



HAL
open science

Des volcans et des hommes depuis le dernier interglaciaire en Basse Auvergne (Massif Central, France)

Jean-Paul Raynal, Gérard Vernet, D. Vivent

► **To cite this version:**

Jean-Paul Raynal, Gérard Vernet, D. Vivent. Des volcans et des hommes depuis le dernier interglaciaire en Basse Auvergne (Massif Central, France). Territorio storico ed ambiente I. Il sistema uomo-ambiente tra passato e presente. A cura di Claude Albore-Livadie e Franco ortolani, 1998, Bari, Italie. pp.197-220. halshs-00004208

HAL Id: halshs-00004208

<https://shs.hal.science/halshs-00004208>

Submitted on 19 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.

Des volcans et des hommes depuis le dernier interglaciaire
en Basse Auvergne (Massif Central, France)

*Volcanoes and Humans since the Last Interglacial
in Basse Auvergne (Massif Central, France)*

Jean-Paul RAYNAL⁽¹⁾, Gérard VERNET^(1,2), Dominique VIVENT⁽¹⁾

Résumé : La perception de ce que furent les comportements humains en zone volcanique active aux temps préhistoriques reste encore très floue. On examine ici l'enregistrement de l'activité de la Chaîne des Puys dans la plaine adjacente de la Limagne au Pléistocène récent et à l'Holocène. Les impacts environnementaux sont discutés et des perspectives archéologiques sont esquissées.

Mots-clés : France, Massif Central, Chaîne des Puys, Limagne, Volcanisme, Maars, Dômes, Trachyandésite, Trachyte, Tephra, Minéralogie, Pollens, Préhistoire.

Abstract : *The impact of volcanic eruptions needs to be considered more closely from the point of view of human behaviour in an area of volcanic activity . In the Massif Central, selected case-studies allow us to discuss the effect of local volcanism on the vegetal cover and the patterns of human settlement.*

Key-words : *France, Massif Central, Chaîne des Puys, Limagne, Volcanism, Maars, Domes, Trachyandesite, Trachyte, Tephra, Mineralogy, Pollen, Prehistory.*

(1) Université de Bordeaux 1, Institut de Préhistoire et de Géologie du Quaternaire, UMR 9933 et GDR 1122 CNRS, Bâtiment de Géologie, Avenue des Facultés, F-33405 TALENCE CEDEX

(2) Association pour les Fouilles Archéologiques Nationales (AFAN)

L'Humanité serait née au milieu des volcans d'Afrique. Nous ne saurons jamais si cette promiscuité a imprégné son imaginaire. Rien n'en transparaît à ce jour dans l'art pariétal ou mobilier des chasseurs-cueilleurs préhistoriques. En revanche, c'est au sein des toutes premières sociétés agro-citadines d'Anatolie, à Chatal Hüyük, qu'un volcan en éruption, le Hasan Dag, est figuré pour la première fois sans équivoque.

L'idée que l'on peut se faire des rapports entre humains et volcans pendant la Préhistoire reste donc encore très floue. A défaut d'établir un lien direct entre volcanisme et sociétés préhistoriques, on peut essayer de préciser l'impact des éruptions sur les écosystèmes environnants et, par ce biais, analyser les situations favorables ou défavorables aux groupes humains.

Nous avons choisi l'exemple du Massif Central français, où relief et variations climatiques quaternaires ont rythmé la différenciation des biotopes. Le volcanisme a brutalement perturbé l'environnement et modifié les processus géodynamiques. Tout essai d'analyse de la distribution des installations préhistoriques régionales doit donc prendre en compte climats et volcanisme qui ont fixé, à des degrés divers, les limites de l'exploitation des terroirs.

L'impact du volcanisme sur les écosystèmes régionaux a été d'ampleur très inégale. Les écoulements boueux et les laves ont ennoyé une partie du réseau hydrographique : une reprise rapide d'érosion aux flancs des coulées (PELLETIER, 1964 ; BLAIS *et al.*, 1971) s'est alors accompagnée d'une déstabilisation chronique des versants. Certaines éruptions intervenues sous ambiance périglaciaire ont provoqué de considérables glissements de terrain (GOER DE HERVE *et al.*, 1993). D'autres, au caractère violemment explosif, ont émis des souffles dévastateurs. Les projections fines ont été transportées sur de longues distances et ont recouvert de larges territoires modifiant le couvert végétal et l'équilibre géochimique des sols. Les paysages ont donc été transformés localement en univers minéraux, désertés temporairement par la faune qui avait survécu aux cataclysmes initiaux. Des séismes ont accompagné les éruptions et provoqué des modifications brutales des versants et des tracés des cours d'eau : c'est le cas en Grande Limagne. L'accumulation - puis le dégagement - de gaz carbonique a certainement généré des pièges mortels. Si l'on admet la concomitance, dans le temps et l'espace, de plusieurs

éruptions, les territoires affectés n'ont plus offert pour l'Homme aucun attrait et ce pour plusieurs décennies.

Nous avons maintes fois abordé l'étude des relations homme-milieu dans le Massif Central en insistant sur la nécessaire prise en compte du volcanisme (RAYNAL et DAUGAS, 1984, 1989, 1991 ; DAUGAS et RAYNAL, 1979, 1989, 1991a et b ; RAYNAL et SANZELLE, 1989 ; RAYNAL *et al*, 1994).

Nous proposons aujourd'hui, à la lumière de travaux récents ou inédits, une lecture plus fine de certains aspects de l'activité volcanique de la Chaîne des Puys, enregistrés principalement dans les environnements de la Limagne. Trois exemples sont proposés :

- Cas 1 : l'enregistrement des éruptions des stades isotopiques 5 à 3,
- Cas 2 : les saupoudrages trachyandésitiques du Tardiglaciaire,
- Cas 3 : les éruptions trachytiques du Postglaciaire.

1 - LES ÉRUPTIONS DES STADES ISOTOPIQUES 5 À 3 : UN GRAND NOMBRE DE TEPHRA, PEU DE VOLCANS-SOURCES CONNUS ET DATÉS.

A ce jour et pour la période considérée, une trentaine d'évènements volcaniques ont été datés directement par TL (MIALLIER, 1982 ; GUERIN, 1983 ; RAYNAL *et al*, 1982, 1984, 1985 ; GOER DE HERVE *et al*, 1993). Il convenait de rechercher, au pied du plateau des Dômes, un système enregistreur susceptible de fournir une image plus fidèle de l'activité volcanique régionale. Notre choix s'est porté sur la cuvette de Clermont et sur le bassin de la Morge (figure 1).

La cuvette de Clermont est constituée de plusieurs maars coalescents péné-contemporains installés sur un zone de faiblesse immédiatement à l'Est de la grande faille bordière de Limagne. Les projections de l'un de ces maars, celui de Jaude-Salins, culminent à 410 m NGF et constituent la Butte de Clermont (PELLETIER, 1969 ; BAUDRY et CAMUS, 1972). La première datation par thermoluminescence d'un phénomène phréatomagmatique a été réalisée sur ces pyroclastites (MIALLIER, 1982 ; MIALLIER *et al*, 1983, 1984 ; RAYNAL

et al. , 1982, 1985) et situe l'explosion du maar pendant l'avant-dernier glaciaire, au cours du stade 6 de la courbe isotopique océanique :

- Cler TL 23 = 157 ± 22 ka (Cours Sablon),
- Cler TL 27 = 156 ± 22 ka (Hôtel de Chazerat).

Dans cette vaste dépression, alimentée à l'Ouest par la Tiretaine, s'est édifié un complexe lacustre reconnu par d'anciens travaux de forage (figure 2). Le fond de la dépression en zone de coeur de lac n'a jamais été atteint par sondage, mais les dépôts de cette zone ont cependant été reconnus dans sa partie sud-est ("Fond de Jaude") sur quatre-vingt-six mètres lors du forage Géocler 1 réalisé du 17 novembre au 10 décembre 1986 (RAYNAL, 1987). Bien que difficile à évaluer, la puissance totale des dépôts pourrait largement dépasser la centaine de mètres et représenterait donc un bilan d'accumulation des cent-soixante derniers millénaires. Des repères chronologiques sont disponibles par la datation directe de certaines tephra par TL (PILLEYRE, 1991 ; PILLEYRE *et al.*, 1991) :

- Cler TL 250 = 126 ± 15 ka à 70 m de profondeur,
- Cler TL 251a = 88 ± 10 ka à 62 m, (fraction 200-315 μ m),
- Cler TL 251 b = 77 ± 9 ka à 62 m (fraction 100-200 μ m).

Un tel système lacustre, était propice à l'enregistrement d'éruptions volcaniques plus ou moins proches : entre 28 et 86 m de profondeur, outre l'extrême base de la carotte extrêmement riche en tephra, *118 retombées* bien individualisées dont 111 franchement directes, sous forme de fines lamines ou passées (1mm à quelques centimètres) de couleur sombre (noir, gris, rouille) et comportant pour certaines des scories ont été considérées comme des apports directs et caractérisées par leur cortège minéralogique et leur composition chimique (VERNET, 1992). Aucune retombée acide vraie n'a été repérée, mais des apports ponctuels de minéraux aciculaires associés à des scories leucocrates sont interprétés comme l'indice d'éruptions acides bien particulières dont la localisation n'a pas encore été établie.

La confrontation des résultats obtenus par forage et sur les affleurements permet de conclure à l'existence de deux grandes phases volcaniques (figure 3) :

- **Phase 1** : enregistrée de 86 à 62 m dans la carotte Géocler 1 avec 43 *retombées* directes minimum. Le minéral caractéristique est un clinopyroxène brun automorphe mâclé en croix ; on note des pourcentages plus faibles de pyroxène vert et la quasi-absence de l'olivine ; dans les fractions grossières, les tephra contiennent souvent des scories noires bleutées très vésiculées. Cette phase est également enregistrée dans les alluvions du bassin de la Morge et une des retombées a été fossilisée au sein du massif de travertins de Rouzat. Vers la fin de cette période intervient l'éruption de maar de Saint-Hippolyte : le minéral caractéristique en est une olivine automorphe présentant des lacunes de cristallisation. Cette éruption n'a pas été identifiée dans la carotte Géocler 1 mais est enregistrée dans les alluvions du bassin de la Morge. *Cette phase correspond donc à un volcanisme basaltique dispersé en bordure de Limagne. D'après les données de chronologie numérique, elle prendrait fin vers 70 ka.*

- **Phase 2** : enregistrée de 62 m à 28 m dans la carotte géocler 1 avec 75 *retombées* directes minimum. Le minéral caractéristique est le clinopyroxène vert en éclats ; le clinopyroxène brun est quasi-absent ; l'olivine est le plus souvent abondante et individualise des sous-phases. Les scories sont fines. Les alluvions du bassin de la Morge sont riches en clinopyroxènes et olivines, marqueurs de cette activité. Dans la cuvette de Clermont, des dépôts pseudo-loessiques entrecoupés de retombées fossilisent la coulée de Saint-Jacques, datée par TL vers 80 ka BP (GUERIN, 1993) alors que les sols cuits lors de son épanchement livrent des âges TL plus récents, autour de 60 ka BP (DE GOER *et al*, 1993). Une de ces tephra a été datée vers 45 ka BP (PILLEYRE, 1991). Les coupes de la Rue de Médicis ont permis d'identifier 12 lits tephriques qui, à l'exception du plus ancien, témoignent d'éruptions phréatomagmatiques : trois d'entre eux sont caractéristiques de dépôts de blasts et attestent que des souffles violents et orientés ont à plusieurs reprises atteint la cuvette de Clermont. *Cette phase correspond donc à l'activité ancienne de la Chaîne des Puys qui débiterait vers 70 ka et comporte de nombreux évènements phréatomagmatiques.*

EN CONSEQUENCE...

De 160 à 30 ka BP, la Limagne occidentale est le siège d'un volcanisme parfois violemment explosif (maars) et soumise aux effets secondaires des éruptions de la phase ancienne de la Chaîne des Puys. Le paysage subit des

modifications sensibles. Rien ne permet de dire si l'Homme fut affecté par ces manifestations : une éruption par millénaire ne représente pas un contexte apocalyptique de nature à perturber des habitudes ancestrales. D'ailleurs, l'homme moustérien a fréquenté les rives du lac de Saint-Hippolyte et campé le long des tributaires de la Morge. Mais la fréquence des éruptions établie par les différentes méthodes n'est qu'une estimation minimum et gardons nous d'un comparatisme hâtif avec les exemples récents de recolonisation rapide du milieu volcanique par l'Homme moderne.

2 - LES SAUPOUDRAGES TRACHYANDESITIQUES TARDIGLACIAIRES, CONTEMPORAINS DE LA FIN DU MAGDALENIEN

Au Tardiglaciaire, de nombreux appareils furent actifs dans la Chaîne des Puys et les régions avoisinantes. Au Dryas ancien, puis à l'Allerød, des retombées à composition trachyandésitique, originaires du système du Puy de la Nugère ou d'appareils à chimisme comparable, saupoudrèrent la Limagne.

Si l'âge de la Tephra CF1 (ou retombée du Creux-Rouge) (RAYNAL *et al.*, 1979 ; VERNET, 1992) reste encore imprécis, la Tephra de Cellule est clairement située au Dryas ancien par l'analyse pollinique (VERNET et PAQUEREAU, 1986, 1991 ; VERNET *et al.*, 1990).

On s'intéressera ici à deux autres retombées dont les lobes ont clairement affecté un vaste territoire : la Tephra des Roches - seule connue en contexte archéologique - et la Tephra de La Moutade.

2.1 - LA TEPHRA DES ROCHES

Le long des accidents bordiers de la Limagne septentrionale, de nombreuses sources thermales ont édifié des massifs de travertins. A Gimeaux, ces travertins ont conservé des tephra de la Chaîne des Puys (VERNET, 1991, 1992). L'une d'elles, dénommée Tephra des Roches (VERNET et RAYNAL, 1995), 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 (figure 1).

2.1.1 - La Tephra des Roches a Gimeaux-source :

Le niveau de cendres, conservé au sein d'argiles palustres, est puissant de 0,10 à 0,15 m, sans litage apparent. Il s'agit d'une cendre grossière (on utilise dans ce texte la classification de FISHER, 1961) bien classée (Md= 265 μ m, Sk= 1,01), noire, assez pulvérulente lorsqu'elle est sèche, sans litage ni granoclassement. Les scories sont de deux types (macroscopie, MEB) :

- 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).

- 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.

