



**HAL**  
open science

## A l'abri des falaises de basalte

Jean-Paul Raynal, Guy Kieffer

► **To cite this version:**

Jean-Paul Raynal, Guy Kieffer. A l'abri des falaises de basalte. Les Cahiers du Mézenc, 2003, 15 (juillet 2003), pp.85-92. halshs-00004061

**HAL Id: halshs-00004061**

**<https://shs.hal.science/halshs-00004061>**

Submitted on 9 Jul 2005

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# LES CAHIERS DU MEZENC



N° 15 - 2003



# À l'abri des falaises de basalte



*Entablement de faux-prismes formant surplomb au-dessus de la colonnade d'une coulée basaltique. Vallée de la Loire rive gauche à l'amont immédiat d'Arlempdes*

1. - Altération : dégradation des qualités initiales d'une roche sous l'effet de processus d'attaque chimiques. L'eau y joue un grand rôle. Le terme d'érosion a un sens plus large et désigne tous les processus de désagrégation mécanique et / ou chimique d'une roche.

2. - Les deux derniers millions d'années de l'histoire de la terre ont été marqués par une évolution du climat qui, dans nos régions, a correspondu à un refroidissement global avec alternance de périodes glaciaires, très froides, phases d'extension des calottes de glaces polaires, et de phases interglaciaires plus clémentes, parfois davantage même que notre climat actuel.

3. - Miocène : période de l'histoire des temps géologiques située entre 23 et 5 millions d'années (Ma).

Jean-Paul RAYNAL  
et Guy KIEFFER

Les falaises de basalte sont un élément essentiel des paysages du Velay et du Vivarais. Au pied de ces reliefs caractéristiques se sont développés des abris sous-roche occupés à plusieurs reprises depuis les temps plus reculés de la préhistoire. La plupart des sites s'ouvrent au sud-est. L'ensoleillement matinal y permet une élévation rapide de la température. Quoique l'ombre y survienne plus tôt l'après-midi, le refroidissement est moins accusé car l'atmosphère ambiante est alors à son maximum thermique. Les calories absorbées lors de l'insolation par la falaise sont alors restituées pendant quelques heures, la paroi rocheuse jouant le rôle de "radiateur". La formation de ces protections naturelles découle principalement des modalités de la fissuration et de la prismation des laves qui a déterminé les différentes parties des coulées après leur refroidissement et conditionné leur résistance à l'altération<sup>(1)</sup> et à l'érosion sous l'action des alternances climatiques du passé, en particulier lors des périodes glaciaires<sup>(2)</sup>.

## L'écoulement des laves...

Les coulées sont les produits liquides des éruptions. Elles s'épanchent en suivant les pentes. Les taux d'émission jouent un rôle déterminant : les plus forts débits caractérisent en principe les premières phases des éruptions et permettent aux coulées de s'avancer parfois sur de longues distances dès les premières heures ou les premiers jours des manifestations. Certaines, très alimentées, peuvent avoir des dizaines, voire des centaines de kilomètres de longueur, comme certaines coulées miocènes<sup>(3)</sup> des plateaux de la Columbia River aux États-Unis. Les reliefs sur lesquels s'épanchent les laves jouent également un grand rôle dans la configuration des coulées. Sur des topographies planes, les coulées vont s'étaler. Dans des vallées étroites, elles vont être canalisées pour former de longues langues filiformes. La répétition des éruptions avec mise en place de nombreuses coulées à une cadence très rapide peut finir par combler et faire





*Une éruption récente en Islande avec émission de coulées basaltiques*

disparaître un réseau hydrographique. Les laves se refroidissent progressivement, pendant leur écoulement puis une fois arrêtées, lorsque leur viscosité est devenue trop importante pour leur permettre de continuer d'avancer. Le refroidissement s'accompagne d'une légère diminution de volume : le retrait. Il se produit alors des cassures pour compenser cette diminution de volume. Dans les cas favorables, ces cassures s'ordonnent géométriquement pour créer des divisions polygonales régulières : c'est le phénomène de la prismation. Une conséquence de ces fissurations est la perméabilité des coulées et donc leur capacité d'absorber de gros volumes d'eau d'infiltration. Elles contribuent ainsi à la formation d'aquifères<sup>(4)</sup> qui alimentent des sources généreuses à la périphérie des zones volcaniques. Mais, elles jouent aussi un rôle essentiel dans l'érosion et la destruction de ces coulées,

