



HAL
open science

Cartographie de la vulnérabilité aux phénomènes volcaniques et aux lahars du Pinatubo(Philippines). Cas du bassin de la rivière Pasig-Potrero (Province de Pampanga)

Jean-Christophe Gaillard, Robert d'Ercole, Frédéric Leone

► To cite this version:

Jean-Christophe Gaillard, Robert d'Ercole, Frédéric Leone. Cartographie de la vulnérabilité aux phénomènes volcaniques et aux lahars du Pinatubo(Philippines). Cas du bassin de la rivière Pasig-Potrero (Province de Pampanga). Pangea infos, 1998, 29-30, pp.5-19. hal-01169313

HAL Id: hal-01169313

<https://hal.science/hal-01169313>

Submitted on 29 Jun 2015

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

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

CARTOGRAPHIE DE LA VULNÉRABILITÉ DES POPULATIONS FACE AUX PHÉNOMÈNES VOLCANIQUES ET AUX LAHARS DU PINATUBO (PHILIPPINES) CAS DU BASSIN DE LA RIVIÈRE PASIG-POTRERO (PROVINCE DE PAMPANGA)

Mapping of population vulnerability to volcanic hazards and lahars of Mount Pinatubo (Philippines) Case study of Pasig-Potrero river basin (Pampanga province)

Jean-Christophe GAILLARD*, Robert D'ERCOLE*, Frédéric LEONE**
avec l'appui technique et scientifique du Philippine Institute of Volcanology and Seismology (PHIVOLCS)

* Université de Savoie, Département de Géographie, 73376 Le Bourget du Lac cedex (France).

** Université des Antilles et de la Guyane, Département de Géographie, 97275 Schoelcher, Martinique (France).

RÉSUMÉ

Cette étude a pour objectif d'évaluer la vulnérabilité des populations du bassin de la rivière Pasig-Potrero menacé par les lahars récurrents du volcan Pinatubo (Philippines) suite à l'éruption de 1991. A partir d'une campagne d'enquêtes sur le terrain, réalisée entre février et mars 1998, on a pu définir et cartographier différents niveaux de perception du risque, la qualité des comportements potentiels face aux lahars ainsi que des attitudes en cas d'ordre d'évacuation. Ces données ont ensuite permis de réaliser une typologie et une cartographie de la vulnérabilité dans le secteur d'étude.

Il en ressort que si la perception du risque est assez élevée, des problèmes subsistent, notamment en matière d'alerte et de comportements en cas d'évacuation ce qui concerne les comportements et les destinations en cas d'évacuations. La qualité de l'alerte a aussi montré, dans le passé, des carences qu'il convient aujourd'hui de combler.

Ce travail s'inscrit dans un cadre plus large d'évaluation de la vulnérabilité des populations face au volcan Pinatubo (vulnérabilité sociale, institutionnelle...) et des conséquences, notamment territoriales, de huit années de crises liées à l'éruption, puis aux lahars. Ces conclusions peuvent guider l'élaboration de scénarios de risque et de catastrophe, utiles à des fins opérationnelles (planification des secours, aide à la gestion des crises, aménagement du territoire...).

Mots-clés : Philippines, Volcan Pinatubo, Lahars, Vulnérabilité, Perception du risque, Comportements, Cartographie.

ABSTRACT

This study aims at assessing the population vulnerability in the Pasig-Potrero River basin threatened by the recurrent lahars of Mt Pinatubo volcano (Philippines) subsequent to its 1991 eruption. A survey, carried out between February and March 1998, enabled us to define and to map different levels of risk perception, the quality of the potential behaviors in the event of further lahars and of the demeanors in case of evacuation order. It was then possible to work out a typology and a cartography of human vulnerability in the study area.

This study points out that, even though the risk perception is quite high, some problems remain, notably concerning warning and behaviors in case of evacuation.

This work is part of a larger framework including population vulnerability assessment around Mt Pinatubo (social and institutional vulnerability). It also aims at estimating the effects, notably the territorial consequences, occurred as a result of a crisis linked to the volcano and its lahars, and that has been lasting for eight years. These results should allow to elaborate some risk and disaster scenarios. They are intended to be used as operational purposes in crises management such as relief arrangement, land use planning...

Key words: Philippines, Mt Pinatubo volcano, Lahars, Vulnerability, Risk perception, Behaviors, Cartography.

PRÉSENTATION

L'éruption du volcan Pinatubo, en 1991, est considérée comme l'une des plus importantes du siècle. Elle causa la mort de plus de 900 personnes en raison de

l'effondrement de toits et d'épidémies qui se sont répandues à l'intérieur des centres d'évacuation (Ewert & Newhall, 1998; Orejas, 1998). Les pertes économiques cumulées devraient s'élever à près d'un milliard de dollars en l'an 2000 (Léone, 1997). En effet, depuis

1991, des lahars¹ continuent d'affecter périodiquement, lors de la saison des pluies, les principaux bassins-versants qui drainent les flancs du volcan. Leurs conséquences sont considérables tant sur le plan humain que sur le plan économique. Des centaines de milliers de familles ont ainsi été affectées (Tab. 1) et plus de 42 000 d'entre elles ont dû être relogées dans des centres créés à cet effet dans la région de Central Luzon (MPC, 1998). Actuellement 770 km² restent encore sous la menace de lahars ou d'inondations associées (Léone, 1997).

	Volume de sédiments mobilisés (millions de m ³)	Nombre de morts et disparus	Nombre de familles affectées	Nombre d'habitations endommagées
1991	805	957	249 371	112 236
1992	555	19	164 400	6 212
1993	505	43	353 658	6 474
1994	910	61	169 295	3 415
1995	187	97	123 792	14 490
1996	87 *	6	44 597	46
1997	160 **	26	224 610	285

D'après les données de : PHIVOLCS (1997) et DSWD (1997).

* Seulement pour les bassins des rivières Pasig-Potrero et Sto Tomas-Marella.

** Estimations.

Tableau 1 – Bilan des sept premières années de crises liées à l'éruption et aux lahars du Pinatubo.

Les lahars de la Pasig-Potrero (Fig. 1) affectent la province de Pampanga, l'une des plus densément peuplées des Philippines – 643 hab./km² en 1995 (NSO, 1996) –. Ils ont été parmi les plus dévastateurs, modifiant profondément les paysages et la vie de la région. Ainsi, la municipalité de Bacolor, dont la population était en pleine croissance avant le réveil du Pinatubo (67 259 habitants en 1990 contre 50 942 en 1980), abrite actuellement moins de 9 000 personnes (NSO, 1996; Rodolfo, 1997). Aujourd'hui, la majeure partie des individus déplacés est installée à l'intérieur de centres de relogement où les conditions de vie sont parfois très difficiles. Face à ces difficultés, certaines victimes préfèrent retourner dans leurs villages d'origine, s'exposant de nouveau aux effets destructeurs des lahars. Afin de lutter contre ces phénomènes, les autorités ont investi plus de 37 millions de dollars (Nocum, 1998) dans un système d'endiguement qui fait l'objet de nombreuses critiques de la part de certains scientifiques, des popula-

tions et des médias. En effet, deux semaines seulement après son inauguration, une partie de la digue se brisait sérieusement (Agapay *et al.*, 1997).

On a tenté d'apprécier l'état actuel de la vulnérabilité des populations vis-à-vis d'une future éruption du Pinatubo et des lahars récurrents (Gaillard, 1998). Dans ce cadre, une campagne d'enquêtes a été réalisée afin de cerner le niveau de perception des risques d'origine volcanique par les populations résidant dans le bassin de la Pasig-Potrero, ainsi que leur connaissance des moyens de protection. Ces enquêtes ont aussi permis d'évaluer le poids des facteurs économiques, sociaux et culturels comme facteurs contraignants ou au contraire favorables à une bonne gestion des crises. Elles ont ensuite permis d'élaborer une cartographie de la vulnérabilité des populations exposées. La zone d'étude, correspondant à la zone la plus exposée (NEDA III, 1997; PHIVOLCS, 1997), comprend actuellement plus de 110 000 personnes situées sur les municipalités de Porac, San Fernando, Bacolor, Guagua, Sto Tomas et Minalin.

Afin de travailler sur des unités statistiques, spatiales et sociales les plus homogènes possibles, on a réalisé un découpage de la zone de risque. Pour ces mêmes raisons, quelques villages limitrophes et largement affectés ont été incorporés à cette dernière. Six zones ont été définies en fonction de leur disposition par rapport au système d'endiguement² et de leurs caractéristiques socio-économiques. Ces secteurs sont : North Porac, Potrero Stream, North San Fernando, San Fernando Town Proper, Guagua, Minalin/Sto Tomas (Fig. 3).

