



PARIS Saga

Information

La prismation des roches magmatiques

MENSUEL
N°227

Mai
2003

Les orgues du site de Chiljac, en Haute-Loire, constituent un exemple spectaculaire de prismation du basalte. Alain Guillon en explique la formation et répond aux questions qu'elle pose (voir page 14).

La prismation



Photo 1 -
Coulée prismée
de Saint-Flour.

14

par Alain Guillon, animateur de la Commission sur le Volcanisme de la SAGA.

Le phénomène le plus impressionnant et le plus esthétique dans le volcanisme, à part l'éruption elle-même, est ce qui nous reste des grandes coulées de lave après leur refroidissement : les orgues, souvent qualifiés de « basaltiques ». Commençons cet article par la destruction d'un mythe : les coulées prismées, malgré leur aspect « multicouches », ne se sont formées que par l'émission d'une et d'une seule émission volcanique, et non pas d'autant de coulées que de faciès différents que l'on peut observer actuellement ! L'une des plus belles et des plus accessibles en métropole est celle de Saint-Flour, dans le Cantal (photo 1).

La formation d'une coulée prismée obéit à plusieurs conditions : la composition du magma et son mode de cristallisation, le temps de refroidissement de la coulée et, dans une moindre mesure, l'épaisseur de celle-ci (paramètre pouvant être dans certains cas relié au temps de refroidissement).

Mode de mise en place des coulées prismées

Dans nos régions, les coulées prismées forment généralement des reliefs dans le paysage.

On ne peut imaginer la mise en place de coulées fluides au sommet des reliefs, telles qu'on les voit actuellement. La comparaison avec les coulées de lave actuelles montre que, comme tout liquide, la lave s'écoule dans les creux, dans les vallées, en suivant souvent le lit des rivières.

Lors de la mise en place d'une coulée de lave dans une vallée fluviale (schéma 1), la coupe de bas en haut montre :

- le substratum ;
- les alluvions déposées par la rivière ;
- des dépôts pyroclastiques ;
- une semelle scoriacée ;
- la zone de lave liquide ;
- au sommet, une nouvelle zone scoriacée.

des roches magmatiques

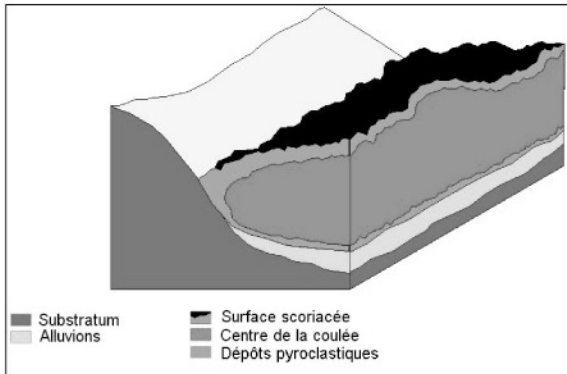


Schéma 1 - Mise en place de la coulée.

Après refroidissement, la zone centrale de la coulée peut, dans le cas le plus parfait, s'individualiser en trois domaines (schéma 2). De bas en haut, on trouve :

- les colonnades (orgues) ;
- l'entablement de faux prismes ;
- les fausses colonnades.

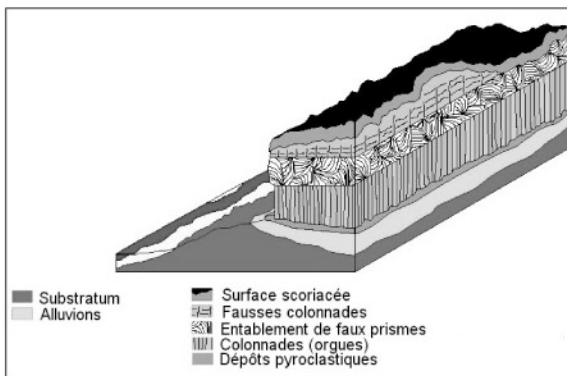


Schéma 2 - Après refroidissement et érosion.

Certaines zones peuvent ne pas être présentes. La zone scoriacée est rarement conservée, détruite par l'érosion, de même, la zone de fausses colonnades ne se forme pas systématiquement.

Après plusieurs millions d'années, l'érosion élimine les sédiments meubles de chaque côté de la coulée en surcreusant ses abords et laisse en altitude les matériaux les plus résistants, les anciennes coulées de lave. Il se forme une inversion de relief (schéma 3).

