

A PROPOS DE L'ÂGE ET DE L'ORIGINE DES TEPHRAS TARDIGLACIAIRES T4 ET T5 DE GODIVELLE-NORD (MASSIF CENTRAL, FRANCE)¹

par

Bruno BASTIN², Michel GEWELT³ & Etienne JUVIGNÉ⁴

(7 figures, 1 tableau et 1 planche)

RESUME.- Des analyses de pollen et de téphras, ainsi que des datations ¹⁴C ont été réalisées sur des carottes de sondage provenant de quatre tourbières des Monts Dore méridionaux et du Cézallier. Elles ont permis d'établir que les retombées volcaniques T4 et T5 de Godivelle-Nord ont eu lieu pendant l'Allerød. Ces téphras ont probablement été émises par les volcans de La Nugère et du Tartaret, respectivement. Leurs âges ¹⁴C sont en contradiction avec la chronozone du Tardiglaciaire.

ABSTRACT.- Palynological investigations, tephra analyses, and ¹⁴C-datings were done using cores from four peat-bogs of the southern Monts Dore and the Cézallier. They allowed us to establish that two volcanic tephra-falls (Godivelle-Nord T4 and T5) took place during the Allerød. These tephra could be correlated with the La Nugère and the Tartaret volcanoes respectively. Their ¹⁴C ages are not consistent with the chronozone of the Late Glacial.

1.- INTRODUCTION

Deux couches de téphras basiques ont été découvertes récemment dans une tourbière près de La Godivelle/Cézallier (Juvigné, 1987a). Faute d'en connaître les volcans émetteurs elles ont été désignées comme suit: 1) la plus récente «Téphra 4 de Godivelle-Nord» (T4, dans le texte qui suit); 2) la plus ancienne «Téphra 5 de Godivelle-Nord» (T5). Au cours de la recherche de leurs positions chronostratigraphiques respectives, des difficultés sont rapidement apparues.

Deux échantillons de gyttja encadrant ces téphras ont tout d'abord donné des âges ¹⁴C identiques, alors que 7 cm de gyttja les séparent dans la séquence (Juvigné, 1987a): 1) T4: 10750 ± 250 BP/Lv-1608D; 2) T5: 10750 ± 230 BP/Lv-1609D. Néanmoins, les deux retombées ont été situées respectivement au milieu du Dryas récent (T4) et à la transition Allerød/Dryas récent (T5) sur la base: 1) de l'utilisation des écarts-types sur les âges précités; 2) de l'épaisseur de gyttja qui les sépare; 3) de l'échelle chronologique proposée pour le Massif Central par Beaulieu *et al.* (1982):

transition Allerød/Dryas récent à 10700BP; 4) d'une corrélation hypothétique avec deux «passées cendreuses» signalées par Reille *et al.* (1985) dans leur diagramme pollinique de Graspét (la «passée» supérieure s'y trouve en plein Dryas récent, l'inférieure à la transition Allerød/Dryas récent).

Gewelt & Juvigné (1988) ont produit une datation ¹⁴C supplémentaire de la couche T4 (10240 ± 100 BP/MBN-384). Cet âge plaçait la téphra dans le tout début du Préboréal (*sensu* Beaulieu *et al.*, 1982: transition Dryas récent/Préboréal à 10300BP) plutôt que dans le Dryas

¹ Communication présentée le 5 décembre 1989. Manuscrit reçu en mai 1990.

² Université Catholique de Louvain, Laboratoire de Palynologie, 4, Place Croix du Sud, 1348-Louvain-la-Neuve, Belgique.

³ Université de Liège, Laboratoire de Géographie Physique, 7, Place du Vingt Août, 4000-Liège, Belgique et Centre d'Etude de l'Energie nucléaire, Département de Radioprotection, Section Mesures des faibles Radioactivités, 2400-Mol, Belgique.

⁴ Fonds National de la Recherche Scientifique, Laboratoire de Géomorphologie et de Géologie du Quaternaire, 7, Place du Vingt Août, 4000-Liège, Belgique.

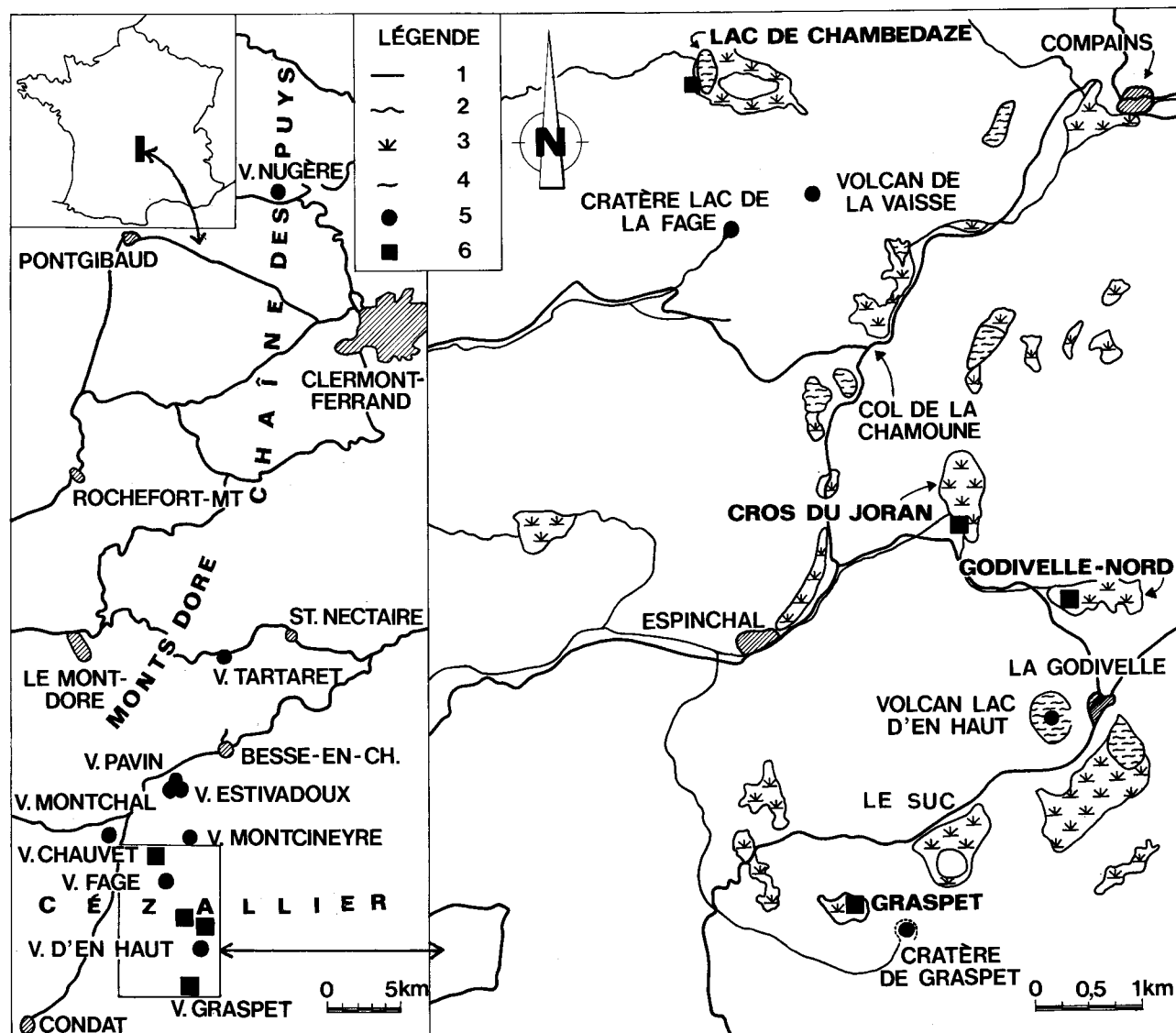


Fig. 1.- Carte de situation des volcans (V.) et localités cités dans le texte.
Légende : 1. route; 2. cours d'eau; 3. tourbière; 4. lac; 5. volcan; 6. site étudié.

récent. Toutefois, en utilisant l'écart-type, cette contradiction pouvait être considérée comme levée. De plus, le calcul d'un âge moyen pondéré entre Lv-1608D et MBN-384 donnait 10310 ± 90 BP; il était aussi conforme à un âge Dryas récent.

Juvigné *et al.* (1988) ont identifié les deux «passées cendreuse» de Graspét comme étant T4 et T5 respectivement. Ils ont aussi montré que les limites chronostratigraphiques communément admises pour la division du Tardiglaciaire (Beaulieu *et al.*, 1982) s'écartaient parfois de plusieurs siècles des moyennes pondérées calculées sur la base des âges ^{14}C disponibles pour le Massif Central. Le nouvel âge proposé pour le Dryas récent (10500 BP à 9900 BP) restait pourtant compatible avec ceux admis pour les téphras: 1) T5: 10750 BP, Allerød; 2) T4: 10310 BP, Dryas récent.

