

- *GENTIANACEAE : sp.
Erythrea
- *GERANIACEAE : Geranium
- *HALORAGACEAE : Myriophyllum
- *HAMAMELIDACEAE : sp.
Parrotia
Parrotiopsis
- *JUGLANDACEAE : Carya
Engelhardtia
Juglans
Pterocarya
- *LAMIACEAE : sp.
- *LILIACEAE : sp.
- *MYRICACEAE : Myrica
- *NYMPHEACEAE : sp.
- *OLEACEAE : Ligustrum
Phyllirea
- *PAPAVERACEAE : sp.
- *PLANTAGINACEAE : Plantago
- *PLUMBAGINACEAE : sp.
- *POACEAE : sp.
- *POLYGALACEAE : sp.
- *POLYGONACEAE : Polygonum
Rumex
- *POTAMOGETONACEAE : Potamogeton
- *PRIMULACEAE : sp.
- *RANUNCULACEAE : sp.
Thalictrum
- *RESEDACEAE : sp.
- *RESTIONACEAE : sp.
- *RHAMNACEAE : Rhamnus
- *ROSACEAE : sp.
t. Poterium
- *RUBIACEAE : sp.
- *SALICACEAE : Populus
Salix
- *SAXIFRAGACEAE : sp.
Ribes
Saxifraga t. aizoon
- *SCROPHULARIACEAE : sp.
- *SOLANACEAE : sp.
- *SPARGANIACEAE : Sparganium
- *THYMELEACEAE : Daphne
- *TYPHACEAE : sp.
- *ULMACEAE : Ulmus
Zelkova
- *URTICACEAE : sp.
- *VALERIANACEAE : sp.
- *VIOLACEAE : sp.
- *VITACEAE : Parthenocissus
Vitis

LISTE DES TAXONS POSANT PROBLEME

- *PINACEAE : cf. Cathaya
Pinus cf. haploxylon
Tsuga
- *TAXODIACEAE : sp.
à papille
- *HAMAMELIDACEAE : sp.
Parrotia
Parrotiopsis
- *JUGLANDACEAE : Carya
Engelhardtia
Pterocarya
- *ULMACEAE : Zelkova
- *VITACEAE : Parthenocissus
- *RESTIONACEAE : sp.

! 7 - DATATION PAR LA THERMOLUMINESCENCE : !
! (J. Fain, D. Miallier, M. Montret, !
! M. Ousmoi, T. Pilleyre, S. Sanzelle) !
!

CAROTTE GEOCLER C51

Paléodose

Cet échantillon de téphra s'est révélé assez riche en quartz, et la méthode des inclusions a été appliquée à la fraction 100-200 μm . Un premier essai, mené par la procédure classique (étude du pic TL à 330°C, avec filtre bleu) a échoué, les pièges correspondants se révélant saturés.

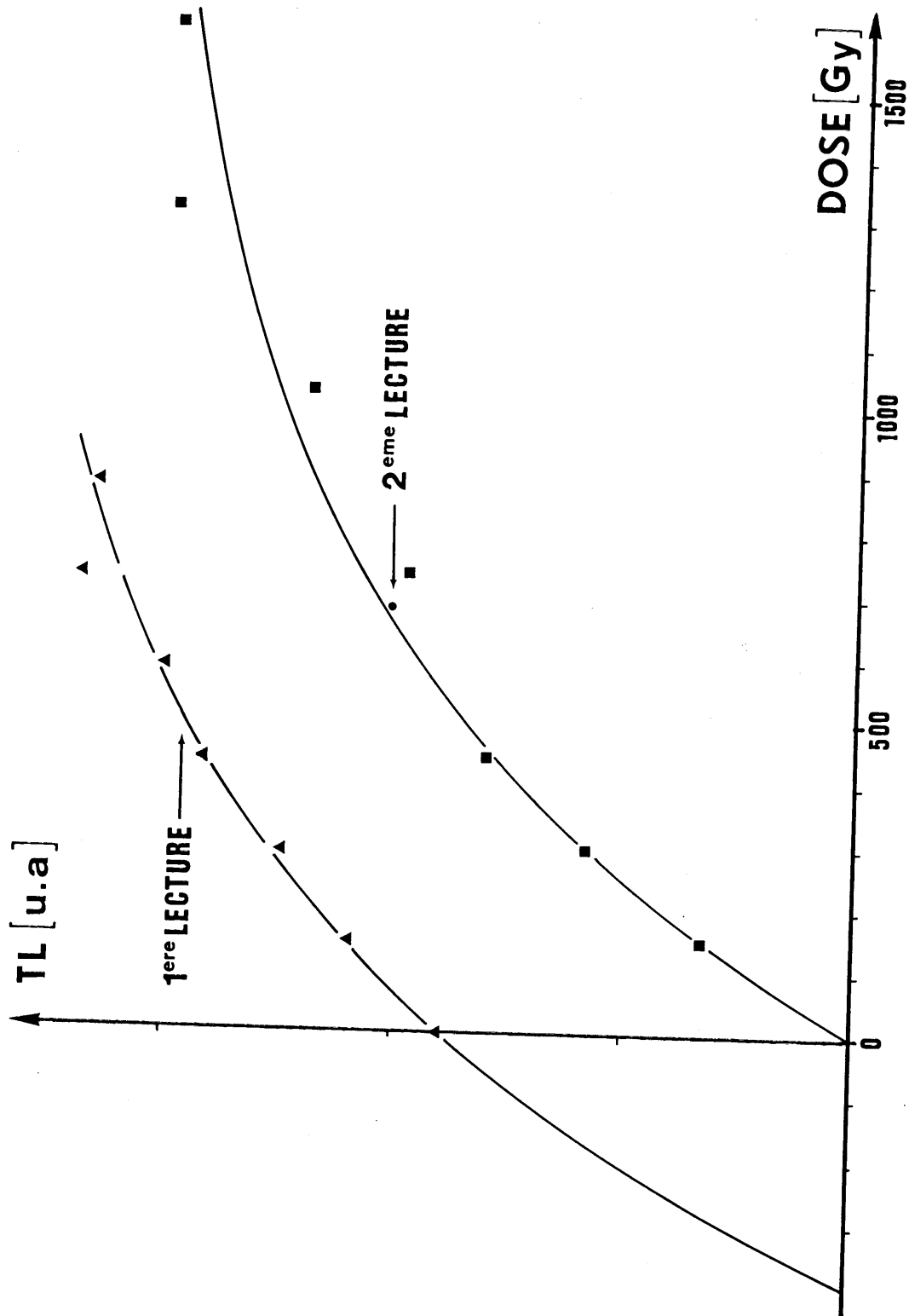
Une approche originale a alors été tentée en utilisant pour la première fois en datation TL le "pic rouge" du quartz, situé vers 380°C, et correspondant à une émission dans le rouge (6200 Å). De ce fait, son étude est difficile à cause de la contribution du rayonnement thermique (corps noir). Nous avons pu soustraire celui-ci avec précision et obtenir un très bon signal TL, d'une reproductivité meilleure que celle habituellement obtenue dans le bleu, et présentant un "plateau" très satisfaisant ($\pm 3\%$ de 320 à 400°C).

La courbe jointe montre l'évolution du signal TL avec la dose ajoutée. On constate que la variation n'est pas linéaire, ceci étant attribuable à l'approche de la saturation. Un ajustement exponentiel de forme :

$$TL = a [1 - e^{-c(d-p)}]$$

a été employé pour obtenir la paléodose (a, c, constantes ; p paléodose ; d dose ajoutée). La valeur de c a d'abord été déterminée par ajustement (moindres carrés) sur la courbe de seconde lecture, puis a et p sur celle de première lecture, conduisant à une paléodose :

$$p = 400 \pm 30 \text{ Gy}$$



Ce chiffre doit être considéré comme une valeur préliminaire à confirmer par une statistique expérimentale plus fournie, en ce qui concerne la 2ème lecture, que celle actuellement disponible.

Dosimétrie

La dose annuelle a été obtenue d'après les mesures effectuées par gammamètre lors du forage (cote -78m). Après correction pour absorption à travers le tubage en place, elle est (dans le sol) de :

$$1,57 \pm 0,08 \text{ mGy/an}$$

auxquels on ajoute : 0,06 mGy/an pour le rayonnement cosmique.

La dose β annuelle attribuable à l'Uranium et au Thorium a été évaluée par comptage α sur l'échantillon sec ($125,4 \alpha/\text{cm}^2/\text{jour}$) et la dose β due au K_{40} calculée à partir de la concentration en K_2O (2,24 %). Les coefficients habituels d'atténuation β ont été appliqués (0,94 pour K_{40} , 0,84 pour U et Th). Les corrections liées à l'humidité ont été faites en supposant être dans les conditions de saturation (26 % d'eau). Il a été aussi tenu compte de 14 % d'eau liée dans l'échantillon sec.

Finalement, la dose annuelle s'établit à :

$$3,19 \pm 0,16 \text{ mGy/an}$$

Age

$$126\ 000 \pm 15\ 000 \text{ avant nous}$$

Ce résultat suppose néanmoins que :

- le quartz est totalement exempt de U ou de Th ;
- il n'y a pas eu de variation dans le passé des concentrations radioactives (par exemple, par lessivage).

La confirmation de ces deux hypothèses (principalement la deuxième) par de nouveaux apports expérimentaux est nécessaire avant de considérer la date comme définitivement acquise.

! 8 - DATATION PAR OSL (E. Rhodes et M. Aitken) !

Introduction

Luminescence Dating comprises the well-established technique of Thermoluminescence (TL) Dating together with the new technique of Optical Dating recently demonstrated by Huntley, Godfrey-Smith and Thewalt (1985), the latter being based on Optically Stimulated Luminescence (OSL) and seen as being primarily advantageous in application to unburnt sediment. For TL dating of burnt material the event being dated is the last heating in excess of about 400°C and for calcite it is the time of crystal formation. For sediment TL it is the last time at which there was substantial exposure to sunlight, eg during transportation by the wind before deposition. If OSL is used the necessary duration of exposure is at least an order of magnitude less than if TL is used; this gives the possibility of dating sediment that has had relatively brief exposure such as during transportation by flood water or while lying on the surface prior to burial by succeeding layers.

.../...

The Basic Technique

Both types of luminescence represent the release of energy that has been stored in the crystal lattice of the mineral concerned (eg quartz, feldspar, zircon, calcite). This storage is in the form of electrons that are trapped at defects in the crystal lattice and when released (by heat in the case of TL; by light in the case of OSL) some of the de-trapped electrons find luminescence centres thereby causing light to be emitted (these centres are usually formed by impurity atoms present in the crystal lattice).

The amount of light emitted is proportional to the number of trapped electrons (to a good approximation). These latter are the result of exposure to nuclear radiation and there is a weak flux of this from the radioelements (potassium-40, thorium and uranium) naturally present in all sediment. The trapped electrons build up to an equilibrium level during geological times and an essential requirement for dating is that the number of trapped electrons is reduced to near zero at the time of the event being dated; by sunlight in the case of sediment dating.

The important difference between OSL and TL, and the real advantage of OSL over TL is that in OSL, light from a laser source is used to release electrons from only those traps which are sensitive to light. Hence, the signal measured is produced by electrons from the most easily light-bleachable traps. These are the traps which are emptied first on exposure to sunlight during deposition. For sunlight to reduce the signal in quartz to a few percent of its original value, it takes only a few hundred seconds in the case of OSL, while it takes tens of hours in the case of TL. It is this rapid bleaching which ensures the zeroing of the OSL of sediments, allowing dating of sediments which have had only a brief exposure to sunlight during deposition. For further details see

Huntley et al (1985) and Aitken et al (1987).

The basic equations for both TL and OSL are

$$\text{Age} = \frac{\text{Palaeodose}}{\text{Annual Radiation dose}} \quad (1)$$

and

$$\text{Palaeodose} = \frac{\text{Accrued luminescence}}{\text{Luminescence per unit dose of radiation}} \quad (2)$$

The ACCRUED LUMINESCENCE, more usually referred to as the 'NATURAL', is the luminescence observed, by means of a photomultiplier, when the sample is heated (for TL) or exposed to a laser beam (for OSL). The LUMINESCENCE PER UNIT DOSE, or SENSITIVITY, is evaluated by measurement of the 'ARTIFICIAL' signal (TL or OSL) observed after exposure of the sample to radiation from a calibrated radioisotope source. Thus the PALAEODOSE represents the total dose that the sample must have received since the traps were last emptied. Alternative terminology is EQUIVALENT DOSE, ARCHAEOLOGICAL DOSE, ACCRUED DOSE etc.

The ANNUAL DOSE, or DOSE-RATE, is determined by both laboratory and on-site measurements. For on-site measurements we use (i) TL capsules and (ii) a portable gamma spectrometer. A TL capsule, usually of copper, contains a highly-sensitive TL powder and is buried in the soil in a situation that represents that of the sample as closely as possible; it is about 8 mm diameter and 40 mm long. Minimum burial time is a few months, a year being preferred. The portable gamma spectrometer measurement time is only an hour (per level).

The annual dose is influenced by the water content of the sediment during antiquity. Though an upper limit to the effect is obtained by measuring the saturation water content and the present day value can be measured, there is a degree of uncertainty about the situation in the past and at some sites this

may significantly limit the accuracy attainable.

Laboratory measurements by thick-source alpha counting combined with gamma spectrometer determination of relative proportions of radioisotopes (allowing for identification of disequilibrium) are made.

For further information refer to Aitken (1985), Wintle and Huntley (1982), Mejdahl (1986) and Berger (1986).

Age Range

For quartz, the age range is dependent on the luminescence characteristics of the sample and the radioactivity of the environment. The upper limit is not yet firmly established but certainly it reaches to 100,000 years. The lower limit for sediment dating is set by the effectiveness of the zero setting and the sensitivity of the sample. This is expected to be around 1,000 years.

Zircon dating (Sutton and Zimmerman 1976; Templer, 1987)

The levels of thorium and uranium in zircon are several hundred parts per million and consequently the annual dose for a grain of 0.1 mm or more is dominated by the internal contribution. This means that uncertainty about water content and other environmental factors (eg geochemical leaching and radioactive disequilibrium effects) are relatively unimportant. This removes an important source of systematic error. However the technique is a much more difficult one than dating by conventional TL or OSL, and so far its success has been demonstrated only for zircon grains extracted from pottery, bricks and lava. Nevertheless there is good prospect that it will shortly become available for sediment. The technique involves the manipulation of single

grains and so it is to be expected that it will not be applicable to very fine grained sediments. About 100 grains are required; these have to be extracted and identified using only a dim red light (to avoid bleaching of the 'natural') and it is only worth attempting to use this technique for sediments known to be fairly rich in zircon.

Accuracy and Application

The accuracy attainable, as for TL dating of sediments, is currently in the range 5-10% of the age (and in adverse conditions it is worse), though zircon dating may prove to be more accurate. Obviously, because of this accuracy limitation the technique is not necessarily the best one to use. However for sites beyond the range of radiocarbon dating, or with no organic material preserved, or where the radiocarbon results appear to be unreliable, the technique will hopefully prove to be an important new dating tool.

Because of the necessity to sample the sediment without exposure to light and to make on-site radioactivity measurements, samples are usually collected by laboratory staff. Depending on the number of levels sampled the time taken is usually less than one day. About two kilograms of sediment are removed, an auger hole of 0.3 metres depth and 65mm diameter being made. If possible, a dosimeter capsule (as mentioned above) is left buried.

.../...

Dans le cas de la carotte Géocler 1, nous avons procédé de la façon suivante. Chaque tronçon de carotte a été ouvert en chambre noire. Les tronçons de 10 cm de long ont été sélectionnés pour leur granulométrie, débarrassés de leur partie extérieure qui avait été exposée quelques minutes à la lumière du jour lors de l'extraction, et enfermés dans des doubles enveloppes opaques en plastique noir. La teneur en eau du sédiment a été mesurée sur la partie extérieure des échantillons (pesée, dessiccation à 100 °C, pesée). Les échantillons conservés sont suffisamment volumineux pour permettre un comptage gamma en laboratoire. La dosimétrie de site utilisée est celle établie sur le forage par l'équipe des physiciens de Clermont.

Une première estimation d'âge portant sur la carotte 21 permet de proposer une date d'environ 40 ka BP (avec une erreur moyenne de 10%).

Les échantillons prélevés forment un maillage régulier le long de la carotte et devraient, dans les mois à venir et si la granulométrie et la composition minérale sont favorables, autoriser une approche chronologique plus détaillée de la séquence.

