

LE STRATO-VOLCAN DES BOUTIÈRES : LE VELAY EN ARDÈCHE

Jean Combettes, François Audubert, Roland Mahérault,
membres de la Commission de volcanisme de la SAGA.

2^e partie : pétrologie

Laves basiques

Dans le fossé des Boutières, le volcanisme a débuté par de vastes coulées basaltiques qui ont eu lieu principalement entre - 11 et - 7,5 Ma ; leur paroxysme se situerait entre - 9,5 et - 7,5 Ma. Elles ont souvent commencé par un épisode hydromagmatique, comme le montre la présence de projections palagonitisées à la base de ces coulées. En haut du cirque des Boutières, à cause de l'érosion intense, il ne subsiste de ces laves basiques que quelques affleurements, en contrebas du Col et des Rochers de Cuzet.

À Saint-Clément, l'érosion en a laissé une véritable « coupe », comme le montre la figure 16 (voir *Saga Information* de juillet 2019, page 20).



Figure 27. Le trachyte de la grande carrière du Viallard (photo J. Grisey).

En général, ces laves recouvrent complètement les volcans qui les ont émises, empêchant de les observer, sauf des conditions particulières : c'est le cas pour le

Viallard, un gros édifice strombolien en bord de plateau, entre Saint-Clément et Borée, dont les structures internes sont révélées, disséquées par l'érosion. Il est recoupé par une lame de trachyte/phonolite qui a fait l'objet d'une exploitation en carrière pour la pierre de taille (figure 27). La présence de ce dyke montre que des magmas différents peuvent utiliser les mêmes voies d'ascension vers la surface.

Laves évoluées

Mais ce sont d'autres laves qui forment les reliefs les plus remarquables, appelés localement les « suc », entre la Croix des Boutières et le village de Borée : Chabrières, suc de Touron, Gouleyou, Petite et Grande Roches de Borée, et un peu plus au sud, suc de Sara et Rocher de Pradoux. Ce sont des laves différenciées beaucoup plus visqueuses (trachytes ou phonolites) qui ont donné des extrusions en forme de dômes (Chabrières, Touron, Borée).

La figure 28 montre un échantillon de phonolite prélevé dans le pierrier du suc de Touron (voir la figure



Figure 28. La phonolite « à billes » du suc de Touron (photo J. Grisey).

figure 13, *id.* page 19) dans lequel on note la présence d'éléments plus sombres, les « billes ».

La lave du Gouleyou, encore plus visqueuse, est montée sous forme d'une lame verticale (figures 29 et 30), très spectaculaire malgré son altitude modeste par rapport aux édifices voisins.

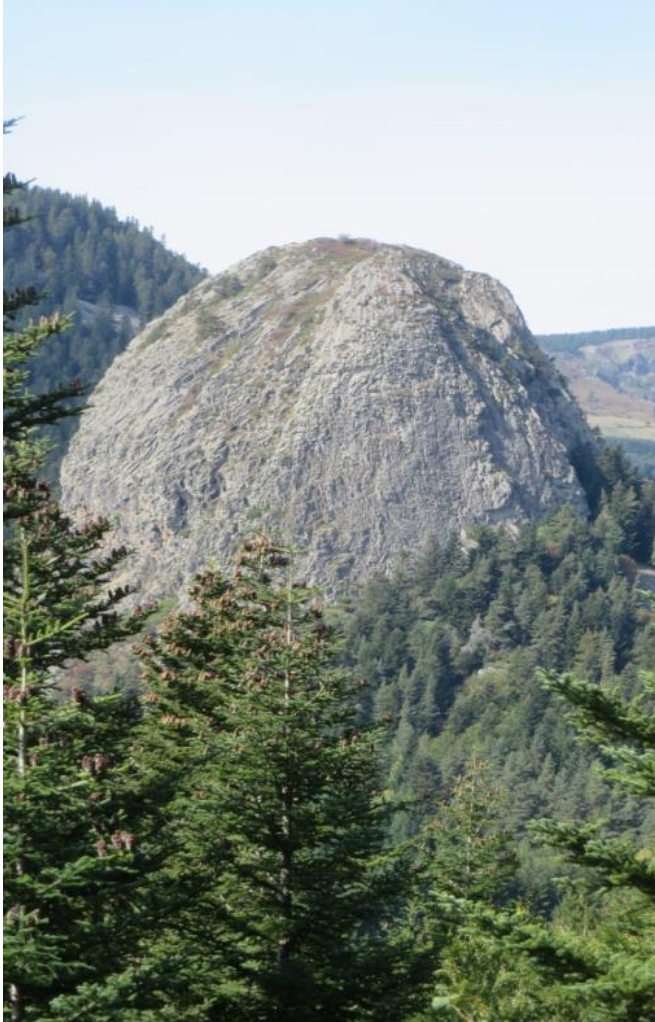


Figure 29. Le Gouleyou (1 293 m) en forme de « pain de sucre » se dresse en Haute Ardèche (photo J. Grisey).