Notons que parmi ces secteurs, d'importantes disparités subsistent en ce qui concerne le vécu des individus face aux lahars (Fig. 4). Si les habitants de Guagua, Minalin/Sto Tomas et du Potrero Stream ont été les plus souvent touchés, près d'un tiers des populations de North Porac et de North San Fernando n'a jamais été affecté. Cet aspect sera déterminant au moment de l'interprétation des résultats sur la perception du risque et les comportements face aux lahars.

220 entretiens, proportionnellement répartis sur les six secteurs d'étude, ont été conduits. Le taux de sondage retenu a été d'une interview pour 300 votants³.

¹ Selon R.J. Janda (Janda *et al.*, 1997) "un lahar est un mélange de débris volcaniques rocheux et d'eau, composé habituellement de 40 à 90% de sédiments (...). La plupart des lahars du Pinatubo sont déclenchés par l'écoulement en surface des précipitations; certains le sont aussi par la rupture d'une poche d'eau stagnante".

² On distingue deux grands types de digues : d'une part les ouvrages comportant une armature bétonnée et théoriquement efficaces contre les lahars; d'autre part, les digues réalisées à partir de matériaux directement issus du chenal d'écoulement et dont l'efficacité est mise en cause.

³ Les registres de votants utilisés étaient ceux destinés aux élections présidentielles de mai 1998. L'ensemble des individus (hommes et femmes) de plus de 18 ans est pris en compte. On a retenu cette source d'information car elle repose sur les données les plus récentes.

La principale limite de cette étude est constituée par le nombre relativement faible d'entretiens réalisés. De ce fait, même si nous nous sommes efforcé de rendre les échan-

illons les plus représentatifs possibles (âge, sexe, ...), les résultats de l'enquête fournissent avant tout des tendances, surtout lorsqu'il s'agit de comparer des secteurs entre eux.

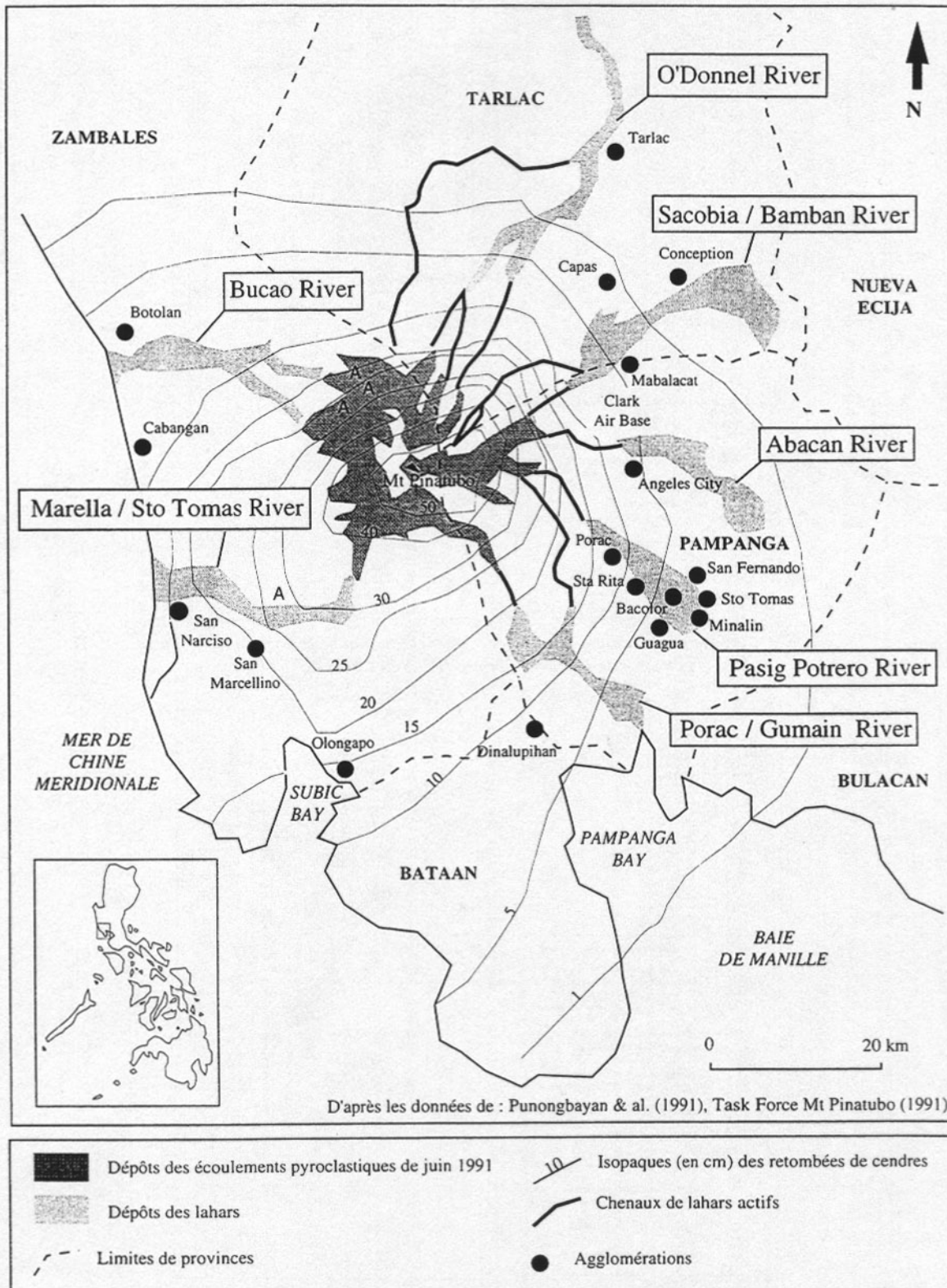


Fig. 1 - Principaux chenaux de lahars actifs et autres agents destructeurs associés à l'éruption du Pinatubo.

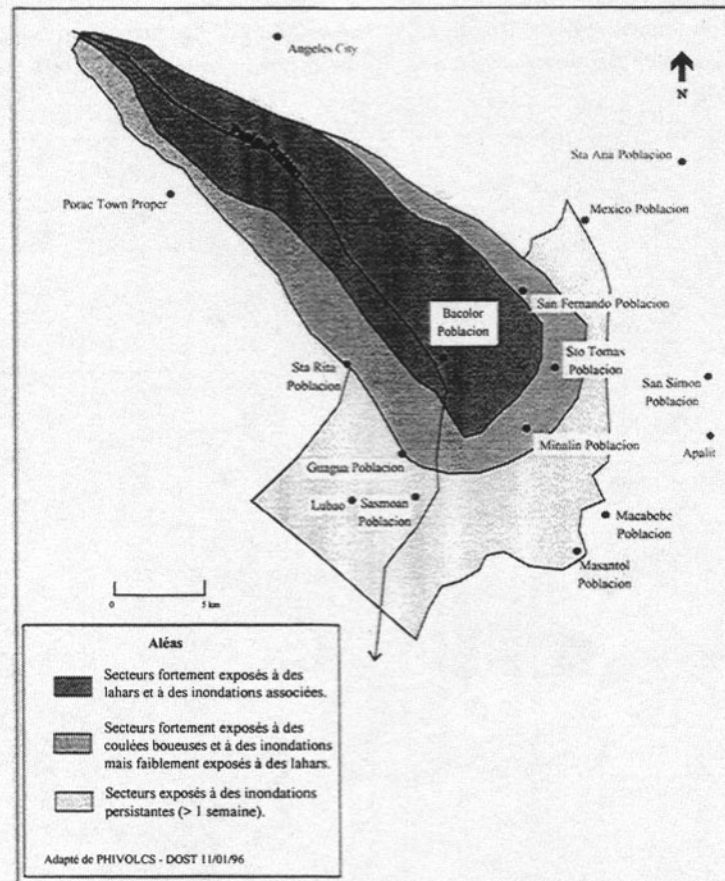


Fig. 2 – Extension spatiale probable des phénomènes naturels dommageables dans le bassin de la Pasig-Potrero (PHIVOLCS-DOST, 1996).