REFERENCES

- AITKEN, M J. 1985. Thermoluminescence dating, Academic Press.
- AITKEN, M J, GELDARD, D M, RHODES, E J, ROBINSON, P D, SMITH, B W. 1987. Optical Dating: Methodological Aspects, Radiation Protection Dosimetry, in press.
- BERGER, G W. 1986. Dating Quaternary Deposits by Luminescence - Recent Advances, Geoscience Canada, 12, No 1.
- HUNTLEY, D J, GODFREY-SMITH, D I and THEWALT, M L W. 1985. Optical dating of sediments, Nature, 313, p 105-107.
- MEJDAHL, D J. 1986. Dating of feldspar and quartz, Proceedings of 11th R.S.T., Clermont Ferrand, March 1986.
- SUTTON, S R and ZIMMERMAN, D W. 1976. Thermoluminescent dating using zircon grains from archaeological ceramics, Archaeometry, 18, 125-134.
- TEMPLER, R H. 1987. Autoregenerative TL dating of zircon inclusions, Radiation Protection Dosimetry, in press.
- WINTLE, A G and HUNTLEY, D J. 1982. Thermoluminescence dating of sediments, Quaternary Science Reviews, 1, p 31-53.

! 9 - PALEOMAGNETISME (N. Thouveny) !

CAROTTE GEOCLER: MESURES DE SUSCEPTIBILITE MAGNETIQUE

L'échantillonnage paléomagnétique de la carotte GEOCLER a été effectué au cours d'un séjour à Bordeaux en décembre 1987 par N. Thouveny (LGG/CNRS, Marseille).

Des spécimens cubiques d'environ 8 cm³ ont été obtenus par enfouissement de boîtes plastiques, préalablement perforées le long de la génératrice des tronçons de carotte, entre 28 et 70 m. Une maille de 2.5 à 3 cm a pu être respectée dans certaines parties, cependant que dans d'autres, la compaction du sédiment n'a autorisé qu'un échantillonnage restreint (un spécimen pour 10 cm). Les échantillons scellés ont été transportés au LGG pour l'analyse paléomagnétique.

La première étape de cette étude a consisté dans la mesure de la masse et de la susceptibilité magnétique de tous les spécimens. Cette dernière a été mesurée sur un pont à susceptibilité de marque Bartington consistant en un double solénoïde connecté à une unité électronique. Cette unité engendre dans le solénoïde "actif", un champ magnétique alternatif de faible intensité H ($\ll 1$ Oe) qui crée dans l'échantillon un champ induit B selon la relation $\mu = B/H$. Ce champ induit crée un courant dans le solénoïde "passif" dont l'intensité est proportionnelle à la susceptibilité magnétique μ de l'échantillon.

Ce paramètre exprime le contenu en minéraux magnétique de la roche, ce qui dans un bassin de dimensions restreintes dont l'environnement géologique immédiat est homogène, consiste en des proportions relativement constantes des différents types minéraux magnétiques. Dans le cas du Maar de Clermont, il est probable que l'environnement constitué par des coulées volcaniques joue un rôle prépondérant dans la sédimentation donc que la proportion de particules magnétiques de type magnétites ou titanomagnétites soit prépondérante et relativement constante.

La susceptibilité magnétique est alors une mesure directe et rapide du taux d'érosion du bassin versant et peut efficacement révéler les variations climatiques et paléoclimatologiques.

Suivant la longueur d'onde des oscillations de la susceptibilité, il est possible de localiser les variations de lithologie (fréquence des turbidites, teneur en matière organique) à différentes échelles de temps.

Par exemple, les niveaux de turbidites sont généralement signalés par des pics de susceptibilité maximale, les niveaux à forte teneur en matière organique sont eux au contraire caractérisés par une faible susceptibilité.

La figure 1a exprime les variations de masse des échantillons. L'erreur de volume étant de l'ordre de quelques pour cents et pouvant être considérée comme aléatoire, elle est probablement négligeable lorsqu'elle est moyennée sur quelques échantillons. Les variations majeures (pics de forte amplitude ou oscillations de moyenne à grande longueur d'onde) reflètent donc des variations significatives de la densité du sédiment. On note des variations à très haute fréquence et des oscillations de plus grande longueur d'onde qu'il conviendra de comparer à celles décrites par d'autres paramètres sédimentologiques (teneur en matière organique, granulométrie, minéraux lourds...).

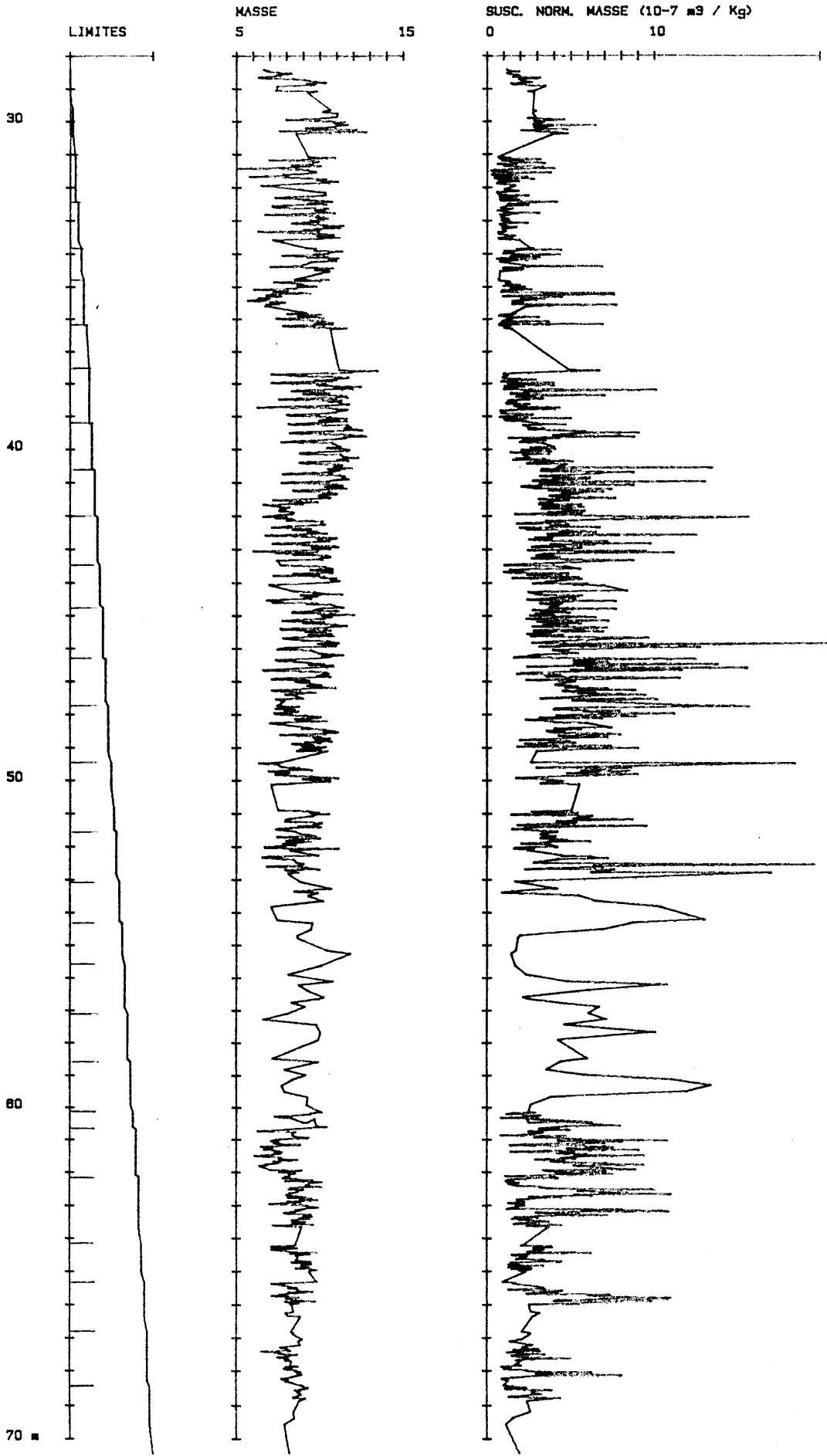
La figure 1b présente les variations de susceptibilité normalisée par la masse, exprimées en $10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$. On constate que l'intervalle 28-40 m est caractérisé par des valeurs relativement faibles. Une augmentation est à noter vers 38 m qui conduit à des valeurs maximales vers 48 m. Une décroissance générale est à noter en dessous de 60 m. En dépit du faible recouvrement, l'intervalle 53-60 m semble présenter de fortes oscillations.

Selon ce qui précède, ces données pourront, en liaison avec les autres données sédimentologiques, géochimiques, palynologiques... constituer un apport pour l'interprétation en termes d'évolution paléoenvironnementale (bio-rhexistatique) voire paléoclimatique au cours de l'intervalle de temps couvert par la sédimentation.

Il est d'ores et déjà possible d'indiquer que la carotte GEOCLER couvre une séquence d'oscillations climatiques majeures de forte amplitude et de longue période. L'époque la plus tempérée serait représentée entre 31 et 36 m alors que l'oscillation la plus froide apparaît entre 46 et 49 m.

Ces mesures montrent d'autre part que la teneur en minéraux magnétiques est suffisante pour une étude paléomagnétique complète: établissement d'un profil des variations de direction du champ magnétique terrestre (déclinaison et inclinaison) au cours de la période considérée.

CAROTTE GEOL. MASSE ET SUSCEPT. MAGNETIQUE NORMALISEE



1a

1b

10 - HISTOIRE DU PALEOMAC DE CLERMONT (J.P. Raynal)

1 - AGE DU MAAR DE CLERMONT.

La cuvette de Clermont est constituée de plusieurs maars coalescents supposés 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 (voir figure page 10). La première datation par thermoluminescence d'un phénomène phréatomagmatique a été réalisée sur ces pyroclastites et situe l'explosion du maar pendant l'avant-dernier glaciaire, stade 6 de la courbe isotopique océanique□

Cler TL 23 = 157 000 ± 22 000 avant 1980 (Cours Sablon)
Cler TL 27 = 156 000 ± 22~000 avant 1980 (Hôtel de Chazerat).

2 - LE PALEO-LAC.

Dans cette vaste dépression, alimentée à l'Ouest par la Tiretaine, s'est édifié un complexe lacustre reconnu par d'anciens travaux de forage. Le fond de la dépression en zone de coeur de lac n'a pas encore 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. 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.

2.1 - ZONATION DU PALEO-LAC.

L'anneau détritique de ce système lacustre est largement dissymétrique. En effet, c'est dans la partie occidentale de la dépression, au pied de la Chaîne des Puys, que s'est édifié un puissant ensemble détritique deltaïque lié à la Tiretaine. Il ne semble pas que l'anneau détritique soit très développé du côté est, au pied du tuff-ring : il reposerait là sur un complexe de panneaux glissés de bord de maar formant plate-forme vers 76 mètres de profondeur selon d'anciens sondages.

Les rapports de ce corps sédimentaire sableux avec le coeur de lac sont encore inconnus : certains composants grossiers reconnus en intercalations au sein de la masse de silts pourraient en provenir. La sédimentation sableuse grossière envahit le coeur de lac à une époque qui reste à déterminer : avec 20 mètres de puissance dans la zone orientale du lac, au pied de la butte de Clermont (fond de Jaude), elle est très chargée en éléments volcaniques à sa base (-17 à -11 m) et pourrait traduire un paroxysme éruptif de la Chaîne. Dans la partie sud (quartier de l'Étang), la disposition est très semblable les sables, riches en minéraux volcaniques (pyroxènes 75 à 90%), ont livré entre 20 et 6 mètres de profondeur une flore variée de diatomées - certaines traduisant un climat froid (*Stephanodiscus astraea* var. *minutula* - qui indique un milieu aquadulcicole ou à minéralisation très faible, eutrophe, neutre ou légèrement alcalin, peu profond).

Dans le coeur de lac, la sédimentation est représentée, entre -20 et -82 m dans la partie reconnue, par des silts et sablons en lits le plus souvent millimétriques, de coloration gris-verte à noire, entrecoupés de retombées volcaniques directes parfois épaisses, de bancs carbonatés, de passées sableuses ou graveleuses et de lits argileux. Plus bas (entre -82 et -86 m), la sédimentation est plus grossière. Des pendages importants ont été repérés à diverses profondeurs, indicateurs de glissements. Les alternances granulométriques et colorimétriques repérées traduisent sans doute des rythmes (saisonniers ?) que l'analyse détaillée des carottes de Géocler 1 permettra de définir.

2.2 - QUELQUES REPERES CHRONOLOGIQUES.

Vers 40 000 BP, les coulées de Royat ennoient la vallée de la Tiretaine et viennent s'étaler dans la partie ouest de la dépression lacustre, sur les formations deltaïques. Ces basaltes présentent un magnétisme rémanent anormal attribué à l'évènement de Laschamp. Il conviendra de rechercher cette anomalie dans les formations lacustres. Le lac est alors profond d'au moins 36 mètres.

Le niveau du lac semble s'être élevé encore, postérieurement à ces évènements, pour atteindre au moins le toit de la coulée des Roches à Chamalières : en attesteraient les diatomites qui y furent découvertes et rapportées au Dryas ancien ; c'est très probablement pendant cette période que se crée un système d'exutoire (phase pléni-lacustre). Au même endroit, la formation de tourbes marque le début de la phase tardi-lacustre entraînant le drainage et l'assèchement progressif de la dépression. Sur la coupe de Sainte-Madeleine à Chamalières, la coulée de Royat est ennoyée par des colluvions argileuses. Elles attestent d'une mobilisation des versants qui s'achève lors de l'amélioration climatique de l'Alleröd et peuvent être rapprochées de celles décrites avenue des Thermes à Royat dont le paléosol sommital a été daté par radiocarbone de la fin de cette amélioration (Gif 1409: 11 000 ± 150 B.P.). Leur mise en place traduit bien sûr une période de dénudation des versants en ambiance climatique froide (Dryas II) mais cette reprise d'érosion est sans doute également consécutive à une vidange partielle du système lacustre.

Pendant l'Holocène, les dépôts lacustres sont érodés par un bras de la Tiretaine qui dépose d'abord des alluvions grossières puis évolue en bras mort avec dépôts fins palustres. Un régime d'alimentation hydrothermale installé par l'intermédiaire du réseau de failles est alors responsable de la construction des travertins de la zone est, au pied de la butte, et du maintien de zones palustres jusqu'à la période historique dans la partie sud de la dépression (quartier de l'Etang). Actuellement, l'alimentation en eau est permanente (17°5 dans le sondage Géocler 1) accompagnée d'une émission de gaz de faible intensité. Les différents niveaux grossiers repérés entre 0 et -20 m en drainent la plus grande partie mais on observe cependant en plusieurs points de la cuvette une accumulation de boue liquide (entre -21 et -26 m dans le forage Géocler 1).

Le système lacustre de Clermont a par conséquent fonctionné pendant près de 150 millénaires. En coeur de lac, nous estimons le taux moyen de sédimentation des silts à 0,5 mm/an, à partir du moment où les berges furent relativement stabilisées. La datation TL des tephra et des sédiments des carottes 51 et 21 de Géocler 1 confirme un taux d'accumulation de 0,5 mm/an entre -78 et -35 m. Ce taux est élevé et permet un enregistrement très détaillé des divers paramètres mésologiques.

3 - PERSPECTIVES

Au pied du Plateau des Dômes, le paléo-lac de Clermont a fonctionné pendant plus de 150 millénaires comme un enregistreur privilégié des paléoclimats et des manifestations volcaniques de la Chaîne des Puys. La réalisation du sondage carotté Géocler 1 apporte des documents de première importance et illustre à divers titres tout l'intérêt de l'étude des maars du Massif Central français et de leurs remplissages sédimentaires. Ces complexes volcano-sédimentaires sont une réserve considérable d'informations sur les paléomilieus biologiques et permettent une chronologie absolue par des approches variées (datations des tephra, des sédiments, des faunes fossiles, paléomagnétisme...), pour certaines nouvelles : la thermoluminescence est actuellement la seule méthode permettant de dater les maars (jusqu'à 300 ka environ). L'établissement de référentiels continentaux étroitement corrélables aux données océaniques devient ainsi réalisable par l'accès aux séquences lacustres, généralement continues. Cette documentation, dont l'obtention nécessite de plus en plus la mise en oeuvre de sondages carottés coûteux, s'ajoute - et se corrèle - avec celle livrée par d'autres types de dépôts continentaux et la précise. Par chance, le Massif Central possède encore nombre de lacs de maar actifs : l'étude de tels systèmes et leur comparaison avec les systèmes anciens devrait très prochainement permettre une meilleure connaissance des processus dynamiques et biologiques. Enfin, le rôle attractif des paléo-lacs pour les populations préhistoriques, constamment confirmé par les nouvelles découvertes, du Paléolithique ancien aux époques récentes, oriente également les recherches futures.

