

## LES RESULTATS PALYNOLOGIQUES OBTENUS PAR BRUNO BASTIN EN COLLABORATION AVEC LE LABORATOIRE DE GEOMORPHOLOGIE ET DU QUATERNAIRE DE L'UNIVERSITE DE LIEGE

Etienne JUVIGNE<sup>1</sup>

**RESUME.** Les travaux que Bruno Bastin a publiés en collaboration avec le Laboratoire de Géomorphologie et de Géologie du Quaternaire de l'Université de Liège concernent d'une part la géomorphologie des Hautes Fagnes (Belgique) et d'autre part la téphrostratigraphie en Belgique, dans l'Eifel (Allemagne) et dans le Massif Central (France).

**MOTS-CLES:** Belgique, Allemagne, Eifel, France, Massif Central, palynologie, téphrostratigraphie, géomorphologie.

**ABSTRACT.** Main palynological results of Bruno Bastin in relation with tephrostratigraphy and geomorphology. Joint papers of Bruno Bastin and the Laboratory of Geomorphology and Quaternary Geology (University of Liège) deal on the one hand with geomorphology of the Hautes Fagnes (Belgium) and on the other hand with tephrostratigraphy in Belgium, Eifel (Germany) and Massif Central (France).

**KEYWORDS:** Belgium, Germany, Eifel, France, Massif Central, palynology, tephrostratigraphy, geomorphology.

### 1. INTRODUCTION

Bruno Bastin et le Laboratoire de Géomorphologie et de Géologie du Quaternaire de l'Université de Liège ont collaboré de façon continue au cours des vingt-cinq dernières années et treize publications en attestent: Bastin *et al.* (1972), Bastin *et al.* (1974), Pissart *et al.* (1975) Bastin et Juvigné (1978), Bastin (1980), Juvigné et Bastin (1982), Juvigné *et al.* (1986) Bastin *et al.* (1990), Juvigné *et al.* (1994, 1996, 1997), Juvigné et Bastin (1995a, 1995b).

### 2. PALYNOLOGIE ET GEOMORPHOLOGIE DES HAUTES FAGNES (BELGIQUE)

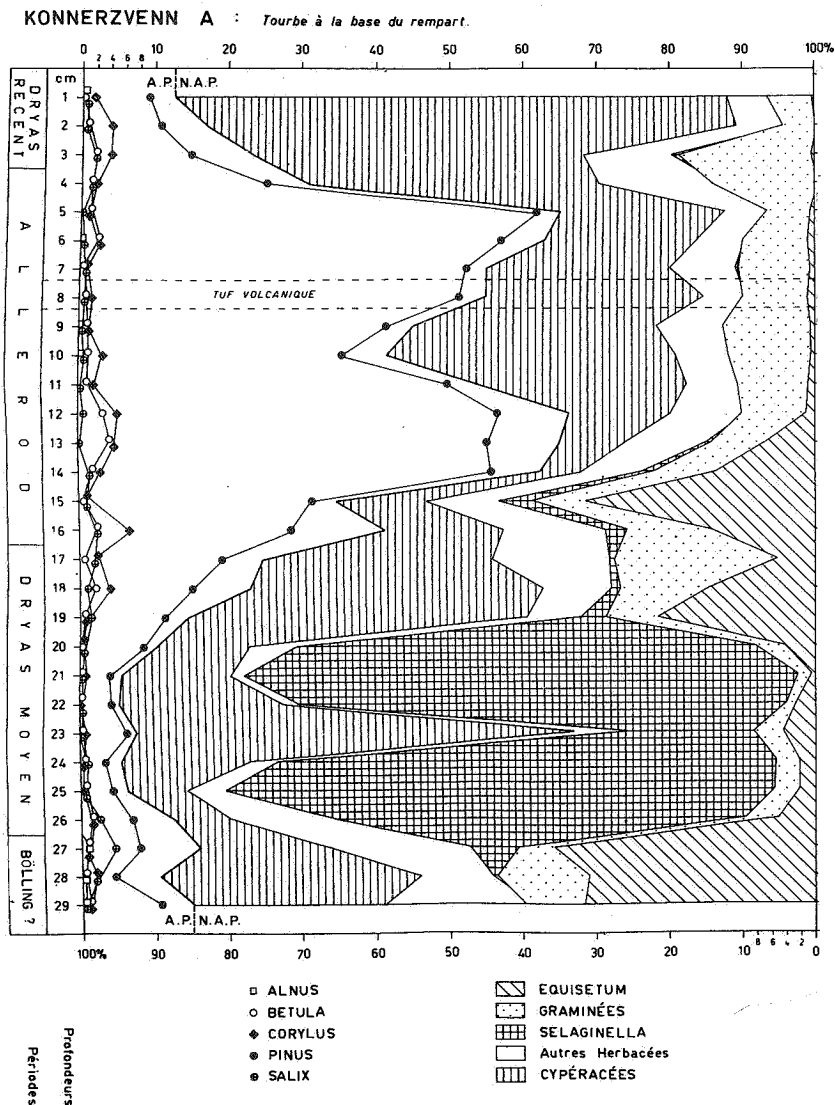
#### 2.1. UN DIAGRAMME POLLINIQUE DE REFERENCE DANS UNE PALSE DE LA KONNERZVENN

Dans une excavation réalisée dans un rempart de trace de palse de la Konnerzvenn (Pissart et Juvigné, 1980), une lentille de tourbe atteignant 30 cm d'épaisseur a été mise au jour. L'âge tardiglaciaire de cette lentille a

été démontré par des datations <sup>14</sup>C et la présence de la Téphra du Laacher See en son sein. L'étude pollinique qu'en a réalisée Bruno Bastin (Damblon et Bastin, 1986) a fourni le diagramme de référence pour les Hautes Fagnes pendant la période allant du Bølling final au début du Dryas récent (Fig. 1).

