

La gestion des éruptions volcaniques, un révélateur des relations entre sociétés et aléas naturels

Les rapports entre les hommes et les volcans sont complexes, faits d'un mélange de fascination et de répulsion, d'adoration et de crainte. Cependant, au-delà des images d'Épinal, les problématiques liées à la gestion des éruptions sont tout à fait représentatives des questions posées par la maîtrise des risques naturels. L'étude des risques volcaniques permet de mettre en évidence les problèmes de lutte contre les risques naturels à court et à long terme : à long terme par la connaissance des éruptions passées et les mesures d'aménagement du territoire destinées à empêcher les implantations humaines dans les zones à risques ; à court terme par la surveillance minutieuse de l'activité volcanique, l'alerte et la gestion de crise. Ces relations complexes peuvent être étudiées par le biais de l'analyse de deux éruptions qui ont marqué les dernières décennies à différents titres : celle du Nevado del Ruiz en Colombie en 1985 et celle du Pinatubo aux Philippines en 1991.

Ces deux événements doivent être mis en perspective avec l'éruption du Mont Saint Helens, au nord-ouest des Etats-Unis, à l'origine de la mort d'une trentaine de personnes en 1980. A cette occasion, grâce au suivi très minutieux du phénomène par les scientifiques américains, la communauté internationale a pris conscience à la fois du risque représenté par les éruptions explosives et de l'importance d'une meilleure connaissance de ces éruptions. Mais l'analyse de la gestion du phénomène – notamment des réticences des populations aux évacuations décidées par les autorités – n'a pas suffi à mettre en évidence assez nettement l'importance de l'information des habitants pour limiter l'impact d'une éruption. Il a fallu pour permettre cette prise de conscience la catastrophe provoquée par l'éruption du Nevado del Ruiz en 1985ⁱ.

1) L'éruption du Nevado del Ruiz en 1985 ou les lacunes de la prévention et de l'information

Le Nevado del Ruiz se trouve en Colombie, à 150 km environ à l'ouest de Bogota. Il fait partie de la Cordillère des Andes, chaîne née de la subduction de la plaque pacifique sous la plaque américaine. Son altitude atteint 5 389 m et son sommet est couvert de neige et d'un glacier de 17 km². La ville d'Armero se trouve à quelques dizaines de kilomètres du volcan, sur un vaste cône de déjection volcanique, un site plat et bien drainé plutôt favorable à l'implantation humaine... tant que le volcan dort. Le volcan a déjà été actif durant la période historique : lors de l'éruption de 1595, des coulées de boue et de matériaux volcaniques (laharsⁱⁱ) se précipitent sur Armero. En 1845, une nouvelle éruption ravage la ville, on compte des centaines de morts. Puis le volcan s'apaise, les habitants oublient le risque (le volcan est surnommé le « lion endormi ») et reconstruisent la ville, dont la population augmente rapidement.

a. Une éruption prévisible

Les premiers signes de réveil du volcan apparaissent en novembre 1984. Une équipe internationale le met sous surveillance et établit une carte des risques, qui met en évidence le risque de lahars jusqu'à plusieurs dizaines de kilomètres du volcan (Fig. 3). D'autres types de risques sont identifiés, notamment ceux liés aux dépôts de cendres (susceptibles d'alimenter les lahars en matériaux) ainsi que les coulées pyroclastiquesⁱⁱⁱ. Les habitants installés dans les zones à risques sont informés, ainsi que les autorités.

[Fig. 3 - Les risques liés au Nevado del Ruiz, carte complétée après l'éruption de novembre 1985
Source : US Geological Service, http://vulcan.wr.usgs.gov/Vhp/C1073/hazard_maps_risk.html]

Le comportement du volcan témoigne de la remontée du magma vers la surface. Cependant, les autorités trouvent la carte des risques trop alarmiste. De petites éruptions se sont pourtant déjà produites en septembre 1985, projetant des cendres à une trentaine de kilomètres du volcan, jusque dans les zones habitées. Mais le gouvernement est préoccupé par des problèmes de terrorisme et de narcotraffic. D'autre part, Armero est le chef-lieu d'une des régions les plus prospères de Colombie, on y produit du riz, du coton, du café. L'évacuation préventive de la région causerait des pertes économiques considérables et la diminution de la valeur des terrains menacés. Début novembre, les volcanologues démontrent que si l'éruption se produit, les lahars ont deux chances sur trois d'anéantir Armero. Mais les autorités, mal informées et inconscientes de l'importance du risque, préfèrent attendre avant d'ordonner une évacuation.

