HAL
open science

La Tephra des Roches, marqueur du volcanisme contemporain de la fin du Magdalénien dans le Massif Central français

Gérard Vernet, Jean-Paul Raynal

To cite this version:

Gérard Vernet, Jean-Paul Raynal. La Tephra des Roches, marqueur du volcanisme contemporain de la fin du Magdalénien dans le Massif Central français. Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, 1995, 321, série IIa, pp.713-720. halshs-00004325

HAL Id: halshs-00004325

https://shs.hal.science/halshs-00004325

Submitted on 29 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.

La Tephra des Roches, marqueur du volcanisme contemporain de la fin du Magdalénien dans le Massif Central français.

Gérard VERNET et Jean-Paul RAYNAL

Résumé **-** Définie à Gimeaux, la Tephra des Roches, de composition entre trachyandésite et trachyandésite basaltique, a été émise par un appareil septentrional de la Chaîne des Puys (Puy de la Nugère ?) à la fin du Dryas II, vers 12 000 BP. Elle a directement affecté la dernière occupation madgalénienne de l'Abri Durif à Enval, 30 km au Sud-Est de son point d'émission supposé.

Mots-clés : Tephra, Chaîne des Puys, Trachyandésite, Magdalénien.

The Les Roches Tephra : a marker of volcanism contemporary with the Late Magdalenian in the Massif Central, France

Abstract : The Les Roches tephra has been defined at Gimeaux. It was emitted by a trachyandesitic volcano (Puy de la Nugère ?) at the end of Dryas II, around 12000 BP. It as directly affected a late Magdalenian living site , Abri Durif at Enval, 30 km to the southeast of its source.

Key-words : Tephra, Chaîne des Puys, Trachyandesite, Magdalenian.

Abridged English Version - Numerous thermal springs have caused the build up of travertine ranges on the north-western boundary of Limagne. At Gimeaux (Fig. 1), these travertines have preserved tephras (Vernet, 1992). One of these, known as Les Roches Tephra, has been discovered 30 km to the southeast in the Magdalenian site of Enval and allows the characterisation of a lobe of products emitted by a trachyandesitic volcano at the end of Dryas II.

1 - THE TYPE-SECTION AT GIMEAUX SPRING - From top to the bottom the following deposits have been observed:

- hydrothermal travertines (2 m thick)
- alternate thin layers of travertine and clays (1 m thick)
- black to greenish clays (2.10 m thickness observed). Within these clays, two layers of black ash have been located. The lower layer (Les Roches tephra) is 0.10 to 0.15m thick and rich in organic debris.

The Les Roches Tephra is a well sorted coarse ash (Md= 265µm, Sk= 1.01) (Fig. 2), black in color. The scorias are of two types : light scorias (type 1) with a typically "foamy" or pumice-like to fibrous structure and more or less angular black scorias (type 2) showing a slightly to very poorly developed vesiculation.

The heavy mineral association (Tabl. I) is composed of brown hornblende brune formed in pléochroïc prisms and flakes of green clinopyroxene. The chemical composition established in the scorias picked out and washed is at the limit of the range of basaltic trachyandesites and of the trachyandesites (Fig. 3). A radiocarbon age estimate by the mass spectrometer method (Gif TAN 91102= 12010 ± 150 BP) places this cover at the end of Dryas II.

2 - THE GIMEAUX-LES ROCHES SECTION - The stratigraphy observed from top to bottom in this section is as follows :

- beige colluviums with a sandy matrix containing pebbles (0.50 m to 0.70 m thick)
- grey palustral complex consolidated by carbonates (0.60 m thick).
- white palustral clays (0.30 m to 0.50 m thick)

- Les Roches Tephra (average thickness 0.50 m)
- Oligocene clays and marls (0.50 m thickness observed).

The granulometry of Les Roches Tephra shows a well sorted coarse ash (Md= 374µm, Sk= 1.22) (Fig. 2). The mineralogical association (Tabl. I) essentially contains two types of minerals in roughly equal proportions: brown hornblende and flakes of green clinopyroxene.

