (Eduardo Parra, *El Tiempo*, 23/11/85).

La responsabilité de la catastrophe colombienne incomberait-elle donc essentiellement aux responsables politiques qui n'ont pas su prendre les décisions qui s'imposaient au moment voulu ? Certainement en partie, mais la question est beaucoup plus complexe car le facteur humain intervient à différents niveaux.

Par exemple, en mars 1988, à l'occasion d'une nouvelle manifestation inquiétante du volcan, les autorités ont cette fois réagi immédiatement en tentant d'évacuer les populations proches. Malgré les efforts des organismes de protection civile et de la police, une partie de la population, notamment celle du village de Murillo, situé sur le flanc oriental du volcan, refusa énergiquement l'ordre d'évacuation. Comment expliquer cette attitude ? Par le poids des contraintes économiques et l'attachement au peu de biens que ces populations défavorisées possèdent ? Par la crainte de pillards tout à leur aise dans un village abandonné ? Par une faible conscience du danger dans laquelle providence et expérience se mêlent intimement ? En effet ces populations n'avaient-elles pas été préservées en 1985 ? Ou bien s'agit-il d'un manque de tact des sauveteurs vis-à-vis d'une population habituellement marginalisée et méfiante envers toute initiative provenant de l'extérieur ? Il est clair qu'une réponse préalable à ces questions aurait peut-être permis de trouver le moyen d'inciter la population de Murillo à évacuer. Mais il s'agit là d'aspects presque toujours négligés avant l'impact, et c'est seulement après que ceux-ci apparaissent fondamentaux.

Lorsque, dans le meilleur des cas, des actions sont engagées durant une période de danger imminent, ces actions sont "fréquemment conçues et appliquées comme de simples solutions techniques à des problèmes purement techniques... Les considérations d'ordre social et le contexte dans lequel ces programmes de nature technique doivent être mis en œuvre n'ont pas été étudiés suffisamment à fond, comme le prouvent les récits trop souvent entendus concernant l'inefficacité des mesures de planification préalable, les pannes des systèmes d'alerte, les réactions imprévues de la population face aux mesures d'évacuation... Il arrive fréquemment que les réalités sociales rendent inopérantes les solutions techniques" (UNDRO, 1987).

#### LA PRISE EN COMPTE NECESSAIRE DE LA COMPOSANTE HUMAINE DU RISQUE

Afin de réduire le risque et de limiter au maximum les conséquences de futures catastrophes, il est devenu indispensable de considérer préalablement le poids potentiel du facteur humain. La notion de risque suggère d'ailleurs en elle-même cette démarche, mais il est vrai que cette notion est loin d'être claire dans tous les esprits. Le risque est généralement confondu avec l'aléa qui ne concerne que le phénomène physique. Ainsi les cartes d'aléas sont souvent appelées cartes de risque. A tort, car la "notion de risque implique automatiquement un certain élément humain ou social" (White, 1974). Elle ne se justifie que par l'interaction de deux éléments indissociables : le physique et le social.

Avançons comme définition du risque qu'il est le produit d'un aléa donné et des dommages que cet aléa est susceptible d'occasionner en un lieu et durant une période donnés. On évalue l'aléa par sa probabilité d'occurrence et son "efficacité" (ou en d'autres termes sa capacité destructrice dans l'espace considéré). Pour sa part, l'évaluation des dommages prend en compte la valeur des éléments exposés ou enjeux (populations, patrimoine, activités économiques) et leur vulnérabilité (pourcentage de la valeur des éléments exposés probablement perdue en cas de survenue de l'aléa).

Le risque peut donc se résumer à une équation à quatre variables ( $\text{probabilité} \times \text{efficacité} \times \text{enjeux} \times \text{vulnérabilité}$ ) et il suffit mathématiquement que l'une de ces variables tende vers zéro pour que le risque soit annulé ou du moins fortement réduit. Le passage de la théorie à la pratique est moins évident, que ce soit en raison de l'impuissance humaine, de l'insuffisance des moyens technologiques actuels ou du contexte économique et social.

Réduire la probabilité d'occurrence d'un séisme ou d'un ouragan est impensable aujourd'hui, mais cela est envisageable pour certains types d'aléas, surtout lorsque ceux-ci sont d'origine anthropique comme de nombreux mouvements de terrain. Encore s'agit-il de procéder à des parades actives à proximité des secteurs déjà humanisés ou à une planification préventive rigoureuse de l'occupation du sol, entreprise des plus difficiles s'il en est, notamment dans les pays en voie de développement. Faute de pouvoir les éviter, quelques tentatives, plus ou moins fructueuses, visent à réduire l'efficacité d'un aléa donné : cela va des parades passives visant à limiter les effets d'éboulements ou de glissements de terrains, à l'affaiblissement des cyclones en les ensemençant de noyaux de congélation, en passant par le bombardement des coulées de laves d'un volcan. Ces actions, en supposant qu'elles soient efficaces, coûtent cher et ne sont pas à la portée de tous. Si l'on considère le troisième terme de l'équation, le risque est nul s'il n'y a pas d'enjeu.

Rigoureusement suivie à la lettre, cette logique supposerait que l'homme déserte toutes les régions du globe susceptibles d'être affectées par un phénomène naturel destructeur. La moitié au moins de la surface terrestre serait ainsi concernée et le Japon, entre autres, n'existerait plus. De manière plus réaliste, on revient à une planification délicate de l'occupation humaine là où cela est encore possible, mais de nombreuses terres à haut risque sont d'ores et déjà bel et bien occupées et urbanisées.