Remarque. Il existe dans la littérature des diagrammes polliniques réalisés sur des carottes de sondages extraites de cuvettes de paises de haute Belgique où l'on trouve systématiquement un remplissage tourbeux correspondant à l'Holocène et surmontant des sédiments argilo-limoneux. Des diagrammes polliniques ont été réalisés dans de tels dépôts minéraux de la Brackvenn et de la Konnerzvenn; ils ont été attribués, par continuité stratigraphique, au Tardiglaciaire (Woillard, 1975). Postérieurement, il a été démontré que les paises se sont formées pendant le Dryas récent (Pissart et Juvigné, 1980; Pissart, 1983). En conséquence, il doit exister une lacune stratigraphique entre la base de la tourbe des cuvettes et le sommet des sédiments argilo-limoneux sous-jacents. En conséquence, les spectres polliniques correspondants, décrits par Woillard (1975), devraient appartenir à une période plus an-

<sup>1</sup> Université de Liège, Département de Géographie physique et du Quaternaire, Sart Tilman, Bât. 12, B 4000 Liège



**Figure 1.** Extrait du diagramme pollinique d'une lentille de tourbe présente dans le rempart d'une trace de palse de la Konnerzvenn, Hautes Fagnes, Belgique (par Bruno Bastin, in Damblon et Bastin, 1986)

cienne que le Dryas récent. Il n'y a d'ailleurs pas de corrélations possibles entre ceux-ci et le diagramme précité de la lentille de tourbe de la Konnerzvenn. C'est cette problématique qui avait incité Bruno Bastin à postposer la publication de son diagramme pollinique (Damblon et Bastin, 1986) au moment où Pissart et Juvigné (1980) ont publié leurs résultats concernant la même coupe.

## 2.2. MISE EN PLACE DE DEPOTS DE SOLIFLUXION DANS LES VALLEES DE LA SOOR ET DU TROS MARET EN CONTEXTE PLENI-GLACIAIRE

### 2.2.1. La vallée de la Soor

Le fond de la vallée de la Soor est tapissé par des dépôts de coulées boueuses dans lesquels la rivière a fa-

conné une série de terrasses (Bastin *et al.*, 1972; Pissart *et al.*, 1975). L'étude des pollens a permis de montrer que le remblaiement périglaciaire a eu lieu pendant une phase pléni-glaciaire, car, dans aucun des vingt échantillons analysés: (i) la part des taxons arboréens ne dépasse 5%; (ii) ceux-ci consistent essentiellement en *Pinus* et *Betula*; (iii) les taxons de plantes herbacées à distribution actuelle arctique-alpine, dont *Selaginella selaginoides* représentent ensemble 10 à 40% des spectres polliniques. Cette phase pléni-glaciaire a été placée dans la dernière glaciation en raison de la présence dans les mêmes niveaux, de minéraux volcaniques de la Téphra de Rocourt datant d'entre 62 et 106 ka (voir Juvigné, 1993). Les résultats palynologiques ne permettent pas une interprétation chronostratigraphique plus précise, car les sédiments étudiés sont remaniés.

## 2.2.2. La vallée morte de la Warche de Bévercé à Stavelot

La vallée morte des Chôdières-Eau Rouge a d'abord été attribuée à une capture du Tros Maret (Pissart, 1953) puis à deux captures successives respectivement de la Warche et du Tros Maret (Pissart et Juvigné, 1982). Depuis le moment de la première capture, la vallée des Chôdières-Eau Rouge constitue un piège sédimentaire dont le remplissage est sans doute le plus important des Hautes Fagnes avec sa trentaine de mètres aux endroits les plus épais.

Bastin a réalisé des recherches polliniques dans les parties respectivement supérieure et moyenne de ces dépôts (Bastin et Juvigné, 1978).

- Dans la partie supérieure (de 0 à 4,6 m), il a obtenu un diagramme pollinique continu depuis l'époque actuelle jusqu'au Pléniglaciaire Würm. Ce diagramme est actuellement le seul des Hautes Fagnes où se trouvent enregistrées les oscillations de Laugerie-Lascaux et d'Angles sur l'Anglin (Fig. 2).
- Dans la partie moyenne (de 10 à 20 m de profondeur), les spectres polliniques sont caractérisés par des taxons herbacés majoritaires avec notamment, dans l'ordre de fréquence: les Cypéracées, les Filicales, les Graminées, *Calluna* et les Cichoriées. Les taxons arboréens, minoritaires, sont essentiellement *Pinus*, *Betula*, *Corylus* et *Alnus*. En conséquence, la tranche correspondante de sédiments a été placée dans le Mésowürm. A ce jour, il n'existe aucun autre travail qui ait fourni des renseignements sur la végétation des Hautes Fagnes pendant cette période.

L'essentiel des sédiments minéraux étudiés par Bruno Bastin sont des dépôts de pentes et la possibilité qu'une partie de leur contenu pollinique soit remaniée a rendu aléatoire une interprétation chronostratigraphique plus précise des résultats.

## 2.3. L'INTERSTADE D'ARCY-STILLFRIED-B DANS UN REMPART DE PALSE DE LA BRACKVENN

Dans une excavation ouverte dans un rempart de trace de palse de la Brackvenn, Bruno Bastin a réalisé un diagramme pollinique (Bastin *et al.*, 1974). Il a attribué les couches (9) et (10) au Néowürm (Fig. 3). Postérieurement, il a été démontré que la téphra présente dans la couche (9) est celle du Laacher See d'âge Allerød (Juvigné, 1991) et que la couche (10) résulte du remaniement sur la pente de la butte périglaciaire au cours du Dryas récent de matériaux originellement sous-jacents à la couche (9). Si l'attribution au Néowürm des couches (9) et (10) n'est plus acceptable, l'interprétation qu'a donnée Bruno Bastin du con-

tenu pollinique de la couche (8) ne peut être contestée dans l'état actuel des connaissances.

## 2.4. SYNTHÈSE DES RECHERCHES DANS LES HAUTES FAGNES

Par ses recherches dans divers dépôts des Hautes Fagnes, Bruno Bastin est le seul chercheur qui ait produit des diagrammes polliniques permettant de reconstruire le paysage végétal des Hautes Fagnes pendant la dernière glaciation.

Le diagramme de la Konnerzvenn (Fig. 1) constitue le document de référence pour la période comprise entre la fin du Bølling et le début du Dryas récent.

## 3. PALYNOLOGIE ET TEPHROSTRATIGRAPHIE

### 3.1. MASSIF CENTRAL (FRANCE)

Bruno Bastin a réalisé des diagrammes polliniques de tourbières et lac du Massif Central, avec pour objectif majeur de déterminer la position palynostratigraphique de lits de téphras qui y étaient trouvés. Toutefois, au cours de ses recherches, il a été le premier à démontrer que le Dryas moyen était décelable par la palynologie.