En Haute-Loire, la plupart des habitats préhistoriques liés aux coulées basaltiques se trouvent dans les vallées de l'Allier et de la Loire ou de leurs affluents, plus rarement sur les hauts plateaux. Les laves provenaient de volcans stromboliens<sup>(5)</sup> situés sur les plateaux voisins comme par exemple le Devès. Entre les points de sortie et les vallées, les coulées ont d'abord trouvé des pentes douces où elles ont pu largement s'étaler ; puis elles se sont engouffrées dans les vallées étroites et profondes qu'elles ont partiellement suivies et comblées sur plusieurs kilomètres. Entre Loire et Allier

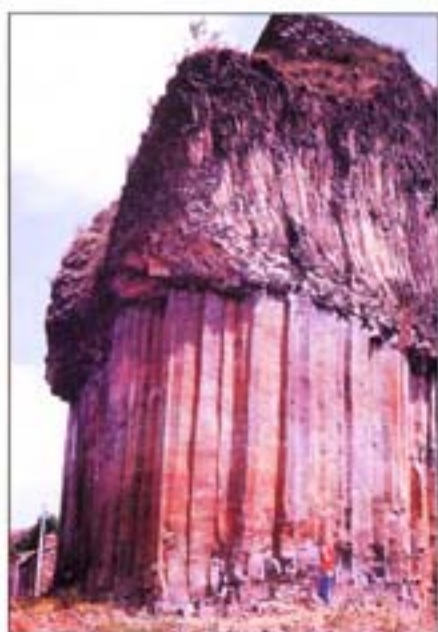
(Devès), leur mise en place s'est surtout effectuée entre 3 et 1 million d'années avant le "Présent"<sup>(6)</sup> (E. Defive, 1996 ; E. Defive et J.-M. Cantagrel, 1998), en plusieurs phases éruptives séparées par des épisodes de creusement des vallées. Selon les secteurs et la cadence des éruptions, on trouve soit une superposition de coulées parfois séparées par des lits d'alluvions comme dans le Val d'Allier près de Saint-Arcons, soit des emboîtements de coulées surmontant également des alluvions, les plus récentes étant les plus proches des talwegs<sup>(7)</sup> actuels, comme dans quelques secteurs de la vallée de la Loire entre Goudet et Chadron. Les caractères des coulées concernées supposent des éruptions caractérisées par des taux d'émission et des productions

- 4. - Aquifère : nappe d'eau souterraine.
- 5. - Volcans dont le cône est composé d'une alternance de coulées et de projections.
- 6. - En géochronologie, l'âge des roches est donné en référence au *Présent*, dont la date est fixée par convention à 1950 (B.P. = before present).
- 7. - Talweg : ligne suivie par les points les plus bas d'une vallée, matérialisée le plus souvent par la présence d'un cours d'eau.

*Une coulée de fond de vallée recouvrant des alluvions à Goudet - Loire amont*







Colonnade et chapeau de faux prismes à Chiljac - Haut Allier

8. - Érosion différentielle : érosion travaillant avec plus ou moins d'efficacité suivant la résistance des terrains attaqués.

9. - Diaclase : fissure, cassure sans mouvement des blocs qu'elle sépare au sein d'une roche ; tandis qu'une faille est une cassure accompagnée d'un mouvement relatif des deux blocs, d'où sont originaires les séismes.

10. - Aspect de la roche, qui peut varier pour une même catégorie de roche, le basalte par exemple.

11. - Roche à texture doléritique : constituée de nombreux cristaux en forme de petites baguettes discernables à l'œil, dans une pâte plus fine.

12. - Se dit de roches volcaniques également riches en cristaux prenant la forme de petites baguettes, mais invisibles cette fois à l'œil nu.

