MAPPE MONDE
4/1994

CARTOGRAPHIE DE LA VULNÉRABILITÉ D'UNE POPULATION CITADINE FACE AUX RISQUES NATURELS: LE CAS DE MANIZALES

Anne-Catherine CHARDON*
Jean-Claude THOURET**

RÉSUMÉ *Cette méthode cartographique sert à évaluer la vulnérabilité de la population d'une grande ville andine (Manizales, Colombie), exposée aux séismes et à de fréquents glissements de terrain. Sept facteurs naturels et huit facteurs socio-économiques, mesurés à l'échelle du quartier, sont intégrés, avec d'autre facteurs géographiques, dans une carte de vulnérabilité globale.*

• ANDES • COLOMBIE • ESPACE URBANISÉ • RISQUE NATUREL • VULNÉRABILITÉ

ABSTRACT *The mapping method described aims to assess the degree of exposure of the population of a large city such as Manizales in Columbia, where landslides and earthquakes are a frequent occurence. A hazard zoning map has been realised, based on seven physical and eight social and economic factors which were selected, for each urban district, together with other geographical factors.*

• ANDES • COLUMBIA • EXPOSURE • NATURAL HAZARD • URBAN AREA

RESUMEN *Este método cartográfico sirve para evaluar la vulnerabilidad de la población de una gran ciudad expuesta a los riesgos naturales, en este caso Manizales (Colombia), amenazada por sismos y numerosos deslizamientos. Siete factores físicos y ocho factores socioeconómicos, junto con otros factores geográficos, forman la base de un mapa de vulnerabilidad global.*

• ANDES • COLOMBIA • ESPACIO URBANIZADO • RIESGO NATURAL • VULNERABILIDAD

Objectifs de l'étude

La détermination de la vulnérabilité représente l'une des étapes consacrée à l'étude des réponses et des modes de comportement d'une société andine dans un périmètre urbanisé exposé aux risques naturels. Elle représente aussi l'un des objectifs fondamentaux et appliqués du Plan de gestion des risques naturels de la ville de Manizales (PADEM, *Plan de Atención de Desastres y de Emergencias de Manizales*, département du Caldas, Colombie). En effet, l'approche cartographique et les enquêtes socio-économiques visent à définir la vulnérabilité des populations citadines dans les cent quartiers de Manizales, puis une politique de préparation des communautés aux risques naturels est conduite par sensibilisation et éducation dans certains quartiers.

La vulnérabilité est l'un des termes d'une définition classique du risque naturel: risque naturel = menace (ou aléa) x vulnérabilité (physique, socio-économique et conjoncturelle).

L'aléa est le phénomène géodynamique (géophysique, hydrométéorologique, etc.) exprimé par une magnitude, une intensité, une récurrence et sa capacité d'endommagement. La vulnérabilité physique désigne celle des matériaux et du bâti; elle est déterminée à l'aide de critères des phénomènes créateurs de dommages et de critères de vulnérabilité physique et technique. La vulnérabilité socio-économique concerne les populations et les biens exposés; elle se décompose en plusieurs volets: sociodémographique ou structurelle, socioculturelle ou cognitive et perceptive, fonctionnelle ou technique et enfin politico-administrative ou institutionnelle. Comme le risque se définit aussi par l'espérance mathématique d'un dommage ou d'un préjudice potentiel, l'analyse de la vulnérabilité donne un moyen de prévoir l'endommagement virtuel. Cette vulnérabilité est d'autant plus grande que, dans une ville, la société est déjà segmentée et que divers dysfonctionnements y sont exacerbés. Dans les pays en développement, cette vulnérabilité est telle que le coût moyen global des dommages engendrés par une catastrophe dans une grande ville peut représenter 10 à 50% du PIB national annuel.