#### 3.1.1. Le Dryas moyen et la tripartition du Dryas récent dans le Gour de Tazenat

Aucun des diagrammes polliniques du Tardiglaciaire du Massif Central n'avait permis de déceler l'enregistrement du Dryas moyen jusqu'au moment où celui-ci a été reconnu par Bruno Bastin (Juvigné et Bastin, 1995) dans une carotte de sédiments lacustres extraite du Gour de Tazenat dans la Chaîne des Puys septentrionale (Fig. 4).

Dans ce diagramme, le Dryas moyen est caractérisé par une régression de *Betula* et des pics de *Poacées* et d'*Artemisia*, au moment où *Juniperus* disparaît. Il n'est représenté que par environ 5 cm de sédiment, ce qui, pour une vitesse de sédimentation constante, devrait correspondre à une période dont la durée fut comprise entre un et deux siècles. Si Bruno Bastin n'avait perçu au

cours de ses analyses, l'utilité d'abaisser la maille d'échantillonnage à 1 cm, cette oscillation froide n'aurait pu être mise en évidence. Cette découverte ouvre des perspectives pour la recherche systématique de l'enregistrement du Dryas moyen dans le Massif Central. Dans le même diagramme pollinique, Bruno Bastin a aussi proposé la première tripartition du Dryas récent dans le Massif Central. Celle-ci se marque dans la figure 4 par des oscillations de la courbe AP/NAP.

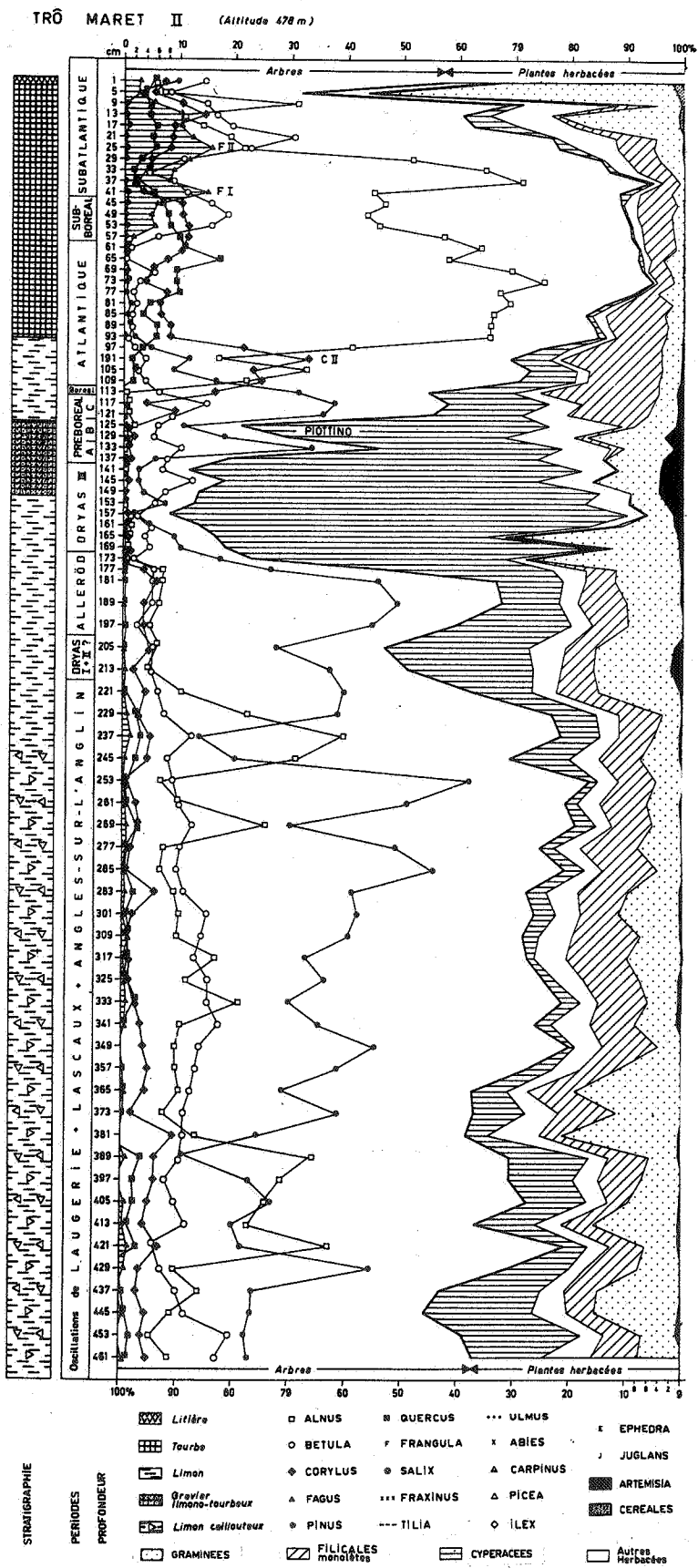


Figure 2. Extrait du diagramme pollinique de la partie supérieure des dépôts de la vallée morte des Chôdires, Hautes Fagnes, Belgique (par Bruno Bastin, in Bastin et Juvigné, 1978).

