

# VOLCANS ET SÉISMES

## ÉRUPTIONS VOLCANIQUES

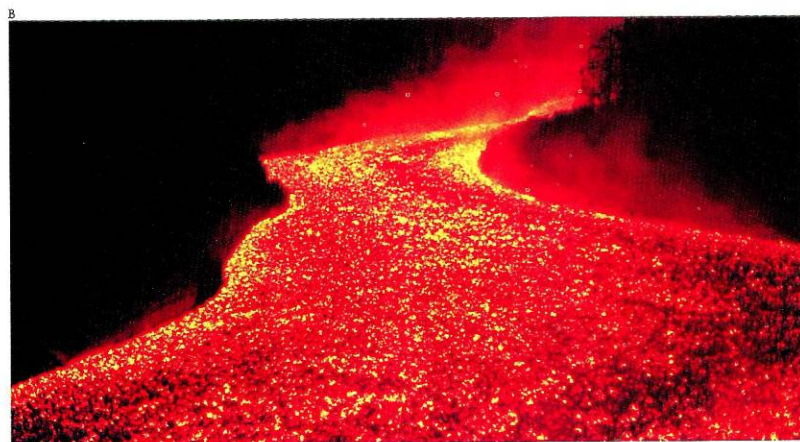
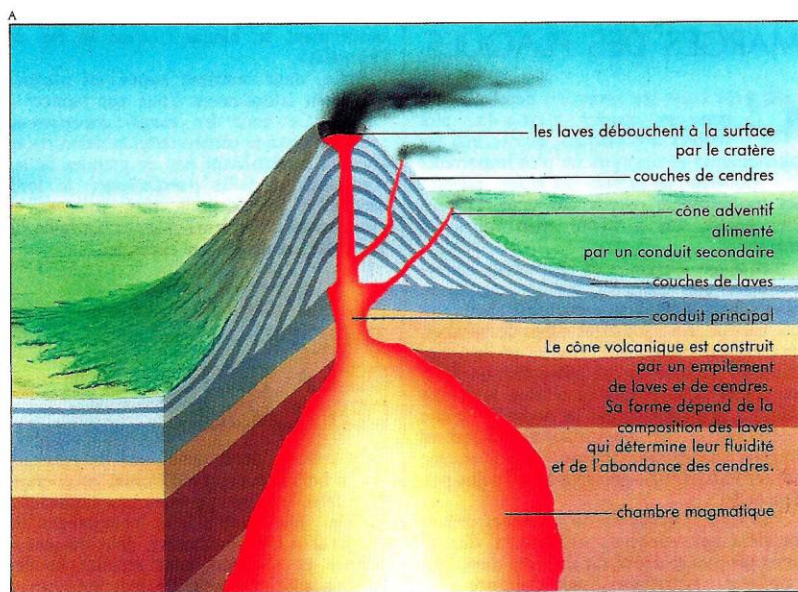
LORS D'UNE éruption volcanique, des produits d'origine profonde sont émis à la surface du globe à très haute température, sous forme de laves liquides, de gaz ou de projections solides. Les éruptions sont généralement précédées de signes avant-

coureurs, tels que de petits tremblements de terre. Elles sont plus ou moins violentes, suivant qu'elles sont ou non accompagnées d'explosions. Les plus brutales peuvent être très meurtrières : l'histoire est jalonnée de catastrophes liées à l'activité volcanique, à commencer par la destruction de Pompéi par le Vésuve en l'an 79. Mais, même si les vies humaines sont épargnées, le paysage est modifié par les coulées de laves et il faut souvent des années avant que l'homme puisse se réinstaller dans ces régions.

La lave est une roche en fusion, le magma, qui remonte de la profondeur par la cheminée, s'écoule par le cratère, s'épanche en surface tout en se solidifiant au contact de l'air. Suivant sa composition, elle se solidifie très rapidement et forme des aiguilles ou des dômes (laves acides, riches en silice) ou bien peut parcourir des kilomètres et former de longues coulées (laves basiques, pauvres en silice). Le refroidissement peut produire des aspects spectaculaires, comme les coulées prismées de la Chaussée des Géants, en Irlande, ou les laves cordées de Hawaï.

Les projections, qui sont le résultat des explosions, sont appelées *blocs*, *lapilli* ou *cendres*, suivant leur taille. La lave, projetée à l'état encore visqueux et se solidifiant en retombant, prend des formes contournées et donne des *bombes volcaniques*. Les cendres très fines parcourent de très grandes distances et peuvent même faire le tour de la Terre, comme lors de l'éruption du mont Saint Helens aux États-Unis en 1980.

