



HAL
open science

La future éruption de la montagne Pelée: Risque et représentations

Robert d'Ercole, Jean-Philippe Rançon

► **To cite this version:**

Robert d'Ercole, Jean-Philippe Rançon. La future éruption de la montagne Pelée: Risque et représentations. M@ppemonde, 1994, Les risques naturels, 4, pp.31-36. hal-01161639

HAL Id: hal-01161639

<https://hal.science/hal-01161639>

Submitted on 8 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.

LA FUTURE ÉRUPTION DE LA MONTAGNE PELÉE: RISQUE ET REPRÉSENTATIONS

Robert D'ERCOLE*
Jean-Philippe RANÇON**

RÉSUMÉ L'article met en évidence les principales divergences entre le point de vue des habitants du Morne-Rouge (Martinique) et celui des volcanologues à propos des caractéristiques d'une prochaine éruption de la montagne Pelée. Il s'appuie notamment sur une cartographie de la perception des espaces menacés, confrontée à l'évaluation scientifique des types et des zones d'aléa volcanique.

• ALÉA VOLCANIQUE • MONTAGNE PELÉE
• MORNE-ROUGE (LE) (Martinique) • PERCEPTION • RISQUE NATUREL

ABSTRACT The paper points out the main divergences between the points of view of the inhabitants of Morne-Rouge (Martinique, French West Indies) and of volcanologists regarding the characteristics of a future eruption of Mount Pelée. The study is based on comparisons between the public's perception of potentially threatened areas and scientific volcanic hazard maps.

• MORNE-ROUGE (Martinique, FWI) • MOUNT PELÉE • NATURAL HAZARD • PERCEPTION • VOLCANIC HAZARD

RESUMEN El artículo trata de evidenciar las principales discrepancias entre el punto de vista de la población del Morne-Rouge (Martinica) y el de los vulcanólogos, en cuanto a las características de una erupción venidera de la montaña Pelée. El estudio se funda, en particular, en una comparación entre la cartografía de la percepción de las zonas amenazadas y la cartografía de las zonas de amenazas volcánicas realizada por los científicos.

• AMENAZAS VOLCÁNICAS • MONTAGNE PELÉE • MORNE-ROUGE (LE) (Martinica) • PERCEPCIÓN • RIESGO NATURAL

Problématique et méthodologie

Les précurseurs et le déroulement de l'éruption de la montagne Pelée, en 1902, ont été étudiés *a posteriori* de manière approfondie (Hill, 1902; Hovey, 1902; Heilprin, 1903; Lacroix, 1904; Westercamp 1987; Chrétien et Brousse, 1988; Tanguy, 1994) tout comme les dépôts des «nuées ardentes» qui ont détruit Saint-Pierre (29 000 victimes) et Le Morne-Rouge (1 000 morts), respectivement lors des paroxysmes des 8 mai et 30 août (Lacroix, 1904; Fisher et Heiken, 1982; Boudon *et al.*, 1989; Bourdier *et al.*, 1989). Ces écoulements pyroclastiques de type «péléen» ont longtemps été considérés comme résultant d'une dynamique éruptive spécifique à la montagne Pelée.

Aujourd'hui, les volcanologues s'accordent pour considérer que les nuées ardentes de type «mai-août 1902» peuvent se produire sur de nombreux volcans explosifs, au sein d'une crise également caractérisée par de multiples autres manifestations éruptives. À la montagne Pelée, les travaux conduits au cours des vingt dernières années sur les produits de la période d'activité récente (6 000 ans)

ont permis de mettre en évidence six grands types d'éruptions (fig. 4) susceptibles de se reproduire dans le futur (Boudon, 1993; Westercamp, 1985; Traineau et Rançon, 1991).

La diversité des scénarios éruptifs envisageables rendra délicate la gestion de la prochaine crise. L'évaluation et la cartographie des risques volcaniques, actuellement en cours en Martinique, en sont également compliquées. Outre la prise en compte de la diversité des phénomènes physiques et de leur probabilité d'occurrence, l'évaluation du risque passe par une bonne connaissance des éléments exposés et, en particulier, de la perception qu'a la population des manifestations de la montagne Pelée. Ce dernier point est un préalable aux actions d'information et de formation qu'il y a lieu de conduire avant la future crise. Afin de mieux cerner cette perception, une campagne d'enquêtes a été engagée en Martinique. Elle a, dans un premier temps, porté sur la commune du Morne-Rouge (5 300 habitants) qui a été durement affectée par le paroxysme du 30 août 1902 et qui fait figure de commune pilote, notamment sur le plan méthodologique.