3 - THE ENVAL ASH-FALL - 3.1 - Level Ia at the Abri Durif - This rockshelter contains several late Magdalenian archaeological levels (Bourdelle, 1979). Level Ia is composed of a thin, regular tephra (2cm thick) which adheres to the stone artefacts and faunal remains of the most recent Magdalenian occupation and seals the archaeological sequence.

It consists of a well-sorted coarse ash (Md= 341µm, Sk=1.29) (Fig. 2). The predominant mineral is a green pyroxene which occurs in flakes. Brown amphibole represents slightly more than one third of the assemblage (table 1). The chemical composition is that of a latite at the limit of the basalic trachyandesite and trachyandesite range (Fig. 3).

The chronology of the Enval sequence, based on diagnostic faunal material (F. Delpech, pers. com.) (1) and radiocarbon age estimates (Bourdelle, op. cit.), is thus precised for its upper part (Tabl. II). Propositions concerning the present drainage pattern (Raynal, 1984) have been confirmed.

3.2 - Ash-fall on the D 116 at Enval - Roadworks on route D 116 permitted observations of silty-clay slope deposits dissected by an erosion channel blocked by volcanic material (Daugas in Bonifay, 1978, p. 626). The latter consists of a well-sorted coarse black ash (Md= 317µm, Sk=0.71) (Fig. 2). The heavy mineral content (Tabl. I) is low but the magnetite content is high. The predominant mineral is a green pyroxene which occurs in flakes.

4 - DISCUSSION - The source of Les Roches tephra should be sought among the volcanos of comparable age which have emitted lavas or, in which a mixture of two magmas have been observed. The Puy de la Nugère meets these requirements (Camus et al, 1983, Gourgaud et Camus, 1984 ; Gourgaud, 1985), but this does not exclude the possibility that other volcanos of comparable age have emitted the same type of products.

In the Clermont Basin, only the ash falls of type CF1 (Vernet, 1992) have a stratigraphic position, geochemical composition (benmoréïte/latite) and lava (mixture of scorias) compatible with those of the Les Roches tephra. Among the undated tephras of Limagne, the ash fall Gerzat C (Juvigné et al, 1992) also shows a mineralogical composition and geochemistry (shoshonite) close to that of the Les Roches tephra.

The impact of various geological and morphological phenomena (volcanic eruptions, destabilisation of cliffs, localised erosion and downcutting...) at the Dryas II-Alleröd transition needs to be considered more closely from the point of view of human behaviour in an area of volcanic activity (Raynal et al, 1994).

Numerous structures in the Chaîne des Puys still remain porrly known and may perhaps have been active at the same time during the period of the Late Glacial. At present, the Les Roches tephra is the only ash fall known to have directly affected a late Magdalenian living site at the end of Dryas II in the Auvergne.

Le long des accidents bordiers de la Limagne septentrionale, de nombreuses sources thermales ont édifié des massifs de travertins. A Gimeaux (Fig. 1), ces travertins ont conservé des tephra de la Chaîne des Puys (Vernet,1991,1992). L'une d'elles, dénommée

Tephra des Roches, a été retrouvée 30 km au Sud-Est dans le gisement magdalénien d'Enval : elle caractérise un recouvrement trachyandésitique à la fin du Dryas II.

1 - LA COUPE-TYPE DE GIMEAUX-SOURCE - 1.1 - Stratigraphie - Nous avons observé de haut en bas (1) :

- Travertins hydrothermaux (2 m),
- Alternance de minces niveaux de travertins, de niveaux d'argile rouille ou beige et de niveaux travertineux chargés en sables (1 m).
- Argiles noires à verdâtres (2,10 m visibles). Certains niveaux sont organiques, avec fragments de feuilles et de brindilles. Au sein de cet ensemble, existent deux niveaux de cendres noires. Le niveau inférieur *(Tephra des Roches)* est puissant de 0,10 à 0,15 m, sans litage apparent.

1.2 - Granulométrie - Il s'agit d'une cendre grossière bien classée (Md= 265µm, Sk= 1,01) (Fig. 2), noire, assez pulvérulente lorsqu'elle est sèche, sans litage ni granoclassement. On note la présence dans la masse de nombreux débris organiques (feuilles, brindilles, herbacées).

