



HAL
open science

Vulnérabilité des populations face au risque volcanique. Le cas de la région du volcan Cotopaxi (Equateur)

Robert d'Ercole

► **To cite this version:**

Robert d'Ercole. Vulnérabilité des populations face au risque volcanique. Le cas de la région du volcan Cotopaxi (Equateur). Sciences de l'Homme et Société. Université Joseph Fourier, Grenoble, 1991. Français. NNT: . tel-01158274

HAL Id: tel-01158274

<https://hal.science/tel-01158274>

Submitted on 30 May 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.

THESE

Présentée par

ROBERT D'ERCOLE
Agrégé de l'Université

pour obtenir le titre de docteur de
l'Université Joseph Fourier - Grenoble I
(Arrêté Ministériel du 5 Juillet 1984)

Spécialité : GEOGRAPHIE - AMENAGEMENT

VULNERABILITE DES POPULATIONS FACE AU RISQUE VOLCANIQUE

Le cas de la région du volcan Cotopaxi (Equateur)



Date de soutenance: 16 NOVEMBRE 1991

Composition du Jury :

Président : J.C. THOURET, professeur à l'Université de Clermont-Ferrand I

Rapporteur : R. VIVIAN, professeur à l'Université de Grenoble I

Examineurs : O. DOLLFUS, professeur à l'Université de Paris VII

P. MASURE, directeur du département "Environnement et Risques naturels" (B.R.G.M.)

P. PELTRE, vice-président de la Commission Scientifique des Sciences Sociales (ORSTOM)

Thèse préparée à l'Institut Français d'Etudes Andines de Quito (Equateur)
et au laboratoire : L.A.M.A. - U.R.A. 344, C.N.R.S.

THESE

Présentée par

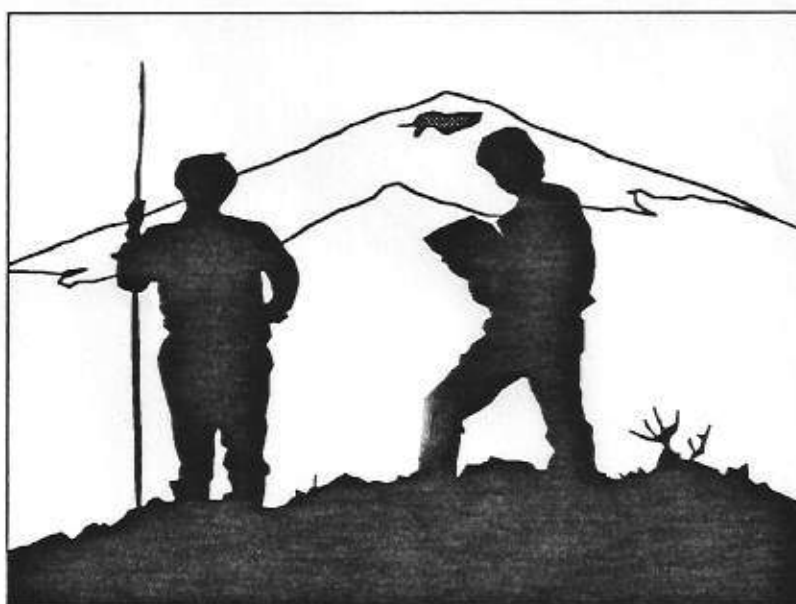
ROBERT D'ERCOLE
Agrégé de l'Université

pour obtenir le titre de docteur de
l'Université Joseph Fourier - Grenoble I
(Arrêté Ministériel du 5 Juillet 1984)

Spécialité : GEOGRAPHIE - AMENAGEMENT

VULNERABILITE DES POPULATIONS FACE AU RISQUE VOLCANIQUE

Le cas de la région du volcan Cotopaxi (Equateur)



Date de soutenance: 16 NOVEMBRE 1991

Composition du Jury :

Président : J.C. THOURET, professeur à l'Université de Clermont-Ferrand I

Rapporteur : R. VIVIAN, professeur à l'Université de Grenoble I

Examineurs : O. DOLLFUS, professeur à l'Université de Paris VII

P. MASURE, directeur du département "Environnement et Risques naturels" (B.R.G.M.)

P. PELTRE, vice-président de la Commission Scientifique des Sciences Sociales (ORSTOM)

Thèse préparée à l'Institut Français d'Etudes Andines de Quito (Equateur)
et au laboratoire : L.A.M.A. - U.R.A. 344, C.N.R.S.

**A mon père
décédé en novembre 1985**

A ma famille

REMERCIEMENTS

Avant de présenter les travaux de recherche auxquels je me suis consacré durant une période de quatre ans, dont plus de la moitié passée en Equateur, je tiens à exprimer ma reconnaissance envers toutes les personnes qui aux divers stades de l'étude m'ont accordé leur confiance, leur aide et une partie de leur temps.

Ma première pensée se dirige naturellement vers l'Institut Français d'Etudes Andines. Le poste de pensionnaire de recherche que j'ai occupé de 1987 à 1989 à l'I.F.E.A. de Quito m'a fourni d'excellentes conditions de travail aussi bien sur le plan matériel que sur le plan humain. C'est pourquoi je remercie vivement O. DOLLFUS, professeur à l'Université de Paris VII, et Y. SAINT-GEOURS, qui fut mon directeur, d'avoir crû à l'intérêt et aux possibilités de réalisation de ce qui n'était qu'un simple projet et de m'avoir permis d'obtenir ces conditions sans lesquelles ce mémoire n'aurait pu être réalisé. Je suis par ailleurs reconnaissant de la disponibilité à mon égard de Mr DOLLFUS qui a suivi les différentes étapes de mes travaux tout en me prodiguant de précieux conseils.

L'I.F.E.A. est aussi une «maison» dans laquelle la solidarité n'est pas un vain mot. Les conseils de J.P. DELER, ancien directeur, me furent très utiles. C. de MUIZON, directeur actuel, me permit de continuer à utiliser le matériel et les installations de l'Institut quelques mois encore après que mon contrat soit arrivé à terme. Enfin, les échanges avec les autres chercheurs, rapidement devenus des amis, furent très fructueux en dépit de préoccupations très différentes des miennes mais grâce à la volonté de tous de me donner leur avis ou de me venir en aide chaque fois que cela était possible. Que toutes ces personnes soient assurées de ma reconnaissance.

Ma pensée se porte également vers ceux qui m'ont permis d'établir les premiers contacts, décisifs, avec l'Equateur. Je remercie en particulier M. DERRUUAU qui m'a non seulement orienté vers ce pays mais également vers le Cotopaxi et dont les conseils furent précieux notamment pour l'élaboration du projet qui fut à la base de mes travaux. C'est à un double titre que j'exprime ma gratitude à R. VIVIAN, professeur à l'Université de Grenoble I. C'est à lui que je dois une allocation «Jeunes Chercheurs», dans le cadre du programme «Aires Culturelles» du Ministère de l'Education Nationale, qui me permit de me rendre en Equateur durant quelques semaines en 1985 et de bâtir mon projet de recherche. Depuis, il a accepté de diriger mes travaux et nos contacts, en dépit des difficultés liées à l'éloignement, furent à la fois nombreux, efficaces et chaleureux.

Ce travail a bénéficié du concours technique ou intellectuel de nombreux chercheurs de l'ORSTOM en poste à Quito ou en contrat temporaire avec cet organisme. Que P. POURRUT, R. MAROCCO (chefs de mission successifs), O. BARBARY, C. de MIRAS, G. de NONI, F. DUREAU, H. et S. GODARD, N. MARCEL, soient remerciés de leurs contributions ponctuelles mais décisives. Notre reconnaissance se dirige plus particulièrement vers son informaticien M. SOURIS sans lequel certains documents n'auraient pu être présentés et avec lequel l'alliance de l'informatique et de la géographie devient un plaisir, ainsi que vers P. PELTRE qui outre les judicieux conseils du géographe, m'a initié à la gestion des bases de données et à la cartographie sur ordinateur.

J'ai une pensée spéciale pour J.C. THOURET, actuellement professeur à l'Université de Clermont-Ferrand, mais qui fut mon professeur à l'Institut de Géographie Alpine de Grenoble. Son expérience colombienne m'a été fort utile de même que les critiques et les conseils formulés à l'occasion de nombreuses rencontres.

Plus ponctuellement, mais toujours très à propos, j'ai bénéficié de l'aide ou de conseils de professeurs et étudiants (anciens ou actuels) de l'I.G.A., en particulier J. CHARRE, H. GUMUCHIAN, M. LEBERRE, G. ROVERA, A. GELAT et C. LAFORGUE.

Qu'il soient tous assurés de ma profonde reconnaissance.

Mes remerciements s'adressent également à P. MASURE, directeur du département «Environnement et Risques naturels» du B.R.G.M., qui a accepté de lire cette thèse et d'intervenir comme membre du jury.

J'ai, et peut-être aurais-je dû commencer par là, une pensée dans laquelle se mêle à la fois émotion et reconnaissance, envers les nombreux équatoriens qui d'une manière et d'une autre ont contribué à ce travail.

L'appui de la «Defensa Civil Nacional» s'est avéré inestimable sur le plan moral, matériel ou scientifique. C'est notamment au sein de cette institution, au fur et à mesure des rencontres, des réunions ou des séminaires, que j'ai pu connaître la nature des besoins et définir précisément mes thèmes de recherche en leur donnant une orientation principalement sociale. Les échanges d'idées ont été très utiles non seulement avant que ne débutent les travaux de terrain, constitués en particulier par une longue campagne d'enquêtes menée auprès des populations menacées par le Cotopaxi, mais également dès que les premiers résultats ont été obtenus. A ces titres divers nous remercions vivement le général A. MORAL et le colonel E. SUAREZ directeurs successifs de la Defensa Civil Nacional, ainsi que le colonel F. HERNANDEZ qui m'ont accordé leur confiance et cautionné mes travaux. Il m'a d'autre part été permis d'assister et de participer aux principales réunions et manifestations (séminaires, simulations d'éruption) en relation avec mes centres d'intérêt. A ces occasions j'ai pu établir des relations à la fois utiles et chaleureuses avec les membres du comité inter-institutionnel et du comité technico-scientifique de la Defensa Civil dont certains comptent aujourd'hui parmi mes meilleurs amis. Les nommer serait beaucoup trop long mais qu'ils soient tous remerciés de leur contribution et du temps inoubliable passé avec eux.

Pour leur appui et leurs conseils, ma gratitude s'adresse également au colonel M.A. SALVADOR, directeur de l'IGM (Instituto Geográfico Militar), au colonel M. TERAN Secrétaire Général de l'IPGH (Instituto Panamericano de Geografía e Historia), à J. LEON, directeur du CEDIG (Centro Ecuatoriano de Investigación Geográfica) et à N. GOMEZ président du Collège des Géographes de l'Equateur. Pour les échanges fructueux que nous avons pu avoir à maintes

reprises, je tiens à citer en particulier H. ORELLANA, responsable du département «Risques naturels» de l'INEMIN (Instituto Ecuatoriano de Minería), M. HALL, volcanologue et directeur de l'Institut Géophysique de l'EPN (Escuela Politécnica Nacional), P. MOTHEs, géographe chargée de recherche à l'EPN, E. PAREDEZ ORTEGA, journaliste et historien de la province du Cotopaxi.

J'adresse une pensée amicale à F. MONCAYO qui fut mon compagnon de terrain et dont le concours fut décisif durant la campagne d'enquêtes réalisée en deux parties entre le 15 août et le 19 octobre 1988 et entre le 21 février et le 20 mars 1989. La jeune équipe d'enquêteurs qu'il m'a aidé à encadrer s'est montrée compétente et motivée. Les mois passés avec eux à sillonner les régions exposées aux Cotopaxi resteront inoubliables.

Mon travail n'aurait cependant eu aucun sens sans les milliers de personnes anonymes qui nous ont aimablement reçus et qui ont répondu, souvent avec beaucoup de patience, à nos questions. J'espère que ce travail répondra à leur confiance.

La réflexion sur les causes physiques et humaines de la catastrophe colombienne du 13 novembre 1985, a constitué un élément déterminant dans le choix des thèmes d'étude et l'approche adoptée. Cette réflexion a véritablement mûri lors d'un séjour de quelques semaines en Colombie en janvier 1988. A cette occasion plusieurs personnes m'ont été d'une aide considérable. Je pense en particulier à mes amis chercheurs de l'antenne colombienne de l'I.F.E.A, à J. KHOBZI du Bureau Régional de Coopération Scientifique et Technique en poste à Bogotá, mais aussi à de nombreuses autres personnes rencontrées dans diverses institutions (Présidence de la République, Institut Géographique «Agustin Codazzi», INGEOMINAS [Institut National Géologique et Minier], SENA [Servicio Nacional de Aprendizaje], etc.) et qu'il serait trop long de mentionner ici. J'adresse néanmoins une pensée spéciale à M. Toro et A. Hernandez du centre de recherche «Foro Nacional para Colombia» dont le rôle était de s'occuper des problèmes de relogement des sinistrés d'Armero. Ils m'ont hébergé durant plusieurs jours à Ibagué, accompagné durant mes sorties de terrain et permis de rencontrer de nombreux survivants d'Armero. Parmi ces derniers, je remercie plus particulièrement Orlando dont une partie de la famille a péri en 1985 et qui m'a guidé durant une journée entière sur les lieux qui furent dévastés.

Je ne voudrais pas terminer cette page de remerciements sans mentionner la contribution de A. de COURVILLE (Bureau Régional de Coopération Technique et Scientifique) et de J.C. NAPIAS, directeur du CIFEG (Centre International pour la Formation et les Echanges Géologiques) qui m'ont permis d'accroître mon expérience en participant à un séminaire international sur la «cartographie des risques volcaniques» à San José du Costa Rica du 12 au 22 mars 1990. A cette occasion, les échanges d'idées ont été fructueux avec les représentants de dix pays d'Amérique Latine, notamment avec C. CARVAJAL, directeur de l'Observatoire Volcanologique de Colombie. Notre reconnaissance s'adresse aussi à J. TOMBLIN, coordinateur de l'UNDRO (Office of the United Nations Disaster Relief Co-ordinator) avec lequel j'ai eu deux longs entretiens à Genève et qui m'a encouragé dans mon entreprise, ainsi qu'à I. NILSSON avec laquelle j'ai parcouru durant de longues journées les rayons de la mine documentaire que constitue la bibliothèque de l'UNDRO.

Je terminerai en remerciant de tout coeur les membres de ma famille qui d'une manière ou d'une autre m'ont soutenu dans ma tâche avec beaucoup de patience. Je pense en particulier à J. DIEBOLT, mon beau-père qui s'est engagé dans la fastidieuse chasse aux fautes d'orthographe et de style et surtout à ma femme Marie-José et à mes enfants, Florian et Manon, à qui je dois faire oublier les longues journées que nous n'avons pas pu passer ensemble.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	p. 13
INTRODUCTION	p. 33
1^{er} PARTIE: EVALUATION DES RISQUES LIES AU VOLCAN COTOPAXI: LES ELEMENTS DE BASE	p. 53
Chapitre I : LA MENACE: DE L'HISTOIRE DU COTOPAXI A LA PREVISION GENERALE	p. 55
Chapitre II : DE LA MENACE AU RISQUE: UNE APPROCHE QUANTITATIVE DE LA POPULATION EXPOSEE	p. 93
2^e PARTIE: VERS UNE APPROCHE GLOBALE DE LA VULNERABILITE DES POPULATIONS MENACEES: LA PRISE EN COMPTE DES FACTEURS DE COMPORTEMENT	p. 133
Chapitre I : FACTEURS DE COMPORTEMENT FACE A L'IMMINENCE DU DANGER: IDENTIFICATION ET MESURE DE LEUR IMPACT POTENTIEL	p. 137
Chapitre II: LA PERCEPTION DU RISQUE	p. 173
Chapitre III : LA CONNAISSANCE DES MOYENS DE PROTECTION	p. 211
Chapitre IV: LES FACTEURS «CONTRAINANTS» D'ORDRE SOCIAL ET TECHNIQUE	p. 233
3^e PARTIE: LA VULNERABILITE DES POPULATIONS EXPOSEES AU COTOPAXI: SYNTHESES ET ORIENTATIONS PREVENTIVES	p. 271
Chapitre I: TYPOLOGIE ET CARTOGRAPHIE DES FACTEURS DE VULNERABILITE	p. 275
Chapitre II: ORIENTATIONS POUR UNE PREPARATION ADAPTEE A LA VULNERABILITE DES POPULATIONS	p. 311
CONCLUSION GENERALE	p. 339

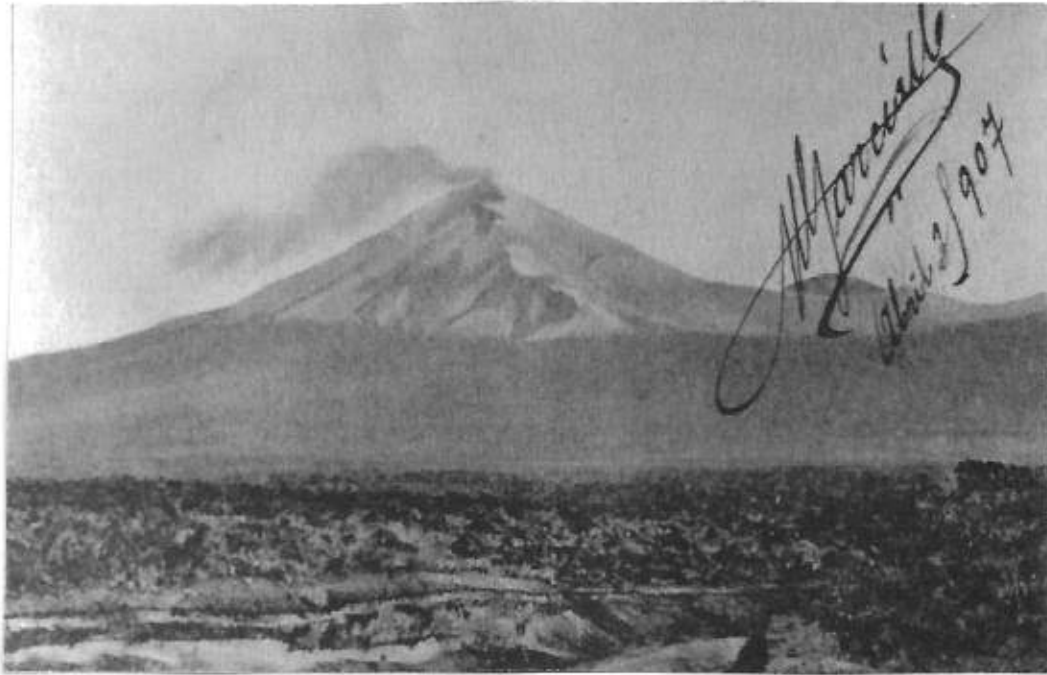


Photo 1

Le Cotopaxi en activité au début du siècle

Carte postale dont la date de prise de vue n'est pas mentionnée mais la personne qui l'a écrite le 3 avril 1907, signale son impossibilité de se déplacer de Riobamba à Quito en raison d'une éruption du volcan

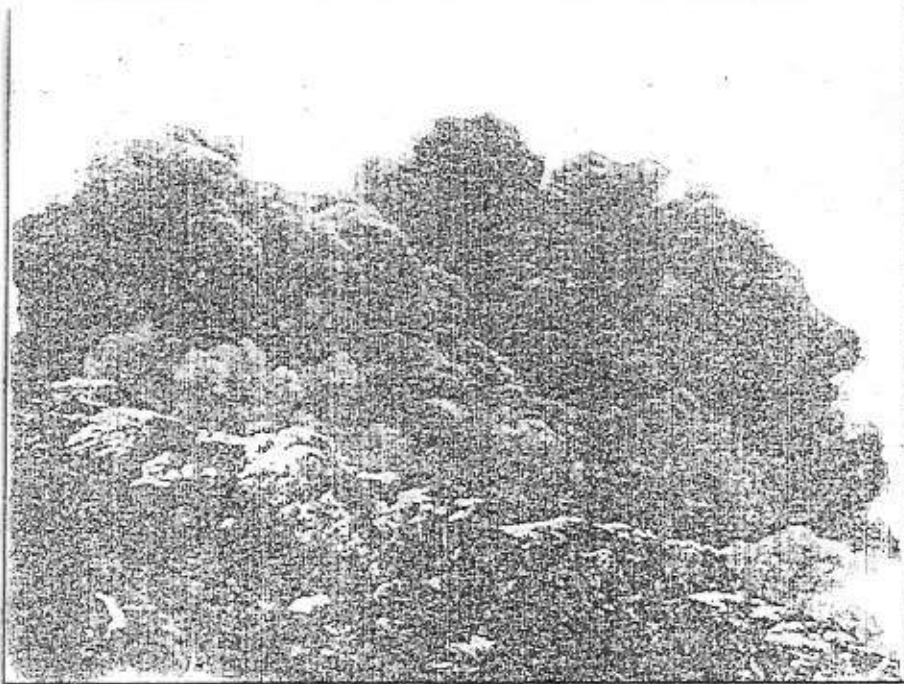


Foto Franz Hiti

UNA ERUPCION DEL COTOPAXI

Vista del borde NW del cráter.—Marzo de 1912

Photo 2

Une éruption du Cotopaxi en mars 1912:

une des dernières manifestations notables du volcan

Vue du bord nord-ouest du cratère. Photo tirée de Martinez N.G., 1932

*Nada más sublime siempre
nada más aterrador a veces
que ese magnífico cono truncado
ceñido de su eterna corona de diamantes*

Antonio Flores
«La Libertad Cristiana»
Quito, 4 de Julio de 1877



Photo 3

Le Cotopaxi vu depuis l'Antisana

Photo aimablement offerte pour cette thèse par Jorge Anhalzer,
andiniste, photographe et auteur de divers ouvrages sur les Andes équatoriennes

AVANT-PROPOS

POSITION DES PROBLEMES ET OBJECTIFS GENERAUX

Un risque devenu insupportable?

La fin du deuxième millénaire marque-t-elle un changement radical du statut social du risque? Selon l'expression de Theys (Theys, 1987), ce risque, qui aurait de moins en moins à voir avec la fatalité, serait-il devenu insupportable, non seulement dans les pays industrialisés mais également dans les pays en voie de développement? Et en corollaire, sommes nous en passe de voir se développer une conscience et une culture de protection?

Les statistiques ne répondent pas directement à ces questions mais elles dévoilent l'ampleur, sans cesse croissante, pour les sociétés actuelles, des problèmes que posent les catastrophes, notamment les catastrophes naturelles. Ces dernières, du moins si l'on s'en tient aux événements qui ont occasionné des pertes pour les hommes, leurs activités et leurs biens, sont de plus en plus nombreuses (tableau 1). Par ailleurs, selon les chiffres de l'UNESCO, durant ces trente dernières années le nombre des victimes a augmenté régulièrement de 6% par an, soit près du double du taux de croissance démographique mondial. Cela ne signifie certainement pas que les phénomènes de la nature se manifestent plus fréquemment ou plus violemment qu'autrefois, mais que le contexte humain n'est plus le même. L'explosion démographique et urbaine, l'un des faits majeurs de la deuxième moitié du XX^e siècle, s'accompagne d'un besoin de terres sans précédent et entraîne l'occupation de régions de plus en plus marginales, en particulier celles qui avaient été maintenues libres jusqu'alors, en raison des risques qu'elles présentaient. Survient ainsi la rupture, souvent brutale, du fragile équilibre qui s'était instauré entre la nature et les activités humaines.

Ce problème se pose fréquemment dans les sociétés industrialisées. Par exemple, près de Tokyo, plus de 500 000 personnes occupent 65 km² de terrains situés au-dessous du niveau de la mer et sont ainsi exposées aux risques de liquéfaction et de tsunami associés aux tremblements de terre (Jackson et Burton, 1980); de nombreux quartiers résidentiels ont été construits au dessus de la faille de San Andréas, au sud de San Francisco; la population ne cesse de croître dans les Champs Phlégréens et dans la région de Naples exposée au Vésuve.

Il s'agit cependant d'une situation qui concerne de plus près les pays en voie de développement dont la population augmente selon un rythme beaucoup plus rapide, et cela se traduit de manière dramatique au niveau des conséquences. Entre 1970 et 1985, ces pays ont cumulé plus des deux tiers des événements catastrophiques, 99% des quelques 1 420 000 victimes enregistrées dans le monde (tableau 2) et chaque catastrophe y fait en moyenne vingt fois plus de victimes que dans les pays développés (Theys, 1987). Si avec 83% des dommages assurés (tableau 2), le coût des dommages est nettement supérieur dans les pays riches, les pays en voie de développement sont, en fin de compte, de loin les plus vulnérables, même dans ce domaine. Alors que les premiers disposent plus facilement de ressources leur permettant d'écarter les chocs ponctuels des catastrophes, les seconds voient, lors d'événements comparables, leurs fondements économiques et financiers gravement menacés et leur développement freiné, s'il n'est pas remis en question.

Outre les 25 000 victimes d'Armero et de Chinchina, les pertes financières directes ont été évaluées à près de 300 millions de dollars à la suite de l'éruption du Nevado del Ruiz du 13 novembre 1985 (Secretaria de Información y Prensa de la Presidencia de la República, 1986). Le montant des dommages des séismes de Mexico des 19 et 20 septembre 1985, correspondent à plus du tiers de la dette extérieure mexicaine (Masure et Sabroux, 1987). Les inondations de l'hiver 1982-1983 liées au phénomène du «Niño», qui ont affecté la Bolivie, le Pérou et l'Equateur, ont représenté 10% du PIB cumulé de ces trois pays (Zupka, 1989). Citons encore le cas de l'Equateur dont 35% environ du budget de l'État a été grévé par le séisme du 5 mars 1987 qui a fait près de 5000 victimes et a été à l'origine de la rupture d'un oléoduc, pièce vitale de l'économie du pays. Nous pourrions ainsi multiplier les exemples qui vont tous dans le même sens.

Cette situation est principalement le fait de deux réalités qui s'auto-entretiennent: si les catastrophes naturelles constituent, sans conteste, un facteur de sous-développement, le sous-développement pour sa part contribue à accroître les effets des catastrophes naturelles. L'explosion démographique, l'absence de politiques d'aménagement des espaces, la faiblesse des moyens de protection et de surveillance, les obstacles politiques, économiques, bureaucratiques ou encore la corruption, n'en sont que quelques facettes. L'Etat colombien pouvait-il sérieusement se préoccuper du Nevado del Ruiz, tout en se débattant vis-à-vis des difficultés économiques et sociales, de la violence des cartels de la drogue et des guérillas, mettant en question son existence même? Quelques jours avant la catastrophe du 13 novembre 1985, le problème suscité par l'attaque du Palais de Justice de Bogotá par le M19 et qui s'est soldé par une centaine de morts, ne paraissait-il pas, logiquement, le plus pressant? Quel poids aurait aujourd'hui le réveil du Misti compte tenu des difficultés que connaît le Pérou? Face à l'ensemble des risques que courent ces sociétés, le risque de catastrophe naturelle peut-il être considéré comme insupportable?

	1960-1969	1970-1979	1980-1984
Sécheresse	5	10	12
Inondations	15	22	32
Cyclones	18	18	23
Séismes	7	8	13
Autres causes	11	20	?

Tab.1-Variation de la fréquence annuelle des catastrophes naturelles ayant occasionné des victimes entre 1960 et 1984

(D'après les données collectées par la ligue de la Croix Rouge suédoise et l'Office américain pour l'aide aux sinistrés de catastrophes survenant à l'étranger [Wijkman et Timberlake, 1985, cités par Ramade, 1987])

	Nombre de catastrophes*	%	Nombre de victimes	%	Dommmages assurés**	%
Europe***	59	8,8	7180	0,5	3773	21,2
Amérique du Nord	151	22,5	3517	0,2	10976	61,8
Pays du Tiers Monde	461	68,7	1411662	99,2	3023	17,0
TOTAL	671		1422359		17772	

* Inondations, cyclones et tremblements de terre

** En millions de dollars

*** Pays de l'Europe de l'Est exclus

Tab.2-Impact régional des catastrophes naturelles (1970-1985)

(D'après la revue Sigma de la Compagnie Suisse de Réassurance [Vié le Sage, 1989])

La notion de risque insupportable ou inacceptable a été développée a propos des sociétés occidentales (Theys, 1987). A une longue période durant laquelle les catastrophes ont été mieux supportées qu'aujourd'hui dans la mesure où elles étaient considérées comme une manifestation de la providence, a succédé depuis la fin du XVIII^e et ce, jusqu'à ces dernières décennies, la période de la résignation sociale. Plusieurs événements, dont le séisme de Lisbonne, en 1755 et le débat philosophique qui l'a suivi, concluant à la seule responsabilité des hommes et de la société, ont contribué à modifier la perception que les gens avaient de la catastrophe, à sa laïcisation comme le dit Theys.

Cependant, ce changement de vision n'a pas pour autant débouché sur une protection sociale. Bien au contraire, la société s'est encore longtemps résignée à accepter les risques d'origine naturelle ou technologique qu'elle courait (l'exemple le plus clair en est la catastrophe industrielle qui a connu sa période la plus meurtrière au XIX^e siècle), en raison d'un nombre relativement peu nombreux de personnes concernées et d'insécurité beaucoup plus grandes liées, entre autres, à des conditions de vies précaires, aux problèmes sanitaires et au besoin impératif d'un emploi.

Alors que les catastrophes n'ont, globalement, jamais fait aussi peu de victimes dans le monde occidental, on assiste depuis les années 50 à une nouvelle modification de la perception du risque dans ces sociétés, celui-ci étant devenu inacceptable. En d'autres termes, le sentiment d'insécurité dépasse de plus en plus la réalité des menaces. Moatti et Lefaure essaient d'expliquer ce phénomène à la fois par ce que l'on pourrait considérer comme un excès de sécurité en raison du développement des systèmes de protection sociale et de technologies de plus en plus perfectionnées, et par une aversion profonde vis-à-vis de risques de moins en moins familiers dont on imagine plus facilement les conséquences maximales possibles que les impacts réels (Moatti et Lefaure, 1983).

Dans les sociétés occidentales, le rejet pur et simple du risque de catastrophe, plus perçu que vécu, semble donc s'être franchement substitué à son acceptation sociale passée dans la mesure où les systèmes de régulation, la providence et la résignation sociale, ont cessé de fonctionner. En ce qui concerne les sociétés en développement, qui mêlent technologies modernes et coutumes ancestrales et pour lesquelles la catastrophe constitue le lot quotidien, nous pensons que les trois systèmes de pensée successifs des sociétés industrialisées, non seulement coexistent, mais constituent trois éléments indissociables d'un même système de pensée. Ce sentiment s'est développé au fur et à mesure du temps que nous avons passé en Amérique Latine. On n'y parle pas de catastrophe sans faire référence à Dieu, sans en relativiser l'importance par rapport à d'autres phénomènes sociaux mais aussi sans se révolter contre ceux qui n'ont pas su agir à temps. Cependant, le poids de chacun de ces éléments varie selon l'individu, son expérience, le groupe social auquel il appartient, les responsabilités qu'il doit assumer, les pressions auxquelles il est soumis. Il varie également selon la région ou le pays considéré.

Si l'on raisonne au niveau national, il apparaît que certains pays en voie de développement manifestent de plus en plus le souci de minimiser les effets des catastrophes naturelles et ce, en dépit de multiples difficultés qui peuvent paraître incompatibles avec des actions collectives qui nécessitent éducation, moyens, efficacité et pouvoir d'Etat. Aux conséquences économiques et sociales des manifestations de la nature, de plus en plus durement ressenties, est venue se greffer, lorsque la concurrence entre risques sociaux et risques naturels n'était pas trop rude, une amorce de conscience des populations et de leurs responsables vis-à-vis du problème. Les médias véhiculent facilement les détails d'un désastre qui est survenu, la veille, à l'autre bout de la planète. Les scientifiques, étrangers pour la plupart, mais également nationaux, signalent les dangers et leurs cris d'alarme sont de plus en plus écoutés. La responsabilité humaine dans les catastrophes fait de moins en moins de doute: «la tragédie annoncée», «Le Ruiz n'est pas coupable», «une avalanche d'erreurs», «qui sont les responsables?», titraient les principaux journaux colombiens («El Tiempo», «El Espectador») au lendemain de l'éruption du Nevado del Ruiz (photo 4).

Le risque de catastrophe tend ainsi à devenir un enjeu politique, surtout lorsque l'événement est prévisible, et pour cela, il justifie un tant soit peu d'intérêt de la part des autorités. L'un des exemples les plus clairs de ce type de situation est encore fourni par la Colombie qui semble avoir retenu la leçon du Ruiz. La loi 46 du 2 novembre 1988 et le décret 919 du 1^{er} mai 1989, définissant le système national pour la prévention et les secours en cas de désastre, et la petite éruption du 1^{er} septembre 1989 du Nevado del Ruiz, qui, en situation réelle, a montré l'efficacité du nouveau système de prévention des départements de Caldas et du Tolima, le laissent supposer (Abramovsky, 1990). D'autre part, le souci des autorités colombiennes ne porte pas uniquement sur le risque volcanique, ce qui pourrait signifier une réponse éphémère à l'effet Ruiz, mais également sur d'autres types de risques, les séismes ou les mouvements de terrain qui font actuellement l'objet d'études en particulier à Manizales ou à Popayan, ville détruite par un tremblement de terre en 1983.

A l'heure actuelle, cependant, force est de reconnaître que le bilan des actions préventives menées dans les pays en voie de développement est, dans l'ensemble, extrêmement maigre. La prise de conscience des problèmes suscités par les catastrophes naturelles, semble, pour l'instant, se traduire davantage par une approche préalable, souvent théorique, que par des réalisations concrètes dans le domaine de la prévention. Cela se manifeste, en particulier, par de nombreux séminaires ou conférences sur le thème

des risques naturels, menés par des organismes de protection civile ou scientifiques, dans un cadre local ou international, comme par exemple, à Quito, le 1^{er} symposium latino-américain sur les catastrophes naturelles (25-29 novembre 1985) ou le séminaire international (toujours à l'échelle latino-américaine) tenu sur le thème des catastrophes naturelles et de l'aménagement du territoire (3-7 octobre 1988). Cela apparaît également dans la nature des travaux de planification qui très souvent se consacrent essentiellement, voire uniquement, à la résolution de problèmes trop généraux axés sur la période des secours, ce qui est en quelque sorte une manière de différer l'action préventive de terrain.

Il n'en reste pas moins que certains pays se sont d'ores et déjà engagés dans des travaux de planification préalable suivis d'actions, ce qui est le cas en Indonésie ou en Bolivie et plus récemment, en Colombie, au Mexique ou en Equateur, en particulier dans les domaines des risques liés aux mouvements des sols, des risques sismiques et volcaniques, et notre expérience de quelques pays latino-américains nous porte à croire que ce mouvement s'étendra dans les années à venir.

Le risque de catastrophe tendrait donc à devenir insupportable, même dans les pays en voie de développement, ou du moins, le volet rejet de la catastrophe, dans le système global de pensée, tendrait à se développer par rapport au sentiment de fatalité et à la résignation sociale. Cela nous amène à deux conclusions, l'une optimiste, l'autre prudente.

La première conclusion est optimiste dans la mesure où nous croyons que la conscience nouvelle vis-à-vis des problèmes suscités par les catastrophes naturelles, peut avec le temps et en dépit des barrières du sous-développement, déboucher sur une véritable action préventive, sur le développement d'une culture de la protection. Sans cette vision optimiste, notre travail n'aurait aucune raison d'être.

La deuxième suggère la prudence. Prudence en raison des éléments contradictoires qui constituent le système de pensée dans la prise en compte du risque, en raison des fragiles équilibres politiques et sociaux qui peuvent faire illusion et qui font que l'action préventive n'avancera que par étapes et pas forcément selon le modèle occidental. Prudence également, car aboutir à une action préventive efficace est une tâche difficile et délicate qui, surtout dans les sociétés en voie de développement, est loin de dépendre simplement de solutions techniques aussi valables soient-elles.

Les solutions techniques battues en brèche par les réalités sociales

La sensibilisation croissante du public et des autorités politiques des pays en voie de développement aux problèmes des catastrophes naturelles, suscite des besoins scientifiques et techniques importants auxquels les pays concernés et la communauté internationale essaient de répondre. Jusqu'à présent, cependant, l'essentiel de l'aide internationale a été consacré aux périodes de secours et de réhabilitation, consécutives à un désastre. Mais depuis quelques années, la réalité aidant (les catastrophes naturelles font de plus en plus de victimes et coûtent de plus en plus cher), une attention croissante est portée sur planification et la prévention. Il s'agit là d'un défi de taille, car il est beaucoup plus facile de mobiliser «à chaud» des fonds internationaux considérables pour organiser des secours à la vue des effets spectaculaires et douloureux d'un désastre, que d'obtenir des crédits beaucoup moins substantiels destinés à le prévenir, c'est-à-dire à répondre à une inquiétude qui peut paraître abstraite.

Pour l'instant, les interventions de ce type ont été menées de manière très ponctuelle, dans le cadre de relations bilatérales, entre les organismes scientifiques et de coopération technique de pays industrialisés et les pays en voie de développement. Elles relèvent également d'organismes internationaux spécialisés, tel l'UNDRO (Bureau du Coordinateur des Nations Unies pour les Secours en cas de Catastrophe) ou d'organismes à impact régional, comme le CEPREDENAC (Centro para la Prevención de los Desastres en América Central) pour l'Amérique Centrale ou le CERESIS (Centro Regional de Sismología para América del Sur), pour l'Amérique du Sud. Ces actions devraient normalement se généraliser et l'une des manifestations les plus claires de cette préoccupation apparaît à travers la décennie internationale (1990-1999), décrétée par les Nations Unies, et dont l'objectif est l'atténuation des conséquences des catastrophes naturelles. Cette dernière devrait non seulement permettre d'accentuer et de généraliser le mouvement engagé, mais également de coordonner l'effort international et de mieux cibler les objectifs (Advisory Committee on the IDNHR, 1987).

Le souci de mieux cibler les objectifs a amené à se pencher plus profondément sur un paradoxe, avancé par certains depuis plusieurs années déjà (entre autres, Jackson et Burton, 1980), celui de l'accroissement des pertes en vies humaines et des dégâts entraînés par les désastres naturels alors que l'on assiste parallèlement au développement considérable de la connaissance scientifique des processus géophysiques et météorologiques ainsi que des moyens techniques de les maîtriser et de les prévoir. On s'est donc employé à considérer les expériences passées de catastrophes et notamment à faire le lien, à propos d'un événement donné, entre les actions préventives qui dans certains cas ont pu être prises, et ce qu'il s'est passé sur le terrain. Les conclusions des scientifiques qui se sont penchés sur la question, et celles des experts de l'UNDRO qui en ont fait la synthèse, vont toutes dans le même sens et indiquent que les actions engagées, notamment durant la période d'imminence d'un impact naturel sont «bien trop 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 oeuvre 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).

Bien que peu de temps avant la catastrophe, les autorités colombiennes disposaient d'une carte des menaces potentielles du Nevado del Ruiz, qui à peu de choses près se révéla exacte. Mais comme le déplora le directeur de l'Observatoire Volcanologique colombien d'alors, «la carte aurait été la plus précise du monde, le nombre de victimes aurait été sensiblement le même» (Eduardo Parra, cité par le quotidien «El Tiempo» du 23 novembre 1985). Qu'il s'agisse de surveillance ou de système d'alerte, les moyens techniques disponibles, étaient d'évidence insuffisants et c'est surtout ce à quoi pensait Eduardo Parra. Cependant, très insuffisante également, était la connaissance du comportement possible des divers acteurs, des scientifiques, des autorités nationales et locales, mais aussi de la population affectée.

En ce qui concerne cette dernière, qui fut avertie, même si mal avertie en raison de problèmes techniques et d'informations contradictoires, aurait-on pu imaginer qu'elle serait restée sans réaction en raison d'une très faible conscience des risques réels? Les témoignages rapportés par diverses sources et les entretiens que nous avons eus en 1988

avec plusieurs survivants d'Armero, lors d'une mission en Colombie, sont sans équivoque (D'Ercole, 1989). Ils indiquent que les habitants d'Armero les mieux informés, et plus grave encore, que les autorités locales s'attendaient à une inondation importante, certes, mais sans commune mesure avec l'événement que l'on connaît aujourd'hui (photos 5 à 7). On considérait, en particulier, qu'une éruption du Ruiz aurait eu pour effet principal la rupture d'un barrage naturel «El Sirpe», situé en amont d'Armero et dont la contenance était d'un million de m³, volume à mettre en relation avec les 80 millions de m³ de liquides et de solides qui se sont effectivement déversés sur la ville. Au pire, on estimait que «l'eau aurait atteint le niveau des genoux». Autre preuve d'une faible perception du risque, certains survivants ont confessé qu'en raison des messages qu'ils avaient reçus, l'envie de fuir n'avait pas manqué, mais la nuit et les conditions météorologiques particulièrement mauvaises les en avaient dissuadés!

Le cas du Nevado del Ruiz, illustre de nouveau le poids du facteur humain, mais cette fois-ci, en mars 1988, à l'occasion d'une nouvelle manifestation inquiétante du volcan. 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 (voir annexe 1). Entrèrent en ligne de compte de multiples facteurs, parmi lesquels les contraintes économiques, l'attachement au peu de biens que cette population défavorisée possédait, la crainte du pillage, mais aussi une faible conscience du danger, dans laquelle destin et expérience se mêlent intimement. En effet, ces populations n'avaient-elles pas été préservées en 1985?

En 1982, dans la région du Galunggung, à Java, alors que les volcanologues craignaient la formation d'une nuée ardente et que l'ordre d'évacuation avait été donné, de nombreux paysans refusèrent de quitter leurs villages, attendant la fin de l'éruption pour labourer leurs champs fertilisés par les cendres volcaniques (Ramade, 1987). La même année, les 3 000 personnes du village de Chapulnango (Mexique) refusèrent d'évacuer à la suite de la première éruption du Chichon le 28 mars (quotidien «El Excelsior» du 3 avril 1982). En dépit des messages d'alerte, la majorité des habitants de l'Etat Indien de l'Andhra Pradesh n'en tinrent pas compte à l'approche d'un cyclone qui, en 1977, fit près de 10000 victimes (UNDRO, 1987). Le comportement de certaines communautés d'Hawaii vis-à-vis des volcans, s'est aussi souvent montré indépendant des souhaits des scientifiques et des autorités. Celui-ci est, en fait, étroitement lié aux croyances à Pelé, la déesse des volcans, qui prévient, protège ou punit (Lachman et Bonk, 1960; Murton et Shimabukuro, 1974).

Même si les causes sont parfois d'un ordre différent, cette situation n'est cependant pas typique des pays en voie de développement. Par exemple, malgré l'alerte précoce qui avait été donnée, une majorité de la population concernée refusa également d'évacuer lorsque les cyclones Carla, en 1961, et Camille, en 1969 frappèrent les zones littorales du Texas et de Louisiane dans le premier cas, celles du Mississippi dans le deuxième. Il s'agissait là, avant tout, de problèmes de perception du risque et de difficultés de communications, les problèmes économiques, sociaux ou culturels venant au second plan (UNDRO, 1987; World Meteorological Organization, 1983).

Tous ces exemples, choisis parmi d'autres (voir en particulier UNDRO, 1980 ou UNDRO, 1987 qui en fournissent plusieurs autres), soulignent clairement l'inadéquation qui se manifeste fréquemment entre, d'une part la connaissance scientifique des phénomènes physiques et l'adoption de mesures préventives d'urgence fondées sur la base de cette

seule connaissance, et d'autre part, les réalités sociales du terrain. Cela signifie, en d'autres termes, que seule la composante physique du risque est prise en compte au détriment de sa composante humaine.

Vers une recherche plus équilibrée et opérationnelle

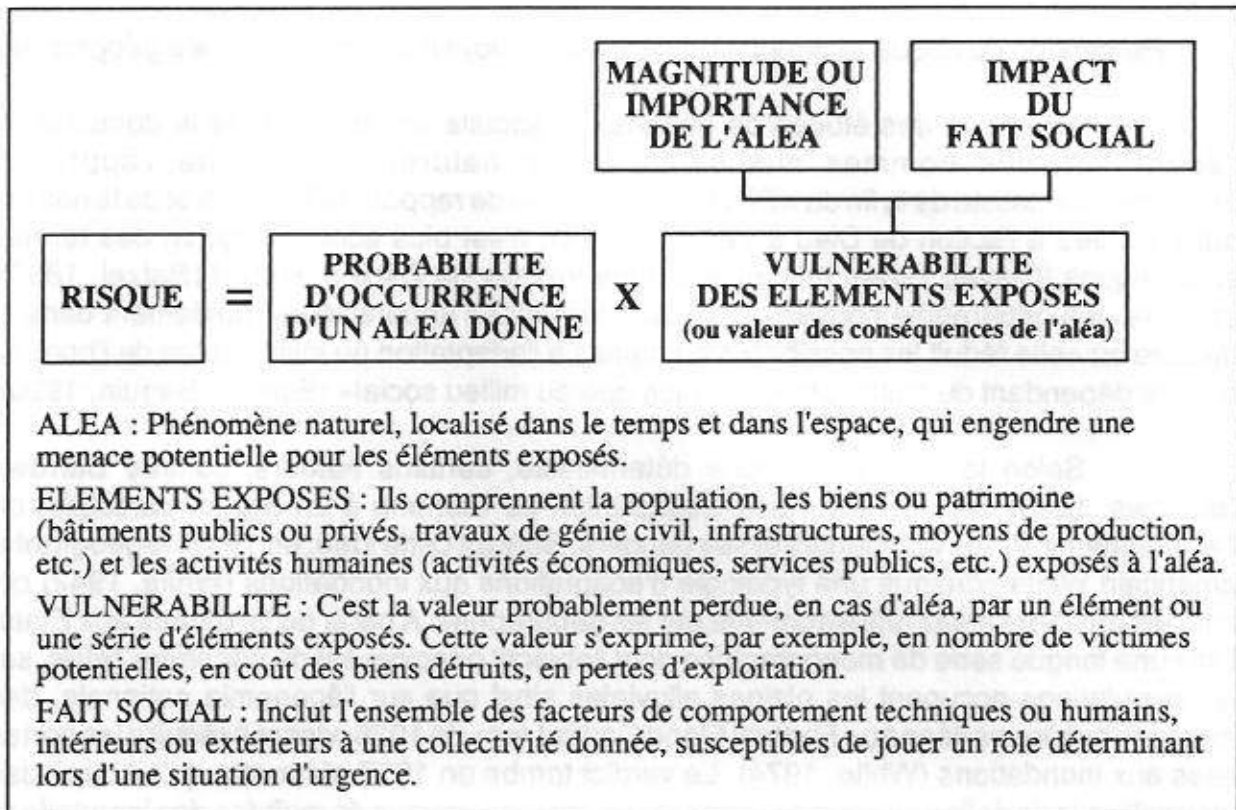
La prise en compte nécessaire de la composante humaine du risque

L'inadéquation observée entre l'effort scientifique et technique et le fait social est, selon les experts de l'UNDRO, en grande partie la conséquence de déséquilibres dans les recherches menées sur les risques d'origine naturelle et sur lesquelles s'appuie l'activité préventive. En 1987, l'UNDRO a consacré le volume 12 de sa série «Prévention et atténuation des catastrophes» aux aspects sociaux et sociologiques des situations de catastrophes (UNDRO, 1987). Ce document insiste sur la nécessité de «corriger le déséquilibre entre la recherche dans les sciences physiques, où une somme de travail incroyable a été réalisée, et la recherche en sciences sociales». Il précise: «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».

En définitive, cette situation n'est pas sans fondement dans la mesure où l'étude physique constitue la base, la première étape d'une approche globale des risques, sauf lorsque ces derniers sont directement liés aux activités humaines, ce qui est par exemple le cas de la dégradation anthropique des sols, responsable de mouvements de terrains ou de phénomènes tels que la sécheresse, ou encore des aléas de nature technologique. En ce qui concerne les phénomènes violents de la nature, d'origine purement géophysique ou climatique, tels les séismes, les éruptions volcaniques ou les ouragans, la connaissance préalable du phénomène physique s'impose. Au fil de l'histoire, on est passé de la description à l'explication de ces phénomènes et actuellement les scientifiques tentent d'en prévoir, en un lieu donné, la nature, la magnitude, la probabilité d'occurrence et l'impact spatial. Beaucoup reste encore à faire dans le domaine de la compréhension et de la prévision. Cependant, bien souvent, les catastrophes n'ont pu être évitées en dépit de connaissances suffisantes des phénomènes naturels car celles-ci n'ont pas été utilisées au mieux. Dans le meilleur des cas, elles ont débouché directement sur des applications techniques sans tenir compte des aspects sociaux qui, en fin de compte, les ont rendues inopérantes.

Pourtant, la notion de risque en elle-même, suggère cette démarche mais il est vrai que cette notion est loin d'être claire dans tous les esprits. En raison de confusions quant à son utilisation, plusieurs auteurs se sont efforcés d'en donner l'acceptation précise (Fournier d'Albe, 1979; Westercamp et Traineau, 1985; Peterson, 1988; Tilling, 1989; Thouret, 1990, pour n'en citer que certains). D'après ces derniers, et nous résumons leur pensée, le risque est le produit de la probabilité d'occurrence d'un aléa donné et de la valeur de ses conséquences (ou vulnérabilité des éléments exposés). La valeur des conséquences est pour sa part liée à la magnitude, l'importance ou encore l'«efficacité» de cet aléa.

Nous sommes en accord avec cette définition mais nous la jugeons incomplète. Elaborée essentiellement par des spécialistes des sciences de la Terre, elle n'insiste pas



suffisamment sur le fait social en tant que facteur de vulnérabilité. Comme nous l'avons observé, surtout lorsque c'est la vie humaine qui est en jeu, celui-ci doit compter au moins autant que la magnitude de l'aléa dans l'évaluation de la valeur des conséquences. Aussi reprenons-nous ci-dessus, tout en les complétant, les définitions qui ont trait à la notion de risque.

Le risque est donc fonction d'une probabilité et de conséquences potentielles. Il n'a aucune signification dans l'absolu et ne se justifie que par l'interaction de deux éléments indissociables: le physique et le social. Par suite, dans la perspective d'une approche globale du risque et pour toute entreprise de planification préventive destinée à réduire la vulnérabilité des éléments exposés, le fait social doit être considéré au même titre que l'aléa, facteur nécessaire mais non suffisant. Aussi, les recherches menées en sciences de la Terre doivent-elles impérativement être complétées, avant d'engager des actions de terrain, par des travaux qui sont essentiellement du ressort des spécialistes des sciences humaines.

Etat succinct des recherches en sciences humaines

Les études portant sur les situations créées par les catastrophes naturelles et abordant plus ou moins directement les problèmes de vulnérabilité sociale, représentent un domaine relativement nouveau de recherche. Cette recherche, essentiellement fondamentale, est, depuis une trentaine d'années, le fait de spécialistes de différentes sciences humaines, parmi lesquelles, la géographie, la psychologie et la sociologie. Puisant bien souvent leurs fondements théoriques aux mêmes sources et s'influençant mutuellement au cours de leur évolution, ces disciplines ont suivi la même problématique comportementale mais divergent quant à leur finalité et leur approche.

Perception du risque et adaptation: la vision à moyen et long terme des géographes

A l'origine des études de géographie sociale engagées dans le domaine de l'adaptation des hommes aux catastrophes naturelles, se situe l'approche environnementaliste de la fin du XIX^e siècle. La notion de rapport de l'homme et de la nature, autrefois liée à l'action de Dieu à travers celle-ci, n'est plus acceptée qu'en des termes scientifiques (Claval, 1984). Influencé par les travaux de Darwin, Ratzel (Ratzel, 1897), propose une géographie nouvelle mais dont les limites apparaissent rapidement dans la mesure où «elle réduit les possibilités humaines à l'adaptation au milieu et fait de l'homme un être dépendant du milieu physique plus que du milieu social» (Bailly et Beguin, 1990).

Selon la même approche déterministe, certains auteurs, comme Barrows (Barrows, 1923) développent l'idée d'adaptation de l'homme à un aspect particulier de l'environnement, ses contraintes et ses dangers. Suivant cette idée, en 1942, le géographe américain White construit une typologie d'adaptations aux inondations (White, 1942) qui sont les premiers aléas pris en compte par les géographes. A partir de là, débute aux Etats-Unis une longue série de monographies dont l'objectif principal est de connaître l'effet, sur les populations occupant les plaines alluviales ainsi que sur l'économie nationale, des mesures publiques liées au «Federal Flood Control Act» de 1936, visant à réduire les pertes liées aux inondations (White, 1974). Le verdict tombe en 1957 et montre qu'en dépit des cinq milliards de dollars qui avaient été investis dans les travaux de maîtrise des inondations (barrages, canaux, digues), les pertes humaines et matérielles n'avaient cessé de croître depuis 1936. De l'adaptation technologique pure et simple aux contraintes liées à ce type de phénomène, l'attention des chercheurs se focalise alors, sur le problème des causes et des conséquences de ce que l'on considérait comme une adaptation «sub-optimale» des occupants des plaines alluviales.

La fin des années 50 et le début des années 60, constituent ainsi une importante transition dans le domaine de la recherche sur les risques naturels, à l'instar de la science géographique en général, dont les thèses classiques connaissent une crise profonde. Divers courants de pensée, dont les courants radical et «behaviouriste», élargissent progressivement la vision géographique, et se développent durant les années 70, donnant une teneur nouvelle aux idées sur la relation homme-nature.

Les partisans du courant radical (ou marxiste) estiment que l'étude des conditions historiques et sociales qui agissent indépendamment de l'individu (et de la nature), doit précéder toute analyse (Bailly, 1984). Le concept de vulnérabilité vis-à-vis des désastres dits «naturels» est ainsi redéfini par certains auteurs comme n'étant pas un événement accidentel ou dépendant d'un processus géophysique, mais bel et bien une «caractéristique» des sociétés défavorisées (O'Keefe et al., 1976; Wisner et al., 1976; Wisner et al., 1977; Hewitt, 1983).

Influencée par les recherches menées en psychologie, l'approche comportementale ou «behaviouriste» s'attache pour sa part au monde subjectif de la personne et privilégie l'étude des processus cognitifs individuels, c'est-à-dire, des processus qui recouvrent «les mécanismes d'acquisition, de représentation de l'information et leur transformation en connaissance utile pour les jugements et les décisions» (Bailly, 1984). Cette problématique caractérise la géographie des «représentations» ou géographie de la «perception» et son courant environnementaliste s'attache à évaluer la manière dont l'environnement influence les réactions et les comportements ainsi que les réaménagements

spatiaux qui s'en suivent. Dans cette optique, des travaux s'engagent dans le domaine de l'urbanisme, du tourisme, de la qualité de la vie et dans celui des catastrophes naturelles qui constitue la branche première des travaux environnementalistes (Bailly, 1985).

La dimension comportementale des études sur les risques, concernant toujours les risques d'inondations, est d'abord développée par White, Burton et Roder (White et al., 1961) à la suite du constat de 1957, et par Kates dans les plaines alluviales du Tennessee où il met en particulier l'accent sur la «prison de l'expérience» et ses effets sur la perception du risque (Kates, 1962). En même temps, les études commencent à toucher d'autres types d'aléas, toujours aux Etats-Unis (Parker et Harding, 1979). Elles abordent en particulier les problèmes de sécheresse (Saarinen, 1966), d'inondations côtières (Burton et al., 1969) et de neige en ville (Rooney, 1969).

En 1967, sous la direction de White, débute un gigantesque programme de recherche mobilisant de nombreux chercheurs des universités de Chicago (puis du Colorado), de Clark et de Toronto. Ces travaux, qui vont aboutir en 1974 à la rédaction d'un gros document de synthèse (White, 1974), visent, d'une part à appliquer la méthodologie des recherches menées sur les inondations à d'autres risques géophysiques, d'autre part à analyser l'interaction entre les systèmes naturels et sociaux en des lieux géographiques et culturels distincts de ceux qui avaient été couverts aux Etats-Unis. Sont ainsi étudiés, à l'aide de campagnes d'enquêtes coordonnées, les problèmes liés aux cyclones au Bangladesh, aux inondations en Inde et au Royaume-Uni, à la sécheresse en Tanzanie et en Australie, aux avalanches de neige en Norvège, aux éruptions volcaniques à Hawaii, etc. (White, 1974).

Ce programme, outre le rapport final, conduit à une prolifération de publications (plusieurs dizaines de «working papers») qui suivent le même modèle de recherche dont l'objectif est:

- d'apprécier l'extension de l'occupation humaine dans les zones à risque;
- de déterminer l'éventail des adaptations possibles face à un aléa donné;
- de considérer la perception du risque des populations exposées ainsi que la perception de sa nature et de sa probabilité d'occurrence;
- de comprendre les processus d'adoption par les populations, de mesures de protection qu'elles ont elles-mêmes choisies ou bien d'analyser, le cas échéant, l'effet des politiques d'actions publiques sur les décisions.

Le programme de White aboutit ainsi à l'élaboration d'un modèle d'adaptation de l'homme aux menaces de la nature (Kates, 1970) et à son amélioration progressive (Burton et al., 1978). Ce modèle, sur lequel nous aurons l'occasion de revenir, utilise le concept de «rationalité limitée» de Simon (1957), s'opposant au concept «rationnel», déterministe, de prise de décision des individus.

Rompant avec le monopole quasi-total des universités nord-américaines, des chercheurs d'autres nationalités, indépendants ou en collaboration avec les géographes nord-américains, s'engagent, au début des années 70, dans ce type d'études, suivant toujours la même optique. Citons en particulier les travaux de chercheurs anglais qui se sont penchés sur les problèmes de pollution de l'air (Wall, 1973) ou d'inondations (Smith et Tobin, 1979). En Australie, Heathcote, Thom et bien d'autres, passent en revue les principaux aléas connus par ce pays, notamment la sécheresse, les inondations, les cyclones et les mouvements de terrains (Heathcote et Thom, 1979). Hultaker s'intéresse

aux problèmes de glissements de terrain en Suède (Hultaker, 1981). Une relation étroite entre l'évaluation des risques d'éboulements par la population de la vallée du Kathmandu et son utilisation des terres est mise en évidence au Népal (Johnson et al., 1982). Par ailleurs, la question de la perception des risques sismiques et de l'adaptation des hommes à ce type de risque est également abordée, en particulier au Japon (Mikami et al., 1981), en Italie (Geipel, 1983), en Nouvelle-Zélande (Simpson-Housley et Curtis, 1983) ou encore au Chili (Simpson-Housley et Navarro, 1985).

Il serait impossible de présenter tous les travaux géographiques qui ont trait au thème de la perception des risques et de l'adaptation humaine, qui se chiffrent par centaines. Notons cependant une collaboration entre géographes et représentants d'autres sciences sociales, de plus en plus sensible depuis les années 70. Les psychologues en particulier, ont enrichi les questionnaires d'enquêtes en y incorporant des tests psychologiques permettant de mettre en relation la perception des risques avec un éventail plus large de variables, allant des variables socio-économiques aux traits de caractère des individus (Sims et Baumann, 1972; Fulton, 1987; Simpson-Housley et De Man, 1987).

Soulignons enfin, malgré ces rapprochements somme toute encore ponctuels, la spécificité des géographes qui ont surtout porté leur attention sur des populations à peine frappées par une catastrophe ou vivant dans des régions dans lesquelles les aléas, comme les inondations, ont une assez forte périodicité de retour, afin d'observer les modes d'adaptation (en particulier réaménagement de l'espace) liés à la catastrophe vécue ou à la perspective d'un prochain événement. En d'autres termes, les géographes, se sont essentiellement penchés sur le moyen ou le long terme, alors que les spécialistes d'autres sciences, comme la psychologie et la sociologie ont davantage orienté leurs efforts sur le très court terme, notamment sur la période d'urgence.

Comportement durant les situations d'urgence: la vision à court terme des sociologues et des psychologues

Les innombrables études (quelques milliers de publications, thèses et rapports) menées sur les comportements individuels et collectifs sous des contraintes soudaines et violentes, prennent leur source chez les premiers chercheurs, psychologues pour la plupart, qui vers la fin des années 50, aux Etats-Unis, ont développé leurs travaux sur le thème des relations homme/environnement, suivant le schéma «Stimulus-Réaction», classique chez les biologistes. La réaction à ce schéma déterministe, qui décrit l'environnement exclusivement en termes de stimuli impersonnels et de buts équivalents pour tous (Lévy-Leboyer, 1980) ou en d'autres termes qui développe l'idée de relations directes entre les stimuli de l'environnement et le comportement humain (Bailly, 1984), ne tarde pas à se présenter. Face aux tenants de la théorie déterministe, tel Skinner (Skinner, 1953), s'opposent ceux qui recommandent une approche beaucoup plus nuancée, tenant compte des processus médiateurs, ce qui signifie que les réponses que l'homme donne à l'environnement ne peuvent être expliquées sans l'analyse des étapes cognitives intermédiaires (présupposés, expérience, apprentissage, besoins et autres médiateurs sociaux). Cette théorie, développée par plusieurs chercheurs, tels Kaplan (Kaplan, 1973) ou Ittelson (Ittelson et al., 1973), a, en particulier, influencé les tenants de la géographie des représentations, et fourni un modèle de recherche pour les psychologues et sociologues qui se sont penchés sur les problèmes suscités par les situations d'urgence liées aux catastrophes naturelles.

Les premières études, empiriques, sur les comportements humains durant les périodes d'urgence, ont eu lieu durant la deuxième guerre mondiale et ont été consacrées aux réactions humaines (comportements en cas d'évacuation, effets psychologiques, etc.) face aux conditions imposées par le conflit (Perry, 1979; UNDRO, 1987). Mais c'est essentiellement à partir des années 60 que des recherches systématiques de ce type ont concerné les catastrophes naturelles, aux Etats-Unis, puis au Japon. Au cours des années 70, plusieurs centres de recherche universitaires ont été créés pour étudier les situations de catastrophes, et ont intéressé un certain nombre d'autres pays parmi lesquels l'Australie, le Canada, l'Inde, le Royaume-Uni ou la Suède. Les études engagées ont porté sur une gamme étendue d'aléas et surtout sur les plus violents qu'ils soient soudains comme les séismes, prévisibles comme les cyclones ou présentant des signes annonciateurs ce qui est le cas des éruptions volcaniques.

D'après Perry et Quarantelli, deux chercheurs de renom dans ce domaine d'étude, il existe deux groupes principaux de travaux (Perry, 1979; Quarantelli, 1981).

Le premier groupe concerne l'étude psychologique des individus et en particulier des victimes des catastrophes. Il s'agit là de la prise en compte des micro-processus déterminant les comportements. Ces études portent sur les différentes phases d'une situation d'urgence : sur la période d'imminence du danger (réponse des individus aux messages d'avertissement, facteurs influant sur la décision d'évacuer, moment choisi pour évacuer, manière de le faire, importance des liens familiaux, etc.), sur la période de l'impact (réactions psychologiques, capacité de réagir, etc.) et sur celle qui suit immédiatement l'impact (santé mentale et morale, besoins des survivants, sources de conflits entre les intervenants extérieurs et les personnes sinistrées, etc.).

Le deuxième thème de recherche touche davantage aux macro-processus et se concentre sur l'étude sociologique des communautés et des organisations. Comme dans le cas précédent, les thèmes abordés sont multiples. On recherche, par exemple, la nature des problèmes qui peuvent se poser dans le domaine de la communication, de l'information et du contrôle des opérations d'urgence; on essaie de déterminer l'efficacité des mesures d'information et d'éducation du public selon le type d'organisation qui en a la charge; on se penche également sur les problèmes d'ordre logistique ou conflictuel rencontrés par les organisations de secours.

Nous n'entrerons pas davantage dans le détail des nombreux travaux que nous avons rapidement présentés et classés en deux grandes catégories qui peuvent paraître simplificatrices en raison de relations de plus en plus étroites nouées entre les chercheurs des différentes disciplines que nous avons considérées, sans parler de l'intervention, dans le domaine du comportement humain, d'autres sciences comme l'anthropologie, l'économie ou la biologie. Nous reviendrons sur certaines de ces études et, avec d'autres qui n'ont pas été présentées, elles fourniront des éléments de référence ou de comparaison au cours de l'exposition de nos travaux.

Pour l'instant, et c'est l'un des faits les plus notables de cet état de la recherche, il est clair qu'en dépit du déséquilibre certain qui existe avec les sciences physiques, les sciences sociales ont fourni depuis une trentaine d'années une somme relativement considérable de connaissances concernant les problèmes de vulnérabilité face aux catastrophes naturelles. Cependant, outre le fait que les études ont pour la plupart été réalisées dans les pays industrialisés ce qui ne manque pas de poser un problème de généralisation des résultats, il apparaît qu'elles présentent un caractère essentiellement

fondamental. A l'échelle de temps près (mais le «comportement à court terme» des psychologues et sociologues peut être considéré comme un cas particulier de l'«adaptation à long terme» des géographes), qu'elles soient menées par les géographes ou les sociologues, leur l'objectif est avant tout l'analyse des processus de comportement. De plus il s'agit de travaux généralement engagés après qu'une catastrophe se soit produite et non pas avant comme il serait souhaitable dans la perspective d'une planification préventive. Néanmoins il existe là des méthodes d'investigation et une importante base de données qu'il est au moins aussi utile d'utiliser à des fins opérationnelles que d'essayer d'en accroître la quantité.

Le besoin d'études de vulnérabilité sociale opérationnelles

Dans le cadre d'actions préventives, touchant à la fois la protection technologique, l'orientation de l'occupation du sol ou la préparation des populations, les travaux de recherche préalables doivent porter sur l'ensemble des éléments exposés ou en d'autres termes, sur la vulnérabilité humaine: sociale, patrimoniale et fonctionnelle. Connus sous le nom d'«études ou analyses de vulnérabilité», les travaux qui poursuivent cet objectif afin de constituer une aide à la décision dans le cadre de la planification d'actions préventives, n'en sont qu'à leurs balbutiements et surtout, ils n'abordent que très partiellement les problèmes de vulnérabilité sociale.

Certaines études de ce type ont été engagées par des économistes ou des bureaux d'études spécialisés et ont essentiellement considéré la vulnérabilité patrimoniale et fonctionnelle. Elles visent avant tout à aider les administrateurs, aux échelons nationaux et régionaux, à formuler leurs politiques propres de prévention en fonction des contraintes économiques et financières. Plus précisément, il s'agit de mettre en balance, selon des techniques plus ou moins complexes de calcul, les répercussions économiques des dégâts occasionnés par une catastrophe potentielle et les coûts entraînés par la réalisation éventuelle de politiques, de mesures ou de projets visant à en limiter les conséquences dans les zones exposées déjà occupées, ou à procéder, en connaissance de cause, au choix de nouvelles implantations. Sans entrer dans le détail, citons en particulier les analyses coûts-bénéfices qui consistent à évaluer les différents coûts et avantages et d'en calculer le rapport, ou les analyses effectuées selon la méthode du calcul économique qui, de manière plus systématique, recherche et évalue les différents effets pour l'ensemble de l'économie (UNDRO, 1979). La plupart des études menées dans ce domaine ont été réalisées dans les pays industrialisés et ont concerné avant tout les risques sismiques, en particulier dans la région de San Francisco (par exemple, Cochrane et al., 1974; Roberts et al., 1982) et les risques d'inondations (Parker, 1976; Penning-Rowsell et Chatterton, 1979, etc.).

Si globalement le volet humain constitue le parent pauvre des études sur les risques d'origine naturelle, le domaine de la vulnérabilité des populations ou vulnérabilité sociale, apparaît comme étant celui des études de vulnérabilité. Dans les travaux de planification préventive et dans le meilleur des cas, la vulnérabilité sociale n'est traitée que sur le plan quantitatif afin d'évaluer le nombre de morts ou de blessés probables selon un impact naturel donné. Cependant, nous l'avons noté, la vulnérabilité d'un groupe humain n'est pas simplement fonction de l'aléa et de la seule présence d'êtres humains dans une région exposée, mais dépend également (et nous pourrions dire surtout, dans des situations du type de celles qui ont abouti à la catastrophe colombienne de 1985 ou à toutes

celles que nous avons pris comme exemple) de variables qui sont principalement des variables de comportement. De la même manière que les volcanologues étudient le comportement des volcans ou que les géotechniciens se posent le problème du comportement des sols ou des constructions sous l'effet d'un séisme, il est fondamental de se pencher sur le comportement humain dont bien souvent dépendent les conséquences d'une catastrophe. Or, qu'il s'agisse du comportement des scientifiques, des autorités politiques et administratives, de celui des intermédiaires humains (médias, groupes de pression) ou techniques (communications, systèmes d'alarme, etc.) ou encore celui des populations exposées, le problème n'est habituellement abordé qu'à la suite d'une catastrophe, et ce n'est qu'à ce moment qu'il apparaît comme un problème majeur. Il est donc indispensable d'intégrer dans les travaux de planification préalable les études de vulnérabilité sociale et de l'ensemble des facteurs sociaux qui concourent à cette vulnérabilité, au même titre que les études de vulnérabilité physique, patrimoniale et fonctionnelle.

Les nombreux problèmes que nous avons soulignés suscitent autant de besoins:

- besoin d'investigations pouvant constituer une base solide de réflexion pour les pays qui se sont engagés ou qui vont prochainement s'engager dans des activités de planification préventive;
- besoin de se pencher sur le problème des réalités sociales qui en période d'urgence rendent souvent inopérantes les solutions techniques;
- besoin d'établir un meilleur équilibre entre la recherche en sciences de la Terre et la recherche en sciences sociales;
- besoin enfin, de rendre opérationnelles ces recherches en développant notamment les études de vulnérabilité sociale.

A l'heure où l'une des préoccupations déclarées de la communauté internationale est de limiter les conséquences des catastrophes naturelles, il est nécessaire de considérer ces besoins et de leur donner une réponse. Ce sont ces derniers qui ont motivé les travaux de recherche dont nous présentons ici les principaux résultats.

Photo 4
Titres accusateurs au lendemain de la
catastrophe colombienne du 13 novembre 1985
 (quotidiens colombiens «El Espectador» et «El Tiempo»)



Photo 5
Armero: une ville disparue
 (Orlando face aux ruines de la maison d'un ami, la sienne n'existe plus)



Photos 6 et 7

Armero avant et après la catastrophe

(d'après les photographies aériennes de l'Institut Géographique
«Agustin Codazzi» prises le 5 mai et le 24 novembre 1985)

INTRODUCTION

Nos travaux visent essentiellement deux objectifs. A partir du cas équatorien, abordé selon une approche intégrant à la fois la composante physique et humaine du risque, mais mettant l'accent surtout sur la deuxième, notre souhait est de contribuer à combler le décalage existant entre les sciences physiques et les sciences sociales dans le domaine de la recherche sur les situations qui concourent aux catastrophes, et d'apporter quelques éléments de réflexion sur le problème des relations entre les hommes et une nature potentiellement violente. Il s'agit là du volet fondamental de notre recherche.

Le deuxième objectif est plus appliqué. Nous avons en effet essayé de développer une méthodologie de recherche pour une étude de vulnérabilité sociale opérationnelle. Notre travail se veut donc aussi une aide à la décision. En raison du terrain choisi, il est en premier lieu destiné aux autorités équatoriennes qui se préoccupent du sort de plusieurs centaines de milliers de personnes menacées par le volcan Cotopaxi. Son ambition est cependant de toucher un plus large public de décideurs notamment dans les pays en voie de développement qui s'engagent dans des travaux de planification préventive et de faciliter par la réflexion ou par l'action suggérée, une meilleure gestion des risques d'origine naturelle.

Plus spécifiquement, notre étude propose une analyse puis une synthèse des facteurs physiques et humains qui peuvent contribuer à la vulnérabilité des populations dans l'hypothèse d'une éruption du Cotopaxi, la dernière d'importance remontant au siècle dernier. On l'aura observé dès l'avant-propos, les pistes de recherche qui nous étaient offertes étaient multiples. Le choix du type de risque, du terrain d'étude et des thèmes de recherche précis pour lesquels nous avons opté demande donc à être justifié.

Le type de risque

Plusieurs facteurs expliquent le choix du risque volcanique et plus spécifiquement celui du risque présenté par le volcan Cotopaxi.

Le premier d'entre eux est à rattacher à l'intérêt particulier que nous portons à ce type de phénomène et qui nous a amené à visiter, à titre personnel, plusieurs régions volcaniques d'Europe, d'Asie et d'Amérique durant ces quinze dernières années et notamment l'Equateur en juillet 1985. Un deuxième séjour dans ce pays, l'année suivante, a abouti à la rédaction d'un mémoire de DEA qui considérait le volcan Cotopaxi et qui traçait les grandes lignes thématiques et méthodologiques des travaux que nous présentons ici (D'Ercole, 1986).

Quelques mois après notre première visite de l'Equateur et du Cotopaxi, à quelques centaines de kilomètres de là, se produisait l'éruption du Nevado del Ruiz. En dépit des différences qui peuvent exister entre les deux volcans, en ce qui concerne la morphologie, l'histoire ou encore le contexte humain, un rapprochement ne pouvait manquer de se faire entre la phénoménologie et les conséquences de l'éruption du Ruiz et ce qui avait caractérisé les éruptions passées du Cotopaxi. L'ampleur du désastre et le poids du facteur humain dans la catastrophe colombienne, ont non seulement accentué notre souhait d'effectuer des recherches sur le risque volcanique, mais également conforté l'idée qu'il fallait axer celles-ci dans le domaine social.

Notre choix est aussi lié à la rareté des études consacrées aux aspects sociaux associés aux risques volcaniques. Nous l'avons vu, la plupart des travaux de recherche suivant cette optique ont concerné les risques d'inondations. L'attention des chercheurs s'est également portée sur les risques météorologiques, les cyclones notamment et, à un moindre degré, sur les situations créées par les tremblements de terre. Le désintéressement apparent vis-à-vis des risques volcaniques, tient à notre avis à trois raisons:

- La relative jeunesse de la science volcanologique qui fait que l'essentiel des efforts ont été engagés dans le domaine de l'étude physique des phénomènes et dans celui de la technique (appareils de mesure et de surveillance principalement).

- La faiblesse, toutes proportions gardées, des pertes occasionnées par les volcans (tableau 3). Alors qu'en moyenne une soixantaine de volcans entrent en éruption chaque année, seuls quelques uns entraînent la mort d'hommes ou occasionnent des dégâts matériels plus ou moins importants (Simkin et al., 1981; Peterson, 1988). Chaque siècle, cependant, connaît quelques éruptions aux conséquences désastreuses, se chiffrant en dizaines de milliers de victimes, telles celles du Tambora en 1815, du Krakatoa en 1883, de la Montagne Pelée en 1902 ou du Nevado del Ruiz en 1985, mais aussi plusieurs autres qui se soldent par des centaines ou des milliers de victimes (tableau 4).

- Le fait que la plupart des études sociales liées aux catastrophes naturelles aient été réalisées dans certains pays industrialisés tels les Etats-Unis, l'Australie, le Royaume-Uni, la Suède ou le Japon, qui, à l'exception de ce dernier, et plus récemment les Etats-Unis, ne sont guère ou n'ont guère été concernés par les phénomènes volcaniques. Les quelques études abordant cet aspect de la question nous proviennent ainsi du Japon, en particulier à la suite de l'éruption de l'Usu en 1977 (Kadomura et al., 1978; Kadomura et al., 1981). Les chercheurs nord-américains se sont longtemps satisfaits des seuls volcans hawaïens qui posaient des problèmes, relativement mineurs d'ailleurs en raison du type d'activité (Lachman et Bonk, 1960; Murton et Shimabukuro, 1974; Hodge et al., 1979; Sorensen et Gersmehl, 1980), avant de se pencher sur une situation nouvelle créée par le St. Helens

ALEAS	Victimes	%
Séismes	2 662 165	58,1
Inondations	1 287 645	28,1
Cyclones	434 894	9,5
Eruptions volcaniques	128 058	2,8
Autres*	66 966	1,5
TOTAL	4 579 728	100,0

Tab. 3 - Bilan comparatif des catastrophes naturelles de 1900 à 1976

Source: Croix Rouge Internationale
(d'après UNDR0, 1979)

* Glissements de terrain, avalanches, tempêtes, etc.
(sécheresse non comprise)

Volcans	Pays	Année	Victimes
Awu	Indonésie	1701	3000
Oshima-Oshima	Japon	1741	1475
Cotopaxi	Equateur	1742	1000
Makian	Indonésie	1760	2000
Papandajan	Indonésie	1772	2957
Laki	Islande	1783	9336
Asama	Japon	1783	1151
Unzen	Japon	1792	15188
Mayon	Philippines	1814	1200
Tambora	Indonésie	1815	92000
Galunggung	Indonésie	1822	4000
Mayon	Philippines	1825	1500
Nevado del Ruiz	Colombie	1845	1000
Awu	Indonésie	1856	3000
Cotopaxi	Equateur	1877	1000
Krakatoa	Indonésie	1883	36417
Awu	Indonésie	1892	1532
Soufrière	Saint Vincent	1902	1565
Montagne Pelée	Martinique	1902	29000
Santa Maria	Guatemala	1902	6000
Taal	Philippines	1911	1332
Kelud	Indonésie	1919	5110
Merapi	Indonésie	1951	1300
Lamington	Nouvelle Guinée	1951	2942
Agung	Indonésie	1963	1900
El Chichón	Mexique	1982	3500
Nevado del Ruiz	Colombie	1985	25000
Nyos	Cameroun	1986	1700

Tab. 4 - Catastrophes volcaniques s'étant soldées par plus de 1000 victimes depuis le début du XVIII^e siècle
(D'après UNDR0 et UNESCO, 1985. Réactualisé à partir de 1963)

en mai 1980 et qui a fait l'objet de plusieurs publications (entre autres, Greene et al., 1980; Warrick et al., 1981; Sorensen, 1981; Martin et Davis, 1982; Leik et al., 1982; Perry et Greene, 1983; Perry et al., 1983; Saarinen et Sell, 1985). Ailleurs, quelques rares travaux ont vu le jour, notamment en Indonésie (Ronodibroto, 1976) et plus récemment en Amérique Latine sous l'effet de l'éruption du Nevado del Ruiz (CERESIS, 1990; Voight, 1990).

En outre, ont été réalisées quelques études de portée plus générale, plus synthétiques, consacrées entièrement ou partiellement aux aspects sociaux, comme ceux de Sheets et Grayson (1979), de Blong (1984), de l'UNDR0 et de l'UNESCO (1985) ou de Peterson (1986, 1988), adaptant parfois directement les travaux de White, Kates ou Burton à la problématique volcanique (Warrick, 1979).

Notons également que les travaux ayant porté sur des cas précis ont, dans leur grande majorité, présenté une vision retrospective des phénomènes, se fondant sur des situations qui venaient d'être vécues. A notre connaissance, seul le volet de l'étude de

Hodge et al. consacré au Mont Baker (Hodge et al., 1979), peut être considéré comme prospectif, dans la mesure où il est question de perception du risque des populations vis-à-vis d'un volcan inactif depuis 1870, mais dont certains signes au moment de l'étude laissaient supposer un possible réveil.

Comme le Mont Baker, le Cotopaxi est un volcan potentiellement dangereux mais sa dernière éruption importante date de 1877 et personne ne l'a donc vécue. Le risque pour qui s'intéresse aux populations exposées peut être de réaliser une recherche dont les conclusions seraient sans nuances. Il s'agit cependant là d'une situation que nous avons jugée intéressante à plusieurs titres.

Sur le plan de la prévention, l'attention des scientifiques, qu'il s'agisse de spécialistes de sciences physiques ou de sciences humaines, doit au minimum se porter sur l'ensemble des volcans ayant connu au moins une éruption durant la période historique. L'exemple du réveil récent de l'Unzen (Japon) et du Pinatubo (Philippines) après respectivement 200 ans et 600 ans de repos est suffisamment éloquent.

D'autre part, la recherche sociale proprement dite se présente sous un angle très différent. Elle se fonde en effet sur un risque perçu et non plus vécu. Mais à la différence des séismes, des inondations ou des cyclones, le volcan est une source de danger visible en permanence. Aussi, ne serait-ce que par sa seule présence et quelle que soit la fréquence de ses manifestations, il peut difficilement laisser quelqu'un indifférent. Dans cette optique, le cas du Cotopaxi est particulièrement significatif dans la mesure où par sa taille (5897 m), sa forme conique presque parfaite et ses glaciers, ce volcan constitue l'un des principaux attraits naturels du pays, une «fierté nationale» comme disent de nombreux équatoriens. De plus, sa période de sommeil n'est pas suffisamment longue pour que tout le monde ait oublié qu'il pouvait être dangereux. Essayer de retrouver ce que les gens savent du Cotopaxi, d'estimer la qualité de ce savoir selon les groupes sociaux et les sources d'information qu'il s'agisse de l'école, des médias ou de la mémoire collective et de comprendre le poids de celui-ci sur la perception du risque, voire sur le comportement en situation d'urgence, ne manque certainement pas d'intérêt.

La position fixe et ponctuelle du volcan peut également être à l'origine de mécanismes de perception variables dans l'espace. Comment par exemple, perçoit-on le volcan et les risques qui lui sont associés selon que l'on vit à 15 kilomètres ou à 50 kilomètres de celui-ci? Cet aspect de la question est d'autant plus important à considérer que les risques liés au Cotopaxi ne sont pas inversement proportionnels à la distance tout en suivant une dégradation auréolaire. En effet, comme ce fut le cas du Nevado del Ruiz, le Cotopaxi, également recouvert d'une calotte glaciaire, peut produire (et ce fut fréquemment le cas dans le passé) des coulées de boues ou lahars qui constituent l'un des phénomènes associés aux éruptions volcaniques, parmi les plus meurtriers (tableau 5). Ces lahars présentent la particularité de canaliser le danger, comme le font les coulées de lave et très souvent les écoulements pyroclastiques, mais à la différence de ces aléas, ils peuvent porter le danger beaucoup plus loin. C'est ainsi que de nombreuses personnes survécurent à l'éruption du Nevado del Ruiz alors qu'elles vivaient à proximité de son cratère mais en dehors du passage des lahars, tandis que la grande majorité des victimes, frappées de plein fouet par ces derniers, était installée à plus de 40 km du volcan.

L'aspect pratique enfin, nous a également incité à opter pour le risque volcanique. Contrairement au phénomène sismique par exemple, le phénomène volcanique permet au chercheur de pouvoir cerner assez précisément une région d'étude. En effet, si la capacité

destructrice des volcans peut être très élevée, elle ne concerne généralement qu'une superficie relativement faible qui, moyennant des études appropriées, peut être assez facilement délimitée, du moins dans ses grandes lignes.

Aléa	Victimes	%	%*
Famine	95313	35,4	—
Écoulements pyroclastiques et débris-avalanches	58495	21,7	33,7
Tsunamis	44356	16,5	25,5
Lahars	39746	14,8	22,9
Retombées	10953	4,1	6,3
Gaz et pluies acides	1885	0,7	1,1
Coulées de lave	985	0,4	0,6
Séismes	89	0,03	0,05
Effets atmosphériques	63	0,02	0,04
Causes inconnues	17182	6,4	9,9
TOTAL	269067	100	100

* Famine non comprise

Tab. 5 - Effet comparé des différents aléas liés directement ou indirectement aux éruptions volcaniques (1600-1986)

D'après Blong (1984), complété par les éruptions du Chichon (1982), du Nevado del Ruiz (1985) et les émanations toxiques du lac Nyos (1986)

Le terrain de recherche

Les motivations

Des conditions précises ont motivé le choix du terrain. Notre premier souci était de bénéficier d'un contexte favorable, c'est-à-dire de pouvoir faire coïncider nos études avec de véritables préoccupations locales, ce qui sous-entendait appui moral et logistique mais aussi perspective de donner à nos travaux la portée opérationnelle que nous souhaitons. Nous avons en même temps besoin d'une base de données suffisamment solide, notamment sur le plan des phénomènes physiques, pour engager nos propres travaux à dominante sociale. Nous voulions également travailler dans un pays en voie de développement pour les raisons précédemment exposées.

Toutes ces conditions étaient remplies en Equateur et plus particulièrement dans la région du Cotopaxi. L'Equateur est un pays en voie de développement fréquemment affecté, au même titre que l'ensemble des pays andins, par des catastrophes naturelles devenues politiquement et socialement inacceptables. En effet, sous l'effet de l'éruption du Nevado del Ruiz qui a touché un pays voisin et du séisme du 5 mars 1987 qui a sévèrement secoué les provinces septentrionales et orientales de l'Equateur, les autorités équatoriennes se sont franchement engagées depuis 1987 dans des activités de planification préventive rompant ainsi avec l'habituel et unique souci d'organiser des opérations de secours après une catastrophe. Ces activités sont dirigées par la Protection Civile nationale épaulée de l'intérieur par un comité technico-scientifique réunissant le bureau d'études géologiques national (INEMIN) et les principaux instituts de recherches géologiques du pays (en particulier l'Institut de Géophysique de l'Ecole Polytechnique

Nationale) et par un comité inter-institutionnel regroupant les principales institutions publiques et privées du pays. Elles sont appuyées de l'extérieur, par des organismes internationaux comme l'UNDRO. L'objectif de ces travaux est de considérer les principaux aléas connus par l'Equateur, notamment les éruptions volcaniques, les séismes et les inondations, de prévoir les problèmes de portée nationale et de fournir aux autorités provinciales et aux organismes locaux de protection civile les éléments nécessaires leur permettant de formuler leurs propres politiques de prévention.

Les risques volcaniques ont constitué le premier centre d'intérêt et le premier volcan pris en considération fut le Cotopaxi. Ces choix n'ont pas été le fait du hasard mais ont répondu à des préoccupations précises. Si les autorités équatoriennes ont parfois été sévèrement critiquées en raison d'une organisation des secours problématique à la suite du séisme de 1987, on a souvent, en contrepartie, souligné le caractère imprévisible du phénomène. Les risques volcaniques, en revanche, peuvent constituer des enjeux politiques bien plus importants dans la mesure où, à la différence des séismes, une éruption volcanique se manifeste toujours par les phénomènes précurseurs. On pardonnera donc difficilement le fait d'avoir négligé ces signes mais aussi de ne pas s'être préparé à temps. Le choix du Cotopaxi comme premier objet d'études, par rapport à d'autres volcans comme le Pichincha qui menace la capitale mais qui ne possède pas de calotte glaciaire, est quant à lui directement lié au rapprochement établi avec le Nevado del Ruiz.

Outre le contexte favorable que nous avons souhaité pour la réalisation de nos travaux de recherche et qui s'accroît grâce aux relations privilégiées que nous avons pu nouer avec la Protection Civile équatorienne et les organismes associés, nous avons bénéficié de l'existence d'études géologiques sur le Cotopaxi, son histoire et ses caractéristiques éruptives, qui, malgré leur caractère souvent préliminaire, nous ont fourni les bases physiques dont nous avons besoin. Ces travaux ont en particulier débouché sur la réalisation d'une carte des menaces potentielles du Cotopaxi dont la version définitive date de 1988 (Hall et Von Hillebrandt, 1988) et qui fut pour nous d'une extrême utilité.

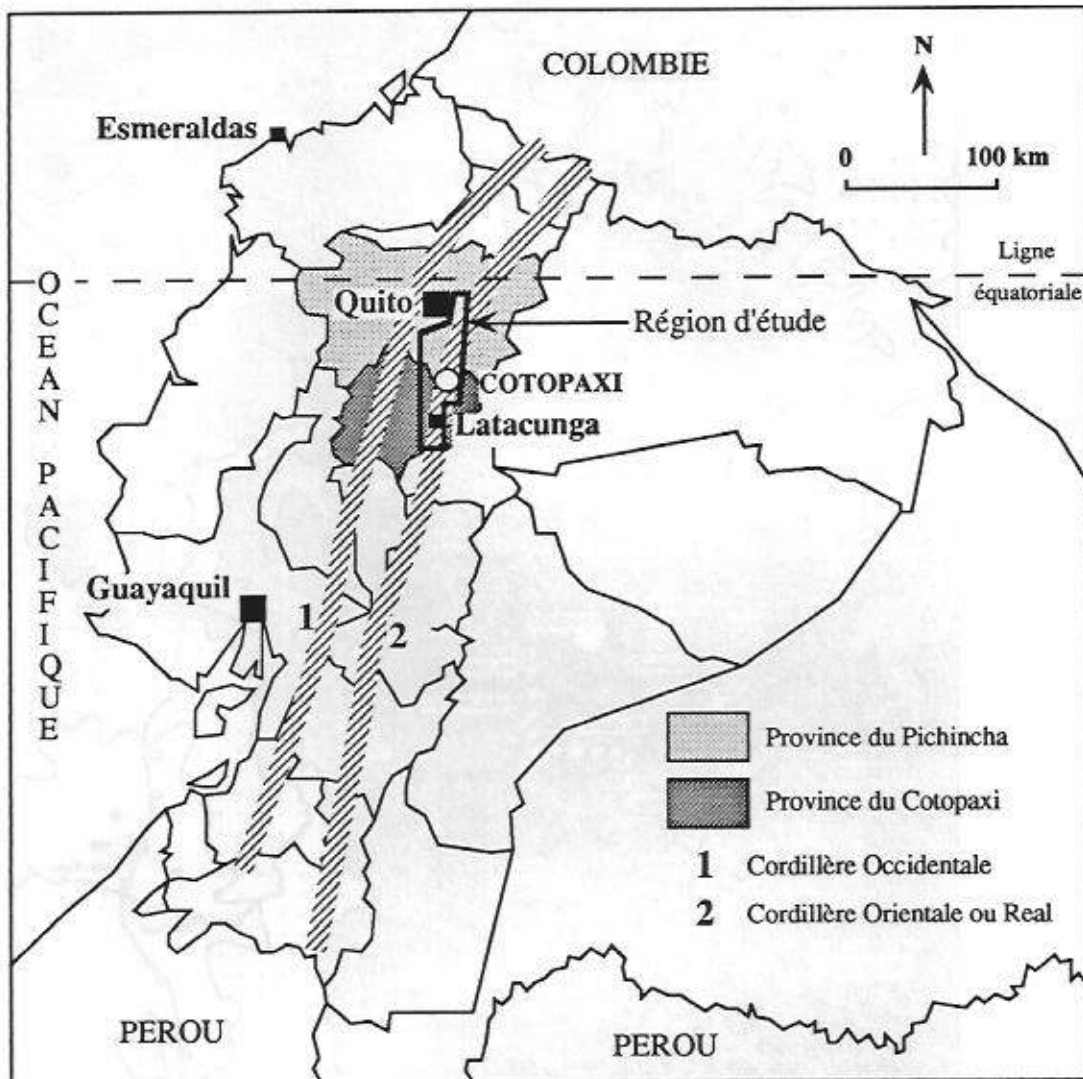
Le terrain de recherche et son contexte physique et humain

Le terrain de recherche proprement dit occupe un territoire de la Sierra équatorienne septentrionale d'environ 120 km de long et de 15 à 25 km de large, situé immédiatement à l'est et au sud de la capitale, dans les provinces du Pichincha et du Cotopaxi (carte 1). Ses limites correspondent à celles qui ont été retenues pour la carte des menaces potentielles du Cotopaxi. Compte tenu de la finalité opérationnelle de notre étude, nous avons voulu conserver le cadre géographique d'un document qui constitue la base des travaux de planification de la Protection Civile nationale. De plus, les régions représentées sont de loin les plus menacées par le Cotopaxi.

La zone d'étude couvre un tronçon de la dépression interandine («callejón interandino») bordée par deux cordillères (cartes 2 et 3):

- A l'ouest la Cordillère Occidentale constituée d'un soubassement volcano-sédimentaire datant principalement du Secondaire (Crétacé), sur lequel se superpose un relief volcanique quaternaire. Il s'agit pour l'essentiel de strato-volcans qui ne dépassent pas 5000 m à l'exception des Illinizas et du Chimborazo et, hormis le Quilotoa et le Guagua Pichincha, ils ne présentent aucun signe d'activité.

- A l'est la Cordillère Orientale ou Cordillère Real, dont les volcans également

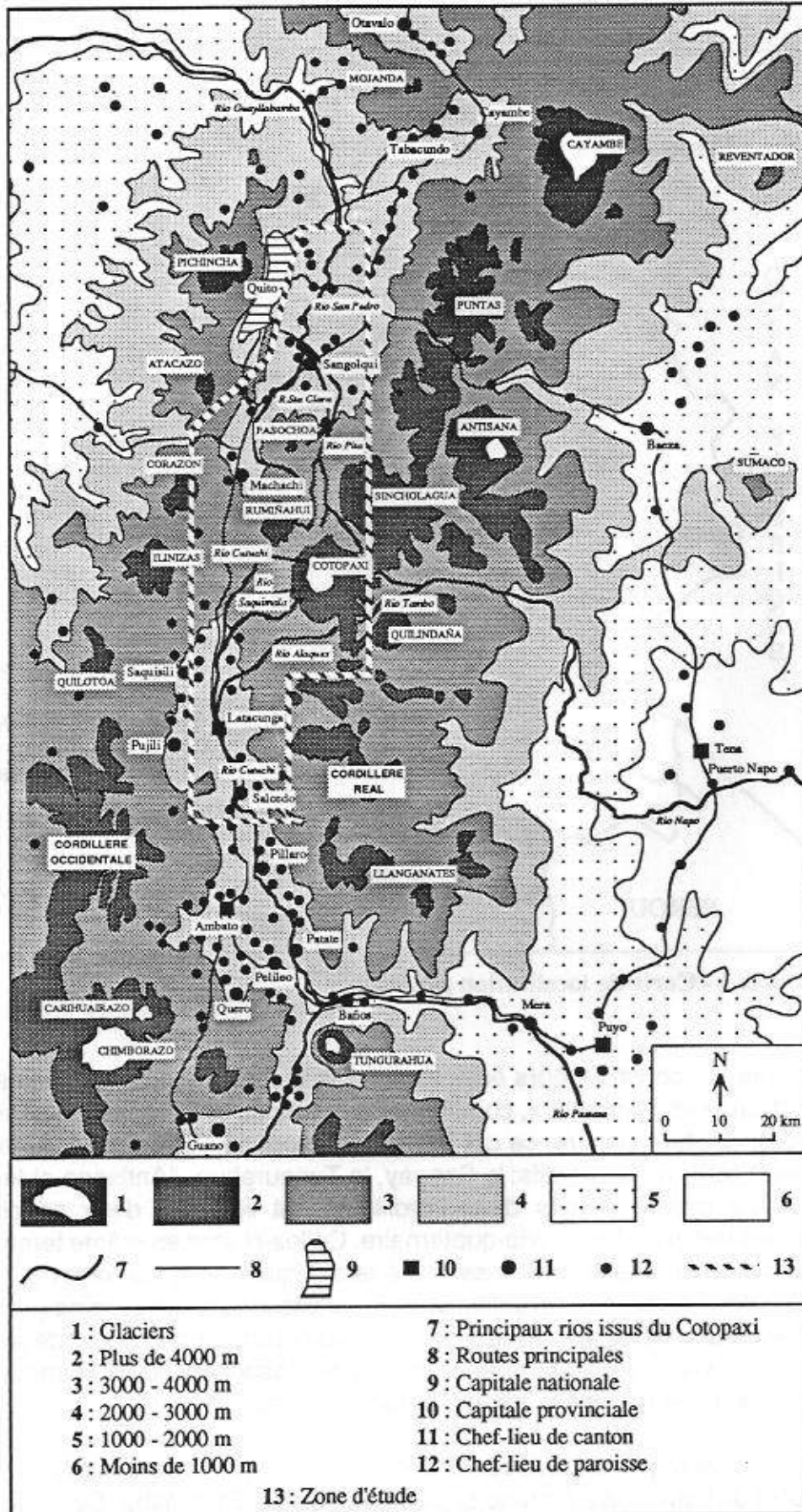


Carte 1 - Carte de localisation générale

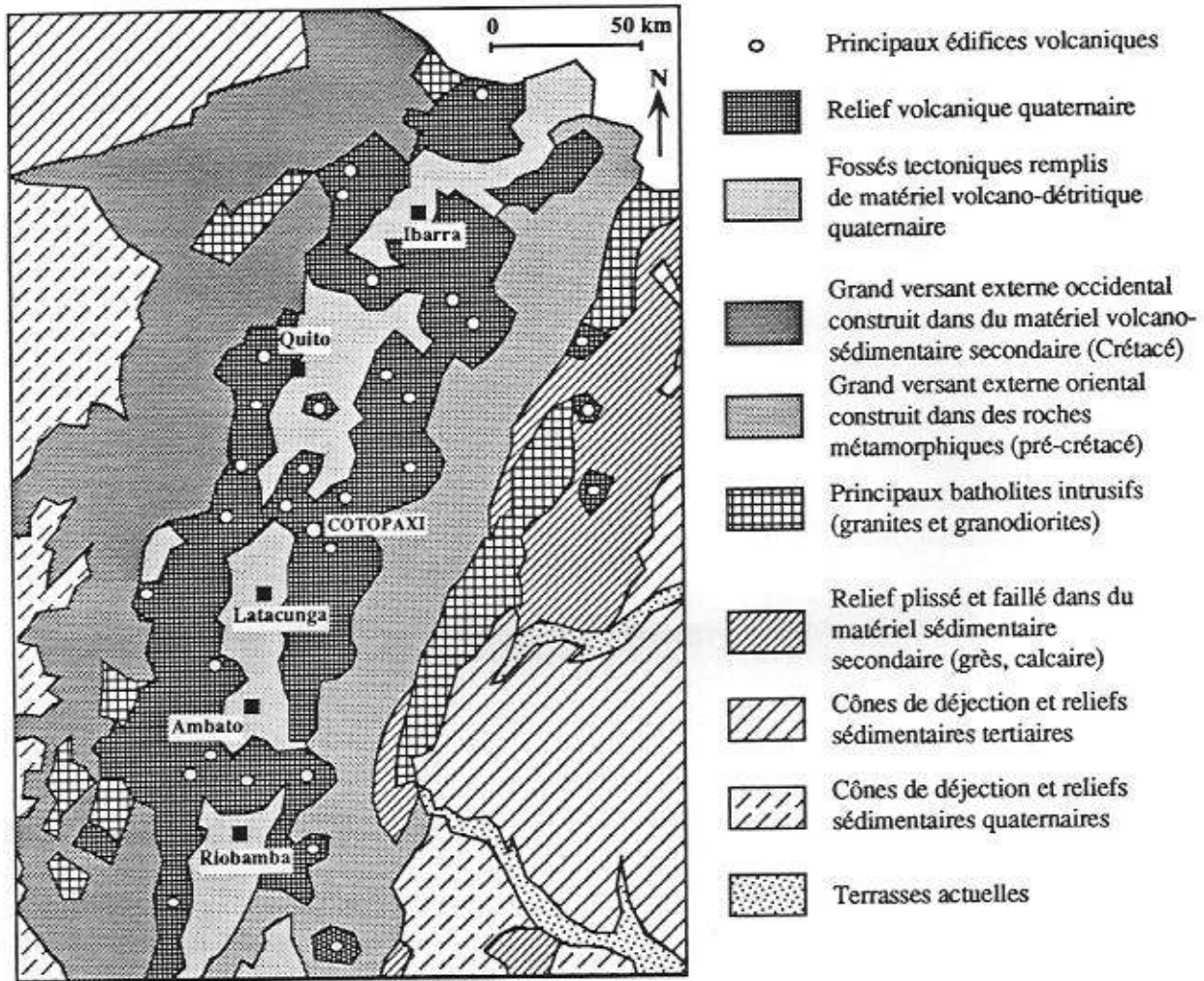
quaternaires ont construit leurs édifices sur des roches métamorphiques antérieures au Crétacé. Plusieurs d'entre eux, comme le Cayambe ou le Cotopaxi, dépassent 5000m et portent une calotte glaciaire, ce qui leur vaut le nom de «nevados». Quatre volcans, au moins, sont actifs ou sub-actifs: le Sangay, le Tungurahua, l'Antisana et le Cotopaxi.

La surrection des deux cordillères est liée aux deux principales phases orogéniques mio-pliocène et plio-quaternaire. Celles-ci sont en même temps à l'origine de la dépression interandine, immense fossé tectonique haché de failles (Collin Delavaud, 1982). Ce grand fossé médian est en réalité une succession de bassins («hoyas») remplis de dépôts volcano-détritiques, parmi lesquels des dépôts lahariques, et de seuils («nudos») constitués de vieux volcans érodés comme le Pasochoa ou le Rumiñahui et dont la localisation est liée au réseau de failles transversales.

Notre région d'étude comprend une grande partie de deux de ces bassins, ceux de Quito et de Latacunga-Ambato séparés par le seuil Rumiñahui-Corazón (carte 2). Ces bassins peuplés dont l'altitude se situe pour l'essentiel entre 2500 et 3000m sont dominés à l'est, au droit du seuil les séparant, par le volcan Cotopaxi qui s'élève à 5897m, à 60 km au sud de Quito.



Carte 2 - Carte de localisation de la région du Cotopaxi
(d'après la carte physique de l'Equateur au 1/1 000 000^e, IGM)



Carte 3 - Grands traits géomorphologiques de la Sierra septentrionale équatorienne
(D'après Collin Delavaud, Atlas de l'Equateur, 1982)

L'appareil volcanique couvre une superficie de 380 km², son volume est estimé à 272 km³ et le diamètre à la base est de 22 km (Hantke et Parodi, 1966). Il présente une forme conique quasi parfaite et l'inclinaison de ses flancs est de 35° environ (photo 8). Au sommet de l'appareil et légèrement décentré vers le sud-est, s'ouvre un cratère de 800m de diamètre dans lequel s'emboîte en second cratère de 250m de diamètre et de 120m de profondeur (photo 9).

Une grande calotte glaciaire de 5km de diamètre, de 27km² de superficie et de près d'un km³ de volume (Jordan et al., 1986), recouvre la partie sommitale du volcan sans cependant masquer le cratère (photos 8 et 10). Cette calotte est dissymétrique en raison d'une inégale répartition des précipitations moins abondantes à l'ouest que dans la partie orientale directement sous influence amazonienne. L'altitude de base des glaciers se situe vers 4700-4800m sur le versant occidental, alors qu'elle s'abaisse aux environs de 4500-4600m sur le versant opposé.

En dessous de la limite des glaciers, les flancs du volcan sont couverts d'un épais manteau de produits pyroclastiques déposés lors des dernières éruptions. Mais l'érosion par les eaux courantes dues aux précipitations et à la fonte des neiges et des glaces, a pu jouer pleinement dans un matériel dans l'ensemble meuble ou peu consolidé.



Photo 8

Le Cotopaxi: une forme conique quasi parfaite

(Photo prise depuis la Pampa del Limpio au nord nord-ouest du volcan. La dissymétrie de la calotte glaciaire est bien marquée)

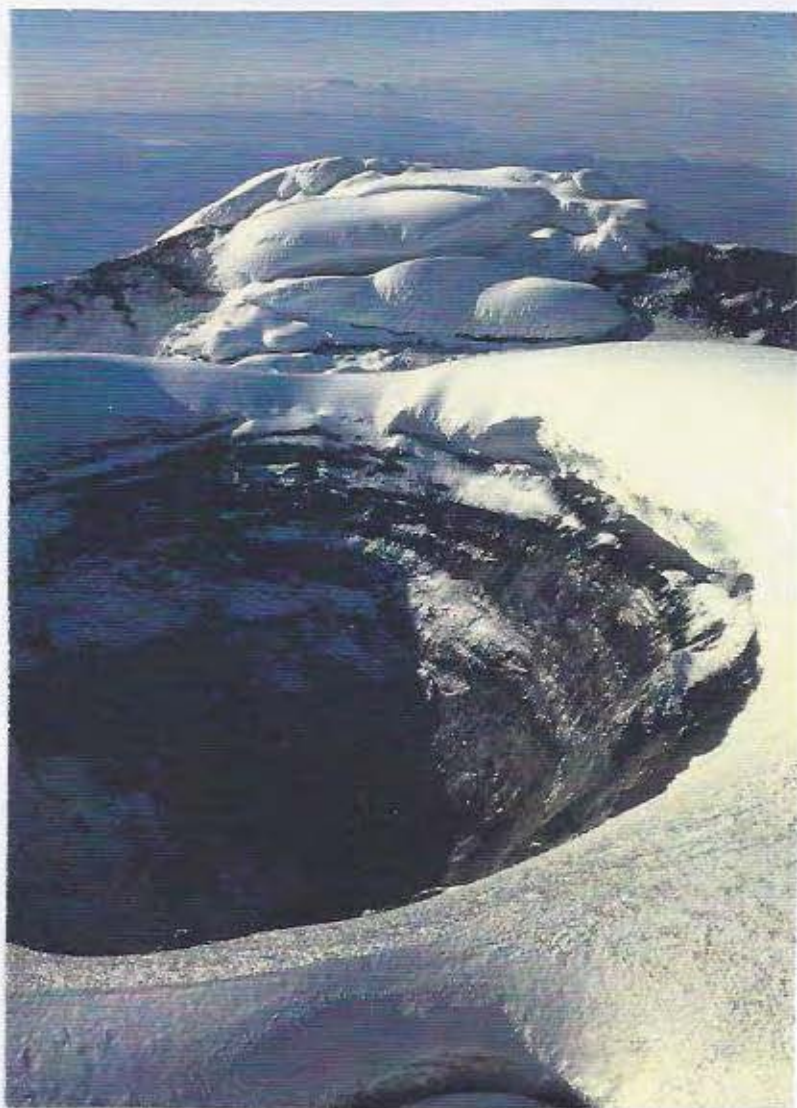


Photo 9

Le cratère du Cotopaxi

(En fait un cratère de 800 m de diamètre dans lequel s'emboîte un deuxième cratère de 250 m de diamètre et de 120 m de profondeur)



Photo 10

La calotte glaciaire du Cotopaxi, versant nord (Son volume est estimé à près d'un km³. Le refuge José Ribas signalé par une flèche, donne l'échelle)

Photo 11

Quebrada entaillant les flancs du Cotopaxi et faisant apparaître une structure de strato-volcan (Photo prise à proximité du refuge José Ribas sur le versant nord du volcan)



Les flancs du Cotopaxi sont ainsi profondément entaillés par de nombreux barrancos («quebradas») faisant apparaître une structure sous-jacente caractéristique des strato-volcans (alternance de laves andésitiques et d'épaisses couches de matériel pyroclastique: cendres, lapilli, bombes; cf. photo 11).

A partir de ces barrancos, le système hydrographique s'organise selon trois directions:

- vers le nord: rios Pita et San Pedro empruntant le bassin de Quito, puis rio Guayllabamba, débouchant sur le Pacifique;
- vers le sud avec le rio Cutuchi qui longe le bassin Latacunga-Ambato, puis, après avoir traversé la Cordillère Real vers le bassin amazonien avec le rio Pastaza;
- vers l'est directement avec les rios Tambo et Napo.

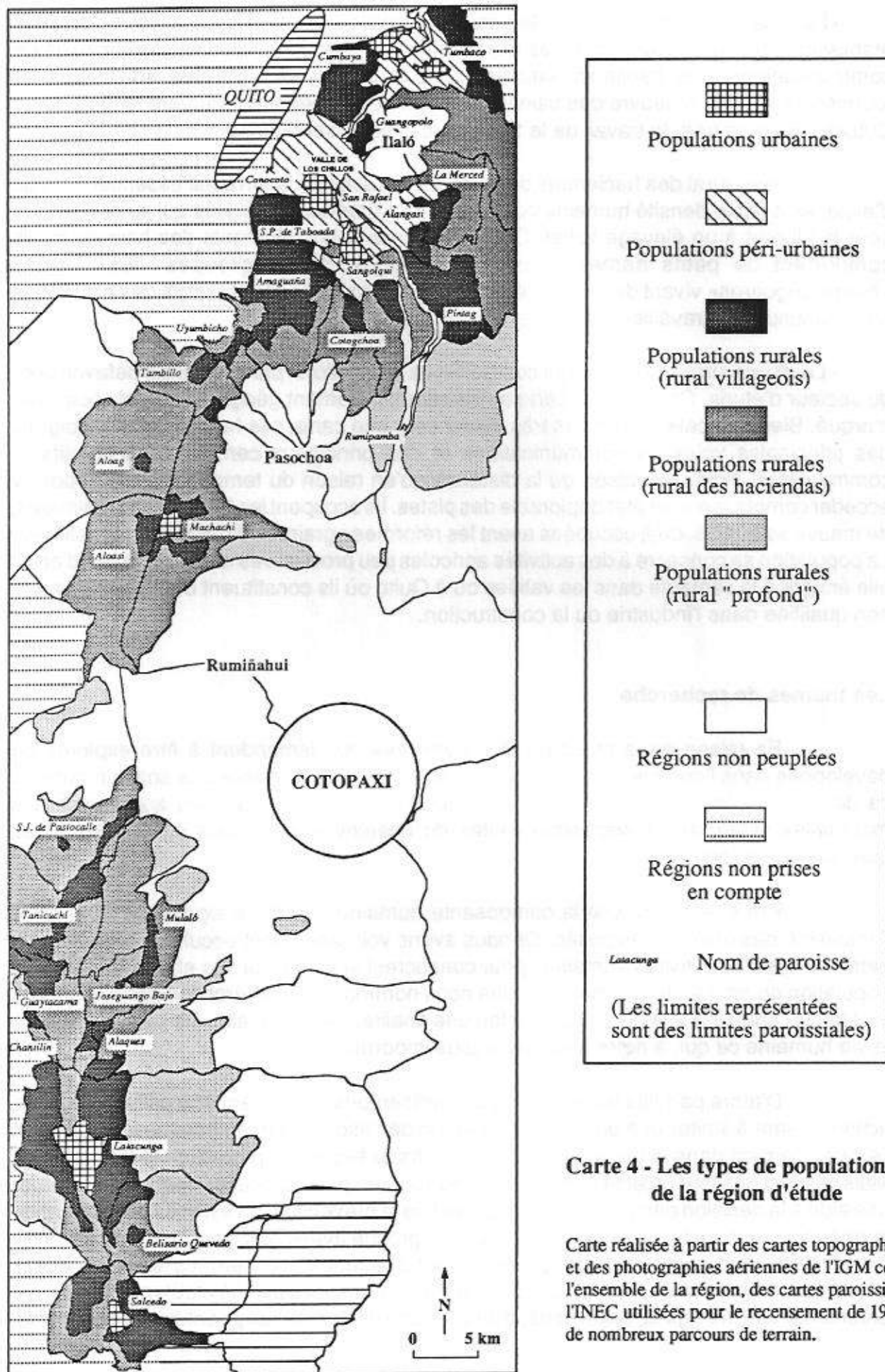
Le Cotopaxi est l'un des nombreux volcans de la Ceinture de Feu du Pacifique et son cadre géodynamique est celui d'une marge continentale active liée à la subduction de la plaque Nazca sous le continent sud-américain. Il s'agit donc d'un volcanisme qui se caractérise par sa jeunesse et par une grande explosivité. De plus, le Cotopaxi est un «nevado» susceptible de produire dans le futur, comme ce fut le cas dans le passé, des lahars qui ont suivi les vallées des rios Cutuchi, Pita et Tambo en constituant de gigantesques cônes de déjection parsemés de blocs de toute taille (plus de 5 m de diamètre pour certains; voir en particulier les photos 23 et 24, p.90). Les épandages les plus spectaculaires sont situés à la base du versant nord du volcan où ils s'étalent sur près de 6 km mais les dépôts sont également visibles dans les deux bassins qui constituent le cadre de notre étude.

Près de 315 000 personnes, dont plus des deux tiers sont menacées par le Cotopaxi, vivent dans les bassins retenus pour l'étude. Ces personnes occupent 28 paroisses qui constituent la plus petite subdivision administrative du pays (carte 4). Quito intra-muros étant situé sur une marche tectonique dominant de 300 m le bassin septentrional (photo 27, p.103) n'est que très faiblement menacé par le Cotopaxi et a donc été exclu de l'étude. Il en est de même des régions orientales non peuplées sur une centaine de kilomètres.

La population du secteur d'étude est très diversifiée socialement et cette hétérogénéité constitue un intérêt indéniable pour nos travaux, notamment en ce qui concerne la perception du risque ou de manière plus générale, les facteurs de comportement. Cinq types de milieux humains ont été distingués (carte 4):

- Le milieu urbain qui regroupe les populations de sept petites villes ou gros bourgs comportant plus de 5000 habitants concentrés: Cumbaya, Tumbaco, Conocoto, Sangolqui, Machachi, Salcedo et Latacunga, capitale de la province du Cotopaxi. Issus de noyaux anciens remontant à la période coloniale ces centres possèdent leurs propres activités administratives, commerciales et artisanales mais, du moins les quatre premiers, dépendent de plus en plus de la capitale.

- Le milieu péri-urbain que l'on ne rencontre que dans les vallées situées en contrebas de Quito de part et d'autre de l'Ilalo (vallées de Tumbaco et de los Chillós). Sous la pression de Quito, ces vallées s'incorporent progressivement dans l'aire métropolitaine et connaissent actuellement une poussée démographique spectaculaire. Leur population vit essentiellement au rythme de la capitale.



- Le milieu rural villageois dont la population occupe de petits bourgs issus d'anciens établissements créoles ou indigènes installés sur ou à proximité des principaux axes de communications. Les habitants exercent pour la plupart des activités artisanales ou fournissent la main d'oeuvre des usines récemment installées, notamment le long du rio Cutuchi. Pour sa part, le travail de la terre y est devenu secondaire.

- Le milieu rural des haciendas dans lequel le travail de la terre est essentiel. Il s'agit d'espaces à faible densité humaine occupés par de grandes propriétés qui se consacrent pour la plupart à un élevage laitier. Outre les terres et les bâtiments des haciendas, ils comportent de petits hameaux dans lesquels se sont regroupés les anciens «huasipungueros» vivant depuis les réformes agraires des années 60 hors des haciendas mais continuant à travailler pour elles.

- Le milieu rural «profond» qui comporte les populations parmi les plus défavorisées du secteur d'étude. Ce milieu se caractérise par un isolement géographique et social très marqué. Bien que cela ne soit pas très évident sur une carte, ses habitants sont éloignés des principales voies de communications et des principaux centres administratifs et commerciaux, moins en raison de la distance qu'en raison du temps nécessaire pour y accéder compte tenu de l'état déplorable des pistes. Ils occupent les terres les plus élevées, de mauvaise qualité, déjà occupées avant les réformes agraires ou délivrées par celles-ci. La population se consacre à des activités agricoles peu productives mais une partie d'entre elle émigre à la semaine dans les vallées ou à Quito où ils constituent une main d'oeuvre non qualifiée dans l'industrie ou la construction.

Les thèmes de recherche

En raison de la multitude des domaines qui demandent à être explorés ou développés dans l'optique d'une approche globale du risque, quelle que soit la nature de ce dernier, il a fallu procéder à des choix (figure 1). Ceux-ci sont liés aux possibilités matérielles et au temps disponible limités du chercheur isolé mais également à des questions de priorité.

Prendre en compte la composante humaine du risque signifie s'intéresser à l'ensemble des éléments exposés. Or nous avons volontairement occulté le problème du patrimoine et des activités humaines pour consacrer l'essentiel de nos efforts à celui de la population ou en d'autres termes à ce que nous nommons ici vulnérabilité sociale. Il s'agit en effet du domaine le moins étudié selon une finalité opérationnelle. De plus, il touche à la vie humaine ce qui, à notre avis, est le plus important.

D'autre part, les travaux que nous présentons ici peuvent être utilisés pour des actions visant à limiter et à orienter l'occupation de l'espace par les hommes. Ils peuvent l'être également dans la perspective d'opérations axées sur la protection technologique. Mais ce n'est pas leur objectif premier. Ils ambitionnent plus particulièrement de constituer une aide à la décision dans un autre grand volet de la prévention qui est celui de l'éducation et de la préparation de populations qui, dans un proche avenir, pourraient avoir à affronter une situation d'urgence. Dans la mesure où sont directement concernées les nombreuses personnes déjà installées dans des zones à risques et celles qui inévitablement le seront prochainement, il s'agit là, selon nous, d'un domaine d'intervention prioritaire à court terme,

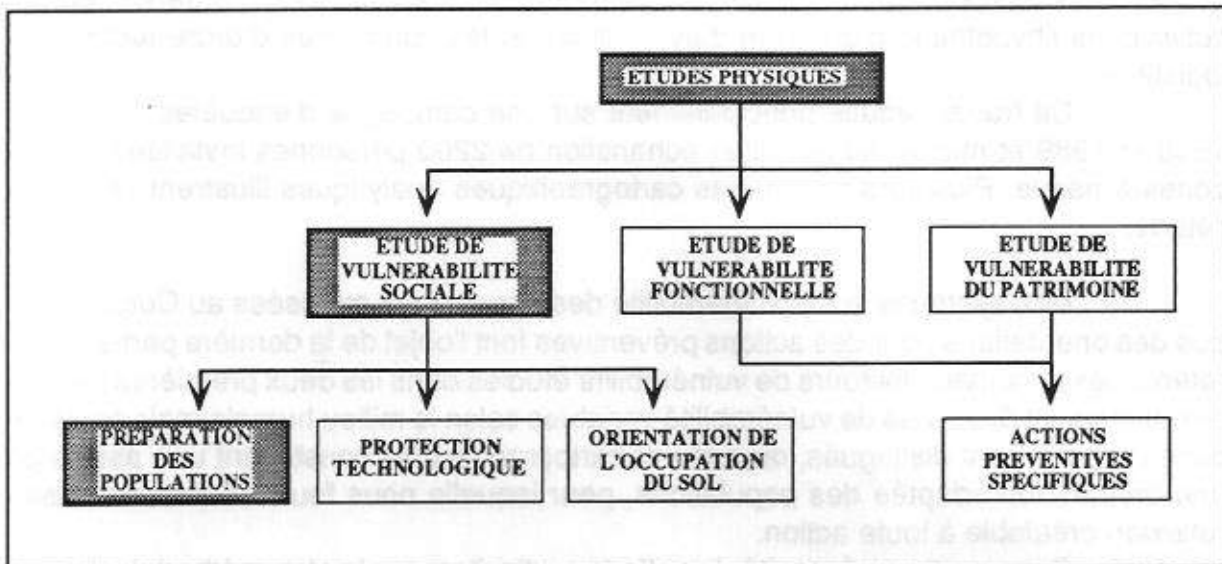


Figure 1- Place de l'étude proposée dans l'ensemble des études visant à limiter les effets d'une éruption volcanique

alors que les effets des deux autres types d'actions, même si elles sont tout aussi nécessaires, ne pourront au mieux se faire sentir qu'à moyen ou long terme.

Ce document consacré à la vulnérabilité des populations face à une éventuelle éruption du Cotopaxi comporte trois parties.

La première partie propose d'évaluer les risques liés aux volcan Cotopaxi, ce qui constitue une base pour l'étude de vulnérabilité sociale proprement dite. Il s'agit pour cela de considérer la composante physique du risque, autrement dit la menace, ainsi que la population menacée étudiée selon une approche quantitative.

Notre apport dans le domaine physique est très limité. Il se résume, d'une part, à un effort de synthèse, les études géologiques disponibles concernant le Cotopaxi étant à la fois partielles et dispersées. Nous avons, d'autre part, contribué à la reconstitution des éruptions historiques du Cotopaxi par des études d'archives, mais là encore, il s'agit avant tout d'un effort de synthèse. Notre apport réside davantage dans la démarche qui consiste essentiellement à sélectionner certaines données physiques afin de les intégrer dans l'ensemble des facteurs de vulnérabilité.

L'évaluation quantitative du risque pour les populations est pour sa part originale. La population actuellement menacée est estimée en fonction de la nature des aléas et de l'intensité du risque et son évolution, notamment dans les régions à forte poussée démographique, est mise en évidence. Tenant compte à la fois du fait humain et de la menace potentielle, une première carte de synthèse est proposée en fin de partie.

La deuxième partie de l'étude présente une approche qualitative de la vulnérabilité humaine. Les facteurs de comportement contribuant à réduire ou au contraire à accroître la vulnérabilité sont identifiés et leur impact potentiel mesuré et analysé selon le lieu ou le groupe social considérés. L'accent est avant tout placé sur quatre d'entre eux: la perception du risque personnel, la connaissance des moyens de protection, les contraintes économiques

et sociales susceptibles d'influencer les comportements en situation d'urgence, en particulier dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation, et les contraintes d'ordre technique et logistique.

Ce travail repose principalement sur une campagne d'enquêtes, réalisée en 1988 et 1989 et menée auprès d'un échantillon de 2200 personnes installées dans les zones à risque. Plusieurs documents cartographiques analytiques illustrent ce volet de l'étude.

Une synthèse sur la vulnérabilité des populations exposées au Cotopaxi ainsi que des orientations pour des actions préventives font l'objet de la dernière partie. Sont ici retenus les principaux facteurs de vulnérabilité étudiés dans les deux premières parties et des niveaux et des types de vulnérabilité variables selon le milieu humain mais également dans l'espace sont distingués, discutés et cartographiés. Ils constituent une assise pour une préparation adaptée des populations, pour laquelle nous fournissons une base de réflexion préalable à toute action.

Cette partie a nécessité des efforts particuliers sur le plan méthodologique afin de présenter des documents synthétiques susceptibles d'être compris par le spécialiste comme par le non spécialiste ayant des responsabilités dans les activités de planification préalables destinées à réduire les risques pour les populations.

1² PARTIE

—

EVALUATION DES RISQUES LIES AU VOLCAN COTOPAXI:

LES ELEMENTS DE BASE

Chapitre I

LA MENACE:

DE L'HISTOIRE DU COTOPAXI A LA PREVISION GENERALE

La première approche de la vulnérabilité des populations face au risque engendré par le Cotopaxi consiste à identifier la menace ou en d'autres termes, le facteur naturel de vulnérabilité. Il s'agit en fait, avec pour seul acteur le volcan, de construire des scénarios d'événements susceptibles de se produire en cas de réveil de celui-ci. Ces scénarios sont fondés sur la prévision, cependant, une distinction est à faire entre ce que l'on désigne comme prévision à court terme d'une part, et prévision à long terme ou prévision générale, d'autre part (Walker, 1974; Westercamp et Traineau, 1985). Si la première vise à prévoir le moment et la nature d'une éruption et à suivre son développement à partir d'opérations de surveillance, la deuxième consiste à évaluer la menace, c'est-à-dire à en déterminer le type, la probabilité d'occurrence et l'intensité, et à prévoir la répartition des produits volcaniques que le volcan pourrait émettre, ce que les géologues appellent zonation.

Notre démarche s'inscrit uniquement dans le cadre de la prévision générale. Elle s'appuie sur l'activité éruptive passée du volcan, à partir de l'étude des produits laissés par les éruptions historiques et préhistoriques du Cotopaxi, et à travers les récits que les anciens ont laissé des éruptions depuis la conquête espagnole. Notre travail de synthèse se fonde sur les données actuellement disponibles, relativement riches mais limitées dans le temps en ce qui concerne les documents d'archives, plus pauvres dans le domaine de la recherche géologique récemment engagée.

I. Histoire de l'activité éruptive du Cotopaxi

I.1. L'apport de la recherche géologique

I.1.1. Les sources

La reconnaissance des éruptions passées du Cotopaxi, surtout des éruptions préhistoriques, à partir d'études géologiques de terrain, n'en est qu'à ses débuts.

Les premiers travaux géologiques, essentiellement pétrographiques, remontent cependant à la fin du XIX^e siècle et au début du XX^e et sont à attribuer à des naturalistes ou géologues pour la plupart allemands (notamment Reiss, 1874; Wolf, 1892; Reiss et Stübel, 1896-1902, Stübel, 1897; Young, 1902; Meyer, 1907, Wolff, 1929). Vers le milieu du XX^e siècle, à partir des données précédentes, se précisent les premières hypothèses sur l'histoire de la formation du Cotopaxi (Sauer, 1965; Hantke et Parodi, 1966).

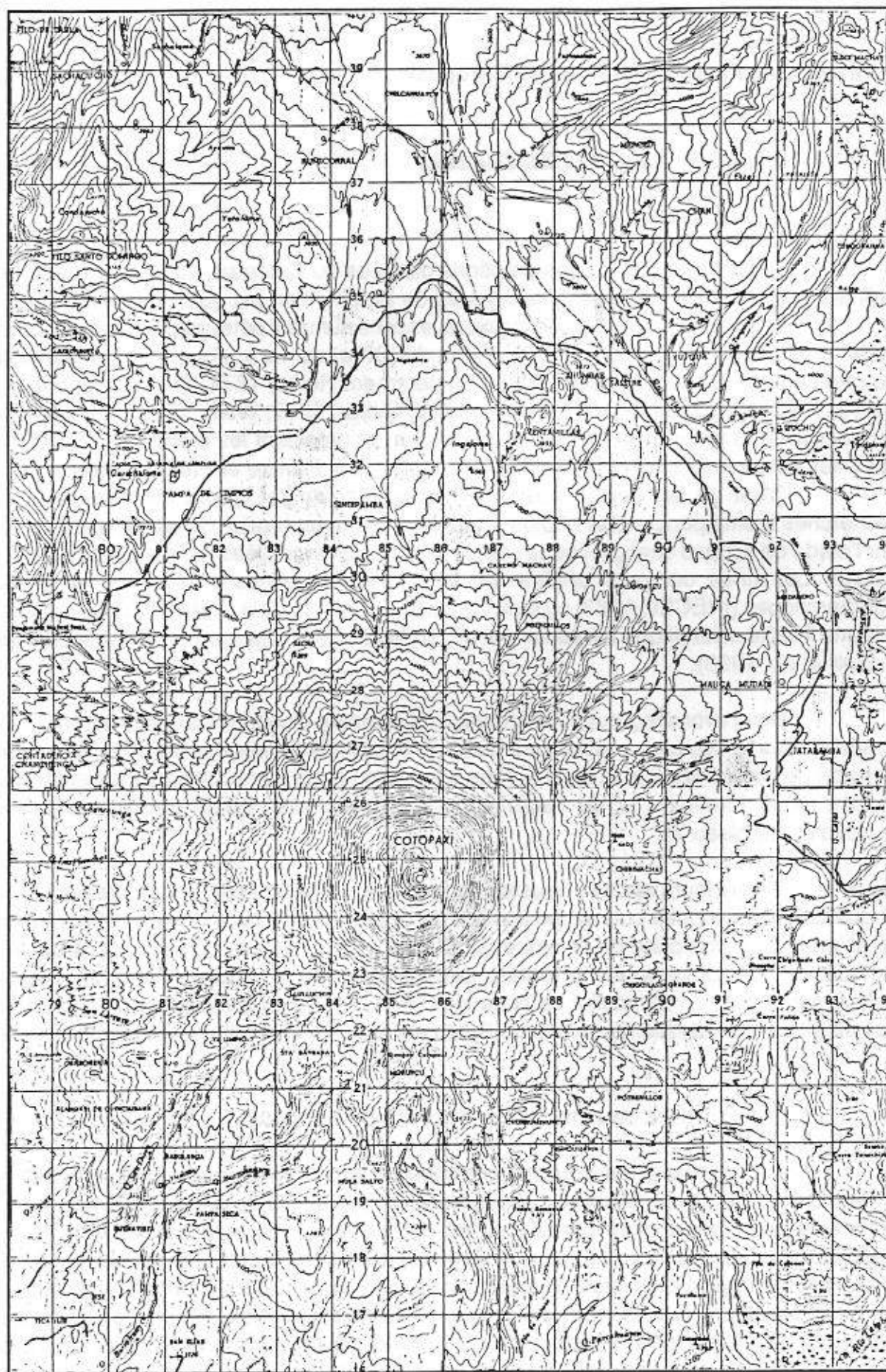
C'est en fait depuis quelques années seulement qu'ont été engagées des recherches moins ponctuelles et plus poussées, s'appuyant pour certaines d'entre elles, sur l'étude de coupes stratigraphiques effectuées le long des vallées radiales encaissées du volcan. Les unes ont pour origine des applications pratiques, faisabilité de projets géothermiques (INECEL, 1983) ou d'alimentation en eau potable (EMAP, 1988), les autres ont une finalité scientifique (Hradecka et al., 1974; Smith et Clapperton, 1986; Hall, 1987; Coltelli et al., 1990).

Nous avons regroupé l'information fragmentée disponible à ce jour et réalisé une synthèse des principales conclusions (tableau 6) complétée pour une meilleure compréhension par les cartes 5 et 6. Nous avons également tenté de reconstituer les différentes étapes de la formation et de l'activité du Cotopaxi, telles qu'on peut les concevoir aujourd'hui (tableau 7).

Malgré leurs lacunes (tous les échantillons recueillis n'ont pas encore été étudiés et des datations sont en cours), les travaux de Coltelli et al. (Coltelli et al., 1990) donnent la vision la plus complète de l'histoire du Cotopaxi dans la mesure où toute la base du Cotopaxi a été couverte sur le terrain. Les autres travaux apportent des informations complémentaires, en particulier ceux de Hall (Hall, 1987) qui couvrent la moitié nord du volcan et plus ponctuellement ceux de Smith et Clapperton (Smith et Clapperton, 1986).

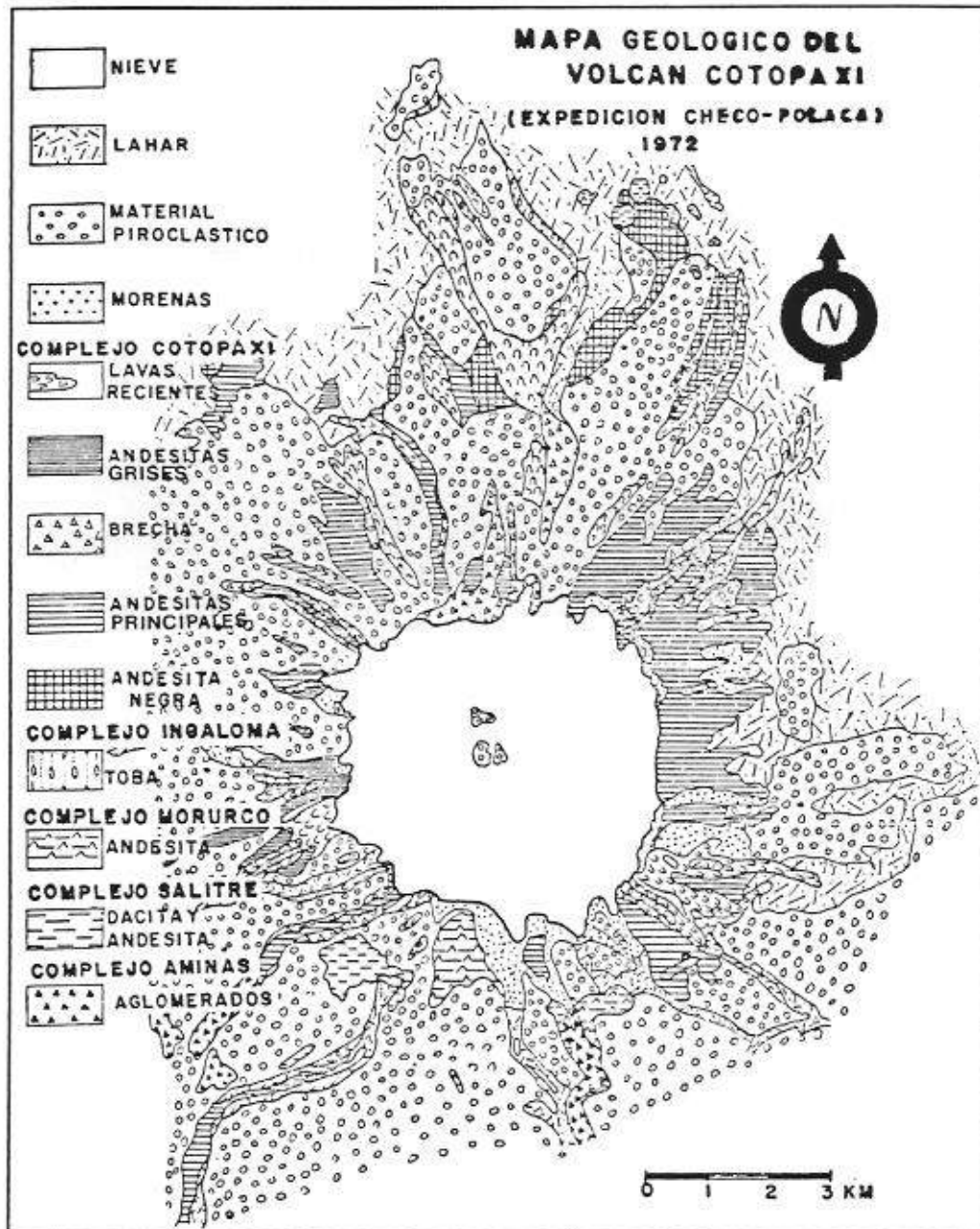
I.1.2. Phases de formation et d'activité du Cotopaxi

Le Cotopaxi aurait connu deux phases de formation séparées par un événement majeur qui a pu être la constitution d'une caldera accompagnée de la destruction de l'édifice antérieur. Selon l'information fournie par Hall, cet événement pourrait avoir eu lieu il y a plus de 37 000 ans. Le pic Morurco (photos 12 et 13) situé immédiatement au sud de l'édifice actuel a longtemps été considéré comme un vestige de la caldera à l'intérieur de laquelle se serait développé le volcan actuel (Sauer, 1965; Hradcka et al., 1974). Coltelli et al. ne partagent pas cette idée et estiment que le Morurco était un strato-volcan accolé au Cotopaxi, qui aurait connu une évolution indépendante. Cependant, ces auteurs ne présentent pour l'instant aucune hypothèse sur le passage du paléo-Cotopaxi au Cotopaxi actuel.



Carte 5 - Carte topographique du Cotopaxi et de ses alentours immédiats

Source: carte topographique au 1/50 000^e de l'IGM



Carte 6 - Carte géologique du volcan Cotopaxi

Carte réalisée à la suite d'une expédition tchéco-polonaise
(Hradecka et al., 1974), tirée de Hall (1977)



Photos 12 et 13

Le pic Morurco accolé au Cotopaxi

Photo 12: Dessin du naturaliste Humboldt réalisé en 1802 ou 1803 depuis la métairie de la «Sienega» située à l'ouest du volcan. Le pic Morurco est connu à l'époque sous le nom de «Cabeza del Inca» (Tête de l'Inca). Selon la légende indienne, le sommet du Cotopaxi fut déplacé lors d'une éruption qui se produisit à l'instant où l'Inca Atahualpa fut étranglé par les Espagnols à Caxamarca (Humboldt, 1810).

Photo 13: Vue prise depuis l'endroit où fut réalisé le dessin de Humboldt. Le pic Morurco pourrait constituer les vestiges d'une ancienne caldera dans laquelle se serait développé le Cotopaxi actuel.

	Sauer (1965)	Hradecka et al. (1974)	Hall (1987)	Coltelli et al. (1990) (1)	Smith et Clapperton (1986) Etude du "Rio Pita Formation"
<p>↑</p> <p>CONE ACTUEL</p> <p>↓</p> <p>(COTOPAXI ACTUAL)</p>	<p>2^e PHASE: édiffication du cône actuel sur les restes de l'ancienne caldera (Pic Morurco: vestige de cette caldera)</p>	<p>COMPLEXE COTOPAXI</p> <p>Coulées récentes (andésites basaltiques)</p> <p>-----</p> <p>Quatre périodes d'activité effusive (andésites)</p>	<p>9 profils stratigraphiques étudiés dans la moitié nord du volcan</p> <p>PERIODE VII: au moins 22 éruptions de type strombolien reconnues (laves, cendres, nuées ardentes d'assez faible extension, lahars). Laves plus basiques que durant la période VI (andésites basaltiques)</p> <p>(2) <u>Passage de la période VI à la période VII peu de temps avant la période coloniale (?)</u></p> <p>PERIODE VI: au moins 26 éruptions reconnues (laves de plus en plus basiques, cendres, nuées ardentes probables, quelques lahars dont un à très forte extension, daté 2405 ± 130 BP)</p> <p>≈ 14 000 BP (?)</p>	<p>32 profils stratigraphiques étudiés couvrant toute la base du volcan</p> <p>Au moins 34 éruptions de type strombolien reconnues dont au moins trois seraient de type sub-plinien. Ecoulements pyroclastiques de faible extension sauf ceux de 1877, importance des lahars.</p> <p>Débris avalanches</p> <p>Deux éruptions pliniennes séparées par une phase d'érosion (dispersion des dépôts suivant la morphologie actuelle du volcan, sauf vers le sud: protection du Morurco ?)</p> <p>Activité effusive (coulées andésitiques) associée à une activité pyroclastique modérée</p>	
<p>?</p> <p>↓</p> <p>Période de transition</p> <p>↑</p> <p>?</p>	<p>Activité très explosive</p> <p>Disparition du cône primitif et formation de la caldera du Cotopaxi</p>	<p>COMPLEXE INGALOMA</p> <p>Ecoulements ponceux très épais liés à la formation d'une grande caldera. Destruction du paléo-Cotopaxi. Le pic Morurco en constituerait le principal vestige</p>	<p>PERIODE V: Cotopaxi en repos. Forte érosion glaciaire. Ecoulement dû à la caldera de Chalupas (3).</p> <p>PERIODE IV: Activité explosive modérée du Cotopaxi. Importants dépôts fluvio-glaciaires.</p> <p>PERIODE III: Cotopaxi en repos. Ecoulement pyroclastique le plus important de la région, lié à la caldera Chalupas.</p> <p>> 37 000 BP ? (C14)</p>	<p>Longue période d'inactivité du Cotopaxi</p> <p>Produits d'une grande éruption ignimbritique attribués à la formation de la caldera régionale de Chalupas.</p>	<p>Débris avalanche ayant affecté le flanc nord du volcan (secteur d'Inga-pirca). A suivi de peu le dernier maximum glaciaire. Daté entre 25 000 et 13 000 BP.</p> <p>Changement du type d'activité volcanique par la suite (moins explosif)</p>
<p>↓</p> <p>VOLCAN ANTERIEUR (COTOPAXI TEMPRANO)</p>	<p>1^{re} PHASE: Formation du cône primitif (à la base tufs peu consolidés, conglomérats et laves acides)</p>	<p>COMPLEXES MORURCO SALITRES AMINAS</p> <p>3 complexes de laves siliceuses (rhyolites, dacites, obsidiennes, associées aux andésites)</p>	<p>PERIODE II: Longue période de repos du volcan (dépôts fluvio-glaciaires, paléosol)</p> <p>PERIODE I: Un écoulement pyroclastique à forte extension</p>	<p>Période initiale de forte explosivité. Quatre éruptions pliniennes reconnues ayant affecté le secteur méridional. Dépôts séparés par des phases d'érosion plus ou moins importantes. Formation du strato-volcan Morurco à l'époque des deux dernières éruptions pliniennes. Activité effusive initiale (laves acides) (4)</p>	

(1) Les observations de l'équipe italienne concordent largement avec l'analyse de l'INECEL (INECEL, 1983) pour ce qui concerne la stratigraphie du Cotopaxi Temprano. L'analyse du cône actuel est peu développée chez INECEL.

(2) La relation (dépôts/périodes) entre les données de Hradecka et al. et celles de Hall, a été établie par ce dernier (Hall, 1987)

(3) Complexe volcanique situé au sud-est du Cotopaxi (4) Substratum en dessous

Tab. 6 - Histoire et activité du Cotopaxi: synthèse des principales études réalisées à ce jour

Plus proches de nos préoccupations sont les grandes phases d'activité du volcan. Celles-ci apparaissent plus clairement que les étapes de formation, compte tenu des nombreux points de concordance existant dans ce domaine entre les différents auteurs. Nous avons retenu quatre phases principales (tableau 7):

- une phase initiale, très explosive (quatre éruptions pliniennes reconnues par Coltelli et al.) ayant abouti à la formation du paléo-Cotopaxi;
- une phase de repos à la suite de la destruction supposée du premier édifice;
- une nouvelle phase très explosive (deux éruptions pliniennes reconnues) ayant contribué à l'édification du cône actuel;
- une phase à activité modérément explosive (éruptions sub-pliniennes et surtout stromboliennes) à la suite d'un événement qui a affecté un espace relativement réduit mais qui paraît majeur dans le sens où il aurait contribué à modifier le chimisme et la minéralogie des magmas ultérieurs, devenus plus basiques, donc moins explosifs. Cet événement, daté entre 25 000 et 13 000 BP (Smith et Clapperton, 1986), serait un effondrement brutal dans la partie nord de l'édifice volcanique accompagné d'un blast et de débris avalanches dont les dépôts caractéristiques sont visibles dans la partie amont du rio Pita sur une centaine de km² (photo 19 p.84). Les éruptions suivantes auraient en grande partie comblé la dépression ainsi constituée (des traces sont encore visibles, photo 20 p.84) et donné au volcan sa configuration actuelle.

Selon les indications précédentes, le type d'activité du Cotopaxi se serait donc modifié de façon radicale depuis une période située entre 25 000 et 13 000 BP, ou, plus précisément depuis 14 000 BP (Hall, 1987). Aux éruptions pliniennes du début auraient succédé des éruptions sensiblement moins explosives, phénomène encore plus net si on considère la période préhistorique proche et la période historique (Hall, tableau 7). Cependant, selon Coltelli et al., quelques éruptions sub-pliniennes seraient venues interrompre les séries d'éruptions stromboliennes enregistrées durant cette phase.

1.2. L'apport de la recherche historique

1.2.1. Les sources

Aux renseignements encore très partiels fournis par la recherche géologique, viennent fort heureusement s'ajouter les données de l'histoire qui indiquent les dates des principales éruptions du Cotopaxi, donnent une idée de leur phénoménologie, décrivent les conséquences pour les hommes et leurs biens et localisent les régions affectées. Deux sources complémentaires d'informations permettent de reconstituer l'histoire du volcan depuis la conquête espagnole (1532):

- Une source directe avec les récits de témoins oculaires ou de personnes présentes dans le pays au moment des événements:
 - ceux des autochtones: témoignages enregistrés par les archives publiques, paroissiales et provinciales, ou privées, disponibles surtout depuis le XVIII^e siècle; par les journaux postérieurs à l'éruption de 1877 (notamment «El Comercio» de Guayaquil ou «La Libertad Cristiana» de Quito); par les scientifiques locaux (Sodiro, 1877; Martinez, 1932, reprenant en particulier les compte-rendus de ses excursions au Cotopaxi en 1906, 1911 et 1912).

<p style="text-align: center;">4^e PHASE (?)</p> <p style="text-align: center;">Poursuite de l'édification du cône actuel transformé par l'effondrement partiel ayant produit le débris avalanche?</p> <p style="text-align: center;">Activité modérément explosive</p> <p>Hall (périodes VI et VII): Eruptions de type strombolien Coltelli et al.: Eruptions stromboliennes et sub-pliniennes</p>
<p style="text-align: center;"><i>Un événement majeur à la suite duquel se serait modifié le type d'activité?</i></p> <p>Smith et Clapperton: un débris avalanche important daté entre 25 000 et 13 000 BP Coltelli et al.: un débris avalanche non daté Hall: ne parle pas de débris avalanche mais début de la période VI estimé à 14 000 BP</p>
<p style="text-align: center;">3^e PHASE (?)</p> <p style="text-align: center;">Début de la constitution de l'édifice actuel?</p> <p style="text-align: center;">Activité très explosive</p> <p>Coltelli et al.: Activité effusive au début, éruptions pliniennes ensuite Hall (périodes IV et V): Activité explosive modérée au début, écoulements pyroclastiques pouvant être attribués au Chalupas (éruptions pliniennes de Coltelli et al.?)</p>
<p style="text-align: center;">2^e PHASE (?)</p> <p style="text-align: center;">Longue période de repos?</p> <p>Coltelli et al.: longue période de repos, éruption ignimbritique de Chalupas Hall (périodes II et III): longue période de repos, Chalupas. Les dépôts de Chalupas (période III) reposeraient sur des terrains estimés à plus de 37 000 BP (fin période II)</p>
<p style="text-align: center;"><i>Un événement majeur ayant entraîné le passage du Paléo-Cotopaxi au Cotopaxi actuel? (caldera?, autre événement?)</i></p> <p>Sauer, Hradecka et al.: Destruction du paléo-Cotopaxi, caldera Hall, Coltelli et al.: pas d'interprétation</p>
<p style="text-align: center;">1^e PHASE (?)</p> <p style="text-align: center;">Phase initiale? Constitution du paléo-Cotopaxi?</p> <p style="text-align: center;">Activité très explosive</p> <p>Hall (période I): Ecoulement pyroclastique important Coltelli et al.: Activité effusive initiale, éruptions pliniennes ensuite Sauer, Hradecka et al.: activité effusive initiale</p>

Tab. 7 - Les grandes phases d'activité du Cotopaxi (hypothèses)

- ceux des hommes d'armes, hommes d'église, voyageurs et scientifiques étrangers (Cieza de Leon, 1553; Zárate, 1555; J. Juan et A. de Ulloa, 1748; La Condamine, 1751; Wolf, 1878).

- Une source indirecte avec les descriptions ou les compilations réalisées à posteriori par les anciens (notamment Velasco, 1844; Wolf, 1873; Kolberg, 1871-76, ed.1977; Cevallos, 1886; Whimper, 1892) et plus récemment par des scientifiques ou historiens (Hantke et Parodi, 1966; Hall, 1977; Miller et al., 1978; Simkin et al., 1981, Paredes Ortega, 1982; Barriga Lopez, 1973 et 1988).

1.2.2. Les éruptions historiques du Cotopaxi

Rares et peu précises sont les informations concernant le Cotopaxi durant les siècles qui ont précédé la conquête espagnole pourtant l'activité du volcan ne fait aucun doute. Le nom même est révélateur: «Cou ardent» en Cayapa, «Masse de feu» en Quichua (Barriga Lopez, 1988). Tout aussi significatives sont quelques légendes transmises depuis

des siècles par les communautés indiennes telle celle qui faisait se déchaîner «Taita Cotopaxi» contre son épouse infidèle «Mama Tungurahua» et «Altar» (ou «Capac-Urcu»), l'amant de cette dernière (Paredes Ortega, 1980). C'est cependant avec l'arrivée des premiers conquistadores que coïncide la première éruption connue, laquelle, selon la tradition, aurait permis la soumission facile de l'Inca Atahualpa.

Durant la période historique, une trentaine d'éruptions ont été enregistrées, que l'on peut regrouper en cinq voire six périodes éruptives (figures 2 et 3).

1532-1534

Trois éruptions ont été signalées en 1532, 1533 et 1534 (Hantke et Parodi, 1966; Simkin et al., 1981) mais ce nombre et les dates précises sont incertains.

Pedro Cieza de Leon dans sa « Chronique du Perou » évoque une éruption du Cotopaxi sans en indiquer la date: «A droite du village de Mulahaló [Mulaló] se trouve un volcan ou «bouche de feu» duquel les indiens disent qu'il avait explosé et qu'il avait rejeté une énorme quantité de pierres et de cendres; à tel point qu'il avait détruit une grande partie des villages qu'il avait atteint....Ce que disent ces indiens paraît fondé, car pendant que Don Pedro de Alvarado...avec son armée se dirigeait vers les provinces de Quito, il leur sembla [aux espagnols] qu'il pleuvait des cendres certains jours...» (Cieza de Leon, 1553), mais on sait par ailleurs que Alvarado débarqua sur les côtes du Manabi en mars 1534. Agustín de Zárate précise: «Durant une grande partie de leur parcours, il leur tombait dessus une terre très fine et chaude qui provenait d'un grand volcan situé près de Quito» (Zárate, 1555, cité par Wolf, 1873). Velasco parle de l'éruption du 15 novembre 1532 (Velasco, 1844) et avec Antonio de Herrera (Herrera, 1610, cité par Wolf) et La Condamine (La Condamine, 1751), signale une nouvelle éruption l'année suivante. Pour sa part, Wolf, après maints recoupements, considère qu'il n'y eut qu'une seule éruption, celle de juin 1534 (Wolf, 1873).

Quoiqu'il en soit, la ou les éruptions du Cotopaxi qui eurent lieu entre 1532 et 1534 semblent avoir présenté les caractéristiques suivantes:

- il y eut des signes précurseurs: «Certains ["indiens de Mulahaló"] disaient qu'avant qu'il n'explose ["le volcan situé à droite du village"], ils avaient vu des scènes infernales et entendu des voix terrifiantes» (Cieza de Leon, 1553) ;

- les chutes de cendres furent très importantes: «Il tomba des cendres, lancées par le volcan de Quito [vraisemblablement le Cotopaxi car aucune éruption du Pichincha n'est mentionnée à cette époque], durant plusieurs jours, à plus de 80 lieues» (Gomara, 1553, cité par Wolf), «le volcan qui explosa près de Quito avait repandu dans l'air tant de terre et de cendres, qu'elles semblaient provenir directement des nuages» (Herrera, 1610, cité par Wolf) ;

- il y eut vraisemblablement production de lahars: «A cette époque [conquête], la neige d'une de ces montagnes fondit et il s'écoula tant d'eau, avec une telle puissance, qu'un village qui s'appelait Contiega fut noyé et enseveli. Le courant emportait avec grande facilité des pierres aussi grandes que celles que l'on utilise pour les presses...» (Zárate, 1555, cité par Wolf). Bien que le nom de la montagne en question ne soit pas cité (les chroniqueurs de l'époque ne nomment d'ailleurs jamais expressément les montagnes ou les volcans), Wolf considère qu'il pourrait s'agir du Cotopaxi.