Figure 30. Panneau d'interprétation du Gouleyou (photo J. Grisey).

Le suc de Sara est une formation annulaire hypovolcanique étudiée en détail dans l'article de notre collègue Philippe Berger-Sabatel (voir bibliographie).

Ces émissions de laves différenciées ont entre - 8,5 Ma et - 5,7 Ma (date attribuée à la coulée phonolitique supérieure des Rochers de Cuzet, la plus récente connue de la région). Le suc de Tournon a 8 Ma ; selon les sources consultées, sa phonolite est considérée comme miaskitique, ou bien agpaïtique mais à phénocristaux de néphéline et sanidine (voir la partie « phonolites », page 18).

Le suc phonolitique de Chabrières présente un faciès « à billes », dû à un refroidissement brutal, mais limité aux zones externes et disparaissant rapidement vers l'intérieur. À son pied, une nuée ardente trachytique s'est déposée dans la haute vallée de la Salouise. Le diatrème dont elle provient est rempli d'une brèche à éléments de trachytes et carbonates qui pourrait être le résultat d'un mélange de magmas. Cet événement a été daté à - 8,5 Ma environ.

Les phonolites contiennent 80 % de feldspath alcalin (sanidine-anorthose) cristallisé sous forme de tablettes aplaties ; cela entraîne une texture fluidale marquée qui est la cause du débit naturel en dalles plates.

Diversité des laves

Au départ, la série magmatique est alcaline sodique ; la cristallisation fractionnée entraîne une différenciation de plus en plus poussée, où se succèdent les basaltes, les trachy-andésites, les trachytes et les phonolites (figure 31a).

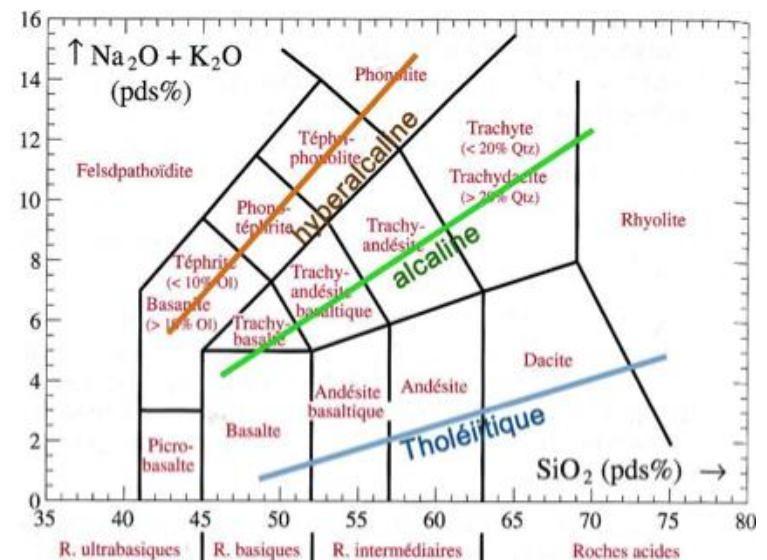


Figure 31a. Classification chimique des roches volcaniques. Diagramme alcalin-silice TAS. (TAS = total alcali vs silica).

Les différentes sortes de laves (basiques, intermédiaires, évoluées) ont une répartition inégale. Pour

l'ensemble du Velay oriental, les pourcentages sont : 80 % de laves basiques, 7 % de laves intermédiaires et 13 % de laves évoluées. Ces chiffres montrent une abondance des laves basiques et une rareté des intermédiaires, ce qui est classique pour ce type de lignée alcaline (figure 31b).