Agir sur le dernier terme de l'équation consiste à limiter au maximum la vulnérabilité, autrement dit la part de ce qui est susceptible d'être perdu en cas de catastrophe. L'action peut porter sur les aspects matériels en utilisant par exemple des matériaux ou des techniques permettant aux édifices de résister aux séismes ou aux cyclones, ou en confortant de manière adéquate les constructions pré-existantes. Là encore l'écueil du coût apparaît, même si certaines initiatives qui ont vu le jour dans certains pays en développement (notamment la reconstruction de Popayan en Colombie à la suite du séisme de 1983) montrent que cela est davantage l'affaire de choix et de volonté que d'obstacles d'ordre économique. Mais ces initiatives sont rares et interviennent généralement après qu'une catastrophe se soit produite tant il est vrai qu'il est plus facile de mobiliser des fonds nationaux et internationaux à la vue des effets d'un désastre que d'obtenir des aides beaucoup moins substantielles destinées à le prévenir.

L'action peut et doit aussi porter sur les hommes dont le comportement est souvent décisif dans le bilan d'une catastrophe. La vulnérabilité humaine peut en effet être sensiblement réduite par des actions de préparation préalables permettant de connaître et d'assimiler les gestes utiles à mettre en oeuvre en temps normal (actions préventives) ou durant une situation d'urgence (actions de défense). C'est à notre sens dans ce domaine que la possibilité de réduire le risque à court terme est la plus forte notamment dans les pays en développement dont les moyens économiques sont limités et où de nombreuses terres à risques sont déjà densément peuplées. Cependant une préparation efficace des hommes suppose une bonne connaissance préalable de ces derniers, de leurs points faibles et notamment des facteurs susceptibles d'influer sur leur comportement, ces facteurs qui justement battent régulièrement en brèche les solutions techniques adoptées lors des situations d'urgence.

#### VERS UNE RECHERCHE PLUS EQUILIBREE ET OPERATIONNELLE

Face au risque de catastrophe, le comportement humain est dicté par de nombreux facteurs d'ordre économique, social, politique, culturel, psychologique ou encore technique et logistique. C'est aussi le comporte-

ment potentiel de tous les acteurs présumés d'une catastrophe qu'il s'agit d'analyser : population menacée, notabilités locales, autorités (à tous les échelons administratifs et géographiques), scientifiques et médias. Or, dans le domaine de la recherche sur les risques naturels sur laquelle s'appuie l'activité préventive, le déséquilibre est grand, jusqu'à présent, entre la recherche en sciences physiques où une somme très importante de travail a été réalisée et la recherche en sciences sociales. D'après l'UNDRO, "de tous les fonds consacrés dans le monde entier à la recherche sur les catastrophes, la plus grosse partie, et de loin, est réservée aux sciences physiques pour la mise au point de méthodes préventives des risques naturels, à dominante technologique. Les facteurs sociaux et économiques qui contribuent à la vulnérabilité ont été le plus souvent laissés de côté." (UNDRO, 1987).

Ce déséquilibre observé entre deux domaines de recherche par essence complémentaires lorsqu'il s'agit de risque, n'était pas sans fondement jusqu'à ces dernières décennies dans la mesure où l'évaluation de l'aléa constitue la base, la première étape d'une approche globale des facteurs de risque. Les progrès réalisés dans la connaissance du milieu physique font qu'il est temps maintenant de corriger ce déséquilibre. Mais il s'agit aussi de se poser la question de la nature même des études sociales et de leur caractère opérationnel.

En effet, les situations créées par les catastrophes naturelles, abordant plus ou moins directement les problèmes de vulnérabilité sociale, ne représentent pas un domaine tout-à-fait nouveau d'investigation. Depuis une trentaine d'années, elles ont intéressé les spécialistes de différentes sciences humaines, parmi lesquelles la géographie, la psychologie et la sociologie. Puisant bien souvent leurs fondements théoriques (relation homme/nature) aux mêmes sources et s'influençant au cours de leur évolution, ces disciplines ont suivi la même problématique comportementale mais divergent quant à leur finalité et leur approche. Pour simplifier, à la vision à moyen et long terme des géographes qui se sont davantage penchés sur les problèmes de perception du risque et d'adaptation des hommes à ces risques (notamment en ce qui concerne l'occupation et l'aménagement de l'espace), s'oppose la vision à court terme des sociologues et des psychologues qui ont travaillé sur le thème du comportement humain durant les situations d'urgence.

Ces travaux sont tout-à-fait complémentaires et fournissent des informations de premier ordre pour qui s'intéresse à la gestion globale des risques, à la condition de pouvoir en disposer et d'être à même de les exploiter. Mais pour le gestionnaire du risque, ils présentent un double inconvénient. Ces études ont pour la plupart été réalisées dans les pays industrialisés, anglo-saxons principalement (Etats-Unis, Royaume-Uni et Australie) et posent le problème de la généralisation des résultats dif-

ficilement transposables ailleurs, notamment dans les pays en développement. Elles présentent, d'autre part, un caractère essentiellement fondamental. Leur objectif est avant tout l'analyse théorique de processus de comportement et bien souvent les travaux ne sont engagés qu'à la suite d'une catastrophe et non pas avant, comme il serait souhaitable dans la perspective d'une planification préventive. Là encore un déséquilibre est à corriger.

#### VULNERABILITE INDIVIDUELLE ET FONCTIONNELLE

Considérer *a priori* le facteur humain de risque dans un espace donné (une commune, un quartier, un établissement scolaire, etc.) revient à se pencher sur deux formes complémentaires de vulnérabilité : la vulnérabilité individuelle et la vulnérabilité fonctionnelle. La première privilégie les personnes prises individuellement (ou un groupe donné considéré comme une somme d'individus) dont elle vise à mettre en évidence les points faibles vis-à-vis d'un risque potentiel. La vulnérabilité fonctionnelle se situe à un autre niveau. Elle dépasse le cadre des individus afin de juger la qualité opérationnelle de l'organisation collective et des systèmes mis en place face à une situation de crise potentielle donnée. C'est dans ce cas une dynamique d'ensemble qui est appréciée et le simple individu subit davantage cette dynamique qu'il n'en est l'acteur, surtout lorsque certaines initiatives fondamentales (comme la divulgation de l'alerte, l'ordre d'évacuation ou le déclenchement des secours) sont prises en dehors de son cadre d'action.

