

Société de Volcanologie Genève

Case postale 298 CH-1225 CHENE-BOURG

CCP 12-16235-6



LE PASSAGE DES LAVES DE TYPE PAHOEHOE A AA

Les termes hawaïens de *pahoehoe* et *aa* ont été introduits dans la littérature géologique à la fin du 19^{ième} siècle par un géologue américain. Ils désignent deux grandes catégories de surfaces de lave basaltique.

Les coulées *pahoehoe* sont des laves, qui se sont solidifiées avec des surfaces relativement continues, ondulées, lisses ou plissées (laves cordées), ou bien encore, cassées en grandes plaques.

Aa indique des coulées dont les surfaces sont des amoncellements cahotiques, instables de fragments scoriacés, anguleux, irréguliers, déchiquetés et sur lesquels la progression est très difficile.

Ces deux catégories très contrastées de lave sont très répandues sur tous les volcans basaltiques du globe. Pour quelles raisons une coulée se fige-t-elle en *pahoehoe* ou en *aa* ? Pourquoi une même coulée, de composition identique, forme-t-elle par endroit des surfaces *pahoehoe* et ailleurs des *aa* ? Comment s'effectue le passage pour une coulée d'un type à l'autre ?

C'est, entre autre, face à ces questions, qu'en 1980, deux géologues américains (D.W. Peterson et R.I. Tilling) ont publié une étude sur des laves du volcan Kilauea, à Hawaii. Ce sont leurs résultats que nous vous présentons ici, sous une forme simplifiée et résumée.

Il faut d'abord rappeler quelques faits d'observation :

- la majorité des laves hawaïennes sont émises initialement comme des *pahoehoe* mais seulement certaines coulées se transforment en *aa*.
- des laves *pahoehoe* et *aa* peuvent exister dans une même coulée, sans se traduire par des différences dans la composition chimique.
- des laves *pahoehoe* peuvent se transformer en *aa* mais pas l'inverse.
- bien que les laves *aa* tendent à être plus visqueuses, une coulée approximativement de la même viscosité initiale peut former soit des laves *pahoehoe*, soit *aa*.
- des coulées de mêmes viscosités initiales peuvent former soit des laves *aa*, soit des *pahoehoe*.

Pour Peterson et Tilling, l'idée que la transformation de *pahoehoe* en *aa* résulte uniquement de l'augmentation de la viscosité* est trop schématique car une coulée *pahoehoe*, se refroidissant, voit sa

viscosité s'élever jusqu'à atteindre des valeurs comparables à celles des laves aa, sans pour autant forcément se transformer en aa.

(* la viscosité, qu'on peut définir par des mots simples comme une résistance à l'écoulement ou encore comme une sorte de friction interne entre les molécules d'un fluide)

Pour ces auteurs, un autre facteur clef est ce qu'ils nomment le "taux de déformations" que subit une coulée (c-à-d la quantité de déformations provoquées par des forces de frictions d'origine diverse par unité de temps). D'autres scientifiques parlent, pour la même chose, de "turbulences internes" ou "d'étirements mécaniques" affectant une coulée. La quantité de lave émise, la teneur en gaz, la dimension de la coulée et des chenaux qui généralement la canalisent, la topographie du terrain envahis par la coulée, sont tous des éléments intervenant sur la valeur du taux de déformations agissant sur une coulée en mouvement.

Les conditions déterminantes pour la formation de laves pahoehoe ou des coulées aa sont résumées dans les deux points suivants:

**** (I) si une coulée ralentit et s'arrête, suite uniquement à l'augmentation de sa viscosité, liée à son refroidissement, alors cette coulée gardera une surface pahoehoe.

**** (II) si une coulée pahoehoe est forcée (pour des raisons p. ex. d'une pente forte, de dimensions de la coulée, etc) de continuer de s'écouler au-delà d'une certaine valeur critique du rapport entre viscosité et taux de déformations, alors la coulée se transforme en aa. Cette valeur critique est appelée le "seuil de transition".

L'observation montre que ce seuil de transition est atteint rapidement par des laves de forte viscosité ou avec des taux de déformations élevés, même si alors, sa viscosité est peu importante (voir Fig.1).

Comment se produit le passage des laves pahoehoe à des laves aa ?

D'abord les auteurs montrent qu'il existe une transition complète entre ces deux catégories de lave. Ce passage débute déjà dans les chenaux naturels qui canalisent très souvent les coulées.

Au centre de ces chenaux, les déformations sont nulles et la vitesse d'écoulement est maximale; la croûte de refroidissement qui se forme dans cette zone est bien visible de nuit car elle forme une sorte d'"échine" sombre, dont l'épaisseur tendra à s'épaissir vers l'aval. En revanche en bordure du chenal, les forces de frottement provoquent les déformations maximales et réduisent la vitesse de la lave par rapport à la zone centrale; ces réactions vont se marquer par une forte incandescence des zones bordières (voir Fig. 2).