1.3 - Morphoscopie - A la binoculaire, les scories sont de deux types : noires ou claires (brunes claires à beiges). L'examen au M.E.B. permet leur caractérisation :

- Type 1, scories claires : ces fragments ont un aspect "moussu" ou ponceux à tendance fibreuse (tubules et des microfilaments de verre) caractéristique. Le verre volcanique est très frais, sans altération chimique. Les vésicules contiennent des particules adhérentes (néocristalisations de calcite ou aragonite et fragments de verre volcanique).

- Type 2, scories noires : Les fragments sont plus ou moins anguleux, avec une vésiculation peu à très peu développée. On note de grandes vésicules aux formes plus ou moins contournées et de plus petites subsphériques, laissant subsister entre elles de grandes plages de verre volcanique très frais.

1.4 - Minéralogie (Tabl. I) - Les teneurs en minéraux lourds et en magnétite sont peu élevées. Le cortège est constitué de hornblende brune automorphe en prisme pléochroïque et de clinopyroxène vert en éclats. Tous les minéraux sont recouverts d'une gangue vitreuse foncée ("*Bubble-wall texture"* de Fischer R.V., 1963).

1.5 - Géochimie - La composition chimique, établie sur scories triées et lavées, est à la limite des domaines des trachyandésites basaltiques et des trachyandésites, selon la classification internationale de Le Bas *et al.* (1986) (Fig. 3).

1.6 - Datations numériques - La présence de fragments organiques au sein de la Tephra des Roches a permis une datation radiocarbone par la méthode de spectrométrie de masse (1) qui situe le recouvrement à la fin du Dryas II : Gif TAN 91102 = 12010 ± 150 BP.

2 - LA COUPE DE GIMEAUX-LES ROCHES - 2.1 - Stratigraphie - Elle est la suivante de haut en bas :

- Colluvions beiges à matrice argilo-sableuse, contenant des galets remaniés d'une formation alluviale ancienne (0,50 m à 0,70 m).
- Complexe palustre gris consolidé par les carbonates hydrothermaux (0,60 m).
- Argiles blanches palustres très plastiques (0,30 m à 0,50 m).
- *Tephra des Roches* (0,50 m en moyenne).
- Argiles et marnes oligocènes plus ou moins déformées (0,50 m visibles).

2.2 - Granulométrie et morphoscopie - Il s'agit d'une cendre grossière, bien classée (Md= 374µm, Sk= 1,22), noire, compacte, non litée, sans granoclassement (Fig. 2). En lame mince, on observe des fragments de lave assez anguleux, pas très vésiculés, de verre volcanique sombre à microlites de plagioclase et rares cristaux de clinopyroxènes.

2.3 - Minéralogie (Tabl. I) - La teneur moyenne en minéraux lourds est faible et varie suivant la granulométrie. La teneur en magnétite est assez élevée. Le cortège minéralogique contient essentiellement deux minéraux en proportions sensiblement équivalentes : l'hornblende brune en baguettes avec un pléochroïsme intense (du noir au brun clair en lumière naturelle) et un clinopyroxène vert le plus souvent en éclats. En minéral accessoire, on rencontre un clinopyroxène brun automorphe. Une gangue vitreuse plus ou moins vésiculée *("Bubble-wall texture"* de Fischer R.V., 1963) adhère à tous ces minéraux.

3 - LES RETOMBEES D'ENVAL - 3.1 - Le niveau Ia de l'Abri Durif - Cet abri sous roche contient plusieurs niveaux archéologiques de la fin du Magdalénien (Bourdelle, 1979). Dans les niveaux I à IV, des cendres volcaniques ont été identifiées en 1971 par H. Pelletier et considérées comme une retombée directe d'une seule éruption. Un nouvel échantillonnage (1) a montré que seul le niveau Ia présentait toutes les garanties pour la mise en oeuvre d'analyses plus complètes. C'est une téphra mince (2 cm) et régulière qui adhère aux objets lithiques et aux restes de faune de l'occupation magdalénienne la plus récente et scelle donc la séquence archéologique ; elle n'est surmontée que par un effondrement de la voûte de l'abri.