III - LES AUTRES TRAVAUX

! 1 - DATATION PAR THERMOLUMINESCENCE D'EDIFICES VOLCANIQUES !
! (J. Faïn, D. Miallier, M. Montret, S. Sanzelle, !
! H. Erramli, M. Ousmoï, T. Pilleyre) !

Les datations par thermoluminescence ("TL") suivantes ont été entreprises :

- Coulée de basalte de Boisséjour (sol chauffé sous coulée)
- Coulée basaltique de St Jacques (sol chauffé sous coulée)
- Tephra relevées au Nord de Chamalières et attribuées au Pariou
- Tephra relevées à La Moutade (Limagne, Nord-Est de Clermont)
- Tephra phréato-magmatiques relevées rue Pasteur (à proximité des Cézeaux) et au Gour de Tazenat
- Enfin, 5 niveaux de téphras provenant du forage GEOCLER-I (carottes C51, C46, C38/21, C38/19, C38/18)

A la date de ce rapport, 3 datations ont donné des résultats, au moins préliminaires, et une autre est bien engagée. Le détail en est donné ci-après :

- Coulée de St Jacques cf. Annexe A
- La Moutade cf. Annexe B
- Tephra du Pariou

Il s'agit d'un lit de tephra millimétriques (épaisseur 5-10 cm) apparemment non remaniées, prélevées dans un chantier (rue Descartes) et situées sous une couche plus épaisse et plus grossière.

Datation effectuée par la méthode classique des inclusions de quartz. 2 granulométries ont été utilisées : 100-200 μm et 500-1000 μm , cette dernière rebroyée ensuite à 40-100 μm pour homogénéisation. La séparation du quartz a été obtenue par la séquence d'opérations suivantes : aimant manuel, attaque HF, séparation au bromoforme, puis séparateur magnétique Frantz.

Paléodose

Les deux fractions montrent, en lecture TL (pic à 330°), une réponse linéaire en fonction de la dose ajoutée et un "plateau" satisfaisant (310 à 380°C). Les paléodoses obtenues sont :

- 34, 2 \pm 1,7 Gy pour 100- 200 μm
- 31,5 \pm 1,6 Gy pour 500-1000 μm

Dosimétrie

* externe : Dose γ annuelle obtenue par gammamètre (NaI) sur le site : $1,28 \pm 0,04$ mGy/an

Evaluation de la contribution cosmique : $0,15 \pm 0,02$ mGy/an

* interne : La dose β a été évaluée à partir :

- . de la concentration en K_2O (2,68 % pour la contribution du potassium 40
- . du comptage α sur scintillateur SZ_n pour les séries de l'Uranium et du Thorium.

La teneur en humidité, trouvée égale à 16 %, conduit à une correction de $0,84 \pm 0,05$. Il est également tenu compte de l'absorption dans les grains de quartz (facteurs correctifs respectifs de 0,85 et 0,635 pour les 2 granulométries. Les doses β finales sont :

- $2,01 \pm 0,13$ mGy/an pour 100- 200 μm

- $1,61 \pm 0,13$ mGy/an pour 500-1000 μm

* Dose interne au quartz

Un comptage α mené sur le quartz séparé a montré que, contrairement à ce qui est habituellement supposé, celui-ci n'est pas exempt d'émetteurs α , mais reçoit ici une dose annuelle interne α de $6,35 \pm 0,27$ mGy.

En attribuant aux α une efficacité $0,10 \pm 0,04$ par rapport aux β , cela conduit à une contribution annuelle équivalente à :

$0,63 \pm 0,25$ mGy

qui devra être ajoutée aux valeurs précédentes. Les doses annuelles totales seront donc respectivement :

$4,07 \pm 0,28$ mGy/an (100- 200) μm

$3,67 \pm 0,27$ mGy/an (500-1000) μm

Age

Les âges obtenus sont donc :

8400 ans avant 1980 (400- 200)

8600 ans avant 1980 (500-1000)

soit, en moyenne :

8500 ± 750

Les projections en question sont attribuées par les volcanologues au Pariou (Camus, communication personnelle) pour lequel d'autres datations sont disponibles :

* Datation TL par Guérin (1983) sur plagioclases

âge : 8180 ± 810

Résultat en bon accord avec le notre

* Datation ^{14}C sur bois (Pelletier et Rudel, 1968)

âge : 8580 ± 350 BP

Ce résultat doit être corrigé de la calibration du ^{14}C , mais celle-ci n'est pas connue au-delà de 7200 BP. On peut toutefois estimer que la correction n'est pas supérieure à 1000 ans (9600 avant nous) et donc qu'il y a compatibilité avec nos résultats au vu des marges d'erreur.

A)

COULEE DE "SAINT-JACQUES" (Ref. Cler 111)

Cette coulée se trouve dans l'environnement immédiat du maar de Jaude. Il est nécessaire de connaître son âge pour la situer dans ses rapports avec le maar.

On a envisagé une datation TL sur une porcelanite (argile cuite par la coulée) prélevée le long de la nouvelle route Beaumont-Aubière (Lambert X659,9;Y83,2) au début de l'année 1988.

La dosimétrie de site et d'échantillon est achevée. Par contre, les mesures de TL (méthode des inclusions de quartz), qui auraient aussi dû être terminées à la fin du mois d'août 1988, ont pris du retard par suite de l'indisponibilité prolongée de l'appareillage TL.

B1)

LA MOUTADE (Réf. Cler 110)

Le site de La Moutade (Puy-de-Dôme) est le second site qui a été choisi pour tester la TL sur des retombées volcaniques directes.

Un niveau de téphra d'épaisseur 10 cm a été découvert en 1987 par Gérard VERNET (voir son rapport) dans une tranchée de drainage. Un âge ^{14}C a été obtenu sur des matériaux organiques prélevés dans un niveau immédiatement sous-jacent aux retombées : LY 3733 : 11360 ± 130 .

Nous avons effectué, au début de l'année 1988, un prélèvement de ces téphra en vue de leur datation par TL. Celle-ci a été effectuée sur des grains de quartz de la fraction granulométrique 500-1000 μm extraits de l'échantillon avec les techniques habituelles (technique des inclusions de quartz).

B2)

DETERMINATION DE LA PALEODOSE PAR TL

Méthode additive. Filtre BG 12 LEITZ. 5°C/sec. Azote. Préchauffage 10" à 319°C. La réponse est linéaire dans tout le domaine étudié, soit de TLN à TLN + 14 krads. On obtient un bon plateau dans le domaine 350-420°C. La seconde lecture donne une réponse linéaire dans le domaine de doses étudié. On obtient la paléodose de : $45,2 \pm 4,5$ Gy.

Dosimétrie

* Gamma mesures au gammamètre in situ lors du prélèvement. On obtient 1,085 mGy/an sans le rayonnement cosmique. Le rayonnement cosmique est évalué : $0,15 \pm 0,02$ mGy/an.

* Bêta (Potassium)

La teneur en K₂O est de 2,32 %.

L'absorption des particules bêta par l'eau est estimée à $0,84 \pm 0,05$. La correction de granulométrie est de 0,74.

On est ainsi conduit à une dose annuelle de 0,994 mGy/an.

* Bêta (Uranium et Thorium)

La dose bêta induite par l'Uranium et le Thorium est estimée d'après l'activité alpha de ces familles.

Au moyen de détecteurs solides de traces, on a mesuré une activité alpha externe (échantillon total) de $4,17 \alpha/\text{cm}^2\text{h}$, ce qui conduit à une dose annuelle brute de 1,07 mGy/an, compte-tenu des corrections de granulométrie (0,635) et de teneur en humidité ($0,84 \pm 0,05$), on obtient finalement une dose annuelle de 0,67 mGy/an.

* Alpha

Un certain nombre de mesures récentes (cf. par exemple MEJDAHL) indique que, contrairement à ce qui était habituellement supposé, la dose interne au quartz en alpha n'est pas tout-à-fait négligeable. En l'absence de mesures (non effectuées au moment de la rédaction), on peut estimer la dose interne (compte-tenu d'une efficacité de 10 %) à $0,3 \pm 0,1$ mGy/an.

La dose annuelle totale et donc de 3,20 mGy/an, ce qui donne un âge de 14100 ± 2100.

Ce résultat est plus ancien que celui obtenu par ^{14}C . Bien que l'âge ^{14}C ne soit pas corrigé, il est peu probable qu'il corresponde à un âge réel aussi vieux que 14000, par contre il est à noter que les inconnues sur l'histoire phréatique du milieu étudié sont une source d'incertitudes non négligeables.

Le résultat ci-dessus sera affiné avant sa publication grâce à des mesures qui sont actuellement en cours et qui diminueront les marges d'erreur (activité alpha et teneur en humidité).

RAPPEL DATATION TL DU PUY DE DÔME

On rappellera ici les dates TL obtenues pour le Puy de Dôme (Cf publication en annexe).

Age PDD feldspaths = 10800 + 1000 avant 1980

Age PDD zircons = 9700 + 1000 avant 1980

Les deux datations sont raisonnablement en accord. Cela est d'autant plus concluant qu'elles sont pratiquement indépendantes, la première reposant sur l'irradiation externe des feldspaths, la seconde en grande partie sur l'irradiation interne des zircons.

Cette cohérence conforte les dates obtenues et permet d'affirmer que l'activité du Puy de Dôme n'a précédé que de 1000 à 2000 ans celle du cratère Kilian dont les retombées l'ont partiellement recouvert.

! 2 - CARACTERISATION MINERALOGIQUE DE FORMATIONS ALLUVIALES !
! EN GRANDE LIMAGNE SEPTENTRIONALE (G. Vernet) !

2.1 - Méthodologie :

Le secteur étudié (vallées de la Morge, du Chambaron et du Sardon) présente un intérêt particulier car on y trouve des formations alluviales assez bien développées. Ces formations sont marquées par le volcanisme : retombées directes ou/et modifications rapides des contèges de minéraux lourds. Elles sont souvent en relation avec d'autres formations (colluvions dépôts de pentes carbonatés ou non, arènes granitiques, travertins hydrothermaux, formations de marais,...) présentant également des témoins de l'activité volcanique.

L'étude a consisté au prélèvement d'échantillons sur des coupes nouvelles et importantes permettant d'avoir de bonnes relations stratigraphiques.

Le traitement en laboratoire a consisté, après tamissage, à la séparation au bromoforme pour obtenir les minéraux lourds présents dans les deux fractions retenues pour l'étude (F 30 : $315\mu > x > 160\mu$ et F 200 : $160\mu > x > 80\mu$). Après montage sur lame, l'étude des minéraux a été réalisée au microscope polarisant classique par comptage de tous les individus présents sur la lame.

Les résultats finaux donnent pour chaque échantillon la teneur moyenne en minéraux lourds, la teneur moyenne en magnétite et un % moyen pour chaque espèce minérale présente.

Les conclusions présentées dans ce résumé portent sur les résultats de plus de 50 échantillons répartis sur un secteur très réduit et le plus souvent sur des coupes importantes permettant d'observer des dépôts de tout le versant de la vallée.

2.2 - Résultats concernant les hautes terrasses alluviales :

Une seule haute terrasse est conservée dans les vallées étudiées,

elle se situe entre 20 et 25 mètres d'altitude relative et a été notée Fv.

Les terrasses Fv du Sardon et du Chambaron possèdent un cortège uniquement constitué par l'apatite, le zircon et quelques tourmalines.

Dans la vallée de la Morge Fv contient par contre des minéraux volcaniques (augite brune, Hornblende brune et sphène).

En résumé on peut dire que ces hautes terrasses possèdent peu de marqueurs pouvant montrer une période volcanique active lors de leur formation. Il semble que les éruptions du Massif du Mont-Dore ne se sont pas répercutées dans les cortèges de ces terrasses (peut-être quelques indices dans Fv Morge seulement).

2.3 - Résultats concernant les moyennes terrasses :

Les moyennes terrasses sont en général situées entre 10 et 15 mètres d'altitude relative dans les vallées étudiées.

2.3.1 - Vallée de la Morge :

La terrasse Fv Morge présente un cortège minéralogique très différent de Fv. On note la présence d'augites vertes aciculaires (12,5 %) et d'olivines (10 %). La présence de ces minéraux révèle l'existence d'éruptions volcaniques lors de l'édification de cette terrasse.

Dans un autre secteur de la vallée Fv Morge présente un aspect très différent (présence d'éléments volcaniques visible à l'oeil nu). Le cortège obtenu est alors très parlant : Augite brune : 8 %, Augite verte 30 %, Hornblende brune 2 %, Olivine 47 %. Nous avons là la marque d'une (ou des) éruption importante et proche lors de l'édification de cette terrasse.

2.3.2. - Vallée du Sardon :

Dans la vallée du Sardon Fv se présente en un seul replat morphologique mais l'examen à l'oeil des sédiments montre que l'on a en fait 2 terrasses juxtaposées : l'une (Fv 1) sans élément volcanique l'autre (Fv 2) contenant des minéraux volcaniques automorphes de plusieurs millimètres et des fragments de basalte très sombre.

Les analyses minéralogiques sont les suivantes :

	Fw 1	Fw 2
Amphibole	34 %	5,5 %
Zircon	32,5 %	1 %
Augite verte	12 %	7 %
Augite brune	0 %	44 %
Olivine	5,5 %	41 %
Apatite	10 %	0 %

Comme dans la vallée de la Morge nous avons la preuve d'une (ou des) éruption volcanique importante et proche au cours de l'édification de Fw.

2.4 - Résultats concernant les basses terrasses :

Le fait majeur à noté pour les formations présentes dans les fonds de vallée est la présence au sein des stratigraphies étudiées de retombées basaltiques non (ou peu) perturbées.

Dans la zone de confluence Morge-Chambaron il a été repéré 2 retombées volcaniques différentes en relation stratigraphique.

La plus ancienne fortement cryoturbée est contenue dans des sables et graviers attribuables au complexe Fx Morge. Elle se caractérise par une granulométrie assez grossière et un cortège minéralogique dominé par l'Augite verte (90 %). L'étude géologique et palynologique permet de situer son âge de mise en place lors du Dryas ancien (Dryas II vraisemblablement)

La plus récente est associée à un niveau tourbeux: Elle est caractérisée par une granulométrie fine et un cortège minéralogique dominé par l'hornblende brune (90 %). Grâce au niveau tourbeux nous avons une datation absolue pour cette retombée volcanique : Ly 3733 : 11360 ± 130 BP.

Les résultats palynologiques obtenus sur ce niveau permettent de le situer dans l'Alleröd ce qui est en bon accord avec la date C14 obtenue.

Cette retombée a été repérée sur plus d'un kilomètre de coupe. En dehors du contexte fluvial on la retrouve dans des formations de marais

où elle est alors associée a un paléosol gris hydromorphe présentant de nombreuses bioturbations.

Dans cet environnement nous avons fait effectuer une datation par thermoluminescence en collaboration avec le laboratoire de physique de l'université de Clermont-Ferrand. Les premiers résultats communiqués indiquent un âge de environ 14000 plus ou moins 15 %. Dans le versant montant vers la terrasse supérieure on retrouve la même retombée basaltique en lambeaux associée a des lambeaux de paléosol brun dans des dépôts de pente plus ou moins soliflués.

Enfin cette retombée a également été repérée dans la terrasse Fx du Sardon et dans des dépôts marécageux liés à des remontées hydrothermales.

Il apparait donc que cette retombée grâce a sa large dispersion, peut servir de marqueur chronologique dans les stratigraphies tardiglaciaire de la zone étudiée.

L'ensemble des résultats minéralogiques présentés ci-dessus peut être replacé dans un cadre morpho-chronologique bien caractérisé.

3 - APPROCHE PRELIMINAIRE DES FAUNES PALEOLITHIQUES EN GRANDE LIMAGNE (J.L. Guadelli)

Dans le cadre du programme 'Peuplement préhistorique en zone volcanique active, nous avons été amené à étudier diverses faunes provenant pour les unes de fouilles et sondages réalisés anciennement (Collections publiques déposées au Musée Lecoq de Clermont-Ferrand Blanzat, Grotte des Fées, Pont de Maud, Pont du Château (crâne de Mouflon), Saint-Hippolyte - annexe 1..Collections privées A. Rudel et de la "Fontaine empoisonnée II a Montpensier -annexe 2-), pour les autres de fouilles et de sondages récents (Enval, Chauriat, Mirefleurs -annexe 3-). Sauf en ce qui concerne la faune de Saint-Hippolyte (publication jointe), les résultats ne sont pour l'instant que préliminaires et feront l'objet d'un développement ultérieur.