Urbanisation accélérée et contraintes du site

La ville de Manizales (380 000 habitants sur 45 km^2 environ à 2 000-2 300 m d'altitude) est située sur le flanc occidental de la Cordillère centrale des Andes colombiennes. Construite sur un interfluve et sur ses versants raides, façonnés dans des matériaux d'origine volcanique, la ville est parcourue par un réseau de failles subméridiennes qui appartiennent au système de la faille de Romeral, séparant les Andes externes et internes en Colombie. L'activité sismique induit des mouvements de terrain

* Université J. Fourier, Grenoble I et CIFEG-MAE.
** Université Blaise Pascal, URA 10-CNRS et Ceramac, Clermont-Ferrand II

fréquents dans les matériaux volcaniques épais et meubles, ou dans les matériaux argileux issus de l'altération. Les deux saisons des pluies (2 à 2,5 m/an) entraînent des glissements de terrain et des crues dans les bassins-versants encadrant le périmètre urbanisé. Enfin, si la ville n'est pas directement exposée aux menaces volcaniques liées à l'activité du Nevado del Ruiz, distant de 30 km, elle peut toutefois en recevoir des cendres dispersées par les alizés de l'ENE, comme le 1er septembre 1989.

Ainsi, la ville de Manizales se caractérise par une combinaison de facteurs de risque: de fortes densités de population, en moyenne 8 445 habitants au km^2; de fortes pentes construites, en moyenne 20°, au maximum 40°; des terrains volcaniques instables, meubles, épais, à texture lâche (téphras compressibles) ou des argiles d'altération déformées par la solifluxion; des pluies détrempant les sols au moins pendant 6 mois, en mars-mai et septembre-novembre, les autres mois n'étant jamais secs; des secousses sismiques fréquentes (de magnitude 5,5 en mai et novembre 1979); des coulées de débris et des inondations, déclenchées à l'amont des bassins-versants déforestés qui convergent vers les deux rivières principales encadrant le périmètre urbanisé de Manizales. Ces facteurs de risque se combinent avec une urbanisation, croissante depuis 1955-1969, qui s'est accélérée depuis 1980. L'emprise urbaine a largement dépassé le cadre du plateau, site originel de la ville, dès 1930 (Chardon, 1991).

Échelles, facteurs et cartographie de la vulnérabilité

Deux évaluations de la vulnérabilité sont menées conjointement, à l'échelle du quartier et à celle de la ville. Le quartier est une unité de découpage géographique aux limites administratives définies, globalement homogène sur le plan économique et social, mais dont les caractéristiques naturelles variables impliquent une disparité dans l'exposition des habitants aux risques (Laforge et Thouret, 1991). En revanche, l'étude à l'échelle de la ville ne s'exprime pas de manière cartographique, car elle est plutôt qualitative que quantitative.

L'évaluation de la vulnérabilité de chacun des cent quartiers de la ville de Manizales a été réalisée en deux étapes: une mesure des facteurs physiques et techniques, puis socio-économiques, à partir de documents et d'enquêtes; une intégration des deux catégories de facteurs, afin d'obtenir la «vulnérabilité globale». Intégrer consiste à superposer, hiérarchiser et pondérer tous les facteurs employés. L'objectif de la pondération est d'attribuer à chaque facteur un coefficient en fonction de la place qu'il occupe dans chaque catégorie, afin de lui donner un poids mathématique exprimant le rôle qu'il joue dans l'expression de la vulnérabilité du quartier. Les calculs s'effectuent par la multiplication successive des différents éléments au sein du facteur, puis par la somme des différents résultats obtenus pour chacun des facteurs, livrant une valeur finale par quartier. La valeur finale de la vulnérabilité globale résulte de la multiplication des valeurs des facteurs physiques, techniques et socio-économiques de la vulnérabilité. Cette méthode, couplée à une base de données et utilisant le support informatique d'un SIG, facilitera la réactualisation des données et des cartes de vulnérabilité et permettra également de modifier éventuellement la pondération des facteurs.

