

Société de Volcanologie Genève

Case postale 298 CH-1225 CHENE-BOURG

CCP 12-16235-6



SVG INF. No 7, 1986

VOLCANISME ET VEGETATION

Cet article a pour objectif de donner quelques aperçus des relations entre les phénomènes volcaniques et les êtres vivants. Si le titre précise végétation, c'est qu'il est accordé une place prépondérante au règne végétal. En effet, ce que nous souhaitons illustrer, ce sont les "premiers moments" de la conquête du milieu bouleversé par les phénomènes volcaniques. Comme les animaux dépendent des végétaux, ces derniers nous concernent en priorité en tant que colonisateurs primaires du milieu. Les mots suivis du symbole * sont définis en fin d'article.

Cet article est basé sur la littérature au combien abondante. Il ne se veut en aucune manière exhaustif.

Comme l'a écrit R.SCHNELL en 1971, le volcanisme a deux types d'actions fondamentales sur les êtres vivants:

- une action permanente exercée localement par les émissions des volcans actifs
- une action sporadique exercée sur des surfaces plus ou moins grandes par les éruptions.

I. Action permanente locale exercée par les émissions des volcans actifs

Les émissions se divisent en deux groupes principaux:

- les panaches provenant des cratères actifs
- les fumerolles

Les volcans émettent des gaz toxiques pour les êtres vivants qui se trouvent sur et autour d'eux. Il s'agit surtout de composés sulfurés (HS, SO) et fluorés (HF surtout), mais également d'acide chlorhydrique (HCl). Ces émissions appauvrissent la végétation, il y a sélection d'espèces résistantes. Les épiphytes* et les mousses régressent et peuvent même disparaître pendant un laps de temps plus ou moins long.

Seuls subsistent les arbres et les arbustes tels que les aïrelles et les rhododendrons. Ils résistent grâce à des feuilles épaisses et un port couché, ce qui permet de diminuer les contacts avec l'air. La présence de quelques plantes herbacées et de fougères complète le décors des volcans en activité permanente.

Une étude réalisée récemment dans deux régions volcaniques actives (l'Etna en Sicile et Masaya au Nicaragua) a montré l'influence d'émissions chroniques d'acide fluorhydrique (HF) et d'oxydes de soufre (SO).

Les mesures ont été réalisées à partir d'échantillons (des espèces de trèfles dans ce cas) prélevés dans différentes zones sur et autour des volcans étudiés. Pour le HF, par exemple, les concentrations obtenues (fig.2) sont dix fois plus élevées que la normale (100 à 300 gr. de F par gr. de matière sèche au lieu de 10 à 20 gr. de F par gr. de matière sèche). La concentration de HF décroît au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la source des émissions. D'autres paramètres sont à prendre en considération tels que l'action des vents qui influence beaucoup les résultats. Par exemple, deux zones choisies dans les environs de l'Etna (fig.1), situées à la même altitude, subissent des vents différemment. La Valle del Bove, sur la flanc Est du volcan, subit les vents d'Ouest (300 jours par an) qui chassent les panaches dans sa direction. Par contre, la ville de Nicolosi, situé au sud, est en retrait des vents et n'est pas, par conséquent, atteinte par le panache. Les émissions de HF que reçoivent ces deux points sont très différentes comme le montre la figure 2.

Cette "pollution naturelle" peut avoir des effets dont on doit tenir compte sur le plan économique et écologique dans des régions où l'agriculture est importante. En effet, les sols volcaniques sont riches en substances chimiques pouvant provenir de la minéralisation de sulfures et de fluorures. Le HF est un des phytotoxiques* les plus dangereux parmi les "polluants" volcaniques. Il n'est pas métabolisé* comme le soufre par les plantes; il se concentre dans les parties aériennes des végétaux et produit des nécroses*. Il suffit de concentration 10 à 1000 fois plus faible (dans l'air) que pour les autres "polluants", pour produire les effets évoqués ci-dessus. Dans la région du Masaya, les plantations de café sont "attaquées" par le panache du volcan.

