

LES TUNNELS DANS LES COULÉES DE LAVE  
DE TERCEIRA (AÇORES)  
NOTE DE MORPHOLOGIE VOLCANIQUE

*Introduction*

Dans le numéro 14 de la revue *Finisterra* nous avons décrit la morphologie de l'île de Terceira. Pendant l'étude sur le terrain, effectuée en juillet-août 1972, nous avons consacré une semaine à l'exploration de spectaculaires tunnels sous-basaltiques découverts par la brigade

---

(4) No belo romance de ROGER MARTIN DU GARD, *Les Thibault*, tão impregnado de reflexão científica, o velho «prático» professor de Medicina e mestre de uma geração nova e ousada, que todavia respeitava a sua experiência e capacidade de discernimento, empregava esta expressão num sentido muito próximo de irreflexão ou mesmo de imbecilidade; é geralmente tomada no de conceito teórico sem apoio nos factos.

des spéléologues de Terceira «Os Montanheiros». Les résultats de cette mission, réussie grâce à l'aide technique de ces derniers, font l'objet de la présente note.

C'est dans les coulées récentes du centre et du centre sud-est de l'île que se localisent les tunnels de lave. De l'extérieur, rien ne permet d'en soupçonner l'existence. C'est généralement à la faveur de l'effondrement local d'une voûte peu épaisse au voisinage de la surface qu'on les découvre, les trous d'accès étant généralement bouchés par une végétation naturelle de bruyères, de fougères ou d'arbustes. Une fois le trou dégagé et les blocs de l'effondrement franchis, on chemine généralement dans une galerie de 1 à 2 m de hauteur, aux parois circulaires ou ovales et au plancher convexe. Nous avons pu, guidé par les spéléologues de Terceira, étudier les plus spectaculaires de ces galeries dont certaines, atteignant plusieurs kilomètres de long, ont demandé, pour leur exploration, plusieurs jours d'affilée de présence sous terre.

Les tunnels de lave se localisent le plus souvent dans des coulées basaltiques. Selon A. RITTMANN, ils sont caractéristiques d'éruptions effusives lentes, à haute température, dans des laves très fluides et pauvres en gaz. Ils ont déjà été décrits au Mont Cameroun par B. GEZE en 1943 (pp. 147 à 151), en particulier la grotte-tunnel de Molaliei (altitude 2650 m) et la grotte Gaskin (altitude 2855 m) de 150 m de long environ. En Australie, dans le district de Victoria, à l'ouest de Melbourne, C. D. OLLIER (1964) a décrit les banquettes de la «Staircase Cave» des Byaduk Caves.

A Madagascar, R. DAVID (1948) et R. DECARY (1949) ont décrit les grottes de la Montagne d'Ambre dont J. P. KARCHE (1972) a fait l'étude détaillée (pp. 367-369). Il existe une belle grotte à stalactites dans l'Enclos Fouqué, volcan de la Fournaise, île de la Réunion: la Chapelle de Rosemont. Il en existe aussi à Lanzarote aux Canaries. Le principe général de la formation des tunnels est assez bien connu: la partie externe de la coulée se refroidit au contact de l'air et se solidifie, cependant que la partie interne encore chaude et fluide continue à couler, laissant après son passage une longue galerie, vidée du dernier flux. L'ensemble du phénomène dure quelques jours, au plus quelques semaines. La succession des flux à l'intérieur du même tunnel, dans une matière qui est encore très chaude et très plastique, crée une morphologie volcanique souterraine de détail très intéressante mais moins connue.