1698

Une éruption qui aurait eu lieu en 1698 est évoquée par quelques historiens. L'un d'entre eux (Paredes Ortega, 1982) précise la date (nuit du 20 au 21 août 1698) et s'appuie sur le témoignage d'un religieux de l'époque. Pour sa part, Barriga Lopez utilise un

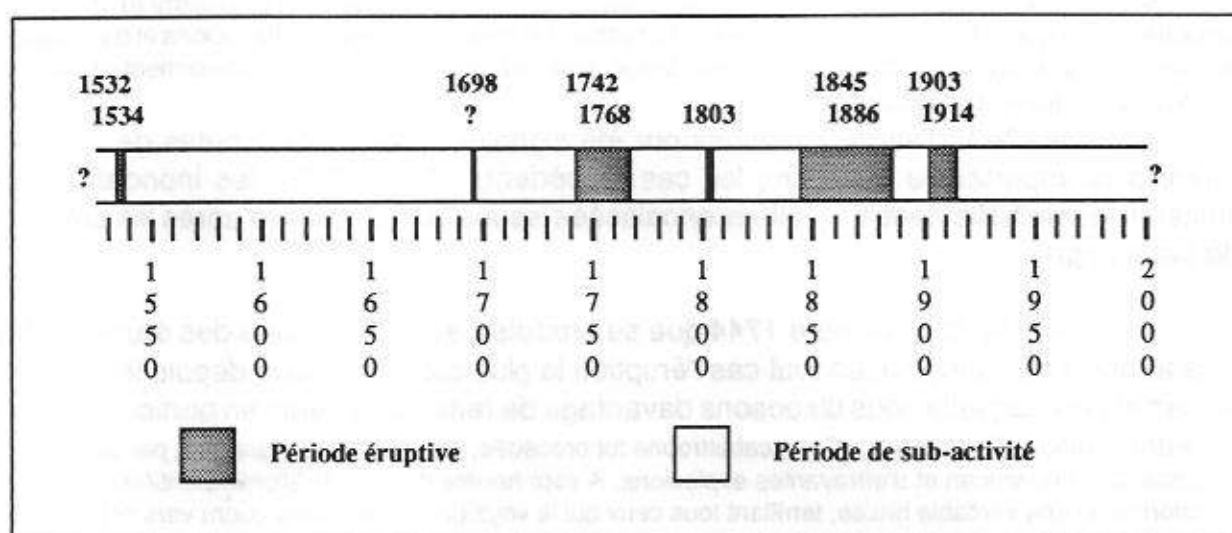


Fig.2 - Périodes éruptives et de sub-activité du Cotopaxi de 1532 à nos jours

document dont voici un passage: «Terrible volcan Cotopaxi qui a explosé deux fois: la première en 1698, avec tant de force que ce fût ruine et désolation...Après le tremblement de terre qui détruisit les trois quarts des maisons, il [le Cotopaxi] déchaîna deux torrents...le premier...de feu et de fumée...remplit l'air et obscurcit l'horizon et le deuxième inonda la campagne...Il emporta les fragments de l'explosion et les conduisit jusqu'au rio Alaquez et de là, au rio Pastaza avant qu'ils ne s'incorporent au Marañon...» (Alcedo et Herrera, «Descripción de la Presidencia de Quito», non daté).

Cet événement n'est pas cité par la plupart des autres auteurs. Peut-être a-t-il été confondu avec le séisme qui a affecté cette même année Riobamba, Ambato et Latacunga et qui a été accompagné de l'effondrement d'une partie du glacier du Carihuairazo volcan situé près de Riobamba.

1742-1768

En 1742 commence une longue période d'activité du volcan en même temps que «la dévastation et l'appauvrissement de la province de León [province du Cotopaxi aujourd'hui] qui dans le passé avait été l'une des plus belles et des plus fertiles» (Velasco, 1844). Près d'une dizaine d'éruptions ont été signalées dont les plus violentes ont marqué le début et la fin de la période. Nous n'avons aucune indication sur d'éventuels signes précurseurs du réveil du Cotopaxi, si ce n'est plusieurs petits séismes ressentis dans la région depuis 1740 (La Condamine, 1751; Paredes Ortega, 1982).

La première éruption eut lieu le 15 juin 1742 et les témoignages font essentiellement état d'inondations et de leurs conséquences: «Le volcan Cotopaxi explosa entre une heure et deux heures du matin, rejeta de l'eau et de la terre; le courant inonda tout ce qu'il pouvait rencontrer, emporta le pont de San Felipe...» (Pedro Muñoz Chamorro, 8 janvier 1745, archives de Latacunga). La Condamine parle des «terribles effets de l'éruption de ce volcan et de l'inondation qui suivit. Celle-ci, plus terrible encore que l'éruption qui en fut la cause, porta très loin la mort et la désolation» (La Condamine, 1751).

Le 9 décembre 1742, le Cotopaxi entra de nouveau en éruption et cette fois les dégâts furent plus importants: «En cette même année 1742, le 9 décembre à une heure de l'après-midi, le volcan s'est réveillé une deuxième fois, produisant beaucoup plus d'eau [que lors de la première éruption],

avec une vitesse et une violence telles, que les personnes et les animaux qui ne purent se mettre à l'abri, furent emportés par centaines. A cette occasion, furent détruits plus d'ateliers, de moulins, de foulons et de maisons; le quartier «Barrio Caliente» de Latacunga fut détruit et le village de Rumipamba entièrement anéanti...» (Cedulario, Archives de Latacunga).

En 1743, d'autres éruptions ont été signalées mais si les chutes de cendres furent plus importantes que dans les cas précédents (Wolf, 1873), les inondations se limitèrent essentiellement aux vallées encaissées issues du Cotopaxi (d'après les archives de Latacunga).

C'est le 30 novembre 1744 que se produisit, selon Wolf, une des éruptions les plus terribles du Cotopaxi, en tout cas l'éruption la plus catastrophique depuis le réveil du volcan et pour laquelle nous disposons davantage de renseignements en particulier grâce à Pedro Muñoz Chamorro: «Cette catastrophe fut précédée, quatre jours auparavant, par de terribles mugissements du volcan et d'effrayantes explosions. A sept heures du soir, il s'illumina entièrement et se transforma en une véritable braise, terrifiant tous ceux qui le voyaient. Nous avons couru vers notre ancien refuge, le mont Calvario, sur lequel, peu après, nous avons entendu le bruit étourdissant du torrent et alors que le volcan rugissait et que des éclairs terrifiants s'en échappaient, nous avons cru que cette nuit allait être la dernière de notre vie.....des graviers commencèrent à pleuvoir sur nous et peu de temps après, arriva le torrent qui détruisit le «Barrio Caliente», entra dans les maisons, emporta tout ce qu'elles contenaient, les remplit de boue, de pierres, de rochers et de blocs de neige.....Une heure après nous avons entendu un autre torrent, il arriva produisant une vapeur pestilentielle.....la tempête d'éclairs dura quatre heures pendant lesquelles il tomba beaucoup de terre.....sous son poids s'effondrèrent plusieurs maisons...» (Pedro Muñoz Chamorro, 8 janvier 1745, Archives de Latacunga). La Condamine, pour sa part, nous permet d'apprécier la quantité de cendres émises à cette occasion: «Elles furent emportées jusqu'à la mer, à plus de 80 lieues [environ 450 km].....elles couvrirent le sol à tel point que pendant un mois on ne vit plus rien des terres cultivées dans la région de Riobamba à une quinzaine de lieues [environ 85 km] et qu'elles firent mourir un grand nombre de bêtes. A la Ciénega, à quatre lieues à l'ouest du volcan [environ 22 km], elle forma une couche de 3 à 4 pouces d'épaisseur [environ 10 cm?] « (La Condamine, 1751).

Les données sont peu importantes entre 1744 et 1766, mais il semble que le Cotopaxi ait présenté une faible activité ponctuée de petites explosions. Par exemple, La Condamine signale qu'à partir du 3 septembre 1750, «le Cotopaxi fit entendre durant trois jours, sans interruption, de terribles rugissements, mêlés de bruits d'explosions, qui faisaient craindre une nouvelle éruption» (La Condamine, 1751). Barriga Lopez (1972) et Paredes Ortega (1982), parlent d'une ébauche d'éruption sans conséquence en 1758 et précisent: «les flammes du Cotopaxi s'élevèrent à près de 450 toises [environ 900 m] au dessus du cratère» (Archives de Latacunga).

Le 10 février 1766, le Cotopaxi entra de nouveau en éruption et une nouvelle fois, de grandes inondations se produisirent sans toutefois dépasser l'ampleur de celles de 1744. Leurs conséquences semblent moins importantes que lors des éruptions précédentes car comme l'indique Velasco: «elles rencontrèrent surtout des ruines et des déserts dans les régions anciennement ravagées» (Velasco, 1844). Jusqu'à la fin de l'année 1766, le Cotopaxi semble avoir présenté une activité soutenue: «les rugissements et les nouvelles menaces persistèrent jusqu'à la fin de l'année avec d'énormes langues de feu enrobées de panaches de fumée, denses et très élevés» (Velasco, 1844), mais il ne s'est pas manifesté ensuite durant plus d'un an.

L'éruption de 1768, qualifiée par de nombreux auteurs comme «la plus horrible de toutes» jusqu'alors, est assez bien décrite par quelques documents d'archives: notamment une lettre du Président de Quito, J. Diguja datée du 20 avril 1768 (Archives de la Présidence) et les récits consignés dans les Archives de Latacunga. Le scientifique allemand Kolberg s'est particulièrement intéressé à cette éruption à laquelle il consacre

		15/11/1532	7/10/1533	7/6/1534	7/7/1698	15/06/1742	9/12/1742	7/04/1743	30/11/1744	10/02/1766	04/04/1768	04/01/1803	7/04/1845	7/06/1851	7/7/1852	13/09/1853	7/09/1854	7/11/1855	7/05/1856	7/7/1863	21/09/1866	21/04/1877	26/06/1877	23/08/1878	26/02/1879	03/07/1880	7/01/1882	7/08/1883	23/09/1885	26/09/1903	14/11/1904	21/08/1906				
Dynamismes éruptifs et lahars	Coulées de lave	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	Retombées pyroclastiques	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	Ecoulements pyroclastiques		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	Lahars	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
VEI (Volcanic Explosivity Index) (1)		3	2	4	?	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Régions affectées par les lahars (2)	Régions occidentales et méridionales	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	Régions septentrionales			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Régions orientales			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Conséquences	Dégâts matériels	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Pertes humaines			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

(1) D'après Simkin et al., 1981

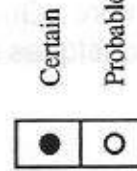
(2) Ne sont pris en considération que les bassins peuplés

(3) Nombre de victimes inconnu

(4) Des centaines

(5) Peu de victimes (8 [?] sous l'effet des retombées)

(6) Un millier



Certain

Probable

Fig.3 - Les principales éruptions historiques du Cotopaxi

(En particulier d'après Wolf, 1873; Hamke et Parodi, 1966; Barriga Lopez, 1973 et 1988; Hall, 1977 et 1987; Simkin et al., 1981; Paredez Ortega, 1982; documents d'archives cités dans le texte)

plusieurs pages dans un de ses ouvrages écrit entre 1871 et 1876 (Kolberg, ed.1977).

D'après ces documents, le Cotopaxi était de nouveau en activité dès la fin du mois de mars 1768 et arborait « une majestueuse colonne de fumée noire en forme de pin ». Le 2 avril, entre 9 heures et 10 heures du soir, un bruit de tonnerre souterrain s'est fait entendre, accompagné d'un mouvement sismique local assez violent. Le 3 avril, tout était calme, si ce n'est la présence permanente du grand panache de fumée.

Le 4 avril, à 2 heures du matin, la colonne de fumée noire se transforma en colonne de « feu » visible de très loin et les gens perçurent un bruit sourd, souterrain, dont le volume augmenta progressivement durant les heures qui suivirent. A 4 heures 30, un mouvement sismique local est ressenti plus particulièrement à l'ouest du volcan. Finalement, à 5 heures on entendit une grande explosion annonçant le début de l'éruption que décrit Kolberg: « Au moment de la détonation.....il [le Cotopaxi] expulsa une énorme quantité de matière incandescente qui en un instant recouvrit le tour de la partie sommitale de la montagne et flotta dans l'atmosphère. La colonne de feu et de fumée visible sur le cratère depuis les premières heures du matin, prit alors des dimensions exceptionnelles tant en hauteur qu'en largeur... »

Peu après se développèrent des coulées de boue et des inondations dont l'extension fut supérieure à celles des éruptions antérieures. Mais habitués au fait, les chroniqueurs portèrent une attention plus particulière aux abondantes chutes de cendres produites à cette occasion: « Les inondations furent considérables, plus encore vraisemblablement qu'en 1766.....cependant on leur accorda une importance moindre en raison des destructions considérables causées par les chutes de cendres... » (Wolf, 1873). J. Diguja apporte quelques précisions en ce qui concerne les conséquences: « Le sable, la poussière et la cendre ont recouvert tous les champs, ont enseveli tous les pâturages, de telle manière que les animaux n'ont plus de quoi se nourrir et meurent chaque jour davantage. Les semis, les champs de luzerne sèchent comme lors des pires gelées.....Quelques chozas [maisons au toit de paille] se sont enflammées au contact d'étincelles, ce qui a causé la mort de quelques personnes à Mulalo... » (J. Diguja, 20 avril 1768, Archives de la Présidence). L'épaisseur du tapis de cendres atteint 40 cm à Mulaló, 30 à Tanicuchi et plus de 2 cm à Quito distant de 60 km. Il en tomba également à Guayaquil et à Popayan, villes situées à 300 km environ du volcan.

Après quelques semaines d'activité modérée, le volcan ne s'est plus manifesté pendant 35 ans.

1803

Nous avons très peu d'informations sur cette période qui semble se résumer à une seule éruption, celle du 4 janvier 1803. Paredes Ortega parle de laves, de fumées et de cendres et souligne la faible ampleur des coulées de boue (Paredes Ortega, 1982, d'après les Archives de Latacunga). D'après Sodiro, l'éruption « fut loin d'atteindre l'ampleur des précédentes » (Sodiro, 1877) et Wolf considère cette activité comme transitoire (Wolf, 1878).

1845-1886

Au milieu du XIX^e siècle, le Cotopaxi est de nouveau en activité. Il va se manifester fréquemment durant près de 40 ans avec plusieurs éruptions modérées, du moins au niveau des conséquences, et une éruption majeure, celle du 26 juin 1877.

A propos de l'éruption du mois de novembre 1855, Antonio Flores nous donne la teneur de la dizaine d'éruptions comprises entre 1845 et 1877: « Le volcan projeta dans les airs des pierres incandescentes produisant les feux d'artifices habituels, mais sans causer de dégâts importants (Antonio Flores, La Libertad Cristiana, 4 juillet 1877). Les panaches de fumée, les explosions accompagnées de cendres, les eaux boueuses de rivières en crue sont souvent signalés (Archives de Latacunga). Il en est de même des coulées de laves, en particulier

celle du 13 septembre 1853 à l'occasion de l'éruption la plus importante de cette sous-période (Wolf, 1878).

L'éruption du 26 juin 1877 constitue l'événement majeur du XIX^e siècle au même titre que les éruptions de 1744 et 1768 lors du siècle précédent. Il s'agit également de la dernière grande éruption du Cotopaxi à laquelle il est fait souvent référence aujourd'hui, en raison non seulement de l'ampleur de ses conséquences compte tenu du contexte économique et social de l'époque, mais également pour la qualité des descriptions qui en ont été faites. Nous devons ces dernières à de nombreux documents d'archives, à des journaux parus quelques jours après la catastrophe et surtout à deux personnes, à la fois hommes d'Eglise et scientifiques, Sodiro (Sodiro, 1877) et Wolf (Wolf, 1878).

Depuis la dernière éruption notable du 21 septembre 1866, le Cotopaxi ne s'était manifesté que par une activité fumerolienne importante et quelques petites explosions. Dès le début de 1877, cette activité s'est accentuée et les explosions ont été plus fréquentes. La première éruption eut lieu le 21 avril et se manifesta par une colonne de fumée et de cendres de plusieurs centaines de mètres de haut. Des blocs incandescents auraient été incorporés dans cette colonne avant de retomber sur le cône ou ses alentours immédiats. Il n'y eut pas de conséquences majeures pour la population si ce n'est celles qui furent liées aux chutes de cendres dans la région de Machachi, village situé au nord-ouest du volcan. De petites éruptions de cendres se produisirent les jours suivants et ce, jusqu'au 25 juin, date de la deuxième éruption importante. Celle-ci présenta une plus grande intensité que celle du 21 avril (une colonne de deux à trois fois la hauteur du volcan, c'est-à-dire 6000 à 9000 mètres) et fut annoncée par des bruits sourds. La poussière volcanique cette fois-ci atteignit Latacunga et Quito, tandis que Machachi était recouvert d'un épais manteau de cendres.

Alors que le volcan était calme depuis plusieurs heures, le 26 juin au matin, à 6 heures 30, une colonne de fumée et de cendres s'est élevée à grande vitesse, à très haute altitude. Poussées par les vents dominants, les cendres tombèrent surtout vers le nord-ouest et à 8 heures, une quasi obscurité régnait à Quito. Vers 10 heures, on entendit, depuis très loin, des bruits semblables à des décharges d'artillerie puis un grand fracas prolongé. Commença alors l'éruption que Wolf décrit après avoir interrogé de nombreux témoins directs et commente en fonction de ses propres observations :

«Par hasard, le versant sud-ouest et le sommet du volcan étaient dégagés à ce moment et plusieurs personnes de Mulaló et de Cusiguango furent les témoins du terrible spectacle. De façon très imagée, ils décrivent l'aspect terrifiant du Cotopaxi au moment où une masse noire, fumante et bouillonnante [de la lave selon Wolf], jaillit de tous les bords du cratère à la fois comme le ferait «la mousse d'une marmite de riz sur le feu, qui d'un seul coup commence à bouillir et à se renverser». En peu de temps, la montagne se couvrit de fumées et de vapeurs.....et disparut pour le restant de la journée, d'autant plus que très vite, les cendres qui se mirent à pleuvoir, obscurcissent l'atmosphère. Par la suite, on entendit seulement un grand bruit sourd, celui des coulées boueuses qui ne tardèrent pas à se former...

Durant notre excursion autour du Cotopaxi et surtout à l'occasion de l'ascension au cratère [réalisée le 9 septembre 1877], nous avons pu confirmer en tous points l'exactitude des observations des habitants de Mulaló; en effet, une des particularités de cette éruption est liée au fait qu'il n'y a pas eu une ou plusieurs coulées de lave indépendantes, mais que celles-ci se sont répandues uniformément sur tout le périmètre du cratère, à partir du bord le plus bas comme depuis le plus élevé. C'est pour cette raison que les coulées de boues, causées par les coulées de lave, ont été si générales à cette occasion» (Wolf, 1878).

Pour ce qui concerne les coulées de boues et leurs conséquences, faisons référence à Sodiro :

«D'immenses torrents d'eau contenant d'énormes masses de glace, de boues, de pierres et de rochers, dévalèrent du volcan avec une violence incroyable. En un instant, ils jaillirent des vallées encaissées du versant sud-ouest, arrachant les arbres, détruisant les maisons et emportant avec eux personnes et animaux

qui se trouvaient sur leur chemin.....En moins d'une heure, le terrible flot avait rasé et recouvert de sables et de blocs gigantesques, la grande plaine qui, depuis le pied du Cotopaxi, s'étend jusqu'à Latacunga. Vers le nord, il avait parcouru les *paramos* et atteint les régions planes comprises entre Alangasi, Guangopolo, Sangolqui et Conocoto.....

Pendant que les eaux du Millihacu [versant occidental] envahissaient les champs et les pâturages de Callo et de Rumipamba, recouvraient la route, emportaient le pont de Cuilchi et atteignaient le rio Pumancuchi, le rio Saquimalag dévastait les nombreuses haciendas qui longeaient son cours. Au point de confluence de celui-ci avec le rio Cutuchi, le torrent envahit les haciendas du Colegio et de la Calera.....Le rio Pumancuchi déjà énorme avant d'atteindre le village de San Felipe, situé à l'ouest de Latacunga, déborda de son lit, envahit les espaces plans et détruisit plusieurs maisons de ce village.....Le rio Alaquez détourna une partie de ses eaux sur la plaine qui constitue plus en aval l'égide de Latacunga et le flot se dirigea directement sur la ville.....Si ce torrent avait été légèrement plus important, il aurait été fatal pour Latacunga. Cependant, il rencontra le lit du rio Yanacu qui traverse la plaine au voisinage immédiat de la ville et fut détourné en grande partie. De cette manière, la partie centrale de Latacunga fut préservée, mais ailleurs, de nombreux îlots d'habitations, des jardins, des champs, furent recouverts par une couche de boue de plus d'un mètre d'épaisseur. Presque toutes les maisons qui constituaient le «Barrio Caliente» furent détruites ou ensevelies par la boue.....

La région comprise entre le Cotopaxi et la ville de Latacunga a subi les dégâts les plus importants. L'ensemble de ce tronçon, de cinq lieues de longueur et d'une lieue de largeur, est devenu une vaste étendue recouverte de boues, de pierres et de blocs. Les hameaux qui étaient dispersés sur cet espace, ont été en grande partie détruits; de nombreuses personnes ainsi que l'essentiel du bétail de la région ont été emportés par le courant; les champs récemment ensemencés ont été entièrement ensevelis. Il faut encore ajouter la destruction des routes, des ponts du Guilchi et du Cutuchi, de dix-neuf moulins, de la manufacture de José Villagomez [photos 14 et 15], de 50 maisons de Latacunga et de ses alentours immédiats, ainsi que de nombreuses maisons dans le village de San Felipe...

Il n'est ainsi pas exagéré d'évaluer les dégâts à deux millions de pesos, sans tenir compte des vies humaines qui n'ont pas de prix.....Trois cent personnes ont péri dans le seul district de Latacunga.....[suit une description des destructions dans le territoire de Mulaló: nombreuses haciendas dévastées, cent deux victimes, etc.].....Le nombre de personnes emportées par le courant est actuellement inconnu.....plusieurs d'entre elles doivent être enterrées sous la boue.....

La catastrophe a été moins désastreuse au nord du volcan car elle s'est produite en des lieux généralement incultes et beaucoup moins peuplés.....[suit la description des destructions le long des rios Pita, Cunugyacu et San Pedro: haciendas ensevelies, quelques moulins, ponts, ateliers et habitations détruits, plusieurs personnes emportées par le courant, etc.]...

La partie orientale n'a pas non plus été épargnée. Outre le bétail emporté dans les *paramos* de Vallevecioso, plusieurs maisons situées en bordure du rio Napo ont été détruites, une vingtaine de personnes ont disparu ainsi que toutes les pirogues des indiens...» (Sodiolo, 1877).

Après l'éruption, durant quelques semaines, le Cotopaxi présenta une forte activité fumerolienne ponctuée de petites explosions de cendres, avant le retour au calme à la fin du mois d'août. Un an plus tard, le volcan se manifestait de nouveau, mais l'éruption du 23 août 1878 et celles qui se produisirent les années suivantes furent sans grandes conséquences pour les populations et présentèrent des caractéristiques comparables aux éruptions enregistrées entre 1845 à 1876. En janvier 1886, après une dernière projection de cendres, le Cotopaxi se mit en repos pendant près de 18 ans.

1903-1914

Cette dernière période débute avec des éruptions assez violentes mais sans conséquences majeures, en particulier en 1903 et 1904. Elles se caractérisèrent par des projections de cendres, de lapilli et de bombes volcaniques, et vraisemblablement par des coulées de laves et de petites coulées de boue.

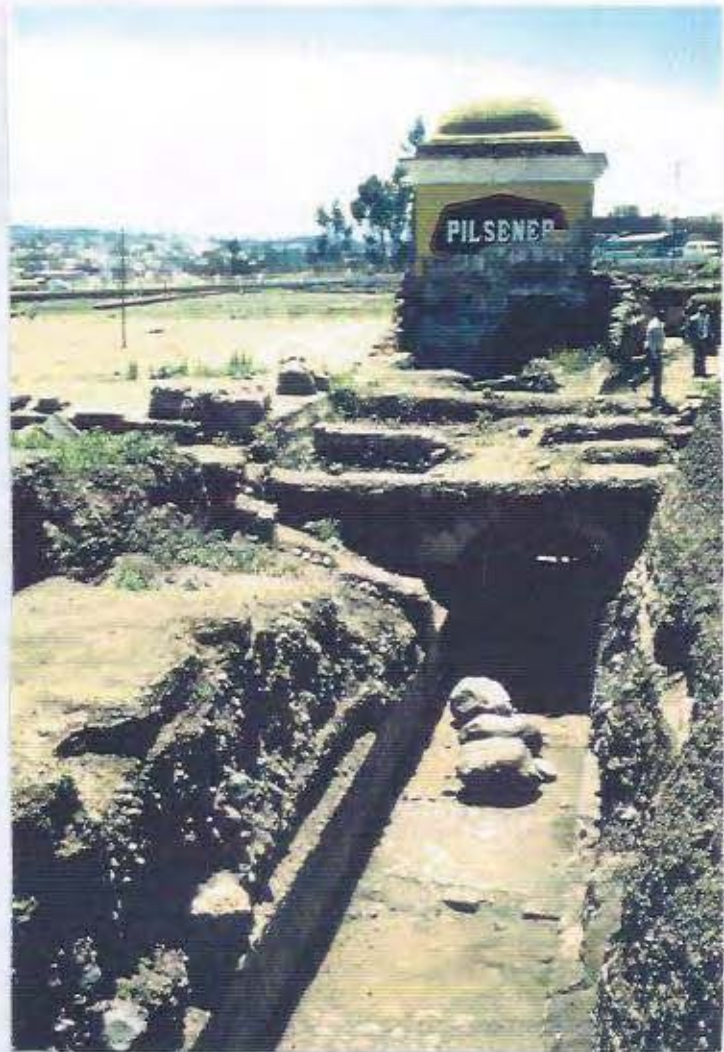
Martinez, depuis le lac de Limpiopungo situé à près de 4000 mètres à proximité du versant occidental du Cotopaxi, décrit en 1906 l'une des dernières éruptions notables du volcan: «J'assiste à un spectacle admirable: le Cotopaxi est complètement dégagé et il est en pleine éruption. La base de la colonne de fumée qu'il projette est complètement illuminée par une lueur rougeâtre.

Photos 14 et 15
Vestiges de la fabrique de textiles
Villagomez détruite par les lahars
du 26 juin 1877

Les travaux engagés depuis 1986 ont permis de dégager les fondations et le sous-sol de cette fabrique située sur la rive droite du rio Cutuchi, à l'entrée nord de la ville de Latacunga.

Ont été retrouvées, notamment, plusieurs machines textiles d'origine française et anglaise.

Le lit du rio Cutuchi est visible sur la photo ci-dessous. Il sépare le chantier de fouilles des quartiers nord de Latacunga récemment construits et situés au même niveau que ce dernier.



Par moment, il sort du cratère une grande quantité de pierres incandescentes qui se répandent sur les versants du cône et qui, en rebondissant, vont se perdre dans les gorges. On dirait un gigantesque feu d'artifices. Cela ne dure que quelques secondes, mais la colonne de fumée reste immense... (Martinez, 1932).

Des manifestations semblables se produisirent jusqu'en 1914 (photos 1 et 2): «Cette période d'activité, pendant laquelle il n'y eut aucune éruption catastrophique dura jusqu'au 31 mai 1914, quand elle cessa subitement... au moment où se produisit un tremblement de terre dans la région située entre le Cotopaxi et l'Antisana..... Depuis ce jour, le Cotopaxi entra dans une période de calme absolu...» (Martinez, 1932).

Depuis 1914

Depuis 1914, le Cotopaxi ne s'est plus manifesté de manière notable, si ce n'est par une assez forte activité fumerolienne dans les années 1928-1931. Une éruption assez violente, qui aurait eu lieu en 1942, est signalée par quelques auteurs (Hantke et Parodi, 1966; Simkin et al., 1981) mais n'a jamais pu être confirmée. En 1975 et 1976, le volcan a présenté un accroissement notable de son activité sismique et fumerolienne, sans conséquence (Miller et al., 1978). Cela s'est reproduit en 1988, mais plus modérément. Le volcan présente actuellement une activité fumerolienne modérée à l'intérieur du cratère ainsi que sur ses bords extérieurs, à proximité du sommet.

II. L'évaluation de la menace

Les résultats des quelques travaux de terrain effectués à ce jour et les dépouillements d'archives, n'autorisent qu'une reconstitution partielle de l'histoire du Cotopaxi et il reste beaucoup à faire, en particulier pour la période pré-coloniale et la période préhistorique. Néanmoins, s'il est impossible de prévoir la date de la prochaine éruption, les données actuellement disponibles permettent d'évaluer la menace c'est-à-dire de déterminer les types d'activités possibles, de dresser la liste des différents types de phénomènes auxquels on peut s'attendre et d'estimer la probabilité d'occurrence et l'intensité de ces derniers.

II.1. Récurrence des éruptions du Cotopaxi

Durant la période préhistorique, plusieurs événements majeurs, de type plinien, ont été reconnus (Coltelli et al., 1990) mais ils ne fournissent certainement pas la liste complète des éruptions du Cotopaxi et surtout, ils ne sont pas encore datés, ce qui rend impossible un éventuel calcul de fréquences. La première éruption qui ait été sérieusement datée (au carbone 14, à partir d'un échantillon de bois rencontré dans un dépôt de lahars), remonte à 2400 ± 135 BP (Hall, 1987). Cette dernière est intéressante à double titre. Elle a été à l'origine de lahars à très forte extension dont les limites ont été prises en compte lors de l'élaboration de la carte des menaces potentielles du Cotopaxi. Elle constitue aussi un repère chronologique important dans la mesure où la date des éruptions suivantes ne sont toujours pas connues, du moins jusqu'à la période coloniale.

Depuis cet événement, Hall a répertorié au moins 41 éruptions qualifiées d'importantes, à partir de l'étude des séquences de tephras (Hall, 1987) et pour une période sensiblement équivalente, Coltelli et al. en ont reconnu au moins 34 (Coltelli et al., 1990) ce qui donne, en moyenne, une éruption tous les 60 à 70 ans. En raison des phénomènes

d'érosion, les séquences de téphras considérées ne fournissent vraisemblablement pas un registre complet de l'histoire du volcan et cette fréquence est certainement sous-estimée. Elle n'a cependant guère de sens en elle-même, car ces éruptions ne sont pas toutes d'intensité comparable et ne se reproduisent pas à des intervalles de temps réguliers. En effet, comme nous avons pu le constater précédemment, les éruptions historiques connues se regroupent en périodes éruptives présentant des caractéristiques et des durées très variables (figures 2 et 3).

En 460 ans, le Cotopaxi a connu cinq ou six épisodes éruptifs: deux ou trois furent très brefs (1532-1534; 1698 [?] et 1803), l'un d'entre eux dura une dizaine d'années (1903-1914), et les deux autres furent particulièrement longs (1742-1768 et 1845-1886). Tout aussi importantes à considérer, sont les phases de sommeil du volcan. A une longue période de repos, à l'échelle historique (164 ans ou 233 ans en excluant l'éruption de 1698), succèdent des épisodes beaucoup plus courts (35, 41 et 17 ans). Pour sa part, la phase de repos actuelle dure depuis 77 ans. Enfin, toutes les périodes d'activité n'ont pas été à l'origine d'éruptions catastrophiques. Les éruptions de ce type dont nous sommes certains, ne se sont produites que lors des plus longues d'entre elles.

Compte tenu de ces variations quantitatives et qualitatives et du court laps de temps relativement bien connu de l'histoire du volcan, il n'est guère possible de mettre en évidence d'éventuels cycles éruptifs et encore moins pensable d'envisager un calcul de probabilités sérieux permettant de prévoir la date d'une prochaine éruption. Cependant, le Cotopaxi semble avoir été très actif durant les derniers milliers d'années; depuis 1532, une trentaine d'éruptions ont été enregistrées; chaque siècle (sauf peut-être le XVIII^e) a connu au moins une période éruptive et le volcan est en sommeil depuis 1914. Il n'est donc pas irraisonnable de penser, même si elle n'est pas mesurable, que la probabilité d'éruption pour les années à venir est élevée.

II.2. Types d'activité prévisibles et probabilité d'occurrence

D'après les données de la recherche géologique, il apparaît que le Cotopaxi a connu au moins deux grands types d'activité: une activité très explosive ancienne ayant entraîné la construction et la destruction du paléo-Cotopaxi ainsi que l'édification d'une partie du cône actuel, et une activité récente dans l'ensemble moins explosive. La prévision générale se doit de prendre en compte ces deux types d'activité même si la plus récente semble devoir constituer un modèle pour le futur proche.

II.2.1. L'activité ancienne

L'ensemble des géologues ou volcanologues qui se sont penchés sur la question, considèrent que l'activité ancienne du Cotopaxi fut particulièrement explosive. Un événement majeur aurait abouti à la destruction du premier appareil. D'autre part, six éruptions pliniennes, au moins, ont été reconnues (Coltelli et al., 1990) mais n'ont pas encore été datées. Une éruption de type St Helen's a été à l'origine de l'effondrement d'une partie de l'édifice volcanique, a produit des débris-avalanches et semble avoir contribué à une modification du type d'activité du volcan.

En dehors de ces éruptions, nous ne savons pratiquement rien, si ce n'est que le Cotopaxi a connu quelques périodes de repos dont certaines ont, semble-t-il, été très

longues et que des périodes d'activité effusive ont marqué les débuts de l'édification du paléo-Cotopaxi et du cône actuel.

II.2.2. L'activité récente

La période que nous qualifions de récente et qui aurait débuté il y a environ 14 000 ans (Hall, 1987), se caractérise par une activité moins explosive du Cotopaxi, liée à une modification sensible du chimisme et de la minéralogie des magmas. Plusieurs dizaines d'éruptions se sont produites durant cette période et auraient été de type strombolien à sub-plinien (Coltelli et al., 1990). Les récits des chroniqueurs et des scientifiques du passé semblent confirmer globalement les résultats des travaux de terrain mais permettent aussi de les nuancer (figure 4).

Notre attention s'est portée en premier lieu sur les éruptions qui ont été à la fois les plus explosives (VEI=4) et les plus catastrophiques (forte extension des lahars). Il s'agit des éruptions de 1744, 1768 et 1877 (nous excluons celle de 1698, incertaine). S'agit-il des trois manifestations sub-pliniennes reconnues par Coltelli et al. ? Cela supposerait que le volcan n'ait pas connu d'éruptions de ce type depuis plusieurs milliers d'années ce que semble infirmer la grande éruption d'il y a 2400 ans environ (Hall, 1987).

Quoi qu'il en soit, ces trois événements présentent, d'après les descriptions qui en ont été faites (des colonnes éruptives aux dimensions exceptionnelles, de deux à trois fois la hauteur apparente de l'édifice volcanique selon les auteurs, soit 6000 à 9000m, de puissantes chutes «en pluie» de cendres et de lapilli ponceux ayant affecté plusieurs milliers de km², etc.), les caractéristiques d'éruptions sub-pliniennes, voire pliniennes, accompagnées d'écoulements pyroclastiques, à moins qu'il ne s'agisse de puissantes explosions phréato-magmatiques présentant des caractères d'éruptions pliniennes. En effet, il semble que dans chacun des trois cas, des nuées déferlantes basales se soient développées en collerette au débouché du cratère avant de se propager horizontalement dans toutes les directions (éruption de 1768: «Le Cotopaxi expulsa une énorme quantité de matière incandescente qui en un instant recouvrit le tour de la partie sommitale...» [Kolberg, ed.1977]; éruption de 1877: «Une masse noire, fumante et bouillonnante, jaillit de tous les bords du cratère à la fois...» [Wolf, 1878]). Or si ces nuées peuvent s'observer à la base des colonnes pliniennes, elles semblent être surtout caractéristiques des explosions phréato-magmatiques (de Goër de Herve, 1985).

Quel que soit le type de dynamisme considéré, ces déferlantes et/ou écoulements pyroclastiques ont été à l'origine des lahars gigantesques de 1744, 1768, 1877 et peut-être même de 1742 et 1766. En effet, les écoulements liquides exceptionnels, responsables des lahars, sont causés avant tout par un transfert thermique très efficace entre les déferlantes et/ou écoulements pyroclastiques et la calotte glaciaire, en raison de très hautes températures, et par une abrasion mécanique entraînant elle-même un transfert thermique par friction élevée (Thouret, 1988). Les écoulements liquides du Cotopaxi, ainsi formés, ont ensuite incorporé les éléments solides de toute taille rencontrés sur leur passage (produits expulsés par l'éruption en cours, dépôts meubles issus d'anciennes éruptions, dépôts morainiques, alluvions, colluvions, éléments végétaux, etc.) et ont dévalé les vallées encaissées issues du Cotopaxi avant de se répandre dans les bassins peuplés.

En dehors de ces événements catastrophiques, la plupart des autres éruptions présentent un caractère nettement strombolien, en accord à la fois avec les descriptions

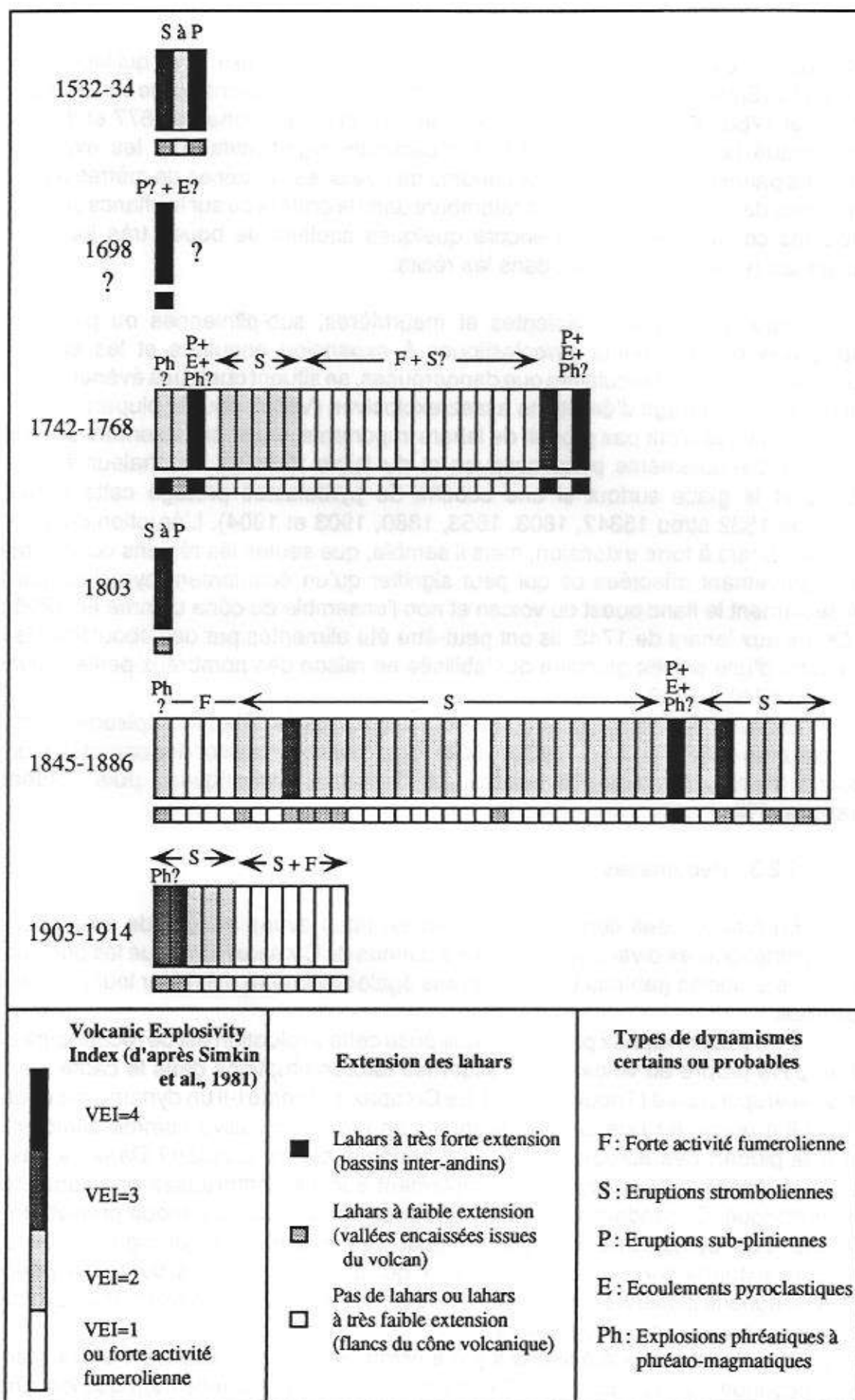


Fig. 4 - Dynamismes des éruptions du Cotopaxi durant la période historique

des anciens, les observations de terrain et la classification de Simkin et al. qui leur attribue un VEI égal à 2 (Simkin et al., 1981). Il s'agit en particulier des éruptions qui se sont produites entre 1744 et 1768, de celles qui ont précédé et suivi la catastrophe de 1877 et de celles qui ont marqué la période 1903-1914. Suffisamment significatifs sont les explosions répétées, les panaches de fumée et de cendres de quelques centaines de mètres de haut, les projections de blocs incandescents retombant dans le cratère ou sur les flancs du volcan et parfois les coulées de lave ou encore quelques coulées de boues très localisées, indicateurs qui reviennent souvent dans les récits.

Entre les éruptions violentes et meurtrières, sub-pliniennes ou pliniennes, accompagnées d'écoulements pyroclastiques à expansion annulaire et les éruptions stromboliennes, plus spectaculaires que dangereuses, se situent quelques événements de type intermédiaire. Il s'agit d'éruptions assez explosives (VEI=3 pour la plupart).

Certaines n'ont pas produit de lahars importants, vraisemblablement en raison de l'absence d'écoulements pyroclastiques et du faible transfert de chaleur entre les retombées et la glace surtout si une couche de pyroclastes protège cette dernière (éruptions de 1532 et/ou 1534?, 1803, 1853, 1880, 1903 et 1904). L'éruption de 1766 a produit des lahars à forte extension, mais il semble, que seules les régions occidentales aient été gravement affectées ce qui peut signifier qu'un écoulement pyroclastique ait affecté seulement le flanc ouest du volcan et non l'ensemble du cône comme en 1768 ou 1877. Quant aux lahars de 1742, ils ont peut-être été alimentés par des éboulements de glace à partir d'une calotte glaciaire destabilisée en raison des nombreux petits séismes ressentis de 1740 à 1742.

Enfin, il s'agit souvent d'éruptions qui ont marqué le début des épisodes éruptifs (en particulier en 1532 [?], 1742, 1803 et 1903) et qui ont pu présenter des caractéristiques d'éruptions initiales (éruptions à «cheminée fermée», phréatiques puis phréato-magmatiques [?]).

II.2.3. Hypothèses pour un futur proche

En fonction des données précédentes, nous avons essayé de présenter de manière synthétique les divers types d'activité connus du Cotopaxi ainsi que les principaux phénomènes associés (tableau 8). Nous avons également tenté d'évaluer leur probabilité d'occurrence.

L'un des principaux problèmes que pose cette évaluation est de reconnaître une lignée éruptive propre au volcan et de situer les futures éruptions dans le cadre de son dynamisme éruptif passé (Thouret, 1990). Le Cotopaxi présente-t-il un dynamisme évolutif et tendrait-il à présenter une activité de moins en moins explosive comme semblent le suggérer la plupart des auteurs qui se sont penchés sur la question? Dans ce cas, la prévision générale pourrait s'appuyer simplement sur les nombreuses éruptions de la période historique. Cependant, faute de données suffisantes sur la période préhistorique, l'hypothèse d'un dynamisme cyclique ne peut être écartée ce qui signifie que des événements extrêmement violents, tels ceux qui ont été reconnus durant la période ancienne (éruptions pliniennes ou de type St Helen's) ou supposés (paroxysmes explosifs exceptionnels) pourraient se reproduire.

Ceci a peut-être déjà été le cas il y a environ 2400 ans à l'occasion d'une grande éruption reconnue par Hall (Hall, 1987) et dont on ne connaît actuellement que les lahars qu'elle a engendré. Ces derniers, nous y reviendrons, présentent une extension beaucoup plus forte que ceux de 1768 ou 1877. Or, le passage entre la phase très explosive et la

	TYPES D'ACTIVITE CONNUS OU SUPPOSES DU COTOPAXI	NOMBRE D'EVENEMENTS
PERIODE PREHISTORIQUE	Paroxysmes explosifs exceptionnels (avec formation d'une caldera)	1?
	Activité de type St Helen's (Effondrement d'une partie de l'édifice volcanique, débris-avalanche et blast)	1 (plus modeste qu'au St Helen's)
	Activité plinienne (très forte dispersion des retombées, écoulements pyroclastiques et lahars à très forte extension)	au moins 6
PERIODE HISTORIQUE Depuis la conquête espagnole Durée: 460 ans	Activité sub-plinienne (forte dispersion des retombées, écoulements pyroclastiques et lahars à forte extension)	au moins 3
	Activité intermédiaire (assez forte dispersion des retombées, écoulements pyroclastiques et coulées de laves possibles, lahars à extension variable)	7 ou 8
	Activité strombolienne (faible dispersion des retombées, coulées de lave)	Une trentaine

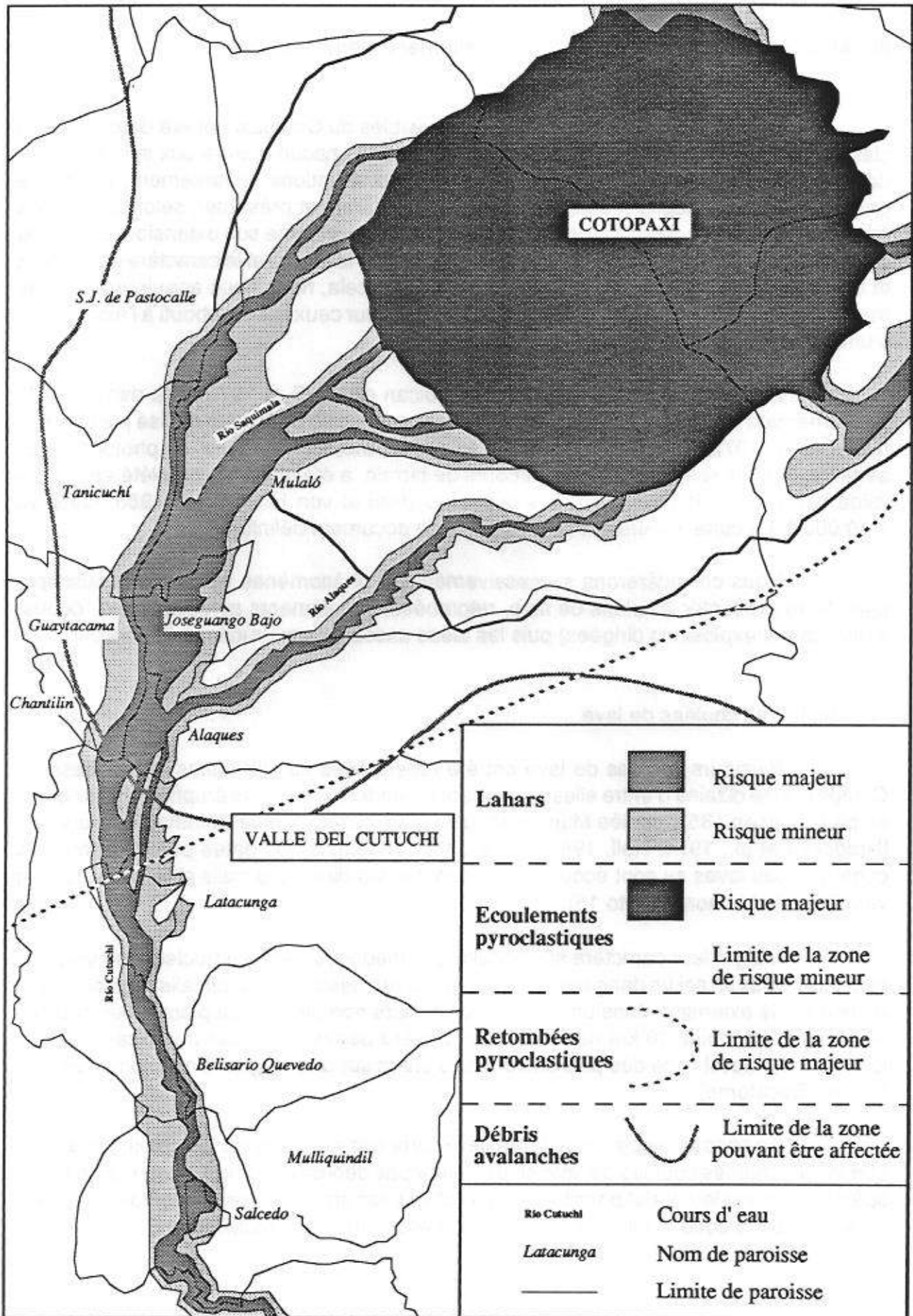


Tab. 8 - Types d'activité prévisibles et
probabilité d'occurrence

PROBABILITE
D'OCCURRENCE

phase moins explosive actuelle est situé à 14 000 BP (Hall, 1987) ou entre 13 000 et 25 000 BP (Smith et Clapperton, 1986). Peut-on alors considérer l'éruption d'il y a 2400 ans comme un événement isolé ou bien la situer dans un cycle éruptif?

Tout porte à la prudence, cependant il est possible, en fonction de la fréquence des éruptions connues, selon leur intensité, en raison de l'évolution actuelle vers un dynamisme globalement moins explosif, même s'il s'inscrit dans un cycle, de bâtir une échelle quant à la probabilité d'occurrence de tel ou tel type d'activité pour les années à venir (tableau 8). Cette échelle ne peut être que sommaire mais elle montre que si les éruptions stromboliennes sont les plus probables, les éruptions de type «intermédiaire» et surtout de type sub-plinien sont les plus à redouter en raison du caractère très meurtrier qu'elles peuvent présenter et d'une fréquence assez élevée (au moins trois éruptions de type sub-plinien en 460 ans). Plus redoutables sont les événements pliniens du type de ceux qui se sont produits durant la période préhistorique mais leur probabilité d'occurrence paraît faible, du moins dans un futur proche. La prévision générale doit néanmoins les prendre en considération, de même que les manifestations de type St Helen's à très faible probabilité d'occurrence. Les événements paroxysmiques, pour leur part, outre leur caractère exceptionnel, échappent à toute possibilité de prévision qu'il s'agisse de prévision à court terme ou de prévision générale.



III. Aléas prévisibles et régions potentiellement menacées

Plusieurs types de dynamismes prévisibles du Cotopaxi ont été déterminés et classés en fonction de leur probabilité d'occurrence. A chacun d'entre eux sont associés des produits directement ou indirectement liés aux éruptions. Inversement, un même produit peut accompagner des éruptions de type différent et présenter, selon le cas, des caractéristiques bien distinctes, en particulier en ce qui concerne son extension. L'objet de cette section est de répertorier ces aléas, d'en spécifier la nature et le caractère dangereux et d'en estimer la répartition spatiale possible. Pour cela, nous nous appuyerons sur les travaux précédemment cités et plus particulièrement sur ceux qui ont abouti à l'élaboration d'une carte des menaces potentielles du Cotopaxi.

A la suite des manifestations du volcan de 1975 et 1976, à la demande du gouvernement équatorien, un document provisoire au 1/100 000^e a été réalisé par l'USAID (Miller et al., 1978). Ce dernier, établi à partir de données historiques, de photographies aériennes et à la suite d'un rapide parcours de terrain, a été affiné et complété en 1988 à l'aide d'observations de terrain plus poussées (Hall et von Hillebrandt, 1988, carte au 1:50 000^e). La carte 7 a été dessinée à partir du document définitif.

Nous considérerons successivement les phénomènes volcaniques susceptibles de se présenter (coulées de lave, retombées, écoulements pyroclastiques, débris-avalanche et explosions dirigées) puis les aléas associés aux éruptions (lahars).

III.1. Les coulées de lave

Plusieurs coulées de lave ont été répertoriées sur les flancs et à la base du Cotopaxi. Une dizaine d'entre elles se seraient répandues durant les éruptions historiques, en particulier en 1853 (coulée Manzanahuaico vers l'ouest, coulée Chirimachay vers l'est [Hradecka et al., 1974; Hall, 1987]) mais dans l'ensemble, les dates précises sont mal connues. Ces laves se sont écoulées selon toutes les directions mais préférentiellement vers l'ouest et le nord (photo 16).

Malgré leur caractère spectaculaire et théoriquement destructeur, les laves ne constituent pas en soi un danger pour la population en raison de leur canalisation et surtout de leur faible extension dans un secteur par ailleurs non peuplé. La plupart des coulées reconnues ont moins 10 km de long et n'ont guère dépassé la base du volcan. La plus longue, mais aussi l'une des plus anciennes s'étend sur une vingtaine de kilomètres vers le nord (Bocatoma).

En conséquence, les auteurs de la carte des menaces du Cotopaxi, ont estimé que les prochaines coulées de lave ne devraient pas dépasser 10 ou 12 km. Aucun figuré spécial n'indique leur trajet possible dans le futur. Elles sont simplement cantonnées dans les limites de la zone la plus menacée par les écoulements pyroclastiques.



Photo 16
Une coulée andésitique massive
Vue prise à 4100 m sur le flanc nord du Cotopaxi



Photo 17
Cendres et lapilli
Vue prise dans la «Pampa de Limpios»
à 3800 m, au nord-ouest du Cotopaxi

III.2. Les retombées

Les retombées ont accompagné toutes les éruptions connues du Cotopaxi (photo 17). Très localisées dans le cas des éruptions stromboliennes, celles-ci ont été dispersées à de très grandes distances lors des éruptions les plus explosives. Les descriptions que nous avons pu recueillir sont suffisamment parlantes, en particulier celle de l'éruption de 1768 (cf. p.68).

Les pyroclastites projetées dans l'air lors des explosions retombent sous forme de fragments dont la dimension moyenne décroît au fur et à mesure que l'on s'éloigne du point d'émission. Les plus grossiers (lapilli, bombes ou blocs) peuvent causer des dommages par impact direct et causer des incendies, ce qui semble avoir été le cas dans la région de Mulaló en 1768. Cependant ce type de risque est limité aux secteurs les plus proches du volcan. En revanche les cendres et poussières volcaniques tombant «en pluie» lors des éruptions importantes, si elles sont rarement assez chaudes lorsqu'elles atteignent le sol pour produire des incendies, peuvent causer d'énormes dégâts à plusieurs dizaines de kilomètres du volcan, même si la vie des hommes n'est généralement pas menacée. Les récits du passé parlent d'effondrement de toitures, voire de maisons sous leur poids, de destructions de récoltes, d'ensevelissements de pâturages, de la mort des animaux par manque de nourriture ou par intoxication, de nuisances physiologiques pour les humains, en particulier problèmes respiratoires, sans parler des mouvements de panique qu'entraîne une obscurité quasi-totale même en plein jour.. A cela il faudrait ajouter la destruction ou la paralysie des moyens de communication (routes, lignes téléphoniques), la contamination de l'eau, l'endommagement des lignes électriques, des machines et outils, etc. En d'autres termes, face à cet aléa les pertes humaines sont minimales, mais l'impact économique et social peut être considérable.

Les relevés de terrain et les descriptions historiques indiquent que les régions de loin les plus affectées par les retombées des éruptions antérieures, se situent à l'ouest et au nord-ouest. Les données de la Direction Nationale d'Aviation Civile sur les vents dominants permettent de penser que ces régions seront de nouveau les plus menacées dans le futur. En effet, les vents soufflent généralement d'est en ouest, à 50 ou 60 km/heure, au dessus de 10 000 mètres et vers le nord-ouest, de 25 à 40 km/heure, en dessous de cette limite.

La carte des menaces indique trois zones en fonction de l'intensité du risque. Les zones de risque majeur et intermédiaire (que nous avons regroupées dans la carte 7) comprennent les régions périphériques proches du volcan et celles qui sont situées du sud-ouest (vallée du Cutuchi jusqu'à Latacunga) au nord-ouest (bassin de Machachi). Les parties habitées sont susceptibles de recevoir de 5 à plus de 25 cm selon la distance au volcan. La couche de cendres ne devrait pas dépasser 5 cm dans les autres régions, regroupées en zone de risque mineur.

III.4. Les écoulements pyroclastiques (photo 18)

Les écoulements pyroclastiques sont des aérosols denses et très chauds, constitués d'un mélange de gaz et de particules solides, qui, par expansion gazeuse et par gravité, dévalent les pentes d'un volcan à très grande vitesse et en épousant son relief (de

Goër de Herve, 1985). Leur pouvoir destructeur est considérable en raison de leur température (plusieurs centaines de degrés) et de leur vitesse souvent supérieure à 100 km/heure, et leurs effets indirects (lahars, en particulier) ne sont pas moins catastrophiques.

Il existe plusieurs types d'écoulements pyroclastiques, ce dont nous ne discuterons pas ici. Notons simplement que dans le cas du Cotopaxi, ces écoulements se sont manifestés d'au moins deux manières différentes durant la période historique: en nuée dirigée latéralement n'affectant qu'une partie de l'édifice volcanique ou en nuée à expansion annulaire concernant l'ensemble du cône, comme ce fut le cas en 1768 ou 1877. Cependant, les données actuellement disponibles, indiquent que ces écoulements n'ont guère dépassé la base du cône (Miller et al., 1978; Hall, 1987), d'où une zone de risque majeur d'une vingtaine de kilomètres de diamètre. En auréole, autour de cette première zone, a été représentée une zone de risque mineur susceptible d'être affectée dans l'hypothèse d'écoulements pyroclastiques de plus grande ampleur, du type de ceux qui ont pu accompagner les éruptions pliniennes de la période préhistorique.



Coulée de ponces

Photo 18

Une coulée de ponces

Vue prise à 3900 m à la base du flanc nord du Cotopaxi



Photos 19 et 20

Les traces du débris-avalanche daté entre 25 000 et 13 000 BP

Ci-dessus: Le "Rio Pita Formation" (Smith et Clapperton, 1986) dont les dépôts (hummocks, petites collines allongées de 5 à 30 m de haut) s'étalent sur une centaine de km² au nord du Cotopaxi, le long du rio Pita. Au fond, le Sincholagua (4893 m) situé au nord nord-est du Cotopaxi.

Ci-dessous: L'escarpement de «Yanasacha», à 5700 m, qui marquerait la limite supérieure de la niche d'arrachement comblée par la suite par les produits des éruptions successives du volcan.



III.4. Les débris-avalanches et les explosions dirigées

Le phénomène de débris-avalanche, tel celui qui s'est produit au mont Saint Helen's en 1980, est lié à la destabilisation d'une partie de l'édifice volcanique avec la montée du magma. Cet édifice se déforme progressivement jusqu'à ce que se produise un «blast», violente explosion dirigée et un effondrement brutal engendrant une gigantesque coulée de boue et de blocs (Tazieff et Derruau, 1990). Ces deux phénomènes sont éminemment destructeurs.

Nous ne savons rien de l'effet «blast» de l'événement reconnu par Smith et Clapperton entre 13 000 et 25 000 BP. En revanche les dépôts du débris-avalanche se rencontrent sur près de 100 km² au nord du volcan (Smith et Clapperton, 1986). La première carte des menaces du Cotopaxi ne faisait pas mention de ce type d'aléa qui a été pris en considération dans le document définitif. Une limite très approximative distinguant les secteurs potentiellement menacés y a été tracée. Elle se fonde vraisemblablement sur les travaux de Smith et Clapperton pour la partie nord et pour les autres régions, sur des hypothèses établies en fonction des caractéristiques topographiques du volcan et de ses alentours. Cette zone de risque ne pourra réellement être précisée qu'à la suite du réveil du Cotopaxi, si une déformation du cône était observée.

III.5. Les lahars (photos 21 à 26)

Les lahars constituent le phénomène qui, de loin, a laissé le plus de traces dans les récits des contemporains des éruptions du Cotopaxi et les termes pour les nommer ne manquent pas. Les «lodozales», «aluviones», «avenidas» ou plus simplement «inundaciones» reviennent constamment. Ce n'est que depuis peu que l'on parle de «coladas de barro», «flujo de lodo» ou «lahares».

Le terme indonésien «lahar» fut employé pour la première fois dans la littérature géologique par Escher (Escher, 1922) mais la première définition précise fut donnée par Van Bemmelen: «une coulée de boue contenant des débris et des blocs angulaires, principalement d'origine volcanique» (Van Bemmelen, 1949). En Indonésie, l'élément liquide de la coulée provient de pluies intenses comme à l'Agung en 1963 ou de la vidange d'un lac de cratère comme au Kelud en 1919. Dans le cas du Cotopaxi, comme pour le Villarica (Chili) en 1971 ou le Nevado del Ruiz (Colombie) en 1985, il est dû à la rapide fusion d'une partie de la calotte glaciaire sous l'effet des produits incandescents, et plus particulièrement des écoulements pyroclastiques.

Les lahars sont très destructeurs en raison de leur masse (plus de 30 mètres de haut pour ceux du Nevado del Ruiz avant leur débouché sur la plaine d'Armero et 4 à 5 mètres d'épaisseur dans la ville [Thouret, 1988]) et de vitesses souvent supérieures à 30 km/heure (30 à 40 km/heure pour les lahars du Nevado del Ruiz en 1985, plus de 40 km/heure pour ceux du Cotopaxi en 1877). Les ravages qu'ils ont causé en Colombie, avec la mort de près de 25 000 personnes à Armero et Chinchina, ont été largement médiatisés. Près d'un millier de personnes ont péri en 1877, ensevelies ou emportées par les coulées de boue du Cotopaxi, dans des régions beaucoup moins peuplées qu'aujourd'hui, sans oublier les conséquences matérielles décrites ci-dessus par Sodiro (p.69 et 70).

Durant la période historique, plus de vingt lahars ont été enregistrés à l'occasion d'une trentaine d'éruptions. Une douzaine d'entre eux n'ont pas atteint les bassins peuplés où ils ne se sont manifestés que par des rios en crue. Les autres lahars (huit ou neuf, figure 3), ont à chaque fois affecté la région sud-orientale et détruit partiellement Latacunga à cinq reprises au moins. En revanche, les régions septentrionales et orientales semblent n'avoir été sévèrement touchées que lors des éruptions les plus importantes, éruptions vraisemblablement accompagnées d'écoulements pyroclastiques développés non plus seulement vers l'ouest, mais en toutes directions.

La carte des menaces potentielles du Cotopaxi (carte 7) prend en compte les lahars et distingue deux types de zones. La zone de risque majeur couvre les régions qui ont été affectées en 1877 et probablement, à peu de chose près, en 1744 et 1768, c'est-à-dire qu'il s'agit de l'extension type des lahars les plus catastrophiques de la période historique. Les régions dans lesquelles ont été observés les dépôts lahariques de l'éruption qui s'est produite il y a environ 2400 ans, constituent la zone de risque mineur, ce qui peut correspondre à une situation représentative de celles qui ont été engendrées par les dynamismes plus explosifs des derniers milliers d'années. En fonction de la configuration des bassins versants principaux, ces zones couvrent trois ensembles régionaux.

Les régions occidentales et méridionales

Le versant occidental de l'appareil volcanique est entaillé par trois vallées encaissées à forte pente (jusqu'à 30%) qui canaliserait les lahars. Il s'agit des vallées des rios Cutuchi, Saquimala et Alagues. A leur débouché dans le bassin de Latacunga, les écoulements, libérés des contraintes topographiques, s'étaleraient et entreraient en confluence en formant un front de plusieurs kilomètres de large, en particulier entre Mulaló et la ville de Latacunga où la pente n'est plus que de 2% environ. Au sud de Latacunga, le lit du rio Cutuchi, dont la profondeur varie entre cinq et quinze mètres, devrait pouvoir retenir les lahars de type 1877 avant que ceux-ci ne s'étalent de nouveau dans le petit bassin de Salcedo. Plus en aval, ce sont de véritables gorges d'une soixantaine de mètres de profondeur qui devraient facilement contenir les écoulements sur quelques kilomètres.

La carte ne prend pas en compte les régions situées plus au sud mais nous savons, par les récits historiques, que les lahars ont entraîné une onde de crue le long du rio Pastaza qui reçoit les eaux du Cutuchi au sud-est d'Ambato. Leurs effets se sont faits sentir au-delà de Puyo à plus de 150 km de leur lieu d'émission.

Les régions septentrionales

Sur le versant nord, plusieurs petites gorges achemineraient les lahars qui conflueraient et s'étaleraient sur plusieurs kilomètres à la base du volcan avant de se concentrer dans les gorges du rio Pita situées à l'est du Pasochoa et profondes d'une trentaine de mètres. En raison d'une pente de 4 % environ, ces derniers verraient leur vitesse s'accroître et pourraient facilement déborder au sud de Rumipamba, à l'endroit, dénommé «Caldera», où les gorges forment un coude. Ils emprunteraient ainsi le lit du rio Santa Clara, constituant du même coup un deuxième front. Les deux coulées s'engageraient alors dans le bassin connu sous le nom de «Valle de Los Chillos» et se réuniraient dans la région de Sangolqui-San Rafael où ils se déploieraient sur près de trois kilomètres. Plus au nord, entre l'Ilalo et les collines de Conocoto, les lahars seraient en grande partie

canalisés dans le lit encaissé du rio San Pedro, d'une quinzaine de mètres de profondeur, mais pourraient légèrement déborder dans le bassin de Tumbaco.

Les effets des lahars seraient ressentis bien au-delà de Tumbaco. En 1877, une onde de crue s'est propagée le long du rio Guayllabamba qui recueille les eaux du San Pedro, puis le long du rio Esmeraldas. Celle-ci a atteint la ville d'Esmeraldas, située au bord du Pacifique à plus de 300 kilomètres du volcan, dix-huit heures après le déclenchement des lahars.

Dans l'hypothèse d'une éruption du type de celle qui s'est produite il y a environ 2400 ans, une partie des lahars concentrés sur les paramos, à la base du Cotopaxi, pourrait longer le flanc sud du Pasocha et se déverser dans le lit du rio San Pedro. Par ailleurs, les gorges du rio Pita et surtout celles du rio Santa Clara, moins profondes, ne pourraient contenir les écoulements. Les trois lahars réunis formeraient alors une immense «mer de boue», étendue sur une centaine de km², qui recouvrirait l'essentiel du Valle de Los Chillos.

Les régions orientales

Selon un processus identique aux autres versants, les lits des rios Tambo et Tamboyacu concentreraient les écoulements susceptibles de se développer sur le flanc oriental du volcan avant que ceux-ci ne confluent dans le lit très pentu du rio Valle Vicioso, qui plus en aval devient le rio Napo.

Les régions amazoniennes ne sont pas figurées dans la carte des menaces potentielles du Cotopaxi. Ces régions, dans l'ensemble inaccessibles, ne sont pas occupées, sauf à partir de la région de Puerto Napo à une centaine de kilomètres du volcan. Cette petite ville et les villages disséminés le long du rio Napo furent également touchés par une onde de crue en 1877.

La synthèse réalisée dans ce chapitre a permis d'obtenir un certain nombre de résultats utiles à la poursuite de notre étude:

- bien que non mesurable, la probabilité d'occurrence d'une éruption du Cotopaxi dans un futur proche est élevée, ce qui justifie non seulement notre travail mais également toute action visant à en minimiser les effets;

- le type de menace a été précisé et les aléas les plus destructeurs, typiques des dynamismes connus du Cotopaxi, ont été identifiés;

- enfin et surtout, suivant nos objectifs, les régions menacées ont pu être cartographiées tout en tenant compte de plusieurs scénarios possibles quant au type d'aléa et à l'intensité de l'événement susceptible de se produire.

Malgré les insuffisances dues à une connaissance partielle de l'activité éruptive du Cotopaxi et en dépit du degré d'imprécision que cela suppose, le facteur naturel de vulnérabilité lié à une éventuelle éruption a pu être cerné. Il constitue l'élément de base permettant de passer de la simple notion de menace à celle de risque.



Photo 21

**Dépôts morainiques susceptibles
d'être mobilisés en cas de fusion
brutale des glaciers**

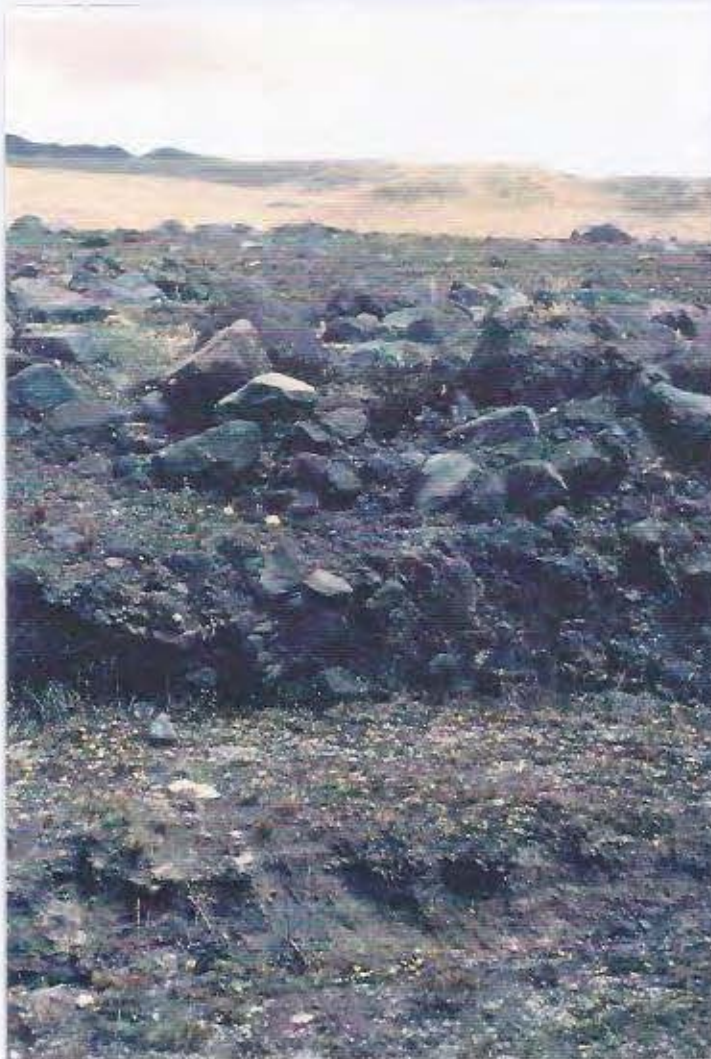


Photo 22

Dépôts de lahars

Vue prise à 3700 m à une dizaine de km et au nord du cratère du Cotopaxi, près de la confluence du rio Chilcahuaicu et du rio Pita (cf. carte 5). Ces dépôts de près de 3 m d'épaisseur sont constitués d'un matériel hétérométrique grossier. La matrice fine y est relativement peu importante.



Photos 23 et 24

Blocs de dimension exceptionnelle déplacés par les débâcles torrentielles

Ci-dessus: vue prise au nord du Cotopaxi avant la confluence entre le rio Chilcahuaicu et le rio Pita

Ci-dessous: le bloc d'andésite «Quilindusi» de 8,5 m de haut et de 45 m de circonférence, situé près de Mulalo à 20 km à l'ouest du volcan.





Photos 25 et 26
Cheminement des lahars vers les
régions septentrionales

Ci dessus: confluence et étalement des lahars provenant des nombreux barrancos entaillant le flanc nord du Cotopaxi.

Ci-contre: La zone de confluence des lahars est visible au centre de la photo. En 1877, les écoulements se sont concentrés dans les gorges du rio Pita contournant le Pasochoa vers l'est avant de s'engager dans le «Valle de los Chillos» que l'on devine entre le Pasochoa et l'Ilalo situé en arrière-plan (vue prise à 5700 m au niveau de l'escarpement «Yanasacha»).

Chapitre II

DE LA MENACE AU RISQUE:

UNE APPROCHE QUANTITATIVE DE LA POPULATION EXPOSEE

«La notion de risque implique automatiquement un certain élément humain ou social» (White, 1974). Le risque lié au Cotopaxi, en repos depuis près de 80 ans, est infiniment plus élevé que celui du Sangay pourtant en activité continue. Cependant, si dans le cas du Sangay l'élément humain ou social est quasi inexistant, il en va tout autrement dans celui du Cotopaxi dont la région est peuplée et en plein développement.

L'objet de ce chapitre est l'approche quantitative de la population exposée, l'approche humaine la plus courante, ou plutôt la moins inusuelle dans les travaux de planification destinés à réduire les risques. Dans un premier temps, nous mettrons en relation la répartition spatiale de la population de notre secteur d'étude avec celle des produits susceptibles de la menacer dans l'hypothèse d'une éruption. Nous évaluerons, dans un deuxième temps, l'effectif actuel de population menacée, globalement et selon le type d'aléa. Nous compléterons ensuite cette vision statique par une approche dynamique. Le risque ne varie pas seulement dans l'espace, il évolue également dans le temps, aussi mesurerons-nous la forte poussée démographique enregistrée depuis quelques décennies dans les régions les plus exposées. Nous pourrions enfin proposer un premier document synthétique tenant à la fois compte de la composante naturelle et du fait humain.

I. Répartition spatiale de la population exposée

I.1. Zones peuplées et zones menacées

La carte 8 met en relation les zones peuplées et celles qui sont potentiellement menacées par les produits du Cotopaxi. Elle permet ainsi, par superposition, de faire une distinction entre les régions vides d'hommes uniquement soumises aux aléas et les régions à risque pour la population (voir l'annexe 2 pour les aspects méthodologiques). La disposition respective de ces deux types de zones par rapport au volcan suscite deux observations.

En premier lieu, les zones à risque sont relativement éloignées de la source de danger. A la différence de nombreux volcans, tels l'Etna, le Nevado del Ruiz ou encore en Equateur, le Pichincha, l'édifice volcanique du Cotopaxi et ses alentours immédiats ne sont pas humanisés. A quelques exceptions près (communautés situées à l'Est de la paroisse de Mulalo), personne ne vit en permanence à moins de quinze kilomètres du cratère. Cette situation est liée à plusieurs obstacles interdisant ou limitant le peuplement :

- Le volcan lui-même, est entièrement compris dans les limites du Parc National du Cotopaxi à accès réglementé depuis 1975. Ce parc naturel est surveillé par quelques gardiens qui se relaient deux ou trois fois par semaine et fréquenté par les touristes et les andinistes, principalement durant les week-ends.

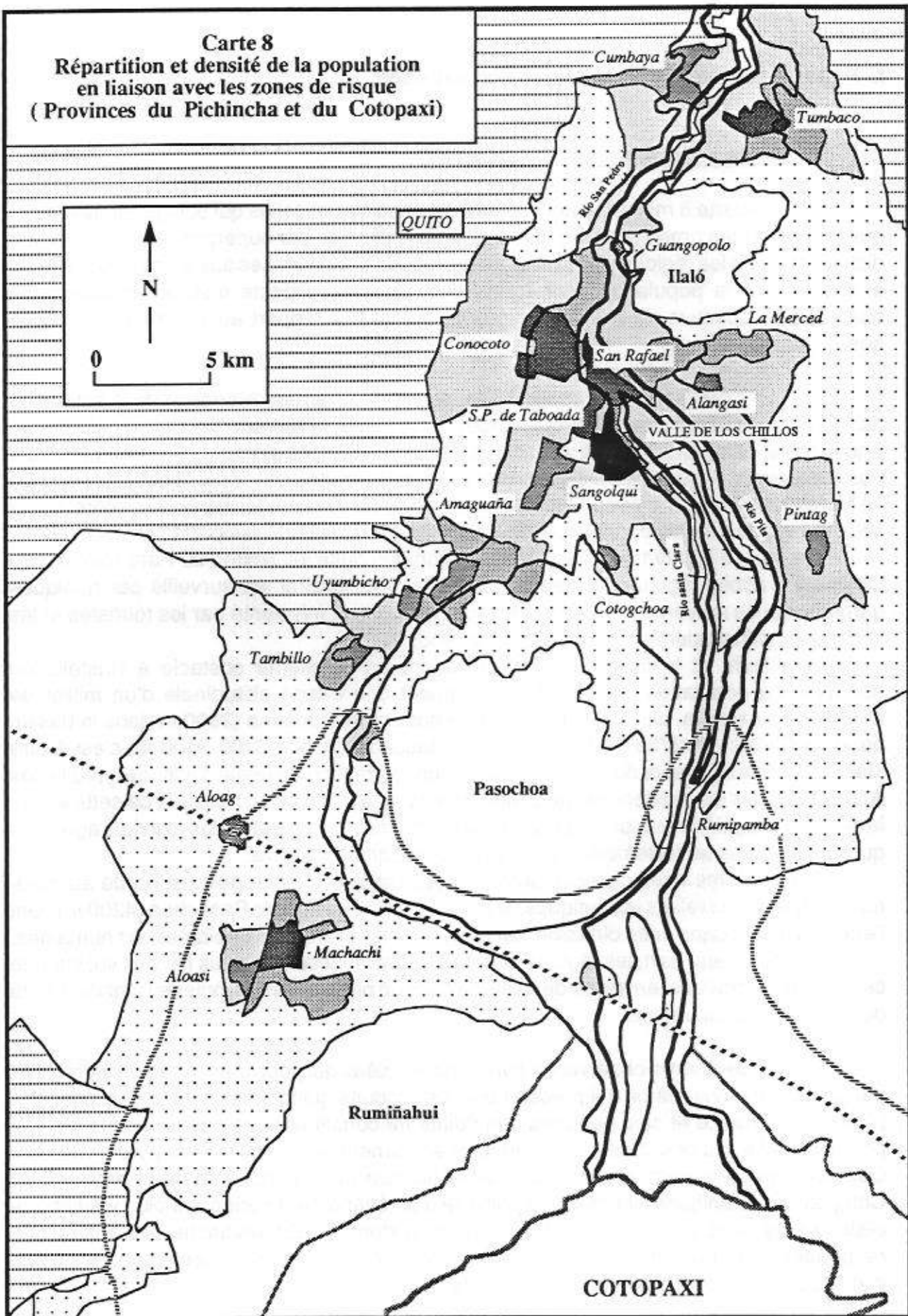
- L'altitude et le froid associé constituent un deuxième obstacle à l'installation humaine. La population occupe essentiellement une frange altitudinale d'un millier de mètres au maximum, depuis 2350 m dans le bassin de Tumbaco (2500 m dans le bassin de «Los Chillos» et 2750 m dans celui de Latacunga) jusqu'à 3200-3400 m, c'est-à-dire jusqu'à la limite inférieure du «paramo» qui est une formation végétale d'altitude typique des Andes humides équatoriennes (une sorte de steppe à graminées). Au delà de cette limite, le climat et les gelées rendent impossible, ou du moins très aléatoires les activités agricoles qui se limitent essentiellement à la culture des pommes de terre.

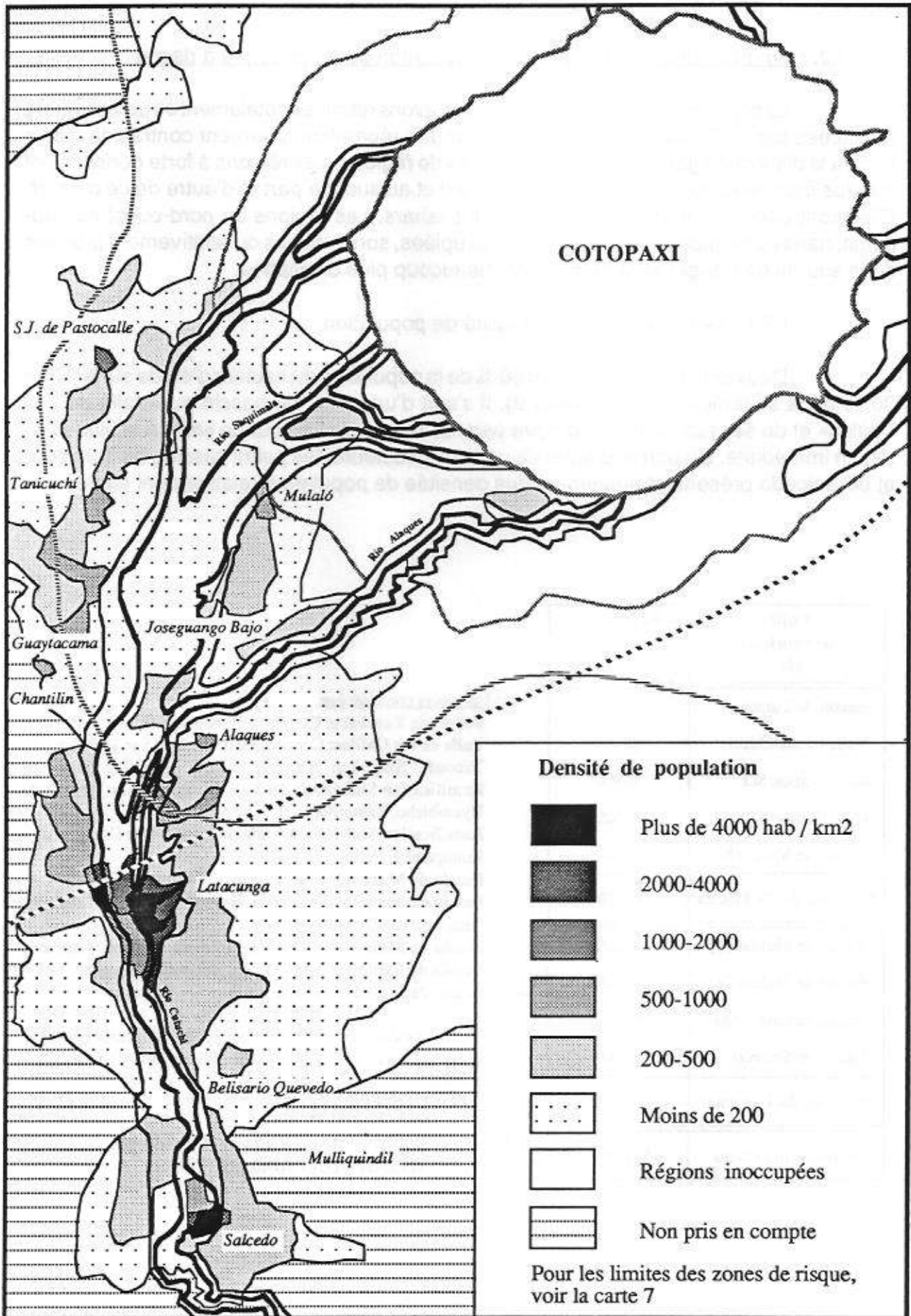
- Le troisième obstacle est d'ordre morphologique. Le Cotopaxi est bordé au nord-ouest par de vieux reliefs volcaniques, le Rumiñahui (4700 m) et le Pasochoa (4200 m) dont l'effet, du moins dans cette direction, est d'éloigner les premières implantations humaines.

Pour leur part, les régions orientales sont inoccupées, nous l'avons vu, sur une centaine de kilomètres, en raison de l'altitude dans un premier temps, puis de l'inaccessibilité des versants amazoniens.

La deuxième observation concerne les aléas qui pourraient affecter les régions peuplées. Il découle de ce qui précède que les produits qui toucheraient essentiellement l'édifice volcanique et ses alentours immédiats ne constitueraient pas un risque pour la population. Il s'agit des coulées de lave mais également des écoulements pyroclastiques. Ces derniers pourraient menacer une faible fraction de la population de la province du Cotopaxi, mais uniquement dans l'hypothèse d'un événement nettement plus violent que ceux qui se sont produits durant la période historique. En revanche, les effets des retombées, des lahars ou d'éventuels débris-avalanches, se feraient sentir beaucoup plus loin et concerneraient largement les régions humanisées.

Carte 8
Répartition et densité de la population
en liaison avec les zones de risque
(Provinces du Pichincha et du Cotopaxi)





1.2. Une distribution contrastée de la population dans les zones à risque

La population des paroisses que nous avons retenues, totalement ou partiellement menacées par le Cotopaxi, se caractérise par une répartition fortement contrastée (carte 8) d'où la distinction générale entre deux types de régions. Les régions à forte densité sont les plus éloignées du volcan et situées au nord et au sud, de part et d'autre de ce dernier. Elles sont essentiellement menacées par les lahars. Les régions du nord-ouest au sud-ouest, dans l'ensemble moins densément peuplées, sont proches ou relativement proches de la source de danger et la menace est beaucoup plus diversifiée.

1.2.1. Les régions à forte densité de population

Deux secteurs concentrent 60 % de la population du secteur d'étude sur environ 30 % de la superficie totale (tableau 9). Il s'agit d'une part, du bassin ou «Valle de Los Chillos» et de ses ramifications, d'autre part, du bassin de Latacunga limité à la ville et sa région immédiate. De part et d'autre de ces deux secteurs, les petits bassins de Tumbaco et de Salcedo présentent également des densités de population relativement élevées.

Unités territoriales (1)	Population 1988 (2)
Bassin de Tumbaco	32800
Valle de los Chillos	80400
Ramification SO	29900
Ramification SE	13520
Bassin de Machachi	28800
Province du Pichincha	185420
Bassin de Mulalo (O)	24500
Bassin de Mulalo (E)	14800
Bassin de Latacunga	67500
Bassin de Salcedo	23000
Province du Cotopaxi	129800
Les deux provinces	315220

(1) Paroisses considérées

Bassin de Tumbaco: Cumbaya, Tumbaco;
Valle de los Chillos: Conocoto, San Rafael, San Pedro de Taboada, Sangolqui, Alangasi, La Merced, Guangopolo;
Ramification Sud-Ouest du Valle de los Chillos: Amaguaña, Uyumbicho, Tambillo;
Ramification Sud-Est du Valle de los Chillos: Cotogchoa, Rumipamba, Pintag;
Bassin de Machachi: Alog, Aloasi, Machachi;
Bassin de Mulalo (Ouest): San Juan de Pastocalle, Tanicuchi, Guaytacama, Chantilin;
Bassin de Mulalo (Est): Mulalo, Joseguango Bajo, Alagues;
Bassin de Latacunga: Latacunga, Belisario Quevedo;
Bassin de Salcedo: Salcedo.

(2) Effectifs évalués en fonction de la population recensée en 1982 et des tendances enregistrées entre 1962 et 1974 et entre 1974 et 1982.

Tab. 9 - Population du secteur d'étude par secteur géographique (1988)

Le «Valle de Los Chillos» et le bassin de Tumbaco

Le «Valle de Los Chillos» (photos 28 et 29) situé à 2500 m, entre 35 et 45 km du volcan, regroupe près de 80 000 habitants ou environ 125 000 habitants si l'on tient compte de ses ramifications sud-orientales (en direction de Cotogchoa et Rumipamba) ou sud-occidentales (en direction d'Amaguaña, Uyumbicho et Tambillo).

Les plus fortes densités sont le fait de cinq paroisses bien reliées à la capitale dont l'habitat présente un caractère urbain marqué. Avec plus de 15 000 habitants (26 000 pour l'ensemble de la paroisse), la petite ville commerçante, artisanale et administrative de Sangolqui, installée entre le rio San Pedro et le rio Santa Clara, constitue le centre le plus dense du bassin. Le cœur de la ville, marqué par une place coloniale typique, est légèrement surélevé par rapport aux deux rios. Immédiatement au nord, et presque sans discontinuité avec Sangolqui, se situe la paroisse de San Rafael avec près de 6000 habitants. Cette dernière se caractérise par une topographie plane et son emplacement à la confluence des rios San Pedro, Santa Clara et Pita. L'habitat, généralement de qualité, est essentiellement de type pavillonnaire alors que les paroisses environnantes, celles de Conocoto (27 000 hab.), Alangasi (10 000 hab.) et San Pedro de Taboada (5400 hab.) offrent un double aspect, celui du noyau villageois ancien auquel se sont greffés, sur d'importantes surfaces, des quartiers résidentiels modernes de type pavillonnaire.

En marge de ces paroisses, où l'habitat domine largement, se situent des secteurs où s'entremêlent des villages disposés le long des voies de communications, quelques espaces résidentiels naissants, et les espaces agricoles. Ces derniers occupent une superficie de plus en plus importante en particulier vers le sud où s'étalent quelques grandes et riches haciendas destinées à l'élevage laitier et vers l'est, au delà du rio Pita, où dominent les petites propriétés.

Les deux ramifications méridionales du «Valle de los Chillos» présentent deux visages différents. Au sud-ouest, de gros bourgs, Amaguaña, Uyumbicho et Tambillo, jalonnent le rio San Pedro et la route Panaméricaine dont un embranchement passe par Sangolqui, San Rafael et Conocoto. Quelques haciendas, principalement à l'est du rio San Pedro, prolongent celles qui sont situées au sud de Sangolqui. La population de la ramification sud-orientale est beaucoup plus dispersée au fur et à mesure que l'altitude augmente et les voies de communications de très mauvaise qualité rendent difficile l'accès aux hameaux et villages installés au sud de Cotogchoa. Le dernier d'entre eux, Rumipamba (400 habitants), situé à 3000 m d'altitude en bordure des rios Pita et Santa Clara, est le siège d'une communauté paysanne dont les individus exploitent à la fois les lopins de terre qu'ils possèdent, les terres regroupées dans le cadre d'une coopérative paysanne et celles de quelques haciendas situées sur les flancs du Pasochoa. Si l'élevage est encore pratiqué, se sont ici, avant tout, les cultures d'autosubsistance qui dominent (maïs, pommes de terre, etc.).

Au nord, le petit bassin de Tumbaco est isolé du «Valle de los Chillos» par le vieux volcan érodé Ilalo (3185 m) et les collines peu peuplées qui relient Conocoto à Cumbaya. Ces collines présentent environ 300 m de dénivelé et correspondent à un escarpement de faille qui sépare la plaine de Quito, située à 2800 m, des bassins inférieurs (photo 27). A leur pied s'encaisse le rio San Pedro. L'absence de voies de communications dignes de ce nom renforce l'isolement du bassin de Tumbaco vis-à-vis du «Valle de los

Chillos» qui ne peut être atteint qu'en contournant l'Ilalo vers l'est à moins de passer par Quito auquel le bassin de Tumbaco est bien relié. Ce bassin comporte deux paroisses situées de part et d'autre du rio San Pedro, Cumbaya (10 000 hab.) et Tumbaco (23 000 hab.). La concentration de l'habitat n'est jamais bien marquée comme dans le «Valle de los Chillos», même dans les centres des deux bourgs, que l'on peut difficilement considérer comme de petites villes malgré l'effectif de population. Il s'agit surtout d'un habitat dispersé mais aux mailles serrées, parfois de type urbain avec des maisons modernes, quelquefois regroupées en de petits ensembles pavillonnaires, plus souvent de type paysan au milieu de petites parcelles de terre vouées principalement à l'horticulture.

Les bassins de Latacunga et de Salcedo

Le bassin de Latacunga (photo 30) est ici considéré au sens strict. Il s'agit uniquement de la région comprise entre Alaques, après la confluence des rios Cutuchi, Saquimala et Alaques, et Belisario Quevedo où le rio Cutuchi s'encaisse assez profondément après avoir traversé la ville de Latacunga.

Près de 70 000 personnes vivent dans ce bassin et Latacunga, avec 34 000 habitants, est la ville la plus importante de notre secteur d'étude (photo 31). Celle-ci fut fondée entre 1572 et 1576 par les Espagnols sur un site antérieurement occupé par les Incas. Capitale de la province du Cotopaxi, Latacunga est avant tout une ville administrative et commerciale mais les activités industrielles s'y développent de manière notable depuis quelques années. La ville couvre un territoire d'une quinzaine de km² et la partie la plus densément peuplée correspond au noyau central situé à l'est du rio Cutuchi, en position légèrement surélevée par rapport à ce dernier.

Le passage entre la ville et la campagne se fait pratiquement sans transition. Vers le nord, le fond de la vallée du Cutuchi est occupé par de grandes haciendas laitières ou céréalières et ce sont les espaces peu peuplés qui dominent. En revanche, la densité est beaucoup plus élevée dans les parties les plus basses des versants occidentaux et orientaux et le paysage est marqué par de nombreux villages et une multitude de petites propriétés issues de la fragmentation d'anciennes haciendas où l'on produit des céréales et des cultures maraîchères. Les densités se réduisent au fur et à mesure que l'on s'élève pour atteindre des régions difficilement accessibles, essentiellement habitées par des communautés indiennes, et dont les terres sont de qualité nettement inférieure à celles des parties basses.

Le bassin de Salcedo présente, en réduction, des caractéristiques similaires à celui de Latacunga. Avec à peine plus de 7000 habitants, la petite ville de San Miguel ou Salcedo, située sur la rive gauche du rio Cutuchi, affiche un caractère urbain plus marqué que Tumbaco par exemple, et le passage de la ville à une campagne densément peuplée se fait également sans transition. La propriété terrienne y est cependant encore plus fractionnée et les rendements agricoles sont très bas en raison du manque d'irrigation et d'une qualité insuffisante des sols, en particulier sur les versants orientaux.

Des bassins essentiellement menacés par les lahars

Les lahars constituent de loin, le principal aléa susceptible d'affecter tout ou partie des paroisses incluses dans les bassins à forte densité de population.

Dans la zone de risque majeur correspondant aux régions affectées en 1877, les plus fortes densités se rencontrent dans la province du Cotopaxi dans la mesure où elles comprennent une grande partie de la petite ville de Salcedo et surtout près de la moitié du territoire de Latacunga partiellement détruite à maintes reprises dans le passé. Dans la province du Pichincha, au contraire, les principales agglomérations se situent en marge de la zone de risque majeur où, dans l'ensemble, les densités sont encore relativement faibles sauf dans le triangle composé par la paroisse de San Rafael et les parties basses de Sangolqui, Conocoto et Alangasi.

A la différence des régions méridionales, la zone de risque mineur est très étendue dans le bassin de Tumbaco et surtout dans celui de «los Chillos» traversé par des rios peu encaissés. Dans l'hypothèse d'une éruption du type de celle qui a produit les lahars vieux de 2400 ans, la plupart des régions à forte densité seraient touchées.

I.2.2. Les régions à faible densité de population

Il s'agit de deux régions disposées géométriquement par rapport au volcan et séparées par le seuil morphologique qui à environ 3500 m d'altitude relie les Illinizas, massif volcanique situé à 30 km à l'ouest du Cotopaxi, le Rumiñahui et le Cotopaxi. De part et d'autre de ce seuil pratiquement vide d'hommes, se situent les bassins de Machachi et de Mulalo présentant des densités humaines relativement faibles par rapport aux régions précédemment décrites.

Le bassin de Machachi

Ce bassin situé à 2900 m d'altitude (photo 32) comporte un peu moins de 30 000 habitants et se caractérise avant tout par ses grandes haciendas à technologie moderne. En effet, les unités de production agricole de plus de 100 ha occupent environ 85% du territoire. Celles-ci se dédient essentiellement à un élevage laitier de qualité qui font de la région de Machachi, avec celle de Cayambe, à 40 km nord-est de Quito, les deux régions à plus fort rendement laitier du pays. Les densités sont donc très faibles, inférieures à 50 hab/km², sauf dans deux secteurs.

Les densités augmentent dans les régions plus élevées où les petites propriétés prennent le pas sur les haciendas. Des communautés paysannes y cultivent à grand peine des lopins de terre, parfois minuscules, provenant du partage inégal des terres lors des réformes agraires des années 60 qui consistèrent surtout à diviser les terrains moins productifs pour conserver en bloc les terres plus basses et plus fertiles permettant un élevage intensif.

Les plus fortes densités se rencontrent dans le secteur de Machachi et les villages voisins, en particulier Aloag et Aloasi. Gros bourg de près de 8000 habitants, Machachi, installé en bordure de la Panaméricaine, vit totalement en phase avec son milieu environnant avec ses services administratifs, ses activités commerciales et ses foires agricoles. Ses alentours immédiats, sont constitués de petites ou moyennes propriétés où l'on pratique de l'horticulture et un peu d'élevage et qui font transition avec le domaine des haciendas tant dans le domaine des activités que dans celui des densités de population.

Le bassin de Mulalo

Plus qu'un bassin, cette région où vivent près de 40 000 personnes, correspond surtout à un vaste plan incliné vers le sud/sud-ouest, de plusieurs kilomètres de largeur,

s'étendant du nord de la paroisse de Mulaló à celle d'Alaques, depuis environ 3200 m d'altitude jusqu'à 2800 m (photo 30). Parallèlement, les altitudes s'élèvent en bordure de ce plan incliné, à l'est en direction du Cotopaxi et à l'ouest en direction des Illinizas. Cet espace est avant tout traversé par des rios issus du Cotopaxi (Cutuchi, Saquimala et Alaques) qui ne s'encaissent que dans les régions les plus élevées et dans l'ensemble inoccupées. Un réseau complexe de canaux d'irrigation permet difficilement de suivre les tracés originels de ces cours d'eau qui plus en aval parcourent des territoires essentiellement voués aux activités agricoles.

Schématiquement, le plan incliné est faiblement peuplé et occupé par de grandes haciendas, dont certaines, par leur qualité, n'ont rien à envier à celles du bassin de Machachi. Toujours selon le même processus de répartition des terres lors des réformes agraires, les petites propriétés, souvent inférieures à un hectare et aux activités ancestrales, se situent sur les versants, notamment dans les secteurs orientaux les plus élevés et les plus éloignés des principaux axes de communication où vit une population de plus en plus marginalisée sur les plans économique, social et ethnique. Rentrent dans ce cas de figure, quelques communautés situées dans la paroisse de Mulalo, celle de San Ramon et de San Agustin et surtout celle d'Ashigua très proche du volcan et installée en bordure des gorges du rio Alaques.

Les plus fortes densités se trouvent à proximité des chefs-lieux de paroisse, Mulalo, Joseguango Bajo et Alaques, à l'est, Pastocalle, Tanicuchi et Guaytacama à l'ouest, bourgs dont la population ne dépasse jamais 1000 habitants. Elles sont néanmoins supérieures à l'ouest du rio Cutuchi par où passe la Panaméricaine qui relie Quito à Latacunga et où les activités sont plus diversifiées en raison du développement récent d'industries dans les paroisses de Tanicuchi et de Guaytacama.

Des bassins dans lesquels la menace est diversifiée

A la différence des bassins les plus densément peuplés, essentiellement exposés aux lahars, plusieurs types d'aléas pourraient affecter les bassins de Machachi et de Mulalo.

En raison de la protection naturelle que constitue le Rumiñahui, les risques liés aux lahars sont très faibles dans la région de Machachi et seule la vallée du rio San Pedro longeant le Pasochoa, pourrait être concernée dans l'hypothèse de lahars à très forte extension. En revanche la région pourrait être atteinte par d'éventuels débris-avalanche, et de toute manière, comme ce fut toujours le cas dans le passé, par des chutes de cendres. Comme nous l'avons signalé plus haut, les cendres ne constituent pas un grave danger pour les hommes. En revanche, il y a beaucoup à craindre pour les activités agricoles et en particulier l'élevage laitier dont nous avons souligné l'importance.

Le bassin de Mulalo est sans conteste la région où la menace est la plus diversifiée: écoulements pyroclastiques (risque mineur) à proximité du volcan, débris-avalanches, retombées et lahars. Ces derniers, dans l'hypothèse d'une éruption du type 1768 ou 1877 couvriraient de grands espaces, qui, fort heureusement, correspondent aux secteurs les moins densément peuplés.



Photo 27

**La ville de Quito dominant de près de 300 m le «Valle de los Chillos»
La silhouette du Cotopaxi se distingue à l'arrière du Pasochoa**



Photo 28

Le «Valle de los Chillos», vue rapprochée
Vue prise depuis l'ancienne route qui relie le Valle de los Chillos à Quito.
Conocoto se distingue au premier plan, une partie de San Rafael et de
Sangolqui au second plan.

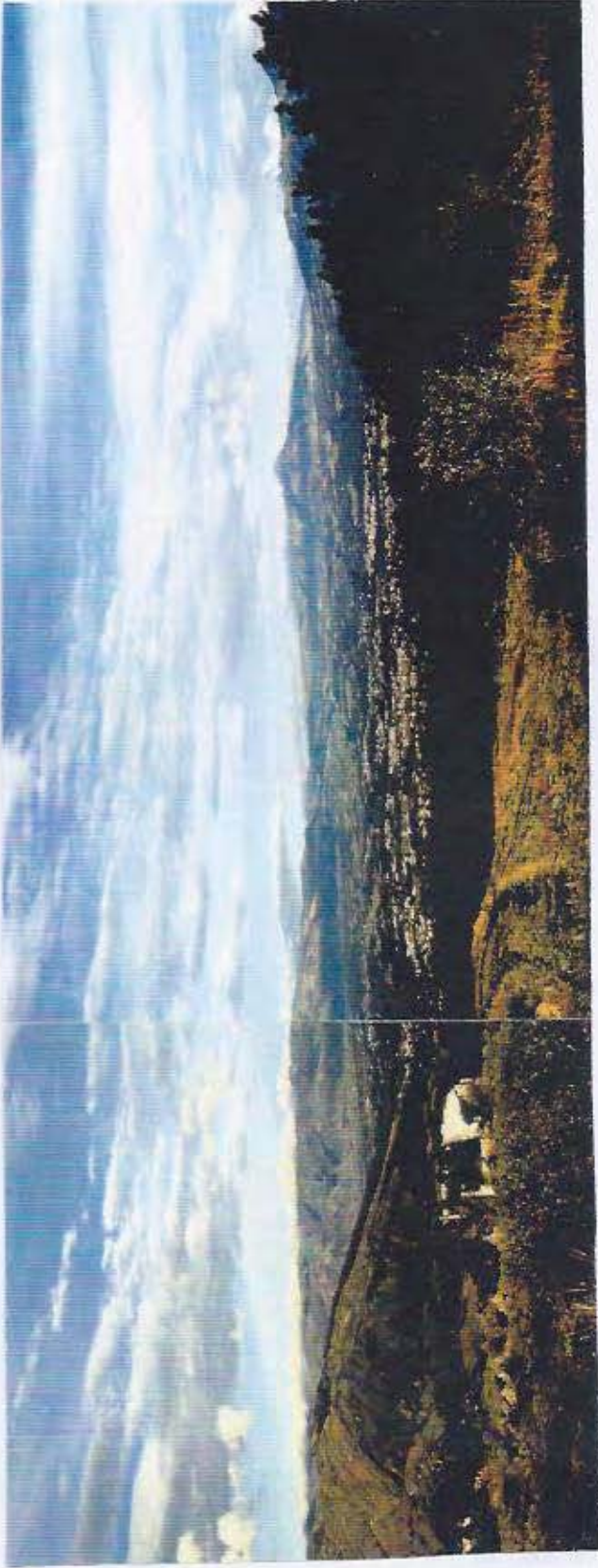


Photo 29

Le «Valle de los Chillos», vue générale

Plus de 100 000 personnes vivent dans ce bassin exposé au Cotopaxi et qui connaît une croissance démographique très soutenue. L'altitude moyenne du bassin est de 2500 m. Sur la droite de la photo on peut distinguer le Cotopaxi relié au Valle de los Chillos par la vallée du rio Pita encaissée entre les volcans Sincholagua (4893 m) et Pasochoa (4200 m). A gauche, se détache le vieux volcan érodé Ilalo (3169 m) séparant le Valle de los Chillos du bassin de Tumbaco. Vue prise depuis l'«autopista» reliant le Valle de los Chillos à Quito.



Photo 30

La vallée du Cutuchi, vue générale

On distingue de gauche à droite:

- Le Cotopaxi (en partie masqué par les nuages) dominant le bassin de Mulalo. A l'extrême gauche, apparaît nettement le seuil morphologique séparant le bassin de Mulalo du bassin de Machachi.
- La vallée du rio Cutuchi (partiellement dans l'ombre).
- La ville de Latacunga (34 000 habitants) située à 35 km du cratère du Cotopaxi.

L'altitude du bassin passe de près de 3200 m (en amont de Mulalo) à 2750 m (Latacunga).

Vue prise depuis le sud-ouest du Cotopaxi, à 3800 m, au col de la Loma Sumpillo sur la route reliant Pujilí à Pilaló.



Photo 31

Vue des quartiers nord de Latacunga avec le Cotopaxi en arrière-plan



Photo 32

Le bassin de Machachi

Un bassin voué à l'élevage laitier et dont les grandes propriétés occupent près de 85% de l'espace. En arrière-plan et à gauche, on peut distinguer le Cotopaxi (5897 m) et le Rumiñahui (4722 m). De l'autre côté du bassin, on devine sous les nuages le massif englacé des Illinizas (5263 m). Vue prise depuis le nord.

II. Evaluation de la population menacée

Disposant à la fois des limites des zones de risque avec la carte des menaces potentielles du Cotopaxi (Hall et Von Hillebrandt, 1988), et de la population des secteurs de base du recensement de 1982 avec les documents fournis par l'INEC (INEC, 1982), nous avons pu évaluer de manière assez précise l'effectif de population menacée, selon le type d'aléa. Nous avons également procédé à une estimation de cet effectif pour 1988, année durant laquelle nous avons engagé nos travaux sur le terrain et en particulier notre campagne d'enquêtes. Pour les aspects méthodologiques concernant l'évaluation de la population menacée, nous renvoyons le lecteur à la fin de ce document (annexe 2).

II.1. Evaluation globale selon le type de menace

Si l'on exclut les habitants des régions faiblement exposées aux chutes de cendres (zone de risque mineur), ce sont près de 220 000 personnes qui, dans notre secteur d'étude, sont menacées par le Cotopaxi, soit environ 69% de l'ensemble de la population (tableau 10). Cependant ce nombre est certainement proche de 300 000 si l'on tient compte de toutes les régions qui pourraient également avoir à subir les effets du volcan, même si plus modérément. Nous pensons aux habitants des provinces d'Esmeraldas, du Tungurahua et du Napo que nous avons exclus de notre étude et en particulier aux riverains des rios susceptibles d'enregistrer des ondes de crue en cas d'éruption avec lahars à forte extension.

Les risques liés aux lahars sont les plus élevés dans la mesure où ils concernent 150 000 personnes, soit sensiblement la moitié de la population du secteur d'étude (tableau 10). Parmi ces personnes, près de 30 000 vivent dans la zone de risque majeur, dont environ les deux tiers se situent dans la province du Cotopaxi, malgré un effectif global de population menacée par les lahars nettement inférieur à celui de la province du Pichincha (figure 5).

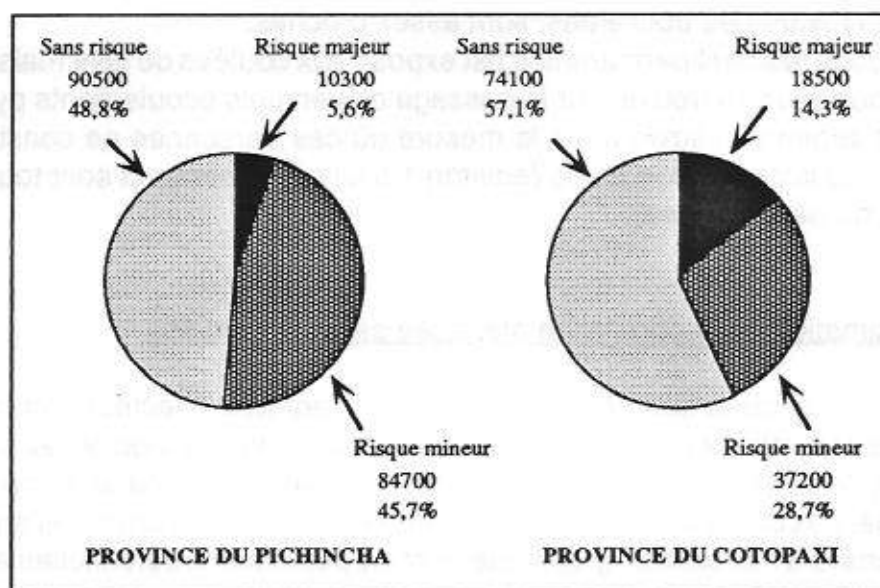


Fig.5 - Population menacée par les lahars du Cotopaxi selon la province

ALEAS	PROVINCE DU PICHINCHA (18 paroisses)		PROVINCE DU COTOPAXI (10 paroisses)		LES DEUX PROVINCES (28 paroisses)	
	Nombre de personnes menacées	%	Nombre de personnes menacées	%	Nombre de personnes menacées	%
Coulées de lave	—	0	—	0	—	0
	—	0	—	0	—	0
Retombées (1)	22600	15,1	49600	42,4	72200	27,1
	25400	13,7	53000	40,8	78400	24,9
Écoulements pyroclastiques (2)	200	0,1	3900	3,3	4100	1,5
	250	0,1	4150	3,2	4400	1,4
Débris-avalanches	23500	15,7	35800	30,6	59300	22,3
	26600	14,3	38400	29,6	65000	20,6
Lahars	75100	50,3	48300	41,3	123400	46,3
	95000	51,2	55700	42,9	150700	47,8
Au moins un aléa	99500	66,6	85400	73,0	184900	69,4
	122500	66,1	94800	73,0	217300	68,9
POPULATION TOTALE (menacée et non menacée)	149292	100,0	117054	100,0	266346	100,0
	185400	100,0	129800	100,0	315200	100,0

(1) Risque majeur

En caractères normaux: population de 1982

(2) Risque mineur

En caractères gras: population estimée en 1988

Tab. 10 - Population menacée par le Cotopaxi selon le type d'aléa

Pour leur part, les débris-avalanches et les retombées toucheraient aussi une forte proportion de la population totale, respectivement 20 et 25%, environ. Ces proportions, cependant, diffèrent selon la province considérée. Si dans celle du Pichincha, les lahars apparaissent comme étant l'aléa qui, de loin, est le plus à craindre par rapport aux deux autres, dans la province du Cotopaxi, en revanche, les effectifs de population menacée par chacun des trois aléas, sont assez proches.

Aucun résident permanent n'est exposé aux coulées de lave mais plus de 4000 personnes pourraient se trouver sur le passage d'éventuels écoulements pyroclastiques. Le risque est cependant limité dans la mesure où ces personnes ne constituent qu'une faible fraction de la population totale (environ 1,5%) et où, celles-ci sont toutes installées dans la zone de risque mineur.

II.2. Estimation de la population menacée selon la paroisse

Pour chacune des 28 paroisses constituant notre secteur d'étude, et pour la partie urbaine et rurale de certaines d'entre elles (Latacunga, Sangolqui et Salcedo), nous avons estimé l'effectif de population exposée selon le type d'aléa et selon l'intensité du risque associé. Les chiffres obtenus sont consignés dans les tableaux de l'annexe 3. Nous nous bornerons ici à représenter graphiquement les populations potentiellement menacées par les lahars (figure 6).

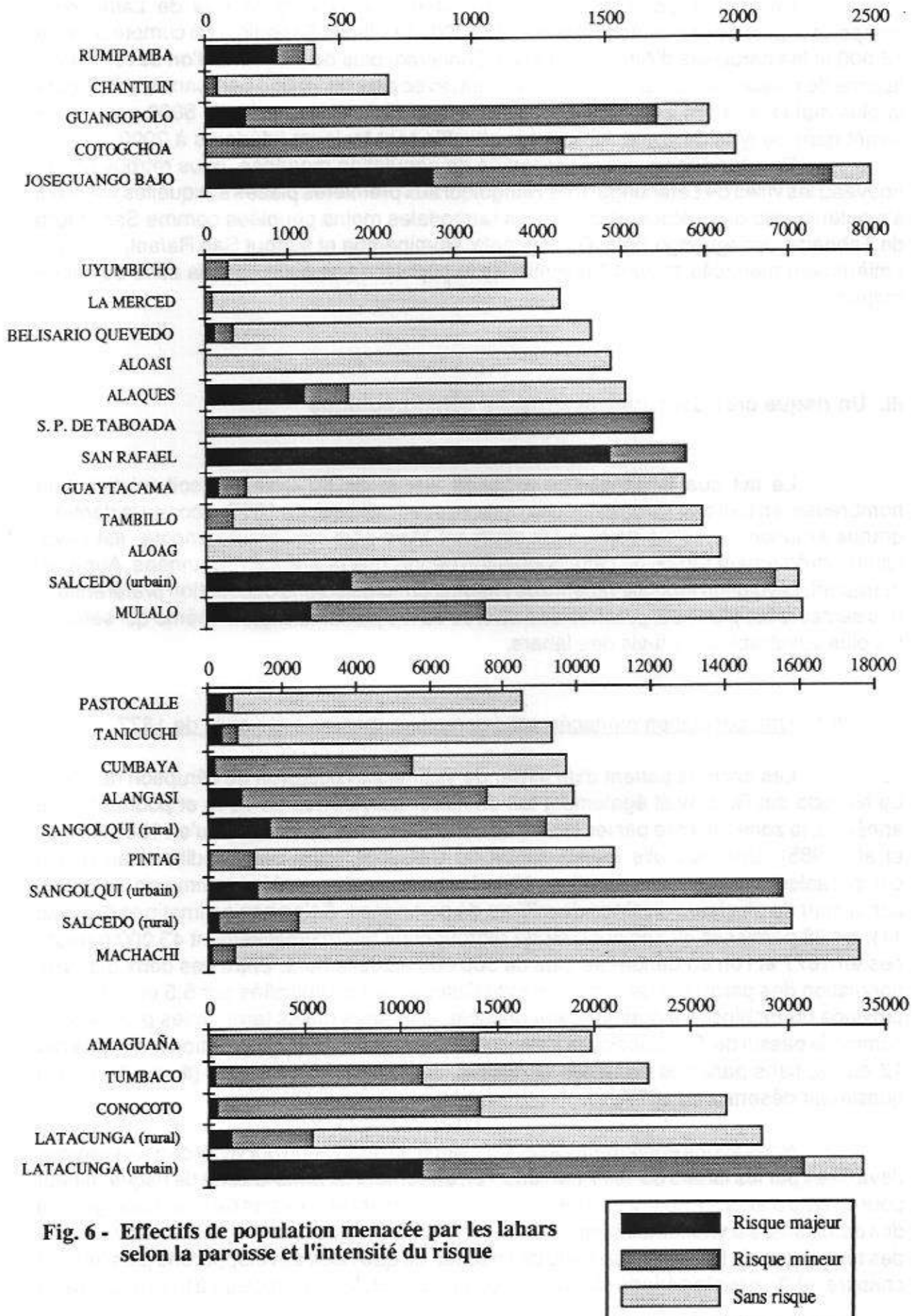
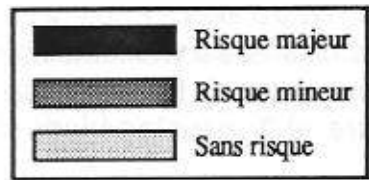


Fig. 6 - Effectifs de population menacée par les lahars selon la paroisse et l'intensité du risque



En effectif global (risque majeur et risque mineur), la ville de Latacunga, comporte le plus de personnes exposées (31 000), la ville de Sangolqui en compte près de 16 000 et les paroisses d'Amaguaña et de Conocoto, plus de 14 000. Si l'on se restreint à la zone de risque majeur, la ville de Latacunga, avec plus de 10 000 personnes, est encore la plus mal lotie. Vient ensuite la paroisse de San Rafael avec près de 5000 personnes vivant dans ce type de zone. Ailleurs les effectifs sont toujours inférieurs à 2000.

En ce qui concerne la proportion de population menacée, nous retrouvons de nouveau les villes de Latacunga et de Sangolqui aux premières places auxquelles viennent s'ajouter la ville de Salcedo et des unités territoriales moins peuplées comme San Pedro de Taboada, Joseguango Bajo, Guangopolo, Rumipamba et surtout San Rafael, paroisse entièrement menacée et dont l'essentiel de la population se situe dans la zone de risque majeur.

III. Un risque croissant avec la poussée démographique

Le fait que la population exposée aux aléas du Cotopaxi soit relativement nombreuse, en tout cas sans commune mesure avec celle qui, en 1877, a connu la dernière grande éruption, constitue déjà un fait alarmant. Mais plus inquiétante encore, est l'évolution extrêmement rapide de cette population depuis une quarantaine d'années. Autre fait marquant, l'évolution spatiale récente de l'habitat témoigne d'une occupation préférentielle des secteurs les plus bas, proches des rivières ou les joutant, ceux-la même qui seraient les plus vulnérables vis-à-vis des lahars.

III.1. Une population menacée sans commune mesure avec celle de 1877

Les anciens parlent d'un millier de victimes à l'occasion de l'éruption de 1877. Le Nevado del Ruiz avait également fait un millier de victimes en 1845 et pourtant cette année-là, la zone affectée par les lahars fut sensiblement plus étendue qu'en 1985 (Mojica et al., 1985). Une nouvelle manifestation du Cotopaxi, dans des conditions au moins comparables à ses grandes éruptions historiques, pourrait se solder comme en Colombie par la mort de plusieurs dizaines de milliers de personnes. Selon nos estimations (tableau 11), les 28 paroisses du secteur d'étude regroupaient approximativement 43 000 personnes en 1877 et l'on en dénombre plus de 300 000 actuellement. Entre ces deux dates, la population des paroisses de la province du Cotopaxi a été multipliée par 5,5 et celle de la province du Pichincha a pratiquement décuplé. Certaines unités territoriales plus petites, comme le bassin de Tumbaco ou le Valle de los Chillos ont vu leur population multipliée par 12 ou 13, sans parler de certaines paroisses, qui, comme San Rafael (figure 9) étaient quasiment désertes en 1877.

Nous avons également essayé d'estimer la population qui vivait dans les régions dévastées par les lahars de 1877 (tableau 12), autrement dit dans la zone de risque majeur pour ce type d'aléa. Le chiffre de 4000, obtenu uniquement en fonction de l'évolution globale des paroisses, est vraisemblablement surestimé. Il faudrait également pouvoir tenir compte des tendances de l'évolution spatiale de l'habitat, ce que nous développerons plus loin (ce chapitre, III.3.) pour la période récente. Quoi qu'il en soit, le rapport de un à trois observable

Unités territoriales (1)	1877 (2)	1950 (3)	1982 (3)	1988 (4)	1950-1988 Pop. X par	1877-1988 Pop. X par
Bassin de Tumbaco	2400	7002	24573	32800	x4,7	x13,7
Valle de los Chillos	6400	19260	62940	80400	x4,2	x12,6
Ramification SO	3900	11711	24688	29900	x2,6	x7,7
Ramification SE	2500	7365	11399	13520	x1,8	x5,4
Bassin de Machachi	4300	12930	25692	28800	x2,2	x6,7
Prov.Pichincha	19500	58268	149292	185420	x3,2	x9,5
Bassin de Mulalo (O)	5600	16533	22756	24500	x1,5	x4,4
Bassin de Mulalo (E)	4200	12581	14214	14800	x1,2	x3,5
Bassin de Latacunga	9800	29210	60004	67500	x2,3	x6,9
Bassin de Salcedo	3900	11613	20080	23000	x2	x5,9
Prov.Cotopaxi	23500	69937	117054	129800	x1,9	x5,5
Les 2 provinces	43000	128205	266346	315220	x2,5	x7,3

- (1) Paroisses considérées: voir tableau 9 pour la liste, voir également l'évolution démographique de chacune d'entre elles en annexes (annexe 4)
- (2) Effectifs estimés en fonction de l'évolution de la population de la partie nord de la Sierra équatorienne aux XIX^e et XX^e siècles (en particulier, données de Teran, 1984 et de Deler, 1987). Cette population a été multipliée par trois entre 1877 (environ 200 000 habitants) et 1950 (620 000 habitants). Les effectifs signalés au niveau provincial sont vraisemblablement proches de la réalité mais ils deviennent plus approximatifs pour les unités territoriales plus petites.
- (3) D'après les recensements de 1950 et 1982 (Instituto Nacional de Estadística y Censos).
- (4) Effectifs évalués en fonction de la population recensée en 1982 et des tendances enregistrées entre 1962 et 1974 et entre 1974 et 1982.

Tab. 11 - Evolution de la population du secteur d'étude (1877-1988)

		1877	1950	1962	1974	1982	1988
LAHARS Risque majeur	Province du Pichincha	1000	3200	4000	5800	8180	10300
	Province du Cotopaxi	3000	9800	11500	14200	16239	18700
	Les deux provinces	4000	13000	15500	20000	24419	29000
LAHARS Risque mineur	Province du Pichincha	8500	26000	33300	47500	66919	84700
	Province du Cotopaxi	6500	19000	22700	28000	32032	37000
	Les deux provinces	15000	45000	56000	75500	98951	121700
LAHARS Risque majeur et mineur	Province du Pichincha	9500	29200	37300	53300	75099	95000
	Province du Cotopaxi	9500	28800	34200	42200	48271	55700
	Les deux provinces	19000	58000	4000	95500	123370	150700

Estimation en fonction de l'évolution globale de chaque paroisse

Tab. 12 - Evolution de la population menacée par les lahars du Cotopaxi

entre la province du Pichincha et celle du Cotopaxi, semble correspondre aux faits, dans la mesure où la plus grande partie des victimes de 1877 vivaient dans la province méridionale. De 4000, le nombre de victimes potentielles est passé à près de 30 000 et, selon la même méthode d'évaluation, l'effectif de l'ensemble de la population menacée par les lahars (risque majeur et risque mineur) est passé de moins de 20 000 à plus de 150 000.

III.2. Une poussée démographique spectaculaire depuis les années 60

III.2.1. Les traits généraux

La courbe d'évolution de la population des 28 paroisses du secteur d'étude (figure 7) indique une accélération très nette de la croissance démographique depuis le milieu du XX^e siècle et en particulier depuis le début des années 70. Ce fait est en partie lié aux conditions locales mais il est, en premier lieu, à replacer dans un contexte plus général.

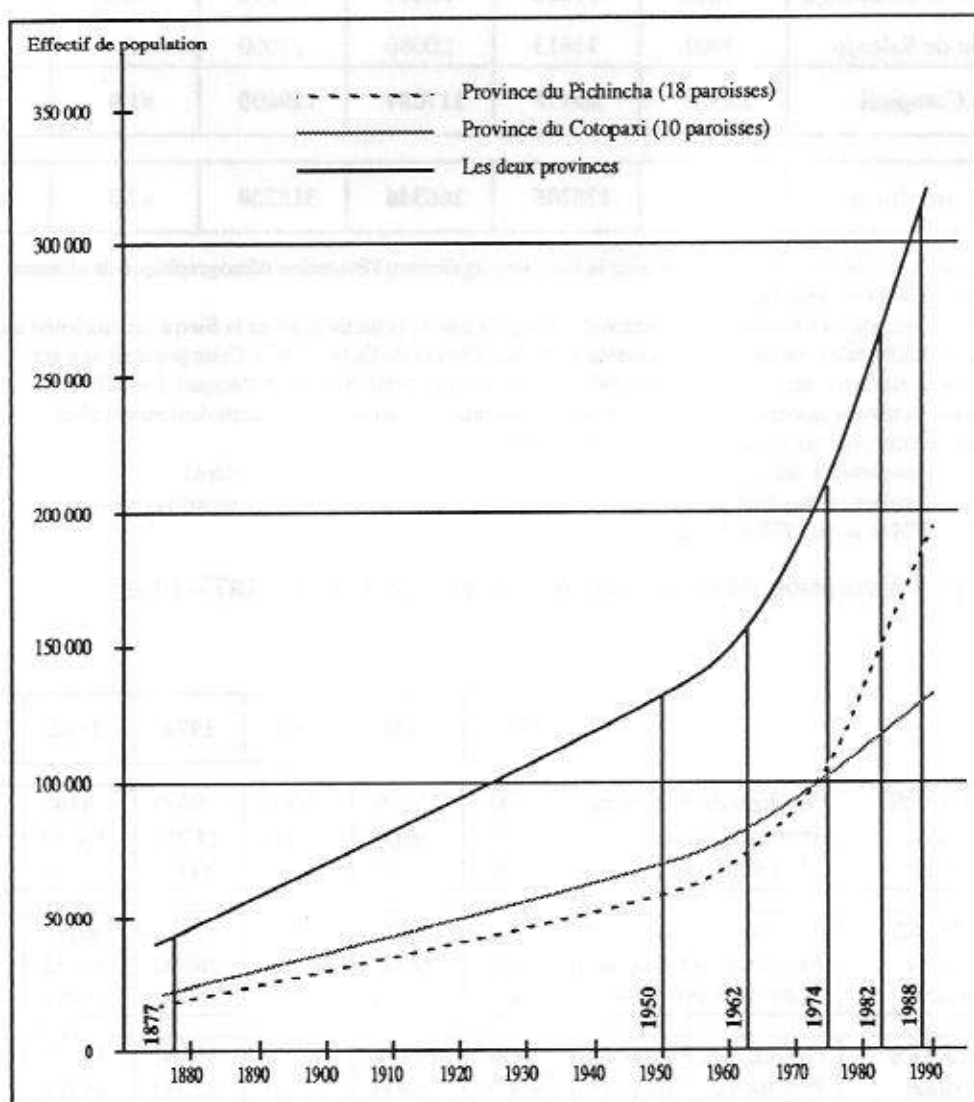
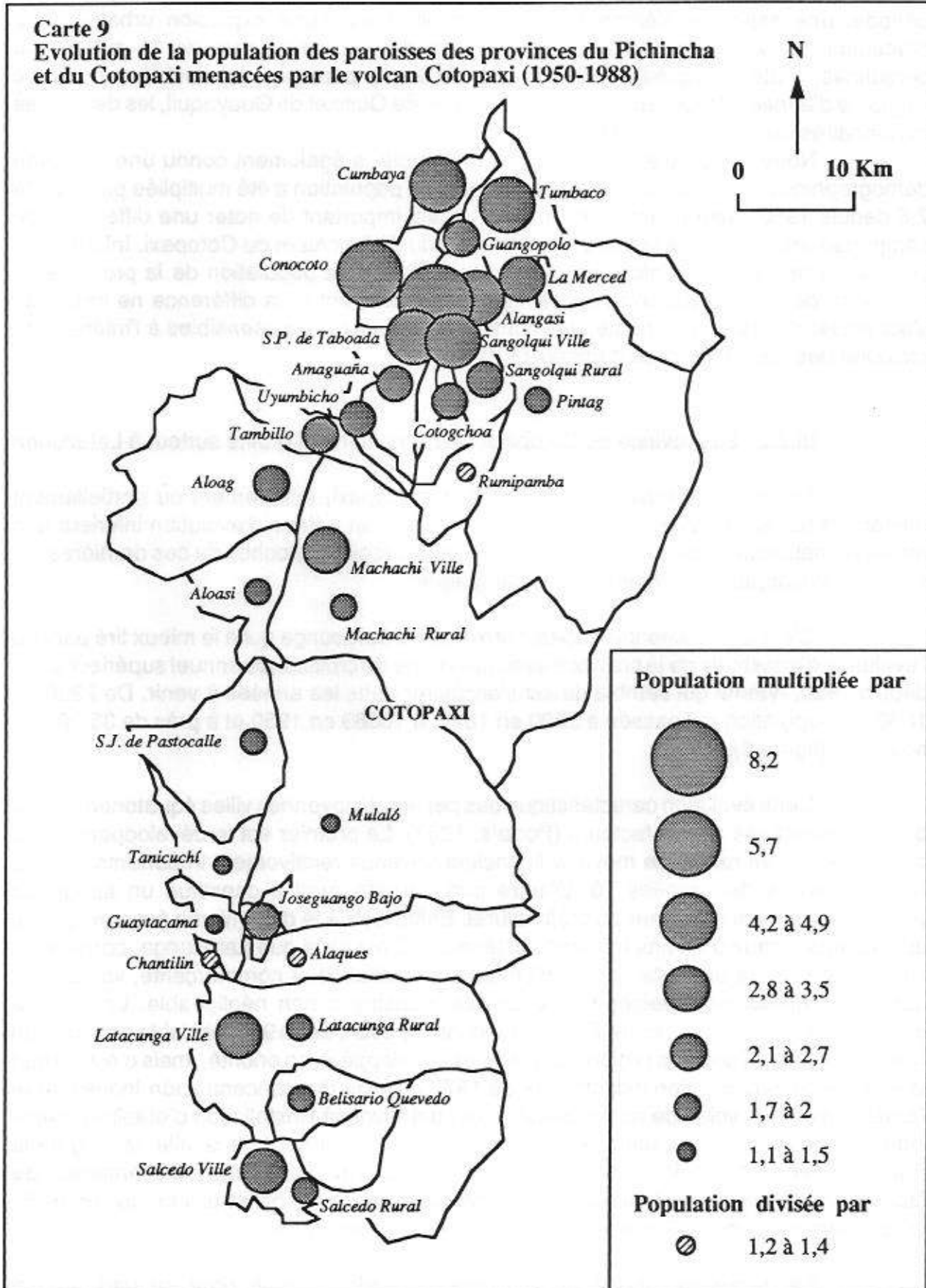


Fig. 7 - Courbes d'évolution de la population du secteur d'étude par province (1877-1988)

(Sources: recensements INEC de 1950, 1962, 1974 et 1982. Pour l'estimation des effectifs de population de 1877 et 1988, voir le tableau 11)

Carte 9
Evolution de la population des paroisses des provinces du Pichincha
et du Cotopaxi menacées par le volcan Cotopaxi (1950-1988)



En raison de la chute de la mortalité et du maintien d'une fécondité soutenue, l'Equateur, comme la plupart des autres pays latino-américains, connaît depuis cette période, une explosion démographique accompagnée d'une explosion urbaine sans précédent. La population équatorienne qui compte aujourd'hui près de 11 millions de personnes, a été multipliée par 3,3 depuis 1950 et a pratiquement doublé depuis une vingtaine d'années. Pour leur part, les populations de Quito et de Guayaquil, les deux villes millionnaires du pays, ont doublé en 15 ans.

Notre région d'étude, dans son ensemble, a également connu une évolution démographique rapide durant la même période. Sa population a été multipliée par plus de 2,5 depuis 1950. Cependant, dans le détail, il est important de noter une différence de comportement très sensible entre les provinces du Pichincha et du Cotopaxi. Inférieure à celle de la province du Cotopaxi, il y a encore 20 ans, la population de la province du Pichincha dépasse aujourd'hui la première très nettement et la différence ne cesse de s'accroître (figure 7). De même, des contrastes locaux sont très sensibles à l'intérieur de chacune des deux provinces (tableau 11 et carte 9).

III.2.2. La province du Cotopaxi: une évolution qui profite surtout à Latacunga

Les dix paroisses de la province du Cotopaxi, entièrement ou partiellement menacées par le Cotopaxi, connaissent globalement un rythme d'évolution inférieur à la moyenne nationale et ce sont surtout les villes et les régions proches de ces dernières qui se sont développées au détriment des campagnes.

C'est logiquement la capitale provinciale, Latacunga qui a le mieux tiré parti de l'évolution d'ensemble de la province avec un rythme de croissance annuel supérieur à 3% depuis 1950, rythme qui semble devoir s'accroître dans les années à venir. De 2200 en 1830, sa population est passée à 5500 en 1877, à 10389 en 1950 et à près de 35 000 de nos jours (figure 8).

Cette évolution caractéristique des petites et moyennes villes équatoriennes est principalement liée à trois facteurs (Portais, 1987). Le premier est le développement du secteur public en raison de moyens financiers devenus relativement importants avec la rente pétrolière des années 70. D'autre part, l'exode rural a constitué un apport de population souvent supérieur au croît naturel. Enfin, a joué le dynamisme économique lié aux acteurs locaux ou à une influence extérieure. C'est ainsi que Latacunga, considérée longtemps comme une ville essentiellement administrative et commerçante, voit depuis quelques années se développer une activité industrielle non négligeable. La «Loi de promotion industrielle» (Ley de Fomento Industrial) avait, dès 1965, choisi la province du Cotopaxi comme l'une des régions devant être développées en priorité, mais c'est surtout la «Loi de décentralisation industrielle» de 1977 (Ley de Desconcentración Industrial) et l'amélioration des voies de communication qui ont favorisé l'installation d'établissements industriels hors de Quito, entre autres, à Latacunga ou au nord de la ville, le long de la Panaméricaine et du rio Cutuchi. Il s'agit surtout d'industries agro-alimentaires, de fabrication de pièces métalliques et d'activités liées à la construction qui recueille principalement la main d'oeuvre des campagnes environnantes.

La deuxième ville de la province, Salcedo, connaît pour sa part un fort développement depuis une dizaine d'années (croissance démographique annuelle de

4,2%), mettant à profit dans le domaine commercial, son emplacement sur la Panaméricaine et le dynamisme récent de Latacunga au nord et d'Ambato au sud.

Quant au milieu rural, s'il présente un dynamisme démographique sensiblement inférieur à celui des régions urbaines, il est notable de constater que la population, sauf dans deux paroisses (Chantilin et Alagues), est en augmentation depuis 1950. Comme le souligne Carrón (Carrón, 1980), quelques provinces, dont celles du Cotopaxi, ont manifesté une certaine capacité de rétention de leur population rurale, par rapport à d'autres, plus pauvres comme celle du Chimborazo. Carrón évoque surtout le maintien d'une activité artisanale complétant une activité agricole nécessitant une main d'oeuvre de plus en plus réduite. Nous ajouterons dans notre cas, la relative proximité des centres d'emplois, Latacunga ou Quito ainsi que les activités industrielles nouvelles le long du rio Cutuchi qui tendent à limiter les émigrations définitives. Dans l'avenir, il est très probable que les populations des paroisses rurales, en particulier celles qui sont situées à l'ouest du rio Cutuchi, le long de la Panaméricaine, et les campagnes proches de Latacunga et de Salcedo, en voie d'urbanisation, voient leur rythme de croissance démographique s'accélérer.

III.2.3. Province du Pichincha: le déversement de Quito vers les bassins de Tumbaco et de Los Chillos

Le rythme d'évolution de la population du secteur d'étude, installée dans la province du Pichincha, est comparable, voire supérieur au fait national. Ceci est principalement lié au déversement de la population de Quito, trop à l'étroit dans un site allongé mais limité en largeur par la topographie, vers les bassins orientaux de Tumbaco et de Los Chillos.

Vers le milieu du XX^e siècle, le Valle de los Chillos était encore considéré comme le «grenier de Quito» (ALOP et al., 1981). L'espace était occupé par quelques grandes propriétés productrices de maïs et secondairement vouées à l'élevage laitier. Les concentrations humaines étaient limitées à quelques bourgs constitués dès l'époque coloniale comme Sangolqui, Conocoto ou Alangasi.

Dès 1930-1940, le «grenier de Quito» devint aussi un espace de récréation pour la population aisée de Quito qui recherchait la tranquillité, un climat plus agréable, plus chaud (13,2°C. en moyenne à Quito, 15,5°C. en moyenne dans le bassin), un véritable cadre naturel et, en particulier, la proximité de cours d'eau qui faisaient défaut à Quito. Apparurent ainsi des résidences secondaires («fincas») occupées en fin de semaine. L'intérêt suscité par le Valle de los Chillos ne toucha cependant qu'une frange limitée de la population de Quito et le bassin ne connut pas de modifications radicales avant 1960.

Le mouvement enregistré depuis une trentaine d'années changea de caractère et d'intensité dans les années 60 et surtout 70, et aboutit à un véritable bouleversement de la vallée. De temporaires, les migrations devinrent définitives et touchèrent des couches sociales plus diversifiées. A la haute bourgeoisie, vint s'ajouter la petite bourgeoisie de la capitale, accompagnée d'une population destinée à offrir ses services comme employés de maisons ou dans les domaines du commerce, de l'artisanat et de la construction. En quelques décennies, la population du Valle de los Chillos a plus que quadruplé, les noyaux préexistants se sont fortement développés (8000 habitants à Sangolqui, 4000 à Conocoto en 1950 et respectivement 26 000 et 27 000 aujourd'hui) et de petites paroisses rurales qui ne comptaient que quelques centaines d'habitants, ont poussé comme des champignons (figure 9 pour le cas de San Rafael).

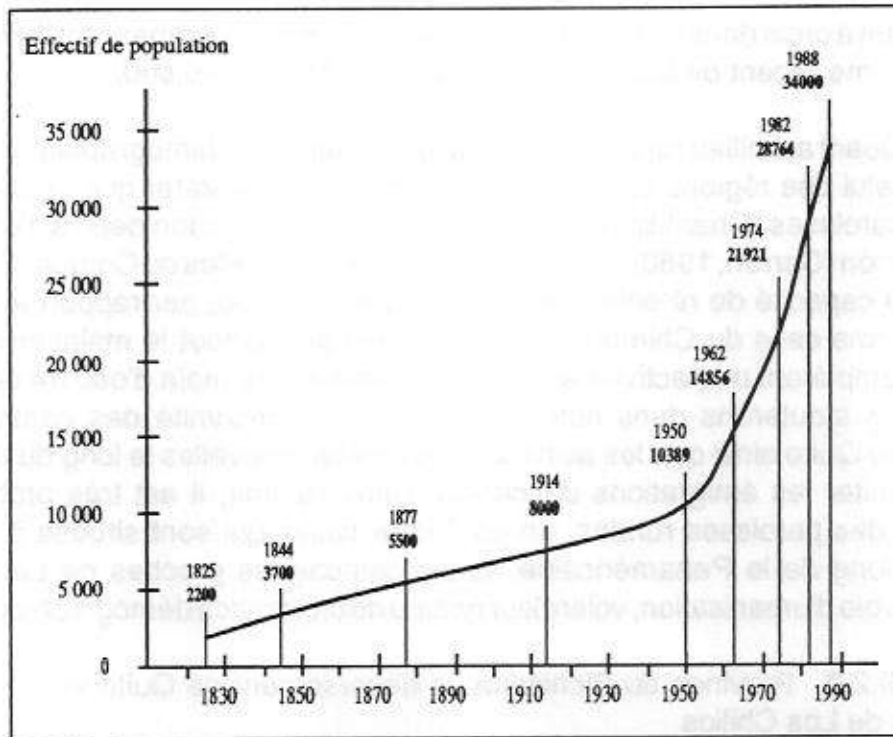


Fig. 8 - Courbe d'évolution de la population de la ville de Latacunga (1825-1988)

(Sources: recensements INEC de 1950, 1962, 1974 et 1982; Carrion [Carrion, 1986], pour 1825, 1844 et 1914; estimation pour 1877 en fonction de la population de 1844 et 1914; estimation pour 1988 en fonction de l'évolution de la population de 1962 à 1974 et de 1974 à 1982)

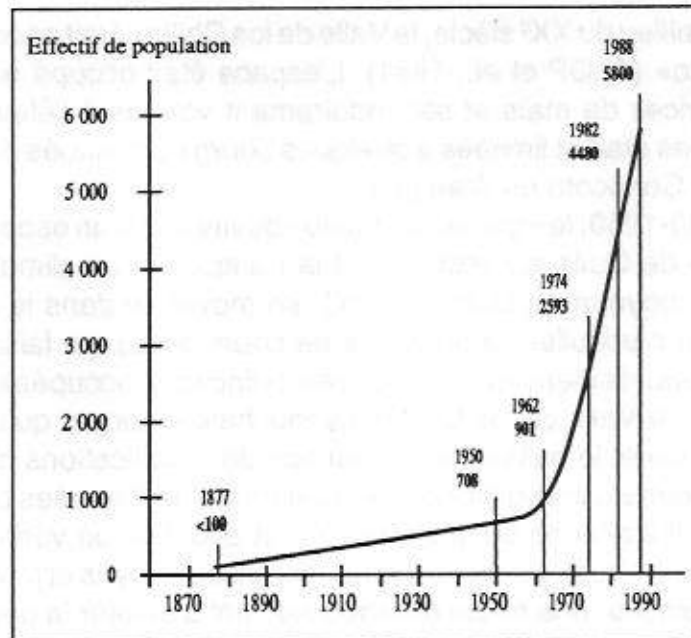


Fig. 9 - Courbe d'évolution de la population de la paroisse de San Rafael (1877-1988)

(Sources: recensements INEC de 1950, 1962, 1974 et 1982; estimation pour 1877: le territoire actuel de la paroisse était compris dans celui d'une grande hacienda en 1877 et la population permanente d'une hacienda de ce type pouvait être légèrement supérieur à 50 personnes [de la Torre, P., 1980]; estimation pour 1988 en fonction de l'évolution de la population de 1962 à 1974 et de 1974 à 1982)

Cette explosion démographique est liée à plusieurs facteurs complémentaires, parmi lesquels la libération des terres avec les réformes agraires des années 60, dont l'objectif premier fut détourné au profit de la spéculation immobilière, en raison de l'importance de la demande liée aux besoins de terrains nouveaux pour l'expansion de la capitale et à l'attrait naturel du Valle de los Chillos. L'achèvement de la voie rapide («autopista») en 1976, reliant Sangolqui à Quito, contribua à accélérer le mouvement en permettant aux nouveaux résidents de se rendre rapidement à la capitale en particulier pour leurs activités professionnelles (entre 15 et 20 minutes pour les personnes disposant de leur propre véhicule). Ce mouvement est en plein processus et les nombreux lotissements en cours de construction ou en projet, laissent supposer qu'il est loin de se tarir dans les années à venir. De plus, parallèlement à une fonction essentiellement résidentielle du Valle de los Chillos, il y a encore quelques années, se développe une fonction commerciale et touristique (en particulier sous l'impulsion de Sangolqui et grâce aux petites stations thermales et aux piscines de La Merced, San Pedro del Tingo ou San Rafael qui attirent les foules le dimanche), et les premières activités industrielles sont apparues, en particulier le long du rio San Pedro.

Le bassin de Tumbaco constitue le deuxième axe de développement de la capitale vers l'est. De 7000 en 1950, la population du bassin est passée à plus de 33 000 aujourd'hui et les modalités de sa rapide croissance sont dans l'ensemble comparables à celles du Valle de los Chillos. Les constructions nouvelles y sont cependant plus diffuses et les petites propriétés agricoles sont encore nombreuses.

Les autres régions de la province du Pichincha comprises dans le secteur d'étude connaissent pour leur part une évolution démographique plus modérée, sauf en ce qui concerne le bourg de Machachi et le secteur d'Amaguaña, Uyumbicho et Tambillo qui, en marge du Valle de los Chillos et le long de la Panaméricaine, constitue pour l'instant un axe de développement secondaire.

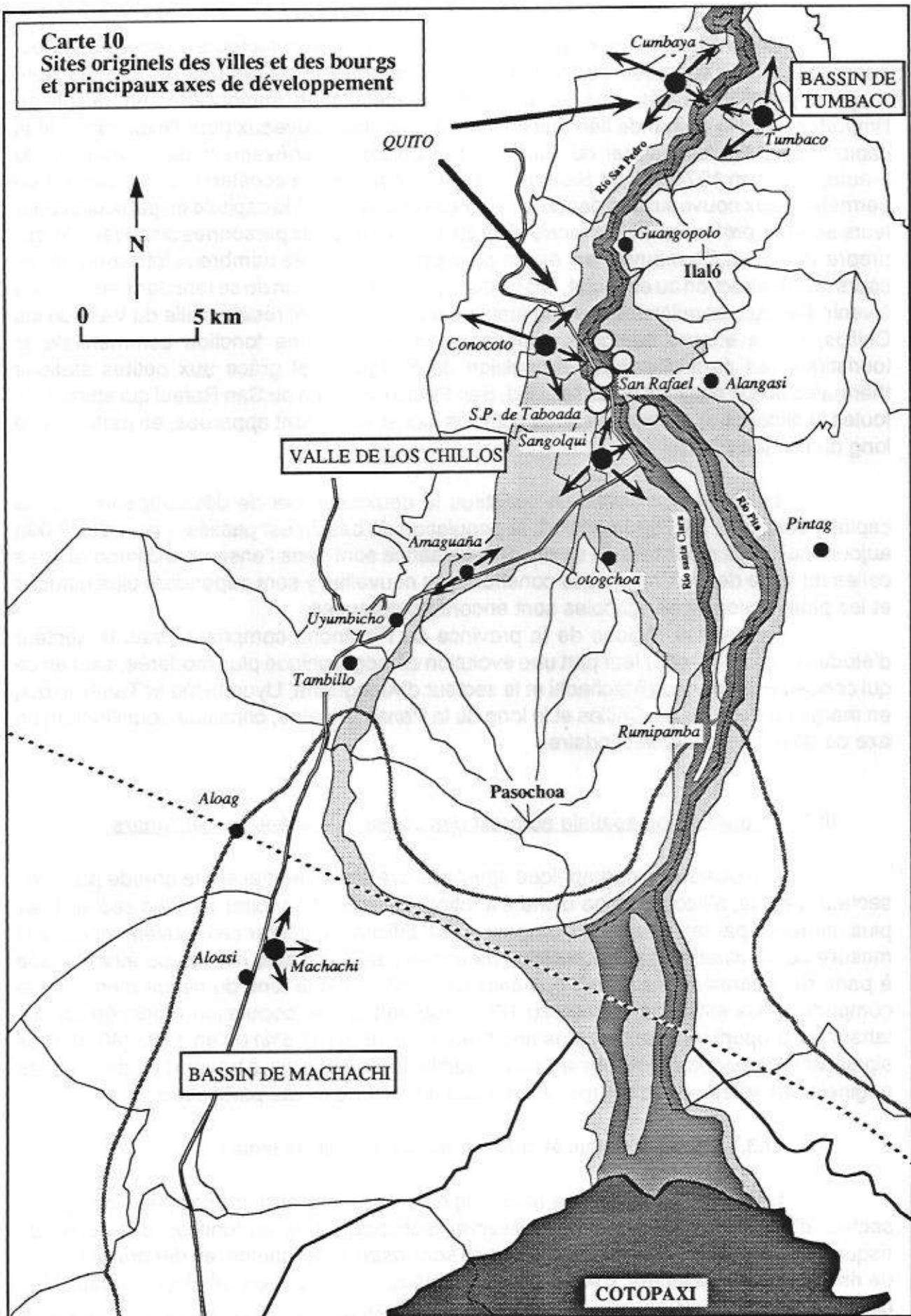
III.3. Une évolution spatiale au profit des zones menacées par les lahars

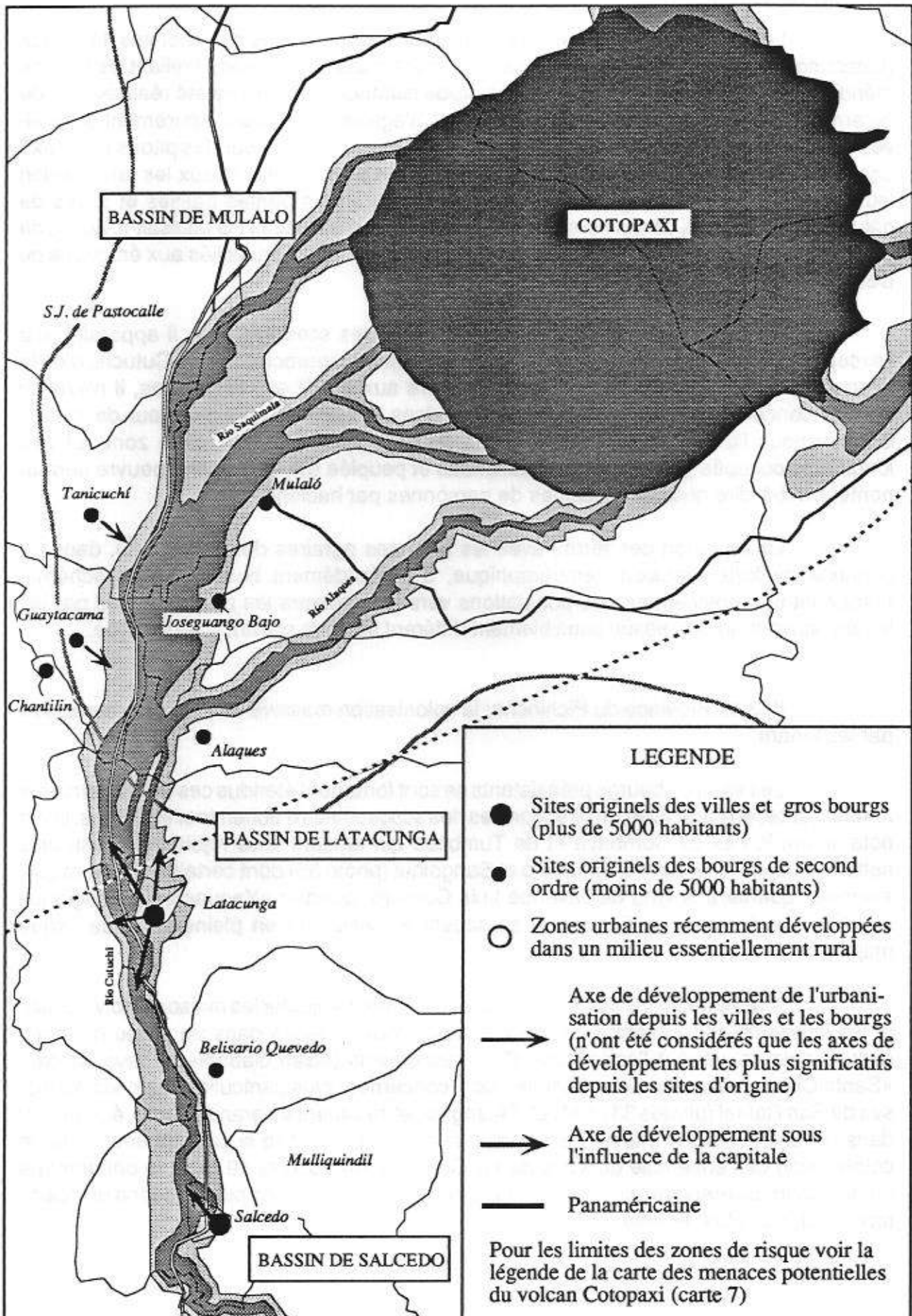
L'évolution démographique spectaculaire observée dans une grande partie du secteur d'étude, s'accompagne d'une évolution spatiale de l'habitat vers les secteurs les plus menacés par les lahars du Cotopaxi. Il est difficile de chiffrer ce mouvement dans la mesure où l'évaluation de la population menacée par type d'aléa n'a pas pu être réalisée à partir de recensements autres que celui de 1982. Compte tenu du risque d'erreur que comportent nos estimations (tableau 10), il apparaît que la population menacée par les lahars est proportionnellement plus nombreuse en 1988 (47,8%) qu'en 1982 (46,3). Plus significative cependant, est l'observation spatiale du phénomène, à travers l'étude des sites originels des villes et des bourgs, et en s'appuyant sur des cas particuliers.