3.1.1 - Granulométrie - Il s'agit d'une cendre grossière, bien classée (Md= 341µm, Sk= 1,29) qui forme un niveau noir compact, non lité, sans granoclassement (Fig. 2).

3.1.2 - Minéralogie (Tabl. I) - La teneur en minéraux lourds est faible, mais la teneur en magnétite est forte. Le minéral dominant est un pyroxène vert en éclats. L'amphibole brune automorphe en prismes pléochroïques représente un peu plus d'un tiers de l'assemblage. On note la présence en faibles pourcentages de l'olivine et de divers en provenance du substrat éocène (apatite et zircon). Les minéraux volcaniques (amphiboles, pyroxènes et olivines) sont recouverts d'une gangue vitreuse foncée ("*Bubble-wall texture"* de Fischer R.V., 1963).

3.1.3 - Géochimie - La composition chimique, établie sur scories triées et lavées, est celle d'une latite, à la limite des domaines des trachyandésites basaltiques et des trachyandésites, selon la classification internationale de Le Bas *et al.* (1986) (Fig. 3).

3.1.4 - Apport à la chronologie du site - La chronologie de la séquence d'Enval, fondée sur des éléments zoologiques diagnostiques établis par F. Delpech (1) et des datations radiocarbone, se voit ainsi précisée pour sa partie sommitale (Tabl. II). Les propositions concernant la mise en place du réseau hydrographique actuel (Raynal, 1984) sont confortées.

(insérer ici le Tabl. 2)

3.2 - Retombée de la D 116 à Enval - Les travaux d'aménagement de la route départementale 116 ont permis d'observer des formations de versant limono-argileuses interrompues par un chenal de ravinement comblé de cendres volcaniques (Daugas*in* Bonifay, 1978, p. 626).

3.2.1 - Granulométrie - Il s'agit d'une cendre grossière noire, bien classée (Md= 317µm, Sk= 0,71) (Fig. 2), ayant subi un remaniement limité et un enrichissement en particules détritiques et en carbonates dans sa fraction limoneuse.

3.2.3 - Minéralogie (Tabl. I) - La teneur en minéraux lourds est faible mais la teneur en magnétite est forte. Le minéral dominant est un pyroxène vert en éclats. L'amphibole brune automorphe en prismes pléochroïques représente un peu plus d'un tiers de l'assemblage. L'olivine est présente en pourcentage notable, mais une partie des péridots provient de la reprise d'un stock plus ancien. Cette pollution du niveau téphrique se marque également par l'augmentation des divers en provenance du substrat éocène (apatite, zircon, calcite et diopside).

4 - DISCUSSION - Le volcan émetteur de la Tephra des Roches doit être recherché parmi des édifices d'âges comparables. Cette retombée présente des indices d'un mélange de magmas : composition géochimique à la limite des trachyandésites basaltiques et des trachyandésites, coexistence de scories claires fibreuses et de scories noires peu vésiculées et irrégularité de la représentation de l'olivine dans les cortèges minéralogiques. Le système éruptif du Puy de La Nugère a fourni des laves où l'on observe tous les stades de mélange de deux magmas (Camus *et al*, 1983, Gourgaud et Camus, 1984 ; Gourgaud, 1985) lors d'une phase éruptive d'un âge compatible avec celui de la Tephra des Roches. Dans l'état actuel des connaissances sur la Chaîne des Puys, il paraît raisonnable de rapporter la Tephra des Roches au Puy de la Nugère, mais il n'est pas exclu que d'autres volcans d'âges comparables aient fourni les mêmes types de magmas et de tephra.

Dans la cuvette clermontoise, seules les retombées de type CF1 (Vernet, 1992) ont une position stratigraphique et une composition géochimique (benmoréïte/latite) et lavique (mélange de scories) compatibles avec celles de la Tephra des Roches. Parmis les tephra non datées de Limagne, la retombée Gerzat C (Juvigné *et al*, 1992) présente également une composition minéralogique et géochimique (shoshonite) très proche de celle de la Tephra des Roches.