13. - Milieu homogène, non orienté.

magma importants. Les laves devaient être très fluides au moment de leur sortie. Les fortes épaisseurs, comme dans la zone de Monistrol-d'Allier ou d'Arlempdes (parfois de 50 à 100 m), ont été permises par l'étroitesse des vallées et sans doute par l'obstacle à l'écoulement provoqué, au front des épanchements, par la formation d'une gangue plus refroidie, scoriacée et visqueuse. Leur recouplement par l'érosion, principalement dans les vallées, permet de voir qu'elles avaient une belle aptitude à la prismation, avec le développement de remarquables colonnades de prismes réguliers ("orgues") au-dessous d'entablements de "faux-prismes" souvent mis en relief par l'érosion différentielle<sup>8</sup> et à l'origine des abris sous-roche (Chiljac, Saint-Arcons, Arlempdes...).

### L'origine des prismes...

Le refroidissement des coulées s'effectue depuis le substratum fossilisé, le sommet et les rebords. Sa progression à l'intérieur des volumes laviques correspond au déplacement de surfaces isothermes de températures de plus en plus basses, selon lesquelles se produit la diminution de volume qui entraîne les ruptures à l'origine des diaclases<sup>9</sup> délimitant les prismes. Dans un schéma simple, les prismes se développent perpendiculairement aux surfaces de refroidissement. La topographie pré-éruptive joue par conséquent un rôle essentiel dans leur disposition. Ils sont logiquement verticaux dans les nappes de lave étalées sur des

surfaces horizontales et inclinées dans les volumes laviques qui moulent des versants. Tous les basaltes ne se prisment cependant pas de la même façon. On peut distinguer trois faciès lithologiques<sup>10</sup> (Kieffer, 1968, 1971). Les basaltes à texture doléritique<sup>11</sup>, de teinte grise, se prisment d'autant plus mal qu'ils sont plus poreux. Ils se divisent plutôt en blocs quelconques ou en larges dalles. Les basaltes à texture microlitique<sup>12</sup> fine et homogène, de teinte bleutée et peu poreux, se prisment bien : ce sont eux, avec quelques autres roches dont les phonolites, qui donnent les alignements de prismes ("orgues") les plus remarquables. Les basaltes vitreux (à verre brun-mauve), de teinte noire, compacts et de porosité nulle, donnent des prismes minces, irréguliers et enchevêtrés ("faux-prismes").

Les prismes présentent des dimensions variables, de quelques dizaines de centimètres à plus d'une centaine de mètres de longueur et de quelques centimètres à plus de trois mètres d'épaisseur. La plupart des prismes possèdent cinq à sept faces, alors que dans un milieu isotrope<sup>13</sup> idéal, ils devraient être tous hexagonaux. Il est encore possible d'en rencontrer à quatre ou huit faces. Certains prismes peuvent avoir des formes particulières. C'est le cas des "faux-prismes" des entablements de coulées, ainsi nommés en raison de leurs formes irrégulières et complexes. De faible largeur, ils sont limités par des faces courbes ou conchoïdales, leur partie interne est elle-même parcourue par d'autres fissures de retrait également

Coulée avec prismes plus étroits à la base et plus larges au sommet. Le Malzieu, Lozère



Sections de prismes





courbes. Ils s'ordonnent en faisceaux divergents, gerbes ou rosaces, sous l'action de courants de convection actifs qui désorganisent les isothermes de refroidissement avant la solidification au sein des niveaux qui deviendront les entablements. Une coulée, qui stoppe son avancée sur une pente parce que sa viscosité est devenue trop forte, perd son aptitude à se prismiser régulièrement : le résultat est une division en dalles ou lauzes, qui ne doit rien à des processus d'altération ou de désagrégation liés à l'érosion. Ces observations permettent de se faire une idée assez sûre des conditions de mise en place de certaines coulées. Ainsi, si l'on examine la coulée qui moule le versant droit de la vallée de l'Ance, en amont de son confluent avec l'Allier au niveau de Monistrol, on constate qu'elle présente une colonnade basale de prismes assez bien formés. Ce caractère permet d'estimer qu'elle n'est pas descendue sur le versant où elle se trouve, mais que, refluant de la vallée principale, elle a dû remplir la vallée en gonflant depuis le talweg pour s'immobiliser encore liquide une fois atteinte son épaisseur maximum.