L'analyse de la vulnérabilité individuelle d'un groupe donné, qu'il s'agisse d'un groupe social particulier (les personnes âgées, les familles nombreuses par exemple) ou d'un groupe possédant des bases spatiales communes (personnel d'une usine, population d'une localité rurale, d'un quartier, d'une ville, population installée dans une région exposée à un aléa, ...), est destinée à :

- connaître la manière dont les individus perçoivent les aléas, les risques associés et les moyens de s'en protéger (en particulier à travers l'expérience antérieure de catastrophes qui, selon le cas, peut être profitable ou au contraire nuisible, la mémoire collective, la qualité de l'information reçue sur la question, la préparation aux situations de crise que certains ont pu recevoir, etc.) ;
- évaluer la portée des facteurs (économiques, sociaux, culturels, psychologiques, logistiques, ...) susceptibles d'influer sur les comportements lors d'une situation d'urgence et notamment lorsque la seule voie de salut passe par l'évacuation des secteurs menacés ;
- mettre en évidence non seulement les points faibles mais également les potentialités (savoir-faire local, vie associative et cohésion sociale, existence de leaders ou

de personnes influentes susceptibles de servir de relais entre les autorités centrales et la population, communication informelle locale, etc.) ;

- bâtir en fonction des éléments précédents des stratégies de communication et d'action à la fois ciblées sur les problèmes généraux ou plus particuliers éclairés par l'étude, et adaptées au contexte socio-culturel (actions préventives et de défense pouvant aller de la consolidation d'une maison suivant des techniques locales à la pratique d'exercices simulant une situation d'urgence).

Pour sa part, l'analyse de la vulnérabilité fonctionnelle à l'échelle d'un établissement scolaire, d'une ville ou d'une région suppose que l'on se penche sur la capacité des responsables à gérer une situation d'urgence et sur l'efficacité des systèmes techniques existants. Selon le cas, il convient de distinguer responsables et systèmes appartenant à la collectivité menacée (cf. notamment l'étude réalisée à propos des responsables locaux de la région exposée au volcan Cotopaxi en Equateur : d'Ercole & Moncayo, 1991) ou, au contraire, extérieurs à cette collectivité (par exemple, les autorités centrales chargées de divulguer l'alerte et de suivre l'organisation des secours ne sont pas forcément installées dans les zones à risque). Le diagnostic de vulnérabilité fonctionnelle doit notamment porter sur les points suivants :

- la structure des organismes de défense existants et la qualité de la formation de leurs responsables à la gestion des situations de crise (formation *sensu stricto* ou expérience acquise sur le terrain) ;
- l'existence et la qualité d'une cellule de crise et d'un plan de prévention et de gestion des situations d'urgence : celui-ci doit être une prescription spécifique et claire du rôle que des personnes-clé ou organismes ont à jouer en matière de prévention et de gestion de l'urgence, des périodes d'action et d'intervention (avant, pendant, après l'événement) et des actions concrètes à réaliser en fonction d'une situation donnée et des moyens humains, techniques et matériels disponibles ;
- l'existence, la nature et l'efficacité des systèmes de communication, d'alerte, de protection, d'évacuation et de secours susceptibles de devoir fonctionner en cas d'urgence ;
- la vulnérabilité du bâti et des infrastructures concernant les structures vitales en situation d'urgence (centres de décision, hôpitaux, casernes de pompiers, etc.) ;
- la dynamique engendrée par une situation de crise et les blocages éventuels (capacité d'adaptation à une situation exceptionnelle, communication entre les organisations et avec le public, coordination interinstitu-

tionnelle, empiètement des différents échelons administratifs, contradictions, conflits potentiels, etc.).

La crise suscitée par l'imminence d'un danger - ou par l'impact si celui-ci n'a pu être évité - est une situation exceptionnelle qui appelle une organisation exceptionnelle devant être fondée sur une juste appréciation des facteurs de risque. Les études de vulnérabilité humaine, individuelle et fonctionnelle constituent l'une des bases de cette appréciation.

#### UN EXEMPLE DE RECHERCHE APPLIQUEE DANS LES REGIONS EXPOSEES AU VOLCAN COTOPAXI (EQUATEUR)

Le Cotopaxi est un volcan explosif de la Ceinture de Feu du Pacifique situé à 60 km au sud de Quito. Haut de 5897 m, son cône est recouvert d'une imposante calotte glaciaire dont le volume approche le km<sup>3</sup>. Sa vie très récente n'est marquée d'aucune manifestation particulière, si ce n'est une menace latente qui pèse sur plus de 200 000 personnes vivant dans les vallées et bassins en contrebas. Cette menace s'est concrétisée à plusieurs reprises dans le passé, notamment en 1742, 1768 et 1877, avec la production de lahars (ou coulées de boues) destructeurs liés à la fonte brutale des glaces sous l'effet des produits incandescents émis par les éruptions. Celle de 1877 a ainsi fait un millier de victimes dans une région dix fois moins peuplée qu'aujourd'hui. Les régions proches du volcan se sont en effet fortement développées depuis une trentaine d'années, surtout le nord qui constitue l'un des déversoirs de la capitale trop à l'étroit dans ses limites.

