



HAL
open science

Mesurer le risque. Le volcan Cotopaxi et les populations proches.

Robert d'Ercole

► **To cite this version:**

Robert d'Ercole. Mesurer le risque. Le volcan Cotopaxi et les populations proches.. *Anthropos/GIP Reclus. Enseigner les risques naturels. Pour une géographie physique revisitée*, pp.111-150, 1994, 2-86912-059-4. hal-01184813

HAL Id: hal-01184813

<https://hal.science/hal-01184813>

Submitted on 18 Aug 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.

CHAPITRE 6

MESURER LE RISQUE LE VOLCAN COTOPAXI ET LES POPULATIONS PROCHES

Robert D'ERCOLE

Un volcan méconnu en Europe, dangereux en Équateur

Le Cotopaxi est un volcan équatorien dont la réputation en France n'atteint pas celle de l'Etna, ou du Vésuve. Il n'a pas non plus la magie du Fuji-Yama et Jules Verne l'a ignoré. Sa vie très récente n'est marquée par aucun caractère particulier. L'intérêt du lecteur augmentera sûrement lorsqu'il apprendra qu'il fut la cause de deux catastrophes (1742, 1877) classées parmi les plus grandes du monde depuis le début du XVIII^e siècle. L'un des aspects les plus destructeurs fut les *lahars*, coulées de boue

issues de la fonte brutale des neiges et glaces sous l'effet des produits incandescents. La force des médias aidant, chacun se souvient encore de ce phénomène lors de l'éruption du Nevado del Ruiz. À 850 km de là, en 1985, la ville d'Armero fut ensevelie avec ses 25 000 habitants, dont une petite fille morte en direct sous l'œil de CNN. Le Cotopaxi mérite donc bien l'attention des autorités et des scientifiques.

Les géologues évaluent la menace

Le Cotopaxi est un volcan explosif de la Ceinture de Feu du Pacifique à 60 km. au sud de la capitale, Quito. Haut de 5 897 m. son cône, presque parfait, est recouvert d'une calotte glaciaire imposante (27 km², 1km³) dont la fonte éventuelle alimenterait les *lahars* qui dévaleraient le cours des *rios*.

L'étude de l'activité précolombienne est délicate mais les auteurs semblent s'accorder pour souligner l'alternance de phases de repos et d'éruptions de moins en moins explosives. Depuis 1500, une trentaine d'éruptions ont été enregistrées en cinq ou six périodes dont les dernières datent de 1845-1886 et 1903-1914. Il n'est donc pas déraisonnable de penser que la probabilité d'un retour d'activité soit élevée. Chaque crise s'est accompagnée de retombées pyroclastiques avec de fréquents *lahars* et depuis 1853, les coulées de lave sont plus fréquentes qu'auparavant. Mais ce sont les coulées pyroclastiques (mélange très chaud de gaz et de particules

solides se déplaçant très rapidement sur les flancs du volcan) qui occasionnent les *lahars* les plus volumineux et les plus destructeurs.

La phénoménologie des éruptions du Cotopaxi étant relativement bien connue, les géologues ont pu dresser une carte des aléas prévisibles à la demande des autorités équatoriennes alarmées par la destruction d'Armero (Hall et von Hillebrandt, 1988). Ce document recense les zones menacées par les différentes manifestations possibles du volcan en incorporant leur probabilité d'occurrence (annexe 1).

Des aléas destructeurs portant le danger loin du volcan

Le zonage ainsi créé des environs du Cotopaxi met en évidence la petite zone du volcan menacée par de courtes coulées de lave visqueuse et des coulées pyroclastiques. La menace directe de ces produits concerne uniquement le cône volcanique et ses alentours immédiats. Les retombées qui accompagnent chaque éruption présentent une menace pour une zone beaucoup plus vaste. Ces cendres issues des explosions du Cotopaxi ne représentent pas le plus grand danger pour la vie humaine mais écrasent les toitures, rompent les lignes électriques et téléphoniques, détruisent les récoltes... et ont un impact financier et social considérable. Leur extension majeure est aisée à situer à cause de la régularité des vents d'est. Un danger beaucoup plus

grave mais en même temps plus rare est constitué par les avalanches de débris comme celles du Mont Saint Helen's en 1980. Un flanc du cône est susceptible de gonfler et de s'effondrer en entraînant une gigantesque coulée, ce qui peut conduire à une violente explosion dirigée. Le Cotopaxi a connu un épisode de ce genre entre 13 000 et 25 000 BP.

Enfin les *labars* constituent la menace majeure en raison de leur caractère destructeur, de la distance qu'ils peuvent parcourir et de leur fréquence : une vingtaine de cas sur une trentaine d'éruptions connues. Ces boues dévalant à près de 40 km/h suivent le trajet des rivières et recouvrent tout. À plusieurs dizaines de kilomètres du volcan, la ville de Latacunga et les campagnes environnantes ont été dévastées au moins cinq fois (1 000 morts en 1877 pour une population infiniment moins nombreuse qu'aujourd'hui). Une zone de risque majeur a été retenue à l'emplacement des *labars* les plus catastrophiques de l'époque contemporaine (l'éruption de 1877 constituant la référence). Une zone de risque mineur est répertoriée sur la plus grande extension connue de *labars* repérée par les géologues (éruption vieille de 2400 ans).

Les spécialistes des sciences humaines inventorient la zone menacée

La carte établie par les géologues est un document indispensable et irremplaçable. Elle n'est cependant pas une carte du risque. En effet, «la notion de risque implique

automatiquement un certain élément humain ou social» (White, 1974). Avançons comme définition du risque qu'il est le produit d'un aléa donné (évalué par sa probabilité d'occurrence et sa capacité destructrice ou «efficacité») et des dommages que cet aléa est susceptible d'occasionner en un lieu donné. L'évaluation des dommages prend en compte la valeur des éléments exposés ou enjeux (populations, patrimoine, activités économiques) et leur vulnérabilité (pourcentage de la valeur qui sera probablement perdue en cas d'aléa). On voit donc que le risque est lié au fait humain dont l'appréciation peut être quantitative (par exemple là où les cendres tombent, y a-t-il beaucoup d'habitants, d'élevage, d'établissements industriels, de voies de communication?) ou qualitative (par exemple a-t-on prévu des actions préventives et de défense permettant de réduire la vulnérabilité des éléments exposés en cas de survenue de l'aléa?).

L'étude de ce qui pourrait être détruit ou endommagé est donc indispensable. Les éléments exposés retenus ici sont les populations proches du Cotopaxi et leur évaluation quantitative par le spécialiste des sciences humaines, qui suit logiquement le travail du géologue.

Une région exposée de plus en plus peuplée

À cheval sur la province du Pichincha au nord et du Cotopaxi au sud, le Cotopaxi domine deux bassins peuplés de 315 000 habitants. La moitié de cette population est concentrée autour de la ville de Latacunga

(70 000 habitants) et dans le Valle de los Chillos (80 000 habitants). Cette région, à 40 km du volcan, vit en symbiose avec Quito dont elle constitue l'extension orientale. S'étendant à 2 500 m en contrebas de la capitale, elle bénéficie d'un climat plus clément qui attire notamment les catégories sociales aisées. Les villes de Conocoto, San Rafael, et Sangolqui se sont installées dans cette zone plane où convergent les ríos Pita et Santa Clara issus du Cotopaxi. Tumbaco qui présente des caractéristiques assez semblables, est situé plus en aval. Au sud, Latacunga est une ville administrative et commerciale dont les fonctions se diversifient avec une amorce de développement industriel.

Ces régions sont essentiellement menacées par les *labars* qui suivent les vallées: la ville de Salcedo, une bonne partie de Latacunga au sud, de San Rafael au nord, sont dans la zone ravagée en 1877. Dans les vallées de Los Chillos et de Tumbaco, l'essentiel de la population vit aussi sur une ancienne zone de *labar* plus étendue. Deux zones rurales moins peuplées jouxtent le Cotopaxi: les régions de Machachi et de Mulalo. Des communautés indiennes y vivent difficilement à plus de 3 000 m et sont directement menacées par toutes les retombées volcaniques. Les environs de Mulalo souffriraient en plus de nombreux *labars*. Au total 220 000 personnes sont menacées par une éruption du Cotopaxi. Les *labars* concernent 150 000 habitants dont 30 000 de manière très directe (surtout à Salcedo, Latacunga, Sangolqui et San Rafael).

Phénomène aggravant, la population exposée au volcan a plus que doublé depuis 1960 et a décuplé depuis 1877! Le Valle de los Chillos, relié depuis peu à la capitale par une voie rapide, sert surtout de déversoir à la population de Quito et voit fleurir les lotissements. Partout l'accroissement naturel est fort et les villes bénéficient de l'exode rural. Si l'essentiel des sites originels urbains était à l'écart des zones de risque majeur, l'extension des banlieues à la recherche de terrains plats se fait le long des rivières. Ainsi, presque tous les logements construits depuis 1975 à Latacunga sont à proximité immédiate du rio Cutuchi, dans la zone la plus dangereuse. Les campagnes entre Conocoto et San Rafael se développent très rapidement à la confluence des rios Pita et Santa Clara où la population a été multipliée par 8 en 30 ans.