L'éruption proprement dite commence le 13 novembre 1985. Elle est d'intensité assez modérée à l'échelle historique, mais la colonne éruptive d'une trentaine de kilomètres de hauteur qu'elle provoque et les coulées pyroclastiques incandescentes qui en résultent font fondre la couverture de neige et de glace du sommet, libérant une masse d'eau considérable. Celle-ci se précipite vers l'aval à une vitesse de 50 à 80 km/h en emportant les cendres et les pierres produites par l'éruption ainsi que les matériaux arrachés aux berges des torrents dont elle emprunte le cours. Dans les gorges, les lahars atteignent une épaisseur de plus de cinquante mètres. Deux heures trente après le début de l'éruption, les lahars atteignent Armero et les

villes voisines, qui sont ensevelies sous plusieurs vagues de boue. La figure 3 montre que les zones touchées sont précisément celles que l'on savait menacées. En ce qui concerne les lahars, la correspondance entre la carte des risques et la carte des phénomènes liés à l'éruption est presque parfaite.

b. Les leçons d'une catastrophe

A Armero et dans les villages voisins, l'alerte a été donnée trop tard et les trois quarts des habitants d'Armero sont tués. En moins de quatre heures, les lahars ont parcouru cent kilomètres, tué plus de 23 000 personnes, fait environ 5 000 blessés et détruit plus de 5 000 habitations. La photo 1 laisse deviner l'ampleur des destructions : une grande partie de la ville a été submergée. Armero n'a pas été reconstruite.

[Photo 1 - Armero après l'éruption du Nevado del Ruiz le 13 novembre 1985

Source : US Geological Service, http://vulcan.wr.usgs.gov/Images/Jpg/Ruiz/armero_aerial_bw_med.jpg]

Cette éruption et sa mauvaise gestion représentent le contre-exemple de celle du Mont Saint Helens aux Etats-Unis en 1980. Le manque de préparation, l'absence de surveillance systématique des volcans et de mesures d'aménagement du territoire ont fait d'une éruption d'intensité modérée^{iv} une catastrophe qui a bouleversé le monde entier. Elle a été à l'origine d'une prise de conscience de la nécessité de mieux coordonner les actions des organismes de gestion de crise et des responsables chargés de la surveillance du volcan. A la suite de la catastrophe, des organismes de recherche et de surveillance ont été mis en place.

Surtout, l'expérience acquise avec les éruptions du Mont Saint Helens (pour la connaissance des mécanismes éruptifs) et du Nevado del Ruiz (pour la prise de conscience de l'importance de la prévision et de l'information) ont permis de limiter les effets de l'une des plus importantes éruptions du XX^{ème} siècle, celle du Pinatubo, en 1991.

2) L'éruption du Pinatubo en 1991 : un phénomène cataclysmique relativement bien maîtrisé grâce à l'expérience tirée des catastrophes passées

Le Pinatubo se trouve aux Philippines, sur l'île de Luzon, à une centaine de kilomètres au nord-ouest de Manille. Il fait partie d'une chaîne de volcans d'arc insulaire qui s'étend sur environ 220 km. Son activité explosive se caractérise par des éruptions considérables séparées par de longues phases de repos de plusieurs siècles. Lors de l'éruption de 1991, l'altitude du Pinatubo atteint 1 745 m et sa dernière période d'activité date de plus de six siècles, si bien que la végétation couvre tout le volcan et que de nombreuses agglomérations se sont implantées à son pied (Fig. 4). Plus de 30 000 personnes vivent dans les petits villages situés sur les flancs du volcan ; environ 500 000 sont installées sur les pentes douces des vastes cônes de déjection au pied du volcan... constitués de matériaux issus des précédentes éruptions. La population locale a oublié le risque et les scientifiques connaissent très mal le volcan.

a. Prévision et alerte, deux facteurs essentiels de réduction du risque

Les premiers signes de réveil du volcan apparaissent en avril 1991, avec l'émission de cendres et d'un panache de vapeur. Une collaboration étroite se met alors en place entre les volcanologues philippins et l'US Geological Survey (USGS, Service géologique national des Etats-Unis), fort de l'expérience acquise avec l'éruption du Mont Saint Helens. Des études approfondies du terrain mettent en évidence le fait que les anciennes éruptions ont provoqué des lahars qui s'étendent jusqu'à 80 km du volcan et peuvent atteindre une vitesse de 65 km/h. Une carte de localisation des aléas volcaniques est donc réalisée (Fig. 4) ainsi qu'un plan d'évacuation d'urgence des 250 000 personnes menacées. La carte met en évidence le grand nombre de communautés menacées par des coulées pyroclastiques sur le flanc ouest du volcan. Le risque de lahars en cas de fortes pluies est également bien identifié.

