



HAL
open science

La retombée de La Moutade, marqueur stratigraphique de l'Alleröd en limagne septentrionale (Massif central, France)

Gérard Vernet, Jean-Paul Raynal, Didier Miallier, Thierry Pilleyre, Jean Fain, Serge Sanzelle, Michèle Montret

► **To cite this version:**

Gérard Vernet, Jean-Paul Raynal, Didier Miallier, Thierry Pilleyre, Jean Fain, et al.. La retombée de La Moutade, marqueur stratigraphique de l'Alleröd en limagne septentrionale (Massif central, France). Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, 1990, tome 310, série II, pp.1077-1082. halshs-00004355

HAL Id: halshs-00004355

<https://shs.hal.science/halshs-00004355v1>

Submitted on 31 Jul 2005

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

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

Stratigraphie - La retombée de La Moutade, marqueur stratigraphique de l'Alleröd en Limagne septentrionale (Massif central, France).

Stratigraphy - La Moutade ash-fall, stratigraphic marker of Alleröd age in northern Limagne (Massif Central, France).

Note de :

Gérard VERNET, Jean-Paul RAYNAL, Didier MIALLIER, Thierry PILLEYRE, Jean FAIN, Serge SANZELLE, Michèle MONTRET.

Présentée par Yves COPPENS.

Résumé : Les "tephra de la Moutade", attribués par leur composition chimique à un basalte alcalin, ont été identifiés en Limagne septentrionale dans plusieurs coupes attestant d'environnements sédimentaires variés (dépôts palustres et fluviatiles, formations de versant). Le système éruptif du Puy de la Nugère peut en être l'émetteur. Leur dispersion régionale et leur position chronologique au sein de l'amélioration climatique de l'Alleröd, assurée par des approches croisées dont une datation directe par thermoluminescence, en font un marqueur stratigraphique régional.

Abstract : A basaltic ash layer ("La Moutade tephra") has been identified in several sections in the Northern Limagne : alluviums, swamp and slope deposits. La Nugère volcanic complex is a potential source.pedo-stratigraphical context, pollen analysis and radiocarbon dating give it an Alleröd age, which is confirmed by a direct thermoluminescence date. Thus, that ash layer can be considered as an important regional stratigraphic marker.

Abridged english version - At present tephrostratigraphy in the Massif Central is singularly confirmed by the possibility of dating the projections by thermoluminescence I.1,2.I. Quaternary stratigraphic work in Grande Limagne has revealed much of interest in this natural subsiding region I.3,4.I. where several ash-falls are preserved in various sedimentary environments. We present here the results about the widespread "La Moutade tephra" which is the first one directly dated by thermoluminescence in this area.

1. La Moutade tephra

1.1 - *Description and granulometry - This pyroclastite is a coarse cinder I5I. There is no apparent geographic gradient in the studied area. Lava fragments (scorias) are fresh, have small vesicles, are coloured black to dark grey, and exhibit numerous plagioclases.*

1.2 - *Mineralogy - At La Moutade 1 : green clinopyroxenes (29%), brown amphibolites (70%), others (1%) ; at La Moutade 2 : green clinopyroxenes (16%), brown amphibolites (74%), apatites (2%), others (8%) ; At Cellule : clinopyroxenes (15%), brown amphibolites (85%) ; At Saint-Bonnet : green clinopyroxenes (21%), brown amphibolites (78%), others (1%).*

1.3 - *Geochemistry - the CIPW norm is characteristic of an alkaline basalt. On a diagram Alc./SiO₂, these cinders are placed in the middle alkaline series : alkaline basalt towards the limit with basanites for Saint-Bonnet, basanite for la Moutade 1.*

2. Stratigraphy and Elements of Indirect Dating.

2.1 - *Sardon Valley at Saint-Bonnet - Above the Oligocene marls I.3,4.I :*

- 1 - *coarse alluvial formation,*
- 2 - *beige sandy alluvial formation (1.00 to 2.00 M),*
- 3 - *"La Moutade tephra", dated by TL,*

- 4 - stratified sands with lenses of remnant tephra at the base,
- 5 - compacted beige sandy silts (0.70 m),
- 6 - grey clayey colluviums extending to the present soil (0.25 m).