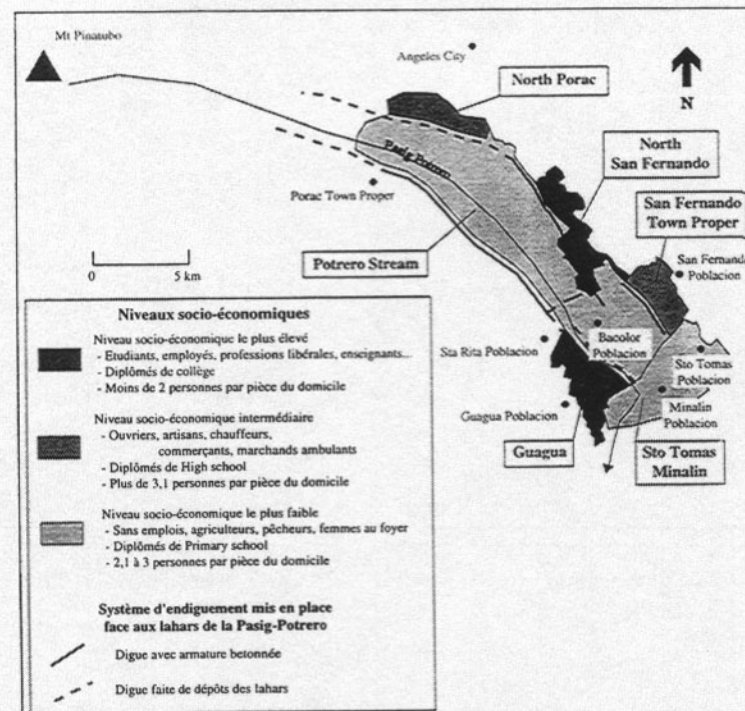


Fig. 3 – Les différents secteurs d'étude définis selon leur niveau socio-économique et leur disposition par rapport au système d'endiguement.

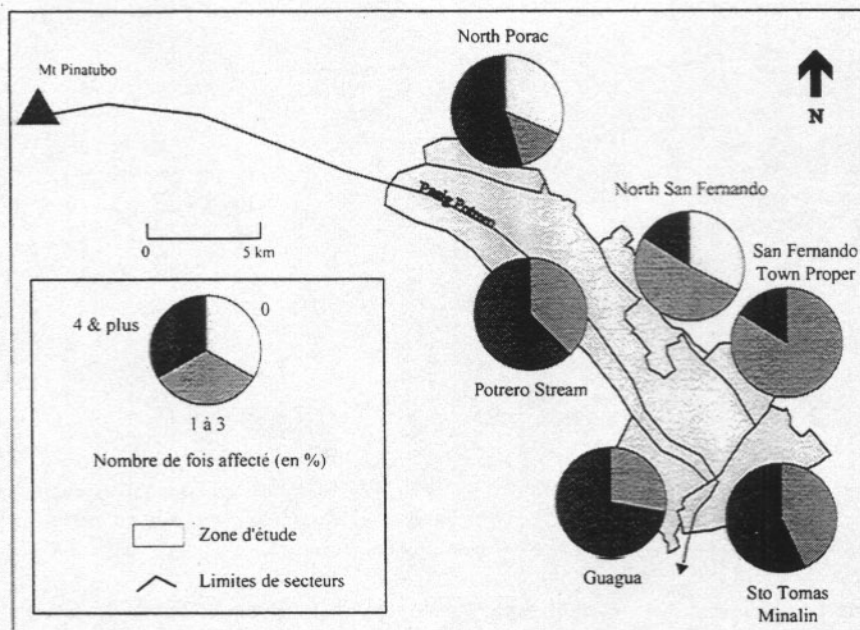


Fig. 4 – Répartition par secteur d'étude des PSE selon le nombre de fois qu'elles ont été affectées.

LES FACTEURS COGNITIFS ET COMPORTEMENTAUX DE VULNÉRABILITÉ

La perception du risque personnel ou « risque pour soi »

Sur l'ensemble du secteur d'étude, près de 76% de la population interrogée a ainsi une perception élevée à très élevée des risques liés aux lahars ou à une éventuelle éruption du Pinatubo. Ces personnes estiment que leur domicile peut être affecté en cas de nouvelles manifestations de ces phénomènes (éruption et lahars) ou tout du moins en cas de coulées de débris. Cependant on note des différences sensibles selon les secteurs (Fig. 5). En effet, les habitants de Guagua, Minalin et Sto Tomas ont une très haute perception du danger (environ 90% des personnes soumises à l'enquête - PSE), ce qui n'est pas le cas des personnes résidant en rive gauche de la Pasig-Potrero, secteur le moins affecté à l'heure actuelle. Ces dernières sous-estiment gravement les risques encourus (seulement 48 à 50% de réponses traduisant une perception élevée à très élevée). Au niveau de la partie la plus urbaine de San Fernando et des villages situés dans le chenal d'écoulement contenu par le système d'endiguement, les PSE témoignent d'une perception élevée, à hauteur de 60 et 78% respectivement. Ces chiffres relativement peu élevés demeurent inquiétants compte tenu de l'ampleur des phénomènes qui ont déjà affecté le secteur et qui sont susceptibles de s'y reproduire (PHIVOLCS, 1997 ; Agapay *et al.*, 1997).

Toutefois, si on compare ces observations avec le vécu des populations des différents secteurs en matière de lahars (Fig. 4), on s'aperçoit que la perception du risque personnel est d'évidence étroitement liée à la fréquence

suyant laquelle les populations ont été affectées. Les secteurs les plus sinistrés (Guagua, Minalin/Sto Tomas et le Potrero Stream) sont ceux où la perception du risque est la plus élevée, contrairement aux deux secteurs les moins touchés (North Porac et North San Fernando).

Au contraire, l'emplacement par rapport au système d'endiguement ne semble pas jouer un rôle important puisque, par exemple, on retrouve à proximité immédiate des secteurs enquêtés de Guagua et North Porac le même type de digues fragiles, constituées de matériaux empruntés aux lahars. Cet aspect a d'ailleurs été pris en compte dans la définition des différents secteurs de l'étude qui sont bordés, chacun, par un type de digue différent.

En revanche, la représentation mentale des espaces susceptibles d'être affectés par de nouveaux lahars de la Pasig-Potrero⁴ recoupe quant à elle relativement bien la carte des aléas du PHIVOLCS (Fig. 2) ; les villes de Bacolor, San Fernando, Sto Tomas, Minalin, Guagua et Sta Rita sont en effet citées par plus de 95% des PSE (Fig. 6). Celles-ci ont cependant souvent tendance à étendre la zone menacée aux localités de Porac - Town Proper - et Floridablanca (bassin-versant de la Porac River) pourtant peu exposées de par leurs positions légèrement surélevées vis-à-vis du chenal d'écoulement. La fréquente association du terme lahar à la ville de Porac par les médias ou les acteurs politiques locaux semble ici perturber les personnes enquêtées. Dans le cas de la ville d'Angeles City, la population a tendance à confondre les lahars de l'Abacan River qui peuvent affecter les parties nord et est de la ville avec ceux de la Pasig-Potrero.

⁴ Les PSE devaient délimiter sur un fond de carte doté de points de repères, la zone qu'ils pensaient pouvoir être affectée en cas de nouveaux lahars.

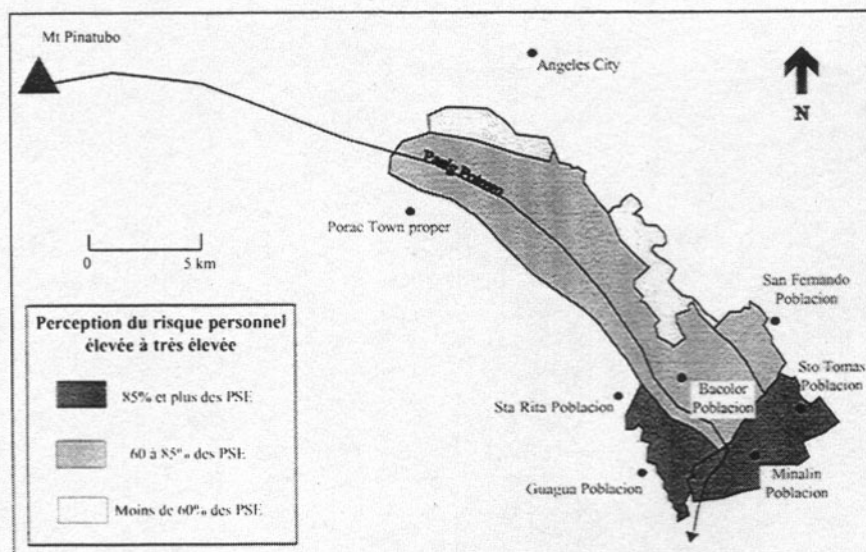


Fig. 5 – Perception du risque personnel vis-à-vis des phénomènes volcaniques et induits (lahars).