FAUNES ASSOCIEES AUX STRUCTURES VOLCANIQUES

Saint-Hippolyte, "Fontaine empoisonnée" de Montpensier, Fongivière, Marmotte de la coulée d'Aubière.

Si malheureusement nous n'avons pas retrouvé les restes provenant de Fongivière, en revanche, la faune provenant de la "Fontaine empoisonnée", à Montpensier nous donne une image d'une faune déposée en l'absence d'intervention humaine autour d'un point d'eau lacustre avec émanations de gaz carbonique. Sans entrer dans les détails, nous renvoyons pour cela à la publication jointe, la faune de Saint Hippolyte se compose d'éléments apportés par des agents naturels et d'éléments résultant de l'occupation humaine moustérienne sur les rives du lac.

FAUNES PROVENANT DE GISEMENTS ARCHEOLOGIQUES

Paléolithique moyen □ Mirefleurs.

Paléolithique supérieur : Enval, Blanzat, Chauriat.

Là encore les résultats ne sont que préliminaires (-annexes 1 et 3-). Constatons simplement pour le moment que dans la petite série de Mirefleurs, le Cheval (espèce de milieu ouvert non arctique) est pratiquement le seul animal représenté, qu'à Chauriat (début du Würm récent) la faune est un peu plus diversifiée: les Bovinés et le Cheval dominant (Groupe de milieu ouvert non arctique), le Renne est accompagné du Rhinocéros laineux (Groupe de milieu ouvert arctique) et le Sanglier figure aux côtés du Cerf (Groupe de milieu boisé). Enfin, la faune de Blanzat (Magdalénien) est dominée par le Renne, puis vient ensuite le Cheval, le Bouquetin et les Bovinae étant rares. L'ensemble des études taphonomiques qui restent à effectuer (fracturation, saisonnalités, . . .) permettra sans doute de découvrir la nature des dépôts et la vocation des sites (sites d'abattage, de boucherie, d'habitat).

: :
 : MIREFLEUR :
 : :

Département: Puy de Dôme
 Datation :

1 M1-2 sup. droite
 P2 sup. droite
 P3-4 sup. droite
 (P3 sup. gauche (DMD= 33,0 DWL=31,0 Proto=16,0mm)
 P4 sup. gauche (DMD= 32,5 DWL=30,0 Proto=15,0mm)
 3 fgts mol. sup.
 D3-4 sup. gauche
 fgt mol. (sl) inf. droite
 11 fgts mol. (sl)
 fgt extrémité distale radius droit
 plusieurs morceaux d'une deuxième phalange
 fgt bassin
 Métatarsien IV droit
 Métatarsien IV gauche
 2 fgts extr.dist. métapode

Renne:

Cheval:

: :
 : CHAURIAT :
 : :

Département: Puy de Dôme (Est/Sud-Est de Clermont Ferrand)
 Datation : début Würm récent ?

Renard: Canine inférieure

Canidé: I3 sup droite
incisive lactéale

Ours: Canine

Sanglier: rotule sciée

Renne: 13 Portions de bois dont une avec fgt de pivot
 1 pivot
 1 fgt mand. droit portant P3-P4-M1
 1 fgt P3-4 inf. droite
 3 fgts dentaires ind.
 1 tête de fémur
 1 fgt diaphyse tibia
 3 fgts diaphyse de métatarse

Cerf:

M1-2 inf. droite
 1 fgt mol. inf.
 2 fgts dentaires
 incisive lactéale ?

Bovins:

M3 sup. gauche (Bison ?)
 M2 inf. droite
 fgt M3 inf. droite
 fgt molaire inf.
 fgt dent ITU (Bovidé ?)
 portion hémimandibule sans dent (Bovidé ?)
 cervicale
 fgt scapulum
 fgt humérus droit
 cubitus droit
 extrémité distale métacarpe droit
 fgt métapode
 fgt extrémité distale métatarse

Rhinocéros laineux:

1 fgt dentaire
 2 fgts dentaires (Rhino ?)

Cheval:

fgt molaire sup.
 fgt mol. (sl) inf. droite
 fgt mol. (sl) inf. gauche
 incisive lactéale
 fgt diaphyse tibia

NID

2 fgts scapulum
 os rongé (par l'hyène ?) et scié
 3 os corodés

Homme

2 fgts crâniens

Alluvions anciennes de Sarlière

Musée LECOQ
Clermont-Ferrand

Cheval

M² ? droite

Cergovie

Musée LECOQ
Clermont-Ferrand

Grand Bovidé

1 portion distale de radio-cubitus droit

Terrain meuble à la Croix-Moréol près Château-Rouge

Musée LECOQ
Clermont-Ferrand

Cheval

1 radius gauche endommagé

Carrière de Monperron à Saintegoir

Musée LECOQ
Clermont-Ferrand

Renne

1 humérus droit

Limagne

Musée LECOQ
Clermont-Ferrand

Cheval

1 portion distale de métacarpien III gauche corrodée

Montpensier - Alluvions

Musée LECOQ
Clermont-Ferrand

Cheval

1 P⁴ gauche
1 M² droite
1 M² gauche
1 M₁ ? droite
1 M₂ gauche
1 M₃ droite

Tuf bitumineux Malinbrat

Musée LECOQ
Clermont-Ferrand

Cheval

1 M² gauche

Environ de Billon - Lacustre

Musée LECOQ
Clermont-Ferrand

Grand Bovidé

1 fgt antérieur d'axis
2 vertèbres cervicales endommagées
1 poulie articulaire distale de métacarpe (Eos)
2 poulies articulaires distales de métapode

Sablère de Gerzat - sables volcaniques de la

Charrette

Musée LECOQ
Clermont-Ferrand

Grand Bovidé

1 portion distale d'humérus gauche
1 première phalange

Cheval

1 prémolaires supérieure droite (P³ ?) endommagée

Vulpes vulpes - Le Renard

Crâne portant I³ gauche et une portion de canine droite
hémimandibule gauche portant les canines P₂, P₃, P₄

Cervus elaphus - Le Cerf

1 extrémité d'andouiller

Bovinae

2 portions crâniennes (inféro-postérieures)

1 portion de cheville osseuse de corne

1 M¹⁻² droite

1 fgt M¹⁻² gauche

1 M³ gauche (3os)

1 portion d'hémimandibule gauche portant D₄, M₁, M₂, M₃ et P₃ non sortie

1 portion d'hémimandibule gauche avec les dents cassées

1 portion d'hémimandibule gauche sans dent (jeune)

1 fgt M₃ droite

1 portion droite d'atlas

1 première ou deuxième dorsale (jeune)

1 vertèbre lombaire endommagée

1 portion distale d'humérus droit

1 portion distale d'humérus gauche (petit)

1 fémur droit endommagé

Equus caballus - Le cheval

1 P² gauche

1 P³⁻⁴ droite

1 M¹⁻² gauche

1 M₂ droite

1 portion distale de métacarpien III gauche

1 métatarsien III gauche

1 portion proximale de métatarsien III droit

Elephantidae

3 fçts de molaire

Grotte des Fées - Châtelperron (Allier)

Musée LECOQ

Clermont-Ferrand

Crocute spelaea - l'Hyène des cavernes

1 portion d'hémimandibule droite portant Canine.P.₂.P.₃.P.₄.M.₁

Ursus spelaeus - l'Ours des cavernes

1 fgt de canine supérieure droite

1 M² gauche endommagée

Cervus elaphus - le Cerf

2 extrémités d'andouiller

Rangifer tarandus - le Renne

1 portion de bois de chute

Bovinae

Grotte des Fées ou Gergovie

1 M³ droite

1 M³ gauche

1 P₃ gauche

1 portion d'hémimandibule gauche portant M₁.M₂

2 portions artérielles d'axis (Châtelperron)

5 vertèbres cervicales endommagées

1 vertèbre lombaire

1 portion distale d'humérus droit

1 portion proximale de métatarses droit

Grotte des Fées - Châtelperron (Allier)

Musée LECOQ

Clermont-Ferrand

Equus caballus

1 I¹ gauche

1 P² gauche

2 P³ droites

1 P⁴ droite

4 P⁴ gauches

1 M¹ droite

1 M¹ gauche

2 M² droites

2 M² gauches

1 M³ droite

1 P₂ droite

3 M₂ gauches

1 M₃ droite

1 portion proximale de métacarpien III droit (≠ Gergovie)

1 première phalange antérieure

1 deuxième phalange antérieure

1 troisième phalange (≠ Gergovie)

1 scétabulum de coxal gauche

1 portion proximale de métatarsien III droit (≠ Gergovie)

Probablement BLANZAT - Collection POEROL

Musée LECOQ

Clermont-Ferrand

Rangifer tarandus - le Renne

- 1 P² droite
- 2 P² gauches
- 7 P³⁻⁴ droites
- 1 P³⁻⁴ gauche
- 4 M¹⁻² droites
- 3 M¹⁻² gauches
- 2 H³ droites
- 4 fgts M¹⁻²
- 3 P² droites
- 1 P² gauche
- 1 P³⁻⁴ droite
- 4 P³⁻⁴ gauches
- 1 M₁ gauche
- 3 fgts M₁₋₂
- 2 M₃ gauches
- 1 D₃ gauche
- 1 atlas très endommagé (Renne ?)
- 1 portion proximale de scapulum gauche
- 1 portion distale d'humérus droit très endommagé
- 1 épiphyse distale de radio-cubitus droit
- 1 scaphoïde du carpe droit endommagé
- 1 scaphoïde du carpe gauche
- 1 portion proximale de métacarpe gauche endommagée
- 2 poulies articulaires distales de métacarpe
- 3 portions proximales de première phalange
- 4 portions distales de première phalange
- 2 portions proximales de deuxième phalange
- 1 troisième phalange de doigt accessoire

Probablement BLANZAT - Collection POEROL

Musée LECOQ

Clermont-Ferrand

Rangifer tarandus - le Renne

- 1 tête fémorale de fémur gauche
- 1 rotule droite très endommagée (Blanzat ?)
- 1 astragale droit endommagé
- 1 astragale gauche
- 1 astragale gauche endommagé
- 2 calcanéums droits endommagés
- 1 fgt de calcaneum gauche (sustentaculum tali)
- 4 poulies articulaires distales de métatarse
- 1 grand sésamoïde interne

Probablement BLANZAT - Collection POEROL

Musée LECOQ

Clermont-Ferrand

Equus caballus

- 1 scaphoïde du carpe gauche
- 1 sus carpien gauche
- 1 portion proximale de métacarpien IV gauche
- 3 portions de première phalange (l'une d'elles est petite)
- 2 deuxième phalanges antérieures gauches
- 1 troisième phalange
- 1 tête fémorale (épiphyse) droite
- 1 fgt de portion proximale de métatarsien III.

Musée LECOQ

Clermont-Ferrand

Equus caballus

- 1 fgt I₃ (I₃ droite ?)
- 63-042-57 1 P² droite endommagée
- 63-042-56 1 fgt de P³ droite
- 63-042-67 1 P³ droite
- 63-042-91 1 P³ droite
- 63-042-78 1 fgt P³ ? gauche
- 63-042-90 1 P³ gauche
- 63-042-52 1 P⁴ droite PU
- 63-042-51 1 P⁴ gauche
- 63-042-53 1 P⁴ gauche
- 63-042-92 1 P⁴ gauche
- 63-042-54 1 M² droite PU
- 63-042-89 1 M² droite endommagée
- 63-042-55 1 M¹⁻² droite PU
- 63-042-44 1 P₃ ? droite
- 63-042-47 1 P₄ ? droite
- 63-042-50 1 P₄ ? droite
- 63-042-43 1 fgt P₃₋₄ droite
- 63-042-60 1 fgt P₃₋₄ gauche
- 63-042-45 1 M₁ droite
- 63-042-45 1 M₂ droite
- 63-042-42 1 M₂ gauche PU
- 63-042-46 1 M₂ gauche PU
- 63-042-49 1 M₂ gauche PU
- 1 fgt M₁₋₂ droite
- 1 fgt M₁₋₂ gauche
- 63-042-58 1 fgt de dent jugale inférieure
- 63-042-59 1 fgt de dent jugale inférieure

Musée LECOQ

Clermont-Ferrand

Bovinae

- 1 Prémolaire supérieure gauche (P³ ?)
- 1 petit sésamoïde

Capra sp

- 1 M¹⁻² gauche endommagée
- 1 molaire supérieure gauche très usée
- 1 M₁₋₂ gauche très endommagée
- 1 première phalange endommagée

! 4 - REFLEXIONS SUR LA DYNAMIQUE DU PEUPEMENT PREHISTORIQUE !
! EN ZONE VOLCANIQUE ACTIVE (J.P. Raynal et J.P. Daugas) !
!

Les travaux de terrain menés dans le cadre du projet, réduits par défaillance de soutien financier régional, n'ont pas amené de découverte dans le secteur volcanique stricto sensu étudié. Nous attendons cependant beaucoup des importants moyens mécaniques qui seront mis en oeuvre dans la Chaîne des Puys lors de l'aménagement du tronçon autoroutier Clermont-Bordeaux.

La réflexion engagée pour l'ensemble des périodes préhistoriques concernées (Cf dans les documents annexes la communication au Colloque INQUA de Bordeaux), a été poursuivie et détaillée.

Pour le Paléolithique moyen, les principaux éléments ont été présentés par J.P. Raynal au Colloque de Liège (Cf documents annexes).

Pour le Paléolithique supérieur, un exposé a été présenté par J.P. Raynal et J.P. Daugas au colloque international de Chancelade en Octobre 1988. L'article est en cours de préparation.

Pour la fin des Temps Glaciaires et la première moitié de l'Holocène, nous rappellerons ici les arguments qui ont été développés dans une communication de J.P. Daugas et J.P. Raynal au Colloque "Mésolithique et néolithisation en France et dans les régions limitrophes" (Comité des Travaux Historiques et Scientifiques, Commission de Pré et Protohistoire, 113^e Congrès des Sociétés Savantes, Strasbourg, 5-8 mars 1988).

-----§-----

Au terme d'une lente conquête, l'appropriation du milieu naturel des moyennes montagnes du Massif Central ne fut pleinement réalisée que très récemment, au cours de l'Holocène, lorsque la mésolithisation puis la néolithisation renforcèrent l'emprise humaine sur les hautes terres et autorisèrent les premières manipulations du biotope. Après avoir défini la nature des modifications radicales du milieu intervenues en Basse-Auvergne entre 11000 et 5000 BP sous l'impact du volcanisme récent, les auteurs recensent les différents témoignages de l'implantation des groupes humains et avancent des hypothèses socio-économiques. Replacées dans un contexte chronologique objectif (radiocarbone et thermoluminescence), elles conduisent à discuter (indépendance ou conjonction) la part respective des réponses adaptatives aux stimuli du milieu et des expressions culturelles propres à l'évolution sociale des groupes humains. Au bout du compte, on discerne un comportement très opportuniste, rythmé par les disponibilités du milieu physique, l'appropriation est la rentabilisation du sol ne devenant possibles qu'avec l'avènement des sociétés du Néolithique moyen.

Le Massif Central est un pays de moyenne montagne dont l'altitude s'échelonne entre 300 et 1800 mètres. Les plateaux du Velay, du Cantal et du Puy-de-Dôme constituent un domaine montagnard, compris entre 800 et 1200 mètres, coupé de profondes vallées, dont les principales sont celles de la

Loire et de l'Allier, et de petits bassins tectoniques comme celui du Puy ou d'Aurillac. Soumise à de fortes influences atlantiques, la partie occidentale de cette région reçoit des précipitations importantes d'hiver et de printemps (tableau 1) : ainsi, en avril, les espaces situés au dessus de 1300 mètres demeurent-ils enneigés. Le vent y joue un rôle considérable et favorise la formation de congères. Ces caractères océaniques s'estompent vers l'Est et les massifs du Sud-Est, quant à eux, sont marqués par un climat nettement plus méditerranéen. Les facteurs climatiques ont donc de tout temps fixé le découpage et les rythmes d'exploitation du biotope.