Évolution de la lignée magmatique

La cristallisation fractionnée, menant des basaltes alcalins aux phonolites, peut se faire selon deux trajets : par une lignée hyperalcaline (ligne supérieure orange du diagramme TAS, figure 31a), dont les termes intermédiaires sont des téphrites, ou bien par une lignée alcaline (ligne centrale verte) passant par des trachyandésites (mugéarites, puis benmoréites) ; le Velay oriental est dans le deuxième cas comme on le voit sur le diagramme (figure 31b) « laves du Velay », puis la fin de l'évolution aboutit dans le domaine hyperalcalin des phonolites, d'abord miaskitiques, puis parfois agpaïtiques.

hyperalcalines, qu'on a qualifiées d'agpaïtiques. Pour bien distinguer les deux types, on a complété l'appellation des premières en *phonolites miaskitiques*. Les deux sont aussi « normales » les unes que les autres, mais les agpaïtiques sont à la fois moins fréquentes et moins importantes en volume.

Elles ont des caractères communs, surtout macroscopiques :

- débit en dalles, dû à la texture fluidale, toujours plus accentué en bordure de massif ;
- forment des extrusions visqueuses ;
- même éclat luisant et même couleur gris verdâtre ;
- même altération en croûtes blanches ;
- toujours totalement cristallisées, sans verre.

C'est leur degré de différenciation qui les distingue.

Différences : composition, ordre de cristallisation

Dans les deux sortes de phonolites, le minéral majeur est un feldspath alcalin (sanidine, ou anorthose), mais plus sodique dans les agpaïtes que dans les miaskites.

L'ordre de cristallisation est normal pour les miaskites (pyroxènes et amphiboles ferromagnésiens avant les feldspaths et feldspathoïdes), mais il est inversé pour les agpaïtes.

Le pyroxène des miaskites est calcique (augite), celui des agpaïtes est sodique (aegyrine). Le zircon et la titanite (sphène), présents dans les miaskites, se transforment dans les agpaïtes en un silicate de titane et zirconium : la mosandrite ; les oxydes de fer disparaissent. Des feldspathoïdes, minéraux pauvres en silice, existent dans toutes les phonolites : haüyne, noséane, sodalite dans les miaskites, et sodalite, néphéline, analcime dans les agpaïtes.

Les miaskites sont porphyriques.

Les agpaïtes sont en principe aphyriques, mais peuvent parfois présenter des phénocristaux, qui sont alors des reliques du précédent stade miaskitique.

Interprétation

L'indice d'agpaïcité est le rapport entre la somme des alcalins et l'aluminium : $Na + K/Al$. Il est plus faible pour les miaskites qui contiennent moins de Na et plus d'Al. Le passage des phonolites miaskitiques aux phonolites agpaïtiques est surtout dû à un enrichissement en Na que l'on attribue à l'augmentation de la pression des gaz. Les volatils, comme Cl et SO₄, assurent le transfert gazeux de Na.

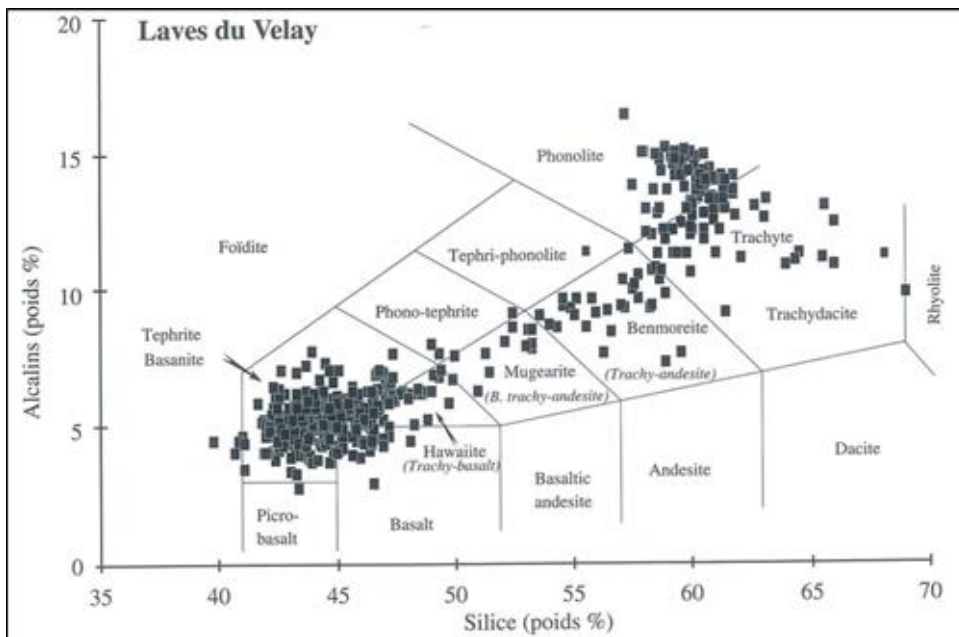


Figure 31b. Diagramme TAS des laves du Velay (notice Mergoïl et Boivin).