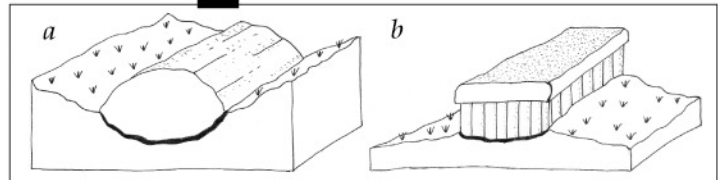


Schéma 3 - a. Mise en place dans une vallée fluviale ; b. Inversion de relief après phase d'érosion.

La composition chimique du liquide magmatique

On trouve des coulées prismées principalement dans les roches basaltiques. La prismation peut apparaître dans quasiment toutes les roches magmatiques et en particulier dans les roches différenciées comme les phonolites (Roches Tuilière et Sanadoire, dans les Monts Dore, par exemple).

La texture de la roche conditionne aussi la formation des coulées prismées. Les roches à texture poreuse, comme les basaltes doléritiques, ne présentent jamais de coulées prismées.

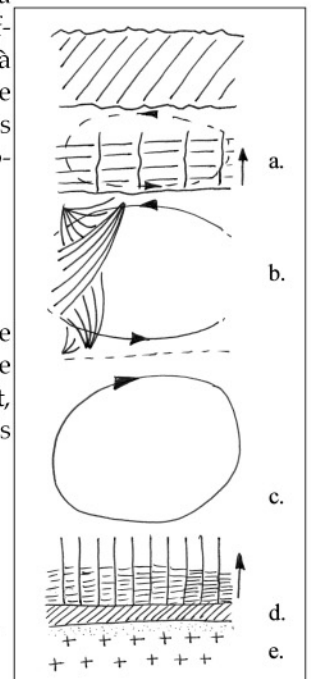
L'importance des coulées prismées dans les roches de composition basaltique, par rapport aux roches différenciées, est due seulement à la quantité relative des volumes de lave émis des différents termes. Les roches de type phonolitique étant le résultat de la cristallisation fractionnée à partir d'un magma basique, la quantité finale du terme ultime de la différenciation ne représente qu'environ 1 à 5% du volume initial. On retrouve ce même rapport (1 à 5%) dans les coulées prismées de magma différencié par rapport à celles de magma basique.

La prismation des laves

Lors du refroidissement de la partie liquide de la coulée, trois zones de convection (schéma 4) s'individualisent, donnant en fin de solidification les trois domaines décrits ci-dessus (schéma 2).

Schéma 4 -

- Zone de fausses colonnades ;
- Entablement de faux prismes ;
- Zone de colonnades ; d. Semelle scoriacée,
- Substratum.



La zone des colonnades

A partir de la base de la coulée, des cellules de convection se mettent en place, et, lors du refroidissement, il y a formation de prismes par rétraction de la lave solidifiée. Chaque prisme représente en largeur la taille d'une cellule de convection. La base des prismes est déjà formée, alors que la partie supérieure n'est pas prismée et encore liquide ou tout du moins sous forme d'un gel.

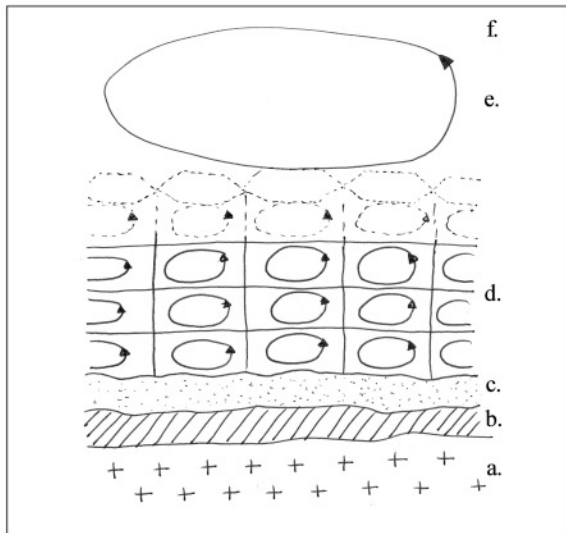


Schéma 5 - Début de la prismation de la zone des colonnades ; a. Substratum ; b. Alluvions ; c. Semelle scoriacée ; d. Début de la formation des prismes ; e. Zone encore liquide ou sous forme de « gel » avec mouvements de convection ; f. Zone de l'entablement.