77% de la population interrogée estime par ailleurs que les lahars se reproduiront lors de la prochaine saison des pluies (Fig. 7). Conformément à leur faible niveau de perception du risque, les habitants de Porac et du Nord de San Fernando sont les plus nombreux à estimer que les lahars appartiennent désormais au passé (18 et 21%). Compte tenu de l'attention des autorités et de l'importance de la couverture médiatique dont fait l'objet la région, on peut là encore raisonnablement s'inquiéter pour cette partie de la population. Il est vrai que le village de Manibaug Paralaya (Porac) par exemple, même s'il est placé sur la liste des secteurs les plus menacés en cas de lahars, n'a, pour l'instant jamais été sérieusement touché. On note ici une nouvelle fois l'importance du vécu des individus dans la définition de la perception du risque personnel.

Le comportement des individus en cas de nouveaux lahars

Comme nous venons de le voir, la perception du risque est assez élevée dans la zone la plus menacée par les lahars de la Pasig-Potrero. En revanche, le comportement des individus en cas de crise liée à de nouveaux lahars paraît assez inquiétant (Fig. 8). En effet, plus d'un tiers de la population interrogée (36%) présenterait un comportement peu efficace qui la mettrait en danger. Ceci est notamment dû aux destinations envisagées par les personnes soumises à l'enquête en cas d'évacuation. En effet, les refuges se situent, pour une partie d'entre eux, dans des zones pouvant être affectées par des lahars ou des phénomènes d'inondations. Et plus que la destination, qui correspond bien souvent aux centres d'évacuation déjà fréquentés, c'est l'environnement de ces derniers et les zones à traverser pour y accéder qui présentent des dangers. Cet aspect avait déjà été mis en

évidence par une étude menée par le PHIVOLCS à la suite des lahars de 1993 (Tayag *et al.*, 1994). Il apparaissait alors que pour la seule Province de Pampanga, 101 centres d'évacuation sur 206 utilisés à l'époque n'étaient pas complètement sûrs. Nombre de destinations doivent donc être remises en cause et une campagne d'information en la matière paraît nécessaire afin de renseigner les populations et leur éviter d'emprunter des itinéraires dangereux. Il semblerait opportun de bien définir préalablement les centres d'évacuation cibles pour chaque village⁵, en prenant en compte le zonage du risque, et d'en informer la population. Divers entretiens ont montré que les conseillers de village sont assez souvent au courant des localités et des centres vers lesquels ils doivent se diriger, mais il semble que l'information passe mal auprès des populations. Le système de diffusion de celle-ci par le bouche-à-oreille, *via* les capitaines de village et leurs conseillers, doit être remis en cause. Une véritable cartographie des centres mais aussi une programmation des moyens de transport en cas d'évacuation semble nécessaire. En effet plus de 80% des gens rencontrés avouent avoir évacué spontanément, dans le passé, et semble-t-il avec leurs propres moyens, tout du moins sans faire référence à une quelconque action officielle.

⁵ Le plan d'évacuation de la Province de Pampanga, daté du 10 janvier 1997, ne mentionne que les municipalités d'origine des individus amenés à séjourner dans les différents centres (PDCC-PROVINCE OF PAMPANGA, 1997).

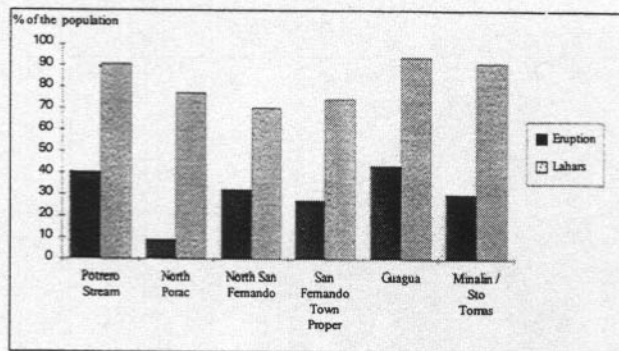


Fig. 7 – Perception de la probabilité d'occurrence de nouveaux lahars dans la Pasig-Potrero et d'une nouvelle éruption du Pinatubo.

Par ailleurs, les moyens structurels de protection et les précautions adoptées par les populations ne présentent pas partout le même degré d'efficacité face aux lahars.

Les maisons rehaussées par de larges et solides pilotis bétonnés, visibles à Bacolor par exemple, ont déjà résisté à plusieurs lahars. Elles paraissent, de ce fait, un des meilleurs moyens de se protéger.

Ce n'est pas le cas de l'utilisation des sacs de sable, quasi systématique dans certains secteurs. En effet, si ceux-ci peuvent être utiles contre les inondations, leur efficacité est mise en cause lorsqu'il s'agit de lutter contre les lahars. Ils peuvent même parfois accroître leur pouvoir destructeur en augmentant la charge solide susceptible de saper la base de certains ouvrages (Rodolfo, 1995).

Quelques individus possèdent également des équipements de secours (barques, gilets de sauvetage...), mais de façon plus anecdotique.

Dans ces conditions, la solution la plus radicale et la plus sûre semble reposer sur l'évacuation préventive à l'orée de la saison des pluies⁶, telle qu'elle est préconisée par les autorités (TODAY, 1997). 17% de la population interrogée adopte cette mesure chaque mois de juin, notamment à Bacolor (plus de 30%) (Fig. 9).

A l'instar du niveau de perception du risque, les comportements potentiels en cas de crise liée à de nouveaux lahars ne sont pas uniformes selon les secteurs. En effet, les habitants interviewés au nord de Porac, comme ceux de San Fernando Town Proper, présenteraient à près de 50% des comportements pouvant les mettre en danger. Ils sont également plus de 30% au nord de San Fernando, à Guagua et à Minalin/StoTomas.

Au contraire, à Bacolor Poblacion, dans le chenal d'écoulement de la Pasig-Potrero, 19% seulement des habitants interrogés auraient un comportement jugé peu efficace.

Des facteurs contraignants d'ordre social et technique

En cas d'ordre d'évacuation, 93% des personnes interrogées dans la zone la plus exposée aux lahars de la Pasig-Potrero seraient prêtes à évacuer leur domicile. Si le niveau de perception du risque n'est pas des plus élevés dans le secteur, la population semble tout de même consciente du danger que représentent les lahars et de l'impossibilité de demeurer chez soi en cas d'atteinte par les flots. Les récalcitrants se concentrent principalement à Bacolor où près du tiers des gens rencontrés (28%) se refusent à quitter leur village natal, principalement pour des raisons sentimentales (attachement à la terre où ils sont nés...) (Fig. 8).

Par ailleurs, si la majorité des personnes interviewées dans le bassin de la Pasig-Potrero accepte l'idée d'une évacuation temporaire, sitôt la menace écartée, ces personnes regagnent leur domicile, plus ou moins résignées à l'idée de devoir le quitter de nouveau lors de la prochaine crise. Peu d'entre elles sont, en effet, décidées à aller vivre dans un centre de relogement dont l'image est négative (60% des PSE ne désirent pas s'y rendre). Les problèmes invoqués sont nombreux : le manque d'emplois (22%), le surpeuplement et le manque d'intimité (20%), l'attachement à la terre (11%) ou encore le manque de nourriture (10%) et l'insuffisance d'installations sanitaires ou d'eau courante.

En moyenne, 12% des personnes interrogées ont déjà vécu dans un de ces centres de relogement, avant de les quitter pour revenir habiter leurs villages d'origine. Ce chiffre atteint 60% à Bacolor, contre 5% environ dans les autres secteurs. Seules les populations de Minalin et Sto Tomas n'ont pas, à ce jour, été relogées dans ces centres. Lorsqu'il s'agit d'expliquer ces retours prématurés, ces populations évoquent là aussi l'absence de travail (31%) ou l'éloignement de celui-ci (21%) ainsi que l'attachement à la terre (18%) (Fig. 10).

⁶ On entend par évacuation préventive durant la saison des pluies, les déménagements d'environ cinq mois (de juin à octobre) dans une autre localité, sans retour de plus de quelques heures au domicile menacé.