Bastin (*in* Juvigné *et al.*, 1988) a démontré que dans le *locus typicus* de Godivelle-Nord, les téphras T4 et T5 se plaçaient toutes deux en plein Allerød. Parallèlement Guenet & Reille (1988) situaient dans le Dryas récent de leur diagramme pollinique Chambedaze-4, deux «passées téphriques» que l'un de nous (E.J.) allait identifier comme étant T4 et T5.

Pour tenter de lever l'ensemble des contradictions évoquées dans cette introduction, des sondages ont été effectués dans quatre tourbières (fig. 1):

a. Godivelle-Nord.- C'est une tourbière d'origine glaciaire située à 1 km au Nord de La Godivelle, à 1180 m d'altitude. C'est le *locus typicus* des téphras T4 et T5 (Juvigné, 1987a).

b. Cros du Joran.- Cette tourbière s'est formée dans un ancien cratère à 1,5 km au Nord-

Ouest de la précédente, à 1115 m d'altitude. Il n'existe encore aucun diagramme pollinique de cette tourbière dans la littérature.

c. Graspét.- Il s'agit de la tourbière étudiée antérieurement par Reille *et al.* (1985). Elle est d'origine glaciaire et située sur le plateau de Graspét Haut, à 1270 m d'altitude.

d. Chambédaze.- Il s'agit de la tourbière étudiée antérieurement par Guenet & Reille (1988). Elle est d'origine glaciaire et située à 5,5 km au Nord-Est d'Egliseneuve d'Entraigues, à 1179 m d'altitude. Nous avons effectué notre prélèvement à l'endroit précis du sondage n°4 de Guenet & Reille (1988, p. 176, fig. 2).

2.- DESCRIPTION DES TEPHRAS T4 ET T5

2.1.- POSITION DANS LA TEPHROSTRATIGRAPHIE REGIONALE

Dans chacune des quatre tourbières étudiées, les téphras suivantes ont été trouvées, de haut en bas :

Téphra du Pavin: trachyte à amphibole et clinopyroxène (Camus *et al.*, 1973; Bourdier, 1980), 5800 à 6000 BP (Guenet, 1986; Juvigné & Gilot, 1986; Gewalt & Juvigné, 1988; Guenet & Reille, 1988),

Téphra du Montcineyre: basanite à olivine et clinopyroxène (Camus *et al.*, 1973; Bourdier, 1980), 6000 à 6200 BP (Guenet, 1986; Juvigné & Gilot, 1986; Gewalt & Juvigné, 1988; Guenet & Reille, 1988),

Téphra de La Taphanel: trachyte à clinopyroxène, amphibole, sphène, apatite et zircon (Juvigné, 1983 et 1987b), 8780 BP (Gewalt & Juvigné, 1988),

T4 de Godivelle-Nord: mugéarite potassique à labrador, augite et salite (Juvigné, 1987a); l'âge est discuté plus loin,

T5 de Godivelle-Nord: hawaïte potassique à labrador, augite et salite (Juvigné, 1987a); l'âge est discuté plus loin.

2.2.- CONDITIONS DE GISEMENTS (Pl. 1)

L'ensemble des sondages que nous avons effectués dans les quatre tourbières ont montré que l'une et l'autre téphras se présentent en lentilles dont l'épaisseur maximum est de 15 mm. Aucune variation significative de l'épaisseur n'a été observée d'un site à l'autre, ni pour T4 ni pour T5. Dans chaque carotte les deux couches de téphras sont encadrées par de la gyttja. T4 est dans l'ensemble gris foncé, mais des phénocristaux

blancs sont dispersés dans la masse. T5 est uniformément noire.

Dans toutes les séquences étudiées, les téphras T4 et T5 sont parfaitement en place, sans la moindre trace de remaniement sédimentaire.

2.3.- GRANULOMETRIE (fig. 2)

T4: Les grains sont suffisamment gros que pour être visibles à l'oeil nu. Les analyses granulométriques montrent que dans les quatre sites, la téphra T4 va de la classe de la cendre grossière à celle de la poussière grossière, avec un mode dans la classe de la cendre moyenne entre 1,5 phi (353 µm) et 2 phi (250 µm).

T5: Les grains sont relativement fins et difficilement visibles à l'oeil nu. Les analyses granulométriques montrent que dans les quatre sites, la téphra va de la classe de la cendre moyenne à celle de la poussière grossière avec un mode dans la classe de la cendre très fine entre 3,5 phi (105 µm) et 4 phi (62,5 µm).

Aucune variation significative de la granulométrie n'a été observée d'un site à l'autre pour chacune des deux retombées.

Remarque.- La fraction minérale de la gyttja qui encadre les téphras (fig. 2) est essentiellement plus fine que 5,5 phi (23 µm). *In situ*, de la gyttja a pénétré les parties supérieures et inférieures des

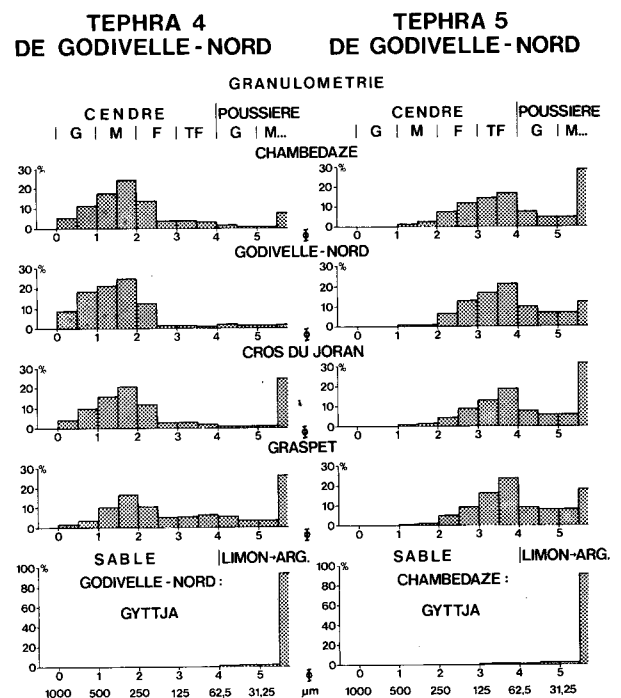


Fig. 2.- Granulométrie des téphras T4 et T5 dans les quatre sites étudiés.

Légende : G. Grossier; M. moyen; F. fin; TF. très fin; M... moyen et plus fin.

couches de téphras. Ceci explique la présence de limon argileux (jusque 32%) dans les divers histogrammes de T4 et de T5.

2.4.- COMPOSITION

Les compositions respectives des téphras T4 et T5 de Godivelle-Nord ont été décrites antérieurement (Juvigné, 1987a). Des observations à la loupe binoculaire et au microscope polarisant ont été effectuées sur la fraction supérieure à 105 μ m des téphras T4 et T5 des trois autres sites: Chambedaze, Graspét et Cros du Joran.

Téphra 4 de Godivelle-Nord

La composition est la suivante: 75 à 85% de scories mates gris foncé, 8 à 13% de scories brillantes noires ou brunes, 1 à 4% de scories oxydées de couleur rouille, et 4 à 8% de phénocristaux sialiques dérivés du socle existant à l'endroit du volcan émetteur (xénolithes). Les phénocristaux mafiques représentent moins de 1% de la masse globale.

L'association de phénocristaux mafiques transparents se compose de: 66 à 80% de clinopyroxènes vert grisâtre ou brunâtre, 9 à 11% d'olivine, 5 à 10% d'amphibole brune, 1 à 7% de biotite et moins de 6% d'apatite.

Téphra 5 de Godivelle-Nord

La composition est la suivante: 60 à 72% de scories gris foncé, 26 à 37% de minéraux sialiques libres et 1 à 3% de minéraux mafiques libres. Ces minéraux sialiques ont été interprétés antérieurement (Juvigné, 1987a) comme des xénolithes sur la base de l'absence de gangue vitreuse à leur surface; toutefois cet argument n'est pas déterminant et bon nombre de plagioclases libres pourraient tout aussi bien appartenir au magma juvénile.

L'association de phénocristaux mafiques transparents se compose comme suit: 75 à 83% de clinopyroxènes vert grisâtre ou vert brunâtre, 15 à 24% d'amphibole brune et 1 à 4% d'olivine.

3.- PALYNOLOGIE

En fonction des problèmes posés dans l'introduction, l'analyse pollinique s'est limitée aux sédiments déposés durant le Tardiglaciaire et le début de l'Holocène. Suivant les cas, la maille de l'échantillonnage en laboratoire a été de 10, 5 ou 2,5 cm. Les spectres polliniques sont en général basés sur le comptage et l'identification d'environ 500 pollens et spores.

3.1.- GODIVELLE-NORD

3.1.1.- Commentaire du diagramme pollinique (fig. 3)

De la base au sommet de la séquence étudiée, sept zones polliniques ont été reconnues.

- **A 490 cm**, trois taxons herbacés dépassent 20% ou s'en rapprochent: les *Poacées* (29%), les *Renonculacées* (21,5%) et *Artemisia* (19%), cependant que ni *Betula* (3,5%), ni *Salix* (2,5%) ni *Juniperus* (2,5%) ne dépassent ou même n'atteignent 5%. Le caractère très ouvert de la végétation nous incite dès lors à rapporter ce spectre à la fin du Dryas ancien.