Vers une première carte du risque

La juxtaposition des aléas définis par les géologues et de la répartition des éléments exposés (la population ici) permet d'aboutir à une carte du risque (annexe 3). Les *labars* type 1877, à la fois fréquents et très destructeurs, offrent donc le risque le plus élevé. Le risque est modéré pour les secteurs humanisés menacés par les coulées pyroclastiques ou des *labars* du type de ceux qui se sont produits il y a 2 400 ans car leur probabilité d'occurrence est faible en dépit de leur caractère ravageur. Le risque est faible à très faible là où menacent les avalanches de débris et les retombées. Dans le premier cas c'est la probabilité d'occurrence qui est minime, dans le

deuxième c'est la capacité destructrice, du moins pour la vie humaine (l'appréciation aurait été différente si les intérêts humains avaient été pris en compte dans l'étude). Notons également que le risque direct lié aux laves est nul, dans la mesure où personne ne vit dans leur rayon d'action potentiel. Une dernière classe au risque élevé a été ajoutée. Celle-ci correspond aux régions peuplées susceptibles d'être encerclées et isolées par les *labars* type 1877. Dans la plupart des cas, ces secteurs sont aussi exposés à d'autres aléas.

Afin de mettre en évidence la différence entre une carte d'aléa et une carte de risque, il est intéressant de comparer les deux cartes produites ici (annexes 1, 2), notamment au niveau de l'édifice volcanique et de ses environs immédiats. Dans la carte des aléas, c'est ce secteur qui saute aux yeux alors qu'il s'efface totalement dans la carte du risque. Ce secteur n'étant pas peuplé, le risque direct pour la population y est nul, sauf pour les personnes de passage encore peu nombreuses (touristes et andinistes).

Au cœur de la catastrophe, l'homme

Le travail du géographe pourrait s'arrêter là en fournissant aux autorités un document susceptible d'aider à des aménagements futurs ou à prendre les précautions les plus élémentaires. Il oublierait cependant la catastrophe. En réalité, pour limiter le risque au minimum, il convient d'intégrer à l'évaluation de la fréquence et de l'intensité

de la menace, le potentiel humain exposé mais aussi «la manière dont réagiront vraisemblablement les individus et les organisations de la communauté menacée» (UNDRO, 1987). À l'heure des comptes, à la suite d'une catastrophe, le poids du comportement humain apparaît très fréquemment comme décisif. Parmi tant d'autres, le cas du désastre d'Armero est particulièrement révélateur. Une approche globale du risque ne peut donc se satisfaire de la superposition de la répartition des densités humaines sur une carte d'aléas.

Contre les risques les plus forts issus d'une éruption du Cotopaxi, il n'y a pas de protection technologique possible. Le seul salut ne peut venir que de la fuite, à la condition qu'elle se fasse à temps et par des itinéraires sûrs. Mais la décision vitale d'évacuation est liée à de nombreux facteurs dépendants ou non des populations.

Parmi ces derniers, il faut d'abord tenir compte de l'avis des scientifiques qui alerteront les autorités. Le Cotopaxi est correctement appareillé et mesuré, mais l'interprétation des données peut toujours prêter à débat comme on put le constater à la Soufrière en 1976 ou même en Équateur en 1988 à propos du volcan Pichincha dominant la capitale. Dans ce cas, comment les populations réagiront-elles à des messages contradictoires? Il faut ensuite intégrer le rôle des autorités administratives et politiques qui devront prendre des initiatives à la fois urgentes et inhabituelles dans un contexte décisionnel peu adapté (par exemple le risque d'empiétement des différents échelons administratifs est particulièrement élevé). Décrite lors du

séisme de 1987, la Protection civile équatorienne, remaniée récemment, semble cependant pouvoir assumer cette tâche. De plus, il faut évoquer le rôle des médias qui seront censés transmettre l'alerte. Les stations de radio équatoriennes sont très nombreuses et très écoutées. Mais l'expérience de quelques situations d'urgence montre qu'elles privilégient une information (souvent contradictoire) centrée sur la nature physique des événements et les premières conséquences plutôt que sur les conseils de protection dont la population aurait besoin. Enfin, il faut évoquer le rôle des notabilités locales, souvent décisif lorsque le danger est imminent (D'Ercole et Moncayo, 1991). Autour du Cotopaxi, selon notre enquête, près des deux tiers d'entre elles ne seraient pas aptes à répondre à une situation d'urgence. Pire encore, certaines (les prêtres notamment) multiplieraient les risques courus par leurs concitoyens en prenant des initiatives dangereuses à propos d'évacuation. Ces initiatives, imposées par le statut de ces personnes ou le crédit confiance dont elles disposent, s'appuieraient en effet sur une connaissance très insuffisante des aléas et des moyens de protection.

Des facteurs internes aux populations influent aussi sur la décision d'évacuation. Certains sont conjoncturels: A-t-on été alerté? l'alerte a-t-elle été confirmée? la famille est-elle réunie? quel est le comportement des voisins? que pensent de la situation le prêtre, l'instituteur ou le chef de la communauté? que faire des animaux? les routes sont-elles libres? la menace est-elle visible, crédible? est-ce la nuit? À Armero, certains ont hésité à évacuer de nuit sous la pluie!

D'autres facteurs sont structurels. Les processus de prise de décision permettant aux individus de s'adapter (à long mais aussi à très court terme) à une situation de crise potentielle ont fait l'objet de modélisations (notamment Kates, 1970 ; Perry, 1983). D'après ces modèles, à l'identification de la menace et l'estimation du risque succèdent la recherche puis l'évaluation des adaptations. Cela suppose que l'on se penche sur la manière dont les gens perçoivent le risque, sur leur connaissance des moyens de protection, mais aussi que l'on analyse les facteurs contraignants d'ordre économique, social ou technique susceptibles de constituer une entrave à l'action (ici, l'évacuation). Cette approche prend sa valeur maximale lorsque la communauté qui fait l'objet de l'étude peut se trouver isolée avec l'extérieur à l'approche du danger. En effet, lorsque le contact vis-à-vis de l'extérieur est inexistant (El Chichon, 1982, 3 500 morts) ou déficient pour des raisons humaines ou techniques (Nevado del Ruiz, 1985, 25 000 morts), la prise de décision d'évacuer repose surtout sur l'individu. La qualité de la perception du risque joue donc un rôle essentiel dans le risque encouru, ce qui rend nécessaire la connaissance des représentations des populations.

La représentation du risque autour du Cotopaxi

Nous avons enquêté auprès d'échantillons représentatifs de population habitant les différentes régions menacées par le Cotopaxi; 2 200 questionnaires ont ainsi été remplis. Le dépouillement des résultats fait apparaître

que le Cotopaxi est considéré comme dangereux par la majorité des habitants. Ces derniers ne seraient en même temps guère surpris si une éruption survenait dans les mois ou années à venir. Cette information générale pourrait paraître très satisfaisante comme indice de mobilisation de la population, surtout lorsque l'on sait que celle-ci, pour l'essentiel, n'a jamais vu le volcan en activité. En réalité, peu de personnes se sentent personnellement menacées. Le danger existe, il est vrai, mais surtout pour les autres. Il s'agit néanmoins de distinguer la province du Pichincha comportant une population installée récemment dans les secteurs à risque, de celle du Cotopaxi au peuplement plus ancien et où la mémoire collective des éruptions du Cotopaxi est encore vivace. Dans la province du Pichincha, au cœur de la zone de risque majeur, les deux tiers de la population ne se sentent pas concernés, ce qui est sensiblement moins le cas dans la province méridionale (45% environ).

Outre la tradition orale, la perception du risque personnel est très directement liée à la distance qui sépare l'habitation du volcan. À San Ramon, à 5 km du cône, plus de 65% de la population a conscience d'être personnellement en danger; ce taux tombe à moins de 15% à Tumbaco à 50 km (rappelons qu'Armero se situait à 45 km du Nevado del Ruiz). D'autres facteurs jouent aussi: l'existence d'obstacles visuels entre le Cotopaxi et le domicile, la nature et l'origine des informations reçues sur la catastrophe du Nevado del Ruiz et sur le passé du Cotopaxi connu grâce aux anciens, à l'école, aux médias ou aux conférences de la Protection civile. À l'exception

des paysans de souche ancienne, nourris de mémoire collective, les moins conscients des risques encourus sont aussi les personnes les plus défavorisées et, par là, les moins éduquées. Leur capacité à interpréter pour leur propre compte les informations trop générales dont elles peuvent disposer est particulièrement limitée. D'autres relations existent de façon plus secondaire. Par exemple, la perception du risque des plus jeunes (moins de 30 ans) est sensiblement inférieure à celle de leurs aînés. Ainsi, dans une situation d'urgence, en raison de leur faible perception du risque, certains groupes humains seraient beaucoup plus vulnérables que d'autres.

Appréciation de la connaissance des moyens de protection

La vulnérabilité des populations est accrue par la méconnaissance générale des moyens de protection (lieux de refuge et voies pour y parvenir). Dans la zone la plus menacée, moins du quart des personnes interrogées a indiqué des solutions qui peuvent être considérées comme efficaces. Plus grave encore, 40% des solutions proposées contribueraient à accroître sérieusement le danger. Elles consistent par exemple à traverser un *rio* susceptible d'acheminer les *lahars* pour s'éloigner du volcan ou, pire, à quitter un secteur faiblement menacé pour se rendre dans une zone beaucoup plus exposée.

Ceux qui sauraient se protéger efficacement sont surtout ceux qui ont déjà la plus grande conscience du

risque, tant il est vrai que l'on ne cherche pas à se protéger d'un danger que l'on ignore. Ils ne représentent pourtant que 40% d'un effectif qui n'était déjà pas nombreux. La connaissance des moyens de protection varie selon le type de population considéré et la qualité de l'information disponible sur le Cotopaxi. Les paysans, connaissant mieux volcan et terrain, agiraient le plus efficacement même si la mémoire collective utile pour maintenir la conscience du risque à un niveau élevé l'est beaucoup moins lorsqu'il s'agit de se protéger. À l'opposé, les périurbains fraîchement installés dans les vallées à risque seraient de loin les plus désarmés. En ville, professions libérales, enseignants, personnel administratif beaucoup plus instruits semblent mieux armés que les ouvriers ou le personnel de service.