[Fig. 4 - Les risques volcaniques liés au Pinatubo, carte réalisée avant l'éruption de juin 1991

D'après MURCK B. W., SKINNER B. J. et al., 1996, *Environmental geology*, New York : John Wiley & sons]

Le 7 juin, le magma apparaît en surface sous la forme d'un dôme de lave. Très visqueux, il ne s'écoule pas mais provoque des explosions et des coulées pyroclastiques. Les autorités décident d'évacuer les 25 000 personnes vivant dans les villages situés à moins de vingt kilomètres du volcan. Au total, 58 000 personnes seront évacuées. Le 10 juin, la base aérienne américaine de Clark, située à 25 km du sommet, est évacuée avec ses 18 000 habitants. Pour ne pas reproduire le désastre d'Armero, les autorités mènent une campagne d'information des populations afin de les convaincre de la nécessité d'évacuer.

b. Un phénomène cataclysmique

Entre le 12 et le 15 juin se produisent une série d'explosions et de coulées pyroclastiques. Le 15 juin l'éruption atteint son paroxysme. Le sommet du volcan explose et projette dans le ciel une énorme quantité de matériaux^v, formant une colonne éruptive qui atteint quarante kilomètres d'altitude. Les cendres et les pierres poncees sont projetées à une distance considérable. Au sommet du volcan, les dépôts de cendres atteignent plusieurs mètres d'épaisseur ; on en compte encore vingt centimètres à quarante kilomètres du volcan. Environ 4 000 km² de terrain sont recouverts par plus de cinq centimètres de cendre (Fig. 5). Toute la région est plongée dans l'obscurité. Quelques heures plus tard, la colonne s'effondre sous son propre poids et donne naissance à des coulées pyroclastiques qui dévastent les principales vallées. Environ 5,5 km³ de cendres, de gaz et de pierres poncees sont ainsi expulsés et déposés dans les environs du volcan. Les cendres brûlent les cultures et provoquent l'effondrement des toits des habitations voisines et des bâtiments des deux grandes bases militaires situées à proximité. L'explosion a décapité le sommet du volcan de près de 260 m.

[Fig. 5 - Extension du nuage de cendres du 15 juin 1991
Source : US Geological Service]

Grâce à l'efficacité de la prévention et surtout aux mesures d'évacuation, l'impact humain de l'éruption a été limité. La comparaison entre les figures 4 et 6 montre une bonne corrélation entre la carte des risques réalisée avant l'éruption et la carte des impacts de l'éruption. Cependant, les conséquences de l'éruption ont été nettement aggravées par le passage de cyclone Yunya les 14 et 15 juin. Des lahars gigantesques se sont produits dans un grand nombre de talwegs, submergeant des villages à plusieurs dizaines de kilomètres de distance. De nouveaux lahars se sont produits entre juillet et septembre 1991, lors des pluies de mousson. Au total, durant les premières années après l'éruption, ces coulées de boue ont emporté dans les vallées près de 70% des matériaux déposés sur les flancs du volcan. Les fortes précipitations ont en outre saturé d'eau les cendres accumulées sur les toits des maisons et favorisé l'effondrement des toitures. Le nombre de victimes atteint, au 15 octobre 1991, 722 morts (dont 281 lors de l'éruption proprement dite, suite à l'effondrement des toitures ; 83 suite à des lahars et 358 de maladie dans les camps de réfugiés), 184 blessés et 23 disparus^{vi}. Les victimes sont essentiellement des Aetas, des semi-nomades qui vivent sur les flancs du volcan.

[Fig. 6 - Les effets de l'éruption du Pinatubo en juin 1991
D'après MURCK B. W., SKINNER B. J. et al., 1996, *Environmental geology*, New York : John Wiley & sons]

Quoique déjà trop élevé, le nombre de victimes est étonnamment faible par rapport à l'importance de l'éruption qui a été l'une des plus importantes du XX^{ème} siècle, ce qui fait dire à l'US Geological Survey que l'éruption du Pinatubo a été l'exemple « le plus réussi de réduction du risque volcanique dans l'histoire »^{vi}. On estime que l'évacuation a permis de sauver cinq mille vies ainsi qu'au moins 250 millions de dollars de biens. Pourtant, les pertes économiques ont été considérables : 651 000 personnes ont perdu leur travail, et de nombreux villages ont été détruits, ainsi que la base aérienne de Clark, l'une des plus grandes du monde, et celle de Subic Bay.