C'est précisément dans ces zones latérales qu'apparaissent les premières transformations vers des laves aa, car le rapport viscosité/taux de déformations approche la valeur du seuil de transition. Ceci se remarque par l'apparition de sorte de "grummeaux", de fragments irréguliers et rugueux, souvent en rotation sur eux mêmes, qui peuvent ou non adhérer aux bords du chenal.

Au fur et à mesure que la lave s'éloigne de sa source, la taille et le nombre de ces fragments augmentent. Les parties du chenal qui franchissent le seuil de transition vont ainsi, en s'élargissant, jusqu'à ce que toute la surface du chenal soit en transformée en aa, par l'envahissement progressif de ces fragments scoriacés, cahotiques, initialement confinés aux bords.

Des laves en train d'effectuer le passage de *pahoehoe* à aa, si elles se consolident, peuvent préserver des caractéristiques intermédiaires entre ces deux types de lave: c'est le cas des coulées dont les surfaces sont constituées d'une accumulation cahotique de plaques irrégulières et lisses (type *pahoehoe*). Elles résultent de la fracturation et de l'empilement désordonné de la croûte refroidie d'un chenal de *pahoehoe* qui atteint le seuil de transition vers les laves aa. Ce type de coulée est présent, non seulement à Hawaii, mais est fréquent également sur d'autres volcans, par exemple à l'Etna. Il existe encore d'autres types de morphologies intermédiaires.

La transition progressive décrite ci-dessus peut se produire très rapidement dans des conditions particulières: par exemple, c'est le cas fréquent, lorsqu'une coulée franchit une rupture de pente importante. Une augmentation forte de la pente se traduit par une brusque élévation du taux de déformations au sein de la coulée, ce qui peut provoquer le franchissement du seuil de transition, la lave se transforme alors en aa. Ceci est valable pour une coulée qui s'approchait probablement déjà de son seuil de transition.

Inversement, la formation fréquente de tunnels sur les chenaux de lave retarde la transition *pahoehoe*-aa qui se produit ainsi plus en aval qu'à l'air libre. La conservation de la chaleur, très efficace dans ces tunnels, ralentit l'augmentation normale de la viscosité, retardant la transition. Ceci explique, par exemple, l'observation de coulées *pahoehoe* à plus de 12 Km de leur source pendant l'éruption du Mauna Ulu à Hawaii.

Ces études détaillées des laves hawaiiennes sont très utiles pour comprendre le comportement des coulées sur d'autres volcans basaltiques. Elles doivent être cependant adaptées, car il existe encore certaines contradictions entre ce modèle et des observations faites sur d'autres volcans.

Dans le cas de l'Etna, la grande majorité des laves émises ces dernières années sont de type aa et les quelques coulées *pahoehoe* se produisent rarement au début des éruptions, comme c'est le cas à Hawaii. Ces différences s'expliquent, peut-être, par le fait que la composition chimique des laves de l'Etna leur confère une viscosité initiale déjà plus élevée. Une autre raison possible est que les laves des éruptions latérales ont probablement déjà subies une phase de dégazage, qui se manifeste dans les cratères sommitaux. De plus le débit souvent important, durant les premières heures de l'éruption, et la pente souvent plus forte qu'à Hawaii, font que ces laves dès leurs sorties franchissent le seuil de transition et s'écoulent sous forme de aa. Par la suite, l'établissement des chenaux, la formation progressive de tunnels, accompagnés aussi par une émission moins importante de lave qu'au début de l'éruption provoquent, l'installation de conditions tout à fait comparables à celles de Hawaii. Des transitions *pahoehoe*-aa se produisent ainsi le long des chenaux. Des débordements d'ailleurs peuvent produire de petites

coulées pahoehoe. Ces remarques sont surtout valables pour les deux dernières éruptions latérales de 1983 et 1985.

La compréhension des processus qui régissent le comportement d'une coulée est très importante, pas seulement sur le plan de la recherche fondamentale, mais aussi pour des applications pratiques, en particulier lors d'interventions sur les coulées. Il est probable que dans l'avenir ces tentatives vont se multiplier, surtout si des populations sont menacées .

Pour que ces interventions soient efficaces, il est indispensable de mieux comprendre les lois qui agissent sur l'écoulement et les transformations des coulées de lave. Le modèle de Peterson et Tilling est une contribution vers cette meilleure compréhension.

P. Vetsch

Sources Informations : "Transition of basaltic lava from pahoehoe to aa, Kilauea, Hawaii: field observations and key factors." D.W. Peterson et R.I. Tilling Journal of Volcanology and Geothermal Research, 7 3/4 (1980), p.271-293.

P.S. Le comité vous rappelle que si vous avez des projets de voyages sur des volcans pour 1986 et que vous cherchez d'autres personnes intéressées, nous nous occuperons volontiers de transmettre l'information aux membres de la société.

Par ailleurs nous aimerions établir une liste des personnes parmi les membres qui sont susceptibles de se libérer rapidement et souhaitant être contactées en cas d'éruptions (une liste d'"urgences" en quelque sorte).

Un rectificatif au sujet du No de tél. de T.BASSET, secrétaire au comité: le numéro valable est le (022) 51.22.86.