La prise en compte des réactions des populations, souvent fondées sur des préjugés, complique aussi la carte du risque proposée initialement. La réaction de s'éloigner à tout prix du volcan est largement répandue, au lieu de gagner la hauteur la plus proche même si, pour cela, il faut se rapprocher du Cotopaxi. Ainsi, nombre d'habitants de zones abritées ou peu exposées fuiraient par des itinéraires déjà encombrés de réfugiés, en essayant de traverser les *ríos* menacés par les *lahars*. L'attrait de la ville (Latacunga mais surtout Quito) comme lieu de protection privilégié serait aussi à l'origine de nombreux déplacements périlleux. Dans la province du Cotopaxi, plusieurs rechercheraient une protection à la fois physique et spirituelle, en se dirigeant vers les principaux sanctuaires de la région. La solution est apparemment efficace, car pour la

plupart, ces lieux de culte sont situés sur des hauteurs, en réalité souvent dangereuses en raison des itinéraires pour y accéder. Par ailleurs, le calvaire de Latacunga, qui a recueilli de nombreux réfugiés dans le passé, constitue aujourd'hui une solution risquée car son esplanade n'est plus capable d'accueillir une population multipliée par 7 depuis 1877.

Pour limiter le risque encouru, il ne suffit donc pas de délimiter les zones de danger potentiel et de recenser les populations exposées. La connaissance de leur propre vulnérabilité et des réactions spontanées des populations en cas de catastrophe sont essentielles. En zone de risque très élevé, les habitants de la Ciudadela del Chofer, quartier de Latacunga à plus de 30 km du Cotopaxi, ont une connaissance très faible du risque de *labar*, ignorent largement les moyens de protection et choisiraient un itinéraire très dangereux pour se sauver. En revanche, les paysans de Rumipamba, également installés dans une zone à risque très élevé, au pied du volcan, se sentent concernés et sauraient se protéger efficacement. Aussi, en cas de catastrophe, on peut logiquement penser à un bilan humain largement supérieur dans le quartier de Latacunga, en dépit d'un plus grand éloignement de la source de danger.

Le poids des contraintes d'ordre social

Un autre moyen d'apprécier le risque est d'envisager le comportement des populations à l'ordre d'évacuation qui est «une des mesures les plus draconiennes qu'une

personne puisse être amenée à prendre» (UNDRO, 1987). À la question: «Si le gouvernement vous donnait l'ordre d'évacuer, que feriez vous?» plus de la moitié des personnes interrogées dans les zones à plus haut risque refuseraient de partir (15%) ou émettraient des conditions (40%). Alors que les conditions portent essentiellement sur des questions d'ordre logistique et matériel (moyens de transport, hébergement, conditions de vie durant la période d'évacuation, devenir des animaux, etc.), les arguments de refus sont davantage d'ordre psychologique (non crédibilité des autorités extérieures à la communauté, surtout; attachement au peu de biens dont les plus défavorisés disposent et crainte du pillage, souvent; résignation ou fatalisme, parfois).

Le niveau socio-économique et l'activité professionnelle expliquent en grande partie la différence de comportement déclaré entre ceux qui partiraient immédiatement et les autres. La distance entre le lieu de résidence et le volcan joue aussi. Dans l'ensemble, les plus riches et les plus instruits poseraient le moins de problèmes. Mais le clivage apparaît également entre ceux dont le patrimoine nécessite soins, entretien, suivi (commerçants, artisans, agriculteurs, éleveurs) et les autres qui ont finalement moins à perdre dans une catastrophe. De manière générale, les populations urbaines et périurbaines évacueraient beaucoup plus facilement que les populations rurales et paysannes. L'opération serait ainsi plus aisée dans la province du Pichincha que dans celle du Cotopaxi à majorité paysanne, même si le niveau de perception du risque est largement supérieur dans cette dernière.

C'est principalement le manque de confiance vis-à-vis des autorités extérieures qui explique le comportement de ceux qui envisagent de rester à tout prix. La réponse à la question: «En qui avez vous le plus confiance?» indique que plus de la moitié des personnes interrogées (les deux tiers dans la province du Cotopaxi) rejette catégoriquement toute personne ou organisme n'appartenant pas à la communauté. La relation est évidente entre le refus d'évacuer et la méfiance envers les administrations, l'armée, la Croix-Rouge ou la Protection civile. En cas d'urgence, les autorités centrales trouveraient peu d'échos dans la province du Cotopaxi surtout fidèle à ses curés ou aux leaders traditionnels dans les communautés paysannes. La méfiance vis-à-vis des autorités extérieures à la paroisse est à mettre en relation avec le niveau socio-économique et la marginalisation habituelle des populations. À San Juan/Salache, au sud de Latacunga, plus de 75% des habitants entrent dans la catégorie des plus défavorisés, la confiance est quasi exclusivement tournée vers l'intérieur de la communauté et les deux tiers resteraient ou poseraient problème si l'ordre d'évacuation était donné. À San Rafael, au contraire, les pauvres sont peu nombreux, la confiance est partagée entre l'intérieur et l'extérieur (au profit même de l'extérieur) et plus de 70% de la population évacuerait immédiatement.

Les contraintes matérielles

L'ordre d'évacuation ne connaît pas que des facteurs contraignants d'ordre social, il doit aussi surmonter des

problèmes techniques ou logistiques. L'enquête a permis de découvrir les trajets d'exode envisagés par la population. Ainsi, l'insuffisance des ponts sur le rio Cutuchi dans la province du Cotopaxi apparaît flagrante. Les agglomérations de San Rafael et de Latacunga risquent d'être bloquées par des embouteillages causés par des ponts étroits sur des rios dangereux. Un message d'alerte par radio toucherait une partie importante de la population sans grande difficulté. Il existe cependant quelques secteurs ruraux, pauvres, proches du volcan où plus de 20% de la population ne l'écoute pas. Cette déficience peut difficilement être comblée par des contacts directs avec la population. Plus on s'éloigne de la capitale et de la route panaméricaine, plus l'accessibilité devient problématique à cause de la dispersion de la population et de l'état des pistes. À 5 km du Cotopaxi et à plus d'une heure de la panaméricaine, Callo Grande et San Ramon, sans équipement radio important, ne pourront vraisemblablement pas compter sur une visite d'autorités extérieures en cas d'imminence du danger.

Une typologie de la vulnérabilité des populations

L'enquête réalisée auprès de la population menacée par le Cotopaxi a permis d'évaluer le degré de perception du risque, la connaissance de moyens de protection efficaces et le poids de facteurs contraignants d'ordre social notamment. Elle était accompagnée d'un relevé d'informations à propos des personnes interrogées. Distance du volcan, présence d'obstacles visuels, informations sur le

Cotopaxi, niveau socio-économique, profession, sexe, âge, type de population, confiance, importance de la famille... Cette masse d'informations est si importante que seule l'analyse factorielle pouvait en venir à bout. Celle-ci permet de définir plusieurs types de vulnérabilités, caractéristiques de la région étudiée, que le tableau ci-dessous classe selon un ordre croissant de gravité.

Perception du risque	Moyens de protection	Facteurs contraignants efficaces	Types de vulnérabilité d'ordre social	Types sociaux correspondants	Localités correspondantes les plus caractérist.
forte intermédiaire	plutôt connus plutôt ignorés	faibles faibles	faible vulnérabilité assez forte vulnérabilité liée aux facteurs cognitifs	type urbain	Latacunga-ville Sangolqui-ville
faible	ignorés	faibles	forte vulnérabilité liée aux facteurs cognitifs	type périurbain	San Rafael Alangesi (en partie)
forte intermédiaire	plutôt connus plutôt ignorés	forts forts	forte vulnérabilité liée aux facteurs sociaux	type rural à forte mémoire collective	Rumipamba Mulalo
faible	ignorés	forts	très forte vulnérabilité (sociale et cognitive)	type rural à faible mémoire collective	Salcedo-rural Belisario Quevedo

L'analyse du plan factoriel des modalités a permis d'associer des groupes sociaux à cette typologie alors que le plan factoriel des individus facilitait la localisation des phénomènes. Les noms donnés aux groupes sociaux ont été choisis en fonction des caractères dominants (mais non exclusifs).

- Le type urbain concerne la vulnérabilité la plus faible. La perception du risque est relativement élevée et

le poids des facteurs contraignants d'ordre social est faible. Le point faible vient surtout de l'ignorance des moyens de protection. Il s'agit de populations avec un niveau socio-économique plutôt élevé, dont les sources d'informations sur le Cotopaxi sont diversifiées (y compris la mémoire collective). Recrutant beaucoup chez les professions libérales et les enseignants et, à un degré moindre, chez les fonctionnaires, artisans et commerçants, ce type accorde une grande confiance aux autorités extérieures. Une grande partie de la population des villes de Latacunga et de Sangolqui entre dans cette catégorie.

- Le type périurbain présente une vulnérabilité fortement marquée par l'ignorance du risque et des moyens de protection. Il s'agit de personnes aux ressources nettement supérieures à la moyenne, implantées récemment dans des zones à haut risque mais sans mémoire collective, habitant loin du volcan et souvent en des lieux où le Cotopaxi est invisible. En contrepartie, les contraintes sociales sont faibles, ce qui devrait faciliter une éventuelle évacuation. San Rafael constitue la localité la plus caractéristique de ce groupe en raison de son développement récent dans un espace pratiquement vide. D'autres localités comme Alangasi, Conocoto, Cumbaya et Tumbaco présentent à la fois un noyau ancien de population auquel se greffe une population récente qui seule entre dans cette catégorie.