2.2 - The Orange Marsh and its northern border -

2.2.1 - In the alluvial context : on the Oligocene marls I.3,4.I :

- 1 - coarse alluviums (1.00 to 2.00 m),
- 2 - sandy-silty alluviums and pebbles (1.30 m) with interstratified ancient tephra ("Cellule tephra"), deformed by frost action. Palynology indicates a cold dry climate (Dryas II),
- 3 - ancient colluviums altered by freezing I.9.I (0.50 m). The Palynology indicates the beginning of a very mild and humid climatic period. Levels 2 and 3 are eroded by a channel in which the remainder of the sequence is developed,
- 4 - colluviums forming the side of the channel (0.35 m). the Palynology indicates a mild and humid climate (Alleröd),

5 - organic level (0.10 m), radio-carbon dated (Ly 3733 = 11360 ± 130 BP)
I.3.I. Palynology indicates a mild and humid climate (Alleröd),

- 6 - "La Moutade tephra" (0.05 m),
- 7 - clayey silty alluviums followed by sandy silts (2.80 m). Palynology indicates a re-chilling (recent Dryas),
- 8 - grey colluvium continuing up to present soil level (0.50 m).

2.2.2 - In the swamp context (La Moutade 1) from bottom to top :

- 1 - solifluctions scattered in the swamp environment (0.45 visible),
- 2 - swamp complex with inter-calation of "La Moutade tephra" dated by TL, carrying a gleyified paleosol I.2.I (0.25 m),
- 3 - solifluctions bearing the present soil (1.00 m).

2.2.3 - On the northern slopes (La Moutade 2), On the oligocene marls :

- 1 - remnant flows from soil previous movements consisting of portions of ancient fluviatile formations and oligocene marls (0.50 m visible) ;
- 2 - lenses, once frozen, of a calcareous brown paleosol I.9.I and of "La Moutade tephra" (0.10 m) ;
- 3 - soil flow bearing the present soil (0.75 m).

3 - Direct dating by thermoluminescence

We have used the classic method of TL dating on the grains of xenolithic quartz included in the tephra. These experiments have revealed that in a number of cases, the quartz grains were sufficiently heated during the eruption to be returned to zero in a TL sense, thus permitting direct dating of the tephra I.1,2.I.

TL has been measured using a blue filter (B6 12 LEITZ) and an identical pre-heating treatment for the two excavations (320c/10 seconds). The paleodoses are of 45, 2 ± 2, 3 Gy for La Moutade 1 and 81, 0 ± 12 for Saint-Bonnet, which leads us to the following ages :

La Moutade 1 : 13700 ± 1700 years before 1980 Cler. TL.110

Saint-Bonnet : 23000 ± 2800 years before 1980 Cler. TL.116

Given the uncertainties, the first result is compatible with the radiocarbon date of 11360 ± 130 BP (Ly 3733) providing a real age within an interval of 1000 years minimum I10I and 2500 years maximum I.11.I. The two methods therefore place the mere eruption between about 12000 and 14000 years before our time. The tephra of Saint-Bonnet, with a different TL age, have been contaminated by "old quartz" originating in the upper level.

4 - Conclusion - "La Moutade tephra" was emitted during a period of climatic amelioration (Alleröd). That amelioration permitted the development of a soil. Direct dating of the tephra by thermoluminescence supplies an age in actual years of 13700 ± 1700, in agreement with radiocarbon estimation. Attributing these tephra to a particular eruptive event of the Chaîne des Puys

vulcanism remains difficult but the eruptive system of La Nugère is a potential source I.12,13.I. Directly dated by thermoluminescence, "La Moutade tephra" constitute a regional marker of obvious chronostratigraphic interest (3).