Comme dans beaucoup de phénomènes (naturels ou artificiels), la nature s'adapte si on lui en laisse le temps. Des espèces résistantes se développent surtout parmi les ligneux* qui restent exposés toute l'année, ce qui n'est pas le cas d'espèces annuelles. A ce propos certaines plantes héliophiles* supportent parfaitement ces conditions difficiles et s'y adaptent. Le Casuarina, un arbuste à feuilles persistantes, pionnier des montagnes de l'Est et du centre de Java, se maintient grâce à l'action des volcans. Si cette dernière est interrompue, une végétation à feuilles caduques beaucoup plus performante, composée d'arbres, conduira à la disparition du Casuarina par manque de lumière. Il existe également un bouleau endémique* pour l'Etna, Betula aetnensis, qui ne croit que sur sol volcanique sur le versant Est.

Les fumerolles diffèrent des panaches pour certains auteurs (comme R.SCHNELL) par leur grand contenu en vapeur d'eau. Suivant les régions, les fumerolles sont très intéressantes pour le maintien d'une végétation très différentes de celle du milieu environnant. Au Tibesti

(Sahara), à environ 3000 mètres d'altitude, des fumerolles très riches en vapeur d'eau ont permis le développement d'un ensemble d'espèces dont la majorité ne se rencontre pas ailleurs dans toute la région (fig3). Cette végétation inféodée aux "milieux humides" est remarquable (dans l'exemple proposé) par son nanisme, ce qui met en évidence une influence certaine (toutefois atténuée par les fumerolles) des conditions climatiques générales.

Dans d'autres cas (Soufrière, Guadeloupe), les notions de fumerolles et d'émissions de gaz ne sont pas distinguées. Les auteurs parlent dans ce cas de fumerolles acides qui "brûlent" les plantes. Cette activité contenue dans les fumerolles entraîne parfois dans le sol une libération d'aluminium ionique (Al^{+++}) qui amplifie l'effet toxique des fumerolles. Il se forme à la surface du sol une "croûte" minérale qui peut stériliser le sol.

II. Action subite et brutale provoquée par une éruption

L'altération et la destruction des écosystème dépendent souvent d'évènements volcaniques brefs, qui n'ont pas tous les mêmes effets sur les êtres vivants. Par un souci de simplification, deux types d'éruptions sont définies par ce qui les engendrent et ce qu'elles produisent. Ce sont:

- les éruptions phréatiques
- les éruptions magmatiques.

Les éruptions phréatiques sont généralement causée par la libération soudaine d'une importante quantité d'eau sous forme de vapeur, à des pressions et des températures assez élevées (environ 200 °C). Elles mettent en jeu des énergies considérables. La vapeur d'eau arrache des matériaux rocheux aux parois des fissures (blocs et poussières) qu'elle entraîne et projette au-dessus du sol. Deux exemples récents permettent d'illustrer les différents dégâts subit par la végétation. Il s'agit des éruptions de la Soufrière (de juillet 1976 à mars 1977) et celle du Mt St Helens (tout début de l'éruption de 1980).

L'éruption de la Soufrière du 8 juillet 1976 a projeté plus d'un million de tonnes de poussières et 10 millions de tonnes d'eau dans l'atmosphère. Celle du 10 octobre de la même année, qui n'a duré que 15 minutes, a projeté 5000 à 10000 tonnes de matières avec une vitesse d'éjection d'environ 200 km/h. Souvent, les éruptions phréatiques sont accompagnées d'émissions de gaz toxiques, dans la plupart des cas liées à une augmentation des panaches volcaniques.

Les auteurs qui étudient l'évolution de la végétation à la Soufrière ont réparti les dégâts en quatre phase, suivant l'état de la végétation après une éruption.

a) Broyage :

La chute de blocs (entre 100 g et 1000 kg) est responsable d'une destruction mécanique des parties aériennes des plantes. Dans la plupart des cas (excepté la chute d'une masse importante qui broye vraiment), les végétaux résistent et, si les parties souterraines

sont intactes, les plantes croissent à nouveau (observé également au Mont St. Helens).

b) Ensevelissement :

Les poussières volcaniques recouvrent la végétation (à la Soufrière), selon les endroits sur une épaisseur pouvant atteindre plusieurs dizaines de centimètres; c'est l'effet primaire. En réagissant avec les pluies, il y a formation de torrents de boue ou lahars. Le sol et les êtres vivants (surtout les végétaux situés à la surface sont emportés à tel point qu'à certains endroits, la roche mère est mise à nue (Guadeloupe et Mont St. Helens); ce sont les effets secondaires.