#### a) Stalactites et stalagmites de fusion

Le plafond des galeries offre souvent un étrange spectacle: il en pend de véritables aiguilles très fines, qui ne sont absolument pas dues à un processus de dépôt par une eau carbonatée comme dans les grottes calcaires classiques. Rien qui évoque donc le travail millénaire du lent suintement dont l'impact au sol engendre la stalagmite. Les aiguilles de basalte qui pendent du plafond, lisses à l'extérieur comme

une lave pahoe-hoe, sont, comme elle, bulleuses à l'intérieur jusqu'à l'extrémité de la pointe. On a donc la certitude que la lave du plafond de la grotte, encore suffisamment chaude, s'est étirée par gravité en fines stalactites de fusion. La lave de la voûte du tunnel, encore fluide à l'intérieur, en s'allongeant vers le sol comme une pâte visqueuse descendant du plafond, a donné ces milliers d'aiguilles et ces draperies.

Il s'agit bien en effet d'un processus élastique d'étirement vertical de haut en bas, et non pas de formes résiduelles dues à la rupture entre la lave supérieure en voie d'immobilisation par le refroidissement et la lave inférieure plus chaude continuant sa progression. On aurait alors des aiguilles obliques, à la pointe tournée vers l'aval, irrégulières, bien différentes des formes existantes parfaitement verticales.

Cette lave du plafond de la voûte s'est, en certains cas, véritablement «égouttée», pour donner en bas, sur le sol, au point d'impact, de véritables stalagmites composées de l'entassement des gouttes de lave (fig. 1, B, et pl. I, A).

Dans ces galeries, l'eau suinte parfois et les processus de dépôt ne sont pas tout à fait absents: nous avons pu observer de belles stalactites-stalagmites réunies en véritables colonnes de limonite rouge dans des passages particulièrement humides (fig. 1, D).

La section des tunnels est, avons-nous dit, généralement circulaire. C'est pourquoi l'on peut observer parfois, sur les parties latérales, le passage de l'écoulement en aiguille à l'écoulement en microcoulée de type pahoe-hoe (fig. 1, C).

On peut donc affirmer que ces stalactites de basalte sont des formes d'écoulement nécessitant une très forte chaleur et, bien entendu, l'existence d'un vide. Elles n'ont pu se former qu'après l'ouverture de celui-ci et le début de l'éclusage, la chaleur, cependant, demeurant encore longtemps élevée. Il le fallait d'ailleurs pour expliquer un deuxième type de formes.

#### b) Les banquettes de frottement

Si les formes d'écoulement vertical dominant dans la moitié supérieure des tunnels, ce sont, dans la moitié inférieure, les formes de frottement horizontal (pl. I, B). Elles sont particulièrement belles, constantes et bien développées dans la magnifique galcrie qui aboutit à la mer près de Porto Judeu (fig. 2). Les 500 premiers mètres de ce tunnel sont les plus beaux: on circule aisément, la voûte a souvent plus de 2 m de haut. Elle porte sa dentelle habituelle de stalactites de fusion, mais les parois latérales sont lisses, concaves et montrent vers le bas, de chaque côté du plancher du tunnel, de magnifiques banquettes empilées les unes sur les autres comme un escalier dont les marches auraient leur bord arrondi. On en suit plus particulièrement trois pendant très longtemps. Là où la galerie se resserre, il n'en reste plus qu'une. L'ensemble est régulier, avec une pente moyenne de 10°, et suggère immédiatement que des masses fluides ont dû se succéder à

une vitesse assez grande, à l'intérieur d'un boyau à demi-rempli qui les canalise vers la sortie.

Si le résultat final, les banquettes, est clair à observer, la dyna-

Type de morphologie de l'intérieur d'un tunnel dans une coulée, croquis de terrain  
(galerie de Pau Velho, Terceira)