### La majesté des falaises...

Les coulées à entablement de faux-prismes correspondent à une architecture spectaculaire qui se reconnaît de loin dans le paysage. Elles présentent toujours la même disposition en trois unités : à la base, une colonnade de prismes réguliers

(basalte bleuté), au milieu, un entablement de faux-prismes (basalte noir compact) et au sommet, une fausse colonnade de prismes généralement plus grossiers que ceux de la colonnade (basalte bleuté) (Kieffer, 1969). Cette architecture des laves basaltiques, coulées ou lacs de lave, est un aspect essentiel des coulées des paysages de Haute-Loire. La puissance respective des trois unités est variable, mais dans le plus grand nombre de cas, celle des faux-prismes est la plus importante. Dans des lacs de lave occupant d'anciens maars<sup>(1)</sup>, l'épaisseur de l'entablement peut atteindre la centaine de mètres. Dans les coulées anciennes et déjà érodées, la fausse colonnade est souvent absente, car emportée par l'érosion. La colonnade, et parfois la fausse colonnade, peuvent être remplacées par des dalles, en

*Coulée à entablement de faux-prismes plaquée sur un versant, avec une colonnade régulière à la base qui prouve qu'elle était encore liquide et sans tension lorsqu'elle s'est immobilisée*  
Vallée de l'Ance, haut Allier

14. - Cratères d'explosion liés à la rencontre, près de la surface, entre du magma en cours d'ascension et de l'eau (rivière, nappe phréatique...) brutalement vaporisée.

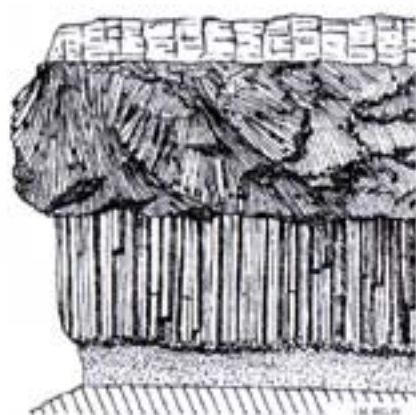
*Contact net entre colonnade prismée régulièrement et entablement de faux-prismes. Saint-Arcons, haut Allier*



*Section schématique complète de coulée à entablement de faux-prismes. Vallée de la Volane, Ardèche*







Coupe d'une coulée de lave à entablement de faux-prismes

fonction des conditions de mise en place et de refroidissement. Dans bien des cas, le passage de la colonnade à l'entablement s'effectue sans transition par un contact net et rectiligne très régulier, bien mis en évidence par l'érosion différentielle à l'origine des abris sous-roche (Chilhac, Saint-Arcons, Arlempdes).

De remarquables coupes dans les vallées de plusieurs affluents de l'Ardèche permettent d'expliquer cette architecture des coulées et de comprendre les modalités de leur mise en place. Dans la vallée de la Volane par exemple, on observe une gangue, continue de la base au sommet en passant par les bords, de prismes réguliers et de dalles, formés d'un basalte bleuté, autour d'une zone centrale de faux-prismes, formée d'un basalte noir compact. La gangue mieux prismée ou débitée en dalles de basalte bleuté s'est refroidie et figée plus rapidement que la lave restée liquide à l'intérieur qui a continué à s'écouler et à évoluer. C'est la poursuite de cet écoulement interne, sur le niveau déjà arrêté de la colonnade, qui est vraisemblablement à l'origine du contact net et souvent rectiligne que l'on observe entre la colonnade et l'entablement de faux-prismes. C'est dans les coulées à entablement de faux-prismes, et plus précisément au niveau de la colonnade, que se situent la plupart des abris sous-roche qui ont servi d'habitats préhistoriques en Velay et en Vivarais. Il s'agit de formes d'érosion liées à l'évolution morphologique spécifique de ces coulées.