Le volcan est un relief construit par l'empilement des laves et des projections. Certains sont gigantesques : le plus grand du monde, le Mauna Kea, à Hawaï, construit sur le fond de l'océan Pacifique, est plus haut que l'Everest ! La forme des volcans est liée au type d'éruption : elle dépend de la composition des magmas, de la fréquence des explosions et donc de l'abondance des projections. Tous ces facteurs dépendent de l'environnement dans lequel le volcan se forme. Dans les éruptions dominées par l'émission régulière de laves basiques très fluides, comme à Hawaï, les volcans ont la forme de vastes boucliers surbaissés. Les éruptions à caractère explosif marqué produisent des laves acides peu fluides qui construisent un cône très raide. Les laves peuvent



A Coupe d'un volcan.

Le cône volcanique est construit par un empilement de laves et de cendres. Sa forme dépend de la composition des laves qui détermine leur fluidité et de l'abondance des cendres.

B Coulée de lave de l'Etna, Sicile.

La lave est émise par les volcans à une température qui varie de 700 à 1200 °C, suivant leur composition chimique. Les laves les plus chaudes sont les plus fluides et s'écoulent en longs fleuves incandescents qui dévastent tout sur leur passage.

C Caldeira.

Le sommet des volcans est souvent occupé par une caldeira, vaste dépression circulaire limitée par des failles. L'émission de laves en grande quantité vide la chambre magmatique sous-jacente, ce qui provoque l'effondrement du sommet du volcan et la formation de la caldeira. La photo montre la caldeira du volcan Nemrut, en Turquie, de 8 km de diamètre. Le fond de la caldeira est occupé par un lac (à gauche) que des émissions volcaniques récentes (à droite) ont partiellement comblé.

D Dépôt de laves.

La surface lisse des laves très fluides, en se refroidissant, devient plastique et se déforme sous l'effet de l'écoulement : on a alors des laves cordées, ou pahoehoe. Par contre, les laves riches en gaz prennent un aspect scoriaicé et chaotique : ce sont les laves aa. La photo montre la superposition d'une coulée aa sur une coulée pahoehoe (Hawaï).



même obstruer la cheminée et c'est alors qu'ont lieu les explosions dévastatrices comme celle de la montagne Pelée à la Martinique en 1902 ou, plus près de nous, celle du mont Saint Helens. Ce type d'éruption est de loin le plus dangereux. Des éruptions de type intermédiaire ont produit des volcans comme le Stromboli ou le Vulcano, en Italie.

## PRODUCTION DES MAGMAS ET ROCHES VOLCANIQUES

LE MAGMA résulte de la fusion partielle du manteau supérieur, à plusieurs centaines de kilomètres de profondeur, dans des zones instables de la lithosphère terrestre.

La composition du magma est fonction de nombreux facteurs, en particulier de la profondeur à laquelle a lieu la fusion, de la composition du matériel qui fond et du pourcentage de liquide produit. Elle varie entre un extrême basique (45 à 50 % de silice) et un extrême acide (70 à 75 % de silice).

Mais la composition du magma ainsi formé peut également évoluer au cours du temps. Avant d'aller s'épancher en surface, le magma séjourne dans un réservoir, ou *chambre magmatique*, et c'est alors que les premiers minéraux commencent à cristalliser. Les laves émises depuis la chambre magmatique ont une composition qui change au cours du temps et devient de plus en plus acide. Les roches, variées, d'un volcan dérivent toutes d'un même magma.

Les roches résultant de la solidification des magmas reflètent naturellement leur composition. Elles contiennent souvent de gros cristaux, témoins de leur séjour dans la chambre magmatique, baignant dans une pâte fine constituée de minéraux microscopiques. Les plus basiques, ou basaltes, sont noires et contiennent des minéraux peu riches en silice, comme l'olivine. Les roches intermédiaires sont plus grises et contiennent beaucoup de plagioclase : ce sont les *andésites*. Les roches les plus acides, très riches en silice, sont claires et contiennent beaucoup de quartz. Ce sont les *ryholites*. Elles sont très visqueuses et souvent se figent avant d'avoir cristallisé, ce qui les rend très vitreuses. Elles sont aussi généralement riches en gaz qui forment de nombreuses bulles ; les *pierres ponce* contiennent tellement de bulles qu'elles flottent sur l'eau.