- **De 480 à 450 cm**: alors qu'après avoir atteint 5%, *Salix* puis *Juniperus* connaissent leur apogée puis régressent, *Betula* poursuit son extension qui se traduit par des valeurs voisines de 20% dans les trois niveaux supérieurs, cependant que *Artemisia* décroît régulièrement et n'atteint plus que 11,4% au sommet de cette zone pollinique, que nous rapporterons au Bølling.

- **A 440 cm**, une légère recrudescence des *Poacées* (29,9%), de *Artemisia* (16,5%) et des *Renonculacées* (10,7%) s'accompagne d'un net recul de *Betula* (11,9%) et de *Salix* (1,4%), cependant que disparaît *Juniperus*. Quoique de faible ampleur, la péjoration climatique enregistrée dans ce niveau signale incontestablement le Dryas moyen, dont l'existence dans le Massif Central est ici clairement mise en évidence, contrairement aux allégations de Guenet & Reille (1988).

- **De 430 à 350 cm** sont simultanément enregistrées des valeurs minimales de *Artemisia* (9,8%) et des valeurs maximales de *Betula* (14,7%), auxquelles sont associées la présence de *Salix* (1,3%) en courbe continue, celle de *Quercus* (0,4%) en courbe discontinue, et celle de *Corylus* (1,6%) dans trois niveaux successifs. Cette zone pollinique correspond donc à l'Allerød vers le milieu duquel s'observe un fléchissement des valeurs de *Betula*, encadrant la retombée des téphras T5 et T4.

- **De 340 à 270 cm**, alors que les valeurs de *Betula* (0,7%) s'effondrent, *Artemisia* (19%) connaît sa plus forte extension, cependant qu'est enregistrée une nette progression des *Renonculacées* (16,8%), surtout dans les deux derniers niveaux du Dryas récent, dont les dépôts atteignent ici 80 cm d'épaisseur.

- **De 260 à 240 cm** sont successivement enregistrés le début de la régression définitive de *Artemisia* (3,1%), une nouvelle extension au-dessus de 5% de *Betula* (11,5%), le début de la courbe continue de *Corylus* (2,4%) et de *Quercus*

GODIVELLE - NORD

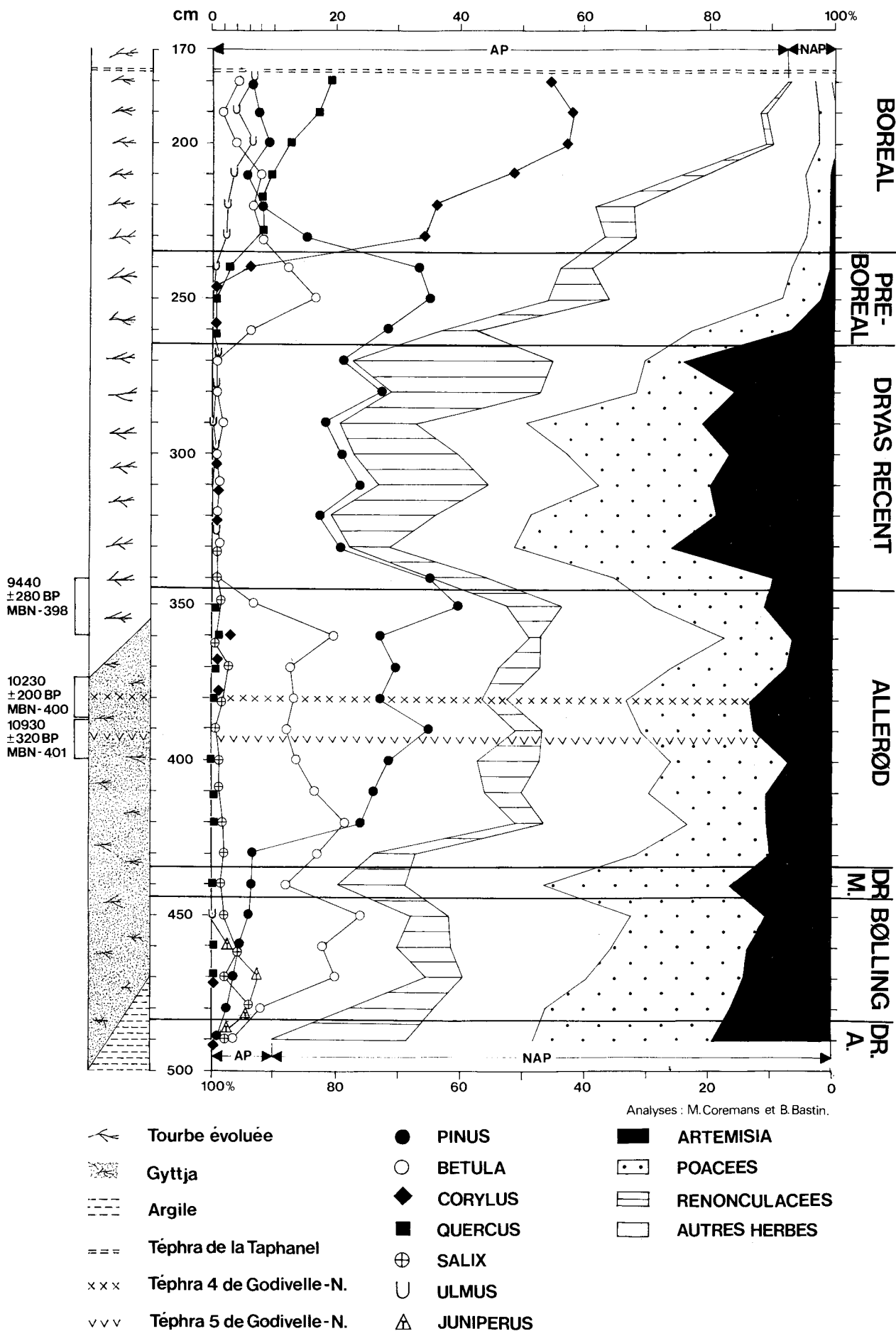


Fig. 3.- Diagramme pollinique simplifié de Godivelle-Nord.

(1,2%) et l'apparition de *Ulmus* au sommet du Préboréal, dont les dépôts n'atteignent ici que 30cm d'épaisseur.

- De 230 à 180 cm, l'extension conjointe de *Corylus* (47,2%), *Quercus* (12,4%) et *Ulmus* (4,4%), entraînant la fermeture du couvert forestier, et la disparition de *Artemisia* caractérisent le Boréal dont le début est marqué par le «niveau 2%» de *Ulmus*, qui suit de peu celui de *Quercus* et de *Corylus* à la fin du Préboréal (Juvigné *et al.*, 1988).

3.1.2.- Discussion

De la fin du Dryas ancien à la fin du Dryas récent, les dépôts tardiglaciaires atteignent dans ce site une épaisseur de 220 cm dont 90 cm pour le seul Allerød (*sensu stricto*). Palynologiquement, cette oscillation est enregistrée dans neuf spectres successifs, dont le tiers est postérieur à la retombée T4, les deux retombées T4 et T5 se situant dès lors sans ambiguïté au sein même de l'Allerød.

3.2.- CROS DU JORAN

3.2.1.- Commentaire du diagramme pollinique (fig. 4)

Trois zones polliniques ont été reconnues dans la séquence étudiée.

- A 760 cm, seul *Juniperus* (8,2%) dépasse 5% chez les arbres, qui n'atteignent ensemble que 14,6%. Parmi les plantes herbacées, on remarque le fort pourcentage atteint par les *Poacées* (31%) et les *Renonculacées* (23,8%), signalant une végétation très ouverte que nous rapporterons au Dryas moyen, eu égard à la présence de plus de 5% de Genévrier dans ce niveau.

- De 750 à 710 cm est enregistrée une nette extension de *Betula* (15,5%) s'accompagnant de la présence en courbe continue de *Salix* (1,6%), *Corylus* (0,8%) et *Quercus* (0,4%), cependant que disparaît *Juniperus*. Les valeurs minimales de *Artemisia* (7,2%), jointes à l'extension du Bouleau et du Saule et à la présence du Noisetier et du Chêne, permettent de corrélérer cette zone pollinique avec l'Allerød.

- De 700 à 600 cm, les valeurs maximales de *Artemisia* (14,5%) et minimales de *Betula* (1,9%) caractérisent classiquement le Dryas récent. A partir de 610 cm, le fléchissement de la courbe de *Artemisia* et la réapparition de *Corylus* puis de *Quercus* signalent par ailleurs l'imminence du début du Préboréal.