III.3.1. Sites originels et zone de risque majeur de lahars

La carte 10 indique les sites originels des villes et des principaux bourgs du secteur d'étude, permettant ainsi d'observer leur localisation en fonction des zones de risques. Tous les établissements humains se sont installés, à l'origine, en dehors de la zone de risque majeur de lahars, c'est-à-dire hors des zones qui ont été sévèrement affectées durant les grandes éruptions historiques du Cotopaxi.

Carte 10
Sites originels des villes et des bourgs
et principaux axes de développement





Les implantations observées sont, pour la plupart, liées aux chemins des Incas (Latacunga, par exemple) puis des Espagnols (c'est le cas de Sangolqui) reliant les régions méridionales à Quito. Cependant, aucune étude historique n'a encore été réalisée afin de déterminer l'origine précise des sites observés. S'agissait-il de raisons purement défensives comme le suggèrent quelques villages, tel Alaques, installés sur des pitons rocheux? Les motivations furent-elles d'ordre économique afin d'utiliser aux mieux les terres selon leurs qualités, terres de cultures sur les sols alluviaux des parties basses et terres de pâturages sur les sols de moindre qualité des secteurs plus élevés? S'agissait-il, aussi, de se protéger des inondations, voire des lahars ou des ondes de crues liés aux éruptions du Cotopaxi?

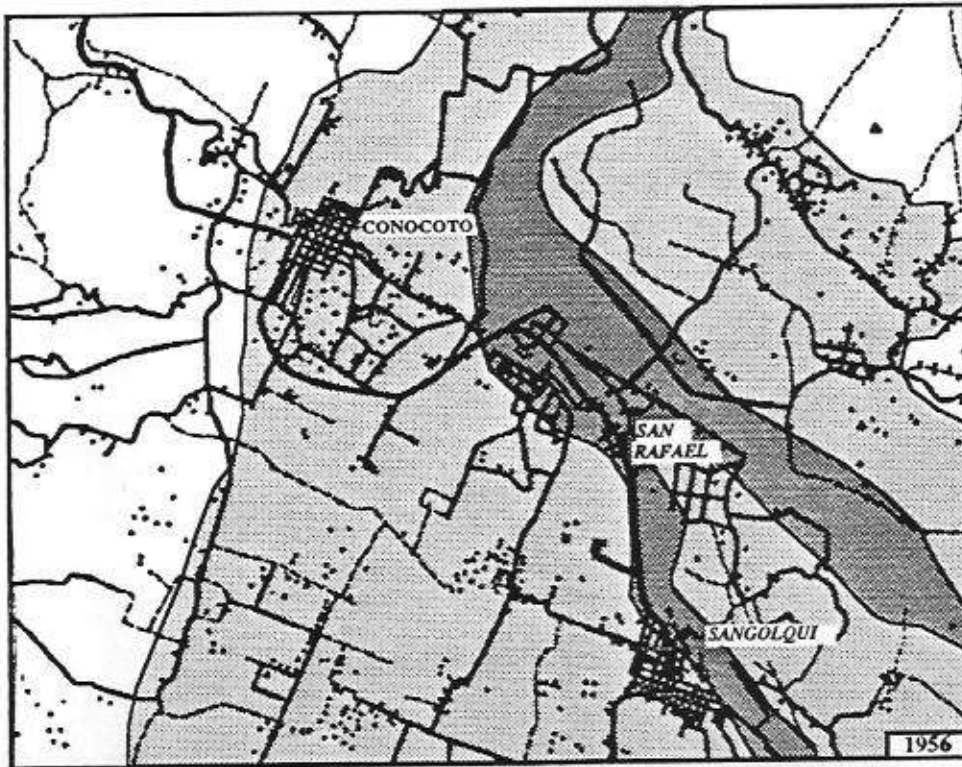
Quelles que soient les raisons du choix des sites originels, il apparaît, qu'à l'exception de la ville de Latacunga qui s'est rapidement rapprochée du rio Cutuchi, d'où la destruction répétée de certains de ses quartiers aux XVIII^e et XIX^e siècles, il n'existait aucune concentration humaine d'importance dans la zone de risque majeur de lahars. Comme nous l'avons observé dans le cas du Valle de los Chillos, cette zone fut très longtemps occupée par de grandes haciendas et peuplée par leur main-d'oeuvre permanente, c'est-à-dire quelques dizaines de personnes par hacienda.

La libération des terres avec les réformes agraires des années 60, dans un contexte de forte pression démographique, a profondément bouleversé ce schéma, entraînant un déplacement des populations vers les secteurs les plus menacés par les lahars, suivant un processus sensiblement différent selon la province considérée.

III.3.2. Province du Pichincha: la colonisation massive des régions menacées par les lahars

Les villes ou bourgs préexistants se sont fortement étendus ces trente dernières années, et ce, en particulier, en direction des rios susceptibles d'acheminer les lahars. C'est notamment le cas de Cumbaya et de Tumbaco qui tendent à se rejoindre. C'est, plus nettement encore, le cas de Conocoto et Sangolqui (photo 35) dont certains quartiers (par exemple, quartiers le long de l'avenue Luis Cordero, quartier «Yaguachi» à Sangolqui, quartier «La Armenia» à Conocoto) se situent actuellement en pleine zone de risque majeur.

A ces extensions de noyaux anciens, viennent s'ajouter les maisons individuelles et les lotissements («urbanizaciones») créés de toutes pièces dans un milieu qui était, depuis toujours, voué à l'agriculture. Ces lotissements («San Gabriel», «Playa Chica», «Santa Clara», «Capelo», «La Colina», etc.) concernent plus particulièrement les paroisses de San Rafael (photos 33 et 34) et d'Alangasi, et se situent en grande partie, également dans la zone de risque majeur de lahars. Les cartes 11a et 11b suggèrent une véritable colonisation de l'ensemble du Valle de los Chillos entre 1956 et 1975, et le phénomène serait apparu de manière plus spectaculaire encore, si nous avions pu disposer d'une carte topographique plus récente.



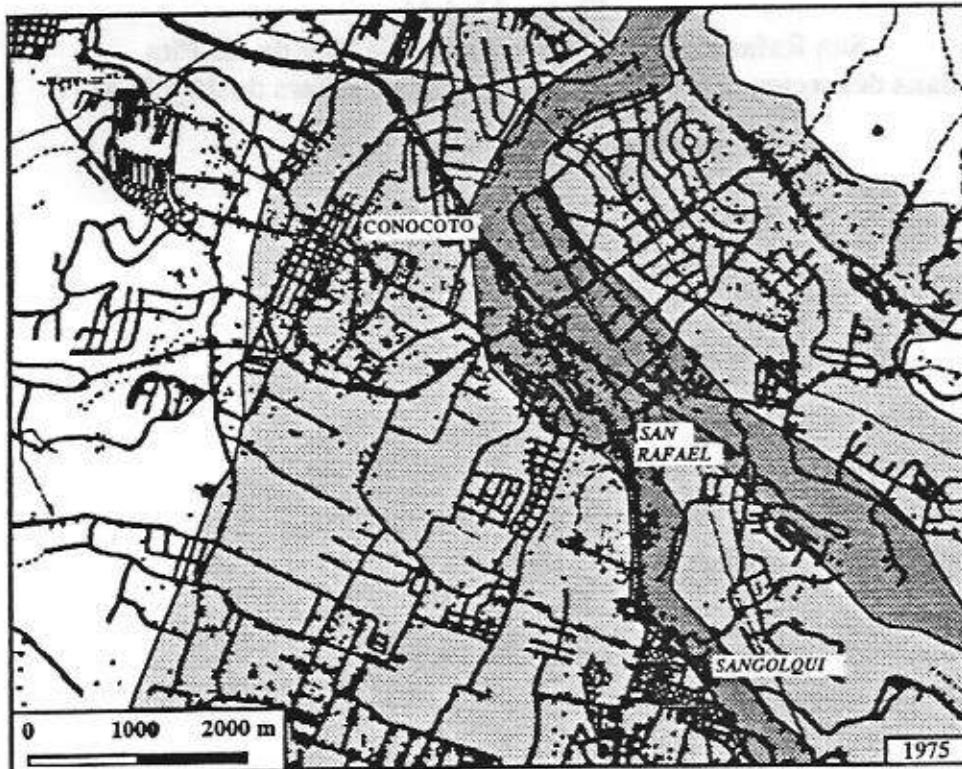
11a



Risque majeur de lahars



Risque mineur de lahars



11b

Carte 11 - La colonisation du Valle de los Chillos (1956-1975)
 (d'après N.Gomez [1989] pour les fonds topographiques, la carte des menaces
 potentielles du Cotopaxi pour les zones de risque)



Photos 33 et 34
San Rafael: constructions récentes le long du rio Pita
dans des secteurs qui furent affectés par les lahars du 26 juin 1877





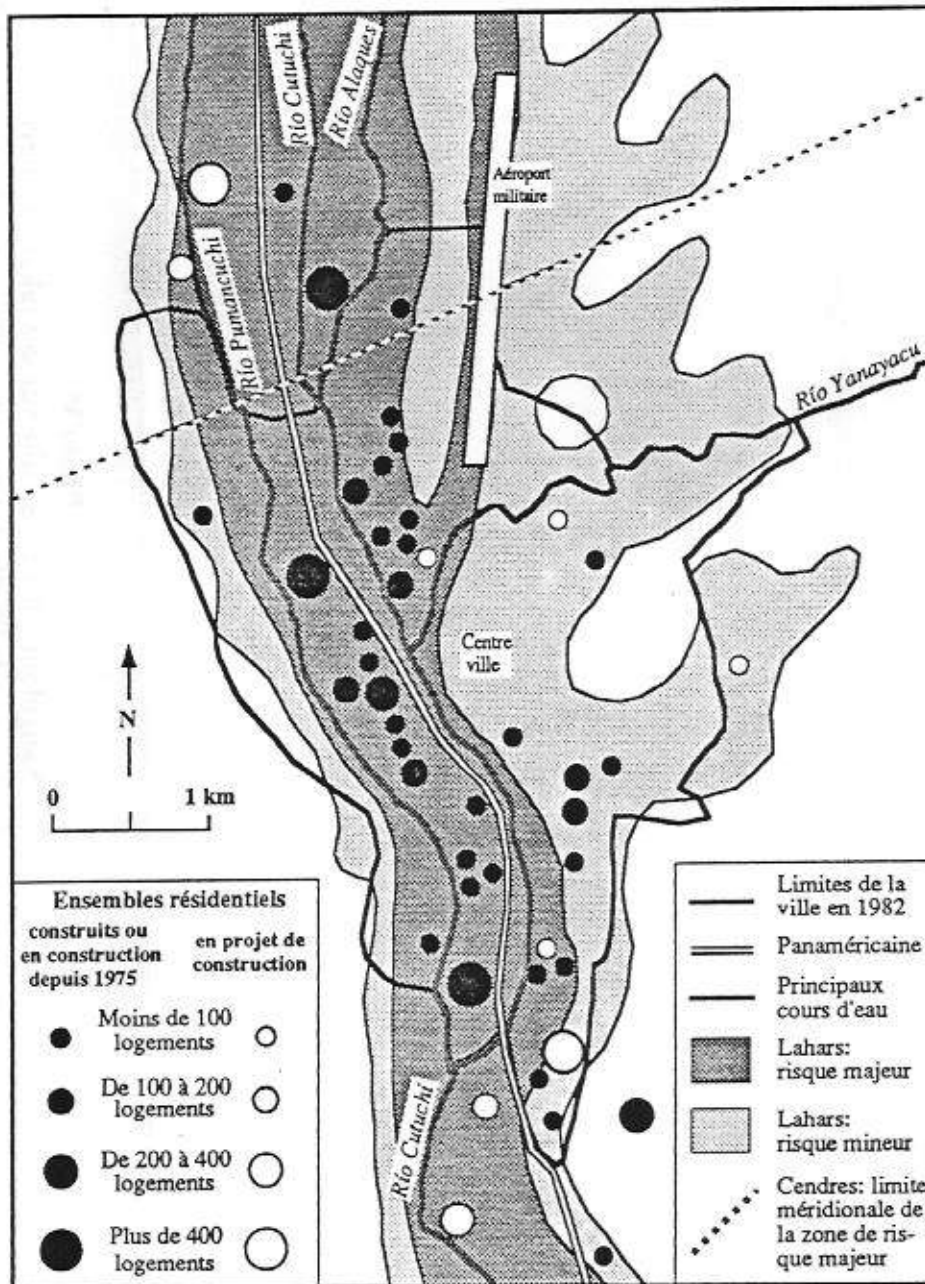
Photo 35

Sangolqui, ville construite sur des lahars anciens

Photo prise en bordure sud de la ville de Sangolqui entre les rios Santa Clara et San Pedro. La carrière met en évidence des dépôts qui correspondent vraisemblablement aux lahars vieux de 2400 ans identifiés entre San Rafael et El Tingo (paroisse d'Alangasi).

III.3.3. Province du Cotopaxi: l'extension des villes vers les zones les plus exposées

Les réformes agraires n'ont pas eu le même effet dans la province du Cotopaxi. Ici, les grandes haciendas, moyennant l'acceptation d'efforts d'investissements pour accroître leur productivité, ont pu conserver les terres les plus fertiles à proximité des rios. A l'exception de quelques rares communautés qui ont pu récupérer des terres de ce type, la majorité des «bénéficiaires» des réformes ont été relégués vers les régions plus élevées, moins fertiles. La conséquence pour les secteurs ruraux, est une relativement faible extension de l'habitat dans les zones les plus menacées par les lahars.



Carte 12 - Développement de Latacunga et zones de risque
(d'après Mothes P., 1988, documents municipaux et carte des menaces [Hall M.L., von Hillebrandt C.G., 1988])

En contrepartie, les secteurs dynamisés par le passage de la Panaméricaine et l'implantation d'industries, notamment les paroisses de Tanicuchi et de Guaytacama, présentent une extension de leur habitat en direction des rios. Cette évolution, cependant, est avant tout le fait des deux villes de la province.

Il y a une quinzaine d'années encore, Salcedo se situait hors de la zone de risque majeur de lahars. Actuellement, la ville développe très rapidement en direction du nord-ouest, sur des terrains maintes fois recouverts par les lahars dans le passé, et connus sous le nom de Rumipamba, ce qui en quichua signifie «champ de pierres».

Le cas de Latacunga est encore plus inquiétant en raison du dynamisme actuel de la ville et de l'occupation, sans cesse croissante, de terrains très menacés, jusqu' alors délaissés ou peu peuplés (photos 36 à 39). Ces terrains sont situés, pour l'essentiel entre les rios Cutuchi et Pumancuchi (carte 12) et de nombreux ensembles résidentiels y ont vu le jour ces dernières années («Vasconez-Cuvi», «Maldonado Toledo», «Ciudadela del Chofer», pour ne citer que les plus importants d'entre eux). Les quartiers proches de l'aéroport militaire, se sont également développés de manière très sensible. Les projets de construction de nouveaux ensembles résidentiels, indiquent clairement que la ville s'étend progressivement au delà des limites de 1982, vers les régions planes du nord et du sud, et de manière préférentielle dans la zone de risque majeur de lahars. Notons en particulier le projet «La Calera», au nord, portant sur 722 logements, soit près de 3500 personnes qui prochainement alourdiront l'effectif de population menacée.

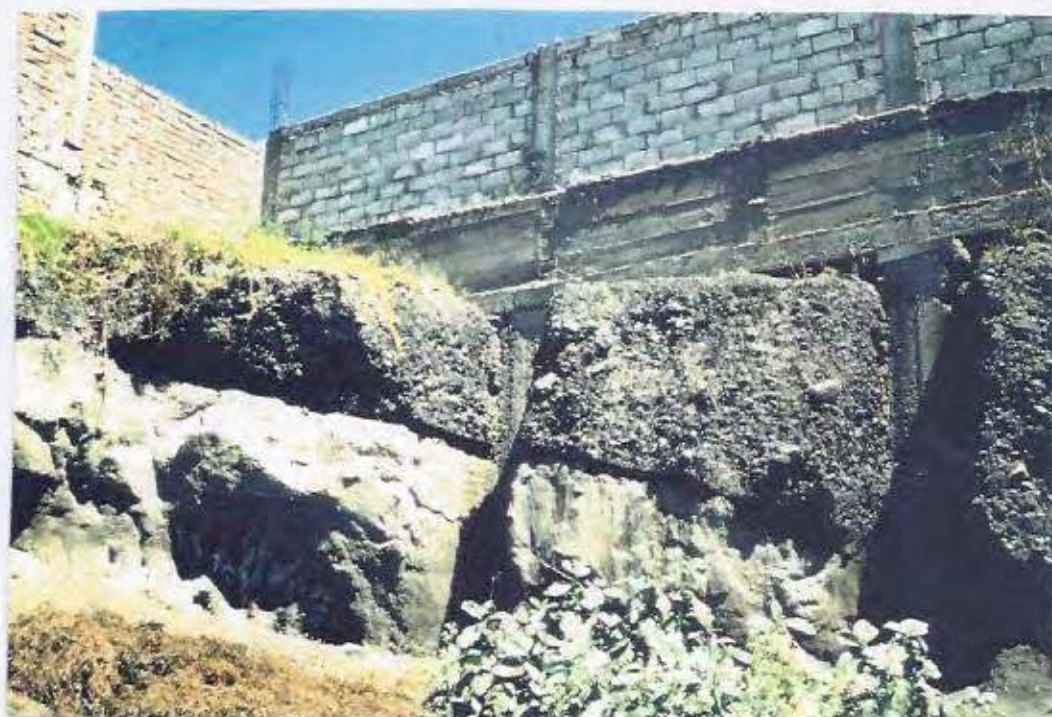


Photo 36

Latacunga: constructions sur les lahars de 1877
 Vue prise dans les quartiers nord de Latacunga sur la rive gauche du rio Cutuchi



Photo 37

Quartier de Latacunga installé dans le lit du rio Cutuchi

Vue prise depuis la rive droite. Ce quartier particulièrement exposé jouxte le centre de la ville signalé par les clochers de l'église Santo Domingo. En dépit d'une position légèrement surélevée, même les rues du centre furent inondées à plusieurs reprises dans le passé, notamment lors de l'éruption du 30 novembre 1744.



Photo 38

**Quartiers nord de Latacunga récemment construits
dans la zone de risque majeur de lahars**

Vue prise depuis la rive droite du rio Cutuchi. Dans l'hypothèse d'une éruption du type de celle du 26 juin 1877, le pont (en construction en 1989) pourrait entraîner le débordement des lahars (en supposant que ceux-ci soient encore contenus dans le lit du rio Cutuchi) et leur déversement sur ces quartiers avant de rompre.



Photo 39

**Développement des quartiers sud de Latacunga
entre le rio Cutuchi et le rio Pumancuchi**

Vue prise depuis la rive gauche du rio Cutuchi. Ces quartiers (en particulier la «Ciudadela del Chofer») occupent des espaces qui étaient encore vierges en 1975 et qui furent maintes fois recouverts par les lahars lors des éruptions historiques du Cotopaxi.

IV. Les classes d'intensité du risque pour la population

Cette dernière section constitue une première synthèse des principales données que nous avons pu réunir concernant d'une part la composante naturelle du risque et, d'autre part la composante humaine, considérée seulement selon une approche quantitative de la population exposée. Cette synthèse que nous concrétisons sous la forme d'un document cartographique (carte 13) vise à compléter la carte des menaces potentielles en incluant la notion de risque pour la population et à fournir les éléments de base, notamment le cadre territorial, utiles à la poursuite de nos travaux. La carte des classes d'intensité de risque pour la population se fonde sur des faits et sur des hypothèses.

Les faits se résument essentiellement à l'existence ou l'absence de population dans le secteur d'étude, ce qui nous a amené à écarter les zones non habitées pour ne considérer que les zones peuplées, les seules à présenter un risque. Le document indique également, à propos des populations pour lesquelles le risque est très élevé, les secteurs présentant, comme dans la région de San Rafael, Sangolqui ou Latacunga, une forte et rapide densification de l'habitat. Sont également signalés ceux pour lesquels le processus de densification est engagé (par exemple le secteur de jonction entre Cumbaya et Tumbaco et le nord de Latacunga) ou prévisible dans un avenir très proche (en particulier, les secteurs de Tanicuchi et de Guaytacama, le long du rio Cutuchi et de la Panaméricaine, et le sud de Latacunga).

Les hypothèses portent sur la nature de la menace et l'intensité du risque. Nous aurions pu dessiner plusieurs cartes de risque tenant compte des divers types d'activités possibles du Cotopaxi que nous avons essayé de cerner dans le premier chapitre (revoir en particulier le tableau 8). Suivant notre optique de recherche, et notamment pour éviter de multiplier les bases territoriales dans la perspective d'échantillonnages pour des enquêtes de population, nous avons préféré un seul document tenant à la fois compte de la probabilité d'occurrence d'un aléa donné et de sa capacité destructrice. Nous inspirant de Blong (Blong, 1984) qui regroupe les aléas volcaniques selon le degré de risque pour les populations et leurs biens, nous avons, dans un premier temps, établi quatre classes d'intensité de risque pour la population (tableau 13):

- un risque très élevé pour les personnes vivant dans les régions qui ont été affectées par les lahars de 1877 (la zone de risque majeur d'écoulements pyroclastiques est, pour sa part, vide d'hommes);

- un risque modéré pour les personnes installées dans les zones de risque mineur d'écoulements pyroclastiques et de lahars;

- un risque faible pour les populations menacées par les retombées, en zone de risque majeur (très forte probabilité d'occurrence mais relativement faible capacité d'atteinte à la vie humaine) et les débris-avalanches (forte capacité destructrice mais très faible probabilité d'occurrence);

- un risque très faible pour les habitants des régions menacées uniquement par les retombées et situées en zone de risque mineur pour ce type d'aléa.

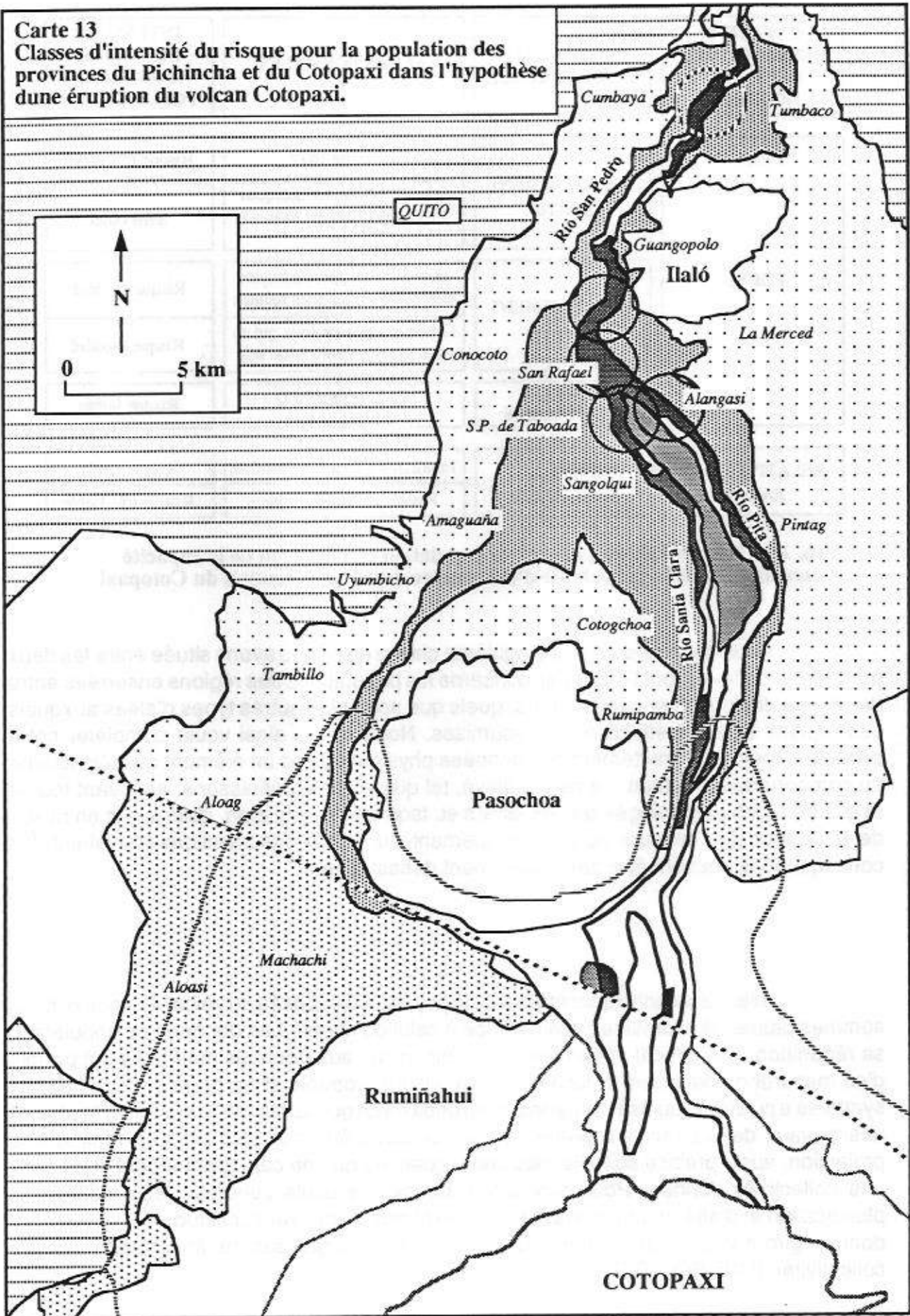
CAPACITE DESTRUCTRICE POUR LES HOMMES	PROBABILITE D'OCCURRENCE	ALEAS POSSIBLES	INTENSITE DU RISQUE POUR LES POPULATIONS
FORTE	RELATIVEMENT FORTE	Lahars type 1877	Risque très élevé
		Écoulements pyroclastiques n'atteignant pas les secteurs habités	Sans objet
	RELATIVEMENT FAIBLE	Écoulements pyroclastiques atteignant les secteurs habités	Risque modéré
		Lahars du type de ceux qui se sont produits il y a 2400 ans	Risque modéré
	FAIBLE A TRES FAIBLE	Débris avalanches	Risque faible
	RELATIVEMENT FAIBLE	FORTE A TRES FORTE	Importantes chutes de cendres
Faibles chutes de cendres			Risque très faible

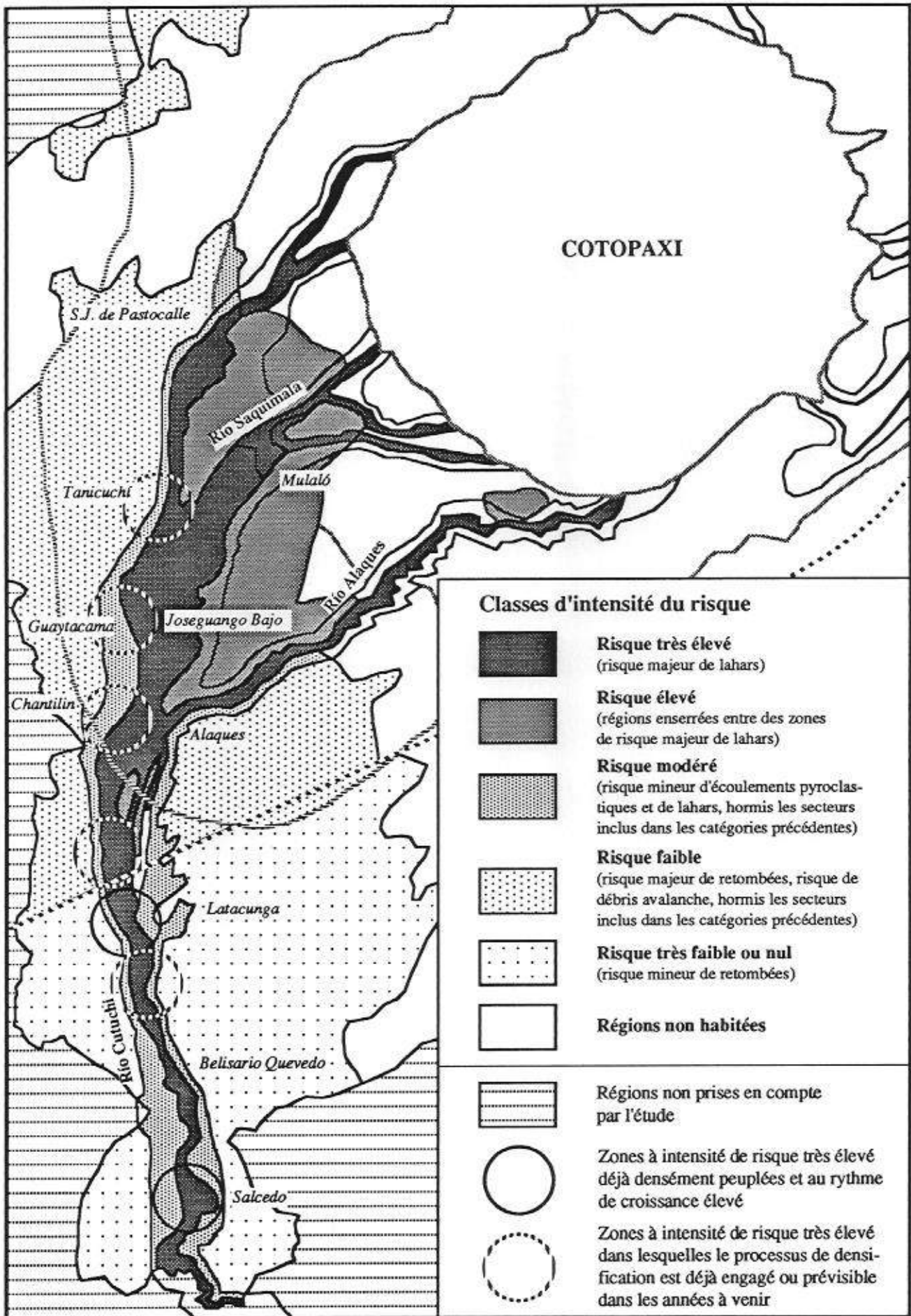
Tab. 13 - Intensité du risque pour la population compte tenu de la capacité destructrice et de la probabilité d'occurrence des aléas potentiels du Cotopaxi

Nous avons ajouté une cinquième classe que nous avons située entre les deux premières. Celle-ci, pour l'essentiel, concerne les populations des régions enserrées entre des zones de risque majeur de lahars, quels que soient les autres types d'aléas auxquels ces régions seraient effectivement soumises. Nous avons ainsi voulu compléter notre schéma dépendant directement des données physiques avec un élément qui déjà touche au comportement humain. Le risque élevé, tel que nous le définissons, est avant tout le risque de se trouver «piégé» par les lahars et, face à cette situation, que ce soit en raison de la lenteur des secours ou plus simplement en raison des réactions humaines, les conséquences peuvent être particulièrement désastreuses.

Avec l'approche quantitative de la population exposée au volcan Cotopaxi, nous sommes passés du domaine de la menace à celui du risque. Les données de population, sa répartition, son effectif et son évolution, associées aux données naturelles ont permis d'en mesurer globalement et localement l'intensité probable et un premier document de synthèse a pu être esquissé. Cependant, en dépit de ce que laisseraient supposer la plupart des travaux de planification préventive, il est loin d'être suffisant de s'en tenir à une projection, aussi précise soit-elle, des conséquences qu'une catastrophe peut avoir pour une collectivité donnée. Pour déboucher sur des résultats concrets, les mesures de planification et d'atténuation doivent en même temps s'appuyer sur l'étude de «la manière dont réagiront vraisemblablement les individus et les organisations appartenant à cette collectivité» (UNDRO, 1987).

Carte 13
 Classes d'intensité du risque pour la population des
 provinces du Pichincha et du Cotopaxi dans l'hypothèse
 d'une éruption du volcan Cotopaxi.





2^e PARTIE

VERS UNE APPROCHE GLOBALE DE LA VULNERABILITE

DES POPULATIONS MENACEES:

LA PRISE EN COMPTE DES FACTEURS DE COMPORTEMENT

Une population ne se résume pas simplement à un nombre, aussi précis et commode soit-il, surtout lorsque c'est la vie humaine qui est en jeu et que cette vie, en fin de compte, ne dépend pas simplement du fait naturel mais également de comportements. Outre les facteurs humains et techniques qui lui échappent parce qu'ils n'en dépendent pas directement, une population menacée présente des caractéristiques propres qui font que certains groupes qui la composent sont plus vulnérables que d'autres ou bien le sont selon des modalités différentes et ce, même dans les régions où la nature et l'intensité du risque sont similaires. Après l'approche quantitative de la population exposée au Cotopaxi, une approche qualitative s'impose donc. Mais il s'agit moins d'essayer de prévoir les comportements individuels ou collectifs lors d'une éventuelle situation d'urgence, que de tenter de saisir au sein d'une collectivité donnée les facteurs susceptibles de jouer en cette occasion un rôle majeur sur les comportements, et par là, sur les conséquences. Sans la connaissance de ces facteurs, une prévention efficace ne peut être concevable.

Nos principales sources d'informations reposent sur l'enquête. Dans cette perspective, il était nécessaire, au préalable, d'identifier les grands types de facteurs pouvant exercer une influence sur les comportements. Il n'était guère possible de les déterminer directement à partir de la population du secteur d'étude en raison du manque d'expérience de celle-ci dans le domaine des catastrophes naturelles présentant des signes précurseurs et qui plus est, dans celui des catastrophes d'origine volcanique. Nous nous sommes donc appuyés sur l'analyse de situations vécues ailleurs ou en d'autres temps ainsi que sur l'apport de la recherche dans ce domaine. Celle-ci, en dépit des différences de lieux ou de cultures, a permis de dégager un certain nombre de schémas communs à la plupart des situations de catastrophe, notamment en ce qui concerne les éléments qui tendent à modeler les réactions des individus lorsque le danger est imminent.

Nous déterminerons ainsi, dans un premier chapitre, les principaux types de facteurs de comportement, justifierons nos choix en fonction de nos objectifs et des caractéristiques de la région du Cotopaxi et développerons certains aspects méthodologiques concernant la campagne d'enquêtes que nous avons menée en 1988 et 1989, et son exploitation. Les chapitres suivants porteront exclusivement sur l'analyse et l'évaluation de la portée probable, en cas de crise, des facteurs de comportement liés aux caractéristiques mêmes de la population et aux conditions locales.

Chapitre I

FACTEURS DE COMPORTEMENT FACE A L'IMMINENCE DU DANGER: IDENTIFICATION ET MESURE DE LEUR IMPACT POTENTIEL

Il existe plusieurs façons de classer les facteurs susceptibles d'influencer ou de modeler le comportement des personnes face à l'imminence d'un danger.

Ces facteurs peuvent être conjoncturels (par exemple, famille réunie ou séparée en cette circonstance, événement qui se produit de jour ou de nuit, modifications de l'environnement observables ou pas) ou structurels (entre autres, niveau de préparation de la population, obstacles de type politique, bureaucratique, économique ou social).

Il peut s'agir de facteurs strictement humains (aussi divers que la décision de quelques personnes, voire d'une seule, du moment où l'alerte doit être déclarée, le choix du type de message divulgué, l'âge des personnes menacées ou encore leur personnalité), de facteurs plus techniques (bon fonctionnement du système de communication, temps disponible, etc.) ou logistiques (par exemple, possibilité ou non de procéder à une opération d'évacuation rapide et sûre en fonction des conditions topographiques locales ou de l'infrastructure existante).

Un autre classement distingue les facteurs externes ou internes à une collectivité exposée donnée. Les facteurs externes sont ceux que l'on peut considérer comme indépendants de cette collectivité (attitude des scientifiques, des autorités nationales ou provinciales, efficacité des systèmes de diffusion des messages d'alerte, etc.). Les facteurs internes dépendent, pour leur part, des conditions locales (entre autres, caractéristiques socio-économiques de la population, efficacité des moyens de réception des messages, degré de confiance vis-à-vis de la source d'information, existence de voies rapides pour sortir de la zone dangereuse).

Nous conserverons dans un premier temps ce classement, mais, conformément à nos objectifs, nous nous bornerons à présenter à grands traits les principaux facteurs de comportement indépendants des collectivités constituant la région d'étude et à lancer quelques hypothèses quant à leur portée probable en situation d'urgence, pour nous consacrer de plus près aux conditions locales et aux problèmes spécifiques des populations menacées.

I. Les facteurs de comportement indépendants de la population exposée

I.1. Le rôle des scientifiques

«Le volcanologue a un double rôle à jouer, il devrait tout à la fois être savant et humaniste» (UNDRO, 1976). «Essayer de soutirer un discours franc de ces scientifiques, c'est comme essayer d'attraper un rat dans un hangar à locomotives» déclare un responsable local avant l'éruption du Mont St Helens (Peterson, 1988). Ces quelques commentaires soulignent la position difficile et délicate des scientifiques lorsque l'objet de leurs recherches sort de sa léthargie ou lorsque ceux-ci sont appelés, parfois à l'autre bout du monde, pour fournir un diagnostic sur une situation jugée inquiétante.

Le problème du rôle des scientifiques dans une situation d'urgence est de plus en plus fréquemment développé, généralement par la corporation même (pour les risques volcaniques citons entre autres, Peterson [1986, 1988], Allègre [1987], Fiske [1989], Tazieff et Derruau [1990], Voight, [1990]). L'absence de volcanologues ou du moins d'un diagnostic scientifique correct a souvent été à l'origine de grandes catastrophes volcaniques. Rappelons par exemple l'éruption de la Montagne Pelée en 1902 (Chrétien et Brousse, 1988), celle du Sakurajima en 1914 (Kamo, 1989) ou plus récemment celle du Chichon au Mexique en 1982 (Krafft, 1987; divers articles du quotidien «Excelsior» entre le 29 mars et le 17 avril 1982). Mais même lorsque le volcanologue est présent, la catastrophe n'est pas forcément évitée. Si les conséquences humaines de l'éruption du Mont St Helens furent relativement minimales par rapport à l'intensité du phénomène, elles se révélèrent considérables dans le cas du Nevado del Ruiz.

Lorsqu'un volcan est étudié et suivi de près alors qu'il présente des signes d'activité, l'une des principales difficultés rencontrées par les scientifiques est celui de la communication, terme pris au sens large: communication entre ces derniers d'une part, les autorités, les médias et le public d'autre part; communication également à l'intérieur même de la communauté scientifique. Nous n'entrons pas dans ce débat si ce n'est pour extraire quelques éléments qui nous permettront de forger une opinion sur la situation équatorienne.

L'un des principaux problèmes de communication touche à l'échelle de temps. Celui-ci se pose notamment lorsque l'on a affaire, comme dans le cas du Cotopaxi, à des volcans à forte capacité destructrice mais aux éruptions relativement peu fréquentes. Cette caractéristique rend nécessaire une longue période de recherche avant de prétendre prévoir leur comportement. Mais quand un volcan se réveille, un diagnostic rapide est demandé au volcanologue alors que ce dernier ne dispose pas ou ne dispose que de peu d'éléments pour se prononcer. Parallèlement au problème du temps, intervient celui des préoccupations qui peut créer un climat d'incompréhension entre le scientifique et le politique. L'intérêt de ce dernier se situe uniquement au niveau des répercussions du phénomène et non pas au niveau des causes. L'homme public exige non seulement un diagnostic rapide de l'état du volcan mais également la probabilité d'occurrence d'une éruption la plus précise possible, alors que le spécialiste ne peut généralement fournir que des potentialités non chiffrées.

Le problème de la communication entre scientifiques nous paraît également primordial dans une période d'urgence. L'exemple type est celui qui a opposé deux groupes scientifiques en 1976 à la Guadeloupe à propos d'une éventuelle éruption de la Soufrière. Dans ce type de situation, la communication se détériore à tous les niveaux, non seulement

avec les autorités ou avec les médias qui contribuent à donner une plus forte résonance au conflit, mais également avec la population qui ne sait plus qui elle doit ou ce qu'elle doit croire.

En Equateur, de tels types de problèmes pourraient se poser en cas de réveil du Cotopaxi. Nous avons pu assister, en novembre 1988, à une affaire comparable, toutes proportions gardées, à celle de la Soufrière, du moins dans sa première phase, celle qui avait précédé l'évacuation de près de 72 000 personnes. Des divergences ont opposé les scientifiques universitaires et les géologues du service géologique national (fait classique dans de nombreux pays) à propos de l'interprétation à donner des chiffres de microsismicité, supérieurs à la normale, enregistrés sur le volcan Pichincha. Des bruits ont couru et les médias se sont emparés de l'affaire, accentuant de jour en jour un conflit qui dans la réalité était davantage structurel que lié à la seule affaire du Pichincha. Quoiqu'il en soit, la population quiténienne a reçu un message qui laissait tous les doutes permis. Face à la pression des médias, à la contradiction apparente des scientifiques, au silence des autorités et à l'incapacité du public de juger par lui-même, il s'est rapidement créé un climat émotionnel favorable à la propagation de la rumeur: le Pichincha devait entrer en éruption avant la fin du mois de novembre, les autorités étaient supposées cacher la vérité. Certains allèrent même jusqu'à expliquer la pénurie de riz, connue alors, à un stockage volontaire de ce produit par les autorités afin d'approvisionner les rescapés de la catastrophe qui n'allait pas tarder de se manifester. L'agitation en est heureusement restée au stade verbal car après quelques jours d'indécision, la Protection Civile Nationale a pu faire cesser la rumeur en s'appuyant sur un diagnostic unique et rassurant paru par voie de presse et fondé sur la confrontation, dans ses locaux, des deux équipes scientifiques concernées.

Ce qui peut paraître ici comme une anecdote, peut constituer une véritable source de confusion et de danger dans l'hypothèse d'un véritable réveil du Pichincha ou du Cotopaxi. Mais les autorités semblent en avoir tiré les leçons. Dorénavant, toute publication ou diffusion de bulletins ou de messages à propos d'une menace d'origine naturelle, ne devrait provenir que du seul conseil scientifique de la Protection civile comprenant notamment les représentants des deux institutions scientifiques mises en cause ci-dessus. En février 1990, à quelques dizaines de kilomètres au nord de Quito, un important glissement de terrain fut à l'origine d'un lac de barrage qui menaçait de rompre. Le problème a été résolu, mais surtout, il a montré l'efficacité des nouvelles résolutions de la Protection Civile.

La situation est, d'autre part, plutôt positive en Equateur, en ce qui concerne les éléments de base permettant au scientifique de fournir un diagnostic en cas de réveil du Cotopaxi. Cette appréciation est néanmoins relative et se fonde sur une enquête non publiée que nous avons réalisée auprès des représentants de dix pays latino-américains participant à un séminaire sur la cartographie de risques volcaniques organisée en mars 1990, au Costa Rica par le CIFEG (Centre International de Formation et d'Echanges Géologiques). Cette enquête indique que l'Equateur est au niveau de la plupart des autres pays en ce qui concerne la surveillance (tableau 14) et, avec la Colombie (qui ne s'est cependant engagée qu'à la suite de la catastrophe de 1985), le pays le plus avancé dans le domaine de la cartographie du risque volcanique (tableau 15). Beaucoup reste encore à faire, plusieurs volcans ne sont pratiquement pas connus et nous avons noté le caractère partiel des études concernant l'histoire du Cotopaxi. En revanche, le système de surveillance peut être considéré comme satisfaisant. Si le Pichincha, grâce à la coopération technique italienne, est le volcan équatorien de loin le mieux surveillé, entre 1987 et 1990,

le dispositif de surveillance du Cotopaxi s'est progressivement développé et se compose aujourd'hui de quatre stations sismiques dont deux télémétriques reliées à l'Institut Géophysique de Quito et de plusieurs appareils de mesure de déformation couvrant tous les flancs du volcan, notamment deux tiltmètres électroniques. La surveillance géochimique est, pour sa part, plus ponctuelle en raison d'un accès difficile aux fumerolles.

Questions posées:

1. Quels sont les moyens de surveillance actuellement existants?
2. La surveillance est-elle continue?
 - A. Surveillance continue
 - B. Surveillance discontinue ou sporadique
3. En ce qui concerne la surveillance, quels sont les principaux problèmes rencontrés?
 - A. Problèmes de matériel (acquisition, maintenance, etc.)
 - B. Choix des méthodes, des stratégies
 - C. Problèmes d'interprétation
 - D. Autres
4. A quels types de volcans sont affectés les moyens de surveillance?
 - A. Volcans en activité
 - B. Volcans ayant eu une activité récente
 - C. Volcans montrant des signes de réveil
 - D. Volcans dormants

	1		2	3 en 1 ²	3 autres	4
	Volcans	Moyens de surveillance				
MEXIQUE	Popocatepetl	Sismologie, déformation, géochimie	A			
	Colima	Sismologie, géochimie	A	A	---	C, D
	Autres	Sismologie	B			
GUATEMALA	Fuego	Sismologie, déformation (plus développé)	A			
	Pacaya	Sismologie, déformation	A	D (3)	---	A, B
	Santiaguito	Sismologie, déformation	A			
SALVADOR	En général	Sismologie, déformation	B	A	B, C	B, D
NICARAGUA	Plusieurs volcans	Sismologie, thermométrie, magnetométrie, gravimétrie	B	A (4)	---	C
COSTA RICA	Arenal	Sismologie, géochimie, déformation	A			
	Irazu	Sismologie, gravimétrie	A	A	---	A, B, D
	Poas	Sismo., déform., géochimie, gravimétrie	A			
	Rincon Vieja	Sismologie	A			
PANAMA	---	-----	-	A	---	---
COLOMBIE	En général Ruiz	Sismologie, déformation, géochimie. Sismologie, déformation, géochimie, systèmes vidéos, détecteurs lahars	A (1)	A (5)	D (6)	A, D
EQUATEUR	Pichincha Cotopaxi	Sismologie, déformation, géochimie Sismologie, déformation	A(2)	A (5)	---	D
PEROU	En général	Sismologie	B	A	---	C, D
BOLIVIE	---	-----	-	---	---	---

(1) Nevado del Ruiz, Galeras. Surveillance discontinue pour les autres volcans.

(2) Surveillance du Cotopaxi devenue continue en 1991

(3) Problèmes de logistique. Il existe des appareils mais souvent manque de véhicules, de carburant pour se rendre sur place.

(4) En particulier acquisition de programmes (traitement d'images satellites)

(5) Surtout maintenance de ce qui existe, obtention de pièces détachées.

(6) Techniciens pas suffisamment formés

Tab.14 - La surveillance volcanique dans dix pays d'Amérique Latine

(Source: enquête personnelle réalisée en mars 1990 auprès de dix représentants latino-américains à un séminaire sur la cartographie des risques volcaniques [San José, Costa-Rica]).

Questions posées:

1. Le risque volcanique est-il traité comme un domaine à part entière ou bien fait-il partie du thème général "risques naturels"?

2. Etat d'avancement de la cartographie des risques volcaniques.

Etape 1: Etape la moins avancée: compilation de données de base (topographie, géologie,...).

Etape 2: Etape intermédiaire: cartes en préparation, existence parfois de cartes préliminaires.

Etape 3: Des cartes de risques ont été réalisées.

3. Cartes réalisées

4. Cartes en préparation

	1	2	3	4
MEXIQUE	En soi	2		Colima Popocatepetl
GUATEMALA	En soi	2		Pacaya, Fuego Santiaguito
SALVADOR	Général	1		
NICARAGUA	En soi	2		San Cristobal, Hoyo, Cerro Negro
COSTA RICA	Général	1		
PANAMA	Général	1		
COLOMBIE	En soi	3	Ruiz, Tolima, Huila, Galeras, Cumbal	Cerro Bravo, Machín, Sta Isabel
EQUATEUR	En soi	3	Cotopaxi, Pichincha, Tungurahua, Pululagua	Antisana, Reventador
PEROU	Général	1		
BOLIVIE	Général	1		

Tab. 15 - La cartographie du risque volcanique dans dix pays latino-américains (Source: voir tableau 14)

Rien, évidemment, ne peut laisser présumer du comportement des scientifiques équatoriens en cas d'urgence, de la qualité de leur interprétation des données fournies par les appareils de surveillance ou encore du bon fonctionnement de ces derniers. Cependant, en dépit de la nécessité de l'améliorer, l'acquis scientifique et technique, du moins en ce qui concerne la surveillance, est plutôt rassurant. Il est en tout cas sensiblement supérieur à celui qui prévalait en Colombie avant l'éruption du Nevado del Ruiz. De plus, et il s'agit là d'un facteur très important, cette catastrophe a constitué, à distance, une expérience de premier ordre, pour toute personne qui s'intéresse de près au Cotopaxi, qu'il s'agisse des scientifiques ou des autorités.

1.2. Le rôle du pouvoir administratif et politique

En 1981, une mission d'experts de l'UNDRO, de l'OFDA et du PAHO qui s'était rendue en Equateur, concluait à l'incapacité de cet Etat à affronter une situation de catastrophe, que ce soit avant, pendant ou après l'événement (UNDRO, 1981). Les problèmes observés étaient d'ordre économique et matériel, mais aussi liés à une mauvaise organisation de la Protection Civile équatorienne (entre autres, faible support législatif, coordination problématique avec les principaux ministères susceptibles d'intervenir durant une période d'urgence, absence de personnel qualifié, aucun plan solide élaboré, faiblesse du système de communication s'appuyant essentiellement sur les radio-

amateurs, aucune action de terrain dans le domaine de la prévention). Pourtant dès 1976, la Loi de Sécurité Nationale avait fixé les attributions de la Protection Civile Nationale et indiqué que cette institution dépendante de la Présidence de la République, à travers le Conseil de Sécurité Nationale, était chargée de «la planification, l'organisation et l'utilisation de personnes, moyens et services nécessaires pour prévenir, éviter, atténuer et réparer les effets de catastrophes de toute origine» («Reglamento General de la Ley de Seguridad Nacional. Titulo III: De la Defensa Civil», 17 de noviembre de 1976, complété par décret du 2 août 1979, cf. annexe 5). La loi précise également son action aux différents niveaux géographiques et administratifs: national, provincial, cantonal et paroissial.

Le 5 mars 1987, le pays était frappé par un séisme qui coûta la vie à quelques 5000 personnes. Il s'agissait là d'un phénomène non prévisible mais de dures critiques furent prononcées contre le gouvernement et la Protection Civile quant à l'organisation des secours et la gestion de l'aide internationale. Le manque de coordination, la bureaucratie, l'insuffisance de personnel compétent, la lourdeur des organismes officiels par rapport aux organismes non gouvernementaux constituèrent le leitmotiv de certains articles de presse, rapports ou publications (notamment Fundación Natura, 1987; Comfort, 1989). En dépit des efforts certains que la Protection Civile avait déployés en cette circonstance, suivant les moyens dont elle disposait, l'auto-critique de cette dernière, développée dans un document consacré au séisme (Defensa Civil del Ecuador, 1988), confirmait que peu de choses avaient changé depuis 1981. Les faiblesses consignées par les experts de l'UNDRO étaient de nouveau évoquées mais cette fois-ci par les principaux concernés eux-mêmes.

Qu'en est-il aujourd'hui? Quelle peut être la marge d'action du pouvoir politique et administratif, et plus particulièrement de la Protection Civile Nationale, si le Cotopaxi venait à se manifester? Nous l'avons déjà signalé, et ce fut l'une des conditions pour réaliser notre travail dans un contexte favorable, l'année 1987 constitua sans contexte un tournant dans la politique équatorienne de gestion des risques naturels. Le Ruiz avait sensibilisé, le séisme équatorien poussa résolument à l'action.

Quelques mois après la catastrophe, la Protection Civile Nationale s'étoffa de deux comités. Le comité interinstitutionnel regroupe les représentants des principales institutions publiques et privées du pays et son rôle est d'élaborer, pour les risques pris en considération (le travail débuta dès le mois de juin 1987 avec le Cotopaxi), un plan d'opération d'urgence en fonction des compétences de chaque institution représentée et à l'appui des documents fournis par le deuxième comité. Le comité technico-scientifique, pour sa part, réunit des ingénieurs et scientifiques provenant en partie des institutions précédentes ou des principaux instituts scientifiques et techniques (notamment l'Institut de géophysique de l'Ecole Polytechnique Nationale) et du service géologique national (INEMIN). Son rôle est de développer les études utiles à l'élaboration des plans en cours, de suivre l'évolution d'un phénomène naturel menaçant et de conseiller les dirigeants de la Protection Civile Nationale en cas de décision d'urgence, comme la proclamation de l'état d'alerte.

Le plan général concernant le Cotopaxi, élaboré pendant le deuxième semestre 1987, fut présenté durant l'année 1988 aux autorités et aux juntas de Protection Civile de chacune des provinces concernées, à l'occasion de séminaires spécifiques (provinces du Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Pastaza, Napo et d'Esmeraldas). Les objectifs principaux de ces manifestations étaient de sensibiliser les autorités provinciales et surtout d'inciter ces dernières à réaliser leurs propres plans devant déboucher sur des actions préventives locales.

Le 1^{er} décembre 1988, était organisée à Latacunga une simulation d'éruption du Cotopaxi mettant en situation les centres opérationnels d'urgence (COE) de chacune de six provinces menacées. Les responsables provinciaux ou leurs représentants, composant chaque COE, ont été réunis selon la province d'origine, dans des salles distinctes, reliées par radio entre elles, avec le centre opérationnel de la Protection Civile Nationale et avec les différentes institutions du pays à travers le comité interinstitutionnel. L'opération, préparée avec des experts de l'UNDRO, a duré huit heures pendant lesquelles les intervenants ont dû répondre constamment aux messages qu'ils recevaient concernant l'évolution d'une situation bâtie à partir d'un scénario très précis.

En 1989, deux exercices de simulation organisés par la Protection Civile, ont concerné cette fois la population. Le 8 juin 1989, un exercice d'évacuation mobilisa une partie de la ville de Latacunga, notamment quelques établissements scolaires, des institutions publiques et la population d'un quartier. L'opération fut répétée à Sangolqui, dans des conditions comparables, le 13 décembre 1989.

Si l'on ajoute à ces actions, les documents d'information parus par voie de presse, il apparaît que la volonté des autorités équatoriennes de s'engager dans le domaine de la prévention est incontestable et que ce qui a été fait préservera la vie de nombreuses personnes en cas de catastrophe. Le problème est cependant est de savoir jusqu'à quel point ces mesures seront efficaces demain, et peut-être surtout dans cinq, dix ans ou plus.

L'une des principales inquiétudes concerne en effet la persistance de l'effort, non seulement dans le temps, mais également dans l'espace.

Les élections nationales ont lieu tous les quatre ans et à chaque reprise il se produit inévitablement de profonds bouleversements à tous les échelons politiques et administratifs. Le personnel de la Protection Civile n'en est pas exempt et si une grande partie de l'équipe en place en 1987 ainsi que la plupart des programmes ont pu franchir le cap de 1988, tout en s'améliorant, qu'en sera-t-il en 1992? Maintes fois le problème de la forte mobilité des responsables et d'une Protection Civile liée au pouvoir politique s'est posé, surtout depuis que cette dernière a gagné en efficacité, mais aucune solution n'a encore été apportée.

D'autre part, si le Cotopaxi a mobilisé l'attention pendant près de deux ans, les préoccupations sont actuellement tout autres. Depuis, les travaux ont porté sur les volcans Pichincha et Tungurahua et on se penche aujourd'hui sur les risques sismiques. Il s'agit là d'un programme tout à fait défendable pour un organisme national, à condition que d'autres assurent la continuité sur le terrain. Or, depuis les séminaires dont l'objet était de stimuler les initiatives, et l'exercice de simulation destiné aux responsables, rien n'a été engagé au niveau provincial par ces derniers. Le problème touche à l'organisation des comités provinciaux de Protection Civile. Il est éminemment politique car ces derniers, sont, de par la loi, dirigés par les gouverneurs (nommés), les préfets (élus) et les maires des capitales provinciales. Or ces personnes appartiennent généralement à des courants politiques différents, entrent souvent en compétition sur le terrain, sont mobilisées par des problèmes jugés plus urgents que celui des risques naturels (ce qui se comprend compte tenu de la situation économique et sociale) et les campagnes électorales mobilisent près du quart du temps d'un mandat déjà court en lui-même. Il est donc difficile de faire asseoir ces responsables autour d'une même table pour s'occuper d'un volcan dont on ne veut guère concevoir une manifestation à très brève échéance.

Les séminaires et l'exercice de simulation ont confirmé ces faiblesses. A côté de quelques responsables provinciaux qui ont manifesté un réel intérêt à ces opérations,

d'autres n'ont affiché qu'une mince motivation malgré une incompétence bien réelle dans le domaine de la gestion des risques. Plusieurs de ces dirigeants s'étaient d'ailleurs fait représenter et parmi les présents peu avaient vraiment réfléchi à la question. De plus, qu'en sera-t-il en 1992 de ceux qui ont pu tirer bénéfice de ces journées qui leur ont été consacrées? De quoi pourront-être capables les nouveaux responsables?

Mobilité liée à des échéances électorales rapprochées, préoccupations réelles ou à des fins électorales pour les problèmes jugés urgents, rivalités politiques, formation insuffisante, voire inexistante dans le domaine de la gestion du risque, sans parler des aspects techniques et financiers (à notre avis moins décisifs), tels sont les principaux obstacles à la poursuite, sur le plan provincial, des efforts entrepris au niveau national. Il persistera donc une très nette rupture entre l'échelon national et l'échelon local, celui des paroisses et des populations menacées, tant que le problème de la politisation excessive des comités provinciaux de Protection Civile n'aura pas été résolu.

Au total, des potentialités existent au niveau des autorités nationales. Le travail réalisé depuis 1987 ne peut être que payant. De plus, malgré le problème de la fausse alerte au Pichincha, qui a peut être finalement été salutaire de par la manière dont il a été résolu (meilleure maîtrise du comité technico-scientifique depuis), la Protection Civile dispose de comités spécialisés, de qualité inégale quant aux personnes qui les composent, mais qui présentent l'avantage d'avoir travaillé à plusieurs reprises en situation de catastrophe simulée. Les exercices réalisés ont certainement davantage servi à ce niveau qu'à celui des autorités provinciales.

Aussi, compte tenu des acquis, des réalisations et de l'organisation actuelle ainsi que des acteurs en place aujourd'hui, il est fort à parier qu'en cas d'urgence, la Protection Civile dominera la situation bien mieux qu'elle n'aurait pu le faire il y a quelques années encore. L'action menée ces dernières années lui vaudra certainement d'être reconnue, dans les faits et non plus seulement en théorie comme dans le passé, en tant que véritable organisme coordinateur des diverses institutions susceptibles d'intervenir. Il lui sera cependant difficile d'éviter la confusion ou la désorganisation au niveau des provinces (à l'exception peut-être de la province du Pichincha où sont installées les autorités centrales), sauf si le Cotopaxi laisse suffisamment de temps pour achever de se préparer à partir du moment où seront enregistrés les premiers signes précurseurs d'une éruption.

1.3. Le rôle des médiateurs

Entre les scientifiques et les autorités nationales d'une part, et la population d'autre part, il existe un certain nombre de médiateurs humains et techniques dont le comportement peut jouer un rôle décisif en cas d'urgence. Nous considérerons ici les autorités et responsables locaux (au niveau des cantons, paroisses et quartiers), les médias et les systèmes de communications et d'alerte. Les groupes de pression font également partie des médiateurs. Le rôle des propriétaires fonciers, notamment des grandes plantations caféières, dans la minimisation des risques, a parfois été évoqué comme facteur ayant contribué à la catastrophe colombienne (quotidien «El Tiempo» du 23/11/1985; Restrepo. 1986). Nous ne disposons pas d'éléments suffisants pour mesurer la portée d'un tel type de phénomène en Equateur, mais il est évident que les intérêts spéculatifs existent comme ailleurs, au niveau des grandes haciendas laitières et peut-être surtout à celui qui touche à la promotion immobilière dans le Valle de los Chillos. Mais pour l'instant aucun lobby ne semble être intervenu pour limiter l'action de la Protection Civile, du moins au niveau national.

1.3.1. Les responsables ou «influents» locaux

Ceux que nous nommons ici «influents locaux» sont les individus qui, en raison de leur statut social, leur fonction, leur savoir ou leur personnalité, exercent une influence volontaire ou involontaire sur les collectivités locales, à l'échelle du village, du quartier ou de l'entreprise (autorités politiques et administratives, locales, prêtres, enseignants, médecins, dirigeants d'entreprises, responsables d'associations, chefs de communautés paysannes, etc.). L'influence de tous les jours peut prendre une valeur particulière lorsqu'un problème grave et inhabituel se présente, notamment durant le court laps de temps (jours, heures, minutes) qui précède un impact naturel prévisible.

De nombreux chercheurs qui se sont penchés sur les aspects sociaux et sociologiques des situations de catastrophes, ont en effet noté qu'à la suite d'un avertissement divulgué par des canaux officiels, la tendance naturelle des gens est de rechercher une confirmation et d'obtenir des informations supplémentaires sur ce qu'il se passe ou sur ce qu'il convient de faire (en particulier Perry et al., 1981, Leik et al., 1981, Quarantelli, 1982). Leik notamment, insiste sur le fait que «les messages normalement diffusés par les médias audiovisuels incitent à rechercher des informations supplémentaires mais n'encouragent pas à prendre les mesures de protection nécessaires». En des termes comparables, Quarantelli indique que les médias «tendent davantage à mettre les gens sur le qui-vive qu'à susciter une réponse directe de leur part». Par ailleurs plusieurs exemples indiquent que les informations supplémentaires sont recherchées non seulement auprès des personnes les plus accessibles, mais également auprès de celles que la société locale rend dignes de confiance. Ce fut par exemple le cas des autorités locales des villes et villages proches de l'Usu quand ce dernier entra en éruption en 1977 (Kadomura et al., 1978). Le rôle des chefs de communautés hawaïens en période d'éruption volcanique est souligné par Sorensen et Gersmehl (Sorensen et Gersmehl, 1980), tandis que Raghavulu, dans le domaine des risques liés aux cyclones, met l'accent sur l'impact des leaders locaux indiens et du voisinage dans les prises de décision (Raghavulu, 1982). Murray insiste également, en ce qui concerne l'Australie cette fois, sur l'importance du réseau informel local venant appuyer les systèmes d'alertes officiels (Murray, 1980).

Comme le suggèrent ces quelques exemples, en dehors de l'observation directe de l'état de l'environnement, il semble donc exister un double réseau d'information durant une situation d'urgence. Le réseau officiel prévient ou émet des ordres et certains en tiennent compte, mais, surtout lorsque la confiance vis-à-vis des institutions officielles est plutôt faible, c'est généralement du réseau parallèle, plus local ou moins formel, organisé ou pas, que dépend la décision des individus. Il se pose alors la question de la qualité de ce réseau que plusieurs auteurs, tel Bates, mettent en doute: «les personnes jouissant d'un statut élevé à l'intérieur d'une communauté, doivent afficher des connaissances qu'ils n'ont pas et porter un jugement sur la situation, ce qu'ils sont actuellement incapables de faire; aussi, leur contribution au processus d'alerte peut s'avérer dangereuse en agissant de manière inappropriée» (Bates et al., 1963, cité par Murray, 1980). Rappelons ainsi le rôle malheureux de quelques personnalités d'Armero (un prêtre et un professeur trop rassurants, mais pouvaient-ils faire autrement?) et de Saint-Pierre (de nouveau un professeur), avant que les deux villes ne soient détruites.

C'est dans ce contexte que nous avons mené entre le 1^{er} septembre et le 26 octobre 1989, une enquête auprès de 92 responsables locaux répartis dans douze

paroisses de notre région d'étude. L'opération présentait essentiellement deux objectifs. Le premier proposait d'évaluer, à travers leur conscience du risque et leur connaissance des moyens de protection, l'aptitude de ces «influents» potentiels à affronter une situation d'urgence et à venir en aide à tous ceux qui, à cette occasion, ne manqueraient pas de les solliciter (le terme aptitude a été préféré à celui de préparation qui implique un acte volontaire). Le deuxième objectif visait à savoir, indépendamment de l'aptitude, quel pourrait être leur comportement au sein du groupe en de pareilles circonstances. Nous n'entrerons pas dans le détail de cette étude qui a fait l'objet d'une publication à laquelle nous renvoyons le lecteur (D'Ercole et Moncayo, 1991). Nous nous limiterons ici à la présentation de ses principaux résultats.

L'enquête révèle qu'en dépit de contrastes notables selon le lieu et la catégorie de responsables, une faible proportion d'entre eux seraient aptes à faire face à une situation d'urgence (tableau 16). Plus grave encore, dans ce contexte, est l'attitude que plusieurs de ces personnes estiment devoir adopter (tableau 17 et figure 10). Ceux que nous avons nommés «leaders» et «acteurs ponctuels» font globalement meilleure figure pour ce qui concerne le degré d'aptitude. Cependant, et ceci nous ramène aux conclusions de Bates, une partie non négligeable d'entre eux (les prêtres et les chefs d'entreprises notamment), percevant ou ignorant leurs faiblesses, agiraient comme l'imposent leurs fonctions, leur statut dans la société ou encore leur conscience, mais en même temps, ils seraient susceptibles de commettre de graves erreurs, ce qui aurait pour conséquence de mettre en péril la vie des membres de leurs communautés.

Cette situation est directement liée au travail inachevé de la Protection Civile Nationale, bloqué comme nous l'avons observé au niveau des autorités provinciales. Le message n'est donc pas passé et comme l'indique le tableau 18, les relations avec la Protection Civile sont ténues alors que la loi stipule l'existence et l'action de cellules locales de Protection Civile. En l'état actuel des choses, la faible préparation des responsables locaux, leurs comportements potentiels et l'insuffisance des relations utiles, rendent très aléatoire, en cas d'urgence, la qualité de l'appui pourtant indispensable de ces médiateurs.

Degré d'aptitude	Effectifs et pourcentages	Caractéristiques
Elevé à très élevé	18 19,6%	Forte conscience du risque Lieux menacés connus Aléas potentiels identifiés Connaissance des moyens de protection
Plutôt élevé	21 22,8%	Forte conscience du risque Lieux menacés connus Aléas potentiels mal identifiés et/ou Connaissance insuffisante des moyens de protection
Plutôt faible	25 27,2%	Il existe une certaine conscience du risque, les aléas sont parfois connus, mais vision très partielle ou erronée des lieux pouvant être affectés et/ou Ignorance totale des moyens de protection
Faible à très faible	28 30,4%	Très faible conscience du risque et/ou Proposition de mesures de protection pouvant s'avérer dangereuses

Tab. 16 - Degré d'aptitude des responsables locaux de la région d'étude à répondre à une situation d'urgence

Types de comportements	Effectifs et pourcentages	Caractéristiques
Dépendants actifs	37 40,2%	Comportement des personnes qui pensent devoir, avant toute chose, attendre les consignes ou les ordres et se mettre à la disposition des institutions extérieures à leur secteur d'influence (Protection Civile, Armée, etc.) qui sont sensées intervenir ou avec lesquelles ils devraient entrer en contact. Ils sont disposés à collaborer mais ne prennent pas d'initiatives personnelles décisives, en particulier pour une éventuelle évacuation
Leaders	32 34,8%	Comportement des personnes, qui sans attendre une quelconque intervention extérieure, envisageraient de prendre des mesures concrètes parmi lesquelles l'évacuation est fréquemment évoquée. Dans certains cas on espère néanmoins que l'extérieur se manifesterait d'une manière ou d'une autre, mais plus souvent on considère cette possibilité comme aléatoire et on estime que l'urgence impose des décisions immédiates. Par ailleurs, les mesures prévues s'adressent à l'ensemble de la population du secteur d'influence ou au plus grand nombre possible
Acteurs ponctuels	12 13%	Comportement de ceux qui, comme dans le cas précédent prendraient des initiatives personnelles immédiates mais limitées à la fois dans l'espace et quant au public concerné (école, usine par exemple)
Passifs	11 12%	Type de comportement concernant les personnes n'envisageant aucune action significative pour la collectivité, ce qu'ils estiment ne pas relever de leurs compétences. Certains ne refuseraient pas leur aide si on la sollicitait mais leur intention est avant tout de se préoccuper d'eux-mêmes et de leurs familles

Tab. 17 - Comportement potentiel des responsables locaux du secteur d'étude en cas de situation d'urgence

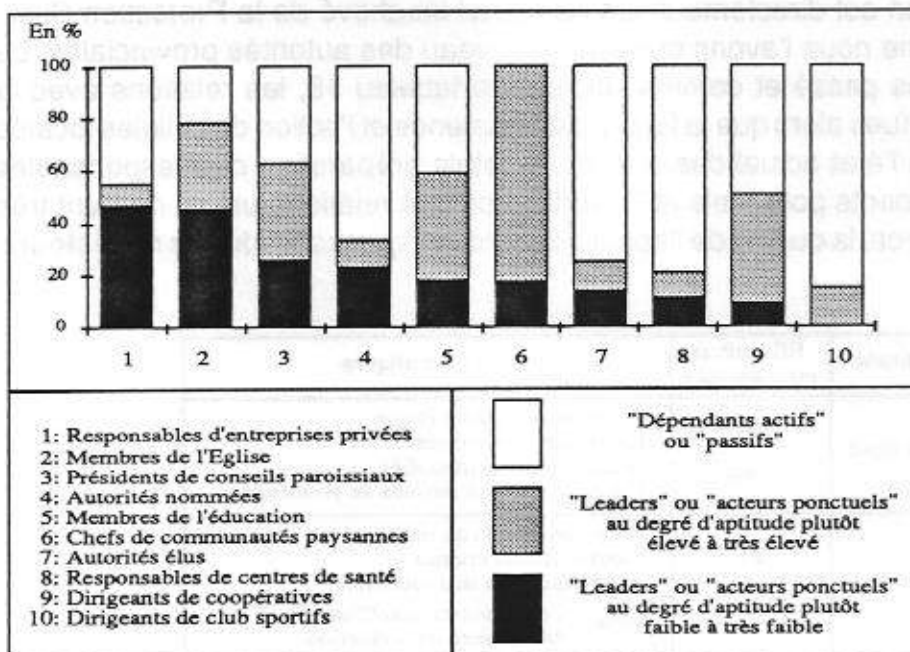


Fig. 10 - Aptitude des «leaders» et des «acteurs ponctuels» à affronter une situation d'urgence (selon la catégorie de responsable local)

	Effectif	%
Ont ou ont eu des relations considérées comme positives avec cette institution		
- sur le plan institutionnel	15	16,3
- sur le plan des relations personnelles	7	7,6
Ont ou ont eu des relations considérées comme ponctuelles, sans suivi, inutiles avec cette institution	10	10,9
N'ont jamais eu de contact avec cette institution	60	65,2

Tab. 18 - Relations entre les responsables locaux et la Protection Civile

I.3.2. Médias et communications

Bien qu'il en soit question depuis près de trois ans, il n'existe actuellement aucun système d'alerte direct permettant de prévenir la population d'une menace imminente, du type de ceux qui ont été installés sur le Nevado del Ruiz (cables détecteurs de coulées de boues activant des sirènes d'alarme). Les populations menacées ne pourront donc être avisées que par les médias, principalement la radio, ou par contact personnel (contact direct, haut-parleurs, etc.).

Sur le plan technique, sauf cas de détérioration imprévisible liée à l'éruption, la diffusion de messages d'alerte ne devrait pas poser de problème majeur. Il existe suffisamment de services de diffusion appartenant à l'Etat, de stations privées nationales et locales (en particulier centres d'émission de Tumbaco, Sangolqui, Machachi, Latacunga et Tumbaco) sans parler des radio-amateurs. En fait, le problème se situe avant tout au niveau de la source et du contrôle de l'information.

Les radios sont non seulement très nombreuses, mais sont aussi largement dominées par le secteur privé et souvent très spécialisées (informations, sports, musique, religion, affaires, etc.). Cette large ouverture, qui, par certains côtés, constitue un aspect très positif pour le public et de manière plus générale pour la démocratie, peut s'avérer comme un inconvénient en cas de nécessité de divulguer des messages d'alerte et ce, d'autant plus qu'aucun accord avec l'Etat n'oblige les radios privées à interrompre leurs programmes, et si elles le font, en raison de la gravité de la situation, elles demeurent libres d'interpréter à leur manière les informations reçues. Nous avons observé cette situation en 1988, avec l'ensemble des médias, à propos de l'affaire du Pichincha. Ce fut aussi le cas, un an plus tôt, à l'occasion du séisme du 5 mars.

En marge de l'étude en cours, nous avons placé dans le questionnaire d'enquête destiné à la population (nous développerons ultérieurement les modalités de cette enquête), quelques questions concernant ce séisme. L'une d'entre elle portait sur l'attitude des gens à cette occasion. Elle ne posait pas directement le problème des médias, mais bien que partielles, les réponses fournies à ce sujet méritent d'être présentées. Sur les 2200 personnes interrogées, 489, soit 22% environ, déclarent s'être mises immédiatement à l'écoute de la radio et plus rarement de la télévision. Bien que toutes les personnes n'aient pas été touchées de la même manière (le séisme a été moins ressenti dans la province du Cotopaxi que dans celle du Pichincha), ce chiffre est évidemment inférieur à la réalité en raison de la non spécificité de la question mais fournit un échantillon intéressant, d'autant plus que des commentaires étayaient souvent ce type de réponse. En ce qui concerne la portée des informations reçues, ces commentaires sont plutôt négatifs (tableau 19) et insistent sur leur caractère alarmiste, imprécis, inadapté ou contradictoire. Riches d'enseignement également, sont les données recueillies sur les types d'informations reçues (tableau 20). Il apparaît que ces dernières ont davantage été axées sur l'événement lui-même que sur tout ce qui pouvait toucher à la protection des individus. Sans qu'il n'ait de grande valeur statistique, le détail des informations reçues que présente la tableau 20, permet néanmoins d'imaginer la confusion qui pouvait régner dans les esprits des auditeurs.

Allant dans le même sens, mais plus sévères encore que nos propres appréciations, sont les commentaires tirés d'une étude réalisée par des étudiants de l'Université

	Effectif	%
Aucun commentaire sur ce sujet	374	76,5
Commentaires négatifs (Informations alarmistes, imprécises, contradictoires, fausses, inadaptées, etc.)	98	20
Commentaires positifs (Informations rassurantes, claires, etc.)	17	3,5
Total	489	100

Tab. 19 - Types de commentaires sur les informations reçues par voie de radio ou télévision à l'occasion du séisme du 5 mars 1987

	Effectif	%
Aucune indication sur ce sujet	153	31,3
Conseils, instructions sur les mesures de protection	143	29,2
Conseils, instructions (sans précision)	45	9,2
Sortir de la maison	44	9,0
Rester dans la maison	38	7,8
Maintenir le calme, tranquilliser	24	4,9
Faire des provisions (aliments, eau, vêtements, etc)	17	3,5
Rester en alerte, écouter la radio	12	2,5
Couper l'électricité	6	1,2
Information sur la situation en cours et future	229	46,8
Information sur la situation (sans précision)	102	20,9
Information sur les causes du phénomène	28	5,7
Volcan Cotopaxi	15	
Volcan Reventador	12	
Volcan Pichincha	1	
Failles de Quito	2	
Informations scientifiques	34	7,0
Générales	6	
Sur l'épicentre	28	
Informations sur la situation à venir	35	7,2
Cela va recommencer, il y a danger	30	
Il n'y a plus aucun danger	5	
Informations sur les conséquences	46	9,4
Sans précision	11	
Humaines	7	
Matérielles	31	

Tab. 20 - Types d'informations reçues durant le séisme du 5 mars 1987 (plusieurs réponses possibles)

Catholique de l'Equateur et qui a valeur de témoignage: «Paniqués par la violente secousse, dans une obscurité totale et sous une pluie diluvienne, les habitants de Quito essayaient de reprendre leurs esprits, et à tâtons, de trouver une bougie, un transistor, un abri. Il était 23h10, tous étaient sur pied et en majorité descendaient dans la rue. Avec l'écoute de la radio commença la désinformation. Au début on croyait l'épicentre local, puis il fut déplacé au Chili avant de se retrouver en Colombie. Nous écoutions, dans le noir, des informations contradictoires: «restez où vous êtes, sortez de chez vous, trouvez un endroit sûr (?)». Nous écoutions un prêtre qui nous instruisait de ce «châtiment divin» qui était si proche. Le fonctionnaire, le politique, nous «rassuraient» parce que notre gouvernement était sérieux et que tout allait être rapidement sous son contrôle. La radio et ses messages transformèrent la crainte en terreur et nous laissèrent dans l'incertitude la plus totale» (Moncayo et Flores, 1988).

Les populations exposées au Cotopaxi auront-elles à vivre ou revivre une même situation de confusion et d'incertitude en cas de manifestation de ce dernier? Cela est possible, néanmoins nous croyons que ce phénomène sera beaucoup plus limité, en raison de la capacité accrue des autorités nationales à dominer un tel type de situation. Les informations tous azimuts délivrées par les radios en 1987, n'étaient-elles pas en grande partie liées à la déroute de ces autorités, absolument pas préparées? Le problème de la cohérence de l'information d'urgence qui passe par sa maîtrise, demeure néanmoins entier, même si dans les faits, mais non sur le plan légal, un grand pas a été franchi à l'occasion de la fausse alerte au Pichincha.

En conclusion, ce rapide tour d'horizon, souligne la vulnérabilité des populations exposées liée à des facteurs de comportement sur lesquels elles n'ont aucune prise. Cette vulnérabilité était sensiblement plus élevée il y a quelques années encore avant que d'importants progrès n'aient été réalisés en très peu de temps, surtout du côté de la Protection Civile Nationale, dont l'action se rapproche enfin de la fonction que la loi lui assigne. Il n'en demeure pas moins que le système en place est très fragile et que son efficacité demeure incertaine car il dépend de la solution de quelques problèmes-clé et d'une double continuité de l'effort entrepris, dans le temps et dans l'espace. Cette fragilité et cette incertitude ne sont cependant pas le seul fait des acteurs nationaux et des médiateurs. Elles trouvent également leur source localement, au sein des collectivités et des individus menacés.

II. Les facteurs de comportement liés à la population exposée et au contexte local

La population exposée au volcan Cotopaxi, de même que l'ensemble de la population équatorienne, ne possède aucune expérience de catastrophe précédée d'une période de signes précurseurs, d'incertitude et d'alerte, ce qui est généralement le cas avec un événement d'origine volcanique. Les expériences se cantonnent principalement aux séismes, ce qui permet de déceler les faiblesses des acteurs nationaux ou des médiateurs, comme nous avons essayé de le faire avec le séisme de 1987, ou de ne considérer le comportement des sinistrés que pendant et après un impact naturel qui a pris tout le monde par surprise. Aussi, ne pouvant pas fonder notre étude, et notamment notre campagne d'enquêtes auprès de la population, sur des événements vécus en Equateur, nous avons essayé de dégager à partir d'études de cas et des données de la recherche dans ce domaine, les grands types de facteurs internes de comportement, communs à la plupart des situations, quitte à ne retenir dans un deuxième temps, que les éléments spécifiques de la région du Cotopaxi.

D'autre part, notre souci n'était pas simplement d'identifier et de lister ces facteurs de comportement mais également d'en indiquer la portée en cas de situation d'urgence, ce qui signifie mesure. Nous distinguerons ainsi les facteurs conjoncturels qui, par définition échappent à toute mesure préalable, des facteurs structurels qui s'y prêtent plus facilement. Nous évoquerons rapidement les premiers pour insister sur les seconds à partir desquels nous avons bâti les thèmes de notre campagne d'enquête.

II.1. Les facteurs conjoncturels de comportement

Le conjoncturel et la prévision ne sont pas forcément antinomiques. S'il ne nous est guère possible d'estimer, pour la région du Cotopaxi, la portée des facteurs conjoncturels de comportement, nous pouvons néanmoins en identifier certains afin que ceux-ci soient pris en considération dans les travaux de planification préalable.

Parmi ces derniers, l'un des plus fréquemment évoqués est la situation de la famille, le fait que celle-ci soit réunie ou pas, spécialement lorsqu'un ordre d'évacuation est prononcé. En effet, les préoccupations d'ordre familial font qu'il est «rare que l'évacuation soit un acte individuel; elle se fait presque toujours par familles entières ou en compagnie de personnes connues» (UNDRO, 1987). Et comme le précisent Drabek et Boggs, «la séparation des membres de la famille est souvent la cause d'inquiétudes, et incite les personnes évacuées à tenter de rassembler leur famille, parfois au risque d'un retour dans des zones déjà évacuées» (Drabek et Boggs, 1968). Plusieurs études ont illustré ce phénomène. Considérant quatre petites villes des Etats-Unis affectées par des inondations en 1977 et 1978 (Sumner, Valley, Fillmore et Snoqualmie), les enquêtes de Perry et al., par exemple, montrent que la tendance des gens était de ne pas évacuer ou de repousser leur décision, tant que tous les membres de la famille n'étaient pas présents, ou du moins localisés avec précision (Perry et al., 1981). D'autres exemples sont développés dans les mêmes termes dans un ouvrage consacré à la situation des familles durant les situations de catastrophes (Trost et Hultaker, 1983). Cet aspect de la question, sur lequel nous reviendrons par le biais du poids des personnes à charge sur le comportement (2^e partie, chapitre IV), nous paraît extrêmement important dans notre région d'étude, notamment dans les campagnes où il n'est pas rare de rencontrer des familles de sept à huit personnes ou plus.

Le moment ou la période durant lesquels survient l'événement peut également être décisif. Il est courant, dans les travaux de planification de faire comme si tout devait se passer de jour. Or de nombreuses catastrophes se sont produites de nuit: Armero fut dévastée à 23h30, la première éruption du Chichón au Mexique eut lieu également à 23h30, le 28 mars 1982 et la deuxième, plus violente, se produisit durant la nuit du 3 au 4 avril. C'est aussi durant la nuit, à 5 heures, que le Cotopaxi entra en éruption, le 4 avril 1768. Si l'événement de nuit limite le problème de la séparation des familles, il tend en revanche à rendre plus difficile la mobilisation des personnes, plus délicate l'opération d'évacuation, plus effrayante sa perspective.

Dans le même ordre d'idées, un événement de ce type ne sera pas affronté de la même manière selon qu'il se manifeste en semaine ou durant les week-ends. Les familles sont plus facilement éclatées en semaine, les enfants sont à l'école, les adultes au travail, les hommes souvent loin de leur domicile. Le week-end présente d'autres inconvénients, en particulier, mais cela n'est pas spécifique de l'Equateur, les «soûleries» du samedi soir et du dimanche qui rendent indisponible une fraction non négligeable de la gent masculine, ce dont nous avons d'ailleurs dû tenir compte dans la planification de notre campagne d'enquêtes.

Nous avons signalé le besoin du public de rechercher des informations supplémentaires, auprès du réseau local, à la suite de messages officiels. Mais la confirmation de ce que l'on a entendu est également recherchée auprès de l'environnement lui-même. De nombreux riverains de l'Usu ont facilement accepté d'évacuer en 1977 après avoir

observé l'état du volcan (Kadomura et al., 1978). La moitié environ de la population de Sumner, Valley, Fillmore et Snoqualmie, n'a pris la décision d'évacuer qu'à partir du moment où elle a vu le niveau des rivières s'élever et ce bien après que l'alerte ait été donnée (Perry et al., 1981). Cependant, l'environnement n'est pas toujours bon conseiller, soit parce qu'on ne sait pas interpréter ses signes, ce qui fut le cas à Ritzville à la suite de l'éruption du Mont St Helens en 1980 (les habitants de ce gros bourg agricole situé à 300 kilomètres du volcan avaient observé l'approche de gros nuages noirs qu'ils avaient pris pour des orages, mais, quelques heures plus tard, la région était recouverte de huit centimètres de cendres et personne n'avait eu le temps de protéger les machines et le bétail, ce qui coûta près de 12 millions de dollars à la communauté [Warrick, 1981]), soit parce qu'il peut être trompeur, ce qui n'est pas rare avec un volcan qui présente parfois une période de calme apparent avant le cataclysme (les cas les plus connus sont ceux de la Montagne Pelée et du St Helens, mais le Cotopaxi a également manifesté ce type de phénomène).

L'état de l'environnement peut également jouer même s'il n'est pas lié (en apparence du moins) au phénomène que l'on attend. Rappelons par exemple les propos de certains survivants d'Armero sur leur réticence à quitter leur domicile en raison de la pluie diluvienne qui s'abattait sur la ville, et qui plus est, en pleine nuit.

La soudaineté de l'événement, la vitesse à laquelle le danger se rapproche, sont également des facteurs conjoncturels à prendre en compte. Dans le cas de la Montagne Pelée, en 1902, le volcan ravagea Saint-Pierre et ses environs en quelques secondes. Le Ruiz, pour sa part, laissa plus d'une heure de répit à Chinchina et plus de deux heures à Armero. Ce répit ne fut pas mis à profit, mais si dans le cas martiniquais il n'y avait plus rien à faire, tout était encore possible en Colombie. Si l'on s'en tient aux caractéristiques des grandes éruptions historiques du Cotopaxi, il devrait exister un délai relativement important entre le début de l'éruption et le moment de l'impact sur les lieux habités. Mais ce délai, déjà variable selon la distance, dépendra également de plusieurs facteurs physiques comme la plus ou moins grande efficacité des produits incandescents dans la fusion des glaciers. Aussi, selon les circonstances en cas d'éruption, les populations les plus proches du volcan pourront avoir le temps de trouver un refuge ou au contraire être condamnées faute d'une évacuation préventive.

Le raisonnement que nous venons de tenir mais aussi de manière générale notre étude et les travaux de planification préalable engagés à ce jour, se fondent sur un aléa, que l'on estime comme étant le «plus dangereux parmi les plus probables», en l'occurrence les lahars. Il n'est cependant pas exclu, comme nous l'avons suggéré dans la première partie, que d'autres phénomènes se produisent et alors tout le monde est pris de court faute d'y avoir pensé. Un des exemples les plus frappants de ce type de situation a été consigné par Quarantelli à propos de l'ouragan Betsy, qui, il y a quelques années affecta la Nouvelle-Orléans:

«La ville est très bien préparée pour les ouragans fréquents en Louisiane...L'ouragan Betsy s'approchait. On a commencé à prendre les mesures habituelles. Par exemple, les services publics ont garé leurs véhicules en contrebas...Des organisations de secours telles que la Croix-Rouge et l'Armée du Salut ont ouvert des centres d'hébergement (on y passe d'habitude la nuit, puis on repart le lendemain matin). Quand l'ouragan Betsy est passé sur la ville vers 1 ou 2 heures du matin, tout était au point. Au matin, on a commencé à fermer les abris (sans donner de petit déjeuner, car ce n'était pas l'habitude). C'est alors que vint la surprise: en raison de conditions météorologiques inhabituelles, l'eau inonda la ville...Les compagnies d'électricité et de télécommunication avaient perdu la plupart de leurs véhicules...Il fallait soudain évacuer 60 000 à 80 000 personnes, alors que de nombreux centres d'hébergement habituels étaient inondés ou

menacés d'inondation. Et les gens commençaient à avoir faim...Voilà donc un groupe de professionnels particulièrement expérimentés pris à revers: ils n'avaient toujours pensé qu'en termes d'ouragan et avaient beaucoup de mal à changer ainsi de références « (Quarantelli, 1988).

Les comportements des responsables nationaux ou locaux, des médias ou de la technique, qui en eux-mêmes peuvent être davantage d'ordre structurel que conjoncturel, n'en demeurent pas moins, sur place, des facteurs conjoncturels de comportement.

Le moment précis durant lequel l'alerte est divulguée par les autorités est souvent décisif. Trop tôt, les gens peuvent ne pas y croire et revenir au point de départ s'ils ont déjà commencé à évacuer. Trop tard et c'est la catastrophe. De plus il faut tenir compte du délai nécessaire pour réunir les familles et du temps pris par la recherche des confirmations.

Le comportement des voisins, des amis ou même d'inconnus que l'on voit évoluer dans la rue, influe très souvent sur celui qui ne sait trop quoi faire. Quand la majorité des membres d'une communauté refuse d'évacuer, le restant suit généralement, ce qui fut le cas à Murillo lors d'une nouvelle alerte au Ruiz en mars 1988 («El Tiempo», 27/3/1988, annexe 1). A l'opposé, une enquête menée par Carroll et Parco auprès des personnes évacuées à l'occasion de l'éruption du Taal (Philippines) en 1965, indique que la plupart des gens avaient accepté de partir parce qu'ils avaient vu d'autres personnes en faire de même (Carroll et Parco, 1966, cités par Blong, 1984). Il existe donc un effet psychologique cumulatif, que peu de choses parfois, comme l'attitude d'un groupe de sauveteurs, ou de quelques personnalités influentes d'une communauté peut rendre positif comme négatif.

L'un des aspects les plus aléatoires, en situation de crise, réside dans le comportement des systèmes techniques. Certaines études qui se consacrent à ce problème, montrent la fréquence des défaillances techniques, notamment des systèmes de communications et d'alerte, et insistent sur la nécessité de diversifier ces derniers. Schware, par exemple, aborde la question à propos des inondations qui affectent fréquemment l'est de l'Inde (Schware, 1982). En 1974, le cyclone Tracy qui frappa la ville de Darwin en Australie, mit en panne tous les réseaux de communication locaux, y compris les stations de radio (UNDRO, 1980). D'après le quotidien mexicain «El Excelsior», les communications furent également rompues avec les communautés installées à proximité du Chichón en 1982 (plusieurs articles sur ce thème durant le mois d'avril 1982). A Armero, les communications furent également interrompues entre les autorités de la ville et Ibagué où siégeaient les autorités départementales de protection civile, et les sirènes des pompiers armérites étaient tombées en panne. Dans le cas du Cotopaxi, nous avons noté l'inexistence de systèmes d'alerte directs et la fragilité des systèmes de communications trop monolithiques. Il est donc nécessaire des les diversifier pour éviter d'être trop dépendant des circonstances.

Le problème des communications touche aussi aux transports. Si des moyens de transport sont disponibles au moment et à l'endroit nécessaires, une évacuation peut être rendue plus facile, surtout lorsque le public est composé de très jeunes enfants, de personnes âgées ou malades. Par ailleurs, certains axes, certains points du parcours vers les lieux de refuge (passages de ponts en particulier), peuvent être encombrés par les véhicules, les charrettes, les animaux, ce qui risque fort d'être le cas dans la région du Cotopaxi où comme nous aurons l'occasion de l'observer, les voies d'accès directes aux zones de refuge sont parfois rares et la traversée de cours d'eau souvent nécessaire pour sortir des zones dangereuses. Un exemple de ce type de situation, dans un autre contexte économique et social, nous est rapporté par Baker, dont les enquêtes menées en Floride,

à la suite du passage de l'ouragan Eloïse, en 1975, indiquent les problèmes posés par la congestion du trafic à une grande partie des personnes qui avaient accepté, souvent au dernier moment, d'évacuer (Baker, 1980).

Le simple hasard des circonstances peut également donner une tournure différente aux événements. Un obstacle non prévisible peut se présenter et rendre impossible tout déplacement (arbres abattus, ponts effondrés, etc.). Les personnes menacées, surtout les plus isolées, peuvent être à l'écoute des messages divulgués par la radio au bon moment ou au contraire être occupées à toute autre chose. Warrick cite, par ailleurs, le cas d'un avion privé qui s'était écrasé dans la région d'Ellensburg (petite ville située à 150 kilomètres du Mont St Helens) et qui avait mobilisé le shérif de la ville durant la matinée du 18 mai 1980. A la suite de l'éruption du volcan, les télescripteurs annoncèrent d'importantes chutes de cendres dans les heures qui suivaient, mais en raison de l'absence du shérif, personne ne fut averti de ce qui allait causer de très importantes pertes matérielles (Warrick, 1981). Quelle est enfin la part du hasard dans la catastrophe de Saint-Pierre en 1902? Celle-ci eut lieu le jour où devaient se tenir des élections dont l'enjeu et la volonté de les maintenir à tout prix ont longtemps été invoqués comme facteurs déterminants du désastre. Même si cette thèse tend à être réfutée ou nuancée (Fortuné, 1986; Chrétien et Brousse, 1988), on peut se demander ce qu'il se serait passé si les élections avaient eu lieu six mois plus tôt.

Nous pourrions sans peine multiplier les exemples soulignant l'impact des facteurs conjoncturels sur les comportements et par là, sur les conséquences des catastrophes. Cependant, dans une perspective de planification et d'actions d'urgence, la diversité des problèmes auxquels on ne pense généralement pas, mais qui sont souvent prévisibles, a été largement montrée. Il nous était seulement permis de les mentionner et nous proposerons quelques solutions dans la troisième partie de ce document. S'il était difficile, voire impossible, de mesurer à priori leur impact possible dans la région du Cotopaxi, cette démarche est en revanche plus facilement réalisable avec les facteurs structurels de comportement.

II.2. Les facteurs structurels de comportement

II.2.1. L'approche théorique

Quand ils ne sont pas indépendants de leur volonté, les comportements des personnes face à une situation d'urgence sont liés à un ensemble de processus mentaux conscients ou inconscients, qui débouchent sur une prise de décision, sur une adaptation à la situation, sur l'action ou encore sur l'inaction qui n'est finalement qu'un cas particulier d'adaptation. Nous avons abordé cette question dès les premières pages de ce document car elle constitue l'un des fondements de notre étude. Nous avons vu comment on était passé d'une approche déterministe (relation directe «stimulus-réaction») à une approche comportementale mettant en évidence l'existence de processus médiateurs entre les modifications de l'environnement physique et les réponses des hommes. Les études engagées sur ce thème ont débouché sur la constitution de modèles de prise de décision des individus afin, notamment, de s'adapter aux phénomènes violents de la nature (Slovic et al., 1974).

Renonçant aux théories de la maximalisation ou optimisation de toute initiative dans des conditions d'incertitude, en vogue chez les mathématiciens et les économistes (en particulier; Von Neumann et Morgenstern [1947], Savage [1954], cités par Slovic et al. [1974]), Simon, vers la fin des années 50 développe la théorie de la «rationalité limitée» («bounded rationality») qui prend en compte le jeu des limitations perceptives et cognitives dans les prises de décision des individus (Simon, 1956, 1957, 1959). Selon cette théorie, l'être humain, n'est pas irresponsable ou irrationnel dans ses prises de décision. Il ne peut non plus être totalement rationnel, ce qui supposerait que l'homme soit non seulement familier avec l'ensemble des options qui lui sont offertes mais également capable d'évaluer les résultats ou les conséquences de chacune de ces options. En fait celui-ci construit un modèle simplifié du monde auquel il a affaire et dans ses entreprises, compte tenu de ses limitations, il essaie d'atteindre un résultat satisfaisant, acceptable, plutôt qu'optimisé.

Suivant la théorie de Simon, un premier modèle de prise de décision est bâti par le géographe White dans le domaine des risques naturels (White, 1961), puis amélioré par Kates (Kates, 1970; Burton, Kates et White, 1978) et repris par d'autres, notamment Warrick dans le domaine des risques volcaniques (Warrick, 1979).

Ces travaux réalisés par des géographes nous amènent à préciser une autre observation également formulée dès l'introduction. Nous avons signalé, bien que cela ne soit pas toujours aussi tranché dans la réalité, la démarche différente, bien que complémentaire, des géographes d'une part, des sociologues et psychologues d'autre part, les premiers travaillant surtout sur l'adaptation à moyen ou long terme, les seconds davantage sur le court terme. Or, le type de risque que nous avons choisi d'étudier (risque associé à des événements à forte capacité destructrice mais peu fréquents à l'échelle humaine), l'absence de toute adaptation à long terme dans notre région d'étude qu'il s'agisse de protection technologique ou de politique d'orientation de l'occupation des sols, la finalité opérationnelle axée sur la période d'urgence et sur laquelle nous avons voulu porter nos efforts, font que nous travaillons également pour le court terme. Il se posait donc le problème de l'utilisation, dans le cadre de notre recherche (et plus précisément pour savoir ce que nous voulions tirer d'une campagne d'enquêtes), d'un modèle préexistant qui lui, fonctionne sur le long terme. Nous nous sommes donc aussi appuyés sur les travaux des sociologues portant sur les situations d'urgence. Perry, l'un des sociologues à s'être le plus consacré à cette question, propose un modèle de prise de décision des individus durant une période d'urgence, à la suite de la divulgation d'une alerte (Perry, 1983).

Lorsque l'on compare le modèle de Perry avec celui de Kates, il apparaît que ceux-ci suivent, en fin de compte, un même schéma général (tableau 21). A l'identification de la menace et l'estimation du risque succède la recherche et l'évaluation des adaptations avant de donner une réponse à la situation créée par une menace potentielle qu'elle soit imminente ou différée dans le temps.

L'heure n'est pas venue de porter un jugement sur ces modèles de prise de décision, sur les séquences qu'ils présentent, sur l'importance donnée à tel facteur médiateur (par exemple, les aspects sociaux qui n'interviennent qu'en dernier recours dans le modèle de Perry). Nos critiques ne pourront être fondées qu'au terme de notre étude. Nous ne retiendrons pour l'instant, que les principaux axes de recherche que ces modèles suggèrent et sur lesquels nous nous sommes appuyés.

Étapes du processus	Processus d'adaptation à moyen ou long terme (1)	Processus d'adaptation à très court terme (2) (Période d'urgence avec alerte)	Axes de recherche
Identification de la menace	Si conscience d'une menace, appréciation de sa probabilité d'occurrence et de sa magnitude	Confirmation de l'exactitude du message concernant la menace	Perception du risque (de la menace et du risque personnel)
Estimation du risque	Estimation des conséquences possibles pour soi et définition du niveau de risque personnel		
<i>Poursuite du processus au dessus d'un certain seuil de perception du risque (variable selon les personnes)</i>			
Recherche des adaptations	Considération de l'éventail des solutions possibles parmi celles qui sont connues	Considération des solutions proposées par les messages et/ou d'autres solutions	Connaissance des moyens de protection
Évaluation des adaptations	Évaluation selon: <ul style="list-style-type: none"> • la compatibilité avec les caractéristiques de l'environnement • la faisabilité technique • la rentabilité de l'opération (efficacité, coût) • la conformité sociale (lois, traditions, etc.) 	Évaluation selon: <ul style="list-style-type: none"> • la possibilité d'adopter une ou plusieurs solutions selon les circonstances du moment • l'efficacité supposée des différentes solutions et, si les solutions sont jugées possibles et efficaces, • les aspects socio-culturels 	Facteurs contraignants d'ordre technique et social

En fonction de l'évaluation, choix de l'adaptation qui offre le meilleur résultat

(1) Selon le modèle de Kates (1970), repris dans ses grandes lignes par Burton et al. (1978) et Warrick (1979)

(2) Selon le modèle de Perry (1983)

Tab. 21 - Processus de prise de décision des individus dans le choix d'adaptations en prévision d'une catastrophe naturelle

II.2.2. Les grands types de facteurs structurels de comportement

Les modèles de prise de décision de Kates et Perry (tableau 21) et la majeure partie des travaux que nous avons consultés permettent de distinguer, à l'échelle d'une population menacée donnée, trois grands types de facteurs structurels de comportement qu'il est nécessaire de prendre en considération pour pouvoir cerner au plus près la vulnérabilité de cette population. Il s'agit d'une part, des facteurs cognitifs incluant la perception du risque et la connaissance des moyens de protection, constituant une condition nécessaire mais non suffisante de l'action des individus face à une menace. Il s'agit d'autre part, des facteurs que nous qualifierons de «contraignants» et qui peuvent être d'ordre social ou technique. Ces derniers, selon le cas, faciliteraient ou au contraire limiteraient, voire empêcheraient toute action, même si cette dernière est souhaitée.

D'après Kates, il existe un seuil de perception du risque, variable selon les personnes, en dessous duquel celles-ci ne recherchent aucun type d'adaptation (Kates, 1970). Si ce seuil est franchi, commence alors, parmi les adaptations connues, l'évaluation subjective de chacune des possibilités. Cette démarche mentale, décrite par les chercheurs qui travaillent sur le long terme l'est également par ceux qui ne considèrent que les situations d'urgence. Mais dans ce dernier cas, les données de départ sont différentes si un message d'alerte est divulgué auprès des populations. En effet, outre les questions «suis-je personnellement menacé?», «quel est le niveau de risque pour moi et pour mes biens?», auxquelles les messages peuvent donner une réponse, les individus concernés se posent la question suivante: «la menace annoncée est-elle bien réelle?» et ainsi commence la recherche des confirmations. D'autre part, si les messages indiquent les moyens de se protéger, il n'est théoriquement pas nécessaire d'aller en quête d'une autre alternative si ce n'est de répondre par la négative et de ne rien faire de particulier.

Dans ces conditions, on peut donc se demander s'il est utile, dans des travaux de recherche qui comme les nôtres privilégient la situation d'urgence, de s'engager dans une étude de la perception du risque et de la connaissance des moyens de protection. Nous estimons cette démarche fondée, non seulement sur le plan de la recherche fondamentale mais également dans le domaine purement opérationnel basé sur la situation d'urgence.

En effet, considérer comme inopportune l'étude des facteurs cognitifs suppose, qu'en une telle circonstance, des messages suffisamment clairs, précis, adaptés et crédibles soient effectivement divulgués et qu'il n'y ait aucune défaillance technique majeure. Or, ces conditions sont généralement loin d'être remplies.

Il arrive, et c'était surtout le cas dans le passé quand les volcanologues et les moyens de surveillance faisaient défaut, que les communautés locales soient totalement isolées de l'extérieur avant et pendant l'impact (figure 11). Mais cela se rencontre encore de nos jours et la catastrophe qui a affecté le département du Chiapas au Mexique en 1982 (éruption du Chichon), en fournit un bon exemple.

La collectivité locale doit également compter sur ses propres ressources, sur son interprétation de la situation, lorsqu'en dépit d'un contact établi par l'extérieur, celui-ci se révèle inefficace pour des raisons humaines ou techniques. Dans ce cas (illustré par exemple par la catastrophe colombienne de 1985), comme dans le précédent, les facteurs cognitifs de comportement interviennent inévitablement.

Mais même dans l'hypothèse d'une connexion réelle et efficace entre la population menacée et les intervenants extérieurs, «le grand public [encore pour des raisons techniques ou humaines, ou simplement par le fait de ne pas être à l'écoute de la

radio le moment voulu] comprend toujours des sous-groupes que les grands réseaux d'information et de communication n'atteignent pas» (UNDRO, 1987). De plus, il arrive assez souvent que des personnes, alertées directement par les modifications de l'environnement, prennent des mesures avant même qu'un message ne soit lancé.

Un autre argument en faveur de la pertinence de l'étude des facteurs cognitifs, même dans l'optique d'une période d'urgence apparemment contrôlée, est fourni par la littérature spécialisée dans ce type de situation. L'expérience montre que la propension des individus à suivre des consignes officielles est fortement corrélée à la qualité de la préparation préalable que ces derniers ont pu recevoir. Ils disposent ainsi, par le fait d'être

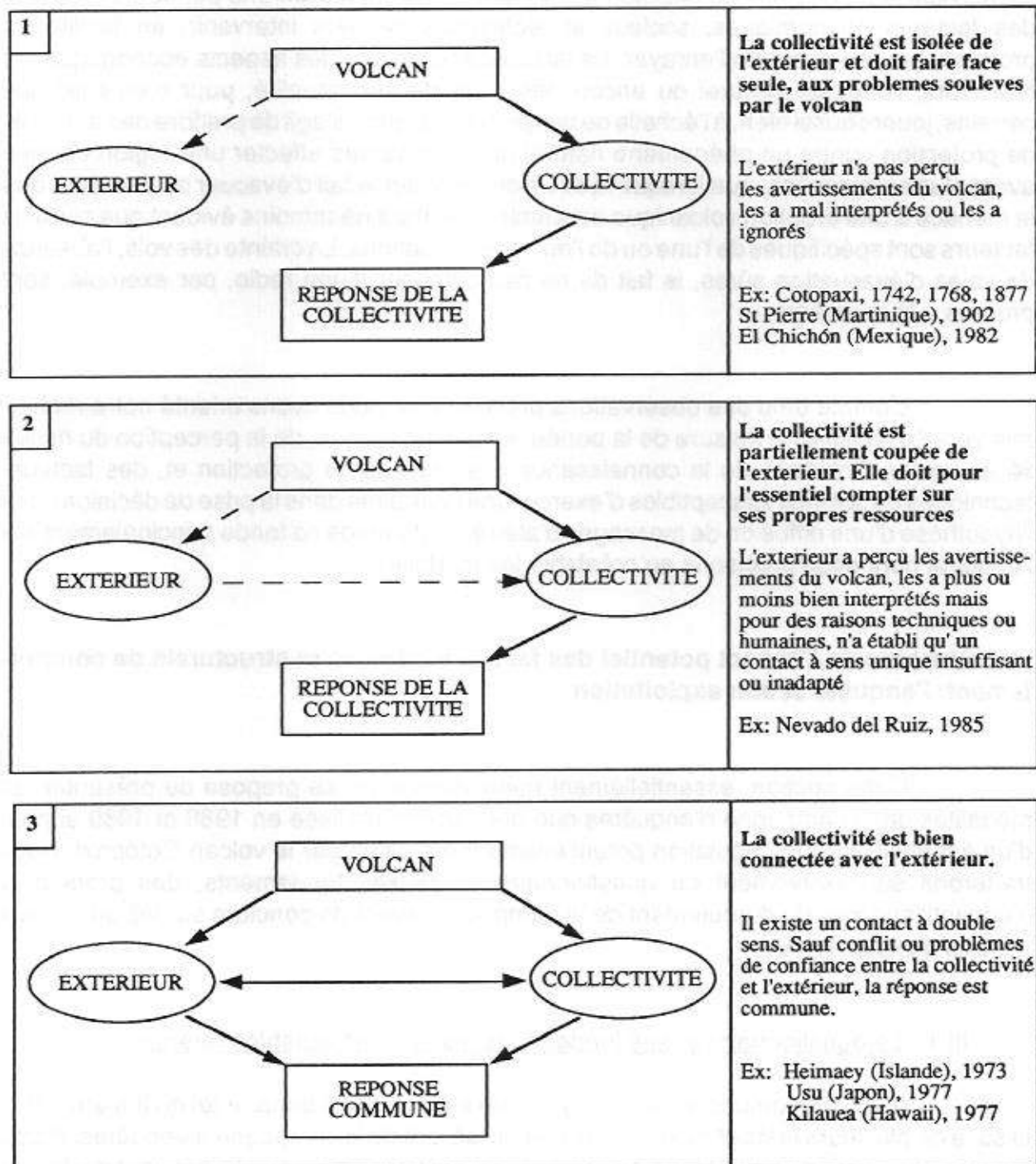


Fig. 11 - Relations entre une collectivité locale menacée et l'extérieur durant une situation d'urgence

conscients des risques personnels et de connaître à l'avance les lieux d'évacuation sûrs et les routes qui y conduisent, d'une base individuelle d'informations prêtes à servir, prêtes à provoquer des réflexes utiles, lorsque une alerte, très souvent communiquée en des termes trop généraux, préparation préalable ou pas, est déclarée (Perry, 1979, 1983; UNDR0, 1987). Sans préparation préalable, ce qui est globalement le cas dans la région du Cotopaxi, il ne peut y avoir de tels réflexes et, en dépit des messages reçus, les facteurs cognitifs sont susceptibles de jouer un rôle important dans les prises de décisions.

Le problème se pose différemment en ce qui concerne les facteurs contraignants. Qu'il s'agisse d'une prise de décision à long terme ou bien durant une période d'urgence, des facteurs économiques, sociaux et techniques peuvent intervenir, en faciliter le processus ou au contraire l'enrayer. La faisabilité technique, les aspects économiques et financiers, l'héritage culturel ou encore les traits de personnalité, pour n'en citer que certains, jouent aussi bien, à l'échelle de temps près, quand il s'agit de prendre des mesures de protection contre un phénomène naturel qui peut ne pas affecter une région donnée avant plusieurs années, que lorsque la décision porte sur le fait d'évacuer ou pas alors que la menace d'une éruption volcanique est imminente. Il est néanmoins évident que certains facteurs sont spécifiques de l'une ou de l'autre des situations. La crainte des vols, l'absence de voies d'évacuation sûres, le fait de ne pas disposer d'une radio, par exemple, sont propres à la deuxième.

Compte tenu des observations précédentes, nous avons orienté notre recherche vers l'analyse et la mesure de la portée, en cas d'urgence, de la perception du risque lié au volcan Cotopaxi, de la connaissance des moyens de protection et, des facteurs techniques ou sociaux susceptibles d'exercer une contrainte dans la prise de décision dans l'hypothèse d'une diffusion de messages d'alerte. Cette étude se fonde principalement sur l'enquête dont nous précisons au préalable les modalités.

III. La mesure de l'impact potentiel des facteurs internes et structurels de comportement: l'enquête et son exploitation

Cette section, essentiellement méthodologique, se propose de présenter les modalités de la campagne d'enquêtes que nous avons réalisée en 1988 et 1989 auprès d'un échantillon de la population potentiellement menacée par le volcan Cotopaxi. Nous traiterons successivement du questionnaire et de ses fondements, des problèmes d'échantillonnage, du déroulement de la campagne, avant de conclure sur les principaux travaux d'exploitation.

III.1. Le questionnaire et ses fondements: facteurs et variables retenus

Nous présentons en annexes (annexe 6), le questionnaire tel qu'il a été bâti à la suite de plusieurs tests et modifications, et utilisé lors de la campagne d'enquêtes. Parce qu'elles ne se sont pas révélées directement utilisables ou parce qu'elles étaient destinées à des études parallèles, certaines questions n'ont pas été exploitées pour l'étude en cours, où ne l'ont été que partiellement, notamment celles qui ont trait au séisme de 1987.

En dehors de ces quelques exceptions, les questions ont été construites en fonction:

- des grands types de facteurs de comportement identifiés ci-dessus:
 - la perception du risque;
 - la connaissance des moyens de protection;
 - les facteurs contraignants d'ordre social et technique. Les facteurs sociaux sont essentiellement étudiés à partir de l'enquête, notamment à partir du comportement déclaré des personnes interrogées, dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation. L'analyse des facteurs techniques repose à la fois sur l'enquête, l'observation de terrain et l'étude de documents cartographiques.
- de 15 variables destinées à affiner notre analyse des facteurs de comportement. Il s'agit de variables:
 - de localisation: province, distance au volcan, existence d'obstacles visuels entre le Cotopaxi et le lieu de résidence de la personne interrogée;
 - socio-économiques: âge, sexe, activité professionnelle, type de population, niveau socio-économique, nombre de personnes par famille, confiance vis-à-vis des personnes, organismes ou institutions intérieurs ou extérieurs à la paroisse de résidence, temps de résidence dans la paroisse, biens immobiliers possédés;
 - d'information: sources d'information sur le volcan Cotopaxi, information sur le Nevado del Ruiz.

Nous avons enfin ajouté une dernière variable concernant les aléas potentiels du Cotopaxi connus.

Le détail des questions utilisées pour bâtir certaines variables synthétiques, la méthodologie employée, de même que les modalités de l'ensemble des variables retenues, sont présentés en annexes (annexe 7) et dans certains cas, le texte fournira des précisions supplémentaires.

III.2. Bases territoriales et échantillonnage

Les thèmes d'investigation étant définis et le questionnaire d'enquête achevé et testé, il restait à déterminer la méthode de sondage. Le problème n'était à priori pas simple à résoudre. Il s'agissait de faire face à des difficultés, quant à la confection d'un échantillon, qui pouvaient aller à l'encontre de nos objectifs.

Nous voulions en effet éviter de ne considérer que des cas-témoins, ce qui aurait abouti à une étude comparable, sur le plan méthodologique, à celles que la plupart des géographes ou sociologues ont réalisé sur le même thème. Une étude de ce type aurait certes présenté l'originalité d'un cadre géographique et humain nouveau et de problèmes spécifiques posés par le volcan Cotopaxi, mais n'aurait pu permettre de réaliser des documents cartographiques complémentaires de la carte des menaces potentielles du Cotopaxi en couvrant comme cette dernière, l'ensemble des régions les plus menacées par le volcan. Nous pensons en particulier à la carte intégrée des facteurs de vulnérabilité de la population.

Face à nos intentions, se présentaient deux difficultés majeures. La première était d'ordre technique et financier. Non seulement notre budget était limité mais également le temps disponible et nous avions à faire face à une région de près de 3000 km² occupée

par plus de 300 000 personnes. Il fallait donc procéder à des choix, tout en altérant le moins possible les objectifs que nous nous étions fixés.

La deuxième touchait plus particulièrement la constitution de l'échantillon dans la mesure où nous ne disposions d'aucune base de sondage et que les principales données d'ordre socio-économique utiles pour l'élaboration d'un échantillon par quotas, n'étaient disponibles qu'à l'échelle des cantons.

Pour résoudre ces difficultés, et pour obtenir la meilleure représentativité possible, nous avons procédé, dans un premier temps, à une stratification de la population, fondée principalement sur des critères territoriaux. 116 unités territoriales de base (carte 14 et carte 15 qui ne distingue que les 46 unités incluses dans les zones à intensité de risque élevé et très élevé qui feront l'objet d'un traitement spécial) ont ainsi été délimitées à partir des éléments suivants:

- La nature de la menace et l'intensité du risque.

Ce sont là les critères de base. La carte des menaces potentielles du Cotopaxi (carte 7) nous a fourni les limites nécessaires, que nous avons adaptées dans notre carte des classes d'intensité du risque (carte 13).

- Les subdivisions administratives.

Nous avons respecté le découpage paroissial sauf dans quelques cas où, pour des raisons d'effectif, de continuité de l'habitat ou d'homogénéité sociale, il nous a paru logique de regrouper deux secteurs limitrophes appartenant à deux paroisses différentes.

- Le type de population et la densité.

Ces critères, dont l'utilisation, en raison de l'absence de données directement disponibles, a nécessité un important travail de recherche préalable (revoir en particulier les cartes 4 et 8), ont surtout joué un rôle important dans l'itinéraire que nous avons imposé aux enquêteurs. Dans l'ensemble, leur poids dans la délimitation des unités territoriales de base demeure secondaire, sauf dans le cas des secteurs urbains que nous avons voulu distinguer du milieu rural. D'autre part, en vue d'analyses plus fines et en raison de leur densité de population, nous avons subdivisé en quartiers la paroisse péri-urbaine de San Rafael et la partie de la ville de Latacunga située à l'intérieur de la zone de risque majeur de lahars.

- Les localisations géographiques particulières.

Dans le détail, et lorsque l'effectif de population le permettait, nous avons subdivisé certains secteurs traversés par un ou plusieurs rios particulièrement dangereux, distinguant ainsi chaque rive et les zones enserrées. Nous avons utilisé ce critère notamment pour la délimitation des quartiers de Latacunga et de San Rafael.

Dans un deuxième temps et pour les raisons évoquées ci-dessus, nous avons rejeté l'idée d'un échantillon unique, représentatif de l'ensemble de la population et opté pour plusieurs échantillons fondés sur des taux de sondage différents selon la zone de risque considérée et le nombre de ménages installés dans chaque secteur (tableau 22). Cette méthode présente quelques inconvénients dans la mesure où les conclusions que nous tirerons à propos de l'ensemble de la population ou des populations installées dans les zones à risque modéré à très faible, au taux de sondage de moins en moins élevé, peuvent être sujettes à caution si l'on s'en tient à des critères purement statistiques. En revanche, outre la possibilité de procéder à une analyse régionale, cette méthode permet d'obtenir des résultats fiables dans les zones à intensité de risque élevé et très élevé, dans lesquelles en moyenne, une famille sur dix a été interrogée, tout en permettant, compte tenu des réserves que nous venons d'émettre, des comparaisons avec les autres types de zones.

Suivant la méthode employée pour réaliser la carte de densité de la population (annexe 2), nous avons évalué la population de chacun des 116 secteurs de base et, en fonction des taux de sondage que nous avons essayé de respecter au mieux, fixé le nombre d'enquêtes pour chacun d'entre eux (annexe 8). Nous avons enfin déterminé la répartition générale de ces enquêtes à l'intérieur des secteurs selon la densité et le type de population, puis la répartition précise à partir de quadrillages sur cartes (1/25 000^e) ou sur plans pour les quartiers urbains (documents INEC au 1/5000^e) et à la suite d'un parcours de terrain préalable. Au total 2200 enquêtes étaient à réaliser (le tableau 23 en indique la répartition selon l'intensité du risque et la province).

L'itinéraire des enquêteurs était donc strictement fixé et la marge de manoeuvre de ces derniers était limitée au choix, à l'intérieur des micro-secteurs qui leur étaient quotidiennement impartis, des personnes à interviewer compte tenu des consignes suivantes:

- interroger un seul membre par ménage qui ne devait pas forcément en être le chef, mais en être représentatif (personne de plus de 15 ans, gens de passage exclus même s'il s'agissait d'un membre de la famille);
- effectuer l'enquête à domicile (éventuellement au lieu de travail lorsqu'il était impossible de faire autrement, mais l'enquête devait toujours se fonder sur le lieu de résidence);
- enquêter un nombre équivalent d'hommes et de femmes et varier les âges.

INTENSITE DU RISQUE POUR LA POPULATION

	1	2	3	4	5
Moins de 100 ménages	1/5	1/5	1/7,5	1/10	1/10
100 - 199 ménages	1/10	1/10	1/15	1/15	1/15
200 - 399 ménages	1/15	1/15	1/15	1/40	1/50
400 - 999 ménages	1/20	1/20	1/30	1/40	1/50
1000 ménages et plus	-	-	1/40	1/50	1/75

Intensité du risque

- 1 - Risque très élevé
- 2 - Risque élevé
- 3 - Risque modéré
- 4 - Risque faible
- 5 - Risque très faible ou inexistant

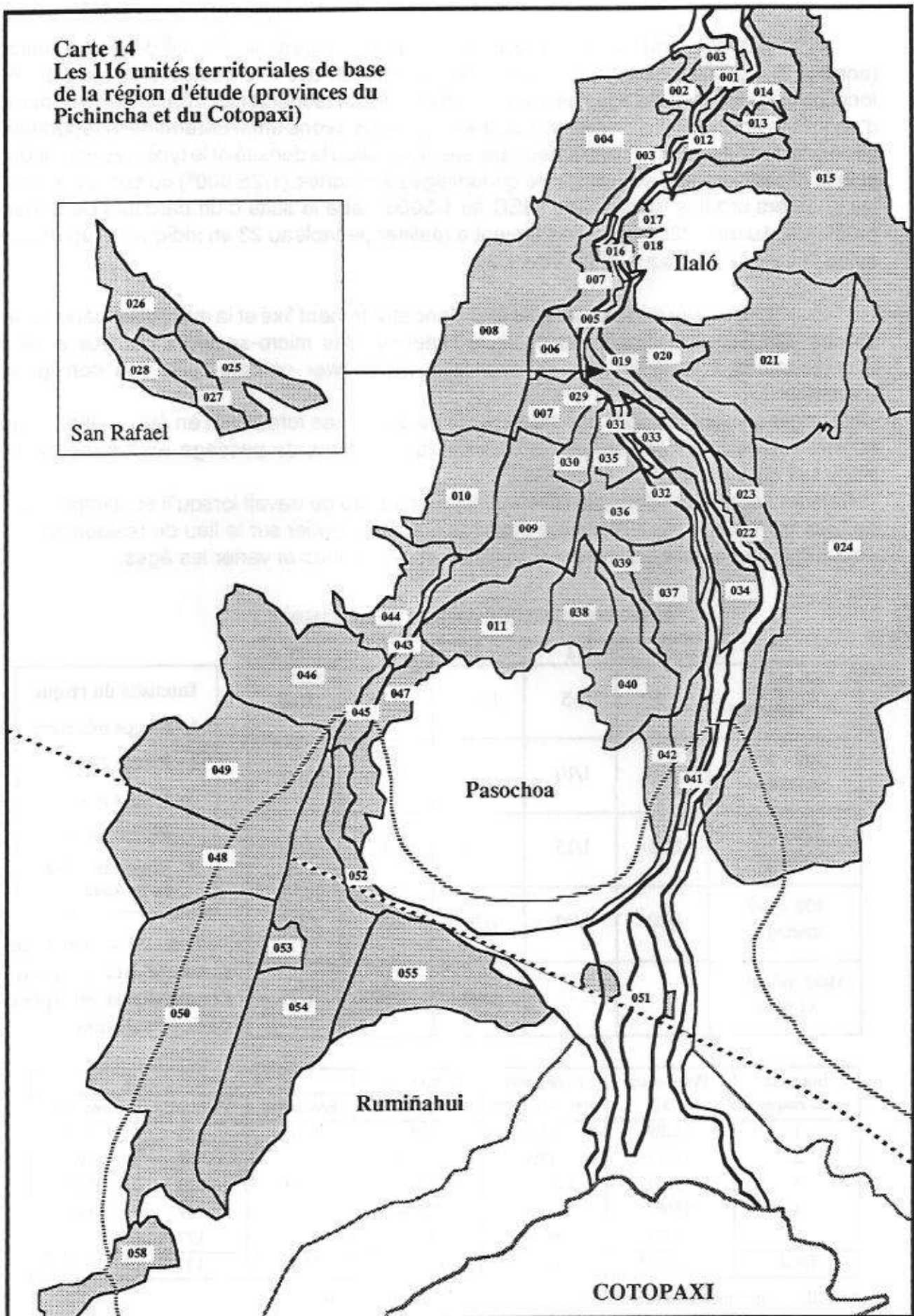
Tab. 22 - Taux de sondage utilisé pour l'enquête menée auprès de la population

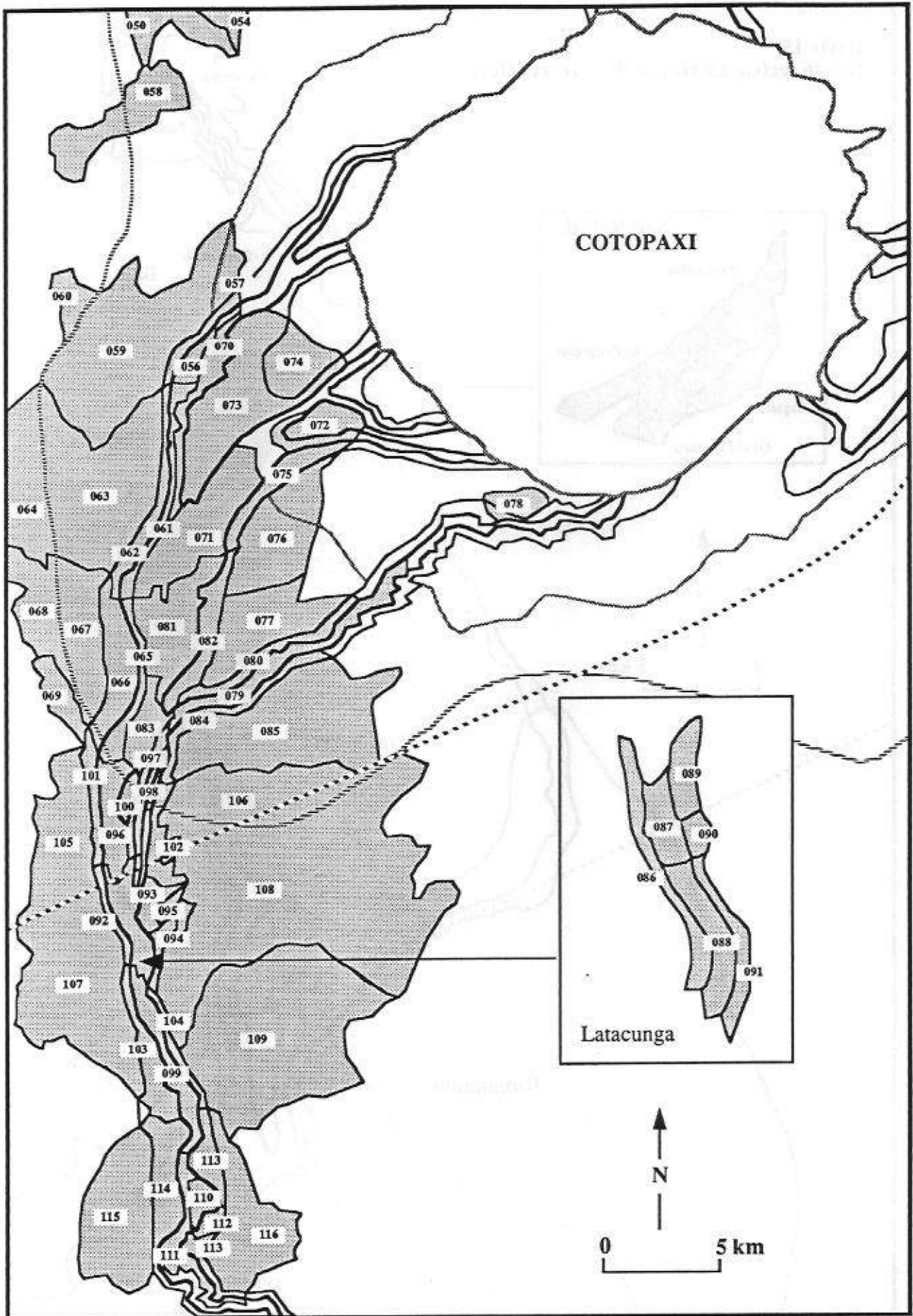
Intensité du risque	Population 1982	Evaluation pop. nov 1988	Nombre de ménages 1988	Enquêtes réalisées		
				Ensemble	Pichincha	Cotopaxi
1	24289	28850	5880	616	254	362
2	11215	11890	2393	218	26	192
3	93109	115010	23132	750	523	227
4	57667	62761	12894	333	157	176
5	74378	90209	18146	283	177	106
Total	260658*	308720*	62445	2200	1137	1063

* Chiffres légèrement inférieurs à ceux du tableau 10 car la partie orientale de la paroisse de Salcedo n'a pas été retenue

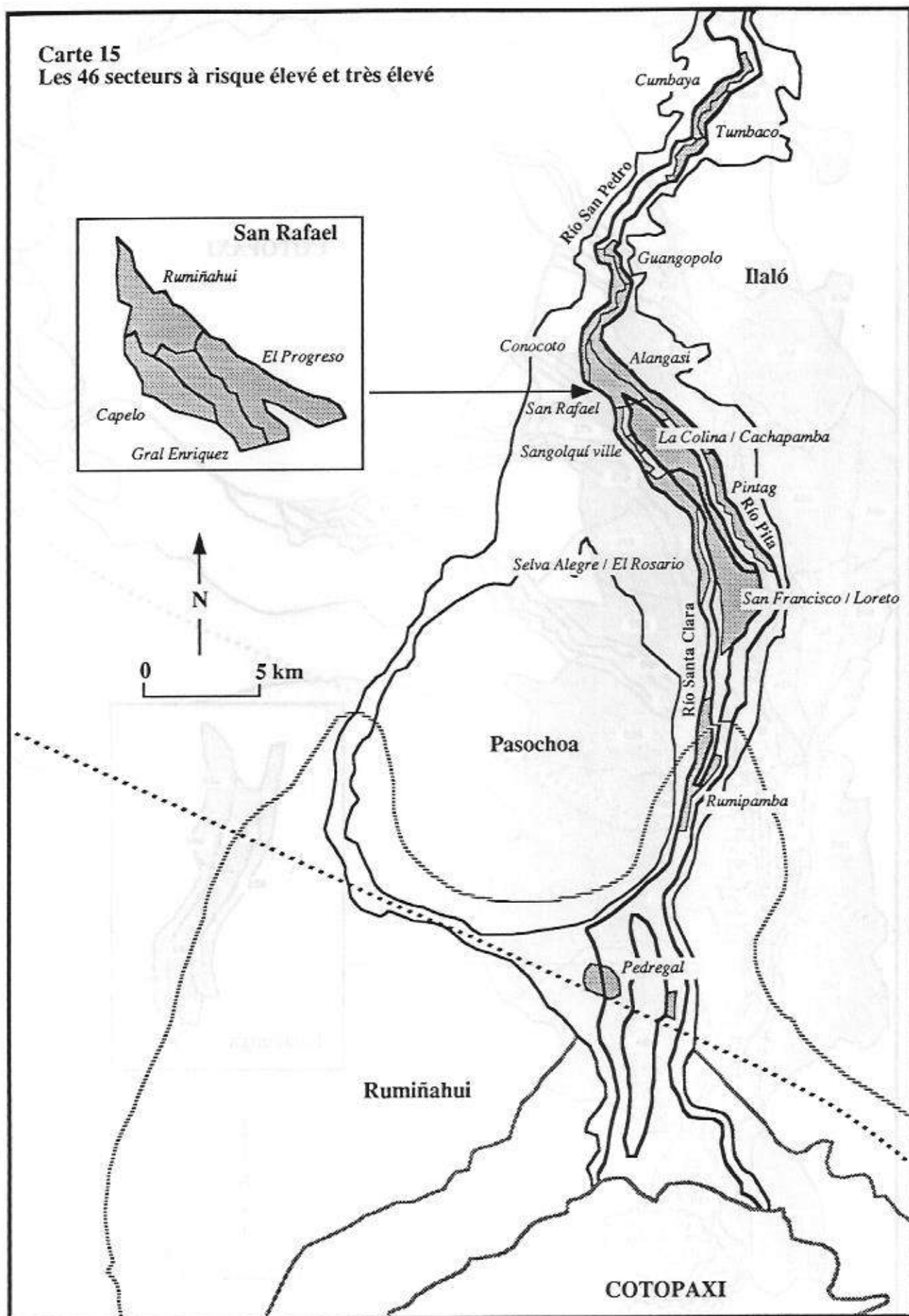
Tab. 23 - Nombre d'enquêtes réalisées selon la zone de risque et la province

Carte 14
 Les 116 unités territoriales de base
 de la région d'étude (provinces du
 Pichincha et du Cotopaxi)





Carte 15
Les 46 secteurs à risque élevé et très élevé



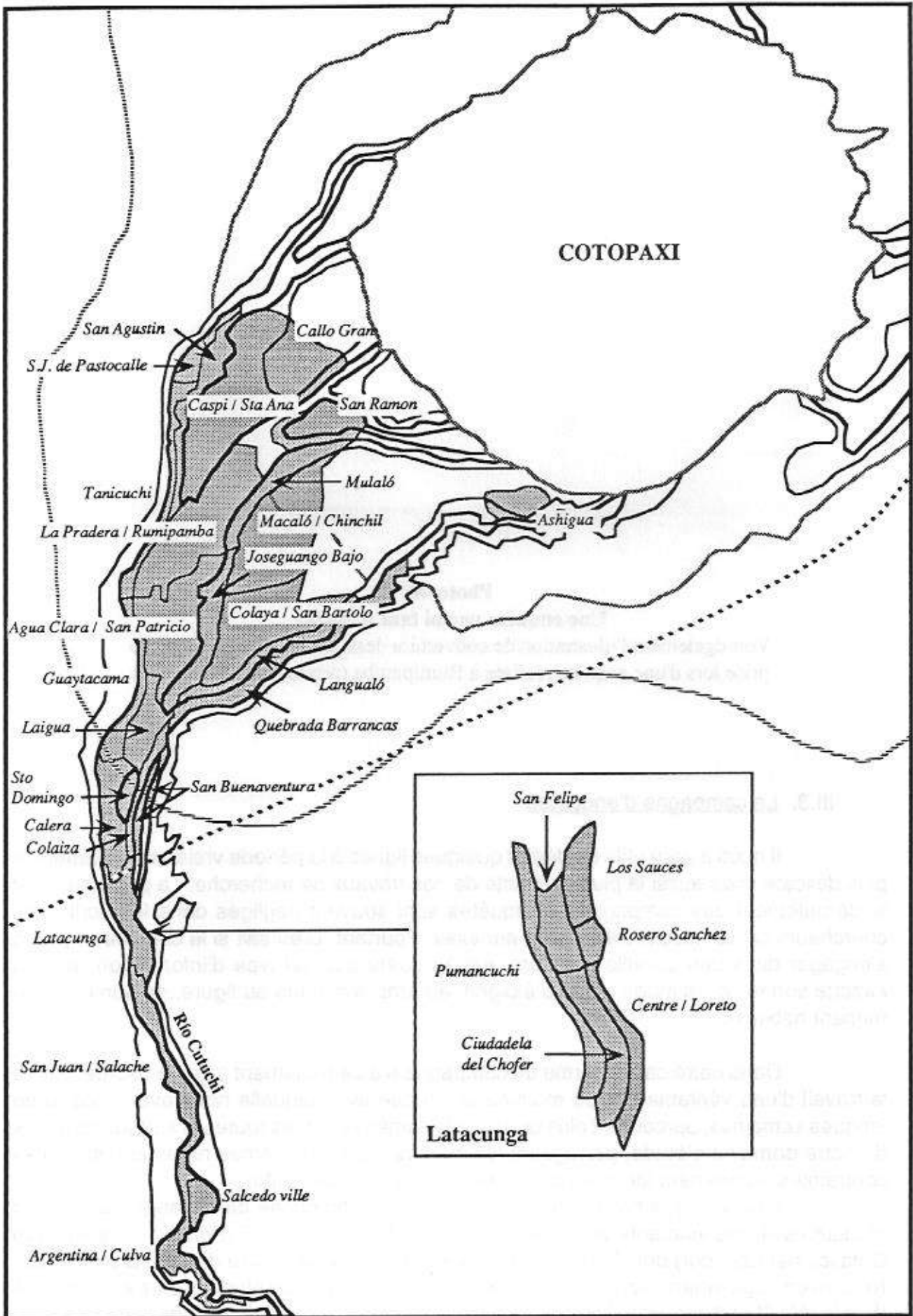




Photo 40

Une enquête parmi tant d'autres

Voir également l'illustration de couverture dessinée à partir d'une photo prise lors d'une enquête réalisée à Rumipamba (province du Pichincha)

III.3. La campagne d'enquêtes

Il nous a paru utile de dédier quelques lignes à la période vraisemblablement la plus délicate mais aussi la plus exaltante de nos travaux de recherche. La préparation et le déroulement des campagnes d'enquêtes sont souvent négligés dans les écrits des chercheurs ou au mieux relégués en annexes. Pourtant, Dieu sait si le chercheur, prêt à s'engager dans une pareille aventure, est en quête d'un tel type d'information, surtout lorsque son terrain d'étude est très éloigné, au propre comme au figuré, de son environnement habituel.

Dans notre cas, le terme de campagne n'a certainement pas été usurpé. Ce fut le travail d'une véritable équipe motivée et soudée avec laquelle nous avons passé de longues semaines, parcourant plus de 10.000 kilomètres sur les routes et surtout les pistes de notre domaine d'étude, partageant les mêmes logis, les mêmes repas et les mêmes contraintes notamment lorsque nous étions basés hors de Quito.

L'équipe que nous avons constituée était composée de six enquêteurs, trois étudiantes et trois étudiants en histoire et géographie de la P.U.C.E (Pontificia Universidad Católica del Ecuador) dont le niveau d'études correspondait à celui du DEUG en France. Nous avons également recruté au sein de la même université, un étudiant plus expérimenté dont le rôle était d'enquêter à temps partiel mais surtout de nous aider dans le repérage du

terrain, les prises de contact, la répartition quotidienne des enquêtes, leur contrôle, ou encore à déposer les enquêteurs sur le lieu de travail (nous disposions de deux véhicules, le véhicule tout-terrains de l'Institut Français d'Etudes Andines et notre propre véhicule). Dans un pays où nous avons tout à apprendre, ce superviseur-enquêteur, par sa connaissance du terrain et ses qualités humaines, nous a été d'un concours extrêmement précieux.

La campagne d'enquêtes a duré près de trois mois et a été scindée en deux périodes (du 15 août au 19 octobre 1988 et du 21 février au 10 mars 1989) en raison de l'obligation de nous adapter au rythme des vacances universitaires. Durant la deuxième période, nous avons dû remplacer quelques enquêteurs en raison de leur indisponibilité mais la structure d'ensemble de l'équipe a été maintenue.

Le travail d'enquêtes a été précédé d'une période de formation. Le superviseur a suivi nos travaux de préparation (entre autres parcours de terrain, planification de la campagne, choix des enquêteurs, élaboration d'un fascicule d'instructions pour ces derniers, travaux techniques divers, etc.) et participé à ceux-ci durant trois semaines. Les enquêteurs ont ensuite reçu durant une semaine une formation théorique (sur le phénomène volcanique, le cas du Cotopaxi, travail à partir du questionnaire, du fascicule d'instructions) et pratique (quelques enquêtes réalisées en groupe sur le terrain puis individuellement, suivies de séances de commentaires et de critiques).

A quelques exceptions près, Quito et Latacunga ont constitué nos principales bases d'opérations à partir desquelles chaque matin, les enquêteurs étaient déposés sur leur lieu de travail. Selon les difficultés de déplacement, ces derniers rentraient par leurs propres moyens ou étaient récupérés. Pendant ce temps, nous repérions le terrain de travail du lendemain, prenions les contacts nécessaires et contrôlions les questionnaires de la veille. Le rythme de travail était de cinq jours par semaine. Les fêtes légales ont été respectées mais nous avons parfois travaillé le samedi et le dimanche afin de rencontrer les personnes absentes en semaine.

Nous avons réalisé une moyenne de cinq à six enquêtes par jour et par enquêteur. Les entretiens ont duré entre vingt minutes et une heure selon la loquacité de l'interlocuteur et l'intérêt que le thème proposé pouvait susciter, mais s'il était possible de réaliser sept à huit enquêtes en milieu urbain, péri-urbain ou villageois, les distances ont plusieurs fois fortement réduit ce nombre, notamment dans les secteurs occupés par des haciendas, pas toujours très éloignées à vol d'oiseau, mais souvent séparées par des entrelacs de chemins à accès délicat en temps de pluie, parfois barrés, et souvent inconnus des cartes topographiques ou sans rapport avec les indications de ces dernières. L'accès à certaines régions reculées nous a également demandé beaucoup de temps (par exemple, plus de trois heures de piste aller-retour, à partir de la Panaméricaine, pour enquêter dans la communauté indienne d'Ashigua et il a fallu nous y rendre trois fois!).

Les difficultés n'ont pas manqué. L'été 1988 s'est avéré très orageux et certaines journées ont été assez pénibles non seulement à cause de la pluie mais aussi du froid en altitude. Les chiens et les taureaux ont rendu l'approche de certaines habitations ou de certaines haciendas délicates. Les grèves des pompistes nous ont parfois obligés à faire de longues heures de queue aux postes à essence. Les enquêteurs ont connu quelques problèmes qui se sont fort heureusement révélés mineurs: entre autres une enquêtrice qu'il a fallu récupérer au fond d'un fossé dans lequel elle était tombée accidentellement, une

autre mordue par un chien, un enquêteur blessé par des fils barbelés ou encore quelques ennuis intestinaux liés à la difficulté de refuser la nourriture ou le «trago» (boisson alcoolisée) aimablement offerts par plusieurs personnes interrogées en attendant que la pluie cesse.

En revanche les problèmes ont été mineurs là où on les attendait le plus, notamment en ce qui concerne le contact avec la population. Nous pensions devoir, avant le passage des enquêteurs, établir un contact systématique avec un représentant de la collectivité considérée. Cela s'est avéré inutile dans la majorité des cas en raison du bon accueil de la plupart des personnes rencontrées. La population s'est montrée dans l'ensemble coopérative et parfois très chaleureuse. Chaque enquêteur devait indiquer sur le questionnaire une appréciation quant à la qualité du contact établi. Il apparaît que sur les 2200 personnes rencontrées, 57,5% se sont montrées très coopératives de bout en bout, 37,9% paraissaient hostiles au départ puis ayant compris le sens de l'enquête ont accepté de répondre dans de bonnes dispositions. Selon les enquêteurs, seulement 4,6% de l'ensemble, tout en acceptant tant bien que mal de répondre, ont rendu l'entretien plutôt désagréable.

Afin d'éviter au maximum toute influence sur les réponses données, notre souhait était de ne pas faire connaître préalablement l'objet de notre questionnaire et de cacher ses origines, notamment l'implication de la Protection Civile Nationale. Chaque enquêteur possédait néanmoins une lettre d'introduction de cet organisme (annexe 9), à n'utiliser qu'en cas de nécessité, autrement la consigne était de se présenter comme étudiant devant réaliser un travail de nature universitaire. La lettre d'introduction n'a pratiquement jamais servi sauf dans quelques cas précis (confrontation avec les autorités locales, passage de zones militaires ou difficultés avec quelques personnes). Compte tenu de la relative facilité du contact avec la population, nous n'avons établi des contacts préliminaires que dans quelques secteurs susceptibles de poser des problèmes de sécurité pour les enquêteurs, ce qui nous a obligé à pénétrer dans un réseau complexe de relations avant de rencontrer les personnages-clé nous facilitant l'accès dans leur secteur.

Dans l'ensemble, sauf dans les milieux urbains et péri-urbains, les gens ne sont guère habitués aux enquêtes et du coup les acceptent plus facilement. D'autre part, le manque de temps a été rarement évoqué pour refuser l'enquête ou tenter de s'y soustraire. En revanche, il a été souvent nécessaire aux enquêteurs d'agir avec tact et parfois avec culot pour vaincre les résistances principalement liées à deux facteurs: l'absence de confiance en soi et la méfiance vis-à-vis de l'enquêteur. De nombreuses personnes, en effet, estimaient n'être pas suffisamment éduquées pour pouvoir répondre aux questions, d'autres n'acceptaient de se soumettre au questionnaire qu'après s'être assurées qu'elles n'avaient affaire ni à des voleurs, ni à des agents des impôts (sujet sensible à chaque changement de gouvernement), ni à des représentants de sectes religieuses (de plus en plus nombreux à sillonner les campagnes).

La capacité des enquêteurs, chaque jour croissante, à résoudre ces difficultés de départ, a limité le nombre de refus. Le taux de non réponse est difficile à connaître, environ 5% d'après les enquêteurs, peut-être 10 à 15% dans la réalité. Quoiqu'il en soit, ce taux fut variable selon les secteurs et le type de population. Il fut plus important à la fois dans les milieux les plus riches et les plus défavorisés, les murailles isolant les villas de San Rafael se révélant les plus difficiles à franchir et certaines communautés particulièrement démunies, notamment à l'est de Latacunga, manifestant le plus de méfiance.

Nous terminerons ce tour d'horizon sur la campagne d'enquêtes par l'aspect financier que nous jugeons utile d'évoquer. Celle-ci a coûté près de 45.000 francs, comprenant le salaire des enquêteurs, dont certains ont par la suite participé aux travaux de codification et de saisie des données, l'hébergement et les repas lorsque nous étions basés hors de Quito, les déplacements et les coûts d'entretien des deux véhicules utilisés, ainsi que des frais divers (photocopie des questionnaires, de plans, etc.). En raison de la différence de niveau de vie, des salaires ou du prix de l'essence (huit fois moins chère qu'en France à cette époque), cette somme est faible selon les normes européennes, ce qui nous a permis de nous engager dans une entreprise de relativement grande envergure.

III.4. L'exploitation des données

Dans un domaine purement technique, l'exploitation a demandé de nombreux mois de travail notamment pour la codification des réponses fournies aux questions ouvertes, la création de variables synthétiques (niveau de perception du risque personnel, niveau socio-économique, par exemple), la saisie des données, la digitalisation des cartes, la sortie et la mise en forme des données sous forme de documents statistiques et cartographiques. L'essentiel du travail a été effectué sur ordinateur Macintosh et selon les besoins, des logiciels spécifiques ont été utilisés: en particulier, «4² dimension» (gestion de la base de données), «Carto 2D», «Mac Draw» et «Canvas» (cartographie et dessin), «Excel», «Statview», «Mac Mul» et «Graph Mul» (statistiques). Pour une réalisation cartographique particulière (cartographie par points de la perception du risque personnel), nous avons utilisé une station de travail SUN et le matériel graphique que l'ORSTOM nous a permis d'utiliser. En fonction de leur intérêt ou pour permettre une meilleure compréhension de la démarche suivie, certains aspects méthodologiques seront ultérieurement développés dans le texte.

Dans le registre thématique, l'exploitation des données a été menée selon une double direction:

- l'analyse statistique des facteurs de vulnérabilité selon les groupes sociaux constituant notre secteur d'étude et de manière générale, selon les variables de localisation, socio-économiques et d'information que nous avons retenues;
- la localisation des phénomènes observés et notamment la cartographie des principaux facteurs de vulnérabilité, l'un des principaux objectifs de cette étude étant de réaliser une carte synthétique des facteurs de vulnérabilité physiques et sociaux.

Avant de réaliser, dans la 3^e partie de ce document, une synthèse des résultats obtenus, nous procéderons dans les chapitres qui suivent à l'analyse des grands types de facteurs internes de comportement. Nous considérerons ainsi successivement la perception du risque des habitants des régions potentiellement menacées par le Cotopaxi, le degré de connaissance des moyens leur permettant de se protéger en cas d'urgence, le poids des facteurs contraignants d'ordre social dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation et les contraintes techniques et logistiques locales susceptibles de limiter l'efficacité des systèmes d'alerte ou de compliquer le déroulement d'une opération d'évacuation.

Chapitre II

LA PERCEPTION DU RISQUE

La qualité de la perception du risque semble devoir constituer l'un des éléments fondamentaux, si ce n'est, bien souvent, l'élément de base, du comportement des populations face à une menace imminente. Les modèles de prise de décision de Kates et Perry la présentent comme une condition. Nous avons également noté son importance dans le cas du Nevado del Ruiz mais aussi dans plusieurs autres situations comme lors de l'approche de cyclones.

Il est cependant nécessaire de préciser cette notion de perception du risque. Aussi l'aborderons-nous selon des angles différents en essayant de saisir ce que peut représenter le Cotopaxi pour ses riverains, de savoir si le Cotopaxi est considéré comme une source de danger pour la population en général, enfin et surtout, de cerner de plus près la perception du risque pour soi ou risque personnel. Combien de personnes parmi la population de notre secteur d'étude, se sentent concernées par les risques liés à un volcan qui n'a pas connu d'éruptions notables depuis plusieurs générations? Telle est la question à laquelle nous tenterons de répondre dans un premier temps.

Quelles sont les personnes concernées? Où vivent-elles? Quels sont les facteurs qui influent sur la perception du risque personnel? Nous procéderons dans un deuxième temps à l'identification et l'analyse de ces facteurs avant de proposer une cartographie de la perception du risque concernant l'ensemble du secteur d'étude.

I. La perception du risque: évaluation et principaux constats

I.1. La mesure de la perception du risque

Nous avons posé une double série de questions sur ce thème aux 2200 personnes rencontrées durant notre campagne d'enquêtes. Selon trois approches différentes, la première série vise à savoir si, de manière générale, le Cotopaxi est considéré comme une menace potentielle.