Version française - La téphrostratigraphie trouve naturellement dans le Massif Central un vaste terrain d'application et se trouve aujourd'hui singulièrement renforcée par la possibilité de dater directement les projections par thermoluminescence I.1,2.I (1,2). Les travaux de stratigraphie du Quaternaire menés en Grande Limagne ont révélé l'intérêt potentiel du secteur septentrional de cette région naturelle subsidente I.3,4.I (2) : siège d'une sédimentation active et très largement palustre, il a enregistré les manifestations successives des appareils éruptifs du nord de la Chaîne des Puys, du dernier pléniglaciaire à l'Holocène. Une même retombée à large dispersion ("tephra de la Moutade") y a été pour la première fois reconnue dans des environnements sédimentaires variés : son âge tardiglaciaire est établi par des approches croisées dont une datation directe par thermoluminescence.

1 - LES TEPHRA DE LA MOUTADE -

1.1 - Description et granulométrie - Quatre échantillons ont été analysés tant les retombées apparaissent très homogènes sur les différents affleurements. Ils présentent la même composition granulométrique : 91 à 100 % de sables moyens à fins bien classés (Md= 158 à 181 um, Sk = 0.99 à 1.33). Cette pyroclastite est une cendre grossière I.5.I. On n'observe pas de gradient géographique dans l'aire étudiée. Les fragments de lave (scories) sont frais, non roulés, peu vésiculés, de couleur noire à gris foncé, et présentent de nombreux plagioclases.

1.2 - Composition minéralogique - La teneur en magnétite est toujours élevée : entre 75 et 95% des fractions étudiées (entre 250 et 80 um) après séparation au bromoforme. Les minéraux denses représentent de 10 à 15% des fractions étudiées. La composition aux points d'étude est la suivante : à la Moutade 1, clinopyroxènes verts (29%), amphiboles brunes (70%), divers (1%) ; à la Moutade 2, clinopyroxènes verts (16%), amphiboles brunes (74%), apatites (2%), divers (8%) ; à Cellule, clinopyroxènes verts (15%), amphiboles brunes (85%) ; à Saint-Bonnet, clinopyroxènes verts (21%), amphiboles brunes (78%), divers (1%). A la Moutade 2, le pourcentage élevé de "divers" et la présence d'apatite s'expliquent par la perturbation du niveau de cendres par gélifluction (Cf infra § 2.2.3).

1.3 - Géochimie - La composition a été analysée à la Moutade 1 et Saint-Bonnet :

| | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe t | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | TiO ₂ | MnO |
|--------------|------------------|--------------------------------|------|------|-------|-------------------|------------------|------------------|------|
| La Moutade 1 | : 46.40 | 15.10 | 7.66 | 3.48 | 9.68 | 2.97 | 2.32 | 1.39 | 0.14 |
| Saint-Bonnet | : 49.30 | 14.73 | 7.41 | 3.15 | 11.92 | 3.25 | 2.34 | 1.13 | 0.15 |

La norme CIPW calculée malgré une forte teneur en eau et après correction sur Fe₂O₃ I.6.I caractérise un basalte alcalin. Le calcul des paramètres de JUNG et BROUSSE pour les roches volcaniques I.7,8.I, en particulier Si et R= (K+Na/K+Na+Ca)100, montre que cette lave est intermédiaire entre basalte et trachyandésite dans la série magmatique de la Chaîne des Puys. Sur un diagramme Alc./SiO₂, les deux cendres se placent dans la série moyennement alcaline : celle de Saint-Bonnet s'identifie à un basalte alcalin proche de la limite avec les basanites ; celle de la Moutade 1 correspond à une basanite.

2 - STRATIGRAPHIES ET ELEMENTS DE DATATION INDIRECTE -

2.1 - Vallée du Sardon à Saint-Bonnet - Sur un replat morphologique en relation avec la basse terrasse du Sardon (un des tributaires anastomosés de rive gauche de l'Allier), on observe de bas en haut sur les marnes oligocènes I.3,4.I :

- 1 : formation alluviale grossière à galets, base non visible.
- 2 : limons sableux beiges (1,00 à 2,00 m).
- 3 : "tephra de la Moutade", noirs compacts non lités (0,10 m), datés par TL. Les limites inférieure et supérieure montrent des figures de tassement d'ordre décimétrique.
- 4 : sables stratifiés présentant à la base des lentilles de tephra remaniés (0,30 m).
- 5 : limons sableux beiges compacts (0,70 m).
- 6 : colluvions argileuses grises portant le sol actuel (0,25 m).