Sensibilisées par l'éruption du Nevado del Ruiz, présentant de nombreux points communs avec les éruptions passées du Cotopaxi, les autorités équatoriennes ont demandé aux volcanologues de l'Ecole Polytechnique de Quito d'élaborer la carte des aléas du volcan (Hall & von Hillebrandt, 1988; cf. carte 1). C'est ce document qui a servi de base pour un travail plus aval destiné à fournir aux autorités de la Protection Civile des informations sur la vulnérabilité des populations menacées ainsi que des pistes d'actions en vue de préparer ces dernières à affronter une éventuelle situation d'urgence. Ce travail réalisé de 1988 à 1990 dans le cadre de l'Institut Français d'Etudes Andines s'est appuyé sur une campagne d'enquêtes menée auprès de 2200 personnes habitant les différentes régions exposées au Cotopaxi (d'Ercole, 1991). L'enquête a permis de mettre en évidence un fait essentiel. Dans les zones, parfois très éloignées les unes des autres mais potentiellement menacées par un même aléa (zone de risque majeur de lahars notamment), le risque couru par les personnes est très différent selon la localisation géographique ou le groupe social auxquels elles appartiennent.

La perception du risque diminue ainsi fortement avec

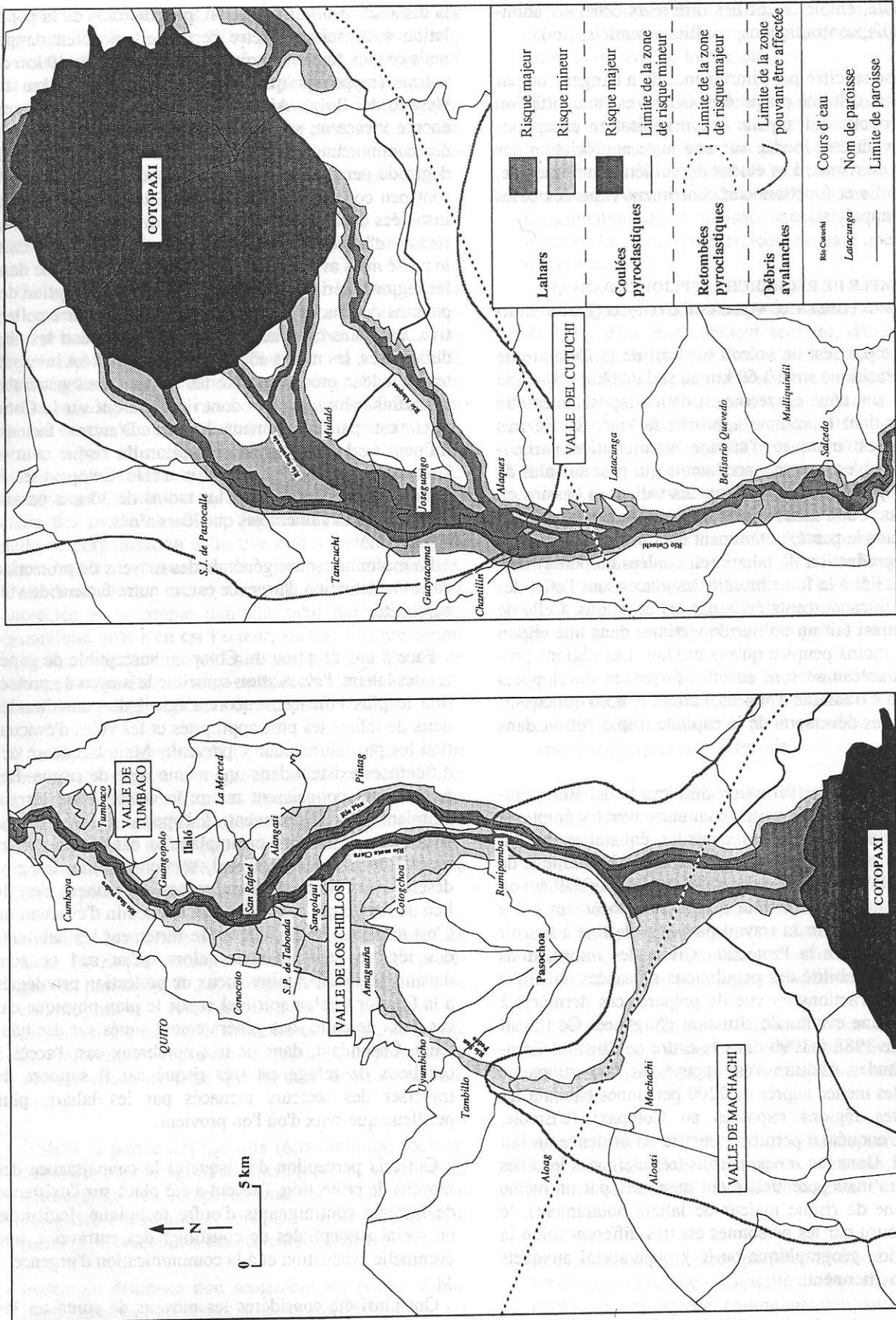
la distance. A 5 km du volcan, plus de 65 % de la population a conscience d'être personnellement en danger mais ce taux tombe à moins de 20 % à plus de 40 km du volcan (rappelons qu'Armero se situait à 45 km du Nevado del Ruiz). Alors que la mémoire collective est encore vivace au sud du Cotopaxi, notamment au sein des communautés paysannes, tendant ainsi à relever le degré de perception du risque, les populations du nord sont peu conscientes des risques. Elles se sont en effet installées dans des espaces sans tradition orale : les territoires d'haciendas dévastées à plusieurs reprises dans le passé mais avec beaucoup moins de victimes que dans les régions méridionales déjà peuplées. A l'exception des paysans de souche ancienne nourris de mémoire collective, les moins conscients des risques sont aussi les plus défavorisés, les moins éduqués. Leur capacité à interpréter pour leur propre compte les informations générales et parfois contradictoires dont ils disposent sur le Cotopaxi, est particulièrement limitée. D'autres facteurs influent également sur la perception du risque comme l'existence d'obstacles visuels entre le Cotopaxi et le domicile, ou encore l'âge : les moins de 30 ans paraissent ainsi plus vulnérables que leurs aînés.