La première question, ouverte, est destinée à saisir, en quelques mots, une première impression, des sentiments sur un élément de la nature que la plupart des personnes interrogées cotoient quotidiennement: «*Pouvez-vous indiquer en quelques mots ce que signifie ou représente pour vous le Cotopaxi?*» (tableaux 24a et 24b). La question suivante, plus précise, met en relation le Cotopaxi avec d'autres volcans équatoriens actuellement en activité (Sangay), ayant connu des éruptions depuis la période coloniale (Tungurahua, Reventador, Pichincha) ou ne s'étant pas manifestés durant la période historique, considérés en repos (Cayambe, Chimborazo) ou éteints (Ilalo): «*Parmi les huit volcans suivants (les volcans cités ci-dessus plus le Cotopaxi), indiquez dans l'ordre, les trois volcans qui, selon vous, pourraient affecter gravement le plus de personnes*» (tableau 25). La troisième question (figure 12) concerne la probabilité d'occurrence d'une éruption: «*Pensez-vous que le Cotopaxi peut entrer en éruption durant les dix années à venir?*» (durant les 50 années à venir si la réponse est «non» ou «ne sait pas»).

La deuxième série de questions a pour objectif d'estimer la distorsion pouvant exister entre la perception générale de la menace et la perception du risque personnel, et de construire un indice synthétique de perception du risque personnel fondé sur des sollicitations directes et indirectes.

La première question est directe: «*Pensez-vous que vous (dans votre lieu de résidence) seriez affecté par une éventuelle éruption du Cotopaxi?*». La réponse donnée à cette interrogation indique si la personne se sent directement concernée par une possible éruption mais ne précise pas le poids de la menace perçue, d'où une deuxième question: «*Quels sont d'après vous les lieux qui seraient les plus gravement affectés?*», ce qui nous a permis, en fonction de la localisation géographique de la personne interrogée, de déterminer indirectement ce poids. Une dernière question (en fait la première qui ait été posée dans l'ordre du questionnaire), également indirecte, avait pour objet d'affiner notre indice en tenant compte de ce que l'on pourrait considérer comme le «Cotopaxi inconscient»: «*Quels sont les dangers de la nature qui pourraient menacer cet endroit?*».

A l'aide des réponses fournies à ces trois questions nous avons pu déterminer quatre degrés de perception du risque personnel: élevé à très élevé, relativement élevé, relativement faible, faible à très faible (tableau 26).

I.2. Le Cotopaxi: un volcan qui ne laisse pas indifférent

Le Cotopaxi est loin de laisser indifférent et bien souvent suscite des commentaires passionnés. Pour plus de 70% des personnes interrogées (tableaux 24a et 24b), ce volcan symbolise deux éléments opposés: le bien et le mal, ou plutôt, la beauté et le danger.

24 a

Réponse à la question: "Que représente pour vous le Cotopaxi?"	LES DEUX PROVINCES		PROV. DU PICHINCHA		PROV. DU COTOPAXI	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%
Le Cotopaxi représente uniquement une source de danger (éruptions)	721	32,8	386	33,9	335	31,5
Le Cotopaxi est à la fois une source de de danger, de bienfaits et d'agrément	376	17,1	190	16,7	186	17,5
Le Cotopaxi est essentiellement une source de bienfaits et d'agrément	422	19,2	242	21,3	180	16,9
Le Cotopaxi représente quelque chose de désagréable (froid, gelées, pluies)	49	2,2	26	2,3	23	2,2
Définition "neutre". Ni bienfait ni source de danger*	473	21,5	193	17,0	280	26,3
Le Cotopaxi n'est qu'un volcan éteint	18	0,8	12	1,1	6	0,6
Le Cotopaxi ne représente rien de particulier ou on ne sait pas	141	6,4	88	7,7	53	5,0
Total	2200	100	1137	100	1063	100

* Ont été considérées comme "neutres", les réponses ne comportant pas une nette connotation de danger ou de nuisance, d'une part, d'agrément ou de bienfaits, d'autre part. Le Cotopaxi est simplement considéré comme un volcan, un "nevado", une montagne. Généralement, des qualificatifs sont fournis quant à sa forme, sa taille et sa structure. Dans certains cas, on signale l'existence d'un cratère.

24 b

Le Cotopaxi est une source de bienfaits et d'agrément (détail des réponses)	LES DEUX PROVINCES		PROV. DU PICHINCHA		PROV. DU COTOPAXI	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%
Beauté, majestuosité du paysage	579	72,6	333	77,1	246	67,2
Le Cotopaxi constitue un symbole, un un élément important du patrimoine provincial, national ou mondial	91	11,4	36	8,3	55	15,0
Un grand intérêt pour les activités touristiques et sportives	88	11,0	47	10,9	41	11,2
Une source de vie, indispensable pour l'eau, les cultures, la végétation	30	3,8	13	3,0	17	4,6
Autres: le Cotopaxi est un "père", un "protecteur", une "sentinelle"	10	1,3	3	0,7	7	1,9
Total	798	100	432	100	366	100

Tab. 24 - Ce que représente le Cotopaxi pour la population du secteur d'étude

Plus du tiers de l'échantillon ne fait ressortir que les aspects négatifs. Certaines personnes, essentiellement dans le monde paysan, voient avant tout l'influence néfaste du volcan sur le climat local et les cultures: «*quand il est dégagé, il y a des gelées et les plantes sont brûlées*», «*il amène beaucoup de pluie et de grêle*», «*du sommet vient un vent froid et violent qui brise les arbres*». Mais pour la grande majorité il s'agit avant tout de menace d'éruption et de destruction: «*c'est un volcan en repos, susceptible d'entrer en éruption d'un jour à l'autre*», «*un volcan actif très dangereux*», «*un danger latent*», «*une bombe à retardement*». Nombreux sont ceux qui personnalisent le volcan: «*c'est un maudit, il peut tous nous détruire*», «*c'est un diable*», «*notre ennemi*». Certains expriment clairement leurs craintes, crainte du volcan, peur de l'intervention divine à travers le volcan: «*il me terrorise*», «*je l'ai toujours haï; enfant, déjà, il m'effrayait avec sa fumée*», «*c'est un châtement de Dieu*», «*il sèmera la mort le jour du Jugement*».

A l'opposé, et pour près de 20% des personnes rencontrées, le Cotopaxi, symbolise l'utile et surtout le beau. Dans quelques cas il est considéré comme un protecteur, un élément de la famille: *«c'est notre gardien», «notre sentinelle», «il m'inspire le respect, on dirait une vieille personne, un père»*. Son utilité est plus fréquemment évoquée, davantage pour les activités touristiques et sportives (*«c'est un parc national pour les touristes et les andinistes», «c'est une attraction pour les gringos»*) que pour son apport dans le domaine de l'agriculture, limité d'ailleurs à la fourniture d'eau: *«il apporte l'eau à tout le secteur», «il permet d'irriguer nos cultures»*. Le Cotopaxi est beaucoup plus souvent apprécié par sa beauté, la majestuosité du paysage qu'il a contribué à modeler: *«c'est un très beau volcan, imposant», «une merveille de la nature, il procure une sensation de paix», «un cadeau de Dieu»*. Pour de nombreuses personnes, le volcan est encore plus qu'un superbe spectacle naturel et constitue un objet de fierté, un symbole provincial et national: *«c'est le symbole de notre province», «le représentant de l'Equateur», «une fierté pour notre pays»* et, revenant très souvent, *«c'est le volcan actif le plus haut du monde»*, si ce n'est le volcan le plus haut ou le plus actif du monde.

Pour quelque 17% des personnes interrogées le beau et le mal constituent deux facettes indissociables du Cotopaxi, ce qui est parfois exprimé de manière très imagée: *«c'est un phénomène de la nature, beau et dangereux à la fois», «une arme à double tranchant», «une merveille de l'extérieur et une catastrophe de l'intérieur», c'est divin, sublime, mais j'en ai peur», «il est le compagnon de toute ma vie, mais, d'un seul coup, il peut me trahir»*.

A côté de cette large majorité de personnes qui ont clairement pris parti pour les avantages ou les inconvénients liés au voisinage du Cotopaxi nous avons rencontré une minorité de personnes qui n'ont pu fournir d'impressions car elles ne savaient pas où se trouvait le volcan ou parce qu'elles n'avaient pas l'habitude de le voir (il s'agit essentiellement de personnes peu mobiles vivant dans des secteurs dans lesquels le Cotopaxi, masqué par des élévations naturelles, n'est pas visible ou de personnes très récemment installées dans la région). Pour une autre minorité, le Cotopaxi ne représente rien de particulier: *«il ne représente rien pour moi», «c'est une montagne comme il y en a tant ici», «il n'a rien d'exceptionnel»*.

Nous avons finalement regroupé les commentaires de près de 22% des personnes interrogées, que nous avons considérés comme «neutres» dans la mesure où aucun aspect positif ou négatif à propos du volcan n'apparaissait distinctement. On indique que le Cotopaxi est un volcan (parfois éteint), un «nevado» ou une montagne et ces termes descriptifs sont généralement accompagnés de qualificatifs concernant sa forme (conique, triangulaire, élancée), sa taille (un volcan très haut, le plus élevé de la région), sa structure (une montagne de neige, de glace, de pierre, de sable), sa couleur (blanc, brillant, rouge) et sa localisation (un volcan de la cordillère des Andes, de la province du Cotopaxi). Il est enfin souvent rappelé que le Cotopaxi a donné le nom à la province sur laquelle il est en partie situé.

1.3. Le Cotopaxi: un volcan dangereux, surtout pour les «autres»

Le Cotopaxi est considéré comme un volcan dangereux par une majorité de personnes. Nous l'avons vu avec les premières impressions suscitées par le volcan et cela

apparaît encore plus clairement dans les réponses données à la question mettant en relation le Cotopaxi avec d'autres volcans équatoriens (tableau 25).

Près de 90% de l'échantillon situe le Cotopaxi parmi les trois volcans les plus dangereux pour la population, suivi d'assez loin par le Pichincha (55%) qui pourtant est susceptible de menacer la capitale. Le Reventador dont la dernière éruption, sans conséquences humaines, date de 1976 et qui pour beaucoup, même si à tort, fut le responsable du séisme de 1987, ne recueille que 26%. Vient ensuite le Tungurahua dont la dernière grande éruption remonte à 1918 et qui constitue une menace permanente pour les populations de Baños et de Riobamba. Le Sangay, en activité permanente, mais situé dans une région très peu peuplée vient très loin derrière (7,5%). Si la position du Cayambe et surtout de l'Ilalo, peu souvent cités, ne nous étonne guère, nous sommes en revanche assez surpris par celle du Chimborazo qui est évoqué par 19% des personnes interrogées et cela bien qu'on ne lui attribue aucune éruption historique. Cela tient à notre avis à deux facteurs: le renom de ce volcan qui constitue le plus haut sommet de l'Equateur (6310 m) et la présence dans nos deux provinces d'étude d'une population assez nombreuse, originaire de provinces plus méridionales, qui a eu l'occasion de voir le Chimborazo ou même de vivre à proximité.

Plus significatif encore, que ce soit dans la province du Pichincha ou dans celle du Cotopaxi, le Cotopaxi est de très loin considéré comme le volcan le plus dangereux. Cet avis est partagé par plus de 60% de l'échantillon tandis que le suivant immédiat, le Pichincha ne totalise que 16% (8,5% dans la province du Cotopaxi et 22,9% dans celle du Pichincha alors que ce volcan est, pour la population interrogée dans cette province, au moins aussi visible et aussi distant que le Cotopaxi).

	VOLCAN CITE EN PREMIER						VOLCAN CITE EN DEUXIEME					
	Province du Pichincha		Province du Cotopaxi		Les deux provinces		Province du Pichincha		Province du Cotopaxi		Les deux provinces	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%
COTOPAXI	561	49,3	775	72,9	1336	60,7	331	29,1	172	16,2	503	22,9
PICHINCHA	260	22,9	90	8,5	350	15,9	339	29,8	243	22,9	582	26,5
REVENTADOR	125	11,0	48	4,5	173	7,9	110	9,7	82	7,7	192	8,7
TUNGURAHUA	41	3,6	69	6,5	110	5,0	46	4,0	180	16,9	226	10,3
CHIMBORAZO	43	3,8	20	1,9	63	2,9	50	4,4	99	9,3	149	6,8
SANGAY	27	2,4	14	1,3	41	1,9	26	2,3	24	2,3	50	2,3
CAYAMBE	14	1,2	7	0,7	21	1,0	31	2,7	19	1,8	50	2,3
ILALO	23	2,0	1	0,1	24	1,1	16	1,4	0	0,0	16	0,7
Tous	3	0,3	10	0,9	13	0,6	3	0,3	10	0,9	13	0,6
Ne sait pas	40	3,5	29	2,7	69	3,1	40	3,5	29	2,7	69	3,1
Un volcan cité	—	—	—	—	—	—	145	12,8	205	19,3	350	15,9
2 volcans cités	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
TOTAL	1137	100	1063	100	2200	100	1137	100	1063	100	2200	100

	VOLCAN CITE EN TROISIEME						TOTAL VOLCANS CITES					
	Province du Pichincha		Province du Cotopaxi		Les deux provinces		Province du Pichincha		Province du Cotopaxi		Les deux provinces	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%
COTOPAXI	78	6,9	33	3,1	111	5,0	970	85,3	980	92,2	1950	88,6
PICHINCHA	135	11,9	142	13,4	277	12,6	734	64,6	475	44,7	1209	55,0
REVENTADOR	123	10,8	92	8,7	215	9,8	358	31,5	222	20,9	580	26,4
TUNGURAHUA	47	4,1	109	10,3	156	7,1	134	11,8	358	33,7	492	22,4
CHIMBORAZO	94	8,3	111	10,4	205	9,3	187	16,4	230	21,6	417	19,0
SANGAY	35	3,1	38	3,6	73	3,3	88	7,7	76	7,1	164	7,5
CAYAMBE	37	3,3	16	1,5	53	2,4	82	7,2	42	4,0	124	5,6
ILALO	15	1,3	2	0,2	17	0,8	54	4,7	3	0,3	57	2,6
Tous	3	0,3	10	0,9	13	0,6	3	0,3	10	0,9	13	0,6
Ne sait pas	40	3,5	29	2,7	69	3,1	40	3,5	29	2,7	69	3,1
Un volcan cité	145	12,8	205	19,3	350	15,9	—	—	—	—	—	—
2 volcans cités	385	33,9	276	26,0	661	30,0	—	—	—	—	—	—
TOTAL	1137	100	1063	100	2200	100	1137	—	1063	—	2200	—

Tab. 25 - Les volcans les plus dangereux selon la population du secteur d'étude

D'autre part, une éruption du Cotopaxi est considérée comme probable dans les dix années à venir par 86% de l'échantillon (figure 12). 34,1% des personnes rencontrées considèrent l'événement comme très probable et 51,8% l'estiment possible. Peu nombreux, finalement, sont ceux qui tendent à repousser dans le temps la prochaine éruption du Cotopaxi ou à la dénier (13,2%).

Intéressante également est l'idée fréquemment émise du rythme centenaire des éruptions du volcan, comme par exemple par cet habitant de San Juan de Pastocalle: «selon la "loi" du volcan, cela se produit tous les cent ans et nous sommes déjà arrivés au terme».

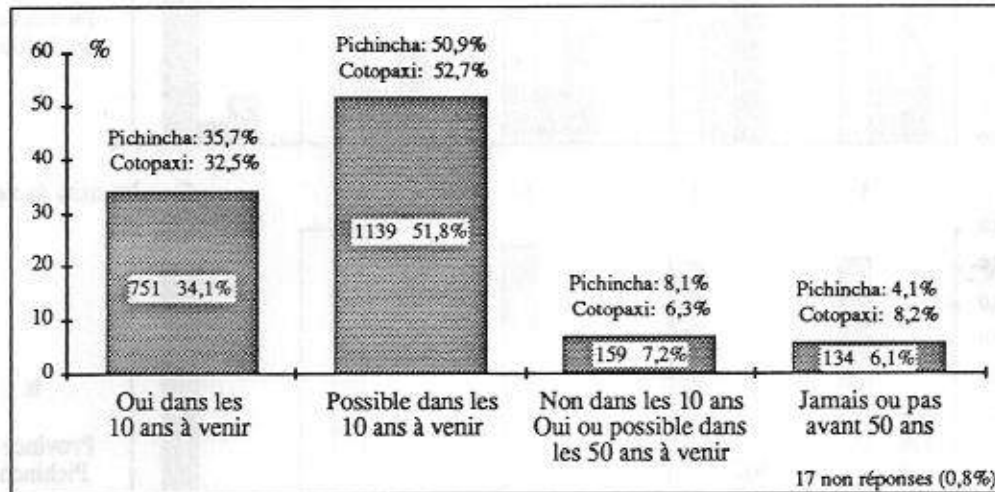


Fig. 12 - Perception de la probabilité d'éruption du Cotopaxi dans les années à venir

Le Cotopaxi est donc, pour la grande majorité, un volcan jugé comme dangereux, voire le plus dangereux des volcans équatoriens. Cependant, lorsque l'on observe la distorsion existant entre cette appréciation et la perception du risque personnel, force est de croire que pour de nombreuses personnes, le danger est avant tout l'affaire des «autres». Ils sont en effet seulement 31% à s'estimer sérieusement menacés (tableau 26) et moins de 47% si l'on ne considère que les personnes installées dans la zone de risque majeur de lahars (figure 13). La figure 14 pour sa part, illustre clairement l'important décalage entre la perception de la probabilité de la prochaine éruption et la perception du risque personnel et ce, même dans les zones à plus forte intensité de risque.

Question directe LE LIEU DE RESIDENCE EST-IL CONSIDERE COMME MENACE PAR LE COTOPAXI?	Question indirecte LE LIEU DE RESIDENCE EST-IL SITUE DANS LES SECTEURS CONSIDERES COMME LES PLUS MENACES?	Question indirecte LE COTOPAXI EST-IL CITE PARMIS LES ALEAS QUI POURRAIENT AFFECTER LE LIEU DE RESIDENCE?	NOMBRE DE PERSONNES INTERROGEEES ET POURCENTAGES (Total de 2200 enquêtes)		DEGRE DE PERCEPTION DU RISQUE PERSONNEL
Oui	Oui	Oui	486	486 (22,1%)	Elevé à très élevé
Peut-être / Ne sait pas Oui/Peut-être/Ne sait pas Oui / Peut-être	Oui	Oui	21	196 (8,9%)	Relativement élevé
	Oui	Non	97		
	Non	Oui	78		
Oui / Peut-être Ne sait pas	Non	Non	831	882 (40,1%)	Relativement faible
	Non	Oui	51		
Ne sait pas Très faiblement Non	Non	Non	108	636 (28,9%)	Faible à très faible
	Non	--	128		
	--	--	400		

Tab. 26 - Détermination du degré de perception du risque personnel

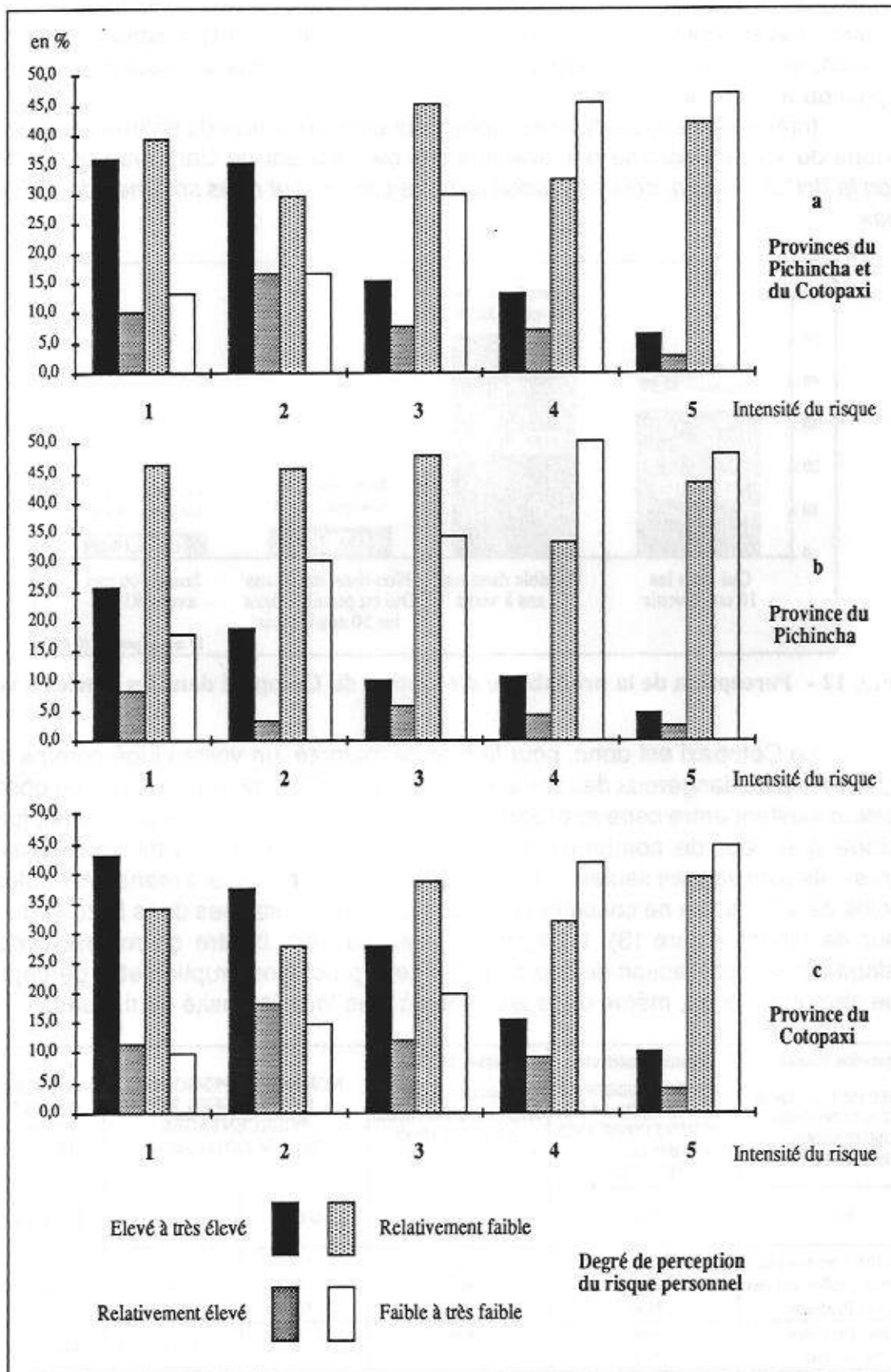


Fig. 13 - Perception du risque personnel selon l'intensité du risque

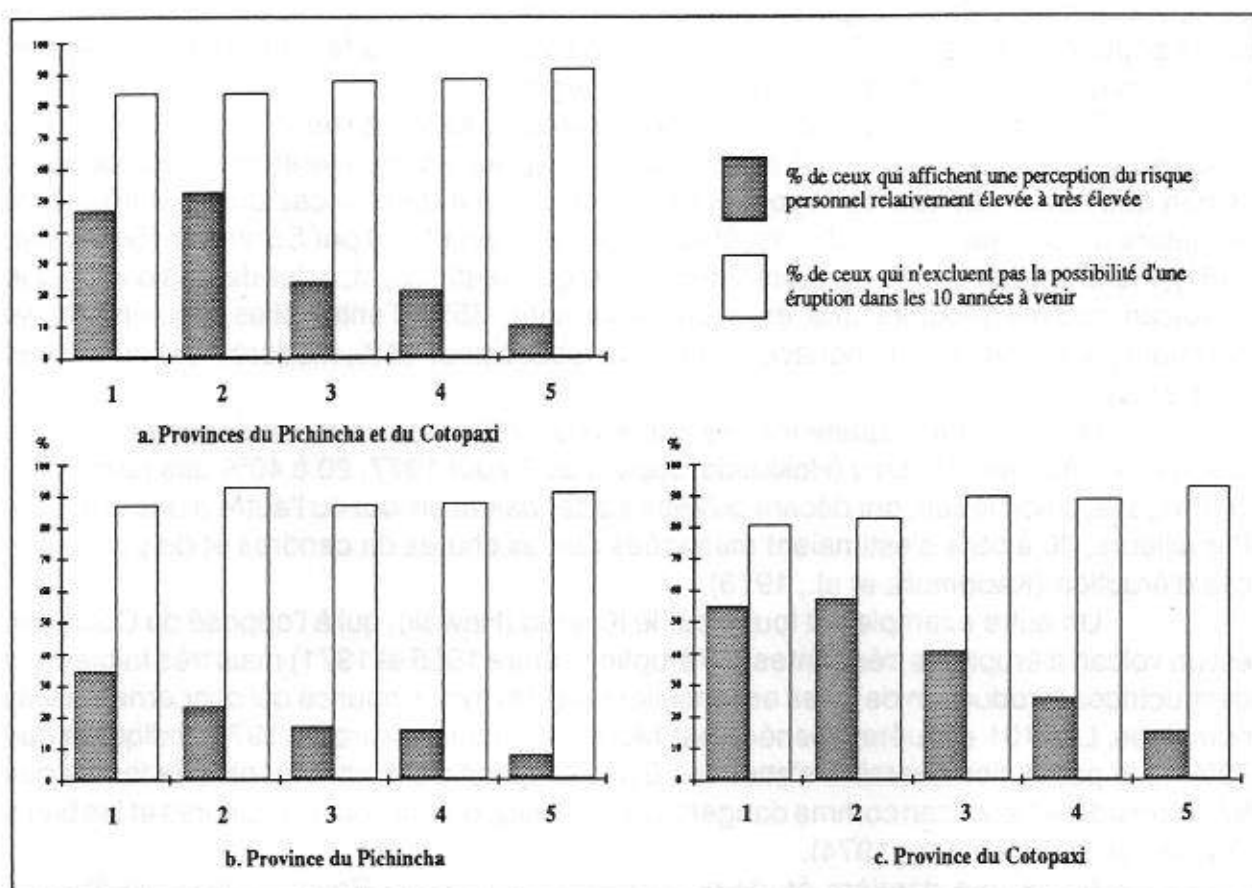


Fig. 14 - Perception du risque personnel et de la probabilité d'éruption du Cotopaxi selon l'intensité du risque et la province

1.4. Une perception du risque personnel néanmoins relativement élevée et cohérente

En valeur absolue, la perception du risque personnel lié au volcan Cotopaxi est globalement faible en raison du décalage observé avec la perception générale de la menace et surtout si l'on se place dans le cadre d'une véritable situation d'urgence. Il apparaît cependant que, vis-à-vis d'un volcan dont la dernière grande éruption remonte à 1877, la sensibilisation du public est particulièrement forte et, qu'en valeur relative, le degré de perception du risque personnel peut être, dans l'ensemble, considéré comme assez élevé. Nous n'avons guère de points de comparaison avec d'autres volcans pour étayer ce jugement. Quelques études cependant, ont abordé ce type de problème mais avec des mesures et surtout dans des conditions différentes.

Les travaux de Hodge et al. réalisés en 1976 dans la région du Mont Baker, situé dans la chaîne des Cascades aux Etats-Unis, indiquent que 35 à 40% de la population riveraine du volcan considérait que ce dernier pouvait produire une éruption violente dans les 10 années à venir (Hodge et al., 1979). Si le Mount Baker était en repos depuis 1870, ce qui nous rapproche des conditions du Cotopaxi, il s'était cependant manifesté, en 1975, par une activité fumerolienne anormalement élevée, ce qui a entraîné la fermeture du parc national du Mont Baker pendant près de deux ans. C'est dans ce contexte qu'a été engagée la campagne d'enquêtes (135 enquêtes réalisées à Concrete) et, malgré cela, le degré de perception du risque est particulièrement faible. Il est bien plus faible que dans le cas du

Cotopaxi même si cela est en partie la conséquence d'une minimisation volontaire du risque par la population en raison de l'hostilité exprimée vis-à-vis de la fermeture du parc et des répercussions économiques négatives pour la région.

Des études comparables ont été menées au Mont St Helen's, avant que ne se produise la grande éruption du 8 mai 1980, mais après les premières manifestations du volcan qui, après 123 ans de repos, ont entraîné comme dans le cas du Mount Baker la fermeture du parc national. 120 enquêtes, dirigées en avril 1980 par Sorensen (Sorensen, 1981), montrent que si 65% des personnes interrogées estimaient, à des degrés divers, que le volcan pouvait produire une éruption importante, 35% d'entre elles, seulement, se sentaient personnellement menacées (très menacées pour 14%, modérément menacées pour 21%).

D'après une enquête menée auprès de 1763 personnes, en décembre 1977, à la suite de l'éruption de l'Usu (Hokkaido, Japon) du 7 août 1977, 20 à 40% des personnes interrogées, selon le lieu, ont déclaré qu'elles s'attendaient un jour ou l'autre à une éruption. Par ailleurs, 30 à 55% s'estimaient menacées par les chutes de cendres et de ponces en cas d'éruption (Kadomura et al., 1978).

Un autre exemple est fourni par le Kilauea (Hawaii), qui à l'opposé du Cotopaxi, est un volcan à éruptions fréquentes (20 éruptions entre 1955 et 1971) mais très faiblement destructrices (production de laves essentiellement), du moins pour ce qui concerne les vies humaines. Les 101 enquêtes menées par Murton et Shimabukuro en 1971, indiquent que 79% de la population riveraine s'attendait à une éruption dans un futur proche tandis que 57% considérait le volcan comme dangereux mais uniquement pour les cultures et les biens (Murton et Shimabukuro, 1974).

Selon une dernière étude concernant les Antilles (Royan, 1991), 36,8% des habitants de Basse-Terre (d'après un échantillon de 465 personnes interrogées en 1987 à la Guadeloupe), pensent que la Soufrière constitue une grave menace. C'est peu en dépit, ou vraisemblablement à cause de la non-éruption de 1976 et des événements scientifico-politiques qui l'ont accompagnée. En revanche, pour 74,1% des 348 personnes interviewées au nord de la Martinique, la Montagne Pelée constitue une menace latente. Si l'éruption de 1902 peut paraître bien lointaine, elle est restée, sur place et par l'ampleur de ses conséquences, fidèlement gravée dans les mémoires.

Tous ces travaux, et quelques autres que nous n'avons pas cités, ne fournissent pas des exemples qui puissent être calqués sur la situation précise engendrée par le Cotopaxi. Les volcans considérés se caractérisent par des types d'activité différents, certains présentaient des signes précurseurs au moment des enquêtes et ces dernières ont parfois été réalisées après qu'une éruption se soit produite. Par ailleurs, il est difficile de comparer directement les données chiffrées compte tenu des discordances méthodologiques et de la variété de sens que l'on donne à la notion de perception de risque.

Ces données fournissent néanmoins des ordres de grandeur qui confirment notre jugement de départ: la perception générale de la menace liée au Cotopaxi et la perception du risque personnel se situent, surtout pour la première, à des niveaux relativement élevés. De plus nous pouvons noter une certaine cohérence à la fois en ce qui concerne la perception générale de la menace, dans la mesure où le classement des volcans les plus dangereux correspond sensiblement à celui des scientifiques et de la Protection Civile Equatorienne (ce qui se manifeste en particulier dans l'ordre de prise en compte des volcans dans les travaux de planification générale), et en ce qui concerne la perception du risque personnel qui est assez bien corrélée avec le type de zones dans lesquelles se situent les personnes interrogées (figure 13).

Parmi les personnes qui affichent un degré de perception du risque personnel relativement élevé à très élevé, certaines vivent dans les zones à faible risque, voire à risque nul, et ceci est à prendre en compte dans le cadre d'activités préventives car ces personnes sont vulnérables en raison des erreurs qu'elles sont susceptibles de commettre lors d'une situation d'urgence. Cependant en majorité, ces personnes occupent les zones à plus forte intensité de risque ce qui dénote une assez bonne connaissance, même si celle-ci demeure relative et générale, des lieux qui pourraient être affectés.

1.5. Des différences sensibles entre les provinces du Pichincha et du Cotopaxi

La situation que nous venons de décrire est cependant à nuancer selon la province considérée. Même si l'on semble craindre davantage le Pichincha dans la province septentrionale (tableau 25), la conscience générale de la menace engendrée par le Cotopaxi est sensiblement comparable dans les deux cas (tableau 24, figure 12). Cependant, le degré de perception du risque est nettement plus élevé dans la province du Cotopaxi que dans celle du Pichincha, et ce, quel que soit le type de zone (figures 13 et 14). Dans la zone de risque majeur de lahars, 55,3% des personnes interrogées affichent une perception du risque personnel relativement élevée à très élevée dans la première, elles ne représentent plus que 34,7% dans la province du Pichincha.

En conclusion, les enquêtes ont montré l'existence d'une forte conscience générale de la menace associée au Cotopaxi. D'autre part, il existe un important décalage entre cette conscience et la perception du risque personnel. Cette dernière paraît néanmoins relativement élevée, notamment dans la province du Cotopaxi, compte tenu du contexte qui est celui d'une population qui, à l'exception de quelques personnes âgées qui ont assisté aux dernières petites manifestations du volcan du début du siècle, n'a jamais connu d'éruption. Cela signifie qu'à défaut d'expérience directe, d'autres facteurs interviennent pour expliquer le niveau de conscience et les contrastes observés.

II. Facteurs liés à la perception du risque et interprétations

Nous avons mis en relation le degré de perception du risque personnel avec les 15 variables de localisation, socio-économiques et ayant trait à l'information, préalablement sélectionnées. Cette opération a porté uniquement sur les 616 personnes interrogées installées dans la zone à plus forte intensité de risque, en l'occurrence, la zone de risque majeur de lahars. Ce choix fut motivé par plusieurs raisons, parmi lesquelles:

- la volonté de privilégier dans notre étude les populations les plus exposées;
- le souci de comparer des populations pour lesquelles les problèmes susceptibles d'être posés par le Cotopaxi sont similaires;
- la cohérence statistique dans la mesure où le taux de sondage est différent selon la zone de risque considérée.

Par ailleurs, nous considérons que les phénomènes que nous mettons en évidence ci-dessous, sont globalement représentatifs de l'ensemble des zones de risque, sauf pour les populations, relativement peu nombreuses, qui ont conscience des menaces précises pouvant affecter les zones dans lesquelles elles sont installées.

II.1. La mesure des relations

L'étude des relations entre les variables sélectionnées et le degré de perception du risque personnel repose, dans un premier temps, sur un traitement statistique destiné à mesurer l'existence et la force de ces relations (entre autres, García Ferrando, 1985; Groupe Chadule, 1986). Le test d'indépendance mathématique indique, à moins de 5% d'erreur, l'existence d'une relation avec dix variables (tableau 27). Le coefficient d'association (nous avons choisi le V de Cramer, l'un des coefficients les plus commodes dans un but de comparaison) permet de classer ces variables selon l'intensité de la relation avec le degré de perception du risque personnel. Trois groupes de variables ont ainsi pu être distingués:

- les variables de localisation (province, distance au volcan, obstacles entre le volcan et l'individu) et d'information (connaissance de la catastrophe du Nevado del Ruiz et sources d'information sur le Cotopaxi), les plus fortement liées au degré de perception du risque et pour lesquelles le risque d'erreur est négligeable;

- cinq variables socio-économiques (sexe, activité professionnelle, niveau de vie, type de population et âge) et la connaissance des aléas potentiels du Cotopaxi, plus faiblement liées au degré de perception du risque personnel et pour lesquelles le risque d'erreur est inférieur à 5%;

- quatre variables (biens possédés, confiance, nombre de personnes par famille et temps de résidence dans la paroisse) qui sont indépendantes de la perception du risque ou très faiblement liées à cette dernière.

Cette classification, fondée uniquement sur l'existence et l'intensité des relations, est insuffisante en elle-même. Il est nécessaire de considérer également leur sens.

Variables	Risque d'erreur (Test du χ^2)	Coefficient d'association (V de Cramer)	Type de relation
Province Distance au volcan Connaissance Ruiz Information sur le Cotopaxi Obstacles	$p \leq 0,001$	0,21 0,206 0,19 0,17 0,152	Relation forte et certaine
Sexe Activité professionnelle Niveau de vie Type de population Connaissance aléas Age	$0,001 < p \leq 0,05$	0,135 0,129 0,118 0,112 0,11 0,107	Relation existante Assez faible risque d'erreur
Biens possédés Confiance Nb de personnes/famille Temps de résidence	$p > 0,05$	0,1 0,094 0,088 0,08	Relation très faible ou inexistante

Tab. 27 - Relations statistiques entre les variables sélectionnées et le degré de perception du risque personnel

II.2. Les principaux facteurs liés à la perception du risque personnel

II.2.1. Les facteurs de localisation

Les facteurs de localisation sont particulièrement bien corrélés avec la perception du risque personnel. Nous avons représenté la variable «province» en guise de confirmation de nos premières observations sur les contrastes entre les provinces du Pichincha et du Cotopaxi. Celle-ci ne constitue cependant pas une variable explicative en soi mais plutôt le reflet de caractéristiques propres à chaque province que nous mettrons en évidence ultérieurement.

La perception du risque diminue très sensiblement avec la distance au volcan (figure 15). Près des deux tiers de la population située dans la zone à intensité de risque maximum, présente un degré de perception du risque personnel assez élevé, élevé ou très élevé à moins de 25 kilomètres du volcan. Cette proportion se réduit à moins de 16% à plus de 45 kilomètres, ce qui est particulièrement inquiétant lorsque l'on sait que les lahars portent le danger relativement loin et que la ville d'Armero était située à 45 kilomètres du Ruiz.

L'idée d'un danger fonction de la distance est largement propagée: «comment voulez-vous que cela vienne jusqu'ici» commente un habitant de Tumbaco, «cela ira au maximum jusqu'à Sangolqui», «jusqu'à Cotogchoa», observe-t-on à Conocoto et à San Rafael, «les produits de l'éruption ne viendront pas jusqu'ici, peut-être y aura-t-il un petit tremblement de terre», ajoute-t-on à Salcedo. L'effet distance ne joue pas simplement pour le Cotopaxi, mais aussi pour le Pichincha qui, pour de nombreuses personnes, est le volcan le plus proche mais aussi le plus dangereux. Parmi ces dernières, cette habitante de San Rafael qui constate: «Nous sommes bien loin du Cotopaxi, le Pichincha est beaucoup plus dangereux».

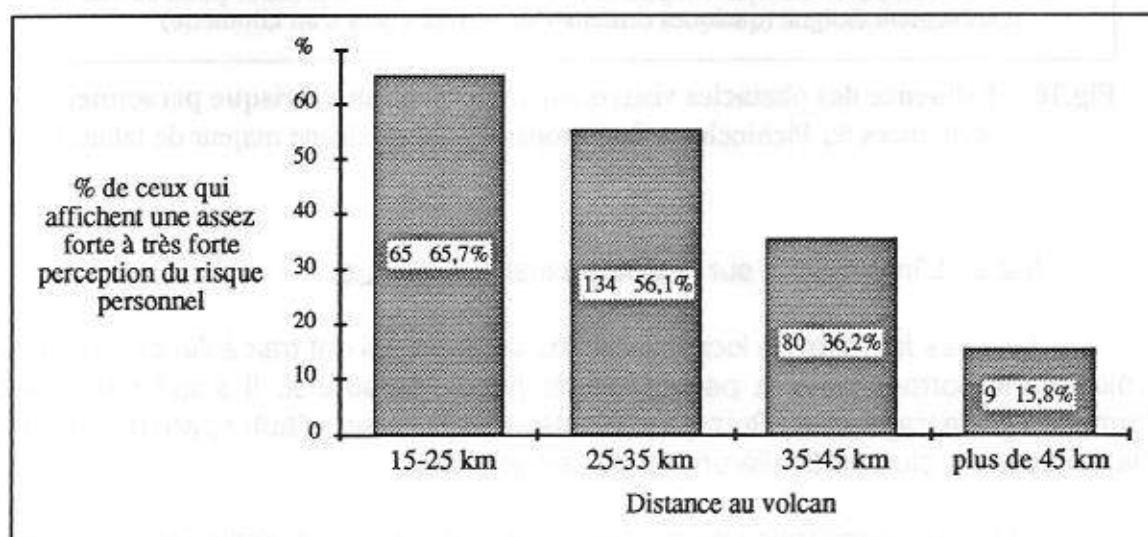


Fig.15 - Perception du risque personnel selon la distance au volcan
(provinces du Pichincha et du Cotopaxi, zone de risque majeur de lahars)

De même, l'existence d'obstacles, artificiels, mais plus généralement naturels existant entre l'individu et le volcan tend également à diminuer la perception du risque (tableau 16). Les obstacles produisent un double effet. A la différence d'autres aléas, tels les cyclones ou les séismes, le volcan est une source de danger constamment présente qui peut, par son existence, et c'est le cas dans la région du Cotopaxi, forger une certaine conscience du risque. Cependant cette conscience semble en même temps varier selon la fréquence du contact visuel, ce qui rend, dans une même zone de risque, plus vulnérable la personne installée derrière une élévation naturelle qui masque la vue du volcan. Mais tout aussi vulnérable est l'individu qui, à tort, se croit protégé par cette dernière. Nombreux sont ceux qui à Tumbaco s'estiment protégés par l'Illaló ou dans le Valle de Los Chillos par le Pasochoa: «*Le Pasochoa nous protège, il retiendra la lave* », nous dit ainsi un habitant de Sangolqui.

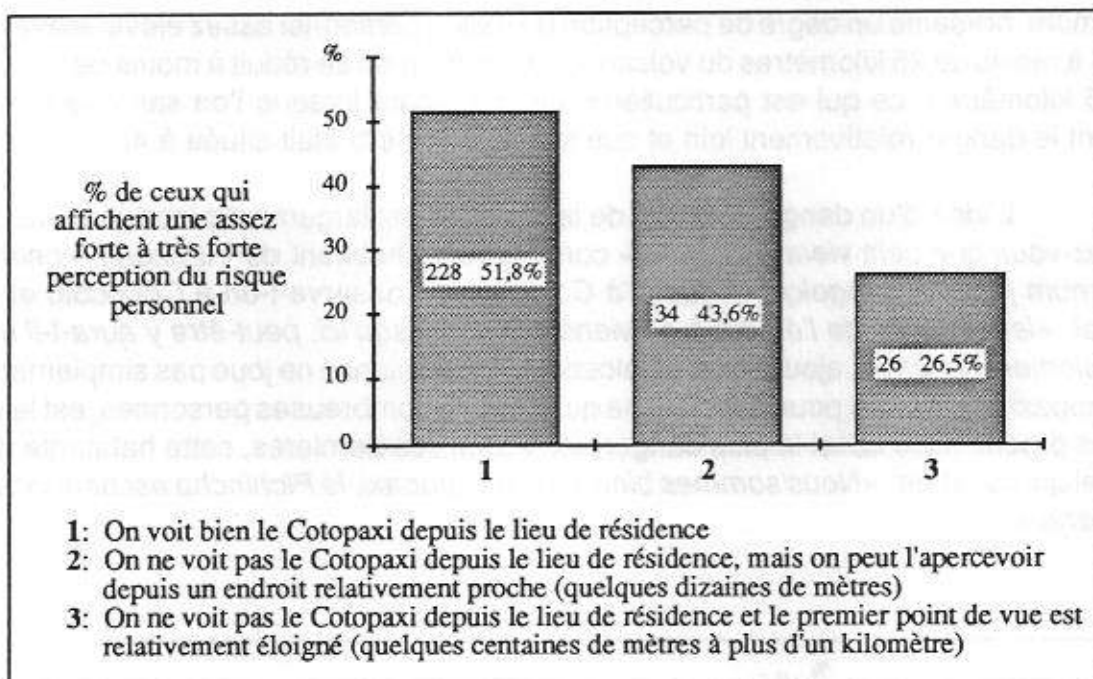


Fig.16 - Influence des obstacles visuels sur la perception du risque personnel
(provinces du Pichincha et du Cotopaxi, zone de risque majeur de lahars)

II.2.2. L'information sur le Cotopaxi et sur le Ruiz

Avec les facteurs de localisation, les facteurs qui ont trait à l'information jouent un rôle très important dans la perception du risque personnel. Il s'agit d'une part de l'information sur la tragédie du Ruiz qui a affecté un pays voisin, d'autre part de l'information sur le Cotopaxi et plus particulièrement de ses sources.

23% des personnes interrogées déclarent ne jamais avoir entendu parler du Nevado del Ruiz et d'Armero ou ne pas s'en souvenir (tableau 28). Ces dernières présentent manifestement un degré de perception du risque nettement inférieur à celui du restant de l'échantillon et ce, quelle que soit la province considérée (figure 17). Nous avons pensé dans un premier temps que cette appréciation pouvait être biaisée par d'autres variables telles que le niveau socio-économique (voir l'annexe 7 pour la détermination de

	Province du Pichincha		Province du Cotopaxi		Les deux provinces	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%
N'ont jamais entendu parler de la catastrophe du Ruiz	57	22,4	84	23,2	141	22,9
TOTAL	254	100	362	100	616	100

Tab. 28 - Pourcentage de ceux qui n'ont jamais entendu parler de la catastrophe du Ruiz, selon la province (zone de risque majeur de lahars)

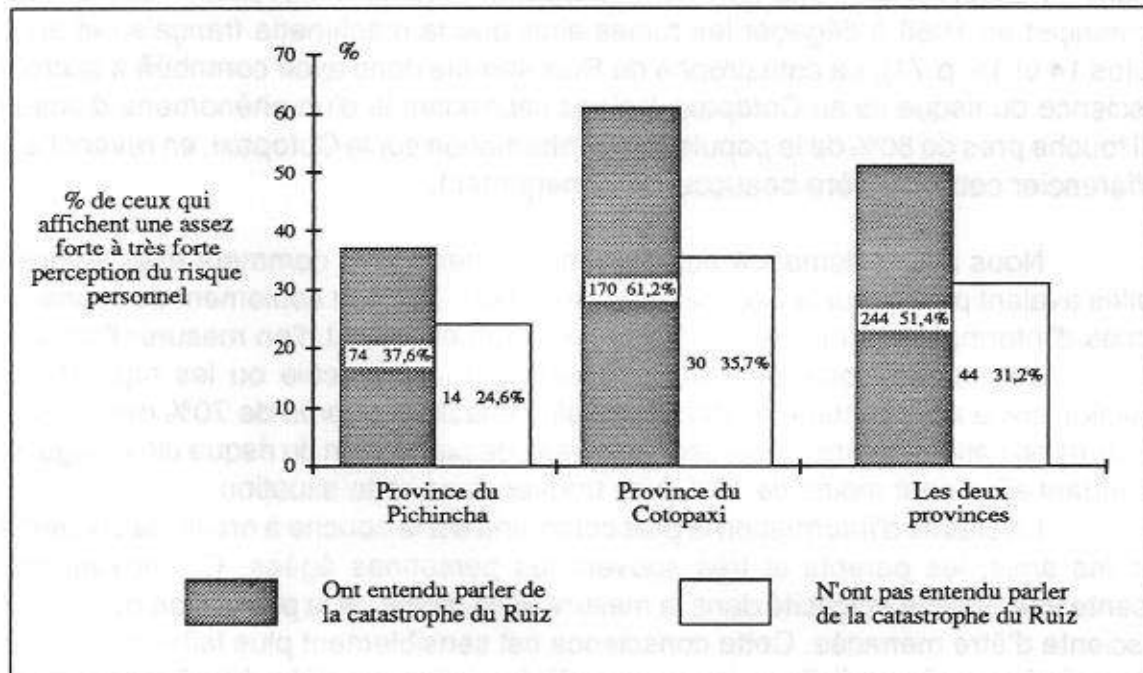


Fig. 17 - Relation entre la connaissance de la catastrophe du Ruiz et le niveau de perception du risque personnel (zone de risque majeur de lahars)

Niveau socio-économique	Ensemble			Perception du risque assez forte à très forte			Perception du risque assez faible à très faible		
	Total	N'ont pas entendu parler du Ruiz		Total	N'ont pas entendu parler du Ruiz		Total	N'ont pas entendu parler du Ruiz	
		Effectif	%		Effectif	%		Effectif	%
Elevé à très élevé	128	8	6,3	64	3	4,7	64	5	7,8
Relativement élevé	167	21	12,6	94	4	4,3	73	17	23,3
Relativement faible	247	81	32,8	100	29	29,0	147	52	35,4
Faible à très faible	74	31	41,9	30	8	26,7	44	23	52,3
Total	616	141	22,9	288	44	15,3	328	97	29,6

Tab. 29 - «Effet Ruiz» sur la perception du risque personnel selon le niveau socio-économique

ce niveau). S'il est vrai que ce sont les catégories sociales les moins élevées qui ont le moins entendu parler du Ruiz, il apparaît que dans chaque classe la perception du risque est toujours plus faible chez ceux qui ignorent la catastrophe (tableau 29). Il semble donc exister un «effet Ruiz» et de nombreuses personnes n'ont pas manqué de faire le rapprochement entre le volcan colombien et le Cotopaxi.

«D'après ce que les gens disent, il peut se passer la même chose ici», «Le Cotopaxi est aussi recouvert de glaciers», dit-on à Sangolqui et, à Latacunga: *«Les anciens racontent que le Cotopaxi a été aussi terrible», «Latacunga a aussi été enseveli il y a longtemps», «on dit que Latacunga a été détruite par le Cotopaxi, comme Armero par le volcan colombien, il a dû se passer quelque chose de similaire».* Et plusieurs habitants de la capitale provinciale de parler de l'usine textile des Villagomez située à l'entrée de la ville, au bord du Cutuchi, dont une partie fut emportée, le reste enseveli en 1877 et dont on commençait en 1986 à dégager les ruines ainsi que la machinerie française et anglaise (photos 14 et 15, p.71). La catastrophe du Ruiz semble donc avoir contribué à accroître la conscience du risque lié au Cotopaxi. Il s'agit cependant là d'un phénomène d'ensemble car il touche près de 80% de la population. L'information sur le Cotopaxi, en revanche, tend à différencier cette dernière beaucoup plus nettement.

Nous avons demandé aux personnes interrogées comment elles savaient ce qu'elles avaient pu dire sur le Cotopaxi. Notre objectif était non seulement de connaître les sources d'information sur le volcan mais également et surtout d'en mesurer l'efficacité.

Les informations de type volontaire à travers l'école ou les organismes de protection civile sont de toute évidence les plus efficaces et près de 70% des personnes informées de cette manière présentent un niveau de perception du risque élevé (figure 18). Cependant elles sont moins de 10% à se trouver dans cette situation.

La source d'information la plus commune est le bouche à oreille, la conversation avec les amis, les parents et très souvent les personnes âgées. Ce moyen informel présente une relative efficacité dans la mesure où la moitié de la population concernée est consciente d'être menacée. Cette conscience est sensiblement plus faible chez ceux qui déclarent n'avoir disposé d'aucune source d'information ou s'être fait d'eux-mêmes une idée sur le Cotopaxi à partir de leurs propres observations du terrain ou selon leur intuition.

La source d'information de loin la moins efficace, et cela peut surprendre au premier abord, est celle qui provient des médias. Seulement moins de 30% de ceux qui déclarent tenir leurs connaissances de la radio, de la télévision et surtout de la presse, dévoilent un degré de perception du risque acceptable. Pourtant depuis quelques années, il n'est pas rare de lire dans la presse nationale des articles traitant des catastrophes naturelles, des volcans, notamment du Pichincha et du Cotopaxi. On y fait d'ailleurs en même temps souvent référence au Nevado del Ruiz. Cependant, si ces articles contribuent certainement à créer, comme nous avons pu l'observer, une certaine conscience générale du danger ou à laisser penser que le Cotopaxi est susceptible de se réveiller d'un jour à l'autre, ils demeurent très insuffisants pour susciter une véritable conscience du risque personnel. Ils sont en effet trop généraux pour que tout un chacun puisse savoir ce qui peut l'affecter directement. Alors que des campagnes d'information de ce type devraient constituer une première étape dans le processus de préparation du public, elles ne sont bien souvent qu'une fin en soi et les actions locales qui logiquement devraient les prolonger, notamment à travers l'école ou les organismes locaux de protection civile sont, et nous l'avons noté, plutôt rares. De plus, leur impact est très ponctuel dans la mesure où les conférences qui ont été données par la Protection Civile dans quelques écoles, usines ou administrations ont essentiellement concerné la ville de Latacunga.

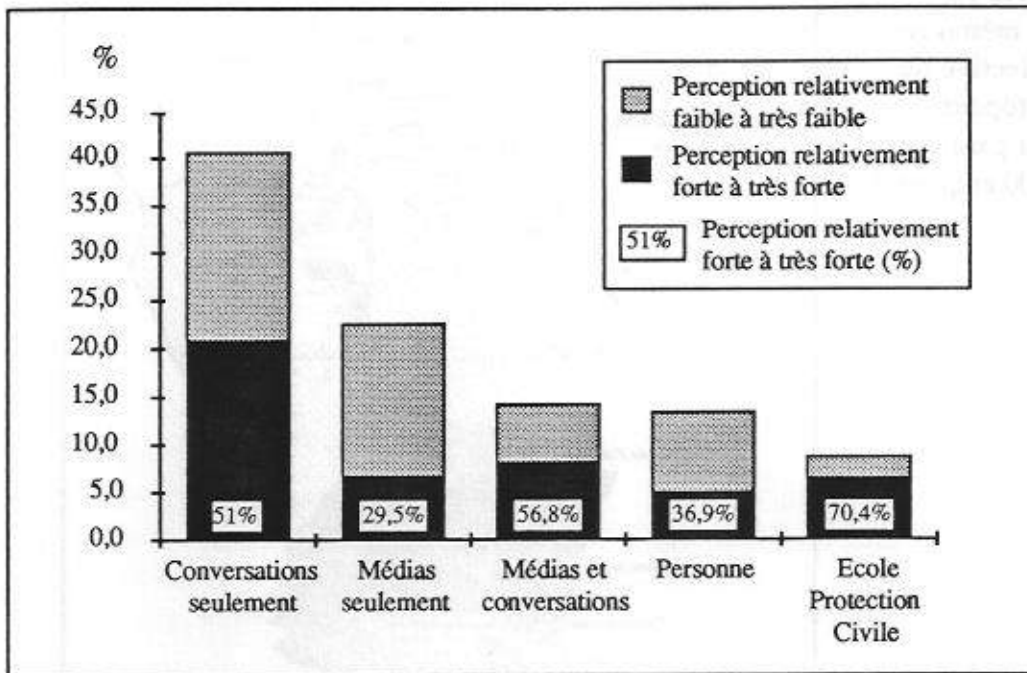


Fig. 18 - Perception du risque personnel selon la source d'information sur le Cotopaxi (zone de risque majeur de lahars)

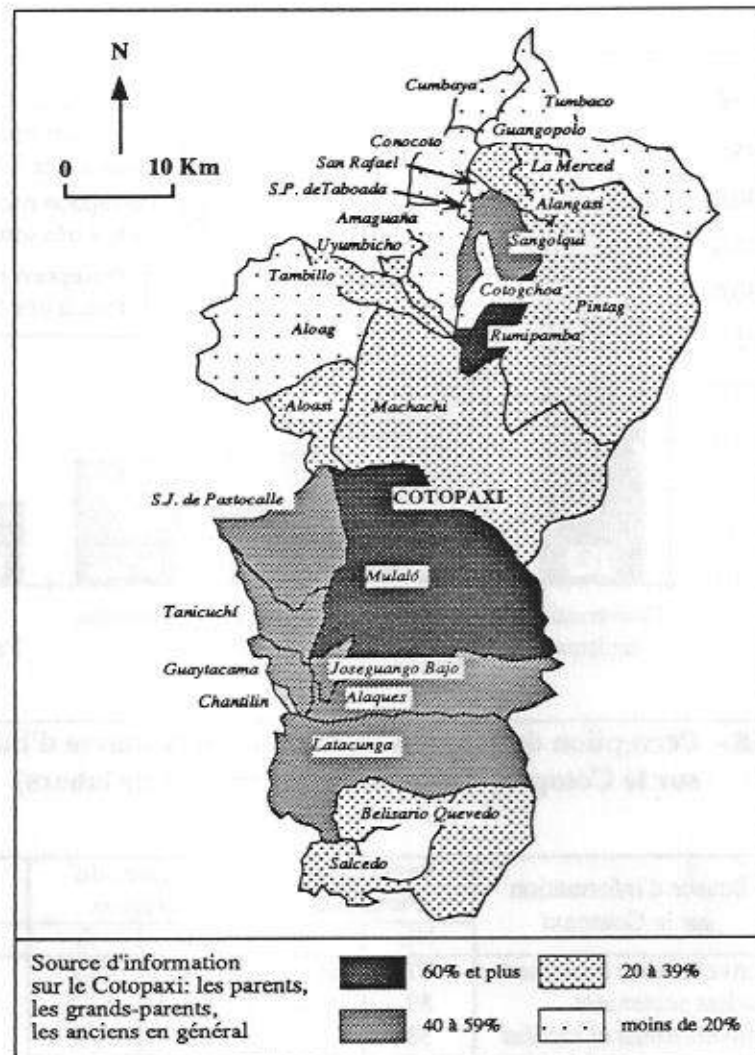
Source d'information sur le Cotopaxi	Province du Pichincha		Province du Cotopaxi		Les deux provinces	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%
Conversations seulement	77	30,3	174	48,1	251	40,7
Médias seulement	89	35,0	50	13,8	139	22,6
Conversations et médias	38	15,0	50	13,8	88	14,3
Personne	36	14,2	48	13,3	84	13,6
Ecole, Protection Civile	14	5,5	40	11,0	54	8,8
TOTAL	254	100	362	100	616	100

Tab. 30 - Sources d'information sur le Cotopaxi selon la province

La source d'information sur le Cotopaxi et sa qualité est l'une des variables qui permet le mieux d'expliquer les différences observées entre la province du Pichincha et celle du Cotopaxi dans le domaine de la perception du risque. La population de la province du Pichincha, moins paysanne et de niveau socio-économique globalement plus élevé tient en grande partie ses informations des médias dont nous avons constaté la faible efficacité (tableau 30). En revanche, les conversations, tirées pour l'essentiel d'une mémoire collective véhiculée par les anciens, sont l'instrument privilégié des populations de la province méridionale. La carte 16 indique les lieux de mémoire collective et souligne l'opposition fondamentale entre cette province où l'on se souvient qu'elle fut sévèrement affectée durant les siècles précédents et la province du Pichincha où une certaine tradition orale n'a pu persister que dans les quelques rares secteurs anciennement occupés, notamment à Rumipamba et Sangolqui.

Cette opposition est illustrée par deux exemples de paroisses représentatives de chacune des deux provinces: San Rafael (Pichincha) et Joseguango Bajo (Cotopaxi). Le dossier constitué (tableaux 31a à 31f) est suffisamment explicite en soi. Notons simplement que les indications sur les éruptions passées du Cotopaxi, fournies par 40% des personnes interrogées à San Rafael, insistent au moins autant sur ce qu'il s'est passé

Carte 16 -
La mémoire collective du
Cotopaxi
(par paroisse,
2200 enquêtes)



dans la province du Cotopaxi que sur ce qui a pu concerner la leur et ce, de manière souvent très générale: «*Les maisons proches du volcan ont été détruites*», «*le Valle de los Chillos a été inondé*», «*des blocs de pierre ont été entraînés jusqu'à Sangolqui*», «*la province du Cotopaxi a été totalement détruite*». A Joseguango Bajo, comme dans l'ensemble des régions à forte mémoire collective, les informations sont plus locales et plus détaillées. Mais à côté de personnes qui comme celle-ci fournissent des indications précises sur les lieux qui ont été affectés: «*tous ces terrains ont été enterrés, transformés en «pampa», certaines personnes ont pu se réfugier à Joseguango Alto où on les a retrouvées au bout de 15 jours*», d'autres parlent essentiellement des conséquences, en particulier pour la capitale provinciale: «*Latacunga a été détruite, tout ce qui y vivait a été tué, les maisons et les ateliers ont été ensevelis*» ou des produits du volcan: «*quelque chose de blanc[?] a dévalé du volcan avec beaucoup d'eau et de grosses pierres*».

Manifestement l'expérience passée transmise par la mémoire collective joue un rôle important dans la perception du risque. Cependant la qualité de cette mémoire ou plus largement des informations acquises de bouche à oreille est inégale et de ce fait, ne présente pas la même efficacité pour tous. On se souvient des catastrophes, surtout de celle de 1877, même si on n'en a pas retenu la date précise. On se souvient des principales régions qui ont été affectées, notamment de la ville de Latacunga dont certains quartiers ont disparu avant d'être reconstruits sur les ruines des catastrophes antérieures, mais les lieux précis, en particulier là où la topographie est peu différenciée et où les points de repère locaux font défaut, ont souvent été oubliés.

ACTIVITE DES PERSONNES INTERROGÉES A SAN RAFAEL ET JOSEGUANGO BAJO				
a				
	SAN RAFAEL		JOSEGUANGO B.	
	Effectif	%	Effectif	%
AGRICULTURE	1	1	32	64
INDUSTRIE-ARTISANAT	11	12	5	10
SERVICES	68	75	11	22
AUTRES (Retraités, sans emploi...)	11	12	2	4
TOTAL	91	100	50	100

TEMPS DE RESIDENCE DANS LA PAROISSE				
b				
	SAN RAFAEL		JOSEGUANGO B.	
	Effectif	%	Effectif	%
depuis moins de 5 ans	37	41	7	14
5 - 10 ans	22	24	4	8
depuis plus de 10 ans	19	21	6	12
depuis toujours	12	13	33	66

PERCEPTION DU RISQUE PERSONNEL				
c				
DEGRE DE PERCEPTION	SAN RAFAEL		JOSEGUANGO B.	
	Effectif	%	Effectif	%
Elevé à très élevé	18	20	23	46
Relativement élevé	11	12	8	15
Relativement faible	38	42	12	25
Faible à très faible	24	26	7	14

CONNAISSANCE DE L'ANNEE DE LA DERNIERE ERUPTION DU COTOPAXI				
d				
	SAN RAFAEL		JOSEGUANGO B.	
	Effectif	%	Effectif	%
Ne sait pas	63	69	28	56
Indique une date ou une approximation	28	31	22	44
1600		2		-
1650		1		-
Il y a 200 ans		1		-
1800		1		-
Il y a 150 ans		1		1
1850		1		-
1863		1		-
Il y a 120 ans		-		1
1870		1		1
1875		1		-
1877		1		2
Il y a 110 ans		1		-
1880		1		1
1887		1		-
Il y a 100 ans		9		8
1890		-		3
Il y a 90 ans		1		-
1902		-		1
1906		-		1
Il y a 80 ans		1		1
Il y a 70 ans		-		2
1927		1		-
1928		1		-
1930		1		-

CONNAISSANCE DE CE QU'IL S'EST PASSE LORS DES DERNIERES ERUPTIONS DU COTOPAXI				
e				
	SAN RAFAEL		JOSEGUANGO B.	
	Effectif	%	Effectif	%
Ne sait pas	55	60	10	20
Fournit des informations	36	40	40	80
Niveau 1 : Informations très succinctes	11	12	5	10
Niveau 2 : Informations incomplètes orientées principalement sur les conséquences	19	21	24	48
Niveau 3 : Informations relativement complètes (phénomène, conséquences et localisation)	6	7	11	22

LES PRODUITS DANGEREUX POUR LA POPULATION				
f				
ORDRE	SAN RAFAEL		JOSEGUANGO B.	
	Aléa	%	Aléa	%
1	LAVE	74	RETOMBEES	86
2	RETOMBEES	73	LAHARS	64
3	LAHARS	40	LAVE	46
4	SEISMES	11	FEU / GAZ	28
5	FEU / GAZ	8	SEISMES	4

Tab. 31 - Ce que l'on sait du Cotopaxi. L'exemple de San Rafael (province du Pichincha) et de Joseguango Bajo (province du Cotopaxi)

Les produits émis par le volcan ont aussi fréquemment été oubliés. Mais ces derniers demeurent mieux connus dans la province du Cotopaxi (figure 19 et tableau 31f). Cette connaissance est plus théorique, semble davantage correspondre à une certaine culture générale dans le cas du Pichincha où l'on considère que les retombées et surtout la lave (au sens volcanologique du terme), sont les produits les plus dangereux pour la population. Fondée essentiellement sur la mémoire collective, cette connaissance est plus proche de la réalité dans la province du Cotopaxi. La variable «connaissance des aléas» que nous avons considéré séparément dans notre analyse statistique préalable est en fait à mettre en parallèle avec la source d'information et la mémoire collective qui différencient les deux provinces. Alors qu'il existe une relation assez étroite entre la perception du risque et la connaissance des produits dangereux dans la province du Cotopaxi, celle-ci paraît totalement absente dans la province septentrionale (figure 20). Il existe donc, dans cette province, une double confusion concernant l'appréciation des aléas dangereux pour la population en général et celle des aléas pouvant constituer une menace personnelle.

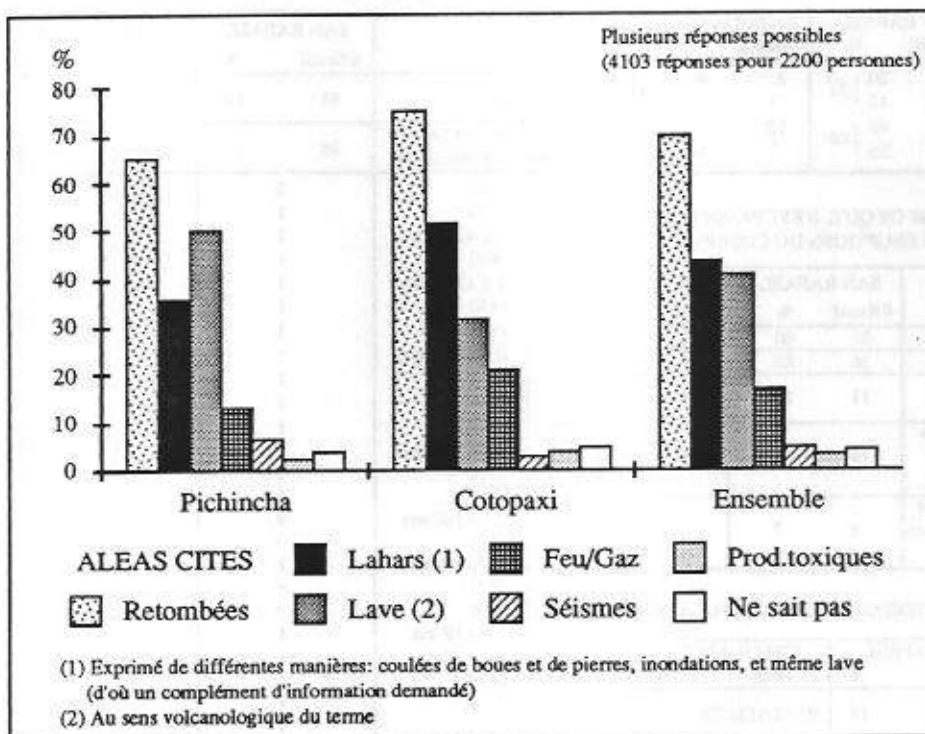


Fig. 19 - Manifestations du volcan considérées comme dangereuses (ensemble du secteur d'étude)

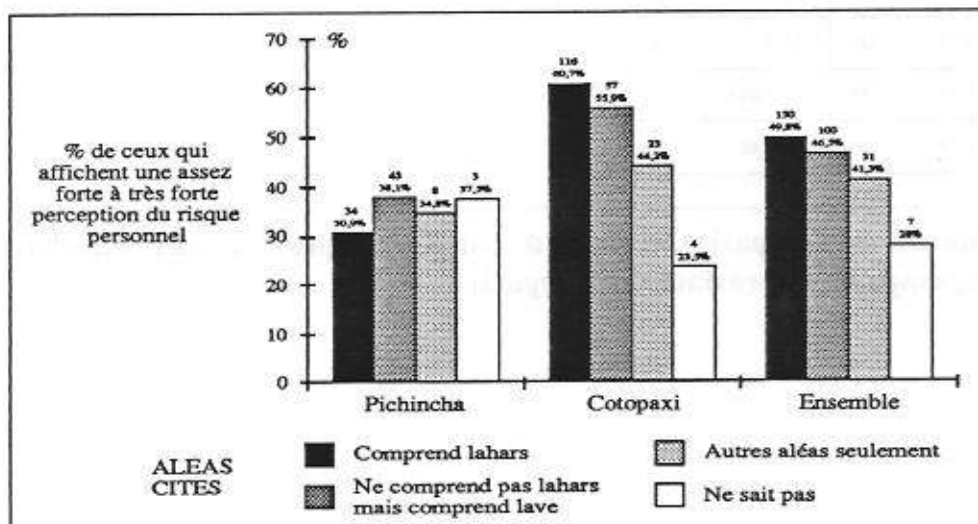


Fig. 19 - Perception du risque personnel en relation avec la connaissance des aléas liés au Cotopaxi (zone de risque majeur de lahars)

II.2.3. Le problème du temps de résidence

Le traitement statistique préalable auquel nous avons procédé ne dégageait qu'une très faible relation, voire une absence de relation, entre la perception du risque personnel et le temps de résidence dans la paroisse (tableau 27). En fonction de nos observations concernant les sources d'information sur le Cotopaxi nous ne pouvions qu'en être surpris. Nous avons donc procédé à une analyse plus détaillée de cette variable et abouti à la conclusion qu'il n'existait effectivement aucune relation entre cette dernière et la perception du risque, sauf pour les populations de la province du Pichincha installées dans leurs paroisses depuis moins de 5 ans (figure 21).

Parmi ces dernières, moins de 20% affichent un degré de perception du risque personnel que l'on puisse considérer comme satisfaisant. Les nouveaux arrivants provenant pour l'essentiel de Quito (tableau 32) pour s'installer dans le Valle de Los Chillos et dans le bassin de Tumbaco (carte 17) constituent donc un groupe particulièrement vulnérable. Il semble, par ailleurs, qu'une partie de cette population prend assez rapidement conscience des menaces liées au Cotopaxi et que le niveau de perception du risque se stabilise au bout de quelques années, avec environ 40% de la population présentant une conscience du risque plutôt élevée.

L'analyse est différente pour la province du Cotopaxi dans laquelle, quel que soit le temps de résidence, le degré de perception du risque personnel est sensiblement équivalent. Les nouveaux venus sont au moins aussi conscients du danger que les autres personnes, ce qui peut s'expliquer par le fait que certains d'entre eux proviennent d'autres paroisses de la province du Cotopaxi, également menacées (tableau 32), et que la plupart sont des ouvriers agricoles, donc plus proches des problèmes de la nature. Ils s'insèrent enfin dans un milieu dans lequel la mémoire collective est une réalité et ont ainsi la possibilité de s'informer mieux et plus rapidement que les nouveaux arrivants de la province du Pichincha.

Malgré tout, l'effet du temps de résidence n'est pas totalement à négliger dans la province du Cotopaxi, elle concerne notamment les personnes qui s'installent dans des quartiers, des secteurs à haut risque et d'occupation très récente. Ces personnes, en particulier à Latacunga et à Salcedo ont généralement déménagé à l'intérieur de leur paroisse afin d'obtenir de meilleures conditions de logement. Elles proviennent en même temps de secteurs peut-être voisins mais beaucoup moins vulnérables et le fait de se déplacer dans la paroisse ne modifie pas, du moins dans un premier temps, leur perception du risque. Nous reviendrons sur ce point à l'occasion du commentaire de la carte de la perception du risque.

LIEU D'ORIGINE	Personnes installées dans la province du Pichincha		Personnes installées dans la province du Cotopaxi	
	Nombre	%	Nombre	%
Quito	40	65,6	9	19,6
Reste prov. du Pichincha	9	14,8	1	2,2
Province du Cotopaxi	1	1,6	13	28,3
Province du Tungurahua	2	3,3	8	17,4
Autres provinces	8	13,1	13	28,3
Etranger	1	1,6	2	4,3
TOTAL	61	100	46	100

Tab. 32 - Origine des personnes installées dans leur paroisse depuis moins de 5 ans (selon la province, zone de risque majeur de lahars)

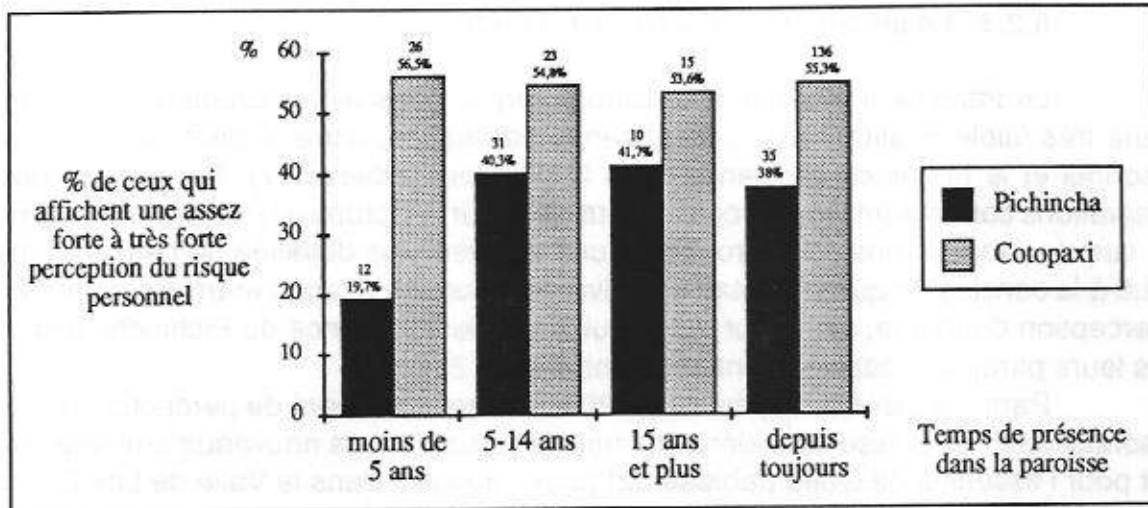
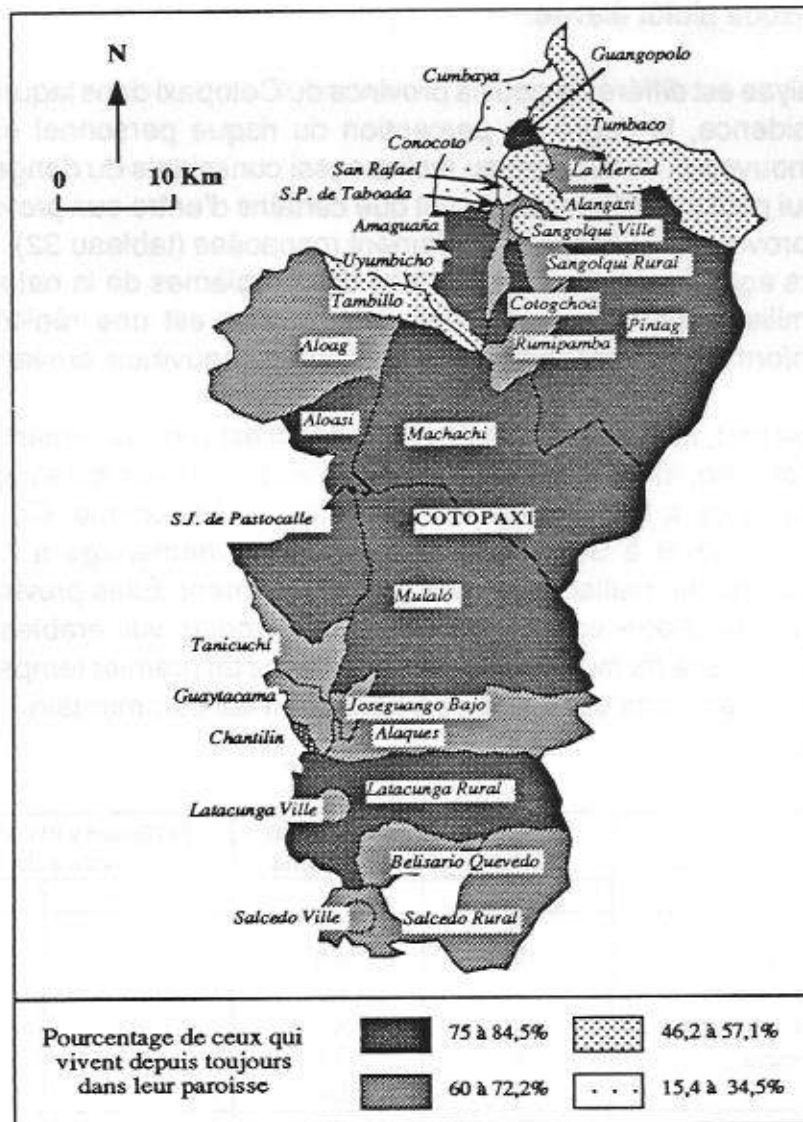


Fig. 21 - Perception du risque personnel selon le temps de présence dans la paroisse (provinces du Pichincha et du Cotopaxi, zone de risque majeur de lahars)



Carte 17 - Le temps de présence dans la paroisse (par paroisse, 2200 enquêtes)

II.3. Les facteurs secondaires

II.3.1. Niveau socio-économique et activité professionnelle

Bien que moins forte que dans le cas des variables de localisation et d'information, il existe une relation entre le niveau de vie et la perception du risque personnel. Ce sont les catégories sociales les plus défavorisées qui présentent le degré de perception le plus faible, notamment dans la province du Cotopaxi (figure 22). Cependant, pour mieux comprendre cette situation, il est nécessaire de distinguer au sein de ces catégories, deux groupes socio-professionnels radicalement opposés (figure 23). Il s'agit d'une part des agriculteurs dont la perception du risque est globalement élevée, d'autre part des ouvriers et des personnels de services, voire des artisans, qui au contraire présentent une faible à très faible conscience du risque. Par ailleurs, la figure 23 indique que les cadres moyens et supérieurs, spécialement dans la province méridionale, constituent avec les agriculteurs les groupes les plus conscients des risques qu'ils sont susceptibles de courir.

En définitive, les oppositions observées entre les catégories professionnelles et, à travers ces dernières, les catégories socio-économiques, se fondent de nouveau, semble-t-il, sur l'information, non seulement sur la possibilité de s'informer sur le Cotopaxi et ses dangers mais aussi sur la possibilité d'interpréter ce que l'on sait à ses dépens.

La mémoire collective fournit cette information au monde paysan. De plus, le contact quotidien du paysan avec la nature et sa terre lui permet de la vérifier, voire de la préciser compte tenu de l'importance des produits déposés par les éruptions passées. «*Si le Cotopaxi entrait en éruption, la lave [terme utilisé dans le sens de coulée de boue] entraînerait avec elle beaucoup de pierres. J'ai dû ôter toutes celles des dernières éruptions pour pouvoir installer des bêtes dans mon champ et le cultiver*» fait remarquer un agriculteur de Rumipamba et un autre de Mulalo de signaler «*Nous sommes dans un secteur en contrebas qui a reçu tout ce qui venait du volcan, toutes nos terres ont été affectées, ce sont de purs pierriers* » (le terme utilisé était «rumipamba» ou «champ de pierres»).

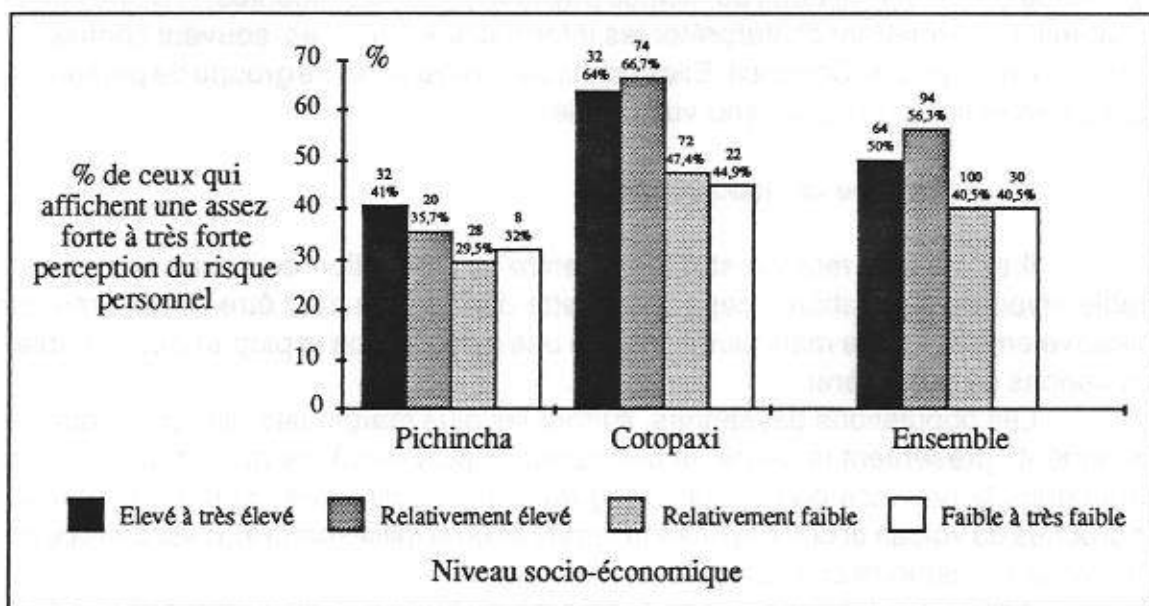


Fig. 22 - Perception du risque personnel selon le niveau socio-économique (zone de risque majeur de lahars)

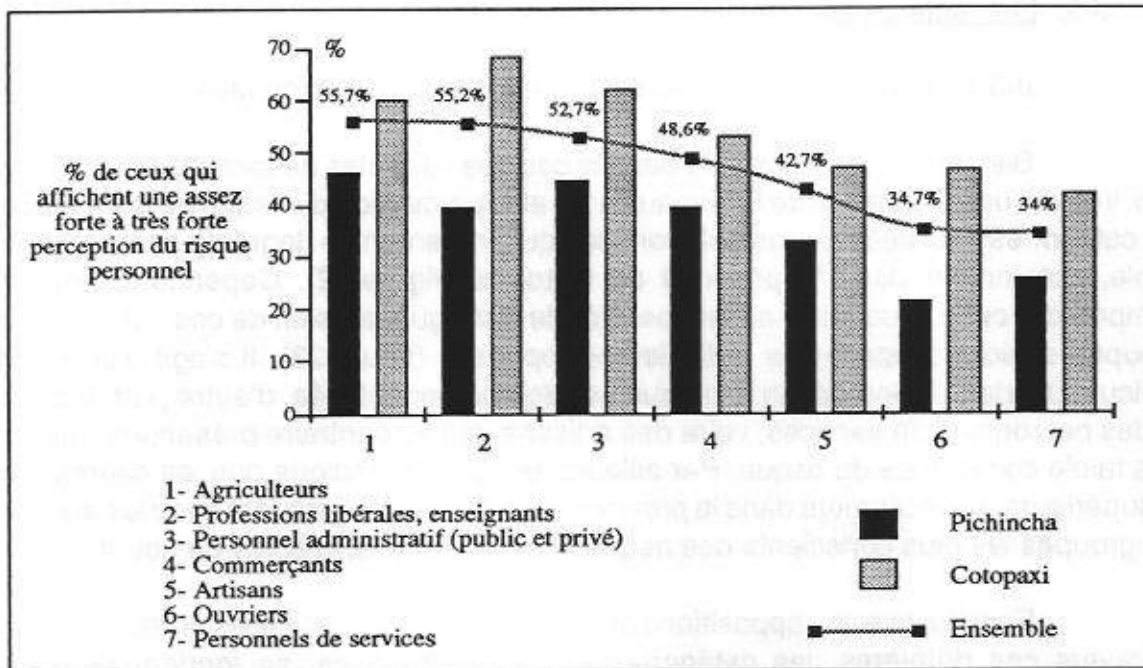


Fig. 23 - Perception du risque personnel selon l'activité professionnelle (zone de risque majeur de lahars)

L'expérience du terrain qui fait défaut aux autres catégories professionnelles, semble compensé, dans le cas des professions libérales, des enseignants ainsi que du personnel administratif, par un niveau d'instruction nettement supérieur à la moyenne qui leur permet de mieux interpréter les informations reçues et de mieux se situer personnellement. Le degré de perception du risque de ces catégories, relativement élevé dans la province du Pichincha, devient franchement élevé dans celle du Cotopaxi où à un bon niveau d'instruction s'allie une mémoire collective encore vivace.

Les autres catégories, celles des commerçants et des artisans, mais surtout celles des ouvriers et des personnels de services ne disposent dans l'ensemble ni de l'expérience du terrain, en dépit de racines paysannes parfois récentes, ni d'une instruction suffisante leur permettant d'interpréter les informations partielles, souvent contradictoires qui circulent à propos du Cotopaxi. Elles constituent ainsi un autre groupe de personnes que la faible perception du risque rend vulnérable.

II.3.2. Le type de population

Il existe une relation statistique entre la perception du risque personnel et la variable «type de population», cependant cette dernière ne peut être considérée comme explicative en elle-même mais plutôt comme une synthèse de la plupart des variables que nous venons de considérer.

Les populations paysannes, surtout les plus marginales, géographiquement et socialement, présentent le degré de perception le plus élevé, ce qui est particulièrement notable dans la province du Pichincha (figure 24). Ces dernières sont généralement les plus proches du volcan et outre la relation étroite avec le milieu naturel, c'est dans ce groupe humain que la mémoire collective est la plus vivace.

A l'opposé, les populations de type péri-urbain, qui n'apparaissent vraiment que dans la province du Pichincha, sont de loin les plus vulnérables. Il s'agit globalement de

personnes ignorant pratiquement tout du Cotopaxi qui viennent s'installer dans des régions exposées, relativement éloignées du volcan, et dans lesquelles la mémoire collective fait défaut.

Entre ces deux groupes se situent les urbains et les populations rurales prises au sens large. Ces populations présentent une plus grande hétérogénéité géographique et sociale, aussi, la perception du risque qui ne dépend pas comme dans les cas précédant de variables-clé jouant dans le même sens, atteint un niveau intermédiaire traduisant un équilibre entre les effets négatifs ou positifs de ces variables.

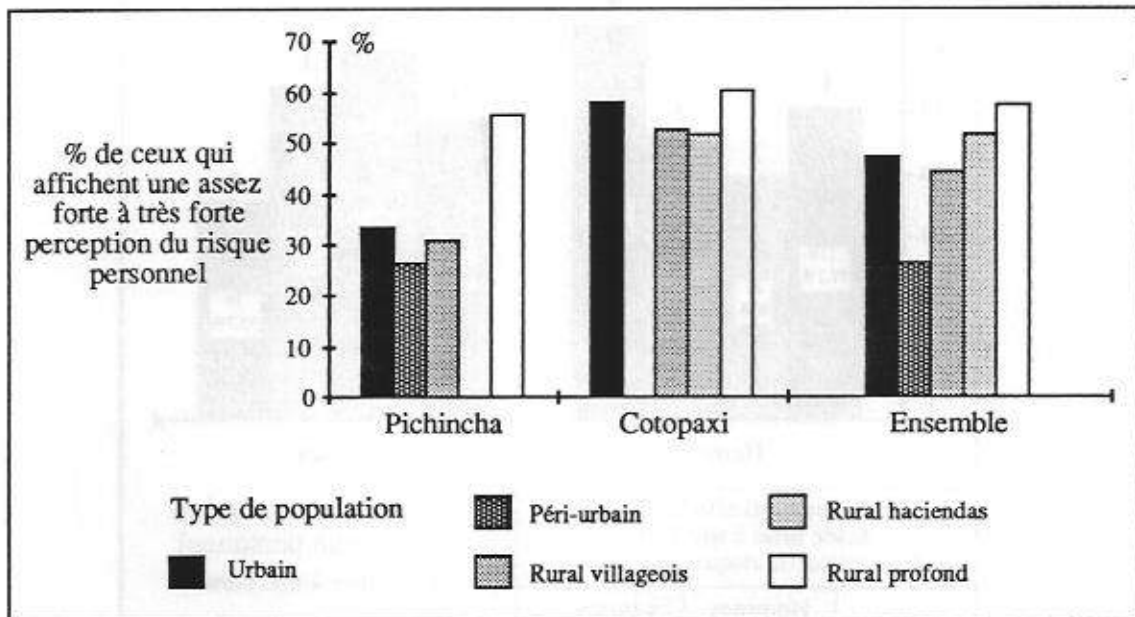


Fig. 24 - Perception du risque personnel selon le type de population (zone de risque majeur de lahars)

II.3.3. Sexe et âge

Le coefficient d'association enregistré entre la variable sexe et le degré de perception du risque personnel est relativement élevé (tableau 27) et pourtant la perception du risque des femmes n'est que légèrement supérieure à celle des hommes (figure 25). En fait, ce qui différencie les sexes est une position plutôt modérée des femmes alors que les hommes sont à la fois ceux qui affichent le degré de perception le plus élevé et le plus faible. La position plus tranchée des hommes peut être liée à une plus grande capacité de s'informer (les réunions de quartiers ou de villages, par exemple, ne concernent pratiquement que les hommes; dans les campagnes, ces derniers, plus ouverts sur l'extérieur, pratiquent davantage l'espagnol que les femmes qui s'expriment encore souvent en quichua). Cela est peut-être aussi à rattacher à des traits de caractère, à une attitude de défi vis-à-vis du risque souvent évoquée par les sociologues, ou encore peut-être à une réaction d'amour-propre vis-à-vis de l'enquêteur, ce qui expliquerait la forte proportion d'hommes présentant un degré de perception du risque personnel faible à très faible. Il ne s'agit bien entendu là que d'hypothèses qui demandent à être confirmées.

La variable âge pose également problème. Il existe une relation avec la perception du risque même si cette dernière est relativement peu marquée. La conscience

du risque personnel est plus faible chez les plus jeunes, essentiellement avant 30 ans (figure 26). Il s'agit là, vraisemblablement de l'effet d'une certaine dissolution de la mémoire collective que n'arrivent pas à compenser, comme nous l'avons eu l'occasion de l'observer, les médias par leur efficacité limitée mais aussi l'école par sa faible portée. Le taux de scolarisation est de plus en plus élevé (en 1982, de 80 à 90 % selon les cantons dans la province du Pichincha, de 75 à 85% dans la province du Cotopaxi pour les 6-14 ans) mais l'école aborde très rarement le problème des risques naturels.

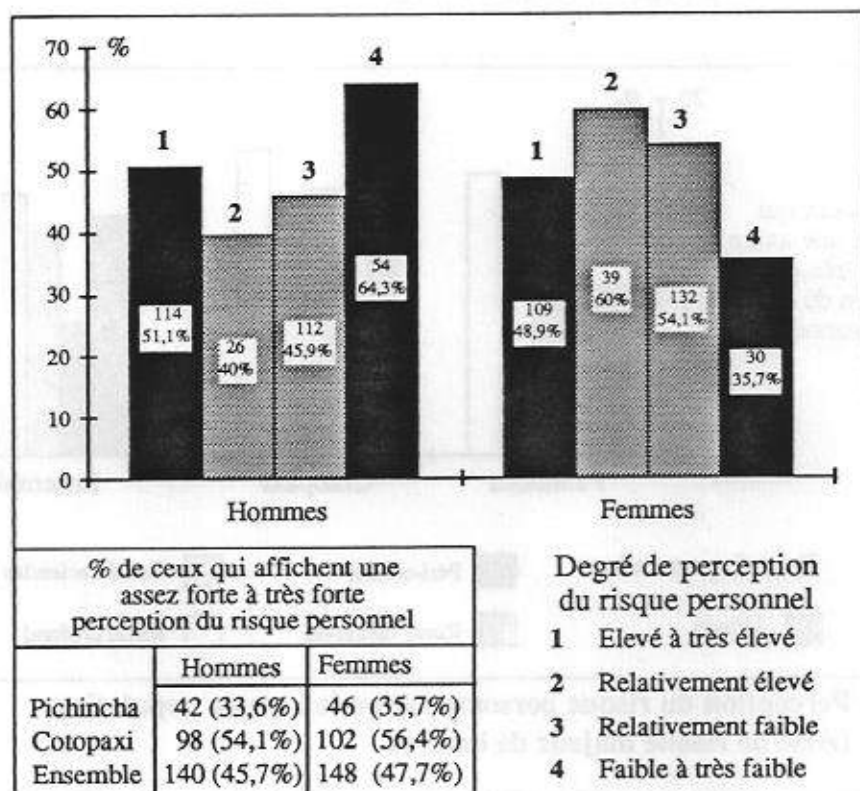


Fig. 25 - Perception du risque personnel selon le sexe (zone de risque majeur de lahars)

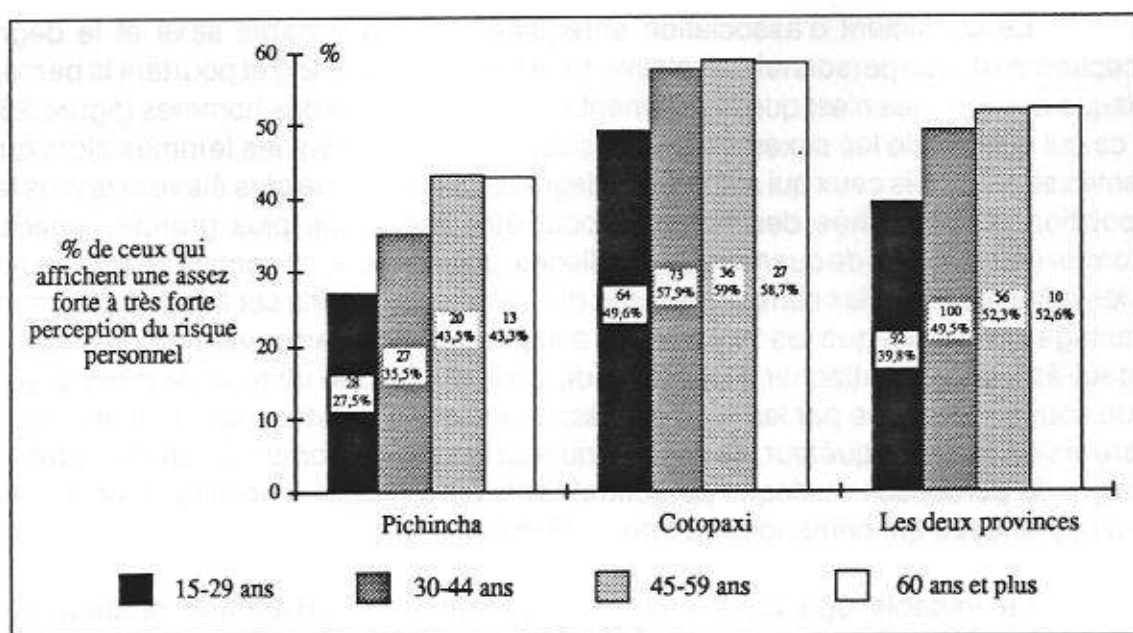


Fig. 26 - Perception du risque personnel selon l'âge (zone de risque majeur de lahars)

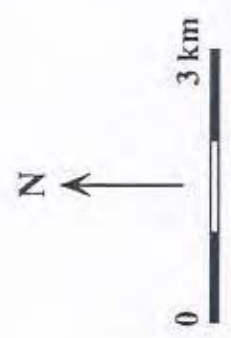
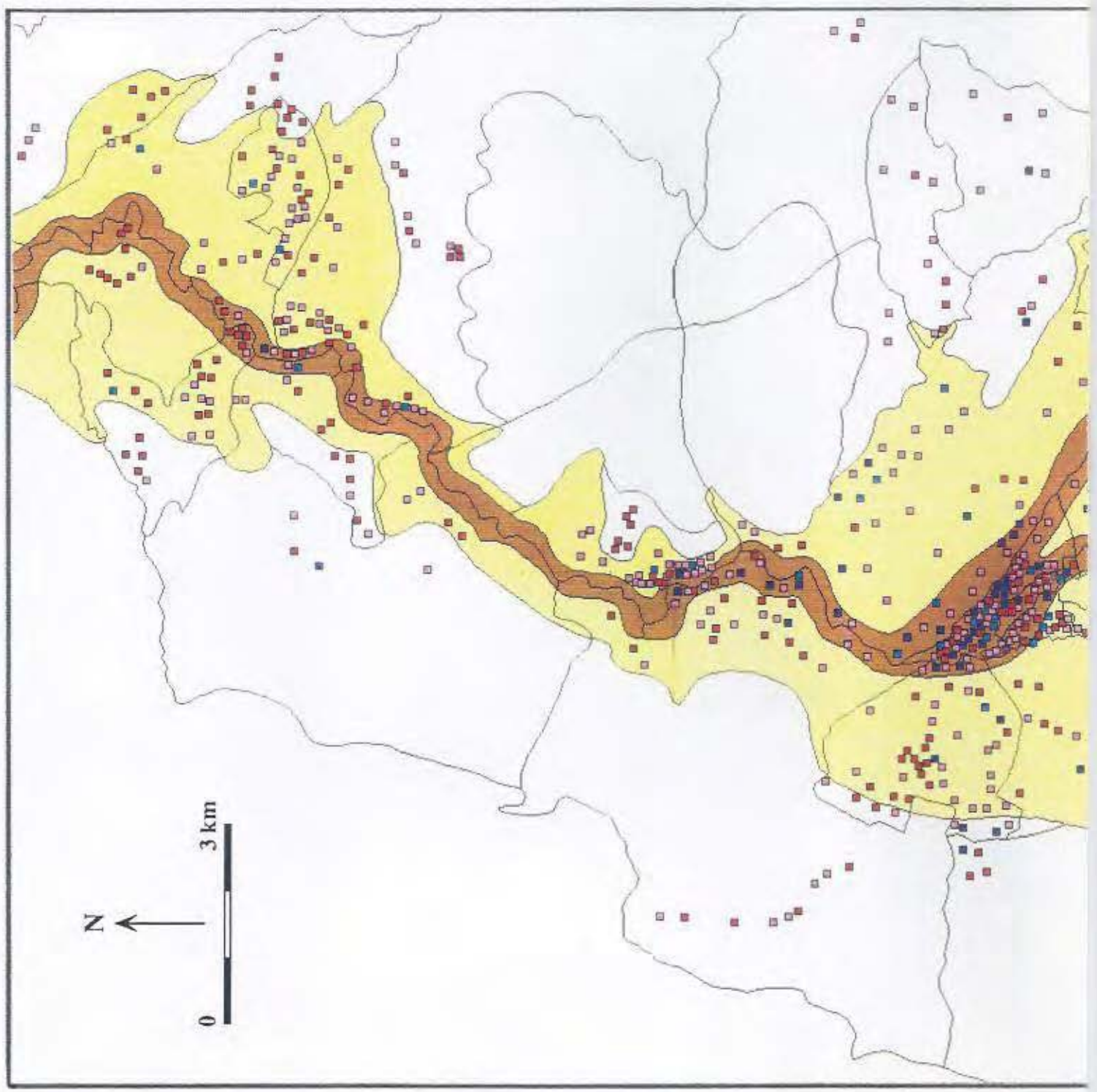
Carte 18 a - Perception
 du risque personnel lié
 au volcan Cotopaxi.
 Province du Pichincha
 (carte par points)

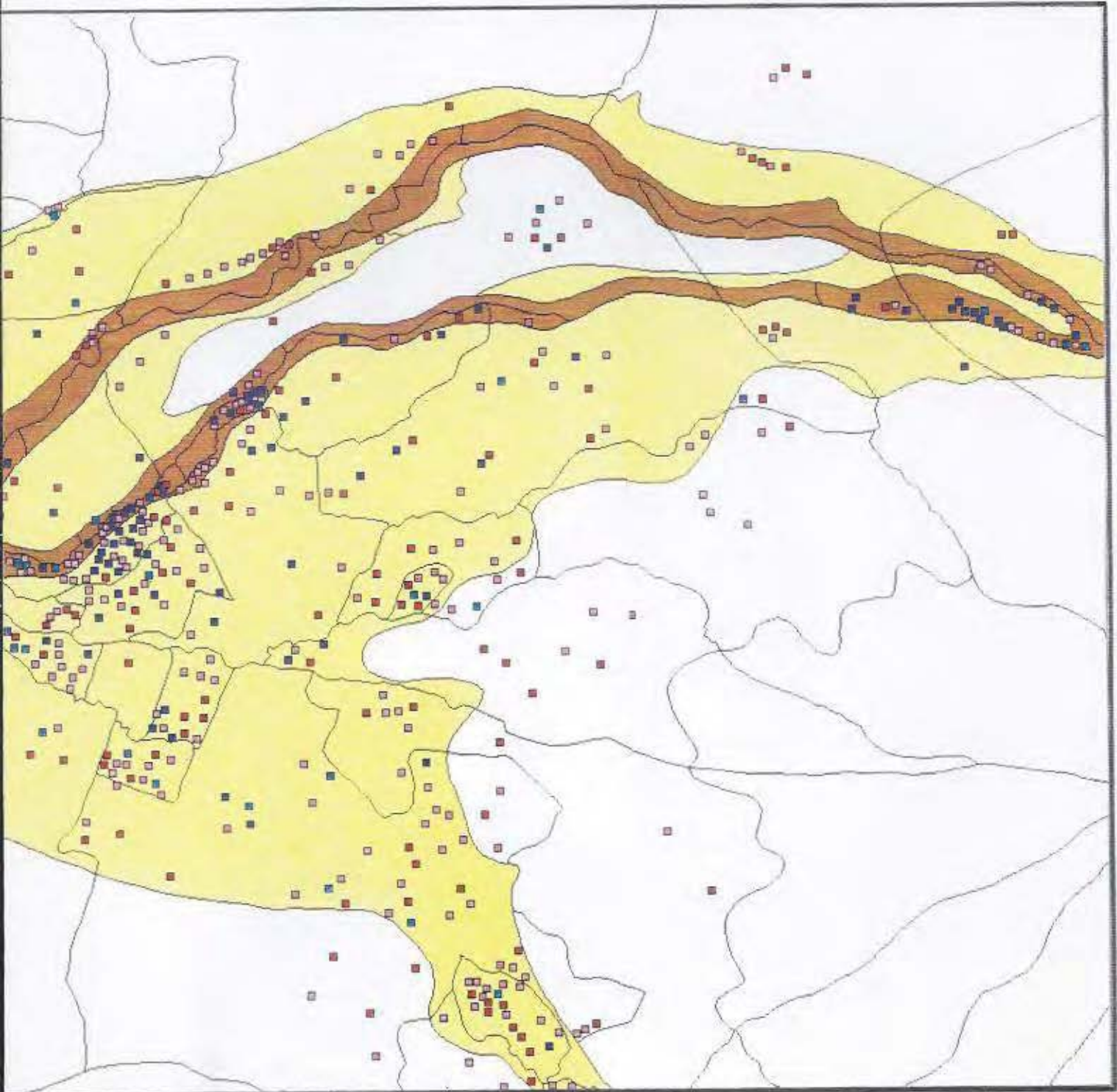
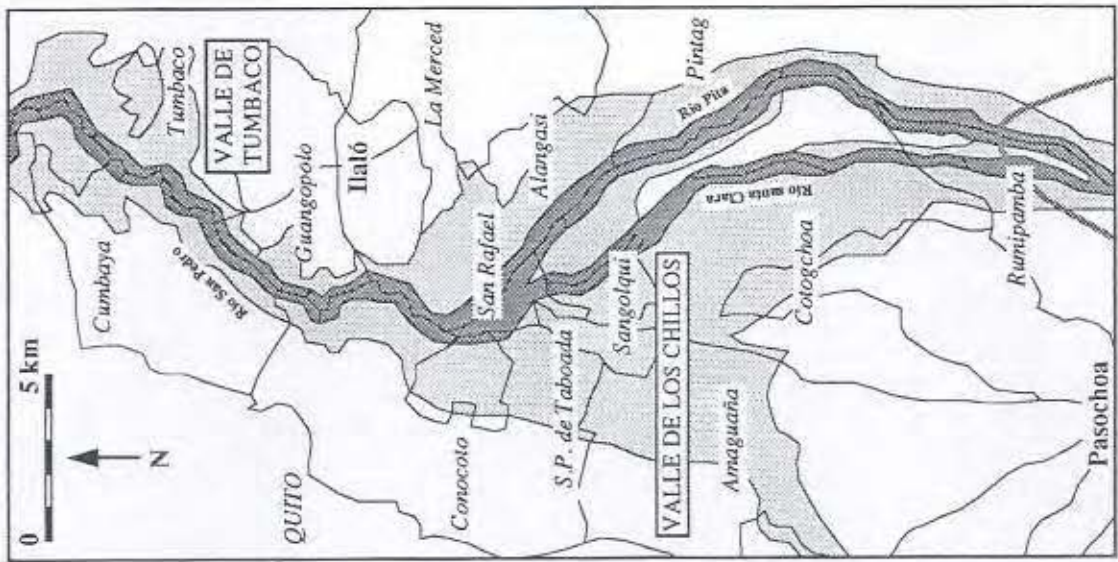
Degré de perception du risque

- Elevé à très élevé
- Relativement élevé
- Relativement faible
- Faible à très faible

Type de menace (cf. carte 7)

- Lahars (risque majeur)
- Lahars (risque mineur)





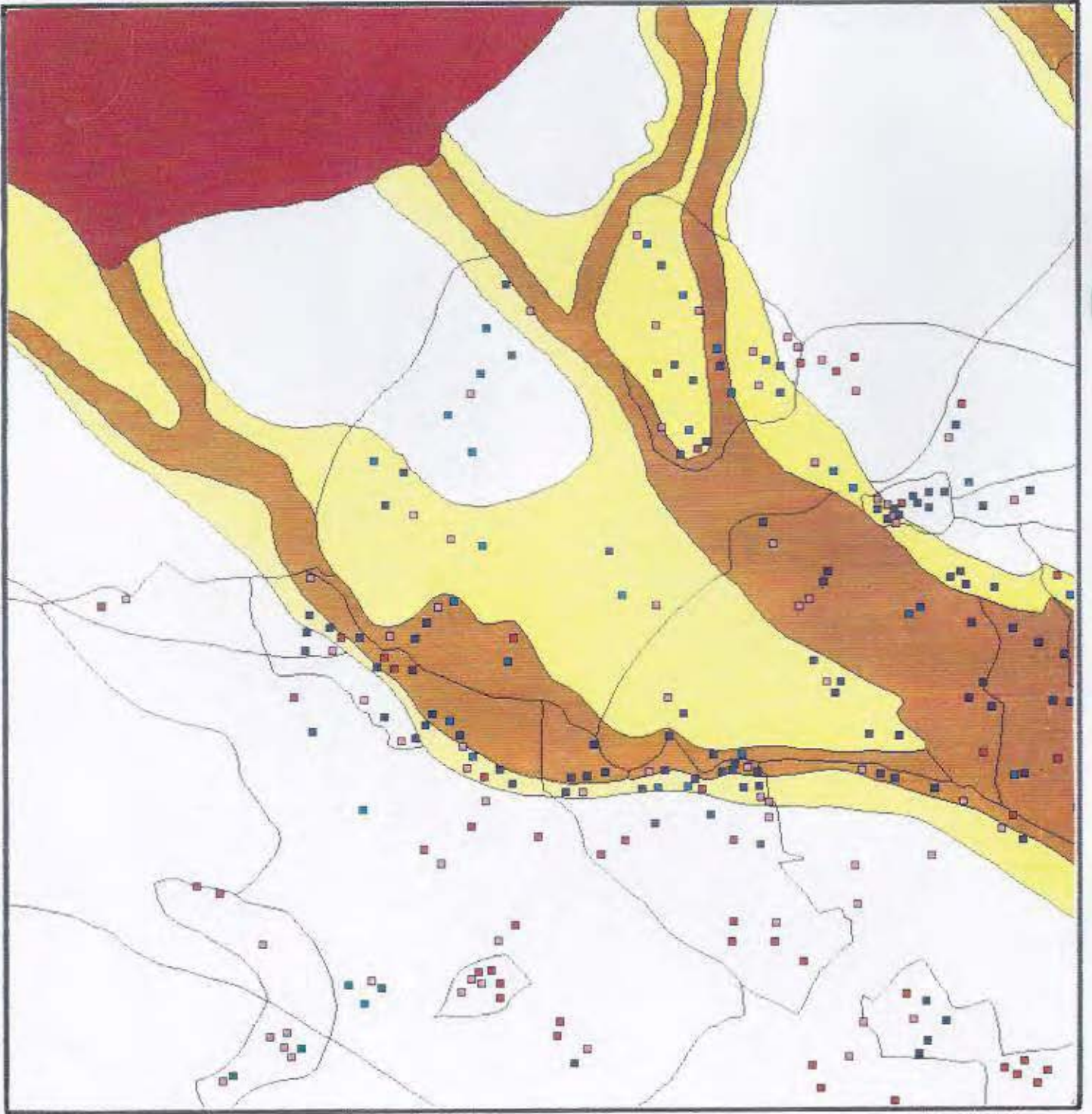
Carte 18 b - Perception
 du risque personnel lié
 au volcan Cotopaxi.
 Province du Cotopaxi
 (carte par points)

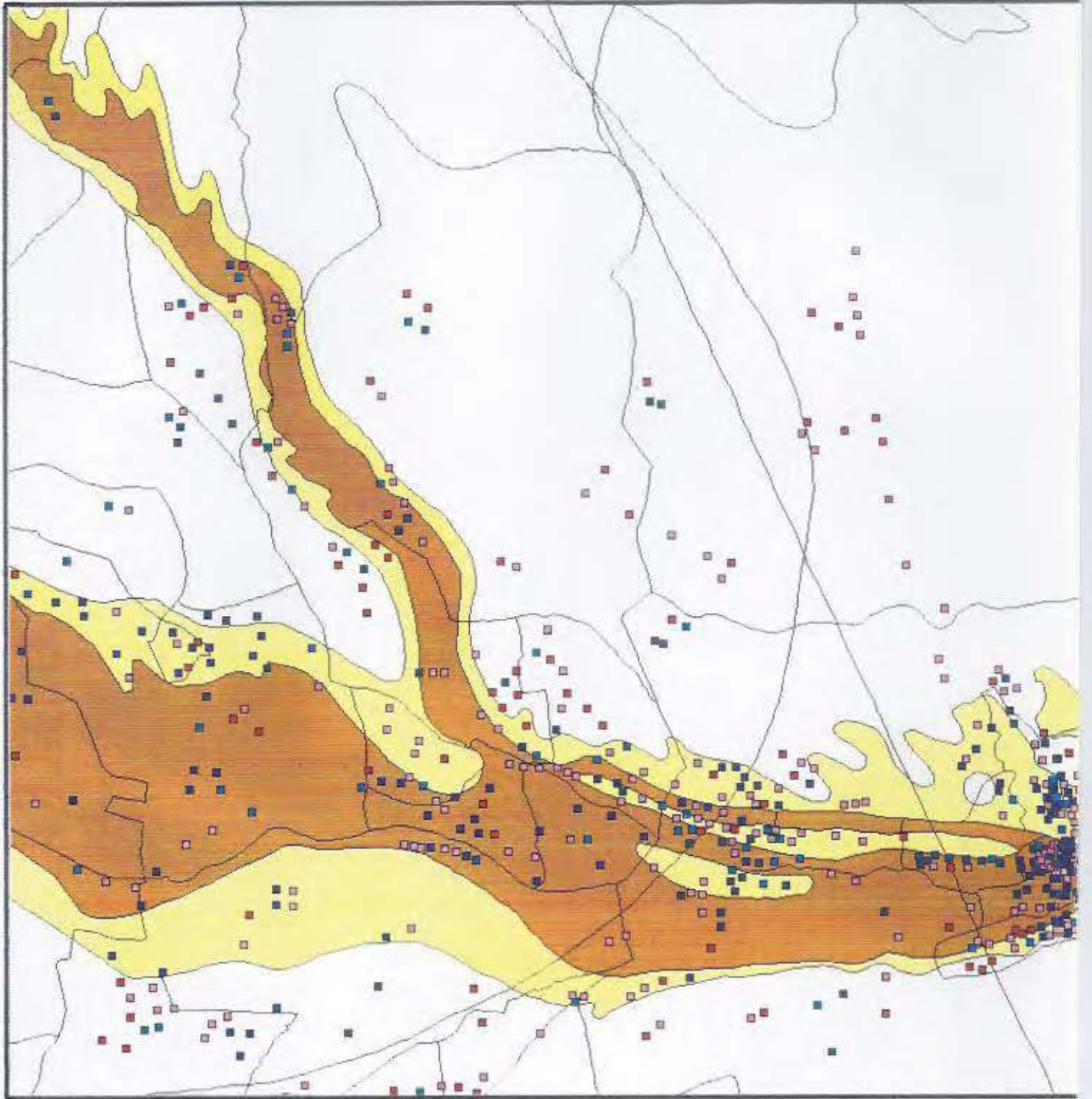
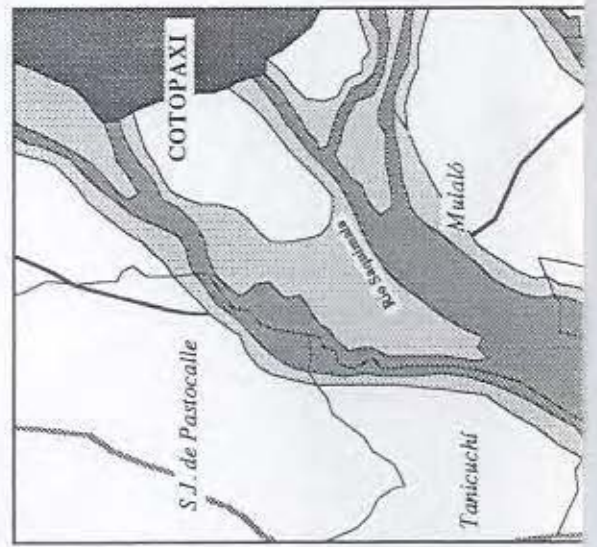
Degré de perception du risque

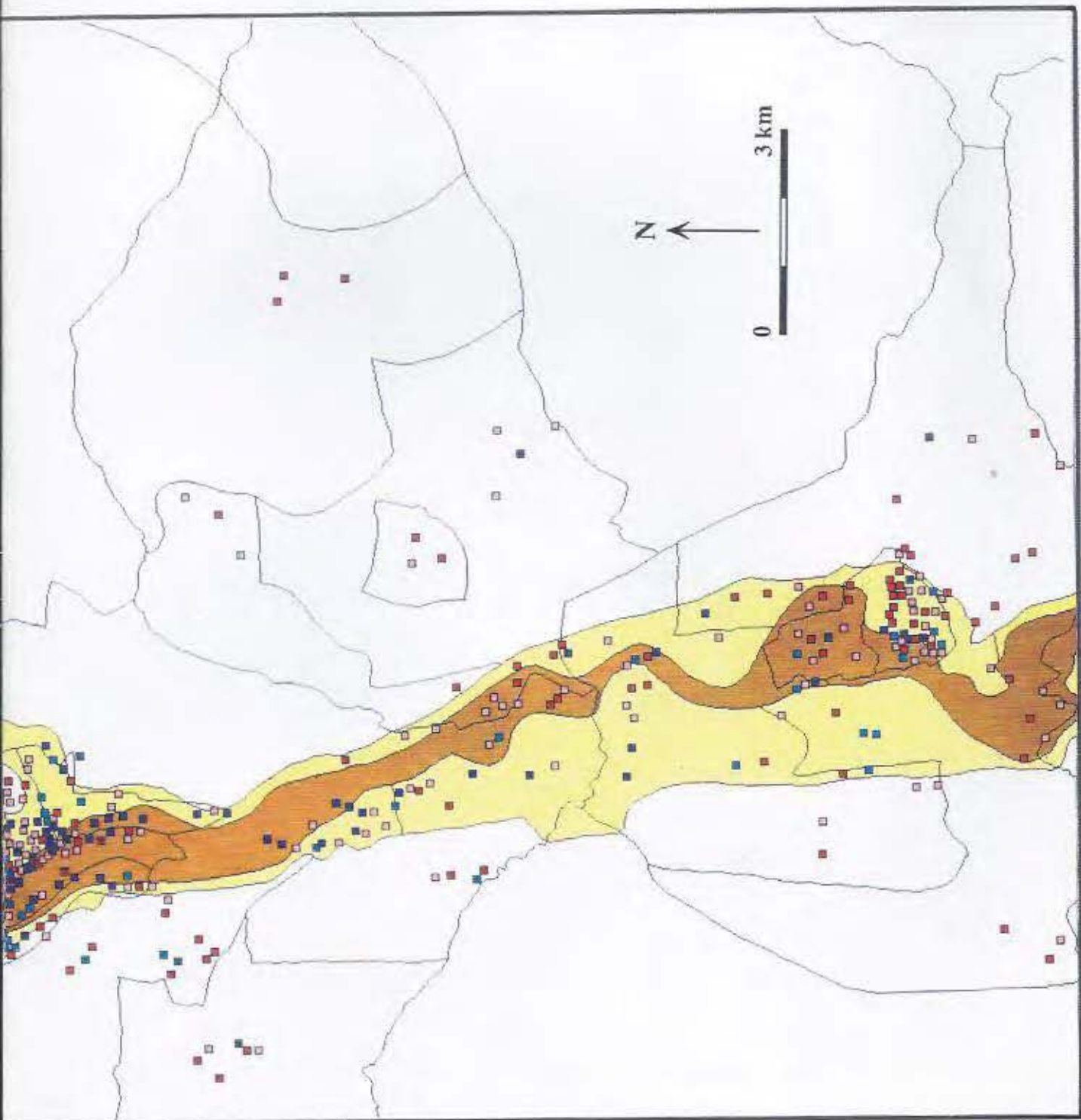
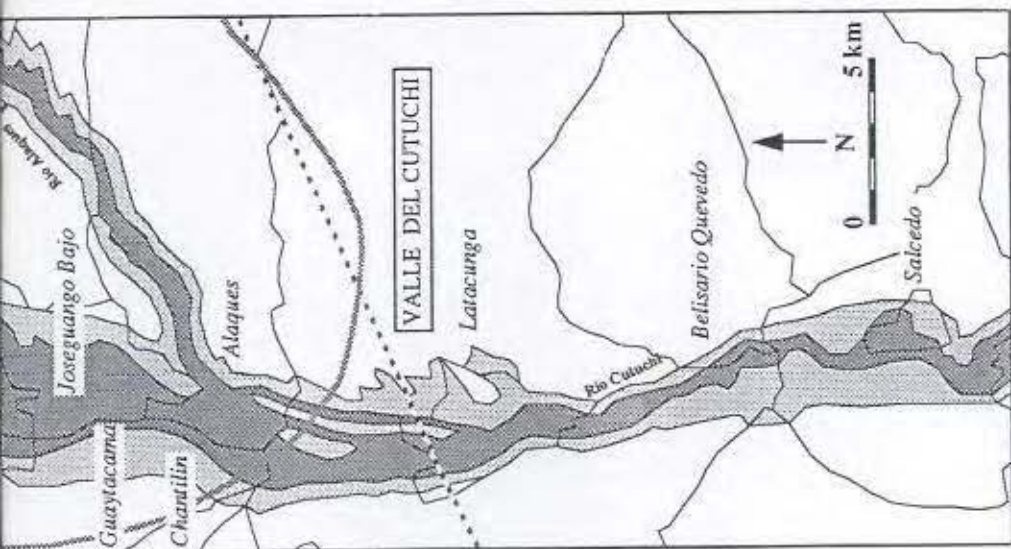
- Elevé à très élevé
- Relativement élevé
- Relativement faible
- Faible à très faible

Type de menace (cf. carte 7)

- Lahars (risque majeur)
- Lahars (risque mineur)







III. La cartographie de la perception du risque personnel

III.1. La méthode

La cartographie des facteurs de vulnérabilité des populations face à la menace du volcan Cotopaxi, constitue l'un des objectifs prioritaires de notre étude. Il s'agit non seulement de créer des outils de décision utiles en eux-mêmes, mais également de jeter des jalons méthodologiques dans un domaine qui jusqu'à présent, du moins à notre connaissance, n'a jamais débouché sur une représentation spatiale directement liée aux cartes de menaces potentielles. Dans le cas de la perception du risque personnel, nous présentons deux types de cartes.

Les cartes 18a et 18b sont des cartes par points, surtout utiles pour des études locales fines, et ne sont présentées qu'à titre d'essai dans ce chapitre. Elles ont pu être réalisées à partir du matériel informatique que l'ORSTOM a mis à notre disposition à Quito (station de travail SUN, système d'information géographique «Savane» mis au point par Marc Souris, informaticien de l'ORSTOM, et matériel graphique: digitaliseur, traceur, imprimante, etc.). Elles permettent de localiser chaque individu interrogé et d'observer les phénomènes en détail dans la mesure où apparaissent les quatre degrés de perception du risque et où l'on s'affranchit des limites imposées par les unités territoriales de base préalablement déterminées (carte 14). Ces unités demeurent néanmoins indispensables, au départ, pour la constitution des échantillons d'enquête.

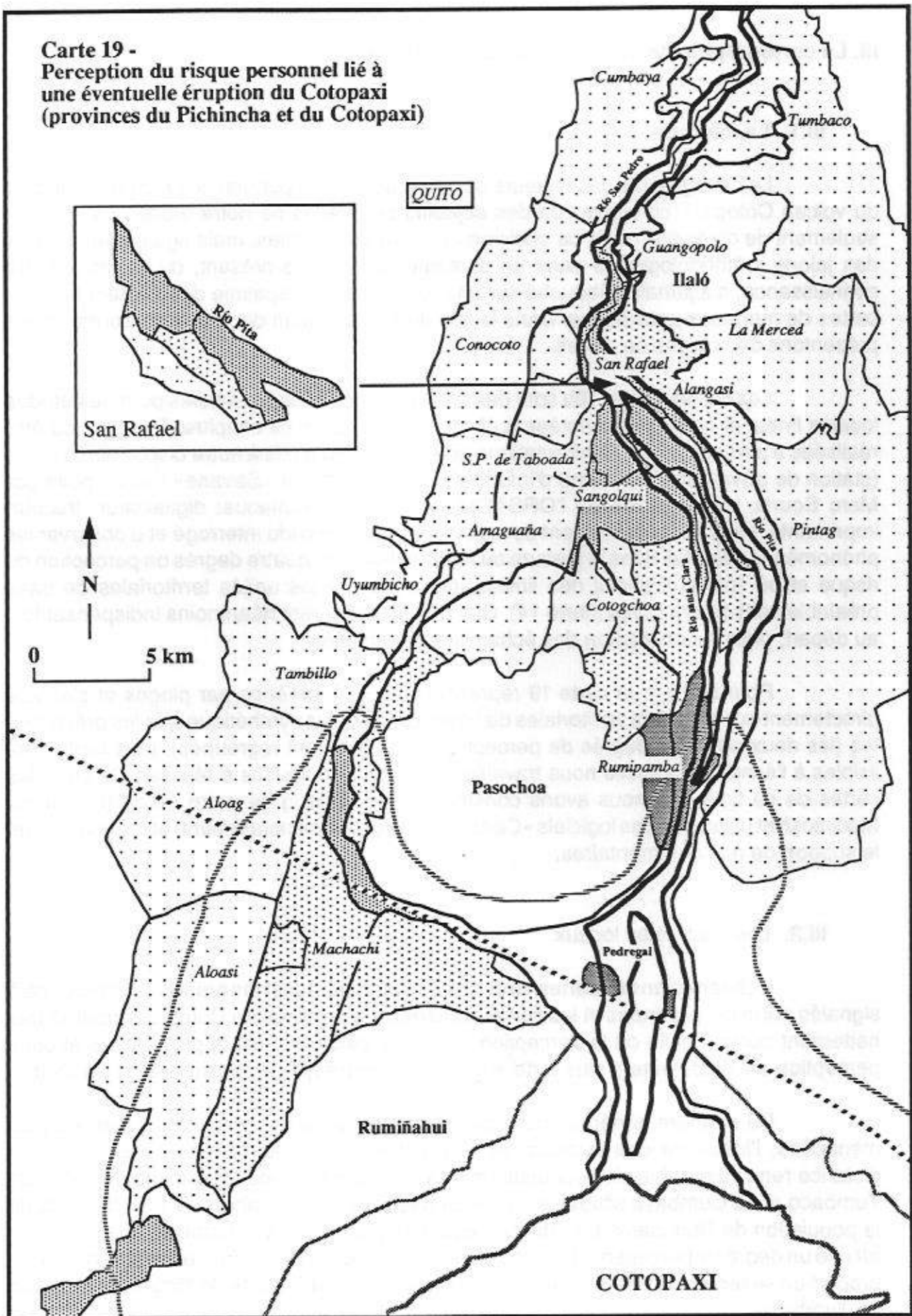
Pour sa part, la carte 19 représente les phénomènes par plages et s'appuie directement sur les unités territoriales de base. Elle est plus synthétique que les précédentes (les deux premiers degrés de perception du risque sont regroupés), plus facilement lisibles à l'échelle à laquelle nous travaillons et moins coûteuses à réaliser. Ce sont des cartes de ce type que nous avons construites tout au long de notre étude (travail sur Macintosh et utilisation des logiciels «Carto 2D» et «Canvas» notamment) et qui constituent le support de nos commentaires.

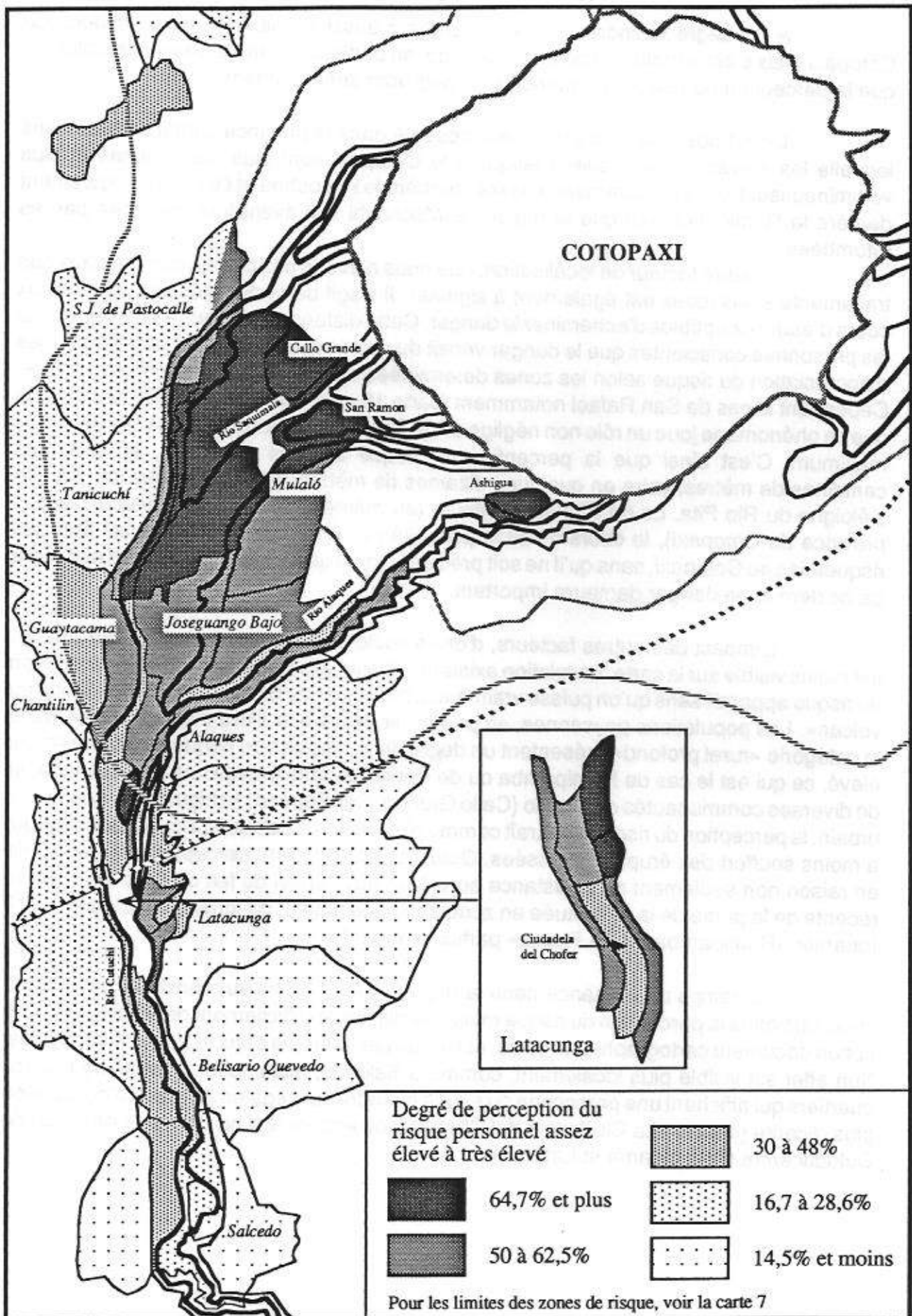
III.2. Les contrastes locaux

L'observation des cartes 18 et 19 permet de retrouver les grands contrastes déjà signalés entre les provinces et les zones de risque. La province du Cotopaxi apparaît très nettement comme celle où la perception du risque personnel est la plus élevée et cette perception est globalement plus forte au fur et à mesure que l'intensité du risque croît.

De manière générale, mais plus particulièrement au sein des zones les plus menacées, l'influence des facteurs de localisation est particulièrement visible. L'effet distance rend vulnérables les populations du Valle de los Chillos et plus encore celles de Tumbaco et de Cumbaya situées en zone de risque majeur de lahars. Si plus de 50 % de la population de Rumipamba ou de Pedregal (qui appartient à la paroisse de Machachi) affiche un degré de perception du risque que l'on peut considérer comme satisfaisant, cette proportion se réduit à 20-40% dans le Valle de los Chillos et à moins de 15% dans le bassin de Tumbaco.

Carte 19 -
Perception du risque personnel lié à
une éventuelle éruption du Cotopaxi
(provinces du Pichincha et du Cotopaxi)





A un degré moindre, le phénomène est aussi sensible dans la province du Cotopaxi mais c'est surtout au sud de Latacunga, en particulier dans le bassin de Salcedo, que la perception du risque commence à se dégrader sérieusement.

L'effet obstacle peut être mieux observé dans la province septentrionale dans laquelle les élévations naturelles masquant le Cotopaxi sont plus nombreuses et plus volumineuses. Il se fait notamment ressentir derrière le Pasochoa et l'Ilaló mais également derrière le Rumiñahui bien que la région de Machachi soit avant tout menacée par les retombées.

Un autre facteur de localisation, que nous n'avons pas pris en compte dans nos traitements statistiques est également à signaler. Il s'agit de la distance par rapport aux cours d'eau susceptibles d'acheminer le danger. Cette distance a souvent été évoquée par les personnes conscientes que le danger venait du rio et explique en partie les différences d'appréciation du risque selon les zones déterminées en fonction de l'intensité du risque. Cependant le cas de San Rafael notamment (carte 18 a ou carton de la carte 19), indique que ce phénomène joue un rôle non négligeable à l'intérieur de la zone à intensité de risque maximum. C'est ainsi que la perception du risque diminue fortement, en quelques centaines de mètres, voire en quelques dizaines de mètres, au fur et à mesure que l'on s'éloigne du Rio Pita. Le rio Pita est d'ailleurs (au même titre que le rio Cutuchi dans la province du Cotopaxi), le cours d'eau le plus cité par la presse lorsqu'elle fait état des risques liés au Cotopaxi, sans qu'il ne soit précisé jusqu'à quelle distance, de part et d'autre de ce dernier, le danger demeure important.

L'impact des autres facteurs, d'ordre socio-économiques, de part leur nature, est moins visible sur la carte. La relation existant entre le type de population et la perception du risque apparaît sans qu'on puisse vraiment la distinguer de la composante «distance au volcan». Les populations paysannes, en particulier celles que nous avons insérées dans la catégorie «rural profond» présentent un degré de perception du risque particulièrement élevé, ce qui est le cas de Rumipamba ou de Pedregal dans la province du Pichincha, et de diverses communautés de Mulalo (Callo Grande, San Ramon, Ashigua). Dans le milieu urbain, la perception du risque apparaît comme plus élevée à Latacunga qu'à Sangolqui qui a moins souffert des éruptions passées. Quant à Salcedo cette perception est très faible en raison non seulement de la distance au volcan mais aussi du fait de l'occupation très récente de la partie de la ville située en zone de risque majeur de lahars, affectée en 1877 (quartier «Rumipamba de las Rosas» particulièrement).

Le temps de présence dans la région, nous l'avons vu, constitue un élément important dans la perception du risque mais il se distingue difficilement des autres facteurs sur un document cartographique, ce qui est le cas par exemple dans le Valle de los Chillos. Son effet est visible plus localement, comme à Salcedo, mais aussi à Latacunga où les quartiers qui affichent une perception du risque moindre sont également ceux d'occupation plus récente (cas de «La Ciudadela del Chofer»), ou encore le long de la rive droite du rio Cutuchi entre Guaytacama et Latacunga.

La perception du risque, et plus précisément la perception du risque personnel, constitue un premier facteur de vulnérabilité des populations face aux risques liés au Cotopaxi. En raison de l'absence d'une expérience directe avec une manifestation du volcan, le niveau de perception peut paraître globalement élevé, ce qui signifie que d'autres sources d'information sont venues se substituer à l'expérience personnelle. Ces sources sont cependant de nature et de qualité inégale. L'information à travers l'école ou les manifestations des organismes de protection civile sont les plus efficaces mais ne concernent que peu de monde. Les médias et les conversations qui véhiculent la mémoire collective constituent les deux principales sources d'information. La première, trop générale se révèle d'une très faible efficacité et si la deuxième fournit davantage d'informations à l'individu, elle n'apparaît cependant que comme un palliatif dans la mesure où, bien que revigorée sous l'effet du Nevado del Ruiz, elle devient de moins en moins précise, donc moins utile surtout pour les plus jeunes. Il n'en demeure pas moins que la mémoire collective permet toujours de différencier très clairement les régions habitées lors des dernières grandes éruptions et dans lesquelles la perception du risque est relativement élevée et celles, qui, comme le Valle de los Chillos, constituaient il y a peu de temps encore des terrains de culture et d'élevage et qui accueillent aujourd'hui une population faiblement consciente des risques, sans cesse croissante.

L'information ou, en d'autres termes, l'expérience indirecte des éruptions passées du Cotopaxi, constitue un élément-clé dans la perception du risque mais il n'est pas le seul. La capacité d'interpréter les informations reçues selon la fréquence et la qualité du contact avec la nature ou selon le niveau d'instruction tend à influencer sur la perception du risque. Il en est de même, semble-t-il, des traits de caractère qui notamment distinguent les hommes et les femmes. Enfin, la localisation de chaque individu, par rapport au volcan, à un obstacle naturel ou à un rio dangereux, tend également à modeler cette perception et à différencier géographiquement les groupes humains.

Dans l'hypothèse d'une situation d'urgence engendrée par le Cotopaxi, et compte tenu d'une perception du risque très contrastée, certains groupes humains sont ainsi beaucoup plus vulnérables que d'autres, cependant cette vulnérabilité n'est pas simplement liée à une faible conscience du danger, mais également à la possibilité de sauvegarder sa vie que peut conférer la connaissance des moyens de protection.

Chapitre III

LA CONNAISSANCE DES MOYENS DE PROTECTION

Etre conscient d'être menacé par un phénomène naturel ne signifie pas pour autant savoir ce qu'il faut faire en cas de danger imminent, surtout lorsque les aléas ne sont pas clairement définis par les personnes exposées et parfois même par les autorités ou les scientifiques. Les solutions sont souvent très simples en théorie: rester chez soi lorsque le risque est faible ou inexistant, évacuer le secteur dans lequel on vit si ce risque est jugé sérieux. Il suffit parfois de s'élever de quelques dizaines de mètres pour se prémunir d'aléas tels que les lahars. Encore, dans ce cas précis, faut-il disposer du temps nécessaire, connaître les lieux de refuge et les routes les plus rapides et les plus sûres permettant d'y parvenir.

Tout en étant conscient du fait que chaque éruption peut présenter des caractéristiques particulières quant à la phénoménologie ou à l'intensité, notre éruption type demeure celle du 26 juin 1877, représentative des grandes éruptions connues par le Cotopaxi durant la période historique. C'est dans la perspective d'une éruption comparable que nous avons essayé d'évaluer, à la suite de la perception du risque, ce que nous désignons comme la connaissance des moyens de protection. Sous cette appellation, nous considérons essentiellement la connaissance des actions de base, en l'occurrence les déplacements des personnes, leur permettant de sauver leur vie face aux lahars qui sont les aléas les plus dangereux dans l'hypothèse d'une éruption du type de celle de 1877. Comme ce fut le cas pour la perception du risque personnel, nous présenterons une carte de la connaissance des moyens de protection et nous tenterons une interprétation des contrastes géographiques et sociaux observés.

I. Evaluation de la connaissance des moyens de protection

I.1. Mesure et cartographie

Afin d'estimer le niveau de connaissance des moyens de protection des personnes constituant l'échantillon, nous avons posé la question suivante: «*Supposons que vous voyiez le Cotopaxi entrer en éruption, que feriez-vous pour vous protéger?*». Nous avons en même temps demandé de justifier la réponse et sollicité des compléments d'information à ceux qui déclaraient vouloir partir de chez eux, notamment le lieu de refuge et la route d'évacuation.

Connaissant la localisation précise de chaque individu, nous avons comparé les réponses fournies aux solutions qui, cas par cas, peuvent permettre de se protéger. Ces solutions ont été déterminées en fonction de la logique et de notre expérience du terrain, mais également à l'aide des travaux réalisés par l'UNDRO en 1987-1988 pour le compte de la Protection Civile Equatorienne. Ces travaux ont abouti à l'élaboration de cartes au 1:25 000^e couvrant l'ensemble de la zone contenue dans la carte des menaces potentielles du Cotopaxi (l'ensemble de notre région d'étude, donc), comportant des indications sur la vulnérabilité du patrimoine (maisons, bâtiments publics, établissements industriels, infrastructures, etc.), indiquant aussi les lieux de refuge et les principales voies d'évacuation face au danger de lahars (Mothes, 1988).

De manière très synthétique en raison de l'échelle utilisée, nous avons représenté sur la carte 20 les principales voies d'évacuation et zones de refuge recommandées et porté un jugement sur celles-ci, distinguant celles qui paraissent fiables et celles qui, en l'absence d'alternatives sûres, peuvent présenter des risques (long parcours, rios dangereux à traverser, etc.). Cette carte comporte d'autres informations sur lesquelles nous reviendrons. Signalons cependant la représentation, par un figuré spécial, des lieux de refuge à accès dangereux, fréquemment cités par la population d'un secteur donné, afin de permettre une comparaison utile entre les réponses qui, localement et spontanément, peuvent être données à une situation d'urgence et les solutions considérées comme les moins périlleuses.

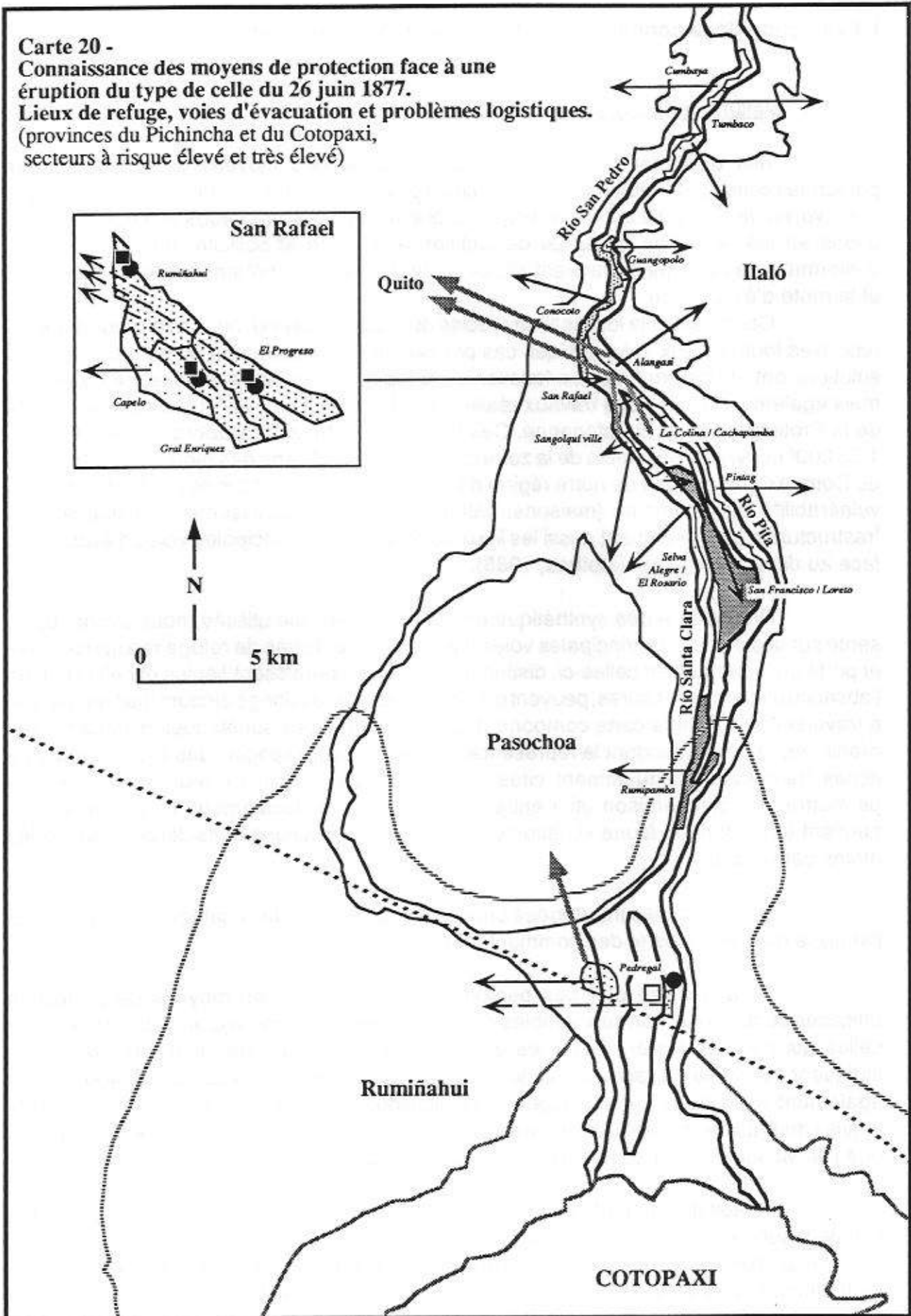
Les personnes interrogées ont été regroupées en deux catégories à la suite de l'analyse des réponses et des commentaires.

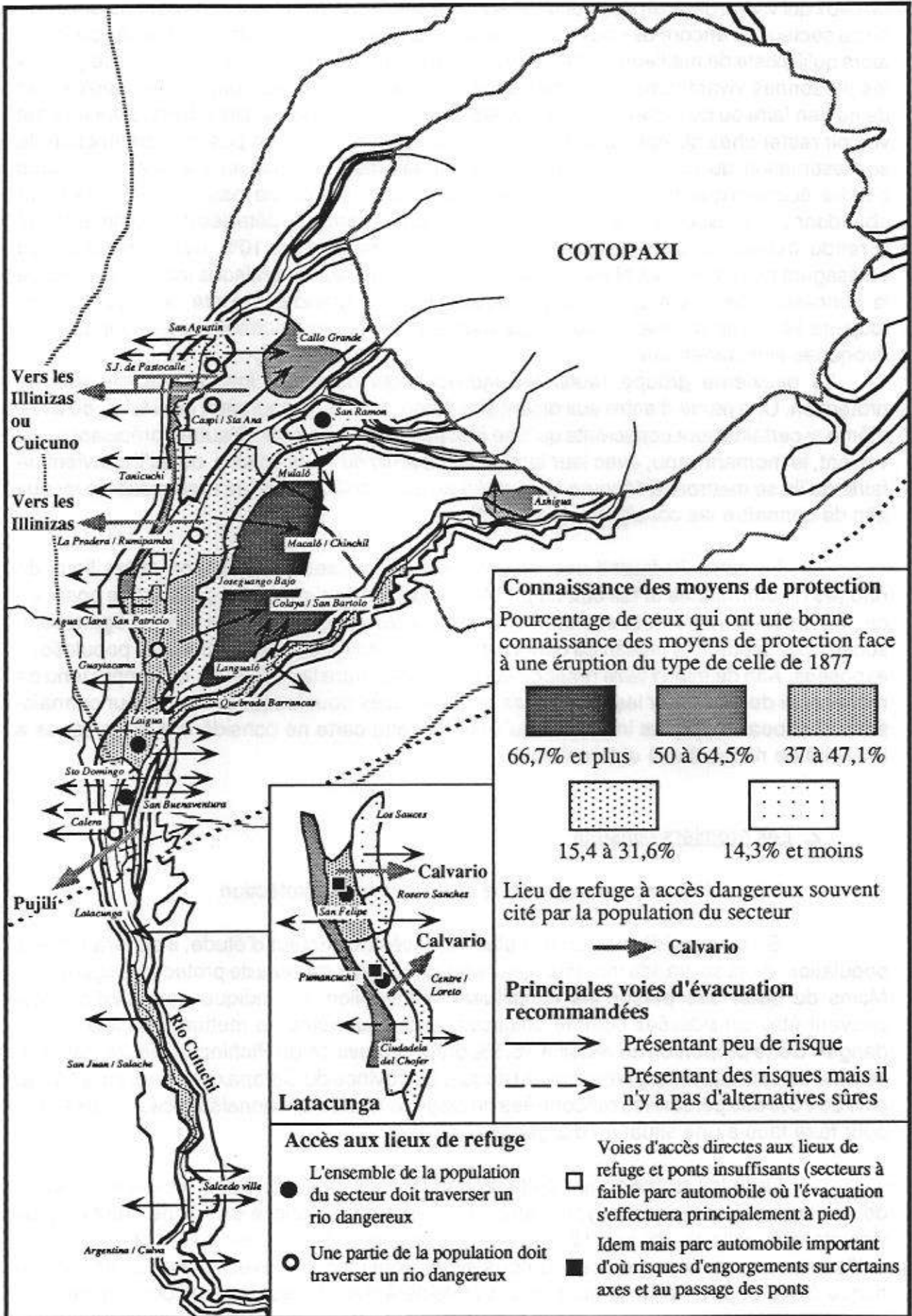
Il s'agit d'une part des personnes qui signalent des moyens de protection efficaces ou du moins non susceptibles d'entraîner de graves conséquences: par exemple celles qui pensent rester chez elles en l'absence de danger de lahars, ou celles qui indiquent des voies d'évacuation et des lieux de refuge parmi les plus fiables. Nous avons également inclu dans cette catégorie les individus qui envisagent des déplacements inutiles mais qui ne mettent pas leur vie en péril, comme par exemple se rendre à Quito alors que l'on vit sur les collines non exposées de Conocoto.

Il s'agit d'autre part de personnes qui ignorent les moyens de se protéger et que l'on peut subdiviser en deux groupes.

Le premier est celui des individus qui proposent des solutions probablement ou certainement dangereuses. C'est le cas de ceux qui quitteraient une zone présentant peu de dangers pour se rendre dans une zone particulièrement exposée ou pour la traverser,

Carte 20 -
Connaissance des moyens de protection face à une
éruption du type de celle du 26 juin 1877.
Lieux de refuge, voies d'évacuation et problèmes logistiques.
 (provinces du Pichincha et du Cotopaxi,
 secteurs à risque élevé et très élevé)





de ceux qui vivent dans un secteur dangereux et qui se déplaceraient sans pour autant sortir de ce secteur ou encore de ceux qui choisiraient un lieu de refuge lointain, à accès périlleux alors qu'il existe de meilleures alternatives à proximité. Font également partie de ce groupe les personnes vivant dans des zones à haut risque et qui considèrent que le mieux serait de ne rien faire ou de rester chez soi. Celles-ci ont posé problème. Un individu peut en effet vouloir rester chez soi car il s'agit pour lui de la meilleure solution possible en fonction de son estimation du risque. Son attitude peut également s'expliquer par d'autres raisons d'ordre économique et social notamment, comme le fait de ne pas vouloir ou pouvoir abandonner sa maison, ses animaux, ses terres. En fait l'analyse détaillée des commentaires a rendu mineur ce problème dans la mesure où seulement 10% des personnes qui envisagent de rester chez elles le feraient uniquement pour des raisons indépendantes de la connaissance des moyens de protection. Pour la grande majorité, le jugement est toujours lié à une estimation du risque même si les raisons économiques sont souvent évoquées simultanément.

Le deuxième groupe réunit les individus qui déclarent ignorer les moyens de protection. Une partie d'entre eux disent simplement qu'ils ne sauraient quoi faire, où aller, même si certains sont conscients qu'il ne faut pas rester chez soi. D'autres précisent qu'ils verront, le moment venu, avec leur famille, leurs amis ou leurs voisins, ce qu'il convient de faire, qu'ils se mettront à l'écoute de la radio ou qu'ils solliciteront les responsables locaux afin de connaître les consignes de protection.

