



**HAL**  
open science

## De l'éruption à l'objet en Velay

Jean-Paul Raynal, Guy Kieffer

► **To cite this version:**

Jean-Paul Raynal, Guy Kieffer. De l'éruption à l'objet en Velay. Hommes et volcans : de l'éruption à l'objet, XIVth Congress UISPP, Liège, ss la dir de RAYNAL J.P., ALBORE-LIVADIE C., PIPERNO M., Les Dossiers de l'Archéologie n° 2, 2002, Goudet, France. pp.31-40. halshs-00004046

**HAL Id: halshs-00004046**

**<https://shs.hal.science/halshs-00004046>**

Submitted on 8 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.

---

# **HOMMES ET VOLCANS**

## **HUMANS AND VOLCANOES**

**De l'éruption à l'objet**

**From the eruption to the artefact**

Édité par J.-P. Raynal, C. Albore-Livadie, M. Piperno

**Actes du symposium 15.2** organisé par la Commission 31  
de l'Union des Sciences Préhistoriques et Protohistoriques  
dans le cadre du XIV<sup>e</sup> Congrès, UISPP, Université de Liège,  
Belgique, 2-8 septembre 2001

édité avec le concours du Conseil Général de Haute-Loire

**les dossiers de l'Archéo-Logis n° 2**  
Goudet, Archéo-Logis/CDERAD ed., ISBN 2-9517138-2-7

## De l'éruption à l'objet préhistorique en Velay, France

*From the eruption to the artefact in Velay, France*

Jean-Paul RAYNAL<sup>(1)</sup> et Guy KIEFFER<sup>(2)</sup>

**Résumé :** La variété des phénomènes volcaniques intervenus en Velay jusqu'au Pléistocène moyen a produit des laves et dépôts divers et induit des morphologies spécifiques qui ont favorisé les implantations préhistoriques en ménageant des structures d'accueil originales et en offrant à l'homme un spectre varié de ressources en matières premières. La formation d'innombrables d'abris sous-roche en pied de falaises basaltiques sous l'action des climats périglaciaires a été largement contrôlée par la fissuration et la prismation des laves largement exploitée par l'érosion et l'altération. Cette originalité est renforcée par les occupations de rives des lacs de maars et par les vastes cavernes ouvertes dans les brèches du Creux du Puy qui ont également attiré les groupes préhistoriques. Enfin, les différentes laves et silices hydrothermales ont été largement employées pour la fabrication des objets usuels, des outillages lithiques et comme supports pour l'art mobilier.

**Mots-clés :** coulées basaltiques, abris sous-roche, maars, grottes, basaltes, trachy-phonolites, résinite, Paléolithique, Haute-Loire, France.

**Abstract :** Fissuration and columnar jointing of basaltic lava flows from Haute-Loire played an active morphologic role during alteration and erosion. They widely control the evolution of basalt cliffs and the development of rock shelters under pleistocene periglacial climates. Maar lakes and caves of the hyaloclastic pipes of Le Puy area were attractive sites for prehistoric groups too. A wide range of volcanic rocks and hydrothermal silica were extensively used to manufacture stone tools and various artefacts (lamps, engraved pebbles) as well.

**Key-words :** lava flows, rock-shelters, maars, caves, basalt, trachy-phonolites, hydrothermal silica, Paleolithic, Haute-Loire, France.

Les sites d'habitats préhistoriques, d'origine naturelle, sont liés à la fois à la nature géologique des matériaux où ils se trouvent et aux divers processus d'évolution morphologique qui les ont modelés. En Velay, où ils sont nombreux, ils se rencontrent essentiellement dans les formations volcaniques : cratères de maars ou de volcans stromboliens, grottes dans des brèches hydromagmatiques, pieds de falaises laviques. La majorité d'entre eux a été retrouvée sur les versants des vallées de l'Allier et de la Loire ou de leurs affluents, dans des abris sous-roche ouverts à la base de coulées basaltiques descendues des plateaux voisins, en particulier le Devès, et qui ont partiellement ennoyé le réseau hydrographique, en plusieurs phases. Les hommes préhistoriques ont non seulement occupé les structures volcaniques primaires ou dérivées propices à l'habitat, mais ils ont également largement utilisé les roches volcaniques pour fabriquer leurs outillages et divers objets usuels. On examinera donc successivement les caractères des coulées de laves basaltiques du Velay, la formation et l'évolution des abris sous roche, les conséquences des éruptions phréatomagmatiques et hydromagmatiques en matière de lieux favorables à l'habitat humain et enfin l'utilisation des matériaux volcaniques par les populations préhistoriques.

### 1 - Les coulées de laves basaltiques du Velay

On se bornera à rappeler ici les principaux caractères dont une approche détaillée a été récemment publiée et à laquelle nous renvoyons le lecteur (Kieffer et Raynal, 2001).

#### 1.1 - Contexte volcanologique et morphologique.

En Velay, si l'on excepte les abris d'altitude en pied de coulées de basaltes anciens du secteur oriental, la plupart des habitats préhistoriques liés aux coulées se trouvent dans les vallées de l'Allier et de la Loire ou de leurs affluents. Les laves provenaient de volcans stromboliens situés sur les plateaux voisins, en particulier ceux de la chaîne du 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 comblées et suivies sur plusieurs kilomètres. Leur mise en place s'est surtout effectuée entre 3 et 1 Ma BP. (E. Defive,

<sup>(1)</sup> UMR 5808 et GDR 1122 CNRS, Institut de Préhistoire et de Géologie du Quaternaire, Avenue des Facultés, 33405 Talence (France)

<sup>(2)</sup> UMR 6042 et GDR 1122 CNRS, Laboratoire de Géographie Physique, Maison de la Recherche, 4, rue Ledru, 63057 Clermont-Ferrand (France).

1996 ; E. Defive et J.-M. Cantagrel, 1998), en plusieurs phases éruptives séparées par des épisodes érosifs où a repris le creusement des vallées. Selon les secteurs et la cadence des éruptions, on se trouve en présence soit de superpositions de coulées, parfois séparées par des lits d'alluvions, comme dans la vallée de l'Allier près de Saint Arcons, soit d'emboîtements de coulées, surmontant également des alluvions, les plus récentes étant les plus proches des talwegs actuels, comme dans quelques sections de la vallée de la Loire entre Goudet et Chadron.

### 1.2. - Caractères généraux.

Les caractères des coulées concernées (épaisseur, longueur et volume), supposent des éruptions caractérisées par des taux d'émission et des productions magmatiques 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. Il s'agit en général de basaltes alcalins sous-saturés, finement microlitiques et vitreux. Les témoins actuellement observables, en particulier des restes de cheires scoriacées, comme entre Costaros et l'axe de la chaîne du Devès, permettent de penser que ces coulées étaient essentiellement de type "aa". Leur recouplement par l'érosion, principalement dans les vallées, montre 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 et à l'origine des abris sous-roche (Chilhac, Saint Arcons, Arlempdes...).

### 1.3 - La prismation des laves.

La prismation est la conséquence la plus spectaculaire du retrait qui affecte les laves pendant leur refroidissement. Mais, toutes ne se prisment pas, car la division polygonale régulière demande des conditions assez précises. Le refroidissement des laves s'effectue depuis le substratum fossilisé, le sommet et les rebords des coulées, mais aussi les épontes des intrusions. 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 délimitant les prismes. Les cassures qui accompagnent le retrait s'ouvrent par ruptures successives en suivant la progression des surfaces isothermes de refroidissement. Ces ruptures peuvent laisser leurs empreintes sur les faces des diaclases ainsi créées. A chaque empreinte, sur une face de prisme ou de tout autre volume lavique, correspond une contre-empreinte sur la face opposée du prisme ou du volume lavique voisin. Souvent courbes, ces empreintes ont des largeurs variables, de quelques millimètres (basaltes noirs compacts et vitreux) à un ou deux mètres (laves à texture grossière). Les plus spectaculaires témoignent d'une progression régulière du refroidissement dans des laves homogènes et finement microlitiques : elles correspondent à des bandes rectangulaires, perpendiculaires à l'axe des prismes et juxtaposées comme les lames d'un parquet (Chilhac). Ces figures sont moins évidentes, de formes quelconques et mal délimitées dans les milieux où les conditions de refroidissement ont été moins régulières et/ou avec des laves plus hétérogènes.