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 ou "*bubble-wall texture*" (FISCHER, 1963). La composition chimique, établie sur scories triées et lavées (tableau 1), est à la limite des domaines des trachyandésites basaltiques et des trachyandésites, selon la classification internationale (LE BAS *et al.*, 1986) (figure 4).

La présence de fragments organiques (feuilles, brindilles, herbacées) au sein de la Tephra des Roches a permis une datation radiocarbone par la méthode de spectrométrie de masse qui situe le recouvrement à la fin du Dryas II : Gif TAN 91102 = 12010 \pm 150 BP.

2.1.2 - La Tephra des Roches a Enval :

L'Abri Durif à Enval 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 examen a montré que seul le niveau la présentait toutes les garanties pour la mise en oeuvre d'analyses plus complètes. C'est une téphra mince (0,02 m) 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, vraisemblablement pénécotemporain.

Il s'agit d'une cendre grossière, bien classée ($Md = 341\mu m$, $Sk = 1,29$) qui forme un niveau noir compact, non lité, sans granoclassement. 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 "*bubble-wall texture*" (FISCHER, 1963). La composition chimique, établie sur scories triées et lavées (tableau 1), est celle d'une latite, à la limite des domaines des trachyandésites basaltiques et des trachyandésites, selon la classification internationale (LE BAS *et al.*, 1986) (figure 4).

La chronologie de la séquence d'Enval est ainsi précisée pour sa partie sommitale (VERNET et RAYNAL, 1995) (tableau 2). Les propositions concernant la mise en place du réseau hydrographique actuel (RAYNAL, 1984) sont confortées.

Quelques centaines de mètres au Sud de l'abri, 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), également rapportées à la Tephra des Roches.

2.1.3 - 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.

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 (tableau 3) et la conservation du classement pour une distribution granulométrique quasi identique à celle observée en position proximale (figure 5), 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.

2.2 - LA TEPHRA DE LA MOUTADE

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 même été proposé pour regrouper différentes retombées issues de ce volcan pendant l'Allerød 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 Allerød parfaitement établi par des méthodes croisées dans des environnements pédosédimentaires démonstratifs, fait antériorité et doit être retenue pour nommer ce recouvrement (figure 6).

Par l'analyse pollinique, on examine ci-après les variations des environnements végétaux lors de l'émission de la Tephra de la Moutade, en position distale du lobe, dans le Marais de Villeneuve-les-Cerfs, 30 km au Nord-Est de son point d'émission (figure 1).

2.2.1 - Lithostratigraphie

On observe de bas en haut (figure 7) :

- 7 : marnes en place
- 6 : mince niveau (0,20m) de sédiment argileux verdâtre contenant de nombreux fragments anguleux de marnes.
- 5 : alluvions grossières à galets à matrice argileuse verte (0,30m). Présence de nombreux fragments anguleux de marnes.
- 4 : colluvions jaunes verdâtres, peu épaisses (0,15m), avec nombreuses traces de gel visibles à l'oeil nu (lentilles de glace).
- 3 : colluvions grises (0,40m), avec nombreuses bioturbations et mollusques abondants. Ces dépôts de marais sont semblables à ceux observés dans le Marais d'Orange. Dans la partie médiane, la *Tephra de la Moutade* apparaît sous la forme d'un mince niveau discontinu noir (0,02 à 0,05 m),
- 2 : colluvions argileuses vertes (0,80 à 0,90m), à concrétions carbonatées.
- 1 : colluvions noires très argileuses portant le sol actuel (0,60m).

2.2.2 - Contenus polliniques, indicateurs mésologiques, climatiques et chronologiques

On note une bonne variété taxonomique : 37 taxons différents, 15 en moyenne par échantillon (tableau 4). Les courbes des fréquences absolues du Pin Sylvestre et des pollens arboréens sont semblables (figure 8).

Les échantillons des niveaux de colluvions argileuses 4 et 2 présentent des totaux très proches en fréquences absolues. En revanche, les échantillons du niveau 3, montrent des fréquences absolues hétérogènes qui résultent d'une perturbation du piégeage des pollens.

Les échantillons des niveaux 6 et 5 présentent des taux de pollens arboréens extrêmement élevés (> 90%) où *Pinus* domine (> 75%). On enregistre l'apparition de *Quercus* et de *Juniperus* et la présence de *Corylus*, *Abies*, *Ulmus* et *Betula*. Ces deux derniers ainsi que les *Typhaceae* et les *Cyperaceae* caractérisent un milieu humide avec des eaux stagnantes locales. Les herbacées sont dominées par les *Poaceae* et les *Composées*. On conclut à

l'existence d'une pinède avec présence locale de *Betula*, *Corylus* et *Juniperus* et de prairies humides. Le climat est frais et humide.

Le niveau 4 présente un taux de pollen arboréen élevé où *Pinus* domine (optimum). *Alnus*, *Betula*, *Corylus* et *Quercus* sont à leur maximum. *Juniperus* se maintient, *Ulmus* disparaît. Les herbacées sont principalement représentées par les *Poaceae*, Composées, *Caprifoliaceae*, *Cyperaceae*, *Rumex* et les Fougères ; *Alnus*, *Betula*, *Cyperaceae* et *Polystichum* sont caractéristiques d'un milieu humide. Outre la présence ou la proximité de la pinède, boulaie, aulnaie, Corylaie et Chênaie sont plus présentes. Ces groupements forestiers sont accompagnés de prairies humides persistantes. Le climat est tempéré et sensiblement plus humide.

La base du niveau 3 est marquée par un fléchissement assez net des courbes du Pin Sylvestre et des autres taxons arboréens, à l'exception de *Betula*, *Juniperus* et *Salix* qui sont à leur optimum. Parmi les herbacées, on constate les maxima des *Poaceae*, Composées, *Caprifoliaceae* et fougères. *Betula*, *Salix*, *Cyperaceae* et *Filipendula* sont caractéristique d'un milieu humide. On est en présence d'une pinède, d'une chênaie et d'une aulnaie régressives et d'une boulaie en pleine extension, accompagnée de prairies humides plus étendues. La régression de *Pinus*, l'augmentation de la boulaie et des herbacées traduisent une modification des apports de pollens arboréens favorisant l'enregistrement d'une image pollinique plus locale.

Le milieu du niveau 3 est caractérisé par le fléchissement de toutes les courbes des taxons arboréens et même la disparition de *Salix*, la régression des taxons caractéristiques d'un milieu humide (*Betula*, *Salix*, *Filipendula*, *Cyperaceae*, *Polystichum*, *Myriophyllum*) et le maintien des taxons indicateurs d'un milieu sec (*Linum*, *Centaurea*). Seules les herbacées (*Artemisia*, *Centaurea*, *Filipendula*) ont des courbes croissantes après le dépôt de la Tephra de la Moutade.

Le sommet du niveau 3 est marqué par une reprise des apports de pollens arboréens: *Quercus*, *Betula* (essence colonisatrice), puis *Pinus* qui devient dominant (> 85%) . On note un nouvel optimum pour *Corylus*, *Betula*, *Alnus*, *Ulmus* et la reprise des *Poaceae*, *Compositae*, *Urticaceae* et *Ericaceae*. *Betula*, *Alnus* et *Cyperaceae* sont caractéristiques de milieu humide. L'environnement végétal est une pinède, accompagnée plus ou moins

localement de boulaie, aulnaie et corylaie en expansion (optimum). Les prairies humides perdurent. Le climat est tempéré humide.

Le niveau 2 enregistre le maximum de *Pinus*. A l'exception de *Quercus* (optimum) les autres taxons arboréens régressent. Les *Compositae*, *Urticaceae* et *Ericaceae* régressent. Les *Poaceae* et *Cyperaceae* dominent (optimum). On enregistre la présence de *Cerealia*. Les déclin de *Alnus*, *Betula*, *Ulmus*, indiquent un milieu dont l'humidité (*Cyperaceae*) est en diminution. La pinède est à son maximum, accompagnée localement d'une chênaie. Les prairies, moins humides, perdurent. Le climat reste tempéré, moins humide que précédemment.

Dans les niveaux 6 à 4, la présence de *Podocarpaceae*, *Carya*, *Pterocarya*, s'explique par des remaniements du substratum tertiaire ; l'abondance de *Pinus*, la présence de *Juniperus* et l'augmentation de *Betula* caractérisent la transition Bølling/Allerød. Le niveau 3 est pour l'essentiel caractérisé par l'optimum de *Betula* et *Juniperus* et par l'abondance de *Pinus* : ce léger réchauffement est caractéristique de l'Allerød. Le sommet du niveau 3 et le niveau 2, avec un regain de *Pinus*, un maximum de *Corylus* et le déclin de *Betula*, enregistre un léger refroidissement, caractéristique du Préboréal.

2.2.2 - Impact du volcanisme

Seule l'interprétation des résultats palynologiques par le biais des fréquences absolues est fiable car elle tient compte de la nature du sédiment encaissant et met parfaitement en évidence les anomalies.

Pour tous les niveaux étudiés, l'environnement végétal est une pinède bien développée (apport pollinique régional), accompagnée de bosquets/bois (aulnaie, corylaie, chênaie, betulaie) et de prairies (apport pollinique local). Le milieu est en permanence humide.

L'activité volcanique régionale, attestée localement par le dépôt de la Tephra de la Moutade, a des répercussions sur les représentations polliniques au sein du niveau 3 (figure 9) :

- Perturbation quantitative de la pluie pollinique régionale (base niveau 3)
- Perturbation quantitative de la pluie pollinique locale (milieu niveau 3)

- Diminution de l'humidité du milieu (milieu niveau 3 à sommet)
- Reprise croissante des seules herbacées après le dépôt téphrique (milieu niveau 3)
- Reprise tardive des taxons arboréens après le dépôt téphrique (sommet niveau 3)

La Tephra de La Moutade, bien repérée au sein de l'Allerød, à proximité du volcan émetteur et à trente kilomètres vers l'Est, est un saupoudrage trachyandésitique qui affecte suffisamment l'environnement végétal pour que cet impact soit décelé par l'analyse pollinique.

2.3 - EN CONSEQUENCE...

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 connue pour avoir directement affecté un lieu de vie du Magdalénien final à la charnière Dryas II/Allerød en Basse Auvergne.

Pour la même période, des modifications notables des environnements végétaux sous l'impact des éruptions trachyandésitiques sont attestées par l'analyse pollinique dans des systèmes enregistreurs adéquats (marais), et ce à une distance minimum de 30 km des points éruptifs.

Différents phénomènes géologiques et morphologiques sont associés ou consécutifs à ces éruptions volcaniques : effondrements de voûte dans les abris, ravinements, enfoncement des drains....

Tous ces phénomènes doivent être pris en considération pour une meilleure lecture des modalités du peuplement préhistorique régional.

3 - LES ERUPTIONS TRACHYTIQUES

Les éruptions trachytiques ont, pour la plupart, donné lieu à l'extrusion de dômes qui donnent à la Chaîne des Puys son aspect original actuel. La lave (dômite) de son point culminant, le Puy de Dôme (1465m) (figure 1), a fait

l'objet de deux datations par thermoluminescence, obtenues sur l'oligoclase potassique (10800 ± 1000) et le zircon (9700 ± 1000) (FAIN *et al*, 1986, 1991).

Les autres appareils trachytiques ne sont pas directement datés. Si les produits proximaux du Puy de Dôme, du Puy Chopine et du Cratère Kilian ont été bien caractérisés (CAMUS, 1975), les produits distaux restent en revanche très mal connus. Des lamines provenant de points éruptifs acides ont été repérées dans des tourbières au Sud de la Chaîne, et rapportées aux éruptions du Puy de Dôme et du Puy Chopine (JUVIGNE, 1983, 1987). Des tephras trachytiques ont été récemment identifiées en Limagne (VERNET, 1992 ; JUVIGNE *et al*, 1992 ; VERNET *et al*, 1996), provenant du Puy Vasset et/ou du Cratère Kilian : leur large dispersion jusqu'en Suisse est attestée au cours du Boréal (MARTINI, 1970 ; JUVIGNE, 1991, 1992).

On présente ici des données inédites ou complémentaires relatives à la position stratigraphique des tephras trachytiques, dans la Chaîne et en bordure de Limagne.

3.1 - LA COUVERTURE DU PUY DE DOME

La coupe concernée est celle du parking du sommet du Puy-de-Dôme, orientée NO-SE. La végétation actuelle est une lande de l'étage montagnard (DUPIAS, 1971). Les échantillons ont été prélevés en 1985 par D. MIALLIER lors du carottage pour la datation TL, entre la dômite et les retombées du Cratère Kilian (recouvrement de type Puy Lacroix) (CAMUS, 1975) .

Au point de prélèvement, ce niveau se divisait en deux parties : la base (0,08 m) pulvérulente, grise à sec (10 YR5/1), et le sommet (0,08 m), gris brun à sec (10 YR 5/2). La fraction grossière, formée de fragments de trachyte, représente 60% du sédiment total à la base et 53% au sommet. Les fragments sont relativement anguleux à la base, plus émoussés au sommet. Les fractions fines comportent des sables (66% à la base, 61% au sommet), des limons (27%) et des argileus (7% à la base, 12% au sommet). Les courbes cumulatives du sédiment fin sont plurimodales et le classement est inexistant ou très mauvais ($So > 4,5$ et $\phi = 4,19$ à la base et $3,46$ au sommet). Les particules fines sont pour la plupart des feldspaths (oligoclase). La fraction argileuse, outre les feldspaths toujours en forte proportion, se compose princi-

palement d'illite et chlorite avec traces de smectite et kaolinite. Ces caractères s'accordent bien avec la diagnose d'un horizon pédologique A1 d'un andosol peu évolué dont on sait que le développement peut être très rapide (HETIER, 1975).

Latéralement, ce niveau a fait l'objet d'un datage par le radiocarbone sur fragments ligneux, Gif 2118 = 8150 ± 150 BP (CAMUS, 1975), cohérent avec deux autres dates sur charbons de bois sous les retombées du cratère Kilian en d'autres points de la Chaîne : 8540 ± 150 , 8400 ± 300 et 8200 ± 170 BP (BROUSSE et al, 1966, 1969), soit un âge moyen de 9000 ans environ par extrapolation de la courbe de calibration du radiocarbone.