Hiérarchisation des facteurs physiques et techniques et des phénomènes naturels influant sur la vulnérabilité

La première carte représente la distribution spatiale des quartiers de Manizales selon sept facteurs, d'ordre physique, technique et liés aux deux menaces principales, glissements de terrain et séismes, sélectionnés et classés par ordre décroissant d'influence sur la vulnérabilité: les expériences passées en matière de catastrophe ou de sinistre de 1960 à 1993 (glissement de terrain, séisme, inondation et évacuation préventive de familles); la menace exercée par les processus géomorphologiques sur les versants; la pente des terrains; l'intensité Mercalli du séisme de 1979; les remblais hydrauliques et anthropiques; les zones inondables; les travaux de correction géotechnique réalisés (fig. 1).

La hiérarchisation de ces facteurs repose sur un dépouillement d'archives, de documents cartographiques existants et d'enquêtes sur le terrain. Le calcul statistique a consisté à affecter une note à chacun des éléments d'un facteur, selon son amplitude ou sa récurrence, et un coefficient pondérateur à chacun des facteurs selon le rôle observé sur la vulnérabilité à long terme. À titre d'exemple, dans le facteur prédominant représenté par les expériences passées en matière de catastrophe ou de sinistre subis de 1960 à 1993, une note basse à élevée est affectée suivant le nombre de 1 à 10 sinistres recensés: glissements de terrain, inondations, séismes et évacuations préventives. La menace exercée par les processus géomorphologiques sur les versants dépend du pourcentage de la surface affectée, du degré d'activité du mouvement de masse et des quatre périodes d'occurrence comparées, de 1960 à 1993. Les quatre classes de pentes sont divisées de «0-7°» à «supérieures à 31°». La note affectée aux deux séismes de 1979 dépend de l'intensité Mercalli de «4» à «supérieur à 7», d'après les dégâts reconnus ou résultant des enquêtes dans la ville. Les remblais anthropiques et hydrauliques ont été répertoriés selon le pourcentage de la surface recouverte. Les zones inondables correspondent aux quartiers déjà inondés et, enfin, les travaux de correction géotechnique ont été surnotés si un sinistre est encore survenu après leur réalisation ou déclassés si aucun sinistre n'a été recensé depuis.

Hiérarchisation des facteurs socio-économiques de la vulnérabilité

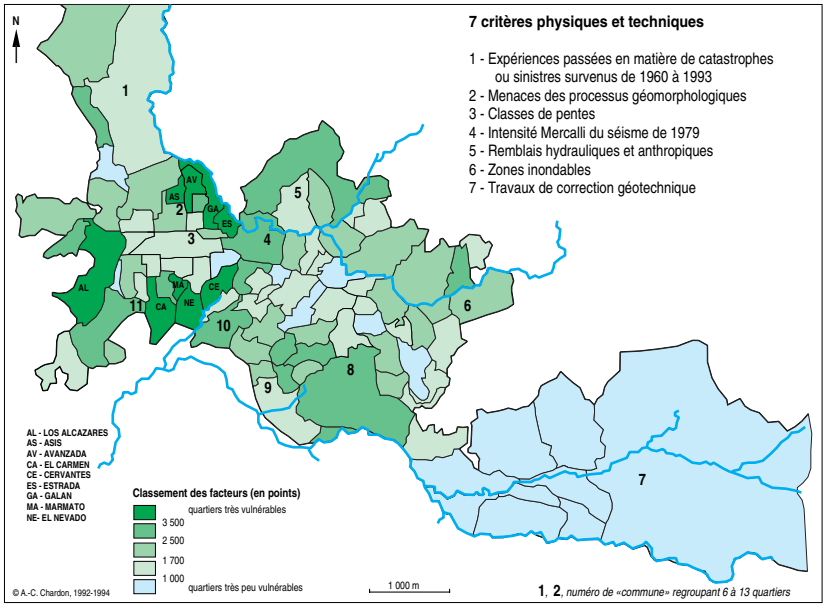
Huit facteurs socio-économiques ont aussi servi à déterminer la vulnérabilité (fig. 2). Classés suivant la logique précédente, ce sont: les quartiers sous-intégrés et les zones à éradiquer ou reloger; le niveau socio-économique; la densité nette; le matériel et les postes de secours en cas de catastrophe; les ouvrages d'art et les routes d'accès; les zones éducatives; l'organisation communautaire au sein des quartiers; la présence d'une ou de plusieurs stations de gaz ou d'essence. Rappelons qu'est qualifié de sous-intégré un quartier qui ne possède pas les équipements nécessaires ni les services publics essentiels. Les constructions sont précaires et réalisées à l'aide de matériaux hétéroclites de récupération, mais elles peuvent être à moyen terme partiellement consolidées ou remplacées par des constructions «en dur». La population résidente très dense est très démunie, sans emploi (ou employée dans le secteur informel), avec des conditions de vie, d'hygiène et de sécurité déplorables. Ce type de quartier,