Des expériences en laboratoire, où l'on chauffe un bac de mélasse, montrent la formation de courants de convection délimitant des colonnes de forme hexagonale. Cette forme hexagonale, qui semble dans la nature représenter un état d'équilibre (prismes des orgues, rétraction de l'argile séchée...), se retrouve dans la prismation des laves. De manière idéale, tous les prismes devraient être hexagonaux ; en fait, on trouve des prismes de 3 à 8 côtés (selon les conditions de refroidissement).

Si le refroidissement se fait de manière homogène, on obtient des colonnades (orgues) bien formées. Si le refroidissement n'est pas homogène (perturbations liées à des mouvements dans la zone de la coulée encore fluide), on obtient des colonnades avec des sections représentant chacune une ancienne cellule de convection (ex. : Royat, grotte des Laveuses, près de Clermont-Ferrand, photo 2 et schéma 6).

AGRÉGATION DE PRISMES

Dans ce système de cellules de convection, il y a apparemment (pour des conditions thermody-

namiques données) une dimension de cellule donnée. La formation des colonnades se faisant perpendiculairement aux surfaces froides, la partie horizontale basale de la coulée génère des prismes verticaux parallèles, qui vont de la base de la coulée jusqu'à l'interface de l'entablement de faux prismes.

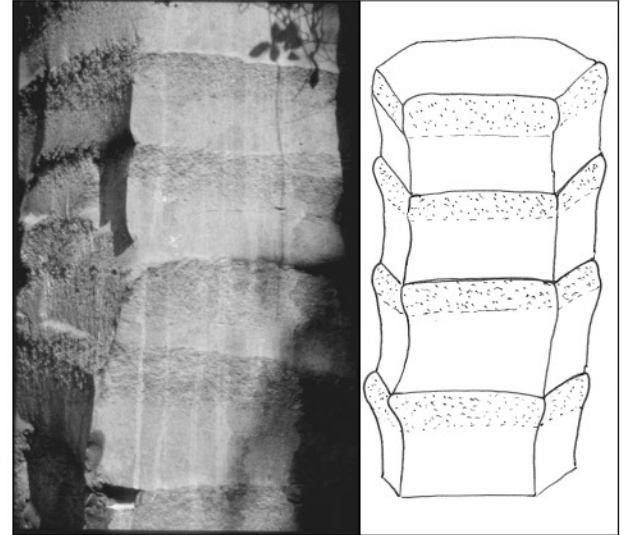


Photo 2 - Royat, grotte des Laveuses, près de Clermont-Ferrand.

Schéma 6 - Unité de refroidissement, ancienne cellule de convection.

Sur les bords de la coulée ou lors du rétrécissement de la surface de prismation, les zones froides se présentent sous la forme d'une surface concave. La taille (diamètre, e sur le schéma 7) des colonnades va ainsi en diminuant jusqu'à ce que la dimension de deux ou plusieurs cellules de convection soit insuffisante : il y a alors création d'une cellule de convection plus importante qui tend à reprendre la taille standard des cellules initiales (schéma 7, photo 3, Chilhac, Velay).

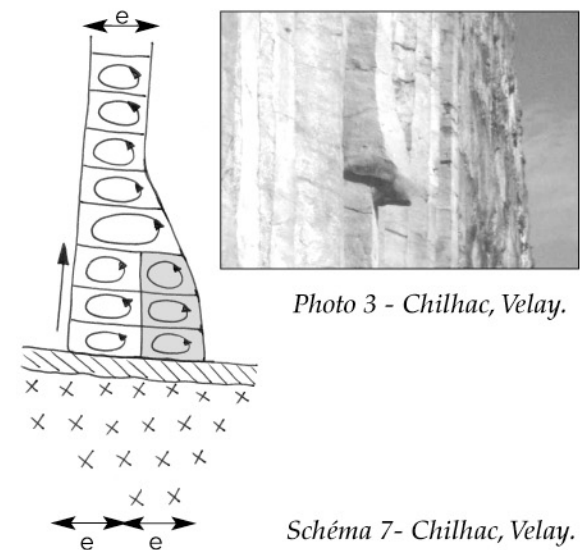


Photo 3 - Chilhac, Velay.

Schéma 7- Chilhac, Velay.

Il semble que la formation des prismes se fasse dans un milieu dont le comportement est celui

d'un gel, si une enclave du socle est présente dans le liquide magmatique au moment de la prismation, elle sera coupée en deux lors de la formation de deux prismes, un morceau étant incorporé dans chaque prisme.

TEXTURE

L'étude en lame mince des différentes zones d'une coulée prismée montre des différences de texture.