La carte 20 fournit des indications sur les voies d'évacuation et les lieux de refuges recommandés et fait état de problèmes d'ordre logistique qui peuvent se poser en cas d'évacuation, selon les conditions d'accès aux zones de refuge. Elle indique également, secteur par secteur, le niveau de connaissance des moyens de protection des populations exposées. Afin de mieux faire ressortir les contrastes entre les secteurs, et compte tenu de notre souci de privilégier les régions les plus menacées pour lesquelles le facteur connaissance est beaucoup plus important qu'ailleurs, cette carte ne considère que les zones à intensité de risque élevé et très élevé.

1.2. Les premiers constats

1.2.1. Une ignorance générale des moyens de protection

Si l'on considère la zone la plus menacée du secteur d'étude, il apparaît que la population, dans sa grande majorité, ignore les principaux moyens de protection (figure 27). Moins du quart des personnes constituant l'échantillon ont indiqué des solutions qui peuvent être considérées comme efficaces ou qui du moins ne mettent pas leur vie en danger. Cette proportion se réduit à 16,5% dans la province du Pichincha (figure 28) et si, comme dans le cas de la perception du risque, la province du Cotopaxi fait meilleure figure, plus de 70% des personnes rencontrées ne disposent pas des connaissances nécessaires pour faire face à une situation d'urgence.

Dans les autres zones, cette proportion est logiquement plus élevée en fonction de nos hypothèses quant au type d'éruption. Cependant, dans le cas d'une éruption plus violente que celle du 26 juin 1877, peu de personnes disposeraient de connaissances suffisantes pour se protéger, ce que nous avons voulu montrer avec la zone à intensité de risque élevé et pour laquelle nous avons considéré deux types de situations (figure 27).

La figure 27, d'autre part, révèle que dans ces zones, la part de ceux qui ne sauraient quoi faire en situation d'urgence est particulièrement élevée (entre 24 et 37% selon la zone). Loin d'être négligeable est également la proportion de ceux qui proposent des solutions dangereuses alors que leur vie n'est théoriquement pas menacée par une éruption du type 1877 (entre 6 et 16%). C'est par exemple le cas de cette personne installée dans la zone de risque mineur de lahars, à Alangasi, et qui nous dit: «*il faudrait partir d'ici rapidement et filer à Quito* » ce qui suppose traverser les rios Pita et San Pedro, extrêmement dangereux, ou encore de cette mère de famille installée dans l'un des rares secteurs peu exposés de Mulalo et qui déclare: «*je ne sais pas vraiment ce que la peur me permettra de faire mais je pense que nous irions vers la Panaméricaine pour monter ensuite au sanctuaire de Cuicuno* [situé à l'ouest du rio Cutuchi sur les hauteurs de Tanicuchi]; nous avons déjà parlé de ça en famille», ce qui là encore suppose traverser inutilement la zone la plus menacée.

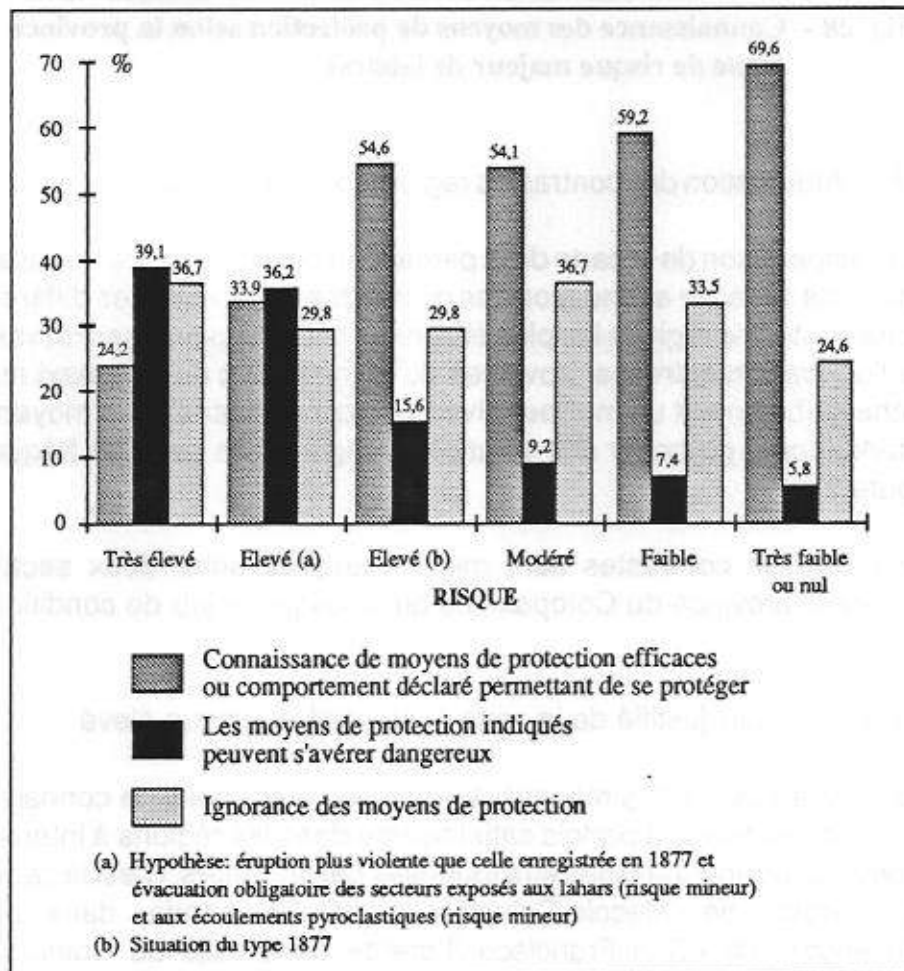


Fig. 27 - Connaissance des moyens de protection face à une éruption du type de celle de 1877, selon l'intensité du risque (provinces du Pichincha et du Cotopaxi)

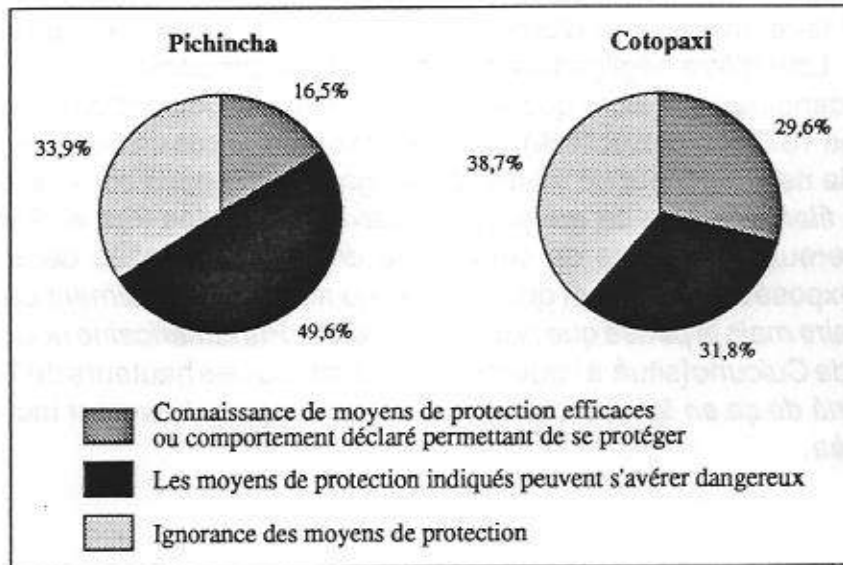


Fig. 28 - Connaissance des moyens de protection selon la province (zone de risque majeur de lahars)

1.2.2. Atténuation des contrastes régionaux, accentuation des contrastes locaux

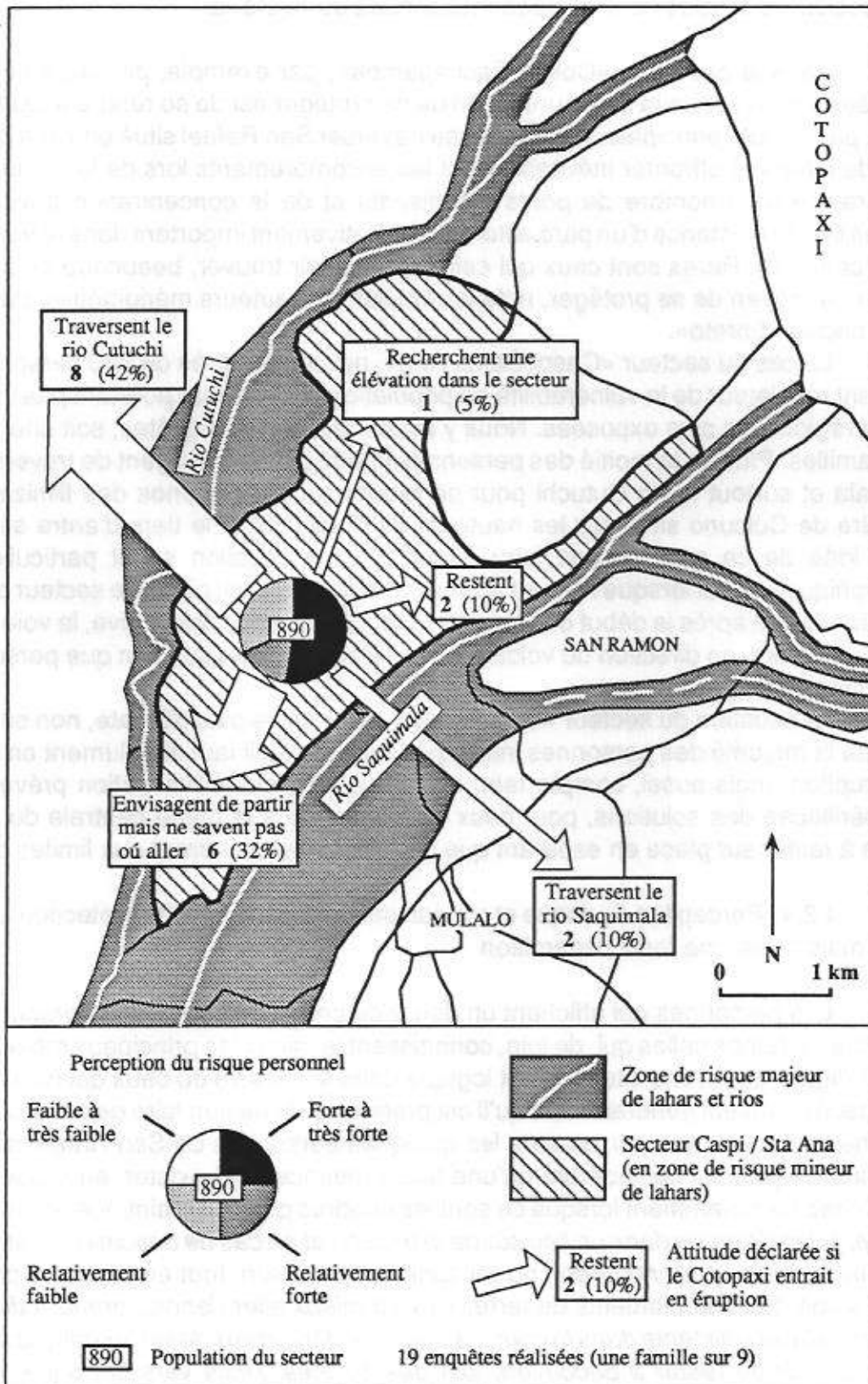
La comparaison de la carte de la perception du risque (carte 19) avec la carte 20 permet de noter une sensible atténuation des contrastes régionaux. Les différences ne sont plus aussi nettes entre les régions les plus éloignées et les plus proches du volcan. Il en est de même de l'opposition entre les provinces du Pichincha et du Cotopaxi même si cette dernière affiche globalement un meilleur niveau de connaissance des moyens de protection et si la tendance à proposer des solutions dangereuses est plus fréquente dans la première (figure 28).

En revanche, les contrastes sont mieux marqués entre deux secteurs voisins, notamment dans la province du Cotopaxi, ce qui implique le jeu de conditions purement locales.

1.2.3. Le choix justifié de la zone à intensité de risque élevé

La connaissance des moyens de protection, du moins la connaissance liée à notre hypothèse de départ, est parfois satisfaisante dans les régions à intensité de risque élevé qui ne devraient cependant pas être touchées par les lahars. C'est le cas des secteurs «Colaya/San Bartolo», de «Macalo/Chinchil», de «Callo Grande» dans la province du Pichincha ou encore de «San Francisco /Loreto» dans celle du Cotopaxi (carte 20). Cependant si dans ces secteurs, la proportion de ceux qui sont susceptibles de commettre de graves erreurs est relativement faible, bien que non négligeable, il n'en va de même dans d'autres, tels que «La Colina/Cachapamba» (paroisse de Sangolqui), «Joseguango Bajo», où «San Ramon» et «Caspi/Santa Ana» situés dans la paroisse de Mulalo.

Le choix auquel nous avons procédé dès le départ et qui consistait à inclure les secteurs pouvant être enserrés par les lahars dans une catégorie intermédiaire entre la zone à intensité de risque très élevé et la zone à intensité de risque modéré (carte 13), paraît



Carte 21 - Ignorance des moyens de protection dans le secteur «Caspi/Santa Ana» (paroisse de Mulalo, province du Cotopaxi)

donc tout à fait justifié. Nombreuses sont les personnes qui envisagent de sortir d'un tel type de zone en cas d'urgence, mais les solutions proposées sont généralement dangereuses et les possibilités locales de protection méconnues ou rejetées.

Dans le cas de la «Colina/Cachapamba», par exemple, plusieurs personnes interrogées estiment que la meilleure façon de se protéger est de se rendre à Quito et, qui plus est, par la route principale. Cela suppose traverser San Rafael situé en zone de risque majeur de lahars et affronter inévitablement les encombrements lors de la traversée des rios en raison d'un nombre de ponts insuffisants et de la concentration prévisible de véhicules liée à l'existence d'un parc automobile relativement important dans le Valle de los Chillos (carte 20). Rares sont ceux qui estiment pouvoir trouver, beaucoup plus près de chez eux, le moyen de se protéger, notamment sur les hauteurs méridionales du secteur «San Francisco/Loreto».

Le cas du secteur «Caspi/Santa Ana», qui compte près de 900 personnes, est également révélateur de la vulnérabilité de populations qui ne sont pourtant pas installées dans les régions les plus exposées. Nous y avons réalisé 19 enquêtes, soit une enquête pour 9 familles. Plus de la moitié des personnes interrogées envisagent de traverser le rio Saquimala et surtout le rio Cutuchi pour se rendre sur les paramos des Illinizas ou au sanctuaire de Cuicuno situé sur les hauteurs de Tanicuchi et le tiers d'entre elles n'ont aucune idée de ce qu'il faudrait faire (Carte 21). La situation serait particulièrement catastrophique surtout lorsque l'on sait que les lahars pourraient piéger le secteur en moins d'une demi-heure après le début de l'éruption. Sauf évacuation préventive, la voie de salut se situe en amont, en direction du volcan, mais il s'agit là d'une solution que personne n'a voulu envisager.

La situation du secteur «San Ramon» est encore plus délicate, non seulement parce que la majorité des personnes interrogées estime qu'il faut absolument en sortir en cas d'éruption, mais aussi, compte tenu du fait qu'à défaut d'évacuation préventive, la moins périlleuse des solutions, pour ceux qui vivent dans la partie centrale du secteur, consiste à rester sur place en espérant que les lahars s'en tiendront aux limites de 1877!

1.2.4. Perception du risque et connaissance des moyens de protection: une forte relation mais aussi une forte déperdition

Les personnes qui affichent un degré de perception du risque personnel élevé sont en même temps celles qui, de loin, connaissent le mieux les principaux moyens de se protéger (figure 29). Cette situation est logique dans la mesure où ceux qui ne s'estiment pas menacés pensent généralement qu'il est préférable de ne rien faire de particulier ou de rester chez soi. Les gens qui, comme les quelques personnes de San Rafael dont nous rapportons les propos, considèrent qu'une faible menace peut exister, envisagent de se réfugier chez soi notamment lorsque ce sont les cendres que l'on craint : *«je réunirais toute la famille, je l'installerais dans un lieu sûr de la maison et en cas de besoin nous utiliserions des tissus humides pour respirer»*, ou de sortir de la maison, tout en restant à proximité, lorsqu'il s'agit des tremblements de terre : *«il vaut mieux aller dehors, prendre de quoi se nourrir et installer une tente dans la cour; ça peut être dangereux de rester dans la maison»*, *«il est plus sûr de rester à découvert, loin des édifices, j'irais vers le rio [!]»*. Certains craignent davantage les mouvements de foule que le volcan : *«dans ces circonstances, les gens s'affolent dans la rue, il vaut mieux rester chez soi»*. D'autres enfin partiraient, au cas où, même s'ils ne s'estiment pas particulièrement en danger : *«je crois que j'irais m'installer chez des parents à Quito, en attendant que ça se passe, on ne sait jamais»*.

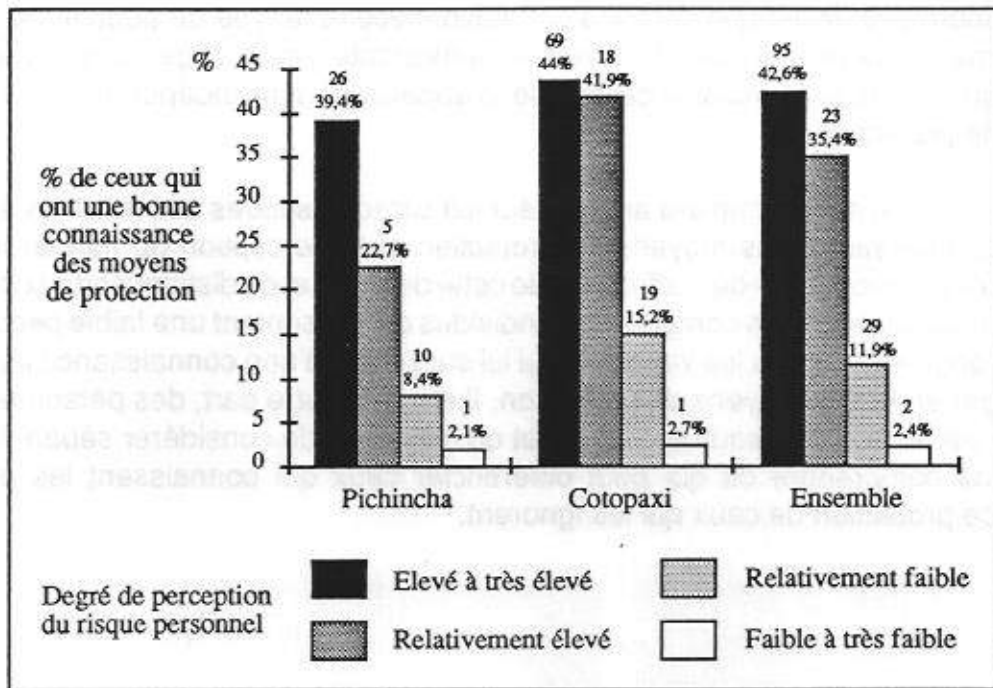


Fig. 29 - Connaissance des moyens de protection et perception du risque personnel (provinces du Pichincha et du Cotopaxi, zone de risque majeur de lahars)

La forte relation qui existe entre la perception du risque et la connaissance des moyens de protection ne peut cependant pas masquer ce que nous considérons comme une importante déperdition chez ceux dont la perception du risque est élevée. En effet, parmi ces derniers, près de 60% ignorent la manière de se protéger efficacement (figure 29), ce qui déjà met en évidence un effet relatif de la perception du risque sur le comportement, surtout dans l'hypothèse d'une population livrée à elle-même durant une période d'urgence. C'est cette déperdition, notamment, que nous allons tenter d'expliquer.

II. Les facteurs liés à la connaissance des moyens de protection

II.1. La mesure des relations

De la même manière que pour la perception du risque personnel nous avons procédé à la mesure statistique des relations possibles entre la connaissance des moyens de protection et les variables de localisation, socio-économiques et d'information préalablement sélectionnées (tableau 33a). Le fort coefficient d'association unissant la perception du risque à la connaissance des moyens de protection confirme nos premières observations. Cependant le poids important de la perception du risque fait que les variables liées à celle-ci, par redondance, sont globalement les mêmes que celles qui sont en rapport avec la connaissance des moyens de protection (tableau 27, p.184). Des nuances sont toutefois observables. Si les variables d'information, surtout celles qui ont trait au Cotopaxi, semblent toujours jouer un rôle décisif, l'effet des variables de localisation, notamment la distance au volcan, est sensiblement atténué. Il en est de même de la variable province,

ce que nous avons déjà signalé. En revanche les relations avec certaines variables d'ordre socio-économique, telles que l'activité professionnelle et le type de population sont plus étroites, mais plus distendues ou devenues inexistantes avec l'âge ou le niveau socio-économique. Enfin, la connaissance des aléas apparaît comme indépendante de celle des moyens de protection.

En fait, notre première analyse sur les caractéristiques des relations existantes entre la connaissance des moyens de protection et la perception du risque personnel, montre qu'il est nécessaire de s'affranchir de cette dernière et de distinguer deux catégories de personnes. La première comprend les individus qui présentent une faible perception du risque à l'origine, à travers les variables qui lui sont liées, d'une connaissance insuffisante et quasi-générale des moyens de protection. Il s'agit, d'autre part, des personnes dont le degré de perception du risque est élevé, et qu'il est utile de considérer séparément pour essayer de comprendre ce qui peut différencier ceux qui connaissent les principaux moyens de protection de ceux qui les ignorent.

A
QUEL QUE SOIT LE DEGRE
DE PERCEPTION DU RISQUE

Variables	Risque d'erreur (test du X ²)	Coefficient d'association V de Cramer
Perception du risque	p<0,001	0,377
Inform. sur le Cotopaxi	p<0,001	0,2
Type de population	p<0,001	0,196
Activité professionnelle	0,001<p≤0,01	0,174
Province	p<0,001	0,15
Connaissance Ruiz	p<0,001	0,136
Obstacles	0,001<p≤0,01	0,143
Distance au volcan	0,001<p≤0,01	0,14
Sexe	0,001<p≤0,01	0,106
Biens possédés	0,01<p≤0,02	0,121
Connaissance aléas	0,05<p≤0,1	0,102
Age	0,20<p≤0,30	0,078
Temps de résidence	0,30<p≤0,50	0,064
Confiance	0,30<p≤0,50	0,063
Niveau socio-éco.	0,50<p≤0,70	0,054
Nb personnes/famille	0,90<p≤0,95	0,028

B
PERCEPTION DU RISQUE
ASSEZ ELEVEE A TRES ELEVEE

Variables	Risque d'erreur (test du X ²)	Coefficient d'association V de Cramer	Type de relation
Type de population	0,001<p≤0,01	0,239	Relation forte et certaine
Activité professionnelle	0,02<p≤0,05	0,223	
Obstacles	0,02<p≤0,05	0,164	Relation existante Assez faible risque d'erreur
Sexe	0,02<p≤0,05	0,136	
Connaissance Ruiz	0,02<p≤0,05	0,118	
Inform. sur le Cotopaxi	0,05<p≤0,1	0,171	
Province	0,10<p≤0,20	0,077	Relation très faible ou inexistante
Biens possédés	0,20<p≤0,30	0,094	
Age	0,30<p≤0,50	0,107	
Distance au volcan	0,30<p≤0,50	0,097	
Connaissance aléas	0,30<p≤0,50	0,097	
Nb personnes/famille	0,50<p≤0,70	0,085	
Confiance	0,50<p≤0,70	0,084	
Niveau socio-éco.	0,70<p≤0,80	0,063	
Temps de résidence	0,90<p≤0,95	0,44	

Tab. 33 - Relations statistiques entre les variables sélectionnées et la connaissance des moyens de protection

II.2. Type de population et activité professionnelle

C'est l'activité professionnelle, et à travers celle-ci, le type de population, qui semblent, compte tenu des variables choisies, contribuer le mieux à expliquer l'inégale connaissance des moyens de protection observable chez ceux dont la perception du risque est élevée (tableau 33b). En effet, ce sont les agriculteurs qui connaissent le mieux, ou plutôt qui ignorent le moins les moyens de protection adéquats (figure 30). C'est également dans cette catégorie que la distorsion entre le degré de perception et le niveau de connaissance est la moins prononcée. Cette distorsion est beaucoup plus importante dans les autres catégories, même dans celles des professions libérales, enseignants ou du personnel administratif qui pourtant affichent un degré de perception du risque comparable à celui des agriculteurs (revoir la figure 23. p.196).

La connaissance des moyens de protection, mesurée selon le type de population, reflète clairement cette situation et permet de distinguer trois groupes humains (figure 31):

- le monde paysan («rural haciendas» et «rural profond»), le moins vulnérable vis-à-vis du facteur de comportement qu'est la connaissance des moyens de protection;
- les milieux urbains et villageois, qui le sont davantage et qui sont très proches dans la mesure où les catégories professionnelles qui les composent ne présentent plus guère de différences dans le domaine de la connaissance;
- le milieu péri-urbain, qui comme dans le cas de la perception du risque et pour les mêmes raisons, constitue le groupe humain le plus vulnérable.

D'autre part, compte tenu de la moins bonne tenue des professions libérales, enseignants et du personnel administratif, et des contrastes déjà observés au sein des catégories sociales les moins élevées, il n'existe plus de relation entre la connaissance des moyens de protection et le niveau socio-économique (tableau 34).

La situation privilégiée des paysans s'explique de la même manière que pour la perception du risque: une meilleure connaissance de la nature et du terrain appuyée par une mémoire collective inégale mais globalement de meilleure qualité que les autres sources d'information. De plus, et ceci ne répond qu'à la logique, les lieux de refuges et les chemins pour les atteindre, sont certainement plus évidents à reconnaître ou du moins plus facilement visibles dans un milieu ouvert que dans le milieu plus fermé des villages et surtout des villes. Il est nécessaire, cependant, d'insister sur le caractère relatif de ces appréciations concernant le monde paysan car guère plus du tiers des personnes qui le composent présente un niveau de connaissance des moyens de protection satisfaisant.

I.3. L'information

Le rôle de l'information, notamment de la source d'information concernant le Cotopaxi, sur la connaissance des moyens de protection paraît important mais la relation est un peu moins forte que dans le cas de la perception du risque personnel, surtout si l'on considère uniquement ceux qui affichent un degré de perception du risque élevé (tableau 33b). Le risque d'erreur se situe entre 5 et 10% en raison d'un effectif insuffisant par rapport au nombre de valeurs utilisé, mais le coefficient d'association est élevé, ce qui justifie notre analyse.

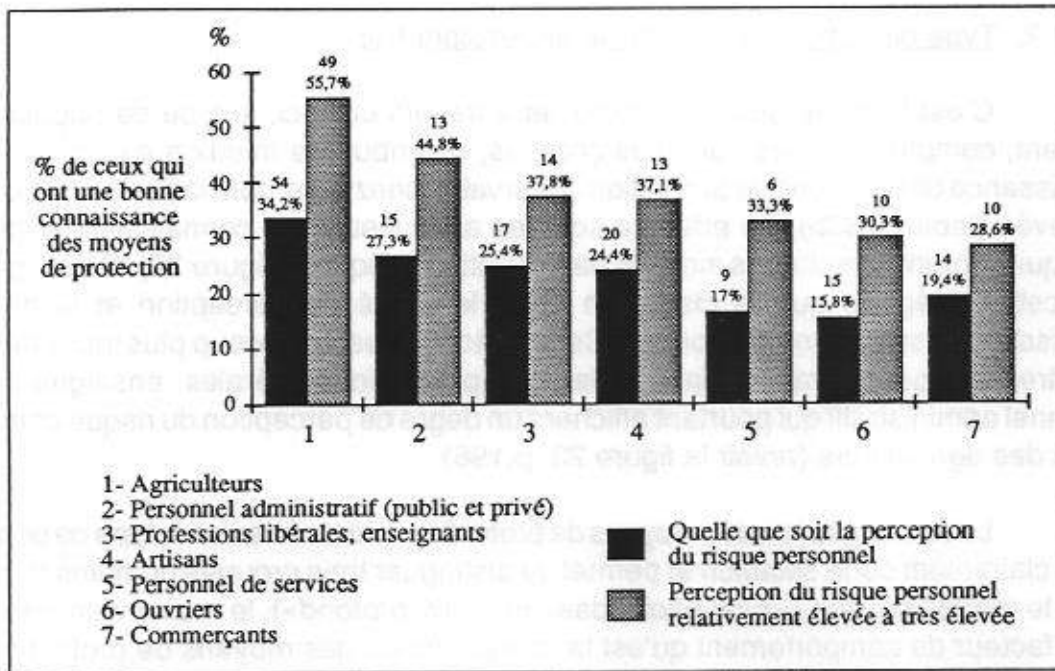


Fig. 30 - Connaissance des moyens de protection selon l'activité professionnelle (zone de risque majeur de lahars)

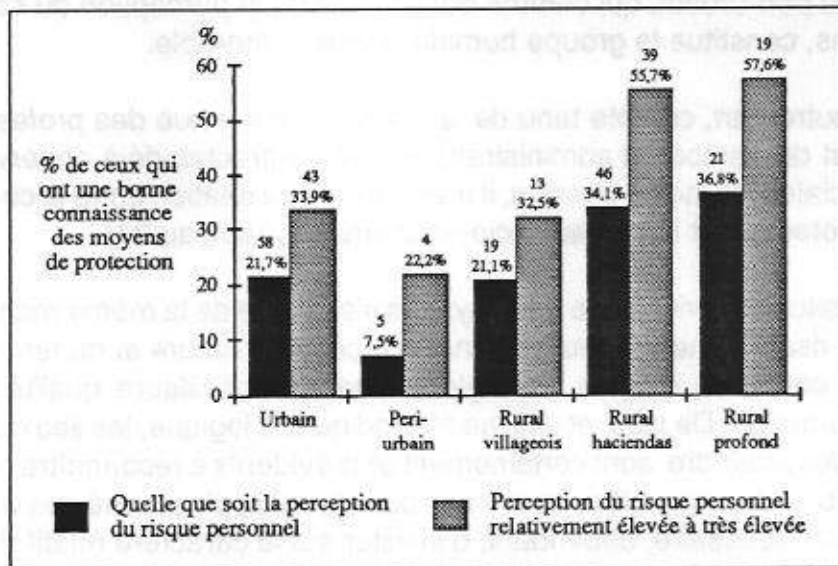


Fig. 31 - Connaissance des moyens de protection selon le type de population (zone de risque majeur de lahars)

Niveau socio-économique	MOYENS DE PROTECTION CONNUS			
	Quelle que soit le degré de perception du risque		Perception du risque assez élevée à très élevée	
	Nb	%	Nb	%
Faible à très faible	18	24,3	14	46,7
Relativement faible	54	21,9	41	41
Relativement élevé	41	24,6	35	37,2
Élevé à très élevé	36	28,1	28	43,8

Tab. 34 - Connaissance des moyens de protection selon le niveau socio-économique (zone de risque majeur de lahars)

Les contrastes observés entre l'effet des conversations, en grande partie liées à la mémoire collective, et celui des médias sur la connaissance des moyens de protection, sont pratiquement du même ordre que ceux que nous avons observés avec la perception du risque personnel (figure 32). Cependant, deux observations s'imposent.

La première concerne l'école et les organismes de protection civile, très efficaces pour engendrer une certaine conscience du risque, beaucoup moins pour fournir des réponses individuelles utiles lors d'une éventuelle situation d'urgence (comparer la figure 18, p.189, à la figure 32). Moins de 39% des personnes informées de cette manière connaissent les moyens de se protéger et surtout, cette proportion n'est guère différente chez les personnes dont la perception du risque est élevée (moins de 45%). L'action de l'école et des organismes de protection civile, lorsqu'elle existe, présente, par rapport aux médias, l'avantage de s'exercer localement, mais n'en demeure pas moins partielle si ce n'est superficielle dans la majorité des cas.

La deuxième observation touche à l'inégale efficacité de la mémoire collective. Plus de 70% des personnes dont les conversations constituent la principale source d'information sur le volcan, ignorent les moyens de se protéger et quand la perception du risque est forte cette proportion est encore supérieure à 50%. La mémoire collective maintient une conscience du risque relativement élevée mais elle est devenue, de manière générale, trop imprécise pour fournir des solutions locales efficaces. En d'autres termes, on a retenu le danger mais on a oublié le moyen de l'éviter.

Pour sa part, l'effet Ruiz, non négligeable sur la perception du risque, semble également jouer un rôle dans la connaissance des moyens de protection dans la mesure où les personnes conscientes du risque personnel, mais qui n'ont pas entendu parler du Nevado del Ruiz, ignorent plus que les autres les moyens de se protéger (figure 33). Cet effet, dont il est difficile de connaître la nature est somme toute très relatif car la catastrophe colombienne est connue par près de 80% des personnes et parmi ces dernières, plus de 70% ne sauraient pas comment se protéger si le Cotopaxi entrait en éruption.

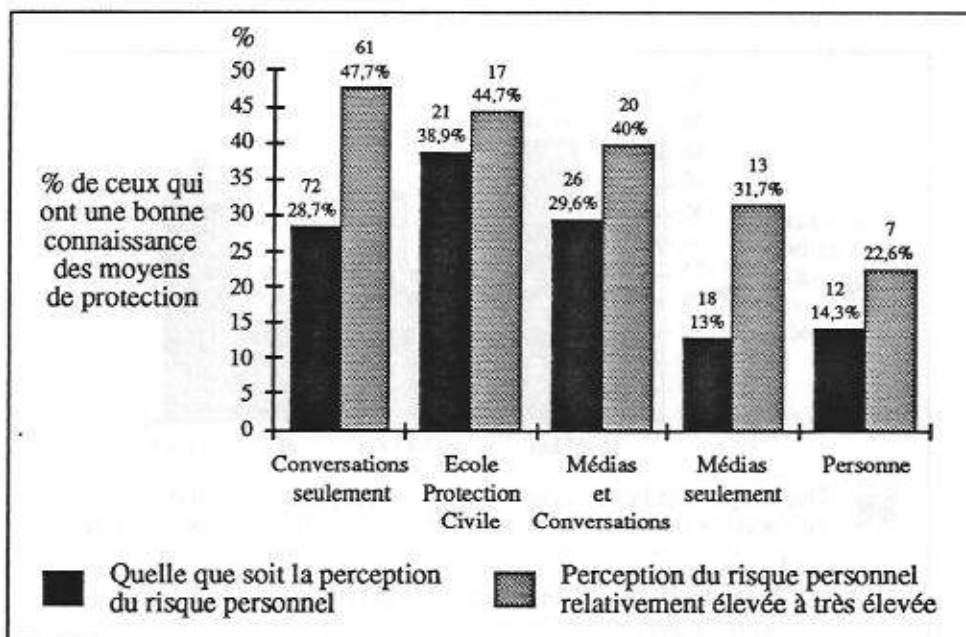


Fig. 32 - Connaissance des moyens de protection selon la source d'information sur le Cotopaxi (zone de risque majeur de lahars)

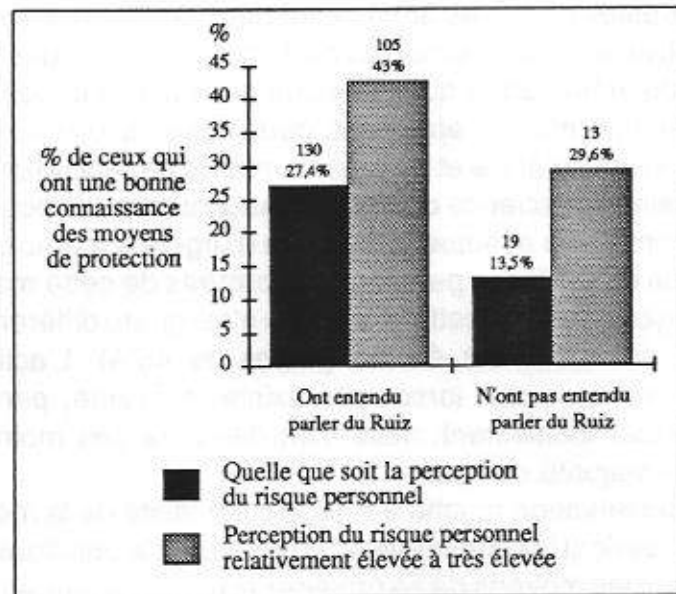


Fig. 33 - Connaissance des moyens de protection selon l'information sur le Ruiz (zone de risque majeur de lahars)

II.4. Les facteurs de localisation

L'éloignement du volcan constituait une variable déterminante de la perception du risque personnel mais son effet est incontestablement plus faible sur la connaissance des moyens de protection et paraît disparaître chez ceux dont la perception du risque est élevée (tableau 33, carte 20). En dépit d'un risque d'erreur élevé, il semblerait que cette connaissance soit de meilleure qualité chez ceux qui vivent très près du Cotopaxi (figure 34) mais cette tendance relative est vraisemblablement liée au fait que les paysans constituent l'essentiel de la population vivant à proximité du volcan.

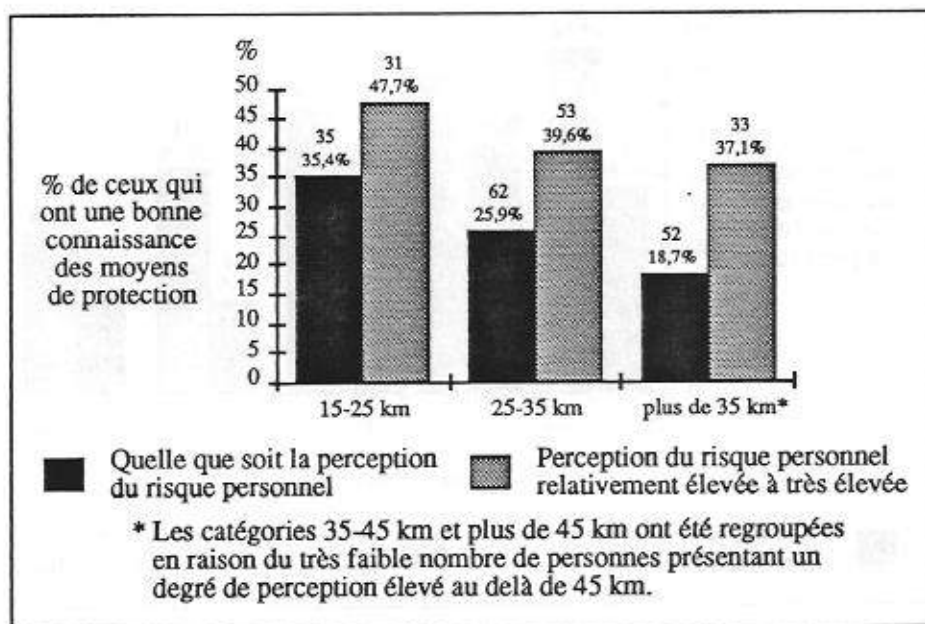


Fig. 34 - Connaissance des moyens de protection selon la distance au volcan (zone de risque majeur de lahars)

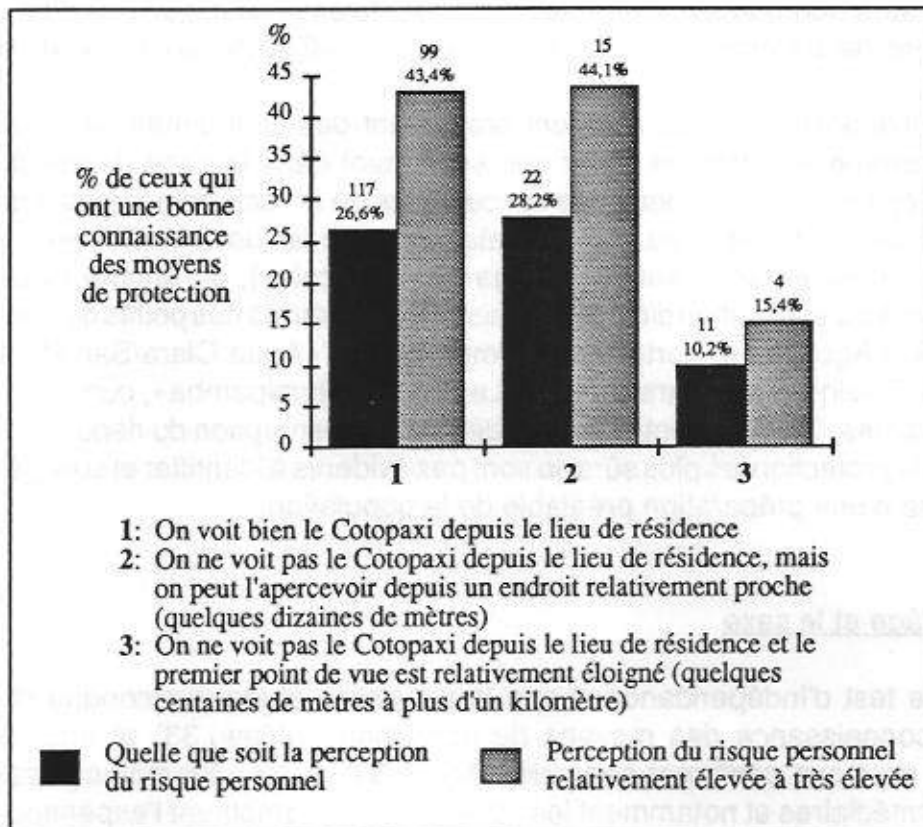


Fig. 35 - Connaissance des moyens de protection selon l'existence ou l'absence d'obstacles visuels (zone de risque majeur de lahars)

En revanche, il existe une assez forte relation entre la connaissance des moyens de se protéger et l'existence d'obstacles entre les individus et le Cotopaxi. Cette relation semble même se consolider quand la perception du risque est élevée (tableau 33). Une analyse plus détaillée permet d'observer une différence très significative entre ceux pour lesquels le Cotopaxi est visible en permanence ou pour lesquels les obstacles sont facilement contournables et ceux qui ont rarement l'occasion de voir le volcan (figure 35). Dans un contexte de non préparation des populations, les gens se font une idée des problèmes et des solutions à apporter en fonction de ce qu'ils entendent mais aussi de ce qu'ils voient, ce qui explique une déperdition extrêmement forte entre la perception du risque (quand celle-ci est élevée) et la connaissance des moyens de protection quand un obstacle naturel suffisamment important vient s'interposer entre l'individu et la source de danger.

Une dernière variable de localisation, qui n'a pas été mesurée directement et qui n'a donc pas été prise en compte dans le traitement statistique, semble exercer un rôle non négligeable sur la connaissance des moyens de protection. Il s'agit de ce que nous désignons comme « effet de marge », c'est à dire le fait de se trouver en bordure d'une zone de risque. Cette localisation particulière, surtout lorsque le franchissement de cours d'eau dangereux n'est pas nécessaire et que la nature du risque est connue, rend plus facile le choix d'un lieu de refuge ainsi que celui des voies d'évacuation. Cet effet de marge est particulièrement sensible à Rumipamba (province du Pichincha) où le Pasochoa constitue le lieu idéal de refuge pour la majorité de la population (carte 20). Il semble aussi jouer dans

certaines secteurs donnant sur les hauteurs occidentales et situés à l'ouest des rios dont il est nécessaire de s'éloigner (secteurs «Tanicuchi», «Guaytacama» et «Pumancuchi», notamment).

A l'opposé, d'autres secteurs présentent des contraintes de localisation très marquées, comme le fait de se situer non seulement dans la zone de risque majeur de lahars, mais également entre deux rios susceptibles de les acheminer (cas d'une partie de la population de «La Calera» au nord de Latacunga), le fait de vivre au centre d'une zone de risque particulièrement étendue («Laiga» en particulier), ou encore celui de ne pas disposer de voies d'évacuation directes en liaison avec la rareté des points de franchissement des rios («San Agustin» et certaines communautés d'«Agua Clara/San Patricio» ou de «Pedregal»). Quelques secteurs comme «La Pradera/Rumipamba», cumulent l'ensemble de ces contraintes. Dans ce contexte et en dépit d'une perception du risque parfois élevée, les moyens de protection les plus sûrs ne sont pas évidents à identifier et sont généralement ignorés, faute d'une préparation préalable de la population.

II.5. L'âge et le sexe

Le test d'indépendance rejette la possibilité d'une quelconque relation entre l'âge et la connaissance des moyens de protection (tableau 33) et une analyse plus poussée ne peut que confirmer cette idée (figure 36). Il est néanmoins possible que les classes intermédiaires et notamment les 30-44 ans, qui combinent l'expérience, l'initiative et la force physique, présentent un meilleur niveau de connaissance des moyens de se protéger, ce que suggère la figure.

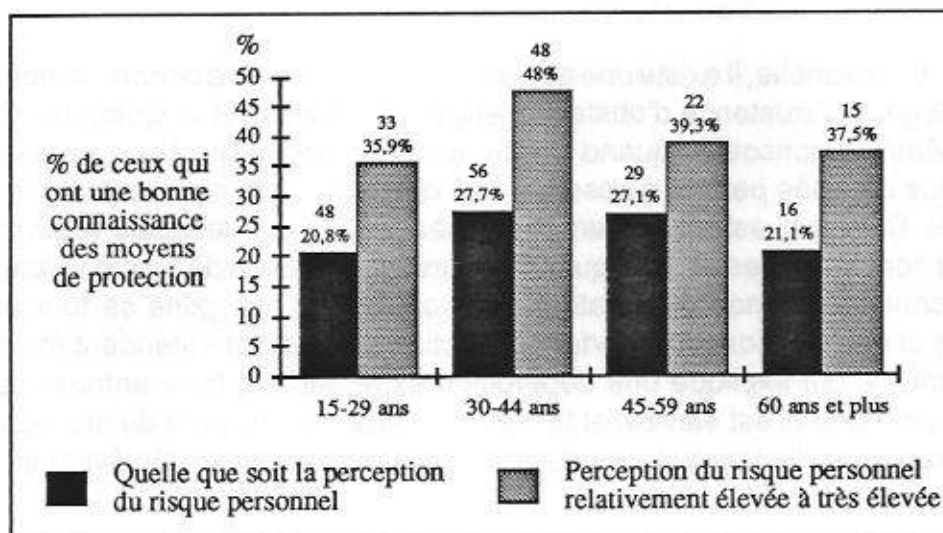


Fig. 36 - Connaissance des moyens de protection selon l'âge (zone de risque majeur de lahars)

D'autre part, et le test d'indépendance le confirme, les hommes affichent une meilleure connaissance des moyens de protection que les femmes (figure 37) et ce, quel que soit le degré de perception du risque, plus élevé d'ailleurs chez les femmes que chez les hommes. Les hommes sont-ils plus pragmatiques? Ont-ils davantage les moyens de s'informer? Cela se pourrait, surtout dans le milieu paysan où les femmes sont confinées

aux travaux domestiques et sortent relativement peu de chez elles alors que les hommes sont davantage au contact de la nature et des sources d'information. Là encore, comme pour l'âge une étude plus poussée que la nôtre serait souhaitable.

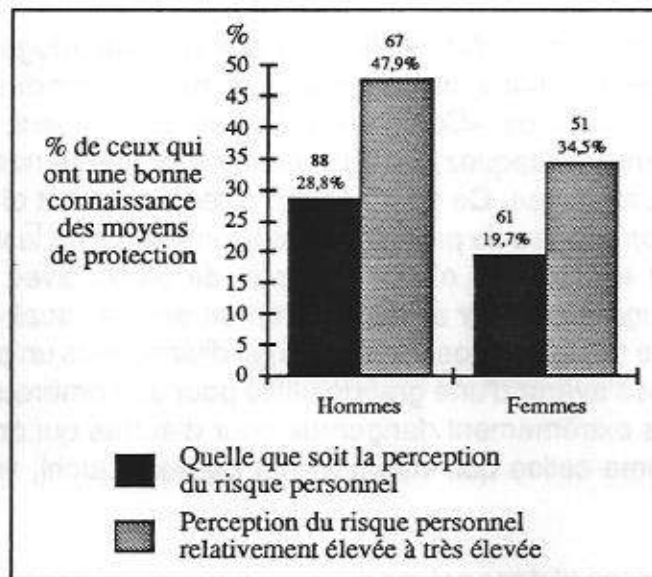


Fig. 37 - Connaissance des moyens de protection selon le sexe (zone de risque majeur de lahars)

II.6. Les préjugés

Les préjugés, autrement dit, les opinions préconçues que les gens peuvent avoir à propos des solutions à apporter à une situation d'urgence, exercent une influence, parfois très locale, qu'il était difficile de cerner lors de la phase préparatoire de notre étude afin de pouvoir envisager une étude spécifique. Les réponses et commentaires des personnes interrogées nous ont cependant permis d'en identifier un certain nombre.

Le fait de devoir obligatoirement s'éloigner d'un volcan en éruption est une conception largement répandue. Nous avons vu, entre autres avec l'exemple de la paroisse de Mulalo, que celle-ci pouvait même inciter des personnes à sortir d'une zone relativement peu exposée ou à rejeter des solutions locales pour pénétrer dans une zone particulièrement dangereuse. Intuitivement, l'idée de se rapprocher de la source de danger est difficilement acceptable surtout lorsque les personnes concernées ne sont pas préparées et n'ont pas conscience des risques réels ou du temps dont elles peuvent disposer en cas d'urgence.

L'attrait de la grande ville comme lieu de protection privilégié est caractéristique des populations du Valle de los Chillos (carte 20). Le fait de vouloir se rendre à Quito se justifie lorsque l'on vit à San Rafael, beaucoup moins lorsqu'on habite Sangolqui et cela devient très périlleux depuis Alangasi ou des secteurs tels «La Colina/Cachapamba» ou «Selva Alegre/El Rosario». Cette situation n'est pas sans rappeler l'attrait exercé par Saint-Pierre de la Martinique vis-à-vis de la population rurale environnante avant l'éruption de la Montagne Pelée en 1902, à ceci près que la ville de Quito n'est pas menacée par le Cotopaxi et que le danger ne provient pas du lieu de refuge mais des voies empruntées pour y

parvenir compte tenu du peu de temps disponible. Latacunga, dont les conditions se rapprochent davantage de celles de Saint-Pierre, n'exerce manifestement pas le même attrait que la capitale mais dans ce cas le souvenir des destructions répétées de la ville semble jouer un rôle efficace.

Dans le même ordre d'idées, le choix des lieux de refuge est souvent guidé par l'existence de lieux de dévotions, de sanctuaires construits sur des élévations naturelles comme par exemple celui de «Cuicuno» à l'ouest du Cutuchi, dans la paroisse de Tanicuchi, du «Calvario» à Alaquez, ou du sanctuaire du même nom situé sur une colline à l'est de la ville de Latacunga. Ce dernier est d'ailleurs souvent cité par les témoins des éruptions passées comme lieu de protection pour l'ensemble de la ville. Mais qu'en serait-il aujourd'hui de cet endroit, qui n'offre que peu de place, avec une population qui a considérablement augmenté? Par ailleurs, si l'attrait des sanctuaires, protection à la fois naturelle (lorsqu'ils se situent en position élevée) et divine, dans un pays où la religion n'est pas un vain mot, peut s'avérer d'une grande utilité pour de nombreuses personnes, il peut être en même temps extrêmement dangereux pour d'autres qui prendraient des risques pour y parvenir comme celles qui, vivant à l'est du rio Cutuchi, voudraient se rendre à Cuicuno.

Un dernier cas d'idées préconçues nous a paru intéressant. Il s'agit de celles qui pousseraient près de 30% des personnes interrogées dans la région de San Buenaventura, petit bourg situé au nord-est de Latacunga, à essayer de se rendre au village de Pujili en cas d'éruption du Cotopaxi, ce qui supposerait franchir inutilement le rio Cutuchi alors qu'il existe des solutions locales beaucoup plus sûres (carte 20). Un examen des commentaires fournis par ces personnes indique qu'il s'agit là des conséquences d'actions mal préparées, engagées en 1986 par les autorités (en l'occurrence l'armée), visant à simuler une évacuation préventive dans l'hypothèse d'une éruption du Cotopaxi. Il était notamment question d'évacuer la population de San Buenaventura et de la conduire jusqu'à Pujili. Bien que l'exercice n'ait pu avoir lieu, pour des raisons que nous évoquerons ultérieurement, ce lieu est demeuré présent dans l'esprit de plusieurs personnes qui n'ont pas fait la différence entre une évacuation préventive que l'on mène plusieurs heures, voire plusieurs jours avant l'impact, et une évacuation d'urgence.

L'ignorance massive des moyens de protection, au même titre que la faiblesse relative de la perception du risque, constitue un élément indéniable de vulnérabilité, même si cette ignorance peut être partiellement compensée par des consignes précises que les autorités pourraient délivrer lors d'une situation d'urgence. Ce facteur ne rend pas seulement vulnérables les populations installées dans les régions les plus exposées, mais également une proportion non négligeable de personnes vivant dans d'autres zones, comme celles qui pourraient se trouver piégées par les lahars, dans l'hypothèse d'une éruption comparable à celle qui s'est produite en 1877. L'idée que l'on se fait de la nécessité de s'éloigner d'un volcan en éruption, du caractère protecteur de Quito ou des sanctuaires locaux en est partiellement responsable. Cependant, dans les secteurs les plus menacés, intervient au moins autant la localisation particulière de chaque individu à l'intérieur de la zone de risque, plus ou moins excentrée, ou vis-à-vis d'un obstacle qui masque le volcan, vis-à-vis des rios dangereux et des voies d'évacuation les plus sûres.

Cette ignorance très marquée met en évidence l'inefficacité de l'ensemble des sources d'information sur le Cotopaxi. La mémoire collective ne suffit plus surtout lorsque pèsent les contraintes de localisation et l'information transmise par l'école ou les organismes de protection civile créent une certaine conscience du risque sans pour autant fournir les solutions utiles à chaque individu. Dans un contexte de non préparation de la population, ce sont finalement les communautés paysannes, qui en raison de leur meilleure connaissance du terrain, paraissent les moins vulnérables, mais comme nous l'avons observé, cette appréciation est toute relative.

En fin de compte, notre analyse de la connaissance des moyens de protection aura permis de faire apparaître, par le rôle médiateur de cette dernière, la fragilité des liens pouvant exister entre la perception du risque et le comportement potentiel des populations. Ces liens sont encore plus distendus si l'on prend en considération les autres médiateurs que sont les facteurs «contraignants» d'ordre social et technique.

Chapitre IV

LES FACTEURS «CONTRAINANTS» D'ORDRE SOCIAL ET TECHNIQUE

Une bonne perception du risque et une connaissance suffisante des moyens de protection sont nécessaires pour permettre aux populations qui vivent une situation de crise d'effectuer les gestes utiles pour leur sauvegarde. Cependant, et nous avons eu l'occasion de le noter, les exemples sont nombreux pour montrer qu'indépendamment de la qualité de ces deux facteurs, interviennent d'autres paramètres pouvant constituer des obstacles à l'action, même si celle-ci est souhaitée par les personnes concernées. Ces facteurs que nous qualifions de «contraignants» peuvent être économiques, sociaux, culturels, psychologiques ou encore techniques et logistiques. Ils sont susceptibles notamment de rendre problématique une évacuation, d'en repousser l'échéance ou encore de la rendre inacceptable même si l'ordre en a été donné. Qu'il s'agisse d'une évacuation préventive ou d'urgence, qu'elle sépare plus ou moins, dans le temps et dans l'espace, un individu de son lieu de résidence, de son abri de tous les jours, l'évacuation est indéniablement «une des mesures les plus draconiennes qu'une personne puisse être amenée à prendre» (UNDRO, 1987). Néanmoins, et surtout lorsque les lahars constituent une menace potentielle, l'évacuation est indispensable et celle-ci devra inévitablement être envisagée par les autorités équatoriennes dans l'hypothèse d'une menace imminente du Cotopaxi.

Dans cette perspective, l'objet de ce chapitre est d'identifier les principaux facteurs contraignants spécifiques de la région du Cotopaxi, et d'en estimer la portée, en cas d'urgence, selon le groupe social et le lieu. Nous distinguerons dans notre exposé les facteurs d'ordre économique et social étudiés essentiellement à partir de l'enquête, des facteurs techniques et logistiques dont l'analyse repose sur des sources plus diversifiées.

I. Comportement déclaré à la suite d'un ordre d'évacuation: identification et évaluation générale des problèmes

I.1. Raisons pour lesquelles les gens pourraient refuser d'évacuer

«Si le gouvernement vous donnait l'ordre d'évacuer en raison du danger que pourrait susciter une éruption du Cotopaxi, que feriez-vous?»

La réponse donnée à cette question ainsi que les commentaires que nous avons sollicités afin que les personnes interrogées puissent se justifier et indiquer si leur position était soumise à condition ont permis de mettre en évidence trois types de comportements:

- obtempérer et évacuer sans condition;
- n'évacuer que si certaines conditions sont remplies;
- ne pas tenir compte de l'ordre d'évacuation et rester.

Il va de soi qu'en situation d'urgence réelle, le comportement de ces personnes peut être très différent de ce qui est déclaré en toute tranquillité à l'occasion d'une enquête. De même, les conditions susceptibles de rendre une éventuelle évacuation acceptable ne seront pas posées aussi facilement. Les gens n'auront guère le loisir de s'exprimer, l'action devra se substituer aux paroles et entre les deux la distorsion peut être importante. Mais notre objectif n'est pas d'essayer de prévoir à tout prix les comportements individuels. Il s'agit essentiellement d'identifier des phénomènes contraignants de masse pouvant concerner tel secteur, tel groupe humain. De cette manière, les commentaires que nous avons recueillis constituent des indicateurs particulièrement utiles.

Les réponses des personnes qui évacueraient sans condition sont de deux types. Certains mettent principalement l'accent sur la notion d'ordre: *«je m'en irais parce que c'est un ordre», «si c'est un ordre, il faut obéir»*. Les autres, indiquent que c'est avant tout le danger, confirmé par l'ordre d'évacuation, qui les pousserait à agir: *«Oui, je partirais, je ne crois pas qu'ils donnent un tel ordre sans qu'il y ait vraiment danger», «que pourrais-je faire d'autre si c'est l'unique manière de me sauver?», «comment pourrais-je rester dans ces conditions, le plus important est de sauver ma vie et de protéger la famille»*.

Plus pertinentes pour notre propos, sont les réponses fournies par les deux autres catégories de population et que nous avons analysées en détail pour les zones à intensité de risque élevé et très élevé (figures 38 et 39). Celles-ci soulèvent globalement quatre types de problèmes: logistiques, économiques et matériels, de confiance ou liés à la résignation d'une partie de la population, problèmes que nous illustrons avec quelques commentaires choisis parmi les plus représentatifs.

Le premier type de problème, d'ordre logistique, concerne le moment même de l'évacuation. Il est essentiellement posé sous forme de conditions: *«oui, j'évacuerais, mais il faut que je sache où aller», «qu'on nous indique un lieu plus sûr qu'ici et surtout qu'on emmène toute la famille», «que l'on nous aide à sortir d'ici avec des moyens de transport», «que l'on nous donne des couvertures, des vêtements, des médicaments, de quoi nous nourrir»*.

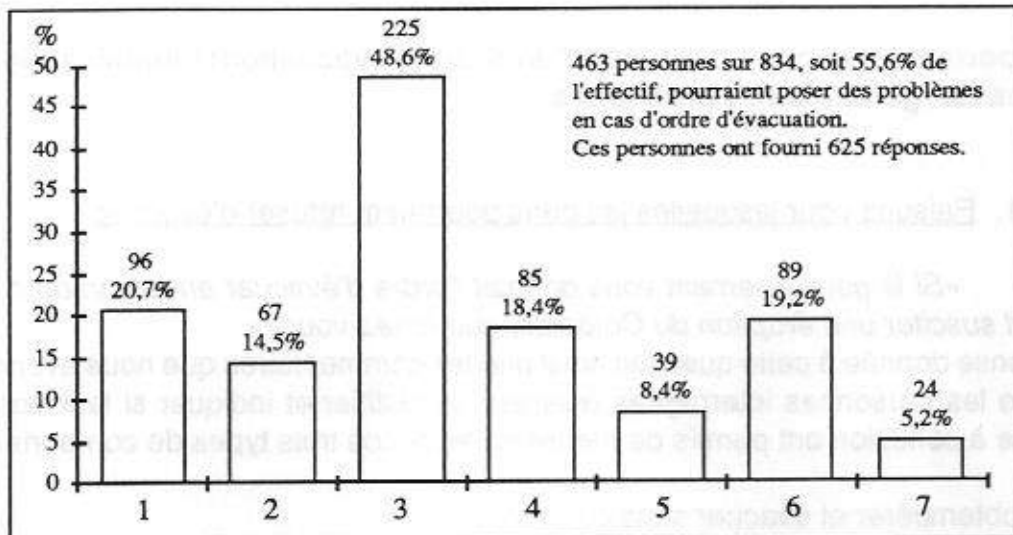


Fig. 38 - Raisons pour lesquelles les gens pourraient refuser de partir à la suite d'un ordre d'évacuation (secteurs à risque élevé et très élevé)

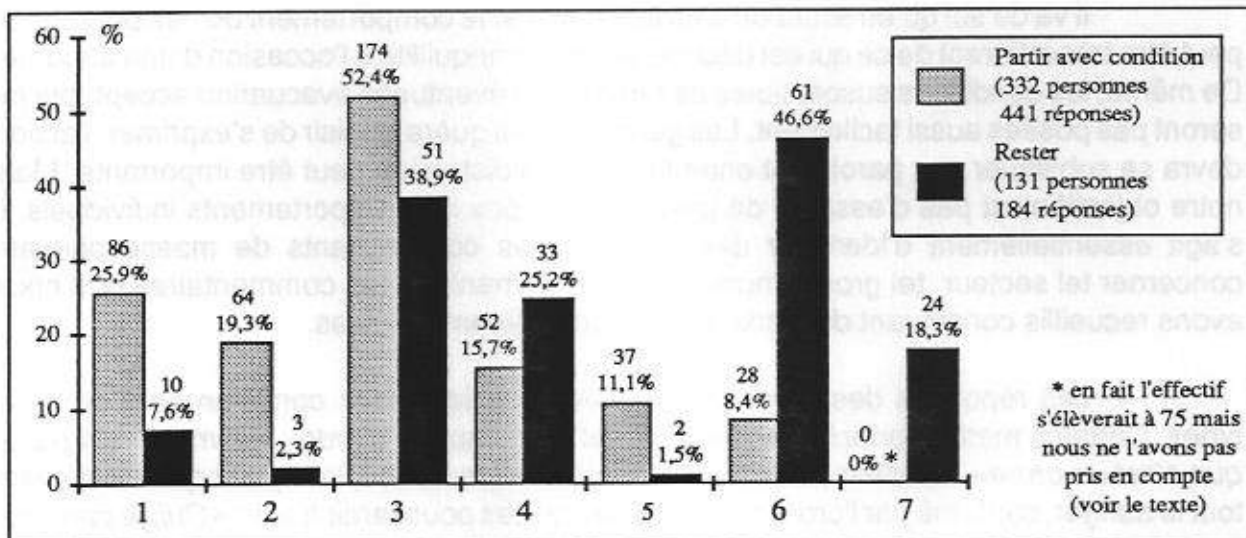


Fig. 39 - Raisons pour lesquelles les gens pourraient refuser de partir à la suite d'un ordre d'évacuation, selon le comportement déclaré (secteurs à risque élevé et très élevé)

Problèmes d'ordre logistique concernant l'évacuation même

- 1- Il s'agit de savoir où aller, comment y aller (route, transport) ou, de manière générale, d'être pris en charge, avec la famille, durant l'évacuation elle-même. Soit on attend ce type d'aide, soit on estime qu'elle ne sera pas assurée.
- 2- On réclame une aide matérielle durant la période d'urgence (vivres, couvertures, vêtements, soins, etc.) ou on estime que cette aide ne sera pas assurée.

Problèmes économiques et matériels concernant ce qui attend celui qui accepte d'évacuer

- 3- Inquiétude sur les conditions de vie durant la période d'évacuation (logement, ressources financières, emploi).

Problèmes économiques et matériels concernant ce que l'on pourrait abandonner

- 4- Crainte de perdre ses biens dans la catastrophe, on veut les emmener avec soi, crainte des vols.

- 5- Crainte de l'expropriation, de ne pas pouvoir revenir chez soi

Problèmes liés à l'information et à sa source, problèmes de confiance

- 6- On ne partirait qu'en cas de certitude du sérieux de la situation en contrôlant soi-même ou avec des personnes de confiance ou on ne partirait pas car on ne croierait pas l'information reçue.

Résignation, volonté de rester coûte que coûte

- 7- On considère que face aux éléments naturels il n'y a rien à faire, que Dieu seul décide, protège, etc.

Légende commune aux deux figures

Le deuxième type de problème touche aux difficultés économiques et matérielles susceptibles de se présenter durant toute la période d'évacuation. Pour certaines personnes, celles-ci pourraient être résolues et font l'objet de conditions, mais pour d'autres, elles pourraient entraîner le rejet de l'ordre d'évacuation quelle que soit l'attitude adoptée par les autorités.

Il s'agit d'une part des difficultés, des contraintes qui attendent celui qui accepterait d'évacuer: *«je m'en irais seulement si on nous donne un endroit où l'on puisse vivre décemment», «uniquement si on nous emmène en un endroit où l'on puisse travailler comme ici», «que le gouvernement nous donne un petit terrain pour vivre jusqu'à ce que le danger soit passé», «non, je ne partirais pas, où nous emmènerait-on?, on ne nous donnerait rien, comment vivrait-on?», «que je quitte cette terre?, où irais-je m'installer?, il me faudrait mendier», «non, parce que le gouvernement ne nous donnera pas l'équivalent du peu que nous possédons; il ne fait pas de cadeaux».*

Il s'agit d'autre part de problèmes concernant ce que l'on pourrait abandonner: *«oui, mais que l'on protège tout ce que je possède, ma maison, mes animaux», «non, il faut que je m'occupe de ma petite maison, de mes animaux, je ne veux rien savoir de tout ça», «je ne peux pas abandonner mes animaux, je ne m'en irais que si je pouvais les emmener avec moi», «je resterais jusqu'au dernier moment pour m'occuper de mon atelier, il y a trop de délinquants, il faut que les autorités garantissent la sécurité de nos biens, constituent des brigades de surveillance», «non, parce que dans d'autres pays où on a demandé d'évacuer, il y a eu beaucoup de vols et on a pris la terre des gens qui ont accepté de partir», «je veux être sûr de pouvoir rentrer rapidement chez moi», «on me prendrait la maison si je partais», «pour vivre dans les mêmes conditions que les pauvres gens de l'Oriente? [à la suite du séisme de 1987], advienne que pourra, moi je reste ici», «ils disent qu'ils vont nous aider, mais nous n'y croyons pas, nous perdriens tout, jamais nous ne pourrions revenir ici».*

Des difficultés peuvent également surgir du scepticisme, du manque de confiance vis-à-vis du message reçu, de la source d'information. Les gens qui évoquent ce type de problème tendraient à ne pas tenir compte de l'ordre d'évacuation: *«les autorités n'auraient rien à voir avec cela, je ne partirais que si je voyais moi-même le volcan en éruption, si je sentais la terre trembler», «nous prendrions notre décision uniquement après en avoir discuté avec les gens du quartier, avec la famille», «je n'y ferais pas attention, le gouvernement ne sait rien de tout ça, ce sont les scientifiques spécialisés dans cette branche qui doivent nous avertir», «je ne m'en irais que si j'étais prévenu directement», «non, je n'y croirais pas, ils ont déjà annoncé cela plusieurs fois et il ne s'est jamais rien produit», «je n'y croirais pas, ils ont tendance à alarmer les gens», «je n'ai pas confiance aux personnes du gouvernement et de la Protection Civile, ils ne s'occupent que des riches».*

Enfin, un certain nombre de personnes affichent clairement une attitude fataliste qui pourrait les conduire à ne rien faire de particulier, et ce, coûte que coûte: *«il n'y a rien à faire contre le fait naturel, il faut l'affronter tel qu'on est», «si on doit mourir, on peut mourir ici comme ailleurs», «ici, je suis né, j'ai vieilli et je mourrai; si telle est la volonté de Dieu, l'éruption peut nous tuer où que ce soit », «nous nous confions à Dieu, il nous protégera», «je ne crois pas aux hommes, seul Dieu sait ce qu'il peut arriver, il fera ce qu'il veut de l'éruption», «s'il y a danger, cela signifie que l'heure du châtime est arrivée; il faut affronter le châtime pour laver tout le mal qui habite ce monde».*

Des quatre types de problèmes soulevés par les personnes interrogées, seuls les trois derniers (difficultés économiques et matérielles, confiance et fatalisme) dévoilent

de véritables problèmes de fond, liés aux caractéristiques sociales de la population. Dans cet ordre d'idées, les obstacles d'ordre logistique concernant le moment même de l'évacuation se révèlent peu pertinents pour certains (on ne donnera, par exemple, des couvertures ou des médicaments qu'à la suite du mouvement d'évacuation), relèvent de phénomènes conjoncturels pour d'autres (le fait que la famille soit réunie ou dispersée quand l'avis d'évacuation est divulgué) ou sont directement liés à la connaissance des moyens de protection (savoir où se trouvent les lieux de refuge et comment y aller). De manière générale, ils ne dépendent pas directement de la population elle-même. Nous avons donc placé dans la catégorie «partir sans condition» ceux qui n'ont soulevé que cet aspect du problème, que nous supposons résolu. L'aspect purement logistique et technique de la question sera, pour sa part, abordé indépendamment dans la troisième section de ce chapitre.

1.2. Evaluation des problèmes: les premières observations

1.2.1. Une évacuation problématique pour la majorité de la population

La première observation porte sur l'ensemble de la zone d'étude et indique que la perspective d'une évacuation est difficilement acceptée par plus de la moitié de la population (figure 40). Alors que pour près de 39% des personnes interrogées, l'évacuation ne constituerait pas un problème majeur dans la mesure où il s'agit de sauver sa vie, des difficultés liées à cette opération sont signalées par 43% d'entre elles. De plus, l'ordre d'évacuation serait rejeté par 18,5% de l'échantillon.

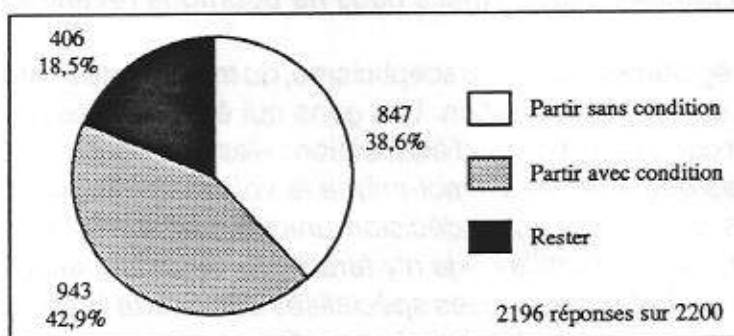


Fig. 40 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation (ensemble de la zone d'étude)

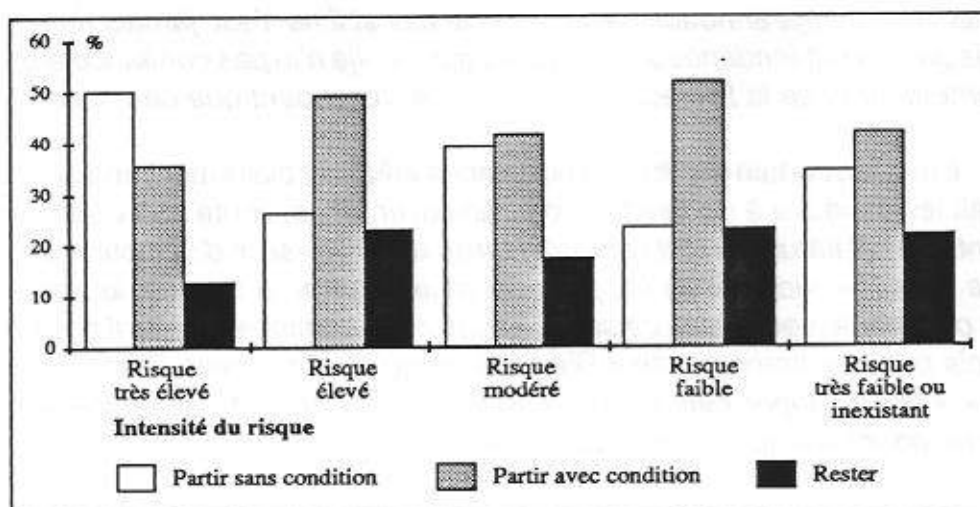


Fig. 41 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation, selon l'intensité du risque

Ces proportions sont à moduler selon la zone de risque considérée (figure 41). La part de ceux qui partiraient sans condition s'élève à près de 50% dans la zone de risque majeur de lahars et à 36% dans celle où le risque est très faible ou inexistant, mais de manière générale, à la différence de ce que nous avons observé avec la perception du risque, le comportement déclaré à la suite d'un ordre d'évacuation, est relativement indépendant de la zone de risque.

1.2.2. Importance des problèmes liés aux conditions de vie durant la période d'évacuation et au manque de confiance

Si l'on fait abstraction des problèmes d'ordre logistique concernant l'évacuation même, il apparaît que les obstacles à une évacuation sont principalement d'ordre économique et matériel mais le manque de confiance vis-à-vis du message et de sa source peut également jouer un rôle décisif dans la décision des individus (figures 38 et 39).

Dans le premier cas, les conditions de vie durant la période d'évacuation, supposant des perturbations dans le domaine du logement, de l'emploi et des ressources financières, sont le plus souvent évoquées. La crainte de perdre ce que l'on possède par la catastrophe, les vols ou même l'expropriation, se situe dans un registre sensiblement inférieur. Ils semblerait donc que les gens s'inquiètent davantage de leurs conditions de vie dans une situation d'incertitude que des biens qu'ils auraient à abandonner.

Ceci est en partie lié à la faiblesse relative de la crainte des vols et du pillage, contrairement à ce qu'il peut se produire dans d'autres pays latino-américains comme par exemple en Colombie ou au Mexique (Thouret, comm. pers., «El Excelsior» du 31 mars ou du 3 avril 1982). Il est vrai que les régions andines de l'Equateur sont encore relativement sûres dans ce domaine, surtout dans les campagnes. La conscience aiguë du risque joue également chez certains et les expressions du type: *«c'est la vie qui compte le plus, les choses matérielles peuvent se retrouver»* reviennent assez souvent. En fait, la réticence à abandonner ses biens, ne serait-ce que pour peu de temps, touche plus particulièrement certaines catégories de personnes, comme les paysans possédant des animaux ou les chefs d'entreprises artisanales et commerciales. Elle apparaît au moins autant liée aux perturbations et au manque à gagner qu'entraînerait une absence de suivi, d'entretien ou de soins qu'aux seuls risques de vols. Nous reviendrons sur cet aspect de la question lors de l'analyse du comportement déclaré selon les groupes sociaux.

Pour sa part, la faible confiance déclarée vis-à-vis des messages émis par des sources officielles, constituerait le principal motif du refus d'évacuer (figure 39). Comme le signalent les quelques commentaires que nous avons transcrits ci-dessus, les gens recherchent une confirmation, d'autres sources d'information ou tout simplement ne feraient aucun cas de l'ordre d'évacuation car on parle parfois du Cotopaxi, sans qu'il ne se produise quoi que ce soit, ou parce que les sources gouvernementales ne sont pas dignes de confiance. La question de la confiance est, selon nous, fondamentale dans le processus de prise de décision des individus. Nous la développerons également.

Nous insisterons moins sur le problème de l'attitude fataliste que nous avons cru significatif à la suite d'une première exploitation du questionnaire. En effet (figure 39), les commentaires de 99 personnes parmi les 463 qui poseraient des conditions dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation ou qui envisageraient de rester, du type de ceux que nous avons consignés précédemment, présentent des connotations nettement fatalistes.

Or, une analyse plus détaillée montre que 75 d'entre elles accepteraient d'évacuer si des conditions touchant aux aspects économiques et matériels étaient remplies. Seules 24 personnes, soit 5% environ, paraissent décidées à ne rien faire, coûte que coûte. Le problème n'est donc pas inexistant mais il semble mineur dans la mesure où la résignation ou le fatalisme semblent davantage concerner le discours que l'action.

1.2.3. Faiblesse des liens entre la perception du risque, la connaissance des moyens de protection et le comportement déclaré

L'un des faits les plus notables de l'analyse en cours, est la faible relation existant entre le comportement déclaré et la qualité de la perception du risque ou de la connaissance des moyens de protection (tableau 36). La différence est néanmoins sensible chez ceux qui ne tiendraient pas compte de l'ordre d'évacuation. 10% environ des personnes qui affichent une perception du risque plutôt élevée se situent dans ce cas contre 17% chez ceux dont la perception du risque est plutôt faible. Mais l'effet de la conscience du risque est beaucoup moins net chez ceux qui décideraient de partir sans condition (51% contre 49%).

	Partiraient sans condition		Partiraient avec condition		Resteraient		Total	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%
Personnes présentant une perception du risque relativement élevée à très élevée et une connaissance suffisante des moyens de protection	60	50,8	46	39	12	10,2	118	100
Personnes présentant une perception du risque relativement élevée à très élevée et une connaissance insuffisante des moyens de protection	87	51,2	69	40,6	14	8,2	170	100
Personnes présentant une perception du risque relativement faible à très faible quel que soit le niveau de connaissance des moyens de protection	160	48,8	111	33,8	57	17,4	328	100
Ensemble	307	49,8	226	36,7	83	13,5	616	100

Tab. 36 - Relation entre la perception du risque, la connaissance des moyens de protection et le comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation (zone de risque majeur de lahars)

Ces données chiffrées nous amènent à formuler les observations suivantes. Notre enquête porte sur une situation fictive et il est vraisemblable que le comportement soit davantage lié à la perception du risque en situation réelle. Cependant, les facteurs contraignants d'ordre social, caractéristiques de la région du Cotopaxi, exerceront sûrement un rôle extrêmement important le jour où des mesures aussi délicates qu'une évacuation seront à prendre. Pour certains, leur poids est tel qu'il risque de réduire à néant les effets escomptés d'une forte perception du risque et d'une bonne connaissance des moyens de protection. En contrepartie, et de nombreuses réponses l'ont montré, l'ordre d'évacuation, par son caractère autoritaire, parce qu'il émane d'une source officielle, inciterait un grand nombre de personnes à évacuer, même parmi celles qui affichent une faible perception du risque. Dans la zone de risque majeur de lahars, 20% environ de ceux qui partiraient sans condition indiquent cette raison et parmi ces derniers, les deux tiers

affichent une faible perception du risque. Ces proportions sont encore plus élevées dans les autres types de zones. Nous nous retrouvons ainsi de nouveau confrontés au problème de la source d'information dont émane l'ordre d'évacuer, et dont l'effet peut être très différent selon les personnes.

1.2.4. Des contrastes régionaux assez bien marqués

Les contrastes ressortent assez bien entre les deux provinces de la région étudiée pour ce qui concerne le comportement déclaré. C'était déjà le cas avec la perception du risque personnel, mais si la province du Pichincha se révèle globalement plus vulnérable dans ce domaine, les difficultés liées à une éventuelle évacuation sont plus nombreuses dans la province méridionale (figure 42). La proportion des personnes qui ne tiendraient pas compte de l'ordre d'évacuation est sensiblement la même dans les deux cas et se situe entre 15 et 16% mais ce sont surtout celles qui posent des conditions qui créent la différence (28,3% dans la province du Pichincha contre 45,7% dans celle du Cotopaxi).

Plus précisément, la carte 22, indique que les problèmes sont atténués dans les villes, dans le Valle de los Chillos et le long de la Panaméricaine à l'ouest du rio Cutuchi et que les difficultés se rencontrent surtout dans les campagnes, notamment au sud de Sangolqui et à l'est du rio Cutuchi. Plus localement, certains secteurs, parfois des quartiers urbains, se distinguent de ce schéma général. Nous tenterons d'expliquer ces situations au fur et à mesure de l'analyse des variables qui influent sur le comportement déclaré des populations.

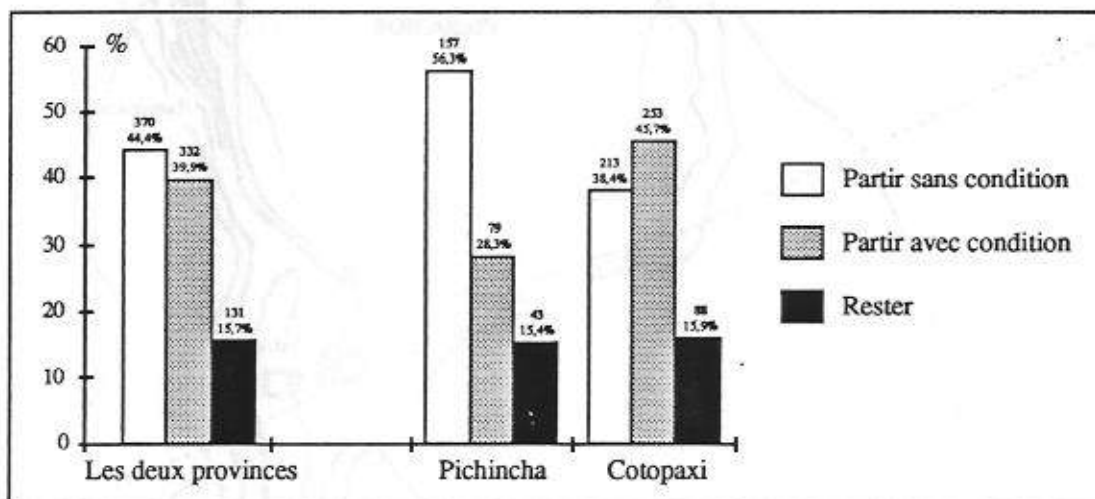
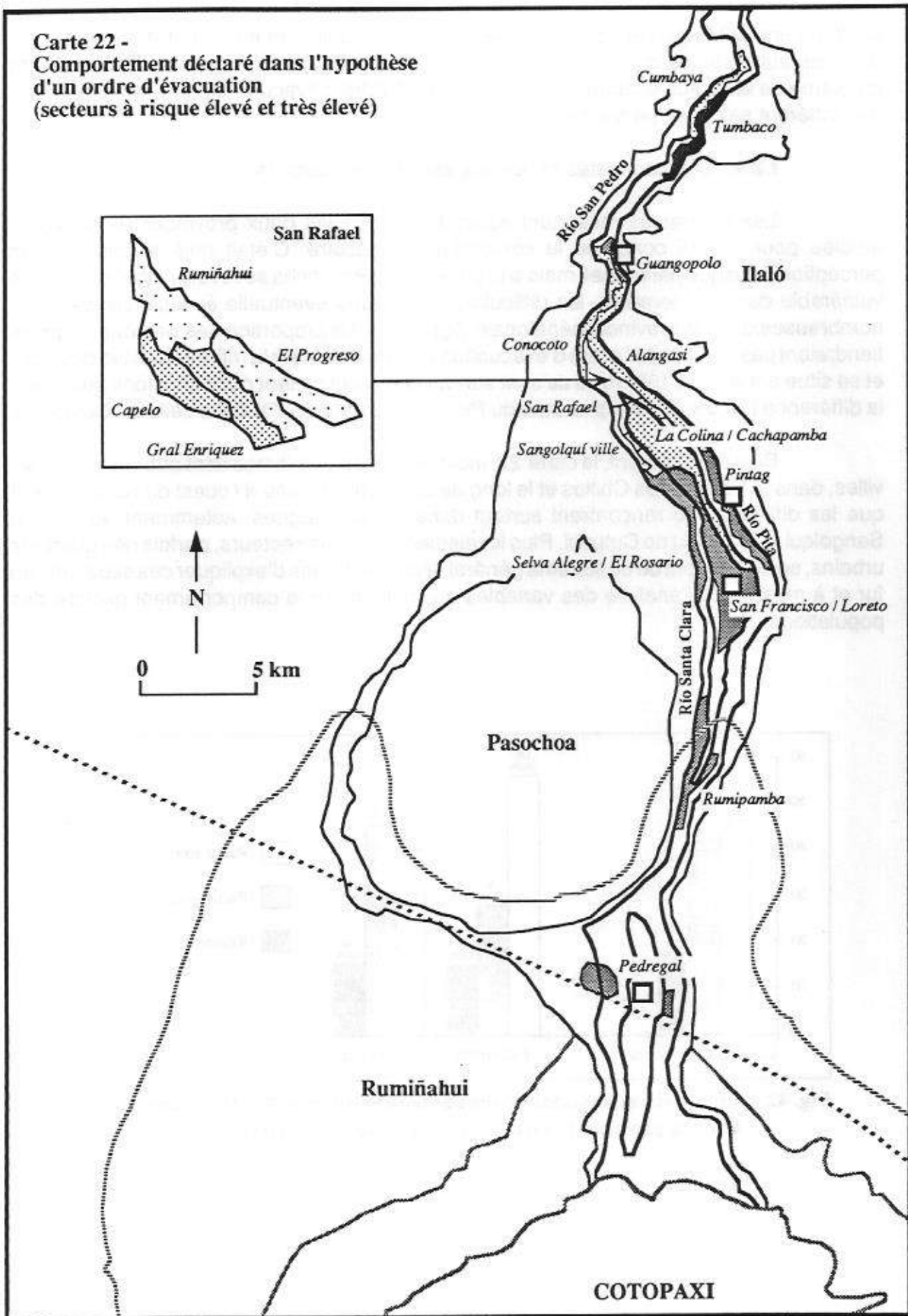
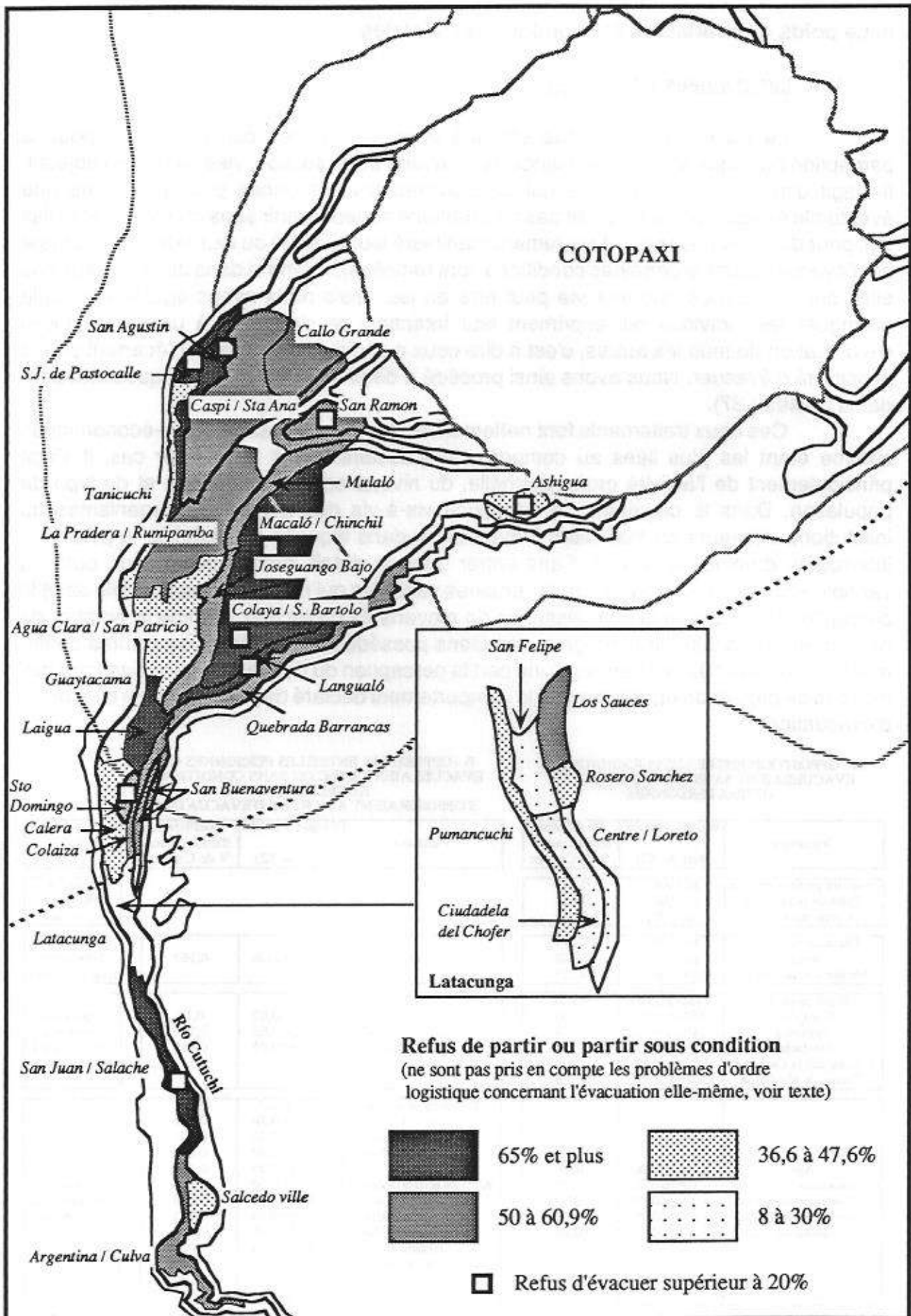


Fig. 42 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation, selon la province (secteurs à risque élevé et très élevé)

Carte 22 -
Comportement déclaré dans l'hypothèse
d'un ordre d'évacuation
(secteurs à risque élevé et très élevé)





II. Le poids des variables économiques et sociales

II.1. Les données statistiques

Le traitement statistique effectué dans les mêmes conditions que pour la perception du risque et la connaissance des moyens de protection, vise un double objectif. Il s'agit d'analyser les variables qui différencient les personnes pour lesquelles une éventuelle évacuation ne poserait pas de problème majeur (partir sans condition) et celles qui, pour diverses raisons, ont clairement manifesté leur hostilité ou leur réticence (refuser de s'évacuer, partir si certaines conditions sont remplies), même si dans de nombreux cas elles ont conscience que leur vie peut être en jeu. Mais nous avons également voulu distinguer les individus qui expriment leur intention de s'opposer à un ordre officiel d'évacuation de tous les autres, c'est à dire ceux qui, difficultés ou pas, n'écartent pas la possibilité d'évacuer. Nous avons ainsi procédé à deux traitements statistiques indépendants (tableau 37).

Ces deux traitements font nettement ressortir les variables socio-économiques comme étant les plus liées au comportement déclaré. Dans le premier cas, il s'agit principalement de l'activité professionnelle, du niveau socio-économique et du type de population. Dans le deuxième, la confiance vis-à-vis des personnes, organismes ou institutions intérieurs ou extérieurs à la paroisse dans laquelle est installée la personne interrogée, domine nettement. Sans entrer dans le détail, notons cependant, outre la variable «confiance», l'apparition de certaines variables qui ne jouaient aucun rôle dans la perception du risque et la connaissance de moyens de protection, comme le nombre de personnes composant le ménage ou les biens possédés. Par ailleurs, les chiffres confirment la faiblesse des liens entre, d'une part la perception du risque et la connaissance des moyens de protection et, d'autre part le comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation.

A - OPPOSITION ENTRE LES PERSONNES QUI EVACUERAIENT SANS CONDITION ET LES AUTRES PERSONNES

Variabes	Risque d'erreur (test du X ²)	Coefficient d'association V de Cramer
Activité professionnelle	p ≤ 0,001	0,273
Type de population	p ≤ 0,001	0,268
Niveau socio-éco.	p ≤ 0,001	0,263
Distance au volcan	p ≤ 0,001	0,171
Sexe	p ≤ 0,001	0,146
Nb personnes/famille	0,001 < p ≤ 0,01	0,155
Biens possédés	0,001 < p ≤ 0,01	0,138
Confiance	0,001 < p ≤ 0,01	0,136
Province	0,001 < p ≤ 0,01	0,128
Obstacles	0,001 < p ≤ 0,01	0,126
Inform. sur le Cotopaxi	0,02 < p ≤ 0,05	0,133
Temps de résidence	0,02 < p ≤ 0,05	0,113
Age	0,10 < p ≤ 0,20	0,09
Connaissance moy. prot.	0,10 < p ≤ 0,20	0,075
Connaissance aléas	0,30 < p ≤ 0,50	0,077
Perception du risque	0,50 < p ≤ 0,70	0,054
Connaissance Ruiz	p > 0,95	0,006

B - OPPOSITION ENTRE LES PERSONNES QUI EVACUERAIENT (AVEC OU SANS CONDITIONS) ET CELLES QUI S'OPPOSERAIENT A L'ORDRE D'EVACUATION

Variabes	Risque d'erreur (test du X ²)	Coefficient d'association V de Cramer	Type de relation
Confiance	0,001 < p ≤ 0,01	0,163	Relation très forte et certaine
Age	0,01 < p ≤ 0,02	0,13	Forte relation Très faible risque d'erreur
Perception du risque	0,02 < p ≤ 0,05	0,127	
Nb personnes/famille	0,02 < p ≤ 0,05	0,118	Relation existante Assez faible risque d'erreur
Distance au volcan	0,05 < p ≤ 0,1	0,101	Relation très faible ou inexistante
Inform. sur le Cotopaxi	0,10 < p ≤ 0,20	0,106	
Niveau socio-éco.	0,10 < p ≤ 0,20	0,093	
Connaissance Ruiz	0,10 < p ≤ 0,20	0,068	
Sexe	0,10 < p ≤ 0,20	0,064	
Activité professionnelle	0,20 < p ≤ 0,30	0,118	
Biens possédés	0,20 < p ≤ 0,30	0,065	
Type de population	0,30 < p ≤ 0,50	0,081	
Connaissance aléas	0,30 < p ≤ 0,50	0,071	
Obstacles	0,30 < p ≤ 0,50	0,051	
Temps de résidence	0,50 < p ≤ 0,70	0,057	
Connaissance moy. prot.	0,50 < p ≤ 0,70	0,036	
Province	0,80 < p ≤ 0,90	0,007	

Tab. 37 - Relations statistiques entre les variables sélectionnées et le comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation (secteurs à risque élevé et très élevé)

II.2. Le niveau socio-économique et l'activité professionnelle

S'il n'explique pas tout, le niveau socio-économique n'en demeure pas moins fortement corrélé au comportement potentiel des populations (figure 43). Les milieux les plus favorisés devraient, dans l'ensemble, poser relativement peu de problèmes à l'occasion d'une opération d'évacuation. Les difficultés augmentent alors que le niveau de vie baisse mais il semble exister un seuil dans la mesure où le comportement déclaré des personnes de niveau socio-économique relativement faible ne diffère guère de celles qui ont été classées parmi les plus défavorisées. Peut-être ne s'agit-il là que de l'effet neutralisant d'autres variables évoluant en sens contraire. Mais nous aurions plutôt tendance à croire que non seulement les plus démunis, comme il est généralement admis, poseraient problème dans le cadre d'une évacuation, pour des raisons économiques et peut-être surtout sociales (rejet, marginalité), mais également ceux qui ayant pu franchir un cran dans l'échelle sociale, considèrent qu'ils auraient trop à perdre en abandonnant un cadre de vie chèrement construit. Ce ne sont là que des hypothèses et des études plus poussées seraient nécessaires pour prouver l'existence d'un tel seuil et localiser ce dernier dans la hiérarchie socio-économique.

Les caractéristiques des relations visibles entre le comportement déclaré et les catégories professionnelles permettent d'affiner cette première analyse (figure 44). Nous trouvons d'un côté les professions libérales, enseignants et agents administratifs dont une large majorité évacuerait sans condition. A l'opposé se situent les ouvriers et les agriculteurs qui alimentent les catégories socio-économiques les moins élevées. Entre ces deux groupes, apparaissent distinctement les commerçants, artisans et personnels de services. La situation intermédiaire des commerçants et des artisans ne nous étonne guère. Bien que présentant des niveaux socio-économiques très variés (allant du relativement faible au très élevé), ils ne font pas partie des plus démunis. Par ailleurs, surtout lorsqu'ils dirigent une entreprise, leur souci se porte souvent sur sa sécurité, son entretien et sa rentabilité, ce qui explique une proportion relativement élevée de personnes qui refuseraient d'évacuer, notamment chez les commerçants. En revanche la position des personnels de services peut surprendre. Leur niveau socio-économique est globalement comparable à celui des ouvriers et des agriculteurs, mais, à la différence de ces derniers, ils ont beaucoup moins à perdre dans une situation créée par une éventuelle catastrophe, dans la mesure où ces personnes, essentiellement employés de maisons et gardiens, sont, pour la plupart, logées chez leur employeur.

Il est enfin intéressant de constater que si les agriculteurs constituent le groupe pour lesquels une évacuation poserait le plus de difficultés, la perspective d'évacuer n'est pas davantage rejetée qu'ailleurs, ce qui va à l'encontre de réflexions maintes fois entendues en Equateur et qui mettent l'accent sur la résignation des paysans et sur l'impossibilité de les déloger de leurs terres. Cela souligne cependant une situation particulièrement délicate, que les planificateurs habituellement plus soucieux des milieux urbains que ruraux doivent absolument considérer avec attention, celle du monde paysan à la fois plus conscient du danger et plus assujéti aux contraintes économiques et matérielles que le restant de la population.

L'influence du niveau socio-économique et des catégories professionnelles transparait sur la relation très nette que l'on peut observer entre l'attitude déclarée et le type de population (figure 45). Les milieux urbains et péri-urbains se distinguent nettement des milieux ruraux, essentiellement sur le plan des conditions posées à une évacuation. Sans

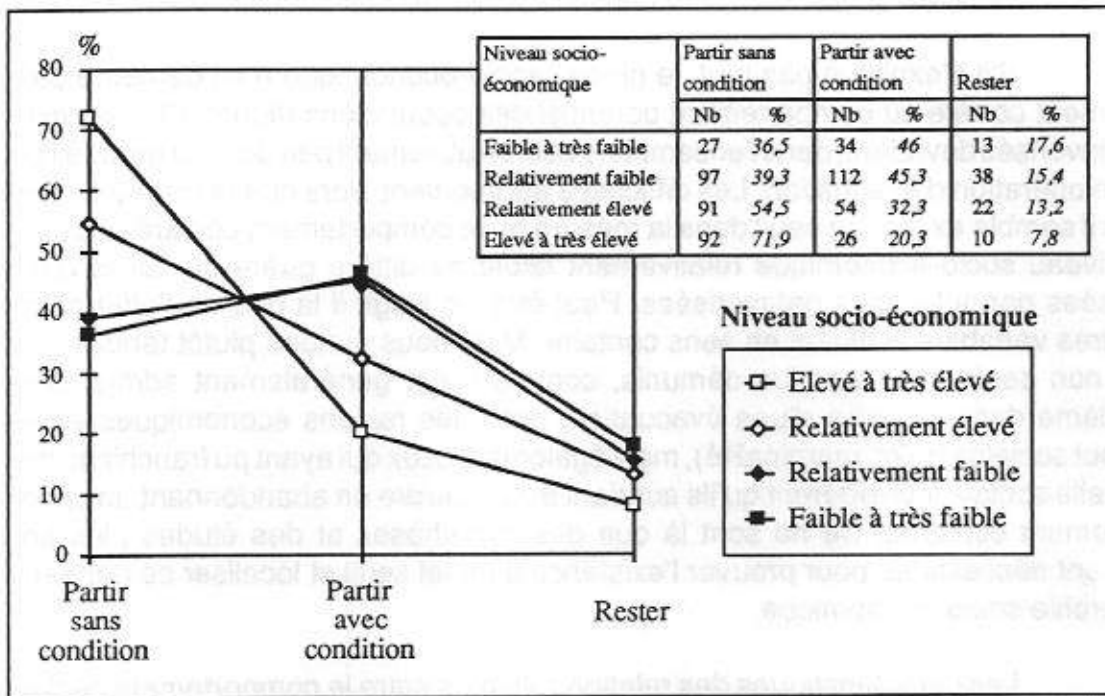


Fig. 43 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon le niveau socio-économique (zone de risque majeur de lahars)

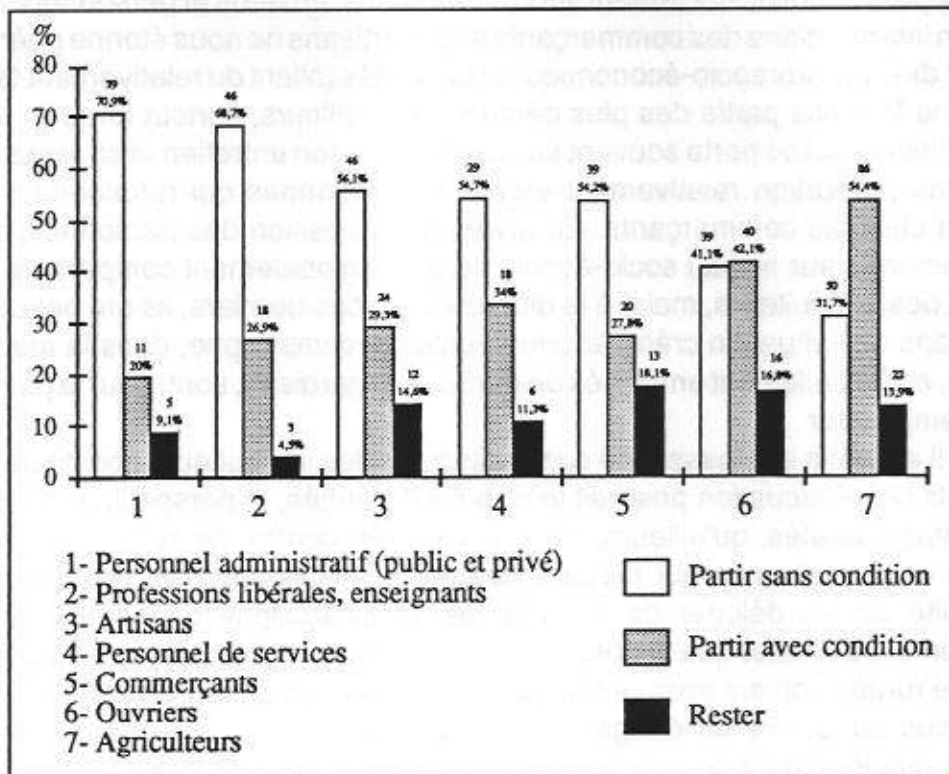


Fig. 44 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon l'activité professionnelle (zone de risque majeur de lahars)

aller plus loin dans le détail, signalons néanmoins le décalage assez sensible existant entre les populations urbaines et péri-urbaines, ces dernières paraissant moins promptes que les premières à accepter l'idée d'une évacuation. Cette situation, en dépit de caractéristiques socio-économiques assez voisines, voire en faveur du milieu péri-urbain dont le niveau de vie est légèrement plus élevé, est vraisemblablement liée à la forte différence entre les deux groupes, observée dans le domaine de la perception du risque, même si cette dernière, globalement, n'influe guère sur le comportement déclaré.

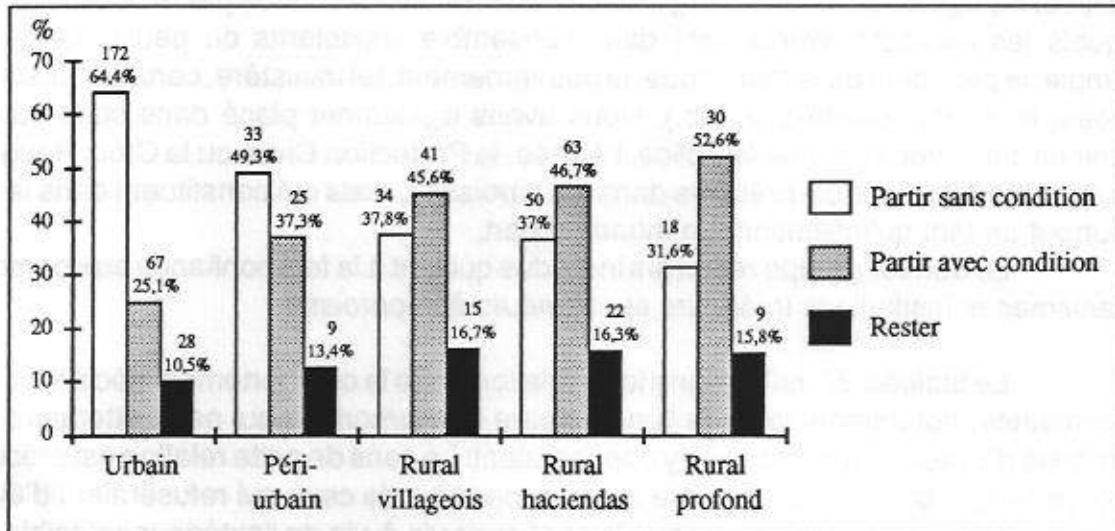


Fig. 45 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon le type de population (zone de risque majeur de lahars)

II.3. La confiance

A travers les commentaires des personnes rencontrées, nous avons déjà noté l'influence à double sens de la source dont émane l'ordre d'évacuation. D'un côté, un avis officiel aurait tendance à susciter une réaction positive d'une partie de la population, mais l'effet inverse peut également se produire, essentiellement pour des raisons de confiance. Il est donc nécessaire de considérer de plus près cet aspect de la question dont semble devoir dépendre le comportement d'une fraction importante de la population.

II.3.1. La variable «confiance» et sa relation avec le comportement déclaré

La variable confiance a été construite selon l'hypothèse que durant une période d'urgence, les personnes menacées recherchent ou suivent plus facilement les conseils des personnes ou institutions en qui elles ont confiance et que d'autre part, le crédit accordé, en cette circonstance, à ces personnes ou à ces institutions, est lié à la confiance que ces dernières inspirent en temps normal (cf. cette partie, chap.I, I.3.1.). Nous avons ainsi voulu savoir en qui les habitants de notre secteur d'étude portaient leur confiance dans la vie courante et tenter de mettre en relation le type de confiance exprimé avec le comportement potentiel.

Quatre catégories de personnes ont ainsi été distinguées à partir de la question suivante: «De manière générale, quels sont les personnes, organismes ou institutions en qui vous avez le plus confiance?»

Le premier groupe est composé de personnes qui déclarent n'avoir confiance en personne, ne devoir compter que sur soi ou sur les membres les plus proches de leur famille.

Le deuxième n'accorde sa confiance qu'à des personnes, institutions ou organismes appartenant à la paroisse qu'ils occupent. Il s'agit par exemple des autorités politiques ou administratives locales, des prêtres, des enseignants, du personnel des centres de santé, des amis, des voisins, des responsables d'associations locales, etc.

A l'opposé, la confiance du groupe suivant, ne se porte que sur l'extérieur de la paroisse. Il s'agit de personnes, organismes ou institutions connus par le public mais avec lesquels les contacts directs sont dans l'ensemble inexistantes ou peu fréquents (par exemple, le président de la république, le gouvernement, tel ministère, certaines institutions privées, le milieu scientifique, etc.). Nous avons également placé dans cette catégorie certaines institutions comme la Police, l'Armée, la Protection Civile ou la Croix Rouge dont des membres sont parfois présents dans les paroisses, mais qui constituent dans la réalité et surtout en tant qu'institution, un monde à part.

Le dernier groupe réunit les individus qui font à la fois confiance aux personnes, organismes et institutions intérieurs et extérieurs à la paroisse.

Le tableau 37 indique une forte relation entre le comportement déclaré et le type de confiance, notamment lorsque l'on compare les personnes qui ne rejetteraient pas la possibilité d'évacuer et celles qui s'y opposeraient. Le sens de cette relation est précisé par la figure 46 qui, pour sa part, montre que la proportion de ceux qui refuseraient d'évacuer est nettement plus importante lorsque la confiance vis-à-vis de l'extérieur est faible. Cette constatation est particulièrement intéressante lorsque l'on sait que globalement, 62% des personnes interrogées font partie des deux premiers groupes définis ci-dessus, et refusent leur confiance à l'extérieur, contre 18% qui la lui accordent exclusivement. Ces proportions sont sensiblement différentes selon la province considérée, la province du Pichincha se montrant plus ouverte sur l'extérieur que la province du Cotopaxi (figure 47).

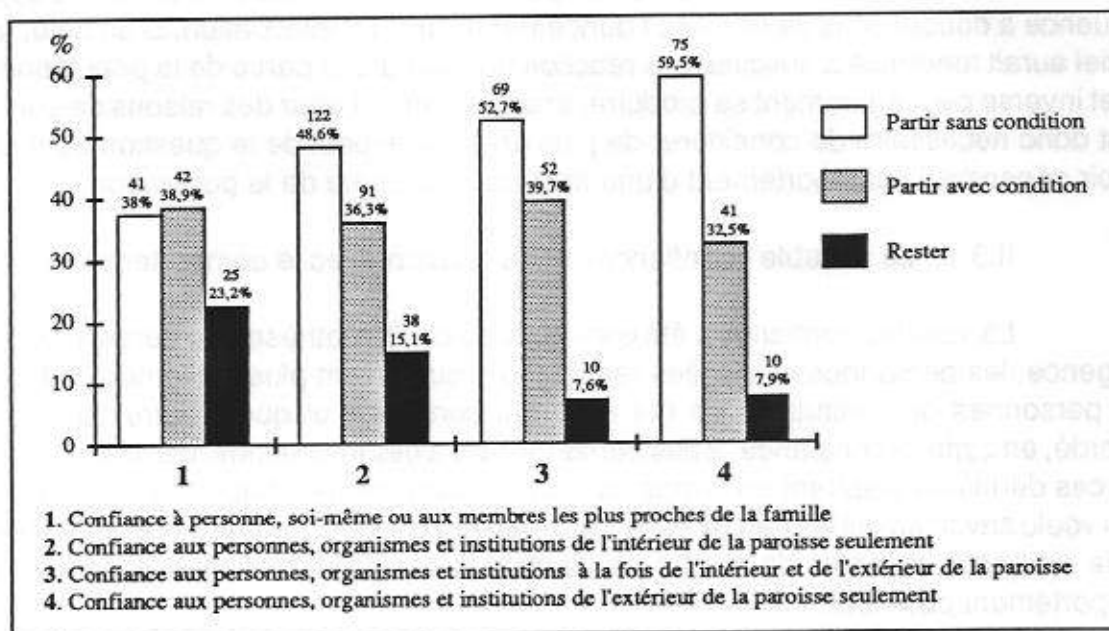


Fig. 46 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon la confiance donnée aux personnes, organismes ou institutions de l'intérieur ou de l'extérieur de la paroisse (zone de risque majeur de lahars)

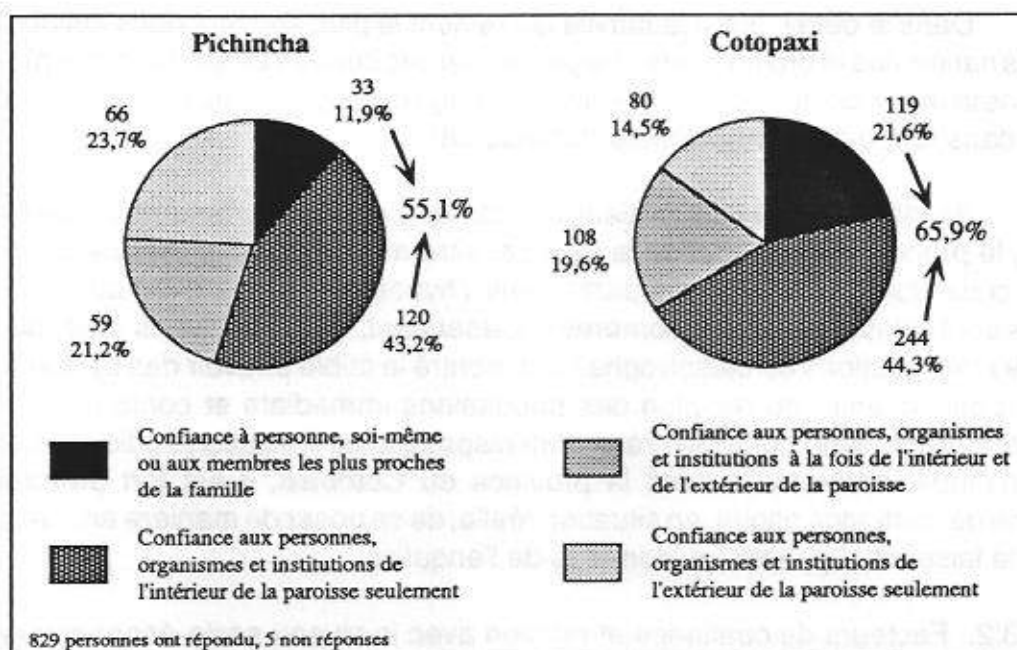


Fig. 47 - Confiance aux personnes, organismes ou institutions de l'intérieur ou de l'extérieur de la paroisse, selon la province (secteurs à risque élevé et très élevé)

PICHINCHA	Nb	%	COTOPAXI	Nb	%
Famille/Personne	87	31,1	Famille/Personne	185	33,4
Autorités nation. et prov.	40	14,3	Eglise, prêtres	107	19,3
Centres de santé, médecins	34	12,1	Autorités locales	104	18,8
Eglise, prêtres	32	11,4	Autorités nation. et prov.	81	14,6
Inst. de l'Etat (ministères)	27	9,6	Centres de santé, médecins	59	10,6
Inst. privées, patrons (int.)	25	8,9	Amis, voisins, gens du lieu	48	8,7
Police	24	8,6	Inst. de l'Etat (ministères)	37	6,7
Autorités locales	22	7,9	Inst. privées, patrons (int.)	28	5,1
Amis, voisins, gens du lieu	22	7,9	Police	28	5,1
Inst. privées (ext.)	20	7,1	Armée	21	3,8
Armée	18	6,4	Ecole, enseignants	16	2,9
Croix Rouge	17	6,1	Croix Rouge	14	2,5
Ecole, enseignants	11	3,9	Inst. privées (ext.)	11	2,0
Protection Civile	9	3,2	Protection Civile	9	1,6
Pompiers	8	2,9	Pompiers	4	0,7
Scientifiques, inst. scientifiques	7	2,5	Scientifiques, inst. scientifiques	3	0,5

LES DEUX PROVINCES	Nb	%
Famille/Personne	272	32,6
Eglise, prêtres	139	16,7
Autorités locales	126	15,1
Autorités nation. et prov.	121	14,5
Centres de santé, médecins	93	11,2
Amis, voisins, gens du lieu	70	8,4
Inst. de l'Etat (ministères)	64	7,7
Inst. privées, patrons (int.)	53	6,4
Police	52	6,2
Armée	39	4,7
Croix Rouge	31	3,7
Inst. privées (ext.)	31	3,7
Ecole, enseignants	27	3,2
Protection Civile	18	2,2
Pompiers	12	1,4
Scientifiques, inst. scientifiques	10	1,2

Tab. 38 - Personnes, organismes ou institutions en lesquels les personnes interrogées portent leur confiance (provinces du Pichincha et du Cotopaxi, secteurs à risque élevé et très élevé)

Dans le détail, outre la famille qui revient le plus souvent dans les deux cas, les autorités nationales et provinciales et le personnel des centres de santé sont le plus souvent cités dans la province du Pichincha, alors qu'il s'agit de l'Eglise, des prêtres et des autorités locales dans la province méridionale (tableau 38).

En définitive, si l'on ne tient compte que du comportement déclaré et de ses raisons, le problème de la confiance peut paraître mineur dans la mesure où il concerne surtout ceux qui refuseraient de partir dans l'hypothèse d'une évacuation et que ces derniers sont relativement peu nombreux. Cependant, et nous l'avons noté, de multiples exemples de situations de catastrophes ont montré le faible pouvoir des systèmes d'alerte officiels pour obtenir une réaction des populations immédiate et conforme à ce qui est souhaité. Compte tenu du faible crédit dont disposent les institutions officielles dans notre région d'étude, notamment dans la province du Cotopaxi, il est fort probable que le problème de confiance risque, en situation réelle, de se poser de manière encore plus aiguë que ne le laissent supposer les données de l'enquête.

II.3.2. Facteurs de confiance et relation avec le niveau socio-économique

Le niveau socio-économique et la confiance apparaissent comme étant les deux facteurs contraignants d'ordre social les plus liés au processus de décision qu'accompagne un ordre d'évacuation. Nous avons voulu aller plus loin dans l'analyse de ces deux variables-clé en considérant la relation qui peut exister entre elles.

Le test d'indépendance confirme l'existence de cette relation et le coefficient d'association indique que celle-ci est plutôt forte (V de Cramer = 0,175). Il est clair que la confiance vis-à-vis de l'extérieur s'élève avec le niveau socio-économique (figure 48) et cette tendance se retrouve également au niveau des catégories professionnelles (tableau 39). Il ne s'agit cependant pas d'une règle générale et de nombreuses personnes au niveau socio-économique relativement élevé à très élevé tendent à refuser leur confiance à l'extérieur, de même que les plus défavorisés ne veulent pas forcément une confiance exclusive aux personnes ou institutions de l'intérieur.

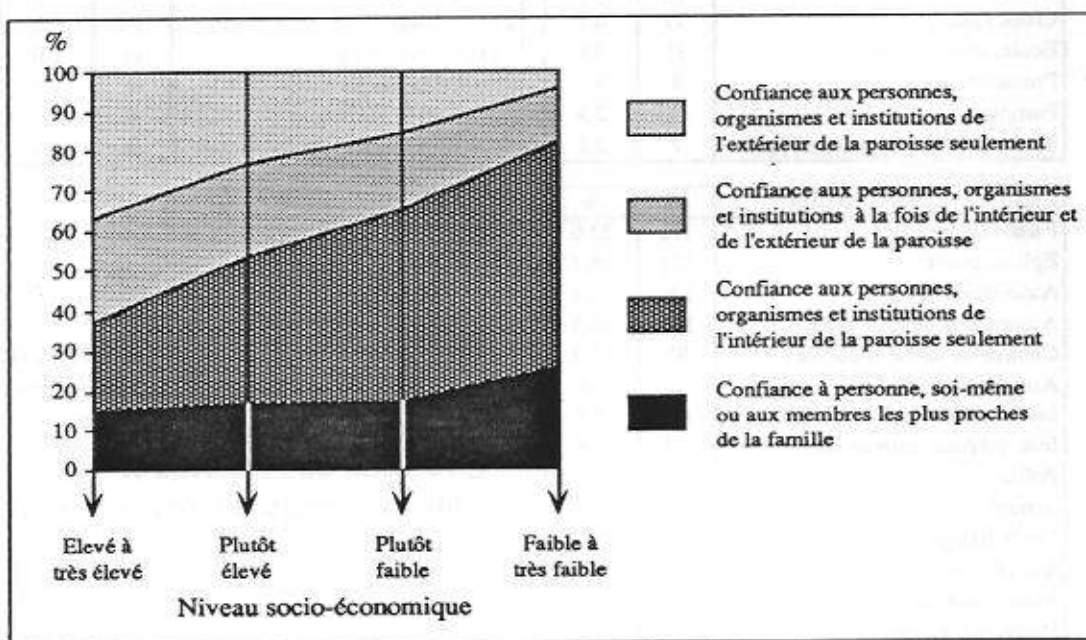


Fig. 48 - Relation entre le niveau de vie et la confiance (zone de risque majeur de lahars)

	Nb*	%
Professions libérales, enseignants	42	62,7
Personnel administratif (public et privé)	34	61,8
Commerçants	40	55,6
Artisans	30	36,6
Personnel de services	17	32,1
Agriculteurs	50	31,7
Ouvriers	27	28,4

* Confiance accordée à l'extérieur exclusivement
ou à la fois à l'intérieur et à l'extérieur

Tab. 39 - Confiance donnée aux personnes, organismes ou institutions extérieurs à la paroisse selon la catégorie professionnelle (zone de risque majeur de lahars)

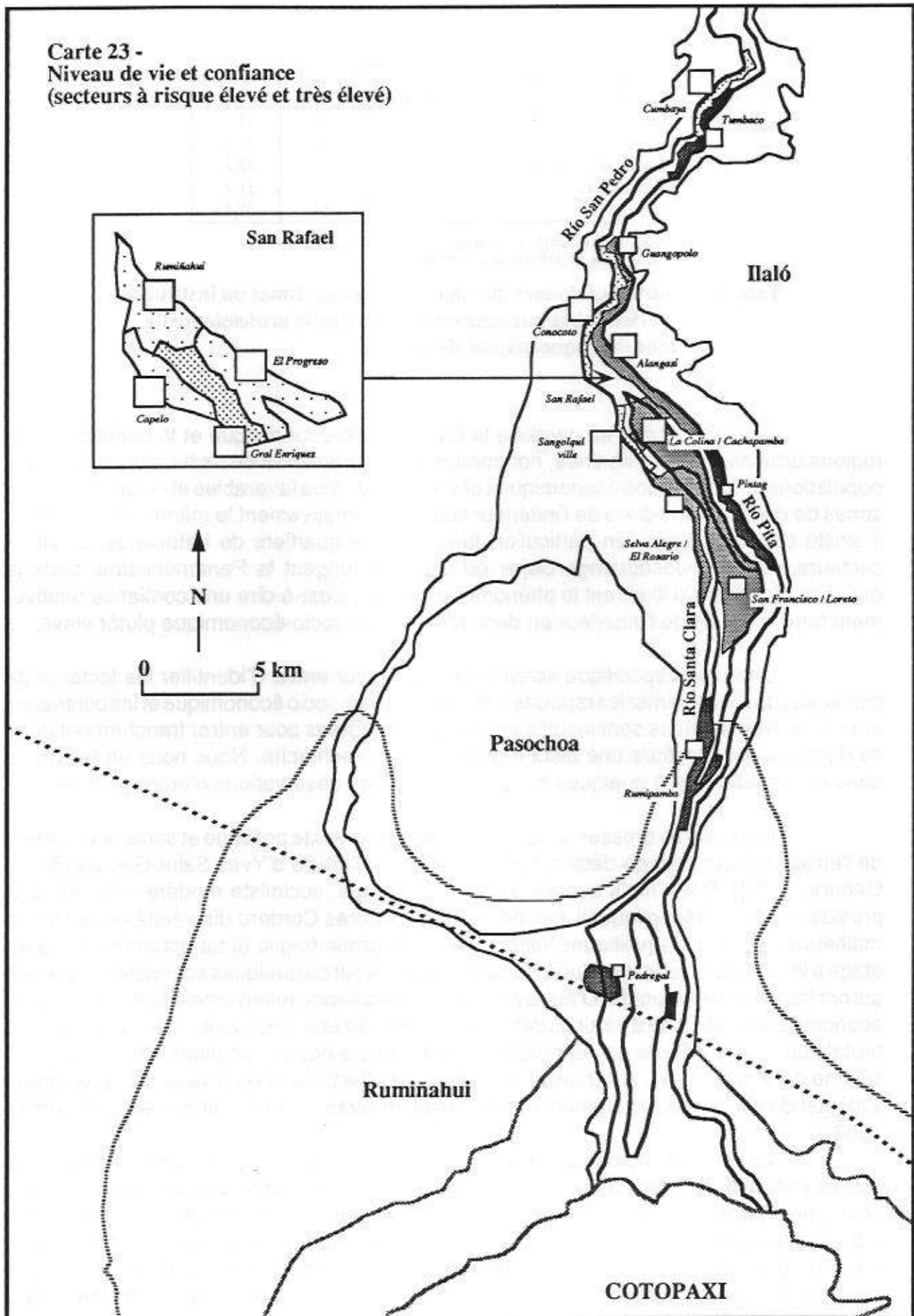
La carte 23 met en parallèle le niveau socio-économique et la confiance. Les régions urbaines et péri-urbaines, notamment les plus proches de Quito, concentrent les populations aux conditions économiques et sociales les plus favorables et la répartition des zones de confiance vis-à-vis de l'extérieur suit approximativement le même schéma. Mais il existe des exceptions, en particulier dans certains quartiers de Latacunga. D'autres secteurs, comme «Joseguango Bajo» ou ceux qui longent la Panaméricaine, dans la province du Cotopaxi illustrent le phénomène inverse, c'est-à-dire une confiance relativement forte vis-à-vis de l'extérieur en dépit d'un niveau socio-économique plutôt élevé.

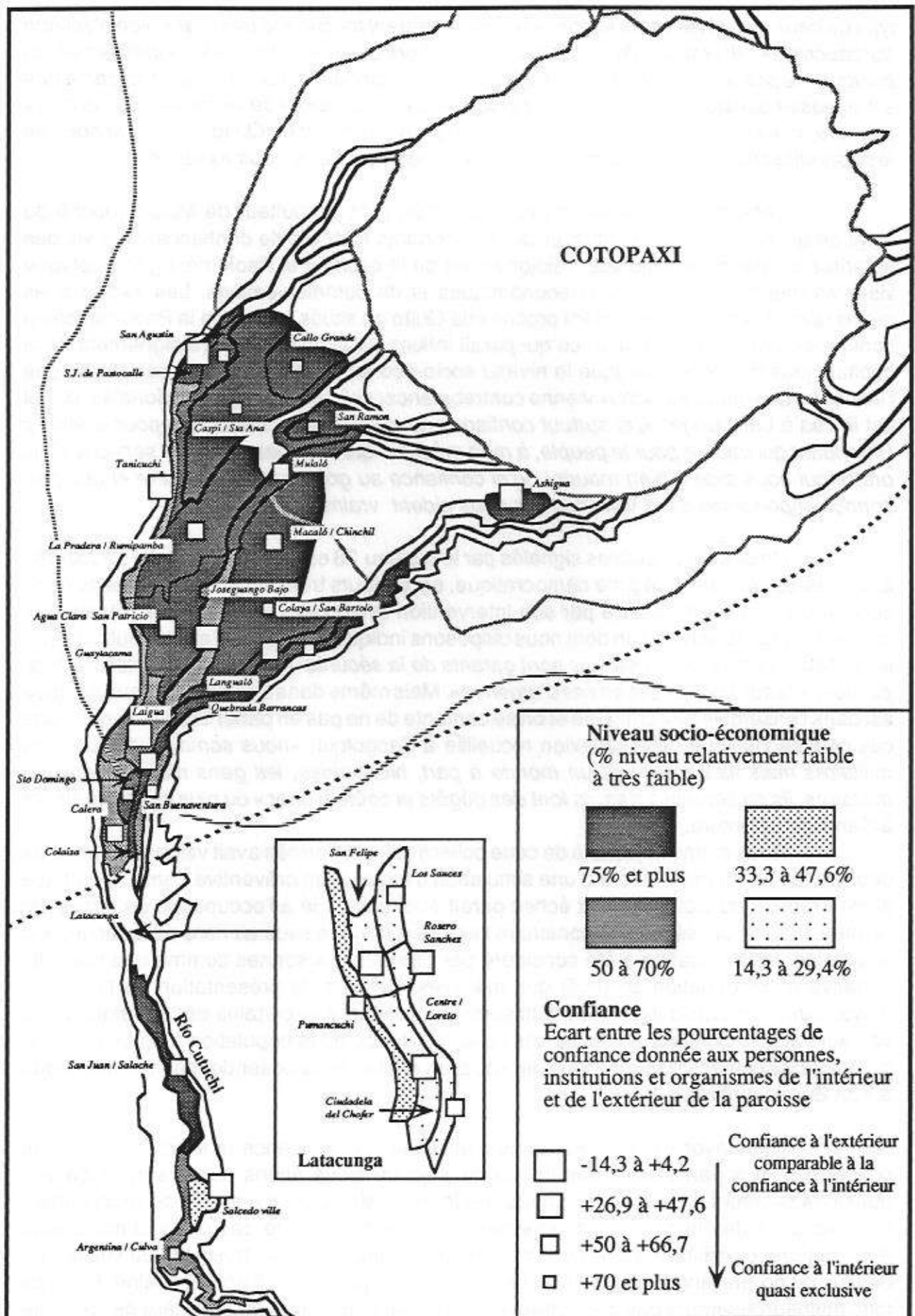
Une étude spécifique serait nécessaire pour tenter d'identifier les facteurs de confiance, de mieux cerner les rapports confiance/niveau-socio économique et les contrastes observés. Nos données sont insuffisantes et peu adaptées pour entrer franchement dans ce domaine qui constitue une piste intéressante de recherche. Nous nous en tiendrons donc essentiellement à quelques hypothèses et à des observations d'ordre général.

Il est utile de brosser un rapide tableau du contexte politique et social au moment de l'enquête (pour plus de détails, voir en particulier l'article d'Yves Saint-Geours [Saint-Geours, 1988]). Deux mois auparavant, Rodrigo Borja, socialiste modéré, était élu à la présidence de la République. Il succédait à Leon Febres Cordero discrédité en raison de malheureuses affaires politiques liées à une démocratie fragile (il fut notamment pris en otage à la suite de la rébellion d'une fraction de l'armée) et de quelques scandales financiers qui ont frappé son entourage. D'autre part, après une période relativement faste, la situation économique se dégrade à partir du début des années 80 et surtout après 1986 avec la chute brutale du prix du pétrole qui représentait les deux tiers des exportations nationales, et le séisme du 5 mars 1987. A la baisse de l'emploi, de l'activité et du niveau de vie viennent s'ajouter de nombreux mouvements de protestation sociale en 1987 et au début de l'année 1988.

La venue du nouveau président, élu avec une faible majorité a pu constituer une source d'inquiétude dans certains milieux mais aussi une source d'espoir dans d'autres, notamment parmi les moins favorisés: «j'ai confiance au gouvernement actuel parce qu'il a promis beaucoup de choses, pourvu qu'il tienne ses promesses», «je fais confiance au nouveau gouvernement, car il paraît qu'il est décidé à aider les paysans» déclarent par exemple deux ouvriers agricoles de la province du Cotopaxi. Il n'en demeure pas moins que les promesses électorales sont loin d'avoir convaincu la majorité et les commentaires du

Carte 23 -
Niveau de vie et confiance
(secteurs à risque élevé et très élevé)





type de ceux qui suivent sont légion: «*le gouvernement fonctionne très mal*», «*ce n'est que bureaucratie*», «*il emploie des gens qui ne cherchent qu'à s'enrichir*», «*il n'a jamais rien fait par ici*», «*le président promet mais n'agit pas*», «*j'ai confiance aux autorités d'ici parce que s'il se passe quelque chose, elles sont proches et il est possible de se renseigner ou de se plaindre; mais pas du tout à ces messieurs du gouvernement de Quito parce que nous ne les connaissons pas et parce qu'ils ne savent même pas que nous existons*».

Cette dernière réflexion provenant d'un petit agriculteur de Mulaló touche du doigt ce qui nous semble constituer deux importants facteurs de confiance vis-à-vis des autorités d'envergure nationale: l'éloignement de la capitale et l'isolement géographique vis-à-vis des principaux circuits économiques et de communications. Les secteurs les moins favorisés mais relativement proches de Quito ou situés le long de la Panaméricaine sont plus ouverts sur l'extérieur ce qui paraît influencer sur la confiance. L'éloignement de la capitale joue également lorsque le niveau socio-économique s'élève et il semble là, que l'influence des notables locaux vienne contrebalancer celle des autorités nationales, ce qui est le cas à Latacunga: «*j'ai surtout confiance au maire qui fait beaucoup pour la ville, à l'intendant qui oeuvre pour le peuple, à mon médecin qui rend beaucoup de services et au prêtre qui nous aide à bien mourir*», «*j'ai confiance au gouverneur, au maire et aux personnes importantes de la ville, car eux nous aident vraiment*».

Un des faits notables signalés par le tableau 38 est la faible confiance accordée à l'armée qui, malgré le régime démocratique, est toujours très présente et qui, dans notre optique est une institution-clé par son intervention systématique lorsqu'une catastrophe survient. Le faible échantillon dont nous disposons indique que l'armée est surtout citée par les milieux les plus favorisés: «*ils sont garants de la sécurité*», «*c'est une institution disciplinée*», «*ils sont toujours là en cas d'urgence*». Mais même dans les autres milieux, l'armée est dans l'ensemble peu critiquée et on se contente de ne pas en parler sauf dans quelques cas comme l'indique cette réflexion recueillie à Sangolqui: «*nous sommes entourés de militaires mais ils constituent un monde à part, hiérarchisé; les gens n'aiment pas les militaires, ils ne servent à rien, ils font des dégâts et coûtent cher*» ou plus spécifiquement à San Buenaventura.

Nous avons déjà parlé de cette collectivité que l'armée avait vainement tenté de déplacer à Pujilí dans le cadre d'une simulation d'évacuation préventive dans l'hypothèse d'une éruption du Cotopaxi. Cet échec paraît étroitement lié à l'occupation de terres par l'armée, dans le passé, afin de construire l'aéroport militaire situé au nord de Latacunga et le simulacre d'évacuation a été considéré par plusieurs personnes comme une nouvelle tentative d'expropriation au profit des militaires. De plus, la présentation de l'exercice d'évacuation au public avait été insuffisamment préparée et certains ont cru alors à une véritable alerte. Conforté par le succès de la résistance de la population à obtempérer, le problème de confiance risque donc, en situation réelle, de se poser de manière très aiguë à San Buenaventura.

Nous avons enfin noté un dernier facteur de confiance, à incidence locale et concernant plus particulièrement le monde paysan. Nous étions assez surpris de voir quelques secteurs reculés se distinguer de leurs voisins par une confiance relativement forte vis-à-vis des institutions extérieures. C'est notamment le cas de la communauté d'«Ashigua», constituée d'une quarantaine de familles installées très près du volcan, au dessus du rio Barrancas et à près de deux heures de piste de la Panaméricaine. Dans ce cas, malheureusement pas assez fréquent, prévalent les efforts du ministère de l'Agricul-

ture envers lequel plusieurs personnes rencontrées se sont montrées reconnaissantes: «moi, j'ai confiance au ministère de l'Agriculture et au Conseil Provincial; ils nous ont aidés en nous donnant des outils», «la communauté respecte le ministère de l'Agriculture et lui donne sa confiance car ils nous a aidé à cultiver ces terres».

Avec ces quelques exemples, à défaut d'analyse plus complète, nous avons au moins tenté de montrer la complexité du problème posé par le rôle du niveau socio-économique et de la confiance dans le comportement des populations en cas de nécessité d'évacuer. Il s'agit là certainement des variables les plus importantes à considérer dans des travaux de planification préventive, mais il en existe d'autres qui méritent également qu'on leur prête attention.

II.4. Les autres variables statistiquement liées au comportement déclaré

I.4.1. La pertinence de ces variables

Outre les variables analysées, le test d'indépendance retient une dizaine de variables supplémentaires présentant une relation avec le comportement déclaré en cas d'ordre d'évacuation (tableau 37). Parmi ces dernières, nous écarterons la variable «information sur le Cotopaxi» qui, dans sa relation avec le comportement déclaré, fait essentiellement apparaître les oppositions déjà notées avec le niveau socio-économique (tableau 40). Pour sa part, la variable «distance au volcan», en dépit des apparences, ne doit jouer aucun rôle dans la mesure où les données chiffrées obtenues sont étroitement liées au type de population rencontré selon les tranches de distances (tableau 41). Les variables de localisation n'exercent manifestement plus l'influence observée avec la connaissance des moyens de protection et surtout la perception du risque. L'existence d'obstacles entre le volcan et l'individu semble cependant devoir inciter ce dernier à évacuer plus facilement que lorsque la source de danger est constamment visible (figure 49), ce qui n'est pas illogique si l'on tient compte de l'effet de surprise possible dont certains peuvent avoir conscience. Nous ne reviendrons pas sur la perception du risque qui ne semble peser que lorsqu'on oppose les personnes qui seraient susceptibles d'évacuer, conditions ou pas, à celles qui tendraient à refuser.

Plus pertinentes, nous sont apparues les variables suivantes: l'âge, le sexe, le nombre de personnes composant le ménages (ou en d'autres termes, le nombre de personnes à charge), la possession de biens immobiliers et d'une certaine manière, le temps de résidence dans la paroisse.

Information sur le Cotopaxi	Partir sans condition	Partir avec condition	Rester	Total
Personne	44,1	34,5	21,4	100
Conversations	43,8	42,2	13,9	100
Médias	59	31,7	9,4	100
Médias et conversations	54,6	33	12,5	100
Ecole/Protection Civile	55,6	33,3	11,1	100

Tab. 40 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon la source d'information sur le Cotopaxi (zone de risque majeur de lahars)

Distance au volcan	Partir sans condition	Partir avec condition	Rester	Total
15-25 km	34,3	45,5	20,2	100
25-35 km	50,6	39,3	10	100
35-45 km	58,4	27,6	14	100
Plus de 45 km	40,4	45,6	14	100

Tab. 41 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon la distance au volcan (zone de risque majeur de lahars)

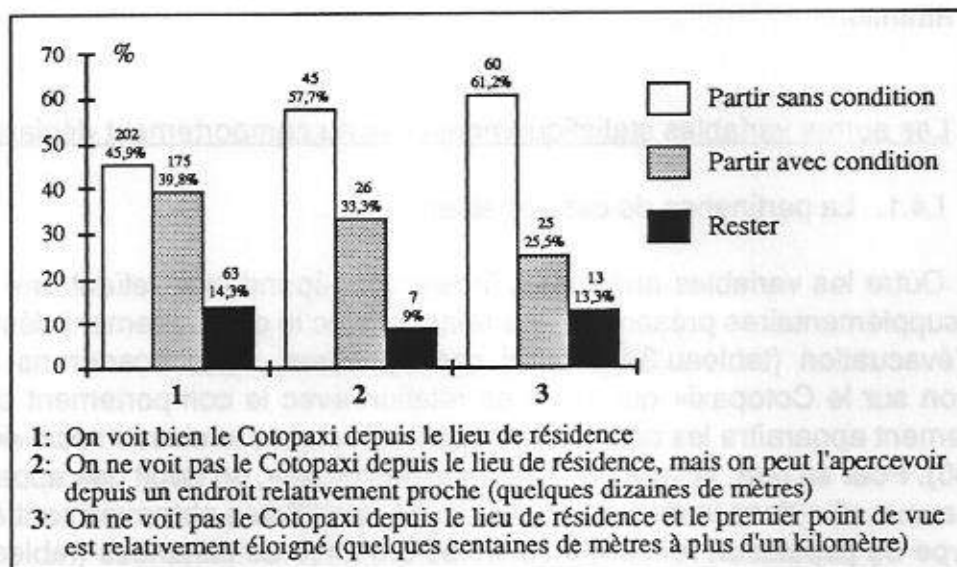


Fig. 49 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon l'existence ou l'absence d'obstacles (zone de risque majeur de lahars)

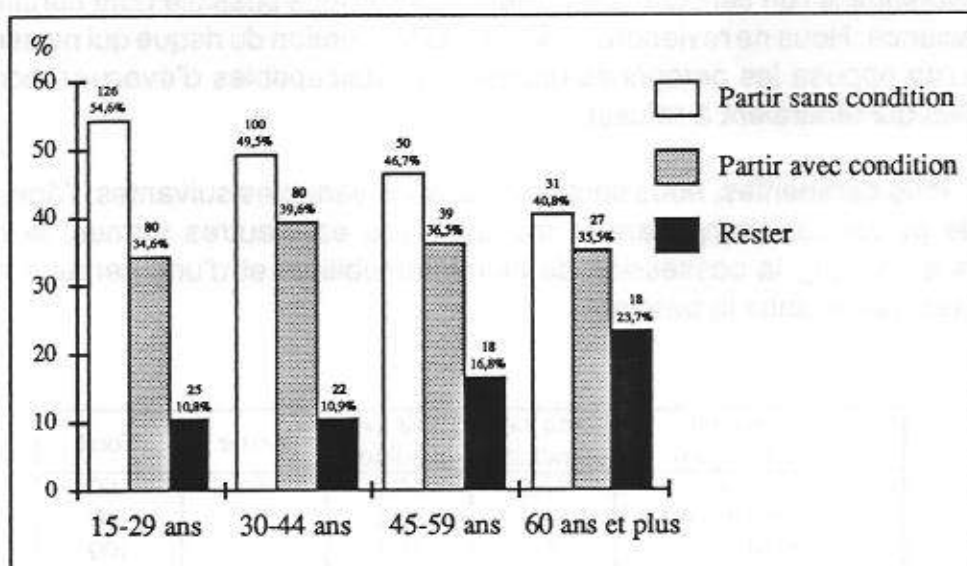


Fig. 50 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon l'âge (zone de risque majeur de lahars)

II.4.2. L'âge et le sexe

Le fait de poser des conditions, essentiellement d'ordre matériel et économique, à une évacuation, ne semble pas dépendre de l'âge (figure 50). Il est en revanche très clair que les personnes les plus âgées risquent d'opposer, dans les faits comme dans le discours, une forte résistance à l'ordre d'évacuation. Proportionnellement, les plus de 60 ans sont deux fois plus nombreux que les 15-29 ans à signaler leur intention de ne pas tenir compte de l'ordre d'évacuation (23,7% contre 10,8%).

En ce concerne le sexe, les oppositions sont une fois de plus sensibles, les femmes paraissant devoir poser moins de problèmes que les hommes dans la perspective d'une évacuation (figure 51). L'attitude de défi vis-à-vis du risque qui concernerait davantage les hommes que les femmes ne semble pas vraiment jouer ici même si les hommes sont en proportion plus nombreux à refuser d'évacuer (mais la relation est rejetée par le test d'indépendance). La différence semble se situer surtout au niveau des conditions posées, les hommes s'attachant plus que les femmes aux aspects matériels, ces dernières étant intuitivement plus sensibles aux risques pour la famille et pour les enfants.

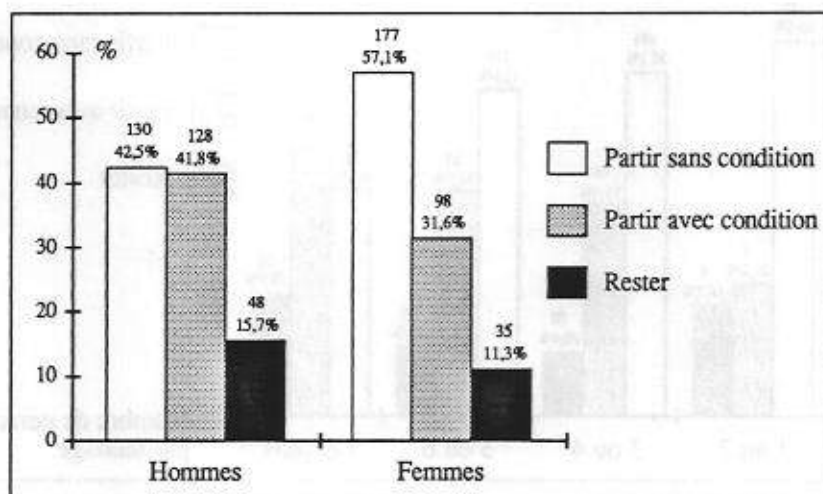


Fig. 51 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon le sexe (zone de risque majeur de lahars)

II.4.3. Le nombre de personnes par ménage et les biens immobiliers possédés

La possession de biens immobiliers et surtout le nombre de personnes composant le ménage sont susceptibles d'exercer une influence non négligeable dans l'hypothèse d'une évacuation (tableau 37).

La deuxième variable apparaît comme étant pertinente dans les deux traitements statistiques opérés. Plus les familles sont nombreuses et plus les difficultés signalées sont importantes (figure 52). Conscients de la possibilité de redondance avec le niveau socio-économique, nous avons tenu compte de cette variable (tableau 42) mais, indépendamment de celle-ci, la relation se présente toujours dans le même sens, même si elle est davantage marquée pour les catégories sociales moins élevées.

Dans le cas de ceux qui décideraient de rester, la relation est plus nuancée car ce sont les ménages au nombre de personnes à la fois le moins élevé et le plus élevé qui opposeraient la plus grande résistance. En fait, dans le premier cas on a principalement affaire à des personnes âgées (effectif très faible mais cinq personnes sur les six en question ont plus de 60 ans).

Un dernier élément nous a paru digne d'intérêt, l'existence vraisemblable d'un seuil à partir duquel les difficultés s'accroissent fortement de même que les résistances à l'évacuation. Ce seuil se situe entre les familles composées de 5 à 6 personnes et les familles plus nombreuses. Les préoccupations d'ordre familial sont constamment évoquées par les représentants des ces dernières, principalement par les femmes, comme celles-ci rencontrées dans la paroisse de Mulalo: «*je m'en irais si on m'indiquait un endroit où aller mais je ne partirais qu'avec les enfants*», «*je verrais d'abord si personne ne manque à la maison avant de prendre une décision*», «*si on veut me sauver, que l'on sauve également toute ma famille, autrement je préférerais mourir avec elle*».

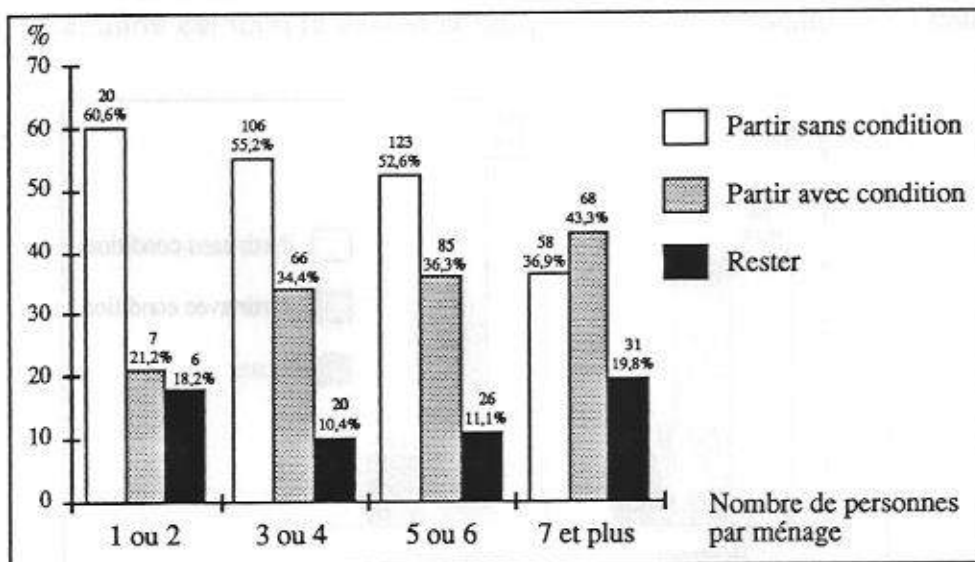


Fig. 52 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon le nombre de personnes composant le ménage (zone de risque majeur de lahars)

Nombre de personnes par ménage	Niveau socio-économique relativement faible à très faible			Niveau socio-économique relativement élevé à très élevé		
	Partir sans condition	Partir avec condition	Rester	Partir sans condition	Partir avec condition	Rester
1 ou 2	55	25	20	69,2	15,4	15,4
3 ou 4	43,5	42,4	14,1	66	27	7
5 ou 6	38,3	49,6	12,2	66,4	23,5	10,1
7 et plus	30,9	47,9	21,3	46	36,5	17,5

Chiffres donnés en pourcentages

Tab. 42 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon le nombre de personnes composant le ménage et le niveau socio-économique (zone de risque majeur de lahars)

La possession de biens immobiliers semble également influencer le comportement déclaré, surtout lorsque l'on possède à la fois une maison et un terrain (figure 53). Dans la réalité la situation est plus complexe et toujours dans la perspective d'éviter le piège de la redondance, nous avons isolé les agriculteurs des autres personnes interrogées (tableau 43) et considéré ces dernières selon le niveau socio-économique (tableau 44).

Le problème se pose dans les termes que nous venons d'exposer, que l'on soit agriculteur ou pas. Mais la situation est sensiblement différente chez les non agriculteurs selon le niveau socio-économique. Lorsque ce dernier est plutôt faible, la perspective d'évacuer est problématique surtout lorsque l'on est propriétaire à la fois d'une maison et d'un terrain. Nous voyons là l'effet de la double activité, fréquente dans la région et par là le même type de problème que l'on rencontre chez les agriculteurs, notamment lorsque l'on a des animaux. La faible différence notable entre ceux qui ne possèdent aucun bien immobilier et ceux qui ne possèdent qu'une maison semble confirmer l'idée précédemment avancée de la faiblesse de la crainte des vols et du pillage. Cette crainte, davantage ressentie lorsque le niveau socio-économique s'élève, expliquerait le décalage très net, dans ce cas, entre les personnes qui n'ont aucun bien immobilier et celles qui en possèdent qu'il s'agisse d'une maison avec, ou sans terrain.