ou *barrio de invasión*, est érigé lors d'une occupation «spontanée» et illégale de terrains qui sont souvent soumis aux effets des aléas naturels définis.

Les huit facteurs se fondent sur le dépouillement statistique des données fournies par le Département national des études statistiques (DANE) et par plusieurs services ou instituts départementaux et municipaux. Le facteur prédominant correspond d'abord aux quartiers sous-intégrés et aux zones à éradiquer pour le relogement des populations pauvres et exposées. Or, les éléments de ce facteur coïncident avec le degré de priorité défini par le Servicio de Planeación de la ville (1991), le pourcentage de la surface du quartier et surtout avec les critères de sous-intégration définis par l'Instituto Nacional de Vivienda de Interés Social y Reforma Urbana et le Centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (INURBE-CNUAH, 1991). Le niveau socio-économique est fondé sur 11 critères et classé du plus faible au plus élevé. La densité nette correspond aux cinq groupes de valeurs, de moins de 200 à plus de 600 habitants par hectare construit. Le matériel et les organismes de secours en cas de catastrophe sont mesurés en nombre de postes, établissements de secours, hôpitaux, réservoirs d'eau, etc. Les ouvrages d'art et les routes d'accès sont classés selon leur type et leur accessibilité. Les zones éducatives dépendent du pourcentage de sites scolaires et d'apprentissage dans chaque quartier. Les organisations communautaires reçoivent une note selon l'existence, le type et le nombre d'associations religieuses, sportives, politiques, etc.

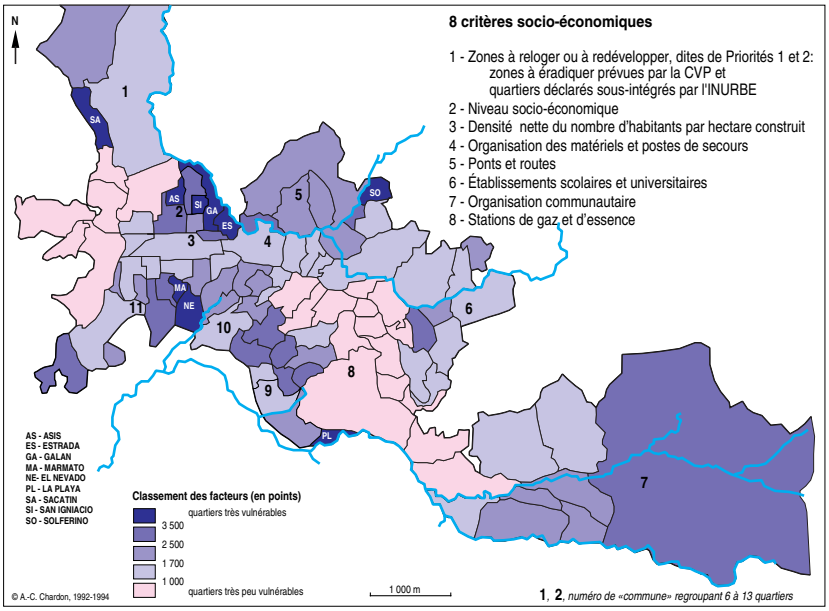
Huit facteurs géographiques de vulnérabilité à l'échelle de la ville

Ces huit facteurs, ni hiérarchisés ni pondérés, rassemblent: les activités économiques; les moyens et terminaux de transport; le réseau de communication et d'information; les lieux d'hébergement ou refuges pour les sinistrés; les zones de conservation historique et architecturale; les déchets domestiques; les zones sismiques; les institutions impliquées dans la prévention des risques et des catastrophes.