La Tephra des Roches représente donc un recouvrement régional non négligeable. A Enval, 30 km au Sud-Est de sa source potentielle, la forte teneur en magnétite, le rapport

pyroxènes/amphiboles et la conservation du classement pour une distribution granulométrique quasi identique à celle observée en position proximale, montrent que l'on se trouve ici dans l'axe principal du lobe. En revanche, les caractères observés dans le secteur proximal de Gimeaux indiquent une position plus latérale.

D'autres tephra trachyandésitiques, plus tardives, ont été également rapportées au Puy de la Nugère (Juvigné, 1992). Le terme "Tephra de la Nugère" (Juvigné, 1993) a été proposé pour supplanter celui de "Tephra de Ravel" (Juvigné *et al*, 1992) regroupant différentes retombées issues de ce volcan pendant l'Alleröd vers 11400 BP et formant un vaste lobe orienté vers l'Est qui a atteint le Haut Forez (Etlicher *et al*, 1987). Parmi elles, la Tephra de la Moutade (Vernet *et al*, 1990 ; Vernet, 1992), de composition shoshonitique et d'âge Alleröd parfaitement établi par des méthodes croisées dans des environnements pédosédimentaires démonstratifs, fait antériorité et doit être retenue pour nommer ce recouvrement.

L'étude des recouvrements pyroclastiques, outre une contribution chronologique d'importance (isochronie), s'intégre dans la caractérisation approfondie des environnements de l'Homme fossile. Les impacts conjugués de différents phénomènes géologiques et morphologiques qui se produisent à la transition Dryas II-Alleröd (éruption volcanique, effondrement de voûte dans les abris, ravinements, enfoncement des drains...) demandent à être évalués dans la perspective d'une meilleure lecture des modalités du peuplement humain des zones volcaniques actives, qui n'en est qu'à ses débuts (Raynal *et al*, 1994).

Nombre d'édifices de la Chaîne des Puys restent encore mal connus et ont peut-être fonctionné simultanément au cours du Tardiglaciaire. Pourtant, à ce jour, la Tephra des Roches attribuée au Puy de La Nugère est la seule retombée ayant directement affecté un lieu de vie du Magdalénien final à la fin du Dryas II en Basse Auvergne.

G.V. et J.P.R., Université de Bordeaux 1, Institut du Quaternaire, UMR 9933
CNRS et GDR 1122 CNRS, Avenue des Facultés, 33405 Talence Cedex.

---

(1) Les auteurs expriment leurs vifs remerciements à Mr et Mme GIRARD, à Hélène VALLADAS, Yves BOURDELLE, Jean-Pierre DAUGAS, Françoise DELPECH, Guy CAMUS, Etienne JUVIGNE et Jill COOK.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BONIFAY E. (1978) - Circonscription d'Auvergne. *Gallia Préhistoire*, 21, 2, p. 605-626.

BOURDELLE Y. (1979) - L'Abri Durif à Enval (Vic-le-Comte, Puy-de-Dôme). I. Etude préliminiare du Magdalénien final du fond de l'abri. Gallia Préhistoire, 22, 1, p. 87-111.

CAMUS G., DE GOER DE HERVE A., KIEFFER G., MERGOIL J. et VINCENT P.M. (1983) - *Volcanologie de la Chaîne des Puys (Massif Central français).* Notice et carte, 2ème Ed. Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne, découverte de la nature, 8, p. 112.

ETLICHER B., JANSSEN C.R., JUVIGNE E. et LEEUWEN (VAN) J.F.N. (1987) - Le Haut Forez (Massif Central, France) après le pléniglaciaire würmien : environnement et téphra du volcan de la Nugère. *Bull. de l'A.F.E.Q.*, 1984-4, n°32, p. 229-239.

FISHER R.V. (1963) - Bubbles-wall texture and its significance. *J. Sed. Petrol.,* 33, p. 224-235.