La méconnaissance générale des moyens de protection dans une situation d'urgence est un autre facteur de vulnérabilité.

Face à une éruption du Cotopaxi susceptible de générer des lahars, l'évacuation constitue le moyen de protection le plus efficace ; encore s'agit-il de connaître les lieux de refuge les plus appropriés et les voies d'évacuation les plus sûres pour y parvenir. Mais là encore des différences existent dans une même zone de risque. Les paysans qui connaissent mieux le volcan et le terrain agirait plus efficacement. A l'opposé les populations péri-urbaines du nord ou implantées dans les quartiers récents de Latacunga au sud, seraient de loin les plus désemparées. Pour de nombreuses personnes, c'est le lieu de refuge qui compte et non le chemin d'évacuation. C'est ainsi que la capitale attire fortement les habitants des régions septentrionales alors qu'au sud ce sont davantage les sanctuaires, lieux de protection privilégiés à la fois sur le plan spirituel et sur le plan physique car ces lieux de culte sont généralement situés sur des hauteurs. Cependant, dans de très nombreux cas, l'accès à ces lieux de refuge est très risqué car il suppose de traverser des secteurs menacés par les lahars, plus périlleux que ceux d'où l'on provient.

Outre la perception du risque et la connaissance des moyens de protection, l'accent a été placé sur l'existence de facteurs contraignants d'ordre technique, logistique ou social susceptibles de constituer des entraves à une éventuelle évacuation et à la communication d'urgence.

Ont ainsi été considérés les moyens de contacter les populations, ne serait-ce que pour divulguer l'alerte.



Carte 1 : Carte des aieas du volcan Cotopaxi (d'après la carte établie par l'EPN de Quito / 1988)

Que ce soit par radio ou par contact direct, il existe des communautés plus ou moins accessibles et les plus vulnérables sur ce point sont les populations pauvres proches du volcan. L'évacuation peut être chose aisée pour certains qui disposent à proximité de hauteurs facilement accessibles ; elle devient franchement délicate, voire quasiment impossible pour d'autres, situés dans des espaces étendus à topographie plane où les lahars peuvent surgir en moins d'une demi-heure après le début de l'éruption. Là, aucune hésitation sur ce que l'on doit faire n'est permise.

Plusieurs contraintes d'ordre social ont également été mises en évidence. Certains hésiteraient à évacuer surtout pour des raisons d'ordre matériel (moyens de transport, hébergement, conditions de vie durant la période d'évacuation, devenir des animaux, etc.). D'autres, comme ce fut le cas des habitants de Murillo en Colombie, s'opposeraient catégoriquement à un ordre d'évacuation et les raisons sont davantage d'ordre psychologique : non crédibilité des autorités extérieures à la localité surtout, crainte du pillage et attachement au peu de biens dont on dispose souvent, résignation ou fatalisme parfois. Dans les collectivités les plus pauvres, les plus marginalisées, c'est le rejet des autorités extérieures (administrations, armée, police, Croix Rouge, Protection Civile) qui est le plus à craindre. Un simple exercice

d'évacuation tenté par l'armée en 1986 dans la communauté de San Buenaventura proche de Latacunga a ainsi échoué. Les responsables du projet avaient tout simplement oublié que l'armée, une vingtaine d'années auparavant, avait dépossédé ces mêmes personnes d'une partie de leurs terres pour construire un aéroport. Dès lors, pour ces gens, la confusion était quasiment inévitable entre une prétendue simulation et une nouvelle expropriation, d'autant plus que l'opération n'avait pas été préparée avec les responsables de la communauté, informés seulement au dernier moment.

Cette erreur peut être lourde de conséquences pour la population de San Buenaventura le jour où la menace sera réelle et il est urgent de repartir sur de nouvelles bases. Mais les "San Buenaventura" ne sont pas rares dans les régions menacées par le Cotopaxi et l'enquête a permis de les localiser.

Une typologie de la vulnérabilité des populations a été réalisée à partir de l'ensemble de ces informations (cf. tableau) et plusieurs cartes ont été dressées afin de localiser les phénomènes. Parmi celles-ci nous avons choisi de présenter une carte opérationnelle indiquant à la fois les facteurs physiques et sociaux de risque et fournissant des pistes d'actions pour les autorités susceptibles de les utiliser (carte 2).

Perception du risque	Moyens de protection efficaces	Facteurs contraignants d'ordre social	Types de vulnérabilités	Types sociaux * correspondants	Localités correspondantes les plus caractéristiques
Forte	plutôt connus	faibles	Faible vulnérabilité	Type urbain	Latacunga-ville
Intermédiaire	plutôt ignorés	faibles	Assez forte vulnérabilité liée aux facteurs cognitifs		Sangolqui-ville
Faible	ignorés	faibles	Forte vulnérabilité liée aux facteurs cognitifs	Type péri-urbain	San Rafael Alangasi (en partie)
Forte	plutôt connus	forts	Forte vulnérabilité liée aux facteurs sociaux	Type rural à forte mémoire collective	Rumipamba
Intermédiaire	plutôt ignorés	forts	Très forte vulnérabilité (sociale et cognitive)	Type rural à faible mémoire collective	Mulalo
Faible	ignorés	forts			Salcedo-rural

\* Les noms donnés aux types sociaux ont été choisis en fonction des caractères dominants (mais non exclusifs).