Dans un schéma simple, les prismes se développent perpendiculairement aux surfaces de refroidissement, en application du prin-

cipe du déplacement des surfaces isothermes de refroidissement depuis le substratum fossilisé ou les surfaces exposées à l'air libre des coulées. 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 inclinés dans les volumes laviques qui moulent des versants. Et, lorsqu'il en existe dans des dykes verticaux, ils apparaissent horizontaux. En réalité, les faits ne sont pas toujours aussi simples. Il existe divers facteurs qui favorisent ou au contraire compliquent et souvent même empêchent le développement des prismes (Kieffer, 1977).

Toutes les laves ne se prisment pas. Elles ne présentent pas non plus les mêmes aptitudes à être affectées par les diverses cassures liées au retrait. Si l'on prend l'exemple des basaltes, on peut distinguer trois types de faciès lithologiques (Kieffer, 1968, 1971). Les basaltes à texture doléritique, 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 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 (figure 1). Les basaltes vi-



Figure 1 : colonnade de prismes basaltiques (cliché CRDP d'Auvergne)

treux (à verre brun-mauve), de teinte noire, compacts et de porosité nulle, donnent des prismes minces, irréguliers et enchevêtrés ("faux prismes"). Ces deux derniers types s'associent fréquemment dans une même coulée pour constituer une architecture à trois niveaux avec, 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) (figure 2). Il semble évident que la gangue micux prismée de basalte bleuté s'est refroidie et figée plus rapidement, avant que les actions oxydantes à l'origine d'un verre brun-mauve aient eu le temps de s'exercer. A l'intérieur, la lave restée liquide a pu continuer à s'écouler et à

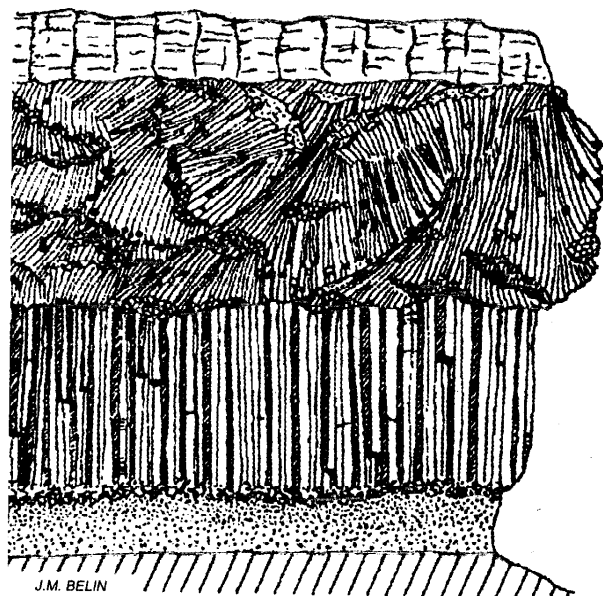


Figure 2 : Coupe d'une coulée de lave à entablement de faux prismes

évoluer pour que sa partie non cristallisée s'oxyde et se transforme en verre brun, lui-même ensuite incapable de cristalliser. 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.

## 2 – Evolution morphologique des coulées, formation et évolution des abris sous-basaltiques.

C'est dans les coulées à entablement de faux prismes, et plus précisément au niveau de la colonnade, que se situe la majorité des abris sous-roche qui, en Velay, ont servi d'habitats préhistoriques. Il s'agit de formes d'érosion liées à l'évolution morphologique spécifique de ces coulées dont le détail a été précédemment exposé (Kieffer et Raynal 2001).

### 2.1 - Evolution morphologique d'ensemble des coulées.

Après leur mise en place, les coulées sont livrées à l'érosion. Leur surface, d'abord chaotique (cheire), est peu à peu régularisée. Elle voit d'abord disparaître ses pointements acérés et colmater ses creux, en même temps que se développent un sol et une végétation. Des aspects proches des topographies de départ se retrouvent par endroits sur les dernières coulées de la Chaîne des Puys, par exemple dans la cheire de Côme. Les laves plus anciennes, vieilles d'au moins plusieurs centaines de milliers d'années, ne présentent en principe plus guère d'irrégularités importantes, à l'exception çà et là de restes scoriacés qui permettent d'identifier d'anciennes coulées "aa" dans certains secteurs du Devès. Les coulées mio-pliocènes, dans le Massif Central, sont toutes aplanies, sans trace des aspects superficiels d'origine.

La régularisation de la surface des coulées est allée de pair avec leur inversion morphologique qui est d'abord une conséquence

du creusement des vallées après leur envahissement par les laves. Mais, dans le Massif Central, l'inversion résulte aussi d'un contexte morphologique régional favorable à l'enfoncement général des cours d'eau. Elle s'est toujours accompagnée du recul des rebords de coulées, de sorte qu'une nappe de lave inversée possède toujours une superficie plus réduite que son étendue première. L'importance de l'inversion dépend de l'ancienneté des épanchements, comme l'illustre la bordure occidentale de la Limagne où s'étage une série de coulées, des plus récentes de la chaîne des Puys, situées à quelques mètres au-dessus des talwegs actuels, aux coulées miocènes, comme celles du plateau de Gerçovie perchées à 350 mètres au-dessus de la Limagne.

Le recoupement des rebords des nappes de lave a mis au jour leur architecture interne et permis aux processus d'altération de s'exercer pour créer les abris sous-roche typiques des coulées de la Haute-Loire.

### 2.2 - Altération et érosion des colonnades et fausses colonnades, développement des entablements de faux prismes

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 laviques. Ce type de destruction des coulées, qui agit surtout en contexte périglaciaire, comme actuellement en Islande, a été très actif en Velay aux périodes froides du Quaternaire.

Les roches par elles-mêmes (basaltes bleutés à texture microcristalline) se montrent également fragiles devant l'altération physico-chimique. Elles sont classiquement touchées par l'altération en "taches de soleil" (sonnenbrenner) spécifique des laves basiques alcalines sous-saturées (Kieffer, 1968). Cette altération révèle un réseau de microdiaclases (diaclases de deuxième ordre) à l'origine d'une fragmentation gravillonnaire de la roche qui la rend friable et facilement exportable (gélivation, ruissellement, glissement...). A ses premiers stades, cette altération contribue à faire apparaître les fissures qui séparent les articles des prismes en exploitant les plans de fluidalité de la lave. Elle s'accompagne généralement d'une décomposition en boules, avec desquamation, des volumes laviques, en particulier des articles. Cette sensibilité à l'altération et à l'érosion des basaltes bleutés à mésostase microcristalline est responsable d'un recul parfois rapide des colonnades. Elle explique aussi que les fausses colonnades, en général moins épaisses et régulières que les colonnades, avec des laves souvent vacuolaires, ont 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 solidaires 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 (figure 3).