La zone de colonnades est holocristalline, c'est-à-dire que toute la roche est cristallisée, sans verre, indiquant un refroidissement relativement lent. La coloration du basalte est bleutée ; la coulée de prismes bleus de la vallée du Lignon (Coirons) est ainsi considérée comme la plus belle d'Europe.

La zone de l'entablement de faux prismes montre qu'il reste du verre interstitiel, indiquant un refroidissement plus rapide du magma, dans lequel du liquide s'est figé sous forme de verre ; la coloration est noire et la structure est compacte.

La zone de fausse colonnade est aussi formée par un basalte « bleuté », mais avec une forte porosité ne permettant pas une prismation fine. La vitesse de refroidissement étant élevée, les interactions avec les éléments météoriques ne permettent qu'une prismation grossière.

Cette différence dans la vitesse de refroidissement se retrouve dans l'aspect final ; la zone des colonnades présente des prismes bien formés, alors que la zone de l'entablement présente des prismes en gerbes rayonnantes de plus petit diamètre, laissant penser à un temps de formation beaucoup plus rapide.

ORIENTATION DE LA PRISMATION

Les coulées de lave se mettant en place dans des vallées et la prismation se faisant perpendiculairement aux zones froides, on observe, sur les

bords de certaines coulées non oblitérées par l'érosion (photo 4 - schéma 8, Jaujac, Coirons), une inclinaison des prismes.

L'entablement de faux prismes

La partie centrale d'une coulée prismée est l'entablement de faux prismes, qui peut atteindre une épaisseur de plusieurs dizaines de mètres, alors que la zone des colonnades ne fait que quelques mètres de puissance (photo 5, Le Beaumier, Coirons).



Photo 5 - Le Beaumier, Coirons.

Dans cet exemple, la coulée a suivi le lit de la paléo-Ardèche. On trouve, sous la coulée, des argiles et des dépôts alluvionnaires.

Des orgues non basaltiques

La majorité des coulées prismées se forme dans des liquides basaltiques. Certaines, bien connues, se sont formées dans des liquides sous-saturés différenciés. C'est le cas des Roches Sanadoire et Tuilière dont la composition est trachy-phonolitique. La Roche Sanadoire (photo 6), formée de 5 necks coalescents, présente une prismation rayonnante liée au mode de mise en place. La Roche Tuilière (photo 7) est un sill intrusif, les prismes sont verticaux ; la particularité de ce site est le débit en lauzes (plaquettes découpant les prismes transversalement) de la phonolite, reste d'une fluidalité magmatique primaire révélée par l'altération.

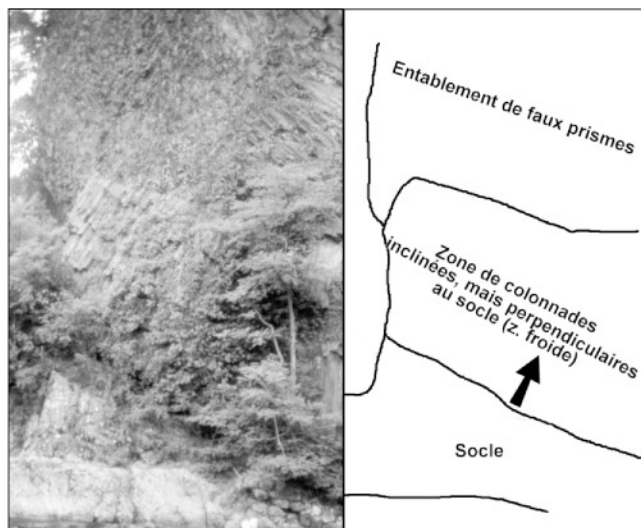


Photo 4 -
Jaujac, Coirons.

Schéma 8 -
Jaujac, Coirons.

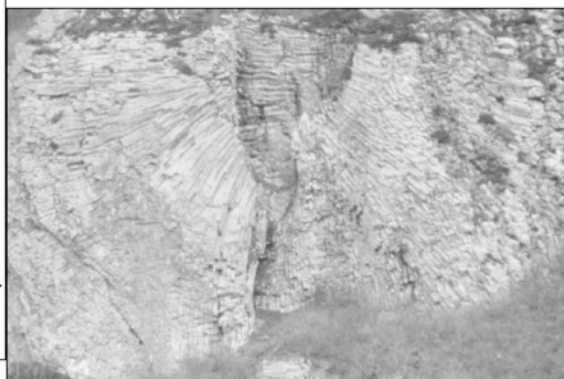


Photo 6 - La Roche Sanadoire.