GOURGAUD A. et CAMUS G. (1984) - Magma Mixing at La Nugère Volcano (Chaîne des Puys, Massif Central, France) : Role in the Trachyandesites Genesis. *Bull. Volcanol.,* 47/4, p. 781-805.

GOURGAUD A. (1985) **-** *Mélanges de magmas dans les séries alcalines et calco-alcalines : leur rôle dans la genèse des laves intermédiaires et leur influence sur les mécanismes éruptifs***.** Thèse Sc. Université de Clermont-Ferrand, 522 p.

JUVIGNE E. (1992) - Distribution of widespread Late Glacial and Holocene tephra beds in the French Central Massif. *Quaternary International*, 13/14, p. 181-185, déposée et consultable.

JUVIGNE E. (1993) - *Contribution à la Téphrostratigraphie du Quaternaire et son application à la Géomorphologie*. Mémoire pour servir à l' Explication des Cartes géologiques et Minières de la Belgique, 6, 66 p.

JUVIGNE E., KROONENBERG S.B., WELDKAMP A., EL ARABI A. et VERNET G. (1992) - Widespread Alleröd and Boreal trachyandesitic to trachytic tephra layers as stratigraphical markers in the Massif Central, France. *Quaternaire*, 3, (3-4), p. 137-146.

LE BAS, M.J., LE MAITRE R.W., STRECKEISEN A. et ZANETTIN B. (1986) - A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *J. Petrology*, 27, p. 745-750.

RAYNAL J.P. (1984) - Chronologie des basses terrasses de l'Allier en Grande LImagne (Puy-de-Dôme, France). *Bulletin de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, 1.2.3, p. 79-84.

RAYNAL J.P., VERNET J.P., FAIN J., MIALLIER D., MONTRET M., PILLEYRE T., SANZELLE S. et DAUGAS J.P. (1994) - Téphrostratigraphie et préhistoire des 160 derniers millénaires en Limagne d'Auvergne (Massif Central, France).*Bulletin de la Société préhistorique française*, 91, p. 149-157.

VERNET G., RAYNAL J.P., MIALLIER D., PILLEYRE T., FAIN J., SANZELLE S. et MONTRET M. (1990) - La retombée de la Moutade, marqueur stratigraphique de l'Alleröd en Limagne septentrionale (Massif Central, France). *C. R. Acad. Sci. Paris* , 310, série II, p. 1077-1082.

VERNET G. (1991) - Deux niveaux de retombées volcaniques à la base des travertins hydrothermaux de Gimeaux. *in : Le monde extraordinaire des sources de Gimeaux*, H. Girard éd., 2ème trimestre 1991, p. 7-9.

VERNET G. (1992) - *Message du volcanisme régional dans les formations quaternaires de Limagne occidentale (Massif central français). Minéraux denses et retombées.* Thèse de l'Université de Bordeaux 1, n° 724, 335 p, déposée et consultable.