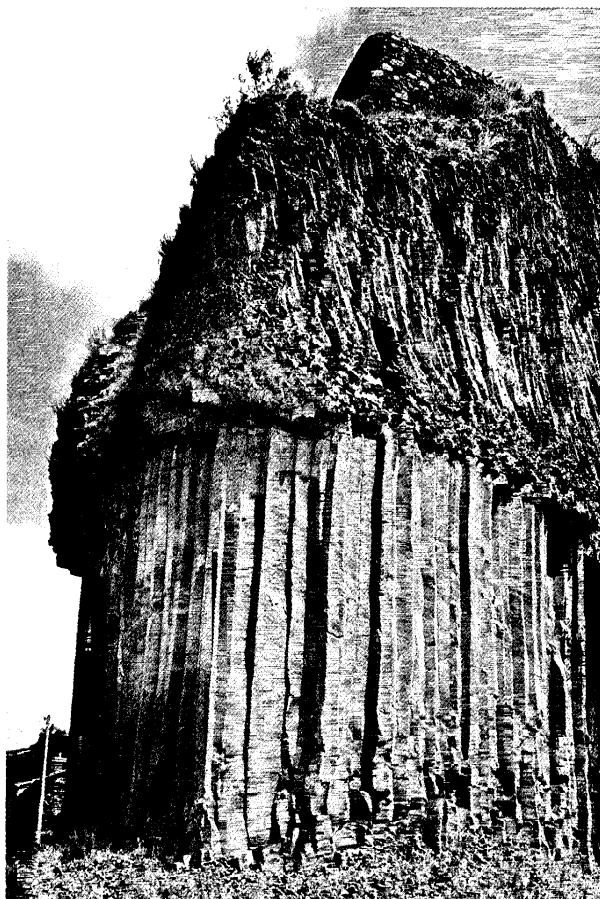


figure 3 : Coulée à entablement de faux prismes, Chilhac

### 2.3 – Les abris sous-basaltiques, résultat de l'érosion différentielle entre colonnade et entablement.

Les différences de résistance entre les colonnades basales et les entablements de faux prismes sont directement responsables de la formation des abris sous-roche qui ont servi d'habitats préhistoriques en Haute-Loire. L'excavation des premières 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 former 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



Figure 4 : Abri en cours de formation dans une coulée à entablement de faux prismes, Chilhac

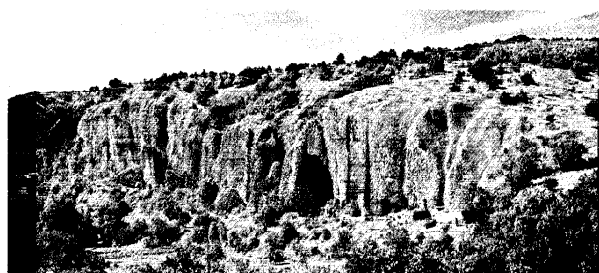


Figure 5 : Abris en pied de coulée à entablement de faux prismes très épais, le Blot à Cerzat

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) (figure 4). La variété de morphologie dans la prismation d'une même colonnade ont induit dans certains abris un recul différentiel de la paroi. Dans le cas du Blot de Cerzat par exemple, ce recul différentiel a été interprété sans doute à tort en terme de chronologie de l'évolution de l'abri sous-roche (Delporte 1972, Marguerie, 1982) (figure 5).

Plusieurs facteurs mécaniques contrôlent la formation des abris sous-basaltiques, liés ou non aux variations climatiques :

- tout d'abord, la décompression générale des masses basaltiques portées en inversion de relief intervient en effet 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 (Marguerie, 1982) : le résultat en est une morphologie d'abri qui pourra continuer à s'excaver, à condition toutefois que les produits effondrés puissent être évacués,

- le froid ensuite, car depuis plusieurs années, des expériences de gélifraction expérimentale (Kieffer et Lautridou, 1971, 1975 et expériences inédites) ont permis de cerner le comportement au gel des roches basaltiques. Au cours du Pléistocène, pendant les périodes de dégradation climatique, le couple gel/dégel est sans aucun doute le facteur prépondérant de l'évolution des parois et de la sédimentation dans les abris sous-roche. La colonnade est généralement formée d'une lave poreuse, très sensible à l'altération et à la désagrégation en boules et gravillons sous l'action du gel. En outre, les fissures de la colonnade sont propices à la formation de coins de glace dont la pression, ajoutée à la contrainte verticale exercée par la masse de la coulée, favorise le déchaussement et le flambage des prismes. Le chapeau de faux prismes possède pour sa part une lave plus compacte et vitreuse, non poreuse, à fissuration irrégulière, donc plus résistante à la gélifraction, formant donc surplomb et permettant le développement d'abris sous-roches.

L'orientation des abris occupés est particulière : la plupart des sites s'ouvrent au Sud-Est. En effet, 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". Ces abris sont donc le siège de cycles gel-dégel plus nombreux et donc susceptibles d'une évolution plus rapide de la morphologie des parois.

## 2.5 - Les remplissages des abris sous-basaltiques :

Les différents types d'évolution des abris induisent différents modes de sédimentation. Les remplissages comportent par conséquent, en proportions variables, des éléments autochtones provenant des différentes parties de la falaise, mêlés à des éléments allochtones apportés par colluvionnement et ruissellement (et résultant du démantèlement des couvertures pédologiques paléoandosoliques des plateaux par exemple), dans certains cas par inondations temporaires, voire par voie éolienne.

Les remplissages du Pléistocène supérieur ancien des abris sous-basaltiques du Velay présentent des caractères différents selon les types de lave et leurs altérations. Le remplissage de l'abri de Baume-Vallée par exemple, 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 en revanche (Carré, 1983), d'âge sans doute comparable, est très différent... Les dépôts du Pléistocène supérieur récent pour leur part, souvent formés principalement par les produits de désagrégation de la fausse colonnade, présentent encore d'autres lithofaciès. Les études microfaciologiques ont révélé le rôle déterminant du gel dans la stratogénèse des remplissages et donc dans la redistribution horizontale et verticale des vestiges paléolithiques, posant ainsi les limites des interprétations archéologiques (Bertran, 1994 ; Bertran et Raynal, 1990 ; Bertran et Texier, 1995 ; Bertran *et al*, 1993 ; Texier *et al*, 1998). La caractérisation des mécanismes de production des éléments grossiers du remplissage, directement fonction des caractéristiques de la coulée excavée en abri d'une part et la reconstitution précise des mécanismes de sédimentation d'autre part, apparaissent donc aujourd'hui comme le préalable à la discrimination entre structures d'origine anthropique et pseudo-structures liées au mode de dépôt et à l'appréciation de la valeur des assemblages lithiques paléolithiques récoltés au cours de la fouille des remplissages pléistocènes des abris sous-basaltiques du Velay.

## 3 - Les conséquences du volcanisme phréatomagmatique et hydromagmatique

### 3.1 - Les maars

Les structures volcaniques phréatomagmatiques de type "maar", particulièrement abondantes en Auvergne et Velay, suscitent depuis quelques années un intérêt grandissant de la part des quaternaristes. Sub-circulaires et profondes, elles ont été géné-