* Département de Géographie, Université des Antilles et de la Guyane, Schœlcher, Martinique.

** BRGM, Direction de la Recherche, Département Géophysique et Imagerie Géologique, Orléans.

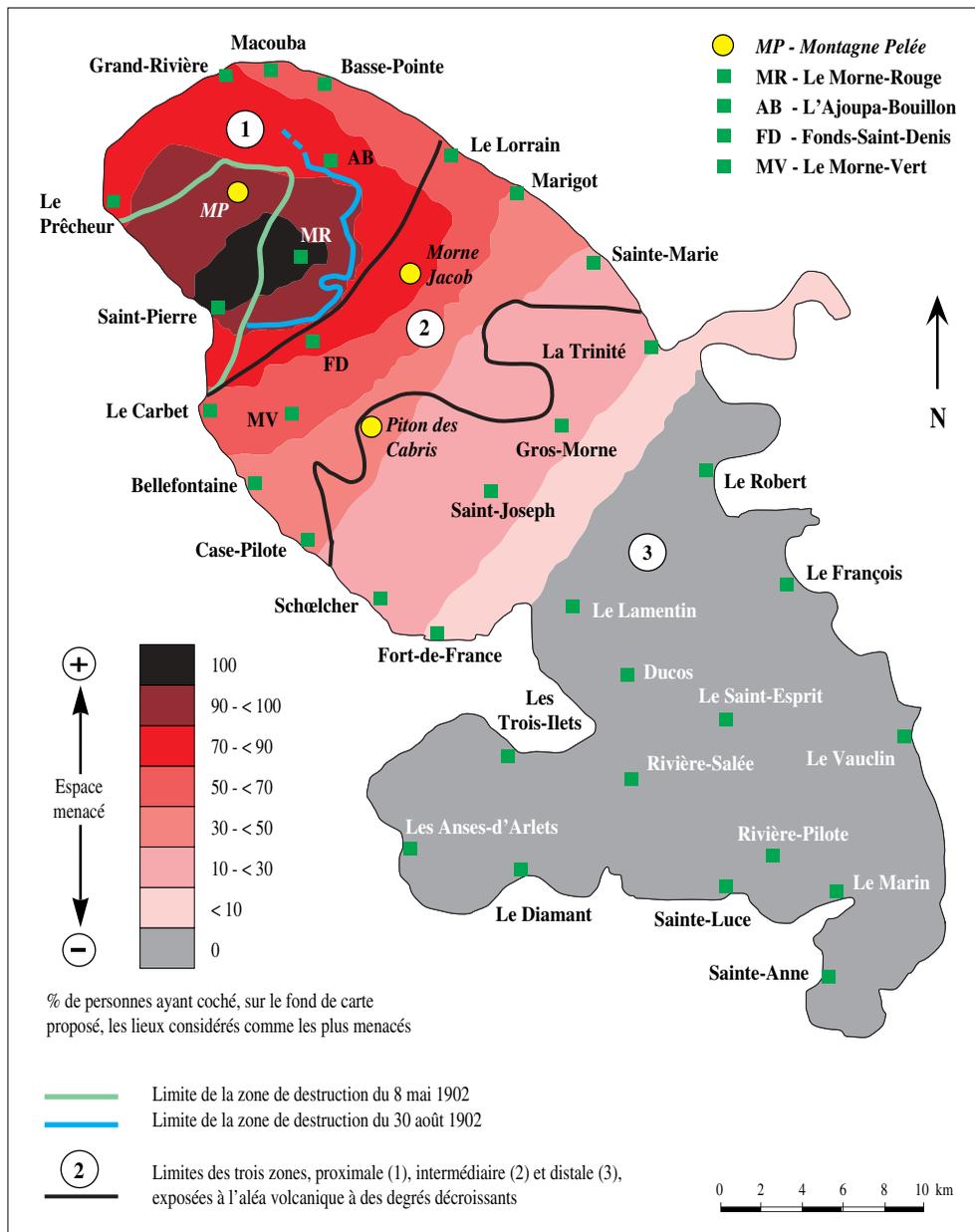
Quatre-vingts enquêtes ont été réalisées (un ménage sur 20) afin de connaître la manière dont les personnes interrogées perçoivent les espaces menacés en cas d'éruption, les phénomènes susceptibles de se produire et le déroulement d'une crise. Les informations recueillies permettent d'esquisser un « portrait robot » d'une future éruption de la montagne Pelée, imaginée par la population, et de comparer ce point de vue à celui des spécialistes (fig. 1). Une des particularités du questionnaire a été de fournir un mode d'expression cartographique aux personnes soumises à l'enquête (PSE). Des fonds de cartes de la Martinique, dotés de points de repère, ont été complétés par ces personnes qui ont figuré les lieux considérés comme les plus menacés en cas d'éruption. 67 personnes ont fourni des cartes exploitables, qui ont été saisies sur un SIG (*Map II*) et superposées. La carte de perception des espaces exposés qui en résulte est interprétable en elle-même, et permet la comparaison avec les cartes de zonage de l'aléa volcanique des volcanologues.