3.2.2.- Discussion

Bien que les dépôts tardiglaciaires ne soient pas aussi épais ici que dans la tourbière de Godivelle-Nord, on constate non seulement que

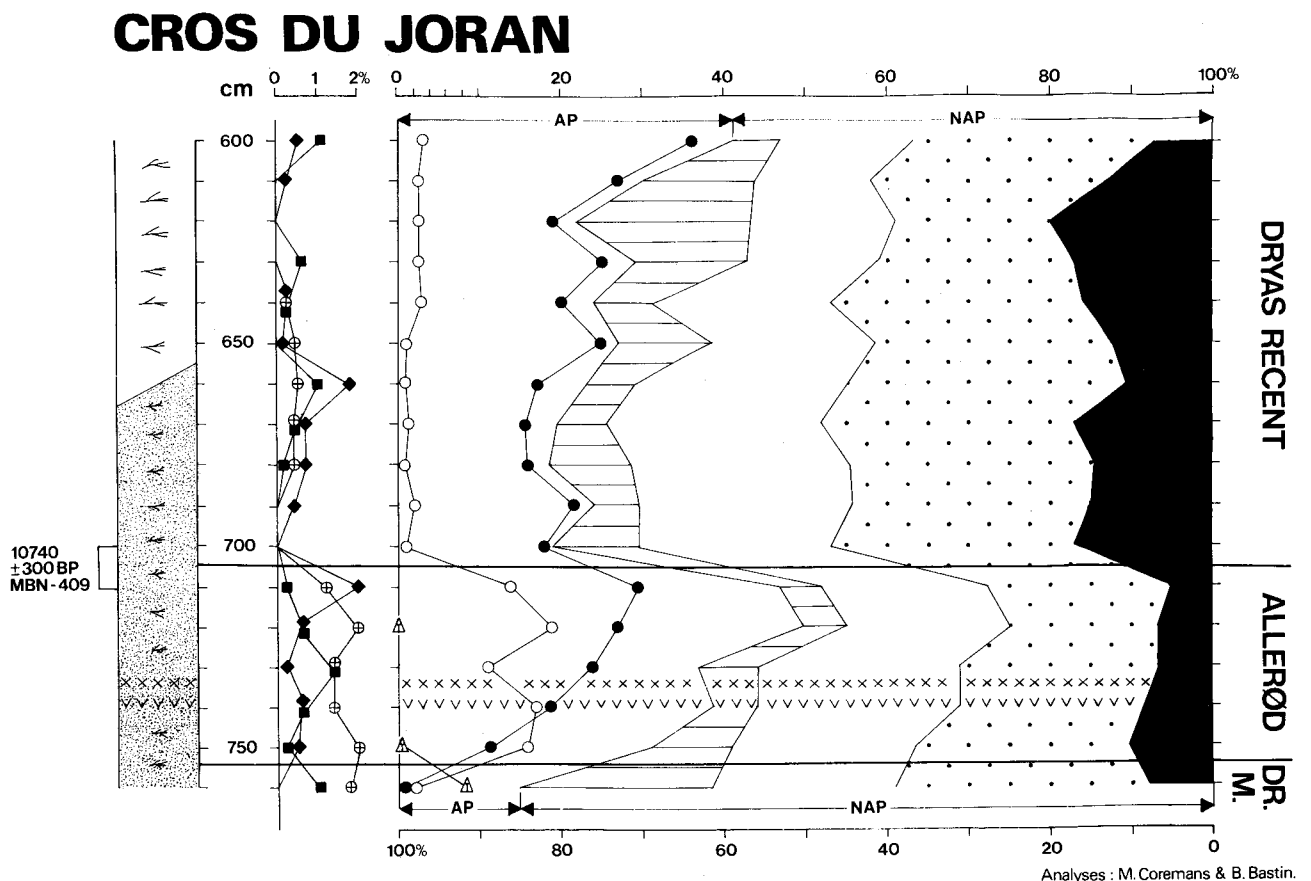


Fig. 4.- Diagramme pollinique simplifié de Cros du Joran.

les retombées T4 et T5 ont lieu durant l'Allerød, mais encore qu'elles sont à nouveau encadrées par un net fléchissement de la courbe de *Betula*, dont les valeurs restent cependant bien supérieures à 5%. Il convenait dès lors de reprendre de façon serrée l'étude palynologique des dépôts tardiglaciaires de Graspét et de Chambédaze, sites dans lesquels deux niveaux de cendres avaient précédemment été palynologiquement situés au sein du Dryas récent par Reille *et al.* (1985) et par Guenet & Reille (1988), respectivement.

3.3.- GRASPET

3.3.1.- Commentaire du diagramme pollinique (fig. 5)

Comme dans le sondage étudié par Reille *et al.* (1985), les dépôts tardiglaciaires n'atteignent qu'un peu plus de 60cm d'épaisseur la maille

d'échantillonnage en laboratoire a tout d'abord été fixée à 5 cm, puis resserrée à 2,5 cm dans la partie médiane du sondage, en fonction des résultats des premières analyses polliniques.

La séquence étudiée comporte deux zones polliniques, clairement mises en évidence si l'on tient essentiellement compte des fluctuations de la courbe de *Betula* et de celle de *Artemisia* (Juvigné *et al.*, 1988).

- De 470 à 430 cm, treize spectres polliniques caractérisés à la fois par de fortes valeurs de *Betula* (18,7%) et de faibles valeurs de *Artemisia* (8,4%) reflètent, sans le moindre doute, l'amélioration climatique de l'Allerød. Au sein de celle-ci, la mise en place des téphras T5 et T4 est encadrée par un net fléchissement de la courbe de *Betula* et une légère extension de *Artemisia*, tout comme cela avait été observé à Godivelle-Nord et au Cros du Joran. On retrouve ainsi dans le Massif Central

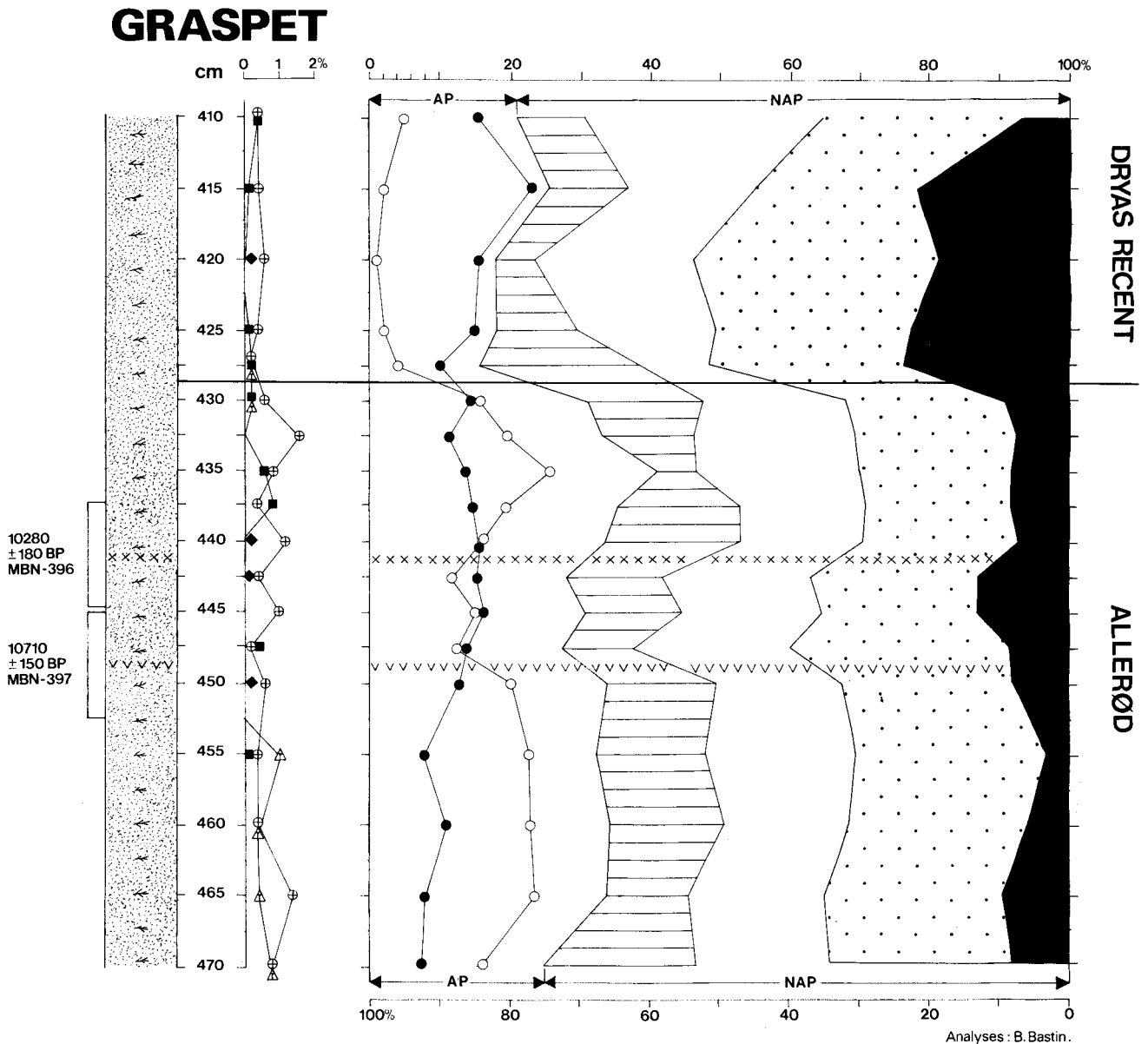


Fig. 5.- Diagramme pollinique simplifié de Graspét.

la tripartition de l'Allerød précédemment mise en évidence sur le plateau des Hautes Fagnes en Belgique (Bastin, 1985).