- Le type rural à forte mémoire collective affiche une conscience aiguë du risque. Le danger tient à la plus ou moins forte connaissance des moyens de protection mais

surtout à la résistance sociale à un ordre d'évacuation. Ce sont des paysans pauvres, avec familles nombreuses, habitant des secteurs souvent reculés. Le passé du Cotopaxi bien visible, tout proche, est connu par le discours des anciens. En cas de danger imminent comme en situation normale, ils risquent de n'accorder aucun crédit aux autorités extérieures. Mulalo, Rumipamba, mais aussi Tanicuchi, Joseguango Bajo et Alaques sont particulièrement caractéristiques.

- Le type rural à faible mémoire collective connaît le plus haut niveau de vulnérabilité. Le risque est inconnu ou ignoré en raison de l'éloignement du volcan et d'une tradition orale déficiente, les moyens d'évacuation aussi. La méfiance d'une population paysanne pauvre envers l'extérieur ferait refuser l'évacuation. C'est notamment le cas de Belisario Quevedo ou des campagnes autour de Salcedo. Intermédiaires entre ce groupe et le type périurbain, peuvent être rattachés les noyaux anciens des localités qui ont connu un certain développement ces dernières années (Alangasi, Guangopolo notamment).

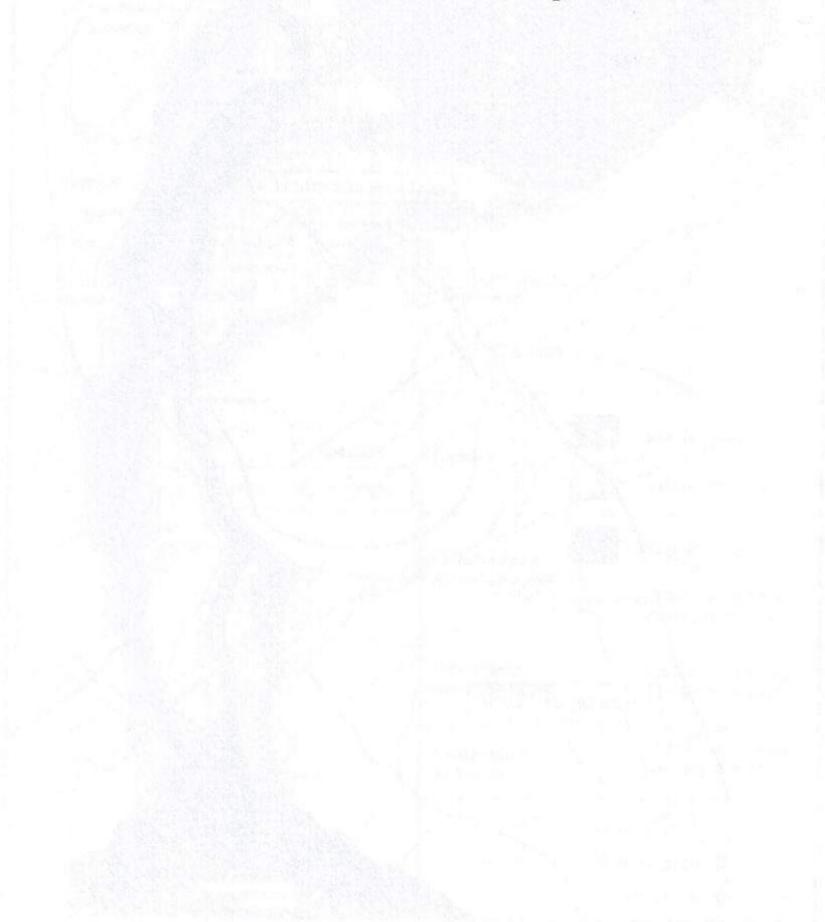
Vers une cartographie du risque plus complexe avec la prise en compte des représentations

L'analyse de la vulnérabilité des populations exposées au Cotopaxi a permis de bâtir trois cartes complémentaires de la carte des aléas (annexe 1) et de la carte de risque considérant la population sur le seul plan quantitatif (annexe 2). La première, directement issue de

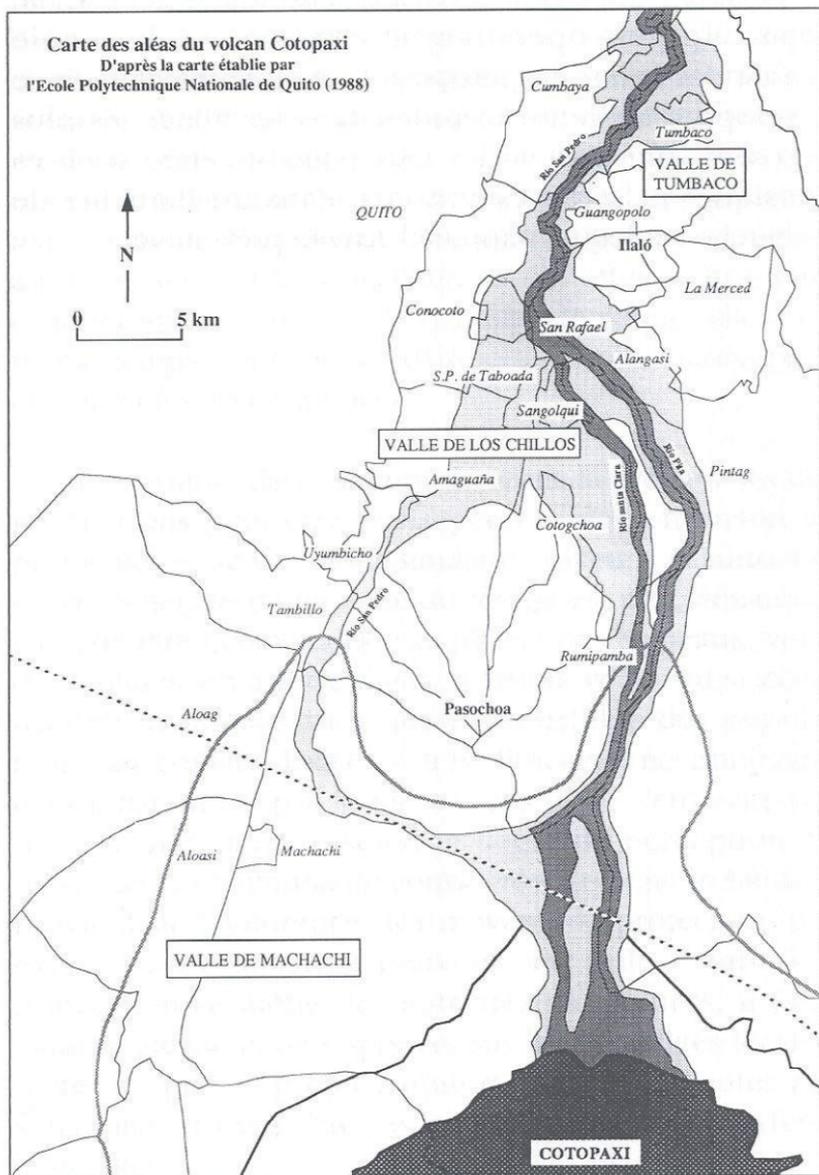
l'analyse factorielle, présente les types de vulnérabilité par paroisses (équivalent de nos communes). La deuxième est une carte intégrée des facteurs de risque combinant les aspects physiques, humains (cognitifs et sociaux), techniques et logistiques. Leur complexité a rendu nécessaire l'élaboration d'une troisième carte plus opérationnelle (annexe 3), découlant de la précédente, mais surtout, fournissant des pistes d'actions pour les autorités susceptibles de l'utiliser. En effet, si une telle cartographie a pour but de délimiter le risque, elle a en même temps pour finalité d'apporter des solutions pour en limiter les conséquences.

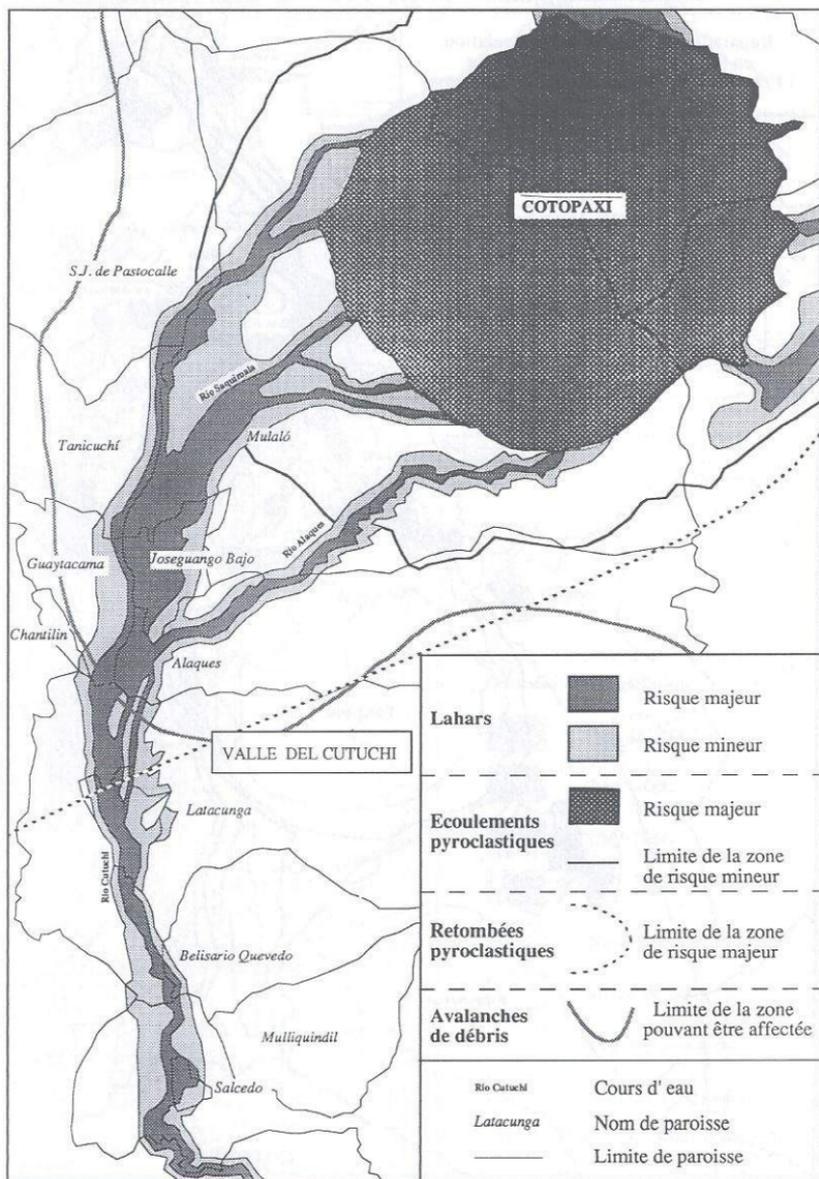
Par exemple, dans certains secteurs, la préparation des populations peut être envisagée en bloc en raison de problèmes et de situations similaires; ailleurs, et surtout là où la recherche d'une zone de refuge est problématique, elle doit être personnalisée au niveau des hameaux, voire des familles. En d'autres lieux, il faudra veiller au système d'alerte, notamment lorsque l'accessibilité des populations par contact direct est très difficile. Une campagne d'information n'a pas le même sens et ne s'envisage pas de la même manière selon le degré de perception du risque de la communauté considérée. Lorsque le blocage provient de l'ignorance des moyens de protection, des exercices d'évacuation peuvent être utiles. Mais si la population se méfie des autorités extérieures, il peut paraître judicieux de s'appuyer sur les notabilités locales, faute de quoi le projet risque d'échouer... Toutes ces situations, et bien d'autres, peuvent bien sûr interférer entre elles.