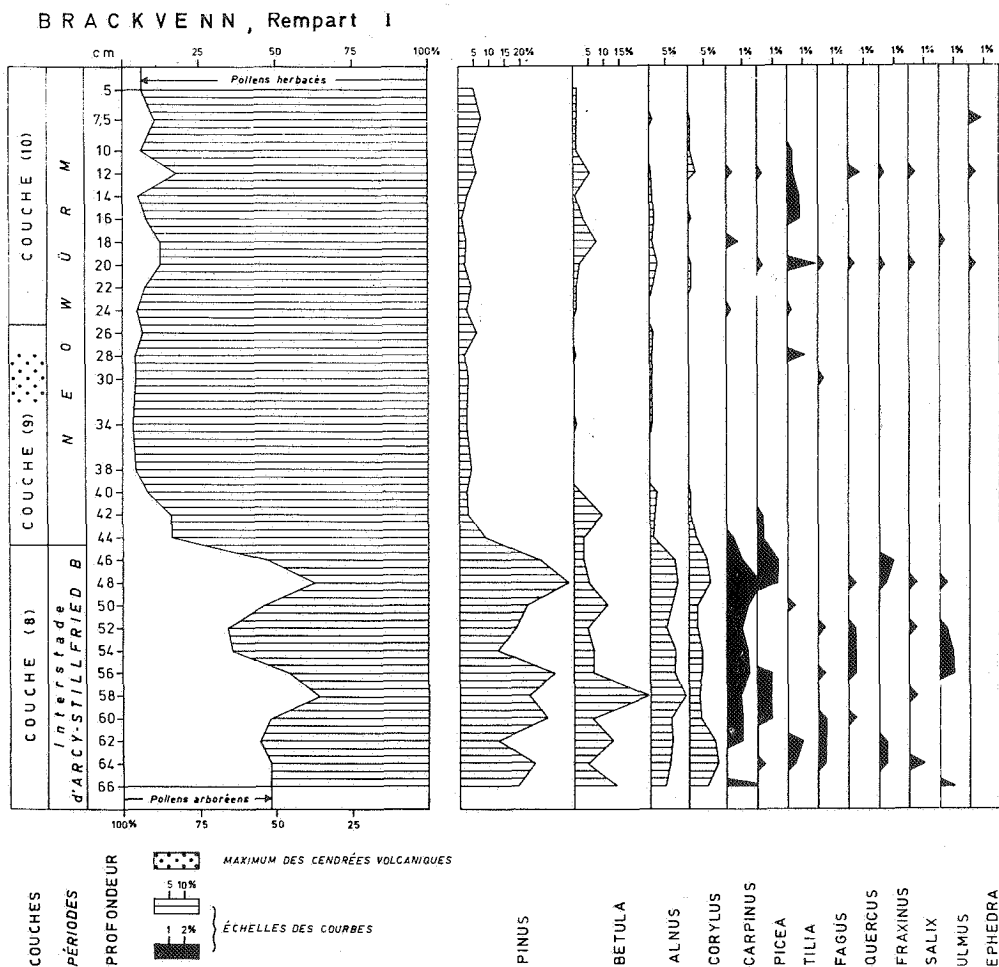


Figure 3. Extrait du diagramme pollinique des dépôts d'un rempart d'une trace de palse de la Brackvenn, Hautes Fagnes, Belgique (par Bruno Bastin, in Bastin *et al.*, 1974).

### 3.1.2. Le premier diagramme pollinique de la Chaîne des Puys septentrionale

Le diagramme pollinique de la tourbière de Beaunit de Tazenat, Chaîne des Puys, France (réalisé par E. Juvigné sur la base des feuilles de détermination de B. Bastin, in Juvigné et Bastin, 1995).

fut le premier de la Chaîne des Puys septentrionale (Fig. 5, d'après Juvigné *et al.*, 1986). Bruno Bastin y a décrit l'évolution de la végétation depuis le Boréal final jusqu'à nos jours dans cette partie du Massif Central. Par le fait même, le moment de la retombée de la téphra de Beaunit, présente dans la séquence étudiée, a été situé dans la partie finale de l'Atlantique, juste avant l'extension de *Fagus*.

### 3.1.3. Mise au point sur l'apparition de *Tilia* en courbe continue dans le Massif Central

L'apparition en courbe continue de *Tilia* dans les diagrammes polliniques du Massif Central se situe entre

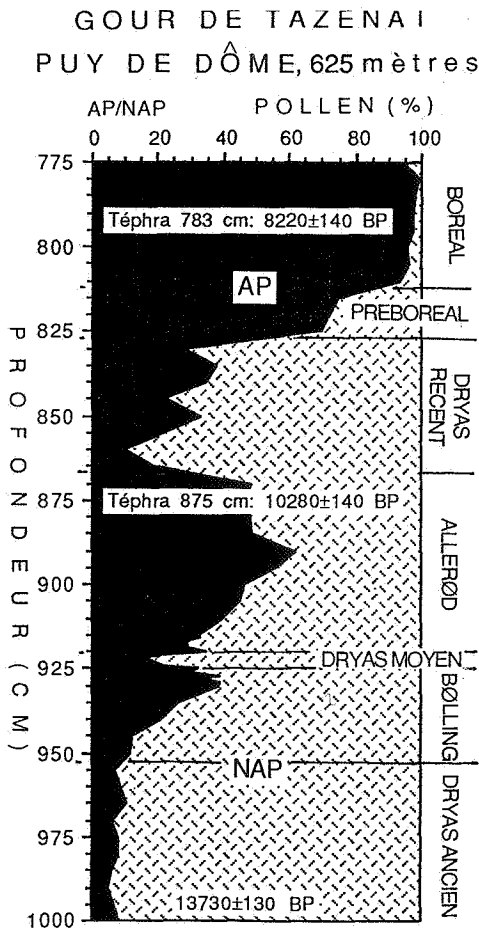
6900 et 7100 a BP suivant les endroits (ex.: Beaulieu *et al.*, 1982; Beaulieu *et al.*, 1984; Beaulieu *et al.*, 1985; Reille *et al.*, 1985; Juvigné *et al.*, 1996).

Toutefois, trois diagrammes polliniques (Juvigné *et al.*, 1988b; Guenet et Reille, 1988) laissent penser que dans le Cézalier, la courbe continue de *Tilia* aurait pu démarrer au cours de la période encadrant la retombée de la Téphra de La Taphanel, soit vers 8500 a BP, pendant le Boréal (Juvigné *et al.*, 1996).

Des recherches conjointes de palynologie et téphrostratigraphie (Juvigné et Bastin, 1995) ont permis à Bruno Bastin de procéder à une mise au point. Il a montré que la dispersion de *Tilia* dans le Massif Central n'a eu lieu qu'à la fin du Boréal, et que sa présence sous la Téphra de La Taphanel, rapportée antérieurement, devait être d'origine technique.

### 3.1.4. Les téphras T4 et T5 de Godivelle sont dans l'Allerød

Les téphras T4 et T5 de Godivelle (Juvigné, 1987) correspondent respectivement à des éruptions volca-



**Figure 4.** Extrait du diagramme pollinique des sédiments lacustres du Gour de Tazenat, Chaîne des Puys, France (réalisé par E. Juvigné sur la base des feuilles de détermination de B. Bastin, in Juvigné et Bastin, 1995).

niques de très courte durée (heures à mois). Or, dans des diagrammes polliniques de séquences tourbeuses, ces téphras ont été placées dans des positions palynostratigraphiques allant du milieu du Dryas récent à la fin de l'Allerød (Reille *et al.*, 1985; Guenet et Reille, 1988).

Bruno Bastin a repris l'étude des sites litigieux (Bastin *et al.*, 1990), et il a ainsi démontré que les deux téphras T4 et T5 étaient retombées pendant l'Allerød (Fig. 6).