On retiendra la définition d'un domaine ingrat, aux traits physiques et climatiques accusés, au sein duquel le milieu exerce un rôle contraignant sur l'organisation et l'activité des groupes humains. Cependant, la force même de ces contraintes est de nature à avoir précipité et amplifié la caractérisation des réponses adaptatives de l'Homme. Les régions de moyenne montagne, au premier rang desquelles le Massif Central, constituent ainsi des zones privilégiées pour l'étude des périodes de mutation des sociétés préhistoriques (3).

.....
!
! 3.1 - LE VOLCANISME HOLOCENE !
!.....!

Si les paléoclimats ont très largement conditionné la distribution des installations préhistoriques et fixé des rythmes d'exploitation du biotope montagnard, on ne doit cependant pas sous-estimer l'impact du volcanisme sur les mésoclimats et les comportements humains (RAYNAL et DAUGAS, 1984). Dans le Puy-de-Dôme, le Cantal et la Haute-Loire, le relief résulte en effet pour une grande part de l'activité des volcans. Mais si l'essentiel du massif cantalien s'est édifié antérieurement au Pléistocène stricto sensu, plusieurs périodes d'intense activité volcanique ont été reconnues pendant les temps préhistoriques en Basse-Auvergne et en Velay et paradoxalement, le volcanisme y a créé, à terme, des structures d'accueil des faunes et des flores propices au séjour de l'Homme : lacs de cratères, abris sous coulées, sols fertiles ... Nous n'examinerons cependant ici que les phénomènes volcaniques et péri-volcaniques holocènes susceptibles d'intervention directe dans le quotidien des temps mésolithiques et néolithiques.

3.1.1 - CARACTERES PRINCIPAUX ET ELEMENTS DE CHRONOLOGIE DU VOLCANISME HOLOCENE.

Le volcanisme holocène conserve pour une part les caractères stromboliens des périodes antérieures avec édification de cônes de scories, dispersion de tephra basaltiques et émission de longues coulées de laves fluides (Montchal, Montcineyre, la Vache et Lassolas...). Cependant, pour localisés qu'ils furent, les phénomènes éruptifs ont souvent été brutaux et dévastateurs : explosions phréatomagmatiques de maars trachytiques (Pavin) et trachyandésitiques (Pariou, Nugère...), éruptions péléennes et érection d'aiguilles et de cumulo-dômes ("dômîtes" de la Chaîne des Puys : Puy-de-Dôme, Sarcouy, Chopine...) et leurs produits ont été dispersés sur de très vastes zones géographiques.

TEMPERATURE	<p>Ensoleillement = 2 000 à 2 500 h/an dans l'Est du Velay, 1 900 à 2 000 ailleurs .</p> <p>Températures de Janvier = - 7°C sur la plupart de la zone, - 1 à - 7 ailleurs .</p> <p>Températures de Juillet = 18°C maximum, à l'exception du Val d'Allier = 20°C</p> <p>Chaleurs estivales = 6 à 17°C en moyenne .</p> <p>Jours de gelée = 90 à 180 jours de gel</p>
PRECIPITATIONS	<p>Précipitations annuelles = 1 200 à 2 000 mm</p> <p>Précipitations en janvier = jusqu'à 210 mm de pluie et de neige</p> <p>Pluies printanières = 200 à 300 mm (maxi. à 470 mm en Cantal/Aubrac)</p> <p>Précipitations en juillet = 40 à 80 mm (maxi. à 130 mm en Cantal/Aubrac)</p> <p>Pluies diluviennes = 100 mm en une fois au moins par an</p> <p>Une des zones où le déficit d'alimentation en eau des plantes est peu important pendant les mois d'été</p> <p>Enneigement = 30 à 100 jours/an</p> <p>Orages = 50 à 70/an en Cantal, 70 à 90 en Aubrac, 100 à 150 en Haute-Loire</p> <p>Grêle = 7 orages/an en moyenne en Cantal, 14 orages/an en moyenne en Haute-Loire</p> <p>Brouillard = moins de 60 jours par an</p>
VENT	<p>Vent = 100 à 360 j/an, Ouest dominant en Cantal, Nord et Sud en Velay</p>

Tableau 1 : Les paramètres climatiques régionaux.

Ainsi, entre 11000 et 7000 ans BP, pendant le Pré-Boréal, le Boréal puis l'Atlantique, la Basse-Auvergne est le siège d'évènements dévastateurs "pliniens" dont les panaches peuvent atteindre 20 kilomètres de hauteur (KIEFFER et CAMUS, 1981) et de quelques éruptions stromboliennes. Une revue critique actualisée de la documentation en matière de chronologie absolue, l'apport original de la paléobotanique à la situation précise de certaines projections directes, la production de datations sur des matériaux originaux ("dômite" et retombées directes trachyandésitiques du Pariou) (3) permettent de proposer, pour les évènements reconnus aujourd'hui comme majeurs, la succession suivante (tableau 2) :

- Eruption du Puy de Dôme : 10800 ± 1100 av. 1980, 9300 ± 1100 av. 1980 (FAIN et al, 1986) ; 9790 ± 175 BP (MBN 325) (JUVIGNE et GEWELT, 1987).

- Nuées trachytiques de type "Coquille" (CAMUS, 1975) rapportées au Puy Chopine : 8900 ± 190 BP, 8410 ± 150 BP (Gif 2114), 8200 ± 300 BP (Gif 1501), 8150 ± 150 BP (Gif 2113) ; 8760 ± 170 BP (Gif 3638), 8610 ± 160 BP (Gif 5254) (RAYNAL, PAQUEREAU, DAUGAS, 1981) ; 8970 ± 115 BP (MBN 343) (JUVIGNE et GEWELT, 1987).

- Nuée trachy-andésitiques du Pariou vers 8000 av. 1980 (à paraître), en bon accord avec la date 8180 ± 810 av. 1980 (MD 10) obtenue sur la coulée du Pariou (GUERIN, 1983).

- Eruption strombolienne du Puy de la Vache : 7880 ± 350 av. 1980 (GUERIN et VALLADAS, 1980) ; 7970 ± 125 BP (MBN 328) (JUVIGNE et GEWELT, 1987).

- Eruption strombolienne du Montchal : 7560 ± 770 BP av. 1980 (MD 127) (GUERIN, 1983).

- Eruption strombolienne de Montcineyre : 6000 BP (GUENET, 1986) ; 6530 ± 100 BP (Lv 1522), 6520 ± 100 BP (Lv 1523) (JUVIGNE et GILOT, 1986).

- Maar trachytique du Pavin : 5800 BP (GUENET, 1986) (MARAMBAT, 1986) ; 5680 ± 100 BP (Lv 1491), 5990 ± 80 BP (Lv 1492), 5710 ± 90 BP (Lv 1493) (JUVIGNE et GILOT, 1986) ; 5990 ± 140 BP (MBN 327) (JUVIGNE et GEWELT, 1987).

Toutefois, il conviendrait de calibrer les dates radiocarbone (dont le vieillissement serait de l'ordre d'un millénaire environ) afin de les comparer avec les dates obtenues par thermoluminescence qui sont données en années réelles avant aujourd'hui : tout calcul d'âge moyen ne souscrivant pas à ce préalable se révèle en effet parfaitement erroné et donc irrecevable. On observe alors, malgré de beaucoup plus larges incertitudes statistiques, un resserrement des périodes éruptives entre 11000 et 7000 avant le présent en années réelles.

3.1.2 - DISPERSION DES PRODUITS DU VOLCANISME HOLOCENE.

La dispersion géographique des produits des éruptions est

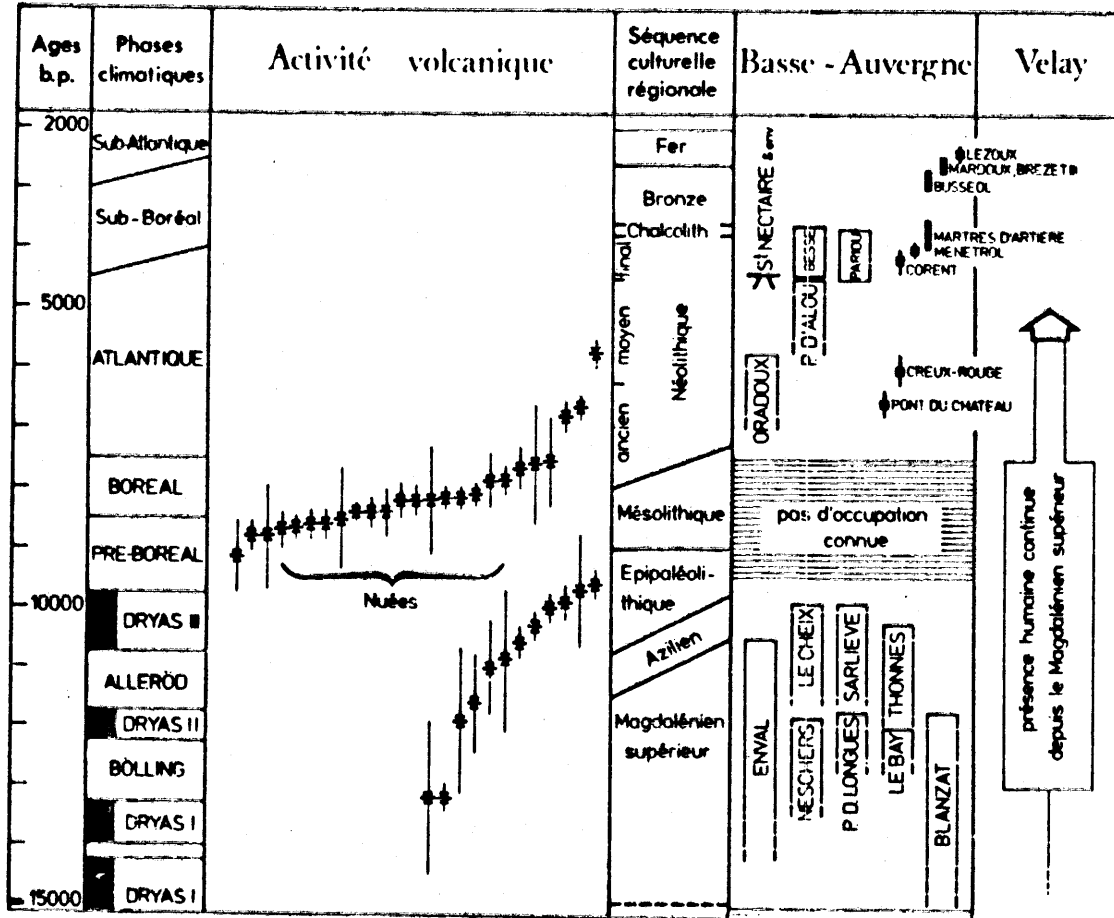


Tableau 2 : Volcanisme et occupation humaine au cours des quinze derniers millénaires en Basse-Auvergne (RAYNAL et DAUGAS, 1984).

aujourd'hui mieux connue et intéresse, principalement dans le cas des éruptions pliniennes, une très vaste superficie. Les effets conjugués de l'explosion et des vents dominants contribuent largement à leur répartition. Trois exemples peuvent être rappelés ici :

- Le Puy-de-Dôme : des produits trachytiques fins expulsés dans l'atmosphère ont été transportés par des vents dominants d'Ouest et répartis sur les régions du Nord-Est (JUVIGNE et BASTIN, 1982), de l'Est et du Sud-Est de la France et jusqu'en Suisse (MARTINI, 1970), pendant le Pré-Boréal ; les dates récemment obtenues directement sur cet appareil (FAIN et al, 1986) appuient cette proposition.

- Le maar du Chopine : la distribution des cendres trachytiques émises lors de l'éruption du maar a été étudiée dans les tourbières du Sud de la Chaîne des Puys, des Monts Dorés, du Cézallier et du Cantal et rapportée au début du Boréal (DE BEAULIEU et REILLE, 1975 ; JUVIGNE 1983 ; REILLE, DE BEAULIEU, PONS, 1985 ; JUVIGNE et GILLOT, 1986 ; JUVIGNE et GEWELT, 1987) Une dispersion d'au moins quatre-vingt kilomètres vers le Sud ou le Sud-Est sous l'action de vents de haute altitude a été repérée et correspond sans doute à un minimum (JUVIGNE, 1987).

- Le maar du Pavin : les retombées attribuées à cet appareil ont été reconnues tant dans la Chaîne des Puys à une vingtaine de kilomètres au Nord de leur point d'émission (JUVIGNE et GEWELT, 1987), que vers le Sud-Est à plus de trente kilomètres (figure 1) (REILLE, DE BEAULIEU, PONS, 1985 ; JUVIGNE et GILLOT, 1986) et bien situées palynologiquement au milieu de l'Atlantique (GUENET, 1986).

On retiendra de ces quelques exemples l'opposition entre la concentration géographique du volcanisme holocène de Basse-Auvergne et la très large dispersion de ses produits, bien au-delà des frontières régionales et on notera son intérêt en matière chronostratigraphique pour une période particulièrement importante de l'histoire des sociétés.

3.1.3 - QUELQUES PHENOMENES ASSOCIES ET LEUR IMPACT ENVIRONNEMENTAL.

Le volcanisme cataclysmique provoque de profondes transformations de l'environnement immédiat. Les nuées ardentes dégradent et ensevelissent de vastes territoires sous des épaisseurs parfois considérables de dépôts. Les coulées boueuses ennoient le réseau hydrographique et engendrent des systèmes lacustres. Les projections fines sont transportées sur de longues distances et recouvrent de larges territoires modifiant le couvert végétal et l'équilibre géochimique des sols : une forte proportion de minéraux volcaniques a saupoudré une bonne part des paysages de Haute et Basse-Auvergne, puis a été incorporée aux sols, pendant le Pré-Boréal, le Boréal et l'Atlantique.

Dans le cas du volcanisme strombolien, ce sont principalement les coulées de laves qui empruntent les vallées et perturbent l'hydrographie. Outre la formation de nombreux lacs de barrage (Aydat, Saint-Saturnin...), une conséquence immédiate de ce comblement des drains est une reprise rapide d'érosion aux flancs des coulées accompagnée d'une déstabilisation chronique des versants (PELLETIER, 1964 ; BLAIS, MAURY, BROUSSE, 1971).

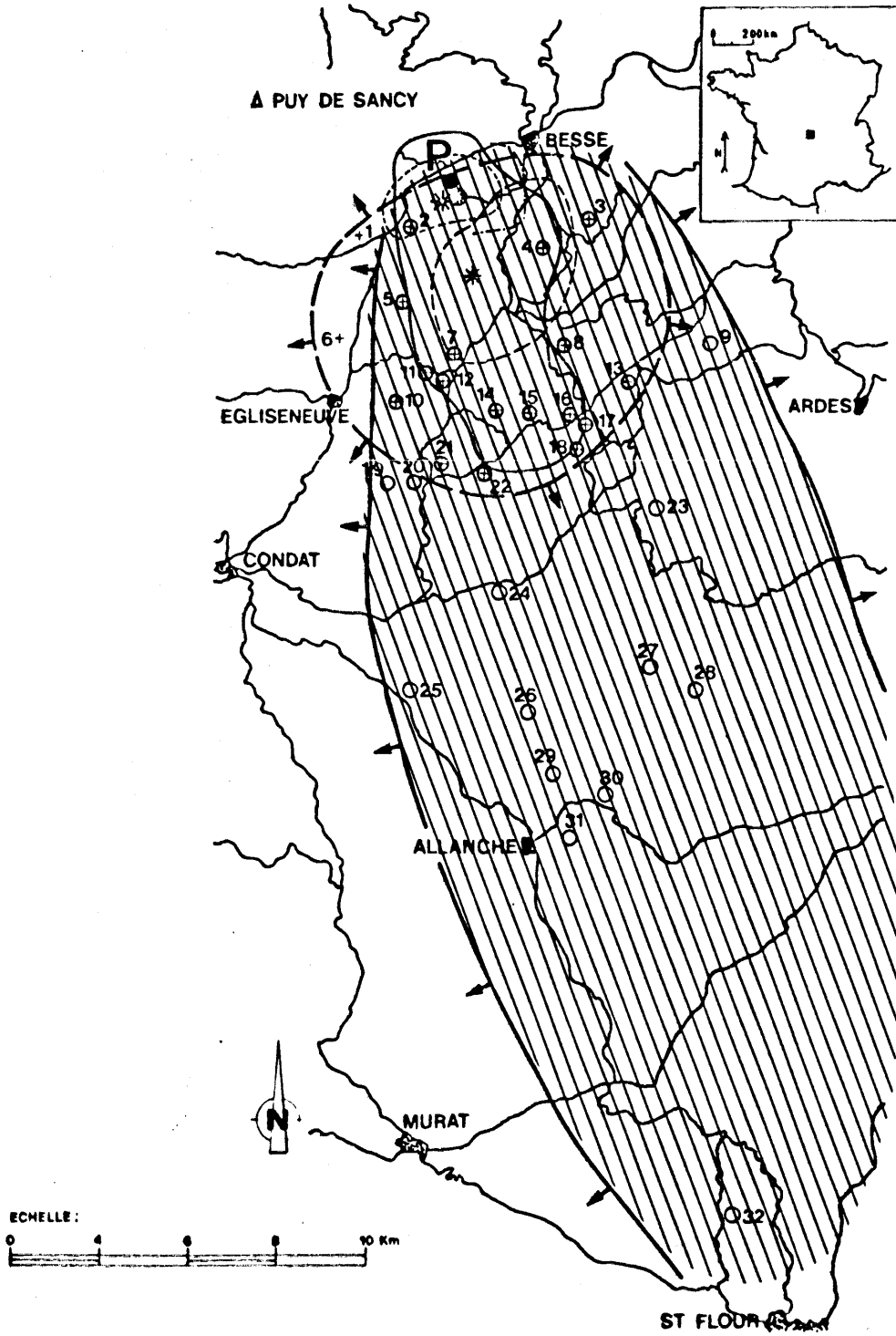


Figure 1 : Exemple de diffusion de tephra : le maar trachytique du Pavin (P) (d'après JUVIGNE et GILLOT, 1986).