- De 427,5 à 410 cm, la brutale régression de *Betula* (2,8%) et la forte extension de *Artemisia* (19,1%) témoignent de la péjoration climatique du Dryas récent, dont le dernier spectre voit s'amorcer la réextension de *Betula* (4,8%) et de *Quercus* (0,4%) et le début de la régression de *Artemisia* (7,2%).

3.3.2.- Discussion

L'adoption d'une maille d'échantillonnage de 2,5 cm entre 450 et 425 cm de profondeur a permis de situer sans ambiguïté la retombée des téphras T5 et T4 au sein de l'Allerød, au cours d'une très

faible fluctuation climatique se marquant par un net fléchissement de la courbe de *Betula*. Cette maille d'échantillonnage serrée a par ailleurs permis de mettre en évidence le caractère progressif de la régression de *Betula* à la fin de l'Allerød, grâce à l'obtention de quatre spectres polliniques sur une épaisseur de 10 cm.

Aucun de ces deux traits polliniques n'ayant été reconnu dans l'étude palynologique antérieure de la tourbière de Graspét (Reille *et al.*, 1985), il faut à nouveau souligner la circonspection avec laquelle il convient de considérer la sous-zonation du Tardiglaciaire proposée pour le Massif Central par les auteurs précités, comme l'ont précédemment fait remarquer Juvigné *et al.* (1988).

CHAMBEDAZE

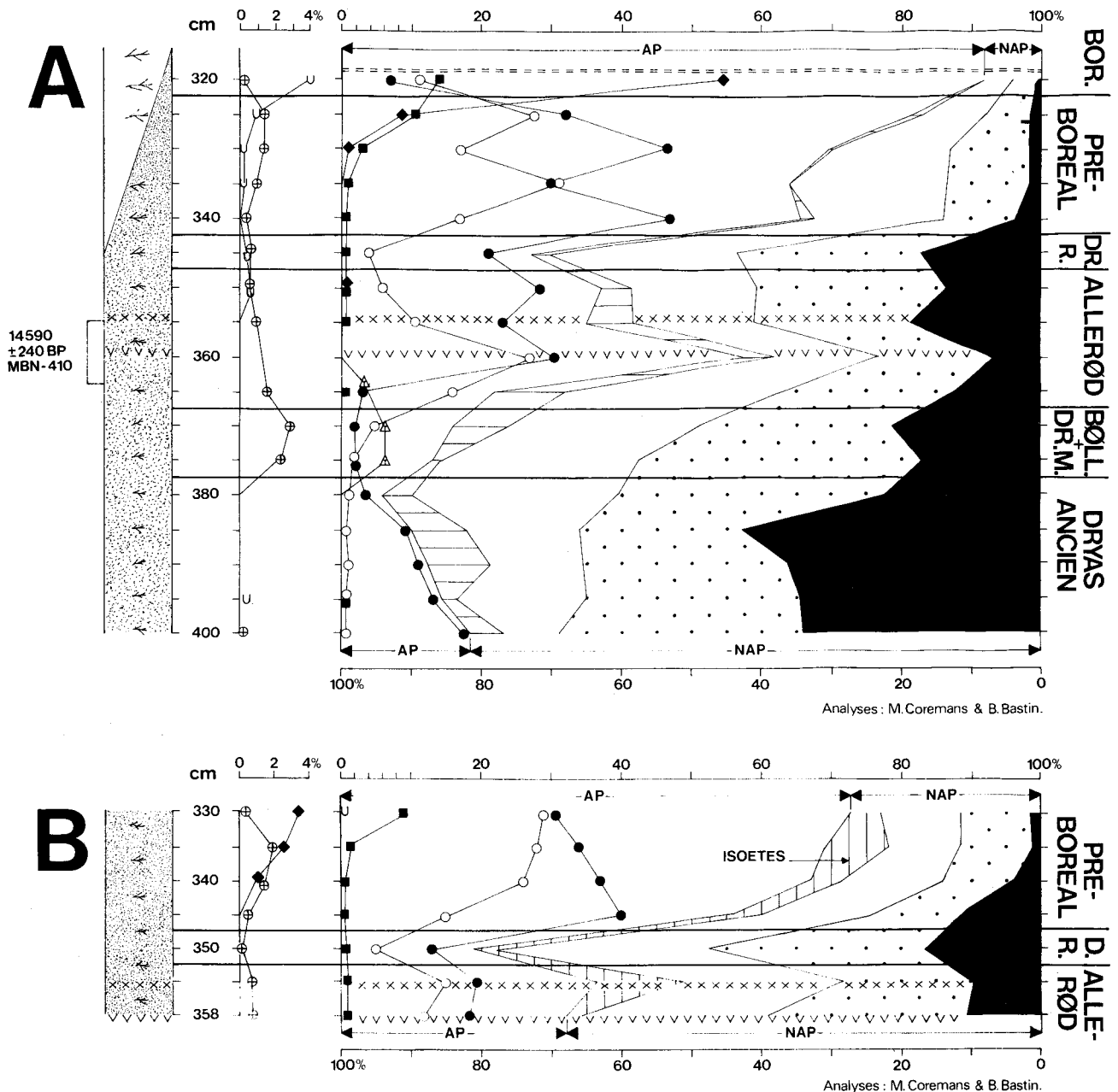


Fig. 6.- Diagrammes polliniques simplifiés de Chambedaze.

3.4.- CHAMBEDAZE

3.4.1.- Commentaire du diagramme Chambedaze A (fig. 6a)

Six zones polliniques ont été reconnues dans la séquence étudiée.

- **De 400 à 380 cm**, cinq spectres polliniques successifs sont caractérisés par de très fortes valeurs de *Artemisia* (33,6%), alors que *Betula* (0,9%) atteint au maximum 1,6%, et que *Juniperus* est absent, ce qui permet de corréliser cette zone pollinique avec le Dryas ancien.

- **De 375 à 370 cm** sont enregistrés une extension de *Juniperus* (6,2%) et de *Salix* (2,2%), et un net recul de *Artemisia* (19%), cependant que *Betula* (3,5%) n'atteint pas encore 5%. Il semble dès lors qu'il faille corréliser cette zone pollinique avec l'ensemble Bølling-Dryas moyen.

- **De 365 à 350 cm**, les faits les plus saillants sont la nette extension de *Betula* (14,9%), la régression de *Juniperus* puis sa disparition, et la poursuite du recul de *Artemisia* (12,6%). Avec la présence régulière de *Salix* (0,8%) et de *Quercus* (0,4%), tous ces traits polliniques caractérisent classiquement l'Allerød.

- **A 345 cm**, *Betula* régresse à 4%, cependant qu'est notée une dernière extension de *Artemisia* (17,2%): il s'agit peut-être du Dryas récent, mais ce n'est pas certain, ainsi que nous le montrerons dans la discussion.

- **De 340 à 325 cm**, l'effondrement des valeurs de *Artemisia* (1,8%), la nette extension de *Betula* (23,3%), celle de *Quercus* (3,6%), de *Salix* (1%) et plus tard de *Ulmus* (0,5%) et de *Corylus* (4,8%), caractérisent le Préboréal, à la fin duquel sont classiquement atteints les «niveaux 2%» de *Quercus* puis de *Corylus* (Juvigné *et al.*, 1988).

- **A 320 cm** enfin, le début du Boréal se marque par la très forte extension de *Corylus* (54,6%) et la poursuite de l'extension de *Quercus* (14,2%) et de *Ulmus* (4,2%).

3.4.2.- Commentaire du diagramme Chambedaze B (fig. 6b)

Dans le diagramme précédent, les téphras T5 et T4 se situent au sein d'une phase de régression de *Betula* et d'extension de *Artemisia*, que l'on pourrait être tenté de rapporter au Dryas récent plutôt qu'à l'Allerød. Pour trancher définitivement cette question, un deuxième sondage renfermant les téphras T5 et T4 a été soumis à l'analyse pollinique: il a fourni le diagramme Chambedaze B, dans lequel ont été reconnues trois zones polliniques.

- **De 358 à 355 cm**: *Betula* passe de 12% à 15,2%, *Quercus* et *Salix* se maintiennent à 0,8%,

cependant que *Artemisia* régresse légèrement de 10,6% à 9,6%.

- **A 350 cm**, *Betula* descend sous 5%, *Quercus* (0,4%) et *Salix* (0,2%) régressent aussi, alors que *Artemisia* (16,4%) augmente de près de 7%.

- **De 345 à 330 cm** la nette extension de *Betula* (24,5%), celle de *Corylus* (2,4%) et de *Quercus* (2,8%) qui atteignent successivement le «niveau 2%», ainsi que l'effondrement des taux de *Artemisia* (4,5%), caractérisent clairement le Préboréal.

Il devient alors évident que seul le niveau de 350 cm pourrait éventuellement être rapporté au Dryas récent, les deux niveaux sous-jacents appartenant en tout cas à l'Allerød, au sein duquel pour la cinquième fois se placent les retombées T5 et T4.