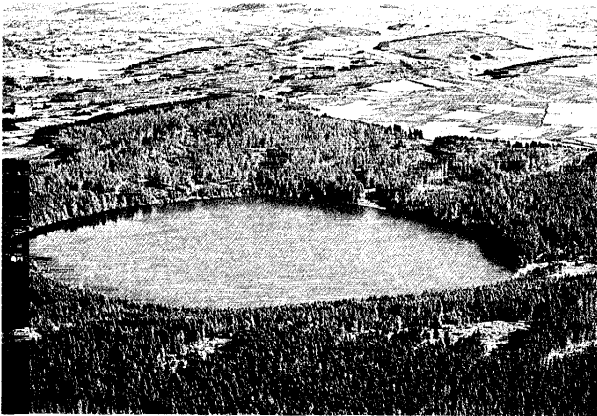


Figure 6 : Lac de maar, Le Bouchet

ralement occupées par des lacs dans lesquels se sont accumulées de puissantes séries sédimentaires réputées continues, enregistreurs privilégiés des manifestations du volcanisme régional et des diverses transformations des milieux physiques et biotiques, donc des paléoclimats en domaine continental. Ces masses d'eaux lacustres ont, dans le passé, joué un rôle attractif considérable pour les faunes fossiles et par voie de conséquence pour l'homme préhistorique : les très anciens indices d'activité humaine découverts en Velay en témoignent. Enfin, on sait aujourd'hui dater avec une précision très acceptable d'une part les manifestations phréatomagmatiques qui sont à l'origine du phénomène lacustre, d'autre part les produits du volcanisme - en particulier les coulées - qui bien souvent scellent les séries sédimentaires. Les maars du Massif Central français offrent par conséquent un champ d'investigations pluridisciplinaires considérable dont les résultats constitueront sans aucun doute, dans les prochaines années, un référentiel étroitement corrélable aux données océaniques. Les éruptions phréatomagmatiques de type maar ont perforé en de multiples endroits les plateaux du Velay. Ils ont généralement été occupés par des lacs (figure 6). La formation et la durée de vie d'un lac de maar dépendent principalement de trois facteurs :

- alimentation en eau : elle est fonction des apports météoritiques, de la taille des affluents, mais également de l'existence de venues profondes ; bien que largement liée au climat, elle dépend aussi des caractéristiques géomorphologiques et pétrographiques du bassin versant. Dans le cas du lac d'Issarlès par exemple, la tranche d'eau météoritique annuelle est de 1200 mm (Bout, 1973),

- sédimentation détritique : exceptés les apports allochtones éoliens, volcaniques ou non, la sédimentation est réglée par l'aptitude à l'érosion du bassin versant et la capacité de transport des affluents ; Le rôle fixateur de la végétation, donc du climat, semble ici largement prépondérant mais il convient de ne pas sous-estimer les contraintes et les réajustements morphologiques nécessaires dans ces zones volcaniques sujettes à des modifications importantes et brutales du relief.

- exutoire : La création d'un exutoire est la conséquence logique de l'élévation du plan d'eau jusqu'à son maximum mais peut aussi relever de manifestations tectoniques. Sa présence peut accélérer l'abaissement du plan d'eau lacustre et provoquer à terme sa disparition, en l'absence d'affluent et/ou si les venues d'eau profonde sont inexistantes. Le jeu combiné d'un exutoire et d'un affluent suffisamment compétent peut conduire à l'érosion régressive des dépôts antérieurs et à l'emboîtement de banquettes détritiques.

Si les deux premiers facteurs (alimentation en eau et sédimentation détritique) sont largement dépendants des paléoclimats et commandent les processus de comblement, le jeu des exutoires reste en grande partie aléatoire.

On peut, très schématiquement, distinguer trois étapes dans la vie d'un lac de maar (Raynal *et al*, 1984, Raynal, 1987) :

- phase pro-lacustre : elle correspond à la remontée du plan d'eau jusqu'à son maximum et voit le début du comblement progressif de la dépression,

- phase pléni-lacustre : le plan d'eau est au maximum, avec possibilité de création d'un exutoire ; développement d'une margelle périphérique « littorale » autour du lac ; le comblement se poursuit.

- phase tardi-lacustre : le comblement s'achève ; le plan d'eau peut rester à sa cote maximum ou s'abaisser progressivement :

on assiste alors à l'érosion des dépôts antérieurs avec possibilité d'étagement de plages comme au lac du Bouchet et à Saint-Front (Bout, 1973). L'assèchement progressif peut être suivi de la formation de tourbière.

La plupart des lacs actuels de Basse-Auvergne (Pavin, Tazenat...) et du Velay (Bouchet, Issarlès, Saint-Front...) sont en phase pléni-lacustre ou tardi-lacustre. Nombreux sont ceux ayant évolué en tourbières (La Sauvetat, Landos, Limagne, Chaudeyrolles...).

De la périphérie du lac à son centre, trois zones sont le siège de processus sédimentaires et diagénétiques synchrones, d'importance variable :

- le coeur de lac , où prédomine une sédimentation calme (silts, sablons, tephra en retombée directe, argiles, carbonates...) plus ou moins organogène, entrecoupée de turbidites, parfois de passées de graviers. La structure est le plus souvent rythmique.

- l'anneau détritique, ou banquette périphérique (Bout, 1970) ou encore prisme littoral (Bonifay et Truze, 1984a et b), est le siège d'une sédimentation généralement plus grossière. Il se raccorde avec la zone de coeur de lac par un talus plus ou moins abrupt et présente généralement une structure sédimentaire de progradation de type deltaïque. Les projections de maar constituent la source principale de matériaux détritiques et la morphologie du croissant de pyroclastites commande une disposition dissymétrique de l'anneau qui peut-être compensée, voire exagérée, par les apports des affluents.

- le péri-lac : la sédimentation présente ici un caractère plus spasmodique, dépôts d'affluents et/ou de versant (alluvions, éboulis, colluvions, produits de gélifluxion...) alternant avec le développement de profils pédologiques ; elle s'interface avec l'anneau détritique par un système de plages.

Dans le cas idéal d'un lac de maar sans affluent et dont les projections constituent le seul bassin versant, la quasi-totalité des éléments du remplissage, excepté les apports éoliens, existent dans l'anneau de pyroclastites : l'interprétation des faciès en termes de climatologie se doit alors d'être nuancée. Ce cas existe. Cependant, les phénomènes phréatomagmatiques se produisent dans des situations topographiques variées qui compliquent souvent la nature du bassin versant et l'on observe souvent l'existence d'affluent(s) : la sédimentation dans un lac de maar obéit alors aux mêmes règles que celle d'un lac ordinaire. En Velay, nous avons récemment montré la complexité des phénomènes sédimentaires avec l'exemple du paléo-lac de maar de Soleilhac (Raynal et Vernet, 2001).

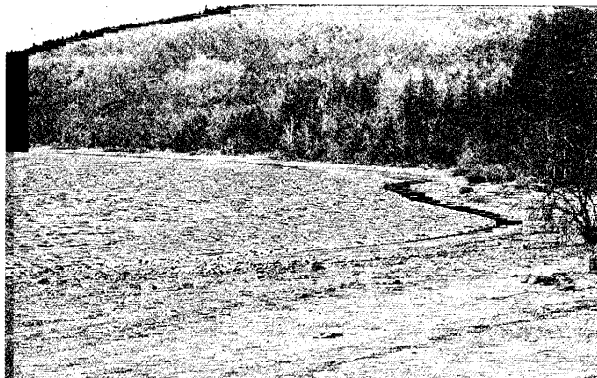


Figure 7 : Plage lacustre, lac de maar d'Issarlès

C'est très vraisemblablement au début du dernier million d'années que l'homme fait son apparition en Velay-Vivarais. Il bivouaque alors à proximité des grands lacs de cratère où la faune d'herbivores vient se désaltérer (figure 7). Chasse-t-il seulement ou profite-t-il également des carcasses abandonnées aux charognards par les grands carnivores ? Sans doute les deux, au gré des opportunités. Sur les anciennes plages du lac de maar de Soleilhac, on a retrouvé des pierres indiscutablement taillées de main d'homme. Fabriquées en basalte, quartz, silex et microgranite, ce sont principalement des éclats de roche aux tranchants utilisés bruts, parfois finement réactivés, associés à de plus gros objets en basalte dont une pièce bifaciale ayant sans doute été utilisée à la fois pour débiter des éclats (nucléus) et comme objet contondant. Ces outils de pierre sont associés à des restes d'éléphant, d'hippopotame, de rhinocéros, de bison, de cervidés, d'un ancêtre du loup et de renard (Bonifay et Bonifay, 1981; Bonifay, 1991). La présence de l'hippopotame démontre que le climat n'était pas alors suffisamment rigoureux pour provoquer un engel total de la surface des eaux des lacs en période hivernale : une vue aérienne du lac d'Issarlès donne une idée assez fidèle de l'aspect des plans d'eau du Velay-Vivarais pendant les hivers de la fin du Pléistocène ancien et du début du Pléistocène moyen, entre 1 million et 600 000 ans environ (figure 8). L'homme continuera à fréquenter les abords des lacs de cratères pendant plusieurs centaines de millénaires : dans le cratère du volcan du Pié du Roy, à Cerzat près de Langeac, on retrouve les vestiges de cette présence sous la forme d'objets taillés en quartz (Le Gall et Raynal, 1986).