### Des abris naturels...

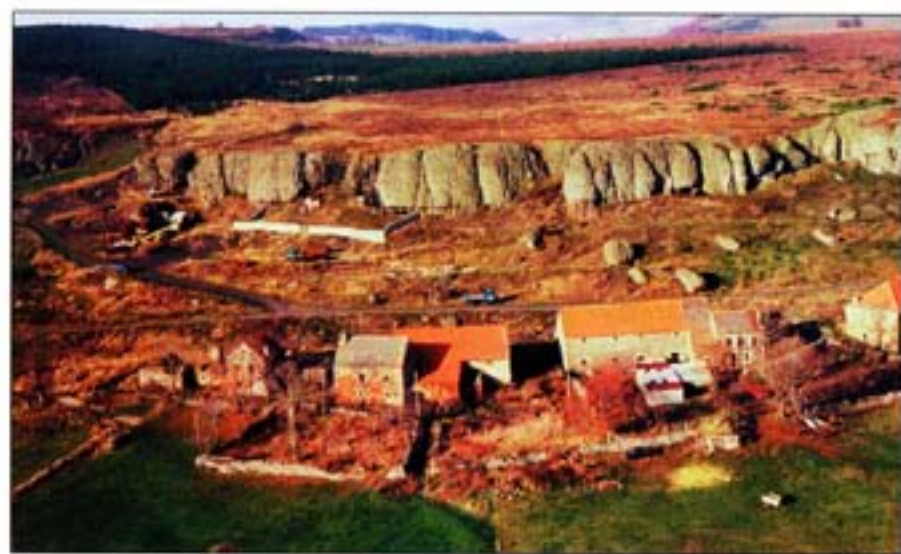
Après leur mise en place, les coulées sont livrées à l'érosion par le recreusement des vallées envahies par les laves. Cette érosion se traduit par le recul des rebords de coulée et par la mise en inversion de relief<sup>(15)</sup> des volumes de lave. L'amplitude de l'inversion dépend de l'ancienneté des épanchements, comme l'illustrent les données de la haute vallée de la Loire et des plateaux du Mézenc : les coulées les plus récentes sont situées à quelques mètres au-dessus des talwegs actuels (Goudet) alors que les coulées miocènes sont perchées sur les reliefs (Camp d'Antoune à Salettes, Longetrée à Freycenet-la-Cuche...). Le recoupement des rebords des nappes de lave a mis à jour leur architecture interne et permis aux processus d'altération de s'exercer pour créer les abris sous-roche.

Les colonnades et fausses colonnades sont déjà très sensibles à l'érosion mécanique en raison de la présence des diaclases toujours bien exprimées qui délimitent les prismes ou les dalles. Parmi les processus les plus efficaces, il faut citer le gel qui déloge les blocs un à un et les fait basculer pour former des tabliers d'éboulis en contrebas des escarpements

Effets mécaniques du gel sur une coulée normalement prismée



Abris au pied des corniches de basalte miocènes à Longetrée, Freycenet-la-Cuche, haut bassin de la Loire



15. - Inversion de relief : par suite du travail de l'érosion, ce qui était auparavant en relief dans la topographie est mis en creux tandis que les anciens points bas, lorsqu'ils ont été épargnés ou ont mieux résisté, occupent des positions dominantes, perchées.



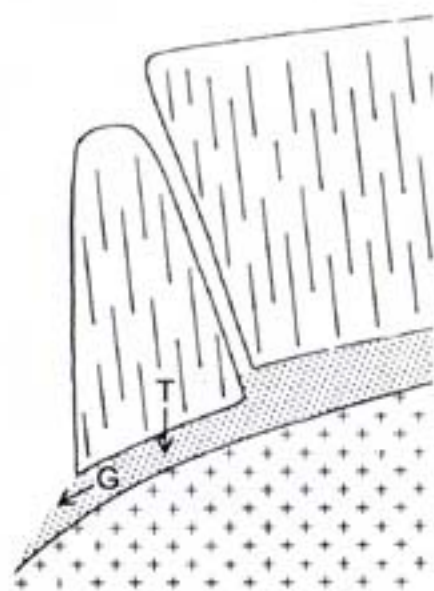


Décomposition en boules d'un basalte bleuté en liaison avec l'altération en "tâches de soleil", Saint-Didier-d'Allier