Les espaces exposés

La délimitation des zones menacées, réalisée par les PSE, présente une certaine logique et des analogies avec le zonage établi par les volcanologues, mais soulève un certain nombre de problèmes.

- *Un gradient nord-sud est individualisé, indiquant que le danger diminue avec la distance.*

Il s'agit là d'une perception intuitive qui n'est pas juste dans le



1. Lieux les plus menacés en cas d'éruption de la montagne Pelée, selon la population du Morne-Rouge. Comparaison avec le zonage régional établi par les volcanologues

détail du déroulement d'une crise. En effet, la sécurité vis-à-vis des phénomènes directement et indirectement liés à une éruption n'est pas systématiquement corrélable avec l'éloignement du centre éruptif. Ainsi, ce qui est vrai pour les retombées et les projections, ne l'est pas pour les écoulements pyroclastiques, les lahars ou les tsunamis. Toutefois, globalement, ce schéma est assez proche de la carte établie par le BRGM, délimitant trois zones (proximale, intermédiaire et distale) exposées à l'aléa volcanique à des degrés décroissants du nord au sud (Traineau et Rançon, 1991).

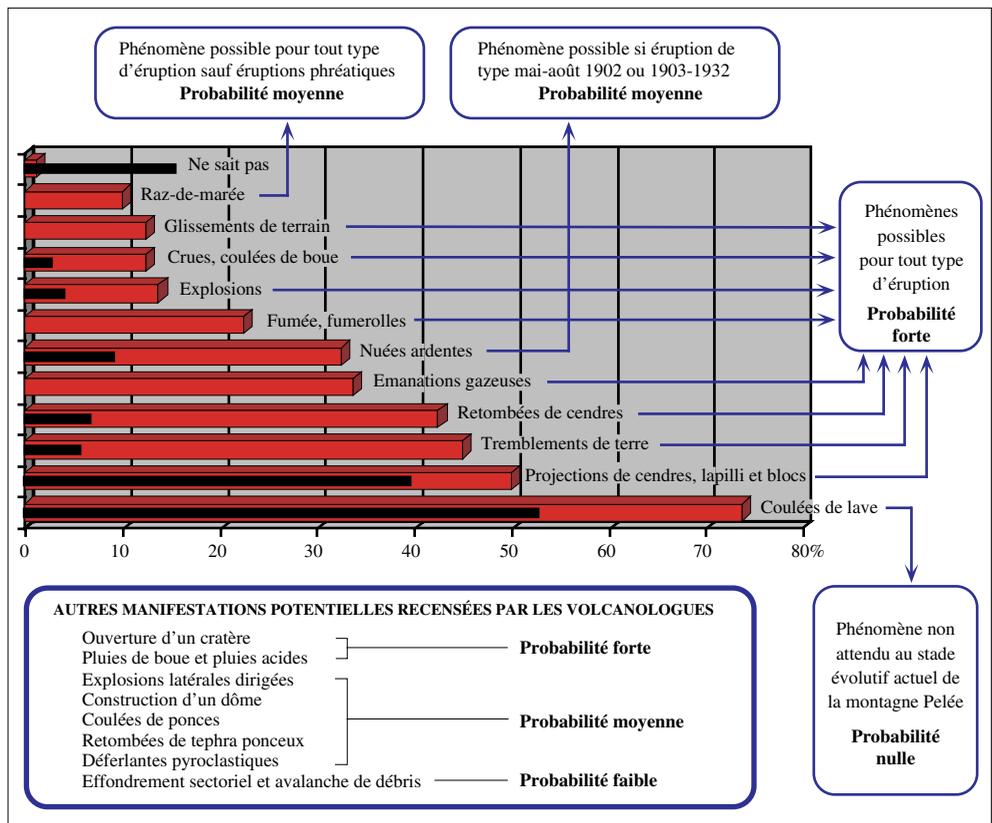
• Un gradient ouest-est est figuré pour la Martinique du Nord.