3.4.3.- Discussion

Par comparaison avec les trois sites précédents, il est clair qu'à Chambedaze la transition Tardiglaciaire/Holocène est largement tronquée par un hiatus affectant d'une part le Dryas récent, représenté par au maximum un niveau dans chacun des deux diagrammes, et d'autre part l'Allerød où n'est pas retrouvé le fléchissement de la courbe de *Betula* encadrant les retombées T5 et T4. Néanmoins, les fortes valeurs de *Betula* observées au niveau des téphras (de 10,4% à 27%, et en moyenne 16,1%) ne laissent aucun doute sur l'âge Allerød de celles-ci.

3.5.- CONCLUSION

Notre étude palynologique des sédiments tardiglaciaires de Godivelle-Nord, Cros du Joran, Graspét et Chambedaze a permis de situer sans ambiguïté les téphras T5 et T4 au sein de l'Allerød.

Que penser alors du diagramme Chambedaze-4 de Guenet & Reille (1988), dans lequel les téphras ont été situées au Dryas récent? Tout simplement qu'il convient de réinterpréter la base de ce diagramme à la lumière des résultats que nous avons nous-mêmes obtenus dans le Massif Central.

Pour cela, trois traits polliniques nous paraissent essentiels: 1) la fin de l'extension de *Juniperus* qui se situe au plus tard au début de l'Allerød; 2) l'effondrement des valeurs de *Betula* bien en-dessous de 5% au Dryas récent; 3) le doublement des valeurs moyennes de *Artemisia* en passant de l'Allerød au Dryas récent. Ces deux derniers traits polliniques n'existant pas dans le diagramme Chambedaze-4, l'interprétation que nous en proposons est alors la suivante: la zone a correspond au Bølling, la zone b correspond à

l'Allerød qui se poursuit encore dans la zone c, cependant que manque totalement le Dryas récent, peut-être aussi absent de nos diagrammes Chambedaze A et B.

On voit alors non seulement que les téphras T5 et T4 se situent aussi en Chambedaze-4 au sein de l'Allerød, mais en outre qu'elles y sont typiquement encadrées par un fléchissement de la courbe de *Betula*, tout comme à Godivelle-Nord, à Cros du Joran et à Graspét.

4. DATATIONS ¹⁴C

Cinq datations ¹⁴C ont été réalisées au CEN/SCK à Mol (Belgique). La position des échantillons datés est représentée sur les figures 3 à 6

4.1.- PRELEVEMENTS

Tous les prélèvements ont été effectués au carottier russe. Dans tous les cas, le matériau daté est de la gyttja.

Pour la datation des retombées volcaniques, les segments ont été prélevés de telle façon que les couches de téphras y soient centrées; celles-ci ont été retirées avant le prétraitement. Cette façon de prélever nous permet de considérer l'âge obtenu comme représentatif de celui des retombées.

En raison de divergences relatives à la chronozonation de la fin du Tardiglaciaire (Juvigné *et al.*, 1988), deux datations ont aussi été effectuées sur le segment enregistrant la régression de *Betula* qui est représentative de la transition Allerød/Dryas récent.

4.2.- PRETRAITEMENT

Les échantillons ont tous subi le prétraitement complet HCl/NaOH/HCl suivant la procédure décrite succinctement par Gewalt (1983), et Juvigné & Gewalt (1987): 1) homogénéisation; 2) élimination totale des carbonates, et partielle des acides fulviques, par attaque dans HCl 2% à 80°C; 3) extraction des acides humiques par NaOH 1% à la température ambiante; 4) acidification par HCl 2% à 80°C; 5) séchage à l'étuve pendant 48 h à

Tableau 1.- Ages ¹⁴C des téphras T4 et T5 de Godivelle-Nord ainsi que des variations de *Betula* encadrant le Dryas récent. Tous les âges sont exprimés en années BP. Les âges qui ne portent pas de numéro sont des valeurs moyennes tirées de Juvigné *et al.* (1988a).

TOURBIERES	EXTENSION DE BETULA HOLO-D.R.		REGRESSION DE BETULA D.R.-ALLERØD		TEPHRA 4 DE GODIVELLE-NORD		TEPHRA 5 DE GODIVELLE-NORD		
	R E S U L T A T S								
GODIVELLE-N			9440 ± 280/MBN-398		10230 ± 200/MBN-400		10930 ± 320/MBN-401		
CROS DU JORAN			10740 ± 300/MBN-409						
GRASPET					10280 ± 180/MBN-396		10710 ± 150/MBN-397		
CHAMBEDAZE							14590 ± 240/MBN-410		
R E S U L T A T S								A N T E R I E U R S	
GODIVELLE-N					10750 ± 250/Lv-1608D (*)		10750 ± 230/Lv-1609D (*)		
TAPHANEL	10412 ± 328 (+)								
BRUGEROUX	9630 ± 1426 (+)		10802 ± 403 (+)						
BRUGEROUX	10365 ± 560 (+)								
LIMAGNE	9833 ± 241 (+)		10357 ± 232 (+)						
LANDOS	9780 ± 130 (+)		10426 ± 279 (+)						
LE SUC	10400 ± 248 (+)		10848 ± 216 (+)		10240 ± 100/MBN-384 (x)				
CHEYLANE	9488 ± 432 (+)		10128 ± 270 (+)						
AMPOIX	9990 ± 245 (+)								
MOY. POND. 1	9941 ± 88		10393 ± 101		10293 ± 76		10749 ± 116		
DOM. ACC.	9777 à 10106		10210 à 10577		10172 à 10414		10578 à 10921		
MOY. POND. 2	9827 ± 103		10385 ± 178		10246 ± 80		10721 ± 125		

Légende : *: Juvigné (1987a); +: Juvigné *et al.* (1988); x: Gewalt & Juvigné (1988).

Abréviations : HOLO., Holocène; D.R., Dryas récent; MOY. POND. 1, moyennes pondérées de l'ensemble des valeurs (à l'exclusion de MBN-410); DOM. ACC., domaine des valeurs acceptées après application du critère de rejet de Chauvenet; MOY. POND. 2, moyennes pondérées des valeurs situées dans le domaine accepté par le critère de rejet de Chauvenet.

Les tourbières extra-régionales et les âges ¹⁴C originaux s'y rapportant peuvent être localisés sur des cartes et des diagrammes polliniques dans les articles suivants : Beaulieu *et al.* (1982); Taphanel, Brugeroix (Cantal); Beaulieu *et al.* (1984); Limagne, Landos (Velay); Reille *et al.* (1985); Cheylane (Planèze de St.-Flour); Juvigné & Gewalt (1987); Ampoix (Chaîne des Puys).

105°C. Après les opérations 1 à 4, plusieurs rinçages à l'eau bidistillée sont effectués, et les extraits solubles sont écartés. C'est la fraction organique résiduelle insoluble qui est soumise à la datation ^{14}C .

4.3.- RESULTATS

Les résultats nouveaux ainsi que les âges obtenus antérieurement sont présentés dans le tableau 1 et la figure 7. Sur l'ensemble des âges ^{14}C rassemblés, un seul est indiscutablement inacceptable; il s'agit de MBN-410 relatif à T5, il n'en sera pas tenu compte dans le traitement statistique qui suit.

Pour chacun des quatre groupes d'âges, des moyennes pondérées ont été calculées selon la méthode de Long & Rippeteau (1974). L'application du critère de rejet de Chauvenet aux données ne change pas fondamentalement les valeurs des moyennes (tab. 1).

La valeur moyenne obtenue pour l'extension de *Betula* à la transition Dryas récent/Holocène est de 9940 BP, ce qui en pratique correspond à l'âge 10000 BP proposé notamment par Mangerud *et al.* (1974) et Hays *et al.* (1976).

L'âge de la chute de *Betula* à la transition Allerød/Dryas récent, et celui de la téphra T4 ne respectent pas l'ordre stratigraphique réel. Toutefois, il existe un domaine de superposition au niveau de 1 sigma qui situerait les deux traits stratigraphiques entre $[10393 - 101 =] 10292$ BP et $[10293 + 76 =] 10369$ BP. Ceci entraînerait un rajeunissement supplémentaire de 200 ans de la transition Allerød/Dryas récent, successivement placée à 10700 BP par Beaulieu *et al.* (1982), puis à 10500 BP par Juvigné *et al.* (1988).

L'âge ^{14}C moyen de la téphra T5 est en pratique de 10750 BP, ce qui place celle-ci dans l'Allerød, quel que soit l'âge que l'on accepte pour la transition Allerød/Dryas récent entre 10700 BP et 10300 BP. Il faut pourtant remarquer que les valeurs 10700 BP pour la transition Allerød/Dryas récent et 10750 BP pour T5, impliquent un accroissement considérable de la vitesse de sédimentation dans les quatre sites au cours des 50 dernières années de l'Allerød (figs. 3 à 6).