### 3.2. EIFEL OCCIDENTAL (ALLEMAGNE)

L'identification de la Téphra du Laacher See dans des tourbières de l'Eifel occidentale (Jungerius *et al.*, 1968) a mis en évidence que dans des diagrammes polliniques antérieurs, elle avait été placée dans sept positions palynostratigraphiques différentes allant du milieu de l'Allerød jusqu'à la transition Dryas récent/Préboréal (voir: Straka, 1975, synthèse de travaux des années 1950 et 1960).

Par ses recherches dans le Hinkelsmaar (Eifel occidentale), Bruno Bastin (1980) a contribué à démontrer que la Téphra du Laacher See correspondait à la fin de l'Allerød.

Au moment de son décès, Bruno Bastin avait terminé la détermination des pollens d'une carotte de 13 mètres de longueur que nous avons prélevée ensemble dans le Hinkelsmaar et dont la datation par  $^{14}\text{C}$  avaient permis de démontrer qu'elle correspondait à la période postérieure à environ 28.400 a BP (Juvigné *et al.*, 1988a). La figure 7 est un document nouveau qui a été réalisé sur la base des feuilles de déterminations laissées par Bruno Bastin. Elle présente les courbes des taxons les plus fréquents. L'interprétation de ces données est laissée à l'appréciation des palynologues intéressés, car Bruno Bastin me disait ne pas pouvoir publier ses résultats parce qu'il était confronté avec des problèmes dont il ne voyait pas encore la solution et notamment:

- la signification des fluctuations de *Betula* et *Pinus*,
- l'image de l'Allerød et du Tardiglaciaire qui devrait encadrer la Téphra du Laacher See,
- les différences importantes avec le diagramme pollinique du Meerfelder Maar (Usinger, 1984), lequel est situé à moins de 2 km du Hinkelsmaar.

Bruno Bastin craignait encore que la fiabilité de la 'sonde Hiller' (Beaulieu et Reille, 1978), utilisée pour prélever la carotte dans le Hinkelsmaar, ne soit en partie responsable des problèmes rencontrés.

### 4. ALEAS DE L'ANALYSE POLLINIQUE DU LOESS

La thèse de Bruno Bastin (1971) était consacrée essentiellement à l'application de l'analyse pollinique au loess. Partant du principe que ce matériau s'accumule lentement pendant des périodes de plusieurs milliers d'années, il était raisonnable de penser que la pluie pollinique syn-sédimentaire devait être dominante à tous les niveaux.

Avant d'aborder ses recherches sur les dépôts loessiques, Bruno Bastin avait néanmoins pris la précaution d'étudier la pénétration possible du pollen dans le sédiment en place. Pour ce faire, il mit du loess dans un récipient, en recouvrit la surface de pollens traceurs et arrosa ce milieu expérimental à de multiples reprises. Il réalisa ensuite l'analyse de la distribution verticale des pollens dans son échantillon et constata que les pollens traceurs n'avait pas pénétré dans le loess. Fort de cette constatation, il interpréta les diagrammes polliniques des coupes de loess comme il l'aurait fait pour ceux des milieux lacustro-palustres.

Les objections que notre laboratoire lui présenta au fil de nos recherches communes amenèrent Bruno Bastin à réaliser deux recherches inédites dont les résultats sont exposés ci-dessous.

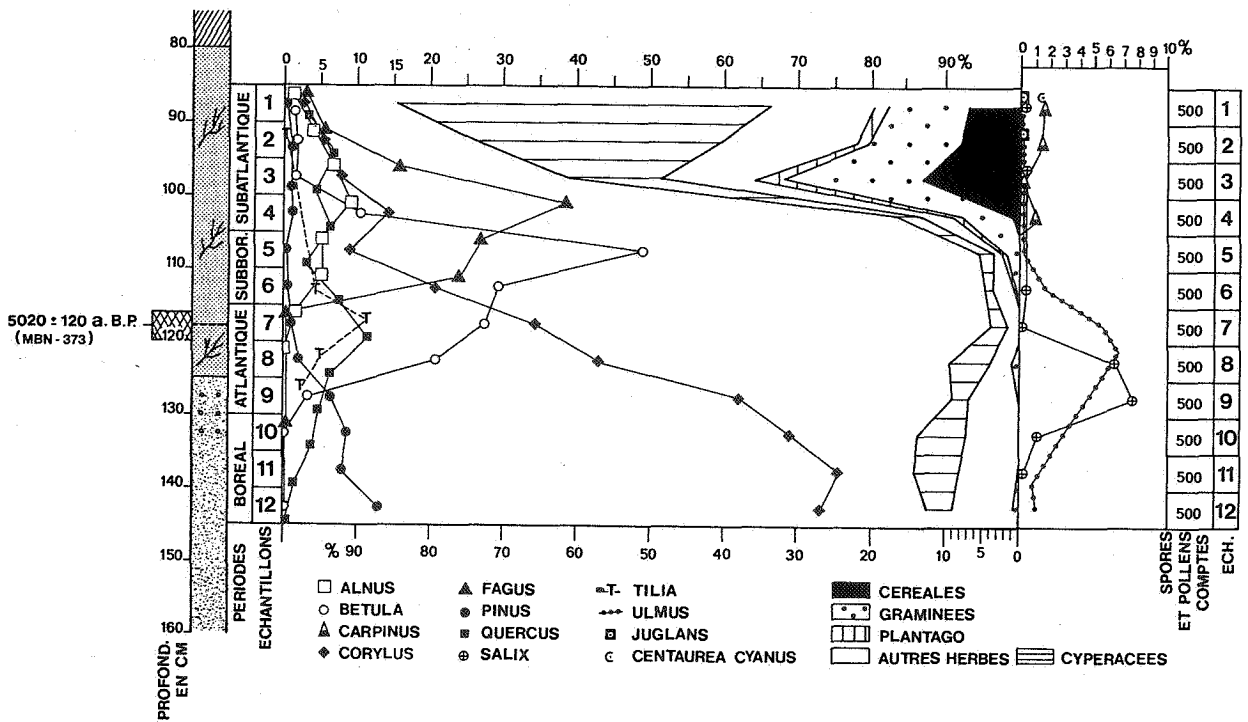


Figure 5. Extrait du diagramme pollinique du Maar de Beaunit, Chaîne des Puys, France (par Bruno Bastin, in Juvigné et al., 1986).