On retrouve cette opposition chez les volcanologues qui la justifient pour certains types d'éruptions (éruptions phréatiques, et éruptions à nuées ardentes avec cratère ouvert au sud des dômes historiques), selon des critères morphologiques, structuraux et atmosphériques. Mais ce gradient ouest-est ne s'applique pas à tous les types d'éruptions (éruptions à nuées de type mai-août 1902 ou de type 1903-1932, pouvant se produire sur le flanc oriental si un cratère s'ouvre au niveau des dômes historiques, éruptions ponces ou bien de type Mount Saint-Helens 1980).

Il est bien sûr que la distinction ouest-est, établie par les PSE, n'a

rien à voir avec les arguments volcanologiques, géomorphologiques et climatiques avancés par les spécialistes, mais reflète le souvenir que les gens ont des lieux dévastés en 1902. Les limites des lieux les plus menacés, dessinées par plus de 90% des PSE, sont très voisines de celles des régions affectées par les paroxysmes de mai et août 1902. Ce modèle de référence sert de base à la quasi-totalité des PSE; mais seulement 10% s'y cantonnent ; 20% élargissent l'espace dévasté en 1902 en auréole autour de Saint-Pierre, imaginant une éruption plus importante ou estimant que ces secteurs ont été affectés en 1902. C'est par exemple le cas du bourg du Prêcheur, qui a certes été durement touché par des crues et lahars de la rivière éponyme, mais qui n'a pas été le théâtre d'une manifestation volcanique paroxystique.

Le tiers de la population interrogée pense que le danger se localiserait essentiellement au nord-ouest de la Martinique, d'où une incertitude affichée pour le nord-est; plus grave est le sentiment exprimé par une minorité (10% environ), selon lequel ce secteur serait sûr en cas d'éruption. Les deux autres tiers ne figurent pas de différences particulières entre le nord-ouest et le nord-est, mais uniquement une gradation nord-sud, plus ou moins bien marquée. Ils sont 50% à considérer que la zone la



2. Phénomènes éruptifs et associés susceptibles de se manifester durant une éruption de la montagne Pelée, d'après la population du Morne-Rouge. Confrontation avec le point de vue des scientifiques (phénomènes avec leur probabilité d'occurrence à l'échelle des 100 prochaines années)

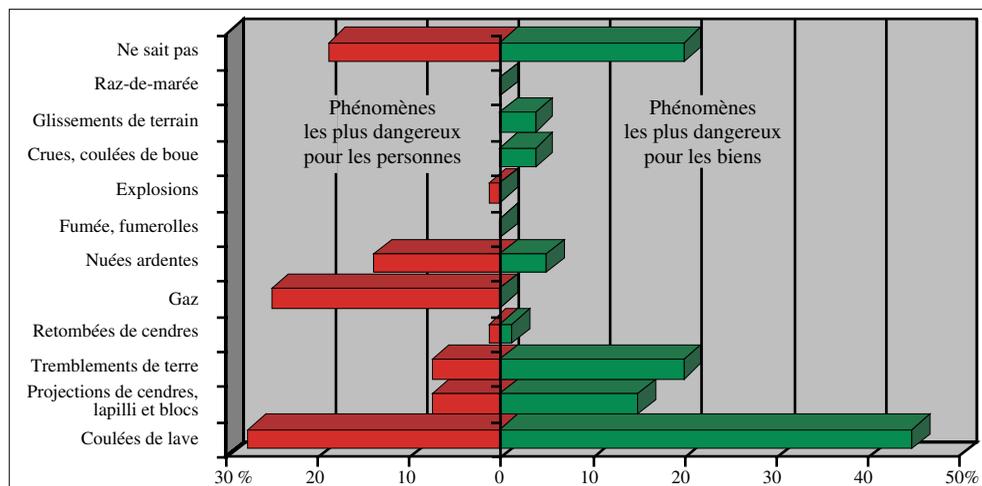
En rouge: appréciation pour l'ensemble du massif de la montagne Pelée. En noir: appréciation pour la région du Morne-Rouge.

plus dangereuse se situerait au nord d'une ligne Bellefontaine-Le Marigot. Cette appréciation est satisfaisante pour tous les types d'éruptions, à l'exception de l'éruption cataclysmale, mais à faible probabilité, de type Mt St-Helens 1980. Seuls 20% environ des habitants représentent (ou dépassent) les espaces qui pourraient être menacés par une telle éruption.