Deux spectres polliniques ont été établis (PAQUEREAU, *in litteris*). Les pollens arboréens dominant (AP = 63 et 65 %). Le Noisetier est le mieux représenté (40 et 45 %) devant le Pin sylvestre (8%, puis 5%), le Bouleau (5%, puis 2%) et des feuillus thermophiles : Chêne (5%), Aulne (2%), Orme (2%), Saule (1%), Tilleul et Houx sporadiques. Les pollens non arboréens représentent des herbacées, essentiellement des Graminées, des Cypéracées et des Hygrophiles (Typhacées et Nymphéacées). On rencontre secondairement des Composées (Tubuliflores et très rares *Artemisia* et Cichoriées), sporadiquement des Urticacées, Polygonacées, Rosacées, *Plantago*. D'assez nombreuses spores de Fougères sont présentes : *Pteridium*, *Equisetum*, *Polypodium*.

Ces deux spectres sont caractérisés par la dominance du Noisetier qui évoque une reconquête forestière dans un contexte assez doux et humide. Ils appartiennent très vraisemblablement au Boréal, dans sa première moitié (peut-être à son tout début) si l'on considère la faible représentation du Chêne et la présence du Pin et du Bouleau qui sont moins abondants dans le spectre supérieur.

Les échantillons étudiés proviennent de l'horizon A1 d'un paléo-andosol peu différencié dont le développement a sans doute été très rapide, environ 1.5 ka. Cette estimation, les données palynologiques et les dates radiocarbone, d'une part établissent un âge minimum du Puy de Dôme en bon accord avec les dates TL obtenues pour la dômite et d'autre part, fixent au Boréal l'âge maximum de l'éruption du Cratère Kilian.

3.2 - LES DEPOTS DE LA RUE SOUS-LES-VIGNES A CLERMONT-FERRAND

La coupe était située dans l'agglomération clermontoise (figure 1), au pied du versant Est du Puy de Chanturgue et n'est plus visible aujourd'hui.

3.2.1 - Lithostratigraphie

On distinguait, de bas en haut (VERNET, 1992) (figure 10) :

- 1 base : Tephra CF2 (ou retombée de la rue Descartes) (0,50m), litée, constituée de fines scories grises et de nombreux xénoclastes de socle (quartz, feldspaths) et de marnes. Rue Descartes, elle présentait une composition de trachyandésite basaltique (shoshonite) et a été datée par TL à $8\,700 \pm 900$ avant 1980 (RAYNAL *et al*, 1989).
- 1 sommet : formation de versant, à matrice grise limono-argileuse emballant de fines scories grises et des fragments anguleux de marno-calcaires.
- 2 base : Tephra CF3 (ou retombée de la rue de Montjuzet), à composition de trachybasalte (à la limite trachybasalte potassique - hawaïte), montrant ici le passage d'une phase phréatomagmatique à une phase magmatique avec :
 - dépôt de blast, plurimillimétrique, rouge, de scories fines avec quelques xénoclastes de socle et de marnes,
 - scories noires fines à moyennes, à granoclassement inverse, contenant encore quelques xénoclastes de socle, (0,02 à 0,03m), terme de passage vers une éruption purement magmatique,
 - niveau scoriacé non lité (2a) (0,20 à 0,25m), scories noires bleutées très vésiculées avec au sommet un mince niveau consolidé de scories plus fines, caractéristique d'une retombée de panache.
- 2 sommet : Tephra CF4 (ou retombée ancienne de la rue de Blanzat), à composition de trachyandésite basaltique (shoshonite), représentée ici par un niveau scoriacé lité (2b), (0,10 à 0,25m), avec présence de xénoclastes de marnes cuites, témoins d'une nouvelle phase phréatomagmatique,

- 3 : dépôt de pente à matrice sablo-argileuse emballant des fragments de marnes (0,50m). Présence de scories noires remaniées de l'ensemble 2. On distingue : à la base, un niveau assez grossier (3a), puis un niveau plus fin (3b/3d) et enfin un niveau grossier (3e). Dans le niveau plus fin (3b/3d), un niveau cendreuse rose pastel pulvérulent de quelques centimètres d'épaisseur (3c) contient de rares fragments anguleux de trachyte à biotite gris et de très rares xénoclastes de quartz et de basalte bulleux noir : *il s'agit de la Tephra CF5 ou Tephra de la Rue Sous-les-Vignes.*
- 4 : colluvions noires à grises, argileuses, avec blocs de marnes et de basalte vers la base et bioturbations (0,60m).
- 5 : colluvions beiges argileuses avec blocs de marnes et de basalte (1,00m minimum).

3.2.1 - Contenus polliniques, indicateurs botaniques, climatiques et chronologiques

Neuf échantillons ont été étudiés, provenant des niveaux 1 sommet, 3 et 4 (tableau 5). Ils sont assez riches en matériel sporo-pollinique : 153 pollens ou spores comptés en moyenne par échantillon. Quinze taxons ont été déterminés en moyenne par échantillon. Les échantillons provenant de dépôts de versant intercalés entre des tephra ont un taux de conservation pollinique faible (32 pollens/g en moyenne).

Dans les niveaux 1 sommet et 3 base (sous la retombée CF5), le taux de pollens arboréens est élevé. *Pinus* domine *Betula*, *Quercus*, *Corylus*, *Ulmus* et *Alnus*. Les herbacées sont bien représentées par les *Compositae*, *Poaceae* et *Ericaceae*. *Cyperaceae*, *Potamogeton* et *Salix* sont des indicateurs d'humidité. En terme de paysage, il faut imaginer en plaine des prairies humides à bosquets de saules et aulnes et sur les hauteurs, une pinède bien développée avec quelques bouleaux et chênes en lisière. Immédiatement sous la retombée CF5, on note la régression de *Pinus* et les maxima de *Betula*, *Quercus*, *Corylus* et *Alnus*. les herbacées sont toujours bien représentées (*Poaceae* et *Compositae*). *Betula*, *Alnus* et *Cyperaceae* (en essort) traduisent un milieu humide. Si les paysages correspondant sont les mêmes, les apports lointains de *Pinus* sont perturbés (sans doute suite à l'activité volcanique dans la Chaîne) et l'image pollinique est plus locale.

Dans les niveaux 3 sommet et 4 (base et milieu), les taux de pollens arboréens décroissent. Après un certain essort immédiatement après le dépôt de la retombée CF5, la pinède décline progressivement. Il en va de même pour la corylaie, la boulaie et la chênaie. Les herbacées sont en augmentation (*Poaceae* et *Compositae*), indiquant l'extension des prairies humides (*Cyperaceae*, *Nuphar*, *Salix*) aux dépens du couvert arboré. L'image pollinique n'est peut être que locale, mais on peut également penser à des défrichements.

Au sommet du niveau 4, on note un fort taux de pollens arboréens, essentiellement représentés par *Pinus*. Les herbacées se raréfient. Ces résultats inattendus sont sans doute dus à un problème de conservation du cortège pollinique. En terme de climat, les feuillus thermophiles (*Tilia*) et de nombreux marqueurs d'humidité indiquent un climat tempéré et humide.

Les échantillons des niveaux 1 et 3 base, caractérisés par l'abondance de *Pinus*, *Quercus* et *Corylus*, peuvent être rapportés à la fin du Préboréal et au Boréal. Immédiatement sous la retombée CF5, les maxima de *Quercus*, *Corylus*, *Ulmus* et l'abondance d'*Alnus*, seraient caractéristiques de la fin du Boréal, voire de l'optimum atlantique. Les échantillons des niveaux 3 sommet et 4 pourraient appartenir au Sub-Boréal et au Sub-Atlantique.

3.2.2 - Granulométrie, minéralogie et géochimie de CF5

Il s'agit d'une cendre grossière, bien classée ($Md = 273\mu m$, $Sk = 1,33$). La fraction grossière ($>2mm$) représente 1,85% du poids total de l'échantillon traité et comporte : trachyte clair en fragments anguleux (49%), trachyte gris en fragments plus arrondis et pulvérulents (13%), scories noires vésiculées (17%), fragments de quartz et granite (19%) et fragments anguleux de basalte (2%).

En lame mince, la lamine apparaît homogène, assez compacte, avec quelques traces de microlitages. Des grains de lave anguleux ou arrondis non vésiculés, comportent, dans un verre volcanique transparent, des microcristaux leucocrates (feldspaths et apatites) et, en quantité moindre, des microcristaux d'hornblende brune, de biotite et de magnétite. Entre ces fragments laviques, la matrice est constituée de minéraux libres et de micro-

fragments laviques (cendre fine) ; quelques xénoclastes (scories basaltiques, feldspaths et quartz) sont présents.

La teneur en minéraux lourds des fractions étudiées (entre 250µm et 80µm) est très faible : 0,82%. La teneur en magnétite est assez forte : 63%. Le cortège comprend : clinopyroxène vert (55%), zircon (16%), hornblende brune (14%), apatite (10%), olivine (4%) et clinopyroxène brun (1%).

Le clinopyroxène vert (augite) se présente toujours en éclats. Le zircon est automorphe et limpide. L'apatite automorphe se présente en prismes très allongés (aiguilles), très limpides. L'hornblende brune est automorphe, en prisme allongé avec un pléochroïsme très fort en lumière naturelle (en éclats dans les fractions les plus fines, entre 160 et 80µm). Tous ces minéraux présentent une "*bubble-wall texture*" (FISCHER, 1963) plus ou moins importante. L'olivine et le clinopyroxène brun ne présentent pas de gangue vitreuse sur leurs surfaces et n'appartiennent donc pas au cortège de la retombée.

L'analyse chimique sur roche totale (fractions 160µm et 80µm), caractérise une rhyolite. *La Tephra CF5 est donc le premier témoin d'un recouvrement acide non pollué en Limagne : son origine reste à établir.*

3.2.3 - Origine de CF5

Plusieurs éléments chronologiques et minéralogiques permettent d'établir l'origine de la Tephra CF5.

- Exclusion du Puy-de-Dôme :

L'édification du Puy-de-Dôme est sans doute plus ancienne (Cf *supra*) que l'émission de la Téphra CF5, située dans le Boréal par la palynologie. De plus, la composition minéralogique du trachyte du Puy-de-Dôme (BENTOR Y.K., 1955) n'est pas identique à celle de la Téphra CF5.

- Exclusion du Puy Chopine :

Des paléosols ou des bois carbonisés conservés à la base des recouvrements de type Lemptégny et Coquille ont permis d'en établir l'âge radio-

carbone moyen autour de 8 415 BP (CAMUS 1975). La composition minéralogique de la lave du Chopine (BENTOR, 1955) et des téphra distales (JUVIGNE, 1987) est caractérisée par l'abondance du sphène. L'étude minéralogique des recouvrements proximaux à Ténusset et Beauregard confirme l'abondance du sphène (20 à 30%), toujours automorphe et très caractéristique, associé à un clinopyroxène vert (30 à 40%) en prismes allongés et d'une couleur verte intense en lumière naturelle (VERNET, 1992). Dans la Téphra CF5, le sphène est totalement absent et les clinopyroxènes verts sont différents.

- Attribution au cratère Kilian :

Les éléments du recouvrement de type "Puy Lacroix" appartiennent à un trachyte à amphibole de composition pétrographique globale identique à celle du recouvrement de type Coquille issu du Puy Chopine (BAUDRY et CAMUS, 1972 ; CAMUS, 1975). D'après BENTOR (1955), *ce trachyte ne possède pas de sphène* ; les minéraux principaux sont l'hornblende basaltique (souvent en phénocristaux) et une augite aegyrinique (en spicules et petits prismes), les minéraux accessoires sont l'apatite (dans certains cas très répandue et en prismes très allongés) et le zircon ; la pâte des blocs trachytiques et des ponces est constituée d'innombrables petits feldspaths en forme de bâtonnets maclés Carlsbad, d'un grand nombre de spicules et de prismes plus grands d'un *pyroxène de couleur vert végétal* et de quelques microlites d'amphiboles.

La retombée CF5 de la rue Sous-les-Vignes peut donc être rapprochée des produits du recouvrement de type Puy Lacroix attribués à l'éruption du cratère Kilian. Les données palynologiques obtenues au sommet du Puy de Dôme et Rue Sous-les-Vignes ne contredisent pas ce rapprochement et situent cet évènement à la fin du Boréal. La limite nord-orientale du lobe d'une retombée trachytique à amphiboles et sans sphène, d'âge Boréal, provenant de la Chaîne des Puys et attribuée au cratère Kilian ou au Puy Vasset, a été repérée en Suisse (JUVIGNE, 1991). La Tephra CF5 peut appartenir à la partie proximale de ce lobe.

3.3 - LES DÉPOTS DE LA COMBAUDE A GERZAT

Le site se trouvait à 327 m d'altitude, 4 km à l'Est-Nord-Est du Puy de Chanturgue, dans la zone industrielle de la Combaude, et n'est plus visible aujourd'hui (figure 1). Plusieurs sondages carottés ont permis d'établir les

grandes lignes de la géométrie des dépôts. Une coupe de tranchée d'assainissement recoupant un mégachenal de faible profondeur, paléo-cours Ouest-Est du ruisseau des Guelles, a été levée et échantillonnée en 1971 par J.P. DAUGAS et F. MALACHER (DAUGAS et TIXIER, 1975). La séquence a fait l'objet de plusieurs datations par la méthode du radiocarbone (BROUSSE et RUDEL, 1973). Les différentes analyses ont été réalisées de 1972 à 1980. Un réexamen de cette séquence est aujourd'hui possible à la lumière des avancées tephrostratigraphiques récentes en Limagne (VERNET, 1992).

3.3.1 - Lithostratigraphie

Le substratum marneux oligocène se rencontre 5 à 6 m sous la surface, avec au toit une zone d'altération pouvant atteindre 1 m d'épaisseur. Il est surmonté par trois mètres de sables grossiers argileux à graviers, puis par les niveaux 6 à A, définis sur des critères macroscopiques et regroupés ici en unités stratigraphiques (figure 11). Pour certains, la diagnose est complétée par les analyses minéralogiques et géochimiques de tephra (PELLETIER, *in litteris*) et les données sédimentologiques (figure 12). On distingue, de bas en haut :

- Unité 6 : argiles vertes à graviers de quartz (0,25 m visibles).
- Unité 5/1 : tourbe (5ss), noire, très riche en éléments végétaux (0,15 m). La fraction minérale argileuse est composée de montmorillonite (60%) et illite (40%). Le sommet (5a) est moins riche en débris végétaux et envahi par les cendres volcaniques du niveau sus-jacent (0,05 m).
- Unité 5/2 : cendres volcaniques noires et fines 5b (0,15 m), à forte teneur en magnétite et composition de trachyandésite basaltique (mugéarite). Au sommet (5c), mélange de cendres et de tourbe du niveau 4 (0,01m).
- Unité 4 : complexe tourbeux avec, de bas en haut :
 - 4 : tourbe pure, brune, veinée de noir, sans débris végétal (0,15 m), pas de fraction argileuse minérale, à l'exception de traces d'illite.
 - 4a : cendres volcaniques noires, très fines (0,002 m),
 - 4b : tourbe pure, noire, très riche en débris végétaux (0,20 m), traces d'illite et de gypse dans la fraction minérale argileuse.