Nous profitons aussi pour vous signaler les conférences sur les volcans d'Indonésie, données les 14 et 15 janvier à Genève à UNI II, à 20 h 30, dans le cadre de VISAGES ET REALITES DU MONDE, organisé par le Centre Culturel Coop.

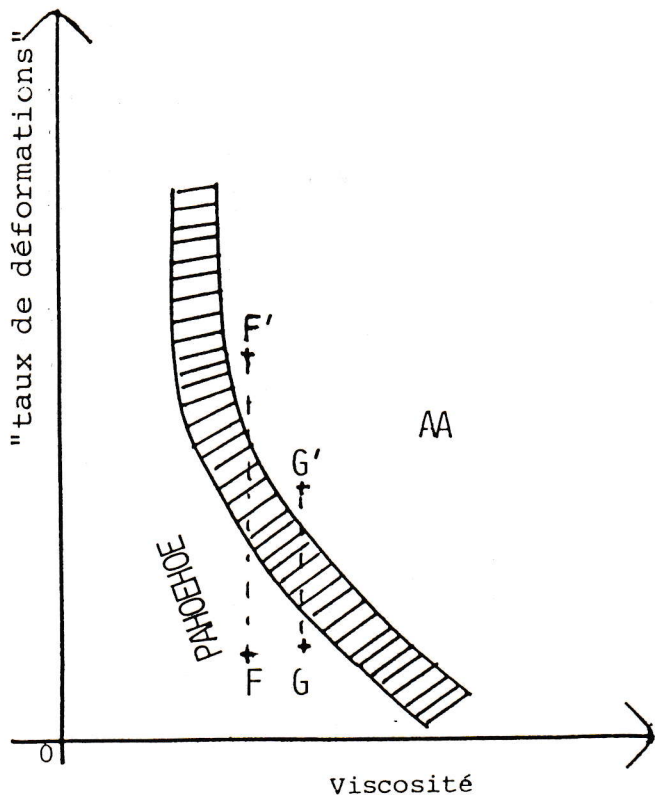


Fig. 1



: seuil de transition
zone critique des
valeurs du rapport
viscosité/ taux de
déformations.

F-F' : une lave de viscosité donnée peut franchir le seuil de transition par augmentation du taux de déformations.

G-G' : pour une viscosité plus élevée que F, le passage au domaine aa se fait plus rapidement (avec un taux de déformations moins important)

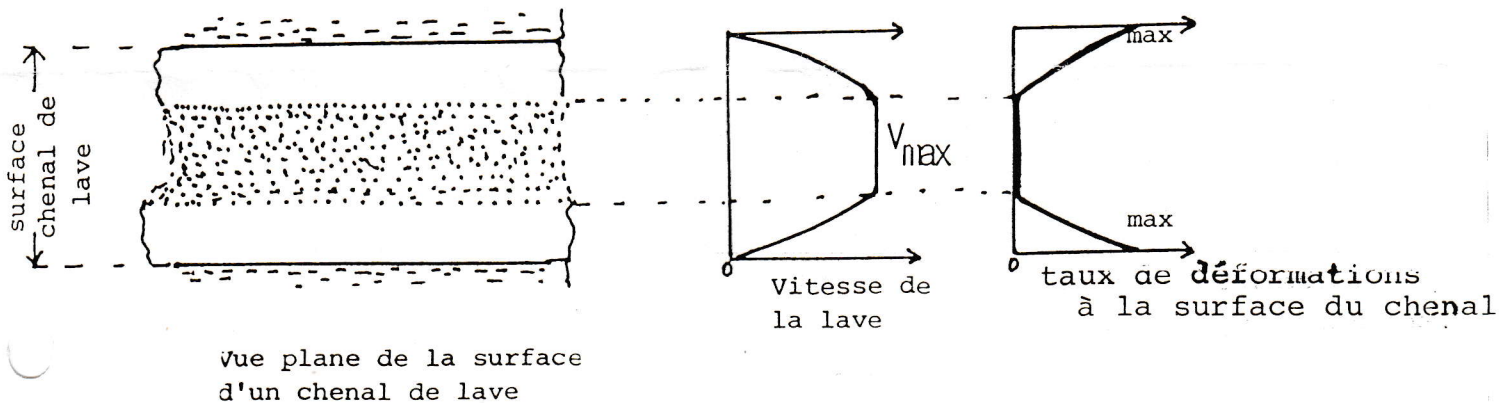


Fig. 2 Schéma de la surface d'un chenal de lave et graphiques des courbes de variations de la vitesse et du taux de déformations pour les différentes parties d'un chenal de lave.

La partie centrale (en pointillée) est la croûte refroidie, avec la vitesse d'écoulement maximale et le taux de déformations nul. Elle est bordée des deux côtés par des zones incandescentes (en blanc), où la vitesse diminue fortement (taux de déformations maximal par contre).

Remarque: "le taux de déformations" désigne plus précisément le taux de déformations par cisaillement (c-à-d par des forces cisailantes, qui produisent un étirement), cela correspond en gros à la "vitesse" des déformations qui affectent la masse d'une coulée en mouvement.