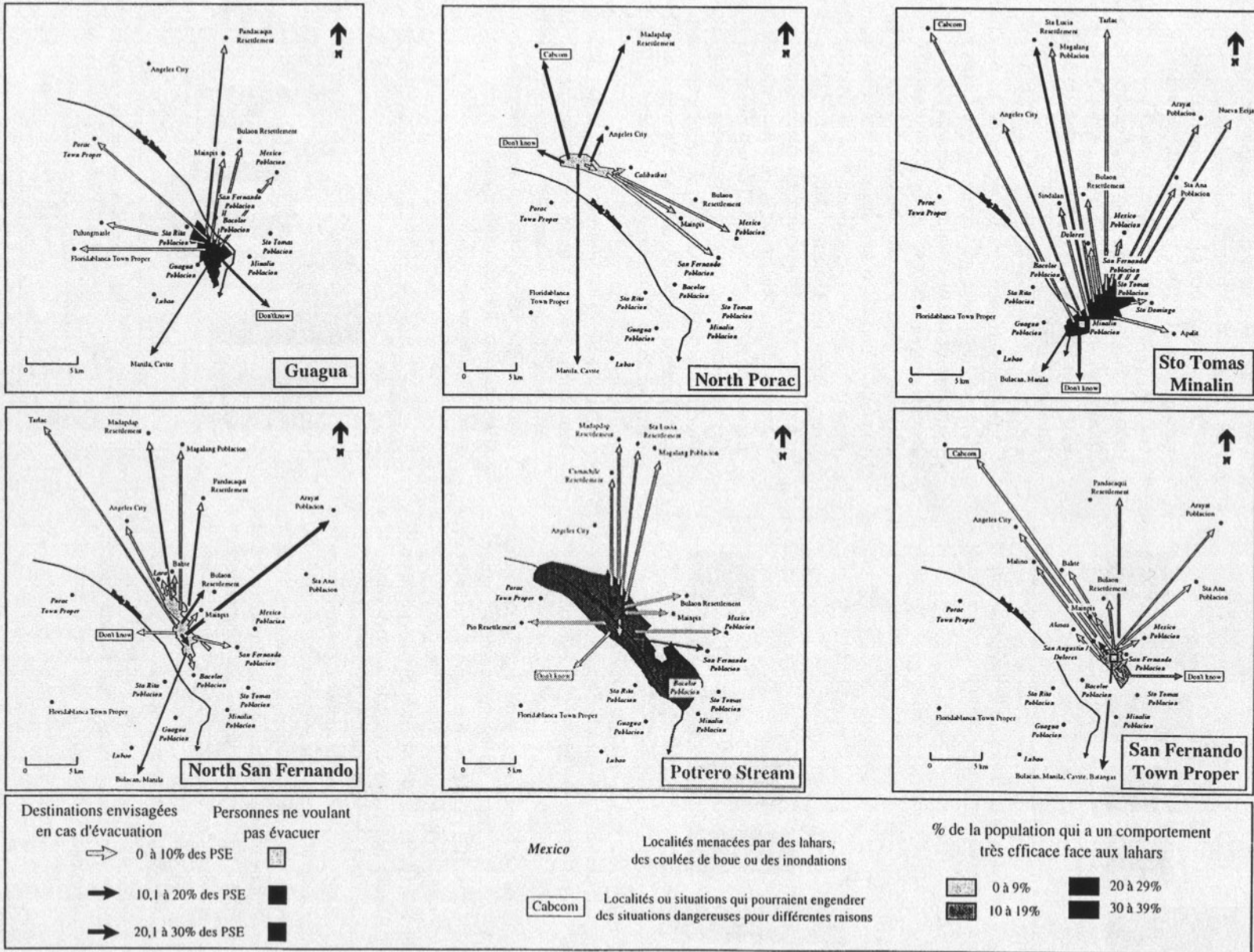


Fig. 8 - Qualité des comportements face aux lahars dans le bassin de la Pasig-Potrero.

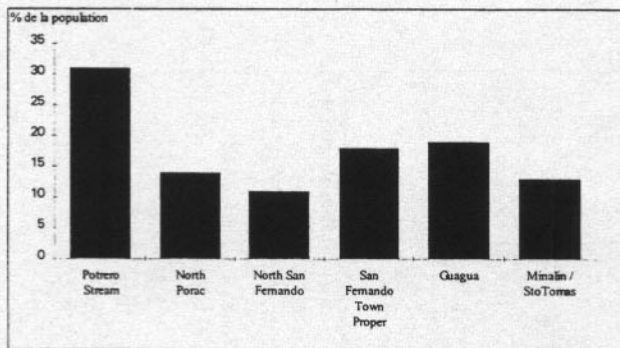


Fig. 9 – Proportion des individus déménageant durant la saison des pluies selon la localisation géographique.

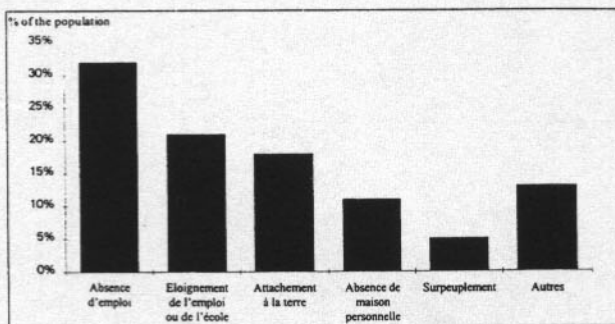


Fig. 10 – Raisons invoquées par les PSE ayant habité les centres de relogement pour expliquer leur retour dans leurs villages d'origine.

La qualité de l'alerte représente également un point sensible (Fig. 11). Ainsi, en 1991, lors de l'éruption du Pinatubo, 82% des habitants interrogés à Porac avaient reçu un signal, alors qu'ils étaient seulement 39% à Minalin/Sto Tomas⁷. Ces disparités persistent les années suivantes, lors des crises liées aux lahars. Ainsi, si à Porac le nombre de PSE alertées officiellement (82%) est, si ce n'est parfait, tout du moins acceptable et garant d'une certaine efficacité du système de réponse dans cette localité, l'alerte des populations représente un problème majeur pour l'ensemble des autres secteurs, notamment à Minalin/Sto Tomas et San Fernando Town Proper où moins des deux tiers de la population interrogée a été alertée de l'arrivée de lahars.

Les systèmes d'avertissement locaux (sirènes, cloches, porte à porte...) sont pourtant privilégiés. Les PSE évoquent très souvent plusieurs moyens d'alerte au sein de leurs villages sans réellement savoir lequel sera utilisé

lors de la prochaine alerte. Cela peut être une source de confusion regrettable en cas de situation d'urgence et il serait souhaitable de définir un signal unique pour chaque village et d'en informer la population.

De plus, alors que seul le Regional Disaster Coordinating Council (RDCC) est habilité à ordonner l'évacuation d'un secteur menacé, il semble que d'autres sources d'alerte, guidées par des motivations diverses (politiques, délictueuses⁸...), viennent interférer et doubler les ordres officiels (The Philippines Journal, 1997; Jimenez, 1997).

D'autre part, outre les problèmes de gestion institutionnelle, il se peut que certains autres facteurs d'ordre logistique retardent certaines communications vers les localités menacées. Par exemple l'accessibilité directe de la population à travers la radio est souscrite au taux d'écoute. Celui-ci est très disparate selon les secteurs : de 95% à Porac à seulement 67% à Minalin et Sto Tomas selon nos enquêtes. Cela signifie qu'une fraction importante de la population est inaccessible de cette manière. Même chose pour la télévision que 28% de la population interrogée dans le Potrero Stream ne regarde pas régulièrement. Nous ne parlerons même pas des journaux qu'il est impossible de se procurer dans certains endroits et lorsque c'est tout de même possible, la barrière de la langue anglaise les rend difficilement utilisables⁹.

Dans ce cadre, la diffusion des messages d'alerte doit faire l'objet d'une attention toute particulière de la part des institutions. Il semble notamment important d'uniformiser les systèmes d'avertissement locaux et d'en informer les populations afin d'éviter toute confusion dommageable.

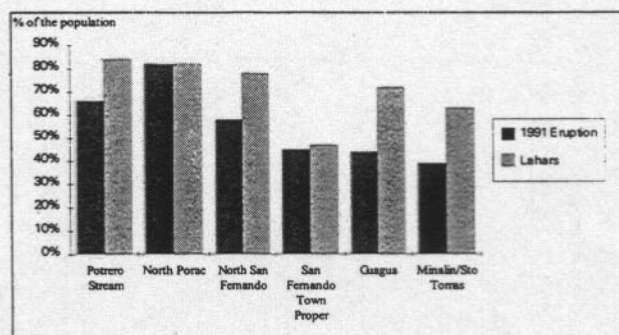


Fig. 11 – PSE ayant reçu un message d'alerte avant l'éruption de 1991 et les lahars des années suivantes selon la localisation géographique.

⁷ L'alerte semblait de meilleure qualité en 1992 (Tayag et al., 1997). La situation actuelle est peut-être due à la multiplication des alertes depuis plusieurs années et aux possibles confusions qui s'en suivent.

⁸ Dans le but de cambrioler les maisons évacuées par leurs habitants, certains individus n'hésitent pas en effet à propager de fausses alertes.

⁹ Seuls les tabloïds et autres journaux à scandale, par ailleurs très populaires, sont en philippin (Tagalog).