Des séismes accompagnent les éruptions et provoquent une modification brutale des versants, et des changements du cours des rivières : c'est le cas en Grande Limagne. Une corrélation plus lointaine avec les effondrements en grottes et abris-sous-roches a même été proposée (ESCALON DE FONTON et BROUSSE, 1969), qu'il conviendra de reconsidérer sur des bases chronologiques affinées et étendues.

Enfin, on ne saurait passer sous silence les effets parfois pervers des éruptions, comme par exemple l'accumulation puis le dégagement de gaz carbonique : les nombreux lacs de maars du Massif Central ont pu être le siège de tels phénomènes.

Ce rapide inventaire souligne une dualité propre aux phénomènes volcaniques. L'activité éruptive, dans un premier temps, est le plus souvent destructrice et nocive pour l'Homme et son environnement physique et biologique. Cependant, à terme, elle se révèle largement bénéfique, génératrice par exemple de zones lacustres aux eaux nutritives ou favorisant le développement rapide de sols riches en cations : dans la zone de moyenne montagne ici considérée, ce sont souvent des andosols. Une étude récente nous a montré que l'établissement de la couverture pédologique au sommet du Puy-de-Dôme était intervenu en un millénaire environ, peut-être moins.

Il est par conséquent extrêmement probable que l'Homme du Mésolithique et/ou du Néolithique, lors d'un séjour dans le Massif Central, voire à plusieurs reprises, ait été le témoin direct d'éruptions de grande ampleur ou de leurs corrélats (figure 2). Si tel est le cas, on doit s'interroger sur l'impact à court ou plus long terme de telles manifestations sur la perception des territoires, au sein des processus de subsistance et/ou des schémas psychiques.

.....
!
! 3.2 - INFLUENCE DU VOLCANISME SUR LE COMPORTEMENT HUMAIN : LES POSSIBLES !
!.....

On doit s'interroger sur l'absence d'industries mésolithiques en Basse Auvergne contemporaine des émissions de nuées ardentes (tableau 2). Il ne paraît pas possible de justifier cette lacune dans la répartition géographique des gisements actuellement connus par des motifs d'ordre uniquement culturel. Même si l'on se trouve sur la ligne de partage d'influence entre les aires sauveterrienne au Sud et tardenoisienne au Nord, il n'existe aucune raison d'imaginer que le contact n'ait pas eu lieu et qu'un territoire vide de tout habitant ait été maintenu entre ces deux groupes. En revanche, si l'on considère l'effet dévastateur des phénomènes explosifs qui voient se succéder, dans un rayon de vingt kilomètres environ, le souffle chaud des déferlantes, certes canalisé par la topographie, et le recouvrement par un manteau de poussière incandescente, on ne peut manquer d'en peser les conséquences sur l'environnement. Le couvert végétal est haché, couché au sol, souvent calciné et l'ensemble du paysage est transformé en un univers minéral déserté par la faune qui aurait survécu au cataclysme initial. Sur la base des observations réalisées lors d'éruptions récentes on considère qu'un laps de temps de l'ordre du siècle est nécessaire à la reconstitution d'un sol et à la reconquête complète de la végétation. Si l'on admet le principe statistique de la concomitance, dans le temps et l'espace, de plusieurs éruptions de cette nature, il est facile

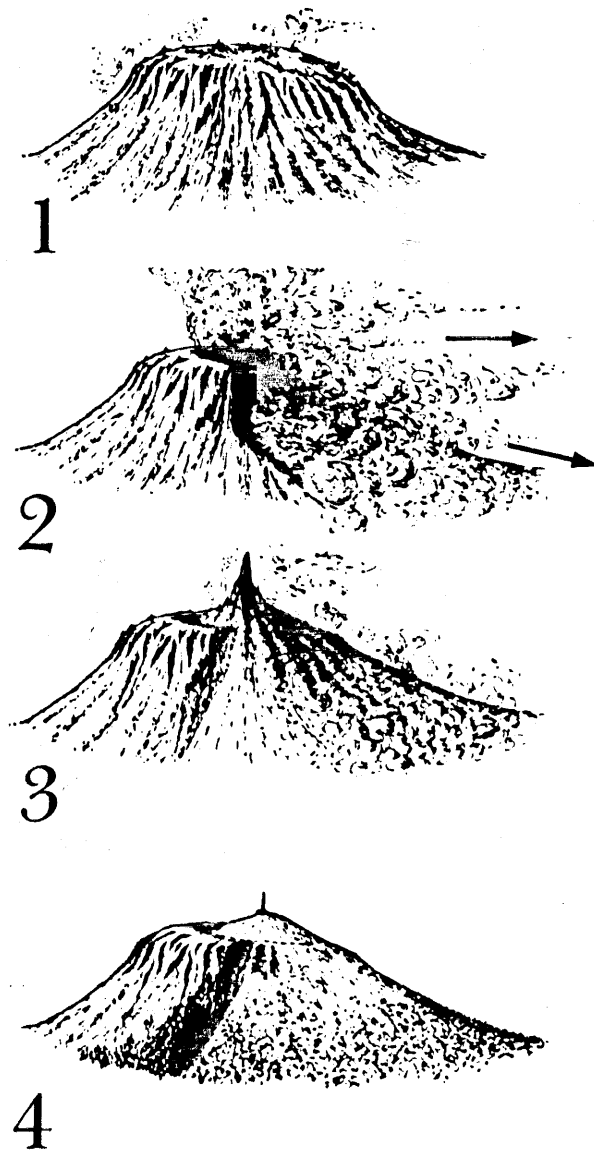


Figure 2 : L'éruption péléenne du Puy-de-Dôme reconstituée d'après l'exemple de la Montagne Pelée. 1 - Croissance endogène d'un cumulo-dôme hérissé, avec gaine bréchique associée. 2 - Destruction explosive de la partie orientale, avec dépôt corrélatif de brèches et de nuées cendreuses. 3 - Croissance endogène d'un second dôme avec aiguille sommitale et dépôt corrélatif de brèches de nuées. L'auto-destruction de l'aiguille était achevée il y a 8300 ans, lors du recouvrement du Puy-de-Dôme par la grande nuée ardente issue du Killian. 4 - Etat actuel (vue cavalière prise du Sud-Est). (d'après CAMUS, 1975).

de concevoir l'ampleur et la durabilité de leurs conséquences cumulées sur le milieu. Outre l'éventuel effet psychologique du phénomène éruptif sur l'Homme, force est de constater que pour plusieurs générations ces territoires n'offrent plus pour lui aucun attrait économique.

3.2.1 - LES ENSEIGNEMENTS DES TOURBIÈRES.

Cependant, on ne manquera pas d'objecter que si les téphra sont observées dans les tourbières, il devrait en être de même des dégradations massives du couvert végétal, soit retranscrites dans les diagrammes polliniques, soit sous la forme d'accumulations de macro-restes au sein des dépôts. En fait, plusieurs explications simples peuvent être apportées :

- Pour la plus grande part, les tourbières ne reçoivent pas la pluie pollinique de leur environnement immédiat mais des apports plus lointains. Ainsi, en bordure occidentale de la Chaîne des Puys, les diagrammes transcrivent plutôt les équilibres végétaux des Combrailles et du Plateau de Millevaches. Les retombées cendreuse doivent, elles aussi, être considérées comme des apports lointains.

- Les tourbières ne sont pas directement entourées par le couvert arbustif et il est peu probable que des arbres y aient été enfouis après avoir été soufflés. Quant aux herbacées, les méthodes de prélèvement ne permettent pas (elles n'y visent d'ailleurs pas) de recueillir des échantillons dans lesquels l'agencement des macro-restes serait observable.

- Comme les autres dépôts sédimentaires, les tourbières ne sont pas exemptes de lacunes de sédimentation et de remaniements secondaires favorables à l'occultation de phénomènes ponctuels.

- Dans ce domaine, comme dans d'autres, l'attention n'est le plus souvent appelée que sur des faits à la réalité desquels on est sensibilisé et à la recherche de leur manifestation.

3.2.2 - DES EXEMPLES HISTORIQUES.

Pour tenter de mesurer les effets immédiats et à moyen terme d'une éruption volcanique au sein d'un territoire supportant l'économie agropastorale d'un groupe restreint et isolé, l'on dispose des relations de l'activité du Laki, en 1783, dans la région du Skaftafellssysla, au Sud-Est de l'Islande (BORDIN et alii 1987). Un nuage noir chargé de poussières volcaniques provoque peu à peu une pluie sombre et les jets de cendres dessèchent les herbes, tuent les oiseaux par milliers tandis que les fumées toxiques indisposent les habitants. Quatre coulées de laves sont émises dans les vallées, recouvrant les pâturages et les fermes et endiguant de nombreuses rivières qui, à leur tour, submergent d'autres fermes. Le réchauffement du sol, combiné à la fonte des neiges, provoque de désastreuses coulées boueuses. Au total, les phénomènes se sont déroulés durant une année, de la fin mai au mois d'avril suivant, et peuvent être ainsi quantifiés :

- Le volume des laves se monte à 12 km³ pour une surface de 565 km², les coulées les plus longues atteignant respectivement 40 et 60 kilomètres.

- La surface totale recouverte par les cendres dépasse 8000 Km² pour un volume total de 0,3 km³. Le nuage provoqua un obscurcissement tel du ciel de France qu'il fut rapporté par la presse de l'époque.

- La quantité de gaz carbonique et d'anhydride sulfureux émise est estimée à 20 millions de tonnes.

Les effets de cette éruption sur l'Homme et sur le milieu furent considérables:

- Le paysage reste marqué par une cicatrice longue de 25 kilomètres.

- Les émissions de fluorine et leur dispersion par les eaux des pluies exceptionnelles qui sévirent alors, décimèrent le cheptel herbivore dont elles blessèrent le palais et les empêchèrent de se nourrir:: 200.000 ovins (soient 79% des effectifs), 11.000 bovins (50%) et 28.000 chevaux disparurent ainsi.

- Du fait de la famine qui s'ensuivit, la population chuta de 48884 habitants en 1784 à 38363 en 1786. En outre, 1500 personnes furent victimes des épidémies de dysenterie et de variole.

Sous d'autres cieux, des 90000 morts attribués au Tambora (Iles de la Sonde) en 1815, 80000 l'ont été à la suite de la famine que l'éruption a entraîné dans la région (BROUSSE et BARDINTZEFF 1987).

On retiendra de ces deux exemples l'évidence d'une désorganisation totale des bases socio-économiques de sociétés pourtant bien adaptées à un biotope particulier, et ce en des temps difficilement appréciables à l'échelle archéologique...

3.2.3 - DES FAITS ARCHEOLOGIQUES ET DES INTERPRETATIONS.

A la lumière des ces exemples il est possible d'évaluer l'impact d'une suite d'évènements tels que les éruptions d'ômitiques de la Chaîne des Puys qui se succèdent dans une aire géographique restreinte (environ 500 km²) et au cours d'un bref laps de temps (environ deux millénaires). Il est certain que cette contrée a alors été largement dévastée, au point de mettre en cause durablement son potentiel botanique et cynégétique, et de la rendre impropre à toute implantation humaine au Mésolithique. En outre, le cumul des épisodes actifs entraîne une accentuation des précipitations, certes locale mais d'une ampleur pourtant propre à provoquer un ennoisement des dépressions et une élévation du niveau des plans d'eau. La multiplication de Potamogeton dans les spectres polliniques tel celui de Chambedaze (Besse-et Saint-Anastaise) apparaît comme une illustration de ce fait (GUENET, 1986 b)

Mais les effets secondaires des recouvrements cendreaux se manifestent aussi à plus long terme: après l'altération du couvert végétal des versants, les drains naturels de la plaine de Grande Limagne furent engorgés par le colluvionnement et la mobilisation des énormes quantités de tephras émises. En conséquence, durant la seconde moitié de l'Atlantique, la mise en valeur agricole de toute cette unité morphologique sera contrariée au Néolithique moyen par la permanence d'un état palustre endémique.

.....
!
! 3.3 - MESOLITHISATION ET NEOLITHISATION : LE ROLE DES VOLCANS ? !
!.....!

Lors de récentes études (DAUGAS et RAYNAL, 1983, 1986), nous avons montré que l'étude du processus de néolithisation ne peut être dissocié de l'examen des phases antérieures de mutation, au Paléolithique final (azilianisation) et à l'Epipaléolithique (mésolithisation). Il convient donc de rappeler ici les principales étapes de cette dynamique de transformation.

3.3.1 - UN PROCESSUS DE READAPTATION ECOLOGIQUE

Dès l'Alleröd, l'occupation humaine gagne les vallées secondaires qui permettent une pénétration radiale des massifs montagneux et donnent accès aux plateaux (figure 3). Si, dans un premier temps, ce mouvement peut être justifié par la poursuite des faunes froides (Renne ?) dans des zones relictées, il autorise ensuite la fréquentation d'un milieu nouveau: celui des plateaux jusqu'à 1200 mètres d'altitude où se développe une faune tempérée. Conjointement, les ensembles industriels montrent la multiplication des pointes aziliennes, des grattoirs courts, des pièces à dos et des troncatures. Cependant, la réponse adaptative à ces profondes mutations de l'environnement semble avoir été tout d'abord donnée hors du Massif Central dans des contrées où le relief et le climat sont moins contraignants.

Dans un deuxième temps, la main-mise sur ces hautes terres est définitivement acquise à la faveur de l'extension de la couverture arbustive amorcée au Pré-Boréal: sur les étendues jusqu'alors peuplées de rares pins s'installe un couvert de plus en plus dense de bouleaux, puis de moisetiers. L'exploitation des ressources cynégétiques et végétales de ce domaine d'altitude, jusqu'à 1400 mètres au moins, est le fait de groupes sauveterriens issus du Sud et du Sud-Est du massif, par les Causses, les Cévennes, le Vivarais, et qui accompagnent la progression sylvatique. Au Nord, en revanche, les groupes tardenoisien ne semblent pas avoir dépassé les limites septentrionales de la Grande Limagne, à la latitude de Gannat et de Vichy (tableau 3).

3.3.2 - LA NEOLITHISATION RECONSIDEREE.