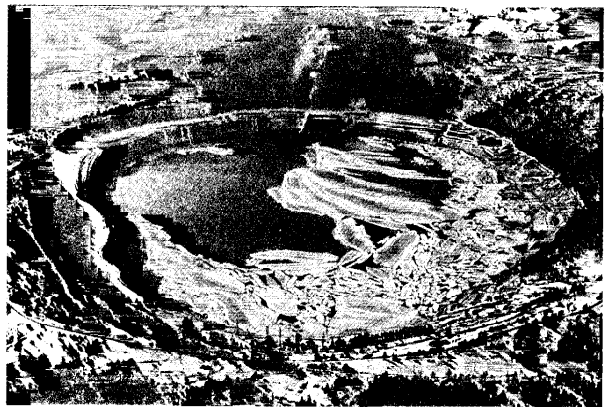


Figure 8 : Lac de maar partiellement gelé, Issarlès  
(Cliché A. Rabérin)

### 3.2 - Les grottes des massifs de brèches du Creux du Puy

Les anneaux de tufs à palagonite font l'originalité des reliefs internes au Creux du Puy. Ils résultent d'une activité volcanique dite surtseyenne, qui s'est développée au fond d'un lac, sous une faible tranche d'eau, lors de l'éruption d'un magma basaltique. Le modèle actuel de tels phénomènes a été observé lors de la création de l'île de Surtsey (Islande) et de l'éruption du Capelinhos (Faial aux Açores) (Camus et al, 1981). Ces tufs ont une couleur vert-jaune, due à l'abondance de la palagonite. La palagonite est le produit argileux de l'altération des verres basaltiques par l'eau (Noack, 1979) qui fut pour la première fois signalé en 1845 par Von Walterhausen à Palagonia, sur la côte orientale de Sicile, entre Catane et Syracuse dans les monts Hybléens.

Les strates de tufs plongent vers l'intérieur des anciens cratères et des cheminées éruptives dont ils ont conservé les formes (figure 9). Les masses rocheuses sont affectés par des failles sub-radiales, contemporaines des éruptions dont l'âge n'est d'ailleurs pas clairement établi. L'érosion des temps quaternaires a dé-



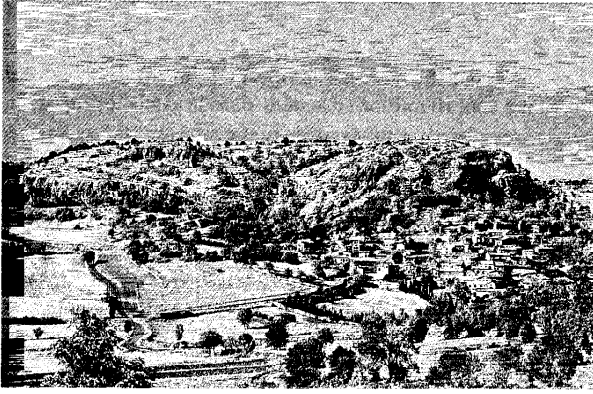


Figure 9 : Anneau de tufs à palagonites, Cheyrac

gagé les cheminées éruptives et les cratères emplis de tufs consolidés. Les failles qui les recoupent ont été empruntées par les circulations d'eau et élargies par l'action du gel. Des grottes se sont ainsi formées, couloirs plongeant vers le coeur des massifs. Ces cavités ont été repérées et utilisées par les hommes à plusieurs reprises.

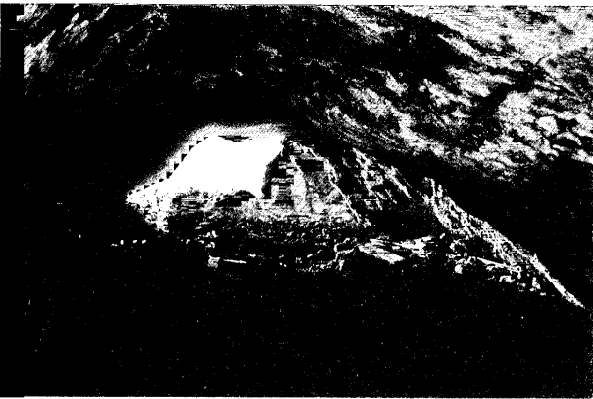


figure 10 : Grotte du Rond du Barry dans le massif de tufs à palagonites de Sainte Anne à Polignac

L'une d'elles, la vaste caverne du Rond du Barry, s'ouvre à Sinzelles, hameau de Polignac, dans les tufs du volcan de Sainte-Anne (figure 10). Plusieurs couches d'habitat préhistorique ont livré un abondant outillage de pierre, en os et en bois de rennes, abandonné sur place par les hommes moustériens et magdaléniens. Roger de Bayle des Hermens y a fouillé de 1966 à 1986 et en a exhumé les plus vieux restes humains connus pour le moment en Auvergne et Velay. Il y a quinze millénaires, le crâne d'un homme âgé d'une cinquantaine d'années a été réinhumé dans une sorte de coffre en pierres installé contre une paroi de la grotte. Plusieurs autres ossements humains (trois portions de crânes et une dent), appartenant à trois individus au moins selon Jean-Louis Heim, ont été découverts dispersés et mélangés aux déchets divers au sein de la couche magdalénienne E. De la même couche provient un "bâton percé" en bois de renne orné d'une figuration féminine stylisée, "Vénus" magdalénienne dont la présence est hautement symbolique. La fragmentation des restes humains retrouvés dans cette grotte ainsi que leur traitement différent avec en particulier une inhumation secondaire partielle, pose de multiples questions d'ordre culturel laissées pour le moment sans réponse.

#### 4 - L'utilisation des matériaux volcaniques

Diverses variétés de roches volcaniques étaient à la disposition des populations préhistoriques. Les basaltes occupent une place

de choix et certains outillages en comportent une proportion très élevée, depuis le Paléolithique ancien (Soleilhac) jusqu'au Paléolithique moyen, relativement abondant en Velay.