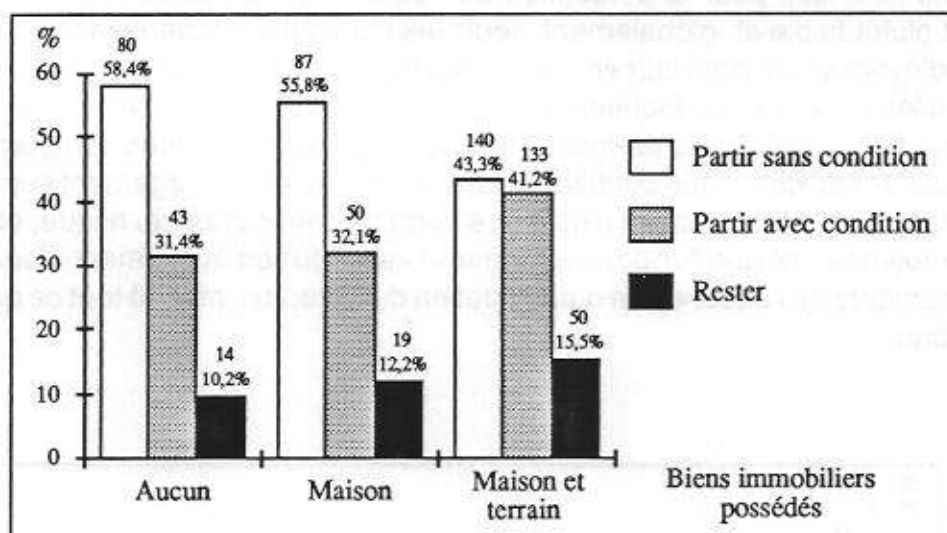


Fig. 53 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon les biens immobiliers possédés (zone de risque majeur de lahars)

Biens possédés	Agriculteurs			Non agriculteurs		
	Partir sans condition	Partir avec condition	Rester	Partir sans condition	Partir avec condition	Rester
Aucun	39,1	54,4	6,5	62,1	26,2	11,7
Maison	39,1*	54,4	6,5	59	28,5	12,5
Maison et terrain	28,6	54,5	17	51,2	34,1	14,7

* Regroupés en raison du très faible nombre d'agriculteurs ne possédant qu'une maison
Chiffres donnés en pourcentages

Tab. 43 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon les biens immobiliers possédés (distinction entre les agriculteurs et les non agriculteurs)

Biens possédés	Niveau socio-économique relativement faible à très faible			Niveau socio-économique relativement élevé à très élevé		
	Partir sans condition	Partir avec condition	Rester	Partir sans condition	Partir avec condition	Rester
Aucun	52,9	31,4	15,7	87,9	12,1	0
Maison	51,2	39	9,8	60,2	26,2	13,6
Maison et terrain	35,9	42,3	21,8	60,1	30,1	9,8

Chiffres donnés en pourcentages

Tab. 44 - Comportement déclaré des non agriculteurs dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon les biens immobiliers possédés et le niveau socio-économique

II.4.4. Le temps de résidence

Le problème du temps de résidence dans la paroisse se pose sensiblement de la même manière que pour la perception du risque. Sa relation avec le comportement déclaré est plutôt faible et, globalement, seuls les nouveaux résidents accepteraient plus facilement d'évacuer si l'ordre leur en était donné (figure 54). Mais une analyse considérant séparément les provinces du Pichincha et du Cotopaxi montre que c'est principalement le cas des nouveaux venus de la première (tableau 45). Ces personnes comptent parmi les plus favorisées et affichent une confiance vis-à-vis de l'extérieur largement supérieure à la moyenne. De plus, même lorsqu'il existe une certaine conscience du risque, elles ne sont pas encore sujettes à ce que l'on pourrait nommer «effet du non événement», ou en d'autres termes à l'habitude de l'absence de manifestation du Cotopaxi, malgré tout ce que l'on peut dire du volcan.

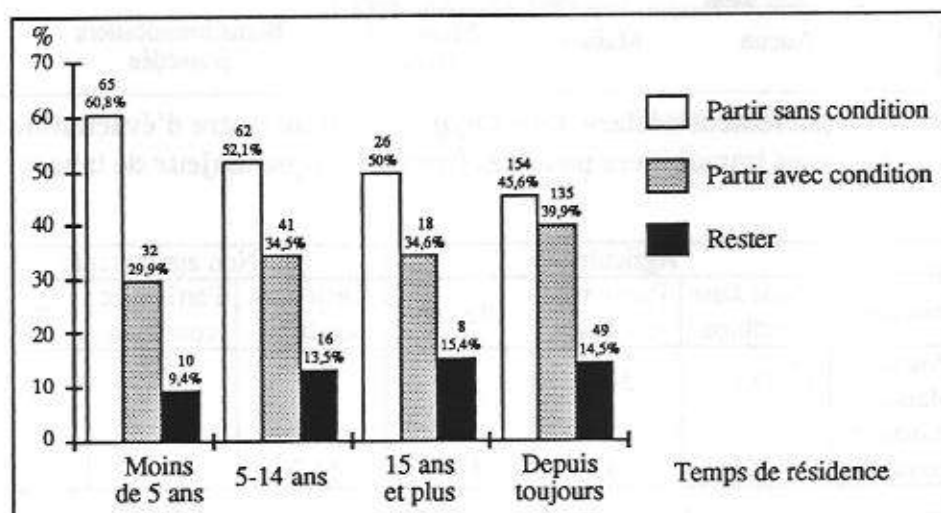


Fig. 54 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon le temps de résidence (zone de risque majeur de lahars)

Temps de résidence	Province du Pichincha			Province du Cotopaxi		
	Partir sans condition	Partir avec condition	Rester	Partir sans condition	Partir avec condition	Rester
Moins de 5 ans	70,5	23	6,6	47,8	39,1	13
5-14 ans	57,1	27,3	15,6	42,9	47,6	9,5
15 ans et plus	50	33,3	16,7	50	35,7	14,3
Depuis toujours	51,1	33,7	15,2	43,5	42,3	14,2

Chiffres donnés en pourcentages

Tab. 45 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon le temps de résidence et la province (zone de risque majeur de lahars)

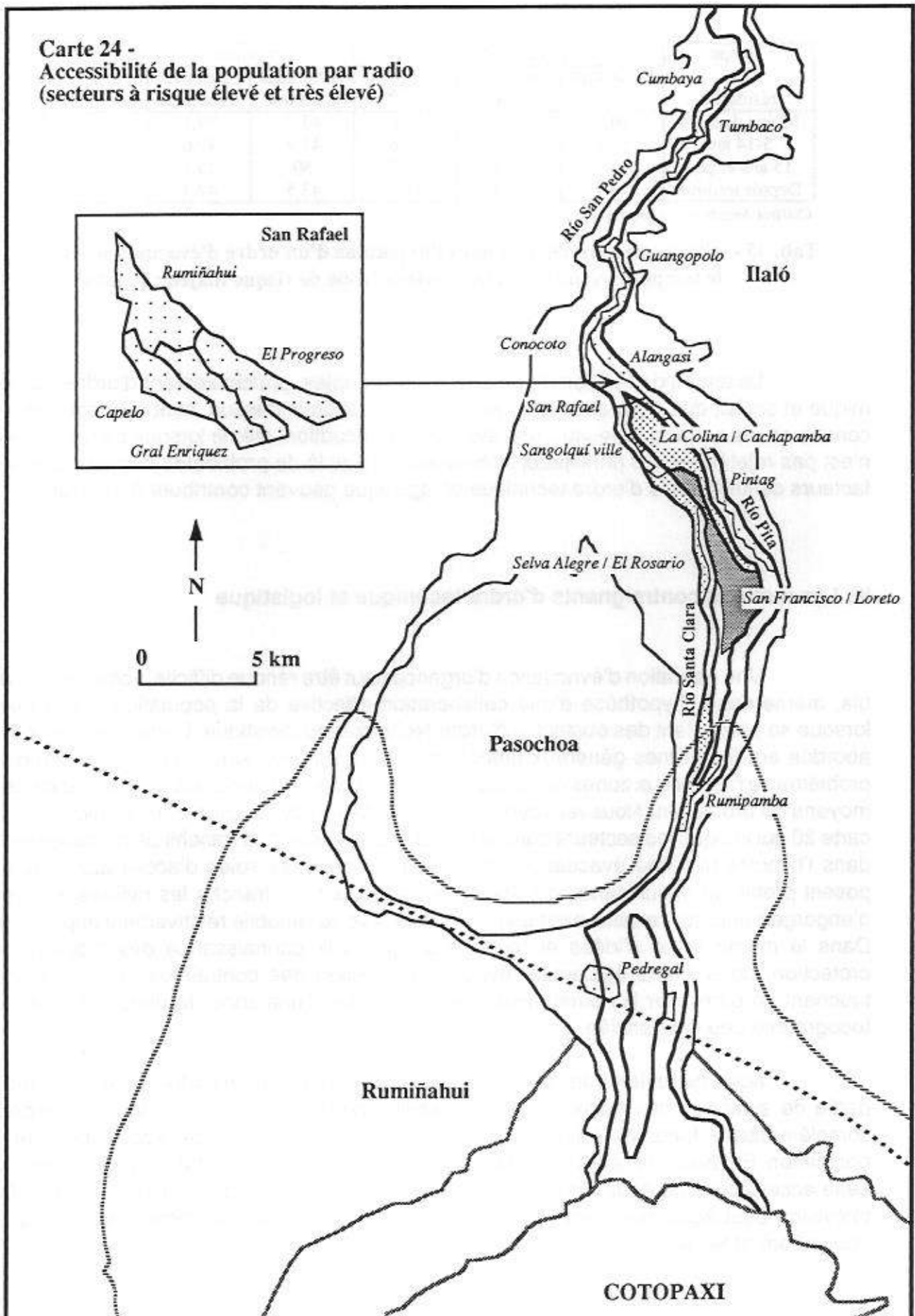
Le temps de résidence, ainsi que les variables, principalement d'ordre économique et social, que nous avons prises en considération ci-dessus, sont susceptibles de constituer une entrave sérieuse à une éventuelle évacuation, même lorsque cette dernière n'est pas rejetée par les principaux intéressés. Il s'agit là de problèmes humains que les facteurs contraignants d'ordre technique et logistique peuvent contribuer à intensifier.

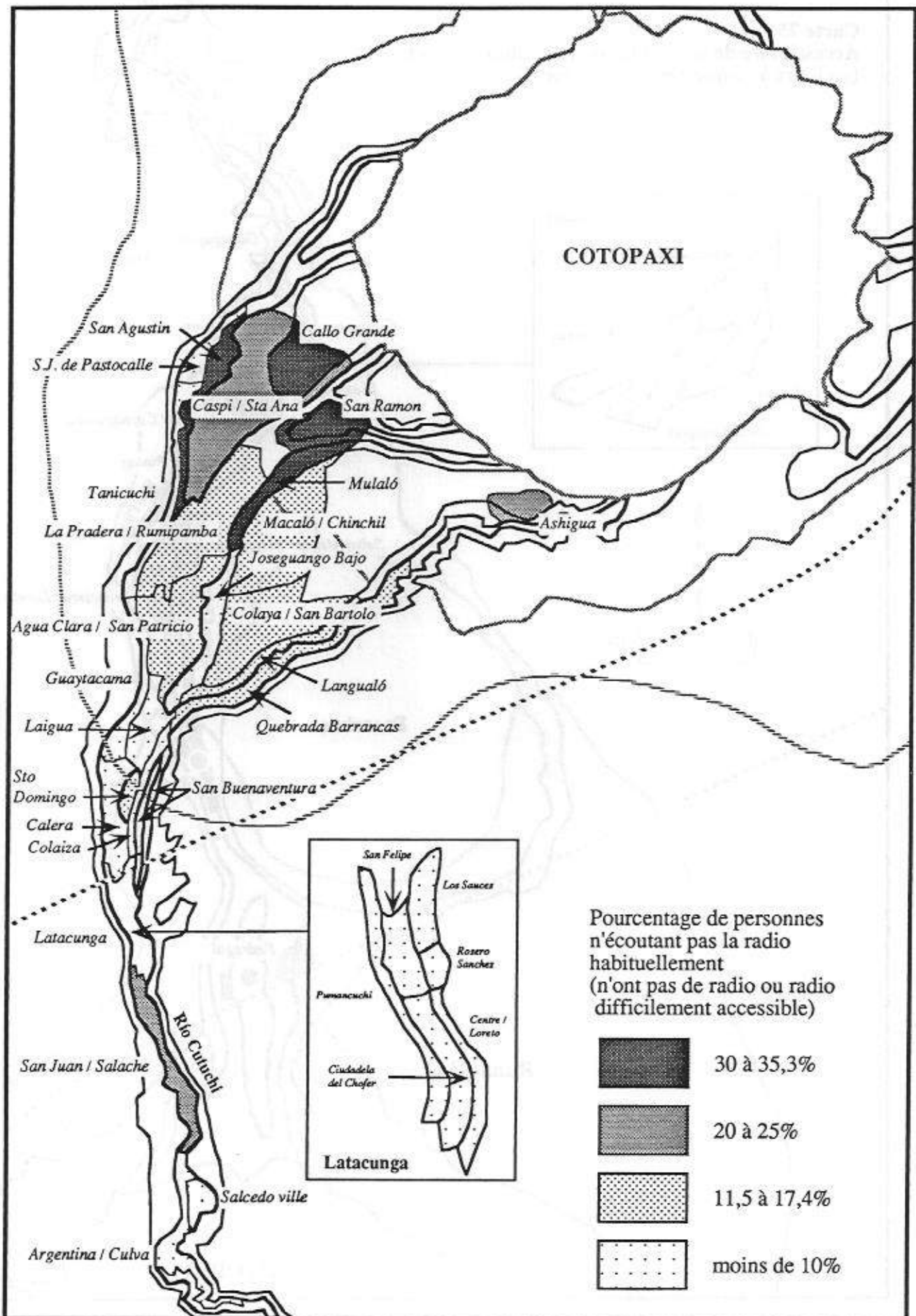
III. Les facteurs contraignants d'ordre technique et logistique

Une opération d'évacuation d'urgence peut être rendue difficile, voire impraticable, même dans l'hypothèse d'une collaboration effective de la population concernée, lorsque se présentent des obstacles d'ordre technique ou logistique. Cette question a été abordée en des termes généraux précédemment et développée en ce qui concerne le problème de l'accès aux zones de refuge, dans le chapitre concernant la connaissance des moyens de protection. Nous renvoyons donc le lecteur à ce chapitre et en particulier à la carte 20 qui indique les secteurs dans lesquels la population doit franchir un rio dangereux dans l'hypothèse d'une évacuation ainsi que ceux dont les voies d'accès aux refuges posent problème (insuffisance de ces voies, de ponts pour franchir les rivières, risques d'engorgements sur certains axes en raison d'un parc automobile relativement important). Dans le même ordre d'idées et toujours à travers la connaissance des moyens de protection, nous avons également évoqué la question des contraintes de localisation touchant en particulier les personnes vivant au centre d'une zone de risque étendue, à topographie peu différenciée.

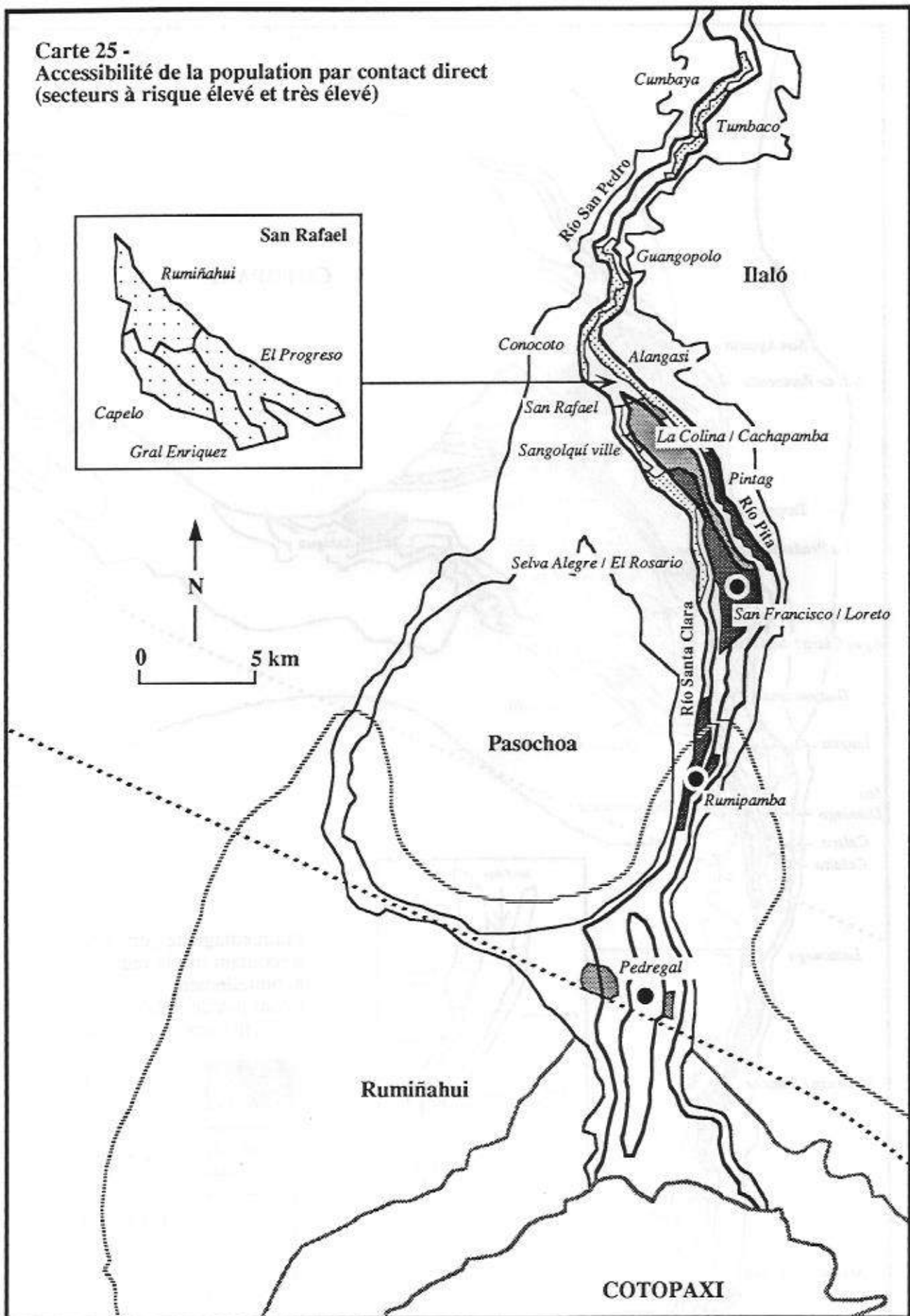
Nous ne reviendrons sur ce sujet que dans la troisième partie de ce document, partie de synthèse des facteurs de vulnérabilité, pour nous consacrer ici à un aspect complémentaire, fondamental durant une situation d'urgence, celui de l'accessibilité de la population. En raison de l'absence de systèmes d'alerte locaux, en l'état actuel des choses, cette accessibilité ne peut sérieusement s'envisager que de deux manières: la radio (la télévision peut également être utilisée mais ne toucherait qu'une fraction réduite de la population) et le contact personnel direct.

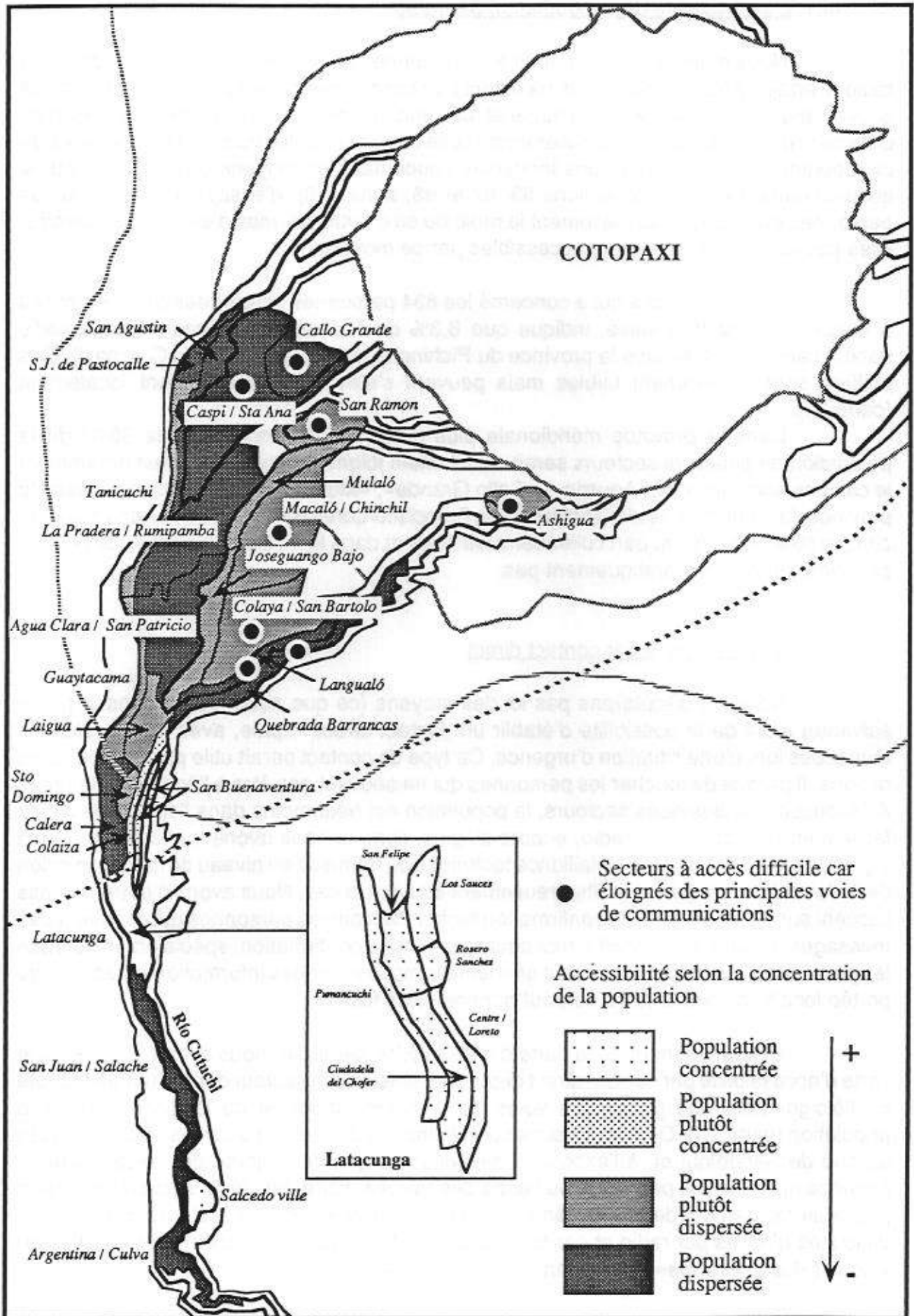
Carte 24 -
 Accessibilité de la population par radio
 (secteurs à risque élevé et très élevé)





Carte 25 -
 Accessibilité de la population par contact direct
 (secteurs à risque élevé et très élevé)





III.1. L'accessibilité de la population par radio

Nous n'avons pas demandé aux personnes interrogées si elles possédaient la radio. Certains en possèdent mais ne la font pas fonctionner durant plusieurs mois car les piles manquent ou parce que l'appareil est endommagé, en revanche d'autres n'en disposent pas mais écoutent régulièrement celle des amis ou des voisins. Nous avons jugé plus pertinent, par des questions indirectes concernant les moyens d'information (cf. le questionnaire d'enquête, questions 53, 87 et 88, annexe 6), d'essayer de savoir si ces personnes écoutaient habituellement la radio ou en d'autres termes d'essayer de savoir si elles pouvaient être facilement accessibles par ce moyen.

Cette recherche qui a concerné les 834 personnes interrogées dans les zones à risque élevé et très élevé, indique que 8,3% de l'échantillon n'écoute pas la radio habituellement (5,4 % dans la province du Pichincha, 9,8% dans celle du Cotopaxi). Ces chiffres sont relativement faibles mais peuvent s'élever assez fortement localement (carte 24).

Dans la province méridionale plus de 20% (et parfois plus de 30%) de la population de plusieurs secteurs serait difficilement joignable par radio. C'est notamment le cas des secteurs «San Agustin», «Callo Grande», «Mulalo» et «San Ramon». Dans la province du Pichincha, seul le secteur «San Francisco/Loreto» se trouve dans une situation comparable. Ailleurs, en particulier dans les villes et dans le milieu péri-urbain, ce type de problème ne se pose pratiquement pas.

III.2. L'accessibilité par contact direct

Nous ne discuterons pas ici des moyens (ce que nous ferons dans la partie suivante) mais de la possibilité d'établir un contact direct, rapide, avec les populations menacées lors d'une situation d'urgence. Ce type de contact paraît utile pour de multiples raisons. Il permet de toucher les personnes qui ne peuvent pas être à l'écoute de la radio. A l'exception de quelques secteurs, la population est néanmoins dans l'ensemble assez facilement accessible par radio, encore s'agit-il, comme nous avons eu l'occasion de la signaler, qu'il n'y ait aucune défaillance technique ou humaine au niveau de la transmission de l'information, ce qui est malheureusement souvent le cas. Nous avons d'autre part mis l'accent sur le problème de la confirmation recherchée par les personnes qui reçoivent des messages d'alerte. Le contact direct peut fournir cette confirmation, spécialement lorsque les personnes vivent isolées. Il peut en même temps fournir des informations précises, de portée locale, ce que la radio ne peut normalement faire.

En complément de la carte d'accessibilité par radio, nous avons construit une carte d'accessibilité par contact direct depuis l'extérieur d'un secteur donné, tenant compte de l'éloignement des principales voies de communications et de la dispersion de la population (carte 25). On peut ainsi mesurer l'ampleur du problème car les secteurs situés au sud de Sangolqui et, à l'exception des villes, la grande majorité des secteurs de la province méridionale, pour l'une ou l'autre des raisons, voire des deux, serait difficilement joignable rapidement depuis l'extérieur. Notons enfin, que certains secteurs cumulent les difficultés d'accès par radio et par contact direct et de plus sont souvent très proches du volcan («Callo Grande», «San Ramon», «Ashigua» notamment).

La question des facteurs contraignants d'ordre social et technique pouvant exercer un rôle sur le comportement des populations en cas de situation d'urgence et en particulier en cas de nécessiter d'évacuer, a permis de compléter et de relativiser la portée des facteurs de base que sont la perception du risque et la connaissance des moyens de protection. Afin de mieux cerner la nature et l'ampleur des problèmes qui peuvent se poser pour tel groupe social ou pour un lieu donné, afin d'avoir une vision globale des phénomènes les plus marquants dans une perspective de planification préventive, il est cependant nécessaire d'aller au delà d'une seule analyse séparée de chacun de ces facteurs. C'est ce que propose la dernière partie de ce document.

**Vues de Rumipamba («Champ de pierres»):
une communauté de 420 personnes installée à proximité du Cotopaxi**



Photo 41
Des habitations éparpillées
sur des dépôts de lahars

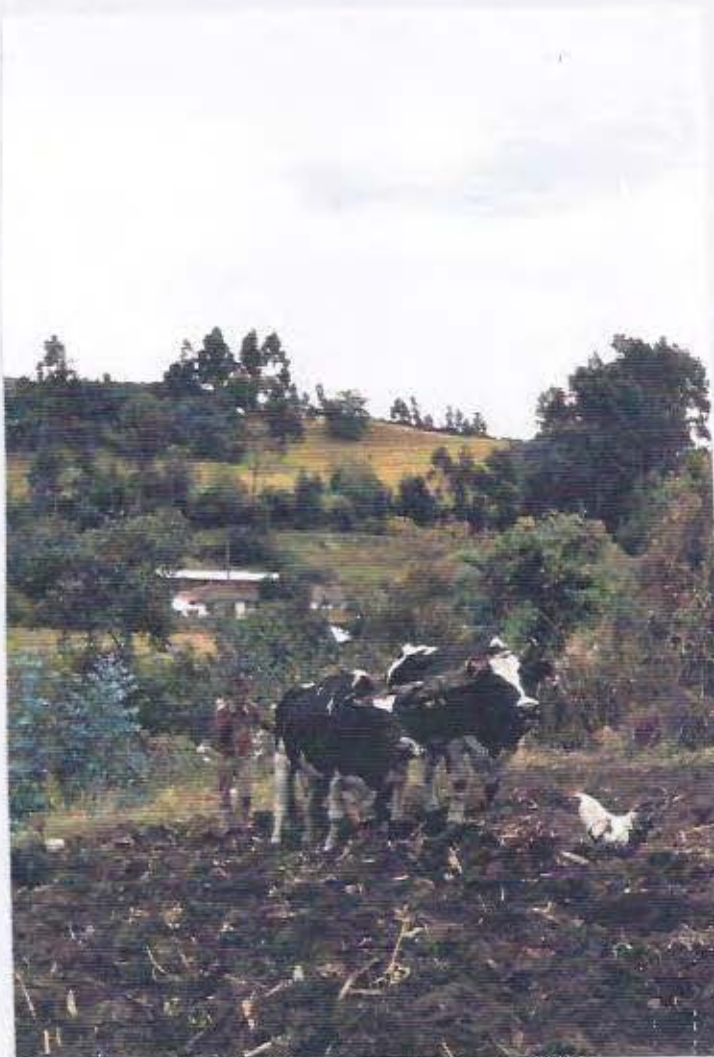


Photo 42
«J'ai dû ôter toutes les pierres
des dernières éruptions pour
pouvoir cultiver mon champ»

Photo 43
Un lieu de dévotion local
mais aussi possible lieu de
refuge sur les flancs du Pasochoa

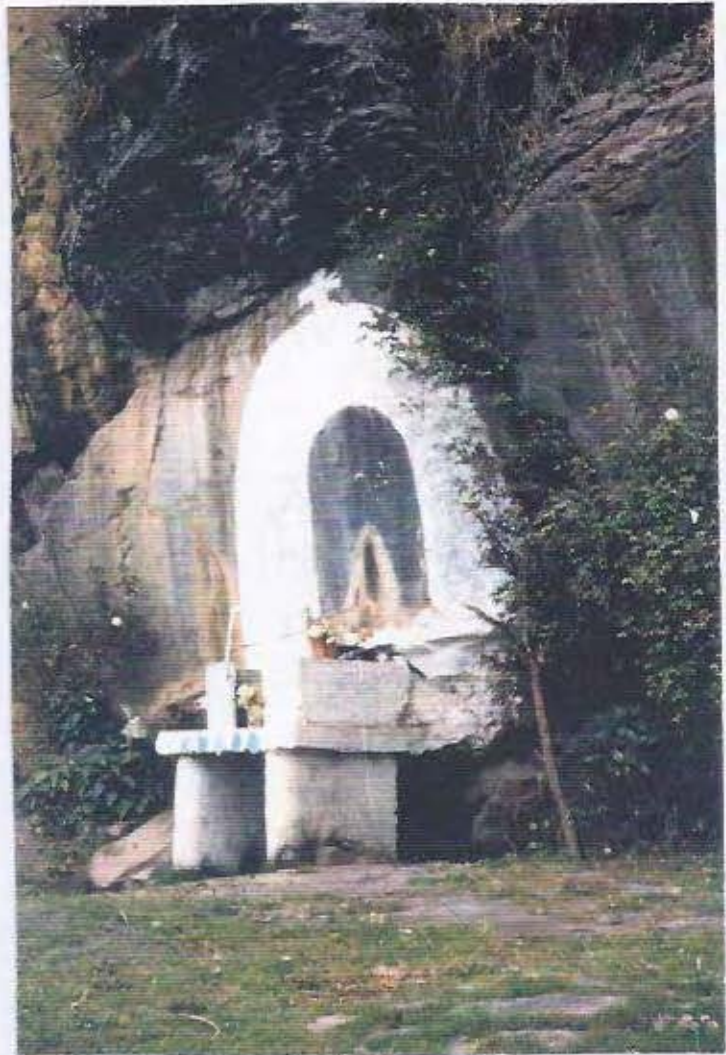


Photo 44
«Je ne m'en irais que si je pouvais
emmener mes animaux avec moi»



3^e PARTIE

**LA VULNERABILITE DES POPULATIONS EXPOSEES AU COTOPAXI:
SYNTHESES ET ORIENTATIONS PREVENTIVES**

Après avoir analysé les principaux facteurs physiques et humains de vulnérabilité, caractéristiques de la population de la région du Cotopaxi, l'objet de cette dernière partie est de réaliser une synthèse des principaux résultats obtenus et, en fonction de celle-ci, de proposer quelques orientations en vue d'une préparation adaptée de la population potentiellement menacée. Il s'agit notamment de déterminer, selon le groupe social et le lieu considérés, des niveaux et surtout des types de vulnérabilité qui peuvent constituer autant d'assises pour des actions préventives.

Cependant, la finalité opérationnelle, spécifique au cas équatorien, n'est pas la seule raison d'être de notre étude. Cette dernière s'inscrit dans un ensemble de travaux de recherche qui, malgré des thèmes, des méthodes et des objectifs parfois très différents, touchent au domaine de la vulnérabilité humaine face aux catastrophes d'origine naturelle. Notre intention, dès le départ, était de contribuer à alimenter la réflexion dans ce domaine et notre démarche se veut donc également comparative.

Nous avons enfin porté, dans ce volet synthétique, et peut-être davantage que dans les volets analytiques de l'étude, nos efforts sur le terrain méthodologique. Cela concerne à la fois le traitement des données et la représentation visuelle, sous forme de graphiques ou de cartes, de phénomènes parfois complexes mais qui doivent être compris aussi bien par le spécialiste que par le non spécialiste ayant une responsabilité dans les travaux de planification préalable.

Chapitre I

TYPOLOGIE ET CARTOGRAPHIE DES FACTEURS DE VULNERABILITE

Ce chapitre présente trois volets complémentaires. Les deux premiers sont essentiellement axés sur les facteurs humains de comportement. La première section propose une synthèse des relations observées entre les facteurs de comportement et les variables que nous avons retenues et de fournir des éléments de comparaison sur la base d'études proches de la nôtre. A l'aide d'une analyse statistique multivariée (analyse factorielle des correspondances), la deuxième section présente les principaux types sociaux et régionaux de vulnérabilité.

Afin de pouvoir réaliser des diagnostics locaux de vulnérabilité, le troisième volet intègre les principales données physiques, techniques et humaines préalablement sélectionnées, que nous avons réunies dans une carte synthétique des facteurs de vulnérabilité des populations les plus exposées au volcan Cotopaxi.

I. Facteurs humains de comportement et variables associées: les relations, leur intensité et leur sens.

I.1. Le cas de la région du Cotopaxi: une vue d'ensemble

La figure 55 constitue une synthèse des tableaux 27, 33 et 37 qui indiquaient l'existence et l'intensité des relations entre les facteurs de comportement et les variables explicatives utilisées lors des traitements statistiques. Trois types de relations ont été retenus selon les normes suivantes:

- forte relation lorsque le risque d'erreur est négligeable (inférieur à 0,1%) et le coefficient d'association élevé (V. de Cramer supérieur à 0,15);
- relation modérée lorsque le risque d'erreur est faible (compris entre 0,1 et 5%) et le coefficient d'association compris entre 0,10 et 0,15;
- relation très faible ou inexistante lorsque le risque d'erreur est supérieur à 5%.

Quelques exceptions, précédemment justifiées (comme par exemple, la variable «information sur le Cotopaxi» dont la relation avec la «connaissance des moyens de protection» dans le cas d'une perception élevée du risque, présente un risque d'erreur compris entre 5 et 10% mais un coefficient d'association égal à 0,171) échappent à cette règle pour répondre davantage à la logique qu'à des seuils statistiques parfois trop rigides. Dans le même ordre d'idées, nous avons tenu compte des redondances afin d'éviter les relations apparentes (par exemple, la relation entre la distance au volcan et l'évacuation sous condition) et des relations très ponctuelles qu'il nous a paru important de représenter dans le cas de la variable «temps de résidence».

Globalement, il ressort de ce tableau synthétique, deux phénomènes majeurs. Il s'agit, en premier lieu, du poids très important des variables de localisation, de l'information et de ses sources dans la connaissance des moyens de protection et surtout dans la perception du risque personnel. D'autre part, les variables socio-économiques sont pratiquement les seules à intervenir comme facteurs de contrainte (ou d'incitation) dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation.

Ce schéma est néanmoins très général et une analyse de détail permet de le nuancer. Il est clair, par exemple, que la distance au volcan ne joue sur la connaissance des moyens de protection qu'à travers la perception du risque et que l'existence ou l'absence d'obstacles entre la source de danger et le lieu de résidence des personnes menacées peut constituer un frein ou au contraire une incitation à une éventuelle évacuation. Plus net encore, est le poids de certaines variables socio-économiques dans la perception du risque et la connaissance des moyens de protection (en particulier l'activité professionnelle, le type de population et le sexe).

I.2. Comparaison avec d'autres études

Le tableau 46 permet de comparer les résultats obtenus dans la région du Cotopaxi avec ceux que d'autres chercheurs ont pu mettre en évidence à partir de l'analyse de cas précis ou dans le cadre de synthèses. On le comprendra facilement, ce tableau bien qu'il soit construit selon le modèle de la figure 55, ne présente aucune valeur statistique dans la mesure où les études retenues ne constituent qu'un échantillon de la littérature

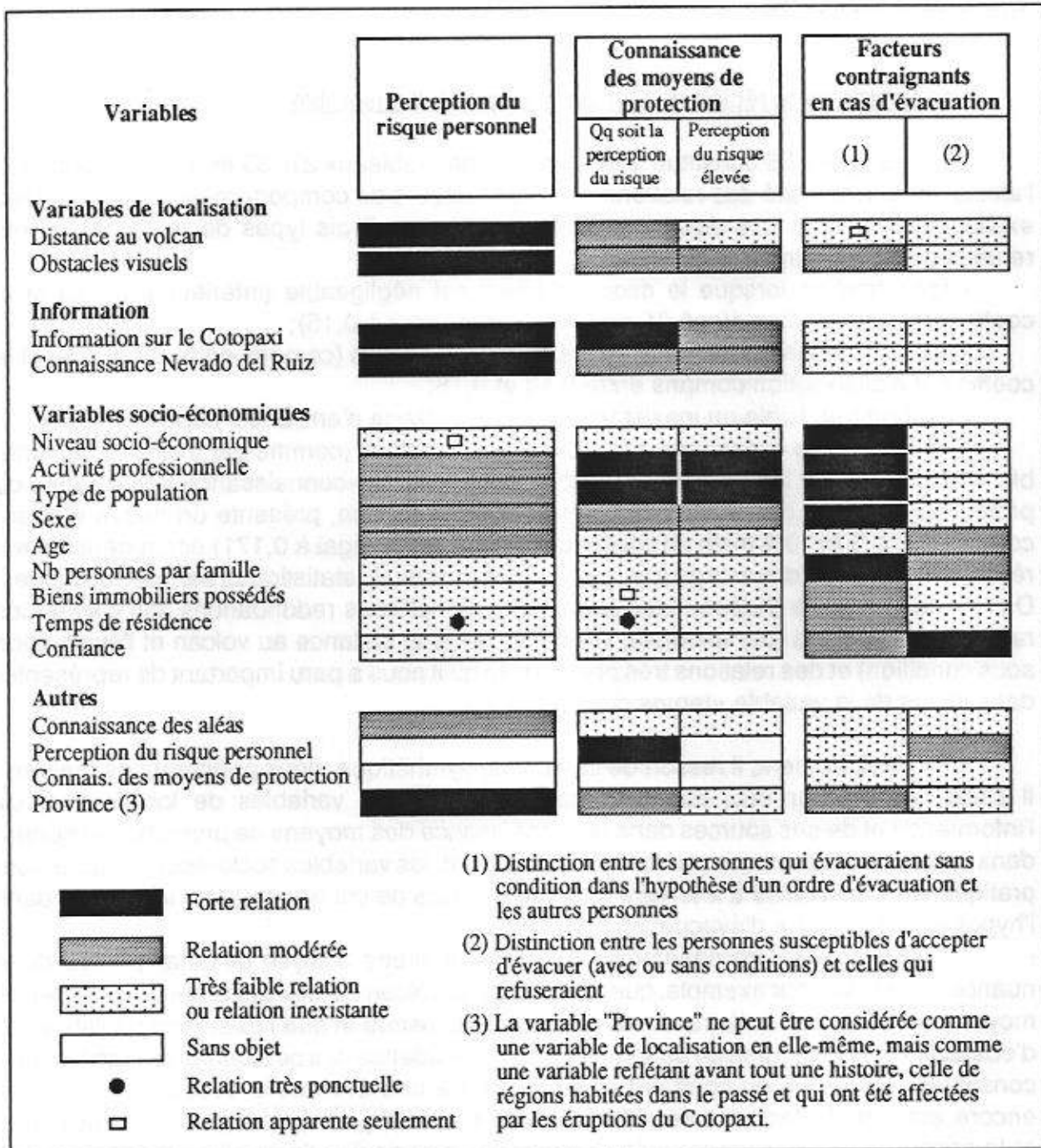


Fig. 55 - Poids des relations entre les facteurs de comportement et les variables associées (provinces du Pichincha et du Cotopaxi, zone de risque majeur de lahars, 616 enquêtes)

Variables	Perception du risque	Connaissance des moyens de protection	Adaptation Comportement
Variables de localisation Distance au volcan Obstacles visuels	G-Ka-L		G (L)
Information Information préalable sur la source de danger Expérience antérieure	Bl-G-K-P1-P2-Pa-Wa A-Ba-BI-Bu-G-H-I-K-Ka-M-P2-Pa-Sm-Wh-Wa	I-K-F I-K	Bu-F-H-K-P1-P2-Pe-So-Wh-U Ba-Bu-I-J-Ka-M-Sm-U-Wh
Variables socio-économiques Niveau socio-économique, éducation Activité professionnelle Type de population Sexe Age Nb personnes par famille Biens immobiliers possédés Temps de résidence Confiance Contexte culturel (général) Fatalisme, croyances religieuses Structures sociales, responsabilités Personnalité Lieux communs, horizon temporel	Ba-BI-H-P2-S2-Wa (A-K-M-Pa) (A-Pa) Bl-Bu-Mc-Wa (K-Pa-S1) H-Ka (K-Pa) Ba-BI-Bu-H-S1-S2-Sm Sm Bu-H H-Wa BI-H-K K-S2-Wa Wa	K Mc M-K M K	Ba-BI-Bu-H-K-P1-P2 (J-M) Mc Ka Bu-BI-H-M-P1-Sm-U U BI M-Sm H-I-P1-Pa-Si-So BI-Bu-K-Si-U- H-Si-F Bu-P1-P2-So Pa-Si-U
Variables cognitives Connaissance des aléas Perception du risque	S2		BI-K-P1-P2-P3-Pa-Wa-We (J)

Facteurs conjoncturels

Famille réunie
 Qualité de l'information d'urgence
 Confirmation
 Moyens de transport
 Sécurité des biens
 Autres
 (jour-nuit, état de l'environnement, etc.)

BI-P1-P2-U
 BI-P1-P2-Pe-U
 I-P1-P2-U
 BI-P2
 P2-U
 P2-U

Les abréviations correspondent aux articles et ouvrages indiqués ci-dessous. Elles apparaissent lorsque les auteurs ont mis en évidence, à partir de l'analyse de cas précis ou à l'occasion de synthèses, une relation entre la perception du risque, la connaissance des moyens de protection et le comportement (à court ou à long terme selon le cas) d'une part, et les différentes variables retenues et représentées ci-dessus, d'autre part. Les parenthèses ont été utilisées lorsque c'est une absence de relation qui a été mise en évidence.

- A: Aminul Islam, 1974 (cyclones, Bangladesh)
- Ba: Baker et Patton. 1974 (ouragans, USA)
- Bl: Blong, 1984 (risques volcaniques, divers)
- Bu: Burton, Kates et White, 1978 (risques naturels, divers)
- F: Fiske, 1989 (risques volcaniques, divers)
- G: Greene, Perry, Lindell, 1980 (volcans, Mt St Helens)
- H: Hodge. Sharp et Marts, 1979 (volcans, Cascades et Hawaii)
- I: Irish et Falconer, 1979 (inondations, divers)
- J: Jackson et Mukerjee, 1974 (séismes, San Francisco)
- K: Kates, 1970 (risques naturels, divers)
- Ka: Kadamura et al., 1978 (volcans, Usu)
- L: Leik, Leik, Ekker et Gifford, 1982 (volcans, St Helens)
- M: Murton et Shimabukuro, 1974 (volcans, Hawaii)
- Mc: Mc Donald, 1979 (risques naturels, Australie)
- P1: Perry, Lindell et Greene, 1981 (Inondations, USA)
- P2: Perry, 1983 (risques naturels, divers)
- P3: Perry et Greene, 1983 (volcans, St Helens)
- Pa: Parker et Harding, 1979 (inondations, Royaume-Uni)
- Pe: Peterson, 1988 (risques volcaniques, divers)
- S1: Simpson-Housley et Curtis, 1983 (séismes, Nouvelle-Zélande)
- S2: Simpson-Housley et de Man, 1987 (tornades, USA)
- Si: Sims et Baumann, 1972 (tornades, USA)
- Sm: Smith et Tobin, 1979 (inondations, Royaume-Uni)
- So: Sorensen et Gersmehl, 1980 (volcans, Hawaii)
- U: UNDRRO, 1987 (risques naturels, divers)
- Wa: Warrick, 1979 (risques volcaniques, divers)
- We: Western et Milne, 1979 (cyclones, Australie)
- Wh: White (Anne), 1974 (cyclones, divers)

Tab. 46 - Perception du risque, connaissance des moyens de protection, comportement et variables associées
 (selon les données fournies par une sélection de 28 articles ou ouvrages)

disponible et considèrent des situations très différentes tant sur le plan du type de risque considéré, du contexte socio-culturel (écrasante majorité des pays anglo-saxons qui concentrent l'essentiel de la recherche sur les phénomènes sociaux liés aux catastrophes naturelles) que sur celui de l'échéance de la menace. Elles reflètent également les centres d'intérêt des auteurs et très souvent, comme nous l'avons fait également, les choix préalables, notamment en ce qui concerne les variables étudiées. Le tableau donne cependant deux types d'informations qui ne manquent pas d'intérêt et qui peuvent fournir des éléments de comparaison avec nos résultats: les tendances quant aux relations mises en évidence, mais aussi quant aux types de variables qui ont fait l'objet d'études. Dans la mesure où le tableau 46 ne tient compte que de l'existence de variables pertinentes, sans considérer le sens dans lequel elles évoluent, nous nous en tiendrons pour l'instant à des observations d'ordre général.

Il est par exemple notable que la plupart des auteurs ont travaillé dans des régions récemment ou fréquemment affectées et se sont penchés sur le problème de l'expérience antérieure qui tend clairement à influencer la perception du risque et les comportements. Nous n'avons pas pu nous appuyer sur une expérience antérieure directe de la population exposée au Cotopaxi et nous l'avons substituée par une expérience indirecte avec l'information sur le Cotopaxi ou le Nevado del Ruiz. Mais si, selon plusieurs auteurs, l'information préalable sur les dangers semble exercer une influence aussi bien sur la perception du risque que sur les comportements, ce n'est pas le cas dans la région du Cotopaxi où, comme nous l'avons déjà noté, l'information reçue à travers les médias ou la mémoire collective tend avant tout à créer une certaine conscience du risque sans pour autant fournir de motivations suffisantes pour accepter d'évacuer si cela était nécessaire.

Peu d'auteurs se sont penchés sur l'influence de la localisation vis-à-vis de la source de danger. Il est vrai que la prise en compte des variables de localisation, notamment celles que nous avons choisies (distance au volcan et obstacles) se prête plus facilement lorsque la source de danger est bien localisée, ce qui est le cas des volcans, mais cela pourrait également être appliqué à d'autres risques, comme les inondations liées aux débordements des rivières ou aux cyclones. Il n'en reste pas moins que ces variables jouent un rôle extrêmement important dans la perception du risque, en particulier dans des situations du type de celles qui ont été engendrées par le Nevado del Ruiz ou qui sont susceptibles de l'être avec un volcan tel que le Cotopaxi dont les lahars peuvent porter le danger relativement loin du lieu d'émission.

La plupart des études consignées dans le tableau 46 ont mis l'accent sur les variables socio-économiques qui comme dans le cas de la région du Cotopaxi sont ou peuvent être fortement corrélées avec le comportement. Le niveau socio-économique, l'âge, la confiance et de manière générale, le contexte culturel sont les variables qui apparaissent le plus fréquemment. Nous sommes globalement en accord avec l'ensemble de ces résultats à quelques nuances près.

Nous avons en particulier minimisé l'idée de fatalisme dans notre région d'étude. Bien que la référence à Dieu ou à l'intervention divine ait été très souvent rencontrée dans les réponses fournies par les personnes interrogées, nous avons montré que cela ne paraissait pas incompatible avec la volonté d'agir si les obstacles principalement d'ordre économique et matériel étaient surmontés.

Il apparaît par ailleurs que dans la région du Cotopaxi, le sexe semble constituer un facteur de comportement plus important que dans la grande majorité des autres terrains

d'études où il n'est pas mentionné. Dans la section suivante, nous reviendrons sur ce problème qui est à notre avis en grande partie lié au contexte culturel latino-américain.

Pour leur part, les variables «activité professionnelle» et «type de population», fortement liées entre elles mais que nous avons maintenues distinctes en raison de la complémentarité des informations qu'elles fournissent, n'apparaissent guère comme des facteurs de comportement. Il est vrai que de nombreux auteurs n'ont pas utilisé ces variables et se sont satisfaits du niveau socio-économique qui constitue une variable explicative à part entière. Cependant si l'activité professionnelle et le type de population reflète d'une certaine manière le niveau de vie, notamment en Equateur, nous avons pu observer lors de notre analyse, la spécificité de certains types de populations ou de certaines catégories professionnelles (par exemple la meilleure connaissance des moyens de protection dans le milieu paysan ou le refus potentiel d'évacuer plus prononcé chez les commerçants).

D'autre part, les variables socio-économiques font l'objet de controverses lorsqu'il s'agit de débattre de leur impact sur la perception du risque. C'est notamment le cas du niveau socio-économique, du sexe, de l'âge et de l'activité professionnelle. Dans notre étude, nous avons mis en évidence une relation statistique entre le niveau socio-économique et la perception du risque mais nous avons également noté que cette relation n'était que partiellement fondée et que la variable «activité professionnelle» permettait mieux d'expliquer les différences observées au sein de la population. En ce qui concerne l'âge et le sexe, nous avons fait apparaître une relation entre ces deux variables et la conscience du risque, modérée, il est vrai, mais pas moins réelle.

D'après le tableau 46, il est notable que peu d'études ont été consacrées aux variables associées à la connaissance des moyens de protection. Néanmoins la variable qui ressort le plus (information préalable sur la source de danger) s'avère également pertinente sur notre terrain. Faute d'études de cas suffisantes, la comparaison n'est guère possible avec les autres variables. Notons néanmoins que dans le cas de la région du Cotopaxi, le niveau socio-économique n'intervient pas dans la connaissance des moyens de protection, de même que l'âge. Il est vrai que l'influence de l'âge mise en évidence par quelques auteurs est liée à une expérience antérieure qui n'existe pas dans notre région d'étude.

Un dernier point de comparaison nous a paru particulièrement intéressant et mérite une réflexion plus poussée dans la mesure où il soulève un problème de fond. Il s'agit de l'influence des facteurs cognitifs (perception du risque et connaissance des moyens de protection) sur le comportement.

1.3. Le problème de la relation entre les facteurs cognitifs et le comportement

Plusieurs auteurs ont souligné la relation existante entre la perception du risque et la connaissance des moyens de protection d'une part, et le comportement d'urgence ou l'adaptation à moyen ou long terme d'autre part (tableau 46). Les conclusions des études réalisées par ces chercheurs ont permis de bâtir les modèles de prise de décision des individus dont nous avons présenté une synthèse (tableau 21, selon les modèles de Kates et Perry), ou sont conformes à ces derniers. Ces modèles, fondés sur le principe de la «rationalité limitée» supposant l'intervention de phénomènes médiateurs entre le stimulus naturel et le comportement, suivent néanmoins une logique relativement rigide, n'omettant

pas le contexte social mais le plaçant au second plan, ce qui d'évidence correspond mal à la population de notre région d'étude.

Selon ces modèles, il existe une relation quasi directe entre la perception du risque et le comportement, même si les phénomènes socio-culturels tendent à la moduler. Dans la région du volcan Cotopaxi, nous avons noté non seulement une assez faible relation entre les facteurs cognitifs et le comportement déclaré (2^e partie, chapitre IV, 1.2.3.) mais également une logique de prise de décision qui dans certains cas suit un cheminement inverse de celle qui est présentée dans les modèles de Kates et Perry. D'après ces derniers, la recherche d'adaptations préalables à une éventuelle action, n'intervient qu'au dessus d'un seuil de perception du risque, variable selon les personnes. Ceci peut s'appliquer à une fraction de la population exposée au Cotopaxi, notamment la plus favorisée, mais bien souvent, la perception du risque apparaît davantage comme une constante que comme une variable. Nous avons remarqué qu'en dépit d'une perception élevée du risque, mais pour des raisons économiques, sociales ou matérielles (allant de la crainte de l'expropriation à l'absence de confiance en des personnes ou des institutions qui habituellement se manifestent rarement de manière positive, en passant par la réticence à abandonner ce que l'on a chèrement acquis), de nombreuses personnes écartaient l'idée d'évacuer en cas de danger ou exposaient leurs difficultés sous forme de conditions. A l'opposé, des individus, manifestement peu conscients des risques, seraient prêts à suivre un ordre d'évacuation pour des raisons de confiance ou simplement parce qu'il se doit d'obéir à un ordre officiel.

Face à cette situation, nous pouvons nous poser la question de la validité des modèles de Kates et Perry. Il est vrai, par définition, qu'un modèle se veut une simplification de la réalité dont il gomme les nuances. Par ailleurs notre étude est fondée sur les informations fournies, en période de calme par une population qui n'a jamais eu d'expérience directe avec une éruption volcanique et nous avons davantage voulu déceler des facteurs de comportement qu'essayer de prévoir ce dernier. Il n'en reste pas moins qu'en raison du poids des facteurs sociaux, la relation entre les facteurs cognitifs et le comportement, loin d'être directe selon notre enquête, risque fort de ne pas l'être non plus dans l'hypothèse d'une situation d'urgence.

En fin de compte, les modèles de Kates et Perry, ainsi que les conclusions de la plupart des études consignées dans le tableau 46, s'appliquent principalement aux pays industrialisés qui ont fait l'objet de la plupart des travaux de recherche et aux populations affichant un niveau socio-économique globalement élevé. Si dans notre région d'étude, située dans un pays en voie de développement, les facteurs cognitifs exercent un rôle somme toute non négligeable dans le processus de prise de décision face aux incertitudes de la nature, il apparaît clairement que celui des facteurs sociaux est majeur et que dans de nombreux cas, il s'agit des premiers à prendre en considération. Ceci est extrêmement important à retenir, notamment dans le cadre d'actions préventives (voir le chapitre suivant).

1.4. Le sens des relations par l'analyse factorielle: préalable méthodologique

Afin de déterminer des types sociaux de vulnérabilité, il était nécessaire, au préalable, de présenter de manière synthétique non seulement les relations existantes entre les facteurs de comportement et les variables associées, mais également le sens de ces relations. Nous avons pour cela procédé à une analyse factorielle et opté pour l'A.F.C.

(analyse factorielle des correspondances) qui permet le traitement de variables qualitatives ordinales ou cardinales. Nous ne présenterons que très brièvement les aspects techniques de l'analyse, aussi nous renvoyons le lecteur à des ouvrages spécifiques considérant ce traitement multidimensionnel sur les plans mathématique et géographique (en particulier Fénelon [1981] et Groupe Chadule [1987] ou, parmi de nombreuses utilisations spécifiques, Rovera [1990] pour le classement de processus d'érosion et des géosystèmes associés). Les logiciels utilisés (Mac Mul et Graph Mul) ont été mis au point pour Macintosh par Jean Thioulouse (Laboratoire de biométrie, Université Claude Bernard, Lyon 1, version 2.14, décembre 1989).

Pour ce traitement statistique, ont été retenus 616 individus correspondant aux personnes interrogées dans les zones à risque très élevé, (risque majeur de lahars) ainsi que 15 variables dont le tableau 47 indique les modalités (ou caractères). L'objectif de l'analyse factorielle est de résumer l'information contenue dans l'immense tableau de contingence comportant 616 lignes et 58 colonnes (58 modalités pour les 15 variables) qu'il serait théoriquement possible de construire mais dont l'utilisation serait impossible. Le logiciel que nous avons employé décompose ainsi l'information initiale fournie par un nuage de 616 points à 58 dimensions en des parts d'information projetées sur des axes à une dimension (ou facteurs) hiérarchisés selon la quantité d'information retenue et sur lesquels sont disposés les points correspondant aux individus et aux modalités. La distance entre deux points est déterminée par l'intensité de la relation entre individus et modalités pris deux à deux.

D'autre part, deux axes peuvent être regroupés, constituant un plan factoriel. Dans notre cas, nous avons retenu les deux premiers axes qui présentaient à la fois l'avantage de concentrer le plus d'informations et de prendre fortement en compte les variables qui constituent le fondement de l'analyse: la perception du risque personnel, la connaissance des moyens de protection et l'existence de facteurs contraignants d'ordre social. La figure 56 représente ainsi le plan factoriel correspondant à notre échantillon statistique. Il s'agit déjà d'un plan semi-brut dans la mesure où, dans le nuage de points, les modalités ont été distinguées des individus, et ces derniers ont été figurés selon la province et la paroisse d'origine. Malgré cela, le document reste difficilement interprétable sans une approche pas à pas permettant de mieux cerner les nombreuses informations qu'il contient.

La définition de types sociaux et régionaux de vulnérabilité suppose que l'on détermine préalablement, sur le plan factoriel, les types de vulnérabilité qui pourront dans un deuxième temps être mis en relation avec tel individu ou telle modalité. La figure 57 ne reproduit que les variables de premier ordre: la perception du risque personnel et la connaissance des moyens de protection essentiellement pris en compte par l'axe 2 alors que l'axe 1 considère davantage l'existence de facteurs contraignants d'ordre social. Les points correspondant aux différentes modalités ont été reliés et un sens, répondant à une vulnérabilité croissante, a été donné aux courbes ainsi construites. En fonction de l'emplacement et du sens des modalités, nous avons ensuite, de manière empirique, tracé neuf aires correspondant à autant de types de vulnérabilité. Si l'on considère les facteurs contraignants d'ordre social comme étant les facteurs de comportement les plus problématiques de notre secteur d'étude, la vulnérabilité croit du type 1 au type 7, les types 8 et 9 n'étant que des types de transition (voir le tableau de légende associé à la figure 57).

VARIABLES		DESIGNATION DES MODALITES	
		Codification plan factoriel semi-brut	Autres figures
VARIABLES DE PREMIER ORDRE Expliquées	Perception du risque personnel	1- Elevée à très élevée	I
		2- Relativement élevée	II
		3- Relativement faible	III
		4- Faible à très faible	IV
	Connaissance des moyens de protection	5- Indication de mesures efficaces	I
		6- Indication de mesures pouvant être dangereuses	II
		7- Ignorance déclarée	III
	Facteurs contraignants d'ordre social	8- Pas ou peu de facteurs de ce type	I
		9- Existence (évacuation sous condition)	II
		10- Existence (refus de l'évacuation)	III
Distance au volcan	11- 15-25 km	1	
	12- 25-35 km	2	
	13- 35-45 km	3	
	14- plus de 45 km	4	
Obstacles masquant le Cotopaxi	15- Aucun obstacle	1	
	16- Obstacles mineurs (Cotopaxi visible à proximité du lieu de résidence)	2	
	17- Obstacles majeurs (le premier point de vue est relativement éloigné)	3	
Niveau socio-économique	18- Faible à très faible	1	
	19- Relativement faible	2	
	20- Relativement élevé	3	
	21- Elevé à très élevé	4	
VARIABLES DE SECOND ORDRE Explicatives Ordinales	Nombre de personnes dans le ménage	22- 1 ou 2	1
		23- 3 ou 4	2
		24- 5 ou 6	3
		25- 7 et plus	4

Age	26- 15-29 ans 27- 30-44 ans 28- 45-59 ans 29- 60 ans et plus	1 2 3 4
Temps de résidence	30- Moins de 5 ans 31- 5-14 ans 32- 15 ans et plus (a vécu ailleurs) 33- Depuis toujours	1 2 3 4
Connaissance de la catastrophe du Ruiz	34- N'en a jamais entendu parler 35- En a entendu parler	1 2
Type de population	36- Urbain 37- Péri-urbain 38- Rural villageois 39- Rural haciendas 40- Rural "profond"	
Activité professionnelle	41- Professions libérales, enseignants 42- Personnel administratif 43- Commerçants 44- Artisans 45- Ouvriers 46- Personnels de services 47- Agriculteurs	
Sexe	48- Homme 49- Femme	
Confiance	50- Personne ou famille restreinte 51- Intérieur de la paroisse seulement 52- Intérieur et extérieur 53- Extérieur de la paroisse seulement	
Source d'information sur le Cotopaxi	54- Personne ou observations personnelles 55- Conversations seulement 56- Médias seulement 57- Conversations et médias 58- Comprend école et protection civile	

**VARIABLES
DE SECOND
ORDRE**

**Explicatives
Nominales**

Tab. 47 - Variables et modalités utilisées pour l'analyse factorielle

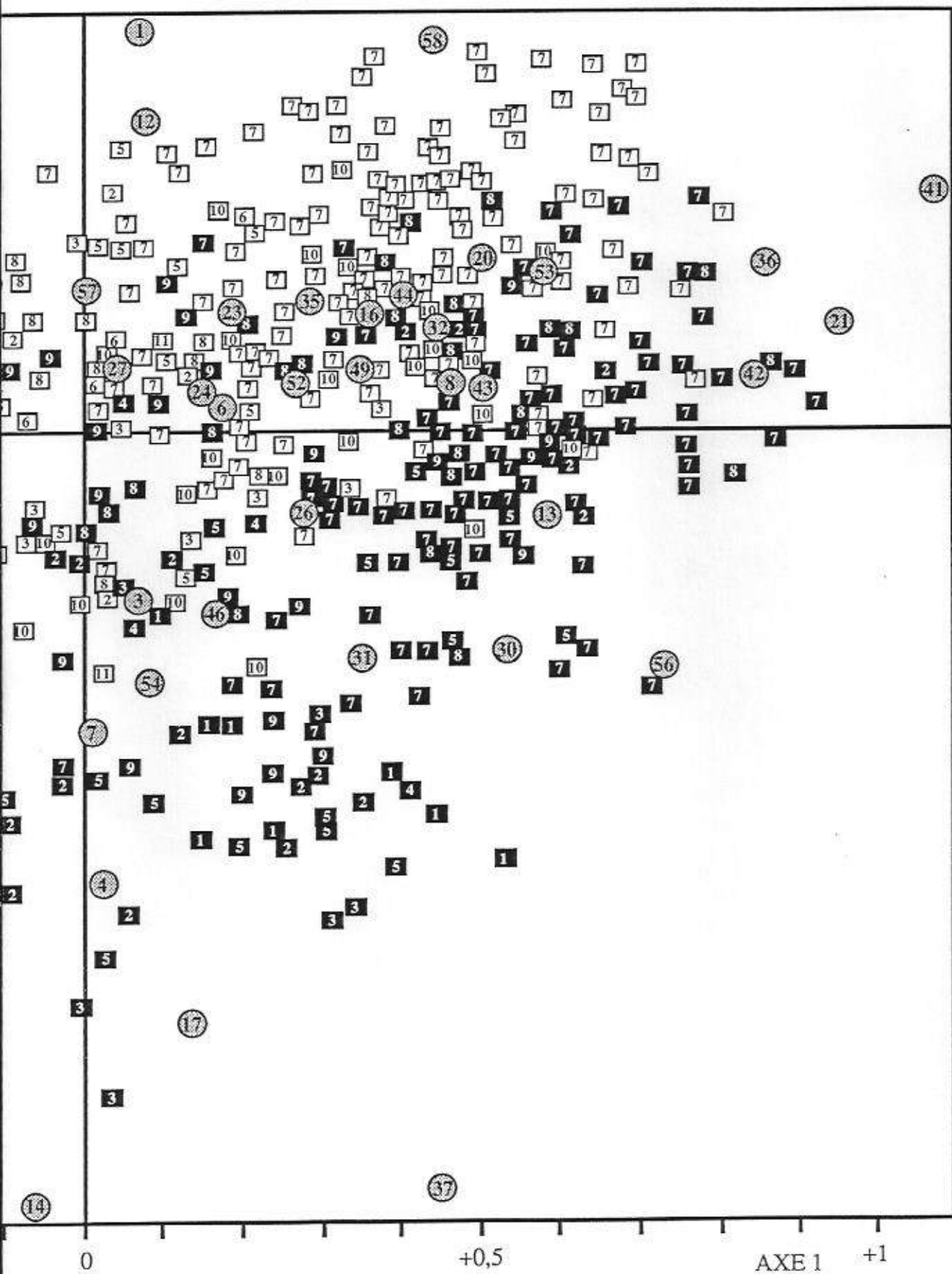
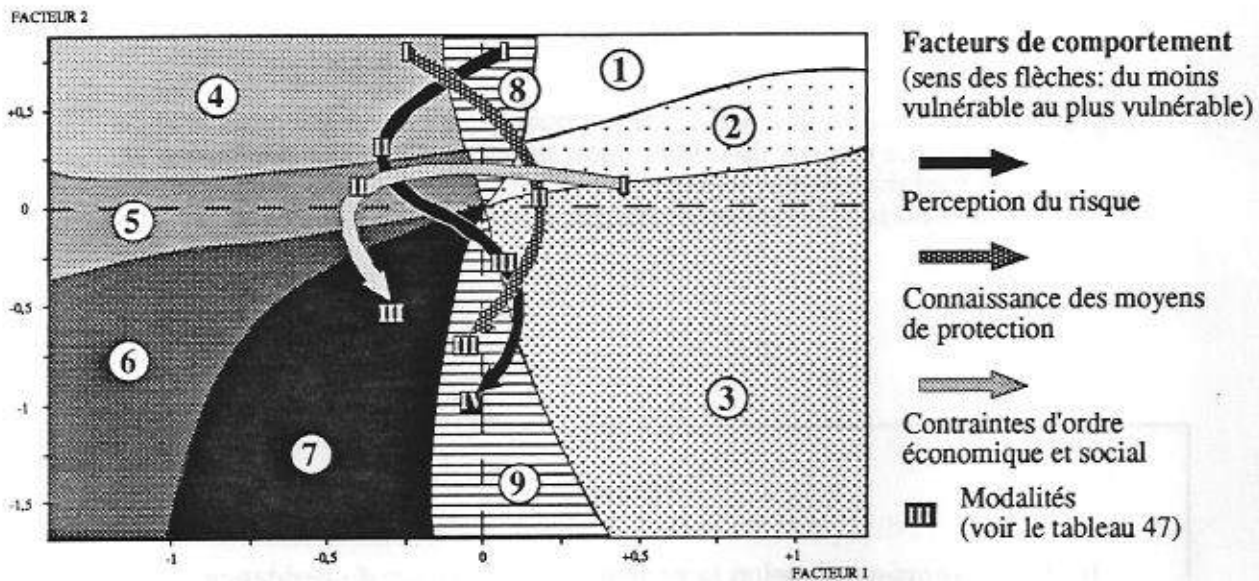


Fig. 56 - Classification par A.F.C. de la population interrogée dans la zone de risque majeur de lahars selon les facteurs de comportement et 12 variables descriptives (plan factoriel semi-brut constitué par les axes 1 et 2)

Légende	
Individus représentés selon la province et la paroisse de résidence	
Province du Pichincha	Province du Cotopaxi
1 Cumbaya	1 San Juan de Pastocalle
2 Conocoto	2 Tanicuchi
3 Tumbaco	3 Guaytacama
4 Guangopolo	4 Mulalo
5 Alangasi	5 Alagues
6 Pintag	6 Joseguango Bajo
7 San Rafael	7 Latacunga urbain
8 Sangolqui urbain	8 Latacunga rural
9 Sangolqui rural	9 Belisario Quevedo
10 Rumipamba	10 Salcedo urbain
11 Machachi	11 Salcedo rural
 Variables et modalités	
① Voir le tableau 47 pour la codification	



Types	Perception du risque	Moyens de protection efficaces	Facteurs contraignants d'ordre social	Commentaires
1	Elevée à très élevée	Plutôt connus	Impact potentiel relativement faible	Vulnérabilité la moins prononcée
2	Plutôt élevée	Plutôt ignorés		Vulnérabilité essentiellement liée aux facteurs cognitifs
3	Faible à très faible	Ignorés		
4	Elevée à très élevée	Plutôt connus	Impact potentiel élevé (conditions données à l'ordre d'évacuation)	Vulnérabilité essentiellement liée aux facteurs contraignants d'ordre social
5	Plutôt élevée	Plutôt ignorés		
6	Faible à très faible	Ignorés		Vulnérabilité la plus prononcée liée à la fois aux facteurs cognitifs et aux facteurs contraignants
7	Faible à très faible	Ignorés	Impact potentiel très élevé (refus de l'ordre d'évacuation)	
8	Plutôt élevée à très élevée	Plutôt connus	Transition entre types 1/2 et types 4/5	
9	Faible à très faible	Ignorés	Transition entre type 3 et type 7	

Fig. 57 - Les types de vulnérabilité selon les données de l'analyse factorielle

II. Les types sociaux et régionaux de vulnérabilité

II.1. Une typologie selon les caractéristiques de la population

II.1.1. Le plan factoriel des modalités

Les figures 58 a et 58 b. correspondent au plan factoriel des seules modalités. Le dédoublement de celui-ci se justifie à la fois pour des raisons de commodité de lecture mais aussi par le fait que l'information fournie par certaines variables est davantage prise en compte que d'autres par les axes 1 et 2. Les variables représentées sur la figure 58 a sont globalement les plus significatives, ce qui se concrétise par une plus importante dispersion des modalités dans le plan factoriel. La position de chacune des modalités est indiquée de manière ponctuelle ou le long d'une ligne orientée lorsqu'elles désignent des variables ordinales ou obéissent à une logique. Ces modalités peuvent être mises en relation avec les types de vulnérabilité que nous avons matérialisés par neuf secteurs (figure 57).

Il s'agit cependant de faire preuve de prudence dans l'interprétation que l'on peut en faire. En effet, la position précise d'une modalité donnée est liée à une combinaison de relations statistiques entre cette dernière et plusieurs autres prises en compte par les axes factoriels et la relation visible entre cette modalité et les types de vulnérabilité n'est pas forcément directe. Les urbains ne sont pas exclusivement représentatifs du type 2 de vulnérabilité, de même que les ouvriers du type 7. Quel que soit le caractère pratique ou évocateur de ces représentations graphiques, l'analyse factorielle délivre avant tout des tendances, ce qui permet d'avoir une vision synthétique des principaux phénomènes étudiés sans pour autant prétendre remplacer l'analyse de détail à laquelle nous avons procédé dans la deuxième partie de notre étude.

L'observation des figures 58 a et 58 b permet cependant de retrouver sous une forme différente, les principaux phénomènes précédemment observés. Il s'agit par exemple de la diminution de la perception du risque avec la distance au volcan particulièrement bien mise en évidence par l'axe 2 ou de la relation entre le niveau socio-économique ou bien l'âge et le comportement déclaré en cas d'ordre d'évacuation, représentée par l'axe 1. Mais notre optique est ici synthétique et ce sont essentiellement des types sociaux de vulnérabilité que nous nous proposons de dégager.

II.1.2. Quatre grands types sociaux de vulnérabilité

Du plan factoriel des modalités ressortent quatre principaux types sociaux de vulnérabilité. Leur appellation est liée aux caractères que l'analyse factorielle nous a permis de considérer comme dominants et l'ordre dans lequel nous les présentons répond à un degré croissant de vulnérabilité.

- Le type urbain (correspondant approximativement aux aires n°1 et 2 ou encore aux abscisses positives des axes 1 et 2).

Il s'agit du type de vulnérabilité la moins prononcée. La perception du risque est relativement élevée et l'impact des facteurs contraignants d'ordre social est potentiellement

faible. Le principal point de faiblesse est lié à l'ignorance fréquente des moyens de protection.

Ce type de vulnérabilité est avant tout typique du milieu urbain. Il est en même temps associé aux caractéristiques suivantes:

- niveau socio-économique plutôt élevé;
- sources d'information sur le Cotopaxi diversifiées (médias surtout, conversation également et, dans certains cas, école ou organismes de protection civile);
- éruption du Nevado del Ruiz et ses conséquences généralement connus;
- confiance aux institutions extérieures à la paroisse;
- familles relativement peu nombreuses.

En ce qui concerne les catégories socio-professionnelles, les professions libérales et enseignants, et, à un moindre degré, les agents administratifs, artisans et commerçants répondent le mieux à ce type de vulnérabilité.

• *Le type péri-urbain* (correspondant approximativement à l'aire n°3 ou encore à l'abscisse positive de l'axe 1 et à l'abscisse négative de l'axe 2).

La vulnérabilité est ici essentiellement liée aux facteurs cognitifs. La perception du risque est faible et les moyens de protection ignorés. En revanche peu de facteurs contraignants d'ordre social sont à signaler.

Principales variables associées à ce type de vulnérabilité:

- milieu péri-urbain;
- niveau socio-économique plutôt élevé;
- information sur le Cotopaxi principalement à travers les médias, absence de mémoire collective;
- confiance aux institutions extérieures à la paroisse;
- population récemment implantée;
- familles relativement peu nombreuses;
- population éloignée du volcan;
- existence d'obstacles entre le volcan et le lieu de résidence;
- catégories socio-professionnelles comparables à celles du milieu urbain.

• *Le type rural à forte mémoire collective* (correspondant approximativement aux aires n°4 et 5 ou encore à l'abscisse négative de l'axe 1 et à l'abscisse positive de l'axe 2).

La perception du risque est plutôt élevée et la vulnérabilité peut être liée à l'ignorance des moyens de protection mais surtout au poids des facteurs contraignants d'ordre social.

Principales variables associées à ce type de vulnérabilité:

- milieu paysan (surtout rural «profond» et rural des haciendas, population composée essentiellement d'agriculteurs, expérience du terrain);
- niveau socio-économique plutôt faible;
- information sur le Cotopaxi principalement à travers les conversations, importance de la mémoire collective;
- faible confiance vis-à-vis des institutions extérieures à la paroisse;
- population anciennement implantée;
- familles nombreuses;
- populations parmi les plus proches du volcan;
- peu d'obstacles entre le volcan et le lieu de résidence

• *Le type rural à faible mémoire collective* (correspondant approximativement aux aires n°6 et 7 ou encore aux abscisses négatives des axe 1 et 2).

La vulnérabilité touche à tous les domaines: la perception du risque, la connaissance des moyens de protection et les facteurs contraignants d'ordre social. Ce type de vulnérabilité est plus difficile à attribuer à une catégorie précise de population que dans les cas précédents mais correspond dans ses grandes lignes à un milieu rural répondant aux caractéristiques suivantes:

- points communs avec le cas précédent:
 - niveau socio-économique plutôt faible;
 - faible confiance vis-à-vis des institutions extérieures à la paroisse;
 - population anciennement implantée;
 - familles nombreuses;
- nuances ou points de différences:
 - milieu rural plus que paysan (rural villageois dominant mais une partie du rural «profond», du rural des haciendas, voire du péri-urbain est concerné, catégories professionnelles diversifiées, moindre expérience du terrain);
 - tendance à n'avoir aucune source d'information particulière sur le Cotopaxi, faible mémoire collective;
 - éruption du Ruiz et ses conséquences peu connus;
 - populations plus éloignées du volcan que dans le cas précédent;
 - obstacles plus fréquents entre le volcan et le lieu de résidence.

Ces quatre grands types sociaux de vulnérabilité présentent l'avantage de saisir en même temps la perception du risque, la connaissance des moyens de protection et l'existence de facteurs contraignants d'ordre social. A travers le type de population, ils regroupent la plupart des variables dont nous avons noté le poids durant la phase analytique de notre étude. Il s'agit principalement de la source d'information sur le Cotopaxi et l'existence d'une mémoire collective, elle-même liée à l'ancienneté du peuplement et au temps de présence dans la paroisse. Il s'agit également du niveau socio-économique duquel dépend l'existence ou l'absence de contraintes allant des aspects matériels aux problèmes de confiance. Il s'agit encore des facteurs de localisation.

Ces types sociaux ne constituent évidemment qu'une simplification de la réalité. Une étude plus fouillée montrerait de nombreux chevauchements ou transitions entre ces types et les modalités prises en compte, et ferait apparaître des sous-types qui pourraient par exemple caractériser des catégories professionnelles particulières ou des types de populations classées selon d'autres critères. Par ailleurs, deux variables, le sexe et l'âge, n'ont pas été retenues dans cette typologie qu'elles ne caractérisent pas (le sexe) ou insuffisamment (l'âge) et doivent donc être considérées séparément.

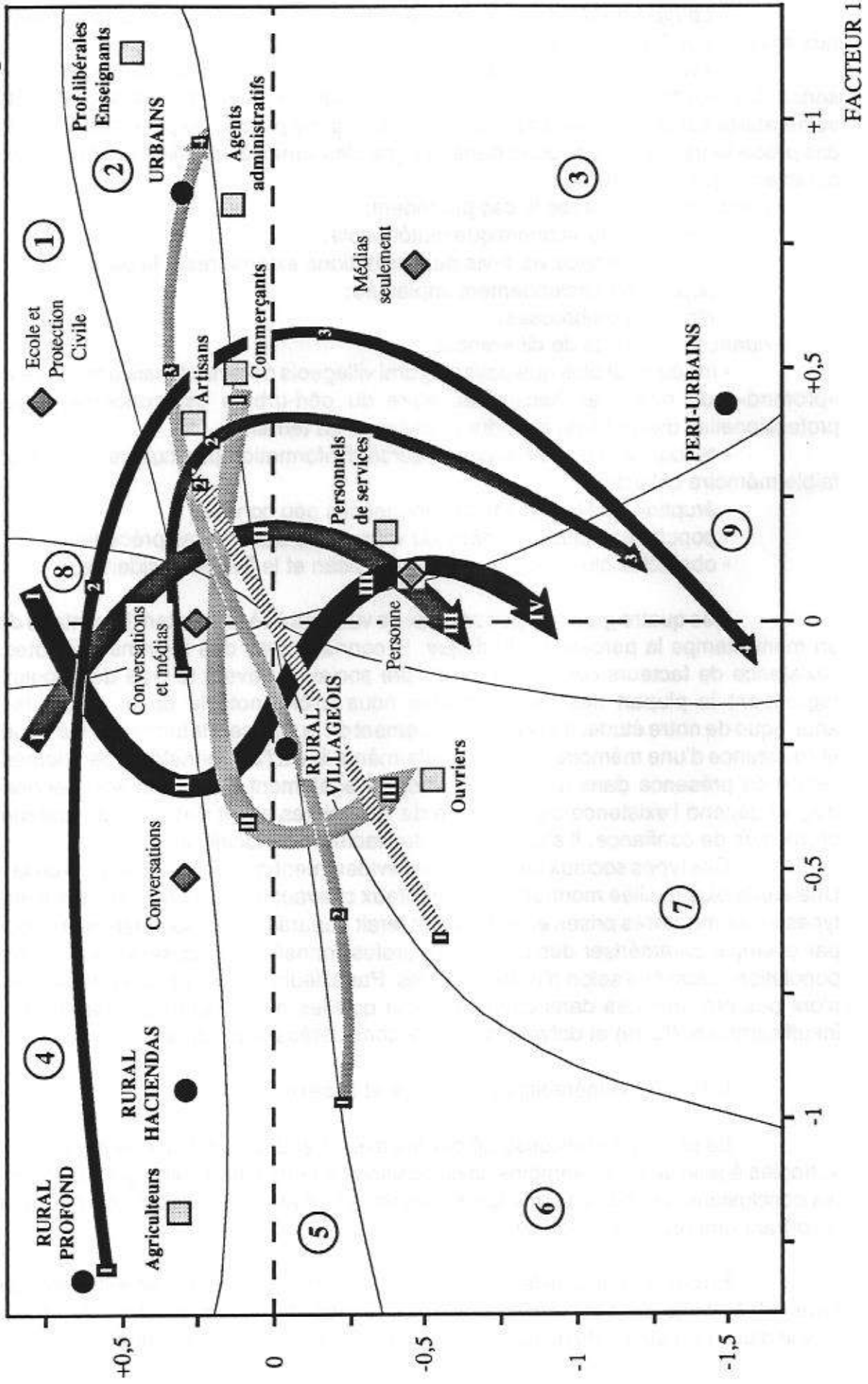
II.1.3. La vulnérabilité selon l'âge et le sexe

Le plan factoriel constitué par les axes 1 et 2, prend faiblement en compte les variables âge et sexe. Néanmoins, la disposition de leurs modalités (figure 58 b) confirme les conclusions que nous avons formulées dans la deuxième partie de ce document tout en offrant une représentation synthétique.

En ce qui concerne les groupes d'âges, la tendance générale est celle d'une plus forte vulnérabilité chez les individus les plus jeunes et les plus anciens, les premiers en raison d'une perception du risque plutôt faible, les seconds en raison du poids des facteurs

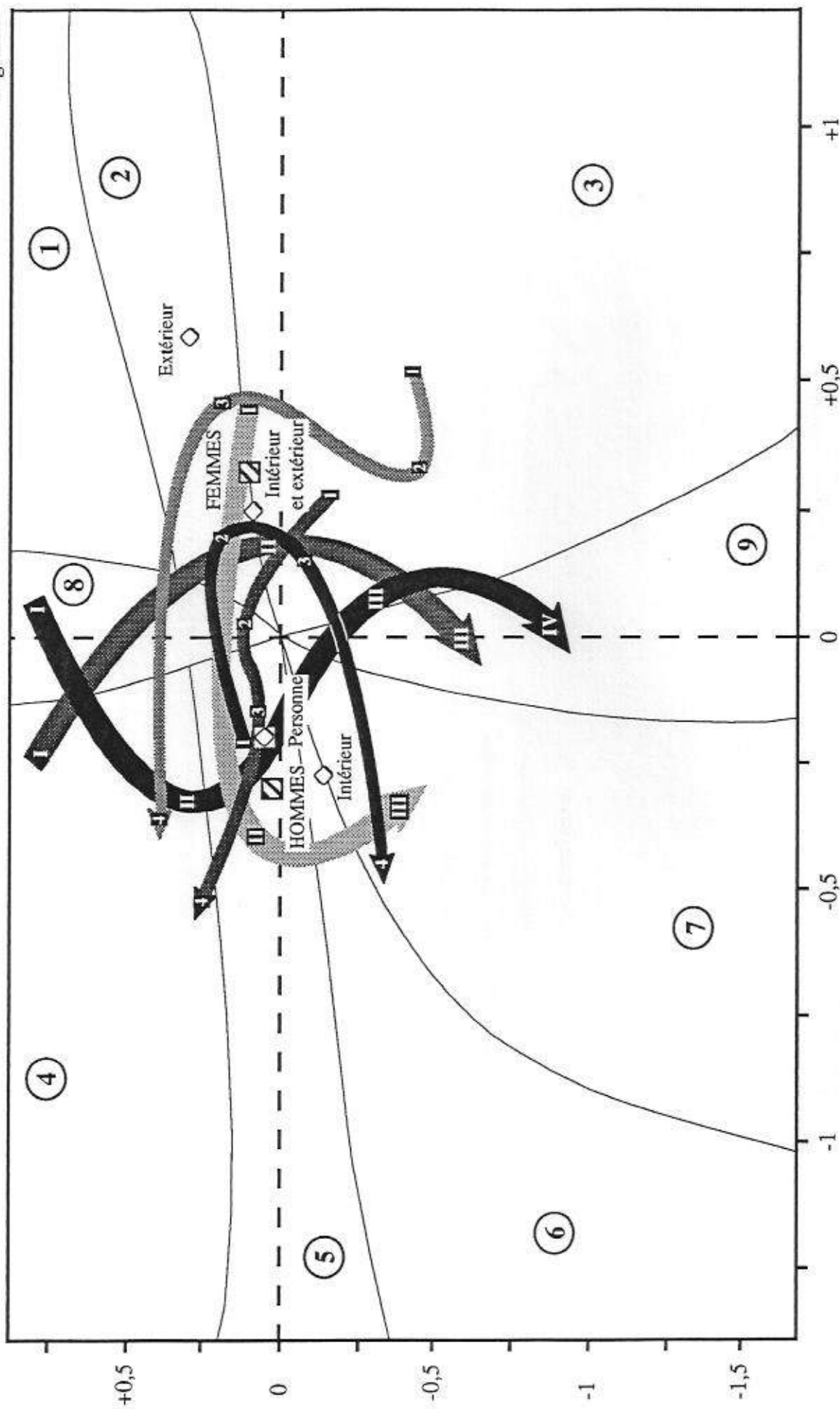
FACTEUR 2

Fig. 58a



FACTEUR 2

Fig. 58b



FACTEUR 1

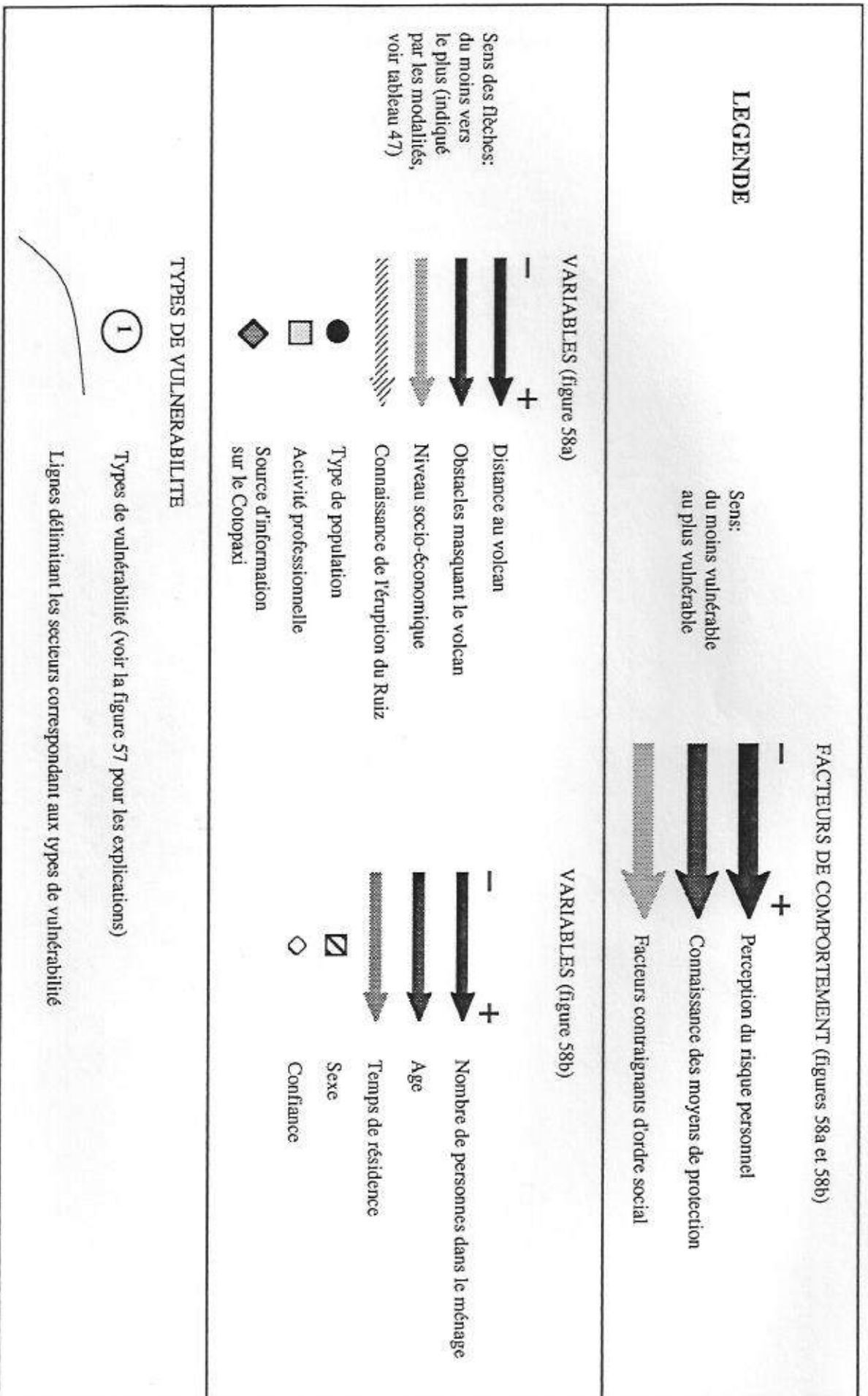


Fig. 58a et 58b - Plan factoriel des modalités et types de vulnérabilité

contraignants d'ordre social, sans parler des contraintes physiologiques croissantes avec l'âge. Cette situation est en accord avec la plupart des écrits sur la question qui mettent l'accent sur les difficultés à s'adapter des personnes âgées et sur les comportements souvent négatifs de ces dernières durant les situations d'urgence (entre autres, Murton et Shimabukuro, 1974; Burton et al., 1978; Smith et Tobin, 1979; Hodge et al., 1979; Blong, 1984). D'autre part, dans le domaine de la perception du risque, l'influence de l'âge est généralement associée à l'expérience antérieure (par exemple, Murton et Shimabukuro, 1974, Blong, 1984). Dans la région du Cotopaxi, la mémoire collective se substitue à cette expérience, mais celle-ci, comme nous avons pu le noter, perd de sa force auprès des jeunes générations qui n'obtiennent pas de compensation avec l'école.

La vulnérabilité en fonction du sexe est un thème qui a été très rarement étudié. Il s'agit cependant d'un point important dans notre région d'étude dont la plupart des femmes ont, seules, la charge du foyer et de la famille durant la majeure partie du temps. Cela est lié à l'absence quotidienne des hommes pour des raisons professionnelles, mais cette absence peut durer beaucoup plus longtemps. C'est notamment le cas dans les campagnes qui sans vraiment connaître un exode rural massif, présentent de plus en plus des phénomènes de migrations temporaires de travail, en particulier vers Quito (thème développé notamment par Mauro [1986]). Dans notre région d'étude, relativement proche de Quito, il s'agit surtout de migrations à la semaine. Il est donc important d'essayer de dégager les facteurs de vulnérabilité spécifiques des femmes afin de mieux adapter les actions de prévention qui pourraient et qui devraient les concerner.

Les facteurs cognitifs constituent les principaux points de faiblesse des femmes. Leur perception du risque est plutôt faible même si celle-ci est globalement supérieure à celle des hommes (phénomène également noté par Kadomura et al., 1978; Hodge et al., 1979; Simpson-Housley et De Man, 1987) et leur connaissance des moyens de protection est sensiblement inférieure à celle des hommes. En revanche les femmes seraient davantage disposées à suivre un ordre d'évacuation éventuel.

Peut-être cette situation est-elle liée à des traits de caractères ou à une certaine forme d'intuition comme nous avons eu l'occasion de le signaler, mais nous y voyons également le manque d'information qui touche plus spécifiquement les femmes que les hommes, ainsi qu'un sens des responsabilités familiales plus aigu chez les femmes. Ces deux aspects importants observés à travers la situation de crise hypothétique soulevée par l'enquête, correspond en fait à la réalité de tous les jours. La situation des femmes de la région du Cotopaxi, plus largement caractéristique de la société latino-américaine, fait de celles-ci des êtres peu considérés en dehors de leurs foyers tandis qu'elles constituent une pièce vitale à l'intérieur. C'est à notre avis surtout en cela qu'elles sont vulnérables.

II.2. La typologie régionale

L'analyse factorielle a également été utilisée pour établir une typologie régionale de vulnérabilité afin de compléter le tableau social dont nous avons brossé les grands traits. Le plan factoriel des individus en constitue le fondement.

II.2.1. Le plan factoriel des individus et les principaux contrastes

Outre les modalités, le plan factoriel semi-brut (figure 56) représente l'ensemble des 616 individus de l'échantillon. Ceux-ci ayant été classés selon leur origine géographique, il est possible de distinguer des types de vulnérabilité selon la province et la paroisse.

Au niveau provincial les contrastes sont particulièrement sensibles et ressortent clairement dans le plan factoriel semi-brut. La vulnérabilité de la population de la province du Pichincha se caractérise globalement par une faible perception du risque et l'ignorance des moyens de protection mais en contrepartie, l'impact potentiel des facteurs contraignants d'ordre social est plutôt faible. Il s'agit là des caractéristiques du milieu péri-urbain qui n'est pas le seul représentant de la province mais qui lui donne sa marque. Les traits de vulnérabilité de la province du Cotopaxi sont très différents. Dans l'ensemble, la perception du risque est plutôt élevée mais à l'exception des individus provenant des milieux urbains (principalement Latacunga), le comportement en cas d'ordre d'évacuation risque d'être problématique en raison du poids des facteurs contraignants d'ordre social, ce qui correspond en grande partie au type que nous avons défini comme étant celui du milieu rural à forte mémoire collective.

Ces premières observations demeurent cependant très générales et nous nous sommes efforcés de les nuancer en travaillant au niveau paroissial. Nous avons pour cela reproduit sur une carte les plans factoriels indiquant la répartition des nuages de points des individus de chacune des paroisses considérées (carte 26). Dans les cas de Sangolqui, Latacunga et Salcedo, la population urbaine a été distinguée de la population rurale. Les aires de vulnérabilité étant également représentées, il est alors possible de discerner des types paroissiaux de vulnérabilité. Les mêmes phénomènes ont été présentés d'une manière différente en disposant sur le plan factoriel les noms de chacune des paroisses approximativement sur le centre de gravité du nuage de points, ce qui donne un résultat un peu moins précis mais plus synthétique (figure 59).

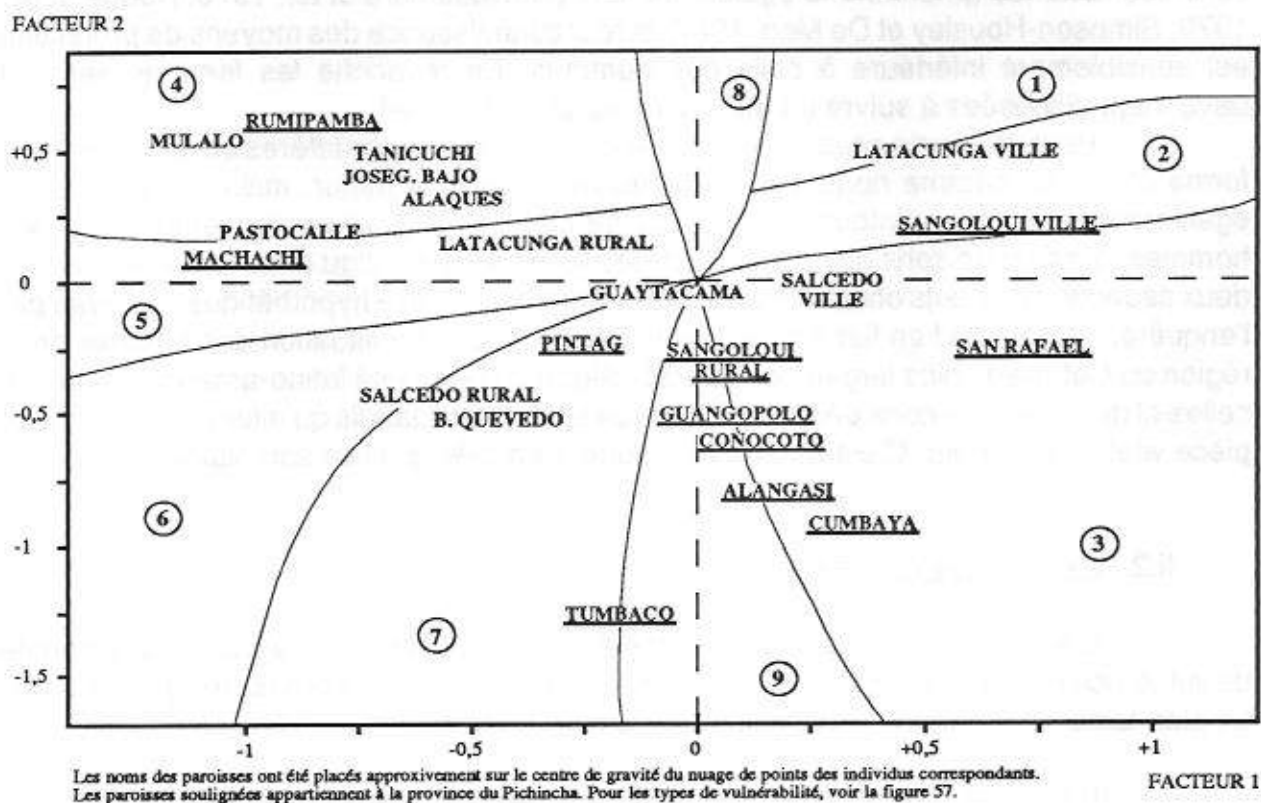


Fig. 59 - Types de vulnérabilité des paroisses menacées par le Cotopaxi (zone de risque majeur de lahars)

II.2.2. Types paroissiaux de vulnérabilité

Les moins vulnérables sont manifestement les paroisses urbaines ou plus précisément les parties urbaines de trois paroisses: Latacunga, Sangolqui et Salcedo. Il est en même temps clair que ces villes présentent des degrés de vulnérabilité différents. Si le poids des facteurs contraignants peut être considéré comme faible dans chacun des cas, la différence est liée à la perception du risque et à la connaissance des moyens de protection qui rend Salcedo plus vulnérable que Sangolqui, et celle-ci davantage que Latacunga. Cet ordre est lié à la mémoire locale des conséquences passées des éruptions du Cotopaxi. Latacunga est la ville qui a le plus souvent été affectée et plusieurs centaines de ses habitants ont péri sous l'effet des lahars aux XVIII^e et XIX^e siècles. Sangolqui a essentiellement connu des dégâts matériels en marge de la ville d'alors qui ne bordait pas encore tout à fait le rio Santa Clara. La ville de Salcedo n'a jamais été touchée directement mais les lahars ont traversé les terrains inoccupés qui se situaient entre le noyau ancien et le rio Cutuchi. Ces terrains, nous l'avons vu, en dépit du fait que certains se souviennent qu'ils ont été dévastés dans le passé, font depuis une dizaine d'années l'objet de la convoitise de promoteurs et les constructions se développent très rapidement.

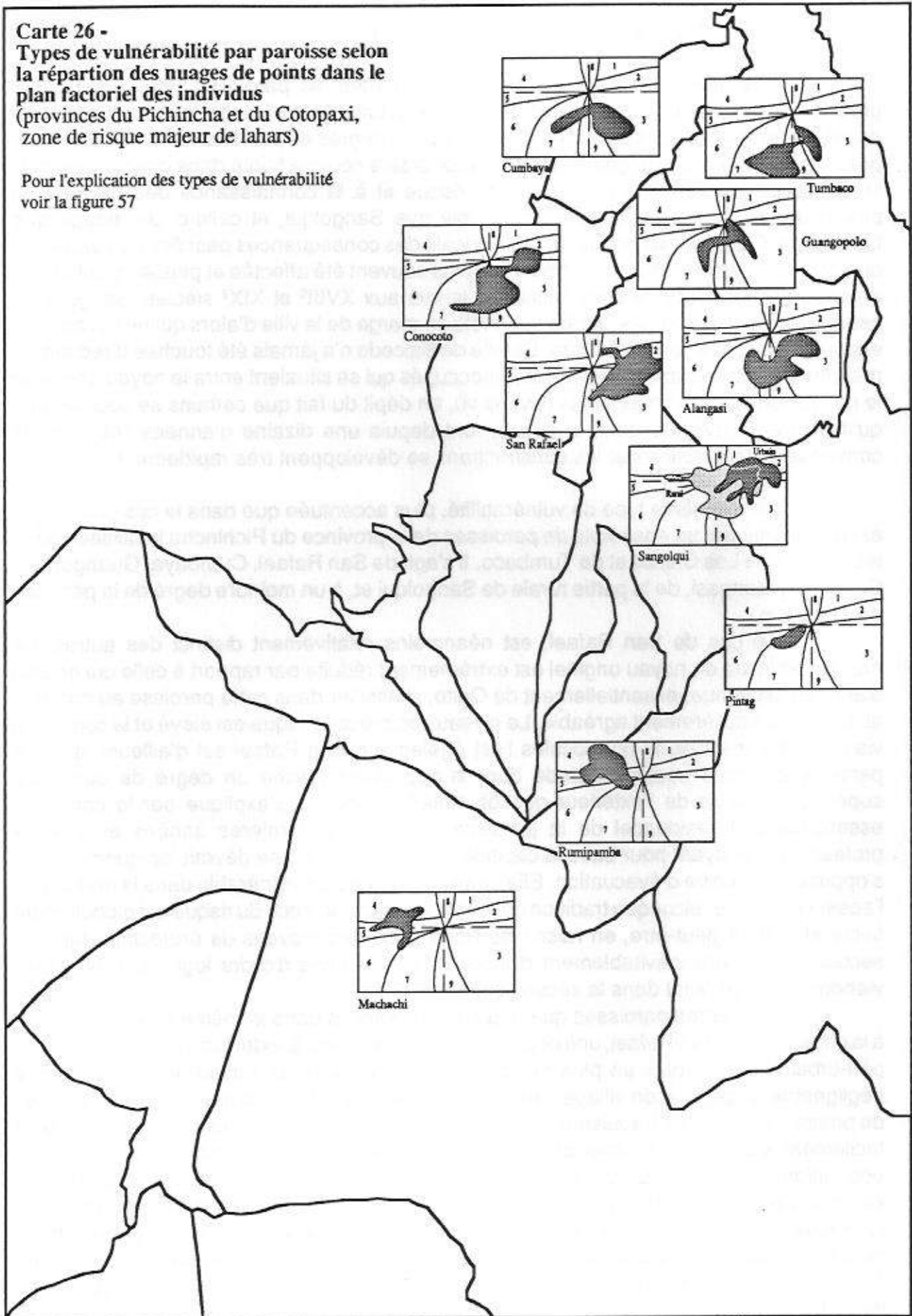
Le deuxième type de vulnérabilité, plus accentuée que dans le cas précédent, est représenté par un ensemble de paroisses de la province du Pichincha localisées dans les bassins de Los Chillos et de Tumbaco. Il s'agit de San Rafael, Cumbaya, Guangopolo, Conocoto, Alangasi, de la partie rurale de Sangolqui et, à un moindre degré de la paroisse de Tumbaco.

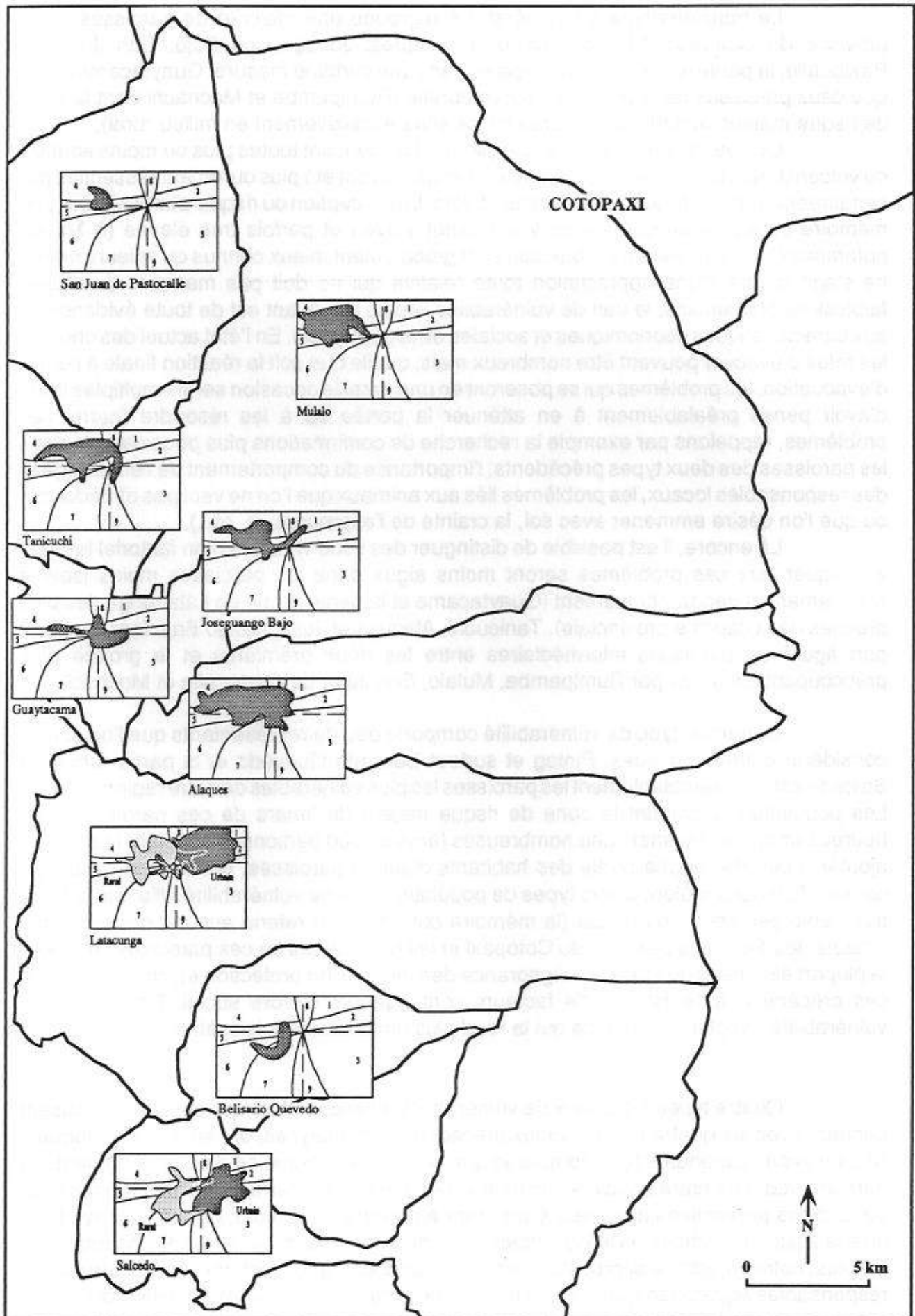
Le cas de San Rafael, est néanmoins relativement distinct des autres. La population issue du noyau originel est extrêmement réduite par rapport à celle qui en peu d'années est venue, essentiellement de Quito, s'installer dans cette paroisse au cadre et au climat particulièrement agréable. Le niveau socio-économique est élevé et la confiance vis-à-vis des institutions non locales l'est également. San Rafael est d'ailleurs la seule paroisse de notre secteur d'étude dont la population affiche un degré de confiance supérieur vis-à-vis de l'extérieur que de l'intérieur, ce qui s'explique par le caractère essentiellement résidentiel de la paroisse jusqu'à ces dernières années et une vie professionnelle ayant pour base la capitale. Cette population ne devrait logiquement pas s'opposer à un ordre d'évacuation. Elle demeure cependant vulnérable dans la mesure où l'absence d'une quelconque tradition orale fait que la conscience du risque est globalement faible et surtout peut-être, en raison de l'ignorance des moyens de protection dans un secteur qui posera inévitablement d'importants problèmes d'ordre logistique. Nous reviendrons sur ce point dans la section suivante.

Les autres paroisses que nous avons placées dans le même type présentent, à la différence de San Rafael, une population plus diversifiée. L'extension de la construction péri-urbaine est de plus en plus marquée mais il subsiste un noyau ancien loin d'être négligeable de population villageoise ou même paysanne dans certains cas. Les nuages de points des individus traduisent bien ce phénomène et il est manifeste comme cela peut facilement s'observer à Conocoto, Tumbaco ou Alangasi qu'au moins deux types de populations cohabitent. Le point commun de toutes ces paroisses (y compris San Rafael) est la faiblesse de la perception du risque et l'ignorance des moyens de protection. En revanche, le comportement en cas d'ordre d'évacuation risque d'être hétérogène compte tenu de niveaux socio-économique, de confiance ou d'habitudes différentes (pour simplifier, à une vie communautaire assez marquée au sein des noyaux villageois s'oppose un individualisme très sensible des péri-urbains).

**Carte 26 -
Types de vulnérabilité par paroisse selon
la répartition des nuages de points dans le
plan factoriel des individus
(provinces du Pichincha et du Cotopaxi,
zone de risque majeur de lahars)**

Pour l'explication des types de vulnérabilité
voir la figure 57





Le troisième type de vulnérabilité regroupe une majorité de paroisses de la province du Cotopaxi (Mulalo, Tanicuchi, Alaques, Joseguango Bajo, San Juan de Pastocalle, la partie rurale de Latacunga et, dans une certaine mesure, Guaytacama) ainsi que deux paroisses de la province septentrionale (Rumipamba et Machachi dont la zone de risque majeur, la seule considérée ici, se situe exclusivement en milieu rural).

Ces paroisses rurales, au peuplement ancien, ont toutes plus ou moins souffert du volcan durant les siècles passés mais les éruptions ont été plus durement ressenties par certaines comme Rumipamba et surtout Mulalo. La perception du risque alimentée par une mémoire collective encore vivace y est plutôt élevée et parfois très élevée (à Mulalo notamment). Les moyens de protection sont globalement mieux connus qu'ailleurs mais il ne s'agit là que d'une appréciation toute relative qui ne doit pas masquer de réelles faiblesses. Néanmoins, le trait de vulnérabilité le plus marquant est de toute évidence lié aux caractéristiques économiques et sociales de la population. En l'état actuel des choses, les refus d'évacuer peuvent être nombreux mais, quelle que soit la réaction finale à l'ordre d'évacuation, les problèmes qui se poseront en une pareille occasion seront multiples faute d'avoir pensé préalablement à en atténuer la portée ou à les résoudre (parmi ces problèmes, rappelons par exemple la recherche de confirmations plus poussée que dans les paroisses des deux types précédents, l'importance du comportement de l'entourage et des responsables locaux, les problèmes liés aux animaux que l'on ne veut pas abandonner ou que l'on désire emmener avec soi, la crainte de l'expropriation, etc.).

Là encore, il est possible de distinguer des sous-types, le plan factoriel tendant à indiquer que ces problèmes seront moins aigus dans les paroisses moins isolées socialement et géographiquement (Guaytacama et la partie rurale de Latacunga, les plus proches de la capitale provinciale). Tanicuchi, Alaques et Joseguango Bajo font pour leur part figure de paroisses intermédiaires entre les deux premières et le groupe plus préoccupant constitué par Rumipamba, Mulalo, San Juan de Pastocalle et Machachi.

Le dernier type de vulnérabilité comporte peu de représentants que l'on puisse considérer comme typiques. Pintag et surtout Belisario Quevedo et la partie rurale de Salcedo sont vraisemblablement les paroisses les plus vulnérables de notre région d'étude. Les populations occupant la zone de risque majeur de lahars de ces paroisses sont heureusement relativement peu nombreuses (environ 500 personnes au total). Mais il faut ajouter à cet effectif une partie des habitants d'autres paroisses, notamment celles qui comme Tumbaco mêlent divers types de populations. Cette vulnérabilité allie une faible à très faible perception du risque (la mémoire collective n'a retenu aucune conséquence notable des éruptions passées du Cotopaxi et les populations de ces paroisses sont pour la plupart éloignées du volcan) à l'ignorance des moyens de protection et, comme dans le cas précédent, à l'existence de facteurs contraignants d'ordre social. De plus, cette vulnérabilité est plutôt diffuse ce qui la rend plus difficilement saisissable.

Quatre types régionaux de vulnérabilité ainsi que plusieurs sous-types, faisant pendant avec les quatre types sociaux précédemment analysés, ont ainsi été distingués. Nous n'avons cependant tenu compte ici que des facteurs humains de comportement. La dernière étape de notre travail, avant de nous engager sur le terrain des orientations pour des actions préventives adaptées, consistera à prendre en compte, de manière synthétique, les facteurs techniques et logistiques qui contribuent à la vulnérabilité des populations. De plus, notre objectif de départ était de réaliser un document directement utilisable par les responsables équatoriens, créé sur la base de la carte des menaces potentielles du volcan

Cotopaxi disponible depuis 1988 et intégrant l'ensemble des phénomènes physiques, humains et techniques constituant autant de facteurs de vulnérabilité que nous avons essayé de mettre en évidence tout au long de cette étude.

III. La cartographie intégrée des facteurs de vulnérabilité

III.1. La méthodologie

La carte des facteurs de vulnérabilité (carte 27) représente les régions menacées par le Cotopaxi pour lesquelles le risque est élevé ou très élevé, c'est-à-dire celles qui se situent en zone de risque majeur de lahars (zone affectée en 1877) ainsi que celles qui pourraient être enserrées par les lahars dans l'hypothèse d'un événement comparable à l'éruption de 1877. Le choix de ces zones, subdivisées en 47 unités territoriales de base, pour la cartographie des facteurs de vulnérabilité a été justifié précédemment. Il s'agissait notamment de privilégier l'étude des secteurs les plus vulnérables sur le plan physique mais il va de soi que les régions qui ont volontairement été écartées et qui sont situées en zone à intensité de risque modéré et faible, ne sont pas à l'abri de toute menace et comportent également des populations vulnérables. Aussi, ces régions seront-elles prises en considération dans le chapitre suivant consacré aux orientations préventives.

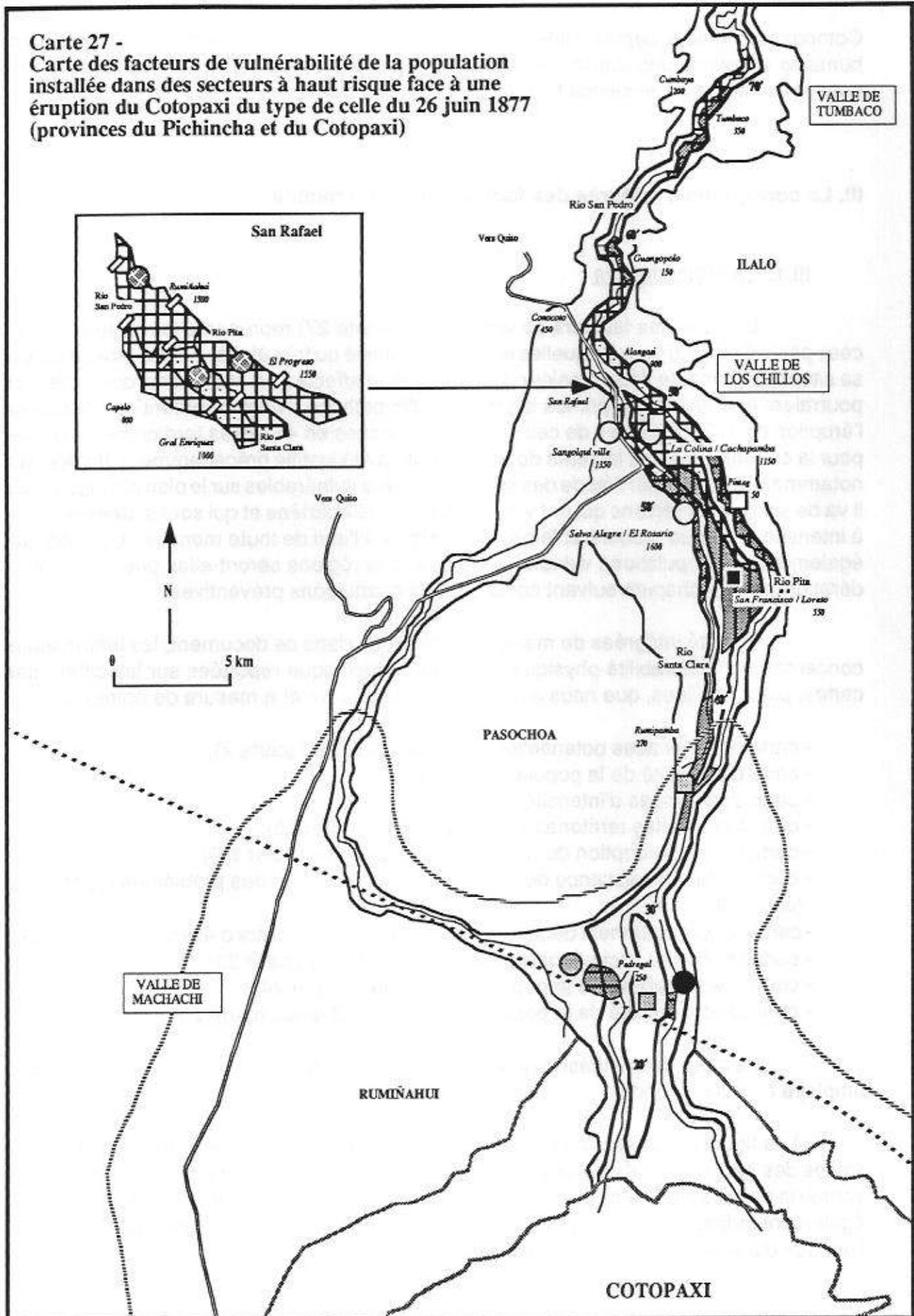
Ont été intégrées de manière synthétique dans ce document, les informations concernant la vulnérabilité physique, humaine et technique reportées sur les différentes cartes, plus détaillées, que nous avons présentées au fur et à mesure de notre étude:

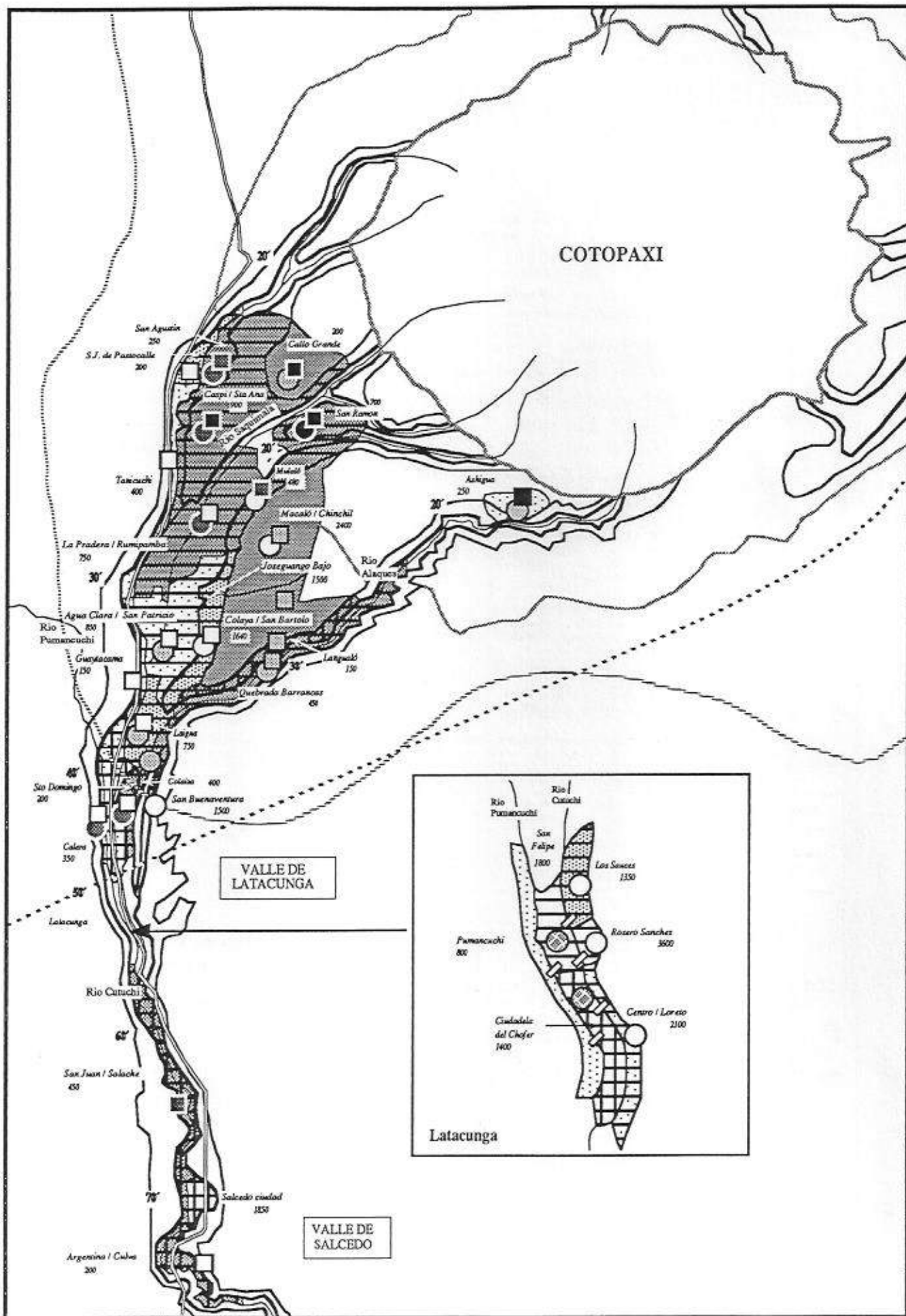
- carte des menaces potentielles du volcan Cotopaxi (carte 7);
- carte de densité de la population (carte 8);
- carte des classes d'intensité du risque (carte 13);
- cartes des unités territoriales de base (cartes 14 et 15);
- cartes de la perception du risque personnel (cartes 18 et 19);
- carte de la connaissance des moyens de protection et des problèmes logistiques (carte 20);
- carte du comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation (carte 22);
- carte du niveau socio-économique et de confiance (carte 23);
- carte d'accessibilité de la population par radio (carte 24);
- carte d'accessibilité de la population par contact direct (carte 25).

La carte de synthèse présente trois niveaux de lecture selon le type de figuré employé (voir sa légende):

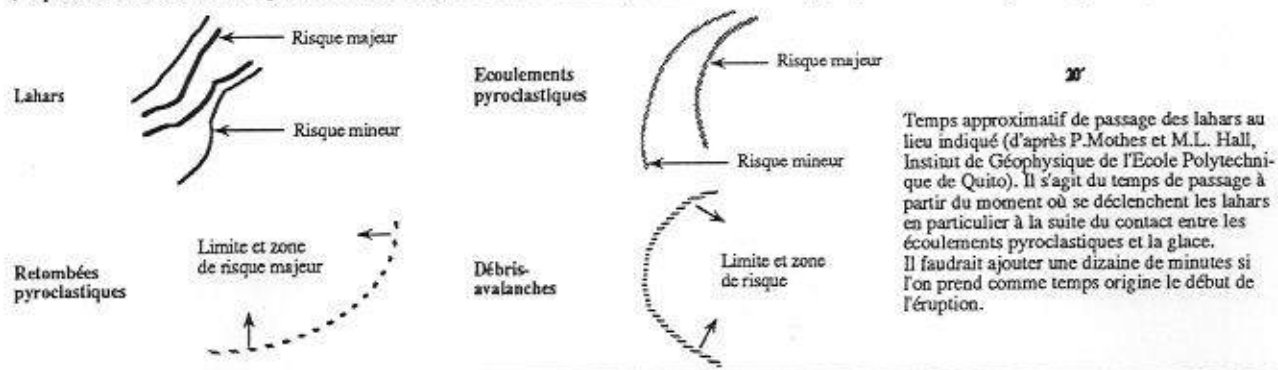
- Les figurés linéaires (à l'exception des rivières, de la route Panaméricaine et des limites des secteurs) matérialisent les facteurs physiques de vulnérabilité. Les limites des zones de risque sont directement issues de la carte des menaces potentielles. Nous avons également indiqué, en divers points, le temps approximatif de passage des lahars dans l'optique d'une éruption du type de celle de 1877.

Carte 27 -
 Carte des facteurs de vulnérabilité de la population
 installée dans des secteurs à haut risque face à une
 éruption du Cotopaxi du type de celle du 26 juin 1877
 (provinces du Pichincha et du Cotopaxi)





MENACES POTENTIELLES ET LIMITES DES ZONES POUVANT ETRE AFFECTEES
(d'après la carte des menaces potentielles du Cotopaxi réalisée en 1988 par l'Institut de Géophysique de l'Ecole Polytechnique de Quito)



Chikapamba 600	Nom et effectif de population du secteur	Rio Alajagua	Principaux cours d'eau susceptibles d'acheminer les lahars
PASOCHOA	Noms des principaux volcans (inactifs à l'exception du Cotopaxi)	Route Panaméricaine	Route Panaméricaine
		□	Ponts (représentés uniquement sur les agrandissements)

FACTEURS COGNITIFS ET SOCIAUX DE COMPORTEMENT

FACTEURS PERCEPTIFS ET COGNITIFS

F A C T E U R S C O G N I T I F S E T S O C I A U X	Comportement déclaré positif	Pas ou peu de problèmes de comportement en perspective Niveau de vie plutôt élevé et confiance vis-à-vis des autorités plutôt forte
	en cas d'ordre d'évacuation	Fragilité du comportement. Peut devenir négatif en raison d'un niveau de vie plutôt bas et/ou d'une confiance vis-à-vis des autorités plutôt faible
	Comportement déclaré négatif	Fragilité du comportement. Peut devenir positif en raison d'un niveau de vie plutôt élevé ou d'une confiance vis-à-vis des autorités plutôt forte
	en cas d'ordre d'évacuation	De graves problèmes de comportement en perspective. Niveau de vie plutôt bas et confiance vis-à-vis des autorités plutôt faible

Forte perception du risque		Faible perception du risque	
Connaissance des moyens de protection	Ignorance des moyens de protection	Connaissance des moyens de protection	Ignorance des moyens de protection
□	▨	▧	▩
	2		8
▧	▨	▧	▩
3	2		5
▧	▨	▧	▩
	5		
▧	▨	▧	▩
4	9	1	8

Les symboles rectangulaires possédant un contour renforcé correspondent à des situations existantes dans le cas de la région du Cotopaxi. En dessous de chaque symbole est indiqué le nombre de secteurs qui correspondent à chacune des situations.

ACCESIBILITE DE LA POPULATION DANS L'HYPOTHESE DE LA DIFFUSION D'UN MESSAGE D'ALERTE

Accessibilité par radio	Eloignement des principales voies de communications	Dispersion de la population	Type d'accessibilité	Symboles
Plutôt difficile (plus de 20 % de la population du secteur n'écoute pas la radio habituellement)	Secteurs éloignés	Population plutôt dispersée à très dispersée	Population difficilement accessible (radio et contact direct)	■
	Secteurs non éloignés	Population plutôt dispersée à très dispersée	Population difficilement accessible (radio et à un moindre degré par contact direct)	▩
Plutôt facile	Secteurs éloignés	Population plutôt dispersée à très dispersée	Accès à la population difficile par contact direct surtout	▧
		Population plutôt dispersée à très dispersée	Accès à la population pouvant présenter des difficultés par contact direct surtout	□
	Secteurs non éloignés	Population plutôt concentrée à très concentrée	Population facilement accessible	Sans symbole

PROBLEMES LOGISTIQUES PREVISIBLES DANS L'HYPOTHESE D'UNE EVACUATION D'URGENCE

- Secteurs dans lesquels une évacuation préventive paraît nécessaire. En cas d'urgence, compte tenu du peu de temps disponible, il n'existe aucune route d'évacuation présentant un minimum de sécurité.
 - Secteurs dans lesquels une évacuation d'urgence présentera inévitablement de graves problèmes logistiques, faute d'une préparation préalable solide adaptée à chaque famille. Les voies d'accès direct aux lieux de refuge sont inexistantes ou insuffisantes. Le franchissement de rios dangereux est nécessaire dans la plupart des cas et il est rendu difficile par le faible nombre de ponts. Les voies d'évacuation sûres sont limitées et dépendent de la localisation précise de chaque individu. De plus, une grande partie de la population de ces secteurs a une idée erronée du lieu de refuge qui peut lui convenir.
 - La situation de ces secteurs est un peu moins grave que dans les cas précédents. Les possibilités de refuge et les voies d'accès y sont plus nombreuses et moins hasardeuses mais sont souvent peu évidentes pour la population soit justement en raison de la relative multiplicité des solutions, variables selon le lieu où l'on se trouve, soit en raison de la trop grande proximité du volcan qui peut pousser des gens à sortir d'une zone relativement peu dangereuse pour se rendre dans une zone qui l'est beaucoup plus. Là encore, une solide préparation préalable, cas par cas, est indispensable.
 - Le parc automobile à l'intérieur de ces secteurs est important. Le faible nombre de voies d'évacuation, bien qu'apparemment directes, et le franchissement obligatoire de rios dangereux peuvent entraîner une congestion de la circulation et des mouvements de panique en cas d'urgence. Une évacuation à pied ou par transport collectif paraît souhaitable. Une préparation de la population destinée à lui faire prendre conscience de ce problème est nécessaire.
 - Dans ces secteurs, les lieux de refuge sont plus facilement accessibles et les voies d'évacuation plus évidentes que dans les cas précédents. Le principal problème est lié aux idées préconçues, généralement erronées des lieux de refuge et des voies d'évacuation, d'une partie non négligeable de la population. Faute d'une préparation préalable (qui peut être plus légère que dans les secteurs précédents), cette donnée peut compliquer le déroulement d'une évacuation qui ne devrait pas présenter difficultés majeures sur le plan logistique.
- Les secteurs ne possédant pas de symbole circulaire ne devraient pas présenter, globalement, de problèmes d'ordre logistique. Les habitants peuvent assez facilement sortir de la zone dangereuse et se rendre en lieu sûr si l'opération d'évacuation est bien menée par les autorités.

- Les figurés en plages représentent les facteurs cognitifs et sociaux de vulnérabilité. Un jeu de hachures (verticales lorsque la perception du risque est faible, horizontales lorsque les moyens de protection sont ignorés) et de grisés (ordonnés selon l'accroissement de la vulnérabilité en fonction du comportement déclaré en cas d'ordre d'évacuation et des principaux facteurs sociaux de comportement), permet de distinguer, pour chaque unité territoriale de base, des types précis de vulnérabilité liés à ces facteurs.

Pour conserver une logique de lecture, l'ensemble des possibilités ont été présentées, mais le nombre de secteurs répondant à une situation réelle a été indiqué dans la légende. Il est ainsi facile d'observer qu'il n'existe aucun secteur affichant une vulnérabilité humaine minimale (forte perception du risque, bonne connaissance des moyens de protection et absence de facteurs contraignants d'ordre social) alors qu'à l'opposé huit secteurs affichent une vulnérabilité maximum.

Par ailleurs, afin de rendre la carte lisible, les valeurs chiffrées obtenues pour chacun des facteurs considérés ont seulement abouti à la création de catégories doubles (connaissance/ignorance, comportement déclaré positif/négatif, etc.). Le seuil de 50% de la population répondant à chacune des situations a été choisi pour les déterminer. Par exemple, ont été considérés comme secteurs présentant une forte perception du risque, ceux dont 50% de la population interrogée ou plus, affiche une perception du risque assez élevée à très élevée. Nous avons donc, dans le domaine de la perception du risque comme dans les autres, procédé à des regroupements simplificateurs à l'appui des documents établis dans la phase analytique de l'étude. Pour plus de détail, le lecteur peut donc se reporter à ces documents.

- Les figurés ponctuels traduisent les facteurs techniques et logistiques de vulnérabilité. Les symboles de forme carrée ordonnent les problèmes d'accessibilité de la population dans l'hypothèse de la diffusion d'un message d'alerte (compte tenu de l'éloignement des principales voies de communications, de la dispersion de la population et de l'accessibilité de cette dernière par radio ou par contact direct) tandis que les symboles circulaires indiquent les principales difficultés logistiques prévisibles dans l'hypothèse d'une évacuation d'urgence.

III.2. Les diagnostics locaux

La carte intégrée des facteurs de vulnérabilité permet, à l'instar de l'étude que nous avons réalisée dans la section précédente grâce à une analyse factorielle, de mettre en évidence des types régionaux de vulnérabilité. Pour éviter de nous répéter sur l'essentiel, même si l'échelle des secteurs est différente de celle des paroisses, nous n'y reviendrons pas, sauf ponctuellement, avant d'aborder les questions préventives. L'intérêt de ce document est avant tout de réaliser des diagnostics locaux de vulnérabilité au sein de chacun des secteurs qui pourraient constituer autant d'unités préventives. Nous prendrons, pour nous expliquer, quelques exemples représentatifs de situations suffisamment contrastées.

Le cas de San Rafael est typique des milieux péri-urbains récemment développés à partir de Quito (agrandissement, carte 27). Cette paroisse a été subdivisée en quatre secteurs (ou quartiers) délimités par trois rivières potentiellement très dangereuses: les rios Pita, Santa Clara et San Pedro. Les habitants de ces quartiers présentent les mêmes caractères physiques et humains de vulnérabilité: ils sont tous situés en zone de risque

majeur de lahars, leur perception du risque est globalement faible et les moyens de protection sont ignorés. Cependant, en raison d'un niveau socio-économique élevé et d'une forte confiance vis-à-vis des pouvoirs officiels, ils ne devraient dans l'ensemble opposer aucune résistance à un ordre d'évacuation ce que confirment leurs déclarations si l'ordre en était donné. On notera néanmoins qu'une partie de la population du quartier «Général Enriquez», en dépit du comportement déclaré, pourrait poser quelques problèmes, ce qui s'explique par la présence dans ce quartier, constituant le noyau ancien de la paroisse, d'une population plus hétérogène sur le plan social.

L'accessibilité de la population de San Rafael ne devrait pas poser de problème majeur dans l'hypothèse de la diffusion d'un message d'alerte. En revanche les problèmes logistiques se présentent de manière très inquiétante pour les trois quartiers («Rumiñahui», «El Progreso» et «General Enriquez») qui sont bordés par les rios dangereux, ce qui rend obligatoire le franchissement de ponts pour pouvoir se mettre à l'abri. De plus, ces trois quartiers possèdent un parc automobile important (vraisemblablement, avec Sangolqui, le parc le plus important de la région) et compte tenu de l'individualisme très marqué des populations péri-urbaines, il est très probable, qu'en l'état actuel de préparation des individus, une situation d'urgence entraîne une congestion de la circulation accompagnée de mouvements de panique. Le cas du quartier «Capelo» est beaucoup moins préoccupant sur le plan logistique dans la mesure où seule sa partie occidentale est longée par un rio susceptible d'acheminer des lahars.

Nous retrouvons des problèmes comparables à ceux de San Rafael dans deux quartiers de Latacunga («Ciudadela del Chofer» et «San Felipe») bordés à l'est par le rio Cutuchi et à l'ouest par le rio Pumancuchi qui bien que non issu du Cotopaxi, peut, et ce fut souvent le cas dans le passé, recevoir les coulées de boue par débordement du rio Cutuchi au nord de la ville.

Les quartiers situés à l'est du rio Cutuchi («Los Sauces», «Rosero Sanchez» et «Centro/Loreto») sont moins vulnérables en raison de leur position, mais aussi d'une perception du risque plus élevée dans ces quartiers plus anciennement peuplés que les précédents. Cependant en dépit d'une localisation moins dangereuse, les moyens de protection sont généralement ignorés, dans la mesure, pensons nous, où la ville s'étalant encore largement à l'est, les lieux de refuge sont peu évidents à repérer. Au contraire, le quartier occidental «Pumancuchi», bénéficie pleinement de l'effet de marge que nous avons eu l'occasion de mettre en évidence, les élévations étant plus facilement repérables et accessibles.

Le cas de «Rumipamba» (province du Pichincha) permet un autre type de diagnostic. Que ce soit grâce à une mémoire collective encore efficace ou à la proximité du Pasochoa, il existe dans l'ensemble peu de problèmes de perception du risque ou de connaissance des moyens de protection. En revanche la population est assez difficilement accessible en raison de son éloignement et de sa dispersion mais moins par contact radio (bien que nous ayons vu dans ce secteur de nombreux transistors qui ne pouvaient fonctionner faute de piles que l'on achète très occasionnellement). L'alerte constitue donc un problème sérieux dans cette communauté paysanne qui de plus, se montre très méfiante vis-à-vis de l'extérieur.

Les contraintes économiques et sociales, les problèmes de confiance pèsent tout autant dans les secteurs du type «San Agustin», «Caspi/Santa Ana» ou «San Ramon». Malgré une conscience du risque élevée, il s'agit là de secteurs paysans particulièrement

vulnérables. Un ordre d'évacuation s'affrontera inévitablement à de nombreux obstacles sociaux, mais plus grave encore, de grosses difficultés sont prévisibles en cas de diffusion d'une alerte et dans le domaine logistique. La question de l'alerte est cruciale car ces secteurs très proches du volcan seraient atteints ou isolés par les lahars en très peu de temps (moins d'une demi-heure). De plus la population est difficilement accessible que ce soit physiquement ou par radio. D'autre part, la complication topographique (vastes espaces quasi plans sans élévations suffisamment marquées, traversés par plusieurs rios extrêmement dangereux) fait que les moyens de protection sont ignorés, ou que ceux que l'on propose (traverser les rivières pour se rendre sur les hauteurs occidentales) sont pratiquement impossibles à réaliser en cas d'imminence du danger. Les lieux de refuge sont peu évidents, leur choix dépend du lieu précis où l'on se trouve et très souvent obligent les gens à se rapprocher du volcan. Dans certains cas, comme à San Ramon, les routes d'évacuation sont si hasardeuses que seule une évacuation préventive paraît efficace.

Le dernier exemple de diagnostic que nous prendrons concerne les secteurs «San Juan/Salache» et «Argentina Culva». Ils sont représentatifs de milieux ruraux à dominante paysanne éloignés du volcan et à faible mémoire collective. La perception du risque y est faible et les facteurs contraignants d'ordre social importants. Il s'agit, surtout dans le cas du secteur «San Juan/Salache», de populations pauvres et très méfiantes (ce qui d'ailleurs n'avait pas manqué de poser quelques problèmes durant la campagne d'enquêtes) qu'il sera difficile d'évacuer en cas de nécessité. Celles-ci ne sont guère éloignées des principales voies de communications mais elles sont dispersées et une fraction non négligeable n'est pas accessible par radio. Fort heureusement les problèmes d'ordre logistique sont moins complexes que dans le cas de «San Agustín» ou «Caspi/Santa Ana».

Nous avons essayé, avec ces quelques exemples, de montrer l'utilisation possible d'une telle carte de synthèse. Il se pose peut-être un problème, celui de l'échelle utilisée et du niveau de détail qu'il aurait été possible d'atteindre en travaillant à une échelle plus grande (indication des routes et des chemins utilisables pour une évacuation, des lieux de refuge, des ponts que nous avons placés uniquement sur les agrandissements de San Rafael et Latacunga). Cela suppose évidemment plus de temps et de moyens mais l'essentiel, pour notre étude, était de développer une méthodologie de travail tout en fournissant, avec le cas du Cotopaxi, des informations peut-être incomplètes mais suffisamment claires et utiles.

Nous aurions pu mettre ici un terme à notre étude mais celle-ci n'aurait certainement pas été complète sans avoir essayé de montrer comment elle pouvait être utilisée sur le plan opérationnel et, particulièrement, sans avoir insisté sur la nécessité d'adapter les actions préventives destinées à la population, aux types de vulnérabilité que nous nous sommes efforcés de mettre en évidence.

Chapitre II

ORIENTATIONS POUR UNE PREPARATION ADAPTEE A LA VULNERABILITE DE LA POPULATION

L'un des objectifs actuels des autorités équatoriennes de Protection Civile est de réduire au maximum le nombre de victimes si une catastrophe d'origine géophysique, comme une éruption du Cotopaxi, se produisait et d'en atténuer les conséquences socio-économiques. Il s'agit pour cela de se préparer compte tenu du fait que la prévention des risques naturels comporte, pour simplifier, deux phases principales:

- Une phase de recherche fondamentale physique et humaine permettant d'identifier les facteurs de risque, tout en caractérisant et localisant les populations et les régions vulnérables. C'est dans ce domaine que nous avons essayé d'apporter notre contribution.
- Une phase d'application de terrain qui constitue la prévention proprement dite.

Cependant le passage de la première à la deuxième phase qui est en fin de compte l'étape décisive, pose problème. Le commentaire d'Eduardo Parra, cité en avant-propos, sur la non utilisation de la carte des menaces potentielles du Nevado del Ruiz existante avant la catastrophe est particulièrement significatif. En d'autres termes, que faire ou plutôt, comment faire, avec des cartes de menaces potentielles ou même avec des documents comme ceux que nous avons pu produire fournissant des informations complémentaires sur les populations menacées?

Ce dernier chapitre propose de réfléchir à cette question délicate du passage de la phase de recherche à la phase d'application. Dans le domaine des actions préventives et plus particulièrement dans celles qui touchent à la préparation des populations installées dans les zones à risque, il fournit, en fonction de ce que nous avons pu observer dans la région du Cotopaxi, des orientations pour une stratégie d'action plus que des actions précises qui, comme nous le préciserons nécessiteraient une phase d'étude supplémentaire et surtout un travail commun avec l'ensemble des personnes concernées.

I. La nécessité de se préparer

En raison de la fréquence et des caractéristiques de ses éruptions passées, le Cotopaxi est un volcan potentiellement très dangereux. Il n'est pas possible de prévoir la date de son prochain réveil et des prévisions sérieuses ne seront réalisables, grâce aux appareils de surveillance installés et à ceux qui viendront les compléter, qu'à partir du moment où se produiront les signes précurseurs qui peuvent précéder de quelques jours à plusieurs mois une éruption importante. Néanmoins, ce volcan entrera de nouveau en éruption, probablement dans les 50 années à venir. Il est donc nécessaire de se préparer à cette éventualité compte tenu de l'importance de la population exposée et des conséquences économiques et sociales, locales et nationales, qu'entraînerait inévitablement un tel événement.

Tous les aspects de la prévention doivent être pris en considération, en particulier le contrôle de la croissance urbaine, la protection technologique et surtout, à court terme, l'information et l'éducation des populations déjà installées dans les zones à risque.

I.1. L'absence de contrôle de l'occupation du sol et de protection technologique

Le contrôle et l'orientation de l'occupation du sol constituent la prévention la plus sûre et il est nécessaire de s'y engager le plus rapidement possible. Dans les régions qui nous préoccupent, nous avons pu noter une accélération de la croissance urbaine et l'extension de l'habitat à l'intérieur des zones les plus dangereuses (notamment dans la vallée de Los Chillos, de Tumbaco, à Latacunga et Salcedo). De nombreux terrains situés en zone de risque majeur de lahars sont encore vides d'hommes mais sans politique d'aménagement et une législation associée, ces espaces seront comblés d'ici dix à vingt ans et le nombre de victimes potentielles du Cotopaxi se sera encore fortement accru. Des initiatives allant dans le sens d'une meilleure gestion du territoire commencent à voir le jour. Cependant elles concernent essentiellement la capitale et plus particulièrement les problèmes d'urbanisation sauvage qui tendent à détruire le couvert forestier des flancs du volcan Pichincha. Ces initiatives se traduisent par un début de sensibilisation du public et par la tentative des autorités municipales de créer des bases légales de protection. Cependant il est manifeste qu'aucune réalisation concrète sérieuse ne peut encore être mentionnée. Pour ce qui concerne le Cotopaxi, le retard est encore plus flagrant.

La protection technologique des populations déjà installées dans les zones à risque est inexistante. Pourtant des parades contre les coulées de boues sont possibles et ont déjà été tentées sur plusieurs volcans. Pour enrayer les effets dévastateurs des lahars, des barrages, des butées filtrant les gros blocs, des murs de dérivation ont été construits autour des édifices volcaniques, comme au volcan Usu au Japon ou au Galunggung en Indonésie (Kadomura et al., 1981; Krafft, 1985). Sans parler des systèmes efficaces mais très coûteux des japonais dont on dit qu'ils ont «bétonné» leurs volcans (le Sakura-jima en particulier), les autorités équatoriennes pourraient s'inspirer des réalisations et projets indonésiens globalement moins ambitieux sur le plan financier mais dont l'efficacité est reconnue (Ronodibroto et al., 1976; Suryo et Clarke, 1985), du moins pensons-nous, face à des coulées de petite taille ou de taille moyenne et quand l'entretien des ouvrages est assuré.

Qu'il s'agisse de monticules artificiels sur lesquels les gens peuvent monter pour se mettre hors de portée des lahars (ce qui pourrait être envisagé comme ultime recours dans certains secteurs de la région du Cotopaxi problématiques sur le plan logistique), de canaux ou de digues permettant de dévier ou de contenir les lahars, l'un des principaux problèmes est en effet celui de l'entretien. Par exemple, à la suite de l'éruption de l'Irazu (Costa Rica) dont les lahars en décembre 1963 recouvrirent 126 000 hectares et tuèrent une vingtaine d'habitants de la petite ville de Cartago (Alvarado, 1989), les autorités décidèrent de construire des digues de protection de part et d'autre du rio Reventado contre l'avis d'une mission d'experts de l'UNESCO qui préconisait plutôt le creusement d'un canal (Tazieff, 1964). Cet ouvrage n'eut pas l'occasion de servir et ne servira vraisemblablement jamais si ce n'est pour être progressivement démantelé afin de fournir des matériaux de construction. D'autre part, le sommet de la partie encore intacte de la digue qui sera vraisemblablement emportée dès la prochaine éruption, est aujourd'hui occupé par près de 8 à 9000 personnes vivant dans des conditions précaires mais disposant néanmoins de l'électricité. Des poteaux électriques avaient en effet été installés sur ces digues colonisées la veille d'une élection locale! (Sergio Mora, directeur du département de géologie de l'ICE du Costa Rica, communication personnelle).

Cet exemple montre la difficulté de maintenir en état de fonctionner, en particulier dans les pays en voie de développement, ces ouvrages qui par ailleurs peuvent s'avérer d'une efficacité limitée en cas d'événement d'une ampleur exceptionnelle. S'ils ne peuvent enrayer de tels événements, ils peuvent néanmoins atténuer, à relativement faible coût, les effets d'événements de moindre ampleur, à condition qu'une éducation du public durable accompagnant leur réalisation, puisse convaincre celui-ci de leur utilité.

1.2. L'incapacité des populations à affronter une situation d'urgence

A défaut de protection technologique et surtout d'occupation rationnelle des sols, le troisième volet de la prévention prend un relief particulier. En effet, les zones menacées par le Cotopaxi sont malheureusement déjà très largement occupées et leur densité ne cesse de croître. A l'instar d'une grande partie de la capitale, menacée par les conséquences de la perturbation du drainage naturel liée au développement de l'urbanisation (inondations, coulées de boue, effondrements de voirie, éboulements de talus) et par le volcan Pichincha, il est moins question, dans ces zones, d'aménagement pour limiter le danger que de prévision, d'alerte et d'évacuation (Peltre et D'Ercole, à paraître).

La détection des signes précurseurs et la prévision sont rendues possibles sur le plan technique grâce à un appareillage satisfaisant installé depuis peu sur le volcan. Il en va tout autrement, toujours sur le plan technique, des systèmes d'alerte encore inexistants. Tout repose pour l'instant sur une communication par radio et sur des contacts personnels aléatoires. Cela est évidemment très insuffisant et il est nécessaire de diversifier et d'adapter aux conditions locales les moyens de transmettre l'information d'urgence. Il est également nécessaire d'installer ou de prévoir des systèmes d'alerte permettant de toucher le plus directement possible les personnes menacées. Il faudrait là encore s'inspirer de techniques utilisées dans d'autres pays aux moyens limités comme l'Indonésie ou la Colombie (Ronodibroto et al., 1976; Stoiber, 1986). Signalons notamment les câbles détecteurs de coulées de boues installés à des hauteurs croissantes de l'amont vers l'aval dans les canyons des rios issus du Nevado del Ruiz et dont la rupture déclenche

un message radio ou une sirène (Cesar Carvajal, directeur de l'Observatoire Volcanologique de Manizales, communication personnelle) ou encore la percussion de troncs creux permettant, même si les systèmes électriques ne fonctionnent plus, de lancer des signaux d'alerte d'une communauté à l'autre (Voight, 1990).

Il est cependant évident, les aspects techniques étant supposés résolus, que les problèmes se poseront inévitablement sur le plan humain, surtout lorsqu'il s'agira de divulguer des messages d'alerte, voire un ordre d'évacuation. Les autorités devront alors essayer d'établir un juste compromis entre une sécurité raisonnable et un minimum de perturbations socio-économiques et surtout s'appuyer sur une population bien préparée à affronter un tel type de situation.

Il faut néanmoins préciser le type de situation auquel cette population pourrait avoir à faire. On distingue généralement trois types d'évacuations (UNDRO, 1986). La population peut être évacuée des zones dangereuses avant que la catastrophe attendue ne survienne (évacuation préventive), à partir du moment où la catastrophe se produit, le début d'une éruption par exemple (évacuation d'urgence) et après l'impact (évacuation liée aux opérations de secours, par exemple évacuation par hélicoptère des survivants isolés par les lahars). La préparation des populations touche essentiellement aux deux premiers types d'opérations et il est clair qu'une évacuation préventive est de loin la plus souhaitable, compte tenu du peu de temps disponible entre le moment où se produit une éruption et l'arrivée des lahars (entre 20 minutes et une heure et demi selon les secteurs de la région d'étude, soit un temps inférieur à celui dont auraient pu bénéficier les victimes d'Armero).