La comparaison de ces deux diagrammes met en évidence la différenciation hyperalcaline aboutissant aux phonolites.

Phonolites miaskitiques et phonolites agpaïtiques

(Source principale : J. Varet. Les phonolites agpaïtiques et miaskitiques du Cantal septentrional. Bulletin Volcanologique, 1969).

Les phonolites miaskitiques ont longtemps été les seules connues, sous le simple nom de : *phonolites*. Puis on a pu identifier des phonolites différentes,

La palagonite

Il s'agit, au sens strict, d'un verre volcanique altéré dont on rappelle la formation : dans un contexte volcanique hydromagmatique de type surtseyen, le contact entre l'eau et le magma basaltique provoque la vaporisation explosive de l'eau et la fragmentation de la lave vitrifiée par le refroidissement brutal (trempe). Les retombées s'agrègent en une roche tuffeuse dont le constituant principal est un verre volcanique, le sidéromélane.

C'est ce sidéromélane qui, par hydratation en quelques années, va se transformer partiellement en palagonite, un mélange d'argiles et de zéolites, riche en fer, sous forme de verre au début, puis fibreux à la longue, d'une teinte jaune caractéristique. On obtient finalement une roche bréchique contenant des fragments de sidéromélane, des morceaux de basalte et éventuellement d'encaissant, enrobés dans une matrice de palagonite.

Mais il faut noter que le mot palagonite est également utilisé, au sens large, pour désigner cette roche bréchique.

Les ankaramites



Figure 32. L'ankaramite du Viillard (photo F. Audubert).

Les ankaramites sont des basaltes enrichis de phénocristaux automorphes d'augite (pyroxène) et plus rarement d'olivine, formés sur les parois d'une chambre magmatique. Les cristaux peuvent être quasi centimétriques (figure 32).

Une chambre magmatique est sujette à des courants de convection ; des cristaux en formation sont entraînés par ces courants. Lorsque leur taille devient importante, leur vitesse de chute dépasse celle des

courants ascendants. Ils s'accumulent au fond de la chambre magmatique ; les laves obtenues sont dites de cumulat, ou de cumulation.

Conclusion

Le Velay oriental nous a montré un volcanisme original qui a formé en général des édifices monogéniques, comme on peut s'en rendre compte dans les Boutières.

Le stratovolcan des Boutières constitue en la matière l'une des rares exceptions de cette région. Nous avons fait état dans ce reportage d'observations concernant la nature des laves et leurs manifestations particulières, la succession temporelle des magmas, différente entre l'Emblavès et les Boutières, la présence d'une nappe d'eau, et bien sûr, cette érosion énorme aux Boutières.

Une autre énigme persiste, l'absence de téphras associés au volcanisme phonolitique de la région : excepté au mont Chabrières, on n'en a pas de traces, absence originelle ou disparition des téphras ? comme l'évoque S. Hodges, puisque ce type de volcanisme à laves visqueuses est susceptible d'engendrer des phénomènes violents, avec des nuées ardentes et des dépôts. Pour ceux des volcans qui n'ont pas pu percer le socle granitique jusqu'à la surface du sol (hypovolcans comme le suc de Sara et, peut-être, les Roches de Borée, le suc de Chabrières et le Gouleyou), il n'y aura pas d'émissions mais tous ne sont pas de ce type.



Figure 33. Le damier de la façade de l'église de Borée est constitué de basalte gris, d'arkose et de granite beiges et de tuf à chabasite, de couleur lie de vin (photo D. Géliot).

Mais aussi quels paysages ! Et pour ceux qui aiment la nature, le calme, le sport et les beaux monuments, il leur faudra revenir aux quatre coins de la Haute-Loire pour voir la magnifique église romane de Brioude, l'église abbatiale du Monastier-sur-Gazeille, l'abbaye de La Chaise-Dieu et naturellement les édifices du Puy-en-Velay. Tous ces monuments sont construits de matériaux locaux d'origine volcanique et/ou granitique. L'église de la petite commune de Borée nous montre elle aussi un joli damier en pierres des Boutières (figure 33).