Globalement, les PSE affichent une assez bonne perception des lieux pouvant être affectés par une prochaine éruption, bien que trop limitée chez certains (30%), ou trop étendue chez d'autres (10 à 20%). En tout cas, on imagine une éruption violente, plutôt supérieure en magnitude à celle de 1902, ce qui est tout à fait envisageable dans le futur: les paroxysmes de l'éruption du début du siècle, même s'ils ont été caractérisés par une très importante libération d'énergie, n'ont toutefois constitué que des événements mineurs dans l'histoire de la montagne Pelée, pour ce qui est du volume et de l'extension des produits émis.

Les phénomènes susceptibles de se présenter

Les figures 2 et 3 mettent en évidence le décalage existant entre le point de vue des PSE et celui des scientifiques eu égard aux phénomènes les plus envisageable. Parmi les distorsions, les



3. Phénomènes les plus dangereux en cas d'éruption de la montagne Pelée (d'après la population interrogée au Morne-Rouge)

plus plus flagrantes concernent les crues et coulées de boue (ou lahars) dont l'occurrence est largement sous-estimée; les coulées de lave qui sont, à tort, attribuées à l'activité actuelle de la montagne Pelée; les écoulements pyroclastiques, très mal connus en dépit des antécédents du siècle.

Les lahars ne constituent pas les phénomènes les plus dévastateurs, dans la mesure où ils sont canalisés par le réseau hydrographique. Le danger, localisé aux abords des rivières et à leur débouché dans les zones basses, est toutefois redoutable, comme en attestent la destruction de l'usine Guérin (23 victimes) et la mort de 400 personnes au Prêcheur, respectivement le 5 mai et dans la nuit du 7 au 8 mai 1902. Quel que soit le type d'éruption considéré, des lahars provenant de la mobilisation de dépôts par les eaux de surface, ou d'une condensation de vapeur d'eau dans le panache éruptif, peuvent être déclenchés, emportant biens et personnes et coupant les voies de communication.

Les coulées de lave sont, de loin, le phénomène le plus souvent cité et considéré comme le plus dangereux. Il s'agit là d'une appréciation totalement erronée, probablement ancrée dans les esprits par les médias (en particulier la télévision) qui montrent le plus souvent des éruptions de volcans à caractère essentiellement effusif. L'amalgame a donc dû être fait pour la montagne Pelée, dont le comportement explosif, lié à la nature de son magma et à la présence d'aquifères superficiels, est pourtant bien établi.

Les nuées ardentes, ou de manière générale les écoulements pyroclastiques (aucune personne interrogée n'a fait de distinction entre les différents types), sont relativement peu cités: par 1/3 seulement des PSE, en ce qui concerne leur possible occurrence sur tout l'ensemble du massif de la montagne Pelée et par

4. Les différents types d'éruptions possibles de la montagne Pelée (page ci-contre)

Les cartes de cette planche ont été réalisées en superposant le zonage des aléas volcaniques (Westercamp, 1985; Traineau et Rançon, 1991) sur la carte des lieux considérés comme les plus menacés, en cas d'éruption de la montagne Pelée, par les habitants du Morne-Rouge (cf. légende fig. 1). Les dessins des éruptions ont été réalisés par Marie-Josée Diebolt (d'après de Goër de Herve, 1985, pour les éruptions magmatiques).

moins de 10%, dans le cas particulier de la région du Morne-Rouge, détruite pourtant par une nuée le 30 août 1902. De plus, ces manifestations sont considérées comme étant moins dangereuses que les projections ou les coulées de lave. Enfin, les nuées ardentes paraissent être principalement assimilées à la dispersion de gaz magmatiques asphyxiants, préservant dans l'ensemble ce qui n'est pas vivant. La complexité (chenalisation des dé-

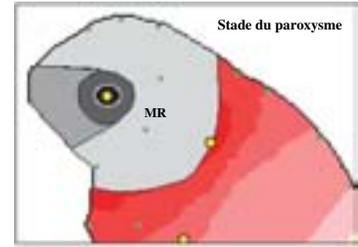
pôts grossiers, nuages déferlants associés, effets thermiques et mécaniques connexes...) et la fréquence des écoulements pyroclastiques à la montagne Pelée sont donc totalement, ou presque, méconnues. Ceci peut paraître surprenant de la part de personnes qui vivent sur le flanc de l'un des volcans les mieux étudiés au monde, où ces phénomènes ont été expliqués (mais vraisemblablement mal vulgarisés).