Ce temps d'évacuation (c'est-à-dire l'intervalle de temps qui s'écoule entre la détection d'un événement nécessitant une évacuation et la fin de l'évacuation elle-même) est d'autant plus court qu'il est divisé en quatre composantes (UNDRO, 1986):

- le temps de décision (entre la détection de l'événement et la décision des autorités d'ordonner une évacuation);
- le temps de notification (temps nécessaire pour que la décision soit portée à la connaissance des personnes concernées);
- le temps de préparation (temps dont la population a besoin pour se préparer à évacuer);
- le temps de réaction (temps mis par la population pour évacuer les zones dangereuses).

L'évacuation préventive est logiquement souhaitable par rapport à une évacuation d'urgence normalement plus incertaine, mais est-elle pour autant réalisable dans le contexte équatorien? Est-il possible, de demander à quelques dizaines de milliers de personnes de quitter leur domicile pour une durée indéterminée alors que la décision des autorités peut se fonder sur des données scientifiques qui ne se traduisent pas forcément, à la simple vue, par des manifestations suffisamment inquiétantes pour inciter le public à obtempérer sans se poser de questions? A notre avis, le résultat d'une telle opération est aussi incertain que celui d'une évacuation d'urgence.

Il s'agit moins du fait de déplacer de nombreuses personnes, ce qui a déjà été réalisé à maintes reprises malgré les difficultés, dans des contextes socio-économiques très différents (36 000 personnes dans les Champs Phlégréens en Italie en 1970, 73 000 à la Soufrière de la Guadeloupe en 1976, 35 000 dans la région de l'Usu au Japon en 1977, 15 000 à la Soufrière St Vincent en 1979, 75 000 en Indonésie en 1982 avec l'éruption du

Galunggung, etc. [voir en particulier Blong, 1984 et UNDRO et UNESCO, 1987]) que de les convaincre qu'elles sont réellement en danger et que l'évacuation est la seule issue de secours possible. A la première alerte, tout le monde évacue, ou presque. Si la menace ne se concrétise pas, seules les personnes affichant une confiance suffisante vis-à-vis des pouvoirs publics (et elles sont relativement peu nombreuses dans notre région d'étude) répondront à la deuxième alerte. Si celle-ci n'est toujours pas suivie d'effet, à la troisième alerte, plus personne ne suit. Il s'agit là d'une situation extrêmement délicate dont les autorités équatoriennes ont pleinement conscience et qui font que consciemment ou non, les personnes qui prendront la décision de faire évacuer tendront à en repousser le plus possible l'échéance, surtout après un éventuel premier «échec».

Si l'évacuation préventive nous paraît la seule chance de survie dans certains secteurs parmi les plus proches du volcan (par exemple le secteur «San Ramon»), ce qui suppose préparer leurs habitants en conséquence, il nous paraît plus réaliste de préparer la population des autres secteurs, toujours situés dans des zones très dangereuses mais plus éloignés, à une évacuation d'urgence quite à entreprendre une évacuation préventive si les conditions se présentent de manière favorable. Cette préparation a pour but non seulement d'informer la population des risques qu'elle court et de la possibilité de devoir évacuer en cas de danger mais également, à travers une véritable éducation accompagnée d'exercices pratiques, de créer le «réflexe utile» permettant à un individu, durant une période d'urgence, de sauver sa vie ainsi que celle des personnes de son entourage. Ce réflexe utile a notamment pour but de réduire au maximum le temps de préparation et de réaction des individus, le temps de notification pouvant pour sa part être diminué par des systèmes d'alerte locaux efficaces.

En l'état actuel des choses, de toute évidence, la population exposée au Cotopaxi est loin d'être prête. Notre étude a montré sa vulnérabilité multiforme et il n'existe que très peu de gens qui disposent des données suffisantes ou des conditions satisfaisantes pour faire face à une situation d'urgence. La préparation de ces personnes est donc nécessaire et urgente.

Cette nécessité et cette urgence sont d'ailleurs ressenties par la population elle-même (tableaux 48a à 48b). Plus de 70% des personnes interrogées estiment qu'il est temps maintenant d'agir pour éviter un désastre dans le futur (tableau 48a). Le restant des personnes, proportionnellement plus nombreuses dans la province du Cotopaxi, se montrent hésitantes, fatalistes ou résignées, ce qui est peut-être aussi une façon de masquer leur méfiance (tableaux 48a et 48b) mais elles ne sont guère plus de 10% dans chacune des deux provinces à dénier franchement l'utilité des actions préalables.

Même si la première question force un peu la réponse, la question ouverte sur les actions qu'il serait souhaitable de mener indique que les gens sont parfaitement capables d'argumenter leur point de vue (tableau 48c). Parmi les actions citées, les études scientifiques, la prévision et la surveillance reviennent très souvent (une autre question avait par ailleurs indiqué que plus des deux tiers des personnes interrogées pensaient que le volcan était placé sous surveillance [tableau 48d]). L'orientation de l'occupation du sol est envisagée à un degré moindre, plus en termes de correction de ce qui existe (déplacer les gens déjà installés) que de planification (interdire la construction dans les zones à risque). A proportion égale, la protection technologique est jugée souhaitable et il est intéressant de noter que si d'un côté certaines personnes estiment qu'il n'y a rien à faire face aux éléments naturels déchaînés, d'autres au contraire font confiance à la technologie

moderne et vont jusqu'à penser qu'il est possible d'empêcher un volcan d'entrer en éruption. Moins souvent évoquées dans la province du Pichincha mais davantage dans celle du Cotopaxi, sont les actions destinées à faciliter une éventuelle évacuation. Il s'agit particulièrement des systèmes d'alerte mais aussi d'un ensemble de mesures qui nous paraissent indispensables dans certains secteurs que ce soit sur le plan de la logistique ou sur celui de l'incitation à évacuer (préparer les sites d'accueil, améliorer, voire créer des accès aux lieux de refuge, etc.).

En dehors de ces propositions, celles qui ont été le plus souvent citées concernent la préparation préalable de la population (40%). De plus, lorsque la question sur ce thème est posée directement, il apparaît que plus de 90% des personnes interrogées souhaitent recevoir des informations sur les risques liés au Cotopaxi (tableau 48e). Ceci indique que nombreuses sont les personnes conscientes de leur vulnérabilité et qu'une forte proportion d'entre elles considère qu'elle doit en grande partie compter sur elle-même en cas de crise et pas simplement sur l'intervention de l'extérieur. Alors que les personnes interrogées dans la province du Pichincha se montrent plus favorables à des campagnes d'information, celles de la province du Cotopaxi, où la perception du risque est plus élevée mais aussi où la confiance vis-à-vis de l'extérieur est plus faible, mettent davantage l'accent sur des actions plus poussées (une véritable éducation du public appuyée par des exercices de simulation) ayant, et certains ont particulièrement insisté la-dessus, des bases très locales.

**Tableaux 48a à 48e -
Le point de vue de la population sur
la préparation du public dans la
perspective d'une éruption du
Cotopaxi**

Tab. 48 a - «Pensez-vous que l'on doive faire quelque chose maintenant pour éviter un désastre dans le futur?»

	Province du Pichincha		Province du Cotopaxi		Ensemble	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%
Oui	852	74,9	729	68,6	1581	71,9
Non	128	11,3	113	10,6	241	11,0
Ne sait pas	157	13,8	221	20,8	378	17,2
Total	1137	100	1063	100	2200	100

Tab. 48 b - «Pourquoi?»
(pour ceux qui ne répondent pas par l'affirmative à la question précédente)

	Province du Pichincha		Province du Cotopaxi		Ensemble	
	Nb	%*	Nb	%*	Nb	%*
On ne peut rien faire contre les phénomènes de la nature	66	23,2	88	26,3	154	24,9
Cela dépend de Dieu, Dieu seul sait ce qui peut se passer, Lui seul peut nous aider	37	13,0	67	20,1	104	16,8
On ne peut savoir ce qu'il peut se passer, quand cela va se produire, le volcan ne prévient pas	39	13,7	40	12,0	79	12,8
Il ne se passera rien, il n'y aura pas d'éruption	21	7,4	16	4,8	37	6,0
Il faudrait déloger les gens et cela n'est pas possible	3	1,1	6	1,8	9	1,5
Ne sait pas	125	43,9	142	42,5	267	43,1

* Par rapport au nombre de personnes

285 personnes
291 réponses

334 personnes
359 réponses

619 personnes
650 réponses

Tab. 48 c - «Que faudrait-il faire afin d'éviter une catastrophe dans le futur?»

	Province du Pichincha		Province du Cotopaxi		Ensemble	
	Nb	%*	Nb	%*	Nb	%*
Réponses générales (prendre des précautions, essayer de minimiser les effets d'une éruption, etc.)	21	2,5	22	3,0	43	2,7
Préparation préalable de la population	344	40,4	290	39,8	634	40,1
Campagnes d'information (sur les risques, les zones menacées, les moyens de protection, etc.)	194	22,8	136	18,7	330	20,9
Préparation plus poussée (outre l'information, développer une véritable éducation, effectuer des exercices d'évacuation)	129	15,1	94	12,9	223	14,1
Préparation plus poussée mais menée de l'intérieur (constitution de comités locaux de protection civile)	21	2,5	60	8,2	81	5,1
Etudes, prévision, surveillance	213	25,0	151	20,7	364	23,0
Faire les études nécessaires ou en faciliter la réalisation	136	16,0	87	11,9	223	14,1
Surveiller le volcan, utiliser des appareils qui permettent de prévoir une éruption	77	9,0	64	8,8	141	8,9
Orientation de l'occupation du sol	86	10,1	74	10,2	160	10,1
Orientation préventive, interdire la construction dans les zones à risque	28	3,3	12	1,6	40	2,5
Déplacer les gens qui vivent dans les zones dangereuses	58	6,8	62	8,5	120	7,6
Protection technologique	87	10,2	70	9,6	157	9,9
Actions sur le volcan pour empêcher une éruption	41	4,8	31	4,3	72	4,6
Actions pour retenir ou dévier les produits de l'éruption	40	4,7	31	4,3	71	4,5
Autres (Creusement des lits des cours d'eau, consolidation des habitations, reforestation)	6	0,7	8	1,1	14	0,9
Actions destinées à faciliter une éventuelle évacuation	56	6,6	80	11,0	136	8,6
Mettre en place des systèmes d'alerte	36	4,2	50	6,9	86	5,4
Préparer l'évacuation, les sites d'accueil, améliorer les voies de communications	20	2,3	30	4,1	50	3,2
Autres	10	1,2	16	2,2	26	1,6
Divers (demander de l'aide à l'étranger, ne pas alarmer, etc.)						
Ne sait pas	169	19,8	145	19,9	314	19,9

* Par rapport au nombre de personnes
 ** Personnes ayant répondu «oui» à la première question, soit 71,9% de l'échantillon

852 personnes
 986 réponses

729 personnes
 848 réponses

1581 personnes**
 1834 réponses

Tab. 48 d - «Pensez-vous qu'en ce moment le Cotopaxi est surveillé?»

	Province du Pichincha		Province du Cotopaxi		Ensemble	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%
Oui	771	67,8	764	71,9	1535	69,8
Non	113	9,9	69	6,5	182	8,3
Ne sait pas	253	22,3	230	21,6	483	22,0
Total	1137	100	1063	100	2200	100

Tab. 48 e - «Souhaiteriez-vous recevoir davantage d'informations sur les risques liés au Cotopaxi?»

	Province du Pichincha		Province du Cotopaxi		Ensemble	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%
Oui	1070	94,1	987	92,9	2057	93,5
Non	67	5,9	76	7,1	143	6,5
Total	1137	100	1063	100	2200	100

Compte tenu des résultats de notre étude et du point de vue de la population, la nécessité de préparer les populations menacées est évidente. Pourtant on ne peut pas accuser les autorités équatoriennes d'avoir ménagé leurs efforts depuis 1987. Il est donc nécessaire de porter un regard critique sur les principales mesures adoptées à ce jour afin de proposer des orientations pour des actions visant à une meilleure efficacité.

I.3. L'inadéquation entre les efforts nationaux et les résultats escomptés sur le plan local

Comme en Colombie depuis 1988 (Abramovsky, 1990), il existe, de par la loi, en Equateur, trois niveaux territoriaux dans le système de prévention des risques naturels: le niveau national, le niveau régional (provinces) et le niveau local (paroisses, quartiers). Mais à la différence de la Colombie qui dispose d'un organisme interministériel permanent (ONADE: Oficina Nacional para Atención de Desastres, et on retrouve la même structure interinstitutionnelle au niveau des départements et des communes) dans lequel la Protection Civile, dépendante du ministère des Armées, ne constitue que l'une des institutions représentées, c'est la Protection Civile qui, en Equateur, représente l'organisme central du système de prévention et d'urgence. Ce n'est qu'en temps de crise que celle-ci est sensée coordonner les activités d'un comité d'urgence nationale interinstitutionnel (COEN: Centro de Operaciones de Emergencia Nacional). Cependant, les faibles moyens financiers et en personnel de cette institution ont fait qu'à chaque situation d'urgence (par exemple lors du séisme de mars 1987), celle-ci a perdu son pouvoir de coordination au profit d'autres institutions comme l'Armée et la Police. Elle retrouvait son autonomie la crise passée et, toujours sans moyens, redevenait, seule, responsable de la prévention des événements futurs.

Nous avons signalé les mesures qui ont été prises ces dernières années par les autorités équatoriennes dans le but d'accroître l'efficacité et la crédibilité de la Protection Civile, en particulier avec la création d'un comité technico-scientifique et d'un comité interinstitutionnel. Celle-ci a pu enfin se mettre au travail et se consacrer dans un premier temps au problème le plus urgent, ou du moins le plus d'actualité avec la catastrophe colombienne, celui du volcan Cotopaxi. Si des travaux de planification générale préventive ont effectivement été réalisés et présentés aux autorités provinciales, celles-ci étant chargées d'en faire de même à leur échelle territoriale et d'entreprendre au sein des populations des actions de préparation, il est clair que rien, ou presque, n'a filtré au niveau local. Nous ne reviendrons pas sur les faiblesses du niveau régional, si ce n'est pour souligner le besoin dans chaque province de comités de protection civile constitués, au moins en partie, de personnels stables et peu dépendants des contraintes politiques. Ces comités pourraient, comme pour l'organisme central ou selon le modèle des comités départementaux colombiens (du moins celui de la province de Caldas concernée par le Nevado del Ruiz), être dotés de structures interinstitutionnelles et technico-scientifiques fonctionnant de manière permanente ou, pour être plus réaliste, à temps partiel (deux jours par semaine, par exemple). Cela ne constituerait pas une énorme charge financière et permettrait à quelques personnes de se former à la gestion des risques, d'élaborer en concertation avec les autorités nationales de Protection Civile les plans provinciaux nécessaires et d'établir enfin le contact utile avec les responsables locaux et les populations.

En fin de compte, il apparaît que les actions préventives réalisées depuis 1987 ont essentiellement profité au niveau national. Il est incontestable, qu'à ce niveau, les autorités équatoriennes sont bien mieux préparées que ne l'étaient leurs semblables en Colombie avant le 13 novembre 1985. En revanche la situation est sensiblement comparable aux échelons inférieurs. On pourra rétorquer que deux exercices d'évacuation ont directement concerné les populations. Ces opérations dirigées par la Protection Civile nationale furent bien évidemment méritoires, cependant il apparaît une fois de plus que si les habitants des quartiers mobilisés de Latacunga et Sangolqui ont pu en tirer quelque profit, elles ont davantage servi aux organisateurs qu'aux populations. Comme il s'agissait de la première fois que de tels exercices étaient réalisés, il y eut inévitablement des problèmes d'organisation et des difficultés de coordination, signe, de la part des personnes ou institutions organisatrices, de l'absence d'habitude de travailler en commun. On estima par ailleurs que la population et les responsables locaux n'avaient pas suffisamment été préparés avant les exercices et que ces derniers avaient davantage été «parachutés» que «concoctés» de l'intérieur (D'Ercole, 1991).

Il faut néanmoins considérer que ces initiatives furent globalement positives et que les erreurs commises devraient constituer autant de leçons pour les actions futures. En l'état actuel des choses, cependant, les opérations menées peuvent être considérées comme très ponctuelles et les populations touchées font parties de celles que nous avons classées comme étant les moins vulnérables et les plus confiantes vis-à-vis de l'extérieur (revoir en particulier la figure 59, p. 298 et la carte 26 p. 300). Les conditions étaient donc favorables et ont vraisemblablement constitué un critère de choix des secteurs pour la réalisation des exercices de simulation. Ceci tendrait à montrer une certaine réticence dans le passage à l'acte, vis-à-vis de certains milieux, comme les milieux péri-urbains en pleine expansion (crainte de la panique au sein d'une population trop peu informée?, crainte des répercussions au niveau du marché immobilier?, pressions?) ou les milieux paysans (en raison de leur méfiance, voire de leur hostilité?, en raison de l'absence habituelle de contact?, en raison de l'échec de San Buenaventura?). L'absence de projets à court terme quant à la réalisation de nouveaux exercices tendrait aussi à aller dans le sens de nos impressions.

Quoi qu'il en soit, il faut éviter de considérer que les deux cibles qui ont été choisies pour les premières tentatives sont représentatives de l'ensemble des secteurs menacés et que du côté des organisateurs on a déjà fait le tour de la question. Pire encore, serait l'idée de se satisfaire de ces opérations qui n'ont en fait touché qu'un public très restreint. De nombreuses personnes, des communautés encore plus vulnérables que celles qui ont été mobilisées lors des deux exercices ont aussi besoin d'attention et si certaines sont prêtes à collaborer, d'autres ne manqueront certainement pas de poser des problèmes non seulement durant une situation réelle mais également dans la perspective d'une simulation.

Ce n'est pourtant qu'en essayant d'affronter l'ensemble des difficultés qui se posent que l'on peut véritablement réussir une prévention au profit de tous, des autorités comme des populations. Dans cette perspective, la deuxième section de ce chapitre, propose, toujours à partir des données tirées de notre terrain d'étude, de développer certains points, voire des axes de recherche, utiles, selon nous, pour faciliter la poursuite des actions entreprises.

II. Les conditions de l'efficacité

Quel type d'action pour une préparation efficace? A quel niveau territorial et avec qui doit-on échafauder et organiser les actions destinées au public? Comment faut-il s'y prendre pour faire passer le message que l'on souhaite transmettre et pour le rendre acceptable? En d'autres termes, quelle stratégie adopter pour atteindre les résultats escomptés? Notre souhait est avant tout de fournir ici, à partir du cas de la région du Cotopaxi des bases de réflexion, parfois des éléments de réponse à ces questions plutôt que des solutions parachevées qui reposeraient sur des bases encore incomplètes et qui ne sont plus du ressort du seul chercheur.

Notre étude a montré la vulnérabilité multiforme des populations exposées au Cotopaxi. Nous essayerons donc dans un premier temps de montrer comment la préparation des populations pourrait s'adapter aux niveaux et aux types de vulnérabilité. D'autre part, le message qui ne passe pas entre les acteurs nationaux et une population qui, malgré les efforts des premiers, demeure globalement très vulnérable, est un indicateur de l'inefficacité de moyens mis en oeuvre trop centralisés, conçus pour et non pas avec les principaux concernés. Il semble donc nécessaire de n'engager des actions de préparation que si elles sont fondées sur de solides bases locales. A nos arguments sur ce sujet se greffera utilement le point de vue de la population. Nous poserons enfin le problème des méthodes de communication dans des milieux humains aussi hétérogènes que ceux qui constituent notre domaine d'étude.

II.1. Une préparation adaptée aux niveaux et aux types de vulnérabilité

II.1.1. Quelques orientations générales

La vulnérabilité des populations exposées présente des facettes différentes selon le type de population et le lieu considérés. En conséquence, pour qu'une préparation puisse être efficace, il est nécessaire d'adapter au mieux les actions préventives aux niveaux et types de vulnérabilité. En effet, une préparation «standard» qui débiterait avec une phase de sensibilisation avant de s'engager dans une phase plus pratique et plus lourde (exercices de simulation) peut être conçue et réalisée de manière très différente selon le cas:

- *Elle peut être menée plus ou moins rapidement, plus ou moins poussée quant au contenu.*

La première phase peut être exécutée plus ou moins rapidement selon l'expérience et les acquis de la population. Par exemple, dans les secteurs où la perception du risque est élevée, il est souhaitable de réduire la phase de sensibilisation du public et de l'axer davantage sur ce que l'on veut ou pourrait faire dans le cadre de simulations plutôt que sur un développement excessif de la conscience du risque. Il s'agit en même temps, tout en évitant d'alarmer, de tirer profit de la qualité de cette perception et de ses bases surtout lorsqu'il s'agit de mémoire collective. Cette dernière, par définition, est issue de la collectivité et lui appartient donc, contrairement à toute information provenant de l'extérieur

qu'il est plus facile de rejeter. Dans le cas d'une conscience insuffisante du risque, au contraire, une phase de sensibilisation plus poussée doit précéder la phase d'application. Il semble raisonnable dans ce cas, de débiter la phase de sensibilisation par des campagnes d'information générales avant de poursuivre par des campagnes locales plus précises quant à la nature de la menace et des risques courus.

- *Elle peut être plus ou moins personnalisée*

La préparation peut concerner en bloc l'ensemble des habitants d'un secteur, le contenu de la préparation étant le même pour tous. Il s'agit alors d'un traitement d'ensemble ou global. Par exemple dans le secteur «Tanicuchi», les moyens de protection sont identiques, à quelques nuances près, pour toutes les personnes installées dans le secteur, la consigne étant de s'éloigner du río Pita et de se diriger vers les hauteurs occidentales. Au contraire, une préparation plus personnalisée (traitement ponctuel), au niveau des hameaux, des pâtés de maisons, voire des familles, s'impose dans les secteurs où les possibilités de trouver un refuge et les chemins pour y parvenir dépendent du lieu précis où les personnes se trouvent. C'est par exemple le cas des secteurs «La Pradera/Rumipamba», «San Agustin» ou «Caspi/Santa Ana» dans lesquels chaque personne doit recevoir des consignes strictes qui peuvent être très différentes de celles qui sont utiles à une personne installée à quelques centaines ou dizaines de mètres de la première.

- *Elle doit mettre l'accent sur les problèmes techniques et logistiques particuliers.*

Une attention particulière doit être donnée au contenu de la préparation, selon les problèmes techniques et logistiques spécifiques d'un secteur donné, par exemple dans le domaine de l'alerte lorsque l'on sait que la population est difficilement accessible que ce soit par radio ou par contact personnel. C'est notamment le cas des secteurs «Ashigua», «Quebrada Barrancas» ou «San Juan/Salache» dans lesquels se poseront certainement des problèmes de communication car une proportion importante de la population, dispersée par ailleurs, et parfois éloignée des principales voies de communication, n'écoute pas la radio habituellement.

- *Elle peut être plus ou moins délicate à mener sur le plan de l'approche des populations concernées.*

Dans certains secteurs ou pour certains types de populations, les problèmes rencontrés sont moins d'ordre cognitif ou même logistique que liés à des conditions économiques et sociales pouvant constituer des obstacles à un ordre d'évacuation. Il s'agit de populations défavorisées ou du moins qui n'ont guère fait l'objet d'attention de la part des pouvoirs officiels si ce n'est dans des domaines considérés négatifs (les impôts par exemple). Outre la réticence à quitter leurs maisons et leurs biens, se greffe, comme nous l'avons vu, un problème de confiance vis-à-vis de personnes qu'elles n'ont pas l'habitude de cotoyer. Aussi dans ces secteurs ou auprès de ces populations, les problèmes se poseront non seulement durant une situation d'urgence, mais peut-être plus encore durant les phases de préparation, ce qui constitue déjà en soi un facteur de vulnérabilité. La réalisation pratique d'actions de préparation sera ainsi plus ou moins problématique selon le type habituel de relations qui peuvent exister avec l'extérieur.

Il est extrêmement important de prendre en compte cet aspect de la question, généralement négligé et qui pourtant conditionne le succès de toute opération, pour éviter

des désillusions comme ce fut le cas en 1986 avec San Buenaventura. Une préparation préalable de la population susceptible d'être couronnée de succès, suppose l'adhésion et la participation des personnes auxquelles elle est destinée. Ce serait une erreur de considérer comme acquise la collaboration de la population. Un exercice d'évacuation mené de but en blanc, du type de ceux qui furent réalisés à Latacunga ou Sangolqui aurait de fortes chances d'être assimilé à une tentative d'expropriation dans les secteurs méfiants. De plus un amalgame peut être facilement réalisé entre un exercice simulé et une menace réelle.

Les secteurs comportant des populations de ce type sont certainement les plus vulnérables et il est nécessaire de les considérer avec beaucoup de doigté, de prudence et de patience avec un travail en profondeur, en s'appuyant sur les organisations, responsables et leaders locaux, ne serait-ce que pour pénétrer efficacement dans ces milieux qui bien souvent, par nécessité, ont appris à se méfier et à se passer de l'extérieur (nous reviendrons plus loin sur cette question fondamentale). Les actions de préparation pourront alors s'engager tout en développant un réseau de relations utiles entre l'intérieur et l'extérieur qui fait cruellement défaut aujourd'hui.

- *Elle doit être adaptée à certains types de populations*

Il faudra de plus tenir compte des problèmes propres à certains types de populations plus vulnérables que d'autres. Nous pensons notamment aux personnes âgées, malades ou handicapées, aux plus jeunes, aux familles nombreuses, aux gens de passage ou nouvellement installés, ainsi qu'aux femmes, en particulier dans les campagnes, souvent seules responsables de leur famille.

II.1.2. La carte d'orientation pour des actions de préparation

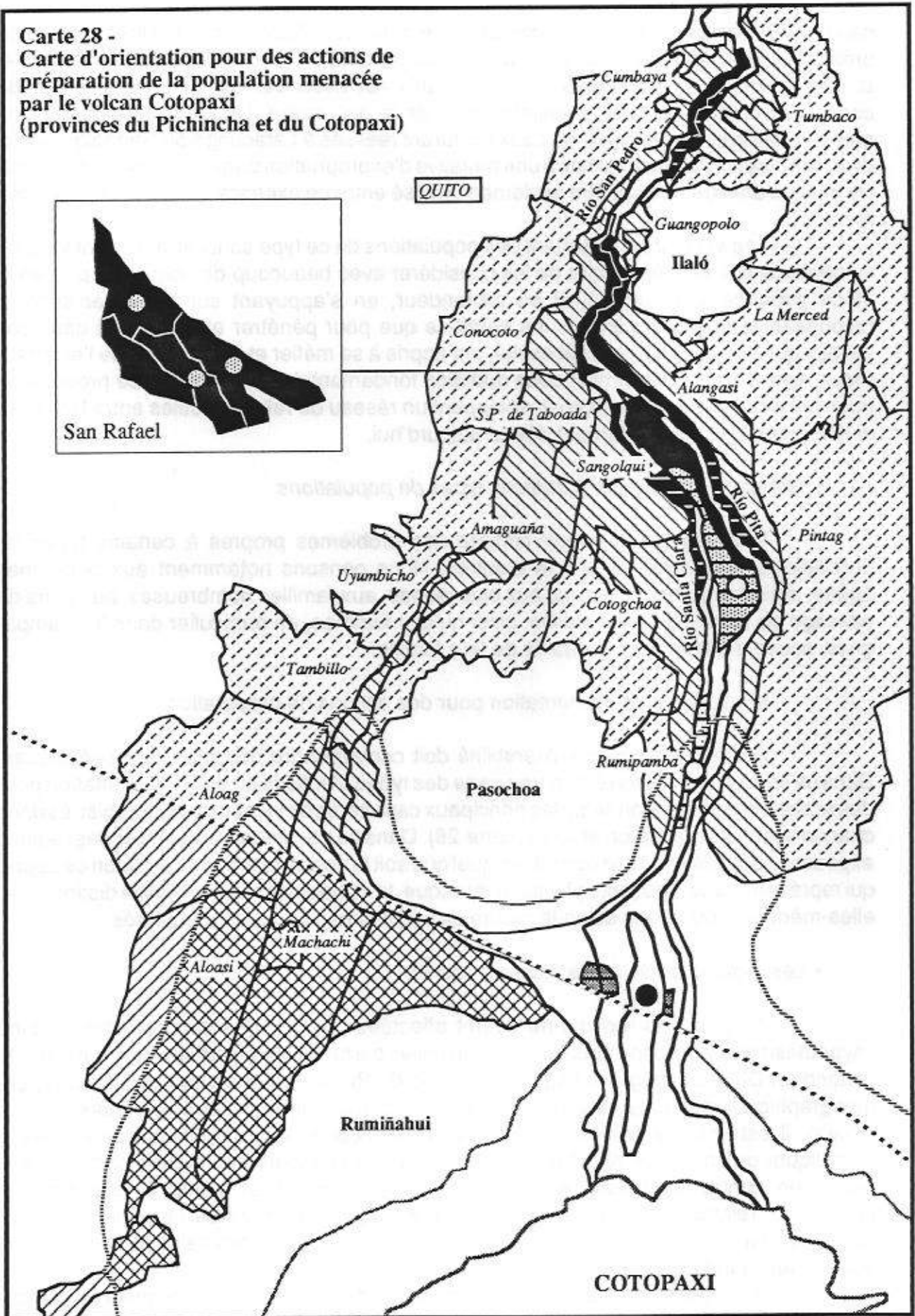
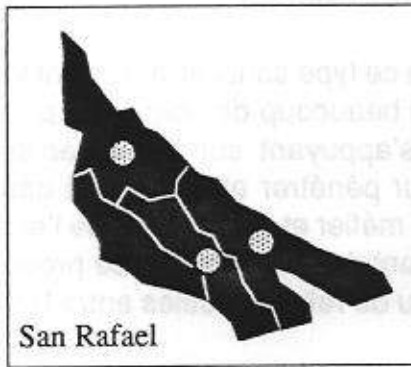
A chaque type de vulnérabilité doit correspondre des réponses spécifiques. Dans ce sens, nous avons réalisé une carte des types d'actions ou plutôt d'orientation pour des actions de préparation selon les principaux caractères de vulnérabilité enregistrés dans chaque secteur de la région étudiée (carte 28). Dans ce document, l'ensemble des régions exposées sont prises en considération, quel que soit le degré de la menace. Selon ce degré, qui représente la composante physique du risque, trois types de régions ont été distinguées, elles-mêmes subdivisées selon la nature des problèmes humains rencontrés:

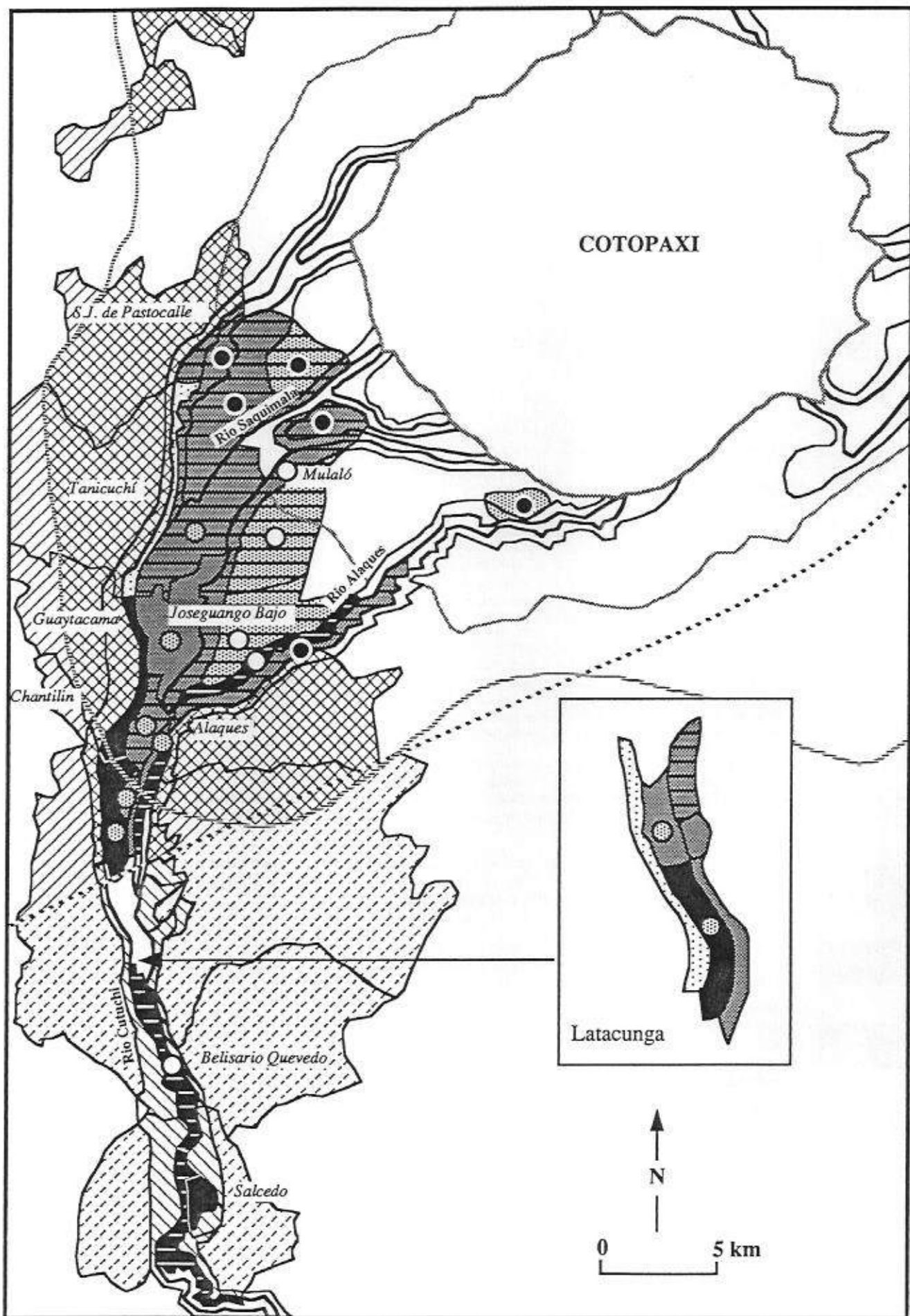
- *Les régions à très faible risque (zone 1).*

Au pire, ces régions ne seront affectées que par des cendres, même dans l'hypothèse d'une éruption plus violente que celles qui furent enregistrées durant la période historique. Dans ces régions (situées au nord du Pasocha et au sud de Latacunga et topographiquement plus élevées que les zones susceptibles d'être affectées par les lahars), il est utile de préparer des plans d'information de la population concernée à n'appliquer qu'en cas de réveil du volcan. Le contenu de cette information portera sur la protection contre les nuisances causées par les cendres et visera à rassurer une population, relativement nombreuse, qui outre l'inquiétude, pourrait se croire en grave danger et, par sous-information, commettre de graves erreurs comme se diriger vers des zones réellement dangereuses.

Nous pensons également à la population de Quito qui n'est pas prise en compte sur la carte mais qu'il est aussi nécessaire de considérer pour éviter des mouvements

Carte 28 -
 Carte d'orientation pour des actions de
 préparation de la population menacée
 par le volcan Cotopaxi
 (provinces du Pichincha et du Cotopaxi)





Régions à très faible risque



1 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



2 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 éleveurs des importantes zones laitières de la région qui auront à protéger, voire à évacuer tout ou partie de leur bétail.

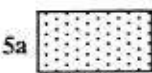


3 Secteurs qui pourraient être affectés dans l'hypothèse d'une activité plus explosive ou plus "efficace" que celle de 1877 et que le Cotopaxi a connu avant la période historique. Malgré une faible probabilité d'occurrence, une telle hypothèse ne doit pas être rejetée en raison de l'importance de la 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 envisageaient des dynamismes éruptifs très violents (par exemple, déformation de l'édifice volcanique).

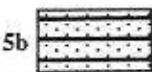


4 Secteurs qui regroupent les caractéristiques des deux catégories précédentes (2 et 3) et dans lesquels il s'agit de combiner les deux types d'actions de préparation correspondants.

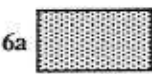
Régions à risque élevé à très élevé



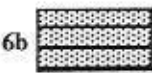
5a Secteurs situés en zone de risque majeur de lahars dans lesquels la population, en majorité est consciente des risques et connaît des moyens appropriés de protection. De plus, cette population est globalement disposée à collaborer aussi bien dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation que dans le cadre 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.



5b 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.



6a 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.



6b 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'oeuvrer 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).



7a 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 pouvoir être réalisés dans de bonnes conditions.



7b 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.



8a 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 dans un deuxième temps que des exercices de simulation pourront être réalisés.



8b 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
- (with dots) 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.
- (solid) Secteurs dans lesquels une attention particulière devra se porter à la fois sur les systèmes d'alerte et sur la résolution des problèmes logistiques.

d'inquiétude ou de panique. A la suite du réveil du Cotopaxi, celle-ci doit être bien informée dans la mesure où les manifestations de ce volcan peuvent signifier pour certains le réveil simultané du Pichincha. La relation entre les comportements de volcans assez proches est encore mal connue par les scientifiques, elle l'est encore moins par les profanes, et, nous avons pu l'observer à maintes reprises en Equateur, les gens n'hésitent pas à établir des liens entre des phénomènes naturels mal connus. D'autre part, une confusion peut être faite entre le Cotopaxi et le Pichincha. Le 4 avril 1768, par exemple, une mince couche de cendres provenant du Cotopaxi s'était déposée sur la capitale sans grandes conséquences, en revanche l'atmosphère s'était obscurcie durant plusieurs heures. Il peut être alors possible de faire l'amalgame et d'attribuer au Pichincha ce qui revient au Cotopaxi.

• *Les régions à risque faible ou modéré*

Deux sous types (voire trois si l'on considère les régions appartenant à la fois au premier et au deuxième type) sont à distinguer (zones 2, 3 et 4):

- Les régions à faible risque, potentiellement soumises à d'importantes chutes de cendres dans le cadre d'une éruption comparable à celle de 1877.

La notion de faible intensité de risque ne concerne évidemment que la vie humaine. Le risque est restreint mais pas inexistant, l'éruption du volcan Pinatubo aux Philippines en juin 1991 a par exemple fait quelques victimes avec l'effondrement de toitures surchargées de cendres. De plus, il n'est pas exclu que les populations les plus proches mais qui connaissent aussi d'autres menaces, soient également affectées par la projection de blocs qui peuvent être incandescents (ce fut le cas à Mulalo dans le passé). Mais si les personnes, sauf peut-être leur santé, ne sont dans l'ensemble guère menacées, il en va tout autrement des habitations, des activités industrielles et surtout des activités agricoles et du bétail. Les régions laitières de Machachi ou celles situées à l'ouest du rio Cutuchi auront à affronter ce type de problème.

Les actions de préparation devront donc être spécifiques aux problèmes potentiels liés aux chutes de cendres. Elles ne seront dans l'ensemble pas nécessairement très poussées avant que le volcan ne se réveille. Il s'agira avant tout d'informations générales, en particulier sur les moyens de préserver sa santé, notamment celle des enfants, sur les moyens d'éviter que les toits ne s'effondrent ou que les machines ne s'endommagent, etc. Celles-ci ne deviendront plus spécifiques qu'en cas de nécessité sauf pour les éleveurs qui devront être préparés préalablement dans la mesure où le volcan, sans entrer encore dans une phase d'activité très violente, peut assez rapidement projeter des cendres susceptibles de causer des dégâts considérables. Il semble donc nécessaire de prévoir l'évacuation du bétail (du moins une partie seulement si l'on dispose de stocks de fourrage) qui ne pourrait survivre avec une couche de cendres de quelques centimètres seulement. Des exercices de simulation allant dans ce sens pourraient être réalisés.

- Les régions à risque modéré qui pourraient être affectées par les lahars (zones de risque mineur de lahars concernant en particulier une grande partie du Valle de Los Chillos), les écoulements pyroclastiques (régions humanisées les plus proches du volcan), voire les débris-avalanches (de nouveau la région de Machachi ainsi qu'au sud-ouest du volcan), en cas d'éruption plus explosive qu'en 1877 ou plus « efficace », du moins en ce qui concerne la fusion des glaciers.

Les probabilités d'occurrence d'un tel événement sont minces mais l'hypothèse est à prendre sérieusement en considération en raison de l'importance de la population

installée dans de telles zones. Dans ces régions, les actions préalables peuvent se cantonner à des campagnes de sensibilisation générales pour ce qui concerne la population. En revanche, les autorités locales devront être informées de manière beaucoup plus précise et des plans d'information et d'actions d'urgence (en particulier dans la perspective d'une évacuation) devront être prêts à passer au niveau du public et à être mis en oeuvre si, en cas de réactivation du volcan, les experts envisageaient la possibilité de dynamismes éruptifs très violents (par exemple à la suite de mesures de déformation de l'édifice volcanique).

• *Les régions à risque élevé et très élevé.*

Huit sous-types régionaux ont été distingués (la carte n'indiquant que les noms des paroisses, voir la carte 15 ou la carte 27 pour les noms des secteurs).

- Les deux premiers (5a et 5b) correspondent aux rares secteurs situés en zone de risque majeur de lahars où à la fois la perception du risque est élevée et les moyens de protection peuvent être considérés comme étant dans l'ensemble connus. Mais si dans le premier cas (secteurs «Tanicuchi» et «Pumancuchi») la population paraît disposée à collaborer, ce qui permettrait de mener assez facilement des exercices d'évacuation (relativement simples ici) dans les conditions de ceux qui ont été réalisés en 1989, c'est-à-dire sans sensibilisation préalable excessive, il en va autrement dans le deuxième représenté uniquement par le secteur «Rumipamba». Le contexte économique et social de cette communauté fait que des difficultés peuvent se présenter à l'occasion d'un ordre d'évacuation, mais aussi dans le cadre d'actions préventives. Il s'agit donc d'agir avec beaucoup de doigté. Un exercice d'évacuation «parachuté», acceptable dans les deux secteurs précédents aurait ici de fortes chances d'être rejeté. Même une campagne générale d'information n'aurait aucun effet, si ce n'est d'alarmer une population déjà consciente des risques et méfiante de tout ce qui provient de l'extérieur. La préparation doit en premier lieu concerner les autorités et personnes influentes locales avec lesquelles il est nécessaire de travailler pour réaliser des plans d'actions préventives et pour constituer un trait de liaison avec la population qui pourrait plus facilement collaborer avec l'aval de ceux en qui elle porte sa confiance. Ce travail collectif est d'autant plus souhaitable que l'un des principaux problèmes du secteur est celui de l'alerte en raison de la proximité du volcan (population touchée au bout de 40 minutes environ) et de la dispersion de la population. De plus tout le monde ne possède pas la radio. Des solutions locales sont donc à déterminer.

- Les types 6a et 6b correspondent à des secteurs qui ne devraient pas se trouver sur le passage des lahars si une éruption ne dépassait pas le niveau de celle de 1877. Ils seraient néanmoins isolés par les coulées. La conscience du risque y est plutôt élevée mais si on peut considérer que les moyens de se protéger sont connus dans le cas d'une éruption du type 1877 (ou du moins que l'attitude, consistant pour de nombreuses personnes à rester chez soi pour des raisons qui peuvent être indépendantes de l'estimation du danger, est acceptable), ces populations seraient totalement désemparées dans l'hypothèse d'une éruption plus importante. Il s'agit donc de prendre en considération cette éventualité qui pourrait rendre une évacuation obligatoire, préventive dans certains cas comme dans le secteur «Callo Grande» qui outre le fait d'être piégé par les lahars serait directement menacé par les écoulements pyroclastiques. A l'exception de la population de la communauté d'«Ashigua» (zone 6a) qui dans le cadre de projets agricoles a établi de bons contacts avec l'extérieur et qui par la même occasion semble favorable à collaborer à toute activité

préventive, les habitants des autres secteurs (zone 6b: secteurs «Callo Grande», «Macaló/Chinchil», «Colaya/San Bartolo» et «San Francisco/Loreto») présenteront vraisemblablement une réticence et une méfiance comparable à celle que nous avons notée à Rumipamba. La pénétration dans ce milieu devra donc s'effectuer de la même manière. De plus, là encore, l'accent doit être placé sur les systèmes d'alerte ainsi que sur les problèmes d'ordre logistique si une évacuation était rendue nécessaire.

- Les types 7a et 7b correspondent encore à des secteurs où la perception du risque est plutôt élevée. Mais leur population, située pour l'essentiel en zone de risque majeur de lahars, ignore généralement les moyens de protection. Il s'agit en même temps de secteurs où les problèmes d'ordre logistique sont souvent très importants et les zones de refuge loin d'être évidentes. Davantage encore que dans les cas précédents, les exercices de simulation sont ici nécessaires afin de fournir les connaissances nécessaires et de développer le «réflexe utile». Mais là encore il est nécessaire de distinguer entre les secteurs où la population ne devrait pas poser de problèmes («Joseguango Bajo» et plusieurs quartiers de Latacunga: «San Felipe», «Rosero Sanchez» et «Centro/Loreto») et ceux dans lesquels la collaboration spontanée des habitants est loin d'être acquise (plusieurs secteurs dont «Pedregal», «San Agustin», «Caspi/Santa Ana» ou «Laigua»). L'approche des ces secteurs devra donc se faire de manière appropriée.

- Les habitants des secteurs représentant les types 8a et 8b sont les plus vulnérables sur le plan des facteurs cognitifs: faible conscience des risques et méconnaissance des moyens de protection. La phase de sensibilisation aux risques potentiels, à travers des campagnes locales d'information, doit donc être beaucoup plus poussée que dans les cas précédents. Ce n'est que dans un deuxième temps que des exercices de simulation pourront être réalisés. En ce qui concerne la collaboration des populations, elle peut être d'avance considérée comme acquise dans les secteurs péri-urbains de la province du Pichincha («Cumbaya», Conocoto, ceux de San Rafael, etc.) ou proches de Latacunga le long de la Panaméricaine («Guaytacama», «Calera») dans lesquels le crédit confiance est élevé. Elle sera en revanche beaucoup plus problématique dans d'autres (notamment les secteurs «San Juan/Salache», «Argentina/Culva» ou «Quebrada Barrancas») sans l'approche que nous avons recommandée pour Rumipamba.

II.2. Une préparation fondée sur de solides bases locales

L'ensemble des observations que nous avons pu formuler jusqu'à présent convergent vers une même idée: le besoin d'engager des actions de préparation qui soient fondées sur de solides bases locales. La population n'a pas été touchée, si ce n'est que très ponctuellement, par le déploiement d'efforts des responsables nationaux de protection civile. A une approche trop centralisée de la prévention est venue se greffer la défaillance des autorités provinciales. Nous avons également noté localement l'importance de la confiance et de la crédibilité vis-à-vis de toute initiative qui provient de personnes ou d'institutions extérieures que l'on n'a pas l'habitude de cotoyer, et la nécessité de s'appuyer, pour la prévention, sur les personnes influentes de chaque secteur qui d'une manière ou d'une autre joueront un rôle important, si ce n'est décisif, en situation réelle.

Fonder une préparation sur de solides bases locales ne signifie évidemment pas une autonomie locale complète mais un travail en commun, chacun, représentant l'intérieur

ou l'extérieur d'une collectivité donnée, apportant sa compétence et sa crédibilité. Les populations menacées ne s'y trompent d'ailleurs pas. Elle savent que l'extérieur a beaucoup à apporter durant la phase de préparation mais elles considèrent également qu'au fur et à mesure que le danger se précise, la situation doit être prise en main sur place avant tout.

La figure 60 constitue une synthèse des réponses données aux quatre questions suivantes:

- «Durant la période de repos actuelle du Cotopaxi, qui devrait s'occuper d'une préparation destinée à éviter une catastrophe dans le futur?»

- «Supposons que vous voyiez de la fumée sortir du volcan, que vous sentiez de petits séismes ou que vous entendiez des bruits souterrains. A quelles personnes, quels organismes ou quels moyens auriez-vous recours afin de vous informer sur ce qu'il se passe ou sur ce qu'il pourrait se produire?»

- «En cas de menace imminente, qui devrait vous avertir?»

- La dernière question que nous avons déjà utilisée (2^e partie, chap. IV, II.3.1.), concerne la confiance dans la vie quotidienne («De manière générale, quels sont les personnes, organismes ou institutions en qui vous avez le plus confiance?»).

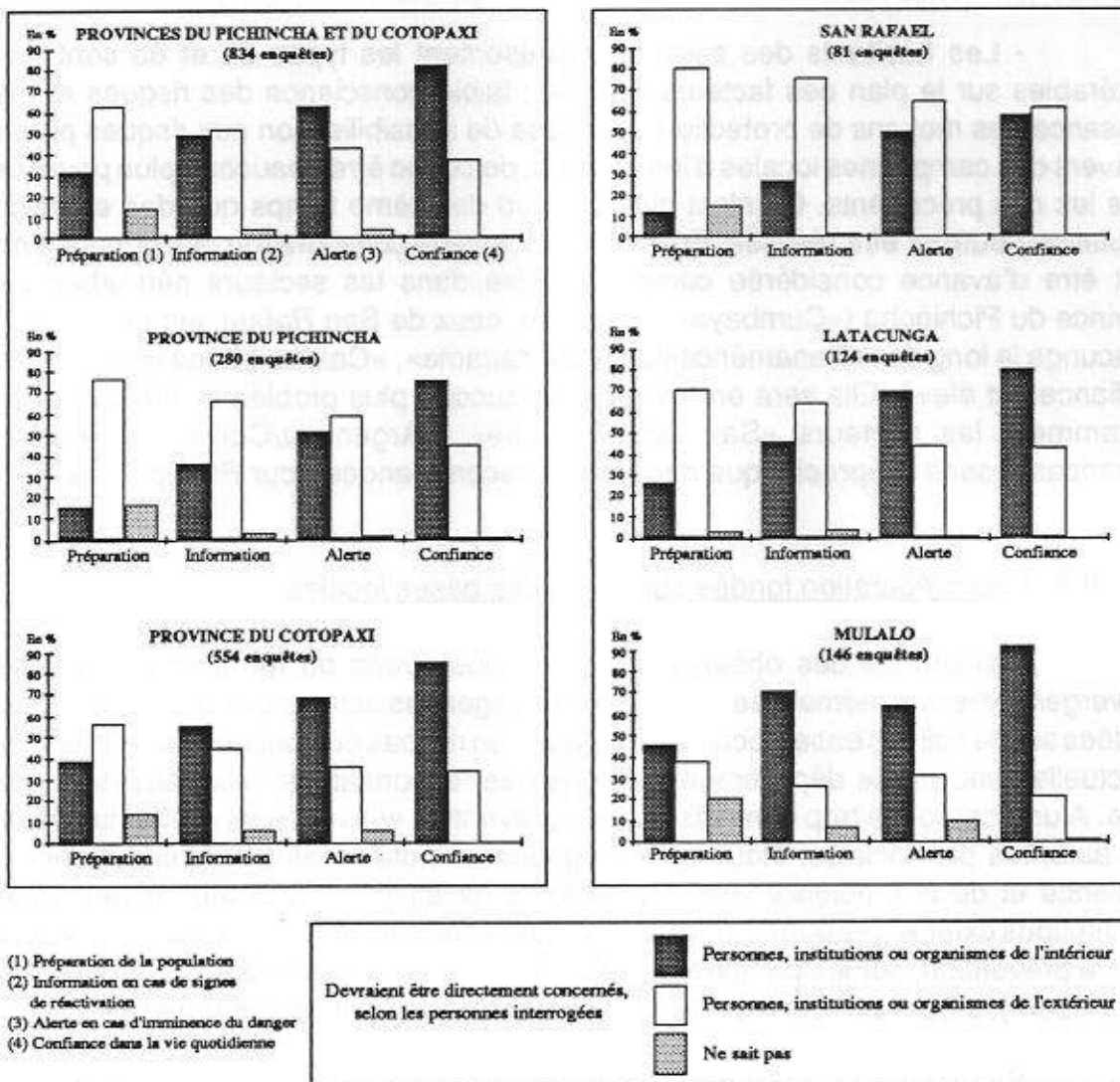
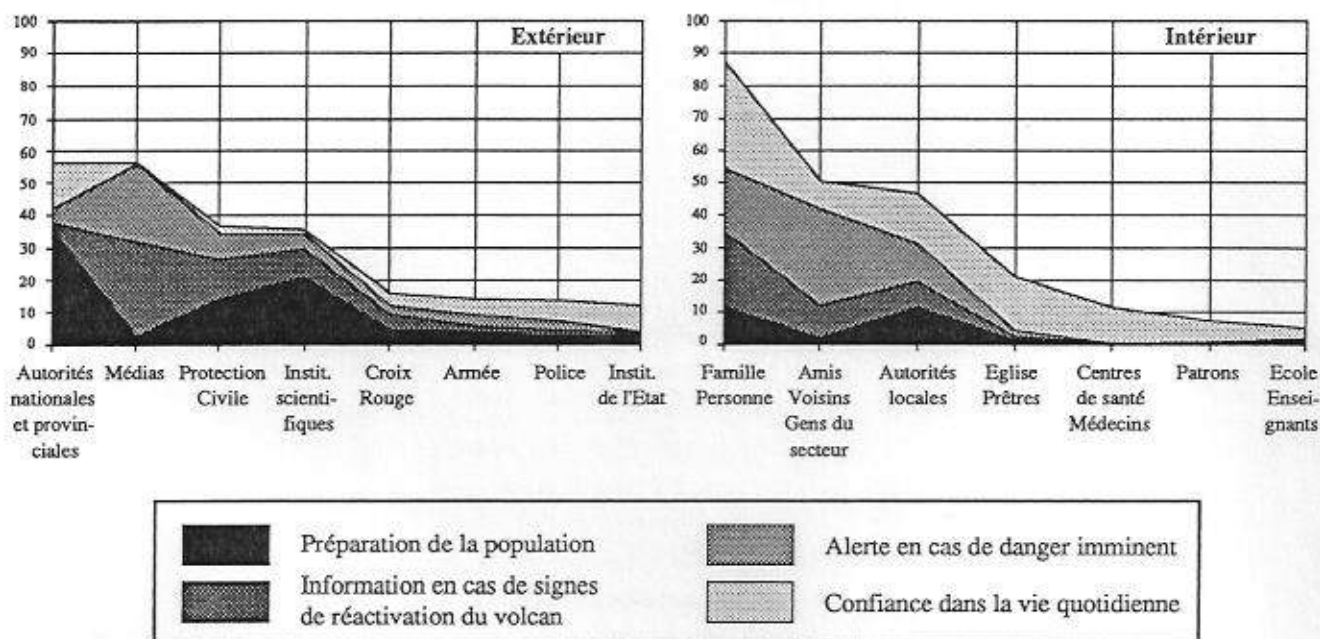


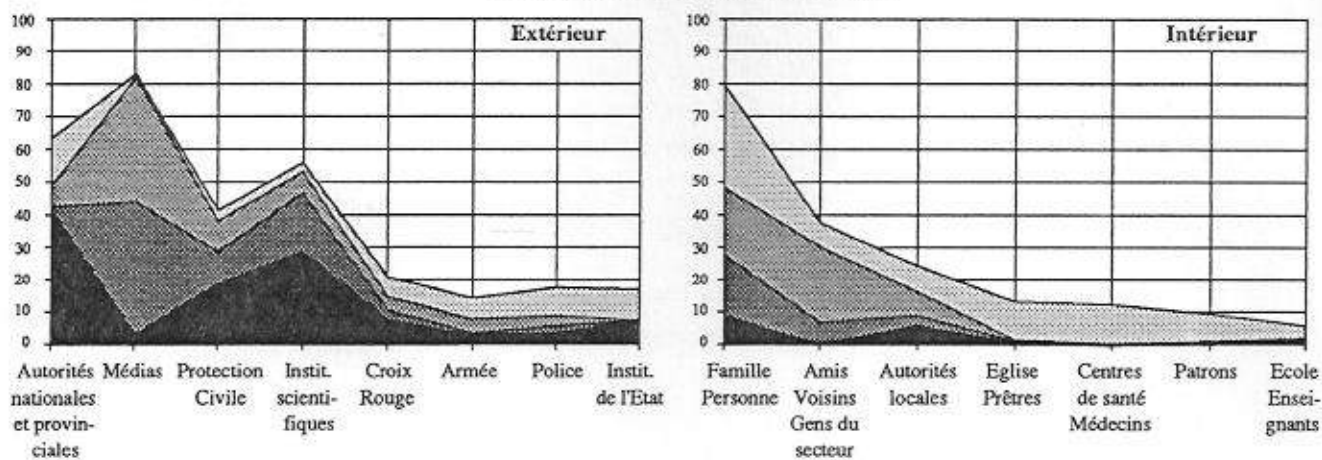
Fig. 60 - Place de l'«intérieur» et de l'«extérieur» dans le cadre d'une intervention liée au volcan Cotopaxi et dans le domaine de la confiance (secteurs à risque élevé et très élevé)

Fig. 61 - Personnes, organismes ou institutions devant, selon la population, intervenir dans le cadre d'actions liées au Cotopaxi et en lesquels la population porte sa confiance (zone d'enquête: secteurs à risque élevé et très élevé)

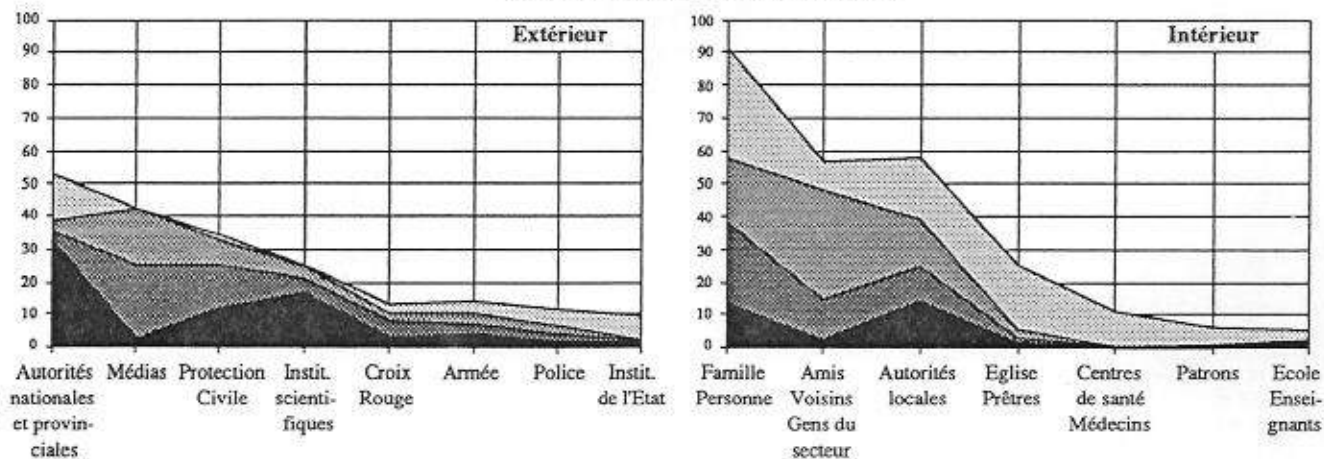
PROVINCES DU PICHINCHA ET DU COTOPAXI (834 enquêtes)



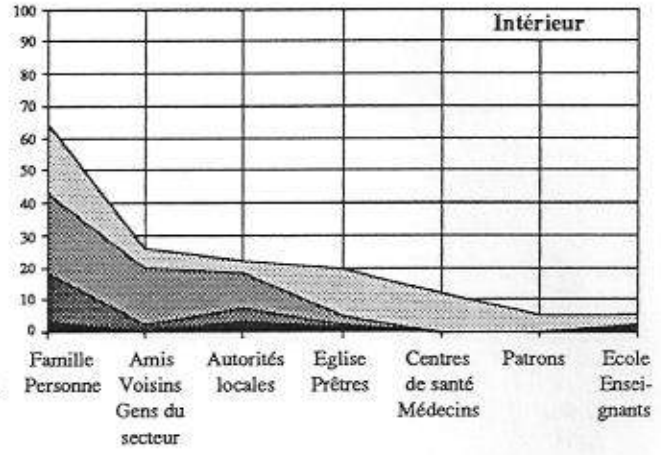
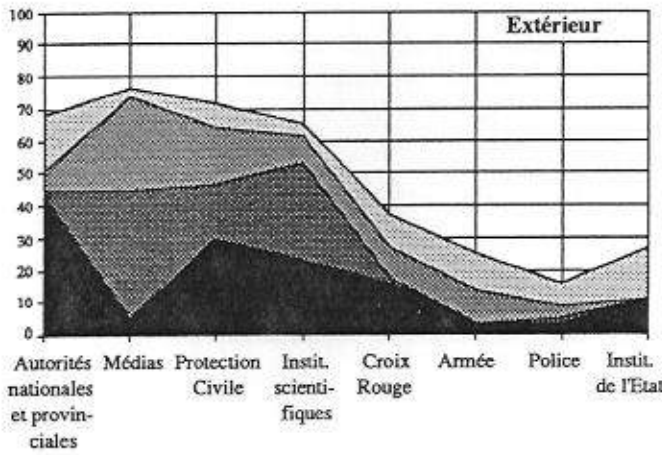
PROVINCE DU PICHINCHA (280 enquêtes)



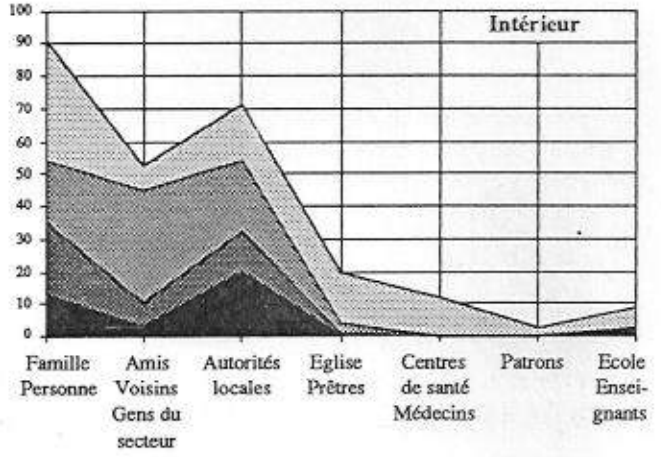
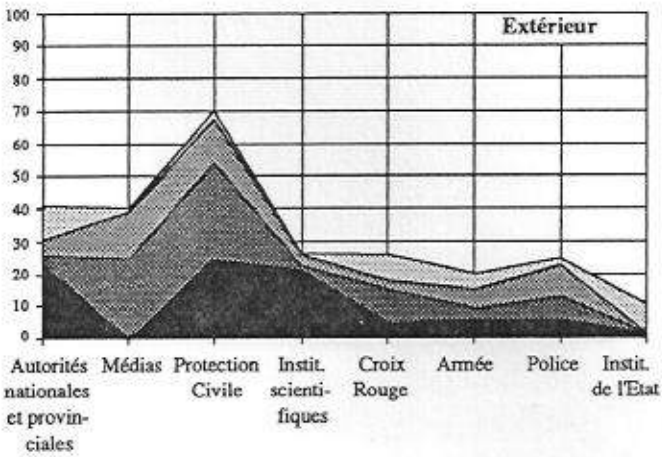
PROVINCE DU COTOPAXI (554 enquêtes)



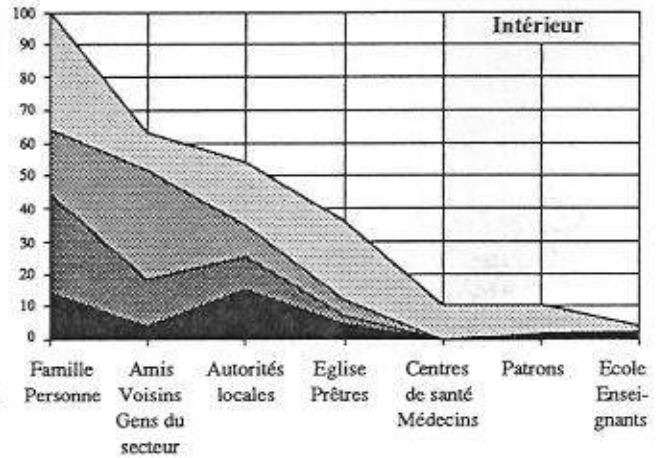
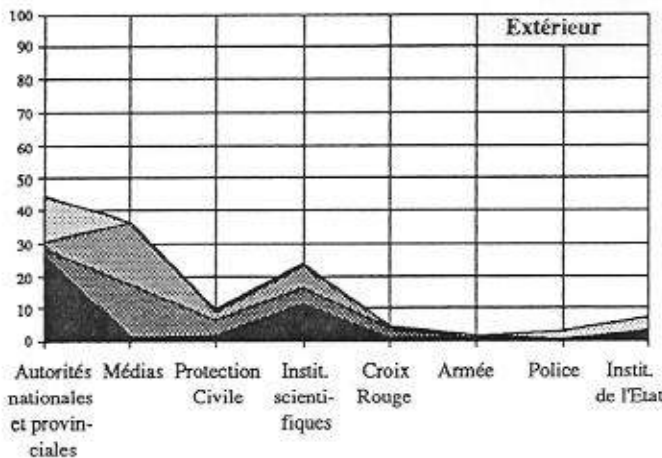
SAN RAFAEL (81 enquêtes)



LATACUNGA (124 enquêtes)



MULALO (146 enquêtes)



Ces quatre questions sont étroitement liées aux problèmes engendrés par le Cotopaxi et correspondent à autant de situations distinctes dans le temps: menace potentielle (repos du volcan), menace qui se précise (signes précurseurs d'une nouvelle période éruptive), menace imminente (alerte), menace imminente encore (confirmation des messages avant l'adoption éventuelle de mesures de protection, la question sur la confiance, indirecte, nous étant apparue comme la plus appropriée).

Il est clair que les personnes interrogées estiment que les réponses à donner à ces situations sont de plus en plus l'affaire de l'intérieur au fur et à mesure que la menace se précise. Globalement, le poids de l'intérieur est supérieur à celui de l'extérieur. Pour les raisons déjà analysées, ce poids est plus important dans la province du Cotopaxi que dans celle du Pichincha. Il est nettement supérieur dans certaines paroisses comme Mulalo que dans d'autres, plus rares, comme San Rafael, Latacunga présentant pour sa part, des caractéristiques intermédiaires (figure 60, mais aussi figure 61 particulièrement parlante sur le plan visuel et qui indique les personnes ou institutions les plus fréquemment citées; voir également la liste complète en annexe 10).

Une observation plus fine, permet cependant de tirer deux conclusions à notre avis essentielles. D'une part, l'intervention de l'extérieur (principalement les autorités politiques et administratives nationales et provinciales, les scientifiques et la Protection Civile) est largement souhaitée dans la phase de préparation des populations, même si dans quelques paroisses comme Mulalo on estime que cette phase est surtout l'affaire des familles, de l'entourage, des autorités locales, voire des prêtres. Il est clair qu'à ce niveau, pour la majorité des personnes, compétence ne se confond pas avec confiance et que celles-ci sont conscientes de leurs faiblesses et de celles de leurs responsables. Cependant, d'un autre côté, la confiance mais aussi les conditions pratiques reprennent le dessus dès qu'il s'agit d'information sur les premières manifestations du volcan et surtout lorsque l'on arrive à une situation de danger imminent. Il est donc indispensable d'allier confiance et compétence, ce qui suppose un travail collectif réunissant les intervenants de l'extérieur et les responsables locaux dès la phase de préparation.

La mise au point en commun des actions préventives destinées à la population, mais également celle des plans d'urgence dans le cadre de comités locaux de protection civile revitalisés, présenterait de nombreux avantages, parmi lesquels:

- La formation des responsables et «influents» locaux au fur et à mesure de l'élaboration des plans et d'une certaine manière, en retour, celle des intervenants extérieurs qui seraient plus à même de connaître les conditions locales et d'adapter leurs connaissances théoriques aux réalités du terrain. Comme l'indique Quarantelli, et nous sommes totalement en accord avec lui, «une planification réaliste sur les catastrophes naturelles suppose que les plans soient adaptés aux gens et non pas que les gens aient à s'adapter aux plans» (Quarantelli, 1980).

- La création d'un réseau de contacts utiles qui aurait pour résultat de développer des réflexes communs tout en limitant, en situation d'urgence, les risques d'incompréhensions voire de conflits.

- L'octroi d'une certaine autonomie locale, d'une faculté d'auto-protection, vitales si, quelles qu'en soient les raisons, une communauté donnée se trouvait partiellement ou pire, totalement isolée de l'extérieur en période de crise.

- La concrétisation d'une fonction de relai efficace entre les organismes extérieurs (nationaux ou provinciaux) et la population. Ce lien assuré par les responsables locaux est nécessaire aussi bien en cas d'urgence que dans le cadre d'activités préventives.

- La possibilité, enfin, de préparer efficacement la population et de développer l'indispensable réflexe utile à partir de campagnes d'informations et d'exercices de simulation qui ne seraient plus des opérations «parachutées» mais qui constitueraient la mise en pratique de mesures pensées et véhiculées par les responsables locaux et par là, plus facilement comprises et acceptées.

II.3. La recherche de méthodes de diffusion de l'information

La stratégie que nous proposons dans le but d'engager des actions efficaces de préparation des populations serait incomplète sans aborder le problème des méthodes de diffusion de l'information. Nous nous limiterons à des considérations d'ordre général car il s'agit là d'un des domaines pour lesquels un travail collectif, réunissant les scientifiques (couvrant les aspects physiques et humains), les responsables de protection civile, les responsables locaux et la population (par voie d'enquête si ce n'est directement), paraît le plus utile. Il s'agit en effet d'adapter aux différents publics, tout en éveillant l'intérêt et suscitant la participation de ces derniers, les réseaux de diffusion, les supports et la formulation des messages que l'on souhaite faire passer.

En ce qui concerne les réseaux de diffusion de l'information, l'école apparaît comme un instrument privilégié car elle permet, en raison d'un taux de scolarisation élevé, du moins dans le primaire, de toucher directement (les jeunes) et indirectement (leurs familles) un très large public. Nous avons par ailleurs noté le très faible apport de l'école dans le domaine de la connaissance des risques naturels, ce qui s'était traduit par une perception du risque particulièrement faible chez les plus jeunes éléments de notre échantillon d'enquête. Nous avons en revanche observé son efficacité potentielle, manifeste en de trop rares occasions seulement. Il est donc indispensable de promouvoir l'action de l'école dans le domaine de la prévention mais ce n'est pas le seul moyen à mettre en oeuvre.

Les groupements communautaires, les mouvements associatifs, les milieux familiaux peuvent également constituer d'excellents réseaux de diffusion de l'information. Selon les caractéristiques du lieu considéré ou les initiatives locales, les usines, les haciendas, les églises ou les maisons de quartiers constituent des lieux et des cadres propices pour atteindre de nombreuses personnes. Un particulier motivé peut également fournir ce cadre. Nous pensons notamment à un habitant de la paroisse de Rumipamba que nous avons rencontré durant notre campagne d'enquêtes. Celui-ci, moins pauvre et surtout disposant d'une maison plus grande et plus solide que les autres, avait pris l'initiative de réunir chez lui, pendant quelques jours, les personnes de son voisinage à la suite du séisme du 5 mars 1987. De plus, interrogée dans ce sens, cette personne qui jouit de la confiance de son entourage, s'est montrée totalement disposée à participer activement à des actions préventives concernant le Cotopaxi. Comme celle-ci, de nombreuses autres personnes rencontrées, notamment durant la campagne d'enquêtes menée auprès des responsables locaux, sont également prêtes à ouvrir leurs portes afin de contribuer à la préparation des populations: des prêtres, des chefs d'entreprises, des responsables d'établissements scolaires, d'associations, de centres de santé, etc. (voir une liste partielle en annexe 11).

Les supports possibles de l'information sont multiples et pour cette raison il est indispensable de rechercher ceux qui conviennent le mieux à une population donnée.

Ceux-ci peuvent être classiques, tels les canaux habituels d'information nationaux ou locaux. Même si tout le monde ne la possède pas, la radio est l'instrument-clé, celui qui touche et motive le plus de personnes. Quiconque aura vécu en Amérique Latine ou du moins lu un roman évoquant l'impact de la radio dans les pays latino-américains tel celui de Vargas Llosa «La Tía Julia y el escribidor», comprendra facilement. Une question posée à ce sujet durant la campagne d'enquêtes montre que les radios locales sont très écoutées («Oyambaro» de Tumbaco, «Canal 12» de Sangolqui, «Voz del Valle», «Orellana» de Machachi, «Radio Latacunga», «Nuevos Horizontes», «Novedades» de Latacunga, «Nuevos Exitos» de Salcedo, pour ne citer que les plus connues). La presse et à un moindre degré la télévision peuvent également constituer des supports valables pour l'information mais cela suppose réduire substantiellement le public que l'on veut atteindre. Parmi les supports classiques citons également le cinéma, populaire lorsqu'il en existe un (pourquoi ne pas imaginer un flash d'informations sur le Cotopaxi entre les deux films que l'on propose généralement?), les expositions (itinérantes ou permanentes, nous verrions bien, comme à Saint-Pierre de la Martinique, un musée ou mieux, un centre d'information sur le Cotopaxi à Latacunga à l'endroit où l'on a dernièrement dégagé les restes de la fabrique Villagomez détruite en 1877), les conférences qui ne touchent cependant qu'une population très ciblée ou encore les dépliants, les affiches ou les bandes dessinées.

D'autres moyens de divulgation de l'information, moins habituels mais au moins aussi efficaces, pourraient également être recherchés à travers les coutumes et les traditions locales. Nous pensons notamment aux représentations théâtrales ou encore aux représentations de marionnettes très prisées en Equateur. Nous pensons également aux conteurs qui pourraient utilement perpétuer une mémoire collective encore présente localement mais qui tend inexorablement à disparaître.

Des supports nouveaux pourraient également être testés comme par exemple des images tri-dimensionnelles dont disposeraient les habitants d'un quartier, d'un hameau, voire d'une maison isolée, représentant un paysage donné et indiquant les secteurs susceptibles d'être affectés, les lieux de refuge et les lieux pour y parvenir. Ces images traitées par ordinateur pourraient être réalisées à des échelles variables, orientées selon le point de vue souhaité. Elles seraient vraisemblablement de lecture plus facile pour le profane que des cartes ou des plans, aussi simples soient-ils.

Un essai partiel a été tenté avec Marc Souris (informaticien de l'ORSTOM) en digitalisant les courbes de niveau des cartes topographiques au 1/50 000^e couvrant seulement le volcan Cotopaxi et sa région immédiate (figure 62). Il s'agit essentiellement de donner une idée de ce qui pourrait être fait en travaillant à une échelle plus grande, en choisissant une orientation donnée et en incluant des informations sur les aléas potentiels et les moyens de les éviter.

Les supports de l'information, et nous n'avons fait qu'un tour d'horizon très incomplet, ne manquent pas, encore faudrait-il déterminer localement ceux qui sont les plus efficaces. Nous émettrons néanmoins quelques réserves concernant les moyens d'information à grande diffusion comme la radio ou la presse. Le risque est de transmettre, comme cela a été le cas jusqu'à présent, des informations trop générales qui contribuent à développer une certaine conscience générale du risque sans pour autant fournir de solutions aux problèmes individuels. Ces moyens d'information, à notre avis, doivent

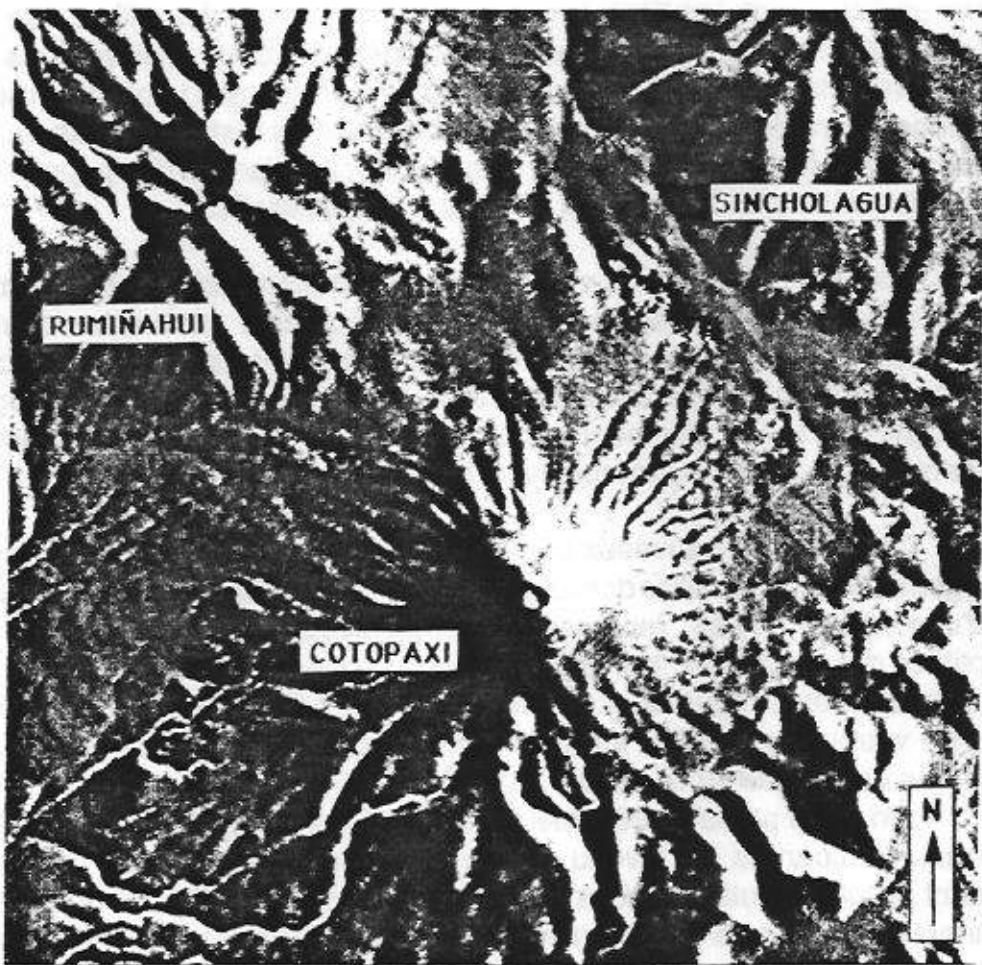
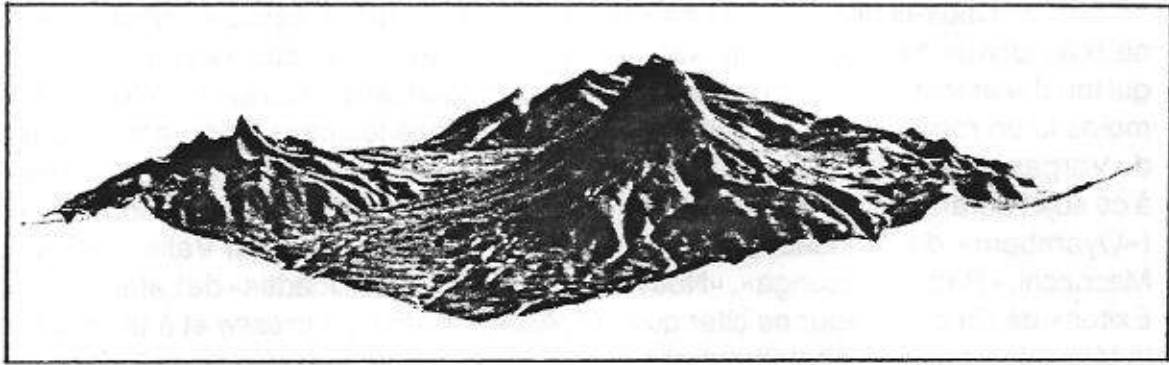


Fig. 62 -
Images tracées par ordinateur reconstituant le Cotopaxi et sa région immédiate
(réalisation M. Souris à partir de cartes topographiques au 1/50 000^e)

essentiellement servir d'appui à d'autres supports, et certains ont été indiqués, plus locaux et plus personnalisés, permettant l'intervention, voire la participation de ceux auxquels le message est adressé.

La préparation demeurera cependant incomplète tant que les connaissances acquises n'auront pas été mises en application à partir d'exercices de simulation et notamment d'évacuation qui, comme nous avons pu le souligner, doivent soigneusement être préparés localement en concertation avec les intervenants extérieurs. C'est lors de telles opérations que des insuffisances apparaissent ou que des erreurs sont commises et servent de leçon. C'est également en ces occasions que les populations peuvent vraiment acquérir les réflexes utiles. Ces exercices, réalisés avec des populations préparées sur le plan des connaissances comme sur le plan psychologique par les moyens d'information les plus adaptés, constituent en fait le support le plus efficace du message que l'on veut transmettre.

Outre les réseaux et les supports de l'information, l'accent doit être également placé sur la manière de la formuler. Le choix de la langue ou du dialecte utilisé peut être très important. Une radio locale comme «Radio Latacunga», créée en 1981, l'a bien compris. Orientée vers le monde paysan et les communautés indiennes, elle diffuse certaines de ses émissions en quichua, notamment celles qui ont trait au développement agricole (Herran Gomez, 1988). Il y a là une expérience de grand intérêt à retenir pour toute action concernant le Cotopaxi, à la fois pour les thèmes abordés et les méthodes employées et en raison du succès populaire de la radio. L'espagnol est une langue dans l'ensemble très pratiquée dans notre région d'étude, mais durant nos travaux de terrain nous avons souvent observé dans les campagnes les difficultés que certaines personnes avaient à s'exprimer dans cette langue. Il s'agit essentiellement des femmes, moins ouvertes sur l'extérieur que les hommes. Ce sont généralement les plus âgées, mais nombreuses sont les plus jeunes qui se trouvent dans le même cas, celles qui justement pourraient avoir à affronter seules, avec leurs enfants, une situation d'urgence.

Ce cas précis illustre la nécessité d'adapter la formulation des messages aux caractéristiques socio-culturelles des individus, mais outre le choix de la langue, il est nécessaire de réfléchir au choix du style, des mots utilisés. Un même discours ne sera pas compris de la même manière par tous selon le vocabulaire employé, la teneur en termes techniques et scientifiques dont on abuse bien souvent. Si l'information divulguée est de type visuel ou audio-visuel, l'attention devra alors se porter sur le choix des images, des illustrations complétant le discours.

Nous ne développerons pas davantage le nôtre sur ce sujet. Notre objectif était avant tout de fournir quelques orientations, quelques éléments de réflexion à partir de nos observations de terrain et de nos convictions. La stratégie ou plutôt les stratégies de communication permettant de préparer efficacement les populations à affronter une éventuelle situation d'urgence restent maintenant à bâtir sur place au sein de comités locaux. Si le chercheur spécialiste des sciences physiques ou des sciences humaines peut y trouver une place, il n'est plus que l'un des membres de ces groupes de réflexion et d'action dont l'existence dépend beaucoup moins de considérations économiques que de la transmission au niveau local d'une volonté politique qui s'est déjà manifestée au niveau national.

CONCLUSION GENERALE

Rappel des principaux résultats

En dépit de la jeunesse des recherches géologiques concernant l'histoire du Cotopaxi, mais grâce à une période historique, fertile en éruptions et relativement bien connue avec les témoignages des anciens, les caractéristiques probables d'une prochaine éruption du volcan ont pu être déterminées. Tout en étant conscient que la lignée éruptive propre au Cotopaxi est mal connue et que des événements extrêmement violents survenus durant la période préhistorique pourraient se reproduire, c'est avant tout sur la base des grandes éruptions historiques que nous avons fondé notre étude. En raison de la fréquence des périodes éruptives (cinq ou six en 460 ans), et d'une absence d'activité depuis près de 80 ans, il est fort possible que le volcan se manifeste de nouveau dans les dizaines d'années à venir. Selon les éruptions historiques, notamment celle du 26 juin 1877, il est clair que le danger provient surtout des lahars, aléas éminemment destructeurs tout en portant le danger suffisamment loin de sa source pour inquiéter des populations qui pourraient se croire à l'abri compte tenu de la distance.

Près de 300 000 personnes sont menacées par le Cotopaxi dont plus de la moitié par les lahars et les ondes de crue associées. 30 000 d'entre elles vivent dans les secteurs qui furent dévastés par les lahars de 1877. L'expansion démographique, le besoin de terres, en particulier pour le développement de la capitale, font que ces chiffres s'accroissent très rapidement. Des terres dangereuses laissées vierges ou destinées à la culture jusqu'à ces dernières années, sont aujourd'hui colonisées. C'est le cas de la périphérie de villes comme Latacunga et Salcedo dans la province du Cotopaxi, et plus généralement du bassin de Tumbaco et du Valle de Los Chillos dans la province du Pichincha.

Malgré un système de surveillance du volcan qui commence à s'étoffer, il n'existe aucun type de protection technologique de la population et les réglementations destinées à orienter l'occupation du sol font défaut ou ne sont pas respectées. Dans l'hypothèse d'une éruption du Cotopaxi, la sauvegarde des populations dépend donc de la capacité des hommes, depuis les autorités centrales jusqu'à ceux dont la vie est en jeu, à affronter une situation d'urgence. L'évacuation préventive ou l'évacuation d'urgence, qui constituent les mesures les plus draconiennes qui soient, devront être envisagées pour les personnes les plus exposées.

Or il s'agit là de solutions techniques que les réalités sociales, faute d'une bonne connaissance de la population et d'une préparation adaptée de cette dernière, peuvent rendre inopérantes. A l'appui des données fournies par une longue campagne d'enquêtes, nous avons donc tenté d'identifier et d'analyser les facteurs de comportement des personnes menacées, et par là, les facteurs de vulnérabilité.

La perception du risque personnel, faible en valeur absolue, est relativement élevée localement, surtout dans la province du Cotopaxi, compte tenu du manque d'expérience d'une éruption du volcan. Cela tient principalement à l'existence d'une mémoire collective encore vivace dans les régions qui furent affectées durant les siècles précédents. Les médias, s'ils laissent supposer que le Cotopaxi peut entrer prochainement en éruption, s'expriment en des termes trop généraux pour susciter une véritable conscience du risque surtout dans les secteurs en pleine expansion où la mémoire collective n'existe pas. L'information locale divulguée par les organismes de protection civile ou l'école est beaucoup plus efficace mais en même temps beaucoup plus rare.

Par rapport aux autres catégories sociales, la perception du risque est apparue sensiblement plus élevée dans le monde paysan plus proche de la terre et dans lequel la tradition orale est la plus active, ainsi que dans les catégories sociales les plus élevées, plus instruites et par là, plus à même d'interpréter pour leur propre compte, les informations générales, fragmentées ou contradictoires qui circulent sur le Cotopaxi.

Outre la source d'information sur le Cotopaxi, la perception du risque est étroitement liée à des variables de localisation. Elle diminue notamment avec la distance et lorsque des obstacles naturels masquent habituellement le volcan à la vue.

L'ignorance des moyens de protection est quasi générale sauf dans certaines communautés paysannes et lorsque les conditions topographiques rendent aisées le choix d'un lieu de refuge facilement accessible. Cela indique l'inefficacité de l'ensemble des sources d'information sur le Cotopaxi, même de la mémoire collective, utile pour maintenir la perception du risque à un niveau relativement élevé, insuffisante pour transmettre de véritables solutions locales.

Malgré une importante déperdition, la connaissance des moyens de protection demeure assez fortement liée à la perception du risque mais la plupart des variables qui influaient sur cette dernière, comme la distance au volcan, exercent un rôle moindre. En revanche d'autres phénomènes sont apparus comme l'idée que l'on se fait de la nécessité absolue de s'éloigner d'un volcan en éruption, l'idée du caractère protecteur de la capitale ou de certains sanctuaires locaux. En cas de situation d'urgence, ces préjugés peuvent rendre aléatoires et dangereux les déplacements des personnes cherchant une zone de refuge inadaptée à leur situation. Cela ne concerne pas uniquement celles qui sont installées dans les secteurs les plus exposés mais également celles qui, vivant dans des secteurs abrités, peuvent commettre de graves erreurs en se déplaçant inutilement.

En dépit d'une conscience du risque suffisante et d'une bonne connaissance des moyens de protection, des facteurs que nous avons qualifiés de «contraignants» peuvent constituer des entraves à l'adoption de mesures de protection, spécialement lorsqu'il s'agit d'évacuer.

Sur le plan technique et logistique, selon les conditions actuelles, nous avons noté les problèmes inévitables que rencontreraient les populations de certains secteurs en raison de voies d'évacuation sûres difficiles à identifier, rares et parfois inexistantes ou de problèmes de congestion liés à une concentration de véhicules au passage obligatoire de certains ponts. Par ailleurs, dans l'hypothèse de la divulgation de messages d'alerte, de nombreuses personnes seraient difficilement accessibles que ce soit par radio ou par contact personnel direct.

Les facteurs contraignants sont également d'ordre social. Il s'agit notamment de l'incertitude économique et matérielle qui attend celui qui accepte d'évacuer ou encore de la réticence à abandonner ce que l'on possède, davantage par crainte de tout perdre par manque de soins et d'entretien ou par manque à gagner (commerçants, agriculteurs, éleveurs) que par crainte des vols, surtout dans les campagnes. Interviennent également l'attachement moral au peu de biens que possèdent les moins favorisés et dans certains cas la crainte de l'expropriation. Le fatalisme existe aussi mais il passe généralement au second plan par rapport aux aspects purement matériels.

Le facteur confiance, enfin, peut jouer un rôle extrêmement important si des messages d'alerte officiels étaient lancés. La confiance des individus vis-à-vis des autorités extérieures aux collectivités dans lesquelles ils vivent est très variable selon le lieu et les catégories sociales. Relativement élevée dans les villes et les milieux péri-urbains, elle est à l'opposé particulièrement faible dans les communautés paysannes isolées géographiquement et socialement.

Les facteurs contraignants ne pèsent pas uniquement sur les plus démunis ou sur certaines catégories professionnelles, mais également sur ceux qui ont difficilement franchi un cran dans l'échelle sociale et qui auraient beaucoup à perdre dans une catastrophe. Ils touchent également les plus âgés et, quel que soit le niveau socio-économique, les familles nombreuses. En raison des caractéristiques de sa population, ils concernent davantage la province du Cotopaxi, moins vulnérable pourtant sur le plan des facteurs cognitifs, que la province du Pichincha dont le niveau socio-économique est supérieur de même que le crédit confiance vis-à-vis des autorités centrales.

Pour les groupes humains et les lieux, finalement nombreux, où ils ont été identifiés, la faible perception du risque, l'ignorance des moyens de protection et les facteurs contraignants d'ordre technique ou social constituent des agents indéniables de vulnérabilité. Chacun de ces facteurs peut exercer un rôle décisif sur les comportements en cas d'urgence mais, contrairement à la plupart des études sur cette question, pour l'essentiel réalisées dans les pays développés, mettant d'emblée l'accent sur un seuil de perception du risque condition *sine qua non* de toute action, les facteurs contraignants d'ordre social se situent au premier plan dans notre région d'étude. Ce n'est que dans un deuxième temps qu'interviennent la perception du risque et la connaissance des moyens de protection. Il s'agit là d'un point très important à considérer dès lors que l'on veut déterminer des niveaux et des types de vulnérabilité et dans la perspective d'actions de préparation adaptées à la population.

Des niveaux de vulnérabilité ont été définis en fonction de la composante physique du risque mais il s'agissait au moins autant de reconnaître les lieux les plus sensibles, que de savoir qui était plus vulnérable et surtout, de savoir ce en quoi on l'était. A l'intérieur des secteurs les plus menacés, la composante humaine qui englobe les facteurs cognitifs et contraignants d'ordre social a ainsi permis de distinguer quatre grands types de vulnérabilité:

- le type urbain, le moins prononcé, toutes proportions gardées;
- le type péri-urbain caractérisé par une faible perception du risque et l'ignorance des moyens de protection mais en contrepartie par la faiblesse des facteurs contraignants d'ordre social;
- le type rural à forte mémoire collective dont les contraintes économiques et sociales, surtout, font la faiblesse;
- le type rural à faible mémoire collective qui allie l'ensemble des facteurs cognitifs et sociaux de vulnérabilité.

Il s'agit cependant là de types génériques recouvrant des réalités sociales et locales plus précises que nous avons essayé de mettre en évidence. La carte intégrée des facteurs de vulnérabilité, notamment, permet de réaliser des diagnostics à l'échelle des unités territoriales de base prises en compte dans l'étude et susceptibles de constituer autant d'unités préventives dans le cadre de planifications et d'actions locales. Compte tenu de ces diagnostics, des orientations ont été formulées en vue d'une préparation des populations adaptée aux niveaux et aux types de vulnérabilité.

A des degrés divers, et selon des modalités différentes, la population exposée au Cotopaxi apparaît comme extrêmement vulnérable et globalement incapable d'affronter une situation d'urgence et de limiter au mieux les conséquences d'une catastrophe. Pourtant les autorités équatoriennes, et plus particulièrement la Protection Civile Nationale, n'ont pas ménagé leurs efforts depuis 1987. Ces efforts ont cependant davantage servi aux autorités centrales qu'aux populations menacées en raison principalement de la faiblesse du maillon régional qui est sensé servir de relai entre l'échelon national et l'échelon local. Les raisons politiques, les préoccupations jugées plus urgentes, la forte mobilité des responsables régionaux font que le message ne passe pas de cette manière. Il ne passe que très partiellement lorsque les autorités centrales s'adressent directement aux populations par voie de médias ou grâce à quelques exercices de simulation méritoires mais qui n'ont touché qu'un public restreint. Il paraît donc indispensable de fonder la préparation de la population sur de solides bases locales, en s'appuyant, notamment dans les secteurs les plus méfiants vis-à-vis de l'extérieur, sur les responsables et «influents» locaux en contact direct et permanent avec le public que l'on souhaite atteindre.

En l'état actuel des choses, l'incertitude demeure quant à la possibilité de gérer convenablement une situation de crise ou en d'autres termes quant à la possibilité de réduire le nombre de victimes d'une catastrophe jusqu'à un seuil incompressible, variable selon la nature, l'ampleur et les modalités d'apparition de l'aléa et fonction de facteurs conjoncturels non prévisibles. Les autorités équatoriennes disposent pourtant de nombreux atouts: leur volonté, leurs connaissances, leur travail et peut-être surtout, celui d'avoir eu sous leurs yeux le drame colombien, mais leur entreprise doit être menée à terme pour avoir les effets escomptés.

En réponse aux questions que nous avons soulevées dès le début de ce mémoire, il est clair que le risque dit naturel est devenu inacceptable en Equateur et que l'action préventive est considérée comme étant au moins aussi importante que l'action d'urgence consécutive à une catastrophe. Au moment où nous écrivons ces lignes, nous est parvenue une publication de l'UNDRO qui confirme notre appréciation en faisant état des initiatives équatoriennes en matière de réduction des risques volcaniques, sismiques, de tsunamis et d'inondations (UNDRO, 1991). Ses conclusions sont très loin des mises en garde exprimées par ce même organisme dix ans auparavant (UNDRO, 1981; cf. 2^e partie, chap. I., I.2.) et permettent de mesurer le chemin franchi en relativement peu de temps.

L'exemple de l'Equateur montre que les barrières du sous-développement peuvent être franchies dès lors qu'un Etat réussit à formuler politiquement et pratiquement ce qui peut paraître comme une inquiétude abstraite tant qu'une catastrophe ne s'est pas produite. Ceci dit, malgré les conclusions de l'UNDRO, nos propres observations concernant les risques liés au Cotopaxi suggèrent la prudence. Les entreprises engagées sont encore trop partielles et sont fondées sur un contexte plutôt favorable sur le plan politique et social, en particulier par rapport aux pays voisins, sur le plan des motivations des responsables actuellement en place, sur celui de la sensibilisation encore récente liée à la catastrophe colombienne de 1985 et au séisme de 1987. Ce contexte est fragile et l'un des principaux facteurs de risque réside dans la satisfaction de ce qui a déjà été accompli et l'oubli des expériences passées.

Limites et portée de l'étude

Dès lors que nos recherches s'engageaient dans un domaine relativement peu parcouru, l'un des objectifs de notre étude était au moins autant de tirer des conclusions d'un cas précis que de soulever des questions utiles à une meilleure compréhension de la vulnérabilité humaine vis-à-vis des catastrophes naturelles.

Notre contribution n'est en fin de compte qu'une parcelle de ce que pourrait être l'approche globale du risque dans une région donnée. Nous nous sommes limités au risque volcanique et encore avons-nous principalement tenu compte des aléas les plus dangereux tout en présentant une forte probabilité d'occurrence. Nous avons volontairement mis sous silence ce qui touche à la vulnérabilité du patrimoine ou des activités humaines pour nous consacrer à ce qui nous a paru le plus utile et le plus urgent, la vulnérabilité de populations de plus en plus nombreuses à vivre sous la menace du Cotopaxi. Cette étude de vulnérabilité a été menée de manière à fournir des éléments plus directement utiles à une préparation adaptée de la population qu'à ce qui touche l'orientation de l'occupation du sol et la protection technologique. Les facteurs de vulnérabilité, enfin, ont davantage été recherchés à l'intérieur des collectivités qu'à l'extérieur. Malgré tout, notre sensation est de n'avoir fait qu'un tour partiel d'une question pourtant limitée par ces choix préalables. De plus, des améliorations peuvent et doivent être apportées dans un domaine méthodologique que nous avons essayé d'explorer selon des techniques plus ou moins empiriques, plus ou moins complexes.

Nos principaux apports dans ce domaine concernent l'évaluation des populations menacées, l'enquête et son exploitation, en particulier la création de variables synthétiques comme le degré de perception du risque personnel, l'utilisation de techniques statistiques classiques ou moins courantes comme l'analyse factorielle, la réalisation de documents cartographiques s'appuyant sur la carte des menaces potentielles du Cotopaxi déjà utilisée par les autorités équatoriennes. Mais, à notre avis, l'apport le plus important réside dans une approche, qui en dépit des limitations liées aux choix thématiques préalables, se veut globale. L'ensemble des facteurs que nous avons identifiés et qui concourent à la vulnérabilité des populations ont pu être intégrés dans des documents directement utilisables par les planificateurs, montrant qu'il existe non seulement des niveaux de vulnérabilité liés à la seule composante physique du risque mais également, dans une même zone de risque, des types distincts de vulnérabilité associés au fait humain et aux conditions locales.

La plupart des techniques que nous avons utilisées peuvent être perfectionnées mais notre principal regret est peut-être, en raison d'un temps et de moyens limités, de n'avoir pas pu travailler à une échelle plus grande. La carte intégrée des facteurs de vulnérabilité aurait pu présenter davantage de précision et fournir plus de renseignements, en particulier en ce qui concerne les lieux de refuge et les voies d'évacuation ou encore les types de vulnérabilité. Mais il s'agit là d'un premier jalon méthodologique qui pourrait conduire ultérieurement, en Equateur ou ailleurs, dans le cadre d'une équipe multidisciplinaire, à l'élaboration de cartes à des échelles variables selon les besoins d'une planification nationale, régionale ou locale, intégrant l'ensemble des composantes physiques, techniques et sociales du risque.

Les pistes de recherche que suscitent notre étude sont nombreuses.

Ponctuellement, il s'agit par exemple du problème de la relation entre le niveau socio-économique et la confiance. Ce sont là deux variables de poids dans les prises de décision des individus qui peuvent aussi bien jouer dans le même sens qu'exercer des effets contraires. Le schéma faible niveau socio-économique/ faible confiance vis-à-vis des autorités extérieures à une collectivité donnée ou réciproquement, fonctionne souvent mais ce n'est pas une règle générale. Comment expliquer les écarts à la règle, surtout dans un pays en voie de développement? Est-il possible en se penchant de plus près sur la question de la confiance et sur la manière de la rendre opérante, lorsqu'il s'agit de confiance vis-à-vis de personnes ou d'institutions appelées à jouer un rôle décisif alors que le danger est imminent, de contrebalancer les effets négatifs d'un faible niveau socio-économique? Nous n'avons pu fournir que quelques éléments de réponses à ces questions qui mériteraient certainement des études spécifiques.

Il est d'autre part généralement admis que les populations les plus démunies sont sensées poser le plus de problèmes lorsqu'un ordre d'évacuation est donné. Outre l'existence de catégories socio-professionnelles particulières (les commerçants par exemple), nous avons effectivement senti l'existence d'un seuil en dessous duquel le comportement devient problématique, mais celui-ci est plus élevé dans la hiérarchie socio-économique que ce que l'on pourrait croire. L'existence d'un tel seuil ainsi que son niveau restent cependant à prouver et à déterminer.

Une autre question ponctuelle demeure en suspens, celle de la relation entre le sexe et les facteurs de comportement. Notre étude a souligné une différence assez nette

entre les hommes et les femmes, ces dernières paraissant plus sensibles aux risques, plus à même de collaborer avec les autorités en cas d'urgence, mais en même temps plus ignorantes des moyens de protection. Il nous semble très utile de développer les recherches sur ce thème pour mieux expliquer ce qui à travers la nature humaine ou le fait social peut entraîner des différences de comportement entre les sexes, mais aussi pour mieux comprendre, au sein d'une cellule familiale, l'influence mutuelle de l'homme et de la femme lors d'une situation de crise.

Très importante nous paraît aussi la question du temps comme facteur d'estimation du risque. Comment et pourquoi, à la suite d'une catastrophe, les responsables d'un pays passent-ils de l'état de forte sensibilisation à un risque donné à son oubli pur et simple les mois ou les années d'émotion passés? Comment perpétuer cet état de sensibilisation afin que l'action préventive puisse véritablement s'engager? Nous avons par ailleurs noté l'importance du temps de fonction des responsables provinciaux de notre domaine d'étude dans leur estimation du risque, indépendamment de la perception qu'ils pouvaient en avoir. Mais qu'en est-il des autres catégories de responsables ou de manière générale de tous ceux qui, depuis l'intérieur d'une zone à risque comme depuis l'extérieur, interviennent pour son développement? De quelle manière un volcan ou tout autre phénomène naturel qui ne se manifeste qu'une ou deux fois par siècle, peut-il influencer, en supposant que la conscience du risque soit élevée, les décisions du politique, du promoteur, de l'industriel, du commerçant ou de l'agriculteur, compte tenu du temps très variable de fonction ou d'amortissement des investissements? Le problème de l'«horizon temporel» (le «time horizon» de Warrick, 1979) comme facteur de vulnérabilité mérite également d'être exploré.

Plus généralement, il nous paraît nécessaire de multiplier les études de vulnérabilité humaine dans les pays en voie de développement qui de loin, souffrent le plus des catastrophes naturelles. En dépit de nombreux schémas communs de comportement avec les pays développés, les modèles de prise de décision des individus face aux incertitudes de la nature, essentiellement bâtis selon les expériences recueillies dans ces derniers, ne sont pas directement adaptables aux premiers en raison du poids du facteur socio-culturel. Comme l'indiquent les experts de l'UNDRO qui déplorent ce déséquilibre dans la recherche, «il faudrait disposer d'un modèle qui explique à la fois, pour des environnements de complexité différente, la sensibilisation aux risques et les comportements» (UNDRO, 1987).

Toujours dans la perspective de mieux cerner les comportements humains, la recherche sociale devrait être développée *à priori* dans les régions menacées non seulement pour rendre plus efficaces les travaux de planification, mais également afin de pouvoir utilement comparer les conclusions de la recherche préalable avec la réalité si une catastrophe venait à se produire. En effet, une étude comme celle que nous avons réalisée a permis de déceler les principaux facteurs de vulnérabilité d'une population donnée, susceptibles d'influencer les comportements lors d'une situation d'urgence et sur lesquels il est possible d'agir dans le cadre d'actions préventives, mais elle ne peut nullement prétendre avoir prévu ces comportements. Cela supposerait que les gens réagissent en situation réelle comme ils le déclarent en toute quiétude lors d'une enquête dont les réponses sont elles-mêmes interprétées par le chercheur. L'analyse du décalage existant entre la parole et l'acte constitue, selon nous, une piste de recherche de première importance.

Compte tenu de ces réserves, il peut être néanmoins utile, en se fondant sur les données de la recherche, sur la connaissance du terrain et des hommes, d'essayer de bâtir des scénarios de comportement des populations face à un événement donné. Il s'agit là d'une entreprise qui peut faire suite à des travaux tels que les nôtres. Cela n'était pas notre objectif. Nous avons cependant effectué une tentative dans ce sens à partir d'un secteur d'étude (annexe 12). Cet essai de simulation présente des défauts méthodologiques évidents mais il s'agissait avant tout d'ouvrir une autre piste de recherche.

Nous avons par ailleurs mis en évidence la difficulté de passer de la phase de recherche à la phase d'application qui conduit très souvent les responsables politiques et administratifs à se satisfaire des acquis scientifiques et à ne rien faire de particulier ou bien à s'engager dans des actions préventives partielles ou inadaptées aux conditions du terrain. Cet état de fait peut être en partie expliqué par le contexte économique et politique, mais cela tient surtout, à notre avis, à l'incapacité fréquente des responsables d'interpréter à des fins pratiques, les données de la recherche fondamentale. Une phase de recherche plus appliquée que les précédentes, permettant de choisir et de mettre au point les actions préventives les plus appropriées à une population ou un lieu donnés, s'impose donc. Des orientations pour une préparation adaptée à la population ont été proposées pour la région du Cotopaxi. Mais cela reste insuffisant et il est nécessaire, dans le cas équatorien comme dans tous les cas comparables, d'aller au delà en travaillant, éventuellement dans un premier temps à l'intérieur de secteurs pilotes, dans le cadre d'équipes multidisciplinaires comprenant non seulement les scientifiques mais également les responsables locaux. Quelques rares chercheurs se sont engagés dans ce domaine et ont mis au point des stratégies de communication destinées à des populations vivant sous une menace constante comme par exemple, en France, les populations du département des Bouches-du-Rhône exposées aux accidents technologiques majeurs (Lalo, 1989). Des initiatives de ce type doivent être multipliées, en particulier dans les pays en voie de développement.

Le type de travail que nous avons réalisé, son approche globale des facteurs de vulnérabilité, la méthodologie employée, peuvent enfin être appliqués ou adaptés à d'autres régions volcaniques mais aussi à d'autres types de risques, en Equateur ou dans d'autres pays.

La région du Pichincha, volcan de mieux en mieux connu, se prêterait bien à ce type d'étude et présenterait un intérêt d'autant plus grand qu'il s'agit d'une grande ville, en l'occurrence la capitale, qui est menacée. L'effectif de population et sa concentration, les problèmes particuliers qu'engendrerait l'évacuation ne serait-ce que d'une partie seulement de la population, la présence sur place du pouvoir politique et administratif ne constituent que quelques uns des aspects spécifiques d'une telle étude dont les conclusions pourraient utilement être comparées aux nôtres qui concernent plus particulièrement le monde des petites villes et le milieu rural.

D'autres types de risques peuvent être considérés selon la même optique comme les risques d'inondations ou les risques sismiques plus universels que les risques volcaniques. Dans le domaine des séismes, pour lesquels un projet d'étude concernant de nouveau l'Equateur a été présenté (Chatelain et al., 1991), l'approche globale des facteurs de vulnérabilité est certainement plus complexe que dans celui des éruptions volcaniques même si la recherche peut plus facilement s'appuyer sur des expériences vécues. Le risque est plus diffus et les zones menacées plus difficiles à cerner. Les effets indirects des

séismes (entre autres, mouvements de terrains, phénomènes de liquéfaction) peuvent être au moins aussi catastrophiques que les effets directs. Interviennent également la nature des sols et la qualité des constructions qui constituent des facteurs de vulnérabilité de premier ordre en raison de considérations purement physiques ou techniques mais peut être plus encore en raison des phénomènes sociaux sous-jacents.

Les domaines à explorer sont en définitive extrêmement nombreux lorsqu'il s'agit de comprendre la dynamique des situations porteuses de risque et de fournir des bases scientifiques ou plus simplement des bases de réflexion utiles aux travaux de planification préventive. Mais, selon cette optique, quels que soient l'aléa, la région ou le contexte social, l'étude des processus sociaux qui bien souvent apparaissent au premier plan à l'heure des comptes quand la catastrophe est survenue, ne peut être dissociée de celle des processus naturels. A travers notre expérience équatorienne, notre souhait était de montrer que le risque formait un tout et que les germes de vulnérabilité avaient des origines multiples, notamment au sein des populations menacées. C'est pourquoi, selon nous, c'est la méconnaissance ou l'incompréhension de ces populations qui peut constituer l'un des plus graves facteurs de risque.

BIBLIOGRAPHIE

ABRAMOVSKY C.,

1990 «Gestion et prévention des risques en Colombie. De la géopolitique du risque, à la culture de la prévention», Mémoire de Maîtrise Sciences et Techniques «Aménagement et développement économique, Institut de Géographie Alpine, Université Joseph Fourier Grenoble I, 144p.

ADVISORY COMMITTEE ON THE IDNHR (International Decade for Natural Hazard Reduction),
1987 **Confronting Natural Disasters: an International Decade for Natural Hazard Reduction**, National Academy Press, Washington, D.C., 60p.

AGUILAR G.A., OTTENWALDER F.A., PACHECO X.M.,

1980 «El turismo en Sangolquí», *Revista Geográfica*, N°13, IGM, Departamento Geográfico, p.68-122.

AGUILAR GARCIA M.L., FRANZINI E.O., LORENZINI H.N.,

1978 **El desarrollo industrial de Latacunga (área urbana)**, VI curso internacional, Geografía de la Producción, CEPEIGE, Quito, Ecuador, 86p.

ALLEGRE C.,

1987 **Les fureurs de la terre**, Editions Odile Jacob, Paris, 256p.

ALOP (Asociación Latinoamericana de Organizaciones de Promoción), CESA (Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas), CONADE (Consejo Nacional de Desarrollo), FAO (Food and Agriculture Organization), MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería), SEDRI (Secretaría de Desarrollo Rural Integral),

1981 **La situación campesina caracterizada en zonas**, Quito, 276p.

ALVARADO INDUNI G.E.,

1989 **Los volcanes de Costa Rica**, Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica, 180p.

AMINUL ISLAM M.,

1974 «Tropical cyclones: Coastal Bangladesh», in White G.F. (ed.), **Natural hazards: local, national, global**, Oxford University Press, New York, p.19-25.

BAILLY A.,

1984 «La géographie des représentations: espaces perçus et espaces vécus», in Bailly (coordinateur), **Les concepts de la géographie humaine**, Masson, Paris, p.133-138.

BAILLY A.,

1985 «Rapport introductif», Actes de la Table-Ronde, «Pratique et perception de l'espace, Pau (6,7,8 sept. 1984), Université de Pau et des Pays de l'Adour, p.11-15.

- BAILLY A., BEGUIN H.,
1990 **Introduction à la géographie humaine**, 2^e édition, Masson, Collection Géographie, Paris, 190p.
- BAKER E.J.,
1980 «Coping with hurricane evacuation difficulties», in Baker E.J. (editor), **Hurricanes and Costal Storms**, Florida Sea Grant College, p.13-17.
- BAKER E.J., PATTON D.J.,
1974 «Attitudes toward hurricane hazard on the Gulf Coast», in White G.F. (ed.), **Natural hazards: local, national, global**, Oxford University Press, New York, p.30-36.
- BARRIGA LOPEZ F.,
1973 **Monografía de la provincia de Cotopaxi**, 10 tomos, Editorial Primicias, Ambato, Ecuador, 1580p.
- BARRIGA LOPEZ F.,
1988 **Las erupciones del Cotopaxi**, IECE-Publicaciones-Serie documentos N°19, Quito, 40p.
- BARROWS H.H.,
1923 «Geography as human ecology», **Annals of the Association of American Geographers**, Vol.13, p.1-14.
- BARSKY O.,
1988 **La reforma agraria Ecuatoriana**, Biblioteca de Ciencias Sociales, Volumen 3, Corporación Editora Nacional, Quito, 414p.
- BATES F.L., FOGELMAN C.W., PARENTON V.J., PITTMAN R.H., TRACYN G.S.,
1963 **The sociological consequences of a natural disaster**, Washington D.C., Disaster Research Group Study N° 18.
- BLONG R.J.,
1984 **Volcanic hazards. A sourcebook on the effects of eruptions**, Academic Press, Australia, 426p.
- BURTON I., KATES R.W., SNEAD R.E.,
1969 «The human ecology of coastal flood hazard in Megalopolis», Research Paper N°115, Department of Geography, University of Chicago.
- BURTON I., KATES R.W., WHITE G.F.,
1978 **The environment as hazard**, Oxford University Press, New York, 240p.
- CARRION F.,
1986 **El proceso de urbanización en el Ecuador (del siglo XVIII al siglo XX): antología**, Centro de Investigaciones CIUDAD, Editorial El Conej, Quito, 302p.

CARROLL J.J., PARCO S.A.,

1966 **Social organization in a crisis situation: the Taal disaster**, Philippine Sociological Society, Manila.

CARRON J.M.,

1980 «La dinámica de población en la Sierra Ecuatoriana: los desplazamientos de población y su evolución reciente», in **Ecuador: cambios en el agro serrano**, FLACSO, CEPLAES, Quito, p.501-531.

CERESIS,

1990 **Riesgo volcánico: evaluación y mitigación en América Latina. Aspectos sociales, institucionales y científicos**, Centro Regional de Sismología para América del Sur, Lima, Perú.

CEVALLOS P.F.,

1886 **Resumen de la Historia del Ecuador** (3ª edición, 1972), 5 tomos, Ed. Tungurahua, Ambato.

CHATELAIN J.L., D'ERCOLE R., MAROCCO R., SEBRIER M.,

1991 "Etude du risque sismique en Equateur", projet de recherche faisant suite à une mission réalisée en Equateur en décembre 1990, 73p.

CHRETIEN S., BROUSSE R.,

1988 **La Montagne Pelée se réveille : comment se prépare une éruption cataclysmique**. Paris: Editions Boubée, 248p.

CIEZA de LEON P. de,

1553 **La crónica del Perú** (2ª edición, 1932), Espasa-Calpe, Madrid-Barcelona, 340p.

CLAVAL P.,

1984 «Histoire de la géographie», in Bailly (coordinateur), **Les concepts de la géographie humaine**, Masson, Paris, p.23-32.

COCHRANE H.C., HAAS J.E., BOWDEN M.J., KATES R.W.,

1974 «Social science perspectives on the coming San Francisco earthquake. Economic impact, prediction and reconstruction», **Working Paper**, N°25, University of Colorado, 84p.

COLLIN DELAVALD A. (sous la direction de),

1982 **Atlas del Ecuador**, collection «Atlas du Monde», Les Editions J.A., Paris, 80p.

COLTELLI M., DEL CARLO P., LEON O.,

1990 «Volcan Cotopaxi, Ecuador, Informe de trabajo de campo (2 Enero - 12 Febrero de 1990)», Informe inedito, INEMIN, Quito.

COMFORT L.K.,

1989 «La crisis como oportunidad: el diseño de redes de acción organizacional en ambientes de desastre», rapport remis au CATEC (Corporación de Apoyo a la Tecnología y la Comunicación), Quito, 32p.

CONADE, UNFPA,

1989 **Poblacion y cambios sociales: diagnóstico socio-demográfico del Ecuador**, Corporación Editora Nacional, Quito, 378p.

CONDAMINE C. M. de la,

1751 **Journal du voyage fait par ordre du Roi à l'Equateur, servant d'introduction historique à la mesure des trois premiers degrés du méridien**, Imprimerie Royale, Paris, 266p.

DEFENSA CIVIL DEL ECUADOR,

1988 **Ecuador, terremoto del 5 de marzo de 1987**, Dirección Nacional de Defensa Civil, Ediciones Culturales U.N.P.S.A, Quito, Ecuador, 58p.

DELAUNAY D.,

1985 **Demografía en el Ecuador: una bibliografía. Poblaciones de las parroquias, Ecuador 1950-1982**, CEDIG, Documentos de Investigación, Serie Demografía y Geografía de la Población, N°1 y 2, Quito, 70p.

DELER J.P.,

1987 **Ecuador: del espacio al Estado nacional**, Biblioteca de Geografía Ecuatoriana, Vol.2, Ediciones del Banco Central del Ecuador, Quito, 342p.

D'ERCOLE R.,

1986 «Les risques naturels potentiels liés aux lahars d'origine volcano-glaciaire, cas de la région du Cotopaxi (Equateur). Intérêt, objectifs et méthodologie d'un projet de recherche». Mémoire de DEA, Institut de Géographie Alpine, Grenoble, 118p.

D'ERCOLE R.,

1989 «La catástrofe del Nevado del Ruiz, ¿Una enseñanza para el Ecuador? El caso del Cotopaxi», **Estudios de Geografía**, vol.2: Riesgos naturales en Quito: lahares, aluviones y derrumbes del Pichincha y del Cotopaxi, Colegio de Geógrafos del Ecuador, Corporación Editora Nacional, Quito, p.5-32.

D'ERCOLE R., MONCAYO J.F.,

1991 ««Influents locaux» face à une situation d'urgence: une analyse selon l'hypothèse d'une éruption du volcan Cotopaxi (Equateur)», **Bull. Inst. Fr. Et. Andines** (sous presse).

DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA Y CENSOS

1952 **Resultados definitivos del Censo Nacional de Población de 1950**, Ed. Dir. Gral. de Estadística y Censos, Quito.

DRABEK T., BOGGS K.,

1968 «Families in disaster: reactions ans relatives», **Journal of Marriage and the Family**, 30 (August), p.443-451

DUBLY, A.,

1990 **Los poblados del Ecuador: estudio geográfico**, Biblioteca de Ciencias Sociales, Volumen 26, Corporación Editora Nacional, Quito, 404p.

EMAP,

1988 «Diseños definitivos para el proyecto Mica Tambo: evaluación de riesgos de glaciología, vulcanología y sismicidad», Consorcio Coyne et Bellier - ICA - CIC, Empresa Municipal de Agua Potable, Informe Inedito, Quito.

ESCHER G.G.,

1922 «On the hot «lahar» (mudflow) of the valley of Ten Thousand Smokes (Alaska)», *Proceedings Koninklijke Akademie van Wetenschappen*, Amsterdam, Vol.24., p.282-293.

FENELON J.P.,

1981 *L'analyse des données*, Lefonen, Paris, 310p.

FISKE R.S.,

1989 «A dialogue with Sakurajima volcano», Kagoshima International Conference on Volcanoes Proceedings, p.3-13.

FORTUNÉ, F.H.

1986 *Cyclones et autres cataclysmes aux Antilles*, Editions «La Masure», Fort de France, 118p.

FOURNIER D'ALBE E.M.,

1979 «Objectives of volcanic monitoring and prediction», *J. Geol. Soc. London*, 136, p.321-326.

FULTON A.,

1987 «The use of psychology in natural hazard research», in Fulton A., McCoshan A., Simpson J. (eds.), *The use of psychology in Geography: four perspectives*, London, Geography Discussion Papers, New Series, N°21, Graduate School of Geography, London Schools of Economics, p.64-77.

FUNDACION NATURA

1987 *Evaluación del impacto ambiental del sismo en la Amazonia*, Fundación Natura, Quito, 260p.

GARCIA FERRANDO,

1985 *Introducción a la estadística en sociología*, Alianza Universidad Textos, Alianza Editorial, Madrid, 496p.

GEIPEL R.,

1983 *The Friuli-Italy earthquakes of 1979*, Allen & Unwin, London.

GOER de HERVE A. de,

1985 *Le volcanisme, lexique*, Université de Clermont-Ferrand II, CRDP, Clermont-Ferrand, 70p.

GOMEZ N.,

1989 *Elementos de Geografía del Ecuador: el hombre y el medio*, Colección Imágenes de la Tierra N°1, Ediguías C. LTDA, Quito, 130p.

GREENE M.R., PERRY R.W., LINDELL M.K.,
1980 «The March, 1980 eruptions of Mt. St. Helens: citizen perceptions of volcano hazard», Battelle Human Affairs Research Centers, Seattle, 50p.

GROUPE CHADULE,
1987 **Initiation aux pratiques statistiques en géographie**, Masson, Collection Géographie, 2^e édition, 192p.

HALL M.L.,
1977 **El volcanismo en el Ecuador**, Publicación del IPGH, Sección Nacional del Ecuador, Quito, 120p.

HALL M.L.,
1987 «Peligros potenciales de las erupciones futuras del volcán Cotopaxi», **Politécnica**, volumen XII, N^o2, monografía de geología 5, Quito, Ecuador, p.41-80.

HALL M.L., VON HILLEBRANDT C.G.,
1988 «Mapa de los peligros volcánicos potenciales asociados con el volcán Cotopaxi, zona Norte y zona Sur», 1/50 000^o, proyecto UNDR0-USAID-EPN, Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

HANTKE G., PARODI A.,
1966 **Catalogue of the active volcanoes of the world, Part XIX: Catalogue of the active volcanoes and solfatara fields of Colombia, Ecuador and Peru**, Int. Assoc. Volc. Chem. Earth's Interior, Roma, Italy, 73p.

HEATHCOTE R.L., THOM B.G. (eds.),
1979 **Natural hazards in Australia**, Australian Academy of Science, Camberra, 532p.

HERRAN GOMEZ J.,
1988 «Radio Latacunga. Comunicación para el desarrollo», Diócesis de Latacunga, Boletín N^o21, diciembre, p.77-80.

HEWITT K.,
1983 «The idea of calamity in a technocratic age», Interpretation of calamity, Winchester, Mass.: Allen and Unwin Inc., p.3-32.

HODGE D., SHARP V., MARTS M.,
1979 «Contemporary responses to volcanism: cases studies from the Cascades and Hawaii», in Sheets P.D. and Grayson D.K. (eds.), **Volcanic activity and human ecology**, Academic Press, Inc., New York, p.221-248.

HRADECKA L., HRADECKY P., KRUTA M., LYSENKO V., MLCOCH B., PAULO A.,
1974 **La exploración geológica del volcán Cotopaxi en el Ecuador**, Instituto Geológico Central, Prague, Checoslovakia, 56p.

HULTAKER O.,
1981 «Housing patterns after a landslide», conférence présentée à Bled, Yougoslavie.

HUMBOLDT A. de,

1810 (édition 1989) **Vues des cordillères et monuments des peuples indigènes de l'Amérique**, Collection Memoria Americana dirigée par C. Minguet et A. Segala, Editions Erasme, Nanterre, 350 p.

IGLESIA DE CUELLO A.,

1980 «Estructura ocupacional de Sangolquí: principales actividades económicas», **Revista Geográfica**, N°12, IGM, Departamento Geográfico, p.51-119.

I.N.E.C. (Instituto Nacional de Estadística y Censos)

1964 **II. Censo de población, I. Censo de vivienda (1962)**, Resultados definitivos, Junta Nacional de Planificación, Oficina de Censos Nacionales, Quito.

I.N.E.C.

1976 **III. Censo de población, II. Censo de vivienda (1974)**, Resultados definitivos, Junta Nacional de Planificación, Oficina de Censos Nacionales, Quito.

I.N.E.C.

1982 Cartes des paroisses du secteur d'étude (environ 1/50 000^e) et plans des chef-lieux de paroisses (environ 1/5000^e) actualisés en septembre 1982 pour le recensement de novembre 1982.

I.N.E.C.

1985a **IV. Censo de población (1982)**, Resultados definitivos, Resumen Nacional, Provincias de Pichincha, Cotopaxi y Napo, Oficina de Censos Nacionales, Quito.

I.N.E.C.

1985b **III. Censo de vivienda (1982)**, Resultados definitivos, Resumen Nacional, Provincias de Pichincha, Cotopaxi y Napo, Oficina de Censos Nacionales, Quito.

INECEL,

1983 «Geovulcanología del complejo Chalupas-Cotopaxi, Informe de prefactibilidad del Proyecto Geotérmico Chalupas-Cotopaxi», Instituto Ecuatoriano de Electricidad, Informe Inedito, Quito.

I.P.G.H., ORSTOM, I.G.M.,

1987 **El espacio urbano en el Ecuador: red urbana, región y crecimiento**, Geografía Básica del Ecuador, tomo III: Geografía Urbana, Centro Ecuatoriano de Investigación Geográfica, Quito, Ecuador, 308p.

IRISH J.L., FALCONER B.,

1979 «Reaction to flood warning», in Heathcote R.L. et Thom B.G. (eds.), **Natural hazards in Australia**, Australian Academy of Science, Camberra, p.299-312.

ITTELSON W.H. (ed),

1973 **Environment and cognition**, Seminar Press, New York.

JACKSON E.L., MUKERJEE T.,

1974 «Human adjustment to the hearthquake hazard of San Francisco, California», in White G.F. (ed.), **Natural hazards: local, national, global**, Oxford University Press, New York, p.160-166.

JACKSON E.L., BURTON I.,

1980 «Mécanismes d'adaptation de l'homme aux risques sismiques», in UNESCO, **La protection contre le risque sismique**, UNESCO, Paris, p.259-280.

JOHNSON K., OLSON E.A., MANANDHAR S.,

1982 «Environment knowledge and response to natural hazards in mountainous Nepal», **Mountain Research and Development**, Vol.2, Nº 2, p.175-188.

JORDAN E., FERNANDEZ B., MOJICA J., BRIEVA J., COLMENARES F.,

1986 «Incidencia de factores glaciológicos en las erupciones catastróficas del volcan Nevado del Ruiz (Cordillera Central Colombiana) en noviembre de 1985», **Revista CIAF**, volumen 11, tomo I, Bogotá, Colombia, p.156-157.

JUAN J., ULLOA A. de,

1748 **Relación histórica del viaje a la America Meridional** (edición de 1978), 5 tomes, Fundación Universitaria Española, Madrid.

KADOMURA H., YAMAMOTO H., IMAGAWA T., RIVIERE A.,

1978 «Human response and adjustment to the 1977 eruption of Usu volcano, Hokkaido, Japan», **Environ. Sci.**, Hokkaido, 1, p.49-74.

KADOMURA H., YAMAMOTO H., IMAGAWA T., RIVIERE A.,

1981 «Environmental implications of the 1977-1978 Usu eruption», Symposium on the «Environments and man's control of them», Hiroshima, 27 sept.- 2 oct. 1981, Research and Sources Unit for Regional Geography, Special Publication Nº 14, p.207-224.

KAMO K.,

1989 «Volcanoes and society. Challenge of coexistence», Kagoshima International Conference on Volcanoes Proceedings, p.14-21.

KAPLAN S.,

1973 «Cognitive maps, human needs and the designed environment», in W.F.E. Preiser (ed.), **EDRA I**, Stroudsburg, Hutchinson & Ross.

KATES R.W.,

1962 «Hazard and choice perception in flood plain management», Research Paper Nº 78, Department of Geography, University of Chicago.

KATES R.W.,

1970 «Natural hazard in human ecological perspective: hypotheses and models», Natural Hazard Research Working Paper Nº 14, Department of Geography, University of Toronto, 32p.

KOLBERG J.,

1885 **Hacia el Ecuador (Nach Ecuador): relatos de viaje** (edición de 1977), Ediciones de la Universidad Católica, Quito, Ecuador, 210p.

KRAFFT M.,

1985 **Volcans et éruptions**, Le Temps de la Découverte, Hachette, Paris, 94p.

KRAFFT M., KRAFFT C.,

1987 **Volcans du monde**, L'Odysée, Flammarion, 192p.

LACHMAN R., BONK W.J.,

1960 «Behavior and beliefs during the recent volcanic eruption at Kapoho, Hawaii», *Science*, 131, p.1095-1096.

LALO A.,

1989 «L'information de la population», in Comité International Metropolis-Risques majeurs, *La gestion des risques majeurs, défis et enjeu pour les métropoles*, Actes des journées des 7 et 8 septembre 1989, Conseil Régional d'Ile-de-France, Paris, p.186-194.

LEIK R.K., CARTER T.M., CLARK J.P.,

1981 «Community response to natural hazards warnings», Minnesota, University of Minesota, p.72.

LEIK R.K., LEIK S.A., EKKER K., GIFFORD G.A.,

1982 **Under the threat of Mt. St. Helens: a study of chronic family stress**, Family Study Center, University of Minesota, Minneapolis, Minnesota.

LEVY-LEBOYER C.,

1980 **Psychologie et environnement**, PUF, Le psychologue, Paris, 216p.

Mac DONALD N.S.,

1979 «Hazard perception in northern New South Wales», in Heathcote R.L. et Thom B.G. (eds.), **Natural hazards in Australia**, Australian Academy of Science, Camberra, p.260-269.

MARTIN R.C., DAVIS J.F. (eds.),

1982 «Status of volcanic prediction and emergency response capabilities in volcanic hazard zones of California», *Proceedings of a workshop on volcanic hazards in California (December 3-4, 1981, Sacramento)*, Special Publication N°63, Division of Mines and Geology, California Department of Conservation, 276p.

MARTINEZ N.G.,

1932 **Exploraciones y estudios efectuados en el Cotopaxi**, Imprenta Nacional, Quito, 81p.

MASURE P., SABROUX J.C.,

1987 «Projet d'action de coopération Française en matière de prévention des risques géologiques, au Mexique, dans les pays d'Amérique Centrale et dans les pays Andins», rapport inédit, CIFEG, 116p.

MAURO A.,

1986 **Albañiles campesinos: migración temporal de los obreros de la construcción**, Centro de Investigaciones CIUDAD, Quito, Ecuador, 138p.

MEYER H.,

1907 **In den Hochanden von Ecuador**, D. Reimer-Ernst Vohsen, Vol.1, Berlin, 522p. (En espagnol, Anal. Univ. Centr., vol. LX, LXI, LXII, Quito).

MIKAMI S., MIZUNO H., HIROI O.,

1981 «Earthquake warning, rumor transmission, and «panic»: a case study on the response of individuals to aftershock warning», Institute of Journalism and communication studies, University of Tokyo, 25p.

MILLER C.D., MULLINEAUX D.R., HALL M.L.,

1978 «Reconnaissance map of potential volcanic hazards from Cotopaxi volcano, Ecuador», 1/100 000^o, U.S. Geol. Survey Misc. Invest. Series Map. I-1072.

MOATTI J.P., LEFAURE C.,

1983 «Les ambiguïtés de l'acceptable. Perception des risques et controverses sur les technologies», *Culture Technique*, N°11, septembre 1983.

MOJICA J., COLMENARES F., VILLARROEL C., MACIA C., MORENO M.,

1985 «Características del flujo de lodo ocurrido el 13 de Noviembre de 1985 en el valle de Armero (Tolima, Colombia). Historia y comentarios de los flujos de 1595 y 1845», *Geología Colombiana*, N° 14, Bogotá, p.107-140.

MONCAYO J.F., FLORES S.,

1988 «Movimientos catastróficos en el Ecuador», Departamento de Ciencias Históricas, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, 12p. et cartes.

MORENO YANEZ S.E.,

1981 **Pichincha: monografía histórica de la región nuclear ecuatoriana**, Consejo provincial de Pichincha, Quito, 566p.

MOTHES P.,

1988 «Riesgos laháricos del volcán Cotopaxi, Ecuador. Un inventario de la población e infraestructura en el Valle de Los Chillos y en el valle de Latacunga, y como los flujos afectarían las provincias de Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Pastaza y Napo. Programme USAID-UNDRO-EPN, Quito, Ecuador, 102p. et cartes.

MURRAY I.G.,

1980 «Social and political aspects of disaster warnings», in J. Oliver (ed.), **Response to disaster**, Centre for Disaster Studies, James Cook University of North Queensland, p.61-80.

MURTON B.J., SHIMABUKURO S.,

1974 «Human adjustment to volcanic hazard in Puna District, Hawaii», in White G.F. (ed.), **Natural hazards: local, national, global**, Oxford University Press, New York, p.151-159.

O'KEEFE P., WESTGATE K., WISNER B.,

1976 «Taking the naturalness out of natural disasters», *Nature*, Vol.260, p.566-567.

PAREDEZ ORTEGA E.,

1980 **Leyendas y tradiciones de Cotopaxi**, Litográficas Andrade Hermanos, Latacunga, Ecuador, 60p.

PAREDEZ ORTEGA E.,

1982 **Cotopaxi: Documentos de Oro**, ECO, Editorial Cotopaxi, Latacunga, Ecuador, 192p.

PARKER D.J.,

1976 «Socio-economic aspects of flood plain occupance», unpublished Ph.D. thesis, University of Wales, Swansea.

PARKER D.J., HARDING D.M.,

1979 «Natural hazard evaluation, perception and adjustment», *Geography*, London, 64, N°4, p.307-316.

PELTRE P., D'ERCOLE R.,

1992 (à paraître) «La ville et le volcan. Quito, entre Pichincha et Cotopaxi (Equateur)», *Cahiers des Sciences Humaines*, ORSTOM, Paris.

PENNING-ROUSELL E.C., CHATTERTON J.B.,

1977 *The benefits of flood alleviation: a manual of assessment techniques*, Saxon House.

PEREZ RESINES C., GONZALES ZUMARRAGA M., SOJO de CEDENO T.,

1986 «Calidades de vida impactadas por la industria: la micro región agropecuaria de Tanicuchí», in *Calidad de vida: siete ensayos de investigación en la Sierra norte del Ecuador*, XIII Curso Internacional de Geografía Aplicada, CEPEIGE, Quito, Ecuador, p.103-123.

PERRY R.W.,

1979 «Evacuation decision-making in natural disasters», *Mass Emergencies*, N°4, p.25-38.

PERRY R.W.,

1983 *Comprehensive emergency management evacuating threatened populations*, Battelle Human Affairs Research Centers, Washington, 180p.

PERRY R.W., LINDELL M.K., GREENE M.R.,

1981 *Evacuation planning in emergency management*, Battelle Human Affairs Research Centers, Lexington Books, Toronto, 196p.

PERRY R.W., GREENE M.R.,

1983 *Citizen response to volcanic eruptions: the case of Mount St Helens*, Irvington Publishers, Inc., New York.

PERRY R.W., LINDELL M.K., GREENE M.R.,

1983 «Threat perception and public response to volcano threat», *Journal of Social Psychology*, 116, p.199-204.

PETERSON D.W.,

1986 «Volcanoes: Tectonic setting and impact on society», in *Active Tectonics*, Geophysics Study Committee, National Research Council, National Academy Press, Washington D.C., p.231-246.

PETERSON D.W.,

1988 «Volcanic hazards and public response», *Journal of Geophysical Research*, vol.93, N° B5, p.4161-4170.

PORTAIS M.,

1987 «Las ciudades intermedias de la Sierra: actores y espacio», in I.P.G.H., ORSTOM, I.G.M., **El espacio urbano en el Ecuador: red urbana, región y crecimiento**, Geografía Básica del Ecuador, tomo III: Geografía Urbana, Centro Ecuatoriano de Investigación Geográfica, Quito, Ecuador, Capitulo 6, p.136-157.

QUARANTELLI E.L.,

1980 «Sociology and social psychology of disasters: implications for Third World and developing countries», Preliminary Paper 66, Disaster Research Center, Ohio State University, 21p.

QUARANTELLI E.L.,

1981 «Sociology and social psychology of disasters», Article 147, Disaster Research Center, Department of Sociology, Ohio State University, 11p.

QUARANTELLI, E.L.,

1982 **People's reactions to emergency warnings**, Ohio State Disaster Research Center, Preliminary Paper 75, 11p.

QUARANTELLI E.L.,

1988 «Trente années de recherches sur les catastrophes», in P. Lagadec (Ed), **Etats d'urgence: défaillances technologiques et déstabilisation sociale**, Editions du Seuil, Paris, p.323-337.

RAGHAVULU C.V.,

1982 «Disaster preparedness: a study in community perspectives», Head, Dept. of Pol. Science and Public Administration, Nagarjuna University, 70p.

RAMADE F.,

1987 **Les catastrophes écologiques**, McGraw-Hill, Paris, 318p.

RATZEL F.,

1897 **Politische Geographie**, Oldenburg, München.

REISS W.,

1874 «Uber Lavaströme des Tungurahua und Cotopaxi, **Zeitschr. d. Dt. Geol. Ges.**, 26, p.907-927.

REISS W., STÜBEL A.,

1896-1902 **Das Hochgebirge der Republik Ecuador: Petrographische Untersuchungen**, Vol.2: Ostkordillere, Asher & Co., Berlin, 356p.

RESTREPO J.D.,

1986 **Avalancha sobre Armero**, El Ancora Editores, Bogotá, Colombia, 142p.

ROBERTS R.B., MILLIMAN J.W., ELLSON R.W.,

1982 «Eathquakes and earthquake predictions: simulating their economic effects», Technical report prepared for National Science Foundation, Universitu of South Carolina, Columbia, 162p.

- RONODIBROTO S., NOTOSAPUTRE R., SURYO I., LEGOWE D.,
1976 **Community preparedness and disaster prevention in Indonesia : Merapi volcano as a case**, Directorate of Rivers, Jakarta, 29p.
- ROONEY J.,
1969 «The economic and social implications of snow and ice», in Chorley R.J. (ed.), **Water, earth and man**, Methuen, London.
- ROVERA G.,
1990 «Geomorphologie dynamique et aménagement des versants en Moyenne Tarentaise (Savoie; communes de Granier, Aime, Mâcot-La Plagne et Champagny). Une contribution à l'étude de l'érosion naturelle et anthropique des Alpes», Thèse de doctorat, U.F.R. de Géographie, Université de Grenoble I, 466p.
- ROYAN R.,
1991 «La prévision, la prévention et la perception des risques volcaniques et sismiques aux Antilles Françaises. Le cas de la Guadeloupe après les événements de 1976», Thèse de doctorat, Université de Paris VII, Jussieu.
- SAARINEN T.F.,
1966 «Perception of the drought hazard in the Great Plains», Research Paper N° 106, Department of Geography, University of Chicago.
- SAARINEN T., SELL J.,
1985 **Warning and response to the Mt. St. Helens eruption**, State University of New York Press, Albany, 240p.
- SAINT-GEOURS Y.,
1988 «L'Equateur de León Febres Cordero à Rodrigo Borja (1984-1988)», **Problèmes d'Amérique Latine**, 89, N.D. N° 4863, p.3-28.
- SAUER W.,
1965 **Geología del Ecuador**, Editorial del Ministerio de Educación Pública, Quito, Ecuador, 383p.
- SAVAGE L.J.,
1954 **The foundations of statistics**, Wiley, New York.
- SCHWABE R.,
1982 «The folk wireless: an example of indigenous technology for flood information systems», **Flood Systems and Society**, Working Paper, United Nations Research Institute for Social Development, Geneva, 36p.
- SECRETARIA DE INFORMACIÓN Y PRENSA DE LA PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA,
1986 **El volcán y la avalancha**, Imprenta Nacional, Bogotá, Colombia, 216p.
- SHEETS P.D., GRAYSON D.K. (eds.)
1979 **Volcanic activity and human ecology**, Academic Press, Inc., New York, 644p.

SIMKIN T., SIEBERT L., MC CLELLAND L., BRIDGE D., NEWHALL C., LATTER J.H.,
1981 **Volcanoes of the world. A regional directory, gazetteer, and chronology of volcanism during the last 10 000 years**, Smithsonian Institution, Hutchinson Ross Publishing Company, Stroudsburg, Pennsylvania, 232p.

SIMON H.A.,
1956 «Rational choice and the structure of the environment», **Psychological Review**, 63, p.129-138.

SIMON H.A.,
1957 **Models of man: social and rational**, J. Wiley & Sons, New York.

SIMON H.A.,
1959 «Theories in decision making in economic and behavioral science», **American Economic Review**, 49, p.253-283.

SIMPSON-HOUSLEY P., CURTIS F.A.,
1983 «Earthquake occurrence, experience and appraisal in Wellington, New Zealand», **The Professional Geographer**, Vol.35, N°4, p.462-470.

SIMPSON-HOUSLEY P., NAVARRO L.P.,
1985 «Personalidad y percepción de terremotos en Alhué, Chile», **Revista de Geografía Norte Grande**, 12, Chile, p.3-9.

SIMPSON-HOUSLEY P., DE MAN A.F.,
1987 **The psychology of geographical disasters**, Geographical monographs, N°18, York University, Ontario, Canada, 130p.

SIMS J.H., BAUMANN D.D.,
1972 «The tornado threat: coping styles of the North and South», **Science**, Vol.176, p.1386-1392.

SMITH M.A., CLAPPERTON C.M.,
1986 «Late quaternary volcanic debris avalanche at Cotopaxi, Ecuador», **Revista CIAF**, volumen 11, tomo I, Bogotá, Colombia, p.24-38.

SMITH K., TOBIN G.A.,
1979 **Human adjustment to the flood hazard**, Longman, London.

SKINNER B.,
1953 **Science and human behavior**, MacMillan, New York.

SLOVIC P., KUNREUTHER H., WHITE G.F.,
1974 «Decision processes, rationality, and adjustment to natural hazards», in White G.F. (ed.), **Natural hazards: local, national, global**, Oxford University Press, New York, p.187-205.

SODIRO L.,
1877 **Relación sobre la erupción del Cotopaxi acaecida el día 26 de Junio de 1877**, Imprenta Nacional, Quito, 40p.

SORENSEN J.H.,

1981 «Emergency response to Mount St. Helens' eruption: March 20 to April 10, 1980», Working Paper N° 43, Boulder, Colorado: Institute of Behavioral Science, University of Colorado, 66p.

SORENSEN J.H., GERSMEHL P.J.,

1980 «Volcanic hazard warning system: persistence and transferability», **Environmental Management**, vol.4, p.125-136.

STOIBER R.E.,

1986 «Nevado del Ruiz: the appropriateness of simple solutions for mitigating volcanic disasters», *Eos*, vol.67, N°16, April, p.407.

STÜBEL A.,

1897 **Die Vulkanberge von Ecuador**, Leipzig, 557p. (Extraits dans Martinez A., Algunas montañas volcánicas de la cordillera oriental de las hoyas de Quito y Latacunga, Instituto Nacional Mejia de Quito, non daté)

SURYO I., CLARKE M.C.G.,

1985 «The occurrence and mitigation of volcanic hazards in Indonesia as exemplified at the Mount Merapi, Mount Kelut and Mount Galunggung volcanoes», **Q.J. eng. Geol. London**, vol.18, p.79-98.

TAZIEFF H.,

1964 «Costa Rica. Mission volcanologique au volcan Irazu», Rapport d'activité de la mission de l'UNESCO à l'Irazu, 27 février/18 mars 1964, UNESCO, Paris.

TAZIEFF H., DERRUAU M.,

1990 **Le volcanisme et sa prévention**, Pratiques de la Géographie, Masson, Paris, 256p.

TERAN F.,

1984 **Geografía del Ecuador**, 11^e edición, Libresa, Quito, 468p.

THEYS J.,

1987 «La société vulnérable» in Fabiani J.L. et Theys J., (coordinateurs), **La société vulnérable, évaluer et maîtriser les risques**, Presses de l'Ecole Normale Supérieure, Paris, p.3-36.

THOURET J.C.,

1988 «La Cordillère Centrale des Andes de Colombie et ses bordures. Morphogénèse plio-quadernaire et dynamique actuelle et récente d'une cordillère volcanique englacée», Thèse de doctorat d'Etat, Institut de Géographie Alpine, Grenoble, 1040p.

THOURET J.C.,

1990 «Les risques volcaniques et volcano-glaciaires dans les montagnes peuplées. Identification, cartographie, évaluation», **Bull. Assoc. Géogr. Franç.**, 2, Paris, p.133-148.

TILLING R.I.,

1989 «Volcanic hazards and their mitigation: progress and problems», **Rev. Geophysics**, 27, 2, p.237-269.

TORRE P. de la,

1980 «El terrateniente y el proceso de modernización de la hacienda. Estudio de caso en el Valle de los Chillos: 1905-1929», in **Ecuador: cambios en el agro serrano**, FLACSO, CEPLAES, Quito, p.51-98.

TROST J., HULTAKER O.,

1983 **Family and disasters**, International Journal of mass emergencies and disasters, Vol.1, Nº1, University of Delaware, 220p.

UNDRO,

1976 **Prévention et atténuation des catastrophes**, vol.1: Aspects vulcanologiques, Nations Unies, Genève, 50p.

UNDRO

1979 **Prévention et atténuation des catastrophes**, vol. 7: Aspects économiques, Nations Unies, Genève, 78p.

UNDRO,

1980 **Prévention et atténuation des catastrophes**, vol.10: Aspects relatifs à l'information, Nations Unies, New York, 128p.

UNDRO,

1981 «Disaster preparedness and prevention in Ecuador. An assesment of the needs ans possibilities for international assistance», report of joint UNDRO/OFDA/PAHO mission, UNDRO Genève, 17p.

UNDRO

1986 **Prévention et atténuation des catastrophes**, vol. 11: Aspects relatifs à la planification préalable, Nations Unies, New York, 242p.

UNDRO

1987 **Prévention et atténuation des catastrophes**, vol. 12: Aspects sociaux et sociologiques, Nations Unies, Genève, 56p.

UNDRO

1991 "Principles and practice of disaster mitigation. An example from Ecuador", **UNDRO News**, january/february 1991, p.12-13 et 19-21.

UNDRO et UNESCO,

1985 **Volcanic emergencies management**, United Nations, New York, 86p.

VAN BEMMELEN R.W.,

1949 **The geology of Indonesia: general geology**, Govt. Printing Office, The Hague, 1A, 732p.

VELASCO J. de,

1844 **Historia del Reino de Quito**, 3 volumenes, Imprenta del Gobierno, Quito, 287, 210 y 252p. (édición de 1981, Biblioteca Ayacucho, Caracas)

VENTURA DIAZ C.,

1986 «San Rafael, un suburbio quiteño: antagonismos entre requerimientos y satisfacciones de una mejor calidad de vida», in **Calidad de vida: siete ensayos de investigación en la Sierra norte del Ecuador**, XIII Curso Internacional de Geografía Aplicada, CEPEIGE, Quito, Ecuador, p.89-101.

VIE le SAGE R.,

1989 **La Terre en otage. Gérer les risques naturels majeurs?**, Editions du Seuil, Paris, 256p.

VOIGHT B.,

1990 "The Nevado del Ruiz volcano catastrophe: anatomy and retrospection", **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, 44, p.349-386.

VON NEUMANN J., MORGENSTERN O.,

1947 **Theorie of games and economic behavior**, Princeton, N.J.: Princeton University Press.

WALKER, G.P.L.,

1974 «Volcanic hazards and the prediction of volcanic eruptions», in Funnel B.M. (ed.), **Prediction of geological hazards**, Miscellaneous Publication, 3, Geological Society of London p.23-41.

WALL G.,

1973 «Public response to air pollution in South Yorkshire», **Environment and Behaviour**, June, p.29-48.

WARRICK R.A.,

1979 «Volcanoes as hazard: an overview», in Sheets P.D. and Grayson D.K. (eds.), **Volcanic activity and human ecology**, Academic Press, Inc., New York, p.161-194.

WARRICK R.A. (ed.),

1981 «Four communities under ash. After Mount St. Helens», Program on Technology, Environment and Man, Monograph N° 34, Institute of Behavioral Science, University of Colorado, 146p.

WESTERCAMP D., TRAINAU H.,

1985 **La prévision générale des risques volcaniques: méthodologie et application à la Montagne Pelée, Martinique**, Rapport du BRGM, 85 SGN 421 IRG, Institut Mixte de Recherches Géothermiques, Service Géologique National, 60p.

WESTERN J.S., MILNE G.,

1979 «Some social effects of a natural hazard: Darwin residents and cyclone Tracy», in Heathcote R.L. et Thom B.G. (eds.), **Natural hazards in Australia**, Australian Academy of Science, Camberra, p.488-502.

WHIMPER E.,

1892 **Travels among the Great Andes of the Ecuador** (édition de 1987, introduction de Loren Mc INTYRE), Gibbs M. Smith, Inc., Peregrine Smith Books, Salt Lake City, 456p.

WHITE A.U.,

1974 «Global summary of human response to natural hazards: tropical cyclones», in White G.F. (ed.), **Natural hazards: local, national, global**, Oxford University Press, New York, p.255-265.

WHITE G.F.,

1942 **Human adjustment to floods**, Department of Geography Research Paper N°29, University of Chicago.

WHITE G.F.,

1961 «The choice of use in resource management», **Natural Resources Journal**, I, p.30-36.

WHITE G.F. (ed.),

1974 **Natural hazards: local, national, global**, Oxford University Press, New York, 290p.

WHITE G.F., BURTON I., RODER,

1961 «Papers on flood problems», Research Paper N°70, Department of Geography, University of Chicago.

WIJKMAN A., TIMBERLAKE L.,

1985 «Temping the fury of nature: "natural disasters" are taking a huge new toll all because human ineptitude», **International Wildlife**, 15, N°5, p.16-19.

WISNER B., WESTGATE K., O'KEEFE P.,

1976 «Poverty and disaster», **New Society**, p.546-548.

WISNER B., O'KEEFE P., WESTGATE K.,

1977 «Global systems and local disasters: the untapped power of peoples' science», **Disasters**, Vol.1, N°1, Pergamon Press, Great Britain, p.47-57.