#### 4.1. INFLUENCE DES BIOTURBATIONS SUR L'ANALYSE POLLINIQUE DU LOESS

En 1983, Bruno Bastin a accepté, à ma demande, de refaire l'expérience de pénétration des pollens dans le loess, des conditions autres que celles décrites plus haut. Un vase en terre cuite d'environ 5 dm<sup>3</sup> fut rempli de loess. Du pollen de *Juglans* fut saupoudré à la surface. Trois lombrics furent placés dans ce milieu. Une humidité adéquate à la survie des vers fut entretenue pendant 2 mois. Au terme de cette période, l'échantillon fut découpé en tranches de 2 cm d'épaisseur et Bruno Bastin constata et me montra que le pollen de *Juglans* représentait plus de 95 % des spectres polliniques à chacun des niveaux de la surface jusqu'au fond du vase.

#### 4.2. REPRODUCTIBILITE D'UN RESULTAT DE L'ANALYSE POLLINIQUE DU LOESS

Bruno Bastin (1971) avait choisi les séquences loessiques qu'il voulait étudier de façon à couvrir la glaciation de Würm, mais il n'avait doublé aucune d'entre elles. Après qu'il eut constaté lui-même que les

bioturbations (voir plus haut: 4.1) pouvaient rendre ininterprétables des diagrammes polliniques en milieu loessique, Bruno Bastin réanalysa l'horizon morphostratigraphique le plus important du loess würmien supérieur, à savoir l'horizon humifère à langues, connu à l'époque sous le nom de Sol de Kesselt.

Dans la séquence de la briqueterie de Kesselt qu'il avait étudiée dans sa thèse, Bruno Bastin (1971) avait trouvé une phase de développement de pollens arboréens dans l'horizon humifère de ce paléosol et l'avait interprétée comme l'enregistrement d'un interstade majeur du milieu du Würm qu'il nomma «Arcy-Kesselt». En 1983, il réétudia une séquence de l'horizon humifère de ce même paléosol et n'y trouva pas le moindre développement d'espèces arboréennes qui, ensembles (essentiellement *Betula* et *Pinus*), ne dépassaient pas 5% des spectres polliniques à aucun niveaux.

Au terme des deux expériences décrites ci-dessus, Bruno Bastin décida d'abandonner l'analyse pollinique du loess et se tourna avec moi vers l'analyse pollinique des milieux tourbeux et lacustres du Massif Central français (voir plus haut) et avec d'autres, vers celle des spéléothèmes (voir ce fascicule).

# GODIVELLE - NORD

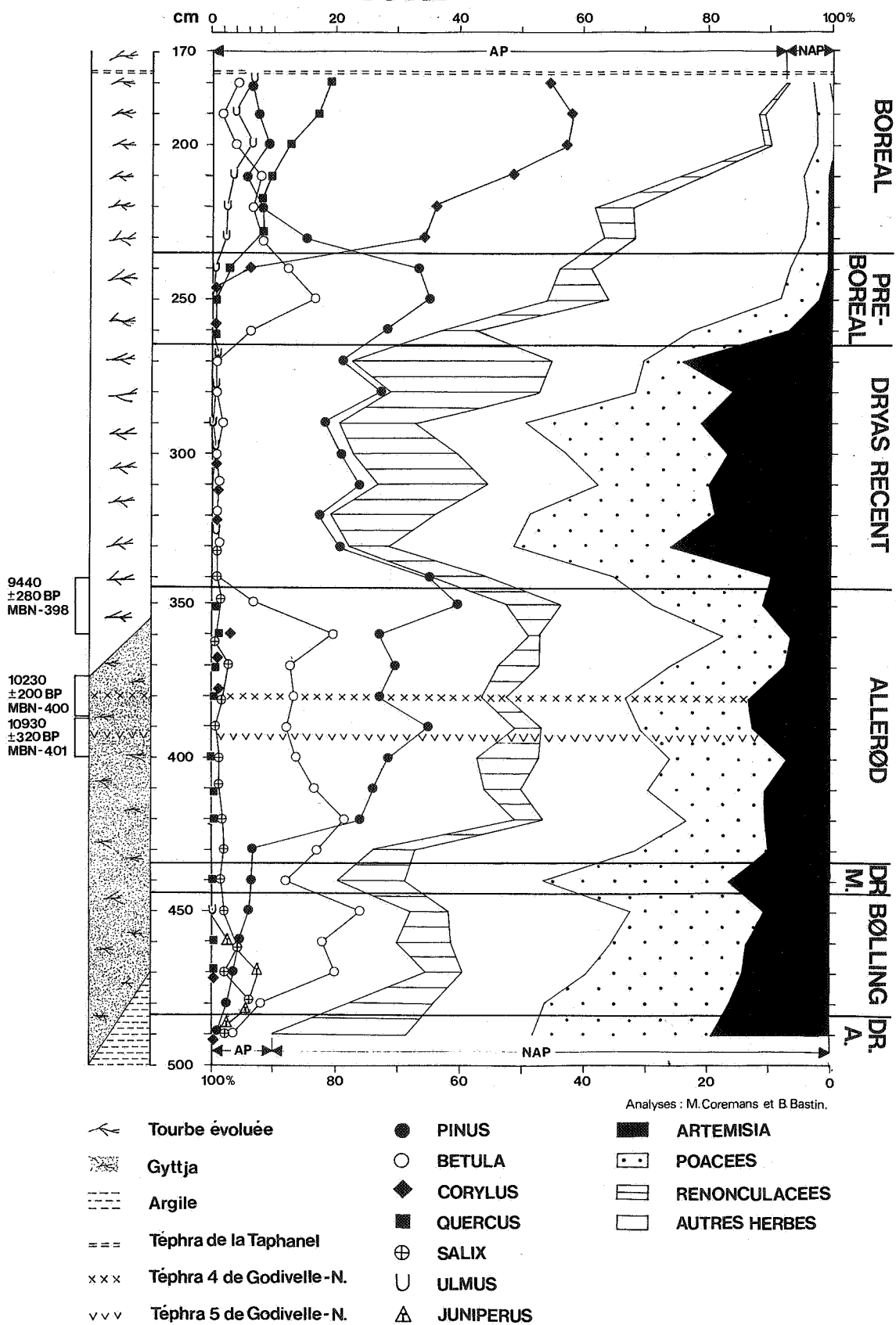
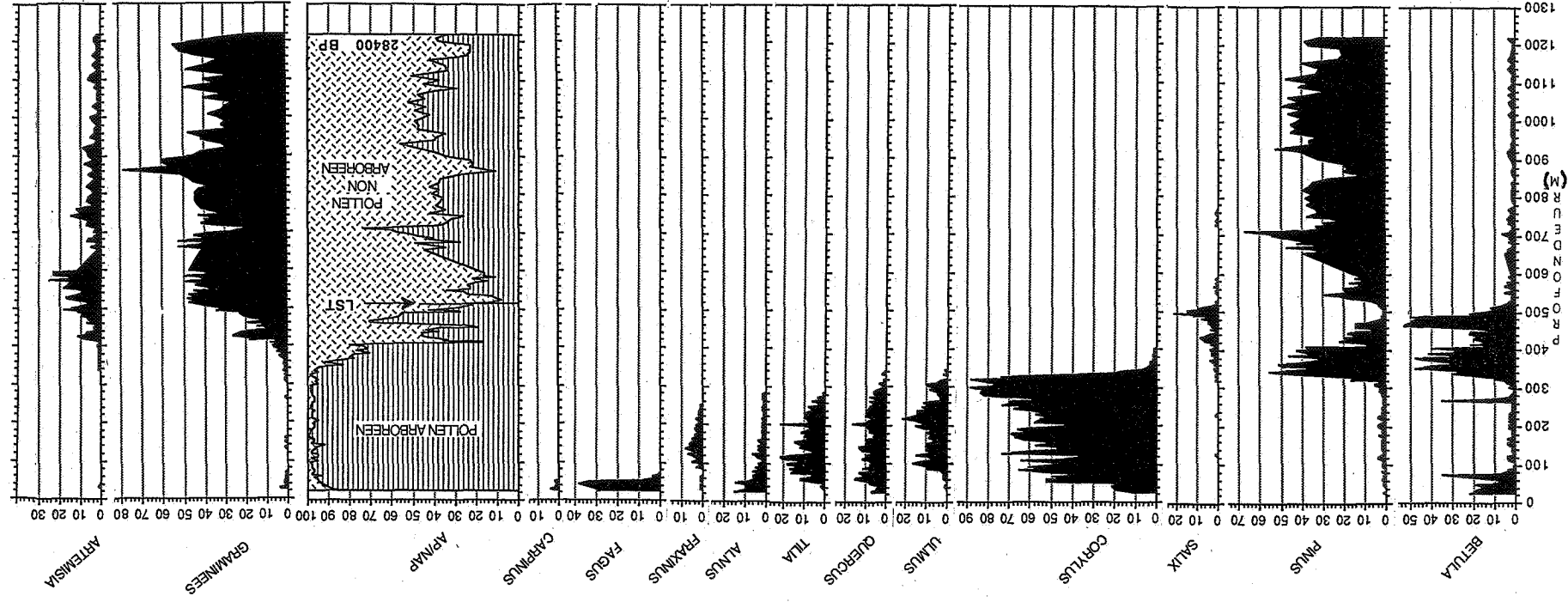