Si l'on tient compte que dans trois diagrammes polliniques (figs. 3, 4, 5), les deux téphras occupent une position relativement centrale dans le segment Allerød, l'ensemble des âges ^{14}C des deux téphras et de la régression de *Betula* sont anormalement récents par rapport aux chronozonations existantes (Beaulieu *et al.*, 1982; Juvigné *et al.*, 1988). Il se précise de plus en plus que ce problème appelle une étude exhaustive basée sur la multiplication des datations ^{14}C .

5.- SUR L'ORIGINE DES TEPHRAS T4 ET T5

Au moment où les téphras T4 et T5 n'étaient encore connues que dans leur *locus typicus* à Godivelle-Nord, Juvigné (1987a) pensait qu'elles devaient avoir été émises par des volcans mal connus. Les cratères-lacs Chauvet, de la Fage et d'en Haut, ainsi que le volcan du Tartaret (fig. 1), ont ainsi été cités comme émetteurs possibles.

Les variations d'épaisseur et de granulométrie des téphras sont généralement très nettes dans les environs immédiats de leurs volcans émetteurs. L'absence de variations significatives de ces paramètres entre les sites étudiés porte maintenant à exclure comme sources possibles les volcans proches, c'est-à-dire les trois cratères-lacs cités ci-dessus, ainsi que des ancêtres éventuels des volcans holocènes de la région de Besse-en-Chandesse (Montcineyre, Estivadoux, Montchal, Pavin).

TEPHRA 4 DE GODIVELLE-NORD

Au cours du Pléistocène supérieur, seulement quatre volcans du Massif Central ont émis des produits trachyandésitiques (Camus *et al.*, 1983),

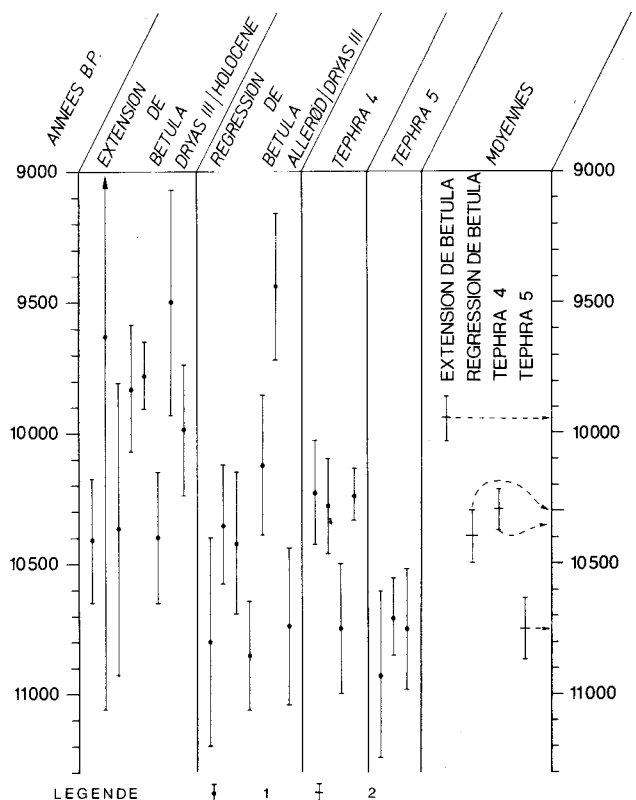


Fig. 7.- Ages des téphras T4 et T5 ainsi que de deux traits polliniques du Tardiglaciaire.

Légende : 1. âge ^{14}C avec son écart-type; 2. moyenne pour chaque groupe d'âges.

et ils ont été datés par la thermoluminescence (Guérin, 1983): Puy de Pariou (8100 ± 810 BP/CP10), Puy de La Nugère (10900 ± 1200 BP/CP63), Puy de Laschamps (30200 ± 2900 BP/CP12) et Puy de Lemptégy (29600 ± 2700 BP/CP123 et 30400 ± 2100 BP/CP12). De ces quatre volcans, La Nugère est le seul dont l'âge correspond au Tardiglaciaire.

Comme la téphra T4 est trachyandésitique et tardiglaciaire, elle ne peut être rapportée qu'au volcan de La Nugère dans l'état actuel des connaissances. Ce volcan se trouve dans la Chaîne des Puys (fig. 1) à environ 50 km des sites étudiés. L'absence de variations de l'épaisseur et de la granulométrie de la téphra T4 de Chambédaze à Graspét est en accord avec la distance à la source supposée. De plus, dans cette hypothèse, la granulométrie grossière observée dans le Cézallier porte à penser que la zone de dispersion de la téphra T4 se prolonge vers le sud. Dans ce sens, nous signalerons la présence d'une lamine sableuse indéterminée dans l'Allerød final du diagramme Taphanel 4/Cantal de Beaulieu *et al.* (1982).

Etlicher *et al.* (1987) ont utilisé cette donnée pour attribuer à La Nugère une lamine de téphra trachyandésitique qu'ils ont trouvée récemment dans une tourbière des Monts du Forez à un niveau palynologique rapporté à l'Allerød; l'âge ^{14}C obtenu pour cette téphra est d'environ 11400 BP.

En conséquence, il existerait deux lobes de téphras trachyandésitiques tardiglaciaires du volcan de La Nugère: l'un orienté vers l'Est, l'autre vers le Sud.

Un écart de 7 siècles pourrait séparer les deux explosions, mais rien n'exclut que cet intervalle soit plus court. En effet, dans le Tardiglaciaire, on peut attendre des écarts atteignant 900 ans entre les âges ^{14}C relatifs à un événement géologique ponctuel. Ceci est attesté par la datation des retombées du volcan du Laacher See/RFA pour lesquelles 16 âges ^{14}C publiés s'étalent de 10500 BP à 11400 BP (Bogaard & Schmincke, 1985), alors que l'éruption n'a duré qu'une dizaine de jours (Bogaard, 1983). Cet exemple met en évidence l'importance du calcul des moyennes d'âges basées sur le plus grand nombre possible de données.

TEPHRA 5 DE GODIVELLE-NORD

Les volcans basaltiques tardiglaciaires sont nombreux dans la Chaîne des Puys *sensu lato* (Camus *et al.*, 1983). Toutefois de tels volcans sont généralement peu explosifs, si bien que les zones de dispersion de leurs téphras ont rarement une large extension. Pour élaborer une hypothèse sur l'origine de la téphra T5, nous nous tournerons

donc par priorité vers le plus proche d'entre eux, à savoir le Tartaret, dont Camus (1975) a montré qu'il a été actif entre 10000 BP et 13000 BP.

Le Tartaret est éloigné de 15 à 22 km des quatre sites étudiés (fig. 1). Il offre donc un compromis intéressant entre la faible dispersion des téphras basaltiques et la constance de l'épaisseur et de la granulométrie de la téphra T5 dans le Cézallier.

6.- CONCLUSION

Cinq diagrammes polliniques démontrent que les retombées T4 et T5 ont eu lieu pendant l'Allerød. Toutefois, les âges ^{14}C obtenus, tant pour les téphras que pour la régression de *Betula* à la transition Allerød/Dryas récent, sont de quelques siècles plus récents que ceux attendus en fonction des chronozonations en vigueur.

Si l'intérêt de la palynologie et de la datation ^{14}C n'est plus à démontrer pour situer des retombées volcaniques dans le temps, le présent article fait clairement ressortir que la téphrostratigraphie peut apporter une aide importante dans la zonation des diagrammes polliniques.

BIBLIOGRAPHIE

- BASTIN, B., 1985. Etude palynologique d'une couche de tourbe mise au jour dans le « rempart » d'une « pause » de la Konnerzvenn. *Hautes Fagnes*, 179: 72-73.
- BEAULIEU, J.L. de, PONS, A. & REILLE, M., 1982. Recherches polléanalytiques sur l'histoire de la végétation de la bordure nord du Massif du Cantal (Massif Central, France). *Pollen et Spores*, 24 (2): 251-299.
- BEAULIEU, J.L. de, PONS, A. & REILLE, M., 1984. Recherches polléanalytiques sur l'histoire de la végétation des Monts du Velay, Massif Central, France. *Dis. Bot.* 72 (Festschrift Max Welten): 45-70.
- BOGAARD, P. v. d., 1983. Die Eruption des Laacher See Vulkans. Thèse de Doctorat, Ruhr-Universität, Bochum, 348 p.
- BOGAARD, P. v. d. & SCHMINCKE, H.U., 1985. Laacher See tephra: a widespread isochronous late quaternary tephra layer in central and northern Europe. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 96: 1554-1571.
- BOURDIER, J.-L., 1980. Contribution à l'étude volcanologique de deux secteurs d'intérêt géothermique dans le Mont Dore: le groupe du Pavin et le Massif du Sancy. Thèse, Université de Clermont-Ferrand II, 180 p.
- CAMUS, G., 1975. La Chaîne des Puys (Massif Central français). Etude structurale et volcanologique. Thèse de Doctorat. Ann. de l'Université de Clermont-Ferrand, n° 56, fasc. 28, Série *Géologie et Minéralogie*, 322 p.
- CAMUS, G., GOER de HERVE de, A., KIEFFER, G., MERGOIL, J. & VINCENT, P.M., 1973. Mise au point sur le dynamisme et la chronologie des volcans holocènes de la région de Besse-en-Chandesse (Massif Central français). *C.R. Acad. Sc. Paris*, Sér. II, 277: 629-632.
- CAMUS, G., GOER de HERVE de, A., KIEFFER, G., MERGOIL, J. & VINCENT, P.M., 1983. Volcanologie de la Chaîne des Puys. Parc naturel des Volcans d'Auvergne, *Découverte de la Nature*, n° 8, Aurillac, 109 p.
- ETLICHER, B., JANSSEN, C., JUVIGNE, E. & LEEUWEN, J. van, 1988. Le Haut Forez (Massif Central, France) après le Pléniglaciaire würmien: environnement et téphra du volcan de La Nugère. *Bull. Ass. Fr. Et. Quat.*, 1987-4: 229-239.
- GEWELT, M., 1983. Nouvelle datation ^{14}C d'une couche de tourbe d'une butte périglaciaire fossile de la Konnerzvenn (Hautes Fagnes, Belgique). *Ann. Soc. géol. Belg.*, 106: 331-333.