L'histoire religieuse et sociale régionale est d'ailleurs présente dans les modestes villages et les hameaux avec les « maisons de la Béate » où une femme - la Béate - vivait et enseignait le catéchisme aux enfants. Appelées aussi « maisons de l'Assemblée », les femmes s'y réunissaient le soir et, tout en devisant, confectionnaient des dentelles qui étaient ensuite revendues à des marchands lors des marchés ou des foires. Cette tradition des Béates, instaurée au XVII^e siècle pour contrer l'influence protestante, a perduré pendant trois siècles.

Il y a aussi une architecture paysanne qu'on trouve encore dans certains villages hélas parfois assez déserts ; ceux de Bigorre et des Maziaux en est un bon exemple, avec ses maisons basses où les lauzes de phonolite ont fait merveille pour les couvertures.

Dans cette région du Velay oriental et du Haut-Vivarais, un peu à l'écart et difficile d'accès en hiver, il y a des productions réputées : le bœuf du Mézenc et son fin gras, de la bonne viande persillée qui fait avec les lentilles du Puy un excellent plat ; sans oublier le fromage local. Il y a aussi la violine de Borée, une pomme de terre remise à l'honneur par les paysans des Boutières.

Le tourisme évidemment a la part belle, pas tellement pour se faire bronzer (mais c'est possible), mais surtout pour profiter de ces paysages qui donnent envie de parcourir les hauts-plateaux à pied ou à skis de fond l'hiver ; mais attention, aux Boutières, descente rapide !

Remerciements

À Casimir Cortial, ancien président du Groupe géologique de la Haute-Loire, qui nous a guidés pendant ce voyage d'étude. Il a fait de nombreux commentaires sur la géologie locale pendant les excursions et fourni des documents, dont plusieurs inédits, aux participants.

À Alain Guillon, ancien animateur de la Commission de volcanisme, qui avait organisé de précédents voyages de la SAGA dans le Velay en 1999 et 2006. Il nous a fait bénéficier de sa grande connaissance de la région et de son amitié très ancienne avec Casimir Cortial.

À Dominique Rossier, animateur de la Commission de volcanisme de la SAGA, qui a organisé ce voyage d'étude en Velay oriental avec l'aide de nos collègues Renée Serre, Danièle Piaux et Yves Grimault. Il n'a pas ménagé ses efforts pour nous fournir une base documentaire très fournie avant le voyage, et de nombreuses photographies et documents pendant la rédaction de ce rapport. Il a relu et corrigé ce texte.

Bibliographie

- BERGER-SABATEL P. (2007) – Le suc de Sara. *Saga Information* n° 269, septembre 2007, p. 21-22.
- BRILL. H. (1998) – Volcans de France. Éditions Loubatières.
- BROUSSE R., LEFEVRE C. (1990) – Le volcanisme en France. Guides géologiques régionaux. Éd. Masson.
- HODGES S. (1991) – Thèse. Étude pétrographique des phonolites du Velay oriental. (Oxford, traduction de l'anglais par André Raymond).
- PETERLONGO J.-M. (1978 – Massif Central. Guides géologiques régionaux. Éd. Masson.
- PRÉVOT M., DALRYMPLE G.B. (1971) – Ann. Géophys., 27, 3, 423-427.
- RICHET P. (2003) – Guide des volcans de France. BRGM éditions. Éd. Belin.
- VARET J. (1969) – Les phonolites agpaïtiques et miaskitiques du Cantal septentrional. Bulletin Volcanologique.
- Géochronique n° 120 (2011) – Granites et granitoïdes.
 - Géochronique n° 136 (2015) – Regards croisés sur le métamorphisme.
 - Les cahiers du Mézenc n° 6 (1994) et n° 7 (1995). Association des Amis du Mézenc, 63340 Francheville.
 - La Haute-Loire. Richesses géologiques. Roches et paysages. Groupe géologique de la Haute-Loire (2015). Site : geol-43.asso-web.com
 - Géoguide Ardèche. Omniscience. BRGM éditions.
 - Carte géologique de la France à 1/50 000^e (2011) – Le Monastier-sur-Gazeille, n° 816, Defive E. et al. BRGM.
 - Carte géologique de la France n° 3 à 1/100 000^e (1993) – Le Velay, son volcanisme et les formations associées. Mergoil J. & Boivin P.

PARIS
Saga