2.2 - La toposéquence du Marais d'Orange et de sa bordure nord -

2.2.1 - En contexte alluvial : de bas en haut sur les marnes oligocènes I.3,4.I :

- 1 : alluvions grossières, limite supérieure d'érosion (1,00 à 2,00 m).
- 2 : alluvions sablo-limoneuses à galets (1,30 m) dans lesquelles s'interstratifient des tephra anciens ("tephra de Cellule"), déformées par cryergie. Le contenu pollinique indique une flore de stade très ouvert, dominée par le Pin sylvestre (AP = 29%), les herbacées héliophiles indiquent un climat froid et sec pas fortement steppique cependant, vraisemblablement le Dryas II.
- 3 : colluvions anciennes gélifluées I.9.I (0,50 m). Le contenu pollinique indique le début d'instauration d'un climat plus doux et plus humide (AP = 44%). Les ensembles 2 et 3 sont érodés par un chenal d'ordre pluridécamétrique dans lequel se développe le reste de la séquence.
- 4 : colluvions affectant le bord de chenal (0,35 m). Le contenu pollinique indique un climat doux et humide rapportable à l'Alleröd (AP = 49%).
- 5 : niveau organique (0,10 m), daté par le radiocarbone (Ly 3733 = 11360 ± 130 BP) I.3.I. Le contenu pollinique indique également un climat doux et humide rapportable à l'Alleröd (AP = 46%).
- 6 : "tephra de la Moutade" (0,05 m).
- 7 : alluvions argilo-limoneuses puis sablo-limoneuses (2,80 m). Le contenu pollinique indique une phase de refroidissement, sans doute le Dryas récent (AP = 27%).
- 8 : colluvions grises portant le sol actuel (0,50 m).

2.2.2 - En contexte palustre (La Moutade 1), de bas en haut :

- 1 : argiles verdâtres contenant des fragments anguleux de marnes oligocènes et des nodules carbonatés : solifluctions étalées en milieu palustre (0,45 m visible).
- 2 : complexe palustre avec intercalation de "tephra de la Moutade" datés par TL, portant un paléosol gleyifié avec nombreuses bioturbations et des figures de dessiccation I.9.I (0,25 m).
- 3 : argiles sableuses jaune-verdâtres à fragments anguleux de marnes oligocènes (solifluctions) et portant le sol actuel (1,00 m).

2.2.3 - Sur le versant septentrional (La Moutade 2), de bas en haut et reposant sur les marnes oligocènes :

- 1 : coulée de solifluction remaniant les formations fluviatiles anciennes (lentilles de sables et de graviers) et les marnes oligocènes (0,50 m visible).
- 2 : lentilles gélifluées de paléosol brun calcaire et de "tephra de la Moutade" (0,10 m).
- 3 : coulée de solifluction portant le sol actuel (0,75 m).

3 - DATATION DIRECTE PAR THERMOLUMINESCENCE - Nous avons mis en oeuvre la méthode classique en TL des "inclusions de quartz" sur les grains inclus dans les tephra. L'expérience nous a en effet montré que, dans de nombreux cas, ils ont été suffisamment chauffés au cours de l'éruption pour être remis à zéro au sens de la TL, autorisant ainsi la datation directe des tephra I.1,2.I.