laviques. Ce type de destruction des coulées a été très actif au cours des périodes froides du Quaternaire<sup>(16)</sup>. Les roches par elles-mêmes se montrent également fragiles devant l'altération physico-chimique. Elles sont classiquement touchées par l'altération en "taches de soleil" (*sonnenbrenner*) (Kieffer, 1968). Cette altération révèle un réseau de micro-diaclases à l'origine d'une fragmentation gravillonnaire de la roche qui la rend friable et facilement exportable (gélivation, ruissellement, glissements...). À ses premiers stades, cette altération contribue à faire apparaître les fissures qui séparent les articles des prismes en exploitant les plans de fluidalité<sup>(17)</sup> de la lave. Elle s'accompagne généralement d'une décomposition en boules. Cette sensibilité à l'altération et à l'érosion de certains basaltes est responsable d'un recul parfois rapide des colonnades. Elle explique aussi que les fausses colonnades, en général moins épaisses et régulières avec des laves souvent vacuolaires, aient été largement érodées sur les coulées anciennes. Les entablements de faux-prismes sont par contre particulièrement résistants à l'érosion. Les prismes présentent des réseaux de diaclases complexes qui les imbriquent entre eux et les rendent solitaires comme tenons et mortaises, de sorte qu'ils sont moins sensibles aux processus d'érosion mécanique. Le basalte vitreux noir compact est lui-même très peu altérable en raison de son absence de porosité. Il se recouvre seulement d'une patine

blanchâtre, à peine millimétrique et à évolution très lente. Ces caractères sont à l'origine de l'habituelle mise en relief des entablements de faux-prismes sur les escarpements laviques.

Des facteurs mécaniques et climatiques contrôlent la formation des abris sous-basaltiques. Dans tous les cas, cette formation repose sur les différences de résistance entre les colonnades basales et les entablements de faux-prismes. La décompression générale des masses basaltiques portées en inversion de relief, obéissant aux lois de la mécanique des roches, intervient sous tout climat et conduit, d'une part, au cisaillement des fronts de coulées et d'autre part, à l'ouverture de discontinuités et à l'éboulement des parois sous la seule action de la pesanteur. C'est elle qui prédétermine les modes de fragmentation des masses rocheuses. Dans le cas d'une coulée de basalte à entablement de faux-prismes plus résistant que la colonnade, le résultat de la décompression est une morphologie d'abri. Combinée avec l'affouillement fluvial de l'Allier, la décompression est le facteur principal invoqué pour expliquer la formation des "aiguilles" basaltiques le long de la falaise du Blot à Cerzat (Marguerie, 1982). L'excavation des colonnades basales est parfois aidée par la présence de cendres ou d'alluvions sous-jacentes, également faciles à exporter. Les entablements massifs de faux-prismes, qui se conservent beaucoup mieux, finissent souvent par for-



Formation des "aiguilles" de la falaise du Blot à Cerzat, haut Allier (d'après Marguerie, 1982)

T : tassement - G : glissement

16. - Quaternaire : dernière grande subdivision de l'histoire des temps géologiques, débutant vers 1,6 Ma (millions d'années), et dans laquelle nous nous trouvons.

17. - La structure fluidale d'une roche volcanique est liée à l'orientation préférentielle des cristaux allongés qui la forment, ces cristaux s'étant en quelque sorte orientés dans le sens du courant au moment de l'épanchement. De cette orientation préférentielle des cristaux résulte l'existence de plans de fluidalité, discontinuités microscopiques déterminant la capacité de la roche à se déliter en dalles.





