

V. Formation de volcans de point chaud par éruption à l'intérieur des plaques

La plupart des volcans en activité sur la Terre se trouvent le long des frontières de plaques, mais certains se sont formés à l'intérieur des plaques. Les volcans d'Hawaï situés à une distance de près de 4 000 km de la frontière de plaque la plus proche sont de bons exemples de volcans intraplaques (figure 1). Les îles d'Hawaï sont les sommets au-dessus du niveau de l'eau des volcans qui forment l'extrémité sud-est de la chaîne sous-marine Hawaï-Empereur (figures 1 et 2). Cette chaîne de montagnes volcaniques en grande partie sous-marine de 6 000 km de longueur, s'est formée durant les 80 derniers millions d'années par les processus réunis de formation de magma, d'éruption et de mouvement de la plaque du Pacifique sur une source mantellique— appelée anomalie de fusion ou point chaud — dont la position est présumée être relativement fixe. La courbure nette observée dans la chaîne (figure 1) n'est pas encore bien comprise malgré les recherches intensives. Selon une explication récente, le segment septentrional (chaîne Hawaï-Empereur) s'est formé au fur et à mesure que le point chaud migrait vers le sud jusqu'à environ 45 Ma, lorsque sa position est devenue fixe. Ensuite, les plaques se sont déplacées vers le nord-ouest pour former la chaîne hawaïenne en « aval » du point chaud. Selon de nombreux scientifiques, le point chaud hawaïen et plusieurs autres points chauds auraient été formés par des panaches étroits de matériau brûlant, mais non fondu jaillissant du manteau (figure 3). La fusion partielle du manteau produit un nouveau magma qui s'accumule sous forme de pâtés sur la plaque chevauchante et qui remonte dans la plaque chevauchante et fait éruption pour former un nouveau volcan sur le plancher océanique. À la suite de nombreuses éruptions, le volcan sous-marin en expansion peut émerger au-dessus du niveau de la mer sous forme d'île volcanique. Le mouvement permanent de la plaque du Pacifique éloigne en fin de compte les volcans du point chaud. Par la suite, coupés de leurs sources d'alimentation en magma, les éruptions prennent fin. Même lorsqu'un nouveau volcan se forme sur un point chaud, il est soumis à l'érosion. Cependant, après que l'activité éruptive cesse, le volcan s'affaisse au fur et à mesure que la plaque se refroidit et se contracte, pour enfin s'enfoncer sous le niveau de la mer et former un mont sous-marin écrêté. Les volcans hawaïens récemment en activité — Kilauea, Mauna Loa et le volcan sous-marin en expansion Lō'ihi (figures 2 et 3) — seraient toujours au-dessus du point chaud hawaïen qui les alimente. Les laves de la plaque médio-océanique sont plus fluides que celles qui ont formé les stratovolcans le long des frontières de plaques convergentes; leur éruption est habituellement non explosive et certaines éruptions peuvent durer plusieurs dizaines d'années (figures 2 et 4). Au cours des temps géologiques, des effusions répétées de lave fluide, qui peuvent se déplacer sur de grandes distances loin des cheminées éruptives, forment des volcans-boucliers légèrement inclinés tels que le volcan hawaïen Mauna Loa (figure 5). Le volcanisme intraplaque se produit également à l'intérieur du continent. Ainsi, le volcan de Yellowstone (parc national de Yellowstone) a été le siège de trois éruptions cataclysmiques (figure 6) — toutes associées à l'effondrement de la caldera — durant les deux derniers millions d'années. Lorsqu'une éruption explosive expulse le magma d'un réservoir sous-terrain, le volcan sus-jacent peut s'effondrer dans l'espace vide ainsi formé. La dépression peu profonde, ou caldera, qui en résulte remplace le volcan conique plus familier. Des dépôts de cendre provenant de ces immenses éruptions ont été cartographiés à des centaines de kilomètres de leurs calderas d'origine (figure 6). Le