## SÉISMES

COMME les éruptions volcaniques, les séismes sont des manifestations de l'instabilité de la Terre. Un séisme, ou tremblement de terre, est une secousse brutale de l'écorce terrestre qui se produit à partir d'un point, le foyer, situé en profondeur. Les mouvements qui affectent l'écorce terrestre provoquent en effet l'accumulation de tensions en certaines zones particulières dont la localisation obéit à des règles précises. Si la tension devient trop forte, il y a rupture, ce qui provoque un relâchement brutal et s'accompagne d'une secousse.

Par essence, les séismes sont des phénomènes violents, mais leur intensité est variable. Ils peuvent être perceptibles seulement par des instruments très sensibles, mais peuvent aussi provoquer de véritables catastrophes. Lors de violents séismes, les secousses principales, les plus fortes, sont généralement suivies de secousses secondaires de moindre intensité. Malheureusement, il est très rare que des secousses préliminaires avertissent de l'imminence d'un violent séisme. Les plus fortes secousses provoquent l'ouverture de fissures dans le sol dont les conséquences sont particulièrement dramatiques dans les régions urbanisées. Elles sont responsables de l'effondrement des constructions, immeubles ou barrages, de la rupture des canalisations souvent accompagnées d'incendies. Les secours sont d'autant plus difficiles à organiser que toutes les communications sont généralement interrompues : routes coupées, rails de chemins de fer tordus. Dans la mer, l'onde de choc provoque la formation d'énormes vagues, les *raz de marée* ou *tsunamis*, qui peuvent aller dévaster des côtes situées à des milliers de kilomètres.

L'intensité d'un séisme peut être évaluée à l'aide de l'échelle de Richter, fondée sur l'observation des dégâts qu'il provoque.

## MESURE DES SÉISMES

DU POINT de vue physique, un séisme se traduit par le déclenchement d'ondes sismiques. Ces ondes sont de trois types. Les *ondes P* et *L* se propagent à travers tout le globe. Les *ondes P*, longitudinales, de compression-décompression, se transmettent dans tous les milieux. Les *ondes S*, transversales à la direction de propagation, ne se transmettent que dans les milieux solides. Les

*ondes L*, plus complexes, ne se propagent qu'en surface. La mesure et l'analyse de ces ondes font l'objet de la sismologie, qui a pour but de comprendre les mécanismes des tremblements de terre, mais apporte également des renseignements sur la structure interne du globe.

On mesure les ondes sismiques à l'aide de *sismographes* qui permettent d'enregistrer les mouvements du sol en un point donné. Ces mouvements sont amplifiés plusieurs centaines de milliers de fois avant d'être enregistrés, ce qui permet aux appareils de détecter des secousses imperceptibles à l'être humain. Une station sismique est généralement équipée de trois sismographes qui enregistrent les composantes dans les trois directions, deux horizontales et une verticale. Il existe ainsi un réseau de sismographes à la surface du globe, plus ou moins dense selon les régions. Lors d'un tremblement de terre, les enregistrements, ou *sismogrammes*, réalisés par différentes stations sont confrontés. On peut ainsi déterminer la profondeur du foyer ou la localisation précise de l'épicentre, projection du foyer à la surface du globe. Selon la profondeur, on distingue des foyers normaux (jusqu'à 70 km), intermédiaires (jusqu'à 300 km) et profonds (jusqu'à 700 km en général). La profondeur du foyer est un indicateur de l'état physique de la Terre en profondeur.

## PRÉVISION DES SÉISMES

ÉTANT donné les conséquences dramatiques des séismes, il est bien évident que les recherches sur la prévision sismique sont tout à fait prioritaires, surtout dans des pays particulièrement menacés, comme le Japon ou les États-Unis. Elles sont fondées sur la recherche de signes avant-coureurs qui permettraient de prévenir les populations ; il semble que la modification des états de contrainte se traduise essentiellement par des variations de la teneur en eau dans les fissures. En 1975, les Chinois ont pu prévoir un important tremblement de terre en se fondant entre autres sur les modifications de comportement des animaux. Mais il paraît plus efficace de tabler sur la prévention, en particulier la construction parasismique. Cette méthode, appliquée depuis longtemps au Japon, a une efficacité certaine. L'absence quasi totale de normes parasismiques à Mexico explique le bilan particulièrement lourd du tremblement de terre de 1985.

### A. Ondes sismiques.

Exemple d'enregistrement d'un séisme dans les trois directions ( $z$  = verticale, NS et EO), montrant l'arrivée successive des trois groupes d'ondes, P, S et L. Séisme du Mexique du 20 août 1973 enregistré par l'Institut de physique du globe à la station de Saint-Sauveur-en-Rue (Loire).