Ainsi, contrairement au *satisfecit* que l'on pouvait décerner pour la connaissance de l'espace menacé, la phénoménologie des éruptions de la montagne Pelée (fig. 4) est très mal connue, en particulier pour ce qui est des événements les plus dangereux. Ceci dénote une mauvaise information, mais aussi un souvenir collectif, sélectif, des zones de destruction des éruptions historiques, au détriment de la nature des phénomènes destructeurs.

Le déroulement d'une éruption

Pour la majorité des PSE, un réveil de la montagne Pelée sera automatiquement suivi par une grande éruption (fig. 5), ce qui illustre une ignorance des différents types d'éruption possibles (fig. 4) et, tout particulièrement, des éruptions phréatiques, pourtant les plus probables. Les paroxysmes de 1902 influencent clairement ce jugement, alors que sont oubliées, ou non connues, les éruptions phréatiques mineures de 1792 et 1851. Une forte proportion (40%) des PSE pense qu'une éruption se produirait très rapidement. La durée des stades précurseurs et prééruptifs est jugée courte, quelques jours au plus pour 54%, ce qui contraste fortement avec les données scientifiques (à titre d'exemple: une réactivation fumerollienne au début du stade des précurseurs a été notée dans le courant de l'année 1899, soit

Éruption phréatique



- Zone probable d'ouverture d'un nouveau cratère et d'apparition de fumerolles
- Vallées menacées par des lahars
- Zone la plus exposée aux émanations gazeuses et aux fumerolles

- Zone d'exposition maximale aux projections balistiques (blocs, lapilli) émises depuis un cratère
 - ZONES A
 - ZONES B
- Zones exposées aux chutes de cendres et de lapilli provenant d'un panache éruptif (non plinien).
Zone A plus exposée que zone B

Une éruption phréatique, par laquelle toute crise volcanique à la montagne Pelée est censée débiter, résulte de la vaporisation explosive des aquifères présents dans l'édifice volcanique (1). L'augmentation de la température en subsurface peut être provoquée par la montée d'une masse magmatique ou par la déstabilisation du système hydrothermal profond. Les éruptions historiques de 1792 et de 1851 ont été de ce type et les éruptions magmatiques de 1902-1905 et de 1929-1932 ont été caractérisées par une activité de type phréatique au cours de leurs premiers stades. En 2: circulation *per ascensum* des fluides hydrothermaux - 3: projections balistiques - 4: construction d'un cône de tephra - 5: panache éruptif (particules, gaz, vapeur d'eau) - 6: retombées de cendres et lapilli.



Éruption magmatique poncée avec écoulements pyroclastiques et phase plinienne

Possibilité de 2 types d'éruptions magmatiques mettant en jeu un magma vésiculé:

- Les éruptions caractérisées, au stade du paroxysme, par l'arrivée en surface d'une colonne de magma riche en gaz, débordant du cratère et se répandant sur les flancs du volcan sous forme d'écoulements de ponces et de cendres (1). Éruption de ce type il y a environ 2 400 et 4 600 ans.
- Les éruptions poncées complexes dont le stade paroxysmal est marqué par la mise en place d'une colonne éruptive, d'abord verticale puis s'élargissant en forme de pin parasol (2), à partir d'un cratère ouvert, et donnant lieu à d'importantes retombées de tephra (1). L'émission d'une ou plusieurs coulées pyroclastiques (1) est consécutive à un débordement de magma depuis le cratère ou à l'effondrement partiel de la colonne éruptive. La dernière éruption de ce type a eu lieu entre le XIII^e et le XIV^e siècle.



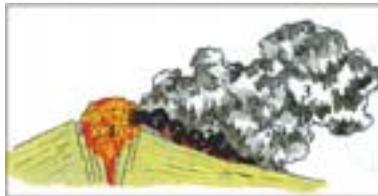
Zones exposées à des chutes de cendres et de lapilli poncées
Épaisseur de dépôts supérieure à:

- 100 cm
- 150 cm
- 10 cm

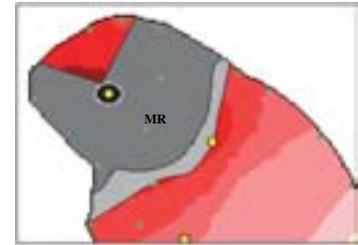


Les éruptions magmatiques à nuées ardentes de type mai-août 1902 résultent d'explosions extrêmement violentes se produisant à la base d'un dôme de lave en cours de croissance (1). Les écoulements pyroclastiques à cendres et blocs (nuées ardentes *stricto sensu*) (2) et le nuage de gaz et de cendres qui les surmonte (3), se déplacent à grande vitesse (130 à 150 m/s) et présentent un angle d'expansion très ouvert (jusqu'à 120°).