c) Asphyxie :

Une des conséquences de l'ensevelissement par les poussières volcaniques est l'asphyxie des végétaux; sur une surface beaucoup plus vaste que les coulées de boues, ce qui perturbe la végétation très loin du lieu d'émission. Les stomates (organes respiratoires des plantes) situés sur les deux faces des feuilles sont obstrués par ces éléments volcaniques très fins, ce qui perturbe beaucoup les échanges gazeux entre le végétal et son environnement. En Guadeloupe, par exemple, on a remarqué que la végétation épiphyte* plus exposée par sa position aux poussières avait complètement disparu.

d) Les effets chimiques :

Les émissions volcaniques (sulfures, sulfates et autres. Voir également les effets du volcanisme permanent) acidifient le milieu. Les parties aériennes et souterraines sont souvent atteintes par les gaz toxiques, les cendres et les eaux polluées par les rejets des volcans et la plupart des espèces sont détruites.

Pour la Guadeloupe, des mesures réalisées après les éruptions de 1976-1977 donnent des valeurs de PH de 1 à 3,5 en moyenne pour les cendres qui recouvrent la végétation. Des effets similaires ont été constatés à l'Etna. A Hawaï, le SO₂ se concentre dans l'atmosphère et retombe sous la forme de "pluies acides"; contribution non négligeable aux faibles valeurs de PH des sols de l'île.

Dans le cas de la Soufrière (Guadeloupe), on étudie l'évolution de la végétation depuis 1979. Différentes méthodes d'investigations telles que:

- photographies aériennes
- données de la littérature (ancienne et récente)
- travail sur le terrain

informent sur les événements subits par la végétation. Les auteurs ont défini et cartographié quatre états de la végétation

pour le dôme du volcan (fig.4):

- a) Végétation détruite: algues, champignons et mousses (végétaux primitifs) sont les seuls êtres vivants à se partager le terrain à disposition.
- b) Végétation très touchée: de nombreuses plantes ligneuses émettent des rejets et fleurissent parfois.
- c) Végétation peu endommagée: il reste quelques feuilles sur les plantes et beaucoup de pieds sont vivants.
- d) Végétation intacte: quelques mois après l'éruption, toutes traces visibles ont disparues. Le paysage est semblable à celui précédent les éruptions.

Lors des éruptions magmatiques, les volcans "crachent" des cendres (voir plus haut pour les effets) et des laves. Avec des températures pouvant atteindre 1100 °C et des vitesses parfois importantes (plus de 60 Km/h), les laves entraînent une destruction totale des êtres vivants et stérilisent provisoirement le sol. La végétation se montre discrète sur les volcans soumis à de fréquentes éruptions magmatiques tel que l'Etna par exemple.

III. QUAND LA VIE REVIENT...

La formation d'un écosystème après une éruption est étudiée avec beaucoup d'intérêt, parce qu'elle représente une des rares possibilités, d'observer l'installation de la vie sur le milieu minéral. Les paramètres qui influencent cet événement sont nombreux (éloignement du continent pour une île, etc) et rendent toutes prévisions difficiles. Ce sont par exemple, la nature du substrat (laves poreuses, lisses ou rugueuses; les cendres; les boues etc...), le climat, l'origine et le mode de transport des espèces (par les oiseaux, d'autres animaux, l'eau, l'air etc...), la position géographique du lieu de l'éruption (île, continent), les stades pionniers et leur évolution.

Sur la base d'exemples classiques, nous allons illustrer quelques aspects de cette (re-)colonisation. On peut citer, par exemple, l'éruption du Krakatau en 1883, proche de Java et de Sumatra (fig.5); Kilauea Iki en 1959 à Hawaï; Surtsey en 1963, au sud de l'Islande; la Soufrière en 1976-1977 à la Guadeloupe et celle du Mont St.Helens en 1980 aux USA.