Les variables explicatives des facteurs comportementaux et cognitifs

Parmi les variables qui ont une influence sur les facteurs cognitifs et comportementaux (perception du risque, comportement face aux lahars et attitude en cas d'ordre d'évacuation), l'expérience des individus en matière d'évacuations passées semble jouer le rôle le plus déterminant (Fig. 12). Il apparaît clairement, à travers cette étude, que les individus dont l'expérience en matière de lahars est la plus grande sont également ceux dont la perception du risque est la plus élevée et dont les comportements face aux lahars et aux ordres d'évacuation sont les plus efficaces. Il semble donc

primordial de porter la plus grande attention aux secteurs n'ayant pas encore été affectés dans de vastes proportions ("North Porac" et "North San Fernando").

Les autres variables recensées lors de l'analyse statistique (nombre de fois affecté, sources d'information, niveau de confiance dans les institutions, niveau socio-économique...) n'influent que sur l'un ou l'autre des facteurs. Les autorités devraient toutefois porter une attention toute particulière à l'impact des mesures de prévention sur le plan de la confiance que leur accordent les populations. Cet aspect est décisif en cas d'alerte et de situations d'urgence où les évacuations (surtout face à des lahars) doivent être rapides et parfaitement organisées.

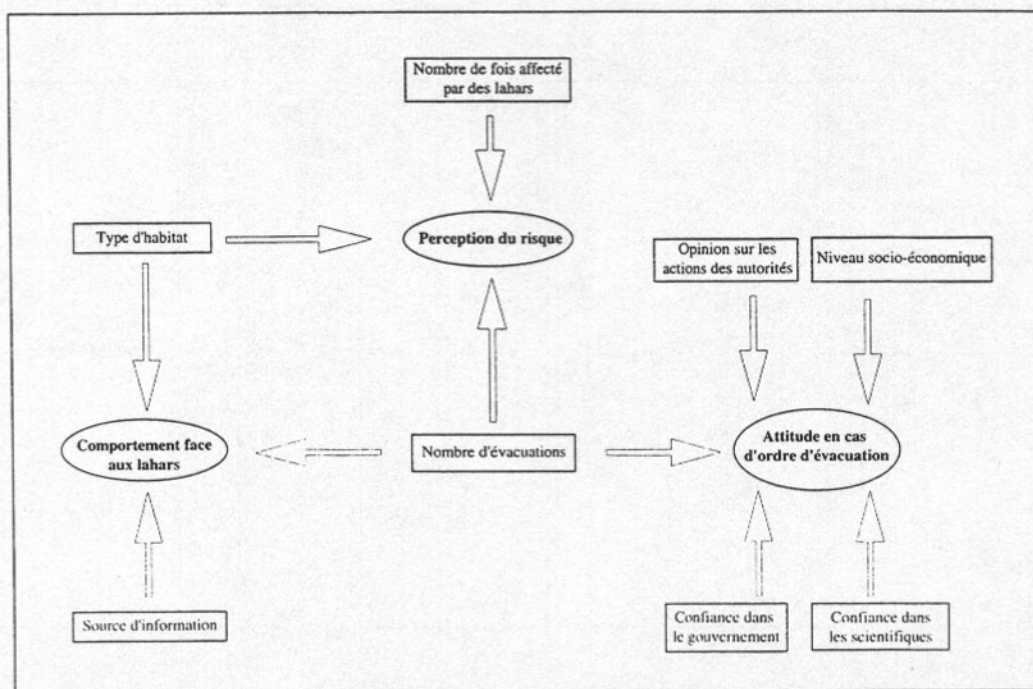


Fig. 12 - Liens entre les facteurs de comportement et les variables sélectionnées.

SYNTHÈSE GRAPHIQUE DES SITUATIONS DE VULNÉRABILITÉ

La figure 13 propose une comparaison des six secteurs étudiés sur la base des différents facteurs comportementaux pris en compte. A partir des graphiques, il est possible de calculer, pour chaque zone, une 'surface de vulnérabilité'¹⁰ et d'étudier la forme des polygones afin

d'établir une hiérarchisation des situations de vulnérabilité. Quatre classes principales se dégagent de ces graphiques et ont permis la réalisation d'une carte de vulnérabilité des populations du bassin de la Pasig-Potrero (Fig. 14).

1) Tout d'abord les secteurs du Nord de Porac (surface = 750) et de San Fernando (670,5) se caractérisent par le plus haut degré de vulnérabilité dû à une perception du risque nettement insuffisante et un certain nombre de comportements face aux lahars pouvant mettre en danger les habitants de ces localités.

Par contre, en cas d'ordre d'évacuation ces populations répondraient, semble-t-il, parfaitement aux consignes.

¹⁰ Afin de calculer l'aire des polygones, on a réalisé la somme des surfaces des quatre triangles rectangles les composant. Pour cela, on a utilisé les unités de mesure, en valeur absolue, des facteurs représentés et non de réelles unités métriques. Ces chiffres n'ont donc aucune valeur sortis de leur contexte.

Ex. : Surface de vulnérabilité du Potrero Stream = $((1*84)/2) + ((84*31)/2) + ((31*72)/2) + ((72*1)/2) = 2496$

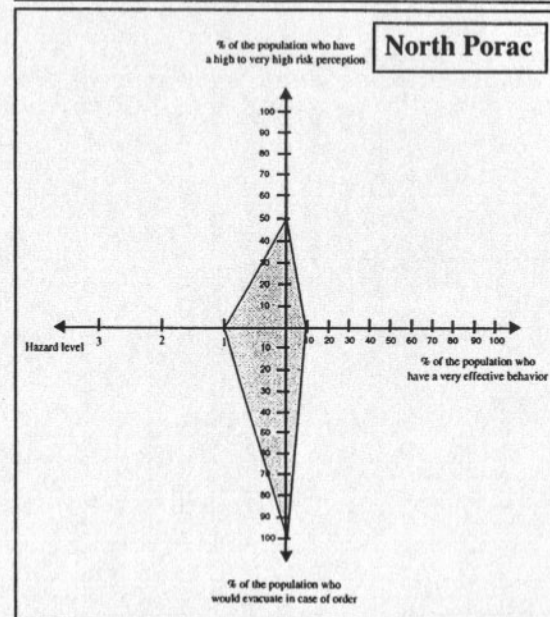
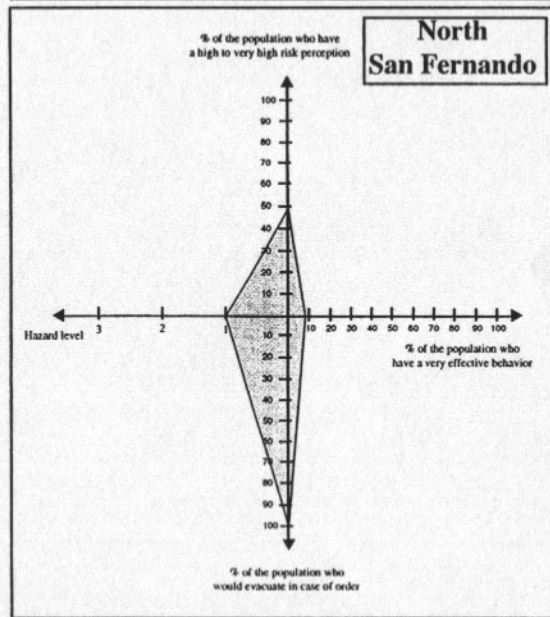
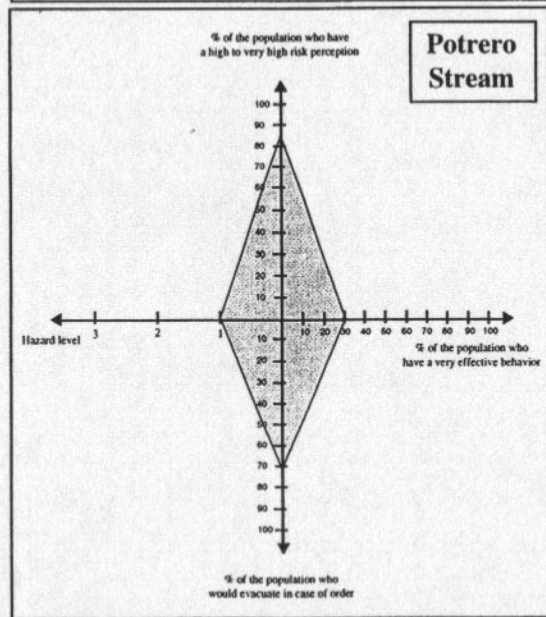
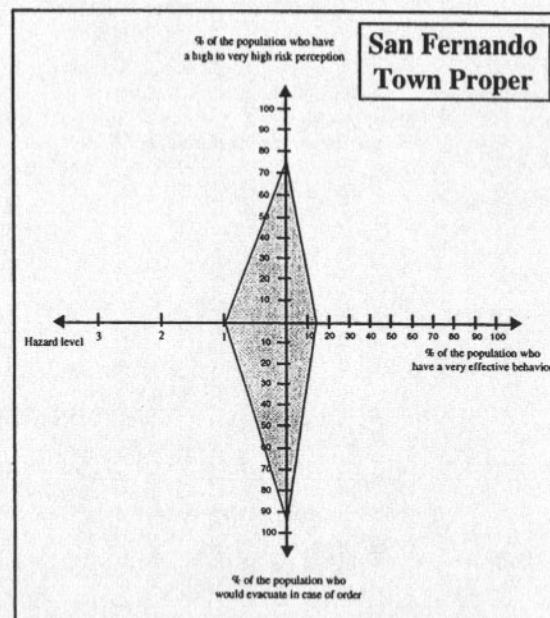
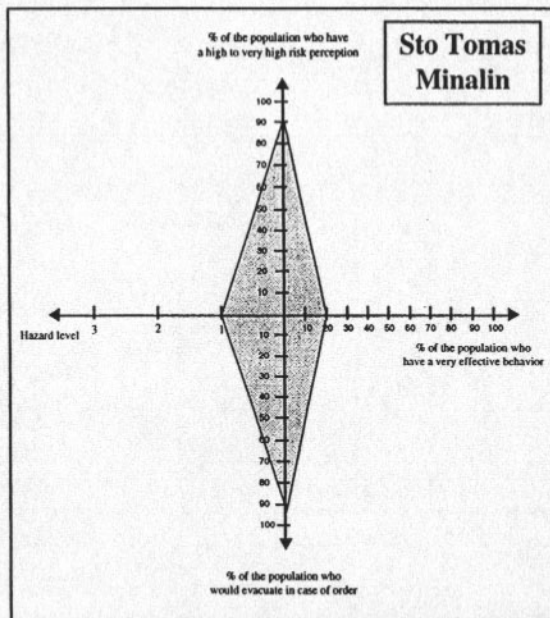
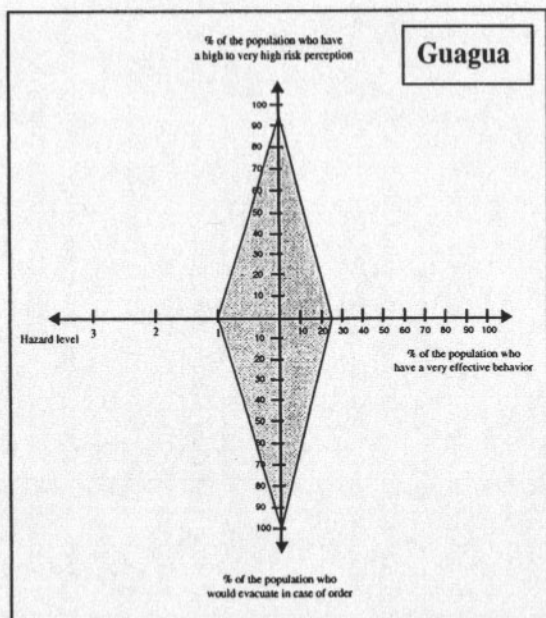