Éruptions magmatiques à nuées ardentes



Les éruptions magmatiques à nuées ardentes de type 1903-1932 ont comme modèles le stade post-paroxysmal de l'éruption 1902-05 et la crise de 1929-32. La croissance en continu d'un dôme dans le cratère (1) est entrecoupée de phases fréquentes de destruction partielle, provoquées, soit par de petites explosions au niveau du dôme, soit par simple déstabilisation gravitaire. De petites nuées ardentes d'avalanche en résultent (2). En 3: nuage de gaz et cendres.



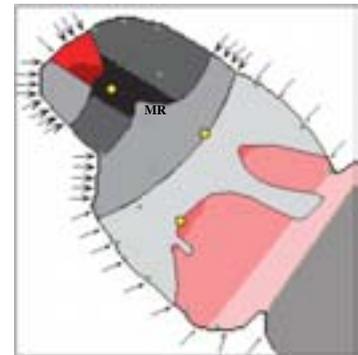
Surface cumulée menacée de destruction totale par les effets mécaniques et thermiques des écoulements pyroclastiques: nuées ardentes, coulées et déferlantes cendro-poncées, *blasts*.
 Zones menacées de destruction partielle par les effets des mêmes phénomènes.

Éruption magmatique cataclysmale avec effondrement sectoriel (type Mount Saint-Helens, 1980)



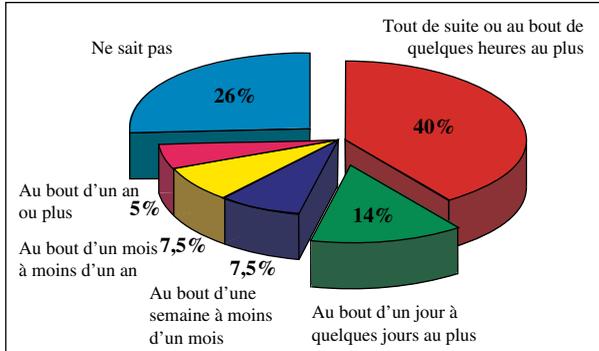
- Secteur du volcan susceptible d'être l'objet d'un effondrement de grande ampleur
- Zones menacées par des avalanches de débris
- Zones côtières exposées aux tsunamis consécutifs à l'entrée des avalanches de débris en mer
- Zones affectées par les effets thermiques et mécaniques d'une explosion latérale dirigée dans l'hypothèse d'un effondrement mineur (200 m de dénivelée) du volcan
- Extension des zones affectées par les effets d'une explosion latérale dirigée dans l'hypothèse d'un effondrement majeur (600 m de dénivelée) du volcan

Une éruption de type Mount Saint-Helens, 1980, s'est produite à la montagne Pelée il y a au moins 25 000 ans. Dans ce type d'éruption, l'effondrement d'un secteur entier du volcan (1), provoqué par la montée d'une intrusion magmatique (2), donne lieu à une volumineuse avalanche de débris (3) et à une explosion latérale dirigée ou *blast* (4). La probabilité qu'un tel événement cataclysmal se reproduise dans le proche futur à la montagne Pelée est faible mais non nulle en raison de sa disposition structurale. En 5: panache éruptif.



D'après la population interrogée au Morne-Rouge, à partir du moment où la montagne Pelée se réveille:

il y aura forcément une grande éruption à un moment donné,	59%
ce n'est pas obligé qu'il y ait une grande éruption et le volcan peut s'endormir de nouveau au bout de quelque temps,	36%
ne sait pas.	5%



5. À partir du moment où la montagne Pelée se réveille, temps au bout duquel une grande éruption peut se reproduire (d'après la population interrogée au Morne-Rouge)

3 ans avant les événements de 1902). La durée de l'ensemble d'une crise est également sous-estimée puisque seulement 5% pensent qu'une crise à la montagne Pelée peut se prolonger plusieurs années. Enfin, plus du quart des répondants ne se prononcent pas. La notion de stades au sein d'une crise est, en fait, très mal connue.