Sur le Krakatau (fig.6), les études du processus de recolonisation se poursuivent depuis un siècle; tant pour les végétaux que pour les animaux. Treub et ses collaborateurs sont les premiers à avoir mis le pied sur l'île, un an après l'éruption (1883). Ils ne constatent que des arbres brûlés. Toute vie semble absente. Pourquoi? Pour certains auteurs, toute la végétation a été détruite lors de la catastrophe et, la flore actuelle est issue de plantes colonisatrices après l'éruption. Mais pour d'autres, le système racinaire de certaines espèces a survécu et de nouvelles pousses se sont développées, lorsque les conditions sont devenues supportables. Difficile de trancher, personne n'a fait d'inventaire avant l'éruption et, il est par conséquent impossible de vérifier. Mais comme certains l'ont observé récemment à Hawaï, au Mont

St.Helens et à la Guadeloupe; les végétaux sont capables de survivre à des conditions très difficiles. Les graines et les parties souterraines profondes produisent dans certains cas des nouvelles pousses. Au Mont St.Helens, par exemple, 90% des espèces végétales présentes avant l'éruption ont été retrouvées, trois ans après l'évènement volcaniques de 1980. Mais, dans ce cas, un changement radical s'est produit dans la physionomie du paysage. Aux grandes forêts d'érables, de sapins et d'aulnes dominantes avant 1980 ont succédé, des plantes herbacées et des buissons pionniers dans la recolonisation.

Plusieurs espèces animales ont survécu telles que, les animaux volants , ceux qui se déplacent rapidement, et les fouisseurs qui sont capables de s'enterrer assez profond pour ne pas être atteints (petits rongeurs, vers, insectes etc...).

Pour la petite histoire, il faut signaler les "fire fungi"(champignons du feu) stimulés par la chaleur et qui se développent à la surface de la lave à peine refroidie. Bel exemple pour illustrer la diversité de la vie qui s'adapte aux variations du milieu minéral.

Lorsque la (re-)colonisation se déroule rapidement, c'est que non seulement la texture mais également le contenu chimique du substrat volcanique est important. Le substrat volcanique est très fertile. Qui n'a pas vu ces villes , villages groupés au pied des volcans sources de vie. Mais qu'est-ce qui rend la terre volcanique si productive? Des mesures de le teneur minérale de deux substrats (laves et cendres) à Hawaï ont révélé que les cations (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ et Na^+) ont une capacité d'échange plus élevée pour la cendre. La finesse des particules joue un rôle important.

Les principaux éléments nécessaires à la croissance des végétaux sont présents dans les sols volcaniques, seuls l'absence d'eau et la température des substrats empêchent une installation rapide des pionniers, lichens, algues et fougères.

P. Charlier, biologiste

Quelques définitions

Epiphyte: plante qui pousse sur une autre.

Phytotoxique: toxique pour les végétaux.

Métabolisé: utilisé par la plante pour sa croissance.

Héliophile: plante qui supporte une forte lumière solaire.

Endémique: espèce présente dans une zone limitée.

Nécrose: attaque à la surface d'une feuille par un parasite ou une substance chimique.

Bibliographie:

BARBAGALLO F., ETNA Un vulcano tutto da scoprire (e da proteggere) ATLANTE, 1986.

FRANKLIN Jerry F. et al. Ecosystems Responses to the eruption of Mount St. Helens, in Research, a scientific journal of the National Geographic. Spring, 1985.

GARREC J.P. et al. Impact of the Volcanic Fluoride and SO₂ Emissions from Moderate Activity Volcanoes on the Surrounding Vegetation. Bulletin Volcanologique Vol. 47-3. 1984.

PALMEDO J., La montagne qui perdit la tête. in Terre Sauvage, No2, Decembre 1986

SASTRE C. et al, Evolution de la végétation de la Soufrière de la Guadeloupe depuis les éruptions de 1976-77 par l'étude de la répartition des espèces indicatrices in Adensonia, Bull. du Museum d'Histoire Naturelle, section B, 4ème série T.5, 1983, No1

SCHNELL R., Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux, No2 Edition Gauthier-Villars, 1971

SMATHERS G. et al., Invasion and Recovery of Vegetation after a Volcanic Eruption in Hawaii, National Park Service Monograph Series, No5 1974

STURLA F., SURTSEY. Evolution of life on a Volcanic Island, Butterworths, London, 1975