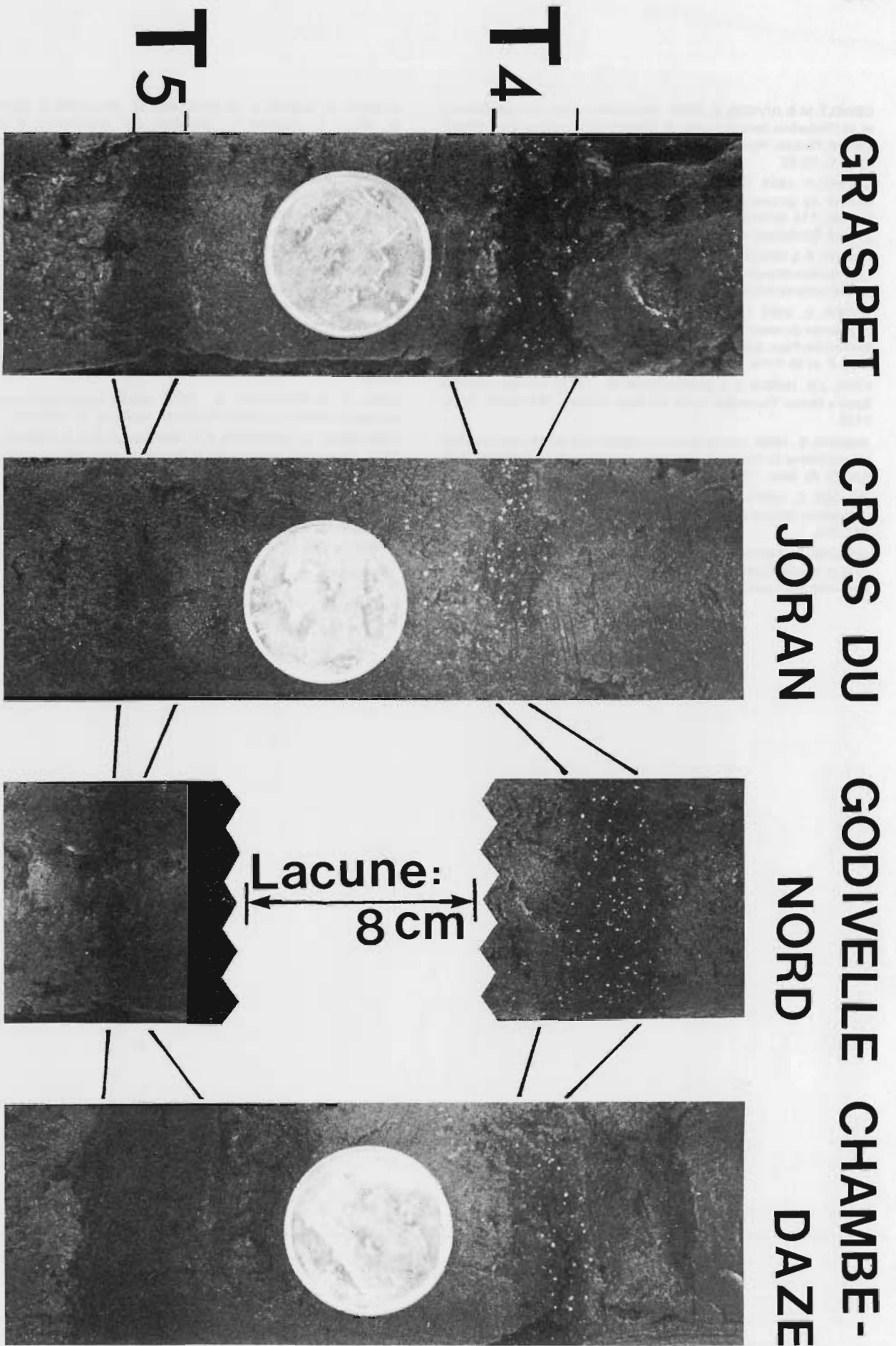


PLANCHE 1.- Aspect macroscopique des téphras T4 et T5 dans les quatre sites étudiés.

- GEWELT, M. & JUVIGNE, E., 1988. Téphrochronologie du Tardiglaciaire et de l'Holocène dans le Cantal, le Cézaillier et les Monts Dore (Massif Central, France): résultats nouveaux et synthèse. *Bull. Ass. Fr. Et. Quat.*, 1988-1: 23-32.
- GUENET, P., 1986. Datation par l'analyse pollinique de l'explosion des volcans du groupe du Pavin (Besse-en-Chandesse, Puy de Dôme, France). 11e Réunion des Sciences de la Terre, Clermont-Ferrand, *Société Géologique de France* Ed., Paris, p. 86.
- GUENET, P. & REILLE, M., 1988. Analyse pollinique du lac-tourbière de Chambedaze (Massif Central, France) et datation de l'explosion des plus jeunes volcans d'Auvergne. *Bull. Ass. Fr. Et. Quat.*, 1988-4: 175-194.
- GUERIN, G., 1983. La thermoluminescence des plagioclases. Méthode de datation du volcanisme. Application au domaine volcanique français: Chaîne des Puys, Mont Dore et Cézaillier, Bas Vivarais. Thèse Doc. Etat, Univ. P. et M. Curie, Paris, 253 p.
- HAYS, J.D., IMBRIE, J. & SHACKLETON, N.J., 1976. Variations in the Earth's Orbit: Pacemaker of the Ice Ages. *Science*, 194 (4270): 1121-1132.
- JUVIGNE, E., 1983. Un marqueur stratigraphique supplémentaire dans les tourbières du Cantal: la retombée volcanique de La Taphanel. *Bull. Ass. Fr. Et. Quat.*, 1983-1: 3-7.
- JUVIGNE, E., 1987a. Deux retombées volcaniques tardiglaciaires dans le Cézaillier (Massif Central, France). *Bull. Ass. Fr. Et. Quat.*, 1987-4: 241-249.
- JUVIGNE, E., 1987b. Un marqueur stratigraphique à large dispersion dans le Massif Central français: la retombée du volcan Chopine vieille d'environ 8500 ans. *C.R. Acad. Sc. Paris, Sér. II*, 364: 187-190.
- JUVIGNE, E., BASTIN, B., de BEAULIEU, J.L., ETLICHER, B., GEWELT, M., GILOT, E., GOEURY, C., JANSSEN, C.R., MILCAMP, V. & van LEEUWEN, J., 1988. Téphrostratigraphie du Tardiglaciaire et de l'Holocène dans le Massif Central français. Actes du Colloque de l'A.F.E.Q. à Dijon, 5-7/12/1988: «Méthodes et concepts en stratigraphie du Quaternaire européen»: sous presse.
- JUVIGNE, E. & GEWELT, M., 1987. La Narse d'Ampoix comme téphrostratotype dans la Chaîne des Puys méridionale (France). *Bull. Ass. Fr. Et. Quat.*, 1987-1: 37-49.
- JUVIGNE, E. & GILOT, E., 1986. Ages et zones de dispersion de téphra émises par les volcans du Montcineyre et du lac Pavin (Massif Central, France). *Zeit. deutsch. geol. Ges.*, 137: 613-623.
- JUVIGNE, E., MILCAMP, V., DELIBRIAS, G. & EVIN, J., 1988. Ages de traits polliniques et chronozonation du Tardiglaciaire final et de l'Holocène dans le Massif Central (France). *Med. Rijks Geol. Dienst*, 42: 33-50.
- LONG, A. & RIPPETEAU, B., 1974. Testing contemporaneity and averaging radiocarbon dates. *American Antiquity*, 39: 205-215.
- MANGERUD, J., ANDERSEN, S.T., BERGLUND, B.E. & DONNER, J.J., 1974. Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification. *Boreas*, 3: 109-126.
- REILLE, M., BEAULIEU, J.L. de & PONS, A., 1985. Recherches pollenanalytiques sur l'histoire tardiglaciaire et holocène de la végétation du Cézaillier, de la Planèze de St-Flour et de la Margeride (Massif Central, France). *Pollen et Spores*, XXVII (2): 209-270.