#### LE DEVELOPPEMENT ACTUEL DE CE TYPE DE RECHERCHE

La prise en compte des facteurs humains de vulnérabilité (fonctionnelle ou individuelle comme dans le cas du Cotopaxi) aboutit ainsi à une recherche plus opératoire que le simple constat des zones dangereuses (une base nécessaire mais non suffisante) ou la simple évaluation quantitative et localisation des populations menacées. Il est donc temps de voir se développer ce genre d'études dans les zones les plus exposées afin d'établir un juste équilibre entre sciences physiques et sciences sociales dans un domaine de recherche sur lequel s'appuie l'activité préventive. Quelques initiatives françaises récentes sont heureusement à signaler et à mettre au compte d'organismes comme le CIFEG, l'IFEA, le BRGM ou de

quelques centres universitaires de recherche. Elles ont principalement concerné l'Equateur, la Colombie et la Martinique.

En Equateur, à la suite du programme de recherche dont quelques éléments ont été présentés ci-dessus, un nouveau programme financé par le CIFEG et l'IFEA a été initié en 1992 (CIFEG, rapport de mission, déc. 1991). Celui-ci vise à mesurer la vulnérabilité fonctionnelle et individuelle de quelques secteurs pilotes de Quito ou proches de la capitale, vis-à-vis des risques naturels. Son objectif est également de déterminer avec les populations concernées les meilleures stratégies d'action afin de développer localement l'activité préventive et de défense.

**Régions à très faible risque**



Secteurs qui seront faiblement affectés par les chutes de cendres. Il est utile de préparer des plans d'information de la population à ne mettre en application qu'en cas de réveil du volcan. Son contenu concernera la protection contre les nuisances causées par les cendres et visera à rassurer une population qui peut se croire plus menacée qu'elle n'est en réalité, afin d'éviter des mouvements de panique, des déplacements inutiles et des erreurs graves comme se rendre en des lieux beaucoup plus dangereux.

**Régions à risque faible ou modéré**



Secteurs qui seront affectés par d'importantes chutes de cendres dans l'hypothèse d'une éruption du type de celle du 26 juin 1877. Les habitants devront être préparés à affronter ce type de problème. Cependant, en raison d'un risque relativement faible pour les vies humaines, cette préparation ne sera pas nécessairement très poussée avant que le volcan ne se réveille, sauf pour les élevés zones latérales de la région qui auront à protéger, voire à évacuer tout ou partie de leur bétail.



Secteurs qui pourraient être affectés dans l'hypothèse d'une activité plus explosive ou plus "efficace" que celle de 1877 et que le Cotopoxi a connu avant la période historique. Malgré une faible probabilité d'occurrence, une telle hypothèse ne doit pas être rejetée en raison de l'importance de la population installée dans ces secteurs. Des campagnes préalables de sensibilisation générale peuvent suffire pour ce qui concerne la population. En revanche, les autorités locales devront disposer d'informations beaucoup plus précises et des plans d'information et d'actions d'urgence devront être prêts à appliquer au niveau du public si, en cas de manifestation du volcan, les experts envisagent des dynamismes éruptifs très violents (par exemple, déformation de l'édifice volcanique).



Secteurs qui regroupent les caractéristiques des deux catégories précédentes (2 et 3) et dans lesquels il s'agit de combiner les deux types d'actions de préparation correspondants.

**Régions à risque élevé à très élevé**



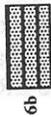
Secteurs situés en zone de risque majeur de lahars dans lesquels la population, en majorité, est consciente des risques et connaît des moyens appropriés de protection. De plus, cette population est globalement disposée à collaborer aussi bien dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation que dans le cadre d'activités préventives. La phase de sensibilisation peut être réduite et des exercices de simulation du type de ceux qui ont été réalisés à Latacunga et Sangolqui ne devraient pas poser de problèmes. La relative simplicité des moyens de protection des deux secteurs concernés ne rend pas nécessaire une préparation très personnalisée.



Un seul secteur rentre dans cette catégorie, le secteur de Rumipamba situé en zone de risque majeur de lahars, qui présente des caractéristiques comparables aux secteurs précédents en ce qui concerne la perception du risque et la connaissance des moyens de protection. En revanche, en raison d'un faible niveau socio-économique et d'une confiance très limitée vis-à-vis de l'extérieur, il faut s'attendre à des difficultés aussi bien en cas de situation réelle que dans la perspective d'actions de préparation. Une campagne générale d'information menée à l'improviste n'aurait guère d'effet si ce n'est d'alarmer inutilement une population déjà consciente des risques. Il est nécessaire de travailler préalablement avec les organisations, responsables et leaders locaux avec lesquels il sera possible d'établir les liens utiles avec la population, de rendre acceptable et d'engager des actions de préparation.



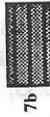
Seul le secteur de la communauté d'Ashigua, situé en marge de la zone de risque majeur de lahars mais dans une zone à intensité de risque élevé, entre dans cette catégorie. La population est consciente des risques et paraît globalement en mesure d'affronter une éruption du type de celle de 1877, mais serait désemparée face à une éruption plus violente car elle se trouverait directement menacée par les lahars et les écoulements pyroclastiques. Elle paraît néanmoins disposée à collaborer avec les autorités extérieures si une évacuation était nécessaire. Elle devra être préparée pour une éruption du type 1877 qui la soumettrait à d'importantes retombées pyroclastiques mais également à une éruption plus violente dont la prévision rendrait nécessaire une évacuation préventive.



Ces secteurs sont également situés hors de la zone de risque majeur de lahars. Ils seraient isolés par les lahars dans l'hypothèse d'une éruption du type de celle de 1877, mais pourraient, comme dans le cas du secteur d'Ashigua, être sérieusement affectés si l'éruption était plus violente. La principale différence tient à une collaboration problématique de leur population en cas de nécessité d'évacuer. Des actions de préparation menées à l'improviste ne seront pas plus facilement acceptées. Il s'agira d'œuvrer comme dans le cas de Rumipamba (5b) en s'appuyant sur de solides bases locales. Le contenu de la préparation est comparable à celui du type précédent (6a).