THORNTAU YAN W.B., Krakatau, The Development and Repair of a Tropical Ecosystem, in Ambio, Vol. XIII, No4, 1984, Royal Swedish Academy of Sciences, Pergamon Press



Fig.1 Carte de l'Etna (endroits mentionnés dans le texte entourés)

Fig.8 Nombre de mousses (en espèces) à Surtsey (Islande)

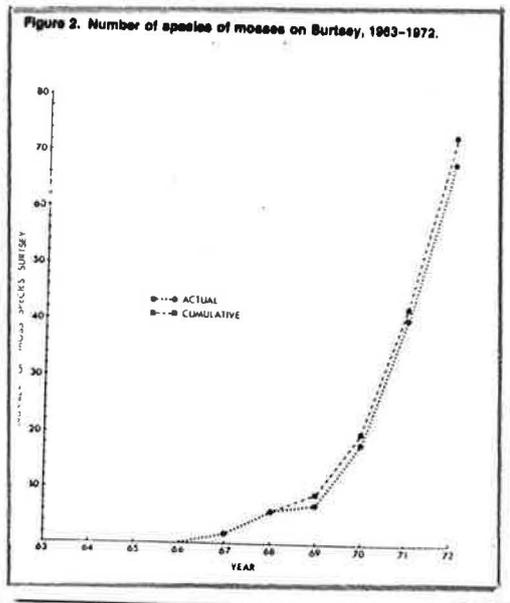
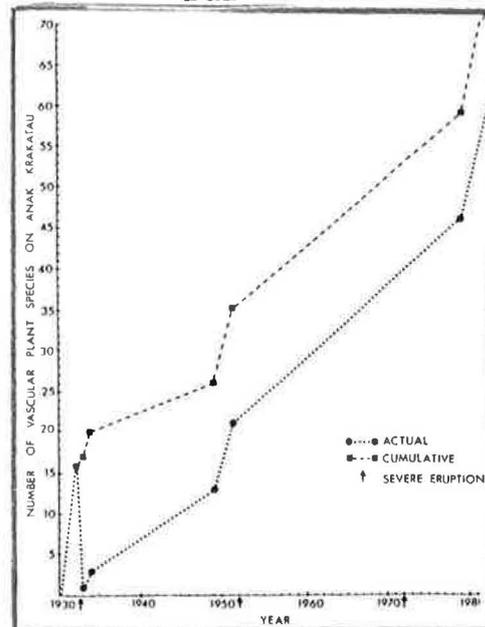


Fig.9 Nombre de plantes supérieures (en espèces) sur le Krakatau



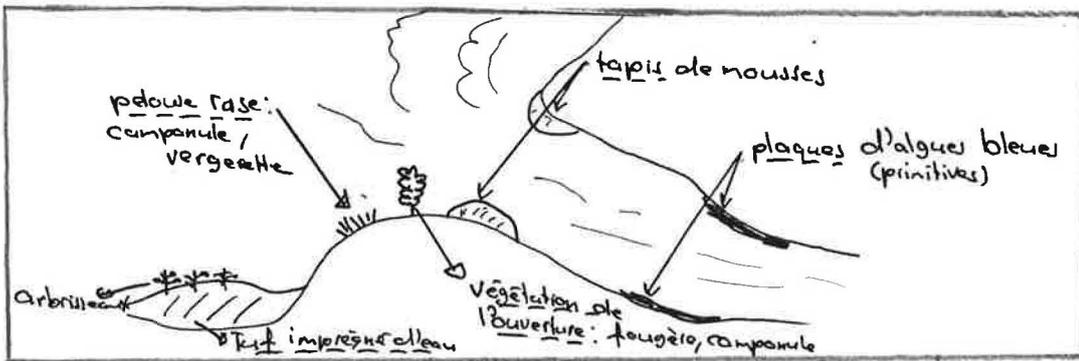


Fig. 3 Zones de végétation d'une fumarolle riche en H₂O (eau) sur les flancs d'un volcan (Tibéti).