Dans ce type de matériau, deux causes d'erreur sont prépondérantes. La première tient aux risques de contamination du niveau échantillonné par des quartz non chauffés dans le passé, en provenance des niveaux inférieurs et supérieurs. Dans le cas de la Moutade 1, nous avons sélectionné, à vue en laboratoire, des petits fragments de tephra restés compacts, éliminant ceux présentant des traces

manifestes de bioturbations. Ce travail a été beaucoup plus difficile dans le cas de Saint-Bonnet car le sédiment, trop meuble, n'avait pas conservé intacte sa microstructure. La deuxième cause d'erreur est notre ignorance des mouvements de la nappe phréatique dans le passé. Ces variations ont pu entraîner un déplacement de radioéléments. Cet effet a été considéré comme faible et négligeable : les matériaux ne montraient pas de trace manifeste d'altération et les deux sites, situés dans des contextes différents, présentaient des compositions chimiques et radiochimiques très voisines (activité alpha externe : 3,99 alphas/cm² heure pour la Moutade 1 et 4,13 alphas/cm² heure pour Saint-Bonnet).

La radioactivité gamma in situ est fortement dépendante des niveaux sus et sous jacents, ce qui explique une différence entre la Moutade 1 (1,09 ± 0,05 mGy/an) et Saint-Bonnet (1,39 ± 0,18 mGy/an), non compris le rayonnement cosmique.

D'autre part, les variations de teneur en eau ont, dans le passé, entraîné une variation de la dose d'irradiation absorbée par les quartz. Celles-ci ne pouvant être quantifiées, nous les avons prises en compte en affectant la teneur en eau actuelle d'une incertitude calculée d'après l'écart à la teneur à saturation mesurée en laboratoire.

La TL a été mesurée avec un filtre bleu (BG 12 LEITZ) et un traitement de préchauffage identique pour les deux échantillons (320°C/10 secondes). Dans les deux cas, la réponse est linéaire par rapport à la dose d'irradiation en première et en seconde lectures (après recuit). Les paléodoses sont de 45,2 ± 2,3 Gy pour la Moutade 1 et 81,0 ± 12 Gy pour Saint-Bonnet, ce qui conduit aux âges suivants :

| | | | | |
|--------------|---------|---------------------|-------------|----------------|
| LA MOUTADE 1 | : 13700 | + ₋ 1700 | ans B. 1980 | Cler. T.L. 110 |
| SAINT-BONNET | : 23000 | + ₋ 2800 | ans B. 1980 | Cler. T.L. 116 |

Compte-tenu de l'incertitude, le premier résultat est compatible avec la date radiocarbone de 11360 ± 130 BP (Ly 3733) obtenue sur la matière organique du niveau sous-jacent aux tephra du site de Cellule. Le résultat 14C est certes en dehors du domaine où la correction dendrochronologique est actuellement possible, mais diverses indications permettent de situer l'écart entre l'âge 14C et l'âge réel dans un intervalle de 1000 ans au minimum I.10.I à 2500 ans au maximum I.11.I. Ceci conduit à un âge 14C dans la fourchette 13900-12400 ans avant le présent. Les deux méthodes situent donc l'éruption mère entre 12000 et 14000 ans avant nous environ.

Comme tous les arguments plaident pour une même retombée cendreuse, nous suspectons que les tephra de Saint-Bonnet, d'âge TL différent, ont été contaminés par du "vieux quartz" en provenance du niveau supérieur : le niveau sous-jacent remanie par endroits le niveau cendreuse très mince et de texture meuble et un apport de quelques pourcents de quartz ancien est suffisant pour vieillir l'âge apparent d'un facteur 2.

4 - CONCLUSION - Les "tephra de la Moutade", à composition de basalte alcalin, ont été émis au cours d'une période d'amélioration climatique (Allerød), datée ici par le radiocarbone de 11360 ± 130 BP, soit entre 12000 et 14000 ans avant nous en années réelles. La datation directe des tephra par thermoluminescence fournit un âge en années réelles de 13700 ± 1700, en bon accord avec l'estimation du radiocarbone.

L'attribution de ces tephra à un appareil de la Chaîne des Puys demeure délicate. Les comparaisons statistiques des compositions chimiques des tephra des appareils éruptifs eux-mêmes et des cendres volcaniques repérées en Limagne, à de rares exceptions près, isolent deux populations. On observe une modification de la composition chimique totale que nous imputons à l'éloignement par rapport à la source éruptive et à l'influence des unités sédimentaires encaissantes (transferts et lessivages). Il existe par ailleurs très peu de cortèges de minéraux lourds établis sur les tephra des appareils éruptifs. Cependant, le système éruptif de la Nugère est une source possible : relativement proche (15 à 20 km) et partiellement de nature basaltique I.12.I, une partie de son activité est située par le radiocarbone vers 11400 BP au sein de l'Allerød I.13.I.