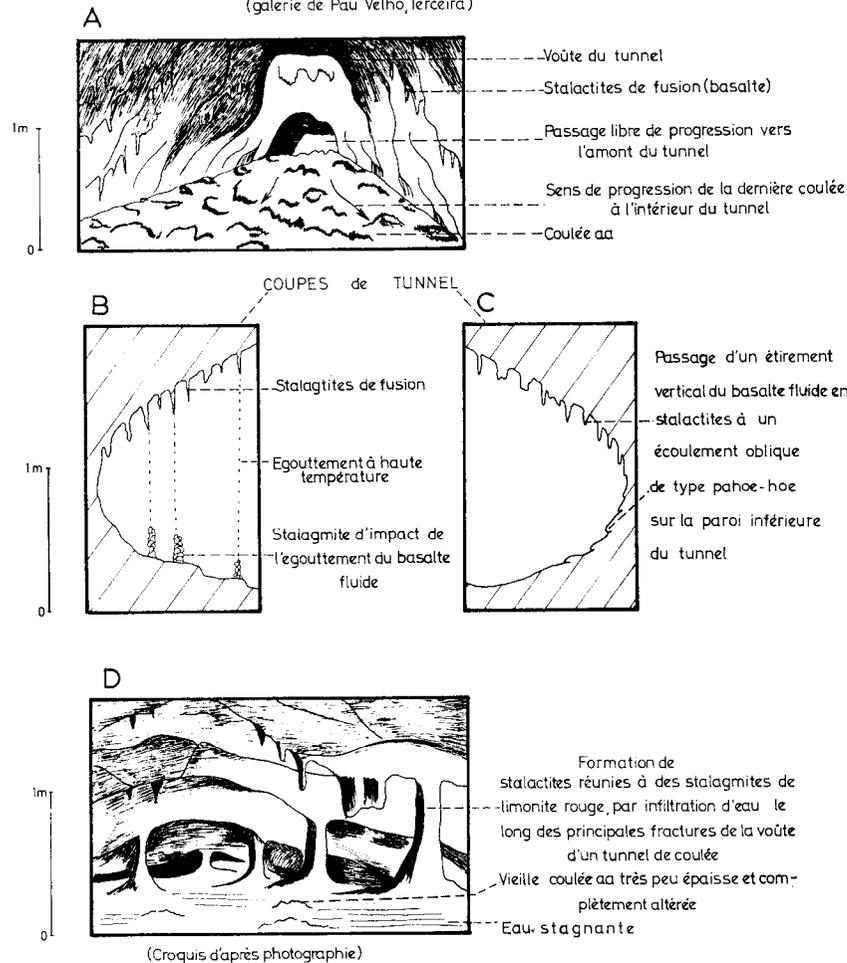


Fig. 1 — Les tunnels dans les coulées de lave de Terceira.

mique de succession des flux qui les ont élaborées est plus difficile à reconstituer.

Il faut tout d'abord affirmer que l'ensemble des phénomènes s'est produit à haute température, la lave de l'intérieur du tunnel demeurant suffisamment plastique pour que chaque flux, en passant, imprime sa marque au flux précédent. Ceci étant acquis, on se demande immédia-

