

II. Disparition du plancher océanique au fur et à mesure que les plaques s'enfoncent le long des fosses océaniques profondes

Les zones de subduction sont présentes à l'endroit où une plaque formée par l'expansion des fonds océaniques rencontre une autre plaque ou converge avec une autre plaque en s'enfonçant progressivement (subduction) sous celle-ci. Une fosse profonde se forme généralement sur le plancher océanique là où la plaque en subduction plonge vers le manteau profond (figures 1 à 3). Plus de 75 p. 100 de tous les tremblements de terre se déclenchent dans des zones de subduction sous l'effet du glissement des plaques l'une sur l'autre et de la rupture dans les plaques descendantes (appelées dalles), formant des zones inclinées à des profondeurs allant jusqu'à 690 km sous la surface. D'énormes quantités de croûte océanique ($\sim 20 \text{ km}^3/\text{an}$, ou $\sim 3 \text{ km}^2/\text{an}$ de la superficie du plancher océanique) sont détruites le long des fosses durant la subduction. Au fur et à mesure que les dalles s'enfoncent profondément dans le manteau brûlant, elles se réchauffent, perdent presque toute l'eau stockée et s'amollissent jusqu'au point où elles ne sont plus susceptibles de déclencher des volcans ou des tremblements de terre.

Les séismes de subduction ont causé des dommages incalculables tout au long de l'histoire de l'humanité et, uniquement au cours des 40 dernières années, ils ont tué 400 000 personnes. Ce chiffre comprend les répercussions des grands tremblements de terre peu profonds qui déplacent le plancher océanique, déclenchant des vagues océaniques se déplaçant à très grande vitesse (appelées tsunamis) qui peuvent voyager sur de grandes distances et dévaster les collectivités côtières (voir la figure 4 et le tableau 3). Le processus de formation des volcans débute lorsque la dalle froide s'enfonce dans le manteau brûlant, se réchauffe et se déshydrate au fur et à mesure que l'eau qu'elle contient est « exsudée ». Ces fluides de faible densité peuvent ensuite migrer vers le haut, déclenchant la fonte partielle du manteau sus-jacent brûlant et moins résistant. Comme ce matériau en fusion (ou magma) est moins dense que le manteau dur adjacent, il s'élève sous la poussée exercée par l'eau (ou « flotte »). Une partie du magma s'accumule dans les chambres magmatiques à faible profondeur et une partie migre vers la surface de la Terre où elle entre en éruption et forme des chaînes de volcans – appelées arcs insulaires dans les océans et arcs continentaux sur le continent — qui sont généralement parallèles à la fosse située à proximité immédiate (voir la coupe transversale schématique, sur la couverture et la figure 3).

Dans la zone de subduction, les éruptions peuvent être explosives et former des dépôts aériens ou des dépôts fragmentaires collés au sol, ou non explosives et former des coulées de lave. Des volcans de type arc se sont construits à partir de matériaux fragmentaires et de coulées de lave qui sont généralement des cônes avec flancs à pente raide appelés stratovolcans (figure 5). Les arcs volcaniques englobent près de 80 p. 100 des volcans terrestres actifs qui ont fait éruption à travers l'histoire de l'humanité, y compris les volcans produisant certaines des éruptions les plus destructives de la Terre (voir le tableau 2. Derrière certains arcs insulaires tels que les arcs situés dans le nord de la Nouvelle-Zélande, on observe une divergence de plaques localisées (expansion arrière-arc) semblable à l'expansion se produisant aux frontières de plaques divergentes médio-océaniques.

Durant la subduction, les roches crustales et les sédiments présents sur la partie supérieure de la dalle descendante peuvent être arrachés et ajoutés (ou accrétés) à la

plaque supérieure. La plaque en subduction peut éroder mécaniquement la base de la plaque supérieure. Une partie des matériaux érodés peut également s'accumuler à la base de la plaque chevauchante à plus grande profondeur (sous-placage). Lorsque la lithosphère océanique s'enfonce sous un continent, des montagnes se forment par les processus réunis d'accrétion, d'épaississement (par compression), de sous-placage et de volcanisme. En Amérique du Sud, ces processus ont provoqué la formation des hautes montagnes de la cordillère des Andes de 8 000 km de long ainsi que les volcans les plus hauts sur la Terre. (voir le tableau 2).