Synthèse et enseignements de la confrontation

La majorité des PSE estime qu'une éruption de la montagne Pelée prendrait la forme d'un événement bref (voire soudain), destructeur (surtout en raison de l'épanchement de coulées de lave), affectant une partie importante du nord de la Martinique, notamment les régions déjà dévastées en 1902. Les volcanologues, en revanche, considèrent que plusieurs types de crises sont possibles, étalées dans le temps, avec des stades antéparoxysme probablement longs (plusieurs semaines au minimum), caractérisés par une grande variété de phénomènes volcaniques (excluant toutefois les coulées de lave) et induits, ayant un impact géographique spécifique et un potentiel destructeur variable. Cette vision, très nuancée sur le plan spatial et temporel, s'oppose ainsi à la vision plutôt figée de la population exposée du Morne-Rouge. Il est clair que cette dernière est très marquée par le souvenir des paroxysmes de 1902, même si la phénoménologie de ces catastrophes a été très imparfaitement assimilée.

Ces différences de perception peuvent être lourdes de conséquences lors du prochain réveil du volcan. Les habitants craignent, à juste titre, la montagne Pelée, comme le montrent les réponses aux questions concernant une éventuelle évacuation: personne ne s'opposerait à cette éventualité. Bien au contraire,

40% déclarent qu'ils évacueraient avant même que la consigne n'en soit donnée. La gestion d'une situation de crise par les autorités compétentes serait notablement compliquée par ces évacuations spontanées, sans exclure les risques que des phénomènes indirects (lahars, raz-de-marée, mouvements de terrain), de toute évidence mal connus par la population, engendreraient lors de ces déplacements incontrôlés. Il y a nécessité et peut-être urgence (mois, années, décennies?) à conduire une information préventive, destinée à réduire la discordance qui apparaît dans le cadre de cette étude entre l'évaluation des scientifiques et l'opinion de la population.

Références bibliographiques

- BOUDON G., BOURDIER J.-L., GOURGAUD A. et LAJOIE J., 1989, «The May 1902 eruptions of Mount Pelée: high velocity directed blasts or column collapse nuées ardentes? Reply», *Journ. Volc. Geoth. Res.*, 43, pp. 359-364.
- BOUDON G., 1993, «La montagne Pelée, Martinique: évolution volcanologique», *Mém. Soc. géol. France*, 163, pp. 231-238.
- BOURDIER J.-L., BODON G. et GOURGAUD A., 1989, «Stratigraphy of the 1902 and 1929 nuée ardente deposits, Mt Pelée, Martinique», in: BOUDON G. et GOURGAUD A. editors, «Mount Pelée», *Journ. Volc. Geoth. Res.*, 38, pp. 113-130.
- CHRÉTIEN S. et BROUSSE R., 1988, *La montagne Pelée se réveille: comment se prépare une éruption cataclysmique*, Éditions Boubée, Paris, 243 p.
- FISHER R. V. et HEIKEN G., 1982, «Mt Pelée, Martinique: May 8 and 20, 1902, pyroclastic flows and surges», *Journ. Volc. Geoth. Res.*, 13, pp. 339-371.
- GOËR DE HERVE (de), 1985, *Le volcanisme: lexique*, Clermont-Ferrand, CRDP.
- HEILPRIN A., 1903, *Mt Pelée and the tragedy of Saint-Pierre*, Philadelphie et Londres, J. B. Lippincott Co., 335 p. + pl.
- HILL R. T., 1902, «A study of Pelée: impressions and conclusions of a trip to Martinique», *Century Magazine*, New York, LXIV, pp. 764-785.
- HOVEY E. O., 1902, «The 1902-1903 eruptions of Mt Pelée, Martinique and Soufrière, Saint-Vincent», *CR IX Congr. Geol. Internat.*, Vienne, pp. 707-738.
- LACROIX A., 1904, *La montagne Pelée et ses éruptions*, Paris, Masson, 662 p. + pl.
- TANGUY J. C., 1994, «The 1902-1905 eruptions of montagne Pelée, Martinique: anatomy and retrospection», *Journ. Volc. Geoth. Res.*, 60, pp. 87-107.
- TRAINEAU H. et RANÇON J.-Ph., 1991, *Évaluation et zonage (1/25.000) de l'aléa volcanique à la montagne Pelée, Martinique*, Rapport BRGM n° R 32173 ANT 4S 91.
- WESTERCAMP D., 1985, *La prévision générale des risques volcaniques. Méthodologie. Application à la Montagne Pelée, Martinique*, Rapport BRGM n° 85 SGN 421 IRG.
- WESTERCAMP D., 1987, «L'éruption de la montagne Pelée», *La Recherche*, Paris, vol. 18, pp. 914-923.