La grotte de Sainte-Anne 1, s'ouvre dans le massif de tufs à palagonite du même nom, sur la commune de Polignac. Elle a livré une impressionnante collection d'objets de pierre taillés en roches volcaniques : différentes variétés de basaltes, phonolites et trachy-phonolites ont été apportées, débitées et utilisées il y a plus de 125 000 ans dans cette cavité par des hommes qui chassaient principalement le cheval et le bouquetin (figures 11 et 12). Une première analyse du niveau supérieur d'occupation (J1) a permis d'identifier quatre faciès lithologiques principaux :

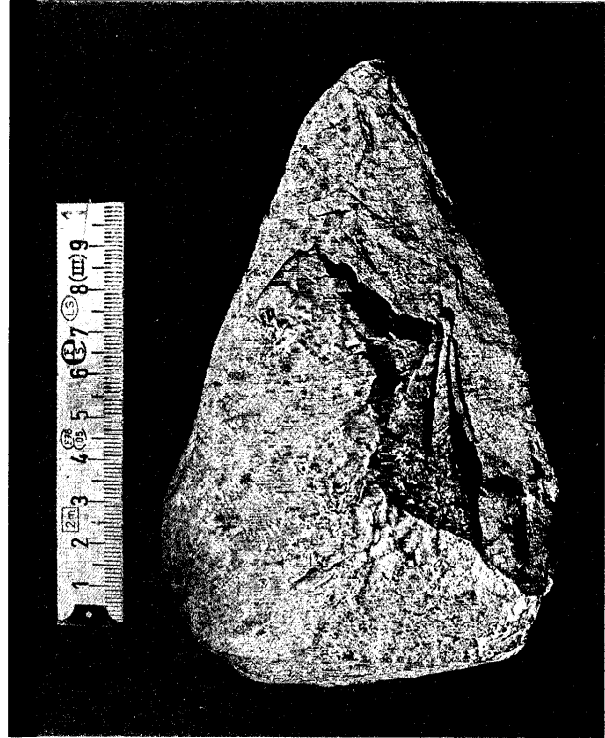


Figure 11 : Biface en basalte, grotte de Sainte Anne 1 à Polignac

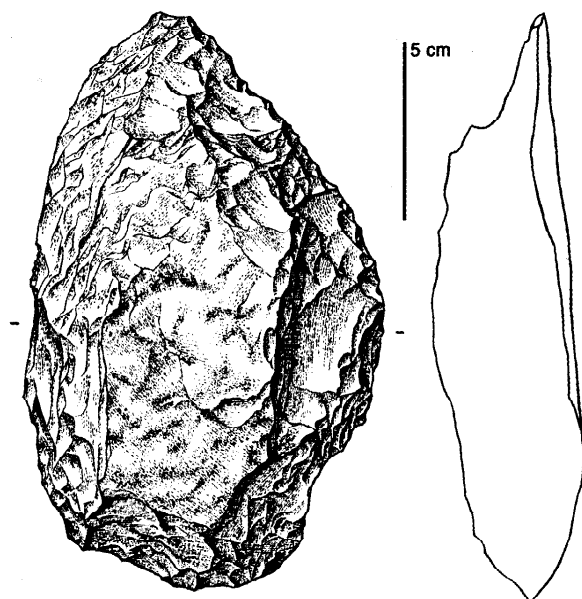


Figure 12 : Racloir en phonolithe, grotte de Sainte Anne 1 à Polignac (dessin Claire Decroix-Bourhim)

- un basalte banal qui, lorsqu'il est frais, est de couleur gris-bleutée. Il se compose d'une mésostase plus ou moins finement cristallisée, formée de microlites de plagioclase, d'augite, d'olivine et de minerais (de type titano-magnétite). Il est aphyrique ou plus ou moins porphyrique, avec des phénocristaux d'augite et d'olivine, généralement de dimensions millimétriques. Quelques échantillons ont montré des phénocristaux d'augite de taille supérieure à 0,5 cm et même à 1 cm. Ce type de basalte se retrouve régulièrement dans les colonnades de prismes réguliers ou dans les niveaux qui se débitent en dalles. Les variations de porphyricité indiquent que les sources d'approvisionnement étaient multiples.

- un basalte noir compact. Pratiquement noir lorsqu'il est frais, il présente un fond de roche formé d'un verre brun violacé qui contient peu ou pas de microlites de plagioclase, des microlites d'augite, d'olivine et de minerais. Il peut également être aphyrique et très vitreux ou plus ou moins porphyrique, avec des phénocristaux d'augite et d'olivine. Plusieurs se distinguent par la présence de phénocristaux d'augite de taille supérieure à 0,5 cm, de nodules de péridotite et d'enclaves polyminéralisées (augite, hornblende, minerais...). De porosité pratiquement nulle, ce faciès, toujours assez dense, présente une cassure esquilleuse, voire conchoïdale, et se révèle très peu altérable, à l'exception du développement d'une fine patine superficielle. Ce faciès se rencontre classiquement dans les entablements de faux prismes qui surmontent les colonnades de prismes réguliers. Les variations observées entre les échantillons permettent de penser que les sources d'alimentation étaient également multiples.

- un basalte microdoléritique. La roche est claire, avec une trame de cristaux de plagioclase bien visible à la loupe. Plusieurs échantillons, de dimensions pluricentimétriques, sont très porphyriques avec des phénocristaux d'augite dépassant 0,5 cm. Ce faciès est plus poreux que les autres faciès, avec peu ou pas de patine. Sa résistance et donc son aptitude à donner de bons éclats devaient être limitées. Il devait encore exister plusieurs sources d'approvisionnement.

- des roches différenciées, de type phonolite ou trachyphonolite, voire trachyte, assez abondantes et toujours claires (teinte de départ ou d'altération). Ces faciès se distinguent entre eux par la texture de la pâte, plus ou moins fine. Les phonolites sensu stricto semblent prédominantes. Elles se remarquent par la forme des éléments, généralement en petites plaquettes de quelques centimètres de largeur pour moins d'un centimètre d'épaisseur, dûe à un débit naturel ou anthropique exploitant les plans de fluidalité de la roche. La totalité des échantillons est patinée et de teinte blanc-jaunâtre, ce qui résulte de l'altération postérieure au débitage à partir d'une roche de couleur gris-verdâtre. Il faut signaler un échantillon présentant des phénocristaux (0,5 cm) aux clivages flexueux et à reflets bronzés qui pourraient correspondre à un orthopyroxène (type hypersthène). On peut encore conclure à plusieurs sources d'alimentation.

Ces roches, et d'autres peu représentées, se retrouvent également en proportions parfois importantes dans certains assemblages moustériens régionaux (le Rond de Saint-Arcons, Rochelimage...) et forment une part importante du macro-outillage du site de Baume-Vallée à Solognac-sur-Loire où se rencontrent des choppers en phonolite et des retouchoirs en basalte qui servaient à réaffûter les tranchants des outils en silex (figure 13).

L'opale résinite de Saint-Pierre-Eynac est une roche d'origine hydrothermale, liée à une activité volcanique trachy-phonolitique intervenue vers 10 millions d'années dans le système éruptif du

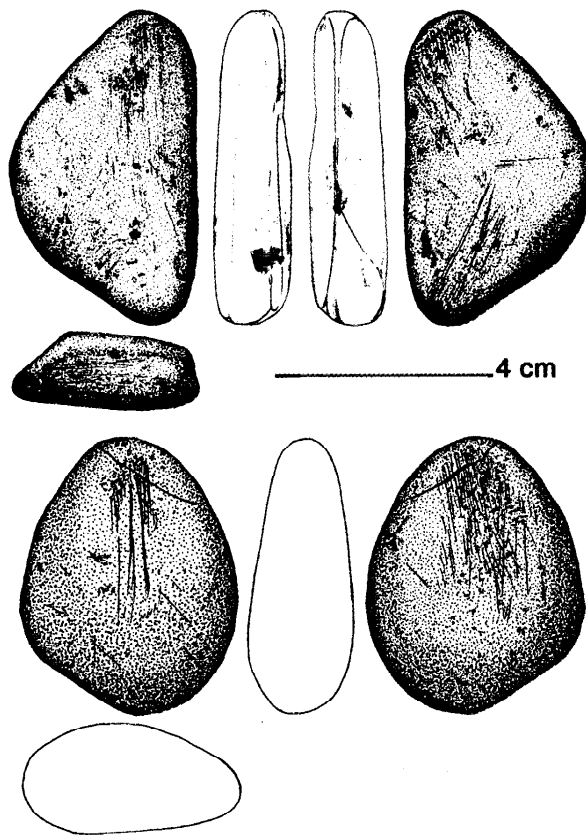


Figure 13 : Retouchoirs moustériens en basalte, abri de Baume Vallée à Solognac-sur-Loire (dessins Olaf Jöris)

mont Plaux en Velay oriental (Frerichmann, 1977). Bien que très localisée, cette ressource de matériau siliceux, pourtant hétérogène mais de bonne qualité générale, était connue dès le Paléolithique moyen mais a surtout été très largement utilisée au Paléolithique supérieur (Werth, 1992) (figure 14).