Fig. 13 – Aires de gravité de la vulnérabilité des différents secteurs d'étude.

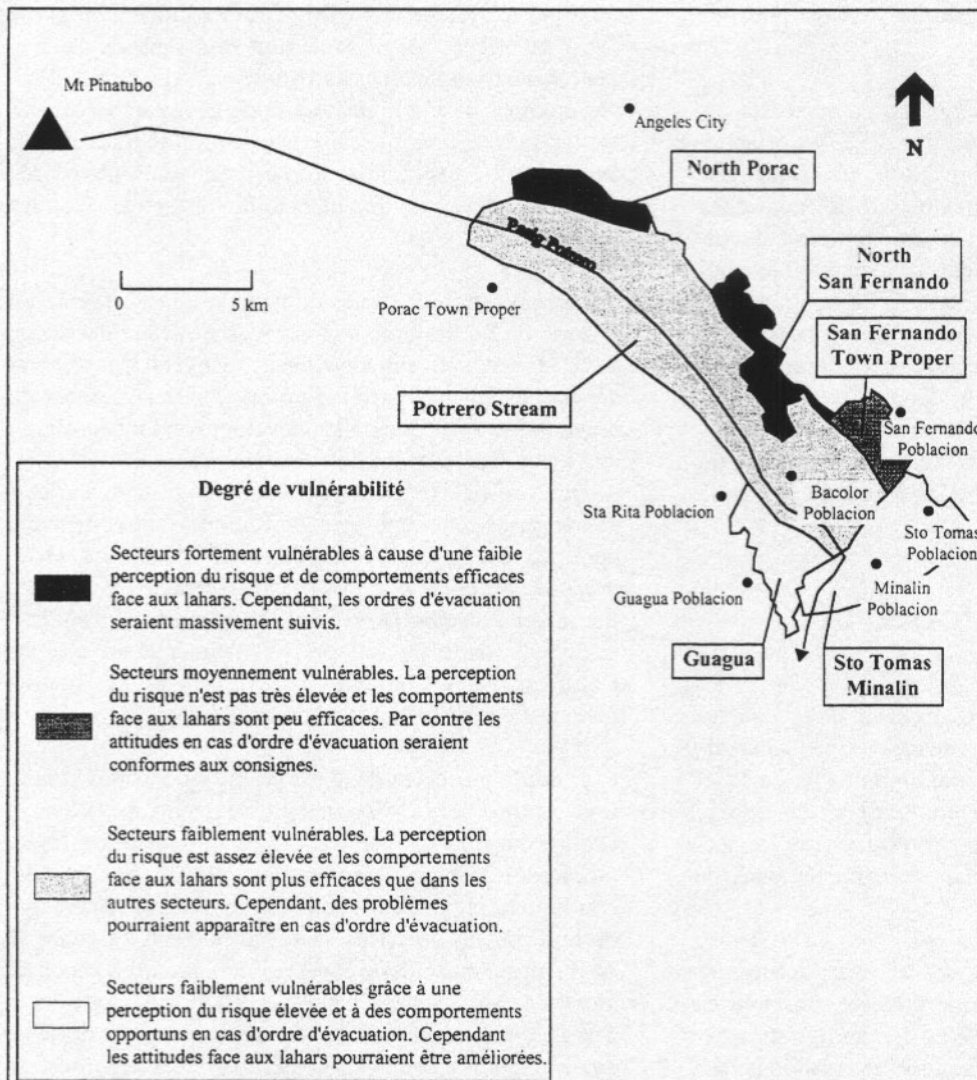


Fig. 14 – Carte de vulnérabilité des populations du bassin de la rivière Pasig-Potrero.

Dans ce cas, un gros effort d'information semble donc devoir être accompli afin de sensibiliser les populations aux phénomènes volcaniques et aux risques encourus. Conformément à ce que nous signalions précédemment, ces secteurs ont été à l'heure actuelle les moins affectés de l'ensemble de la zone d'étude puisque près d'un tiers des habitants interrogés n'a encore jamais été concerné. Ces populations semblent cependant moins exposées que celles du Potrero Stream situées, quant à elles, sur le trajet des lahars.

2) Les habitants de San Fernando Town Proper (surface = 1275) affichent une perception du risque plus élevée mais le comportement face aux lahars est inquiétant. Toutefois cette population répondrait favorablement en cas d'ordre d'évacuation. Si le niveau de vulnérabilité est ici inférieur aux secteurs précédents, l'information des populations (notamment en ce qui concerne l'utilisation des sacs de sable) semble essentielle.

3) La situation est différente dans le Potrero Stream (surface = 2496) où des difficultés pourraient apparaître en cas d'ordre d'évacuation. Ceci est compensé par un nombre plus important de comportements très efficaces face aux lahars (notamment grâce au rehaussement des maisons sur des pilotis bétonnés). La perception du risque étant également élevée, on s'aperçoit que le secteur le plus exposé et le plus affecté par les lahars possède un degré de vulnérabilité relativement bas. L'importance du vécu est donc évidente dans le cas de ces habitants du chenal d'écoulement de la Pasig-Potrero qui doivent faire face annuellement aux lahars. Dans ce contexte, c'est plus l'image des autorités que la qualité de l'information en elle-même, qui pourrait être améliorée ; en particulier en justifiant clairement – si cela est possible – les raisons des choix en matière de prévention. Une grande partie de la population de ce secteur se sent en effet sacrifiée au profit des habitants de San Fernando et de Guagua, et reproche aux autorités

d'avoir réduit Bacolor à un bassin d'épandage pour les lahars.