c. Des conséquences à long terme

Les conséquences de l'éruption du Pinatubo se sont fait sentir pendant plusieurs années. Des lahars ont continué à se produire chaque année lors de la mousson ou au passage d'un cyclone. Les précipitations moyennes annuelles atteignent 4 000 mm au sommet du volcan et l'essentiel de ces précipitations a lieu durant la mousson (de juin à septembre), concomitante avec la saison cyclonique (de juin à octobre). Les fortes pluies sont alors capables de mobiliser des quantités très importantes de matériaux volcaniques. Entre 1991 et 1997, les lahars du Pinatubo ont privé cent mille personnes de leur domicile et fait 700 victimes. Des ouvrages d'art ont été construits par les autorités philippines pour contenir les lahars dans certains chenaux et limiter leurs dévastations, mais ils sont insuffisants : en 1995, la rupture d'une digue a causé la mort de 500 personnes. Des systèmes d'alerte ont été mis en place mais ils n'ont pas permis de détecter tous les lahars. Les problèmes ne s'arrêtent d'ailleurs pas aux pentes du volcan : les matériaux volcaniques s'accumulent dans les plaines au pied du volcan, comblant les lits des rivières qui ne parviennent plus à s'écouler sur ces pentes très faibles et provoquant de longues submersions des villages et des terres agricoles.

D'autre part, en 1997, environ vingt mille indigènes Aeta, qui vivaient sur les pentes du volcan, attendaient encore dans des camps de réfugiés de pouvoir rentrer chez eux. Les personnes évacuées des basses terres sont rentrées chez elles mais doivent faire face à la menace permanente des lahars. Les rizières et les champs de canne à sucre qui n'ont été recouverts que de cendres sont à nouveau cultivés, ceux qui ont été ensevelis par des lahars sont hors d'usage pour plusieurs années.

Enfin, à l'échelle mondiale, les cendres rejetées dans l'atmosphère ont fait plusieurs fois le tour de la Terre et ont entraîné pendant trois ans une diminution de 0,5°C de la température terrestre moyenne.

Conclusion

Ces deux exemples montrent qu'on ne peut pas établir de relation directe entre l'intensité d'une éruption et le nombre de victimes qu'elle entraîne : l'éruption du Nevado del Ruiz était relativement modérée sur le strict plan volcanologique, mais ses effets induits ont tué un nombre considérable de personnes ; celle du Pinatubo a causé relativement peu de victimes eu égard à sa puissance considérable. Il existe en revanche un lien plus net entre le niveau de développement d'un pays et sa vulnérabilité aux catastrophes naturelles : la bonne maîtrise de l'éruption du Mont Saint Helens aux États-Unis en 1980 était liée à de gros efforts de connaissance des phénomènes et à l'existence d'importants moyens de surveillance. L'éruption du Nevado del Ruiz est la triste démonstration de l'aggravation du risque par une mauvaise préparation de l'événement et une méconnaissance du phénomène. Il faut cependant se garder des simplifications abusives : l'éruption du Pinatubo est un signe encourageant que le risque volcanique peut être réduit, à défaut d'être maîtrisé, par des mesures appropriées, même dans les pays en développement.

ⁱ Pour approfondir la question, on peut se référer notamment aux ouvrages ci-dessous :

- BARDINTZEFF J.-M., 1998, *Volcanologie*, Paris : Dunod, 284 p.
- BOURSEILLER P., DURIEUX J., 2001, *Des volcans et des hommes*, Paris : La Martinière, 416 p.
- ROSI M., PAPALE P. et al., 2000, *Guide des volcans*, Paris : Delachaux et Niestlé, 336 p.
- WACKERMANN G., 2004, *La géographie des risques dans le monde*, Paris : Ellipses, 504 p.

ⁱⁱ Lahar : coulée de boue contenant essentiellement du matériel volcanique et déclenchée par de fortes pluies ou par la fonte des glaces sommitales d'un volcan.

ⁱⁱⁱ Lors d'une éruption explosive se forme une colonne éruptive, constituée de gaz, d'air et de fragments de magma projetés violemment et à très haute altitude à la verticale du volcan. Comme elle est plus lourde que l'air, la colonne éruptive s'effondre sous son propre poids, formant un nuage dense de gaz en fusion et de matériaux volcaniques qui dévalent les pentes du volcan à très grande vitesse : c'est la coulée pyroclastique.

^{iv} A l'échelle géologique, l'intensité de l'explosion n'est pas considérable.

^v La quantité de matériaux rejetés par le Pinatubo est évaluée à 10 milliards de m³ (BLANCHER P., MASAGCA E., ZIMMERMANN M., 2000, in *Risques naturels en montagne*, Actes du colloque tenu à Grenoble du 12 au 14 avril 1999, Cemagref Editions, 496 p.

^{vi} Bilan tiré de BARDINTZEFF J.-M., 1999, « Les risques volcaniques directs ou différés : exemples du Pinatubo (Philippines, 1991) et de Rabaul (Papouasie-Nouvelle-Guinée) », *Bull. Assoc. Géogr. Fr.*, n°4, p. 360-370.

^{vii} WOLFE, 1992. cf. http://vulcan.wr.usgs.gov/Volcanoes/Philippines/Pinatubo/description_pinatubo.html.