*La falaise du Blot à Cerzat, haut Allier*



*Un bloc de basalte altéré en "tâches de soleil", désagrégé sous l'action du gel. Abri de Baume-Vallée, Loire amont*



*Abri de Baume-Vallée à Solignac-sur-Loire  
Vue générale de la falaise et de l'abri principal en cours de fouilles*

mer des surplombs au-dessus des vides laissés par le recul des colonnades. Ils évoluent eux-mêmes en s'abattant périodiquement par pans entiers très volumineux, lorsqu'ils ont perdu leur soutien. Le dégagement d'une colonnade peut toutefois entraîner une certaine érosion de la partie inférieure de l'entablement sus-jacent et, dans ce cas, l'abri aura l'aspect d'une concavité plus ou moins profonde entamant la base de la coulée (Baume-Vallée). Mais, le dégagement peut aussi être beaucoup plus accusé et nettoyer le niveau de la colonnade jusqu'au contact avec l'entablement qui apparaît alors comme un plafond plat au sommet de l'abri (Chilhac, Saint-Arcons). La variété de la morphologie de la prismation d'une même colonnade a induit, dans certains abris, un recul différentiel de la paroi. Le froid enfin a été un facteur important d'évolution des abris. Depuis plusieurs années, des expériences de gélifraction expérimentale ont en effet permis de cerner le comportement au gel des roches basaltiques (Kieffer et Lautridou, 1971, 1975). Au cours des périodes froides du Quaternaire, le couple gel / dégel fut sans aucun doute le facteur prépondérant de l'évolution des parois et de la sédimentation dans les abris sous-roche.

## **Archives des climats et des premiers peuplements...**

Les différents types d'évolution des abris induisent différents modes de sédimentation. Les remplissages comportent par conséquent, en proportions variables, des éléments provenant des différentes parties de la falaise, mêlés à des matériaux introduits dans l'abri par des coulées de boue, le ruissellement, dans certains cas par des inondations temporaires, voire par voie éolienne. L'analyse de la répartition des différents éléments et de leurs proportions respectives renseigne sur les climats du passé.

Un exemple typique de remplissage sous le contrôle du froid est celui de l'abri de Baume-Vallée à Solignac-sur-Loire, occupé à plusieurs reprises par les hommes de Néandertal (Moser, 1971 ; Raynal, 1988, 1989). L'abri s'ouvre 400 m en aval de la cascade de la Baume, à 870 m d'altitude. Le basalte de la colonnade - affecté par une altération



en "taches de soleil" - présente un débit en gravillons. La partie inférieure du remplissage est composée d'un matériel très caillouteux présentant une organisation litée bien développée caractéristique de processus périglaciaires et les niveaux archéologiques originaux ont été profondément perturbés sous l'action du gel et du dégel (Bertran et al., 1993 ; Bertran, 1994 ; Bertran et Texier, 1995).

Les remplissages des abris sous-basaltiques du Velay contemporains de la présence des hommes de Néandertal présentent des caractères différents selon les types de lave et leurs altérations. Le remplissage de l'abri de Baume-Vallée à Solignac-sur-Loire est certainement un modèle pour les coulées dont la colonnade est altérée en "taches de soleil", mais celui de l'abri des Battants à Blassac par exemple (Carré, 1983), d'âge sans doute comparable, est très différent... En revanche, les dépôts plus récents contemporains des Hommes de Cro-Magnon, souvent formés principalement par les produits de désagrégation de la fausse colonnade, présentent encore d'autres faciès (Moser, 1973).

C'est grâce à la présence dans les vallées et sur les plateaux de coulées à entablement de faux-prismes, à leur façonnement par l'érosion et à l'action

de processus spécifiques d'altération, en particulier l'altération en "taches de soleil" des colonnades basales au-dessous des niveaux à faux-prismes beaucoup plus résistants, qu'ont pu se former les abris sous-roche qui ont attiré les populations préhistoriques et préservé les vestiges de leur présence qui, sans ce type précis de coulées, auraient certainement été beaucoup plus rares en Velay et Vivarais.