Dans la grotte du Rond du Barry, plusieurs lampes à graisse taillées dans des blocs de basalte bulleux ont été abandonnées sur le sol par les derniers occupants des lieux (figures 15 et 16).

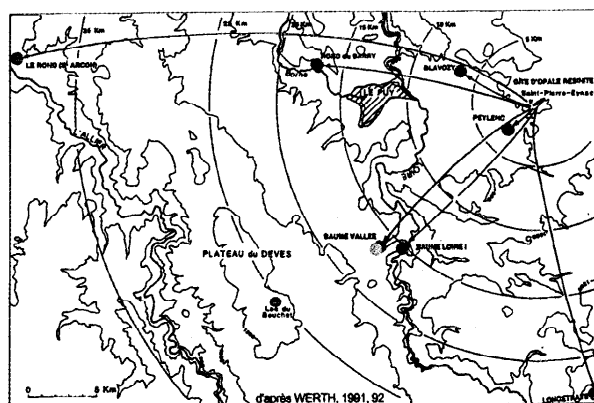
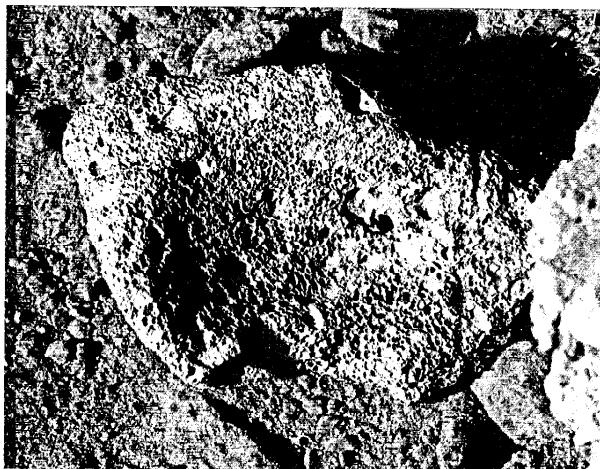
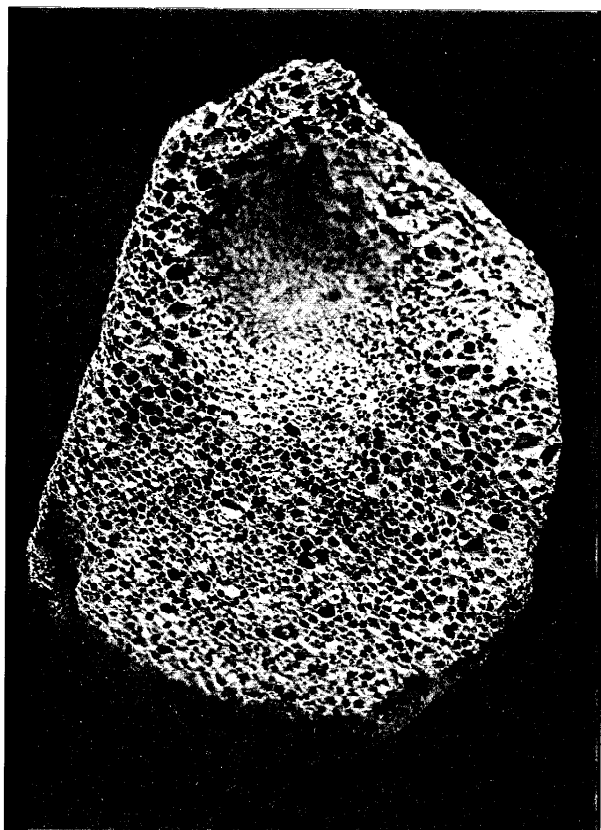


Figure 14 : dispersion de l'opale résinite de Saint-Pierre-Eynac (d'après Werth, 1992)

Les artistes préhistoriques, dont chacun connaît la qualité des oeuvres pariétales, ont laissé de multiples témoignages dans les grottes des régions environnantes. Les zones volcaniques d'alti-



Figures 15 et 16 : Lampes à graisse en basalte bulleux, grotte du Rond du Barry, Polignac



tude du Sud du Velay-Vivarais n'ont hélas pas été propices à la préservation de tels vestiges et les manifestations des artistes paléolithiques se limitent aux quelques objets d'art mobilier découverts en cours de fouilles. Au cours des fouilles de l'abri de Blassac I effectuées de 1967 à 1969, Jean-François Alaux a découvert un petit galet de basalte, assez allongé, peu épais, dont la face ornée a servi de retouchoir. La gravure représente un animal trapu à tête massive, à la ligne de croupe peu marquée, à la queue courte et épaisse bien dégagée, aux pattes simplement indiquées par un trait en V. Deux cornes surmontent la tête (Alaux, 1969) (figure 17). Dans l'abri du Degaure, près de Langeac, dé-

couvert et sondé par Marc Aulanier, deux galets portent des gravures complexes. Sur l'un des galets est figuré un renne (figure 18). Sur l'autre sont gravés deux bouquetins, le plus gros très détaillé et "blessé" par de multiples signes en flèches qui évoquent les rites de magie liés à la chasse (figure 19).

## 5 - Conclusion

Le volcanisme pèse également sur le débat des tous premiers peuplements du Velay. Il a en effet été montré que les éruptions violentes étaient capables de fabriquer une variété de géofacts (pseudo-objets taillés appelés téphrofacts) que l'on retrouve dans

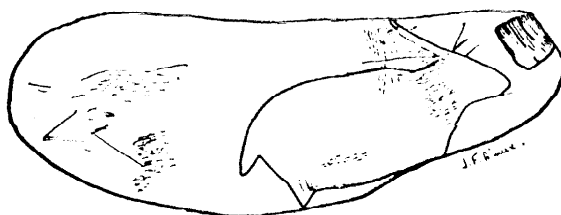


Figure 17 : Galet de basalte gravé, abri de Blassac I (relevé J.F Alaux)



Figure 18 : Renne gravé sur galet volcanique, Le Degaure (relevé Marc Aulanier)

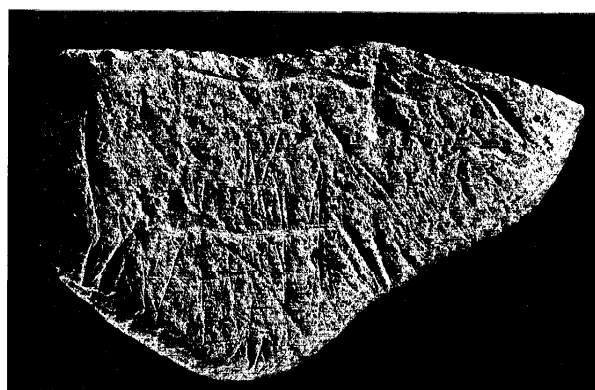


Figure 19 : galet volcanique gravé de deux bouquetins Le Degaure (cliché Alain Roussot)

la plupart des dépôts liés au volcanisme explosif du Velay-Vivarais (Raynal et al., 1995 ; Raynal et Magoga, 2001). Il convient donc de se montrer extrêmement prudent en matière de cailloux éclatés découverts ici et là dans les dépôts volcano-sédimentaires anciens du Velay-Vivarais et d'intensifier les recherches d'éventuels restes d'hominiés et d'outillages plus abondants dans des contextes irréprochables, seuls à même d'attester sans

équivoque d'un premier peuplement en des temps aussi reculés. Le volcanisme a certainement préservé des sites qui restent encore à découvrir. Au terme de ce tour d'horizon, on mesure bien l'impact a posteriori du volcanisme en matière d'implantation des groupes humains et de développement de leurs activités tech-

niques dans les différents domaines de la vie quotidienne. La grande diversité des paysages induits et la variété des ressources a donné lieu à des expressions originales qui font du Velay une région au patrimoine préhistorique particulièrement riche où les découvertes n'en sont sans doute qu'à leur début.