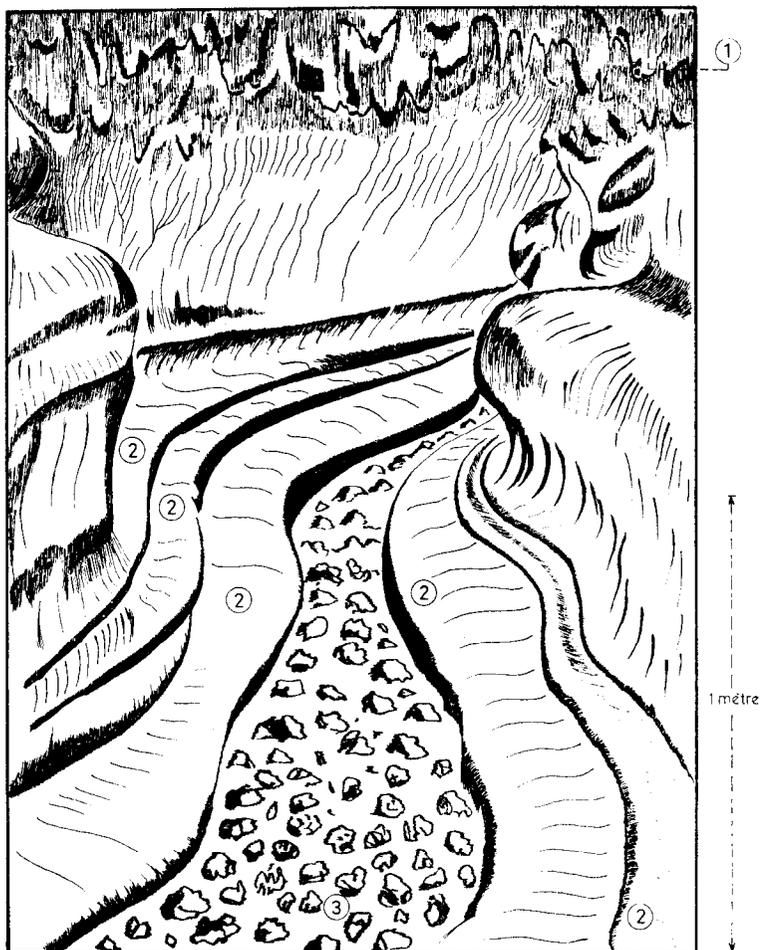
tement pourquoi les flux successifs ne se sont pas simplement superposés; au contraire, il semble bien que le flux récent s'enfonçait dans le flux ancien et repoussait pour se frayer son passage les éléments plastiques de celui-ci contre les parois latérales, où ils se trouvaient profilés en banquettes par le frottement de progression vers l'aval. L'enfoncement du flux postérieur dans le flux antérieur s'explique sans doute par une forte pression en gaz dans le tunnel, cette forte pression obligeant le flux postérieur à se frayer un chemin dans le flux antérieur et pour cela à en repousser des éléments de chaque côté. En effet le refroidissement et le durcissement de la partie externe de la coulée à l'air libre modifie certainement le rapport pression des gaz/température à partir duquel s'établit la progression et l'expansion de la coulée. C'est pourquoi, à l'intérieur de cette masse durcie, de fortes pressions verticales doivent s'établir qui se combinent aux pressions de progression.

Ainsi, dans les tunnels de lave, la dynamique des flux internes, qui s'encastrent les uns dans les autres et se moulent contre les parois, ne peut s'expliquer que par une composante de pressions, pression originelle de poussée du magma, donnant sa vitesse de progression au flux, pression des gaz emprisonnés sous la voûte de la galerie.

Cette deuxième catégorie de pression, à notre avis, a deux rôles: d'une part, comme nous venons de le dire, enfoncer les flux les uns dans les autres, d'autre part empêcher, tant qu'elle est élevée, l'étirement en stalactites des éléments fluides de la voûte. Ceux-ci n'ont pu donc se former qu'une fois cette forte pression notablement diminuée, la diminution pouvant s'expliquer par l'arrêt de l'alimentation en gaz et en magma, autrement dit le déclin de l'éruption. Les stalactites sont donc des formes élaborées à la fin de l'éruption lorsque le débit des flux de lave diminue. Le volume de la galerie augmentant par l'évacuation en aval de la lave interne, la pression diminue, permettant alors l'étirement des stalactites et leur égouttement: en effet les stalagmites qui en résultent sont toujours localisées sur des formes de frottement, donc bien postérieures à elles.

### c) Le développement longitudinal des tunnels

La progression dans un tunnel est très inégale. Tantôt on marche, tantôt on rampe lorsque la galerie se rétrécit ou qu'elle est obstruée par une épaisse coulée aa (fig. 1, A). Or, ramper sur une coulée aa n'a rien de très confortable. Parfois, après avoir progressé sur des banquettes latérales, celles-ci se rejoignent pour former une voûte secondaire. Si cette voûte (comme c'est le cas pour la galerie de Porto Judeu) est effondrée, on s'aperçoit alors qu'en dessous d'elle s'ouvre un autre tunnel par lequel on peut continuer. C'est dire que les tunnels peuvent être emboîtés si, à l'intérieur d'une galerie principale, le refroidissement a été tel qu'il ait pu figer la surface d'une coulée interne sous laquelle, à nouveau, la lave plus chaude a continué à couler, ouvrant un second tunnel.