- 4c : tourbe grise, veinée, pauvre en débris végétaux (0,10 m). La fraction minérale argileuse est dominée par l'illite (48%), devant la montmorillonite (20%), la kaolinite (20%), les interstratifiés illite-montmorillonite (12%) et on note la présence de gypse
 - 4d : tourbe verte (*idem* 6), très riche en débris végétaux (0,01 m).
- Unité 3 : complexe tephrique avec, de bas en haut :
- 3b : scories (ø moyen 5 mm), jaunâtres, riches en magnétite, à composition de trachybasalte (hawaïte) (0,10 m),
 - 3a : scories (ø moyen 10 mm), à forte teneur en magnétite et à composition de trachybasalte (hawaïte) (0,10 m),
 - 3ss : tourbe pure, noire, sans débris végétal (0,02 m), avec un liseré brun (5 mm) à la base et au sommet,
 - 2a : cendres fines, noires (0,05 m minimum), composées de scories de verre à inclusions de magnétite, de grains de quartz, feldspath, biotite et de minéraux lourds : augite, olivine et apatite par ordre d'importance. L'analyse chimique révèle une composition de trachyandésite basaltique (mugéarite).
- Unité 2 : tourbe, riche en débris végétaux (2ss), peu carbonatée (25%). Base et sommet de couleur brune, coeur noir avec des trainées brunes. Déformations interprétées comme des figures de charge (0,20 m). Le cortège des minéraux argileux est dominé par l'illite (38%) et la montmorillonite (32%), devant la kaolinite (20%), les interstratifiés illite-montmorillonite (10%) et on note la présence de gypse.
- Unité 1 : complexe téphrique avec, de bas en haut :
- niveau très fin, blanc (0,03 m),
 - 1c/b : lits de cendres grossières (ø moyen 5mm), gris-vert, (0,30m),
 - 1a : cendres volcaniques fines (ø moyen 1 mm), gris-vert (0,10m), à forte teneur en magnétite (87%) et au cortège de minéraux lourds dominé par l'augite (97%), avec hornblende brune (2%), olivine, grenat, hypersthène et apatite (1%). Le cortège des minéraux argileux est dominé par l'illite (42%) devant la montmorillonite (30%), les interstratifiés illite-montmorillonite (18%), la kaolinite (10%) et on note la présence de gypse. La distribution granulométrique caractérise une retombée

- 1 ss : niveau tourbeux brun-violacé, encadré de liserés blancs (0,05m), faiblement carbonaté (19%), avec inclusions locales de cendres grossières du lit sus-jacent,
- E : cendres grossières gris-vert ($\varnothing > 3$ mm) (0, 10m).
- Unité D : cendres volcaniques grossières (\varnothing maximum 10 mm), grises, à graviers de pouzzolane, quartz, feldspath et calcaire (0,75 m).
- Unité C : lits de cendres fines ($\varnothing < 5$ mm), jaunes, argileux, intercalés de cendres du niveau D (0,10m).
- Unité B : cendres gris-vert, à gros éléments ($\varnothing > 5$ mm), mêlées à des descentes de terre végétale (0,25m).
- Unité A : terre végétale portant le sol actuel (1,00 m).

3.3.2 - Contenu pollinique, interprétation chronologique

Six tests polliniques ont été réalisés (PAQUEREAU, *in litteris*).

Les échantillons des unités 5 et 4 révèlent des taux de boisement de 29 à 31 %. Les éléments arbustifs sont essentiellement le Pin sylvestre et le Bouleau, ce dernier très nettement dominant (18-19 %). un petit cortège de feuillus est présent : Noisetier, Aulne, Saule et Chêne sporadique.

Dans les unités 2 et 1, le taux de boisement est plus élevé (40-46 %) avec un certain développement du Pin, le Bouleau encore dominant dans l'unité 2 alors que le Noisetier domine dans l'unité 1. Les autres feuillus sont également plus nombreux et quelques pollens d'Orme et de Tilleul apparaissent. Les Graminées et les Cypéracées dominent la strate herbacée.

Ces spectres évoquent la fin du Dryas récent et le Préboréal. Les datations radiocarbone (BROUSSE et RUDEL, 1973) situent également les niveaux 5 à 1 dans une fourchette fin Dryas récent à début Boréal.

3.3.3. Interprétation téphrostratigraphique

Dans le contexte chronologique établi (datations, palynologie), les différents niveaux de cendres identifiés dans les unités 5 à 3 s'intègrent aisément à la téphrostratigraphie de la cuvette clermontoise (VERNET, 1992) (figure). La composition de trachyandésite basaltique (mugéarite) de 5b évoque la retombée CF2. La composition de trachybasalte (hawaïte) et le faciès des niveaux 3a et 3b caractérisent la retombée CF3. Le niveau 2a, plus récent, à composition de trachyandésite basaltique (mugéarite), évoque CF4.

Dans ces conditions, les unités 1 et C représentent à l'évidence une succession complexe de retombées acides d'âge Boréal - qui n'ont malheureusement pas été caractérisées à l'époque - et qui sont liées aux éruptions trachytiques de la Chaîne des Puys.

3.4 - EN CONSEQUENCE...

L'éruption trachytique du Puy-de-Dôme est suivie par celles du cratère Kilian, du Puy Chopine (et sans doute des autres édifices trachytiques), du Puy de Pariou, du Puy de la Vache, du Puy de Monchal, du Puy de Montcineyre, du maar trachytique du Pavin... La période entre 12000/7000 en années réelles caractérise bien une phase éruptive de la Chaîne des Puys étalée de l'Allerød à l'Atlantique. Cette phase éruptive intervient à un moment crucial de l'histoire des sociétés préhistoriques : les profondes mutations du milieu induites par le réchauffement climatique amorcé dès le Bølling déterminent une réadaptation des économies de subsistance aux conséquences culturelles considérables, illustrées par la transformation des outillages lithiques. A l'Azilianisation réalisée dès l'Allerød, succède au Pré-Boréal la Mésolithisation, puis au Boréal la Néolithisation. Dans les zones de moyenne montagne comme le Massif Central, les nouveaux techno-systèmes s'appuient, outre le milieu animal, sur une gestion raisonnée du milieu végétal (DAUGAS et RAYNAL, 1989, 1991 a et b). Les éruptions trachytiques et les phénomènes associés appauvrissent alors considérablement la Chaîne des Puys et ses marges orientales : l'absence locale d'Epipaléolithique et de Mésolithique pourrait bien être une conséquence directe de l'activité volcanique.

4 - PERSPECTIVES

Au terme de cette étude, les apports du sondage Géocler 1 et des études microrégionales entreprises en Limagne septentrionale complètent et précisent singulièrement l'image de l'activité éruptive de la Chaîne des Puys et des massifs environnants. L'idée que nous pouvons nous faire des rapports Homme-Volcan pendant la Préhistoire reste encore très floue, même si certains instantanés sont particulièrement révélateurs.

Cette approche permet en tout cas de cerner des objectifs à moyen terme pour l'Archéologie préhistorique des zones volcaniques et particulièrement la Basse-Auvergne. Elle ne peut se concevoir en dehors d'un cadre pluridisciplinaire et repose largement sur l'établissement d'une tephrostratigraphie régionale raisonnée. Ceci suppose :

- le renouveau des études micro-régionales en matière de géologie du Quaternaire, la réalisation plus systématique de sondages carottés dans des structures d'accumulation lente *judicieusement choisies* (paléo-lacs de maars ou de barrage, tourbières), le recours intensif à la datation directe (thermoluminescence) et indirecte (radiocarbone, palynologie) des tephra pour l'établissement d'une correspondance entre calendriers au-delà de la limite actuelle de calibration, *l'analyse minéralogique détaillée et systématique des dépôts archéologiques pour y repérer les isochrones que sont les recouvrements téphriques*,

- un réexamen des sites archéologiques qui implique (liste non limitative) leur datation précise par des approches croisées, l'étude détaillée et sur des échantillons représentatifs des saisons d'abattage de chaque espèce animale, la caractérisation de l'environnement végétal de chaque occupation, l'identification par des techniques appropriées de la fonction des outillages lithiques, l'étude approfondie des matières premières lithiques et la définition de leur sens de circulation, la comparaison de ces derniers à ceux des objets de "collection", l'établissement des chaînes opératoires de la fabrication des objets en matières dures animales, la caractérisation de l'art mobilier et de ses relations stylistiques avec les aires géographiques environnantes...

- de nouvelles recherches sur l'adaptation des populations animales aux modifications des environnements botaniques et minéraux provoquées par le volcanisme...

...autant de clés pour une meilleure évaluation de l'impact des éruptions sur les comportements humains et donc une meilleure compréhension de l'organisation régionale des stratégies d'exploitation des terroirs volcaniques.

Remerciements : Ce travail a été conduit dans le cadre du GDR 1122 CNRS *Hommes et volcans avant l'Histoire* et a bénéficié des soutiens du Ministère de la Culture (PCR *Espaces volcaniques préhistoriques*) et de la Région Aquitaine. Les auteurs remercient tout particulièrement Guy CAMUS, Jean-Pierre DAUGAS, Etienne JUVIGNE, Fernand MALACHER, Didier MIALLIER, Marie-Madeleine PAQUEREAU et l'Abbé Henri PELLETIER.

REFERENCES

- BASTIN B., GEWELT M. & JUVIGNE E. (1990) - A propos de l'âge et de l'origine des téphras tardiglaciaires T4 et T5 de Godivelle-nord (Massif Central, France). *Ann. Soc. Géol. Belg.*, tome 113(fasc. 2), 165-178.
- BAUDRY D. & CAMUS G.(1972) - Les projections volcaniques de la Chaîne des Puys et leurs utilisations. *Bull. du B.R.G.M.*, (2), II, 2, 1-52.
- BENTOR Y.K. (1955) - *La chaîne des Puys (Massif Central français) recherches géologiques et pétrographiques*. Bull. du Service de la Carte Géologique de la France, N°242, Tome LII, 1954, 787 p.
- BLAIS S., MAURY R., BROUSSE R. (1971) - Contribution à l'estimation des vitesses de creusement des cours d'eau au flanc de coulées basaltiques. *Travaux de l'Institut de Géographie*, XLIII, Faculté des Lettres de Clermont-Ferrand, 3-15.
- 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 préliminaire du Magdalénien final du fond de l'abri. *Gallia Préhistoire*, 22, 1, 87-111.
- BROUSSE R. et RUDEL A. (1973) - Activité paroxysmale de la Chaîne des Puys à 10 000 ans. Bulletin historique et scientifique de l'Auvergne, T LXXXVI, n° 636, 1-11.
- BROUSSE R., DELIBRIAS G., LABEYRIE J., RUDEL A. (1966) - Datation par la méthode au carbone 14, d'une éruption d'origine de la Chaîne des Puys. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 263, 1812-1815.
- BROUSSE R., DELIBRIAS G., LABEYRIE J., RUDEL A. (1969) - *Eléments de chronologie des éruptions de la Chaîne des Puys*. Bulletin de la Société géologique de France, 7ème série, XI, 770-793.
- CAMUS G.(1975) - *La Chaîne des Puys: étude structurale et volcanologique*. Annales Scientifiques de l' Université de Clermont, N°56, Géol. Minéral., fasc. 28, fig. 68, 322 p.

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.

CANTAGREL J.M. et BEAUBRON J.C - Chronologie des éruptions dans le massif volcanique des Monts Dore (méthode potassium-argon), implications volcanologiques. *Bull. B.R.G.M., Géologie de la France*, 2, 1-2, 123-142.

DAUGAS J.P. et RAYNAL J.P. (1979) - Remarques sur le milieu physique et le peuplement humain en Auvergne à la fin des temps glaciaires. *In La fin des temps glaciaires en Europe*, CNRS Ed., Paris (1979), t. 2, 545-562.

DAUGAS J.P. et RAYNAL J.P. (1989) - Quelques étapes du peuplement du Massif Central français dans leur contexte paléoclimatique et paléogéographique. *In LAVILLE H. : Variations de paléomilieus et peuplement préhistorique*, CNRS Ed., Cahiers du Quaternaire, 1989, n° 13, 67-95.

DAUGAS J.P. et RAYNAL J.P. (1991a) - L'homme et les volcans : mésolithisation et néolithisation dans le Massif Central français. *113e Congr. nat. Soc. sav., 1988, Strasbourg, Mésolithique et Néolithisation*, 127-146, 3 fig., 3 tabl.

DAUGAS J.P. et RAYNAL J.P. (1991b) - Les chasseurs de la préhistoire face aux dangers du volcanisme. *La dépêche du parc, Bull. d'information du parc naturel régional des volcans d'Auvergne, supplément scientifique*, N°5, juin 1991, 4-5.

DAUGAS J.P. et TIXIER L. (1975) - Variations paléoclimatiques de la Limagne d'Auvergne. *Bulletin de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, 47, 203-235.

DUPIAS G. (1971) - *Clermont-Ferrand*. Carte de la végétation de la France, n° 52, CNRS Ed.

ETLICHER B., JANSSEN C., JUVIGNE E., Van LEEUWEN J.F.N. (1987) - Le Haut Forez (Massif Central, France) après le pléniglaciaire würmien: environnement et tephra du volcan de la Nugère. *Bulletin de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, 4, 229-239.

FAIN J., ERRAMLI H., MIALLIER D., MONTRET M., SANZELLE S. (1986) - Datation par thermoluminescence d'un appareil volcanique trachytique : le Puy de Dôme. *11è R.S.T., Clermont-Ferrand*, S.G.F. Ed., Paris, 63.

FAIN J., ERRAMLI H., MIALLIER D., MONTRET M., SANZELLE S. (1991) - Datation par thermoluminescence d'un appareil volcanique trachytique: le Puy de Dôme. *in J.P. RAYNAL et D. MIALLIER: Datation et Caractérisation des Milieux Pléistocènes*, Cahiers du Quaternaire, CNRS Ed., n° 16, 53-62.

FISHER R.V. (1961) - Proposed classification of volcanoclastic sediments and rocks. *Geological Society of America Bulletin*, 72, 1409-1414.

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

GUERIN G. (1983) - *Thermoluminescence des plagioclases. Méthode de datation du volcanisme. Applications au domaine volcanique français: Chaîne des Puys, Mont Dore et Cézallier, Bas Vivarais*. Thèse d'Etat, Université Pierre et Marie Curie, Paris, 253 p.