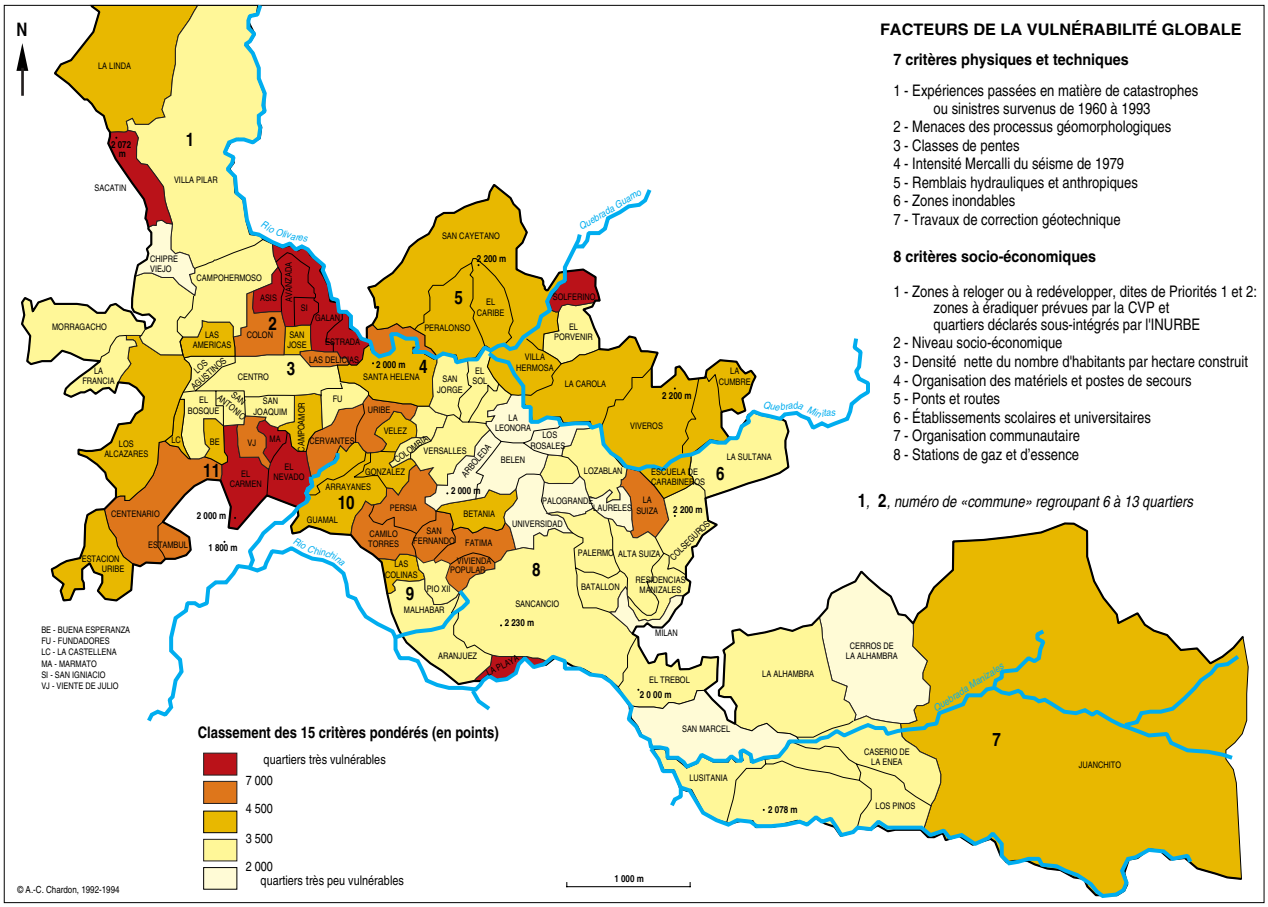
1. Facteurs physiques et techniques de la vulnérabilité