#### Pour en savoir plus :

Exposition(s) et documentation sur le volcanisme et la préhistoire régionale à l'Archéo-Logis de Goudet, 43 150, tel. 04 71 57 10 56, fax. 04 71 57 11 90, e-mail : archeologis@free.fr, site web : <http://archeologis.free.fr>

Abri de Baume-Vallée à Solignac-sur-Loire  
Organisation litée des niveaux inférieurs



#### Références bibliographiques

- BERTRAN P., FRANCOU B., PECH P. (1993) - Stratogénèse associée à la dynamique des coulées à front pierreux en milieu alpin. La Mortice, Alpes méridionales, France. *Géographie Physique et Quaternaire*, 47, 1, p. 93-100.
- BERTRAN P. (1994) - Dégénération des niveaux d'occupation paléolithiques en contexte périglaciaire : exemples et implications archéologiques. *Paléo*, n° 6, p. 285-302.
- BERTRAN P. et TEXIER J.-P. (1995) - Fabric Analysis : Application to Paleolithic Sites. *Journal of Archaeological Sciences*, 22, p. 521-535.
- CARRÉ F. (1983) - Le site de Blassac, les Battants (Haute-Loire). Fouilles 1971-1978. *Éléments d'une stratigraphie. Congrès Préhistorique de France*, 21<sup>e</sup> session, Montauban - Cahors, 1979, vol. II, p. 57-75.
- DEFIVE E. (1996) - *L'encaissement du réseau hydrographique dans le bassin supérieur de la Loire*. Thèse Univ., Paris I, 551 p.
- DEFIVE E., CANTAGREL J.-M. (1998) - Chronologie et vitesse de l'encaissement du réseau hydrographique en domaine volcanisé : l'exemple du bas-

- sin supérieur de la Loire (Massif central, France). In Tephros, chronology, archaeology, ss la dir. de É. Juvigné et J.-P. Raynal, *Les dossiers de l'Archéo-Logis*, n° 1, CDERAD éd., p. 25-34.
- KIEFFER G. (1968) - Contribution à l'étude de l'altération des laves à caractères basaltiques. *Revue d'Auvergne*, 82, 1, p. 27-49.
- KIEFFER G. (1969) - Caractères des coulées de lave à entablement de faux-prismes. *C.R.A.Sc.*, 269, p. 2178-2181.
- KIEFFER G. (1971) - Aperçu sur la morphologie des régions volcaniques du Massif central. *Symp. J. Jung*, éd. Plein Air Serv., p. 479-510.
- KIEFFER G. et LAUTRIDOU J.-P. (1971) - Essais de gel sur des roches volcaniques du Massif central. *Bulletin du Centre de Géomorphologie de Caen*, CNRS, n° 9, février 1971, p. 25-52.
- KIEFFER G. et LAUTRIDOU J.-P. (1975) - La gélivité de quelques roches volcaniques du Massif central. *Revue d'Auvergne*, t. 89, n° 1, p. 31-61.
- KIEFFER G. et RAYNAL J.-P. (2001) - De l'éruption au site archéologique en Haute-Loire (France) : mise en place, prismation, altération et érosion des coulées de lave, formation et évolution des abris sous-basaltiques. In Tephros, chronology, archaeology, ss la dir. de É. Juvigné et J.-P. Raynal, *Les*

- dossiers de l'Archéo-Logis*, n° 1, CDERAD éd., p. 159-173.

- MARGUERIE D. (1982) - *Étude géologique du gisement préhistorique du Blot (Cerzat, Haute-Loire). Éléments de lithostratigraphie et paléocologie*. Mémoire de l'École Pratique des Hautes Études, Paris, 261 p.
- MOSER F. (1971) - *Contribution à l'étude des abris sous-basaltiques de la Haute-Loire. Le gisement de Baume-Vallée, 43, Solignac-sur-Loire*. Diplôme d'Études Supérieures, Université de Clermont-Ferrand, 40 p.
- MOSER F. (1973) - Contribution à l'étude des abris sous-basaltiques de la Haute-Loire, gisement du Blot de Cerzat. *Bulletin de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, 3.
- RAYNAL J.-P. (1988) - Paléoenvironnements et chronostratigraphie du Paléolithique moyen dans le Massif central français. Implications culturelles. in *L'Homme de Néandertal*, vol. 2, L'environnement, ERAUL éd. Liège, p. 113-145.
- RAYNAL J.-P. (1989) - Le Paléolithique moyen d'Auvergne et Velay. in *Le Temps de la Préhistoire*, Société préhistorique française, Archéologia éd., t. 1, p. 252-253.