GOER DE HERVE A. de, CAMUS G., BOIVIN P., GOURGAUD A., KIEFFER G., MERGOIL J., VINCENT P.M. (1991) - *Volcanologie de la Chaîne des Puys*. 3è éd., Parc naturel régional des volcans d'Auvergne, 1 carte au 1/25.000 et une notice, 128 p.

GOER DE HERVE A. de, CAMUS G., MIALLIER D., SANZELLE S., FALGUERES C., FAIN J., MONTRET M., PILLEYRE T. (1993) - Le puy de Gravenoire et ses coulées, dans l'agglomération de Clermont-

Ferrand (Massif Central français): un modèle inhabituel d'avalanche de débris, déclenchée par une éruption strombolienne en climat périglaciaire. *Bulletin de la Société géologique de France*, 164, n° 6, 783-793.

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.

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.

HETIER J.M. (1975) - *Formation et évolution des andosols en climat tempéré*. Thèse, Nancy I, 194 p.

HUXTABLE J., AITKEN M.J., BONHOMMET N. (1978) - Thermoluminescence dating of sediments baked by lava flows of the Chaîne des Puys. *Nature*, 275, 207-209.

JUVIGNE E. (1983) - Un marqueur stratigraphique supplémentaire dans les tourbières du Cantal : la retombée volcanique de la Taphanel. *Bulletin de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, 13, 3-7.

JUVIGNE E. (1987) - Un marqueur stratigraphique à large dispersion dans le Massif Central français: la retombée du volcan Chopine vieille d'environ 8500 ans B.P., *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 304, série II, n° 4, 187-190.

JUVIGNE E. (1991) - Distribution de vastes retombées volcaniques originaires de l'Eifel et du Massif Central aux temps post-glaciaires dans le NE de la France et les régions voisines. *C. R. Acad. Sc. Paris*, tome 312, Série II, 415-420.

JUVIGNE E. (1992) - Distribution of widespread Late Glacial and Holocene tephra beds in the French Central Massif. *Quaternary international*, 13/14, 180-185.

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. n° 36, 66 p. Bruxelles.

JUVIGNE E. et GEWELT M. (1987) - La Narse d'Ampoix comme téphrostratotype dans la Chaîne des Puys méridionale (France). *Bulletin de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, 1, 37-49.

JUVIGNE E. et GILOT E. (1986) - Ages et zones de dispersion des téphra émises par les volcans du Montcineyre et du lac Pavin (Massif Central, France). *Hannover Z. dt. géol. Ges.*, 137, 613-623.

JUVIGNE E., LOUSBERG N., GEWELT M. (1987) - Evolution morphosédimentaire de la Narse d'Espinasse. *Revue des Sciences naturelles de l'Auvergne*, 53, 7-14, Clermont-Ferrand.

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

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

MARAMBAT L. (1991) - Etude palynologique de la tourbière de la Barthe (Monts-Dore). in J.P. RAYNAL et D. MIALLIER: *Datation et Caractérisation des Milieux Pléistocènes*, Cahiers du Quaternaire, CNRS Ed., n° 16, 181-189.

MARTINI J. (1970) - Recherches de retombées volcaniques quaternaires dans le S.E. de la France et la Suisse occidentale. *Arch. Sci. Genève*, 23, 641-674.

MIALLIER D.(1982) - *L'usage des détecteurs solides de traces dans le cadre de la datation par thermoluminescence*. Thèse de 3ème cycle, Université de Clermont II, N°711, 106 p..

MIALLIER D., FAIN J., SANZELLE S., DAUGAS J.P. & RAYNAL J.P.(1983) - Dating of the Butte de Clermont basaltic maar by means of the quartz inclusion method, *P.A.C.T.9*, 487-498.

PELLETIER H. (1964) - Erosion de la vallée de la Monne depuis les dernières éruptions de la chaîne des Puys. *Actes du quatre-vingt-huitième congrès national des Sociétés savantes*, Clermont-Ferrand, 1963, Imprimerie Nationale, Paris, 153-158.

PELLETIER H.(1969) - Clermont est-il bâti sur un volcan?. *Auvergne Magazine*, février 1969, 18, 2-8.

PILLEYRE T. (1991) - *Datation par thermoluminescence. Application à la chronologie des retombées volcaniques*. Thèse de l'Université Blaise Pascal - Clermont II, DU 345, 164 p.

PILLEYRE T., MONTRET M., FAIN J., MIALLIER D., SANZELLE S.(1991) - Attempts at dating ancient volcanoes using the red TL of quartz. *Quaternary Science Review*, 11, 13-17.

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, 79-84.

RAYNAL J.P. (1987) - Evolution comparée de lacs de maars en Auvergne et en Velay (France): datation et contribution à la connaissance des climats pléistocènes. *Documents du C.E.R.L.A.T.*, Mémoire N°1, 65-96.

RAYNAL J.P. et DAUGAS J.P. (1984) - Volcanisme et occupation humaine préhistorique dans le Massif Central français : quelques observations. *Revue archéologique du Centre de la France*, t. 23, vol. 1, 7-20.

RAYNAL J.P. et DAUGAS J.P. (1989) - Le peuplement paléolithique d'Auvergne. *La Recherche*, n° 210, vol. 20, 690-691.

RAYNAL J.P. ET DAUGAS J.P. (1991) - L'homme et les volcans: occupation de l'espace régional à la fin des temps glaciaires dans le Massif Central français. *in Le peuplement magdalénien. Paléogéographie physique et humaine*, Actes du Colloque de Chancelade, CTHS Ed., 11-120.

RAYNAL J.P. ET SANZELLE S. (1989) - Préhistoire en domaine volcanique: exemple de la Basse Auvergne. *in Le Temps de la Préhistoire*, Société préhistorique française et Archéologia Ed., tome 1, 128-129.

RAYNAL J.P., DAUGAS J.P., PELLETIER H. (1979) - Etudes quaternaires en Grande Limagne d'Auvergne. II: les dépôts de versant du Creux-Rouge, commune de Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme). *Nouvelles archives du Muséum d'Histoire naturelle de Lyon*, fasc. 17, suppl., 87-95.

RAYNAL J.P., DAUGAS J.P., PAQUEREAU M.M., MIALLIER D., FAIN J. & SANZELLE S.(1982) - Première datation du maar basaltique de Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme, France): stratigraphie, palynologie, thermoluminescence. *C. R. Acad. Sci. Paris*, série II, 1011-1014.

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, climatologie et dynamique du système paléo-lacustre. *in Jubilé H. PELLETIER, Rev. Sc. nat. d'Auvergne*, vol. 50, fasc. 1.2.3.4., Clermont-ferrand, 97-114.

RAYNAL J.P., PAQUEREAU M.M., DAUGAS J.P., FAIN J., MIALLIER D., SANZELLE S. (1985) - Contribution à la datation du volcanisme quaternaire du Massif Central français par thermoluminescence des inclusions de quartz et comparaison avec d'autres approches : implications chronostratigraphiques et paléoenvironnementales. *Bulletin de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, 183-207.

RAYNAL J.P., MIALLIER D., VERNET G., FAIN J., CAMUS G., MONTRET M., DAUGAS J.P., SANZELLE S. (1989) - Extension de la datation par thermoluminescence à une retombée trachy-andésitique rapportée au Puy de Pariou (Chaîne des Puys, France). *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 308, Série II, 1547-1552.

RAYNAL J.P., VERNET J.P., FAIN J., MIALLIER D., MONTRET M., PILLEYRE T., SANZELLE S., DAUGAS J.P. (1994) - Téphrostratigraphie et préhistoire des 160 derniers millénaires en Limagne d'Auvergne (Massif Central, France). *Bulletin de la Société préhistorique française*, t. 91, n°2, 149-157.

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, 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.

VERNET G. et PAQUEREAU M.M. (1986) - Le cours moyen de la Morge (Puy-de-Dôme) au Pléistocène : éléments de chronologie et de paléoenvironnements. *11ème Réunion Annuelle des Sciences de la Terre*, Clermont-Ferrand, S.G.F. Ed., 181.

VERNET G. et PAQUEREAU M.M. (1991)- Le cours moyen de la Morge et de ses affluents (Puy de Dôme, France) au Pléistocène: éléments de chronologie et de paléoenvironnements. *in J.P. RAYNAL et D. MIALLIER: Datation et caractérisation des milieux pléistocènes*, Cahiers du Quaternaire, n° 16, CNRS. Ed., 431-449.

VERNET G. et RAYNAL J.P. (1995) - La Tephra des Roches, marqueur du volcanisme contemporain de la fin du Magdalénien dans le Massif Central français. *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 321, série IIa, 713-720.

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

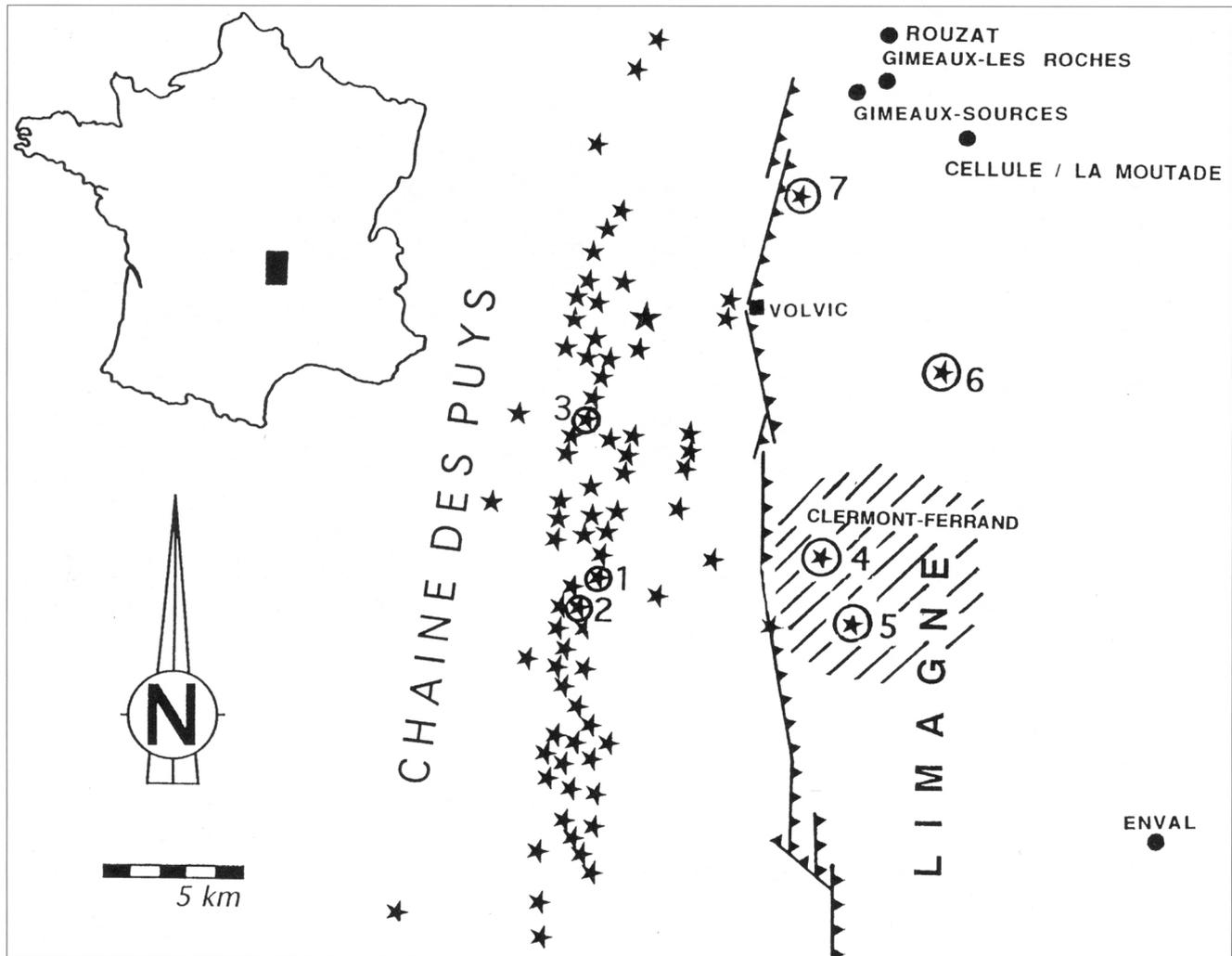


Figure 1 : Carte schématique de la Chaîne des Puys (d'après GOER DE HERVE et al., 1991) avec emplacements des localités étudiées. Les étoiles noires représentent les cônes et dômes. 1 : Puy de Dôme. 2 : Cratère Kilian. 3 : Pariou. 4 : La Nugère. 4 : maar de Jaude-Salins. 5 : maar de la Gantière. 6 : maar de La-doux. 7 : maar de Saint-Hippolyte. En hachures obliques : cuvette de Clermont où affleurent les retombées CF1, CF2, CF3, CF4, CF5, et CF6.