La prise en compte des représentations du risque chez les personnes concernées aboutit ainsi à une géographie beaucoup plus opératoire et efficace que le simple constat des zones dangereuses. Il serait temps de voir se développer ce genre d'études dans les zones les plus exposées, afin d'établir un juste équilibre entre sciences physiques et sciences sociales, dans un domaine de recherche sur lequel s'appuie l'activité préventive.

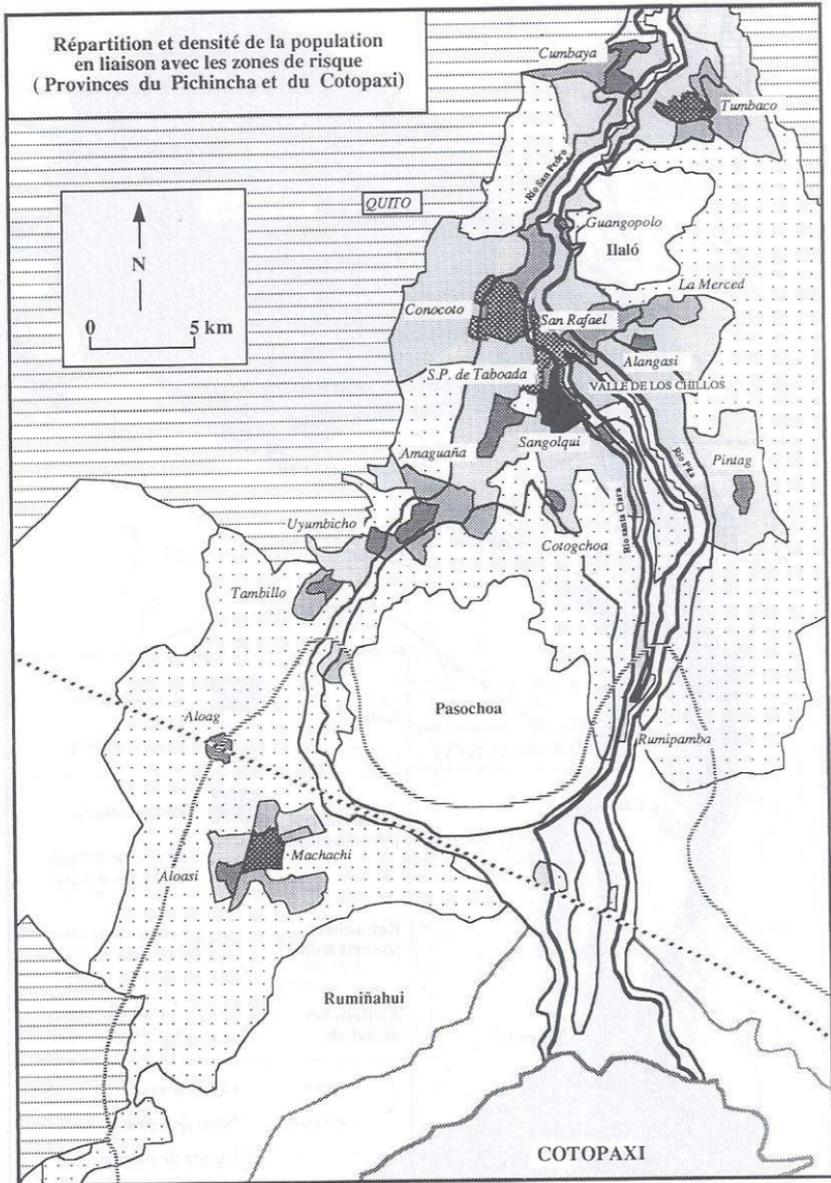


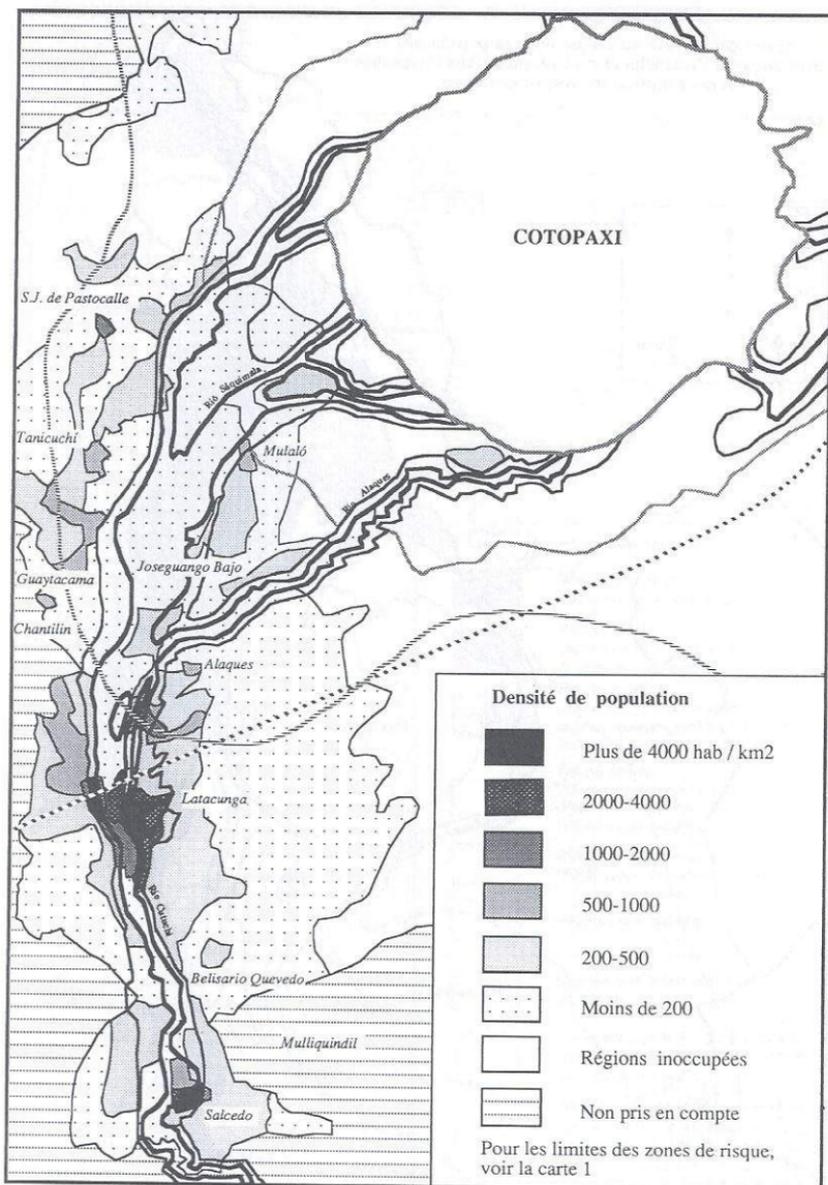
Annexe 1



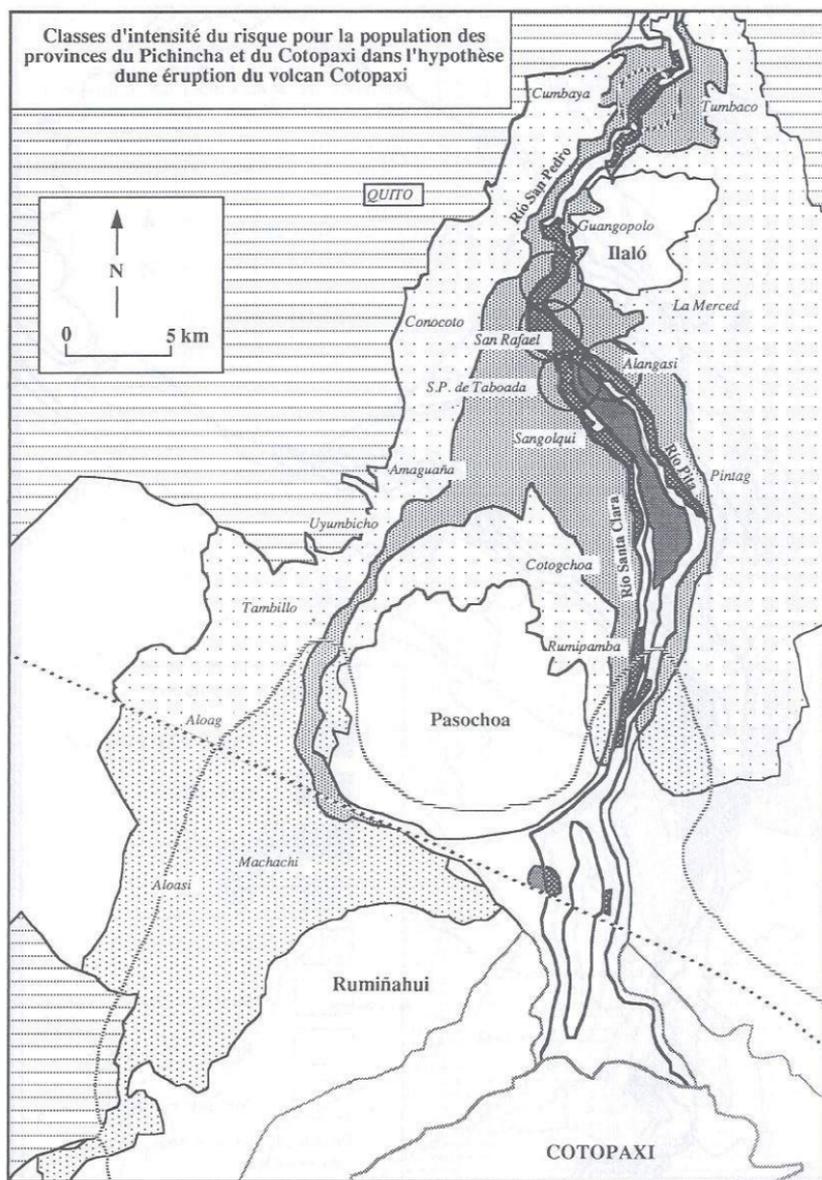


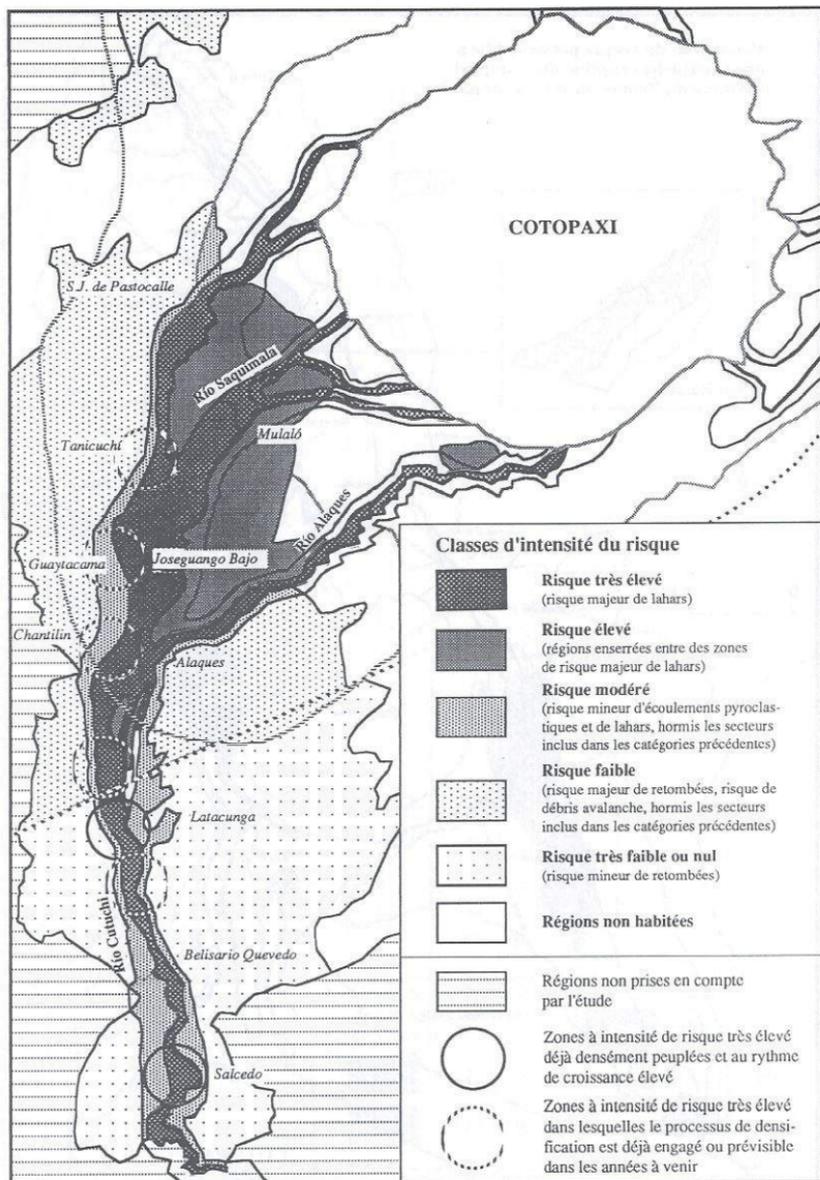
Annexe 2



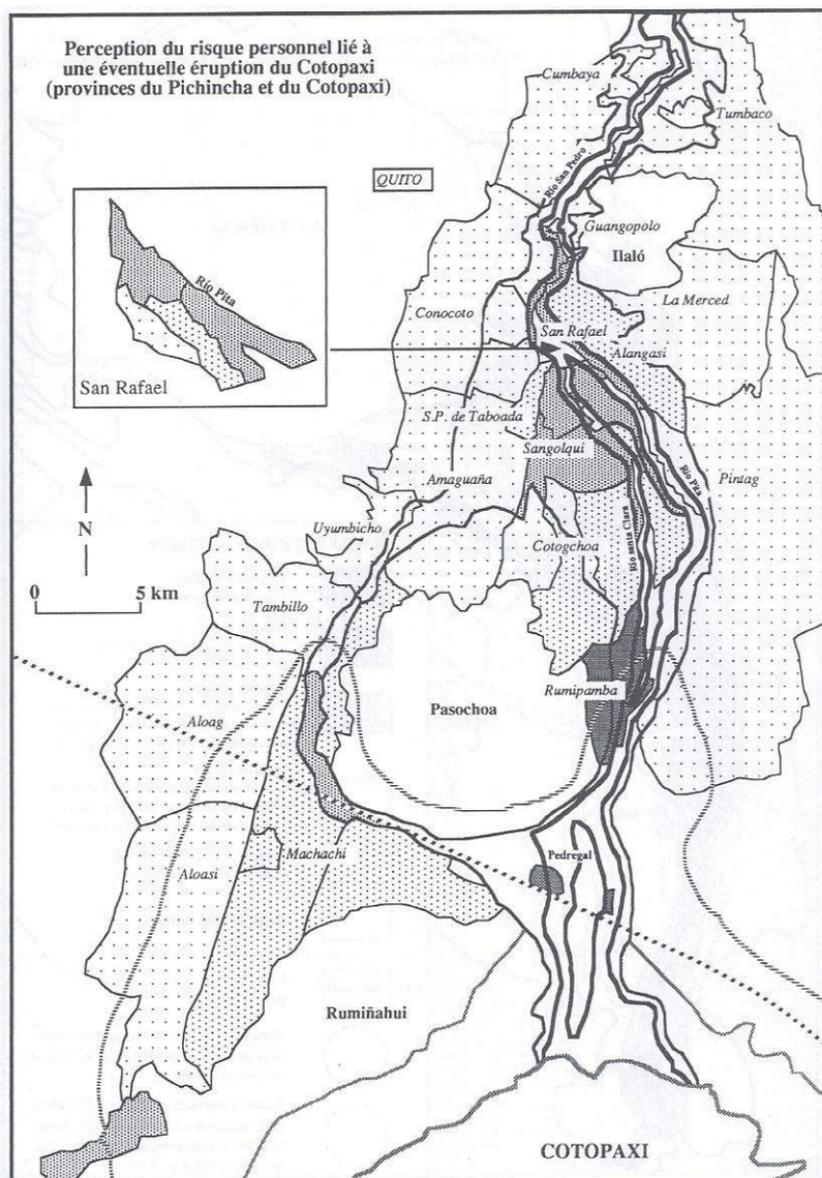


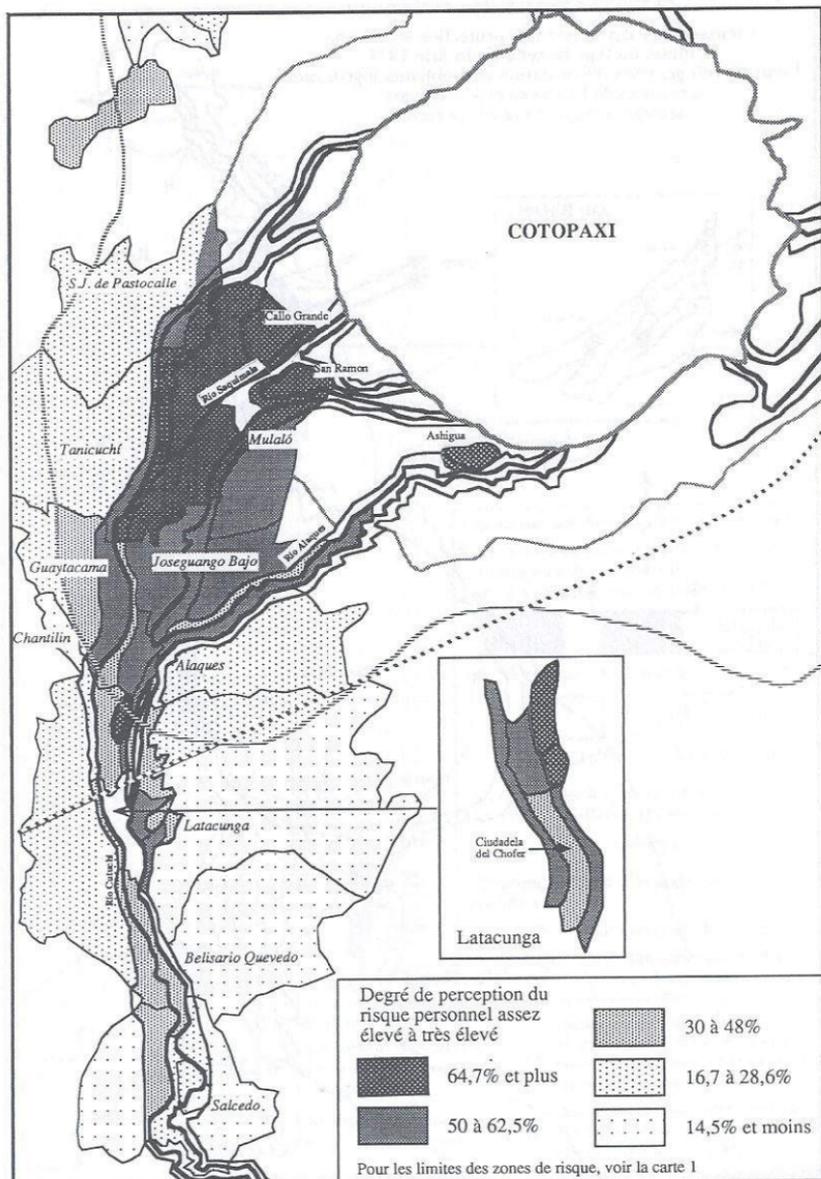