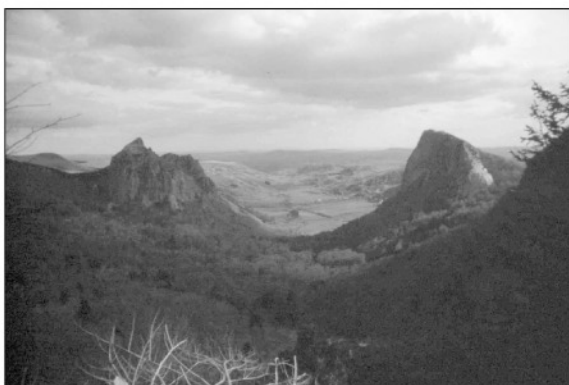


Photo 7 - La Roche Tuilière et la Roche Sanadoire.

La vallée en U, séparant ces deux édifices volcaniques, est liée au dernier épisode glaciaire.

Les sites des coulées prismées

Pour découvrir ces curiosités de la nature, je vous propose quelques sites en France et ailleurs.

EN FRANCE

- *Saint-Flour*, dans le Cantal (photos 1 et 8). L'une des coulées prismées les plus belles et la plus accessible.



Photo 8 - Saint-Flour, Cantal.

- *Muratel*, près du puy de Dôme (photo 9). La carrière exploitée, encore actuellement, avec de superbes prismes.



Photo 9 - Muratel, Puy-de-Dôme.

- *Puy Mary*, Cantal. Un filon de basalte traversant la Jordanne (photo 10). La prismation peut se faire dans une faible épaisseur de liquide magmatique, ici quelques décimètres ; elle est fruste mais visible, avec des enclaves du socle.

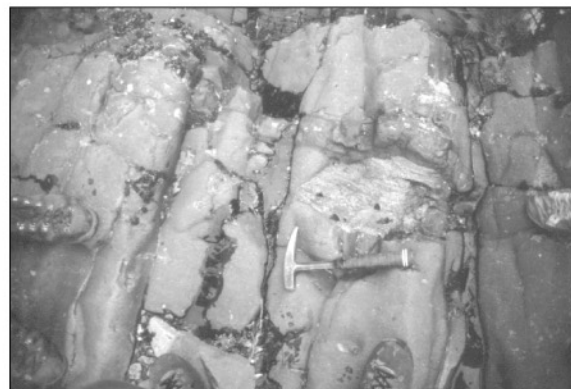
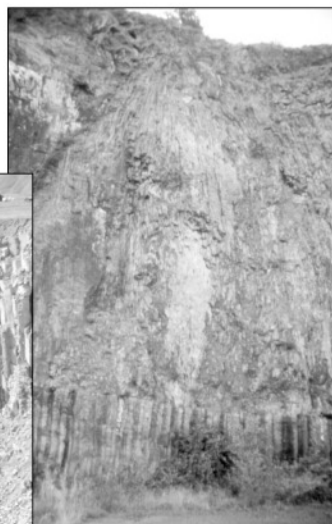


Photo 10 - Filon de basalte traversant la Jordanne, puy Mary, Cantal.

- *Rocher de Laval*, Neussargues, Cantal (photo 11). Cet ancien lac de lave qui remplissait un cratère de maar (les dépôts hydromagmatiques sont observables sur les bordures de l'édifice), complètement prismé, montre des dépôts hydromagmatiques sur les bordures. Le sommet présente des conduits de dégazage indurés en relief ayant mieux résistés à l'érosion.



Photo 11 - Rocher de Laval, Neussargues, Cantal.



Photos 12 et 13 - Saint-Jean-le-Centenier, Coirons. Coulée prismée et échantillon avec enclave de péridotite.

- *Saint-Jean-le-Centenier* (photo 12), Coirons. En plus de la superbe prismation et de l'importance de l'entablement, le basalte contient de nombreuses enclaves angulaires de péridotites (photo 13). Remarquer la planéité du contact zone de colonnades/entablement.

- *Complexe volcanique du Mont Saint-Loup, coulée de Baldy-Batipaume* (photo 14), Hérault, Cap d'Agde. Cette coulée mise en place sur des tufs jaunes hydromagmatiques, de faible épaisseur, moins de deux mètres, n'a pas permis le développement d'une zone de colonnades. La zone scoriacée est encore visible au sommet de la colonne, la partie massive de basalte est grossièrement prismée.