Figure 6. Extrait du diagramme pollinique du locus typicus des téphras T4 et T5 de Godivelle à Godivelle-Nord, Cézalier, France (par Bruno Bastin, in Bastin et al., 1990).





**Figure 7.** Evolution stratigraphique des parts de pollens arboreens et non-arboreens les plus frequents dans une carotte prelevee au moyen d'une sonde Hiller dans le Hinkelismaar, Eifel, Allemagne. Cette figure a ete dessinee par E. Juvigne sur la base de documents de travail laisses par Bruno Bastin. Les renseignements concernant la localisation, la description, l'interpretation sedimentologique de la carotte sont disponibles dans Juvigne *et al.* (1988a). Un tableau detaille des determinations contenant 22 taxons arboreens et 61 taxons non-arboreens peut etre obtenu a l'adresse de E. Juvigne.

## 5. BIBLIOGRAPHIE

- BASTIN, B., 1971. Recherche sur l'évolution du peuplement végétal en Belgique durant la glaciation de Würm. *Acta Geographica Lovaniensia*, 9, 136 p.
- BASTIN, B., 1980. Mise en évidence et datation de l'oscillation préboréale de Piottino dans un nouveau diagramme pollinique réalisé dans le Hinkelsmaar (Eifel occidentale). *Annales de la Société géologique de Belgique*, 103: 87-95.
- BASTIN, B., GEWELT, M. & JUVIGNE, E., 1990. A propos de l'âge et de l'origine des téphras tardiglaciaires T4 et T5 de Godivelle-Nord (Massif Central, France). *Annales de la Société géologique de Belgique*, 113: 165-178.
- BASTIN, B. & JUVIGNE, E., 1978. L'âge des dépôts de la vallée morte des Chôdières (Malmedy). *Annales de la Société géologique de Belgique*, 101: 289-304.
- BASTIN, B., JUVIGNE, E., PISSART, A. & THOREZ, J., 1972. La vallée de la Soor (Hautes Fagnes): compétence actuelle de la rivière, dépôts glaciaires ou périglaciaires. Compte rendu de l'excursion du 3 juillet 1971. Les Congrès et Colloques de l'Université de Liège, Processus périglaciaires étudiés sur le terrain, 67: 295-321, Liège.
- BASTIN, B., JUVIGNE, E., PISSART, A. & THOREZ, J., 1974. Etude d'une coupe dégagée à travers un rempart d'une cicatrice de pingo de la Brackvenn. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 97: 341-358.
- BEAULIEU, J.L. de, PONS, A. & REILLE, M., 1982. Recherches pollenanalytiques 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 pollenanalytiques sur l'histoire de la végétation des Monts du Velay, Massif Central, France. *Dissertations en Botanique* (Festschrift Max Welten), 72: 45-70.
- BEAULIEU, J.L. de, PONS, A. & REILLE, M., 1985. Recherches pollenanalytiques sur l'histoire tardiglaciaire et holocène de la végétation des Monts d'Aubrac (Massif Central, France). *Revue de Paléobotanique et de Palynologie*, 44: 37-80.
- BEAULIEU, J.L. & REILLE, M., 1978. Quelques moyens de sondage en usage chez les pollenanalystes: étude comparative de diagrammes. *Annales des Mines de Belgique*, 6: 729-737.
- DAMBLON, F. & BASTIN, B., 1986. Etude paléocologique d'une lentille tourbeuse ensevelie dans le rempart d'une palse de la Konnerzvenn (Hautes Fagnes, Belgique). *Bulletin de la Société Royale Belge de Botanique*, 120: 20-29.
- GUENET, P. & REILLE, M., 1988. Analyse pollinique du lac-tourbière de Chambédaze (Massif Central, France) et datation de l'explosion des plus jeunes volcans d'Auvergne. *Bulletin de l'Association française pour l'Etude du Quaternaire*, 36: 175-194.
- JUNGERIUS, P.D., RIEZEBOS P.A. & SLOTBOOM, R.T., 1968. The age of Eifel Maars as shown by the presence of Laacher See ash of Allerød age. *Geologie en Mijnbouw*, 47: 199-205.
- JUVIGNE, E., 1987. Deux retombées volcaniques tardiglaciaires dans le Cézallier (Massif Central, France). *Bulletin de l'Association française pour l'Etude du Quaternaire*, 32: 241-249.
- JUVIGNE, E., 1991. Distribution de vastes retombées volcaniques originaires de l'Eifel et du Massif Central aux temps post-glaciaires dans le NE de la France et les régions voisines. *Compte Rendu de l'Académie des Sciences de Paris*, 312, série II: 415-420.
- JUVIGNE, E., 1993. Contribution à la téphrostratigraphie du Quaternaire et son application à la géomorphologie. *Mémoires pour servir à l'Explication des Cartes Géologiques et Minières de la Belgique*, 36, 66 p.