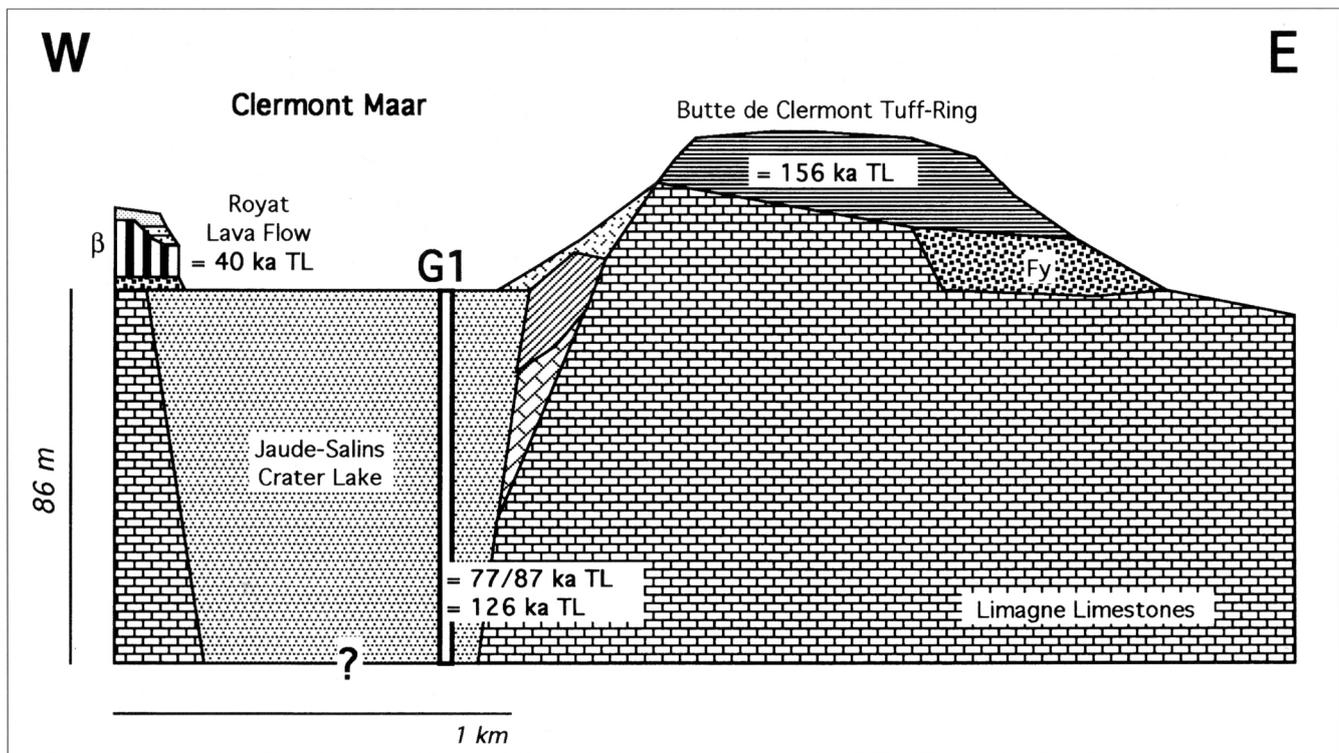


Figure 2 : Maar de Clermont. Schéma stratigraphique et datations. G1: forage GEOCLER 1.

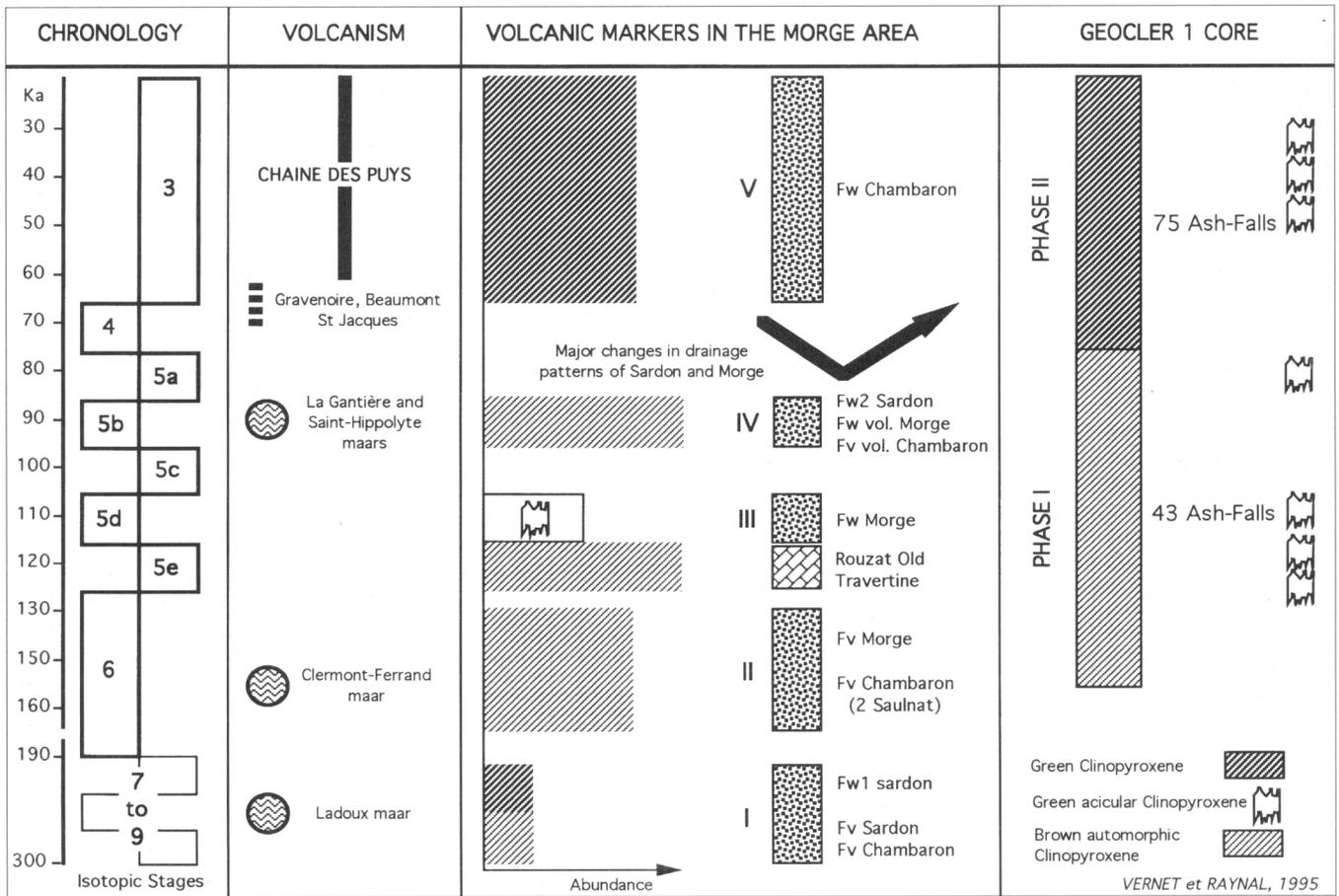


Figure 3 : Téphrostratigraphie et dynamique en Limagne entre 300 et 30 ka.

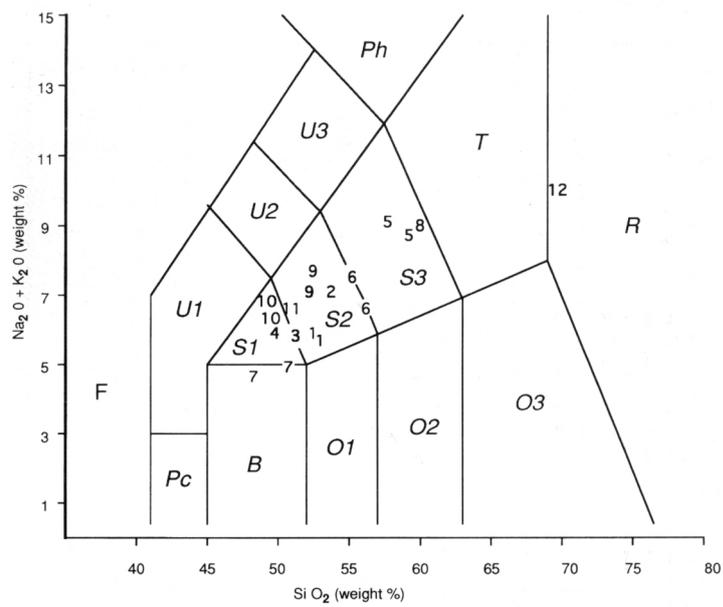
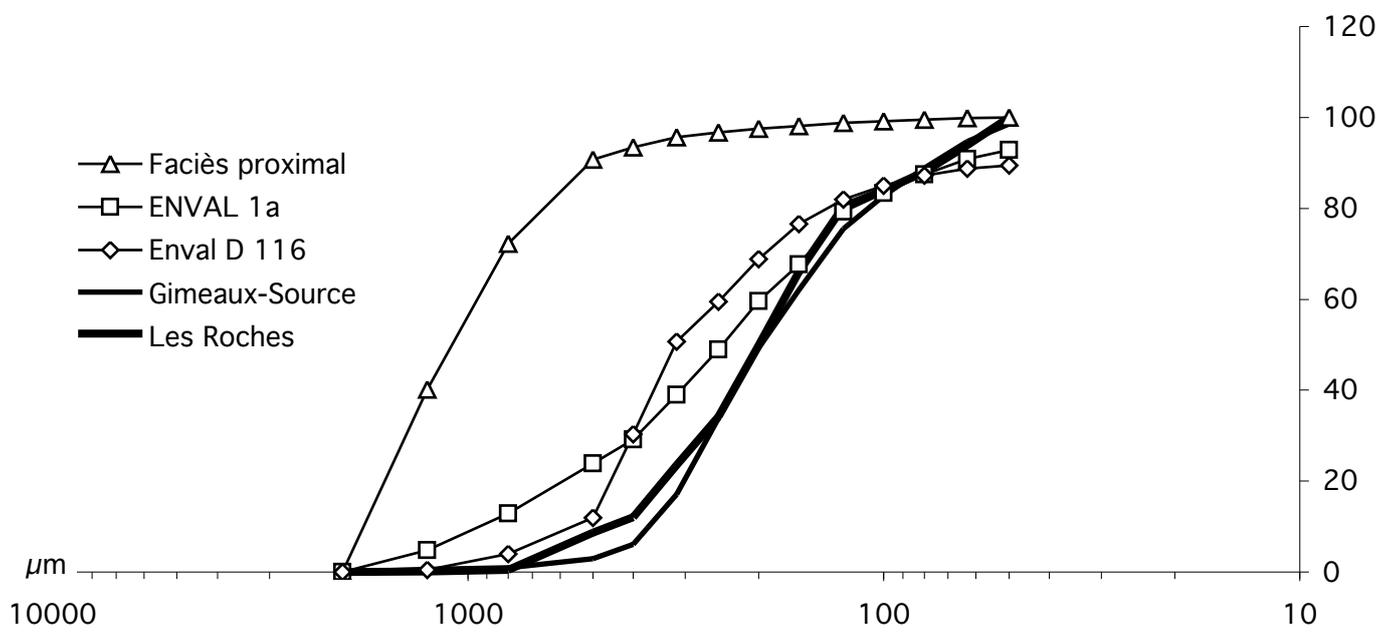
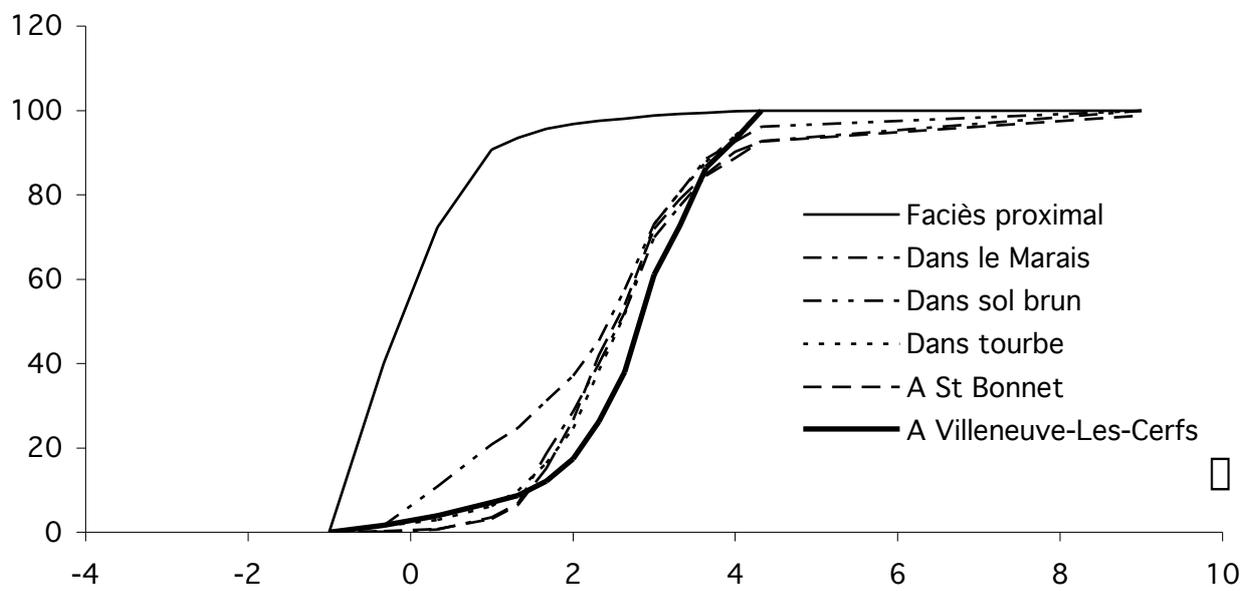


Figure 4 : Les téphras identifiées dans le diagramme SiO₂/Na₂O+K₂O de LE BAS et al. (1985).
 1: La Moutade (2 échantillons), 2: Cellule, 3: Rouzat supérieure, 4: Rouzat inférieure.
 5: Gimeaux supérieure (2 échantillons), 6: Les Roches (2 localités).
 7: Saint-Hip-polyte (2 échantillons), 8: CF1, 9: CF2 (2 échantillons).
 10: CF3 (2 échantillons), 11: CF4, 12: CF5.

Figure 5 : Courbes granulométriques de la Tephra des Roches %



% Figure 6 : Courbes granulométriques de la Tephra de la Moutade.



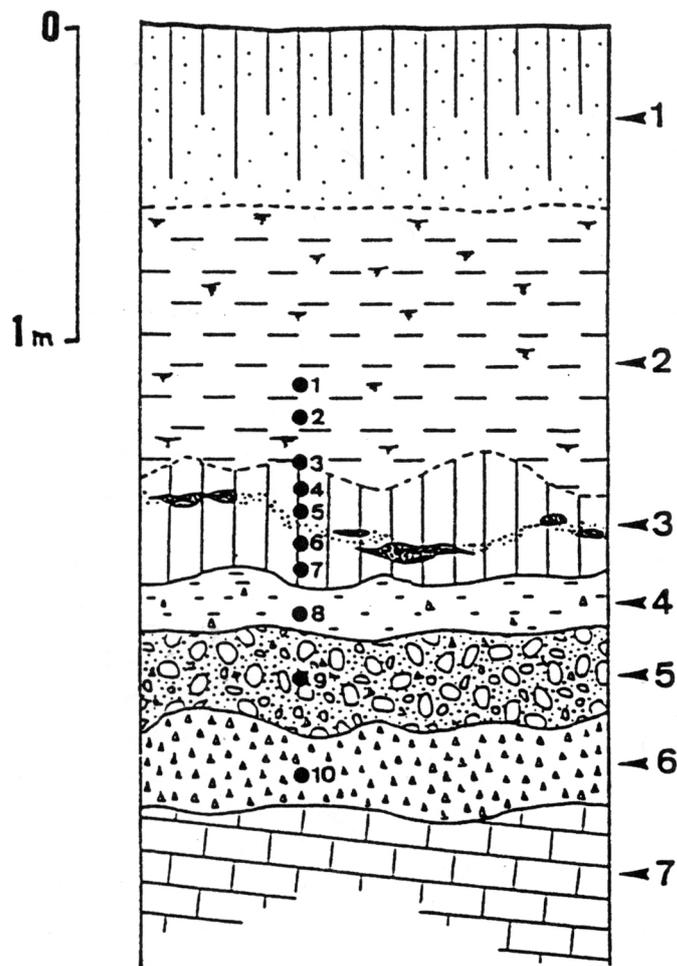


Figure 7 : Stratigraphie à Villeneuve-les Cerfs, d'après VERNET (1992).