Photo 14 - Coulée de Baldy-Batipaume, Le Cap-d'Agde.

- *Lamothe* (photo 15), Haute-Loire. Carrière de basalte dans une des coulées d'un cône strombolien. L'ensemble du front de taille est prismé. Certaines zones de prismes présentent une altération en « pelure d'oignon » typique des roches basiques. Cet édifice volcanique est daté de 1,5 Ma.



Photo 15 - Volcan de Lamothe, coulée dont les prismes présentent une altération en « pelure d'oignon ».

- *Bournacle* (photo 16), Velay. Affleurement de basalte semi-porphyroïde à gros cristaux de pyroxène emplissant une ancienne vallée fluviale en V taillée dans le socle granitique maintenant perpendiculaire à la vallée actuelle de l'Aubépin. Coulée prismée, montrant tous les stades d'altération en boule des roches basiques. A l'embranchement on observe le contact entre la coulée de basalte et un socle altéré, formant des tufs palagonitisés sous la chaleur de la coulée sur les sédiments hydratés.



Photo 16 - Bournacle, Velay. Coulée prismée avec altération en boule des prismes.

- *Queyrières* (photo 17), Velay. Ce site exceptionnel est un ancien culot de basalte. Les flancs du volcan ont été éliminés par l'érosion, on ne retrouve que la cheminée volcanique dans laquelle était restée une quantité importante de lave qui s'est totalement prismée.

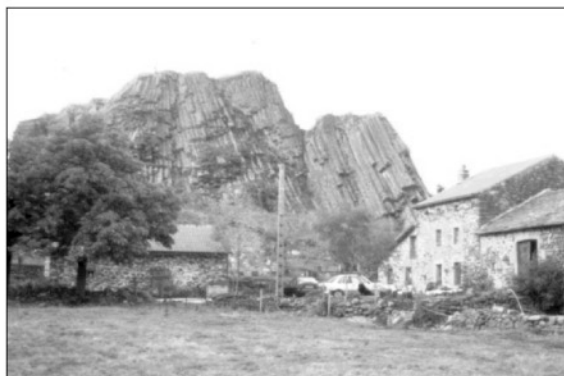


Photo 17 - Queyrières, Velay.

L'une des particularités de ce site est la possibilité, à partir de l'intérieur du village, de monter sur le culot.

Quatre épisodes volcaniques expliquent l'aspect actuel :

1. après l'édification du volcan, arrêt de l'alimentation en magma. La cheminée de diamètre important (lac de cratère ?), remplie de magma, commence à se refroidir à partir des bordures et à prisme, depuis l'extérieur vers le centre ;
2. après un temps relativement long d'inactivité, il y a une réalimentation de la chambre

magmatique. Le centre de la cheminée, non encore prismé, est éjecté et remplacé par du magma frais, provoquant une nouvelle éruption ;
 3. après l'arrêt définitif de l'activité volcanique, un nouveau cycle de refroidissement, avec prismation du centre de la cheminée, a lieu, cette fois-ci complète ;
 4. l'aspect actuel est le résultat de l'érosion ; les zones friables de dépôts pyroclastiques ont disparu, ainsi qu'une partie du culot prismé.



Photo 18 - Plate-forme prismée du premier niveau.



Photo 19 - Paroi verticale, bord du centre du culot.

Les deux étapes de prismation sont soulignées par des plates-formes accessibles. On peut observer sous nos pieds les prismes horizontaux (photo 18) avec de nombreuses enclaves de socle et de péridotites. Sur la paroi verticale (photo 19), bord du centre du culot, la seconde génération de prismation est visible avec des sections polygonales. Sur ce « mur », un débit en plaquettes d'épaisseur centimétrique est le résultat des contraintes mécaniques liées à la seconde alimentation magmatique.

AILLEURS

Les effets étant identiques pour des causes identiques, il est donc normal de trouver dans des provinces volcaniques, hors métropole, des coulées prismées.

- *Martinique*, les îlots du Robert (photos 20, 21). Anciennes intrusions volcaniques, aujourd'hui au milieu de l'océan, seules les zones indurées (anciennes cheminées d'alimentation) restent émergées. Des gerbes de prismes et une tectonique syn-prismation sont visibles.



Photo 20 - Ilots du Robert.



Photo 21 - Ilots du Robert, détail.