## Références

- ALAUX J.F., 1969 – Note préliminaire sur l'abri sous roche de Blassac (Haute-Loire). *Congrès préhistorique de France*, XIX<sup>e</sup> session, Auvergne, Paris, SPF ed. (1972), 32-36.
- BERTRAN P., 1994 – Dégradation des niveaux d'occupation paléolithiques en contexte périglaciaire : exemples et implications archéologiques. *Paléo*, n°6, 285-302.
- BERTRAN P. et RAYNAL J.P., 1990 – Stratigraphie et sédimentation. in Abri Laborde, Baume-Vallée, Ajizoux, Solignac-sur-Loire, Haute-Loire. Rapport de synthèse 1988-89-90, sous la direction de J.P. Raynal, diffusion restreinte, 30-41.
- BERTRAN P. et TEXIER J.-P., 1995 – Fabric Analysis : Application to Paleolithic Sites. *Journal of Archaeological Sciences*, 22, 521-535.
- 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, 93-100.
- BONIFAY E., et BONIFAY M.F., 1981 – Le gisement préhistorique de Soleilhac (Blanzac, Haute-Loire). *Le bassin du Puy aux temps préhistoriques. Recherches récentes*, musée Crozatier, Le Puy-en-Velay, 19-36.
- BONIFAY E., 1991 – Les premières industries du sud-est de la France et du Massif central. *Les premiers européens*, éd. CTHS, Paris, 63-80.
- BONIFAY E. et TRUZE E., 1984a - Paléorivages et évolution des lacs et paléolacs du Velay (Massif Central français). *10<sup>e</sup> R.A.S.T.*, Bordeaux, S.G.F. Ed., 72.
- BONIFAY E. et TRUZE E. (1984b) - Structures et dynamique sédimentaire dans les lacs de maars : l'exemple du Velay (Massif Central français). *5<sup>e</sup> Congrès Européen de Sédimentologie*, Marseille, Résumés, p. 68-69.
- BOUT P., 1970 - Maar et cones de scories d'Auvergne et du Velay. *Revue d'Auvergne*, t. 84, n°1, 29-42.
- BOUT P., 1973 - *Les volcans du Velay*. Watel, Brioude, 287 p.
- CARRE F., 1983 - Le site de Blassac, les Battants (Haute-Loire). Fouilles 1971-1978. Eléments d'une stratigraphie. *Congrès Préhistorique de France*, 21<sup>e</sup> session, Montauban-Cahors, 1979, volume II, 57-75.
- CAMUS G., BOIVIN P., de GOER de HERVE A., GOURGAUD A., KIEFFER G., MERGOIL J., VINCENT P.M., 1981 – Le Capelinhos (Faial, Açores) ving ans après son éruption : le modèle éruptif "surtseyen" et les anneaux de tufs hyaloclastiques. *Bull. Volcanol.*, 44, 1, 31-42.
- DEFIVE E., 1996 – *L'encassement du réseau hydrographique dans le bassin supérieur de la Loire*. Thèse Univ., Paris I, 551 p.
- DEFIVE E., CANTAGREL J.-M., 1998 – Chronologie de l'encassement du réseau hydrographique en domaine volcanisé : l'exemple de la haute vallée de la Loire. 12-17. *Symp. INQUA COT/UISPP 31*, Brives-Charensac, 12-17.
- FRERICHMANN U., 1977 – *Le volcanisme dans les environs de Saint-Pierre-Eynac (Haute-Loire)*. Etude géologique et pétrographique. Mémoire de DES, Université de Clermont-Ferrand, 75 p.
- KIEFFER G., 1968 – Contribution à l'étude de l'altération des laves à caractères basaltiques. *Rev. Auv.*, 82, 1, 27-49.
- KIEFFER G., 1969 – Caractères des coulées de lave à entablement de faux prismes. *C.R.A.Sc.*, 269, 2178-2181.
- KIEFFER G., 1971 – Aperçu sur la morphologie des régions volcaniques du Massif Central. *Symp. J. Jung*, éd. Plein Air Serv., 479-510.
- KIEFFER G., 1977 – Diaclason et prismation dans les laves. *5<sup>ème</sup> RAST*, Rennes, 288.
- 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, 25-52.
- KIEFFER G. et LAUTRIDOU J.P., 1975 – La gélivité de quelques roches volcaniques du Massif central. *Revue d'Auvergne*, tome 89, n°1, 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 E. Juvigné et J.P. Raynal, Les dossiers de l'Archéo-Logis n°1, CDERAD éd., 159-173.
- LE GALL O. et RAYNAL J.P., 1986 – Cerzat (haute-Loire) : Le Pié du Roy. Un site préhistorique dans un volcan. *Revue archéologique du Centre de la France*, 25, 1, 99-100.
- MARGUERIE D., 1982 – *Etude géologique du gisement préhistorique du Blot (Cerzat, Haute-Loire)*. Eléments de lithostratigraphie et paléologie. Mémoire de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, Paris, 261 p.
- NOACK Y., 1979 – *Altération sous-marine des verres volcaniques basiques. Essai sur la palagonitisation*. Thèse, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 95 p.
- RAYNAL J.P., DAUGAS J.P., PAQUEREAU M.M., GUADELLI J.L., MARCHIANTI D., MIALLIER D., FAIN J., SANZELLE S. (1984) - Le maar de Saint-Hippolyte (Puy-de-Dôme, France). Datation par thermoluminescence, flores et faunes fossiles, présence humaine, climatochronologie et dynamique du système paléolacustre. *Revue des Sciences Naturelles d'Auvergne*, vol. 50, fasc. 1-2-3-4, p. 97-114.
- RAYNAL J.P., 1987 - Evolution comparée de lacs de maars en Auvergne et Velay (France). Datation et contribution à la connaissance des paléoclimats pléistocènes. *Documents du CERLAT*, mémoire n° 1, 65-96.
- RAYNAL J.P. et MAGOGA L., 2001 – Géofacts et téphrofacts dans le Massif central : Quand la nature mystifie le préhistorien. In *Nouvelles archéologiques*. Du terrain au laboratoire... *Revue d'Auvergne*, 2000, 554/555, n° 1/2, tome 114, 16-34.
- RAYNAL J.P., VERNET G., avec la collaboration de PAQUEREAU M.M. et PAPY G., 2001 – Sédiments, téphras et pollens dans le Complexe de Soleilhac. In *Tephros*, chronology, archaeology, ss la dir. de E. Juvigné et J.P. Raynal, Les dossiers de l'Archéo-Logis n°1, CDERAD éd., 191-209.
- RAYNAL J.P., MAGOGA L., BINDON P., 1995 – Tephrofacts and the first occupation of the French Massif Central. In *The Earliest Occupation of Europe*, Roebroeks W. & Van Kolfschoten T. ed., University of Leiden, 129-146.
- TEXIER J.P., BERTRAN P., COUTARD J., FRANCOU B., GABERT, GUADELLI J.L., OZOUF J.C., PLISSON H., RAYNAL J.P., VIVENT D., 1998 - TRANSIT, An Experimental Archaeological Program in Periglacial Environment: Problem, Methodology, First Results. *Geoarchaeology : An International Journal*, Vol. 13, N° 5, 433-473.