WOLF T.,

1873 **Crónica de los fenómenos volcánicos y terremotos en el Ecuador, desde 1533 hasta 1797**, Anales de la Universidad Central del Ecuador, tomos XIX (p.26-40), XX (p.78-99), XXI (p.131-177) y XXII (p.223-239).

WOLF T.,

1878 **Memoria sobre el Cotopaxi y su última erupción acaecida el 26 de Junio de 1877**, Imprenta del Comercio, Guayaquil, 50p.

WOLF T.,

1892 **Geografía y geología del Ecuador** (edición de 1975), Editorial de la Casa de la Cultura Ecuatoriana, Quito, 797p.

WOLFF F.,

1929 **Der Vulkanismus**, II, Stuttgart, p.374-379.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION,

1983 **Human response to tropical cyclone warnings and their content**, Tropical Cyclone Programme, Secretariat of the WMO, Geneva, 144p.

YOUNG, A.

1902 **Die Gesteine der ecuatoranischen Ost-Cordillere. Der Cotopaxi und die umgebenden Vulcanberge Pasochoa, Rumiñahui, Sincholagua und Quilindaña.** Diss., Berlin, 215 p.

ZARATE A. de,

1555 **Historia del descubrimiento y conquista del Perú** (segunda edición, 1853), Madrid.

ZUPKA D.,

1989 «Actividades en la prevención y planificación previa a los desastres naturales e impactos económicos de los desastres naturales», in Informe final del encuentro regional «Desastres naturales y planificación de los asentamientos humanos (3-7 octubre 88, Quito, Ecuador)», CNUAH-HABITAT-JNV, Quito, p.50-54.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES TABLEAUX

Tab. 1 - Variation de la fréquence annuelle des catastrophes naturelles ayant occasionné des victimes entre 1960 et 1984	p. 17
Tab. 2 - Impact régional des catastrophes naturelles (1970-1985)	p. 17
Tab. 3 - Bilan comparatif des catastrophes naturelles de 1900 à 1976	p. 37
Tab. 4 - Catastrophes volcaniques s'étant soldées par plus de 1000 victimes depuis le début du XVIII ^e siècle	p. 37
Tab. 5 - Effet comparé des différents aléas liés directement ou indirectement aux éruptions volcaniques (1600-1986)	p. 39
Tab. 6 - Histoire et activité du Cotopaxi: synthèse des principales études réalisées à ce jour	p. 61
Tab. 7 - Les grandes phases d'activité du Cotopaxi (hypothèses)	p. 63
Tab. 8 - Types d'activités prévisibles et probabilité d'occurrence	p. 77
Tab. 9 - Population du secteur d'étude par secteur géographique (1988)	p. 98
Tab. 10 - Population menacée par le Cotopaxi selon le type d'aléa	p. 108
Tab. 11 - Evolution de la population du secteur d'étude (1877-1988)	p. 111
Tab. 12 - Evolution de la population menacée par les lahars du Cotopaxi	p. 111
Tab. 13 - Intensité du risque pour la population compte tenu de la capacité destructrice et de la probabilité d'occurrence des aléas potentiels du Cotopaxi	p. 129
Tab. 14 - La surveillance volcanique dans dix pays d'Amérique Latine	p. 141
Tab. 15 - La cartographie du risque volcanique dans dix pays latino-américains	p. 142
Tab. 16 - Degré d'aptitude des responsables locaux de la région d'étude à répondre à une situation d'urgence	p. 147
Tab. 17 - Comportement potentiel des responsables locaux du secteur d'étude en cas de situation d'urgence	p. 148

Tab. 18 - Relations entre les responsables locaux et la Protection Civile	p. 148
Tab. 19 - Types de commentaires sur les informations reçues par voie de radio ou télévision à l'occasion du séisme du 5 mars 1987	p. 150
Tab. 20 - Types d'informations reçues durant le séisme du 5 mars 1987	p. 150
Tab. 21 - Processus de prise de décision des individus dans le choix d'adaptations en prévision d'une catastrophe naturelle	p. 157
Tab. 22 - Taux de sondage utilisé pour l'enquête menée auprès de la population	p. 163
Tab. 23 - Nombre d'enquêtes réalisées selon la zone de risque et la province	p. 163
Tab. 24 - Ce que représente le Cotopaxi pour la population du secteur d'étude	p. 176
Tab. 25 - Les volcans les plus dangereux selon la population du secteur d'étude	p. 178
Tab. 26 - Détermination du degré de perception du risque personnel	p. 179
Tab. 27 - Relations statistiques entre les variables sélectionnées et le degré de perception du risque personnel	p. 184
Tab. 28 - Pourcentage de ceux qui n'ont jamais entendu parler de la catastrophe du Ruiz (selon la province, zone de risque majeur de lahars)	p. 187
Tab. 29 - «Effet Ruiz» sur la perception du risque personnel selon le niveau socio-économique	p. 187
Tab. 30 - Sources d'information sur le Cotopaxi selon la province	p. 189
Tab. 31 - Ce que l'on sait du Cotopaxi. L'exemple de San Rafael (province du Pichincha) et de Joseguango Bajo (province du Cotopaxi)	p. 191
Tab. 32 - Origine des personnes installées dans leur paroisse depuis moins de 5 ans (selon la province, zone de risque majeur de lahars)	p. 193
Tab. 33 - Relations statistiques entre les variables sélectionnées et la connaissance des moyens de protection	p. 222
Tab. 35 - Connaissance des moyens de protection selon le niveau socio-économique (provinces du Pichincha et du Cotopaxi, zone de risque majeur de lahars)	p. 224

Tab. 36 - Relation entre la perception du risque, la connaissance des moyens de protection et le comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation (zone de risque majeur de lahars)	p. 240
Tab. 37 - Relations statistiques entre les variables sélectionnées et le comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation (secteurs à risque élevé et très élevé)	p. 244
Tab. 38 - Personnes, organismes ou institutions en lesquels les personnes interrogées portent leur confiance (provinces du Pichincha et du Cotopaxi, secteurs à risque élevé et très élevé)	p. 249
Tab. 39 - Confiance donnée aux personnes, organismes ou institutions extérieurs à la paroisse selon la catégorie professionnelle (zone de risque majeur de lahars)	p. 251
Tab. 40 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon la source d'information sur le Cotopaxi (zone de risque majeur de lahars)	p. 255
Tab. 41 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon la distance au volcan (zone de risque majeur de lahars)	p. 256
Tab. 42 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon le nombre de personnes composant le ménage et le niveau socio-économique (zone de risque majeur de lahars)	p. 258
Tab. 43 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon les biens immobiliers possédés (distinction entre les agriculteurs et les non agriculteurs)	p. 259
Tab. 44 - Comportement déclaré des non agriculteurs dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon les biens immobiliers possédés et le niveau socio-économique	p. 260
Tab. 45 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon le temps de résidence et la province (zone de risque majeur de lahars)	p. 261
Tab. 46 - Perception du risque, connaissance des moyens de protection, comportement et variables associées (selon les données fournies par une sélection de 28 articles ou ouvrages)	p. 279
Tab. 47 - Variables et modalités utilisées pour l'analyse factorielle	p. 285
Tab. 48a à 48e - Le point de vue de la population sur la préparation du public dans la perspective d'une éruption du Cotopaxi	p. 317

LISTE DES FIGURES

Fig. 1 - Place de l'étude proposée dans l'ensemble des études visant à limiter les effets d'une éruption volcanique	p. 49
Fig. 2 - Périodes éruptives et de sub-activité du Cotopaxi de 1532 à nos jours	p. 65
Fig. 3 - Les principales éruptions historiques du Cotopaxi	p. 67
Fig. 4 - Dynamismes des éruptions du Cotopaxi durant la période historique	p. 75
Fig. 5 - Population menacée par les lahars du Cotopaxi selon la province	p. 107
Fig. 6 - Effectif de population menacée par les lahars selon la paroisse et l'intensité du risque	p. 109
Fig. 7 - Courbes d'évolution de la population du secteur d'étude par province (1877-1988)	p. 112
Fig. 8 - Courbe d'évolution de la population de la ville de Latacunga (1825-1988)	p. 116
Fig. 9 - Courbe d'évolution de la paroisse de San Rafael (1877-1988)	p. 116
Fig. 10 - Aptitude des «leaders» et des «acteurs ponctuels» à affronter une situation d'urgence (selon la catégorie de responsable local)	p. 148
Fig. 11 - Relations entre une collectivité locale menacée et l'extérieur durant une situation d'urgence	p. 159
Fig. 12 - Perception de la probabilité d'éruption du Cotopaxi dans les années à venir	p. 179
Fig. 13 - Perception du risque personnel selon l'intensité du risque	p. 180
Fig. 14 - Perception du risque personnel et de la probabilité d'éruption du Cotopaxi selon l'intensité du risque et la province	p. 181
Fig. 15 - Perception du risque personnel selon la distance au volcan (provinces du Pichincha et du Cotopaxi, zone de risque majeur de lahars)	p. 185

Fig. 16 - Influence des obstacles visuels sur la perception du risque personnel (provinces du Pichincha et du Cotopaxi, zone de risque majeur de lahars)	p. 186
Fig. 17 - Relation entre la connaissance de la catastrophe du Ruiz et le niveau de perception du risque personnel (zone de risque majeur de lahars)	p. 187
Fig. 18 - Perception du risque personnel selon la source d'information sur le Cotopaxi (zone de risque majeur de lahars)	p. 189
Fig. 19 - Manifestations du volcan considérées comme dangereuses (ensemble du secteur d'étude)	p. 192
Fig. 20 - Perception du risque personnel en relation avec la connaissance des aléas liés au Cotopaxi (zone de risque majeur de lahars)	p. 192
Fig. 21 - Perception du risque personnel selon le temps de présence dans la paroisse (zone de risque majeur de lahars)	p. 194
Fig. 22 - Perception du risque personnel selon le niveau socio-économique (zone de risque majeur de lahars)	p. 195
Fig. 23 - Perception du risque personnel selon l'activité professionnelle (zone de risque majeur de lahars)	p. 196
Fig. 24 - Perception du risque personnel selon le type de population (zone de risque majeur de lahars)	p. 197
Fig. 25 - Perception du risque personnel selon le sexe (zone de risque majeur de lahars)	p. 198
Fig. 26 - Perception du risque personnel selon l'âge (zone de risque majeur de lahars)	p. 198
Fig. 27 - Connaissance des moyens de protection face à une éruption du type de celle de 1877, selon l'intensité du risque (provinces du Pichincha et du Cotopaxi)	p. 217
Fig. 28 - Connaissance des moyens de protection selon la province (zone de risque majeur de lahars)	p. 218
Fig. 29 - Connaissance des moyens de protection et perception du risque personnel (provinces du Pichincha et du Cotopaxi, zone de risque majeur de lahars)	p. 221
Fig. 30 - Connaissance des moyens de protection selon l'activité professionnelle (zone de risque majeur de lahars)	p. 224

Fig. 31 - Connaissance des moyens de protection selon le type de population (zone de risque majeur de lahars)	p. 224
Fig. 32 - Connaissance des moyens de protection selon la source d'information sur le Cotopaxi (zone de risque majeur de lahars)	p. 225
Fig. 33 - Connaissance des moyens de protection selon l'information sur le Ruiz (zone de risque majeur de lahars)	p. 226
Fig. 34 - Connaissance des moyens de protection selon la distance au volcan (zone de risque majeur de lahars)	p. 226
Fig. 35 - Connaissance des moyens de protection selon l'existence ou l'absence d'obstacles visuels (zone de risque majeur de lahars)	p. 227
Fig. 36 - Connaissance des moyens de protection selon l'âge (zone de risque majeur de lahars)	p. 228
Fig. 37 - Connaissance des moyens de protection selon le sexe (zone de risque majeur de lahars)	p. 229
Fig. 38 - Raisons pour lesquelles les gens pourraient refuser de partir à la suite d'un ordre d'évacuation (secteurs à risque élevé et très élevé)	p. 236
Fig. 39 - Raisons pour lesquelles les gens pourraient refuser de partir à la suite d'un ordre d'évacuation, selon le comportement déclaré (secteurs à risque élevé et très élevé)	p. 236
Fig. 40 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation (ensemble de la zone d'étude)	p. 238
Fig. 41 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon l'intensité du risque	p. 238
Fig. 42 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon la province (secteurs à risque élevé et très élevé)	p. 241
Fig. 43 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon le niveau socio-économique (zone de risque majeur de lahars)	p. 246
Fig. 44 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon l'activité professionnelle (zone de risque majeur de lahars)	p. 246
Fig. 45 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon le type de population (zone de risque majeur de lahars)	p. 247

Fig. 46 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon la confiance donnée aux personnes, organismes ou institutions de l'intérieur ou de l'extérieur de la paroisse (zone de risque majeur de lahars)	p. 248
Fig. 47 - Confiance aux personnes, organismes ou institutions de l'intérieur ou de l'extérieur de la paroisse, selon la province (secteurs à risque élevé et très élevé)	p. 249
Fig. 48 - Relation entre le niveau de vie et la confiance (zone de risque majeur de lahars)	p. 250
Fig. 49 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon l'existence ou l'absence d'obstacles (zone de risque majeur de lahars)	p. 256
Fig. 50 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon l'âge (zone de risque majeur de lahars)	p. 256
Fig. 51 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon le sexe (zone de risque majeur de lahars)	p. 257
Fig. 52 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon le nombre de personnes composant le ménage (zone de risque majeur de lahars)	p. 258
Fig. 53 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon les biens immobiliers possédés (zone de risque majeur de lahars)	p. 259
Fig. 54 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation selon le temps de résidence (zone de risque majeur de lahars)	p. 260
Fig. 55 - Poids des relations entre les facteurs de comportement et les variables associées (provinces du Pichincha et du Cotopaxi, zone de risque majeur de lahars)	p. 278
Fig. 56 - Classification par A.F.C. de la population interrogée dans la zone de risque majeur de lahars selon les facteurs de comportement et 12 variables descriptives (plan factoriel semi-brut constitué par les axes 1 et 2)	p. 289
Fig. 57 - Les types de vulnérabilité selon les données de l'analyse factorielle	p. 290
Fig. 58a et 58b - Plan factoriel des modalités et types de vulnérabilité	p. 294
Fig. 59 - Types de vulnérabilité des paroisses menacées par le Cotopaxi (zone de risque majeur de lahars)	p. 298

- Fig. 60 - Place de l'«intérieur» et de l'«extérieur» dans le cadre d'une intervention liée au volcan Cotopaxi et dans le domaine de la confiance (secteurs à risque élevé et très élevé) p. 330
- Fig. 61 - Personnes, organismes ou institutions devant, selon la population, intervenir dans le cadre d'actions liées au Cotopaxi et en lesquels la population porte sa confiance (zone d'enquête: secteurs à risque élevé et très élevé) p. 331
- Fig. 62 - Images tracées par ordinateur reconstituant le Cotopaxi et sa région immédiate p. 336

LISTE DES CARTES

Carte 1 - Carte de localisation générale	p. 41
Carte 2 - Cartes de localisation de la région du Cotopaxi	p. 42
Carte 3 - Grands traits géomorphologiques de la Sierra septentrionale équatorienne	p. 43
Carte 4 - Les types de populations de la région d'étude	p. 47
Carte 5 - Carte topographique du Cotopaxi et de ses alentours immédiats ...	p. 58
Carte 6 - Carte géologique du volcan Cotopaxi	p. 59
Carte 7 - Carte des menaces potentielles du volcan Cotopaxi	p. 78
Carte 8 - Répartition et densité de la population en liaison avec les zones de risque (provinces du Pichincha et du Cotopaxi)	p. 96
Carte 9 - Evolution de la population des paroisses des provinces du Pichincha et du Cotopaxi menacées par le volcan Cotopaxi (1950-1988)	p. 113
Carte 10 - Sites originels des villes et des bourgs et principaux axes de développement	p. 118
Cartes 11a et 11b - La colonisation du «Valle de los Chillos» (1956-1975)	p. 121
Carte 12 - Développement de Latacunga et zones de risque	p. 124
Carte 13 - Classes d'intensité de risque pour la population des provinces du Pichincha et du Cotopaxi dans l'hypothèse d'une éruption du volcan Cotopaxi	p. 130
Carte 14 - Les 116 unités territoriales de base de la région d'étude (provinces du Pichincha et du Cotopaxi)	p. 164
Carte 15 - Les 46 secteurs à risque élevé et très élevé	p. 166
Carte 16 - La mémoire collective du Cotopaxi (par paroisse, 2200 enquêtes)	p. 190
Carte 17 - Le temps de présence dans la paroisse (par paroisse, 2200 enquêtes)	p. 194

Carte 18a - Perception du risque personnel lié au volcan Cotopaxi. Province du Pichincha (carte par points)	p. 199
Carte 18b - Perception du risque personnel lié au volcan Cotopaxi. Province du Cotopaxi (carte par points)	p. 201
Carte 19 - Perception du risque personnel lié à une éventuelle éruption du Cotopaxi (provinces du Pichincha et du Cotopaxi)	p. 206
Carte 20 - Connaissance des moyens de protection face à une éruption du type de celle du 26 juin 1877. Lieux de refuge, voies d'évacuation et problèmes logistiques (provinces du Pichincha et du Cotopaxi, secteurs à risque élevé et très élevé)	p. 214
Carte 21 - Ignorance des moyens de protection dans le secteur «Caspi/Santa Ana» (paroisse de Mulalo, province du Cotopaxi)	p. 219
Carte 22 - Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation (secteurs à risque élevé et très élevé)	p. 242
Carte 23 - Niveau de vie et confiance (secteurs à risque élevé et très élevé) ...	p. 252
Carte 24 - Accessibilité de la population par radio (secteurs à risque élevé et très élevé)	p. 262
Carte 25 - Accessibilité de la population par contact direct (secteurs à risque élevé et très élevé)	p. 264
Carte 26 - Types de vulnérabilité par paroisse selon la répartition des nuages de points dans le plan factoriel des individus (provinces du Pichincha et du Cotopaxi, zone de risque majeur de lahars)	p. 300
Carte 27 - Carte des facteurs de vulnérabilité de la population installée dans des secteurs à haut risque face à une éruption du type de celle du 26 juin 1877 (provinces du Pichincha et du Cotopaxi)	p. 304
Carte 28 - Carte d'orientation pour des actions de préparation de la population menacée par le volcan Cotopaxi (provinces du Pichincha et du Cotopaxi)	p. 324

LISTE DES PHOTOS

Les photos sont de R. D'Ercole à l'exception des photos:

- 1 et 12 (tirées d'ouvrages);
- 2 et 9 (cartes postales);
- 3 (Jorge Anhalzer).
- 6 et 7 (tirées de photographies aériennes);

Photo 1 - Le Cotopaxi en activité au début du siècle	p. 10
Photo 2 - Une éruption du Cotopaxi en mars 1912: une des dernières manifestations notables du volcan	p. 10
Photo 3 - Le Cotopaxi vu depuis l'Antisana	p. 11
Photo 4 - Titres accusateurs au lendemain de la catastrophe colombienne du 13 novembre 1985	p. 30
Photo 5 - Armero: une ville disparue	p. 30
Photos 6 et 7 - Armero avant et après la catastrophe	p. 31
Photo 8 - Le Cotopaxi: une forme conique quasi parfaite	p. 44
Photo 9 - Le cratère du Cotopaxi	p. 44
Photo 10 - La calotte glaciaire du Cotopaxi, versant nord	p. 45
Photo 11 - Quebrada entaillant les flancs du Cotopaxi et faisant apparaître une structure de strato-volcan	p. 45
Photos 12 et 13 - Le pic Morurco accolé au Cotopaxi	p. 60
Photos 14 et 15 - Vestiges de la fabrique de textiles Villagomez détruite par les lahars du 26 juin 1877	p. 71
Photo 16 - Une coulée andésitique massive	p. 81
Photo 17 - Cendres et lapilli	p. 81

Photo 18 - Une coulée de ponces	p. 83
Photos 19 et 20 - Les traces du débris-avalanche daté entre 25 000 et 13 000 BP	p. 84
Photo 21 - Dépôts morainiques susceptibles d'être mobilisés en cas de fusion brutale des glaciers	p. 89
Photo 22 - Dépôts de lahars	p. 89
Photos 23 et 24 - Blocs de dimension exceptionnelle déplacés par les débâcles torrentielles	p. 90
Photos 25 et 26 - Cheminement des lahars vers les régions septentrionales	p. 91
Photo 27 - La ville de Quito dominant de près de 300 m le «Valle de los Chillos»	p. 103
Photo 28 - Le «Valle de los Chillos», vue rapprochée	p. 103
Photo 29 - Le «Valle de los Chillos», vue générale	p. 104
Photo 30 - La vallée du Cutuchi, vue générale	p. 105
Photo 31 - Vue des quartiers nord de Latacunga avec le Cotopaxi en arrière- plan	p. 106
Photo 32 - Le bassin de Machachi	p. 106
Photos 33 et 34 - San Rafael: constructions récentes le long du rio Pita dans des secteurs qui furent affectés par les lahars du 26 juin 1877	p. 122
Photo 35 - Sangolqui, ville construite sur des lahars anciens	p. 123
Photo 36 - Latacunga: constructions sur les lahars de 1877	p. 125
Photo 37 - Quartier de Latacunga installé dans le lit du rio Cutuchi	p. 126
Photo 38 - Quartiers nord de Latacunga récemment construits dans la zone de risque majeur de lahars	p. 126
Photo 39 - Développement des quartiers sud de Latacunga entre le rio Cutuchi et le rio Pumancuchi	p. 127
Photo 40 - Une enquête parmi tant d'autres	p. 168

Photos 41 à 44 - Vues de Rumipamba («Champ de pierres»):

· une communauté de 420 personnes installées

à proximité du Cotopaxi p. 268

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS p. 5

SOMMAIRE p. 9

AVANT-PROPOS POSITION DES PROBLEMES ET OBJECTIFS GENERAUX
--

p. 13

Un risque devenu insupportable? p. 15

Les solutions techniques battues en brèche par les réalités sociales p. 19

Vers une recherche plus équilibrée et opérationnelle p. 22

La prise en compte nécessaire de la composante humaine du risque p. 22

Etat succinct des recherches en sciences humaines p. 23

Le besoin d'études de vulnérabilité sociale opérationnelles p. 28

INTRODUCTION

p. 33

Le type de risque p. 36

Le terrain de recherche p. 39

Les motivations p. 39

Le terrain de recherche et son contexte physique et humain p. 40

Les thèmes de recherche p. 48

1^{er} PARTIE:
EVALUATION DES RISQUES LIES AU VOLCAN COTOPAXI:
LES ELEMENTS DE BASE

p. 53

Chapitre I :**LA MENACE:****DE L'HISTOIRE DU COTOPAXI A LA PREVISION GENERALE** p. 55**I. Histoire de l'activité éruptive du Cotopaxi** p. 57I.1. L'apport de la recherche géologique p. 57

I.1.1. Les sources p. 57

I.1.2. Phases de formation et d'activité du Cotopaxi p. 57

I.2. L'apport de la recherche historique p. 62

I.2.1. Les sources p. 62

I.2.2. Les éruptions historiques du Cotopaxi p. 63

1532-1534 p. 64

1698 p. 64

1742-1768 p. 65

1803 p. 68

1845-1886 p. 68

1903-1914 p. 70

Depuis 1914 p. 72

II. L'évaluation de la menace p. 72II.1. Réurrence des éruptions du Cotopaxi p. 72II.2. Types d'activité prévisibles et probabilité d'occurrence p. 73

II.2.1. L'activité ancienne p. 73

II.2.2. L'activité récente p. 74

II.2.3. Hypothèses pour un futur proche p. 76

III. Aléas prévisibles et régions potentiellement menacées p. 80III.1. Les coulées de lave p. 80III.2. Les retombées p. 82III.3. Les écoulements pyroclastiques p. 82III.4. Les débris-avalanches et les explosions dirigées p. 85III.5. Les lahars p. 85*Les régions occidentales et méridionales* p. 86*Les régions septentrionales* p. 86*Les régions orientales* p. 87

Chapitre II :

DE LA MENACE AU RISQUE:

UNE APPROCHE QUANTITATIVE DE LA POPULATION EXPOSEE p. 93

I. Répartition spatiale de la population exposée p. 95

I.1. Zones peuplées et zones menacées p. 95I.2. Une distribution contrastée de la population dans les zones à risque p. 98

I.2.1. Les régions à forte densité de population p. 98

Le «Valle de Los Chillos» et le bassin de Tumbaco p. 99*Les bassins de Latacunga et de Salcedo* p. 100*Des bassins essentiellement menacés par les lahars* p. 100

I.2.2. Les régions à faible densité de population p. 101

Le bassin de Machachi p. 101*Le bassin de Mulalo* p. 101*Des bassins dans lesquels la menace est diversifiée* p. 102

II. Evaluation de la population menacée p. 107

II.1. Evaluation globale selon le type de menace p. 107II.2. Estimation de la population menacée selon la paroisse p. 108

III. Un risque croissant avec la poussée démographique p. 110

III.1. Une population menacée sans commune mesure avec celle de 1877 p. 110III.2. Une poussée démographique spectaculaire depuis les années 60 p. 112

III.2.1. Les traits généraux p. 112

III.2.2. La province du Cotopaxi: une évolution qui profite surtout à Latacunga p. 114

III.2.3. Province du Pichincha: le déversement de Quito vers les bassins de Tumbaco et de Los Chillos p. 115

III.3. Une évolution spatiale au profit des zones menacées par les lahars p. 117

III.3.1. Sites originels et zones de risque majeur de lahars p. 117

III.3.2. Province du Pichincha: la colonisation massive des régions menacées par les lahars p. 120

III.3.3. Province du Cotopaxi: l'extension des villes vers les zones les plus exposées p. 124

IV. Les classes d'intensité de risque pour la population p. 128

**2^e PARTIE:
VERS UNE APPROCHE GLOBALE DE LA VULNERABILITE
DES POPULATIONS MENACEES:
LA PRISE EN COMPTE DES FACTEURS DE COMPORTEMENT**

p. 133

Chapitre I :**FACTEURS DE COMPORTEMENT FACE A L'IMMINENCE DU DANGER:
IDENTIFICATION ET MESURE DE LEUR IMPACT POTENTIEL**

p. 137

I. Les facteurs de comportement indépendants de la population exposée p. 139I.1. Le rôle des scientifiques p. 139I.2. Le rôle du pouvoir administratif et politique p. 142I.3. Le rôle des médiateurs p. 145

I.3.1. Les responsables ou «influents» locaux p. 146

I.3.2. Médias et communications p. 149

**II. Les facteurs de comportement liés à la population exposée
et au contexte local** p. 151II.1. Les facteurs conjoncturels de comportement p. 152II.2. Les facteurs structurels de comportement p. 155

II.2.1. L'approche théorique p. 155

II.2.2. Les grands types de facteurs structurels de comportement p. 158

**III. La mesure de l'impact potentiel des facteurs internes et structurels
de comportement: l'enquête et son exploitation** p. 160III.1. Le questionnaire et ses fondements: facteurs et variables retenus p. 160III.2. Bases territoriales et échantillonnage p. 161III.3. La campagne d'enquêtes p. 168III.4. L'exploitation des données p. 171

CHAPITRE II:	
LA PERCEPTION DU RISQUE	p. 173
I. La perception du risque: évaluation et principaux constats	p. 175
I.1. <u>La mesure de la perception du risque</u>	p. 175
I.2. <u>Le Cotopaxi: un volcan qui ne laisse pas indifférent</u>	p. 175
I.3. <u>Le Cotopaxi: un volcan dangereux, surtout pour les «autres»</u>	p. 177
I.4. <u>Une perception du risque personnel néanmoins relativement élevée et cohérente</u>	p. 181
I.5. <u>Des différences sensibles entre les provinces du Pichincha et du Cotopaxi</u>	p. 183
II. Facteurs liés à la perception du risque et interprétations	p. 183
II.1. <u>La mesure des relations</u>	p. 184
II.2. <u>Les principaux facteurs liés à la perception du risque personnel</u>	p. 185
II.2.1. Les facteurs de localisation	p. 185
II.2.2. L'information sur le Cotopaxi et sur le Ruiz	p. 186
II.2.3. Le problème du temps de résidence	p. 193
II.3. <u>Les facteurs secondaires</u>	p. 195
II.3.1. Niveau de vie et activité professionnelle	p. 195
II.3.2. Le type de population	p. 196
II.3.3. Sexe et âge	p. 197
III. La cartographie de la perception du risque personnel	p. 205
III.1. <u>La méthode</u>	p. 205
III.2. <u>Les contrastes locaux</u>	p. 205

CHAPITRE III :	
LA CONNAISSANCE DES MOYENS DE PROTECTION	p. 211
I. Evaluation de la connaissance des moyens de protection	p. 213
I.1. <u>Mesure et cartographie</u>	p. 213
I.2. <u>Les premiers constats</u>	p. 216
I.2.1. Une ignorance générale des moyens de protection	p. 216
I.2.2. Atténuation des contrastes régionaux, accentuation des contrastes locaux	p. 218
I.2.3. Le choix justifié de la zone à intensité de risque élevé	p. 218
I.2.4. Perception du risque et connaissance des moyens de protection: une forte relation mais aussi une forte déperdition	p. 220
II. Les facteurs liés à la connaissance des moyens de protection	p. 221
II.1. <u>La mesure des relations</u>	p. 221
II.2. <u>Type de population et activité professionnelle</u>	p. 223
II.3. <u>L'information</u>	p. 223
II.4. <u>Les facteurs de localisation</u>	p. 226
II.5. <u>L'âge et le sexe</u>	p. 228
II.6. <u>Les préjugés</u>	p. 229

CHAPITRE IV:	
LES FACTEURS «CONTRAINANTS» D'ORDRE SOCIAL ET TECHNIQUE	p. 233
I. Comportement déclaré dans l'hypothèse d'un ordre d'évacuation:	
identification et évaluation des problèmes	p. 235
1.1. <u>Raisons pour lesquelles les gens pourraient refuser d'évacuer</u>	p. 235
1.2. <u>Evaluation des problèmes: les premières observations</u>	p. 238
1.2.1. Une évacuation problématique pour la majorité de la population	p. 238
1.2.2. Importance des problèmes liés aux conditions de vie durant la période d'évacuation et au manque de confiance	p. 239
1.2.3. Faiblesse des liens entre la perception du risque, la connaissance des moyens de protection et le comportement déclaré	p. 240
1.2.4. Des contrastes régionaux assez bien marqués	p. 241
II. Le poids des variables économiques et sociales	p. 244
II.1. <u>Les données statistiques</u>	p. 244
II.2. <u>Le niveau socio-économique et l'activité professionnelle</u>	p. 245
II.3. <u>La confiance</u>	p. 247
II.3.1. La variable «confiance» et sa relation avec le comportement déclaré	p. 247
II.3.2. Facteurs de confiance et relation avec le niveau socio-économique	p. 250
II.4. <u>Les autres variables statistiquement liées au comportement déclaré</u>	p. 255
II.4.1. La pertinence de ces variables	p. 255
II.4.2. L'âge et le sexe	p. 257
II.4.3. Le nombre de personnes par ménage et les biens immobiliers possédés	p. 257
II.4.4. Le temps de résidence	p. 260
III. Les facteurs contraignants d'ordre logistique et technique	p. 261
III.1. <u>L'accessibilité de la population par radio</u>	p. 266
III.2. <u>L'accessibilité par contact direct</u>	p. 266

3^e PARTIE LA VULNERABILITE DES POPULATIONS EXPOSEES AU COTOPAXI: SYNTHESES ET ORIENTATIONS PREVENTIVES
--

p. 271

Chapitre I:
TYPLOGIE ET CARTOGRAPHIE DES FACTEURS DE VULNERABILITE p. 275

I. Facteurs humains de comportement et variables associées:	
les relations, leur intensité et leur sens	p. 277
I.1. <u>Le cas de la région du Cotopaxi: une vue d'ensemble</u>	p. 277
I.2. <u>Comparaison avec d'autres études</u>	p. 277
I.3. <u>Le problème de la relation entre les facteurs cognitifs</u> <u>et le comportement</u>	p. 282
I.4. <u>Le sens des relations par l'analyse factorielle:</u> <u>préalable méthodologique</u>	p. 283
II. Les types sociaux et régionaux de vulnérabilité	p. 291
II.1. <u>Une typologie selon les caractéristiques de la population</u>	p. 291
II.1.1. Le plan factoriel des modalités	p. 291
II.1.2. Quatre grands types sociaux de vulnérabilité	p. 291
II.1.3. La vulnérabilité selon l'âge et le sexe	p. 293
II.2. <u>La typologie régionale</u>	p. 297
II.2.1. Le plan factoriel des individus et les principaux contrastes	p. 297
II.2.2. Types paroissiaux de vulnérabilité	p. 299
III. La cartographie intégrée des facteurs de vulnérabilité	p. 303
III.1. <u>La méthodologie</u>	p. 303
III.2. <u>Les diagnostics locaux</u>	p. 307

CHAPITRE II: ORIENTATIONS POUR UNE PREPARATION ADAPTEE A IA VULNERABILITE DE LA POPULATION	p. 311
I. La nécessité de se préparer	p. 313
I.1. <u>L'absence de contrôle de l'occupation du sol et de protection technologique</u>	p. 313
I.2. <u>L'incapacité des populations à affronter une situation d'urgence</u>	p. 314
I.3. <u>L'inadéquation entre les efforts nationaux et les résultats escomptés sur le plan local</u>	p. 319
II. Les conditions de l'efficacité	p. 321
II.1. <u>Une préparation adaptée aux niveaux et aux types de vulnérabilité</u>	p. 321
II.1.1. Quelques orientations générales	p. 321
II.1.2. La carte d'orientation pour des actions de préparation	p. 323
II.2. <u>Une préparation fondée sur de solides bases locales</u>	p. 329
II.3. <u>La recherche de méthodes de diffusion de l'information</u>	p. 334
CONCLUSION GENERALE	p. 339
Rappel des principaux résultats	p. 341
Limites et portée de l'étude	p. 345

BIBLIOGRAPHIE	p. 351
TABLE DES ILLUSTRATIONS	p. 373
Liste des tableaux	p. 375
Liste des figures	p. 379
Liste des cartes	p. 385
Liste des photos	p. 387
TABLE DES MATIERES	p. 391
ANNEXES	p. 405
Annexe 1 - Un exemple d'inefficacité des solutions techniques lors d'une situation d'urgence (cas de la région du Nevado del Ruiz en mars 1988, d'après «El Tiempo» du 27/03/1988)	p. 407
Annexe 2 - Annexe méthodologique concernant les estimations de populations (effectifs, densités)	p. 409
Annexe 3 - Effectifs de population menacée selon la paroisse et le type de menace	p. 411
Annexe 4 - Evolution de la population des paroisses du secteur d'étude (1950-1988)	p. 413
Annexe 5 - Loi de 1976 (complétée en 1979) définissant le rôle de la Protection Civile équatorienne	p. 415
Annexe 6 - Questionnaire utilisé pour la campagne d'enquêtes menée auprès de la population exposée au Cotopaxi	p. 423
Annexe 7 - Les variables prises en compte dans l'étude	p. 431
Annexe 8 - Enquêtes réalisées selon les unités territoriales de base	p. 435
Annexe 9 - Lettre d'introduction de la Protection Civile équatorienne	p. 437

- Annexe 10** - Personnes, organismes ou institutions dont l'intervention est souhaitée aux différentes phases de la menace volcanique (repos: préparation; signes précurseurs: information; menace imminente: alerte) par la population interrogée dans les secteurs à risque élevé et très élevé (834 enquêtes) p. 441
- Annexe 11** - Exemples de personnes rencontrées durant la campagne d'enquêtes menée auprès des responsables locaux et qui se sont montrées disposées à participer activement à des actions de préparation de la population dans leur zone d'influence p. 445
- Annexe 12** - Un exemple de piste de recherche avec une simulation de comportement: le cas du secteur «Caspi/Santa Ana» p. 447
- Annexe 13** - Liste et signification des abréviations et des sigles utilisés p. 459

ANNEXES

Annexe I

Un exemple d'inefficacité des solutions techniques lors d'une situation d'urgence

(cas de la région du Nevado del Ruiz en mars 1988, d'après "El Tiempo" du 27/03/1988)

Habitantes de la zona de riesgo

104 caldenses 'tercos' no quieren evacuar

Son campesinos que se "agarran" a su hectárea de tierra azufrada por las cenizas del volcán. Y lo hacen como garrapatas.

Se niegan a dejar sus cultivos porque llevan meses abonando y regando cosechas para obtener sus frutos o tubérculos: una o dos toneladas de papa.

Miembros de la Defensa Civil y la Policía caldense han intentado todos los métodos de convicción. Les hablan del peligro, les insisten en que no sufrirán hambre porque ésta vez todo ha sido bien planeado.

Prometen a los "tercos" habitantes que existe un albergue llamado Aranjuez —en Manizales— equipado para atender a 52 familias. Que allí se podrán acomodar holgados y tendrán agua, luz, cobijas. Que ya están listos 1.000 mercados paisas.

Les llevan, además, volquetas hasta la puerta. Pero no aceptan: "no nos sacan de aquí, les dicen, ni muertos". Y el Gobierno, señala el director regional de la Defensa Civil, Omar Gómez, no quiere utilizar la fuerza.

La mayoría son familias que viven allí desde antes de la tragedia de 1985 y consideran que, si no les sucedió nada entonces, ahora también Dios los protegerá.

En tal fatídica fecha "solo les cayeron lluvias de piedra y ceniza y ya les parece hasta normal". Solo 15 de las familias en conflicto invadieron los terrenos después de la avalancha. Pensa-

En Murillo nadie se va

Mil trescientos campesinos de Murillo, entre ellos trescientos niños, se niegan a abandonar sus parcelas situadas en la "zona roja". Asumieron los riesgos de una eventual erupción del volcán nevado del Ruiz.

Veinticinco firmaron un documento donde afirman que por ningún motivo y pase lo que pase, dejarán sus propiedades. La oposición a abandonar las fincas es rotunda. Los labriegos tienen la amarga experiencia de noviembre del 85. Salieron co-

ron haber encontrado su paraiso: terrenos baldíos y fértiles.

Para las autoridades la situación constituye un dilema por que la responsabilidad "les cae en picada". Pero ya están haciendo firmar un formato donde el jefe de la familia certifica que se quedan bajo su cuenta y riesgo.

Ayer a las 7.30 pm salieron 12 volquetas abordadas por 100 unidades del ejército y la Defensa Civil con la misión de convencer "como fuera" a la gente.

El gobernador de Caldas, Fortunato Gaviria, estaba pendiente de los resultados. Llamó a la

trriendo y cuando regresaron habían desaparecido su ganado y enseres.

Pero, además, no creen en la segunda erupción. Están tranquilos. La fumarola y los tremores en nada les asusta. Son unos hombres y mujeres aferrados más que a la vida al pequeño patrimonio conseguido durante tanto tiempo y con mucho esfuerzo.

Solamente 25 personas aceptaron el requerimiento del gobierno. Pusieron una condición: que los dejaran en Murillo mientras pasaba el peligro. Nadie quiere irse para el Líbano donde hay un albergue (antiguas instalaciones del batallón Patrotoas), con capacidad para 500 personas.

8.00 pm. a la sede de la Defensa Civil para tener noticias, pero hasta ese momento solo 10 personas estaban "como dudando".

¡Mejor larguense!

Del resto de habitantes escuchaban la misma respuesta que durante el día —cuando 100 volquetas recorrieron las partes altas y las riberas de los ríos Molinos, Claro, Nereidas y Chinchiná—: "¡mejor larguense!".

La solidaridad, entretanto, se puso a las órdenes del departamento. Llegaron 2.000 voluntarios de la Defensa Civil, 600 Boy Scouts, 60 unidades de bombe-

ros y batallones del Ejército y la Policía

En total 650 volquetas y camiones están a disposición del Comité de Emergencia para cualquier movilización. Omar Gómez indicó que "en caso de Alerta Roja" no habrá angustia porque todo está preparado".

Garantizó, asimismo, el funcionamiento de las 16 alarmas instaladas. Estas se activan por medio de una onda de radio que se puede emitir desde el Observatorio, Caracol y Rcn. Solo se necesita colocar un cassette que tiene grabado un sonido de alta frecuencia.

Para los habitantes de Pereira y Manizales, según Omar Gómez, no hay ningún problema. "A pesar de que las edificaciones están ya blanquitas por las cenizas". Solo si tienen alguna enfermedad bronquial, dijo, es preferible que no salgan y se coloquen un pañuelo húmedo en la boca.

Por último, Gómez indicó que "los paisas pueden estar tranquilos porque su Comité de Emergencia es un modelo de coordinación". Tienen "en guardía" 13 subcomités de búsqueda y rescate, primeros auxilios, albergues, censos, y comunicaciones, entre otros.

Lo único que les falta es la "voluntad" de la gente que aún habita zonas de riesgo. El sacrificio de dejar sus rancho unos días si no quieren pasar amargos momentos ante la zozobra de vivir o no vivir.

Annexe 2

Annexe méthodologique concernant les estimations de populations (effectifs, densités)

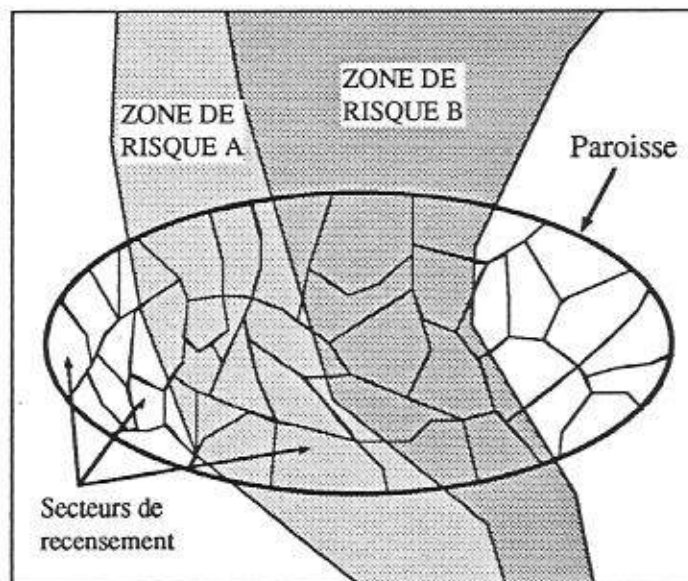
Le calcul des densités (carte 8) et l'estimation des effectifs de population menacée (1^{re} partie, chapitre II, II.) s'appuient sur le recensement INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos) de 1982 et sur les limites des zones de risque avec la carte des menaces potentielles du Cotopaxi (Hall et Von Hillebrandt, 1988).

Le principal problème était celui de l'inadéquation des limites des zones de risque et des limites administratives à l'intérieur desquelles l'effectif de la population est connu (provinces, cantons, paroisses). Il a néanmoins été possible de réaliser un travail suffisamment précis grâce à divers documents fournis par l'INEC, notamment:

- les effectifs de population au niveau des secteurs de recensement qui constituent une fine subdivision de la paroisse;
- les documents cartographiques représentant ces secteurs et couvrant l'ensemble du secteur d'étude («mapas censales» au 1/50.000^e au niveau des paroisses, «planos censales» au 1/5000^e à celui des chefs-lieux).

Le calcul des densités qui a permis de réaliser la carte 8 a ainsi été effectué à partir des secteurs de recensement (effectifs de population connus mais les superficies ont dû être mesurées).

Afin d'évaluer la population exposée selon le type de menace, nous avons réalisé une carte de travail au 1/50.000^e superposant les limites des zones de risque et celles des secteurs de recensement (voir schéma théorique ci-dessous). Puis grâce aux chiffres de l'INEC nous avons comptabilisé la population dans chaque type de zone menacée. Cette opération n'a posé problème que pour les secteurs de recensement chevauchant les limites des zones de risque. Nous avons dans ce cas procédé à des estimations pour chacune des parties des secteurs fractionnés à l'aide de cartes topographiques, de photographies aériennes et des observations de terrain.



Annexe 3
Effectifs de population menacée selon la paroisse et le type de menace
 (voir 1^o partie, chapitre II, II.2.2.)

Paroisses	Population totale	Population menacée par					Au moins un alé
		Retombées (risque majeur)	Écoulements pyroclastiques (risque mineur)	Débris-avalanches	Lahars (risque majeur)	Lahars (risque mineur)	
CUMBAYA	7211 9600	0 0	0 0	0 0	150 200	3842 5400	3992 5600
TUMBACO	17362 23000	0 0	0 0	0 0	200 350	8714 10850	8914 11200
GUANGOPOLO	1622 1900	0 0	0 0	0 0	150 150	1322 1550	1472 1700
LA MERCED	3431 4300	0 0	0 0	0 0	0 0	60 100	60 100
ALANGASI	7530 10000	0 0	0 0	0 0	700 900	4870 6700	5570 7600
CONOCOTO	19884 27000	0 0	0 0	0 0	300 450	10861 13750	11161 14200
SAN RAFAEL	4480 5800	0 0	0 0	0 0	3780 4850	700 950	4480 5800
SAN PEDRO DE TABOADA	3981 5400	0 0	0 0	0 0	0 0	3981 5400	3981 5400
SANGOLQUI	22012 26000	0 0	0 0	0 0	2510 3000	18273 21850	20783 24850
<i>Urbain*</i>	13554	0	0	0	1100	12454	13554
<i>Rural*</i>	15600	0	0	0	1350	14250	15600
	8458	0	0	0	1410	5819	7229
	10400	0	0	0	1650	7600	9250
COTOGCHOA	1644 2000	0 0	0 0	0 0	0 0	1100 1350	1100 1350
RUMIPAMBA	420 420	0 0	0 0	300 300	270 270	110 110	420 420
PINTAG	9335 11100	0 0	0 0	115 160	50 50	880 1250	1005 1400
AMAGUAÑA	16472 20000	0 0	0 0	0 0	0 0	11180 14100	11180 14100
UYUMBICHO	3218 3900	0 0	0 0	0 0	0 0	226 300	226 300
TAMBILLO	4998 6000	0 0	0 0	748 940	0 0	250 350	758 970
ALOAG	5689 6200	4039 4470	0 0	2860 3180	0 0	0 0	4389 4850
ALOASI	4450 4900	4450 4900	0 0	3908 4280	0 0	0 0	4450 4900
MACHACHI	15553 17700	14105 16010	200 250	15553 17700	70 0	550 670	15553 17700
TOTAL PICHINCHA	149292 185420	22594 25380	200 250	23484 26560	8180 10300	66919 84680	99494 122440

Paroisses	Population totale	Population menacée par					Au moins un aléa
		Retombées (risque majeur)	Écoulements pyroclastiques (risque mineur)	Débris-avalanches	Lahars (risque majeur)	Lahars (risque mineur)	
SAN JUAN DE PASTOCALLE	7714 8600	7714 8600	660 800	7133 7988	410 500	180 200	7714 8600
TANICUCHI	8678 9400	8678 9400	0 0	7028 7700	300 400	350 450	8678 9400
GUAYTACAMA	5690 5800	5690 5800	0 0	3890 4000	130 150	320 350	5690 5800
CHANTILIN	674 700	634 650	0 0	0 0	0 0	40 50	634 650
MULALO	7093 7200	7093 7200	3252 3350	7093 7200	1250 1250	2018 2120	7093 7200
JOSEGUANGO BAJO	2036 2500	2036 2500	0 0	2036 2500	710 850	1203 1500	2036 2500
ALAQUES	5085 5100	5085 5100	0 0	5085 5100	1200 1190	550 540	5085 5100
LATACUNGA	55734 62800	12599 13640	0 0	3585 3890	10615 12250	20580 24150	39886 45700
<i>Urbain</i>	28764 34000	1056 1220	0 0	0 0	9525 11050	16742 19850	26353 31000
<i>Rural</i>	26970 28800	11543 12420	0 0	3585 3890	1090 1200	3838 4300	13533 14700
BELISARIO QUEVEDO	4270 4700	0 0	0 0	0 0	100 110	240 260	340 370
SALCEDO	20080 23000	0 0	0 0	0 0	1524 2050	6551 7300	8075 9350
<i>Urbain</i>	6094 7150	0 0	0 0	0 0	1244 1750	4600 5100	5844 6850
<i>Rural</i>	13986 15850	0 0	0 0	0 0	280 300	1951 2200	2231 2500
TOTAL COTOPAXI	117054 129800	49529 52890	3912 4150	35850 38370	16239 18750	32032 36920	85231 94670
LES DEUX PROVINCES	266346 315220	72123 78270	4112 4400	59334 64930	24419 29050	98951 121600	184725 217110

(Nombres en caractères normaux population 1982

Nombres en caractères gras: population estimée en 1988)

* Sangolqui: chiffres légèrement différents de ceux donnés par le recensement.

Ce dernier considère comme urbains certains secteurs que nous avons classés comme ruraux.

Annexe 4

Evolution de la population des paroisses du secteur d'étude (1950-1988)

(voir 1^o partie, chapitre II, III.2.)

	1950	1962	1974	1982	1988	Croissance annuelle 1950-82
CUMBAYA	2270	2724	4377	7211	9800	3,18
CONOCOTO	4710	6430	11960	19884	27000	4,22
AMAGUAÑA	7832	9978	12066	16472	20000	2,10
TUMBACO	4732	7118	10823	17362	23000	3,67
GUANGOPOLO	709	940	1270	1622	1900	2,29
ALANGASI	2406	3090	4878	7530	10000	3,13
LA MERCED	1240	1580	2470	3431	4300	2,77
PINTAG	5986	6516	7486	9335	11100	1,56
SAN RAFAEL	708	901	2593	4480	5800	6,33
SP TABOADA	1262	2088	2612	3981	5400	3,15
SANGOLQUI	8225	10641	16001	22012	26000	2,68
<i>Ville</i>	3179	5501	10554	15004	15600	4,72
<i>Reste</i>	5046	5140	5447	7008	10400	1,39
COTOGCHOA	781	824	1284	1644	2000	2,10
RUMIPAMBA	598	412	442	420	420	0,70
UYUMBICHO	1567	2360	2620	3218	3900	2,05
TAMBILLO	2312	2540	3642	4998	6000	2,16
ALOAG	2882	3350	4791	5689	6200	1,97
ALOASI	2455	2923	3921	4450	4900	1,81
MACHACHI	7593	9857	13078	15553	17700	2,05
<i>Ville</i>	2584	3951	4745	6528	7700	2,53
<i>Reste</i>	5009	5906	8333	9025	10000	1,80
S.J. PASTOCALLE	4549	5475	6613	7714	8600	1,70
TANICUCHI	6073	6937	8252	8678	9400	1,43
GUAYTACAMA	5075	5480	5669	5690	5800	1,12
MULALO	5440	5927	7224	7093	7200	1,30
JOSEG.BAJO	1035	1300	1570	2036	2500	1,97
ALAQUES	6106	6245	6247	5085	5100	0,83
LATACUNGA	26787	32562	46460	55734	62800	2,08
<i>Ville</i>	10389	14856	21921	28764	34000	2,77
<i>Reste</i>	16398	17706	24539	26970	28800	1,64
BEL.QUEVEDO	2423	2655	3749	4270	4700	1,76
CHANTILIN	836	976	973	674	700	0,81
SALCEDO	11613	15227	16255	20080	23000	1,73
<i>Ville</i>	2596	3442	4159	6094	7150	2,35
<i>Reste</i>	9017	11785	12096	13986	15850	1,55

Sources: Recensements INEC de 1950 à 1982, Delaunay, 1985

Estimation pour 1988

Annexe 5
Loi de 1976 (complétée en 1979) définissant
le rôle de la Protection Civile équatorienne

**SECRETARIA GENERAL DEL CONSEJO
DE SEGURIDAD NACIONAL**

**DECRETO SUPREMO No. 913-F
(17- Noviembre de 1.976)**

**REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY
DE SEGURIDAD NACIONAL**

**(TITULO III
DE LA DEFENSA CIVIL)**

1.976

TITULO III
DE LA DEFENSA CIVIL

CAPITULO I

GENERALIDADES

Art. 78.- La Defensa Civil es una actividad de servicio permanente del Estado en favor de la comunidad que se cumple a través del Sistema de Defensa Civil, responsable de la planificación, organización y utilización de personal, medios y servicios necesarios para prevenir, evitar, reducir y reparar los efectos de catástrofes de cualquier origen.

Art. 79.- El Sistema de Defensa Civil está constituido por el conjunto de Organismos creados en los diferentes niveles de la división político-administrativa, para prevenir y coadyuvar a proteger a la población de los daños que pudieran causar o causaren los desastres o calamidades.

Art. 80.- El Sistema de Defensa Civil, para alcanzar sus finalidades, coordinará las actividades de los organismos fiscales, municipales y particulares. Utilizará racionalmente todos los recursos disponibles; promoverá la participación conciente de la población, dentro de una acción planificada conjunta.

Art. 81.- Son sujetos del Sistema de Defensa Civil:

- a) Activos, todos los habitantes del Ecuador, varones y mujeres, nacionales y extranjeros, dentro de las edades previstas en el Art. 83 de la Ley de Seguridad Nacional;

- 3 -

- b) Calificados, los ecuatorianos comprendidos en el Art. 84 de la Ley de Seguridad Nacional; y,
- c) Pasivos, los ecuatorianos comprendidos en las exenciones y excepciones que contempla la Ley de Servicio Militar y Trabajo Obligatorio en las FF.AA. y su Reglamento.

CAPITULO II

DEL SISTEMA DE DEFENSA CIVIL

Art. 82.- Los Organismos integrantes del Sistema de Defensa Civil tienen los siguientes niveles:

- a) Nivel Nacional:
- Dirección Nacional de Defensa Civil;
- b) Nivel Provincial:
- Junta Provincial de Defensa Civil;
 - Jefatura Provincial de Defensa Civil;
- c) Nivel Cantonal:
- Jefatura Cantonal de Defensa Civil; y,
- d) Nivel Parroquial:
- Jefatura Parroquial de Defensa Civil.

Art. 83.- Las principales finalidades del Sistema de Defensa Civil son:

- a) Prevenir los desastres para reducir o evitar los daños;

b) Planificar la ayuda y organizar la población para superar las circunstancias del desastre o calamidad;

c) Procurar la rehabilitación de emergencia de la población afectada a fin de asegurar la normalización vital; y,

d) Concientizar a la población sobre sus responsabilidades en materia de Defensa Civil y de su activa participación en ella.

Art. 84.- La organización, planificación, ejecución y supervisión de la Defensa Civil son de responsabilidad de los organismos del Sistema. Corresponde a todos los habitantes del Ecuador, participar en las actividades de Defensa Civil, de acuerdo con la Ley y Reglamentos sobre la materia.

SECCION Ira.

DE LA DIRECCION NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

Art. 85.- La Dirección Nacional de Defensa Civil es un organismo dependiente de la Secretaría General del Consejo de Seguridad Nacional, y su organización se determinará en el Reglamento Orgánico.

Art. 86.- La Dirección Nacional de Defensa Civil es el máximo Organismo del Sistema, con sede en Quito y jurisdicción en todo el territorio nacional. Para efectos contractuales goza de personería jurídica de acuerdo con la Ley.

Art. 87.- El Director será un Oficial de las Fuerzas Armadas en el grado de General o Coronel de E.M. o su equivalente en la Fuerza Naval, nombrado por el Presidente de la República a propuesta del Secretario General del Consejo de Seguridad Nacional. Ejercerá la representación legal del Organismo.

- 5 -

Art. 88.- El Subdirector será un Coronel de E.M. en servicio activo o su equivalente en la Fuerza Naval.

Art. 89.- Los Jefes de Departamento serán Oficiales Superiores de las Fuerzas Armadas diplomados de E.M. en servicio activo o pasivo, nombrados por el Ministro de Defensa Nacional o por el Secretario General del Consejo de Seguridad Nacional, según el caso. Los demás funcionarios y empleados de la Dirección Nacional de Defensa Civil serán nombrados por el Director.

Art. 90.- Los deberes y atribuciones del Director, Subdirector, Jefes de Departamento y demás funcionarios y empleados de la Dirección Nacional de Defensa Civil, se fijarán en el Reglamento Interno.

Art. 91.- Las principales funciones de la Dirección Nacional de Defensa Civil son:

- a) Estudiar, actualizar, coordinar y supervisar la ejecución del Plan Nacional de Defensa Civil;
- b) Elaborar directivas y normas para el funcionamiento y empleo de los servicios que contemple el Plan Nacional de Defensa Civil y someterlas a consideración del Secretario General del Consejo de Seguridad Nacional;
- c) Organizar y determinar las misiones y funcionamiento de los organismos dependientes del Sistema de Defensa Civil;
- d) Emitir directivas para controlar, con la supervisión obligatoria de los Municipios, la aplicación de los Reglamentos sobre la construcción de

- 6 -

- edificios, viviendas, urbanizaciones e instalaciones en general;
- e) Elaborar, en coordinación con el Ministerio de Educación Pública, la parte correspondiente a información sobre Defensa Civil que deba impartirse en los planteles de educación a nivel primario y secundario;
 - f) Establecer los procedimientos para la estructuración de Unidades Auxiliares de Defensa Civil;
 - g) Jerarquizar, establecer distintivos y otorgar estímulos para los miembros de la Defensa Civil;
 - h) Determinar las áreas potencialmente expuestas a desastres y realizar campañas informativas de prevención;
 - i) Coordinar con los organismos de comunicación el establecimiento de redes de emergencia para fines de Defensa Civil;
 - j) Coordinar las actividades preventivas, la atención y rehabilitación de emergencia, con organismos fiscales, municipales y particulares;
 - k) Coordinar con los organismos pertinentes la regulación de la emisión de informaciones relativas a desastres u otras emergencias graves, a fin de evitar pánico o conmoción social;
 - l) Elaborar los planes de adquisición de materiales y equipo para la Defensa Civil, de acuerdo con la Ley;
 - m) Elaborar la proforma presupuestaria de la Dirección Nacional de Defensa Civil y somerterla a consideración del Secretario General del Consejo

- 7 -

- de Seguridad Nacional, para su trámite;
- n) Utilizar los fondos presupuestarios de la Defensa Civil de acuerdo con la Ley;
 - o) Planificar la difusión de la propaganda de la Defensa Civil en coordinación con los medios de comunicación social;
 - p) Convocar a los habitantes del país, en forma total o por sectores, al servicio de Defensa Civil, en cumplimiento de lo dispuesto en el Art. 100, inciso primero de la Ley de Seguridad Nacional;
 - q) Solicitar al Presidente de la República la convocatoria de los habitantes del país al servicio de Defensa Civil, en cumplimiento de lo dispuesto en el Art. 100, inciso segundo de la Ley de Seguridad Nacional;
 - r) Emitir directivas para orientar, dirigir y coordinar las actividades y el funcionamiento de los organismos dependientes del Sistema; y,
 - s) Aprobar los Planes Provinciales de Emergencia;

SECCION 2da.

DE LAS JUNTAS PROVINCIALES DE DEFENSA CIVIL

Art. 92.- Las Juntas Provinciales de Defensa Civil son organismos subordinados a la Dirección Nacional de Defensa Civil. Estarán integradas por:

- a) El Gobernador de la Provincia, en calidad de Presidente;

- 8 -

- b) El Prefecto Provincial, como primer Vicepresidente;
- c) El Alcalde de la ciudad Capital de Provincia, como segundo Vicepresidente;
- d) El Jefe de mayor jerarquía de cada una de las Ramas de las Fuerzas Armadas en la Provincia, o su inmediato inferior;
- e) Las Autoridades provinciales de mayor jerarquía, representantes de los Ministerios;
- f) Los Presidentes de las Cámaras de Producción, Comercio e Industrias;
- g) El representante de la Iglesia; y,
- h) Un representante de los medios de comunicación colectiva.

En la Provincia de Pichincha presidirá la Junta el Prefecto Provincial, la misma que se integrará con los delegados designados por los Ministerios de Estado o entidades a que se refiere este Artículo.

Art. 93.- Las principales funciones de las Juntas Provinciales de Defensa Civil son:

- a) Dirigir y ejecutar las acciones necesarias para hacer frente a los desastres y calamidades de diferente origen que afecten a la provincia;
- b) Llevar a cabo la acción planificada conjunta que permita la utilización adecuada de los recursos estatales y/o privados, de acuerdo con las normas impartidas por la Dirección Nacional de Defensa Civil;

- 9 -

- c) Dictar las normas conducentes a la oportuna y adecuada participación de la población de las zonas afectadas por desastres o calamidades; y,
- d) Elaborar los Planes de Emergencia Provinciales para que la estructura básica de su organización sea capaz de enfrentar las diversas situaciones que requieran acción inmediata, como consecuencia de desastres.

SECCION 3ra.

DE LAS JEFATURAS PROVINCIALES DE DEFENSA CIVIL

Art. 94.- Las Jefaturas Provinciales, que son organismos de planificación, control y ejecución, se integrarán con los representantes de los organismos básicos de Defensa Civil; Policía Nacional, Cruz Roja Ecuatoriana y Cuerpo de Bomberos.

Presidirá la Jefatura Provincial el Oficial de Policía Nacional de mayor grado o antigüedad de guarnición en la Provincia, a excepción de la de Pichincha, en donde el Presidente será un Oficial General o Superior designado por el Comandante General.

Art. 95.- Sus principales funciones son:

- a) Ejecutar las disposiciones de los organismos superiores del Sistema, respecto a las acciones a desarrollar en el ámbito de su jurisdicción;
- b) Asegurar que la población de su jurisdicción esté permanentemente preparada para afrontar cualquier situación de emergencia o calamidad;
- c) Formular el Plan Provincial de Defensa Civil, de acuerdo a las normas que imparta la Dirección

Nacional de Defensa Civil;

- d) Mantener relación permanente con los organismos gubernamentales, municipales e instituciones particulares que actúan en su jurisdicción, con el fin de asegurar su cooperación;
- e) Poner en ejecución los planes aprobados por la Dirección Nacional de Defensa Civil;
- f) Establecer y mantener informados permanentemente a los organismos jerárquicos superiores, sobre cualquier circunstancia que pueda convertirse en desastre o calamidad;
- g) Iniciar la acción inmediata frente a catástrofes y solicitar a la Junta Provincial de Defensa Civil el apoyo necesario;
- h) Estar informado de la disponibilidad de personal y medios para casos de calamidad o desastre;
- i) Efectuar permanentemente la evaluación de la disponibilidad de artículos básicos vitales, que permitan atender los casos de emergencia en el período crítico hasta la normalización vital del área o zona afectada; y,
- j) Establecer y mantener sistemas de alarma en las áreas potencialmente peligrosas.

SECCION 4ta.

DE LAS JEFATURAS CANTONALES DE DEFENSA CIVIL

Art. 96.- Las Jefaturas Cantonales de Defensa Civil son organismos de control y ejecución dentro de su jurisdicción.

Estarán integradas básicamente por:

- a) El Presidente del Concejo Municipal del Cantón;
- b) El Jefe Político;
- c) El Oficial de la Policía Nacional de mayor jerarquía o antigüedad de guarnición en el Cantón;
- d) El Jefe del Cuerpo de Bomberos;
- e) El Presidente de la Cruz Roja; y,
- f) El representante de la Iglesia residente en el Cantón.

En los cantones en que existiere guarnición militar, el oficial de mayor jerarquía integrará y presidirá la Jefatura, caso contrario, la presidirá el Presidente del Concejo Cantonal.

Art. 97.- Las funciones principales de la Jefatura Cantonal son:

- a) Ejecutar las disposiciones de los organismos superiores del Sistema sobre acciones a desarrollar en el ámbito de su jurisdicción;
- b) Asegurar que la población de su jurisdicción esté permanentemente preparada para afrontar cualquier emergencia o calamidad;
- c) Ejecutar el Plan Cantonal de Defensa Civil de acuerdo a las normas que le sean impartidas por los organismos jerárquicos superiores;
- d) Mantener contacto permanente con los organismos gubernamentales, municipales y/o privados, a fin de garantizar su cooperación;
- e) Establecer y mantener comunicación con los organismos jerárquicos superiores del Sistema, a fin de mantenerlos informados sobre cualquier

circunstancia que pudiera devenir en desastre o calamidad.

- f) Efectuar permanentemente la evaluación de la disponibilidad de artículos básicos vitales, que permitan atender los casos de emergencia en el período crítico, hasta la normalización vital del área o zona afectada; y,
- g) Establecer y mantener sistemas de alarma en las áreas potencialmente peligrosas.

SECCION 5ta.

DE LAS JEFATURAS PARROQUIALES DE DEFENSA CIVIL

Art. 98.- Las Jefaturas Parroquiales de Defensa Civil son organismos de ejecución en su jurisdicción.

Estarán integradas por:

- a) El Presidente de la Junta Parroquial, quien ejercerá la Jefatura;
- b) El Teniente Político;
- c) El Cura Párroco; y,
- d) Dos vocales nombrados por el Jefe Parroquial de Defensa Civil, de entre los pobladores de la parroquia.

Art. 99.- Las principales funciones de la Jefatura Parroquial son:

- a) Ejecutar las acciones previstas en el Plan Cantonal de Emergencia;
- b) Cumplir y hacer cumplir las órdenes emanadas de los organismos superiores de Defensa Civil;

- c) Instruir y adoctrinar a la población para afrontar situaciones de emergencia o catástrofe;

- d) En casos de desastre, evaluar la magnitud de los daños, a fin de informar inmediatamente a la Jefatura Cantonal y a la Dirección Nacional de Defensa Civil; y,

- e) Proporcionar apoyo inmediato a otras parroquias vecinas afectadas por desastre o catástrofe.

CAPITULO III

DE LAS JEFATURAS DE ZONAS ESPECIALES DE DEFENSA CIVIL

Art. 100.- En áreas del territorio nacional que por su alto significado estratégico o socio-económico requieran de una organización especial de Defensa Civil, se organizarán con carácter temporal las Jefaturas de Zonas Especiales.

Estas Jefaturas dependerán directamente de la Dirección Nacional de Defensa Civil.

Art. 101.- Las principales funciones de las Jefaturas de Zonas Especiales serán determinadas por el Director Nacional de Defensa Civil.

Art. 102.- El Director Nacional de Defensa Civil designará a los directivos y demás integrantes de las Jefaturas de Zonas Especiales.

- 14 -

CAPITULO IV

DE LAS UNIDADES DE DEFENSA CIVIL DE LAS DIRECCIONES DE PLANEAMIENTO DE SEGURIDAD PARA EL DESARROLLO NACIONAL

- Art. 103.- Las Unidades de Defensa Civil forman parte de las Direcciones de Planeamiento de Seguridad para el Desarrollo Nacional, de cada Ministerio a excepción del de Defensa Nacional.
- Art. 104.- Las Unidades de Defensa Civil son los organismos que permiten el enlace y coordinación entre los Ministerios y entidades adscritas con la Dirección Nacional de Defensa Civil, para alcanzar la mejor utilización de los recursos humanos y materiales en apoyo a las acciones de Defensa Civil.
- Art. 105.- Las principales funciones de las Unidades de Defensa Civil de las Direcciones de Planeamiento de Seguridad para el Desarrollo Nacional son:
- Mantener actualizados los registros e inventarios de recursos de los Ministerios y entidades adscritas, que puedan ser utilizados en situaciones de emergencia;
 - Elaborar el Plan Sectorial de Defensa Civil de acuerdo a las misiones asignadas en el Plan Nacional;
 - Formular normas para que dentro del campo de acción de cada Ministerio se realice la evaluación de daños causados por desastres o calamidades; y,
 - Coordinar con las autoridades ministeriales competentes para que instruyan a los organismos subordinados, a fin de que proporcionen los recursos materiales y servicios requeridos en caso de emergencia por las autoridades del Sistema de Defensa Civil.

- 15 -

CAPITULO V

DE LAS UNIDADES AUXILIARES DE DEFENSA CIVIL

- Art. 106.- Las Unidades Auxiliares tienen la misión de reforzar a la Policía Nacional, Cruz Roja y Cuerpo de Bomberos en actividades de Defensa Civil.
- Art. 107.- Las Unidades Auxiliares estarán integradas por los ecuatorianos comprendidos en el Art. 84 de la Ley de Seguridad Nacional y lo que disponga la Ley y Reglamento de Servicio Militar y Trabajo Obligatorio en las Fuerzas Armadas; y, por voluntarios.
- Art. 108.- La organización, preparación y adiestramiento de las Unidades Auxiliares estará a cargo de la Policía Nacional, Cruz Roja y Cuerpo de Bomberos, de acuerdo con los Reglamentos respectivos.

CAPITULO VI

DE LOS RECURSOS FINANCIEROS DE LA DEFENSA CIVIL

- Art. 109.- Los fondos correspondientes al presupuesto especial estarán destinados a los gastos administrativos y de inversión que demande el funcionamiento de la Dirección Nacional de Defensa Civil.

- 16 -

- Art. 110.- Para afrontar los gastos de previsión y contingencias, la Dirección Nacional de Defensa Civil contará con un Fondo, que se mantendrá en el Banco Central en la cuenta denominada "Fondo de Contingencias para Defensa Civil".

Este fondo se alimentará con la asignación anual y las asignaciones especiales que se realicen en los casos determinados en el Art. 104 de la Ley de Seguridad Nacional.

Se tendrán como gastos de previsión también aquellos que se requieran para la divulgación, educación y adoctrinamiento a la población sobre Defensa Civil; así como para la construcción o adquisición de instalaciones, vehículos, materiales y equipos para la Defensa Civil.

- Art. 111.- El Fondo de Contingencias será utilizado como base para la realización de obras de previsión de desastres y atención de las emergencias o catástrofes nacionales o internacionales a que deba concurrir el Ecuador; y, para los desastres de consideración que afecten a barrios o poblaciones, que no tengan la gravedad, por su magnitud o incidencia, para ser calificadas de catástrofes nacionales. Según la necesidad, será incrementado por disposición de la Presidencia de la República.

La ayuda a los damnificados, cuando fuere menester, se proporcionará de acuerdo a la evaluación social y económica que se realizare, y a criterio de la Dirección Nacional de Defensa Civil.

- Art. 112.- Los fondos extrapresupuestarios que se asignen en el presupuesto de emergencia expedido por el Presidente de la República, estarán destinados a

- 17 -

proporcionar atención vital a la población damnificada de zonas declaradas en estado de emergencia.

- Art. 113.- Los auxilios, donaciones, aportes, subvenciones, contribuciones u otros ingresos provenientes de organismos públicos y privados, de personas naturales o jurídicas, nacionales, extranjeras o internacionales, con motivo de desastres, serán canalizados a través de la Dirección Nacional de Defensa Civil y destinados a los fines para los que fueron otorgados.

- Art. 114.- Los recursos monetarios aportados por Instituciones gubernamentales o privadas o por el pueblo ecuatoriano, que hayan sido recolectados por organismos nacionales o internacionales de ayuda o asistencia social, serán obligatoriamente depositados en el Banco Central en la cuenta "Fondo de Contingencias para Defensa Civil".

- Art. 115.- El requerimiento de recursos financieros que demande la rehabilitación, será propuesto por el Director Nacional de Defensa Civil al Presidente de la República.

- Art. 116.- Las autoridades de los organismos del Sistema de Defensa Civil que reciban recursos de cualquier índole para la ejecución de programas para la rehabilitación de zonas afectadas, justificarán los gastos realizados ante la Contraloría General de la Nación y la Dirección Nacional de Defensa Civil.

- Art. 117.- Los recursos depositados en el Banco Central del Ecuador en la cuenta "Fondo de Contingencias para Defensa Civil", serán manejados bajo la responsabilidad del Director Nacional de Defensa Civil.

- Art. 118.- Los saldos presupuestarios ordinarios, extraordinarios o de cualquier origen deberán ser depositados en el Banco Central en la cuenta "Fondo de Contingencias para Defensa Civil".
- Art. 119.- Derógase el Reglamento General de la Ley de Seguridad Nacional dictado por Decreto Supremo No. 1645, promulgado en el Registro Oficial No. 568 de 16 de julio de 1.965.
- Art. 120.- De la ejecución del presente Decreto, que entrará en vigencia desde la fecha de su expedición, sin perjuicio de su publicación en el Registro Oficial, encárgase a los señores Ministros de Estado, Directores de los Frentes de Acción de Seguridad Nacional.

Dado, en el Palacio Nacional, en Quito, a 17 de noviembre de 1.976.

f.) Vicealmirante Alfredo Poveda Burbano, Comandante General de la Fuerza Naval, Presidente del Consejo Supremo de Gobierno.- f.) General Guillermo Durán Arcentales, Comandante General de la Fuerza Terrestre, Miembro del Consejo Supremo de Gobierno.- f.) Brigadier General Luis Leoro Franco, Comandante General de la Fuerza Aérea, Miembro del Consejo Supremo de Gobierno.- f.) Gral. (r) Andrés Arrata Macías, Ministro de Defensa Nacional, Director del Frente Militar.- f.) Econ. César Robalino Gonzaga, Ministro de Finanzas y Crédito Público, Director del Frente Económico.- f.) Crnel. Bolívar Jarrín Cahueñas, Ministro de Gobierno, Director del Frente Interno.- f.) Dr. Armando Pesantes García, Ministro de Relaciones Exteriores, Director del Frente Externo.

Es copia.- Lo certifico.

f.) Víctor H. Garcés Pozo, Capitán de Navío de E.M., Secretario General de la Administración Pública.

REFORMAS AL REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY DE SEGURIDAD NACIONAL.

DECRETO SUPREMO No. 3693, del 2 de agosto de 1.979

REGISTRO OFICIAL No. 888, del 3 de agosto de 1.979

TITULO III DE LA DEFENSA CIVIL

- Art. 20.- El Art. 82 sustitúyase por el siguiente Art.: "Los organismos integrantes del Sistema de Defensa Civil tienen los siguientes niveles:
- Nivel Nacional:
 - Dirección Nacional de Defensa Civil; y,
 - Unidades de Defensa Civil de las Direcciones de Planeamiento de Seguridad para el Desarrollo Nacional.
 - Nivel Provincial:
 - Junta Provincial de Defensa Civil.
 - Nivel Cantonal:
 - Jefatura Cantonal de Defensa Civil.
 - Nivel Parroquial:
 - Jefatura Parroquial de Defensa Civil; y,
 - Jefaturas de Zonas Especiales que se conformarán hasta el nivel Provincial".

Art. 21.- En el Art. 86, suprimase: "Para efectos contractuales goza de personería jurídica de acuerdo con la Ley".

Art. 22.- El Art. 87, sustitúyase por el siguiente Art.: "El Director Nacional de Defensa Civil será un oficial de las Fuerzas Armadas en la jerarquía de General o Coronel de Estado Mayor o su equivalente en la Fuerza Naval, nombrado por el Secretario General del Consejo de Seguridad Nacional si estuviere en servicio pasivo o, a pedido de este, por el Ministro de Defensa Nacional, si estuviere en servicio activo".

Art. 23.- Suprimase el Art. 88.

Art. 24.- En el Art. 91 introdúzcanse las siguientes modificaciones en los literales p) y q):

- 1.- En el literal p) donde dice "Art. 100", debe decir: "Art. 99"; y,
- 2.- En el literal q) donde dice "Art. 100", debe decir: "Art. 99".

Art. 25.- El Art. 92 sustitúyase por el siguiente Art.: "Las Juntas Provinciales son organismos de planeamiento, asesoramiento, coordinación, ejecución y supervisión en sus respectivas jurisdicciones. Estarán integradas por:

- Gobernador de la Provincia, quien la presidirá. En la provincia de Pichincha la presidirá el Subsecretario de Gobierno;
- Prefecto Provincial, como Primer Vicepresidente;
- Alcalde de la Capital Provincial, como Segundo Vicepresidente;

d) Oficial de mayor jerarquía de cada una de las ramas de las Fuerzas Armadas, en la provincia. En la de Pichincha el oficial que fuere designado por el Ministro de Defensa Nacional;

e) Oficial de mayor jerarquía de la Policía Nacional en la Provincia. En la de Pichincha, el oficial que fuere designado por el Ministro de Gobierno y Policía;

f) Representante de la Iglesia;

g) Representante de la Dirección Nacional de Defensa Civil;

h) Representantes de los Ministerios en la Provincia; e,

i) Representante de los medios de comunicación social, designado por la Unión Nacional de Periodistas.

El Presidente de la Junta Provincial podrá disponer que se integren al organismo otras autoridades o personas que estime necesarias.

De acuerdo con las circunstancias y necesidades, la Junta sesionará y adoptará resoluciones con la sola presencia de los representantes que concurran a la convocatoria efectuada por el Presidente".

Art. 26.- El Art. 93 sustitúyase por el siguiente Art.: "Las principales funciones de las Juntas Provinciales de Defensa Civil son:

- Elaborar los Planes de Emergencia Provincial y del Cantón Cabecera Provincial para que la estructura básica de su organización sea capaz de afrontar las diversas situaciones que requie-

- ran acción inmediata, como consecuencia de los desastres;
- b) Dirigir y ejecutar las acciones necesarias para solucionar los efectos ocasionados por los desastres y calamidades de diferente origen que afecten a la provincia;
 - c) Llevar a cabo la acción planificada conjunta que permita la utilización adecuada de los recursos estatales o privados, de acuerdo con las normas impartidas por la Dirección Nacional de Defensa Civil;
 - d) Dictar normas conducentes a la oportuna y adecuada participación de la población de las zonas afectadas por desastres y calamidades;
 - e) Asegurar que la población de su jurisdicción esté permanentemente preparada para afrontar cualquier situación de emergencia o calamidad;
 - f) Mantener informada permanentemente a la Dirección Nacional de Defensa Civil sobre cualquier circunstancia que pueda convertirse en desastre o calamidad;
 - g) Ejecutar de inmediato las acciones necesarias para atender a los damnificados por los desastres o catástrofes. Esta atención la efectuará con sus propios medios, y de ser éstos insuficientes, solicitará a la Dirección Nacional de Defensa Civil el apoyo necesario;
 - h) Conocer y planificar la disponibilidad de personal, recursos y servicios para casos de calamidades o desastres;

- i) Efectuar permanentemente la evaluación y disponibilidad de artículos básicos vitales que permitan atender los casos de emergencia en períodos críticos, hasta conseguir que la población afectada vuelva a su normal funcionamiento y actividad;
- j) Establecer y mantener sistemas de alarmas en las áreas potencialmente peligrosas; y,
- k) Realizar una evaluación de los daños producidos por desastres o catástrofes, e informar de manera inmediata a la Dirección Nacional de Defensa Civil".

Art. 27.- Suprimase la Sección 3ra.- "De las Jefaturas Provinciales de Defensa Civil" y los Arts. 94 y 95.

Art. 28.- El Capítulo V "De las Unidades Auxiliares de Defensa Civil" sustitúyase por el "De los Organismos Básicos y de las Unidades Auxiliares de Defensa Civil, con los siguientes Arts.:

Art.-"El Sistema de Defensa Civil tiene como organismos básicos a la Policía Nacional, Cuerpo de Bomberos y Cruz Roja Ecuatoriana, a través de los cuales se ejecutarán las operaciones previstas en las diferentes fases consideradas en los planes de emergencia".

Art.-"Los organismos básicos son responsables de la instrucción de Defensa Civil que se proporcionará al personal que pertenece a dichas instituciones, así como la organización, instrucción y entrenamiento que se dará a las respectivas Unidades Auxiliares de Defensa Civil".

Art.-"Las principales funciones de los organismos básicos son:

- a) Elaborar planes particulares para el empleo de sus medios en caso de desastre, de acuerdo a lo que determinen los planes de emergencia;
- b) Organizar, instruir y adiestrar a sus Unidades Auxiliares de acuerdo a las directivas emitidas por la Dirección Nacional de Defensa Civil;
- c) Preparar y adiestrar al personal que integra los organismos básicos en las acciones de Defensa Civil, a fin de alcanzar un alto grado de alistamiento; y,
- d) Intervenir en las acciones de Defensa Civil en la prevención, atención y rehabilitación de emergencia de las comunidades afectadas por desastre o calamidad, con los medios y recursos propios institucionales".

Art.-"Las Unidades Auxiliares estarán integradas por los ecuatorianos comprendidos en el Art. 114 de la Ley de Seguridad Nacional, y lo que dispone la Ley y Reglamento de Servicio Militar Obligatorio en las Fuerzas Armadas".

Disposición Transitoria

Encárgase a la Secretaría General del Consejo de Seguridad Nacional, la codificación del Reglamento General de la Ley de Seguridad Nacional.

Disposición Final

De la ejecución del presente Decreto, que entrará en vigencia desde la fecha de su expedición, sin perjuicio de su publicación en el Registro Oficial, encárgase a los señores Ministros Secretarios de Estado en las Carteras de Relaciones Exteriores, de Gobierno y Policía, de Finanzas y Crédito Público y de Defensa Nacional.

Dado, en el Palacio Nacional, en Quito a 2 de agosto de 1.979.

f.)Almirante Alfredo Poveda Burbano, Comandante General de la Fuerza Naval, Presidente del Consejo Supremo de Gobierno.- f.)General de División Guillermo Durán Arcentales, Comandante General de la Fuerza Terrestre, Miembro del Consejo Supremo de Gobierno.- f.) Teniente General Luis Leoro Franco, Comandante General de la Fuerza Aérea, Miembro del Consejo Supremo de Gobierno.
f.)Lcdo. José Ayala Lasso, Ministro de Relaciones Exteriores.- f.)Calm. Víctor Hugo Garcés Pozo, Ministro de Gobierno.- f.)Lcdo. Juan Reyna, Ministro de Finanzas.- f.)Gral. Andrés Arrata Macías, Ministro de Defensa.

Es copia.- Lo certifico.

f.)Julio Enrique Dobronski Bohórquez, Coronel E.M.S., Secretario General de la Administración Pública.

Annexe 6
Questionnaire utilisé pour la campagne d'enquêtes
menée auprès de la population exposée au Cotopaxi

ENCUESTA SOBRE LOS PELIGROS DE LA NATURALEZA

IFEA/ORSTOM/CE016/DEFENSA CIVIL

- 1. Lugar de la encuesta.....
- 2. Localidad.....
- 3. Parroquia..... 4. Provincia.....
- 5. ¿Cree usted que en este lugar en donde vive existen peligros naturales? Sí No No sabe
- 6. ¿Cuáles son para usted los peligros naturales que pueden amenazar este lugar? (Ponerlos por orden de importancia)

 - 1.....
 - 2.....
 - 3.....
 - Otros.....

- 7. ¿Sintió el terremoto del 5 de marzo de 1987? Sí No [Si contesta sí] 8. Fue Muy fuerte Fuerte Debil
- 9. ¿Qué hizo Ud durante el terremoto?.....
-
-
-
- 10. ¿Cree Ud que las autoridades tomaron las acciones adecuadas para enfrentar la situación? Sí No No sabe
- 11. Explique su respuesta.....
-
-
- 12. ¿Vivió usted otra(s) catástrofe(s) natural(es)? Sí No (Si contesta afirmativamente) 13. ¿Cuales?.....
-
-
- 14. ¿Qué es lo que más sentiría perder usted en un desastre? [Ordenar].....
-
-
- 15. En una catástrofe, ¿De quién cree usted que depende la salvación de su vida y de sus bienes?

 - 11 Solamente de Dios? 21 De Dios y de usted? 31 Solamente de usted? 41 Solo de otras personas? De Dios y de otras personas
 - 51 De usted y de otras personas? 61 De Dios, de usted y de otras personas? 71 Otra respuesta.....

- 16. ¿Usted qué haría?.....
-
- 17. ¿Cuáles personas y por qué?.....

18. ¿Se puede ver el Cotopaxi desde donde usted vive? Sí No Apenas Desde el sector solo

19. ¿Podría decir en pocas palabras lo que significa, representa o lo que es para usted el Cotopaxi?

.....
.....

20. ¿Podría decirme los nombres de algunos volcanes del Ecuador?

.....

21. ¿Qué es para usted un volcán?

.....
.....

22. ¿Hay volcanes peligrosos para la población en el Ecuador? Sí No No sabe

23. De los 8 volcanes siguientes ¿Cuáles afectarían más gravemente a mayor número de habitantes? (Ordenar a estos tres)

Sangay Tungurahua Ilaló Reventador Cayaambe Cotopaxi Pichincha Chiaborazo

24. ¿Considera usted que el Cotopaxi puede erupcionar dentro de los próximos 10 años? Sí No No sabe

25. dentro de los próximos 50 años? Sí No No sabe

26. ¿Para usted cuáles serían las parroquias o los lugares más amenazados por la erupción del Cotopaxi? (Ordenarlos)

1..... 3.....

2..... 4.....

Otros.....

27. ¿Cuáles serían las cosas peligrosas del volcán que amenazarían estos lugares o estas parroquias?.....

.....
.....

.....

28. Suponiendo que erupcionara el Cotopaxi, ¿qué daños (o estragos) ocasionaría el volcán en estos lugares o en estas parroquias?

.....
.....

.....

29. ¿Cree usted que su parroquia puede verse amenazada en caso de erupción del Cotopaxi? Sí No Puede ser No sé

(Si la respuesta es negativa) 30. ¿Porque no?.....

.....

(Si la respuesta es afirmativa) 31. ¿Qué parte de la parroquia podría, según usted, estar amenazada?.....

↑ Productos

32. ¿Cree usted que su vivienda puede verse amenazada? Sí No Puede ser No sabe

33. ¿Cómo supo usted sobre las zonas que pueden ser afectadas por el Cotopaxi?.....

34. ¿Sabe Ud cuándo se produjo la última erupción del Cotopaxi? No sabe

35. ¿Qué pasó en esta erupción?.....

36. ¿Cómo obtuvo esta información?.....

37. ¿Ha oído hablar de otras erupciones importantes del Cotopaxi en el pasado? Sí No

(Si contesta afirmativamente) 38. ¿Cuándo?.....

39. ¿Qué pasó?.....

40. ¿Ha oído hablar de desastres naturales en el Ecuador o en otros países desde 1980? Sí No

(Si contesta afirmativamente) 41. ¿Cuáles? (Precisar el tipo de fenómeno, el lugar y el año),

42. ¿Ha oído hablar de la erupción del Nevado El Ruiz en Colombia sucedida en noviembre de 1985? Sí No

(Si contesta afirmativamente) 43. ¿Podría decir lo que pasó? (fenómenos y consecuencias).....

44. ¿Cómo supo de esto?.....

(Si contesta negativamente o se equivoca, dar las informaciones)

45. ¿Cree usted que en el pasado el Cotopaxi ha sido tan peligroso como el Nevado El Ruiz? Sí No No sabe

46. Explique su respuesta.....

47. ¿Cree usted que en el futuro el Cotopaxi puede volverse tan peligroso como el Nevado El Ruiz? Sí No No sabe

48. Explique su respuesta.....

49. Suponiendo que Ud vee salir humo del volcán, siente temblores y oye ruidos subterráneos, y Ud quiere saber algo sobre lo que ocurre y sobre lo que puede pasar, ¿A quién o a qué medio recurriría Ud en primer lugar para informarse o pedir consejo acerca de lo que se debe hacer?

50. ¿Por qué?.....

51. ¿Qué haría usted si se le avisa que el Cotopaxi va a erupcionar dentro de un mes? [Explicar].....

52. Si ve o si le avisan que está erupcionando el Cotopaxi, ¿Qué haría? [Explicar].....

53. En caso de peligro inmediato, ¿quién y cómo deberían avisarle para que usted salga de su casa?.....

54. En período de reposo del volcán, como ahora, ¿Cuáles són para usted los medios más eficaces para dar a conocer los peligros y las acciones a tomarse en caso de una posible erupción del Cotopaxi?

55. ¿Querría usted tener más informaciones sobre este asunto? Sí No

56. Si el gobierno diera la orden de evacuar o de salir de aquí porque hay peligro del Cotopaxi, ¿Saldría usted? Sí No
Sí → Condiciones?

57. ¿Por qué sí? 58. ¿Por qué no?.....

(Si contesta no) 59. ¿Qué debería hacer el gobierno o las autoridades para que usted acepte salir?.....

60. Ahora el Cotopaxi no está en actividad. ¿Cree usted que ahora se deba hacer algo para evitar un desastre en el futuro?

No No sabe 61. ¿Porqué?.....

Sí 62. ¿Cuáles serían estas acciones?.....

63. ¿Quién debería ocuparse de esta preparación?.....

64. ¿Cree usted que en este momento el Cotopaxi está vigilado (por los científicos)? Sí No No sabe

* CARACTERISTICAS GENERALES

65. Sexo M F

66. ¿Cuántos años cumplidos tiene?

67. ¿Cuántas personas residen en su vivienda?..... 68. ¿Cuántos cuartos utiliza para dormir?.....

69. Su vivienda es de Concreto? Ladrillo? Mixta? Adobe?

70. ¿Desde cuándo vive en esta parroquia? Desde siempre Desde..... Desde hace..... años - meses

(Si ha cambiado de parroquia) 71. ¿Dónde vivía usted antes?.....

72. ¿Le gustaría seguir viviendo aquí? o querría cambiar de lugar? 73. ¿Por qué?.....

74. ¿Dónde trabaja usted?.....

75. (Si no trabaja) Es Estudiante Jubilado Ama de casa Otro.....

76. (Si trabaja) ¿Cuál es su ocupación principal? (indicarla con detalle).....

77. ¿A qué se dedica principalmente el establecimiento o lugar donde desempeña la ocupación indicada?.....

78. ¿Qué posición ocupa usted? Patrono o socio activo Trabajador por cuenta propia Asalariado

Trabajador familiar sin reanumeración Aprendiz Otro.....

79. ¿Tiene usted una segunda actividad? Sí No (Si contesta afirmativamente) ¿Cuál?.....

80. (Si la persona encuestada no es el jefe de familia) Ocupacion, tipo de actividad, posición del jefe de familia.....

81. (Para los campesinos) ¿En qué periodo del año está usted más ocupado y por qué?.....

82. ¿Con qué medios propios de transporte cuenta su hogar?.....

83. ¿Qué bienes posee usted en esta parroquia? Casa? Sí No Terrenos? Sí No
 Otros,.....
84. ¿Há hido a la escuela? Sí No 85. ¿Cuál es el último grado, curso o año que aprobó en la enseñanza regular?
 Ninguno Centro de alfabetización Primaria, Grado,.....
 Secundaria, Curso,..... Superior,..... años o semestres
86. ¿Qué idioma habla habitualmente en familia?,.....
87. ¿Cómo aprende, conoce o sabe sobre lo que pasa en el país? (Si hay varias respuestas ordenarlas) Radio Televisión
 Periódicos/Revistas Conversación De otro modo,..... De ningún modo
88. ¿Cómo aprende, conoce o sabe sobre lo que pasa o que va a pasar en su parroquia, en su barrio o en su lugar?,.....

89. ¿Adónde va hacer usted sus compras? De alimentos,.....
 90. De ropa,..... 91. De otras cosas importantes (por ej. cocina),.....
 92. Herramientas, semilla (por los caapesinos),.....
95. ¿Adónde van para hacerse atender su salud?,.....
96. En general, ¿qué personas, organismos o instituciones merecen su mayor respeto y confianza y porqué?,.....

97. La casa del entrevistado Es aislada Pertenece a un grupo de 5 casas o menos 6 a 20 casas Más de 20

PARA USO DEL ENCUESTADOR

- * Apellidos del encuestador,..... Fecha,.....
98. Contexto de la entrevista; la persona entrevistada esta Sola Con otra(s) persona(s)
- * Actitud del entrevistado; 99. Más bien hostil Normal Cooperativo
100. Seguro de lo que dice Relativaamente seguro Inseguro

PARA USO DEL ORGANIZADOR DE LA ENCUESTA

- * 1 L+ C+ 2 L+ C- 3 L- C+ 4 L- C- 5 LO C+ 6 LO C-
- * 1 URB 2 RU 3 RPu 4 RH 5 RPf

Annexe 7

Les variables prises en compte dans l'étude

Les variables de localisation

Distance au volcan

Chaque enquête a été pointée sur une carte, ce qui a permis de calculer la distance séparant le domicile des personnes interrogées du volcan (ou plus précisément du cratère). Les personnes interrogées les plus éloignées se trouvent à 55 km du Cotopaxi. Personne ne vit en permanence à moins de 15 km.

Quatre classes ont été distinguées:

- 15-25 km
- 25-35 km
- 35-45 km
- plus de 45 km

Obstacles visuels

Le Cotopaxi peut être visible en permanence depuis le lieu de résidence de la personne interrogée ou au contraire être masqué par des obstacles naturels plus ou moins importants. Trois classes:

- Aucun obstacle masquant le Cotopaxi
- Obstacles mineurs: le Cotopaxi est visible à proximité du lieu de résidence
- Obstacles majeurs (un relief volcanique comme le Pasochoa par exemple): le premier point de vue est relativement éloigné, de plusieurs centaines de mètres à plus d'un kilomètre.

Province: Pichincha et Cotopaxi.

Variables socio-économiques

Age:

L'âge minimum de la personne interrogée est de 15 ans. Quatre classes:

- 15-29 ans
- 30-44 ans
- 45-49 ans
- 60 ans et plus.

Sexe: Hommes, femmes

Activité professionnelle

Classement effectué dans un premier temps d'après la nomenclature de l'INEC puis simplifié et adapté à la situation du terrain d'étude. Lorsque la personne interrogée n'exerçait pas d'emploi spécifique (étudiants, femmes à la maison), nous avons tenu compte de l'activité professionnelle du chef de famille. Huit classes:

- Professions libérales, enseignants
- Agents administratifs du public et du privé
- Commerçants
- Artisans
- Ouvriers
- Personnels de services (employés de maisons, gardiens, etc.)
- Agriculteurs
- Autres

Le niveau socio-économique

Quatre classes:

- Faible à très faible
- Relativement faible
- Relativement élevé
- Elevé à très élevé

Ces classes ont été constituées à partir de cinq indicateurs: le niveau d'instruction (particulièrement pertinent en Equateur), les moyens de transports possédés, le nombre de personnes par pièce utilisée pour dormir, la qualité de la maison ou de l'immeuble dans lequel on vit et la possession ou non de son logement. Les classes composées à partir de ces indicateurs (voir tableau ci-dessous) ont reçu une valeur arbitraire selon un sens logique: la note minimum (1) lorsqu'elles se situent au pôle négatif de la variable (faiblesse du niveau socio-économique renforcée),

la note maximum (3, 4 ou 5 selon le poids donné à l'indicateur) lorsqu'elles se situent au pôle opposé.
Par simple addition des valeurs recueillies pour chaque indicateur, nous avons obtenu une note globale à partir de laquelle les quatre niveaux socio-économiques ont été établis.

Instruction	Aucune 1	Primaire 2	Secondaire 4	Supérieur 5
Moyens de transport	Aucun 1	Vélo 2	Moto 3	Auto 4
Nb de personnes par chambre	Plus de 3 1	De 2,25 à 3 2	De 1,33 à 2 3	Moins de 1,33 4
Qualité de la maison	Habitat précaire (tôles, paille, bois) 1	Pisé ("adobe") 2	Moellons ("bloques") ou mixte (avec adobe) 3	Briques, béton 4
Propriété du logement	Non 1	— —	— —	Oui 3

Note minimum: 5
Note maximum: 20

Note globale	Niveau socio-économique
5 - 9	Faible à très faible
10 - 13	Relativement faible
14 - 17	Relativement élevé
18 - 20	Elevé à très élevé

Type de population

Cinq classes (voir la carte 4):

- Urbain
- Péri-urbain
- Rural villageois
- Rural des haciendas
- Rural «profond»

Nombre de personnes par famille

Quatre classes:

- 1 ou 2
- 3 ou 4
- 5 ou 6
- 7 et plus

Confiance

Il s'agit de la confiance déclarée vis-à-vis de personnes, institutions ou organismes appartenant à la paroisse de résidence ou extérieurs à celle-ci. Quatre classes:

- Confiance en personne ou à la famille restreinte seulement
- Confiance dirigée vers l'intérieur de la paroisse uniquement
- Confiance dirigée à la fois vers l'intérieur et l'extérieur de la paroisse
- Confiance dirigée vers l'extérieur de la paroisse uniquement.

Temps de résidence dans la paroisse

Quatre classes:

- Moins de 5 ans
- 5-14 ans
- 15 ans et plus (a vécu ailleurs)
- Depuis toujours.

Biens immobiliers possédés

Trois classes:

- Aucun
- Maison / appartement
- Maison et terrain.

Variables d'informationSource d'information sur le Cotopaxi

Cinq classes:

- Aucune source d'information particulière et/ou observations personnelles
- A travers les conversations avec l'entourage
- Les médias seulement
- Les conversations et les médias
- Ecole, organismes de protection civile.

Informations sur la catastrophe du Nevado del Ruiz

Deux classes:

- N'a jamais entendu parler de cette catastrophe
- En a déjà entendu parler.

AutresConnaissance des aléas potentiels du Cotopaxi

Quatre classes:

- Les coulées de boues ou lahars sont cités
- Les lahars ne sont pas cités mais on parle de lave au sens volcanologique du terme (en espagnol le mot lave peut prêter à confusion aussi avons nous demandé à ceux qui l'employaient de préciser sa signification)
- Seulement d'autres produits ou manifestations du volcan sont signalés
- Ne sait pas.

Annexe 8
Enquêtes réalisées selon les unités territoriales de base
 (voir cartes 14 et 15)

N° du secteur	Population 1988 estimée	Menages 1988 estimés*	Nombre d'enquêtes
---------------	-------------------------	-----------------------	-------------------

Risque très élevé

001	200	41	10
005	450	87	21
012	350	79	20
016	150	30	8
019	900	174	20
022	50	10	4
025	1550	323	26
026	1500	313	26
027	1000	208	15
028	800	167	14
031	1350	276	25
032	1600	320	28
041	270	54	27
051	250	47	11
056	200	43	8
061	400	83	21
065	150	33	10
070	250	50	10
071	750	149	23
072	700	139	17
079	450	95	24
081	850	161	22
083	750	159	21
086	800	161	13
087	1800	363	24
088	1400	282	17
089	1350	272	15
090	3600	726	34
091	2100	423	21
096	350	74	14
097	400	85	17
098	1500	319	28
099	450	94	20
110	1850	388	29
111	200	40	7

Risque élevé

033	1150	225	16
034	550	104	9
073	900	178	19
074	200	40	6
075	480	98	20
076	2400	486	23
077	1640	329	26
078	250	50	10
080	150	31	6
082	1500	288	26
100	200	43	7

* D'après le nombre de personnes par ménage indiqué au niveau paroissial par l'INEC en 1982

N° du secteur	Population 1988 estimée	Menages 1988 estimés*	Nombre d'enquêtes
---------------	-------------------------	-----------------------	-------------------

Risque modéré

002	2800	581	16
003	2600	518	17
006	9100	1791	36
007	4650	874	31
009	14100	2820	76
013	4450	1005	23
014	6400	1333	37
017	1550	308	19
020	6800	1318	44
023	1250	250	22
029	950	198	10
030	5400	1080	32
035	14450	2872	55
036	4100	792	28
037	2200	425	17
039	1350	261	19
043	300	60	8
045	350	68	11
052	500	95	14
057	600	133	16
062	450	94	13
066	350	78	10
084	300	64	10
092	3000	605	20
093	14200	2863	56
094	2650	534	17
101	450	102	7
102	1400	298	21
103	1000	213	17
104	500	102	7
112	5100	1067	24
113	900	193	11
114	1300	250	14

N° du secteur	Population 1988 estimée	Menages 1988 estimés*	Nombre d'enquêtes
---------------	-------------------------	-----------------------	-------------------

Risque faible

047	960	184	15
048	4850	898	23
049	1350	250	6
050	4900	939	24
053	7700	1534	31
054	8590	1621	47
055	600	113	8
058	1000	204	5
059	6300	1370	32
060	500	109	7
063	6850	1489	37
064	1700	354	8
067	3500	778	20
068	1800	400	10
085	3000	698	23
105	5100	1084	15
106	4200	894	19

Risque très faible ou nul

004	4200	847	15
008	12800	2423	21
010	2200	379	6
011	3700	637	9
015	11800	2477	33
018	200	39	6
021	6600	1322	24
024	9800	1960	15
038	400	77	7
040	850	165	11
042	150	32	10
044	3350	657	16
046	5000	1000	15
069	650	186	13
095	2800	565	13
107	5400	1147	28
108	8900	1894	18
109	4330	857	14
115	1750	350	7
116	5300	1133	13

Annexe 9

Lettre d'introduction de la Protection Civile équatorienne



DIRECCION NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

A QUIEN INTERESE:

Los señores abajo descritos están realizando una investigación de campo en las Provincias de Cotopaxi y Pichincha durante el período comprendido del 15 de agosto al 8 de octubre de 1988, sobre el comportamiento de la población ante la presencia de fenómenos naturales.

Este trabajo lo llevarán a cabo en coordinación con la Dirección Nacional de Defensa Civil, por lo que agradeceré se preste la colaboración correspondiente a fin de que puedan cumplir con su tarea.

JEFE DE LA INVESTIGACION: ----- ROBERT D'ERCOLE (541-87)

COORDINADOR:----- JOSE FERNANDO MONCAYO VILLAVICENCIO
(170512468-1)

ENCUESTADORES:-----SANDRA ELIZABETH FLORES TAMAYO
(171061491-6)

ROCIO ELENA VITERI AROSTEGUI
(170735699-2)


ELENA DEL CONSUELO FERNANDEZ SALVADOR
(170697601-4)

LUIS ERNESTO CARTAGENOVA CHECA
(170879225-2)

MANUEL PATRICIO GUERRA ACHIG
(170686771-8)

ALEJANDRO PATRICIO VILLAMARIN GUTIERREZ
(170826407-0)

Quito 09 de agosto de 1988


E. Antonio Moral Moral
General de División
DIRECTOR NACIONAL DE DEFENSA CIVIL



Annexe 10

Personnes, organismes ou institutions dont l'intervention est souhaitée aux différentes phases de la menace volcanique (repos: préparation; signes précurseurs: information; menace imminente: alerte) par la population interrogée dans les secteurs à risque élevé et très élevé (834 enquêtes).

Voir également dans le corps du texte le tableau 38, bâti selon le même modèle, concernant les personnes, organismes ou institutions en lesquels la population porte habituellement sa confiance.

Personnes, organismes ou institutions souhaités pour une préparation de la population destinée à affronter une éventuelle situation d'urgence

PICHINCHA			COTOPAXI		
	Nb	%		Nb	%
Autorités nation. et prov.	116	41,4	Autorités nation. et prov.	181	32,7
Scientifiques, inst. scient.	80	28,6	Scientifiques, inst. scient.	93	16,8
Protection Civile	51	18,2	Autorités locales	78	14,1
Famille/Personne	24	8,6	Famille/Personne	74	13,4
Croix Rouge	21	7,5	Protection Civile	66	11,9
Inst. de l'Etat (ministères)	20	7,1	Armée	24	4,3
Autorités locales	16	5,7	Croix Rouge	18	3,2
Police	10	3,6	Amis, voisins, gens du lieu	14	2,5
Armée	9	3,2	Médias	13	2,3
Médias	8	2,9	Inst. de l'Etat (ministères)	11	2,0
Ecole, enseignants	5	1,8	Ecole, enseignants	11	2,0
Pompiers	3	1,1	Police	10	1,8
Eglise, prêtre	1	0,4	Eglise, prêtre	9	1,6
Inst. privées (ext.)	0	0,0	Pompiers	3	0,5
Amis, voisins, gens du lieu	0	0,0	Inst. privées (ext.)	0	0,0
Centres de santé, médecins	0	0,0	Centres de santé, médecins	0	0,0
Inst. privées, patrons (int.)	0	0,0	Inst. privées, patrons (int.)	0	0,0

LES DEUX PROVINCES		
	Nb	%
Autorités nation. et prov.	297	35,6
Scientifiques, inst. scient.	173	20,7
Protection Civile	117	14,0
Famille/Personne	98	11,8
Autorités locales	94	11,3
Croix Rouge	39	4,7
Armée	33	4,0
Inst. de l'Etat (ministères)	31	3,7
Médias	21	2,5
Police	20	2,4
Ecole, enseignants	16	1,9
Amis, voisins, gens du lieu	14	1,7
Eglise, prêtre	10	1,2
Pompiers	6	0,7
Inst. privées (ext.)	0	0,0
Centres de santé, médecins	0	0,0
Inst. privées, patrons (int.)	0	0,0

Personnes, organismes ou institutions souhaités pour informer la population
en cas de signes précurseurs d'une nouvelle période éruptive du Cotopaxi

PICHINCHA	Nb	%	COTOPAXI	Nb	%
Médias	116	41,4	Famille/Personne	140	25,3
Famille/Personne	54	19,3	Médias	127	22,9
Scientifiques, inst. scient.	51	18,2	Protection Civile	76	13,7
Protection Civile	29	10,4	Amis, voisins, gens du lieu	68	12,3
Amis, voisins, gens du lieu	19	6,8	Autorités locales	59	10,6
Croix Rouge	9	3,2	Croix Rouge	29	5,2
Autorités locales	8	2,9	Scientifiques, inst. scient.	23	4,2
Pompiers	7	2,5	Autorités nation. et prov.	16	2,9
Police	5	1,8	Armée	15	2,7
Autorités nation. et prov.	3	1,1	Police	12	2,2
Inst. de l'Etat (ministères)	1	0,4	Pompiers	11	2,0
Armée	1	0,4	Eglise, prêtre	8	1,4
Eglise, prêtre	1	0,4	Inst. privées, patrons (int.)	4	0,7
Inst. privées (ext.)	0	0,0	Inst. de l'Etat (ministères)	2	0,4
Centres de santé, médecins	0	0,0	Centres de santé, médecins	2	0,4
Ecole, enseignants	0	0,0	Ecole, enseignants	1	0,2
Inst. privées, patrons (int.)	0	0,0	Inst. privées (ext.)	0	0,0

LES DEUX PROVINCES	Nb	%
Médias	243	29,1
Famille/Personne	194	23,3
Protection Civile	105	12,6
Amis, voisins, gens du lieu	87	10,4
Scientifiques, inst. scient.	74	8,9
Autorités locales	67	8,0
Croix Rouge	38	4,6
Autorités nation. et prov.	19	2,3
Pompiers	18	2,2
Police	17	2,0
Armée	16	1,9
Eglise, prêtre	9	1,1
Inst. privées, patrons (int.)	4	0,5
Inst. de l'Etat (ministères)	3	0,4
Centres de santé, médecins	2	0,2
Ecole, enseignants	1	0,1
Inst. privées (ext.)	0	0,0

Personnes, organismes ou institutions souhaités pour délivrer des messages d'alerte en cas de danger imminent

PICHINCHA			COTOPAXI		
	Nb	%		Nb	%
Médias	105	37,5	Amis, voisins, gens du lieu	185	33,4
Amis, voisins, gens du lieu	65	23,2	Famille/Personne	105	19,0
Famille/Personne	57	20,4	Médias	96	17,3
Protection Civile	27	9,6	Autorités locales	79	14,3
Autorités locales	22	7,9	Protection Civile	40	7,2
Scientifiques, inst. scient.	18	6,4	Scientifiques, inst. scient.	22	4,0
Autorités nation. et prov.	16	5,7	Armée	19	3,4
Armée	12	4,3	Autorités nation. et prov.	17	3,1
Croix Rouge	11	3,9	Eglise, prêtre	16	2,9
Police	10	3,6	Police	14	2,5
Pompiers	3	1,1	Croix Rouge	12	2,2
Inst. privées, patrons (int.)	2	0,7	Pompiers	10	1,8
Eglise, prêtre	2	0,7	Inst. privées, patrons (int.)	1	0,2
Inst. de l'Etat (ministères)	0	0,0	Inst. de l'Etat (ministères)	1	0,2
Inst. privées (ext.)	0	0,0	Ecole, enseignants	1	0,2
Centres de santé, médecins	0	0,0	Inst. privées (ext.)	0	0,0
Ecole, enseignants	0	0,0	Centres de santé, médecins	0	0,0

LES DEUX PROVINCES		
	Nb	%
Amis, voisins, gens du lieu	250	30,0
Médias	201	24,1
Famille/Personne	162	19,4
Autorités locales	101	12,1
Protection Civile	67	8,0
Scientifiques, inst. scient.	40	4,8
Autorités nation. et prov.	33	4,0
Armée	31	3,7
Police	24	2,9
Croix Rouge	23	2,8
Eglise, prêtre	18	2,2
Pompiers	13	1,6
Inst. privées, patrons (int.)	3	0,4
Inst. de l'Etat (ministères)	1	0,1
Ecole, enseignants	1	0,1
Inst. privées (ext.)	0	0,0
Centres de santé, médecins	0	0,0

Annexe 11

Exemples de personnes rencontrées durant la campagne d'enquêtes menée auprès des responsables locaux et qui se sont montrées disposées à participer activement à des actions de préparation de la population dans leur zone d'influence.

- Dans la province du Pichincha:

- . Président du conseil municipal du canton Rumiñahui
- . Président de la junta paroissiale de San Rafael
- . Président du quartier Selva Alegre (Sangolqui)
- . «Teniente político» de Sangolqui, Rumipamba, Machachi, Tumbaco
- . Dirigeant de la communauté paysanne de Pedregal (Machachi)
- . Prêtres de Tumbaco, Sangolqui, San Rafael, Machachi
- . Recteurs des collèges de Tumbaco, Sangolqui, San Rafael, Machachi
- . Directeur de la sécurité de l'usine «Enkador» (Sangolqui)
- . Administrateur de l'usine «Guitig»
- . Président de la coopérative agricole du Paschoa (Rumipamba), de Machachi
- . Propriétaires d'haciendas de Rumipamba, de Pedregal
- . Gérant du centre commercial «Supermaxi» de San Rafael
- . Gérant du «Banco del Pacífico» de San Rafael
- . Directeurs des hôpitaux de Sangolqui, Machachi
- . Directeur du centre de santé de San Rafael
- . Président du comité de parents d'élèves de Rumipamba
- . Président de la ligue sportive cantonale (canton Mejía)

- Dans la province du Cotopaxi:

- . Gouverneur de la province
- . Maire de Latacunga
- . Président de la junta paroissiale de Mulalo
- . «Tenientes políticos» de Mulaló, d'Alaques
- . Président de la communauté paysanne de Guaytacama
- . Evêque (chargé du diocèse de Latacunga)
- . Prêtres de Guaytacama, Salcedo, Alaques, Mulalo
- . Religieuses chargées des «maisons paysannes» de Salcedo
- . Chef du personnel de l'usine «Indulac» de Tanicuchi
- . Directeur de la fromagerie de Mulalo
- . Gérant des minoteries «Poultier» (Latacunga)
- . Gérant de la coopérative de transport de Salcedo, de Guaytacama
- . Gérant de la coopérative «El Sagrario» de Latacunga
- . Secrétaire général du syndicat «Juventud obrera del Cotopaxi» de Latacunga
- . Inspecteur général du collège «Vasconez Cubi» de Latacunga
- . Directeurs des écoles de Guaytacama, de San Buenaventura
- . Directeurs des hôpitaux de Latacunga, de Salcedo
- . Directeurs des centres de santé de Guaytacama, d'Alaques, de Mulalo
- . Présidents des ligues sportives paroissiales de San Buenaventura, Guaytacama

Annexe 12 -

Un exemple de piste de recherche avec une simulation de comportement: le cas du secteur «Caspi/Santa Ana»

A partir de l'exemple du secteur «Caspi/Santa Ana» (province du Cotopaxi), nous proposons un essai de simulation de comportement de la population lors d'une période d'urgence liée à une éventuelle éruption du Cotopaxi. Plusieurs situations ont été considérées quant au type d'évacuation (évacuation préventive, évacuation dès le début de l'éruption, évacuation de dernière minute), quant à l'état de préparation de la population (préalablement préparée / non préparée) et à la divulgation de messages d'alerte (aucune alerte divulguée ou message non reçu / réception de messages d'alerte contenant des directives précises).

La simulation repose sur les mesures de protection jugées les meilleures, en cas de danger imminent, par les 19 personnes interrogées dans le secteur (soit une enquête pour 9 familles). L'exemple de ce secteur qui se trouverait enserré par les lahars dans l'hypothèse d'une éruption du type de celle du 26 juin 1877, a été partiellement exploité dans le corps du texte (2^e partie, chap. II, I.2.3., carte 21). Il apparaît que:

- huit personnes traverseraient le rio Cutuchi pour atteindre les hauteurs occidentales (en direction des Illinizas);
- deux personnes traverseraient le rio Saquimala pour se diriger vers les élévations dominant Mulalo;
- une personne rechercherait une élévation dans le secteur même;
- six personnes souhaiteraient partir mais ne sauraient où aller;
- deux personnes resteraient chez elles.

La carte I indique schématiquement les solutions possibles pour les habitants du secteur selon le moment de l'évacuation, l'emplacement des personnes à l'intérieur du secteur, et compte tenu du temps disponible pour évacuer à partir du moment où l'éruption a débuté (moins d'une demi-heure). Les cartes II, III et IV, indiquent pour leur part l'issue probable des initiatives des habitants en supposant qu'elles soient conformes à ce qu'elles ont pu déclarer durant l'enquête et selon trois scénarios possibles:

- seule la zone de risque majeur de lahars est affectée;
- la zone de risque mineur de lahars est également affectée;
- aux lahars se greffent les écoulements pyroclastiques qui touchent à la fois les zones de risque majeur et mineur pour ce type d'aléa.

En l'état actuel de non préparation d'une population supposée livrée à elle-même durant la situation d'urgence et faute d'une évacuation préventive décidée par les habitants, il apparaît que quel que soit le scénario considéré, l'issue d'une éruption serait catastrophique pour la majorité de la population. En raison d'idées préconçues erronées sur les mesures qu'il est souhaitable d'adopter ou simplement de l'ignorance des moyens de protection, cela est vrai même dans le premier cas (seule la zone de risque majeur de lahars est affectée) qui repose pourtant sur une situation beaucoup moins dangereuse.

Nous avons dans un deuxième temps repris les trois scénarios d'éruptions en modifiant les conditions de départ et en considérant la population du secteur globalement (figures A, B et C).

- la population n'est toujours pas préalablement préparée mais des messages d'alerte avec des consignes d'évacuation sont émis par les autorités par voie de radio;

- la population est préalablement préparée mais pour des raisons techniques ou humaines, aucune alerte n'est divulguée;

- la population est préalablement préparée et des messages d'alerte accompagnés de consignes d'évacuation sont divulgués par les autorités.

Les résultats obtenus quant à l'issue probable d'une éruption se fondent sur un ensemble de paramètres modifiables utilisés dans un programme de simulation que nous avons construit à l'aide du logiciel Excel et consignés dans les tableaux A, B et C.

Selon les valeurs des paramètres retenues ici et compte tenu des données de l'enquête concernant la connaissance des moyens de protection dans le secteur «Caspi/Santa Ana», les figures de simulation indiquent très clairement l'efficacité des actions préalables de préparation de la population. La possibilité de réduire le nombre de victimes est encore plus importante dès lors qu'un message d'alerte suffisamment clair vient déclencher le réflexe utile créé lors de la phase de préparation préalable. Cependant, malgré cela, l'évacuation préventive est indispensable dans ce secteur si une éruption plus violente que celle du 26 juin 1877 était envisagée (écoulements pyroclastiques à forte extension, voire une explosion dirigée accompagnée de débris-avalanches).

Dans le cas où des messages d'alerte seraient divulgués auprès d'une population non préparée, il est par ailleurs intéressant de noter que les conséquences d'une catastrophe seraient plus importantes que dans celui d'une population préalablement préparée mais ne recevant aucun message d'alerte, ce qui n'est pas illogique dans la mesure où les consignes associées à une alerte ne sont jamais suffisamment précises pour s'adapter à l'ensemble des cas particuliers.

Nous sommes totalement conscient des insuffisances de cette tentative de simulation locale fondée sur un faible nombre d'enquêtes (ce qui ôte toute signification réelle aux pourcentages indiqués), sur des paramètres déterminés empiriquement et sur des valeurs qui peuvent être discutables. Mais notre objectif était moins de fournir un diagnostic précis sur la situation du secteur «Caspi/Santa Ana» que de lancer une piste de recherche dans un domaine difficile à manier mais dont l'intérêt, à notre avis, ne fait aucun doute.

Tableaux A et B: principaux paramètres utilisés et valeurs retenues pour la simulation

A

Actions envisagées durant une situation d'urgence (d'après l'enquête)	Situation 1 Sans préparation préalable Sans alerte	Situation 2 Sans préparation préalable Alerte avec directives
Cas de personnes qui souhaitent partir et qui disposent de solutions personnelles quant au lieu de refuge	Les personnes se comportent comme elles l'ont indiqué lors de l'enquête	<ul style="list-style-type: none"> • 1/3 des personnes ne vont pas recevoir l'information (n'écoutent pas la radio ou n'y ont pas accès) et vont agir comme elles le pensaient • 1/3 des personnes vont suivre les directives officielles supposées adaptées à la situation • 1/3 restant: incertitude
Cas des personnes qui souhaitent partir mais qui ne savent pas où aller	<ul style="list-style-type: none"> • En raison des contacts que les gens peuvent établir entre eux, de l'exemple du comportement d'un ami, d'un voisin, on estime que 70% de ceux qui ne sauraient où aller, réagissent de la même manière que l'ensemble des autres habitants du secteur. • Incertitude pour les 30% restants 	<ul style="list-style-type: none"> • 1/3 des personnes ne vont pas recevoir l'information (parmi ces personnes, 70% vont suivre le comportement du reste de la population, incertitude pour les 30% restants) • 1/3 des gens vont suivre les directives officielles • 1/3 restant: incertitude
Cas des personnes qui envisagent de rester	Les personnes se comportent comme elles l'ont indiqué lors de l'enquête	<ul style="list-style-type: none"> • 2/3 des personnes restent quelle que soit la situation • Schéma précédent pour le tiers restant

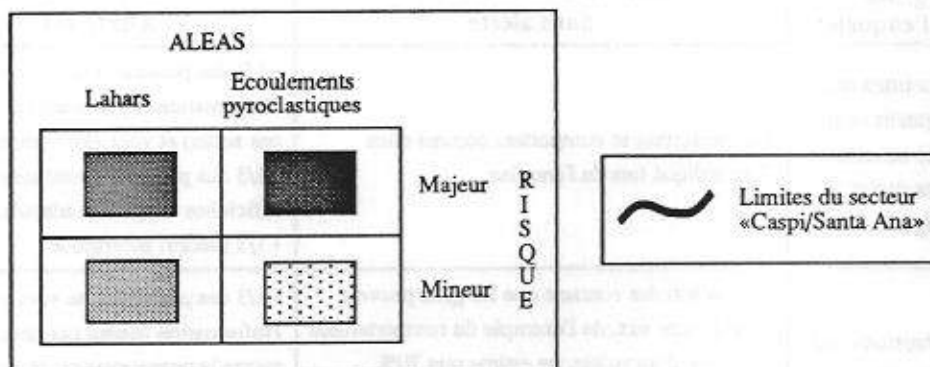
B

Actions envisagées durant une situation d'urgence (d'après l'enquête)	Situation 3 Préparation préalable Sans alerte	Situation 4 Préparation préalable Alerte avec directives
Cas de personnes qui souhaitent partir et qui disposent de solutions personnelles quant au lieu de refuge	<ul style="list-style-type: none"> • 70% des gens vont suivre les directives acquises durant la phase de préparation • 15% vont agir comme elles le pensaient auparavant ou commettre des erreurs • Incertitude pour les 15% restants 	<ul style="list-style-type: none"> • 80% des gens vont suivre les directives acquises durant la phase de préparation • 10% vont agir comme elles le pensaient auparavant ou commettre des erreurs • Incertitude pour les 10% restants
Cas des personnes qui souhaitent partir mais qui ne savent pas où aller		
Cas des personnes qui envisagent de rester	<ul style="list-style-type: none"> • 50% des personnes restent quelle que soit la situation • Schéma précédent pour la deuxième moitié 	<ul style="list-style-type: none"> • 1/3 des personnes restent quelle que soit la situation • Schéma précédent pour les 2/3 restants

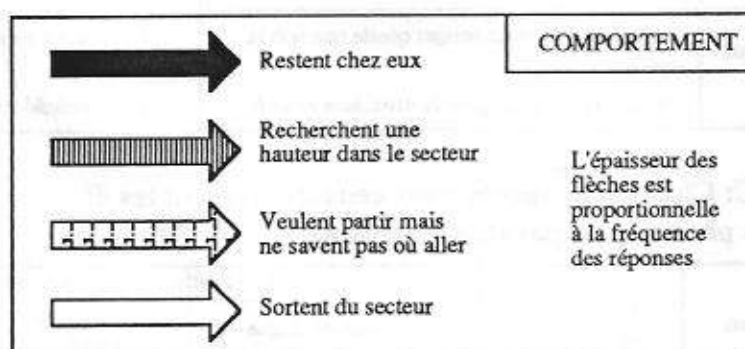
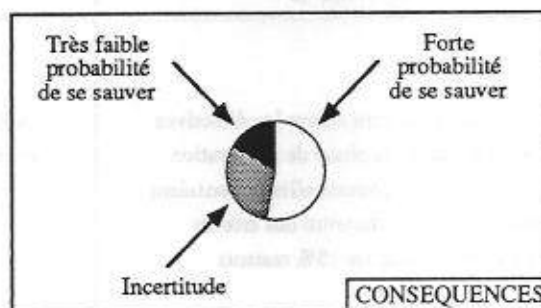
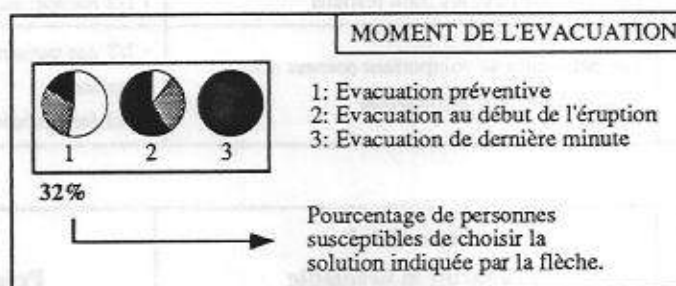
Tableau C: Chances de succès pour ceux qui suivent les directives acquises durant la phase de préparation préalable

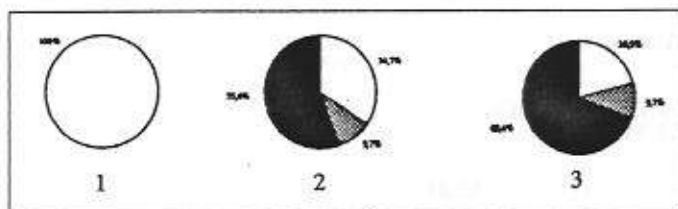
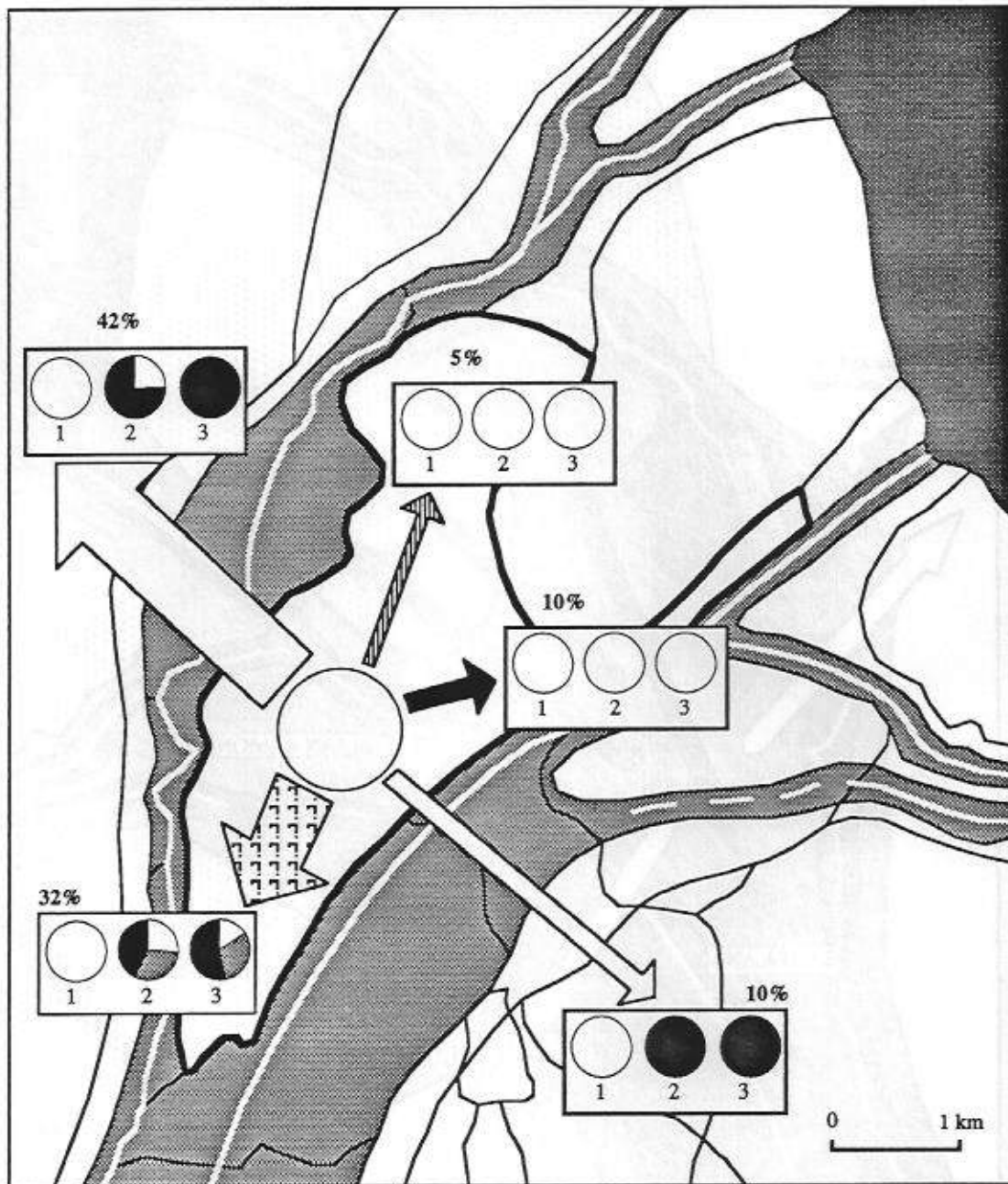
Evacuation préventive	Evacuation au début de l'éruption	Evacuation de dernière minute		
		La zone de risque majeur de lahars affectée	Les zones de risque majeur et mineur de lahars sont affectées	Les zones menacées par les lahars et les écoulements pyroclastiques sont affectées
Succès: 85% Incertitude: 15%	Succès: 70% Incertitude: 30%	50% des gens vont rester et ne seront pas affectés Echec pour 25% des gens qui vont tenter de partir 25%: incertitude	Echec: 75% Incertitude: 25%	Echec: 100%

Légende commune aux cartes I, II, III et IV



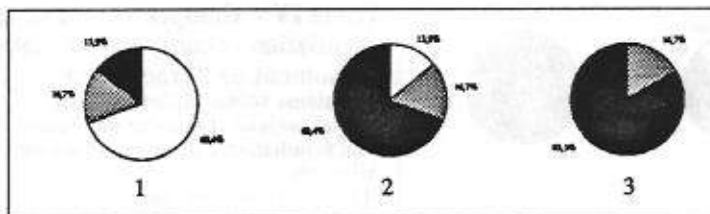
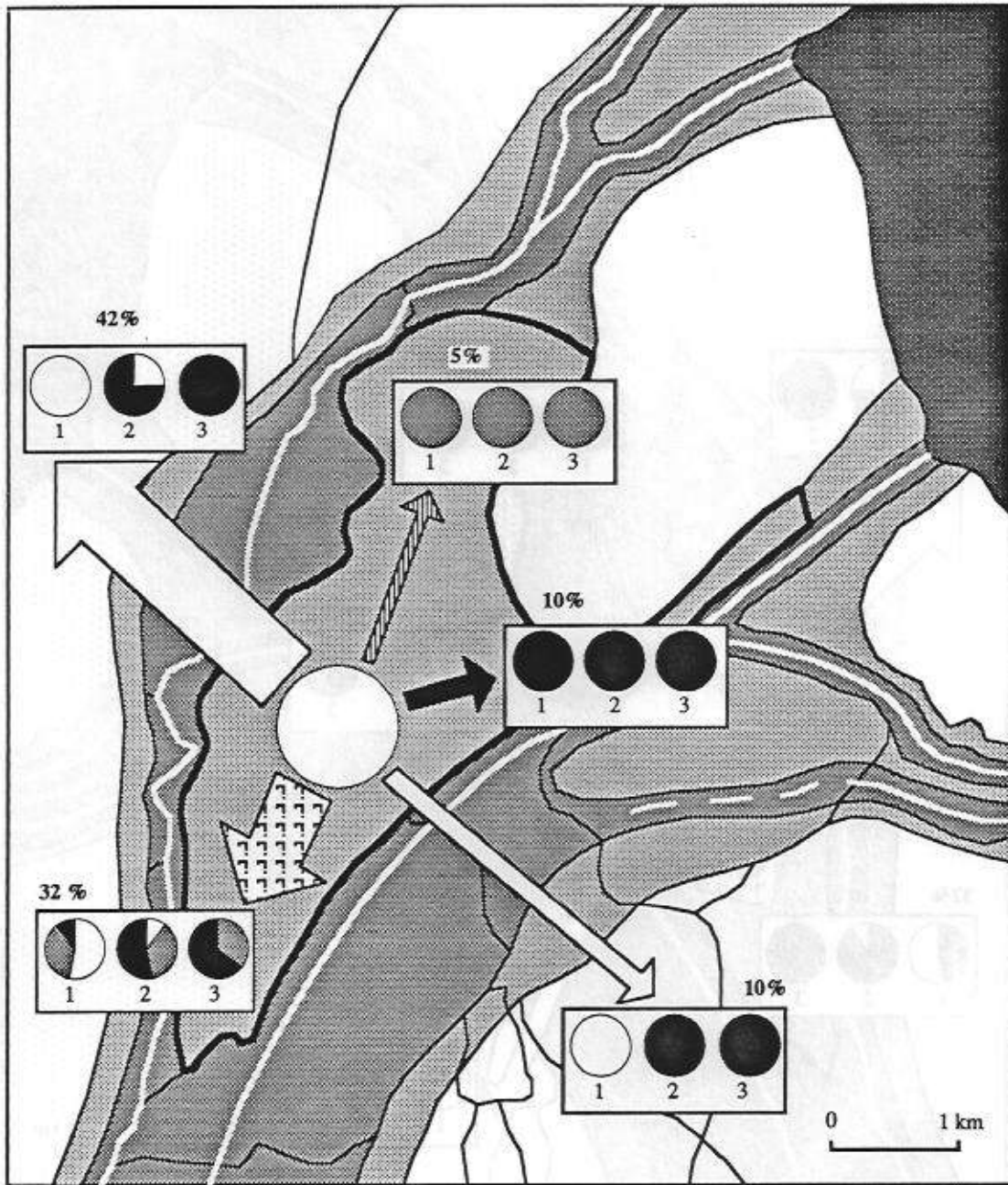
Légende commune aux cartes II, III et IV



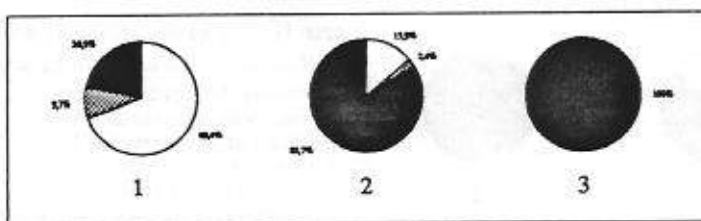
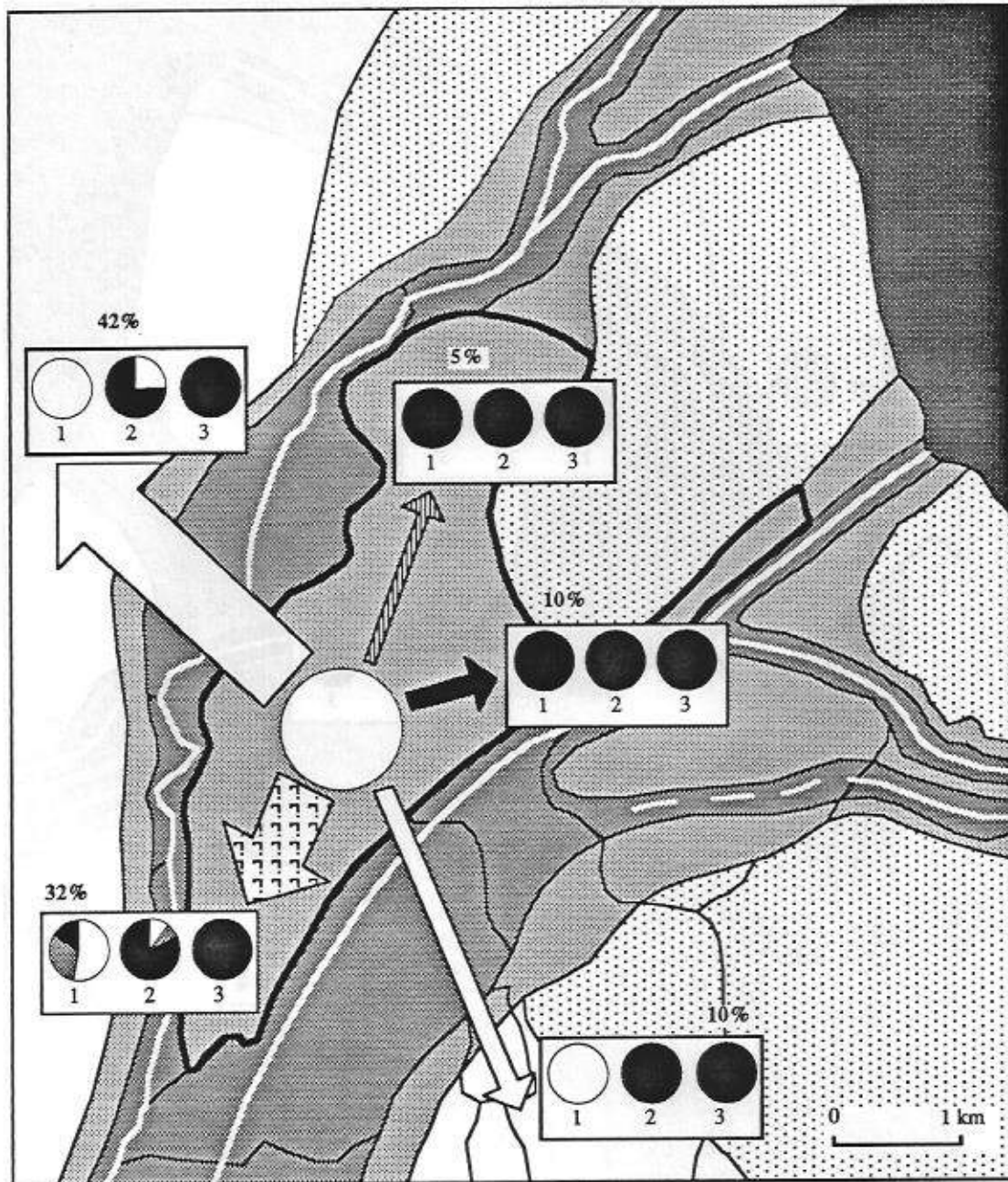


ENSEMBLE DE LA POPULATION

Carte II - Comportement de la population et conséquences selon le moment de l'évacuation
 Premier scénario: la zone de risque majeur de lahars est affectée (la population n'est pas préparée et ne reçoit pas de message d'alerte)



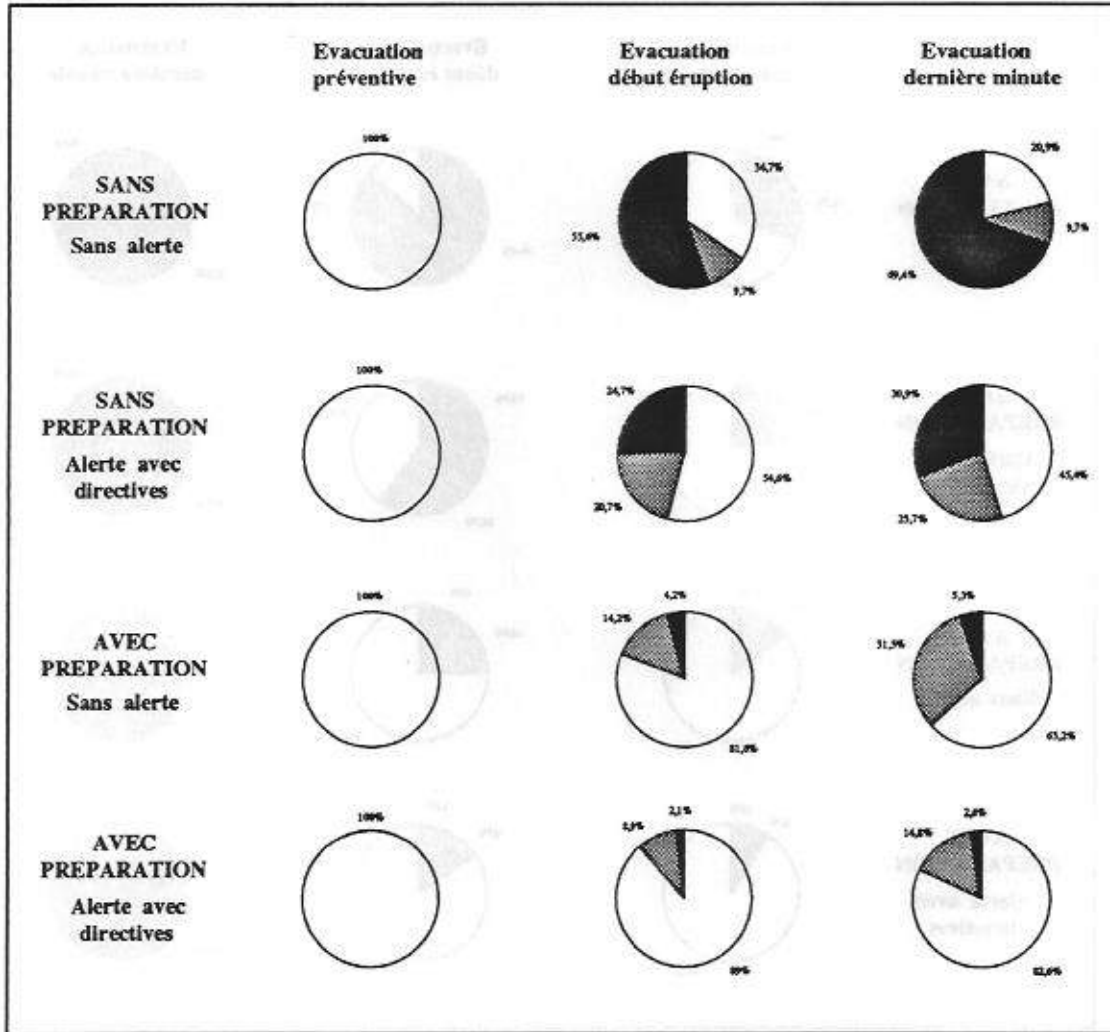
Carte III - Comportement de la population et conséquences selon le moment de l'évacuation
 Deuxième scénario: les zones de risque majeur et mineur de lahars sont affectées
 (la population n'est pas préparée et ne reçoit pas de message d'alerte)



Carte IV - Comportement de la population et conséquences selon le moment de l'évacuation
Troisième scénario: les zones de risque majeur et mineur de lahars et d'écoulements pyroclastiques sont affectées
(la population n'est pas préparée et ne reçoit pas de message d'alerte)

EFFETS DES MESSAGES D'ALERTE ET D'UNE PREPARATION PREALABLE SUR LES CONSEQUENCES D'UNE ERUPTION DU VOLCAN COTOPAXI

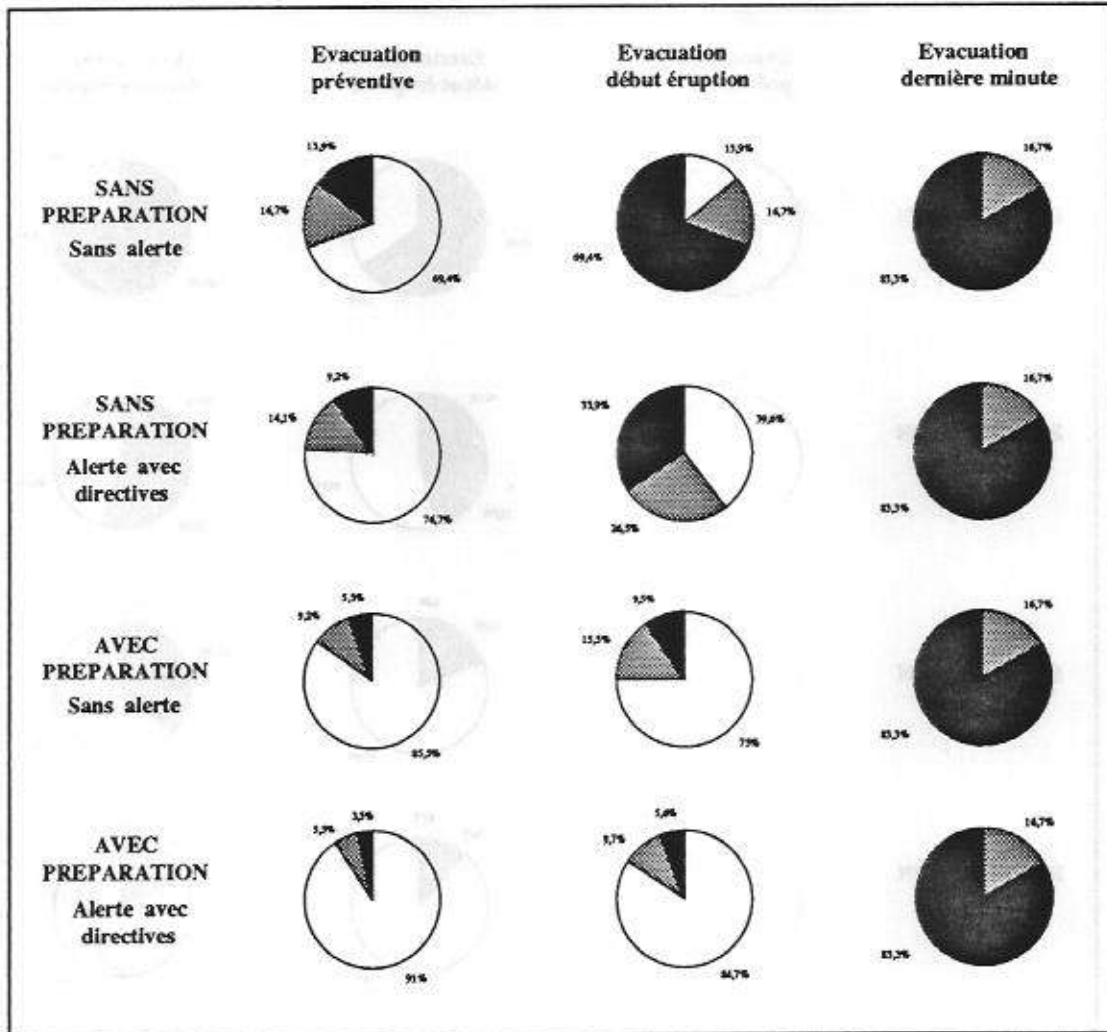
Fig. A - Zone de risque majeur de lahars affectée



Voir la légende des cartes II, III et IV

EFFETS DES MESSAGES D'ALERTE ET D'UNE PREPARATION
PREALABLE SUR LES CONSEQUENCES D'UNE ERUPTION DU
VOLCAN COTOPAXI

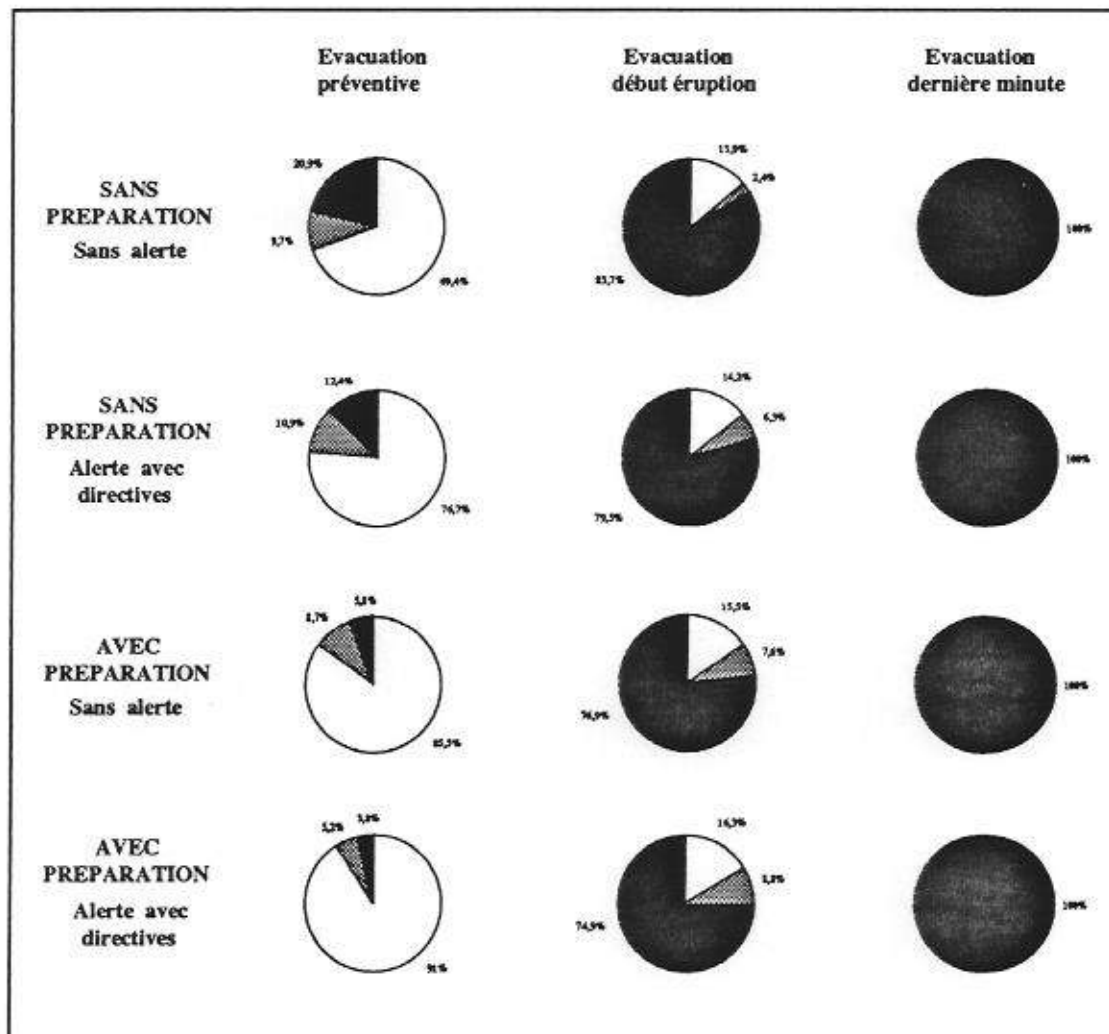
Fig. B - Zones de risque
majeur et mineur de lahars
affectées



Voir la légende des cartes II, III et IV

EFFETS DES MESSAGES D'ALERTE ET D'UNE PREPARATION
PREALABLE SUR LES CONSEQUENCES D'UNE ERUPTION DU
VOLCAN COTOPAXI

Fig. C - Zones de risque
majeur et mineur de lahars
et d'écoulements pyroclastiques
affectées



Voir la légende des cartes II, III et IV

Annexe 13 -**Liste et signification des abréviations et des sigles utilisés**

AFC	: Analyse factorielle des correspondances
CEPREDENAC	: Centro para la Prevención de los Desastres en América Central
CERESIS	: Centro Regional de Sismología para América del Sur
CIFEG	: Centre International pour la Formation et les Echanges Géologiques
COEN	: Centro de Operaciones de Emergencia Nacional
EMAP	: Empresa Municipal de Agua Potable
IDNHR	: International Decade for Natural Hazard Reduction
IFEA	: Institut Français d'Etudes Andines
IGM	: Instituto Geográfico Militar
INEC	: Instituto Nacional de Estadística y Censos
INECEL	: Instituto Ecuatoriano de Electrificación
INEMIN	: Instituto Ecuatoriano de Minería
OFDA	: Office of Foreign Disaster Assistance
ONADE	: Oficina Nacional para Atención de Desastres
ORSTOM	: Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération
PAHO	: Pan American Health Organization
PUCE	: Pontificia Universidad Católica del Ecuador
UNDRO	: Office of the United Nations Disaster Relief Co-ordinator (Bureau du coordinateur des Nations Unies pour les secours en cas de catastrophe)
UNESCO	: United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture)
USAID	: United States Agency for International Development
VEI	: Volcanic Explosivity Index