- Enfin, pour terminer cette présentation de la « prismation dans les roches magmatiques », comme une cerise sur le gâteau, les gorges d'Alcantara, Sicile (photos 22, 23). Ce site exceptionnel, peu éloigné de l'Etna, est une ancienne coulée basaltique d'épaisseur pluridécamétrique, totalement prismée. Une rivière l'a entaillée sur toute la hauteur, formant une gorge.

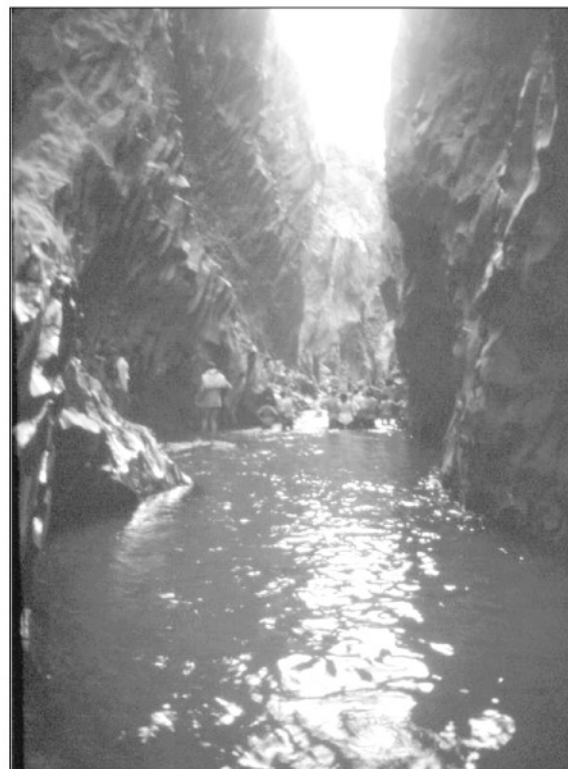


Photo 22 - Gorges d'Alcantara, Sicile.

En plus de l'aspect spectaculaire de ce site, plusieurs points sont géologiquement intéressants. L'érosion des prismes (photo 24) par la rivière donne une impression de déjà vu (Chaussée des Géants, Irlande). On a vu dans la genèse des prismes que des fusions de deux ou trois prismes peuvent se produire.



Photo 23 - Gorges d'Alcantara, Sicile.

Sur la photo 25 (détail de la photo 23), on peut observer l'agrégation successive d'au moins sept prismes pour n'en plus former qu'un seul. Malheureusement, cette vue ne permet pas de voir ce qui existe en profondeur, ni ce qui existait en avant-plan, éliminé par l'érosion.

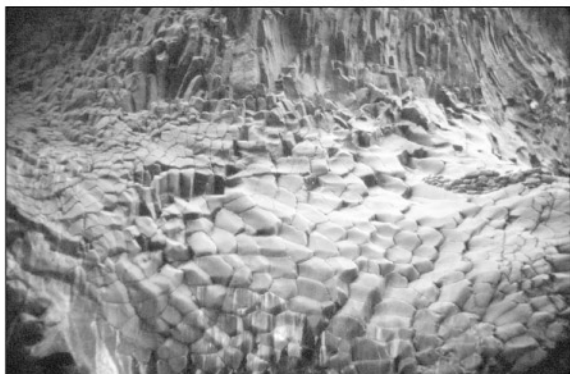


Photo 24 - Gorges d'Alcantara, Sicile, érosion des prismes.