Exceptés ceux de Los Alcazares (commune 1) et El Carmen (commune 11), les quartiers de Manizales les plus vulnérables aux risques naturels se concentrent géographiquement au sein de la commune 2 (Asis, la Avanzada, Galán et Estrada) et de la commune 10 (El Nevado, Marmato et Cervantes). Il s'agit des quartiers établis sur des terrains en forte pente, en général supérieures à 20°, parfois à 40°, qui ont connu plus de 10 catastrophes naturelles de 1960 à 1993 et dont la majorité du territoire est très sensible aux mouvements de terrain.



2. Facteurs socio-économiques de la vulnérabilité

À l'instar des résultats exprimés par la figure 1, la plupart des quartiers les plus vulnérables au point de vue socio-économique se situent au sein de la commune 2 (quartiers d'Asis, Estrada, San Ignacio et Galán). Cette vulnérabilité s'avère cependant plus répandue et concerne aussi les communes 1, 5, 7, 9 et 10. Ces quartiers les plus vulnérables sont sous-intégrés, densément peuplés et inclus dans les programmes municipaux de relogement.



3. Les facteurs de la vulnérabilité globale des populations exposées

La carte de la vulnérabilité globale des populations exposées

La représentation cartographique finale des cent quartiers de Manizales montre 5 degrés de vulnérabilité globale, exprimée par 5 zones dont les couleurs expriment un classement de moins de 2 000 à plus de 7 000 points. Ces zones classées correspondent à l'addition des résultats des facteurs des cartes 1 et 2.

La classification des quartiers de Manizales selon cinq niveaux de vulnérabilité aux risques naturels a permis de choisir les plus représentatifs (Asis, Galán, Milan, La Arboleda, Fátima, La Francia, La Carolita, La Carola et San Cancio), où les facteurs physiques, techniques et socio-économiques de la vulnérabilité sont suffisamment variés. Parmi les quartiers les plus vulnérables, cinq d'entre eux (Asis, Estrada, Galán, El Nevado et Marmato) cumulent tous les facteurs de vulnérabilité les plus forts. *Il apparaît donc urgent d'intervenir dans ces quartiers, tant en matière de génie civil que de traitement social.* Une campagne d'enquêtes de perception du risque et de comportement en cas de catastrophe, avec pour objectif la mise au point d'une politique de préparation des communautés de Manizales aux risques naturels, y a été conduite. Cette politique consiste à sensibiliser et éduquer la population sur le thème des risques naturels à l'échelle du quartier, voire d'un groupe de maisons, car l'ensemble de la ville ne se prête pas à l'adaptation du discours et des actions aux différents types de public. Enfin, en 1994, avec la Faculté de Trabajo Social, ont été créés des ateliers d'éducation et de prévention en matière de risques naturels auprès des enfants de trois quartiers, Asis, Galán et La Carolita, qui a subi un glissement de terrain meurtrier le 21 décembre 1993. Les résultats de ces expérience seront prochainement publiés.

Références bibliographiques

CHARDON A.-C., 1991, *Vulnérabilité de la ville de Manizales, Colombie, et de sa population face aux risques «naturels». Le passé et le présent l'attestent: l'aléa a fait place au risque*, Mémoire de DEA, IGA-UJF, Grenoble I, 104 p.

INURBE-CNUAH, 1991, *Inventario de zonas subnormales a Manizales*, Instituto Nacional de Vivienda de Interés Social y Reforma Urbana-Centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, Manizales, 8 p.

LAFORGE Ch. et THOURET J.-Cl., 1991, «Contribution à la méthode d'évaluation des risques dans les villes des pays en voie de développement (Ibagué, Colombie)», *Bull. Assoc. Géogr. Fra.*, 3, pp. 211-224.

SERVICIO DE PLANEACIÓN, 1991, *Plan de Desarrollo de Manizales: Manizales Calidad Siglo XXI*, Mairie de Manizales, 350 p.