Figure 1— Les zones de subduction du Japon font l'objet d'études les plus approfondies au monde. Ici, la plaque du Pacifique s'enfonce sous l'île de Honshu, formant une fosse profonde, des volcans à arcs insulaires et une triple jonction où elle rencontre la plaque philippine. Voir la carte principale pour une explication des symboles. La superficie approximative représentée à la figure 2 est indiquée au moyen d'un contour blanc.

Figure 2 — Vue oblique montrant le jeu de failles du plancher océanique à l'endroit où la plaque du Pacifique s'incline et commence à s'enfoncer, formant la fosse du Japon, dont la profondeur à cet endroit est plus de 7 km (voir le profil sous l'image). L'inclinaison rompt le sommet de la dalle et entraîne la formation de vallées et de dorsales qui sont plus ou moins parallèles à la fosse. Image de Joel E. Robinson (USGS) constituée à l'aide de données recueillies par le service hydrographique du Japon. Exagération verticale : image, ~10x; profil, ~20x.

Figure 3 — Coupe transversale A–A' (présentée dans la figure 1) de la plaque du Pacifique s'enfonçant sous le Japon. La partie en couleur de cette figure est une image informatique présentant les variations de vitesses de l'onde sismique. Les ondes sismiques traversent rapidement la plaque relativement froide du Pacifique (zones bleu foncé) mais plus lentement le manteau brûlant adjacent (zones bleu clair à rougeâtres). Les tremblements de terre (points blancs) se sont déclenchés dans la dalle froide et résistante ainsi que dans la plaque chevauchante. La croûte peu profonde située sous les volcans en activité est brûlante (zones jaunes) est active sur le plan sismique parce que le magma en éruption diminue la résistance des roches sus-jacentes et favorise leur fracturation. Coupe transversale de Zhao et divers collaborateurs (1992) modifiée. Voir la carte principale pour l'explication des symboles utilisés.

Figure 4.—Ravages causés par le tsunami dans le nord de Sumatra, Indonésie, 2004. A : image-satellite de Lohkngar (littoral de Banda Aceh) avant le tremblement de terre du 26 décembre 2004 qui a déclenché le tsunami meurtrier (voir le tableau 3). B : même scène, deux jours après le déclenchement du tsunami; la plupart des édifices ont été emportés par les vagues et le littoral a été fortement érodé et, par endroits, il a été entièrement détruit. Images QuickBird acquises et traitées par DigitalGlobe.

Figure 5 —Volcans formés par subduction au Japon. Volcans vénérés dans la culture japonaise. A : estampe classique intitulée « Le mont Fuji par temps clair » de Hokusai Katsushika (1760–1849). B : Photographie du mont Fuji sous la neige ainsi que d'un cratère de 700 m de large. La dernière éruption de ce stratovolcan de 3 776 m de haut, le

point le plus haut du Japon, remonte à 1707. Photographie de Thomas C. Pierson (USGS). C : Panache de cendres s'élevant dans le ciel durant l'éruption du mont Asama en février 1973, un des volcans les plus actifs du Japon. Une coulée pyroclastique de couleur plus foncée (mélange de gaz et de cendres volcaniques se déplaçant rapidement et rasant le sol) dévale le flanc droit du volcan. Photographie : gracieuseté de Shigeo Aramaki. D : estampe japonaise du mont Asama par Hiroshige II (1829–1863) montrant un panache de cendres et des bombes volcaniques éjectés par l'activité explosive. En 1783, une éruption a tué 1 491 personnes. Impression avec la gracieuse permission de la Collection Maurice et Katia Krafft. © MK Krafft CRI Nancy-Lorraine (<http://www.imagesdevolcans.fr>).