4) Les autres secteurs où le degré de vulnérabilité est relativement bas sont Guagua (surface = 2522) et Minalin/Sto Tomas (1932). A une perception du risque très élevée s'ajoute, en effet, un suivi massif des consignes en cas d'évacuation. L'attention semble toutefois devoir être portée sur le comportement face aux lahars qui pourrait être amélioré, notamment à Minalin et Sto Tomas. Il est intéressant de noter que ces deux secteurs présentent des caractéristiques socio-économiques très différentes (Fig. 3). Il apparaît donc – même si Sto Tomas et Minalin paraissent légèrement plus vulnérables que Guagua – que le niveau de vie n'est pas un facteur de vulnérabilité majeur dans le cas du bassin de la Pasig-Potrero.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Au terme de cette étude, il apparaît donc que les populations de la zone la plus menacée par les lahars de la Pasig-Potrero présentent des comportements à risque, dus à un vécu assez faible en matière de lahars ; l'attention semble donc devoir être portée vers les secteurs exposés n'ayant pas encore été affectés dans de vastes proportions.

Le contexte actuel des crises et leur récurrence annuelle est donc, d'une certaine manière, un atout en matière de perception du risque et de connaissance des moyens de protection. Cependant, les réactions des populations sont soumises à différents paramètres qui appartiennent au domaine institutionnel. L'attention semble devoir notamment se porter sur la gestion des évacuations qui pourrait être améliorée par une attribution plus rationnelle des centres d'évacuation. Une réelle cartographie des refuges, mais aussi des destinations d'évacuation, semble nécessaire. De plus, un problème subsiste au niveau de l'information, notamment offi-

cielle, et le système actuel montre ses limites, en particulier au niveau local. Mais tout ceci s'inscrit dans la gestion institutionnelle des risques au sens large. Dans ce domaine, il semble nécessaire de travailler à l'échelle la plus grande possible (le village), afin de s'adapter au mieux aux spécificités locales qui présentent des niveaux et des types de vulnérabilité différents selon les secteurs.

La réalisation de cartes de vulnérabilité s'affirme ici comme un outil d'aide à la décision utile aux décideurs dans le sens où ces documents peuvent directement déboucher sur des cartes d'orientation des mesures de prévention, telles que celles développées dans la région du volcan Cotopaxi en Equateur (D'Ercole, 1991).

Dans ce but, il serait intéressant de pouvoir enrichir et comparer cette typologie avec celles d'autres secteurs où l'aléa est de nature et d'intensité différentes, et de procéder à l'étude d'autres bassins-versants drainant les flancs du Pinatubo. A ce titre, le même type d'étude – mais à l'échelle du village – constituerait un progrès significatif. C'est en effet à cette échelle que l'action préventive semble être la plus efficace.

L'étude présentée dans cet article ne constitue toutefois qu'une partie d'un travail de recherche visant à évaluer la vulnérabilité globale de la population (institutionnelle, sociale...) autour du volcan, ainsi que les conséquences, notamment en terme d'effets territoriaux de huit années de crises successives. Dans ce cadre, il convient maintenant de repérer l'évolution des réponses apportées aux événements récurrents liés au Pinatubo et à ses lahars, et de cerner les mécanismes de décision ayant conduit à celles-ci. Ces crises et ces réponses ont eu de nombreuses implications territoriales (mutation des paysages, migrations saisonnières et définitives de populations, redéploiement des activités économiques...) et sociales (bouleversement des modes de vie, adaptation des comportements aux nouveaux contextes...). Il convient de les étudier afin d'appréhender les perspectives de développement des régions affectées ainsi que les nouvelles conditions de vulnérabilité. □

Références bibliographiques

- AGAPAY (N. C.), BAESA (G.T.), DIGDIGAN (A.G.), RIVERA (R.L.), RODOLFO (K.S.), 1997. - Major reorganization of the Pasig-Potrero lahar channel and hazard implications for Pampanga towns. - ss ed., 13 p.
- D'ERCOLE (R.), 1991 - Vulnérabilité des populations face au risque volcanique : le cas de la région du Cotopaxi (Equateur). - Thèse de doctorat : géographie, Université Joseph Fourier, Grenoble, 459 p.
- DSWD, 1997 - Mt Pinatubo statistics. - San Fernando : DSWD III, 11 p.
- EWERT (J.W.), NEWHALL (C.G.), 1998 - Volcanic crisis in the Philippines : the 1991 eruption of Mt Pinatubo. - Internet : CVO Homepage <<http://vulcan.wr.usgs.gov/home.html>>, 5 p.
- GAILLARD (J.-C.), 1998 - Vulnérabilité des populations face aux phénomènes volcaniques et aux lahars du Pinatubo (Philippines) - Cas du bassin de la Pasig-Potrero (province de Pampanga). - Rapport de mission aux Philippines, Orléans : CIFEG, 113 p.

- JANDA (R.J.), DAAG (A.S.), DE LOS REYES (P.J.), NEWHALL (C.G.), PIERSON (T.C.), PUNONGBAYAN (R.S.), RODOLFO (K.S.), SOLIDUM (R.U.), UMBAL (J.V.), 1997 - Assessment and responses to lahar hazard around Mount Pinatubo. - in Newhall (C.G.), Punongbayan (R.S.), *Fire and Mud: Eruption and lahars of Mt Pinatubo, Philippines*; Seattle: University of Washington Press, 1126 p.
- JIMENEZ (E.), 1997 - Lahar folk warned against false alarm. - *Philippine Daily Inquirer*, 06/27/97.
- LEONE (F.), 1997 - Impacts et gestion des crises liées à l'éruption et aux lahars du volcan Pinatubo (1991-1996): contribution à l'analyse du système institutionnel philippin de réponse aux catastrophes volcaniques. - PANGEA, n° 27/28, Juin/Décembre 1997, p. 13-34.
- MPC, 1998 - 1997 annual report - Life after Mt Pinatubo: new life, new home, new future. - Clark Field: MPC, 24 p.
- NEDA III, 1997 - List of Barangay at risk due to lahar and associated flooding. - Angeles City: NEDA III, 19 p.
- NOCUM (A.), 1998 - Gov't men fortifying megadyke in Pampanga. - in *Philippine Daily Inquirer*, 06/21/98.
- NSO, 1996 - 1995 Census of the population: report 1C: population by province, city, municipality and barangay: Central Luzon. - Manila: NSO, 80 p.
- OREJAS (T.), 1998 - Seven years after the blast: bleak future awaits Pinatubo victims. - in *Philippine Daily Inquirer*, 06/16/98.
- PDCC-PROVINCE OF PAMPANGA, 1997 - Evacuation plan. - San Fernando: PDCC Pampanga, 4 p.
- PHIVOLCS, 1997 - Update on lahar hazards in the Pasig-Potrero basin (Aug. 27, 1996). - Quezon City: PHIVOLCS, 14 p.
- PUNONGBAYAN (R.S.), DALIGDIC (J.A.), BESANA (G.M.), 1991 - The 16th July 1990 Philippine earthquake and the 1991 Mt Pinatubo eruption: an overview. - IDNDR summit Conf. on earthquake and natural disaster counter-measures, 1991, Japan: 8-11/10/1991, IDNDR, SCENDC, p. 69-75.
- RODOLFO (K.C.), 1997 - Updated masterlist of current residents: bgy Cabambangan, San Vicente, Sta Ines, Cabetican (Bacolor-Pampanga). - ss ed., 9 p.
- RODOLFO (K. S.), 1995 - Pinatubo and the politics of the lahar: eruption and aftermath - 1991. - Quezon City: UP Press, 341 p.
- TASK FORCE Mt PINATUBO, 1991 - Rehabilitation and reconstruction program for Mt Pinatubo affected areas. - Manila: TFMP, 62 p.
- TAYAG (J.C.), DAAG (A.S.), INSAURIGA (S.I.), QUIAMBAO (R.B.), 1994 - Evacuation scheme for lahar-affected / endangered areas. - in *Lahar studies: impact of the 1993 lahars and long-term lahar hazards and risks around Pinatubo Volcano*, Manila: PHIVOLCS - UNESCO, p. 56-72.
- TAYAG (J.C.), INSAURIGA (S.I.), RINGOR (A.), BELO (M.), 1997 - People's response to eruption warning: the Pinatubo experience, 1991-1992. - in Newhall (C.G.), Punongbayan (R.S.) eds., *Fire and Mud: Eruption and lahars of Mt Pinatubo, Philippines*; Seattle: University of Washington Press, 1126 p.
- THE MANILA TIMES, 1997 - Lapid okays forced evacuation. - *The Manila Times*, 08/25/97.
- THE PHILIPPINE JOURNAL, 1997 - Evacuation order to come only from RDCC-PHIVOLCS - in *The Philippine Journal*, 06/04/97.
- TODAY, 1997 - P'panga residents told to evacuate. - *TODAY*, 04/02/97.