- ① Stalactites d'étirement du basalte en fusion de la voûte
- ② Banquettes latérales étagées et encastrées les unes dans les autres dues aux fiots successifs de basalte fluide à l'intérieur du tunnel
- ③ Dernière coulée au

Fig. 2 — L'intérieur du tunnel dans les coulées de Porto Judeu (gruta das Agulhas), croquis de terrain.



PL. I, A — Stalagmites basaltiques d'impact. Gruta do Natal (Photo. Os Montanheiros).



PL. I, B — Banquettes de frottement et stalactites de basalte. Galeria dos Balcões, Pau Velho (Photo. Luiz Rafael Azevedo).

Un tunnel principal peut aussi se dédoubler latéralement en plusieurs galeries qui se rejoignent plus en amont ou se superposent dans l'épaisseur d'une même coulée. Le diamètre des galeries varie assez peu, beaucoup moins que dans un karst où les effondrements et les élargissements à partir des diaclases ouvrent des salles parfois immenses. Les tunnels de lave sont assez réguliers (entre 50 cm et 3 m de diamètre). Ils suivent en général la pente de la coulée mais peuvent subir de petites ruptures de pentes. Horizontalement, bien qu'ils suivent en gros l'axe de la coulée, ils se promènent à droite et à gauche.

Les tunnels se constituent, à notre avis, pendant l'éruption de lave, l'essentiel des formes, banquettes, galeries secondaires, tunnels emboîtés, stalactites et stalagmites étant acquis assez vite, pendant que la masse des matériaux est encore suffisamment plastique, c'est-à-dire suffisamment chaude. Tout se joue en fait autour de trois facteurs : différence de température, différence de pression et différence de vitesse des flux successifs, ce dernier facteur étant en grande partie la conséquence des différentes combinaisons des deux premiers. Nous pourrions dire que la morphologie des parois internes des tunnels de lave est une morphologie thermo-différentielle.

Dans ce domaine des hautes températures et des hautes pressions, bien des choses d'ailleurs ne sont pas encore évidentes. Il reste que c'est une chance assez rare de pouvoir pénétrer si profondément et si longtemps dans le cœur même d'une coulée. C'est le mérite des galeries de Terceira de le permettre, c'est aussi le mérite des spéléologues de l'île de les avoir découvertes.

GÉRARD MOTTET

#### BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- DAVID, R. (1948) — «Note sur les galeries souterraines d'origine volcanique de la région d'Andranofanjava (District de Diégo-Suarez)». *Mémoires de l'Académie Malgache*, fasc. hors série, p. 151.
- DECARY, R. (1949) — «Les galeries basaltiques de l'île de la Réunion et de Madagascar». *C. R. S. Soc. Géol. Fr.*, pp. 166-167.
- GEZE, B. (1943) — *Géographie physique et Géologie du Cameroun occidental*. Thèse, Toulouse, 271 pp., 30 pl. h. t., carte 1/500 000.
- KARCHE, J. P. (1972) — *Contribution à l'étude géomorphologique de l'île de la Montagne d'Ambre et des régions voisines du Nord de Madagascar*. Thèse, Besançon, 683 pp., cartes h. t., photos, croquis, bibliographie.
- MOTTET, G. (1970) — «Contribution à l'étude géomorphologique de l'île volcanique de Terceira (Archipel des Açores)». *Publi. ronéo du Labo. Géogr. de l'Université de Madagascar*, 75 pp., croquis, photos, biblio.
- OLLIER, C. D. (1964) — «The Byaduk lava caves». *Vict. Nat.*, 80, pp. 279-290.
- RITTMAN, A. (1963) — *Les volcans et leur activité*, Masson, Paris, 461 pp., 183 fig., 16 fig. couleurs.