Dans ces secteurs situés en zone de risque majeur de lahars, la perception du risque est plutôt élevée et la population devrait assez facilement collaborer en cas d'évacuation. Le principal problème est l'ignorance des lieux de refuge et des routes pour y parvenir. Des exercices d'évacuation du type de ceux de Latacunga et Sangolqui précédés d'une phase de sensibilisation axée surtout sur les moyens de protection devraient pourvoir être réalisés dans de bonnes conditions.



Les secteurs de cette catégorie possèdent des caractéristiques comparables à celles des secteurs précédents (7a) sauf en ce qui concerne la collaboration de leur population. Dans la mesure où la conscience du risque est élevée, la préparation sera également axée sur les moyens de protection et l'approche de la population devra être envisagée de la même manière que pour Rumipamba.



Secteurs situés en zone de risque majeur de lahars dont la vulnérabilité de la population se caractérise par une faible perception du risque et l'ignorance des moyens de protection. Il s'agit de populations de niveau socio-économique plutôt élevé, dans l'ensemble confiantes vis-à-vis de l'extérieur et prêtes à collaborer. Contrairement à tous les cas précédents (forte perception du risque), il est utile ici d'engager les actions de préparation par des campagnes locales de sensibilisation et d'information afin de développer la conscience du risque qui fait défaut. Ce n'est que dans un deuxième temps que des exercices de simulation pourront être réalisés.

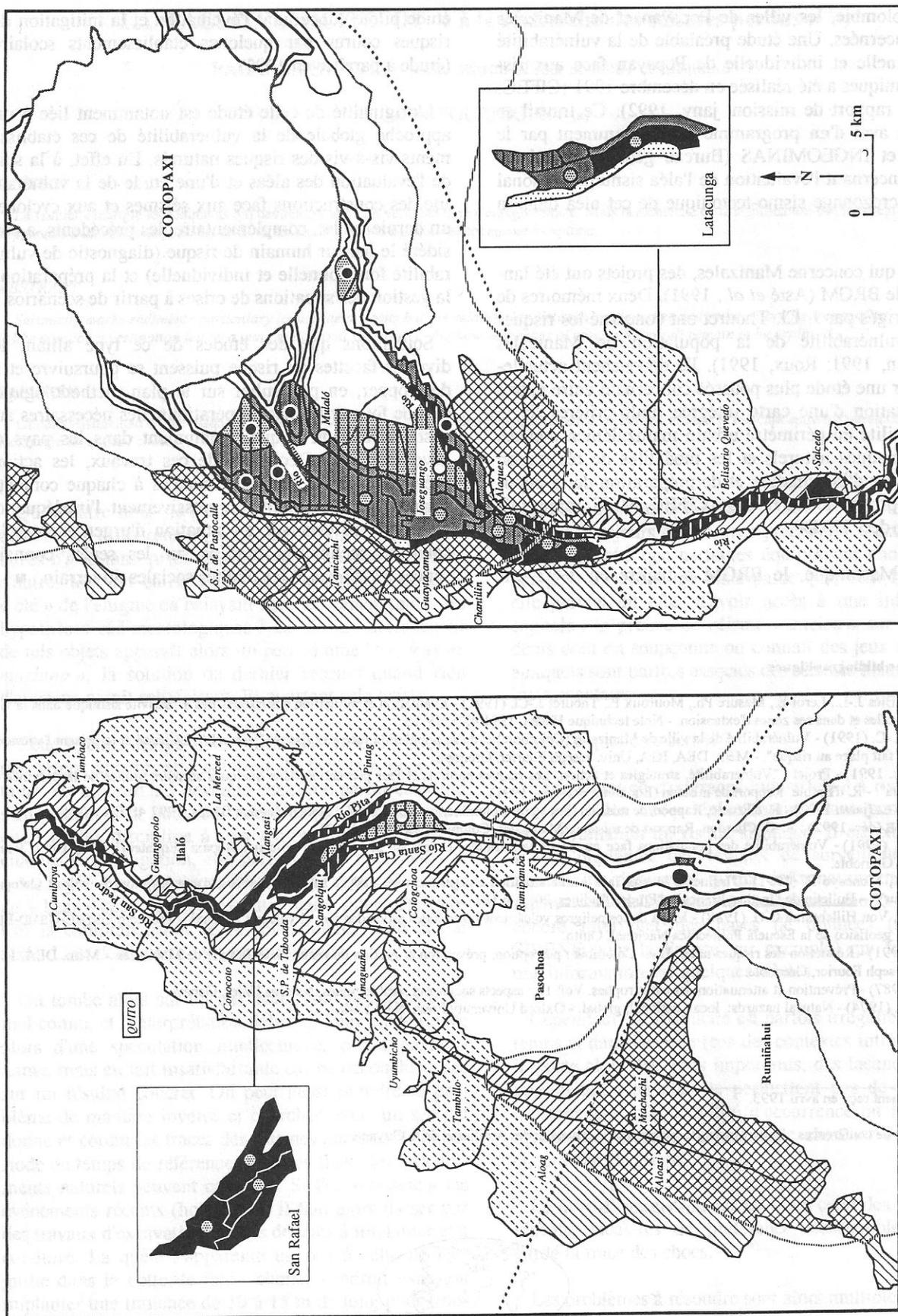


Les caractéristiques de ces secteurs sont comparables à celles des secteurs précédents (8a) sauf pour ce qui concerne le comportement de la population problématique en cas d'évacuation et dans le cadre d'actions préventives et ce, d'autant plus que la perception du risque est faible. Même approche donc que dans le cas de Rumipamba (5b), mais qui nécessitera vraisemblablement encore plus de patience et de doigté. Le contenu de la préparation est le même que dans le cas précédent (8a).