L'apparition brutale des industries mésolithiques à trapèzes, à la fin du Boréal vers 7800 B.P., permet de poser le problème de la néolithisation et de la pertinence des critères généralement retenus pour la déceler. Alors que la plupart des préhistoriens s'appuient sur la reconnaissance de l'agriculture ou de l'élevage, de la production céramique, voire de la permanence des habitats principaux, pour caractériser l'accession au stade néolithique, des ethnologues ont montré l'importance qualitative d'un technosystème fondé sur la pratique du stockage intensif mis en oeuvre à l'occasion d'une ressource saisonnière spontanée (TESTART, 1982). Il s'agit de la collecte en masse d'une ou de plusieurs bases alimentaires abondantes durant une courte période: graines, fruits à coque dure, poissons,... Dans le Massif Central, l'avènement d'un tel système semble pouvoir être corrélé avec le maximum sylvatique de la Corylaie, dès le Boréal puis au début de l'Atlantique (Sauveterrien récent et

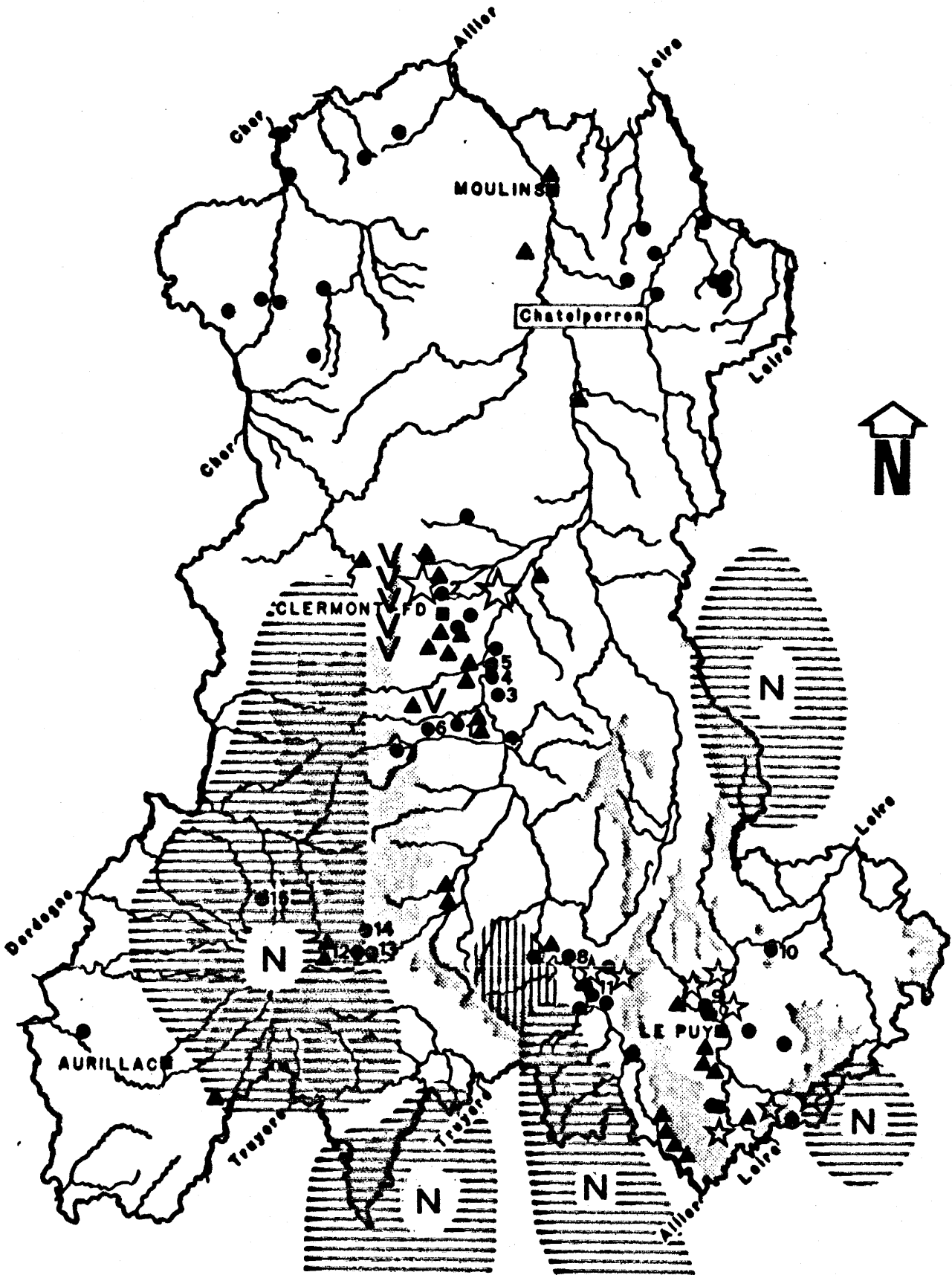


Figure 3 : Distribution régionale des implantations de l'Epipaléolithique (points noirs) et du Néolithique ancien (étoiles) et moyen (triangles), des zones de fort enneigement (N) et de volcanisme holocène actif (V).

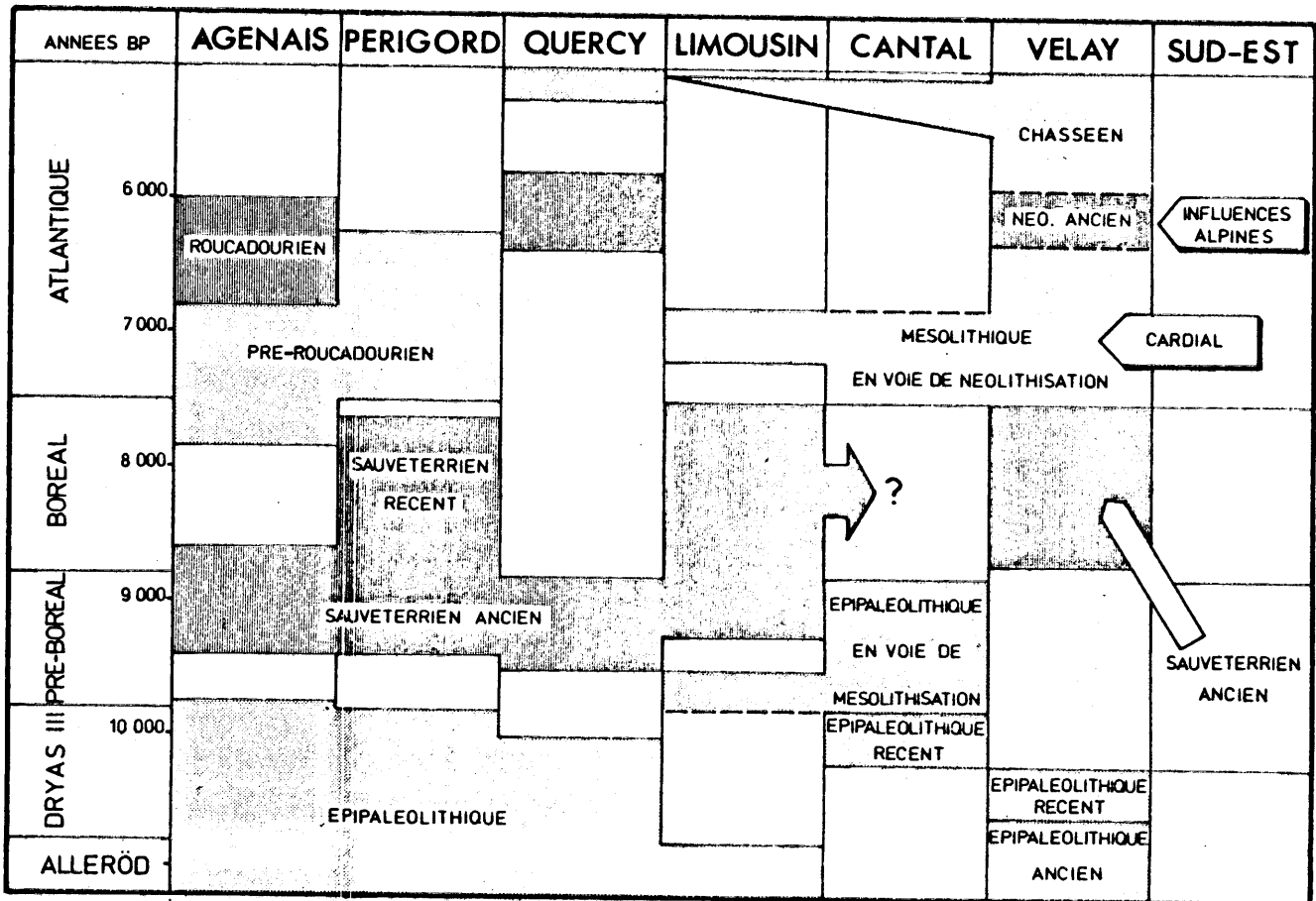


Tableau 3 : Comparaison des successions culturelles régionales dans le cadre chronologique classique de l'Holocène. Les flèches indiquent les axes de diffusion culturelle (DAUGAS et RAYNAL, 1983).

Mésolithique à trapèzes), alors qu'abondent, outre ces fruits, des tubéreuses et des légumineuses spontanées propres à permettre une collecte spécialisée et un stockage (jointe sans doute à l'abondance saisonnière de saumons sur les hauts cours de la Loire et de l'Allier). La sédentarisation relative doit alors être comprise comme un pseudo-nomadisme au sein d'une unité biogéographique et elle entraîne la division du travail. Cette organisation rompt de façon radicale avec le système socio-économique paléolithique qui se limite à un simple prélèvement, mesuré ou anarchique, dans le milieu, et elle se révèle également capable de dégager des surplus alimentaires et des temps de loisir.

Le même type de système économique régit donc les activités des sédentaires, qu'ils soient cueilleurs-chasseurs-stockeurs ("mésolithiques" selon les archéologues) ou agriculteurs ("néolithiques"). De ce fait, les critères habituellement retenus par les préhistoriens pour identifier le passage au Néolithique s'avèrent-ils non pertinents et, surtout, la rupture qualitative entre les deux modes de subsistance est-elle mal située. Au concept de révolution néolithique il conviendrait donc d'opposer celui de révolution mésolithique et, dans la mesure où cette nouvelle organisation est fondée, dans les zones de moyenne montagne, sur une exploitation raisonnée du milieu végétal, celui de révolution verte.

A compter de 7000 B.P. environ, cet équilibre naturel est brutalement remis en cause par une large modification du couvert végétal qui voit régresser subitement la Corylaie au profit de l'Orme et de la Chênaie mixte, et ce dans l'ensemble du Massif Central. Des groupes humains du Néolithique affirmé, relayant des influences issues de la zone alpine et du Sud de la France, recherchent alors des terroirs exploitables sur les terrasses alluviales et sur les versants bien exposés des bassins tectoniques afin de produire artificiellement, en recourant aux techniques agricoles, des substituts aux ressources naturelles qui ne sont plus spontanément offertes par le milieu. L'apparition et le rôle de l'agriculture trouvent ainsi une explication fonctionnelle.

L'examen des données concernant l'activité récente de la Chaîne des Puys et des Monts-Dore et leurs effets sur le milieu naturel conduit à proposer de compléter localement ce modèle. A la tendance globale d'une remise en cause des équilibres botaniques sur lesquels est régionalement fondé le techno-système des chasseurs-cueilleurs-stockeurs, vient donc s'ajouter un terme catastrophique qui entraîne la destruction durable du potentiel en ressources naturelles. Sur les marges de ce secteur, en Grande Limagne par exemple, il devient ainsi nécessaire, de façon soudaine et précoce, de mettre en oeuvre des techniques substitutives comme l'agriculture. On sait d'ailleurs que les sols formés aux dépens des laves et des tephra, matériaux riches en sels minéraux et constituant une sorte d'engrais naturel, sont riches et propices à la culture. Jusqu'alors aucun habitat humain du Néolithique ancien n'a été identifié en Basse Auvergne et les trop rares diagrammes poliniques obtenus en Limagne (GACHON, 1963) ne révèlent l'usage des pratiques agricoles et l'apparition des céréales qu'à partir du Sub-Boréal. Cependant, outre l'indigence des données, on doit faire observer que la céréaliculture du Néolithique ancien est souvent trop discrète et trop localisée pour être transcrite dans les spectres : on sait en effet que seules les aires d'activités spécialisées (battage, stockage...) libèrent un pourcentage appréciable de pollens de céréales. Il n'en demeure pas moins que le peuplement humain de cette zone est parfaitement attesté puisque c'est à Clermont-Ferrand et à Pont-du-Château qu'ont été découvertes les sépultures néolithiques les plus anciennes de

toute la région, respectivement créditées d'un âge de 6010 ± 140 B.P. et de 6590 ± 120 B.P. (DAUGAS, GILBERT et RAYNAL, 1983).

Il est séduisant de concevoir que cette précoce néolithisation puisse être un corrélat secondaire du volcanisme actif...!

! IV - CONCLUSIONS PRELIMINAIRES ET PERSPECTIVES !

! 1 - LES AVANCEES DANS LE DOMAINE DE LA CARACTERISATION !
! DES PALEOENVIRONNEMENTS DE L'HOMME FOSSILE : !
! LES ENSEIGNEMENTS DE GEOCLER 1 (J.P. Raynal) !

L'étude intégrée du système lacustre de Clermont-Ferrand permet de mieux comprendre comment s'articule la sédimentation dans les différentes zones d'une telle structure fermée.

Avec la carotte Géocler 1, nous disposons désormais d'un solide référentiel paléoenvironnemental pour les zones de basse altitude du Massif Central français. Au pied du Plateau des Dômes, le paléo-lac de Clermont a fonctionné pendant plus de 150 millénaires comme un enregistreur privilégié des paléoclimats et des manifestations volcaniques génératrices de la Chaîne des Puys.

La réalisation du sondage carotté Géocler 1 apporte des documents de première importance et illustre à divers titres tout l'intérêt de l'étude des maars du Massif Central français et de leurs remplissages sédimentaires.

Ces complexes volcano-sédimentaires sont une réserve considérable d'informations sur les paléomilieux biologiques et permettent une chronologie absolue par des approches variées (datations des tephra, des sédiments, des faunes fossiles, paléomagnétisme ...), pour certaines nouvelles : la thermoluminescence est actuellement la seule méthode permettant de dater les maars (jusqu'à 300 ka environ).

L'établissement de référentiels continentaux (longues séquences) étroitement corrélables aux données océaniques devient ainsi réalisable par l'accès aux séquences lacustres, généralement continues. Cette documentation, dont l'obtention nécessite de plus en plus la mise en oeuvre de sondages carottés coûteux, s'ajoute -et se corrèle- avec celle livrée par d'autres types de dépôts continentaux et la précise. Par chance, le Massif Central possède encore nombre de lacs de maar actifs : l'étude de tels systèmes et leur comparaison avec les systèmes anciens devrait très prochainement permettre une meilleure connaissance des processus dynamiques et biologiques.

! 2 - LES AVANCEES DANS LE DOMAINE DE LA DATATION PAR !
! THERMOLUMINESCENCE : PANORAMA DU SAVOIR-FAIRE A !
! L'ISSUE DU PROGRAMME (J.P. Raynal et S. Sanzelle) !
!

Nombre d'évènements volcaniques, dont l'âge n'excédait pas 30 000 ans BP ont été datés indirectement par le radiocarbone dès l'apparition de cette méthode (PELLETIER et RUDEL, 1958) ou par la palynologie. On sait aujourd'hui dater directement les différents phénomènes volcaniques par la méthode de la thermoluminescence (TL). Les quelques exemples présentés ici, fruits d'une étroite collaboration entre physiciens et quaternaristes, sont à cet égard révélateurs et ont tous permis d'éclairer un point obscur de l'évolution des paléoenvironnements de l'Homme fossile au cours des 200 derniers millénaires. Il convient d'insister sur le caractère stimulant du soutien apporté par l'ATP "Approches nouvelles..." : il a permis l'extension de la TL, avec succès, à différents matériaux volcaniques jusqu'alors non datés directement.

1 - DATATION DIRECTE DES COULEES ET DES RUBEFACIONS :

Il n'est pas toujours possible d'apparenter une coulée à un volcan. On sait depuis quelques années dater directement par TL les feldspaths des coulées (GUERIN, 1983) ; c'est également le cas des quartz cuits par l'épanchement (comme pour une céramique). De nombreuses laves ont ainsi été datées dans la Chaîne des Puys, les Monts Dorés, le Cézallier et le Vivarais.

Nous avons choisi l'exemple de la coulée de Royat à Chamalières (Puy-de-Dôme), qui fixe très clairement le début d'une amélioration climatique complexe ("interstade würmien" ou "Würm II-III") pendant laquelle s'effectue la transition du Paléolithique moyen au Paléolithique supérieur. Des grains de quartz des colluvions rubéfiées livrent un résultat de $37\ 000 \pm 7\ 000$ avant 1980 (Cler TL 53). L'épanchement date du début de l'optimum climatique de "l'interstade würmien", pendant l'évènement de Laschamp. Il fossilise des sédiments mis en place pendant les premiers moments de cet interstade, pour la première fois datés et décrits par l'analyse palynologique (RAYNAL et al, 1985).

2 - DATATION DIRECTE DES BRECHES DE MAARS BASALTIQUES :

Les maars du Massif Central ont perforé les terrains encaissants à l'emporte-pièce : la datation directe des produits issus de l'éruption (pyroclastites) permet de caler vers le bas les séquences stratigraphiques des systèmes lacustres postérieurs.