- JUVIGNE, E. & BASTIN, B., 1982. Découverte d'un tuf volcanique d'âge préboréal à la Grande Pile (Vosges, France). *Bulletin de la Société géographique de Liège*, 18: 31-40.
- JUVIGNE, E. & BASTIN, B., 1995. Téphrostratigraphie et palynologie de tourbes du Boréal et de l'Atlantique dans le Massif Central (France). *Géographie physique et Quaternaire*, 49: 207-216.
- JUVIGNE, E. & BASTIN, B., 1995. Le Gour de Tazenat: évolution de l'environnement du Tardiglaciaire au Boréal dans la Chaîne des Puys septentrionale (Massif Central, France). *Compte Rendu de l'Académie des Sciences de Paris*, 321, série IIa: 993-999.
- JUVIGNE, E., BASTIN, B., DELIBRIAS, G., EVIN, J., GEWELT, M., GILOT, E. & STREEL, M., 1994. Chronostratigraphic relationships of postglacial tephra, pollen features, and <sup>14</sup>C dates in the Massif Central (France) and in the Eifel (Germany). *Terra Nostra*, Schriften der Alfred-Wegemer-Stiftung, 'Climate dynamics recorded in long continental high resolution time series since the last interglacial', 94 (1): 48-52.
- JUVIGNE, E., BASTIN, B., DELIBRIAS, G., EVIN, GEWELT, M., GILOT, E. & STREEL, M. 1996. A comprehensive pollen and Tephra-based chronostratigraphic model for the Late glacial and Holocene period in the French Massif Central. *Quaternary International*, 35/36: in press.
- JUVIGNE, E., BASTIN, B., DELIBRIAS, G., EVIN, J. & STREEL, 1997. A method to estimate the migration time of plant species within the time range of <sup>14</sup>C-dating. *Quaternary International*, accepted for publication.
- JUVIGNE, E., BASTIN, B. & GEWELT, M., 1986. Découverte de retombées volcaniques d'âge Holocène dans la Chaîne des Puys septentrionale (Massif Central, France). *Revue des Sciences naturelles d'Auvergne*, 52: 33-36, Clermont-Ferrand.
- JUVIGNE, E., BASTIN, B. & GOER de HERVE, A.

- de, 1994. Nouvelles données sur les téphras et l'environnement tardiglaciaires du Cézallier et de l'Artense (Massif Central, France). *Annales de la Société géologique de Belgique*, 117 (2): 321-332.
- JUVIGNE, E., BOENIGK, W., BRUNNACKER, K., DUCHESNE, J.C. & WINDHEUSER, H., 1988a. Zur Schlottfüllung des Hinkelsmaars (Eifel/Deutschland): Alter und Genese. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatsheft*, 1988-9: 544-562.
- JUVIGNE, E., MILCAMP, V., DELIBRIAS, G. & EVIN, J., 1988b. Ages de traits polliniques et chronozonation du Tardiglaciaire et de l'Holocène dans le Massif Central (France). *Mededelingen Rijks Geologische Dienst*, 41/4: 33-50.
- PISSART, A., 1953. Un phénomène de capture près de Mont Xhoffray. *Annales de la Société géologique de Belgique (Bulletin)*, 76: 129-133.
- PISSART, A., 1983. Remnants of periglacial mounds in the Hautes Fagnes (Belgium): structure and age of the rampart. *Geologie and Mijnbouw*, 62: 551-55.
- PISSART, A., BASTIN, B., JUVIGNE, E. & THOREZ, J., 1975. Etude génétique, palynologique et minéralogique des dépôts périglaciaires de la vallée de la Soor (Hautes Fagnes, Belgique). *Annales de la Société géologique de Belgique*, 98: 415-439.
- PISSART, A. et JUVIGNE, 1980. Genèse et âge d'une trace de butte périglaciaire (pingo ou palse) de la Konnerzvenn (Hautes Fagnes, Belgique). *Annales de la Société géologique de Belgique*, 103: 73-86.
- PISSART, A. & JUVIGNE, E., 1982. Un phénomène de capture près de Malmedy: la Warche s'écoulait autrefois par la vallée de l'Eau Rouge. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 105: 73-86.
- REILLE, M., BEAULIEU, J.L. de & PONS, A., 1985. Recherches pollenanalytiques sur l'histoire tardiglaciaire et holocène de la végétation du Cézallier, de la Planèze de St Flour et de la Margeride. - *Pollen et Spores*, 27/2: 209-270.
- STRAKA, H., 1975. Die spätquartäre Vegetationsgeschichte der Vulkaneifel. *Beiträge Landespflege Rheinland-Pfalz, Beiheft* 3: 1-163.
- USINGER, H., 1984. Pollenanalytische Untersuchungen zum Alter des Meerfelder Maars und zur Vegetationsentwicklung in der Westeifel während der ausklingenden Eiszeit. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 65: 49-66.
- WOILLARD, G., 1975. Recherches palynologiques sur le Pléistocène dans l'Est de la Belgique et dans les Vosges lorraines. *Acta Geographica Lovaniensia*, 14, 118 p.

Manuscrit reçu le 22.09.1996 et accepté pour publication le 22.01.1997.