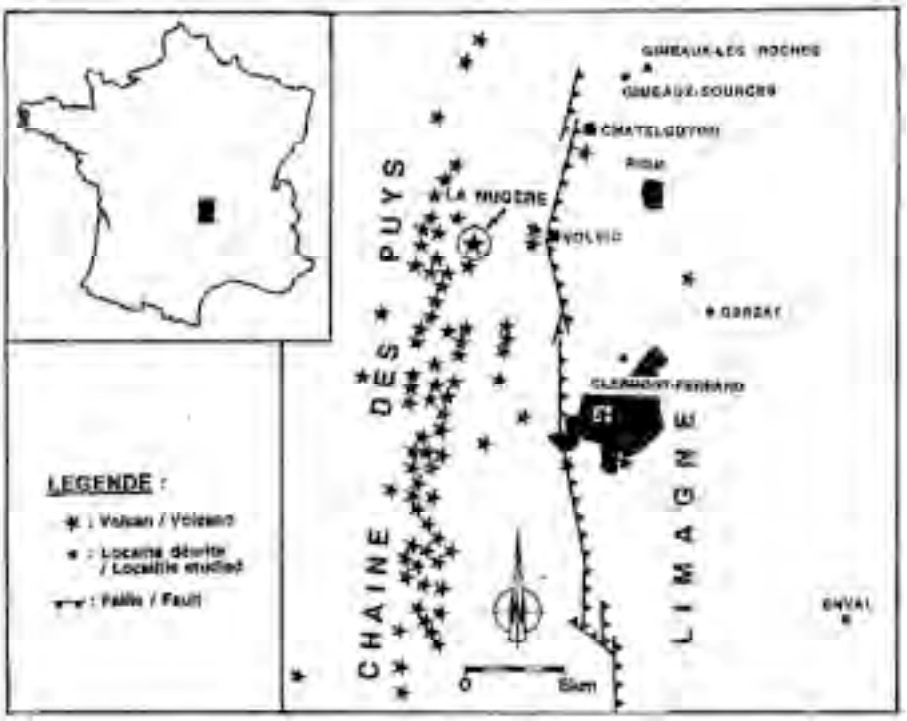


Figure 1 : Carte schématique des volcans de la Chaîne des Puys (d'après CAMUS et al., 1983) et emplacement des localités décrites.
Figure 1: Schematic map of the Chaîne des Puys volcanoes (after CAMUS et al., 1983) and localities studied.

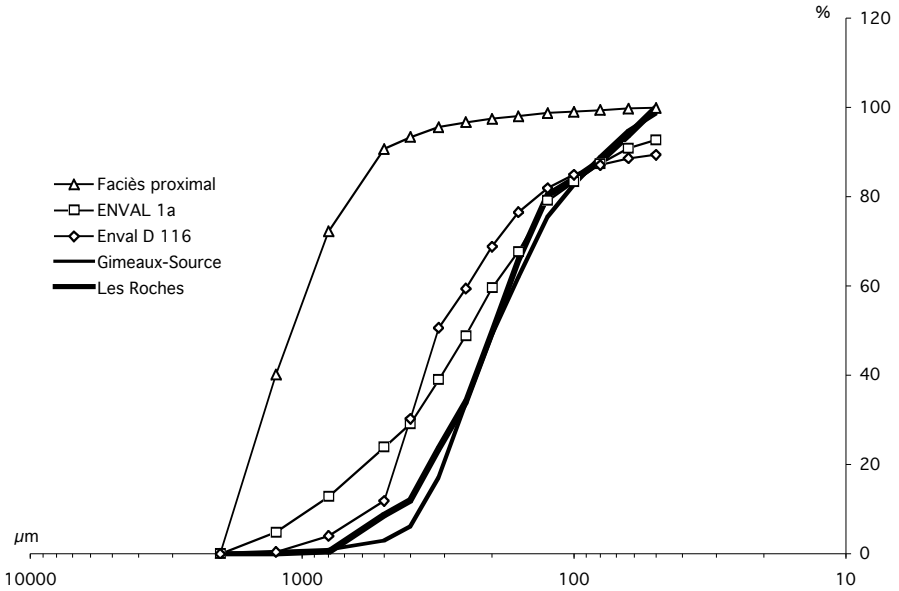
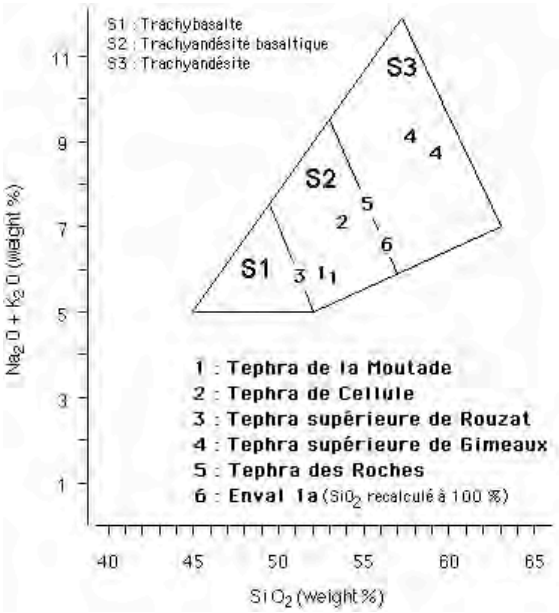


Figure 2 : Courbes granulométriques des différentes tephra étudiées comparées à une retombée proximale du Puy de la Nugère.
Figure 2: Granulometry of identified tephra compared with a sample from the Puy de la Nugère cone.