Annexe 3



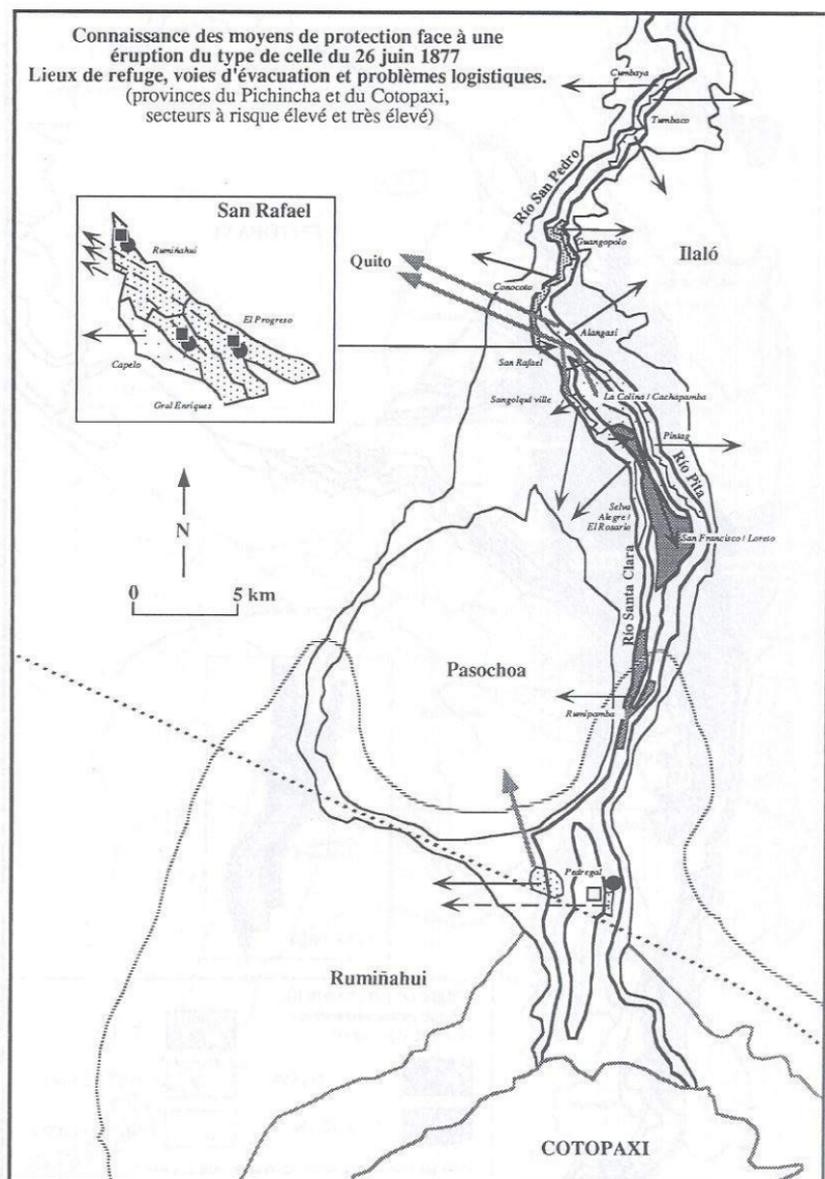


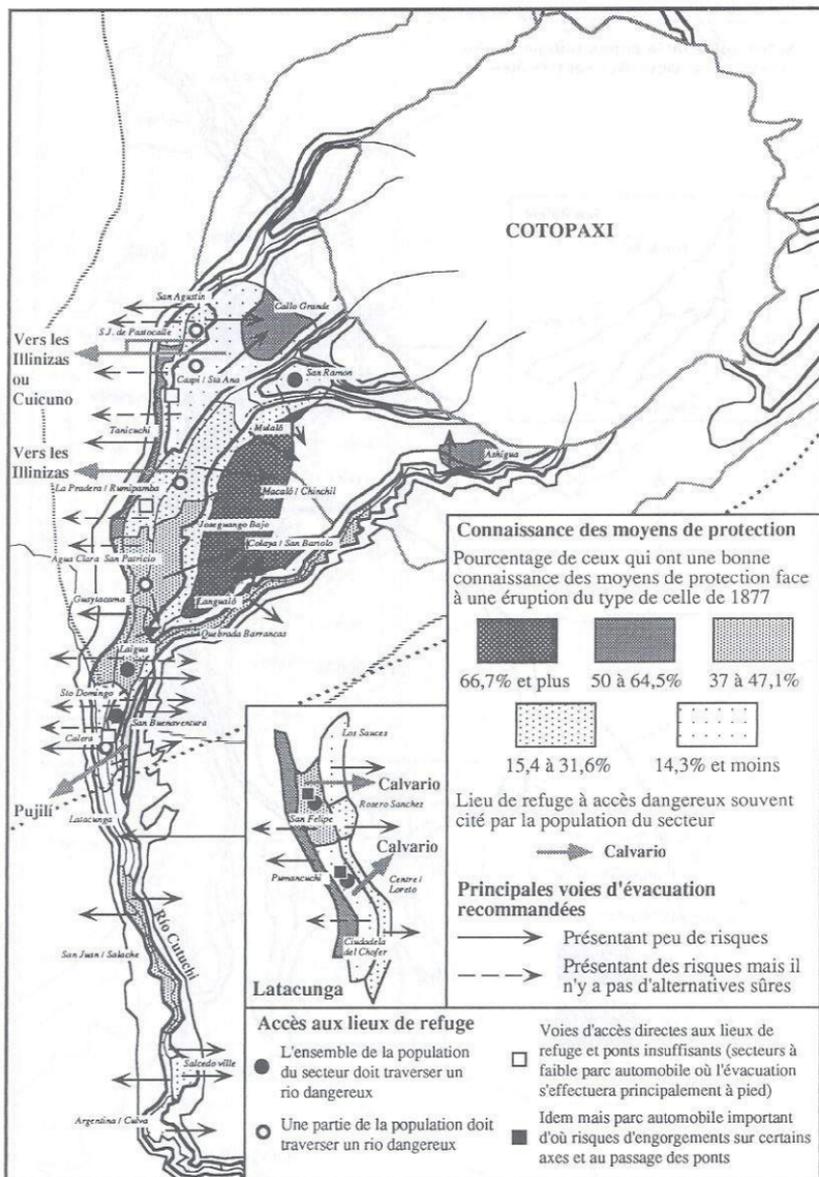
Annexe 4



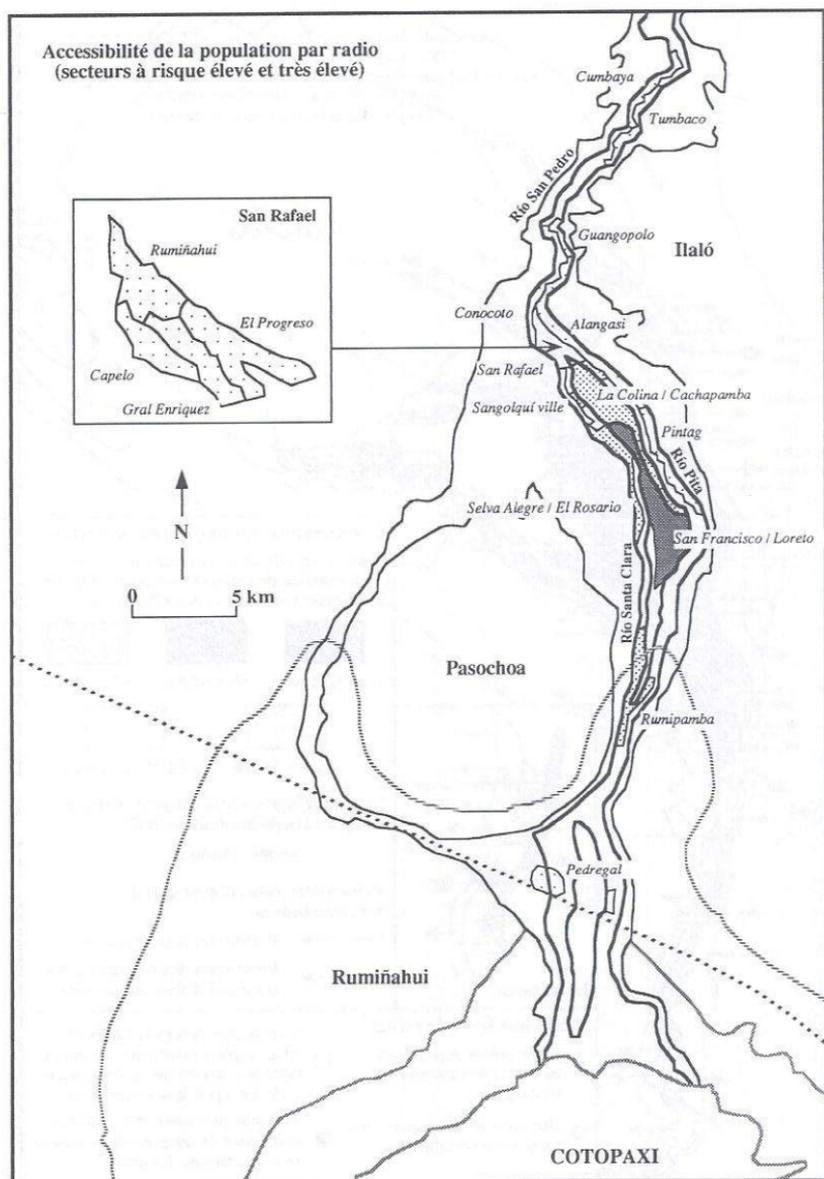


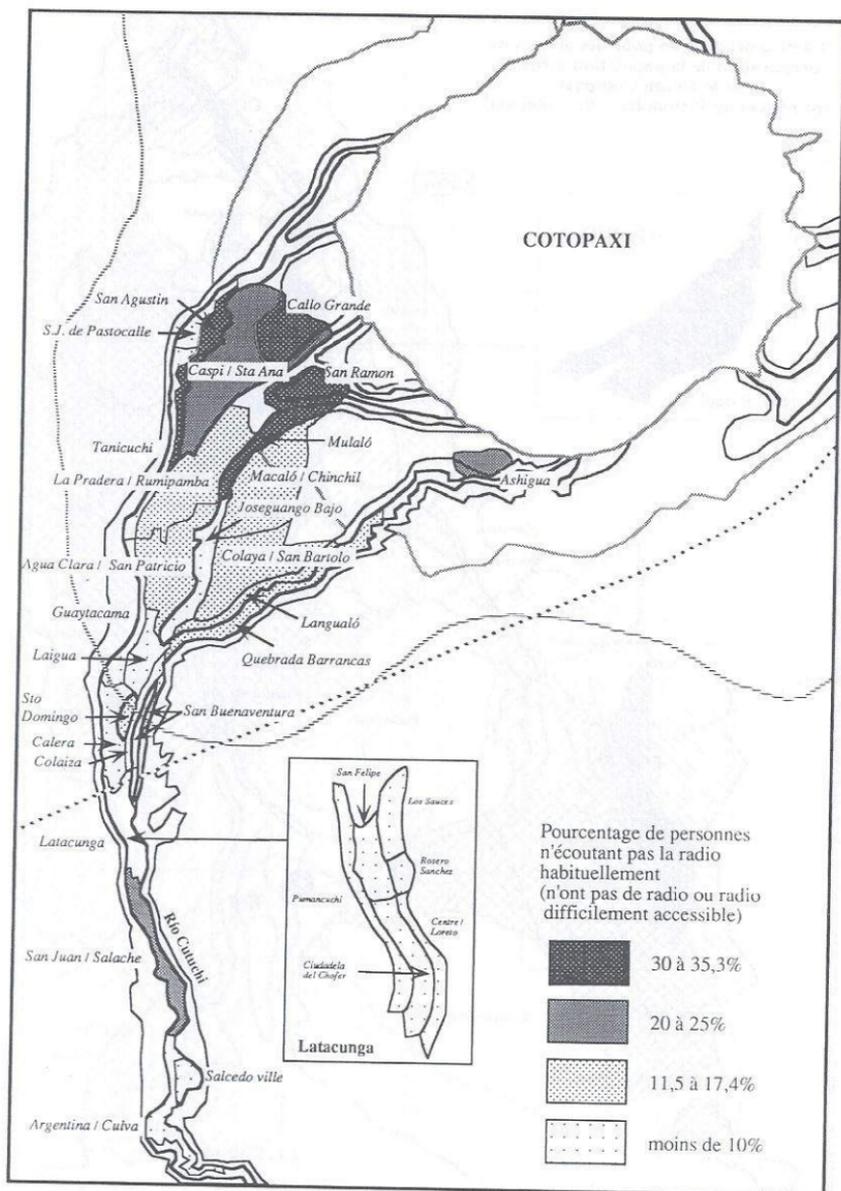
Annexe 5



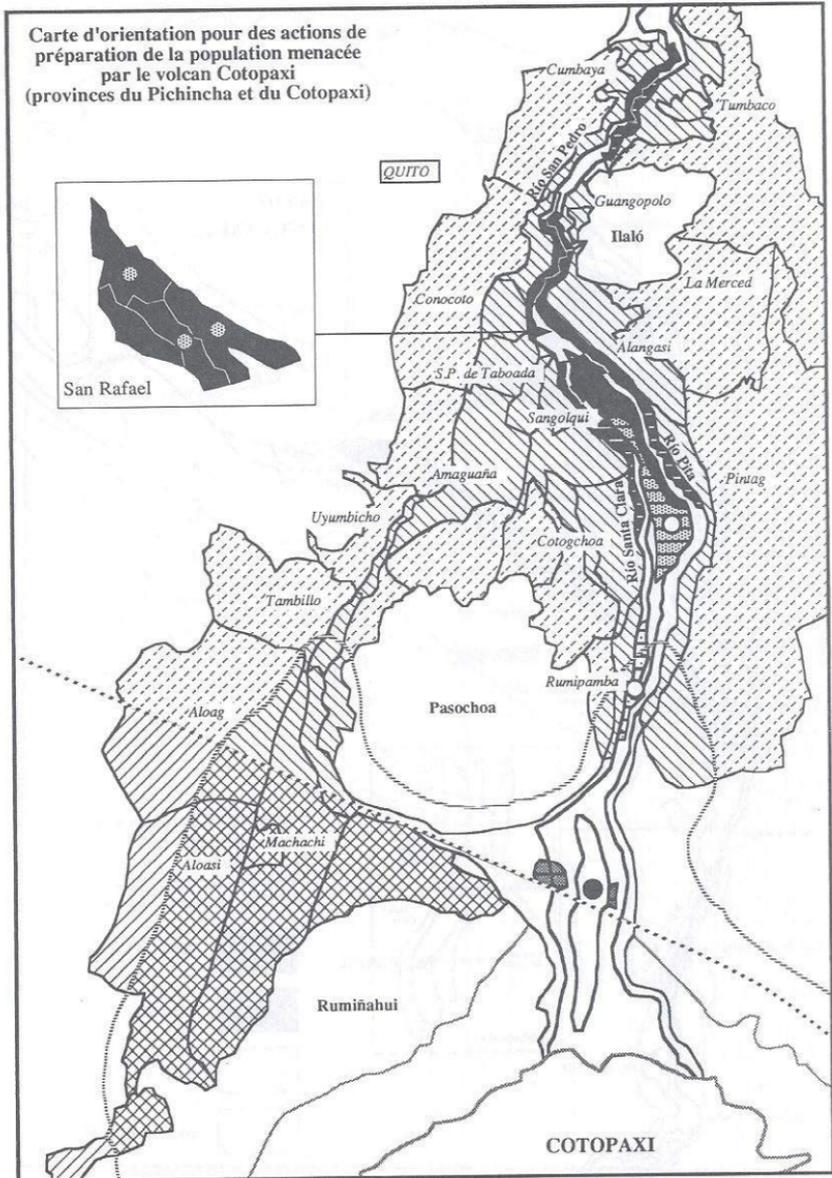


Annexe 6





Annexe 7



Légende Annexe 7

Régions à très faible risque



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

Régions à risque faible ou modéré



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



Secteurs qui pourraient être affectés dans l'hypothèse d'une activité plus explosive ou plus "efficace" que celle de 1877 et que le 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).



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

Régions à risque élevé à très élevé



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



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



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



Ces secteurs sont également situés hors de la zone de risque majeur de lahars. Ils seraient isolés par les lahars dans l'hypothèse d'une éruption du type de celle de 1877, mais pourraient, comme dans le cas du secteur d'Ashigua, être sérieusement affectés si l'éruption était plus violente. La principale différence tient à une collaboration problématique de leur population en cas de nécessité d'évacuer. Des actions de préparation menées à l'improviste ne seront pas plus facilement acceptées. Il s'agira d'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).



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

Secteurs dans lesquels l'accent doit être placé sur la résolution des problèmes logistiques qui ne manqueront pas de se poser si une évacuation était nécessaire.

- En raison de lieux de refuge et de routes d'accès non évidents, dépendants de la localisation précise de chacun, une préparation personnalisée au niveau des quartiers, des hameaux ou des familles doit être envisagée.
- Secteurs dans lesquels une attention particulière devra se porter à la fois sur les systèmes d'alerte et sur la résolution des problèmes logistiques.