○ Secteurs dans lesquels une attention particulière doit être donnée aux systèmes d'alerte en raison de l'accessibilité problématique de leur population.

● Secteurs dans lesquels l'accent doit être placé sur la résolution des problèmes logistiques qui ne manqueront pas de se poser si une évacuation était nécessaire. En raison de lieux de refuge et de routes d'accès non évidents, dépendants de la localisation précise de chacun, une préparation personnalisée au niveau des quartiers, des hameaux ou des familles doit être envisagée.

● Secteurs dans lesquels une attention particulière devra se porter à la fois sur les systèmes d'alerte et sur la résolution des problèmes logistiques.



Carte 2 : Carte de risque et d'orientation pour des actions de préparation de la population menacée par le volcan Cotopaxi

En Colombie, les villes de Popayan et de Manizales sont concernées. Une étude préalable de la vulnérabilité fonctionnelle et individuelle de Popayan face aux risques sismiques a été réalisée en décembre 1991 (CIFEG, BRGM, rapport de mission, janv. 1992). Ce travail se situe en aval d'un programme géré notamment par le BRGM et INGEOMINAS (Bureau géologique colombien) concernant l'évaluation de l'aléa sismique régional et le microzonage sismo-tectonique de cet aléa dans la ville.

En ce qui concerne Manizales, des projets ont été lancés par le BRGM (Asté *et al.*, 1991). Deux mémoires de DEA dirigés par J.-Cl. Thouret ont concerné les risques et la vulnérabilité de la population de Manizales (Chardon, 1991; Roux, 1991). Ils débouchent actuellement sur une étude plus poussée concernant entre autres la réalisation d'une carte intégrée multi-critères de la vulnérabilité du périmètre urbain manizalénien menacé par les risques naturels et les modalités de réalisation d'un atelier d'information et de préparation de la population à propos de ces risques (CIFEG, MAE, rapport de mission, déc. 1992).

A la Martinique, le BRGM a réalisé en 1992 une

étude pilote concernant l'évaluation et la mitigation des risques courus par quelques établissements scolaires (étude à paraître en 1993).

L'originalité de cette étude est notamment liée à une approche globale de la vulnérabilité de ces établissements vis-à-vis des risques naturels. En effet, à la suite de l'évaluation des aléas et d'une étude de la vulnérabilité des constructions face aux séismes et aux cyclones, un dernier volet, complémentaire des précédents, a considéré le facteur humain de risque (diagnostic de vulnérabilité fonctionnelle et individuelle) et la préparation à la gestion des situations de crises à partir de scénarios.

Souhaitons que des études de ce type alliant les diverses facettes du risque puissent se poursuivre et se développer, en particulier sur le plan méthodologique, afin de fournir les bases opérationnelles nécessaires aux gestionnaires du risque, notamment dans les pays en développement. Découlant de ces travaux, les actions préventives et de défense, adaptées à chaque contexte, permettront de réduire progressivement l'inadéquation fréquemment observée en situation d'urgence entre les solutions techniques fondées sur les seules connaissances physiques et les réalités sociales du terrain. ■

#### Références bibliographiques

- Asté J.-P., Blès J.-L., Leroi E., Masure Ph., Mouroux P., Thouret J.-Cl. (1991) - Evaluation et mitigation des risques liés à l'activité sismique dans la ville de Manizales et dans ses zones d'extension. - Note technique BRGM, 1991 4S/ENV 10.
- Chardon A.-C. (1991) - Vulnérabilité de la ville de Manizales (Colombie) et de sa population face aux risques "naturels". Le passé et le présent attestent : "l'aléa a fait place au risque". - Mém. DEA, IGA, Univ. Joseph Fourier, Grenoble.
- CIFEG (déc. 1991) - Projet : "Vulnérabilité, stratégies et action. Les risques naturels et leur prévention dans quelques secteurs pilotes de la province du Pichincha". - R. d'Ercole, Rapport de mission (Equateur, oct.-nov. 1991).
- CIFEG, BRGM (janv. 1992) - R. d'Ercole, Rapport de mission (Popayan, Colombie, nov.-déc. 1991). Note technique BRGM, 1992 4S/ENV 004.
- CIFEG, MAE (déc. 1992) : A.-C. Chardon, Rapport de mission (Manizales, Colombie, sept.-déc. 1992).
- d'Ercole R. (1991) - Vulnérabilité des populations face au risque volcanique. Le cas de la région du volcan Cotopaxi (Equateur). - Th. Univ. Joseph Fourier, Grenoble.
- d'Ercole R., Moncayo F. (1991) - "Influents locaux face à une situation d'urgence : une analyse selon l'hypothèse d'une éruption du volcan Cotopaxi (Equateur)". - *Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines*, 20, 1, p.181-220.
- Hall, M.L., Von Hillebrandt C.G. (1988) - Mapa de los peligros volcánicos potenciales asociados con el volcán Cotopaxi. - Proyecto UNDR0-USAID-EPN, Instituto geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Roux I. (1991) - Réduction des risques naturels en Colombie : perception, prévention et gestion du risque dans la ville de Manizales. - Mém. DEA, IGA, Univ. Joseph Fourier, Grenoble.
- UNDR0 (1987) - Prévention et atténuation des catastrophes. Vol. 12 : aspects sociaux et sociologiques, Nations Unies, Genève.
- White G.F. (1974) - Natural hazards: local, national, global. - Oxford University Press, New York.

(\*) Document reçu en avril 1993.

(a) Maître de conférences, Département de géographie, Université des Antilles et de la Guyane.