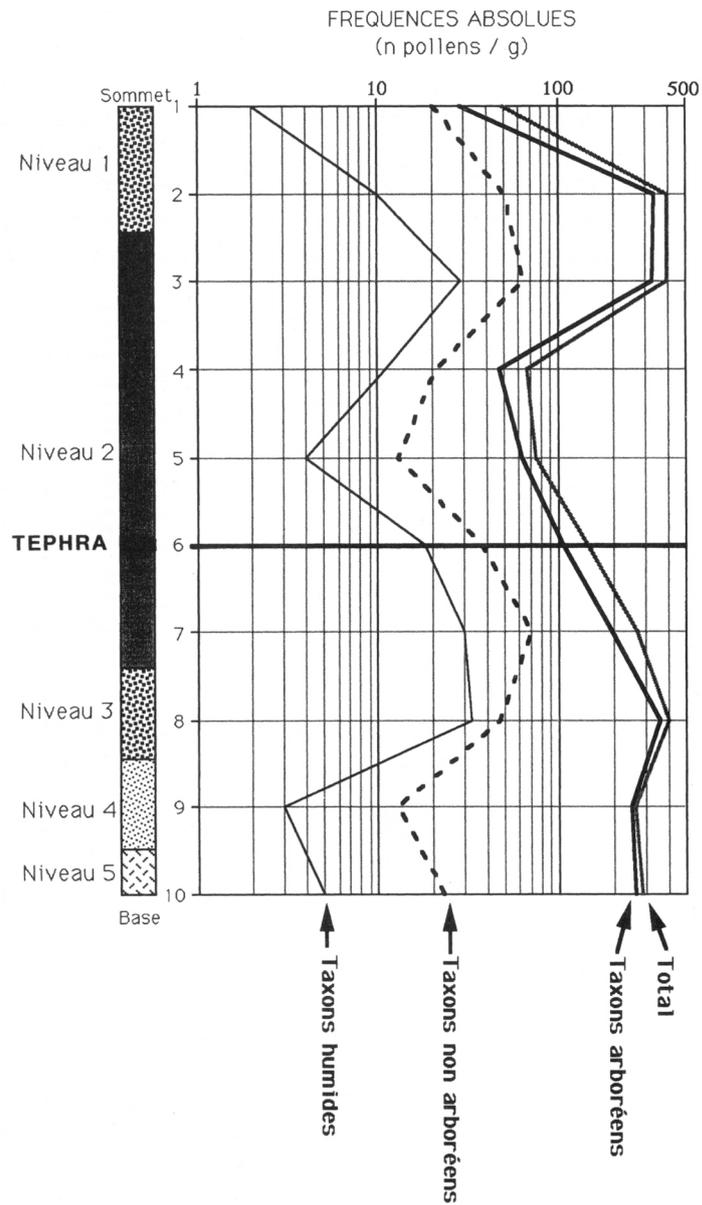


Figure 9 : Villeneuve-les-Cerfs. Nombres de pollens par gramme de sédiment.

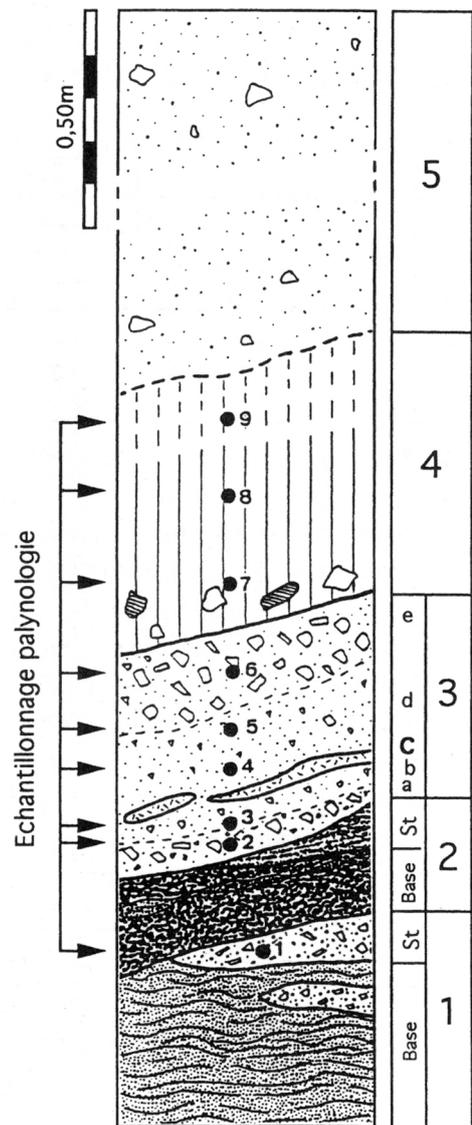


Figure 10 : Stratigraphie de la Rue Sous-les-Vignes à Clermont-Ferrand, d'après VERNET (1992).

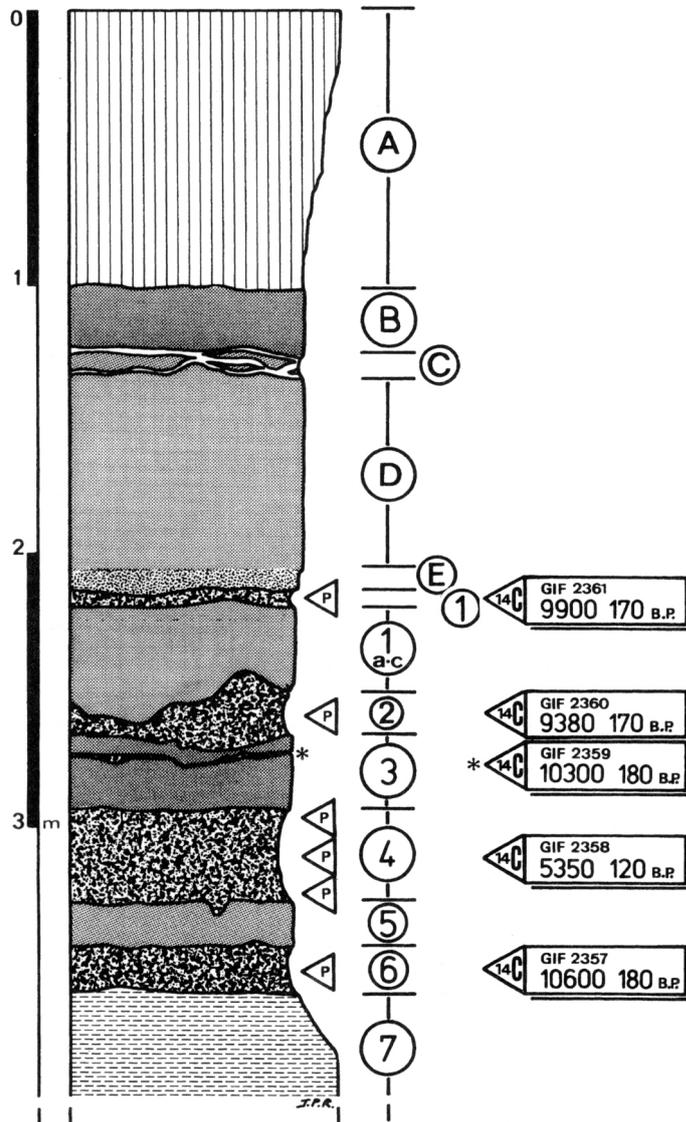


Figure 11 : Stratigraphie de la Combaude à Gerzat, d'après le levé original de DAUGAS et MALACHER (1972, com. pers..)

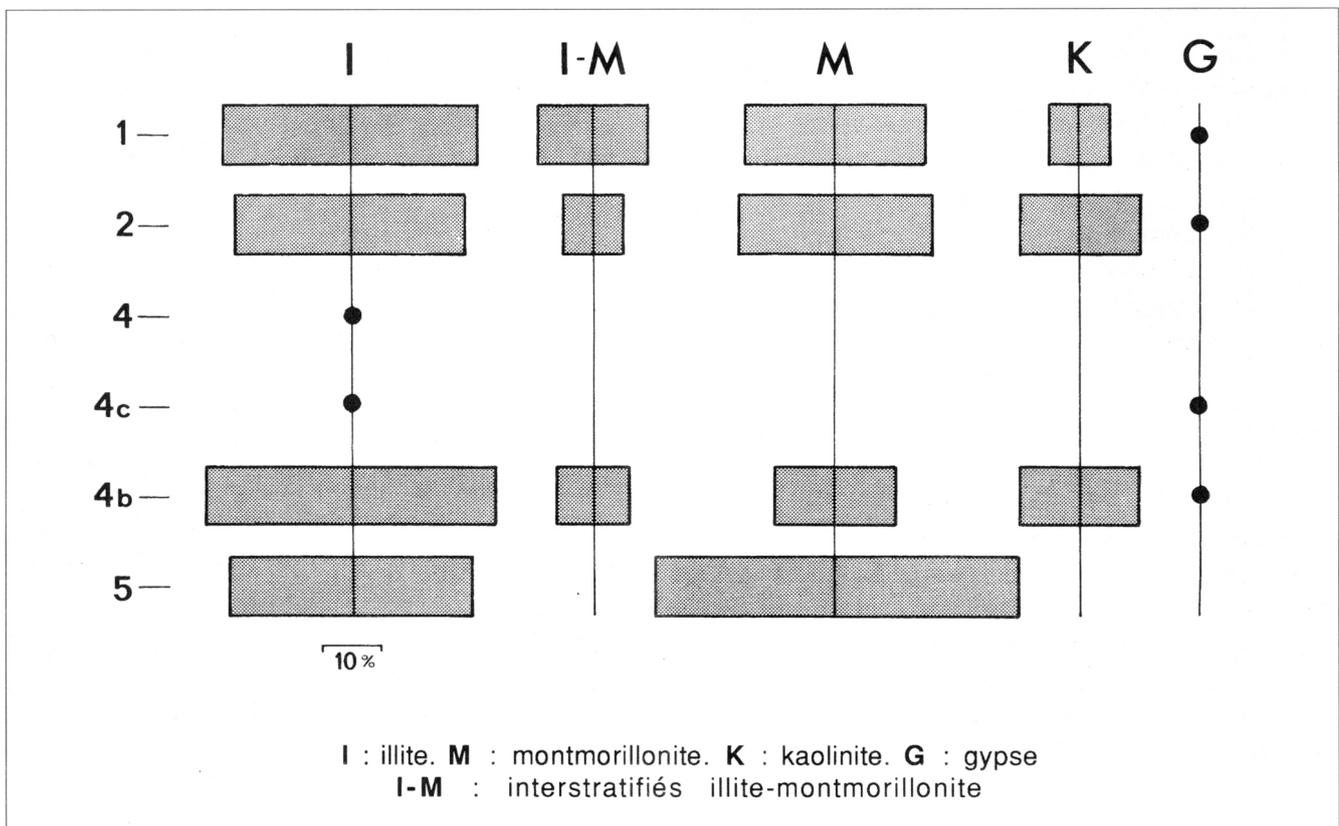
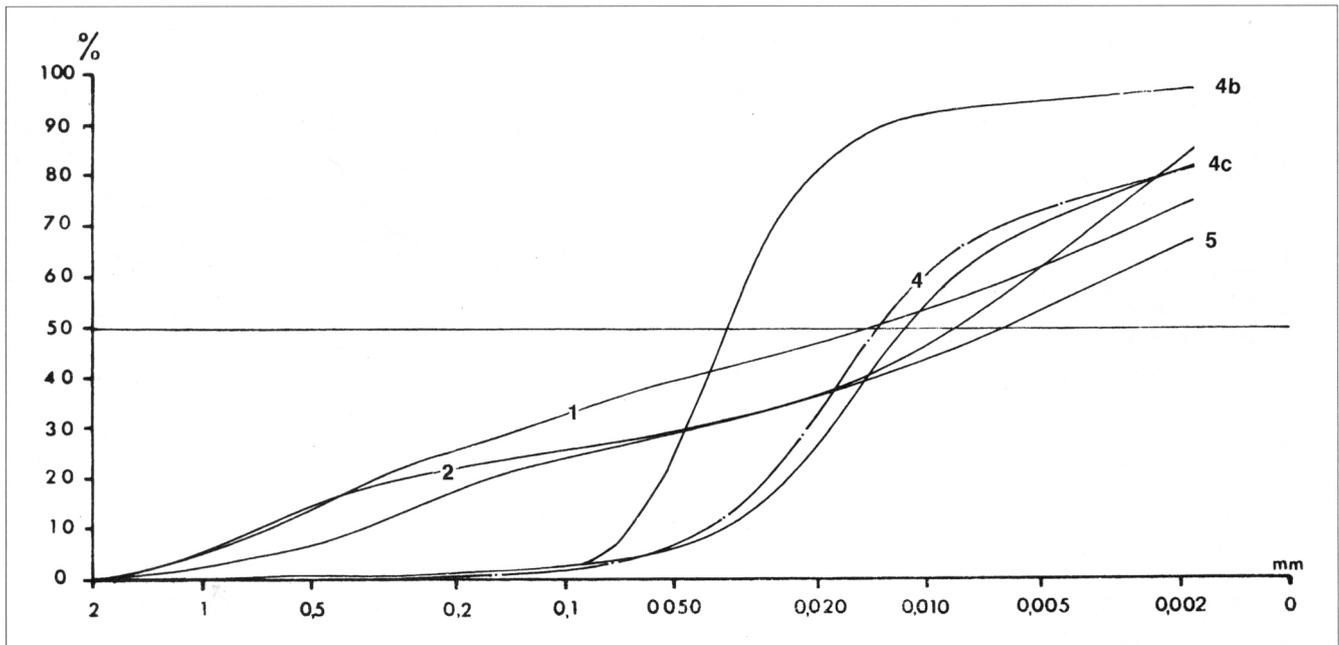


Figure 12 : Courbes granulométriques et minéraux argileux des téphras et dépôts de la Combaude à Gerzat.