Les grains de quartz étudiés en TL sont extraits des pyroclastites. Ils proviennent du socle ramoné par les explosions et probablement aussi des sédiments sous-jacents aux projections des maars. La question primordiale est ici de savoir si la température atteinte par les quartz lors de l'éruption est suffisante pour une "remise à zéro" au sens de la TL (soit

environ 300 ° C durant plusieurs jours, 400 °C pendant plusieurs heures...). Les quartz qui sont emballés dans des lapillis basaltiques et très nombreux en inclusions dans les bombes en choux-fleur ont été en contact avec la lave en fusion et se prêtent à la datation TL.

La première datation directe d'un maar basaltique a été réalisée sur les pyroclastites de la Butte de Clermont, en deux points : Cler TL 23: 157 000 \pm 22 000 av. 1980 et Cler TL 27: 156 000 \pm 22 000 av. 1980 (MIALLIER, 1982). Elle fixe l'âge d'une amélioration climatique au sein de l'avant-dernier glaciaire, entre 150 000 et 160 000 B.P., responsable de la sédimentation des dépôts palustres et pendant laquelle se produit l'éruption phréatomagmatique du maar.

3 - DATATION DIRECTE DES RETOMBEES CENDREUSES :

Les retombées volcaniques directes piégées en milieu lacustre se prêtent également à la datation TL directe : l'âge des cendres basaltiques identifiées dans le paléo-lac de Clermont montre que la sédimentation lacustre avait débuté avant 125 000 BP.

En domaine sub-aérien, les cendres volcaniques sont également aptes à la datation TL. Reconnue en de nombreux points du versant occidental de la Grande Limagne et de la cuvette de Clermont, une retombée trachy-andésitique avait été attribuée au Puy de Pariou sur des arguments géochimiques et stratigraphiques (RAYNAL, DAUGAS, PELLETIER, 1979). La première datation TL directe de ces produits vient d'être réalisée : 8500 \pm 750 av. 1980 (Cler TL 114 ; RAYNAL et al, 1988) ; elle est en parfait accord avec la date TL 8180 \pm 810 av. 1980 (MD 10) obtenue sur la coulée du Pariou (GUERIN, 1983).

1 - DATATION DIRECTE DES EDIFICES STROMBOLIENS ET PELENS :

Les cones stromboliens sont directement datables à partir des coulées interstratifiées dans leurs ejecta, des sédiments et fragments de roches grenues cuits par ces coulées ou enrobés dans des bombes volcaniques. L'exemple du Puy de Gravenoire montre la complexité de ces édifices : une lave interstratifiée dans le cone principal date de 28 700 \pm 4 000 av. 1980 (Cler TL 26 ; MIALLIER, 1982) alors qu'une coulée attribuée à l'édifice date de 56 800 \pm 5 500 av. 1980 (CP 100 ; GUERIN, 1983).

Le plus célèbre volcan français, le Puy de Dôme, est un édifice péleén : ses produits trachytiques fins expulsés dans l'atmosphère ont été transportés par des vents dominants d'Ouest et répartis sur les régions du Nord-Est, de l'Est et du Sud-Est de la France et jusqu'en Suisse (MARTINI, 1970). La datation TL directe de la dômite a été récemment obtenue sur feldspaths (Cler TL 90-A : 10800 \pm 1100 av. 1980) et sur zircons (Cler TL 90-C : 9300 \pm 1100 av. 1980) (FAIN et al, 1986).

! 3 - L'HOMME ET LES VOLCANS : UN THEME EN PLEIN DEVELOPPEMENT !
! (J.P. Raynal et J.P. Daugas) !

DE PROFONDES TRANSFORMATIONS MESOLOGIQUES :

Le volcanisme transforme profondément l'environnement (BROUSSE et BARDINTZEFF, 1987). Les nuées ardentes dégradent et ensevelissent de vastes territoires sous des épaisseurs de cendres considérables. Les coulées boueuses ennoient le réseau hydrographique et engendrent des systèmes lacustres. Les cendres fines sont transportées sur de longues distances et recouvrent de larges territoires, modifiant l'équilibre géochimique des sols : une forte proportion de minéraux volcaniques a saupoudré les paysages de Haute et Basse-Auvergne, puis a été incorporée aux sols, pendant le Pré-Boréal, le Boréal et l'Atlantique ; les retombées du maar du Pavin ont été reconnues dans la Chaîne des Puys, vingt kilomètres au Nord de leur point d'émission, vers le Sud-Est à plus de trente kilomètres et bien situées palynologiquement au milieu de l'Atlantique (GUENET, 1986). Les cendres trachytiques du maar du Chopine ont atteint au moins quatre-vingt kilomètres vers le Sud ou le Sud-Est sous l'action de vents de haute altitude (JUVIGNE, 1987).

Les coulées de laves empruntent les vallées et perturbent l'hydrographie, formant des lacs de barrage. Ce comblement des drains génère une reprise rapide d'érosion aux flancs des coulées et une déstabilisation chronique des versants.

Des séismes accompagnent les éruptions, modifiant brutalement les versants et changeant le cours des rivières : c'est le cas en Grande Limagne. Une corrélation avec les effondrements en grottes et abris-sous-roches a même été proposée (ESCALON DE FONTON et BROUSSE, 1969), qu'il conviendra de vérifier sur des bases chronologiques affinées.

Enfin, rappelons les effets pervers des éruptions, comme l'accumulation puis le dégagement de gaz carbonique : les nombreux lacs de maars du Massif Central ont pu abriter ces phénomènes.

Ce rapide inventaire souligne la dualité du volcanisme. L'éruption, est destructrice et nocive pour l'Homme et son écosystème. A terme, elle se révèle largement bénéfique, génératrice de lacs aux eaux nutritives, favorable au développement rapide de sols riches en cations : dans cette zone de moyenne montagne, ce sont souvent des andosols ; celui du sommet du Puy-de-Dôme s'est constitué en un millénaire au plus.

EN CONSEQUENCE...

Le rôle attractif des paléo-lacs pour les populations préhistoriques, constamment confirmé par les nouvelles découvertes, du Paléolithique ancien aux époques récentes, oriente les recherches futures.

En Basse Auvergne, les éruptions intervenues entre 19000 et 15000 BP, ont atteint la vallée de l'Allier et ont pu modifier pour un temps les itinéraires saisonniers traditionnels des chasseurs du Magdalénien ancien (RAYNAL et DAUGAS, 1984, 1988).

L'absence d'industries mésolithiques en Basse Auvergne est contemporaine d'éruption péléennes et phréatomagmatiques. Cette lacune dans la répartition des gisements connus s'explique t-elle uniquement par des motifs d'ordre culturel ? Aux limites des aires sauveterrienne au Sud et tardenoisienne au Nord, il n'existe cependant aucune raison d'imaginer un refus de contact et le maintien d'un "no man's land". En revanche, il convient de peser les conséquences écologiques des phénomènes éruptifs dévastateurs contemporains : un paysage largement transformé en univers minéral déserté par la faune qui aurait survécu aux cataclysmes initiaux. L'observation d'éruptions récentes montre qu'un siècle environ est nécessaire à la reconstitution d'un sol, donc d'un tapis végétal continu. La concomitance, dans le temps et l'espace, de telles éruptions est statistiquement vraisemblable, et l'on conçoit ainsi l'ampleur et la persistance de leurs actions cumulées sur le milieu. Outre l'effet psychologique du cataclysme, ces territoires n'offrent plus, pour plusieurs générations, aucun attrait économique (DAUGAS et RAYNAL, 1988).

Les zones volcaniques sont un formidable réservoir d'informations sur les environnements de l'Homme fossile, offrent des possibilités immenses en matière de chronologie absolue et permettent des corrélations directes à grandes distances (dispersion isochrone des tephra). Leur activité imposant des conditions de milieu strictement limitantes, elles sont sans nul doute hautement révélatrices des comportement adaptatifs humains. Leur exploitation n'en est qu'à ses débuts. Nous envisageons la tenue d'un colloque international du Comité National Français de l'INQUA sur ce thème en 1991 à Clermont-Ferrand, couplé avec l'excursion de l'Association Française pour l'Etude du Quaternaire (AFEQ).

! V - PRINCIPALES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES !

Les publications parues de 1985 à 1988 (15) et sous presse (14) traduisent le dynamisme des études engagées et illustrent le rôle éminemment positif pour notre groupe de l'aide accordée par l'A.T.P. "Approches nouvelles...".

V.1 - PARUES EN 1985 :

MIALLIER D., FAIN J., SANZELLE S. (1985) - Single-quartz-grain thermoluminescence dating : an approach for complex materials. Nucl. Tracks , vol. 10, n°s 1/2, p. 163-168.

FAIN J., ERRAMLI H., MIALLIER D., MONTRET M., SANZELLE S. (1985) - Environmental gamma dosimetry using TL dosimeters : efficiency and absorption calculations. Nucl. Tracks , 10, p. 639-649.

RAYNAL J.P., DAUGAS J.P., PAQUEREAU M.M., GUADELLI J.L., MARCHIANTI D., MIALLIER D., FAIN J., SANZELLE S. (1984) - Le maar de Saint-Hippolyte (Puy de Dôme, France). Datation par thermoluminescence, flores et faunes fossiles, présence humaine, climatochronologie et dynamique du système paléo-lacustre. Revue des Sciences Naturelles de l'Auvergne , nouvelle série, volume 50, (1985), fascicule 1-2-3-4, p. 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'Etude du Quaternaire , 1985/4, p. 183-207.

V.1 - PARUES EN 1986 :

DAUGAS J.P., RAYNAL J.P., TIXIER L., LOISON G. (1986) - Cycles géodynamiques et cycles d'exploitation du marais de Grande Limagne, Puy de Dôme. 11^e Réunion des Sciences de la Terre , Clermont-Ferrand, Société Géologique de France Ed., Paris, p. 48.

ERRAMLI H. (1986) - Développement des techniques de dosimétrie appliquées à la datation par thermoluminescence . Thèse n° 45, Université de Clermont II, 158 p.

FAIN J., ERRAMLI H., MIALLIER D., MONTRET M., SANZELLE S. (1986) - Datation par thermoluminescence d'un appareil volcanique trachytique : le Puy de Dôme. 11^e Réunion des Sciences de la Terre , Clermont-Ferrand, Société Géologique de France Ed., Paris, p. 63.

LEGALL O. et RAYNAL J.P. (1986) - Un site préhistorique dans un volcan : le Pié du Roi (Cerzat, Haute-Loire). Revue Archéologique du Centre de la France , 25, 1, p. 99-100.

RAYNAL J.P. (1986) - A.T.P. du C.N.R.S. Développement d'approches nouvelles en Archéologie par les méthodes de la Physique, de la Chimie, des Mathématiques et des Sciences de la Terre, projet "Approche du peuplement préhistorique en zone volcanique active". Revue Archéologique du Centre de la France , 25, 2, p. 215-216.

VERNET G. et PAQUEREAU M.M. (1986) - Le cours moyen de la Morge (Puy-de-Dôme au Pléistocène : éléments de chronologie et de paléoenvironnements. 11° R.S.T. , Clermont-Ferrand, S.G.F. Ed., Paris, p. 181.

V.2 - PARUES EN 1987 :

RAYNAL J.P. (1987) - Evolution comparée de lacs de maars en Auvergne et Velay (France). Datation et contribution à la connaissance des climats pléistocènes. in Travaux français en Paléolimnologie , colloque INQUA, Le Puy-en-Velay, 4-5-6 octobre 1985, Documents du CERLAT, mémoire n°1, p. 65-96.

RAYNAL J.P. (1987) - L'opération Géocler 1 (17 novembre - 12 décembre 1986). Revue Archéologique du Centre de la France , 26, 1, p. 95-97.

V.3 - PARUES EN 1988 :

FAIN J. et MIALLIER D. (1988) - La datation par thermoluminescence. La Recherche , vol. 19, n° 201, juillet-août 1988, p. 910-918.

FAIN J., MIALLIER D., MONTRET M., SANZELLE S. (1988) - Zircon dating : regeneration and evaluation of the external dose. Nucl. Tracks Radiat. Meas. , vol. 14, n°s 1/2, p. 333-337.

MIALLIER D., ERRAMLI H., FAIN J., SANZELLE S. (1988) - Dose-rate measurement by tge enclosure method using Al203 dosimeters. Nucl. Tracks Radiat. Meas. , vol. 14, n°s 1/2, p. 193-197.

SANZELLE S., ERRAMLI H., FAIN J., MIALLIER D. (1988) - The assessment of gamma dose-rate by gamma-ray field spectrometer. Nucl. Tracks Radiat. Meas. , vol. 14, n°s 1/2, p. 209-213.

V.4 - SOUS PRESSE :

DAUGAS J.P. et RAYNAL J.P. (1986) - Quelques étapes du peuplement du Massif Central français dans leur contexte paléoclimatique et paléogéographique. Colloque du Comité français de l'INQUA "Relations entre les variations de paléo-milieus, le peuplement préhistorique et l'occupation des sols" , Talence 3-4 mars 1986 (sous presse).

DAUGAS J.P. et RAYNAL J.P. (1988) - La néolithisation dans le Massif Central. Le Temps de la Préhistoire, Société Préhistorique Française Ed., sous presse.

FAIN J., ERRAMLI H., MIALLIER D., MONTRET M., SANZELLE S. (1986) - Datation par thermoluminescence d'un appareil volcanique trachytique : Le Puy-de-Dôme. In Approches du Quaternaire..., Cahiers du Quaternaire, CNRS Ed., sous presse.

FAIN J., ERRAMLI H., MIALLIER D., MONTRET M., SANZELLE S., RAYNAL J.P., PAQUEREAU M.M., DAUGAS J.P., CAMUS G. (1988) - Première datation par thermoluminescence d'un appareil volcanique trachytique : Le Puy de Dôme, Chaîne des Puys, France. C. R. Acad. Sc., Paris, sous presse.

GAUTHIER A. (1989) - Premiers résultats de l'analyse pollinique de la carotte Géocler 1 dans le remplissage du maar de Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme). Réunion Européenne des Géosciences V, Strasbourg, mars 1989, sous presse.

RAYNAL J.P. (1987) - Chronostratigraphie et paléoenvironnements du Paléolithique moyen dans le Massif central français. Implications culturelles. in : L'Homme de Néandertal. Centenaire de la découverte de l'homme de Spy, Liège, (sous presse).

RAYNAL J.P. (1988) - Le Paléolithique moyen d'Auvergne et Velay : origines, diversité, chronologie. Le Temps de la Préhistoire, Société Préhistorique Française Ed., sous presse.

RAYNAL J.P. (1988) - Le peuplement des montagnes de France au Paléolithique. Errances Ed., sous presse.

RAYNAL J.P. et DAUGAS J.P. (1988) - 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, Centenaire de la découverte de l'Homme de Chancelade, CTHS Ed., sous presse.

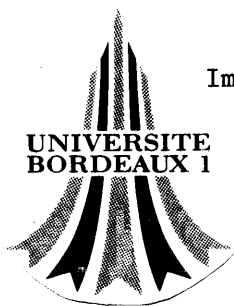
RAYNAL J.P. et DAUGAS J.P. (1989) - Magdaléniens et volcans du Massif Central français. La Recherche, sous presse.

RAYNAL J.P. et GUADELLI J.L. (1988) - Milieux physiques et biologiques : quels changements entre 50 et 30 ka à l'Ouest de l'Europe ? Paléolithique moyen récent et Paléolithique supérieur ancien en Europe. Ruptures et transitions : examen critique des documents archéologiques. Colloque international de Nemours 9-10-11 mai 1988, sous presse.

RAYNAL J.P., MIALLIER D., VERNET G., FAIN J., CAMUS G., MONTRET M., DAUGAS J.P., SANZELLE S., MARAMBAT L. (1988) - Extension de la datation par thermoluminescence à une retombée trachy-andésitique attribuée au Puy de Pariou (Chaîne des Puys, France). C. R. Acad. Sc., Paris, sous presse.

RAYNAL J.P. et SANZELLE S. (1988) - Préhistoire en domaine volcanique actif : exemple de la Basse-Auvergne. Le Temps de la Préhistoire, Société Préhistorique Française Ed., sous presse.

VERNET G. (1986) - Le cours moyen de la Morge et ses affluents (Puy-de-Dôme, France) au Pléistocène : éléments de chronologie et de paléoenvironnements. In Approches du Quaternaire..., Cahiers du Quaternaire, CNRS Ed., sous presse.



Imprimé à l'Institut du Quatenaire de l'Université de Bordeaux 1
Avenue des Facultés, 33405 TALENCE CEDEX (France).

Ce texte n'est pas une publication.
Ne reproduire ou citer qu'avec l'accord des auteurs.