plateau volcanique de Yellowstone est situé à l'extrémité nord-est de la plaine de Snake River, une zone de volcanisme géologiquement jeune (<17 Ma) qui entaille les montagnes Rocheuses, une chaîne de montagnes composée principalement de roches beaucoup plus anciennes (2 790 à 65 Ma). Les âges géologiques des centres d'éruption de la plaine de Snake River sont progressivement plus vieux vers le sud-ouest (figure 7). Cette progression a été interprétée comme étant le résultat du volcanisme associé au passage de la plaque nord-américaine sur le point chaud de Yellowstone, vraisemblablement soutenu par un panache mantellique relativement fixe et persistant. Cependant, nous insistons sur le fait que des opinions couramment exprimées comme celle selon laquelle les panaches thermiques seraient enracinés profondément dans le manteau (>200 km) sont des sujets à controverse actuellement parmi les scientifiques. À Yellowstone, la dernière activité volcanique remonte à environ 70 000 ans, mais des mesures de la déformation du sol indiquent que la caldera est encore active. La dynamique du système magmatique sous-terrain encore brûlant est évidente au regard de l'expression spectaculaire actuelle de l'énergie géothermique, y compris le réseau de geysers le plus actif de la Terre (figure 8).

Figure 1 — Les îles hawaïennes forment l'extrémité sud-est de la chaîne sous-marine Hawaï-Empereur, qui a été formée par le volcanisme intraplaque (voir le texte); les points rouges indiquent des points chauds sélectionnés (voir la carte interprétative de la tectonique des plaques, sur la couverture).

Figure 2 — Vue oblique des principales îles hawaïennes et du volcan Lāʻihī (encore sous-marin). L'encadré présente une vue rapprochée de trois des cinq volcans formant l'île d'Hawaï (les coulées de lave historiques sont indiquées en rouge). L'éruption historique la plus longue est celle qui s'est produite sur la zone de rift est de Kīlauea's à Puʻu ʻŌʻŌ (voir l'encadré), en janvier 1983 ; elle était toujours active au printemps 2006. Figure préparée par Joel E. Robinson (USGS).

Figure 3 — Coupe schématique le long de l'arc insulaire montrant le panache mantellique présumé qui a alimenté le point chaud hawaïen sur la plaque du Pacifique chevauchante. Les âges géologiques des volcans les plus anciens sur chaque île sont progressivement plus vieux vers le nord-ouest, ce qui est conforme au modèle de point chaud expliquant l'origine de la chaîne sous-marine Hawaï-Empereur. Coupe préparée par Joel E. Robinson (USGS).

Figure 4 — Une haute fontaine de lave jaillissant de la cheminée Puʻu ʻŌʻŌ sur la zone du rift orientale de Kīlauea en 1984; l'hélicoptère (encerclé) donne l'échelle. Photographie de Mardie Lane (Parc national des volcans d'Hawaï).

Figure 5 — La Mauna Loa de 4 172 m de haut, aux sommets enneigés, volcan-bouclier classique, observé à partir de l'Observatoire des volcans d'Hawaï. Photographie de Robert I. Tilling (USGS).

Figure 6 — Carte présentant la vaste distribution de dépôts de pluies de cendres provenant de trois puissantes éruptions explosives qui a entraîné la formation de la

caldera du système volcanique de Yellowstone au cours des deux derniers millions d'années (Izett et Wilcox, 1982). Le cartouche (contour noir) indique la zone présentée dans la figure 7.

Figure 7 — Carte présentant la caldera de Yellowstone et des centres volcaniques plus anciens (contour rouge). L'alignement orienté sud-ouest et la progression des âges de ces centres représenteraient le « sentier volcanique » d'un point chaud continental alimenté par un panache mantellique. Carte de Pierce et Morgan modifiée (1992, pl. 1).

Figure 8 — Photographie historique (1872), prise durant l'étude effectuée par Hayden montrant une imposante fontaine d'eau et de vapeur giclant du geyser Old Faithful dans une région du Wyoming ultérieurement désignée premier parc national des États-Unis (Yellowstone). Ces jaillissements puissants et périodiques de l'énergie géothermique continuent de fasciner les visiteurs du parc. Photographie de William Henry Jackson.