MORGE BASIN														
ZONE	LA MOUTADE			CELLULE	ROUZAT Upper		ROUZAT Lower		GIMEAUX UPPER		LES ROCHES		SAINT-HIPPOLYTE	
	TEPHRA LOCALITY LAYER	Saint Bonnet	3		Cellule	8 top	Young travertine	Rouzat	Old Travertine	3 top	Gimeaux	3 bottom	Saint Bonnet	FW2 Sardon
COMPOSITION*														
SiO2	49,30	46,40	51,96	50,31	47,31	55,40	58,06	53,60	47,39	50,95				
Al2O3	14,73	15,10	16,95	17,96	15,62	18,09	18,96	18,50	15,18	15,80				
Fe2O3	7,41	7,66	8,24	7,66	8,28	5,52	4,52	5,80	11,30	11,50				
MgO	3,15	3,48	3,27	3,06	3,41	1,08	1,12	1,99	6,76	5,53				
CaO	11,92	9,68	7,36	10,92	12,35	5,58	5,32	7,83	10,30	8,86				
Na2O	3,25	2,97	4,50	3,83	3,27	5,34	5,49	4,75	2,97	3,17				
K2O	2,34	2,32	2,39	1,89	2,28	3,36	3,11	2,60	1,59	1,89				
TiO2	1,13	1,39	1,62	2,64	2,38	1,23	1,30	1,86	2,27	2,23				
MnO	0,15	0,14	0,19	0,13	0,13	0,13	0,12	0,13	0,18	0,18				
H2O+	6,80	10,86	1,37	1,28	4,10	2,50	1,27	1,48	0,88	0,63				
H2O-	0,24	0,00	1,73	0,00	0,75	1,00	0,36	0,40	0,45	0,29				
Total :	100,42	100,00	99,58	99,68	99,88	99,23	99,63	98,94	99,27	101,03				
*On selected scoriae														

CLERMONT BASIN										
ZONE	CF1		CF2		CF3		CF4		CF5	
	TEPHRA LOCALITY LAYER	Creux Rouge	Blanzat Street	Blanzat Street	Sous les Vignes Street	Blanzat Street	Blanzat Street	Ss les Vignes St	Ss les Vignes St	3c
COMPOSITION*										
SiO2	60,60	51,98	48,43	49,39	50,13	69,24				
Al2O3	17,10	17,18	16,77	17,36	16,66	15,90				
Fe2O3	6,10	9,65	11,67	11,74	10,75	2,03				
MgO	3,70	3,36	4,31	4,48	3,97	0,67				
CaO	2,90	7,19	8,13	8,14	7,64	1,39				
Na2O	2,50	4,78	4,28	4,18	3,90	5,47				
K2O	6,60	2,80	2,42	2,13	2,51	4,46				
TiO2	1,30	1,82	2,31	2,35	2,08	0,35				
MnO	0,08	0,22	0,21	0,20	0,20	0,12				
H2O+	0,00	0,00	0,42	0,00	0,00	1,06				
H2O-	0,08	0,00	0,50	0,00	0,00	0,12				
Total :	100,96	98,98	99,45	99,97	97,84	100,81				
*On selected scoriae										

Tableau 1 : Composition chimique des téphras identifiées en Limagne. Analyses par fluorescence X réalisées au Centre de Recherches Volcanologiques, Clermont-Ferrand.

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

Tableau 2 : Position de la Tephra des Roches dans la chronostratigraphie de l'Abri Durif à Enval.

COMPOSITION MINÉRALOGIQUE DE LA RETOMBÉE DES ROCHES / Association of mafic phenocrysts in 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 3 : Association minéralogique de la Téphra des Roches.

TAXONS	COMPTAGES										FREQUENCES RELATIVES (%)										FREQUENCES ABSOLUES (n pollen/gr)																						
	Echantillons										Echantillons										Echantillons																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10													
AP	ARALIACEAE								1																																		
	HEDERA								1																																		
	BETULACEAE	1	4			1	1	5		0	0,4	1,2	0	0	0	0,5	0,6	1,9	0	0,4	2	5					1	1	8														
	BETULA	1	17	6	4	16	14	11	2	2	0	0,4	5,2	14	4,3	7,8	7,7	4,2	1,1	0,8	2	20	9	3	12	21	17	3	2														
	CORYLACEAE	4	14	3	2	2	3	1	1	0	1,6	4,3	0	3,2	1	1,1	1,1	0,5	0,4	6	17	0	2	1	3	5	1	1															
	CUPRESSACEAE									0	0	0	2,4	0	0,5	3,9	0,8	1,1	0																								
	JUNIPERUS									0	0	0	2,4	0	0,5	3,9	0,8	1,1	0																								
	FAGACEAE	2	1	1			1	2	3	1	0	0,8	0,3	2,4	0	0,5	1,1	1,1	0,5	0	3	1	2					1	3	5	1												
	QUERCUS (FC)										0	0	0	0	0	0	0	0	1,1	0	1,3																						
	JUGLANDACEAE									3	0	0	0	0	0	0	0	1,1	0	1,3																							
CARYA									3	0	0	0	0	0	0	0	1,1	0	1,3																								
PTEROCARYA										1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4																								
ABIES									1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4																								
PINACEAE									1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4																								
PINUS	19	208	237	22	70	133	105	205	170	187	61	84	72	52	75	65	58	78	90	79	29	325	281	34	58	90	157	310	240	230													
PODOCARPACEAE										0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	1,1	8																							
SALICACEAE										0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0																							
SALIX									1	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0																							
ULMACEAE										1	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0,4																								
ULMUS										1	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0,4																								
ASTEROIDEAE	1	3	3			5	2	1	1	3,2	1,2	0,9	0	0	0	2,8	0,8	0	0,4	2	5	4																					
/										3,2	1,2	0,9	0	0	0	2,8	0,8	0	0,4	2	5	4																					
ARTEMISIA									1	0	0	0	0	1,1	0	0,6	0,4	0	0,4																								
CENTAUREA	2	1	1	1			1	1	1	0	0,8	0,3	2,4	1,1	0	0	0,4	0,5	0	3	1	2	1																				
/										0	0	0	0	0	0	0	2,8	1,1	0	0																							
CAPRIFOLIACEAE										0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																								
/										0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																								
CICHORIOIDEAE	1	2	12	2	4	14	8	1	2	1	3,2	0,8	3,6	4,8	4,3	6,8	4,4	0,4	1,1	0,4	2	3	14	3	3	10	12	2	3	1													
/										3,2	0,8	3,6	4,8	4,3	6,8	4,4	0,4	1,1	0,4	2	3	14	3	3	10	12	2	3	1														
HELICANTHEMUM									1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4																								
/										0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4																								
CYPERACEAE	1	4	2	1	1	2	5	1	2	5	3,2	1,6	0,6	2,4	0	0,5	1,1	1,9	0	0,4	2	6	2	2																			
/										3,2	1,6	0,6	2,4	0	0,5	1,1	1,9	0	0,4	2	6	2	2																				
ERICACEAE	3	5	1	2	1	2	1	2	2	0	1,2	1,5	0	1,1	1	0,6	0	1,1	0,8																								
/										0	1,2	1,5	0	1,1	1	0,6	0	1,1	0,8																								
HALORRHAGACEAE									4	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0																								
MYRIOPHYLLUM									4	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0																								
LINACEAE									2	0	0	0,3	0	0	1	0	0	0	0																								
PLANTAGINACEAE									1	0	0	1,2	0	0	0	0	0,4	0	0																								
PLANTAGO									1	0	0	1,2	0	0	0	0	0,4	0	0																								
FLUMBAGINACEAE	6	1				1	2	4	0	0	1,8	2,4	0	0	0,6	0,8	0	1,7																									
ARMERIA									4	0	0	1,8	2,4	0	0	0,6	0,8	0	1,7																								
/	7	12	7	3	4	9	12	3	3	6	23	4,9	2,1	7,1	4,3	4,4	6,6	1,1	1,6	2,5	11	19	8	5	3	7	18	5	4	7													
POACEAE									6	23	4,9	2,1	7,1	4,3	4,4	6,6	1,1	1,6	2,5	11	19	8	5	3	7	18	5	4	7														
CEREAIA	2									0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	3																							
POLYGONACEAE									1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4																								
FAGOPYRUM									1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4																								
RUMEX	1					1	3				0	0,4	0	0	0,5	0	1,1	0	0	2																							
FILIPENDULA										0	0	0	0	0	1,1	0	1,7	0	0	0																							
ROSACEAE									3	0	0	0	0	0	1,1	0	1,7	0	0	0																							
SPORE MONOLETE	2	1	5	3	4	15	8	3		6,5	0,4	1,5	7,1	4,3	7,3	4,4	1,1	0	0	0	3	2	6	5	3	11	12	5															
/										0	0	0	0	0	0	0,5	0	0,4	0,5	0																							
POLYPODIUM									1	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0																							
POLYSTICHUM									1	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0																							
/										0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0																							
SPORE TRILETE									1	0	0	0	0	2,4	0	0,5	1,7	0	0,5	0																							
LYCOPODIUM																																											

TAXONS POLLINIQUES	COMPTAGES												FREQUENCES RELATIVES (%)												FREQUENCES ABSOLUES (n pollens/g)												
	Echantillons												Echantillons												Echantillons												
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
AP	ALNUS	2	4	3	7	25	3	5	0	1,18	0	0	0	0,64	3,28	0,64	2,08	4	4	1	2	16	7	1	1	4	4	1	2	16	7	1	1				
	BETULA	4	7	6	1	10	17	5	0	1,18	3,57	1,46	0	2,24	20,5	1,91	3,47	8	8	1	4	24	5	1	2	8	8	1	4	24	5	1	2				
	CORYLACEAE	1	3	2	2	3	1	16	2	0,88	1,76	1,79	0,97	7,32	0,32	13,1	1,27	2,08	2	6	1	1	1	2	4	1	2	6	1	1	1	2	4	1			
	CUPRESSACEAE	96	41	36	148	16	244	15	99	79	85	24,1	32,1	71,8	39	78	12,3	63,1	54,9	163	79	7	100	4	575	4	22	17	163	79	7	100	4	575	4	22	17
	FAGACEAE									0	0	0	0	0,49	0	0,64	0	0,64	0																		
	PINACEAE	1	3	2	2	3	1	16	2	0	0,59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	SALICACEAE	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0,96	0,82	1,91	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	TILIACEAE	2	21	7	1	5	2	3	5	1,77	12,4	6,25	0,49	12,2	1,6	1,64	1,91	3,47	3	41	1	1	1	12	1	1	3	41	1	1	1	12	1	1	1		
	ULMACEAE									0	0	0	0	0	0	0	0	0,69																			
	APIACEAE	1	3	7	1	1	1	1	1	0,88	1,76	6,25	0,49	0	0	0	0	1,27	3,47	2	6	1	1	1	1	1	1	2	6	1	1	1	1	1	1	1	
ASTEROIDEAE	2	2	3	6	1	1	2	3	1,77	1,18	2,68	0	2,44	0	0,82	1,27	2,08	3	4	1	1	1	1	1	1	3	4	1	1	1	1	1	1	1			
CARYOPHYLLACEAE	7	41	7	14	6	4	5	7	6,19	24,1	6,25	6,8	14,6	1,28	4,1	4,46	9,03	12	79	1	9	2	9	1	2	3	12	79	1	9	2	9	1	2	3		
CHENOPODIACEAE	2	5	3	2	5	3	1	2	0	1,18	4,46	1,46	4,88	1,6	2,46	0,64	1,39	4	4	1	2	1	12	1	1	4	4	1	2	1	12	1	1	1			
CICHOARIOIDEAE	1	4	6	3	3	3	4	8	0,88	0	3,57	2,91	0	0,96	2,46	2,55	5,56	2	4	1	4	4	7	1	1	2	2	4	1	4	4	7	1	1	2		
CYPERACEAE	2	2	2	2	2	2	2	2	0	1,18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
ERICACEAE									0	0	0	0	0	0,32	0	0	0																				
LAMIACEAE									0	0	0	0	0	0,32	0	0	0																				
LINUM									0	0	0	0	0	0,32	0	0	0																				
NYMPHAEACEAE									0	0	0	0	0	0,32	0	0	0																				
PLANTAGINACEAE	1	28	17	17	6	19	15	19	0	0,59	0	0	2,44	0	0	0,64	0	2	54	3	12	2	45	4	4	1	2	54	3	12	2	45	4	4	1		
POACEAE	1	1	1	1	1	1	1	1	0,88	16,5	15,2	8,25	14,6	6,07	12,3	12,1	4,86	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
POLYGONACEAE									0	0	0	0	0,49	0	0,32	0,82	0																				
POTAMOGETONACEAE									0	0	0	0	0,49	0	0,64	0,82	0	1,39																			
PRIMULACEAE									0	0	0	0	0	0	0	0,64	0																				
RUBIACEAE									0	0	0	0	0	0	0,82	0	0																				
SCROPHULARIACEAE									0	0	1,79	0	0	0	0	0	0																				
SPORE MONOLETE	1	14	5	1	1	1	1	1	0,88	8,24	4,46	0,49	0	0,32	0,82	0	0	2	27	1	1	1	2	2	2	2	27	1	1	1	2	2	2	2			
SPORE TRILETE									0	0	0	0	0	0,32	8,2	0	0																				
LYCOPODIUM									0	0	0	0,49	0	0	0	0	0																				
LYCOPODIUM	1	2	2	2	2	2	2	2	0,88	1,18	0	0	0	0	0	1,27	0	2	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4			
URTICACEAE																																					
INDETERMINABLE																																					
TOTAL	113	184	125	212	44	321	133	170	152																												
TOTAL - INDETERMINABLE	113	170	112	206	41	313	122	157	144	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	193	330	20	141	11	736	32	33	30			
TOTAL AP	97	53	49	160	20	269	79	114	98	85,8	31,2	43,8	77,7	48,8	86	64,8	72,6	68,1	165	103	9	108	5	634	21	25	21	165	103	9	108	5	634	21	25	21	
TOTAL NAP	16	117	63	46	21	44	43	43	46	14,1	68,8	56,3	22,4	51,2	14,1	35,3	27,4	31,9	28	227	11	33	6	102	11	8	9	28	227	11	33	6	102	11	8	9	
9	8	7	6	5	4	3	2	1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	9	8	7	6	5	4	3	2	1		
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E			

Sommet ←

→ Base

Tableau 5 : Contenus polliniques des échantillons de la Rue Sous-les-Vignes à Clermont-Ferrand.