Les "tephra de La Moutade", à granulométrie de cendres grossières, sont ici

saisis en position proximale d'une aire de dispersion totale beaucoup plus vaste. Leur position climatostratigraphique, pédostratigraphique et chronologique est assurée par des approches croisées dans des environnements sédimentaires variés de Limagne septentrionale. Ils constituent donc un repère régional d'âge Alleröd d'un intérêt chronostratigraphique important dans une région naturelle où l'étude détaillée des formations quaternaires est à ses débuts (3).

Notes :

- (1) Travaux soutenus par l'ATP "Transfert de technologie" de l'IN2P3.
- (2) Travaux soutenus par l'ATP CNRS "Développement d'approches nouvelles en Archéologie par les méthodes de la Physique, de la Chimie, des Mathématiques et des Sciences de la Terre".
- (3) Les auteurs remercient vivement A. Gourgaud et J.M. Cantagrel pour leurs conseils.
- (4) Les auteurs remercient vivement P. Bindon pour la traduction anglaise.

Références bibliographiques :

- I.1.I D. MIALLIER, *L'usage des détecteurs solides de traces dans le cadre de la datation par thermoluminescence*, Thèse de 3^e cycle, Université de Clermont II, n° 711, 106 p.
 - I.2.I J.P. RAYNAL, D. MIALLIER, G. VERNET, J. FAIN, G. CAMUS, M. MONTRET, J.P. DAUGAS et S. SANZELLE, *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 308, Série II, p. 1547-1552, 1989.
 - I.3.I G. VERNET et M.M. PAQUEREAU, *in Caractérisation et datation des milieux quaternaires*, Cahiers du Quaternaire, n° 16, CNRS. Ed., sous presse.
 - I.4.I G. VERNET et M.M. PAQUEREAU, *11^{ème} Réunion Annuelle des Sciences de la Terre, Clermont-Ferrand*, S.G.F. Ed., 1986, p.181.
 - I.5.I R. V. FISHER *Geological Society of America Bulletin*, 72, 1961, p. 1409-1414.
 - I.6.I T. IRVINE et W. BARAGAR, *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8, 1971, 523-548.
 - I.7.I J. JUNG J. et R. BROUSSE, *Bulletin de la Société française de Minéralogie et Cristallographie*, LXXXI, 1958, p. 133-141.
 - I.8.I R. BROUSSE *in J. JUNG Symposium : Géologie, géomorphologie, et structure profonde du Massif Central Français*, Plein Air Service Ed., Clermont-Ferrand, 1971, p. 377-478.
 - I.9.I P. BERTRAN, *L'évolution de la couverture superficielle depuis le dernier interglaciaire : étude micromorphologique de quelques profils types du Sud de la France*, Thèse de l'Université de Bordeaux 1, n° 326, 1989, 204 p.
 - I.10.I M. STUIVER, B. KROMER, B. BECKER and C.W. FERGUSON, *Radiocarbon*, Vol 28, n° 2b, 1986, p. 969-979.
 - I.11.I J. C. VOGEL, *in Chronologies in the Near East*, O. Aurenche, J. Evin and F. Hours eds, BAR International Series, 1987, p. 318-321.
 - I.12.I G. CAMUS, *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 274, série D, 1974, p. 141-144.
 - I.13.I B. ETLICHER, C. JANSSEN, E. JUVIGNE, J.F.N. Van LEEUWEN, *Bulletin de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, 1987, 4, p. 229-239.
- G.V et J.P.R., Université de Bordeaux 1, Institut du Quaternaire, URA 133 CNRS, Avenue des Facultés, 33405 Talence cedex.
D.M., T.P., J.F., S.S. et M.M., Université de Clermont II, Laboratoire de Physique corpusculaire - IN2P3, 63177 Aubière cedex.