Number	Places where samples were taken	Altitude	Fluoride concentration
A (Oct. 1976)	Serra La Nave (accampamento francese)	1.700 m	8
B (July 1976)	Valle del Bove (Rifugio Menza)	1.700 m	102
C (Oct. 1976)	Nicolosi (Via Fratelli Genellaro)	700 m	14

Fig. 2 Contenu en fluore de la végétation proche des localités mentionnées

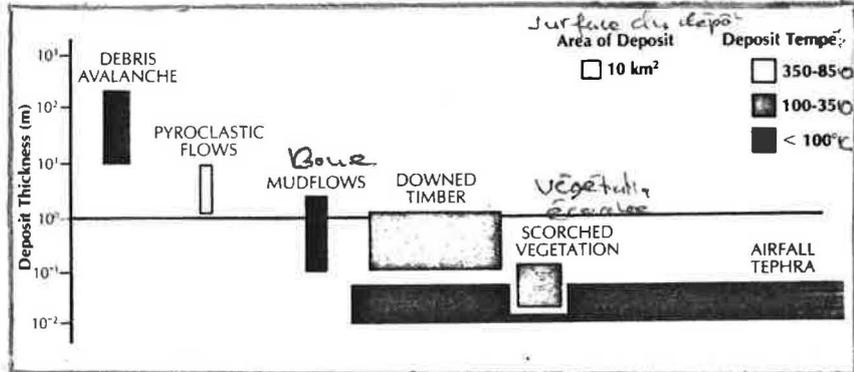


Fig. 7 Epaisseurs en mètres et températures de dépôt après l'éruption du Mt St Helens

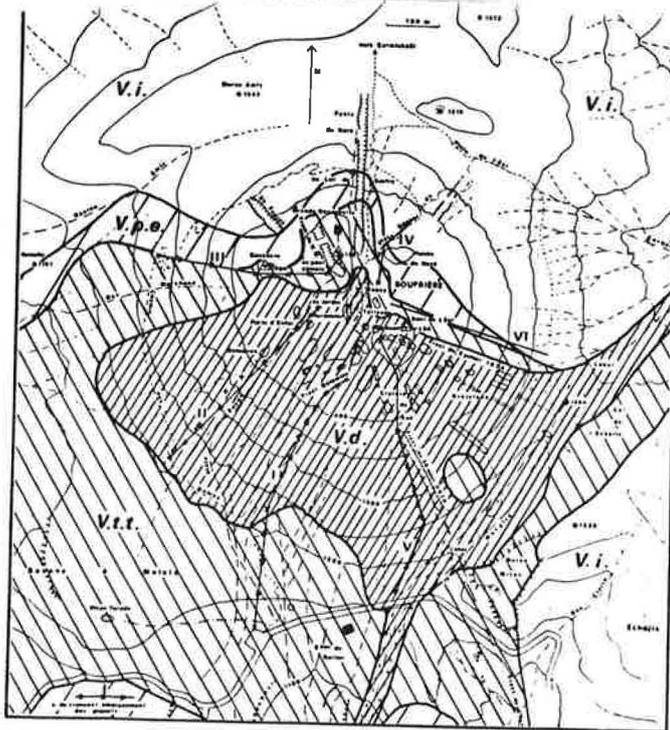


Fig. 4 Cartographie des états de la végétation en 1982 à la Soufrière
 V.d.: végétation détruites
 V.t.t.: " très touchées
 V.p.e.: " peu endommagées
 V.i.: " intacte

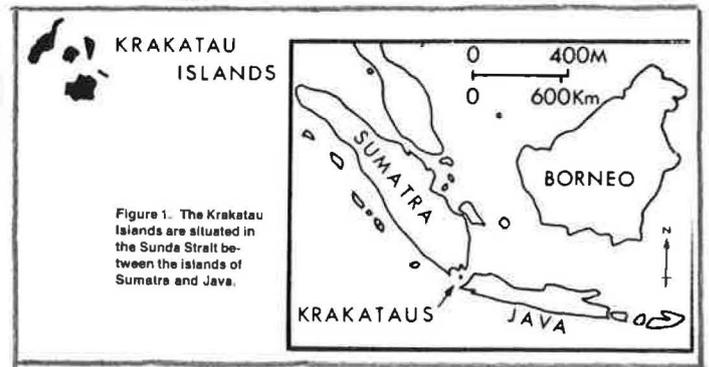


Fig. 5 Localisation du Krakatau

Fig. 6 En pointillés, surface du Krakatau avant l'éruption de 1883