Composition chimique sur scories triées :

	Enval	Les Roches
SiO_2	54,18	53,60
Al_2O_3	17,36	18,50
Fe_2O_3	7,92	5,80
MgO	2,68	1,99
CaO	6,00	7,83
Na_2O	3,95	4,75
K_2O	2,44	2,60
TiO_2	1,63	1,86
MnO	0,00	0,13
H_2O^+	non dosé	1,48
H_2O^-	non dosé	0,40
Total :	96,16	98,94

Figure 3 : Composition chimique des tephra étudiées dans le diagramme SIO2/Na2O+K20 (LE BAS *et al*, 1985), analyses par fluorescence X, Centre de Recherches Volcanologiques, Clermont-Ferrand.
Figure 3: Chemical composition of identified tephra in SIO2/Na2O+K20 diagram (LE BAS et al., 1985), after X-Fluorescence analysis, Centre de Recherches Volcanologiques, Clermont-Ferrand.

COMPOSITION MINERALOGIQUE DE LA RETOMBEE DES ROCHES / Mineralogical association of Les Roches tephra

Echantillon *Sample*	Au volcan *To volcano*	Fraction *Fraction*	% Magnétite *Magnetite %*	% ML *Heavy Min %*	N *Nr of Grains*	Pyroxènes *Pyroxenes*	Amphiboles *Amphiboles*	Pyr/Amph *Pyr/Amph*	Olivine *Olivine*	Divers *Miscellaneous*
Gimeaux - Les Roches	15 km	80-160 µm	65,50	1,30	263	57,70	42,30	1,36	0,00	0,00
		160-250 µm	53,00	10,50	219	48,41	51,59	0,94	0,00	0,00
		80-250 µm	59,25	5,90	482	53,05	46,94	1,13	0,00	0,00
Gimeaux - Source	13 km	80-160 µm	20,51	2,55	66	50,00	50,00	1,00	0,00	0,00
		160-250 µm	34,42	4,98	41	46,34	53,66	0,86	0,00	0,00
		80-250 µm	27,47	3,77	107	48,17	51,83	0,93	0,00	0,00
Abri d'Enval, niveau 1a	30 km	80-160 µm	86,19	5,41	133	54,88	42,85	1,28	0,75	1,50
		160-250 µm	89,14	6,54	71	70,41	28,16	2,50	1,40	0,00
		80-250 µm	87,67	5,98	204	62,67	35,51	1,76	1,07	0,75
Enval, chenal D 116	30 km	160-250 µm	80,39	7,30	111	49,55	30,65	1,62	16,20	3,60
Puy de la Nugère, cone principal, phase récente	0 km source supposée	80-160 µm	70,67	9,49	103	60,20	28,15	2,14	9,70	1,94
		160-250 µm	73,45	13,95	88	67,05	23,86	2,81	9,09	0,00
		80-250 µm	72,06	11,72	191	63,62	26,02	2,45	9,39	0,97

Tableau 1 : Associations de phénocristaux mafiques transparents dans les tephras tranchyandésitiques étudiées.
Table 1: Associations of transparent mafic phenocrysts in trachyandesitic tephra layers.

Age	Couche/Level	Elément diagnostic / Characteristic
	O	Effondrement de voûte / Rock-fall
	I	Tephra des Roches / Les Roches tephra (12000 ± 150 BP)
DRYAS II	II,III, IV	
	V	*Alopex lagopus*
	VI à XI	
	XIIb	Ly 425 = 13000 ± 300 BP
BÖLLING	XIIe	Ly 727 = 13700 ± 380 BP
	A	*Equus hydruntinus*
	B, C	
DRYAS ANCIEN	D2	*Saïga tatarica*
	E, F,G	

Tableau 2 : Chronostratigraphie de l'Abri Durif à Enval.
Table 2: Chronostratigraphy at Abri Durif magdalenian site.