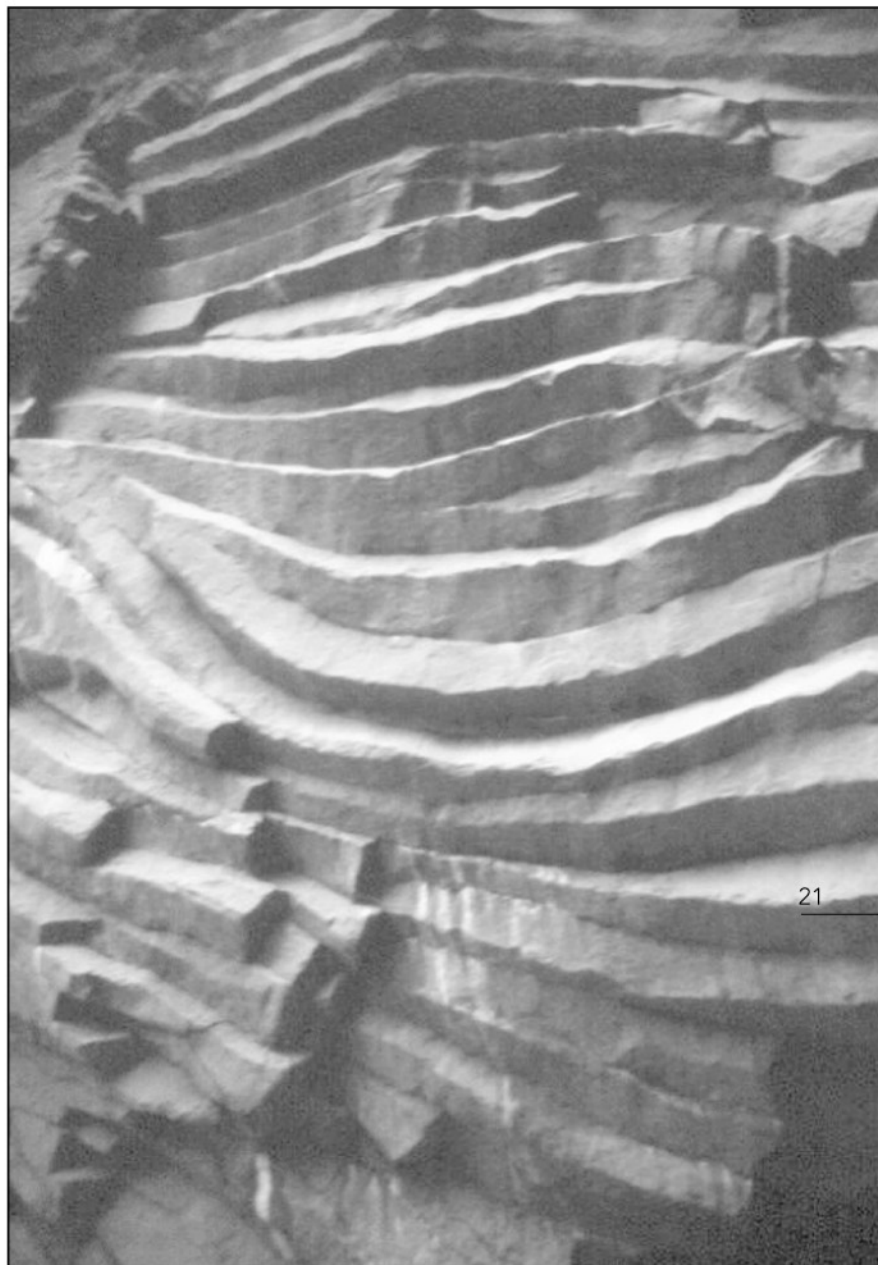


Photo 25 - Gorges d'Alcantara, Sicile, fusion des prismes.

Les « mystères » des coulées prismées

Le phénomène de la coulée prismée, que tout un chacun a déjà vu au moins une fois dans sa vie de géologue, recèle encore bien des mystères, et en particulier :

- pourquoi et comment trois zones à l'intérieur d'une même coulée ?
- pourquoi et comment une limite plane entre la zone des orgues et celle de l'entablement de faux prismes (photos 1, 8 et 12) ? Le détail de la photo 26 montre le toit de la zone prismée, des sections de prismes parfaitement hexagonaux sont en contact direct avec cette « zone plane », mur de l'entablement. Le « Courrier des lecteurs » attend vos propositions ... ■

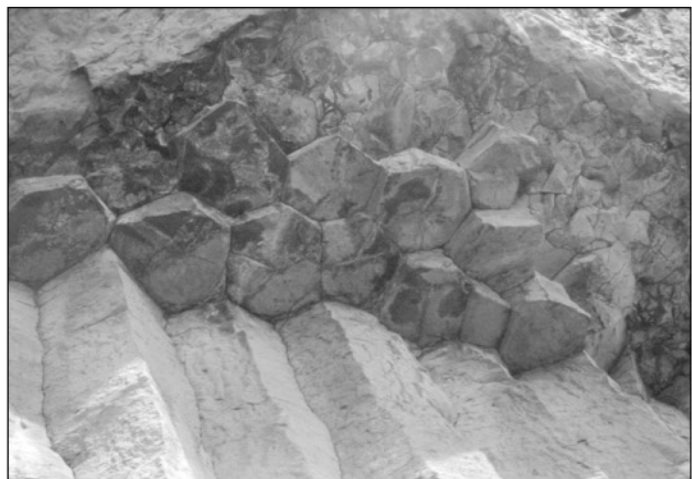


Photo 26 - Coulée de Saint-Flour, contact entre la zone des prismes et l'entablement de faux prismes.

Photographies d'Alain Guillon.